ＩＳＳＮ　0386－5878
土木研究所資料第3185号

第１回
アジア地域土木研究所長等会議
会議録

平成５年３月

建設省土木研究所

「Copyright © (1993) by P. W. R. I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P. W. R. I.

この報告書は，土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって，本報告書の全部又は一部の転載，複製は，土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。」

土木研究所資料
第3185号　1993年3月

第１回
アジア地域土木研究所長等会議
会議録

要　旨

平成５年２月に建設省土木研究所において開催された第１回アジア地域土木研究所長等会議の会議録である。

キーワード：アジア，社会基盤整備，防災，環境，国際研究協力

序　　文

アジア地域土木研究所長等会議（土木技術研究開発幹部セミナー）が、平成５年２月１５日から１９日までの５日間にわたり、つくば市の建設省土木研究所で開催されました。この会議はアジア諸国の自然条件や社会･経済条件にあった土木技術を生み出しかつ各国の天然資源、人的資源の活用を図るため、土木技術研究開発面からアジア諸国間の技術交流を進めることにあります。

この会議には我が国と政治、経済、文化等の多くの面で深い関係にある中国、インドネシア、韓国、マレーシア、フィリピン、シンガポール及びタイの７ヶ国より会議の主旨にふさわしいそれぞれの国の土木技術研究開発に係わる責任ある地位にある８名の方々が参加下さいました。

会議では互いの国の課題等について理解を深め、互いの経験を生かし合うという共通の認識のもと、３題の基調講演、参加国からのカントリー報告、河川、土砂災害を中心とした特定課題討論及び個別の土木技術分野に分かれた討論が行われました。そして最後の最終討論では、関係各国の社会基盤整備のために蓄積された経験と研究成果の共有が重要であることと、この会議の有意義さと継続発展が必要であることについての全員の意見一致をみました。ここに土木技術研究開発分野におけるアジア地域諸国間の本格的国際交流の第一歩が踏み出されたことになります。いずれはこの会議が、技術交流を通じてアジア地域を強く結びつけるネットワークとして機能することが期待されます。

本会議の終了後、２月２０日から２６日まで視察旅行が行われました。わずか１世紀の間に現在までの社会基盤整備をなしとげた北海道を中心とする視察でした。そしてこの間、２月２２日には北海道開発局開発土木研究所と建設省土木研究所の主催により各国からの参加者もメンバーとした「アジアにおける国土開発と土木技術に関する国際シンポジウム」も開催されました。

本会議録は、第一回アジア地域土木研究所等会議に提出された参加各国からのカントリー報告書、討論のための資料、講演録、討議概要などをとりまとめたものです。通常では入手困難な海外情報として本会議の議事録を公表し、本会議の活動を広くお知らせすることはアジア地域の社会基盤整備の発展およびそのための技術の向上に大きく寄与するものと確信致します。

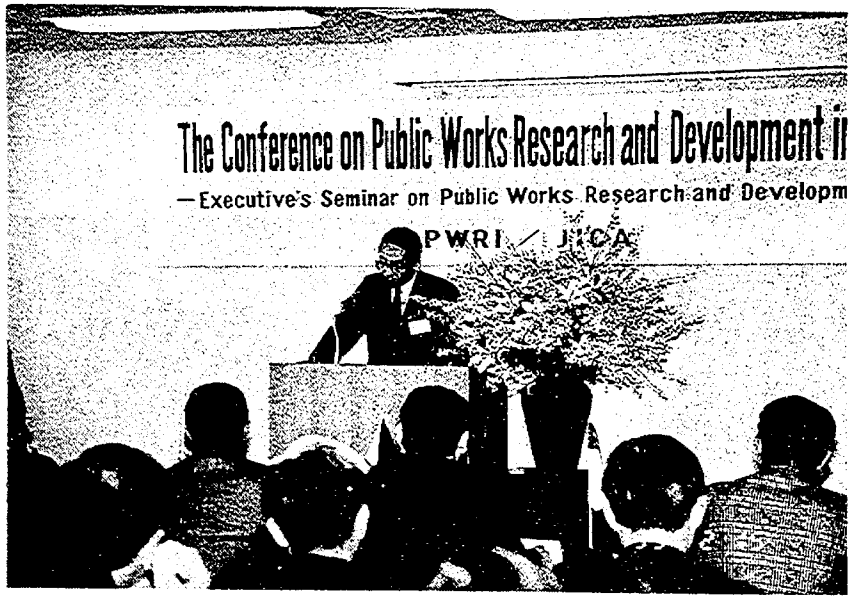
最後に、本会議の発足と開催にあたり全面的な協力と支援を賜った関係各位に厚く御礼申し上げるとともに、本会議の活動をより発展させることにより皆様方の御期待に応えて参りたいと思っております。

第一回アジア地域土木研究所長等会議議長
建設省土木研究所長　住　吉　幸　彦

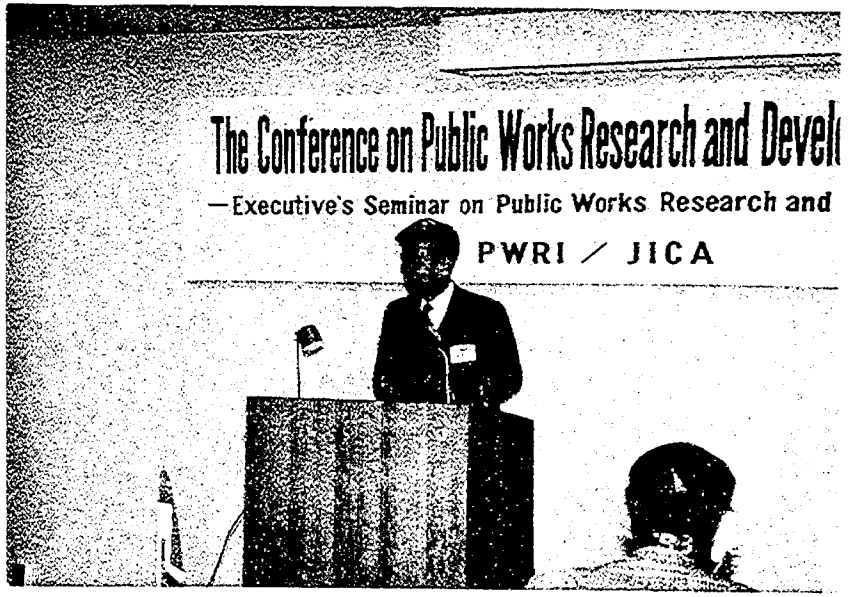
記 念 写 真



第１回アジア地域土木研究所長等会議　開会式参加者　（平成５年２月１５日）



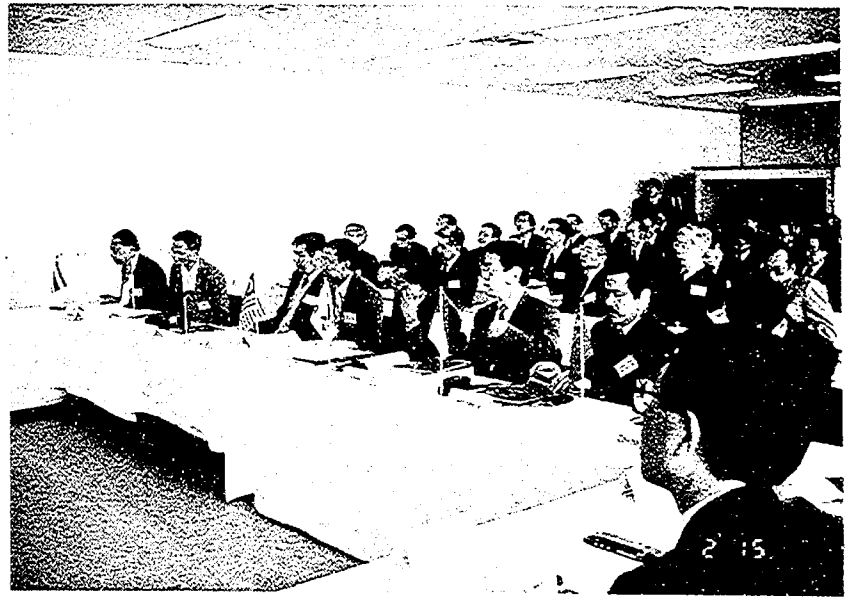
西野 文雄 氏 （基調講演）



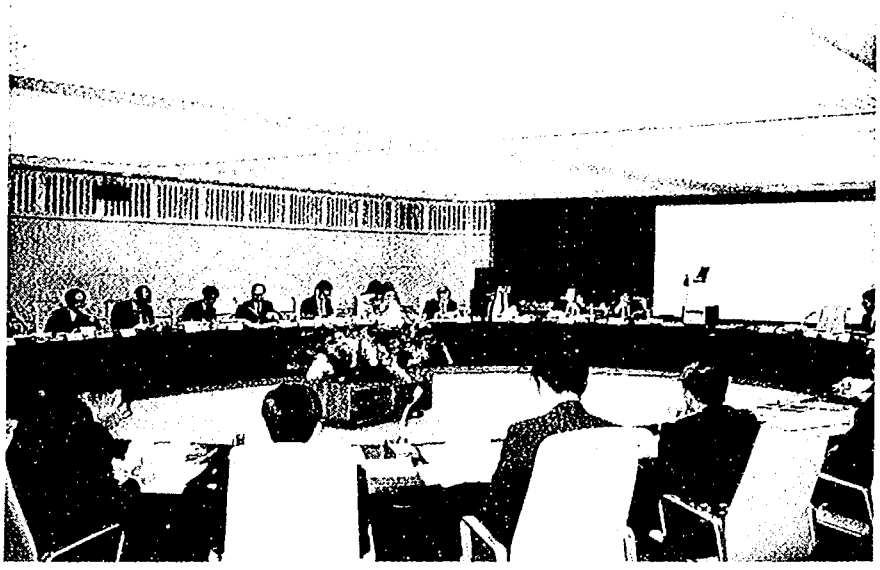
玉光 弘明 氏 （基調講演）



基調講演



講演に聞き入る参加者



カントリー報告



会議中の討論

会議中の討論



レセプション

目　　次

序文 ---------- i
記念写真 ---------- ii
目次 ---------- v

（A）会議プログラム ---------- ﾌﾟﾛｸﾞﾗﾑ - 1

（B）基調講演

Ⅰ．「アジア地域諸国の経済社会開発のための社会基盤整備の方向」
東京大学工学部土木工学科教授　西野　文雄 ---------- 基調講演- 1

Ⅱ．「近代日本における土木工学の進歩と経済・社会の発展への貢献
－土木研究所７０年の活動と今後の展望－」
建設省土木研究所長　住吉　幸彦 ---------- 基調講演- 15

Ⅲ．「技術協力における研究・技術開発の役割」
(財)全国建設研修センター副理事長　玉光　弘明 ---------- 基調講演- 51

（C）カントリー報告

Ⅰ．中華人民共和国
中国科学院水利部能源部水利水電科学研究院長　Chen Bing Xin ------ ｶﾝﾄﾘｰﾚﾎﾟｰﾄ- 1

Ⅱ．インドネシア共和国
ｲﾝﾄﾞﾈｼｱ公共事業省研究開発庁水資源開発研究所長　Badruddin Machbub ｶﾝﾄﾘｰﾚﾎﾟｰﾄ- 27

Ⅲ．大韓民国
韓国建設技術研究院副院長　Lee Sang Eun ---------- ｶﾝﾄﾘｰﾚﾎﾟｰﾄ- 65

Ⅳ．マレーシア
ﾏﾚｰｼｱ公共事業省公共事業局次長　Abdul Rahman B. Abdullah ------ ｶﾝﾄﾘｰﾚﾎﾟｰﾄ-103

Ⅴ．フィリピン共和国
ﾌｨﾘﾋﾟﾝ公共事業道路省次官補　Manuel M. Bonoan ---------- ｶﾝﾄﾘｰﾚﾎﾟｰﾄ-141

Ⅵ．シンガポール共和国
ｼﾝｶﾞﾎﾟｰﾙ国家開発省公共事業局建設管理部長　Tan Siong Leng ------ ｶﾝﾄﾘｰﾚﾎﾟｰﾄ-189

Ⅶ．タイ王国
タイ運輸通信省道路局道路研究開発ｾﾝﾀｰ長 Teeracharti Ruenkrairergsa ｶﾝﾄﾘｰﾚﾎﾟｰﾄ-219
タイ運輸通信省道路局計画課長　Bancha Vadhanasindhu

Ⅷ．日本
建設省土木研究所次長　都丸　徳治 ---------- ｶﾝﾄﾘｰﾚﾎﾟｰﾄ-255

Ⅸ．土木研究所紹介

建設省土木研究所研究調整官　飯島　尚 ---------- ｶﾝﾄﾘｰﾚﾎﾟｰﾄ-361

〃　地質化学部長　池村　雅司

〃　河川部長　吉野　文雄

〃　下水道部長　稲場　紀久雄

〃　ダム部長　竹林　征三

〃　砂防部長　浅井　涌太郎

〃　道路部長　神崎　紘郎

〃　機械施工部動土質研究室長　古賀　泰之

〃　構造橋梁部長　藤原　稔

〃　地震防災部長　飯田　裕

〃　積算技術研究官　福田　昌史

〃　新潟試験所長　綱木　亮介

（D）議事録

Ⅰ．開会式挨拶 ---------- 議事録 - 1

Ⅱ．議事録 ---------- 議事録 - 5

1．基調講演 ---------- 議事録 - 7

2．カントリー報告 ---------- 議事録 - 9

3．特定課題討論 ---------- 議事録 - 17

4．分野別課題討論 ---------- 議事録 - 22

Ⅲ．会議最終結論 ---------- 議事録 - 41

Ⅳ．閉会式挨拶 ---------- 議事録 - 45

（E）視察旅行

Ⅰ．視察旅行記 ---------- 視察旅行- 1

Ⅱ．アジアにおける国土開発と土木技術に関する国際シンポジウム ---------- 視察旅行- 9

1．基調講演「北海道の開発と社会基盤整備」

北海道大学工学部土木工学科教授　五十嵐　日出夫 ---------- 視察旅行- 13

2．パネルディスカッション「地域開発事業と土木技術の方向」 ---------- 視察旅行- 27

Ⅸ．土木研究所紹介

建設省土木研究所研究調整官　飯島　尚 ---------- ｶﾝﾄﾘｰﾚﾎﾟｰﾄ-361

〃　地質化学部長　池村　雅司

〃　河川部長　吉野　文雄

〃　下水道部長　稲場　紀久雄

〃　ダム部長　竹林　征三

〃　砂防部長　浅井　涌太郎

〃　道路部長　神崎　紘郎

〃　機械施工部動土質研究室長　古賀　泰之

〃　構造橋梁部長　藤原　稔

〃　地震防災部長　飯田　裕

〃　積算技術研究官　福田　昌史

〃　新潟試験所長　綱木　亮介

（D）議事録

Ⅰ．開会式挨拶 ---------- 議事録 - 1

Ⅱ．議事録 ---------- 議事録 - 5

1．基調講演 ---------- 議事録 - 7

2．カントリー報告 ---------- 議事録 - 9

3．特定課題討論 ---------- 議事録 - 17

4．分野別課題討論 ---------- 議事録 - 22

Ⅲ．会議最終結論 ---------- 議事録 - 41

Ⅳ．閉会式挨拶 ---------- 議事録 - 45

（E）視察旅行

Ⅰ．視察旅行記 ---------- 視察旅行- 1

Ⅱ．アジアにおける国土開発と土木技術に関する国際シンポジウム ---------- 視察旅行- 9

1．基調講演「北海道の開発と社会基盤整備」

北海道大学工学部土木工学科教授　五十嵐　日出夫 ---------- 視察旅行- 13

2．パネルディスカッション「地域開発事業と土木技術の方向」 ---------- 視察旅行- 27

（A）会議プログラム

１．会議の日程

２．開会式

３．本会議プログラム

４．閉会式

５．視察旅行の日程

６．会議参加者一覧

１．会議の日程

２月１４日（日）：来日

１５日（月）：開会式

基調講演１「アジア地域諸国の経済社会開発のための社会基盤整備の方向」

基調講演２「近代日本における土木工学の進歩と経済・社会の発展への貢献
－ 土木研究所７０年の活動と今後の展望 － 」

基調講演３「技術協力における研究・開発の役割」

土木研究所施設視察

建設省技監招待レセプション

１６日（火）：カントリー報告（日本、中国、インドネシア、韓国、マレーシア）

１７日（水）：カントリー報告（フィリピン、シンガポール、タイ）

特定課題討論

１８日（木）：分野別課題討論

１９日（金）：つくば市内研究所視察

総合討議、最終結論の採択

閉会式

会議終了パーティー

２０日（土）：視察旅行［移動（つくば→東京→札幌）］

２１日（日）：視察旅行［札幌市内］

２２日（月）：視察旅行

北海道開発局／開発土木研究所

アジアにおける国土開発と土木技術に関する国際シンポジウム

２３日（火）：視察旅行［移動（札幌→室蘭）］

豊平川ダム統合管理事務所・札幌河川事務所・札幌市地下鉄工事現場・

室蘭白鳥大橋視察

２４日（水）：視察旅行［移動（室蘭→函館→青森→東京）］

青函トンネル視察

青森工事事務所視察

２５日（木）：視察旅行

建設本省表敬訪問

東京湾横断道路視察

建設省土木研究所長招待フェアウェルパーティー

２６日（金）：視察旅行［移動（東京→厚木→つくば）］

宮ヶ瀬ダム視察

国際協力事業団筑波インターナショナルセンター表敬訪問

２７日（土）：帰国準備

２８日（日）：帰国

2．開会式

1．日　時　：　平成5年2月15日（月）10：00～10：50

2．場　所　：　建設省土木研究所　8階会議室

3．式次第　：　（司会：　建設省土木研究所　企画部長　田村正秀）

開会の辞

主催者挨拶	建設省土木研究所長	住吉　幸彦
来賓挨拶	建設省技監	近藤　　徹
	国際協力事業団筑波インターナショナルセンター所長	飯村　圭司
海外参加者挨拶	中国科学院水利部能源部水利水電科学研究院長	陳　　炳新 Chen Bing Xin

日本側参加者の紹介

海外参加者の紹介

閉会の辞

記念撮影

３．本会議プログラム

第１日目　２月１５日（月）

9:00～　　受付

10:00～10:50　開会式

10:50～12:00　基調講演１「アジア地域諸国の経済社会開発のための社会基盤整備の方向」

東京大学工学部土木工学科教授　西野　文雄

12:00～13:00　昼食

13:00～13:50　基調講演２「近代日本における土木工学の進歩と経済・社会の発展への貢献

－土木研究所７０年の活動と今後の展望－」

建設省土木研究所長　住吉　幸彦

13:50～14:40　基調講演３「技術協力における研究・技術開発の役割」

(財)全国建設研修センター副理事長　玉光　弘明

14:40～15:00　休憩

15:00～17:00　土木研究所施設視察

17:00～18:00　移動

18:00～20:00　建設省技監招待レセプション（ホテル　サンルートつくば　tel.0298-52-1151）

第2日目　2月16日（火）

9:00～10:00　カントリー報告（日本－1）

建設省土木研究所次長　都丸　徳治

10:00～12:00　カントリー報告（日本－2：土木研究所紹介）

建設省土木研究所研究調整官		飯島　尚
〃	地質化学部長	池村　雅司
〃	河川部長	吉野　文雄
〃	下水道部長	稲場　紀久雄
〃	ダム部長	竹林　征三
〃	砂防部長	浅井　涌太郎
〃	道路部長	神崎　紘郎
〃	機械施工部動土質研究室長	古賀　泰之
〃	構造橋梁部長	藤原　稔
〃	地震防災部長	飯田　裕
〃	積算技術研究官	福田　昌史

12:00～13:00　昼食

13:00～14:00　カントリー報告（中国）

中国科学院水利部能源部水利水電科学研究院長　陳 炳新　Chen Bing Xin

14:00～15:00　カントリー報告（インドネシア）

ｲﾝﾄﾞﾈｼｱ公共事業省研究開発庁水資源開発研究所長　Badruddin Machbub

15:00～15:10　休憩

15:10～16:10　カントリー報告（韓国）

韓国建設技術研究院副院長　李 相垠　Lee Sang Eun

16:10～17:10　カントリー報告（マレーシア）

ﾏﾚｰｼｱ公共事業省公共事業局次長　Abdul Rahman B. Abdullah

第３日目　２月１７日（水）

9:00～10:00　カントリー報告（フィリピン）
ﾌｨﾘﾋﾟﾝ公共事業道路省次官補　Manuel M. Bonoan

10:00～11:00　カントリー報告（シンガポール）
ｼﾝｶﾞﾎﾟｰﾙ国家開発省公共事業局建設管理部長　Tan Siong Leng

11:00～11:10　休憩

11:10～12:10　カントリー報告（タイ）
タイ運輸通信省道路局道路研究開発ｾﾝﾀｰ長　Teeracharti Ruenkrairergsa

12:10～13:10　昼食

13:10～17:00　特定課題討論「降雨災害防除に関する研究開発の現状と今後の方向」等

13:10～14:25　各国の河川災害の報告（日本、中国、インドネシア、韓国、シンガポール）

14:25～14:50　討議

14:50～15:00　休憩

15:00～16:00　各国の土砂災害の報告（日本、マレーシア、フィリピン、タイ）

16:00～16:25　討議

16:25～17:00　その他の話題提供（日本、インドネシア）

第４日目　２月１８日（木）

9:00～12:00　分野別課題討論

（１）ダムの堆砂	（５３１会議室）
（２）水質汚濁対策	
（３）河川環境	（５２６会議室）
（４）地盤改良	（６２８会議室）
（５）トンネル	（８Ｆ会議室）
（６）火山災害、土石流、道路防災	（６２９会議室）

12:00～13:00　昼食

13:00～16:00　分野別課題討論

（２）水質汚濁対策	
（７）河川	（５３１会議室）
（８）水質	
（９）土質基礎、交通	（６２８会議室）
（10）舗装	（８Ｆ会議室）

16:00～17:00　分野別課題討論

（11）道路橋	（８Ｆ会議室）

分　野　別　課　題　討　論

	中国	インドネシア	韓国	マレーシア	フィリピン	シンガポール	タ　イ	
9:00								
10:00	(1) 531会議室 ダムの堆砂	(2) 水質汚濁対策	(3) 526会議室 河川環境	(4) 628会議室 地盤改良	(6) 629会議室 火山災害、土石流、道路防災	(5) ８Ｆ会議室 トンネル	(4) 628会議室 地盤改良	
11:00								
12:00								
13:00								
14:00	(7) 531会議室 河　川	(2) 水質汚濁対策	(8) 水　質	(9) 628会議室 土質基礎、交　通	(10) ８Ｆ会議室 舗　装	(10) ８Ｆ会議室 舗　装	(10) ８Ｆ会議室 舗　装	
15:00								
16:00					(11) ８Ｆ会議室 道路橋			
17:00								

第５日目　２月１９日（金）

9:00～12:00　つくば市内研究所視察

9:10～10:10　建設省国土地理院

10:20～11:00　科学技術庁防災科学技術研究所

11:10～11:55　建設省建築研究所

12:00～13:00　昼食

13:00～15:00　総合討議

最終結論の採択

15:00～15:10　休憩

15:10～15:30　閉会式

18:00～20:00　会議終了パーティー

（筑波大学会館１Ｆ　レストラン　プラザ　tel.0298-58-0939）

4．閉会式

1．日　時　：　平成5年2月19日（金）15：10～15：30

2．場　所　：　建設省土木研究所　8階　国際会議室

3．式次第　：　（司会　建設省土木研究所　総務部長　故島　寛明）

開会の辞

挨拶　　建設省土木研究所長　住吉　幸彦

韓国建設技術研究院副院長　李　相垠
Lee Sang Eun

閉会の辞

５．視察旅行の日程

２月２０日（土）：　8:40　筑波第一ホテル（tel.0298-52-1112）出発
移動（つくば→羽田：ＪＲ）
13:00　羽田空港発（ＪＡＬ５１３便）
14:30　新千歳空港着
新千歳空港視察
移動（新千歳→札幌：ﾏｲｸﾛﾊﾞｽ）
17:30　札幌グランドホテル（tel.011-261-3311）到着

２１日（日）：　9:00　札幌グランドホテル（tel.011-261-3311）出発
札幌市内視察（ﾏｲｸﾛﾊﾞｽにより移動）
大倉山ジャンプ場
サッポロビール工場
北海道開拓記念館
17:30　札幌グランドホテル（tel.011-261-3311）到着

２２日（月）：　8:15　札幌グランドホテル（tel.011-261-3311）出発
北海道開発局
開発土木研究所
13:30　アジアにおける国土開発と土木技術に関する国際シンポジウム
19:00　札幌グランドホテル（tel.011-261-3311）泊

２３日（火）：　8:30　札幌グランドホテル（tel.011-261-3311）出発
移動（札幌→室蘭：ﾏｲｸﾛﾊﾞｽ）
札幌市内及び室蘭市内視察
豊平川ダム統合管理事務所
札幌河川事務所
札幌市地下鉄工事現場
室蘭白鳥大橋
19:00　室蘭サンルートホテル（tel.0143-43-2333）到着

２４日（水）：　8:10　室蘭サンルートホテル（tel.0143-43-2333）出発
移動（東室蘭駅→函館駅：ＪＲ北斗２号）
移動（函館駅→竜飛海底駅：ＪＲ海峡６号）
青函トンネル視察
移動（竜飛海底駅→青森駅：ＪＲ海峡８号）

青森工事事務所視察
16:30 青森空港発（ＪＡＳ２１６便）
17:45 羽田空港着
19:30 国際協力事業団東京国際研修センター（tel.03-3485-7051）到着

２５日（木） 10:00 国際協力事業団東京国際研修センター（tel.03-3485-7051）出発
移動（ﾏｲｸﾛﾊﾞｽ）
建設本省表敬訪問
東京湾横断道路視察
18:00 建設省土木研究所長招待フェアウェルパーティー
20:30 国際協力事業団東京国際研修センター（tel.03-3485-7051）到着

２６日（金） 7:00 国際協力事業団東京国際研修センター（tel.03-3485-7051）出発
移動（東京→厚木：ﾏｲｸﾛﾊﾞｽ）
宮ヶ瀬ダム視察
移動（厚木→つくば：ﾏｲｸﾛﾊﾞｽ）
16:00 筑波インターナショナルセンター表敬訪問
17:30 筑波第一ホテル（tel.0298-52-1112）到着

6. 会議参加者一覧

海外参加者

中華人民共和国		
	陳 炳新　Chen Bing Xin	中国科学院水利部能源部水利水電科学研究院長
インドネシア共和国		
	Badruddin Machbub	インドネシア公共事業省研究開発庁水資源開発研究所長
大韓民国		
	李 相垠　Lee Sang Eun	韓国建設技術研究院副院長
マレーシア		
	Abdul Rahman B. Abdullah	マレーシア公共事業省公共事業局次長
フィリピン共和国		
	Manuel M. Bonoan	フィリピン公共事業道路省次官補
シンガポール共和国		
	Tan Siong Leng	シンガポール国家開発省公共事業局建設管理部長
タイ王国		
	Teeracharti Ruenkrairergsa	タイ運輸通信省道路局道路研究開発センター長
	Bancha Vadhanasindhu	タイ運輸通信省道路局計画課長

日本側参加者

住吉　幸彦	建設省土木研究所長	
都丸　徳治	〃	次長
飯島　　尚	〃	研究調整官
田村　正秀	〃	企画部長
池村　雅司	〃	地質化学部長
吉野　文雄	〃	河川部長
稲場　紀久雄	〃	下水道部長
竹林　征三	〃	ダム部長
浅井　涌太郎	〃	砂防部長
神崎　紘郎	〃	道路部長
藤原　　稔	〃	構造橋梁部長
飯田　　裕	〃	地震防災部長
藤沢　侃彦	〃	企画部先端技術開発研究官
水谷　敏則	〃	〃　地下開発研究官
中尾　忠彦	〃	河川部河川管理総括研究官
佐藤　和明	〃	下水道部新下水処理研究官
福田　昌史	〃	積算技術研究ｾﾝﾀｰ積算技術研究官
藤本　　昭	〃	企画部国際研究協力官
河野　広隆	〃	地質化学部コンクリート研究室長
山本　晃一	〃	河川部河川研究室長
島谷　幸宏	〃	〃　都市河川研究室長
栗城　　稔	〃	〃　総合治水研究室長
中村　栄一	〃	下水道部水質研究室長
高須　修二	〃	ダム部ダム水工研究室長
丹羽　　薫	〃	〃　水資源開発研究室長
石川　芳治	〃	砂防部砂防研究室長
山田　晴利	〃	道路部新交通研究室長
中村　俊行	〃	〃　舗装研究室長
猪熊　　明	〃	〃　トンネル研究室長
古賀　泰之	〃	機械施工部動土質研究室長
岡原　美知夫	〃	構造橋梁部基礎研究室長
常田　賢一	〃	地震防災部振動研究室長

（B）基　調　講　演

Ⅰ．「アジア地域諸国の経済社会開発のための社会基盤整備の方向」

東京大学工学部土木工学科教授　西　野　文　雄

アジア地域諸国の経済社会開発のための社会基盤整備の方向

西野　文雄

東京大学／埼玉大学教授

I　経済協力開発機構主催の1990年代の社会基盤整備に関する会議

1868年の明治維新以来、連続して公共投資が行なわれてきたにも拘らず、現在の日本の社会基盤の蓄積量は経済協力開発機構、いわゆるOECD加盟国の大部分の国の蓄積量に比べて、1/3から1/4程度であろう。OECD加盟国の多数は十分な社会基盤の蓄積を有しているにも拘らず、OECDは今後10年間程度の期間を考えたとき、OECD加盟国の社会基盤の蓄積の不足が経済活動の発展を阻害するのではないかと考えている。

このような理由で、OECDは１か月前の1993年１月に、「1990年代の社会基盤整備の政策」をテーマに会議を開いた。会議の主題は社会基盤のなかでも、道路や鉄道、水運、港、空港、エネルギ施設、上下水道施設、通信施設に代表される物理的な社会基盤に関する整備政策であった。公共投資が短期的な経済活動を助長する事はよく知られた事実である。これに対して、会議の主題は社会基盤の整備が、経済発展や、工業製品の国際競争力の向上、生活の質の向上に、長期的にみて、どのような関連があるかということであった。

会議は４つのセッションに分ける形で、異なった話題に集中して行われた。第１は世界の主要経済地域での社会基盤整備の情況を評価することであり、特に整備費の不足を中心に議論された。第２は社会基盤の効率を上げるための手法の選択が中心議題であった。第３は環境対策を加えた上で、大規模プロジェクトに対する政策決定の方法や計画の作製に関する問題点の抽出と対策が中心議題であった。最後は結論をまとめるためのセッションであった。

会議での主たる話題は次のようなものであった。

１．　既存の社会基盤の蓄積は今世紀の残りの期間、および来世紀の始めに期待している経済活動の発展には不十分の恐れがある。このことは、今後の社会基盤に対する投資は経済発展の鍵を握る重要さを持つということを意味している。

２．　社会基盤整備のための投資の中心は公共資金による投資であることは当然であろう。政府の財政

１１３　東京都文京区本郷 ７－３－１　　東京大学工学系研究科土木工学専攻
３３８　埼玉県浦和市下大久保 ２５５　　埼玉大学大学院政策科学研究科

の緊迫が予想される上、教育や医療に代表される避けることのできない政府の出費増は政府の財政の自由度を減らし、公共投資資金の減少につながるであろう。

3．　OECD加盟国の政府の多くが、大規模の社会基盤整備事業に民間資金を導入することを考えており、このような考えの政府が増え続けている。しかし、民間資金による社会基盤の整備が長期的にみて社会基盤の蓄積に役立つのか、単に公共資金による社会基盤整備の代替に終わるのかには、貯蓄の量が一定であることを考えると、疑問の余地がある。ドーバー海峡トンネルが民間資金による事業の成功例として紹介されていた。しかし、現在に到るまで、民間資金による社会基盤整備事業は小規模事業に限られている。

4．　興味を引いた話題の一つは、既存の社会基盤をより効率良く使うことを考えるべきであるという問題提起であった。しかしながら、ほぼ全ての経済学者が既存の社会基盤の蓄積は、社会が必要とする最低基準に達していないという点で一致すると思われるアジアの諸国にとっては、特に注目に値するものではないであろう。

5．　大きな議論の一つとして、効率の良い社会基盤を整備することが話題となった。社会基盤そのもの、および社会基盤が提供するサービスの効率を上げる方法として、私企業化、規制の緩和、それに料金に差をつける手法の導入が議論された。これらの手法は日本でも議論されており、他のアジア諸国でも状況は同じであると想像する。日本はこれら効率をあげる手法を最も多く採用している国ではないかと考えられる。

6．　効率に関連して、土木工学を学んだ私にとって特別に関心のあった話題に、初期投資額に対する議論があった。社会基盤の蓄積量の増加や、労働賃金、高齢者人口の増加による将来の維持、補修費の増大を考えると、計画の段階で社会基盤の供用期間中に必要な維持、補修費用を、将来の維持、補修費用の単価の増大も配慮して組み入れ、初期投資の額を決めることは、長期的な効率を上げるのに重要であるとの議論が行われた。

7．　社会基盤の効率を下げ、したがって改善の必要な多くの問題が議論された。ヨーロッパ諸国の場合、ヨーロッパ全域を含んだ社会基盤整備のマスタープラン、特に道路や鉄道の整備のマスタープランの作成や交通の形態のあるべき姿の議論、さらに航空交通客の乗り継ぎ、荷物の積み変えで重点となるハブ空港の関係者間の連絡が欠如していることがあげられた。

8．　この他にも、この２日間の会議では多くの話題について議論されたが、それらのなかには現在のアジア諸国の社会基盤整備にとって大きな関心を呼ぶものは少なかった。

残りの議論のなかで、出席者の多くが同意した話題の中に、２つの重要と思われる結論があるので、報告したい。一つは、OECD諸国では、現在新しい大規模事業を計画するとき、環境に対える影響を評価するのが普通になっていることであるが、環境問題は大規模プロジェクトの必ずも敵とは考えられていないという結論である。二つめは、現在無料で供用されている高速道路が多いが、政府が特に強く誘導をしなくても、高速道路の料金徴収は一般に広く受け入れられるようになるであろうとの結論である。

２日前の日本の新聞紙上で、ドイツの与、野党がオート・バーンを1994年に有料化することで合意し、さらに近い将来にはオート・バーン全体を民営化することでも合意したという記事を読んだ。上記の結論を如実に示す合意といえよう。

II　社会基盤整備のための日本の政策

１．　歴史的な発展

日本での大規模な都市計画に基づいた都市作りは、８世紀に遡る。最も良く知られているのは奈良の平城京、京都の平安京の建設である。両都市の建設は、当時としては世界でも有数の規模の社会基盤整備事業といえる。宮殿や行政機構のための地区や、各種の職人の住まう目的の地区が区分けして設けられていた。日本の近代都市のほとんどは１６世紀に整備された城下町が基礎になっている。現在の東京は徳川将軍が幕府を開き、当時の江戸を拡大した城下町の発展したものである。日本が鎖国を解き、外国に国を開いた明治維新の前にも、多くの歴史に残る大規模な社会基盤整備事業が行われてきた。これらの基盤整備事業のうち、物理的な基盤整備事業としては、都市の建設、道路網の整備、河川の改修、潅漑施設、港湾の整備等があげられる。物理的な社会基盤の整備の他にも、飛脚による郵便制度も主要都市の間で確立されていた。田舎の村の寺小屋から、城下町の藩校にいたるまで、日本の全国に施設が作られ、教育が行なわれていた。

近代的な大規模社会基盤の整備は1868年の明治維新とともに始まったといっても良いであろう。明治時代初期の基盤整備の第一の目標は、日本の植民地化を避けるための軍事力の強化であり、この目標と共に西洋近代文明の技術を取り入れることによって、日本の工業化を推進することにあった。この目的に対する社会基盤整備の重点目標は、鉄道の建設や、郵便制度の近代化、通信施設の整備、道路網の整備であった。国内、外の貿易量の増加に対応するために、横浜港に代表される港湾の整備も行なわれた。

社会基盤の整備のために、明治の初期以来、第２次大戦の始まる1940年までの期間を通して、国民総生産の３～４％の投資が続けられた。この間の国民総生産の年間の延び率は３～６％程度であった。

最初の鉄道建設は政府の手によって行われたが、1883年には民営の鉄道が運営を始めた。それ以後、鉄道の建設は民間の手で続けられた。その後、大部分の鉄道が国営化され、日本全国をおおう鉄道網の建設が進んだ。同様に、日本全国をおおう通信施設が、現在の技術水準からみれば低い水準のものではあるが、完成した。

最初の水力発電は、明治維新後１５年の1883年に琵琶湖の水を総延長2043mに達するトンネルを通って導く形で計画された。建設工事は２年後の1885年に始まった。建設工事開始後５年の1890年には、水力発電工事は部分的に完成し、60KWの発電機２基によって水力発電が開始された。その後、発電機の数は19基に達した。この発電所建設工事から学んだ一つの教訓は、発電機を国内で生産し得る国産技術の重要性である。最初に輸入した発電機では１KW当たりの価格が120円であったものが、KW当たり40円

で発電できる国産の発電機ができたとたんに、輸入発電機の価格は半額になった。しかしながら、現在のように全ての工業製品について、国際間の価格競争の激しい時代では、この教訓は最早大きな意味を持たないであろう。日本の水力発電の開発は民間の資金で行われ、後には５つの電力会社ができた。1931年になって、これら５つの電力会社はカルテルを結んだ。このカルテルを政府は国民にとって有益でないと判断し、後に全ての電力会社は国営化され、それぞれが独占的に電力を供給する地域を持ち、全体として日本全域をおおう９つの電力配分組織が設立された。第２次大戦後民営化され、現在の９電力会社となった。

第２次大戦後15年間の公共投資のデーターが容易に捜せなかった。1960年代、70年代、80年代の公共投資額は国民総生産の8.7%、8.9%、7.2%である。80年代の公共投資率の低下は、他のOECD諸国にもみられる。しかし、この低下時期の投資率7.2%は他のOECD諸国よりもはるかに高い水準にある。この時期の投資率の低下は政府の財政状態の悪化によるものである。これら各１０年間の国民総生産の伸び率は、それぞれ10.2%、4.6%、4.2%であった。1990年代を通しての日本の国民総生産の年間延び率は4.8%が見込まれており、公共投資の年間延び率は3.5%程度が見込まれている。日本政府は今後の１０年間に430兆円、米ドルで3.5兆円の公共投資を行うことをすでに決めている。

第２次大戦直後には公共投資の重点は戦災で破壊された都市の再建、鉄道の修復、港の修理、農地の拡大等におかれた。道路整備資金の不足を補うために、この時期に道路建設に使う目的税であるガソリン税が制度化された。同じ時期に、料金徴収を前提として、トンネルや橋、道路の建設が始められた。社会基盤整備資金の不足を補うために、長期的には徴収した料金で建設費を賄う目的で、政府は特定の目的を持つ９つの公団、公社を同じ時期に次々と設立した。

第２次世界大戦終了後１０年が過ぎた時期に、日本の工業化は急激に発展する時期に入った。この時期には、社会基盤、特に経済発展に必要不可欠な経済基盤の整備が不十分であると、経済発展を阻害するのではないかとの恐れを多くの政策担当者が抱いた。この結果、道路や鉄道、港湾、通信施設に代表される経済基盤の整備に重点的に公共投資資金が配分された。これに対して、生活基盤に対する投資額ははるかに少ない状況であった。大都市への人口集中が始まっていたにも拘らず都市の道路や街区整備への十分な投資が行われず、計画を欠いたまま大都市周辺部の都市化が進んだ。同様に下水道に対する投資も十分には行われなかった。経済基盤の開発についても量の整備が重要視され、質に対する配慮に欠けていた。この結果、この時期に整備された経済基盤に対して高価な維持、補修が必要になってきている。建設工事が行われて３０年もたっていないにも拘らず、容量が十分でない道路も多く、交通渋滞による経済的損失のみを考えても無視できない額になっている。東京都に限った交通渋滞による経済的な損失は、１日当たり10億円、米ドルで800万ドル強に達していると試算されている。土地の新たな買収価格と買収の困難さを考えると、都市部の道路拡張事業は非常に高価で困難な事業になる。

２．　現在の社会基盤の蓄積の状況

１人当たりの国民総生産では、日本は世界でも最も高い水準の国の１つになっている。一方、大都市の勤労者は毎日通勤に大変な苦労をしている。大都市の勤労者は、普通の生活をするに必要な戸建て住宅はおろか、コンドミニアムを取得することも夢に近いことを知っている。大都市、およびその周辺地域

での80～100m²のコンドミニアムの価格は、都市の勤労者の平均年間所得の10倍以上もする。大都市、およびその周辺地域の地価は異常に高い水準に達している。大都市への人口集中の反面、多くの村落では人口が減り、過疎化が問題となっている。老人は地方に留まっているものの、若年者の地方離れが著しい。日本のように国土が小さく、人口集中度の高い国で、このような減少が現実に生じている。地方の村落といっても、多くの場合、車を使えば1時間程度で、県庁所在地、あるいはそれに次ぐ都市に着くことができる距離にある。このことを考えると、地方村落の住民は、地方都市の状況に満足していないものと思われる。一つの理由は、大都市に存在する社会、文化環境が地方都市に欠けており、その原因には質の良い社会基盤が整備されていないことにあるのではないかとも思われる。

日本政府は経済発展のみならず、生活大国を目指し始めた。このためには生活基盤に対する重点的な投資が必要である。現実の日本の社会基盤の蓄積状況は未だ不満足な状態にある。最近の日本の社会基盤の蓄積状況を西欧諸国での状況と比べた結果を表1に示す。

Table 1. International Comparison of Infrastructure Stock

Type of Infrastructure	Index	Unit	Japan	UK	Germany (W)	France	Italy	U.S.A.
Sewerage	Available People	%	(1984) 34	(1976) 97	(1983) 91	(1975) 65	(1971) 67	(1979) 72
Urban Parks	Area	m²/person	(1985) Tokyo City 2.2	(1976) London 30.4	(1984) Bonn 37.4	(1984) Paris 12.2	(1973) Rome 11.4	(1976) Washington D. C. 45.7
Roads	Paved Roads	%	(1982) 50.7	(1982) 96.4	(1982) 99	(1982) 95	-	(1981) 85
Rails	Double Trucks	%	(1983) 26.7	(1983) 71.6	(1983) 43.6	(1983) 44.6	(1983) 33.3	-
Tap water supply	Available People	%	(1983) 92.6	(1961) 99.0	(1963) 91.0	(1962) 79.0	-	(1960) 93.0
Telephone	Availability	number/ 100 people	(1982) 49.6	(1982) 50.7	(1982) 48.8	(1982) 49.8	-	(1982) 78.8

（出典：経済企画庁総合計画局編、社会資本整備の新たな展開、大蔵省印刷局発行、１９８７年）

データは少し古いものの、日本の社会基盤の蓄積の不足状況はこの表1から明かであろう。日本の全国土面積のうち、何らかの用途に使えるのはわずか25%にすぎず、しかも日本の全国土面積は米国のカリフォルニア州の面積とほぼ同じということを考えると、国民1人当たりの社会基盤の蓄積に必要な単価は、西欧諸国よりはるかに安価になると考えて自然であろう。下水道の普及率が人口の34%にしか達しておらず、道路の舗装率が他国に比べてはるかに少ない事実のみを見ても、経済発展に直接関係しない社会基盤に対する投資が、過去十分に行われなかった事実は明らかであろう。都市公園面積の少なさは、国土面積の小さなことも理由の一つであろうが、都市計画の欠如がより大きな理由と考えて良い。水質の比較的良い上水道施設はほぼ日本全国に行き渡っている。しかし、これは投資の結果というよりは、

山が多い地形の上に、降雨量の多さに起因している。一方、電話の普及度の高さは経済基盤への重点的な投資の一つの証拠ともいえよう。

3．　今後の社会基盤整備の方向

3．1　重点領域

日本の過去の社会基盤整備は経済発展に直接役立つ基盤に重点をおいて行われてきた。生活の質につながる、すなわち生活大国を目指した社会基盤整備に重点を移していくのが、今後の政策転換の大きな柱であろう。実際の需要に先行して基盤整備に投資することの重要性も関係者の一致した意見である。需要に先行して投資することは、過去経済基盤の整備については行われてきたが、生活基盤については先行投資はおろか、後追いの投資も十分には行われてきていない。先行投資は特に膨張拡大する都市の基盤整備の場合に重要である。都市への住民移動は依然として続いている。基盤整備が遅れたまま、自然状態で膨張した都市を、住民にとって住み易く、働き易い都市に再建するのは、基盤整備のなかでも最も困難で、かつ高価な事業である。既存の道路の拡幅と同時に各種の異なった交通手段の導入も必要である。都市の用途地域の区分、指定も不満足な状態にある。大都市には人々が住む上でも、働く上でも大きな利点があるが、巨大になり過ぎた都市では、これらの大都市の利点を打ち消し、かえってマイナス面が勝っている場合もある。東京都市圏はその代表的な例といえよう。生活大国を目指して日本の今後の発展を考えるとき、一極集中ではなく、人口が適度に分散した形の発展が好ましいと考えられている。このような成長のためには、地方都市への重点的な公共投資が必要であろう。巨大都市の抱えるマイナス面を取り除く一つの方法は、巨大都市のまわりに衛星都市を作ることであろうが、日本の都市の場合には巨大化し過ぎていて、今からでは手遅れであろう。

日本の特徴の一つは強力な中央政府が存在し、将来の政策決定について強い力を持っていることである。中央政府の核をなす部局は東京の中央部の小さな地域に集中して位置している。この部局の一部を他に移すことを本気で考えた日本人は、過去ほとんどいない。しかし、現在は、国会において、中央政府全体、あるいはその一部を他の地域に移転させ、移転先に人々を引きつけるに十分な機能を有する社会基盤を整備することによって、すでに巨大化し過ぎた東京圏の人口をこれ以上増大させないことが、日本の今後にとって良いのではないかという議論が行われている。

他のOECD諸国と同じように、日本でも長期的には社会基盤整備に使える投資額が減少するものと考えられている。効率の良い社会基盤の整備をすることは過去においても、当然大事なことであったが、その重要性は今後さらに増大する。十分に考えられた計画に基づいて基盤整備事業を行うのが最も重要である。地域の生産性の向上、雇用機会の増大、民間投資の誘導、小規模企業の定着等の波及効果を考えると、全国に薄く平等にばらまく形の公共投資よりも、地方の中核部分に重点的に公共投資を行うのが好ましい。地域振興のための政策上の一つの必要条件は公共投資であり、公共投資を行う場合に選択した地域の社会的な条件と公共投資額が、民間投資と人々の定着に大きな役割を果たすものと信じられている。建設業には建設コストを下げるための研究が要請されている。建設コストを下げることと同時に、耐久性が良く、維持、補修費の少なくてすむ社会基盤の建設技術の向上に対する努力も要請されている。

３．２　公共資金と民間資金の併用と運営の民営化

社会基盤の整備事業には長くて危険の大きい償却期間や、投資資金を集めた時期と利益を生むまでの期間のずれ、大きな固定費を必要とする等の特質がある。この特質のため、大規模な社会基盤整備事業には、特別な事業を除き、民間投資は期待し難い。国土の均衡のとれた発展のためには、短期間に利益を生まない事業を推進することも必要である。このような事業に対しては民間資金を期待することは困難である。もし、民間企業に社会基盤整備を自由に行わせると、国全体の社会基盤の整備は著しくいびつなものとなろう。

日本政府の将来の財政状況が現在より良くなる可能性が大きいとは思えない。近隣アジア諸国の著しい経済成長を目にすると、日本が過去に経験した高度な経済成長を今後期待するのは難しい。日本政府の財政状況の好転を期待し難い理由の一つである。高齢者社会の到来が、近い将来現実となるのも目に見えている。政府の年金や高齢者に対する医療費負担は確実に増大する。原則的にいって、社会基盤整備の大部分は公共投資によるべきであろう。しかしながら、現実論としては、今後の日本の社会基盤整備は公共資金と民間資金の両者が分担して行う以外にはないであろう。日本ではすでに民間資金を社会基盤整備に導入する手法がある程度確立されている。

重要な社会基盤のうち、すでに鉄道や通信、エネルギ分野は全て民営化されている。これら民営化された分野の一部では、政府の財政投融資資金を低利子で借りることができるものの、整備のための資金は一般的には民間資金と考えて良い。

全国で14,000Kmに達する高速道路網を建設するために４つの公団が設立されている。この道路網の建設は既存の高速道路からの料金収入を使って行われている。東京、神戸間という最も交通量の多い区間を数１０年前に完成させたのは好運であった。この部分の建設費はすでに償還されており、現在の料金収入は高速道路網の延長工事に使われている。高速道路網としては必ずしも必要がなく、マスター・プランに含まれていないインター・チェンジの場合、インター・チェンジを設けることによって通過交通に大きな支障をきたさない場合には、民間、あるいは地方政府が資金を用意し、建設を要請したときにはインター・チェンジが建設されている。同様の方法で、新幹線の場合にも新駅が作られている。

社会基盤が提供するサービスに料金を課す制度は、西欧諸国に比べて日本の方がはるかに発達している。現在では、ほとんどの重要な社会基盤が提供するサービスには料金を課す状態になっている。一般道路が唯一に近い例外であろう。民営化された会社の所有する社会基盤が提供するサービスには当然のことながら料金が課されている。高速道路に代表されるような公団の運営する社会基盤の場合にも、受益者負担の原則が確立している。地方政府も社会基盤のサービスに対して、一般に料金を徴収している。上下水道の多くは地方政府によって運営されている。上下水道の場合には施設設備費に対する固定料金と、使用料に応じた料金に分けて料金を徴収する方法が一般に採用されている。エネルギー危機以来、電力に代表されるエネルギーについては、使用料の増加とともに料金単価が高くなる制度が採用されるようになった。上下水道料金にも同じ制度が採用されてきている。道路の渋滞は大きな問題であるが、ピーク時に高い料金を徴収することは高速道路では未だ行われていない。通信分野では夜間等、利用の少な

い時間帯に対して、割引料金制を導入している。

住宅をおよび住宅地の造成は、完全な民間資金による重要な社会基盤整備の代表例の一つである。政府は住宅都市整備公団を設立したものの、住宅都市整備公団の投資は民間の住宅投資よりはるかに少ない現状にある。民間企業による大規模開発が非常に活発な分野としてリゾート開発があげられる。しかし、リゾート施設は今の日本では贅沢品と考えられており、地方開発につながる場合に地方政府が資金を使うのを除き、公共資金を使うべきでないとするのが国民の多数意見である。

3．3　効率

社会基盤に対する新規投資が困難になる中で、社会基盤の効率は改善を考える一つの大きな問題である。ここでいう社会基盤の効率とは建設に要する費用や、使用に伴う費用、環境に必要な費用を差し引いた後、社会基盤が社会にもたらす便益を最大にすることである。

社会基盤に対しては公共投資が自然であるが、効率の上昇は民営化、規制の緩和、それに使用料負担方法の変更等によって可能である。すでに述べたように日本では、これらの大部分が現実のものとなっている。しかし、上記のような方法で効率化を測っても完全な競争原理が働く状況でない限り、効率化には自ずから限界がある。一部の社会基盤分野では完全な市場競争原理のもとで運営されているものもあるが、それでも市場の独占的な性格を取り去ることはできない状況にある。

政府、公団を含め、社会基盤の運営に関する部分については、できる限り外部の民間企業に依託することによって効率化をはかろうとしている。

経済企画庁は公共、民営を問わず、社会基盤に伴うサービスを提供したり、料金が認可制の分野では運営と財務状況を公表するためのガイドラインの作製を計画している。運営と財務の透明性を良くすることは、完全な市場競争原理の働かない分野の効率性をあげる一つの有効な手段と考えるのがその理由である。

建設技術に対する研究、開発も効率をあげる上で重要な役割を果たす。建設費の低減によって効率は上昇する。建設費の低減努力に対して、その成果の一部を打ち消す要因に、高価な土地の買収費がある。高速道路の建設の場合、日本では土地の買収費が全事業費の40～60%を占めるといわれている。しかし、効率を考えたとき、最も重要なのは良い計画を作製することであろう。同じ投資額による社会基盤がより多く使われれば効率の上昇に寄与するのは当然であり、そのためには十分に考えられた良い計画に基づいた社会基盤の整備が最も重要である。

3．4　公共投資政策

ＯＥＣＤ加盟諸国の多くでは、経済成長率が高いときには、社会基盤に対する投資額を多くしている。これに反し、1910年から現在に到る日本のデータからは、国民総生産と社会基盤整備への投資額の間には負の相関関係がみられ、国民総生産の少ない時期に投資額が増えている。この理由は、日本の社会基

盤の蓄積が少ないため、政府は継続して国民総生産の一定の割合を社会基盤整備のために投資して来たことによると考えるべきである。さらに、経済が不況の時期には、経済の不況を改復する手段として、経済全般に対する波及効果を考え、基礎的な公共投資に追加する形で公共投資を行ってきたことによる。この追加的な公共投資として、８兆６千億円の支出が1992年の中頃に決定された。この額は国民総生産の２％前後に相当する。その後、現在に続いている経済不況の改復策として、さらに追加的な公共投資を行うべきかどうか検討されている。

３．５　社会基盤整備のための投資の有効性を理由付ける研究の必要性

社会基盤の蓄積がある一定の量以下の場合、経済発展を阻害するボトルネックとなることは良く理解されている。社会基盤の蓄積が増え、経済発展のボトルネックとならない水準に達した状態でも、社会基盤の整備に対する投資が経済発展に結びつくことは一般的に認められている。しかし、この関連は必ずしも十分に解明されてないし、定量化するのは容易ではない。特に公共投資が民間企業活動に及ぼす影響に対しては、短期的な雇用機会の増大、民間投資の増大、生産性の向上、波及効果等を除いては十分に解明されていない。最も重要なことは、社会基盤の蓄積量と長期的な経済発展の関係を解明することである。

公共投資を現在の水準より増大することはおろか、現在の水準に保つことにすら困難が予想される状態を考えると、公共投資が経済発展に役立つことを、説得力を持って示す研究成果を得ることが納税者を納得させるために必要不可欠である。

３．６　計画段階からの全ての関係者との対話

社会基盤整備の計画段階から事業開始に到るまでに長期間を必要とする時代になってきている。時には、事業を完成することができないこともある。成田空港はこのような事業の代表的な例といえよう。成田空港の場合、事業計画が決定して以来、すでに２５年が過ぎている。

日本政府は、社会基盤整備に伴うこの困難さを、最も厳しい経験を通して学んだ。現在では、社会基盤整備事業を担当する人々の間で、計画の初期段階から、事業によって直接影響を受ける全ての関係者と対話することの必要性が十分に認識されている。社会基盤の整備によって影響を受ける地方政府、近接地域の関係者、特に近隣住民との間の理解は不可欠である。

ある程度の大きさの規模の事業では、環境に対する影響評価を行うことも必要不可欠の条件となっている。評価はチェックリストを基に行われ、影響に及ぼす負の要因は負の価格に換算され、事業の費用、使益解析に繰り入れられるべきである。

このような努力の必要性は、人口密度の稠密な日本での社会基盤整備事業を、過去に比べて増した資金調達の困難さに加えて、より一層複雑で困難なものにしている。この困難さはアジア諸国の社会基盤整備事業にある程度共通する問題であろう。

III　日本の経験から学び、分かち合う教訓

アジアの各国の社会基盤の整備、蓄積状況は、日本の比較的近い過去の状況と同様の状況にあると考えて良いであろう。アジア諸国の大部分の国で、今後の社会基盤の整備にあたって、日本の経験から学び、分かち合う教訓が多くあるであろう。日本の社会基盤整備の歴史は、限られた資金のもとで、不十分な社会基盤の蓄積が経済発展を阻害するボトルネックとならないよう努力した過程といって良い。過去、１０数年以前は、人々の生活の水準を良くするための生活基盤への投資は必要最小限にとどめられてきた。第２次大戦後の社会基盤整備事業を振り返ってみたとき、実際に行われた整備より、さらに良い資金の配分があった可能性がないわけではない。しかし、このような可能性の余地は現実にはほとんどなかったと考えて良い状況にあったのも事実である。アジア諸国の場合には、日本の過去の状況と同じく、あるいはそれ以上に、社会基盤整備に使える資金は少なく、政策担当者が裁量する自由度は少ないものと思われる。

日本には大きな成功をおさめた大規模社会基盤整備事業が多く存在する。東京、大阪間を結ぶ新幹線鉄道や、同じ区間を結ぶ高速道路、大規模水力発電所の建設等が、成功した事業の代表例であろう。これらの事業の大部分は世界銀行からの融資を部分的に使い実施された。新幹線の料金収入から得た大額の収益は、国有鉄道の他の路線の赤字補填に長期に渡って使われてきた。新幹線からの収益がなければ、国有鉄道の民営化は容易ではなかったものと思われる。同様に、東京と大阪を結ぶ高速道路の収益は、現在建設が進められている高速道路網の整備に大きく寄与している。現在では水力発電の総発電量に占める割合は２０％を割っているものの、水力発電所は、環境破壊物質を全く生じない形で、日本の工業発展に必要な電力を供給してきた。

近年の日本の社会基盤整備のなかで、大都市の膨張、拡大はマスタープラン作成の不十分さが最も良くない結果をもたらした例にあげられよう。日本の大都市が十分に考えられたマスタープランに基づかずに発展したのは、我々にとっても残念なことである。大都市を豊かな生活を過ごせる場所に変えるには、大規模は再構築事業が必要である。このような再構築事業は全く不可能ではないにしても、非常に困難であり、現実的には局所的で、かつ小規模な再構築事業で我慢する以外の可能性はないのではないかと思われる。日本の経験からアジア諸国が学ぶべき最も重要な教訓であると考える。

諸外国から東京を訪れた人の多くから、東京の地下鉄網はすばらしいとのお誉めの言葉を頂くことが多い。土木技術を学んだ者の一人としては、このような言葉を聞き、誇りを感じている。しかし、誇りを感じると同時に、戦後の早い時期に良く考えられたマスタープランが存在していれば、地下鉄網は今よりさらに良いものになっていたであろうと確信しているのも事実である。マスタープランの重要性を示す一つの例と考えている。

日本の社会基盤整備事業について、もう一つ弱点を挙げるとすると、青函トンネルや本州四国連絡橋のように例外は存在するものの、多くの大規模事業で、サービスを開始すると同時に生じた実際の需要を低めに予測したことである。予測を上回る大きな実需要が生じた原因の一つは予測を上回る高度経済成長にあり、社会基盤整備の担当者を責めるのは酷であろうが、同時に需要予測が低すぎたという事実は認め、反省すべきであろう。需要予測が低く、その結果、現在深刻な事態を生じている代表例に、首都

高速道路の環状線があげられよう。この環状線は4車線構成で、1964年に完成したが、現在では日中は常に交通渋滞が生じる状態になっている。車線数を増やす必要があるが、交通を止めないで車線数を増やす工事を行うことは不可能に近い。一方、交通を止めることによる経済的な損失を考えると、交通を止めることも考え難い状況にある。高度な経済成長が見込まれているアジアの国とって、一考に値する教訓であろう。

政府の財政上の制約から、東京と名古屋を結ぶ2本目の高速道路である中央道は4車線で計画されたものの、最初の工事は2車線分のみについて行われた。2車線の高速道路として工事が完了したすぐ後に、残りの2車線の追加工事が開始された。結果的には、交通量が多くないと予想された位置で、しかも建設単価が高いトンネルのような構造物を除き、始めから4車線の工事を行った方が総工費が少なくてすんだのではないかと思われる。

各種異なった種類の社会基盤の整備に関係する人々の間の連絡、協調性のなさが、余分の投資を必要とする結果を招き、税金の無駄使いになっている例もある。この協調性の欠如は、大都市の道路、地下鉄、上水道、下水道、電力、通信等の管轄者の間に見られる。悪いことに、共同溝の建設はほとんど行われていない。協調性の欠如と共同溝が存在しないことのために、都市部の道路はいつも掘り返され、部分的に再舗装されるということの繰り返しが続いており、道路工事に伴う直接的、間接的な経済損失が生じている。

財源が限られていることから、今に到るまで公共投資に対する用地の先行取得は行われていない。もともと土地の狭い日本で、高度な経済発展が続いたため、土地の価格は経済の成長率やインフレーションよりもはるかに高率で上昇した。現在、社会基盤整備の総事業費のなかで、土地の買収費が大きな割合を占めている。地価の上昇を食い止めるための政策を研究し、実施することが、今後の社会基盤の整備にあたって、最も大事なことの一つである。地価の異常な上昇は都市部の社会基盤の整備を困難にするだけではなく、土地を持つ者と持たない者との資産格差を拡大し、公平性の原則に反する結果も招く。

アジアの諸国の多くの国で予測されているように、将来の経済発展が確実に予測されている国では、経済効果の高い社会基盤の整備にできるだけ多くの投資をするのが良いと考えられる。このことは、東京、大阪間の新幹線鉄道や高速道路の建設の経験を通して日本が学んだことである。

生活にとって必ずしも必要のない製品やサービスの質を低下させることによって、経済成長率を低く押さえるのが良いと主張するグループが存在する。主として環境問題に関心を持つグループである。この人達は現代社会は高率の経済成長を持続することによってのみ生活の質が向上する仕組みになっていると主張している。社会の仕組みを変えることによって、低い経済成長率のもとでも生活の質の向上が可能であり、そのような社会に変えるべきであると主張している。現実には、競争原理に基づく市場経済のもとで成り立っている現在の社会の仕組みを変えることは困難であろうが、一考に値する主張である。社会基盤の提供するサービスについても同じ主張が成り立ち、考慮に値しよう。

社会基盤整備に関して、私達が学んだ最も大事なことは、計画の段階から、関係する全ての組織や住民と意見交換すべきであるということである。この意見交換、対話なしには大規模事業を実施することは

ほとんど不可能な時代になっている。すでに紹介したように、成田空港がこのことを示す例である。

私自身は構造工学、鋼構造を専門として勉強してきた経験を持っている。この専門分野は土木技術のなかの一つの中心分野である。耐久性があり、維持、補修費の少ない構造物を安価に建設することの重要性はいうまでもないことである。しかし、今の私は、良い政策を立案し、基本計画を作ることの方が、効率の良い社会基盤を整備し、蓄積するうえで、はるかに重要であると考えている。アジアの大部分の国の社会基盤の蓄積の現状は、経済発展のためにも、生活大国を目指すためにも、不十分であり、社会基盤の整備を担当する政策担当者の果たす役割は誠に重要であると同時にその責任は重い。

II.「近代日本における土木工学の進歩と経済・社会の発展への貢献－土木研究所70年の活動と今後の展望－」

建設省土木研究所長　住吉幸彦

近代日本における土木工学の進歩と経済・社会の発展への貢献
－ 土木研究所７０年の活動と今後の展望 －

住吉　幸彦
建設省土木研究所長

はじめに

アジア地域土木研究所長等会議で、基調講演を行なう機会を与えていただき、たいへん嬉しく思っております。

さて、＜概要＞でございますが、私の本日の基調講演は４つの話題からなっております。

最初の話題は日本経済の発展における社会資本投資の役割であります。

明治維新(1868年) 以来、日本経済は急速に伸びまして、特に第二次世界大戦以降が顕著でありました。経済学者の多くはこの急速な成長の原因を軍備投資が低く抑えられてきたからと分析しています。経済政策が適当であり、産業技術の発展があったことも確かでありましょう。しかしこのように急速な経済成長は、社会資本投資が上手に行なわれてきたことがなくては有り得ないと言えるのではないかと思います。

そこで第一の話題としましては、わが国における社会資本整備と経済発展の関係ついて説明させていただきまして、経済発展における社会資本整備の役割を考えてみたいと思います。

二つ目の話題は土木技術の発達史であります。

日本政府は近代において社会資本整備を推進し、国力の増大を図るため３つのポリシーを持ちました。それらは、

・西洋の先進技術の積極的な導入とこれらを日本式に改良するための研究開発の推進
・技術教育の推進
・社会資本整備を援助する特別法の整備

であります。

三つ目の話題は土木研究所の７０年の歴史であります。

土木研究所は1922年に創立以来、これまでたくさんの新技術を開発し、土木技術の発展に貢献してまいりました。ここでは組織の発展、注目すべき研究、および土木研究所が土木技術の発展に果たした役割について述べさせていただきます。

四つ目の話題は土木研究所の今後の動向であります。

土木研究所は時代の要請に応えることを理想に掲げておりますので、将来の社会における課題の予測も土木研究所の最も重要な仕事のひとつと考えております。本講演の最後として、日本の社会、経済の動向と、土木研究所が将来取り組まなければならない研究課題について述べさせていただきます。

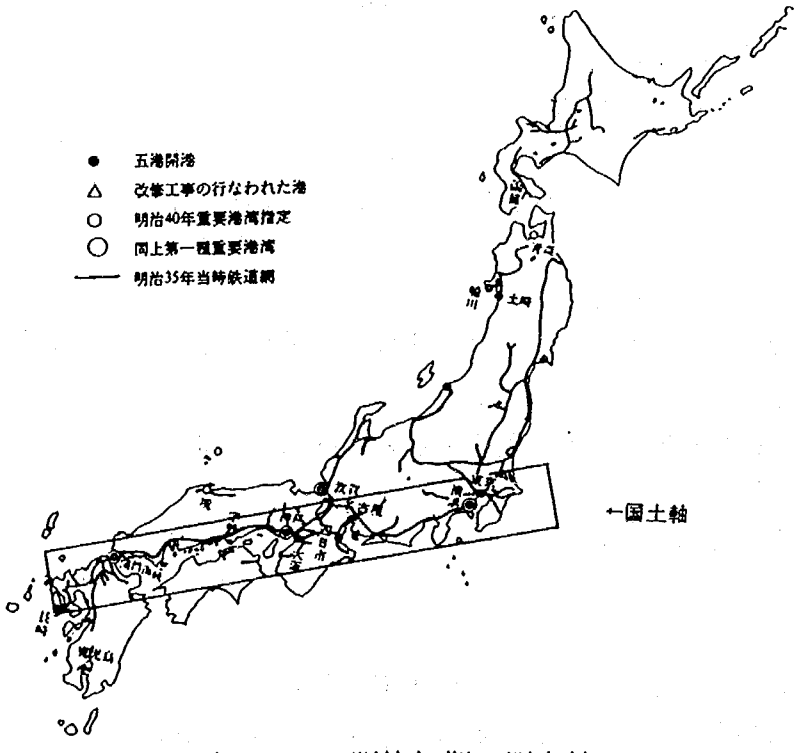
課題1　わが国の経済発展における社会資本整備の役割

さて、第一に、＜社会資本整備がわが国の経済発展に果たした役割＞について述べさせていただきます。

約125年前の明治維新により確立された明治新政府は、中央政権を確立し、西側先進国に対抗するために交通通信網の整備と産業の近代化に力を注ぎました。日本の工業化のために、政府は西側先進諸国から鉄鋼、機械、蒸気機関等の先進技術を導入しました。

スライド(1)は、明治期の産業の国土軸を示しております。

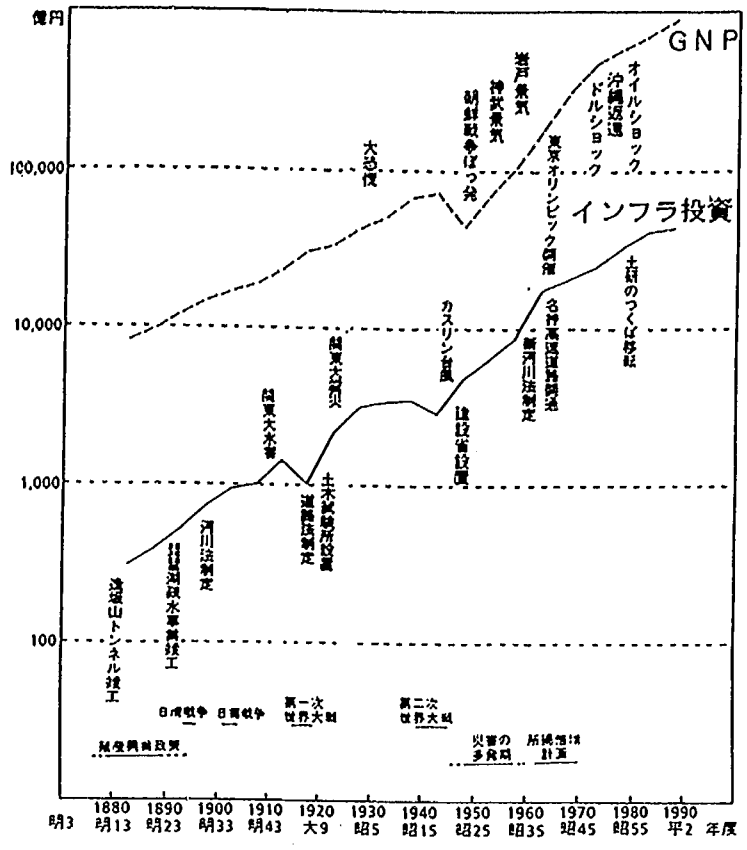
明治維新以前は、経済の中心は大阪で、政治の中心は東京でありました。したがって、大阪と東京を結ぶ交通路線はわが国の交通、通信機構の重要な動脈になりました。さらに、九州で大量の鉄が見つかり、わが国最初の製鉄所がそこに建設されましたので、東京－名古屋－大阪－九州の路線がわが国最初の国土軸となりました。天然の港に恵まれておりましたので、この国土軸は、太平洋を巨大な航路として利用できるメリットをも有しておりました。



スライド1　　明治初期の国土軸

このスライド(2)は、この時代の社会資本投資額の推移を示しております。日露戦争時は社会資本投資が減少させられたのがわかります。これは軍事費が社会資本整備を圧迫する典型的な例であります。また、別の戦争の影響の例が第一次世界大戦の時に見られます。この間、西側諸国から大量の軍需が寄せられ、わが国経済は繁栄を迎えました。しかし1918年に戦争が終わってからは、短期ではありますが好景気の反動による不景気がわが国経済を打ちのめしました。さらに、第二次世界大戦中も、社会資本投資は激減しました。

全体として、社会資本投資額はGNPの伸びに比例しておりますが、ゼロシーリング予算が行なわれた最近10年間は、GNPの伸びに比べ社会資本投資額の伸びが低く抑えられています。

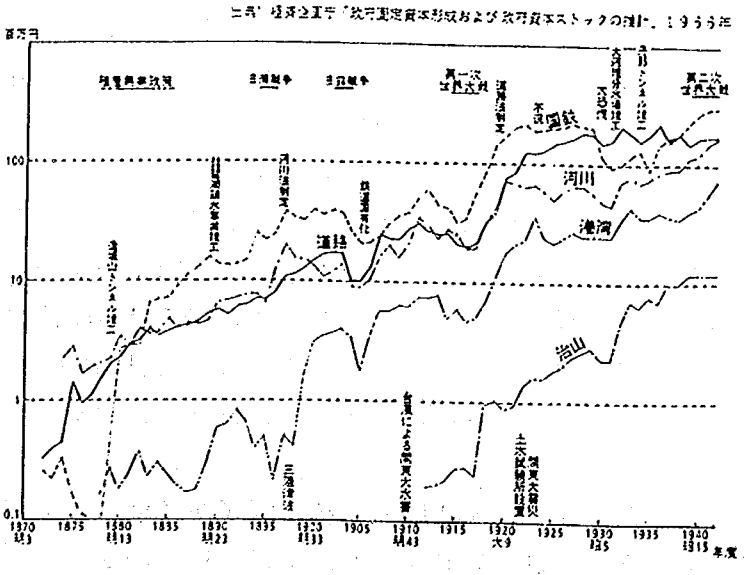


スライド２　GNPと社会資本投資の推移

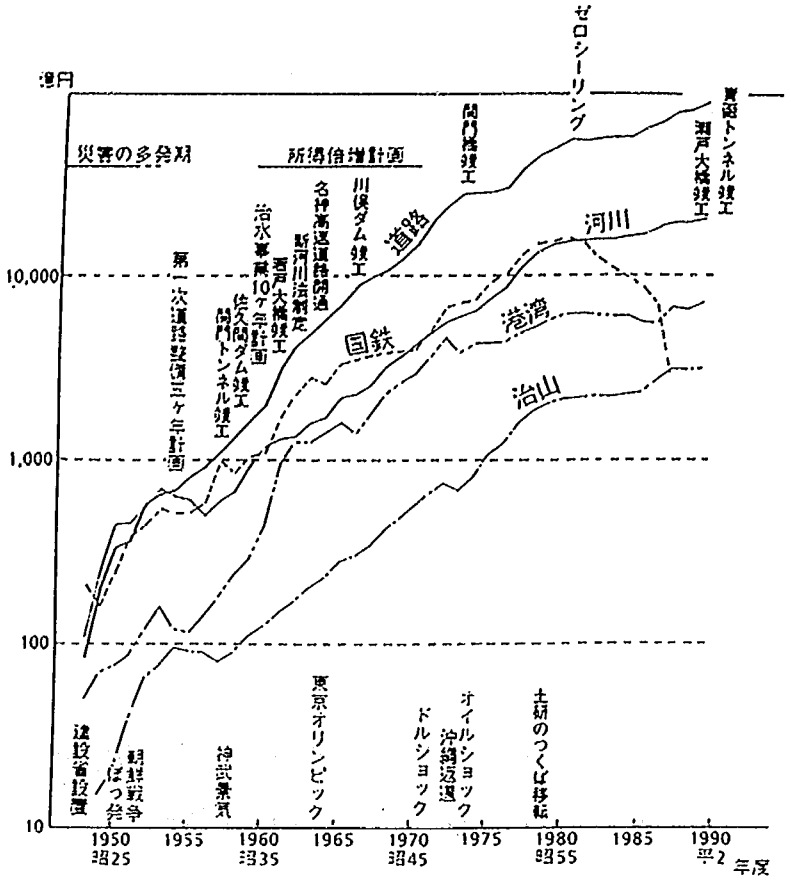
このスライド(3)は鉄道、道路、河川、港湾、砂防ごとに見た社会資本投資額の推移を示したものであります。第一次世界大戦前には交通に関する投資としては鉄道に重点が置かれておりました。しかし関東大震災の復旧の際および第一次世界大戦において車の有用性が明らかになったことが投資構造を変化させました。1930年代には道路投資額が鉄道投資額を抜きました。

昭和7年(1932年)の世界恐慌は日本経済、特に主産業が農業である地方部に痛手を与えました。政府は地方の失業者対策として道路や河川改修工事を起こしました。

この時代、社会資本整備推進のための最初の道路法および第２、第３の治水計画が策定されました。これははわが国のエポックをなすものでありました。しかし、この時代の法や計画はいずれも財政上の裏付けがなかったために、それらは縮減されるか中止の憂目を見ることになりました。



スライド３　分野別社会資本投資の推移(明治維新から第二次世界大戦まで)



スライド４　分野別社会資本投資の推移（第二次世界大戦後）

スライド(4)は第二次世界大戦後の鉄道、道路、河川、港湾、砂防分野の社会資本投資の推移を示したものであります。

第二次大戦中、最も優先的に投資が進められたのは軍備でした。わが国の産業の生産性は戦前よりも劣ることとなりまして、この軍備を第一とした投資政策は戦後台風による洪水災害を頻発する結果を招きました。これらの災害復旧のために、戦後一時期河川への投資額が増大しましたが、全体的には、道路整備が優先されていると言えます。

日本経済の転換のきっかけとなったのは1960年に策定された所得倍増計画であります。社会資本整備のための財政的裏付けを持った５ケ年計画や法が策定されました。昭和50年(1975年)まではすべての分野で社会資本投資額が増加しているのがわかります。こうした計画のなかでは、道路整備と新幹線整備が特筆されます。第11次道路整備５ケ年計画では平成22年(2010年)までに総延長14000kmの高速道路網を完成させることになっています。

昭和47年(1972年)、わが国は急速な経済成長によりＧＮＰ世界第２の国家となりました。しかしドルショック(1971)およびオイルショック(1973)は高度成長に歯止めをかけました。これ以降わが国経済は安定成長の時代へと移行しました。ゼロシーリング予算の時代には社会資本投資額はGNPの伸びに対し横ばいかそれ以下に抑えられております。また昭和55年(1980年)以降、鉄道への投資額が減少しておりますが、これは国鉄民営化が進められたためです。

高度成長の時代には、青函トンネル、本州四国連絡橋、関西新空港、首都圏環状道路、新幹線、高速道路網等のビッグプロジェクトが計画されました。現在、いくつかは完成しており、いくつかは工事中であります（スライド5参照）。

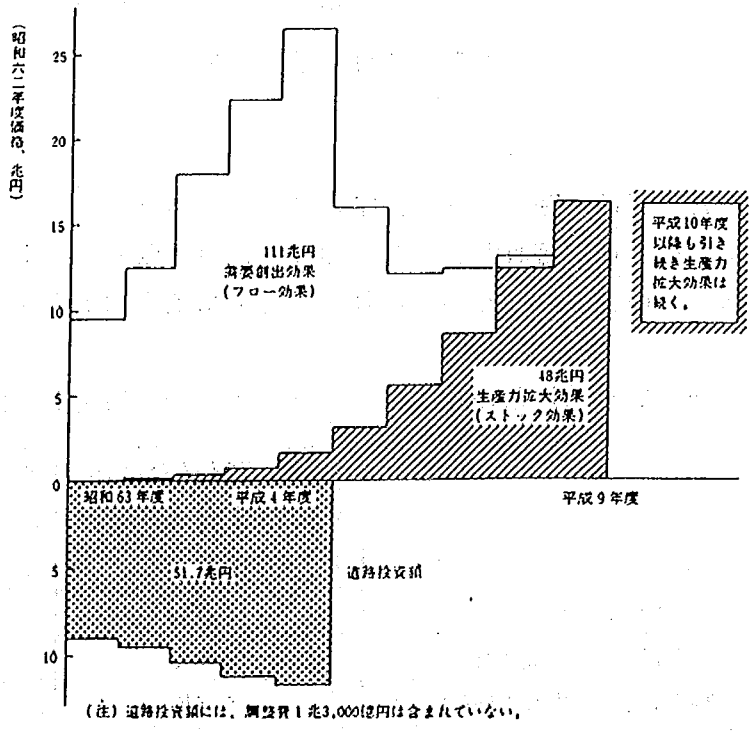
スライド5　大プロジェクトおよび地方振興のためのプロジェクト

プロジェクト名	内　　容
首都圏環状道路	東京湾岸道路、東京湾横断道路等を含む環状道路群。
関西新国際空港	大阪湾の沖合いに建設中。24時間開港を予定している
本州四国連絡橋	本州と四国を３つのルートで結ぶ。明石大橋は世界最大の吊橋である
青函トンネル	北海道と本州を結ぶ世界最長の海底トンネル。
東北新幹線	東京と東北地方を結ぶ新幹線。
上越新幹線	本州を横切り東京と日本海地域を結ぶ新幹線。
関越道	本州を横切り東京と日本海地域を結ぶ高速道路。
東北道	東京と東北地方を結ぶ高速道路。

1990年、日米構造協議の取り決めによって、わが国は平成3年(1991年)から平成12年(2000年)の間に、生活環境の向上を目指して下水道、公園、道路、河川整備等に総額430兆円(約3.5兆ＵＳドル)の社会資本投資を行なう予定です。

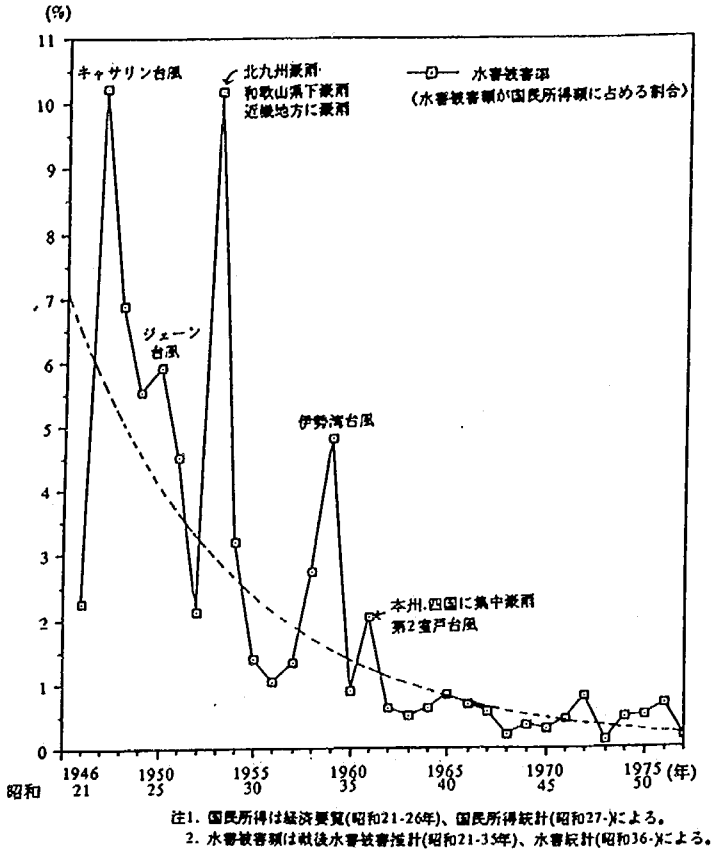
さて、ここからは＜社会資本整備が経済に与える影響＞について説明させていただきます。

第一に、社会資本整備の経済効果について述べます。一例として、道路整備の影響について見てみましょう。スライド(6)は、第10次道路整備５ケ年計画の経済効果を推定したものであります。５ケ年計画の51.8兆円(約4000億ドル)の投資によって、48兆円(約3700億ドル)のストック効果、111兆円(約8500億ドル)のフロー効果を生み出すことがわかります。これは、道路建設による自動車燃料の節約、移動時間の短縮、ＧＮＰの増大、税収の増大、雇用増大、物価の低価格化等によりもたらされるものであります。



スライド６　第10次道路整備５ケ年計画によるＧＮＰの成長

２つめは災害防除効果であります。洪水災害の軽減は、河川整備の最も重要な課題といえましょう。スライド(7)は、洪水災害被害額とＧＮＰの比の経年変化を示したものであります。第二次世界大戦の直後には10%に達していたものが、大規模ダム建設や河川改修事業の効果によって1965年以降には1%以下に抑えられています。



注1. 国民所得は経済要覧(昭和21-26年)、国民所得統計(昭和27-)による。
2. 水害被害額は戦後水害被害推計(昭和21-35年)、水害統計(昭和36-)による。

スライド７　防災事業の効果

３つめは経済発展の起爆剤としての効果です。

岩手県は以前は日本において最も開発の遅れた県のひとつでありました。このスライド(8)は高速道路のインターチェンジの近傍と離れたところにおける人口、収入、生産額、消費額を比較したものであります。高速道路の完成は明らかにこれらの経済指標を向上させております。

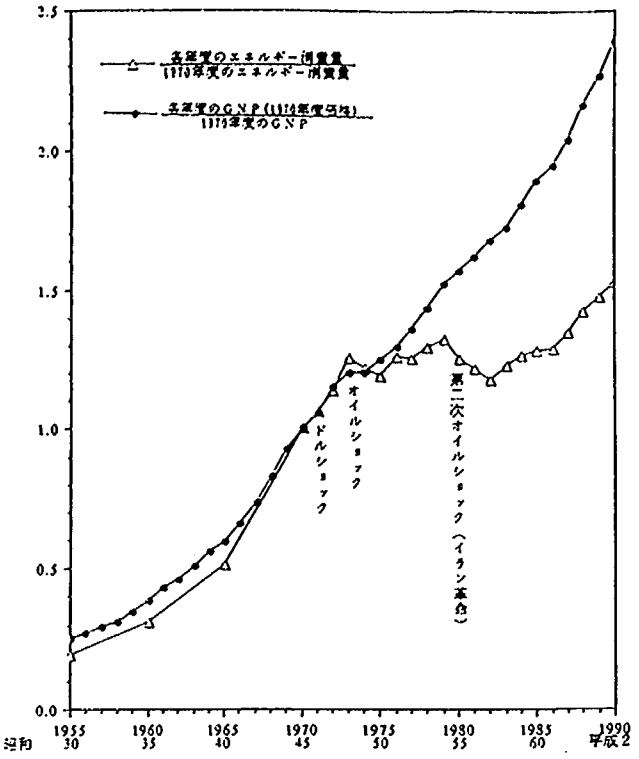
スライド８　新しい高速道路の開通による地域の社会経済指標の伸び

	高速道路ｲﾝﾀｰﾁｪﾝｼﾞ30分圏内都市の平均伸び率	高速道路ｲﾝﾀｰﾁｪﾝｼﾞ30分圏外都市の平均伸び率
人口増加率（昭和60年/昭和55年）	3.7%	0.9%
課税対象所得額増減率（昭和59年/昭和54年）	44.6%	37.8%
製造品出荷額増減率（昭和60年/昭和55年）	38.5%	31.0%
卸小売販売増減率（昭和60年/昭和54年）	48.4%	42.1%

（場所：岩手県　1977年11月19日に開通した東北道(延長680km)の沿線地域）

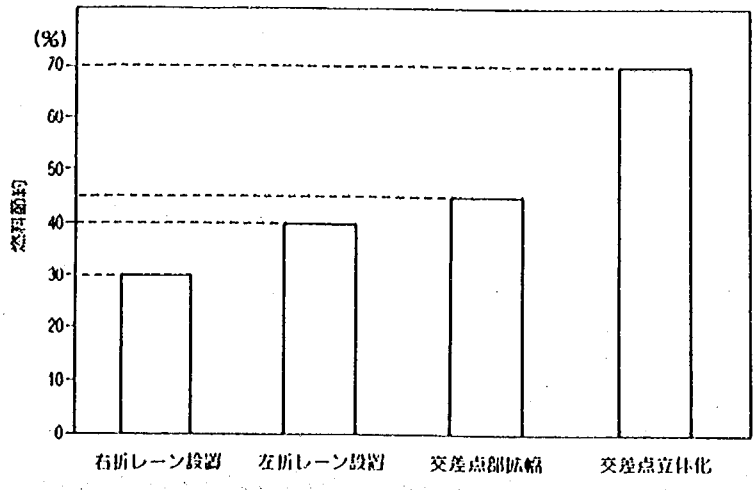
一般に、エネルギー消費はＧＮＰの伸びと比例するものでありますが、わが国は例外であります。このスライド(9)はわが国におけるＧＮＰの伸びとエネルギ消費の関係について示したものであります。1975年以降、最近5年間を除いてエネルギ消費が伸びていないことがわかります。エネルギー消費が減少もしくは横ばいとなっている原因としてつぎの３つの事項が挙げられます。

1)工場、機械の生産効率の向上がＧＮＰを増大させた
2)情報産業が大きなエネルギー消費を伴うことなく伸張し、ＧＮＰを増大させた。
3)高速道路や新幹線などの近代的輸送設備が整備され、エネルギー消費を減少させた



スライド９　エネルギ消費とＧＮＰの伸び(1970年基準)

一例として、道路整備の効果をみてみましょう。このスライド(10)は交差点改良による燃費の向上を示したものであります。改良のタイプによって異なりますが、交差点改良がエネルギー消費を減少させているのは明らかであります。



スライド10　交差点整備16事例における乗用車燃費についての推計値

課題２　土木工学の発展

さて、ここからは２つめの話題として＜土木技術の発達史＞について述べてみたいと存じます。土木技術の発展には、研究開発、技術教育、事業を支える法制・制度の整備という３つの要因があったと考えられます。

最初の要因は土木技術の発展であります。このスライド(11)は技術発展の５つの段階を示しています。私の説明はこの５段階ごとに進めさせていただきます。

スライド11　土木技術発展の５段階

１．外国人技術者の招聘による技術導入期 （明治初期～明治20年(1868～1887)）
２．留学帰りの日本人技術者等による技術改良期 （明治21年～明治末期(1888～1912)）
３．大正初期から昭和初期にかけての停迷期 （大正元年～昭和20年(1912～1945)）
４．戦後アメリカをはじめとする欧米からの先進技術の導入期 （昭和20年～昭和30年代(1945～1964)）
５．わが国独自技術の発展期 （昭和40年以降(1965～)）

最初の段階は第一期海外からの先進技術導入であります。
明治以前にもわが国は一応トンネル、橋梁、ダム、河川改修等の技術を有してはおりましたが、いずれも大規模構造物には不向きなものばかりでありました。したがって近代的な公共事業に対しては海外からの技術導入が必要となり、外国人技師を破格の高給で招き入れました。

スライド12　お雇い外国人と事業

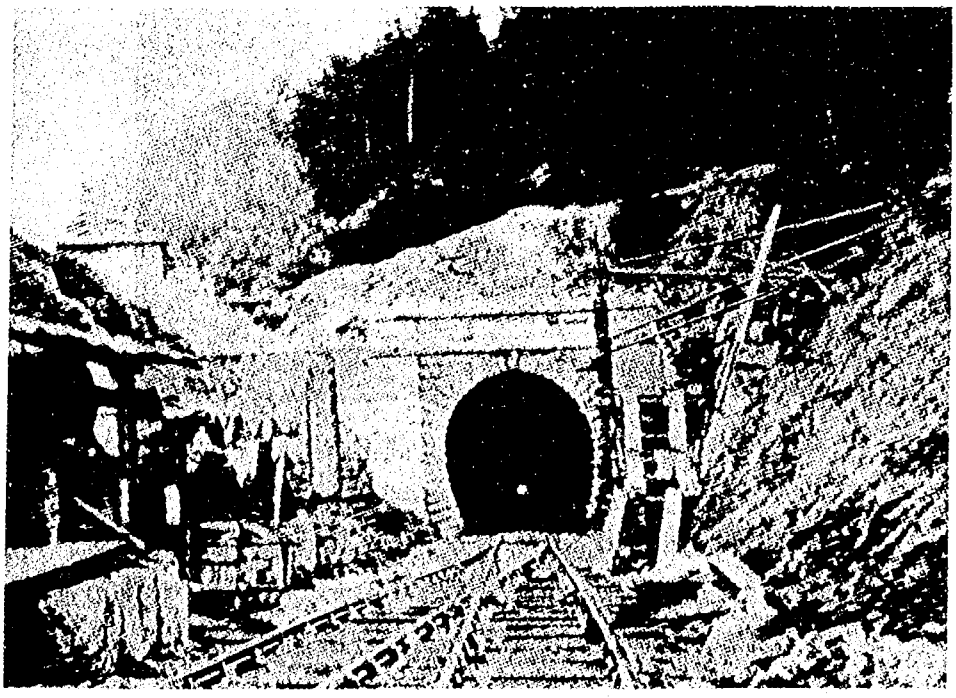
名前と国籍	主な事業	名前と国籍	主な事業
ｲﾝｸﾞﾗﾝﾄﾞ(U.K.)	石屋川ﾄﾝﾈﾙ	ｱﾒﾘｶ技師	大井ダム
〃	住吉川ﾄﾝﾈﾙ	〃	小牧ダム
ｸﾞﾚｰ(U.K.)	芦屋川ﾄﾝﾈﾙ		
ｵﾗﾝﾀﾞ技師	栗子ﾄﾝﾈﾙ	ﾄﾞｰﾙﾝ(ｵﾗﾝﾀﾞ)	利根川、安積疏
		ﾃﾞﾚｰｹ(ｵﾗﾝﾀﾞ)	木曽、淀川
ﾎﾞｰｹﾞﾙ(ｵﾗﾝﾀﾞ)	くろがね橋	ﾑﾙﾃﾞﾙ(ｵﾗﾝﾀﾞ)	利根川
ﾌﾞﾗﾝﾄﾝ(U.K.)	吉田橋	ﾘﾝﾄﾞｳ(ｵﾗﾝﾀﾞ)	信濃川
ﾎﾙﾄ	豊平橋		
ﾎﾟｰﾙ、ﾎﾜｲﾄ(U.K.)	武庫川橋		

このスライド(12)はお雇い外国人技師とその専門分野を示したものであります。主として英国人はトンネル・橋梁技術のために、アメリカ人はダムのために、オランダ人は河川、港湾改修の

ために招かれたことがわかります。このことは、当時の各分野の世界の最新技術が日本に導入されたことを示しています。

2番目の段階はお雇外国人技師の弟子や留学帰りの日本人技師が導入技術を日本式に改良する時代であります。
1880年代、外国人技師に学んだ日本人技師は自らの手で設計施工に取りかかり始めました。この時期の代表的工事として逢坂山トンネル工事について説明してみましょう。

このスライド(13)は逢坂山トンネルの入口です。このトンネルは日本人技術者の手で完成した最初の近代トンネルで、長さは665mであります。この工事には日本古来の建設手法である手堀が用いられました。というのは、この時代わが国には金鉱夫が大勢いたからであります。トンネルの床には焼レンガが用いられ、硬い岩の掘削には発破が用いられました。これらの技術は西洋のものであります。したがって、このトンネルは和洋折衷により造られたと言えましょう。

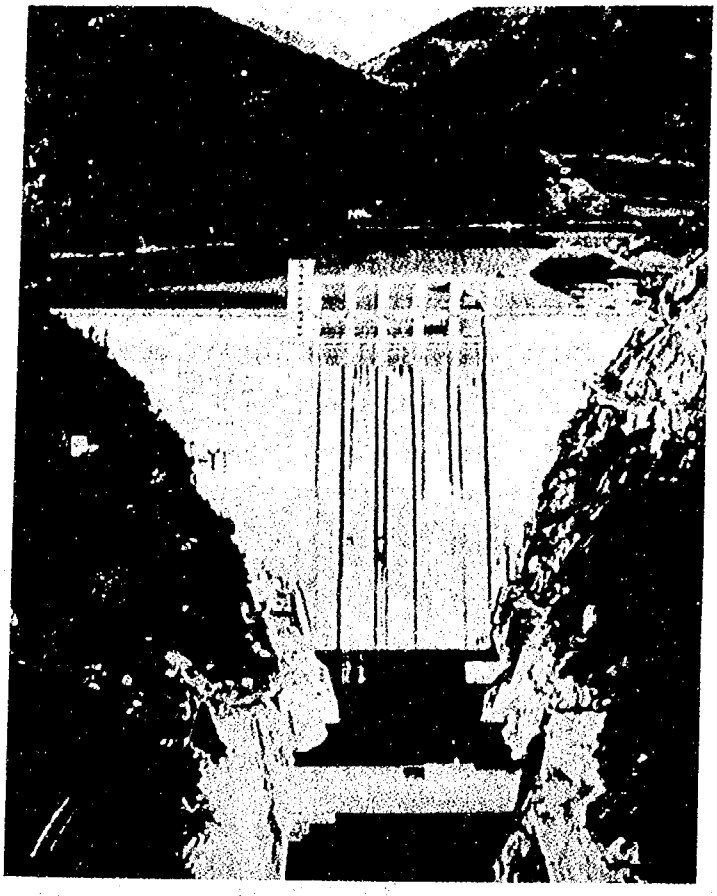


スライド13　逢坂山トンネル

第3段階は土木技術の低迷期です。大正時代のはじめから昭和初期にかけては、軍備増強への優先により土木分野への予算が削られ新しい技術開発の機会が減じられたために土木技術は停滞しました。本州と九州を海底で結ぶ関門トンネルのみが注目すべき事業でありました。

第4段階は、第二次の海外技術の導入期であります。昭和30年代(1950年代)の急速な経済成長は大規模トンネル、ダム、橋梁建設計画を生み出しました。海外、とくにアメリカからの導入技術はこれらの工事に大きな影響をあたえました。この経済成長によって、わが国は導入技術をわが国の自然条件、経済社会条件にマッチするよう改良する機会に恵まれました。このチャンスを活かしたわが国は、現在土木技術において世界の最も進んだ国のひとつとなることができました。

この時期の注目すべき工事は佐久間ダム建設であります。スライド(14)は佐久間ダムであります。アメリカからの機械化建設技術はわが国の建設現場を一変させました。150mもの高さを有する佐久間ダムがわずか28カ月で完成したのです。これは当時のおよそ半分の工期でありました。



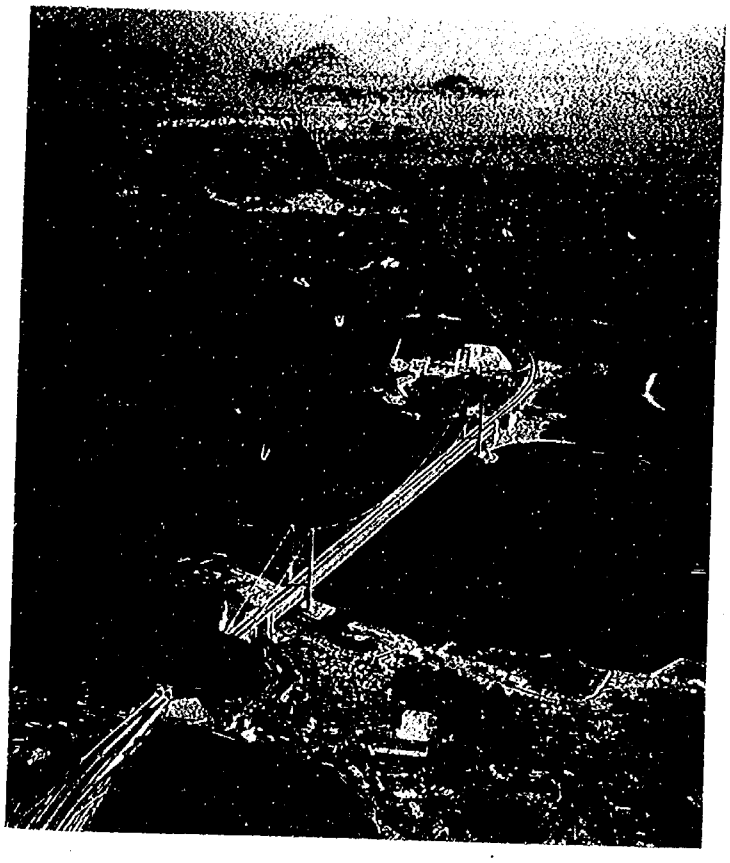
スライド14　佐久間ダム

第５段階はわが国独自の技術開発の時代であります。1970年代の後半から、大規模構造物建設のためのわが国独自技術がみられるようになってきました。これらの技術の進展は、鉄鋼、機械、コンピューター等土木以外の分野の技術革新にも支えられております。この時代の注目すべき事業は本州四国連絡橋と青函トンネルであります。

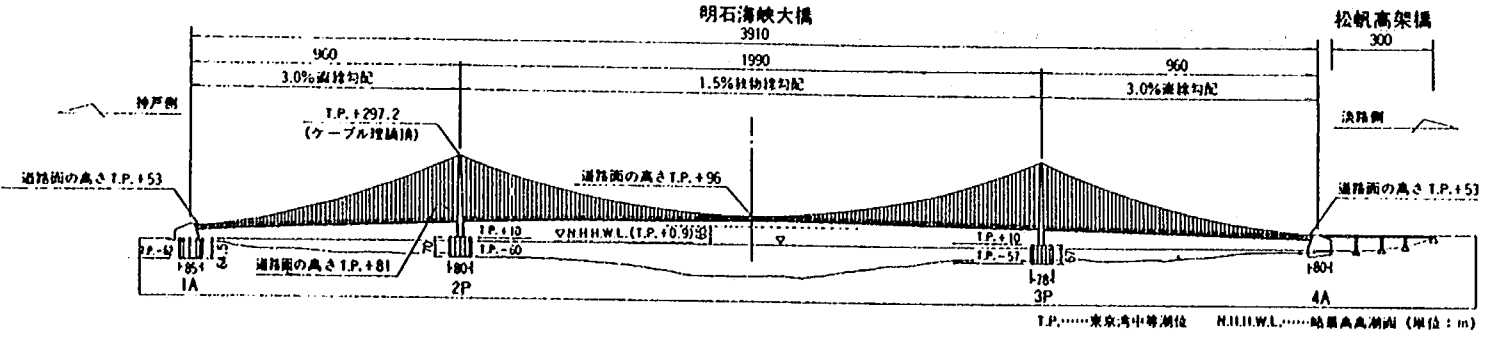
本州四国連絡橋計画は３つのルートを有しております。スライド(15)は昭和62年(1987年)に完成した児島・坂出ルートでありまして、高速鉄道と高速道路を有する世界で初めての吊橋が含まれております。他のルートは現在建設中であります。これらの橋梁の設計には、地震や台風の影響も調査、解析されているのをはじめ、たくさんの新技術がこの建設に使われております。

このスライド(16)は明石海峡大橋の側面図であります。これの中央スパン長は1990mであります。平成10年(1998年)完成の際にはこの橋は世界最長の吊橋となります。

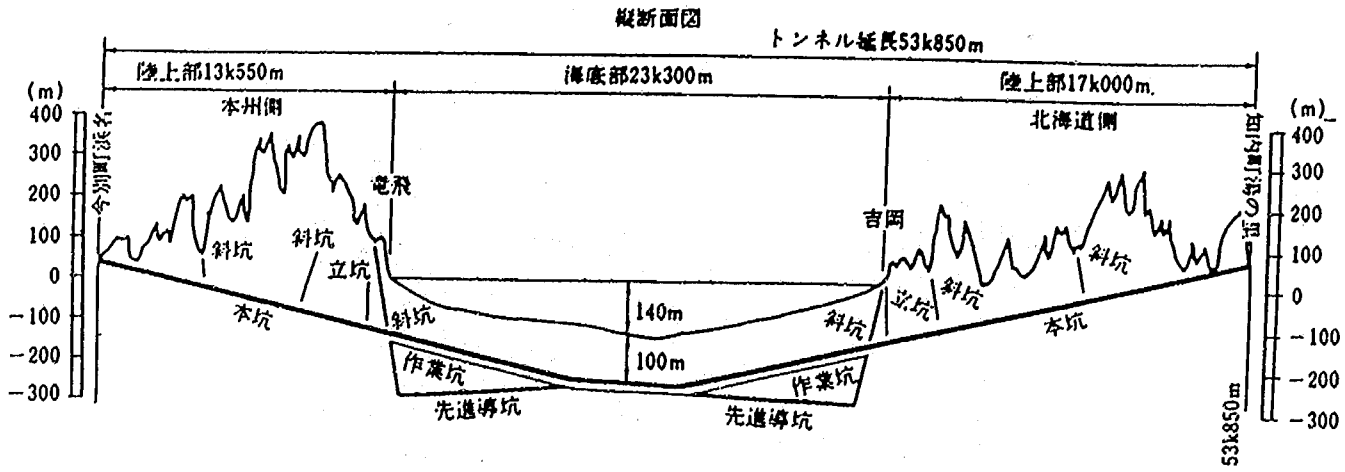
このスライド(17)は青函トンネルの側面図であります。54kmの長さを有する青函トンネルは本州と北海道を結ぶ世界最長の海底トンネルであります。昭和60年(1985年)にこの工事は終了しました。このトンネル建設のためにたくさんの建設技術が開発されました。これらの一部はドーバ



スライド15　児島・坂出ルート



スライド16　明石大橋側面図

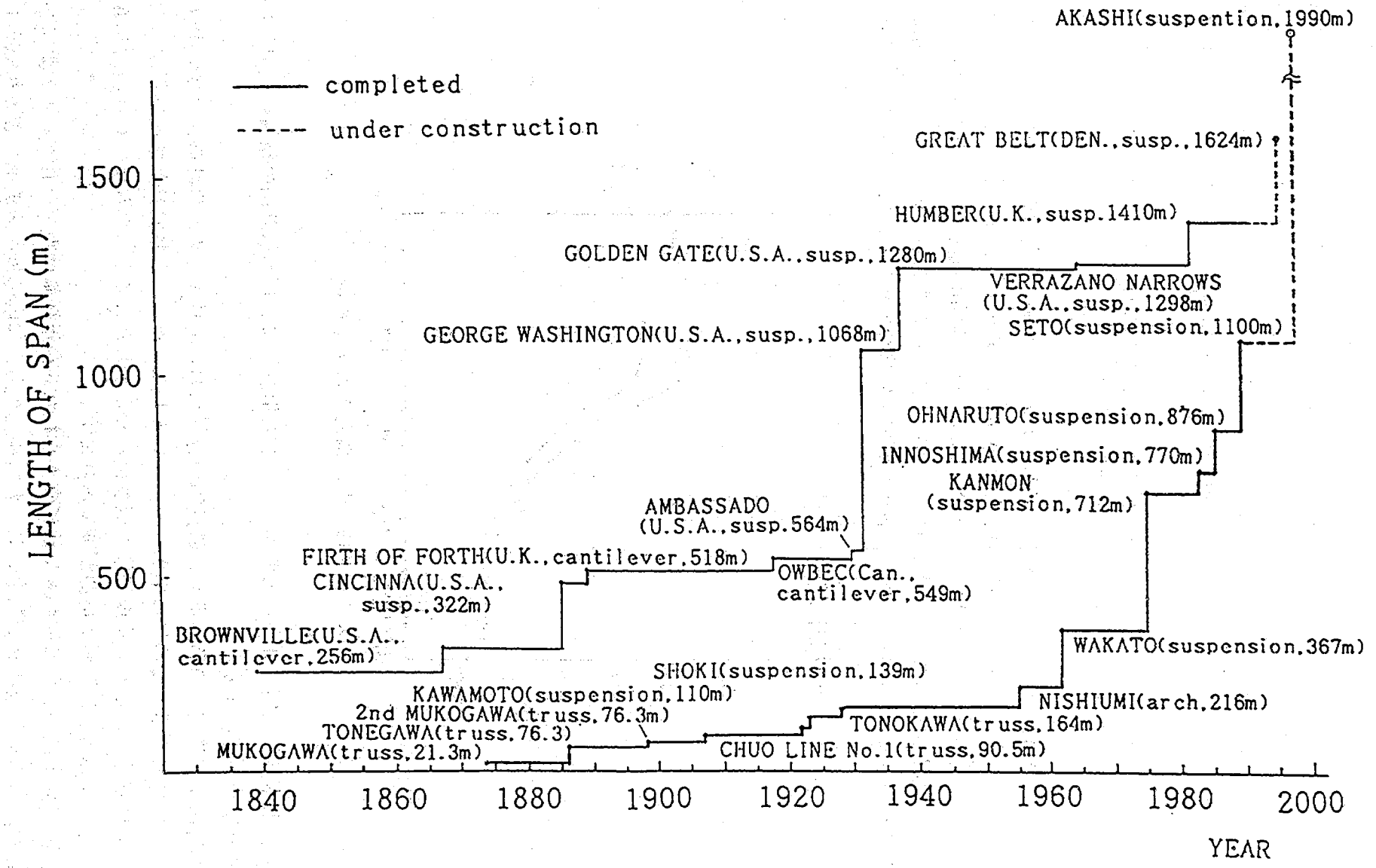


スライド17　青函トンネル縦断面図

一海峡トンネル建設に活用されています。なお、本会議終了後にはこのトンネルを視察することになっています。

ところで、技術開発の進歩を表わす指標として、構造物の大型化を用いることができます。ここでは橋梁のスパン長の推移を見てみましょう。

このスライド(18)は橋梁のスパン長の大型化の様子を示したものでありまして、世界と日本のその時々の最長のスパンがプロットされております。これより、日本の橋梁技術が世界の頂点に立つ過程が見て取れます。この大型化をもたらした主な要因としては、溶接技術の向上、高張力鋼の開発、基礎技術の向上が挙げられます。ちなみに世界最長となる明石海峡大橋の主ケーブルには180km/mm^{2}高張力ワイヤが用いられます。



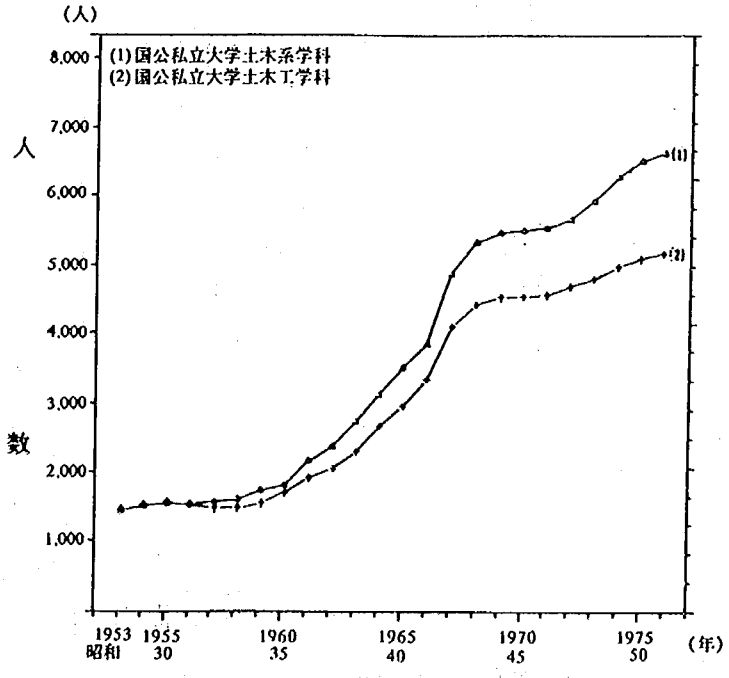
スライド 18　橋梁のスパン長の変遷

つぎに、土木技術発展の２つ目の要因としての＜技術教育史＞について述べてみたいと思います。

明治初期、最初の土木教育はイギリス人技師モレルの進言により1872年に開校した工部大学校に始まります。その後文部省は高等教育機関を取りまとめて東京大学および札幌農学校を開校させました。当初、講師は外人技師でありましたが、英語による講義は日本人学生にとって内容理解の妨げとなっておりました。そこで明治17年(1884年)、文部省は英語に代わって日本語による講義の実施を決定しました。このことはわが国の各層にわたる熟練技術者を増大するのに大いに役立ちました。

戦後、たくさんの大学がわが国に設置されました。これらの大学は、多くの技術者を社会に送りだし、わが国の土木技術の発展に多いに貢献しました。

このスライド(19)は学生数の経年変化を示したものであります。上の線は広義の土木工学科を、下の線は狭義の土木工学科を示しており、したがって、両線の差が衛生工学、交通工学、都市工学等の学生数を表わしているわけであります。 これから、昭和35年(1960年)から昭和45年(1970年)の間に学生数が急増していること(約3倍に増加)、土木関連学科が年を負うに従って増加していることがわかります。このことは、教育の分野でも時代の要請をくんでいることを示しております。



スライド19　土木系大学入学定員数

つぎに、土木技術発展の３つ目の要因として、＜財政法および改修計画の整備の歴史＞について述べてみたいと思います。

明治維新以来、河川、道路、港湾、鉄道等の分野において数多くの改修計画が立てられましたが、その大半は財政難のために縮小されてしまいました。そこで、政府は財源を確保するためシステムや予算確保を目指した法の整備に取り組んできました。こうしたなかでの注目すべき成果は有料道路制度および道路特定財源制度であります。

第二次世界大戦以降、財政的制度や法に支えられた５ケ年整備計画がそれぞれの分野で生み出されました。さらに、公団法が制定され、有料制度のもとに直接事業を実施できる組織として多

くの公団が設立されました。財政投融資制度も、社会資本整備を含む公的事業への安定的な財源確保のために役立っております。

つぎに、民間企業の研究開発を支援するシステムについて説明させていただきます。

第二次世界大戦の終焉以来、いくつかの制度が築かれ民間企業の研究開発活動を支援してまいりました。税制もそのひとつであります。昭和42年(1967年)には研究費が過去の最高水準を越えて増大した場合に対してその増加分の20%を税額から控除する制度が制定されました。また、先端的基盤技術の研究開発用資産の所得価格の7%相当額を控除する制度もあります。

建設省および土木研究所においても民間の研究活動を支援、鼓舞するシステムが設けられております。スライド(20)はそれらを列挙したものであります。

スライド20　民間企業の研究開発を奨励するプログラム

* 総合研究開発プロジェクト
* 官民連帯共同研究
* 共同研究制度
* 部外研究員制度
* 建設技術評価制度
* パイロット事業

2つ目の話題の最後に、＜土木技術発展の要因＞についてまとめて見たいと思います。

明治初期において驚くべきことは、西洋の導入技術をわずか20年でマスターしてしまったことであります。この理由をスライド(21)に列挙してみました。

スライド21　土木技術発展の要因（明治時代）

*先進技術の積極的な導入
*導入技術を日本式に改良
*新しい国土を拓くための奉仕精神
*技術教育システムの発展

①明治初期、すでにわが国は近代資本主義の形成段階に入りつつあり、先進資本主義国の技術と運営システムを受け入れ易い体制にあった。

②海外より導入した技術をわが国の自然条件、社会条件、経済条件にあったものに改編する努力を行なった。

③当時事業の中心に立ったのは、かつて武士階級に属した者たちであった。彼らは立国第一といった考えを教育されており、献身的な努力を惜しまなかった。

④政府は計画的に外国の技術者を招へいすると同時に、教育基盤の整備を進め、学校を開設するとともにエリートを海外へ留学させることにより、先進技術を取入れ、かつ学ばせた。

さて、1960年代の高度成長期には、インフラ投資に膨大な国費が投入され、多くの大規模事業が実施されました。また本州四国連絡橋や青函トンネル、高速道路等の大プロジェクトが計画され、これに伴い多くの新技術が必要とされました。これらの動きは、スライド(22)に列挙しましたような国家レベルによる総合的技術開発政策により推進されました。

スライド22　土木技術の発展の要因（第二次世界大戦後）

*民間企業の研究開発の推進
*大プロジェクトにおける作業委員会制度の組織
*大学における土木工学科設置数の増加
*土木関連分野の技術の発達
*研究者に対する現場の実務教育

①政府の奨励や保護策により、民間企業が高度な技術力を有するようになった。また、税制の優遇措置や官民の共同研究等に代表される法制度の整備により、民間の研究機関が増強された。さらには、民間企業のなかでも建設と設計の分化が図られゼネコンの研究所と設計コンサルタントがそれぞれ専門化、高度化されていった。こうした役割分担が進むにつれて、官の研究機関はより一層基礎的、先導的な分野での研究を計画的に推進することができた。
②大規模事業を実施する際、産、官、学から構成される委員会制をひいて技術開発を促進した。このような体制を組むことによって、基礎分野および応用分野の研究情報の支援、調整に役立った。
③国立大学、私立大学ともに土木工学科の設置が進み、大量の技術者の育成がなされた。
④鉄鋼、重化学、機械等の企業が力を付け、土木の関連分野の技術開発に取り組んだために、建設業界の発展とあいまって土木材料や施工技術の面での技術の発展が加速された。
⑤産学官いずれの研究者も問題を解決する具体的方法として、工事現場を経験する機会を与えられることが多い。

課題3　土木研究所の歴史

さて、ここからは本日３つ目の話題として土木研究所の歴史について説明したいと思います。土木研究所は土木工学の分野では最も歴史ある研究所のひとつであります。その70年の歴史のなかで多くの新技術を生み出してまいりました。新しく生み出された新技術はつねに時代の要請に応えたものでありました。

土木研究所の技術開発は組織の柔軟性にも支えられております。現在土木研究所は９つの研究部と積算技術研究センター、新潟試験所に472名の職員（発足当時は38人）を有しております。

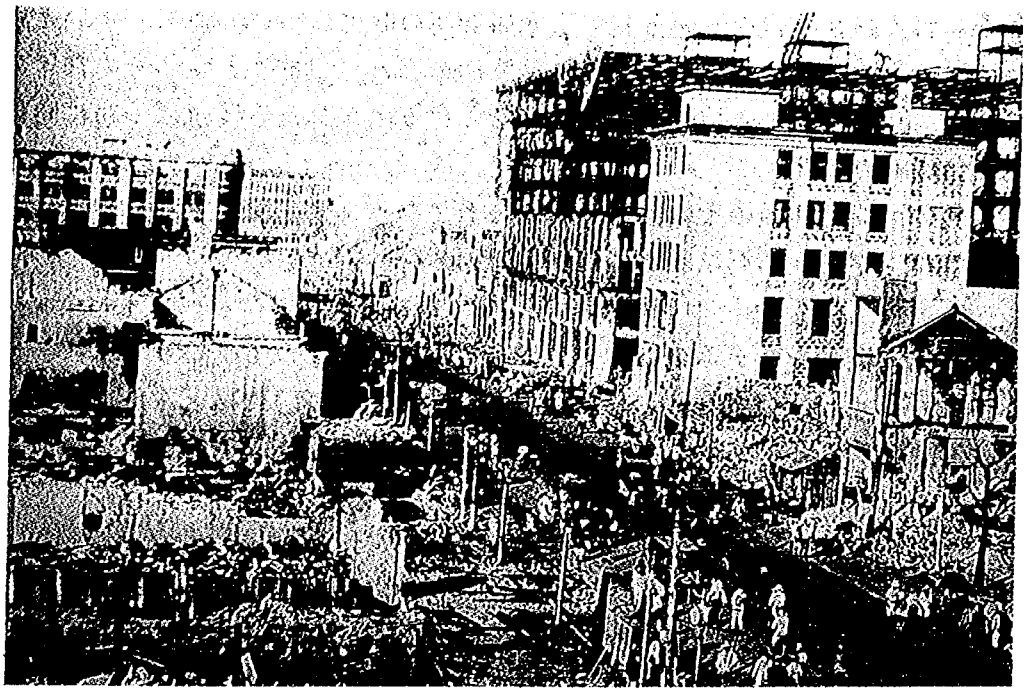
1920年代、わが国の交通システムのなかで道路の重要性が高まってまいりました。そこで内務省道路材料試験所が大正10年(1921年)に設立され、翌11年(1922年)には土木試験所と改称いたしました。これが土木研究所の始まりであります。スライド(23)は東京駒込の土木試験所本館であります。



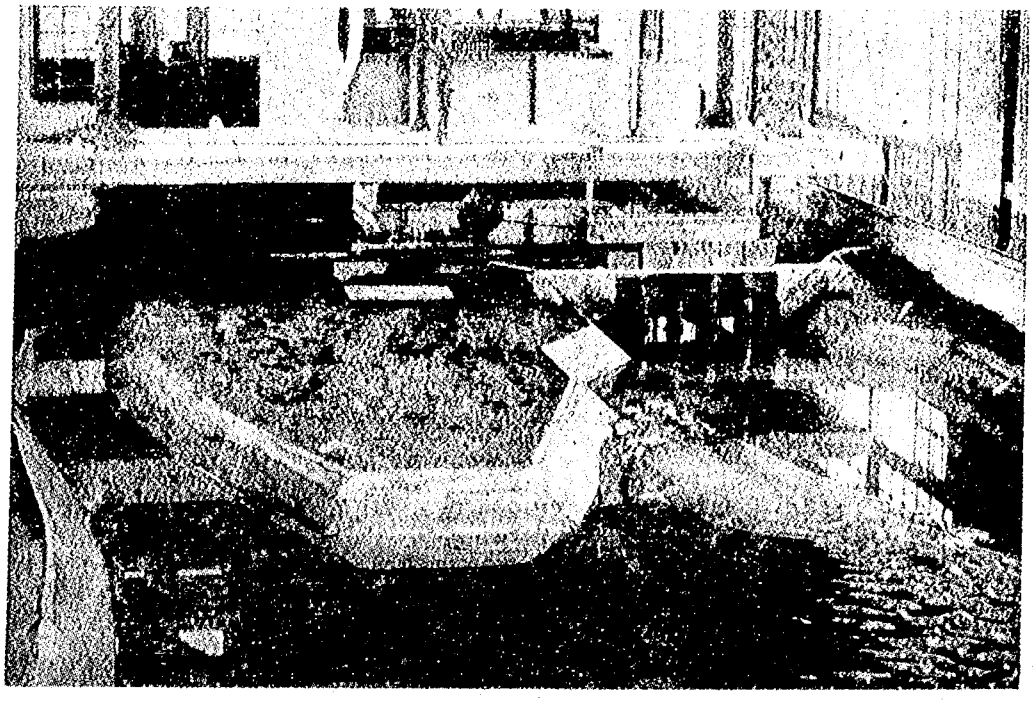
スライド23　土木試験所本館（東京都駒込）

大正12年(1923年)9月1日のまさにお昼時、マグニチュード7.9の大地震が関東地方を襲いました。10万人が死に、4万人が行方不明、5万8千件の建物が焼失する大災害でありました。スライド(24)は東京の銀座付近の状況を示したものであります。土木試験所は災害調査を実施しました。この災害調査を契機に当時土木試験所の所長であった物部氏は耐震工学の発展に尽力し、わが国の耐震工学の基礎を築いた歴史的名著「土木耐震学」を出版しました。

土木試験所をもっと総合的な試験所にしようとの動きがあり、水理関係の研究所として赤羽分室が設立されました。このスライド(25)はこの分室で行なわれた岩淵水門の水理実験の状況を示したものであります。



スライド24　関東大震災（銀座）



スライド25　岩淵水門に関する水理模型実験

第二次大戦中は、削減される予算のなかで、土木研究所は軍事関係の研究をさせられこともありました。これらは

(1)鉄のかわりに竹を用いた”竹筋コンクリート”の研究

(2)マラリア防止のため、ボウフラを流し去る方法についての研究

(3)ダムの耐爆性の研究

などであります。

昭和23年(1948年)建設省が設立され、土木試験所は建設省土木研究所と改称されました。

戦時中の軍備重視の予算配分は、自然災害への備えを阻害し戦後悲惨な災害を招いた大きな理由のひとつと考えられます。スライド(26)はこの時期の自然災害の被害内容を示したものであります。洪水災害の防除のために篠崎試験所が設立され、水理実験が実施されました。また、時を前後して昭和24年(1949年)には建設機械と除雪機械についての試験のために沼津支所が設立されましたことをつけ加えます。

スライド26　戦後20年の主要な自然災害

月　日	災害名	死者、行方不明者数
S.21(1946).12	南海地震	1330人
22(1947). 9	カスリーン台風	1930
23(1948). 6	福井地震	3769
23(1948). 9	アイオン台風	838
33(1958). 9	狩野川台風	1269
34(1959). 9	伊勢湾台風	5041
39(1964). 6	新潟地震	25

昭和35年(1960年)、政府は所得倍増計画を策定しました。この計画は経済成長を推進し、公共事業投資を増大させました。この動向をうけて、土木研究所にいくつかの分室等が設立されました。鹿島試験所は水理実験の進展のために昭和27年(1952年)に、千葉支所は道路研究の進展のために昭和35年(1960年)に、新潟試験所は地すべりと雪崩研究のためにそれぞれ設立されました。このころから、たくさんの新技術が開発されはじめました。

*アスファルトの安定性技術

*交通標識に関する研究

*道路設計におけるクロソイド曲線の導入

*吊橋の耐風設計

*河川の流砂量公式

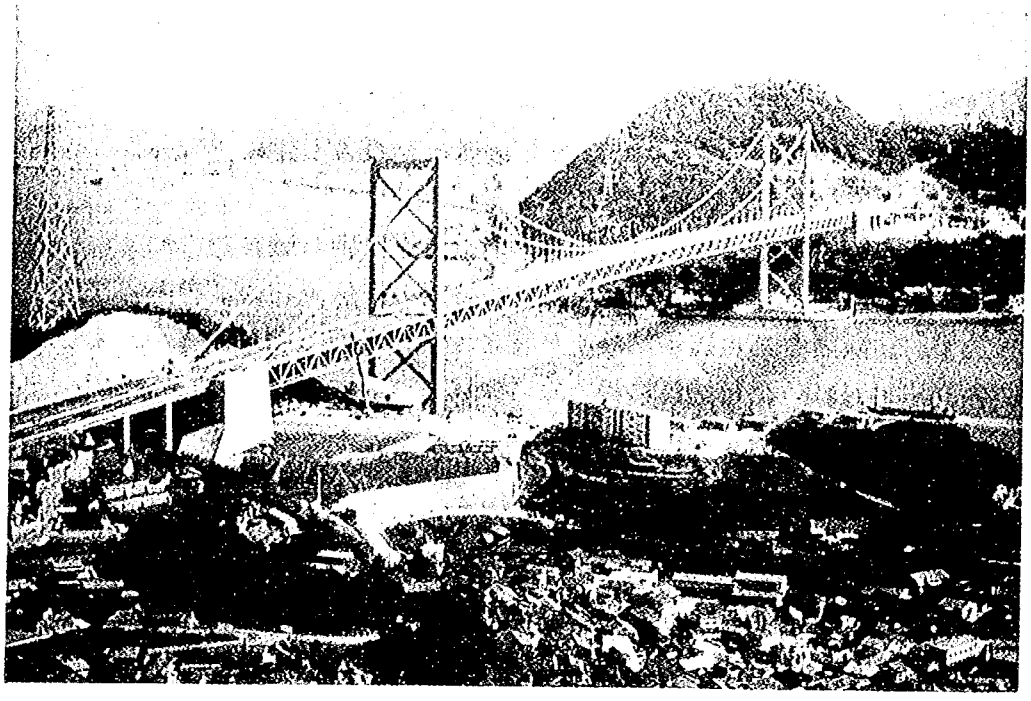
*工場排水の活性汚泥の処理

*生産土砂量の予測手法

ここでは注目すべき研究として、「本州四国連絡橋建設のための調査」および「液状化の研究」について説明したいと思います。

1959年、土木研究所は本州四国連絡橋建設のための調査として、空中写真および物理探査による海底地質調査を開始しました。基礎の耐震設計、防錆塗装技術、電気防錆、長大吊橋設計のた

めの耐風設計等、たくさんの研究が実施されました。このスライド(27)は本州四国連絡橋に先だって昭和48年(1973年)に建設された関門橋の写真です。本州四国連絡橋のための研究成果は関門橋建設の際に実験的に適用されました。関門橋建設は、本州四国連絡橋の建設の成功を約束することとなりました。



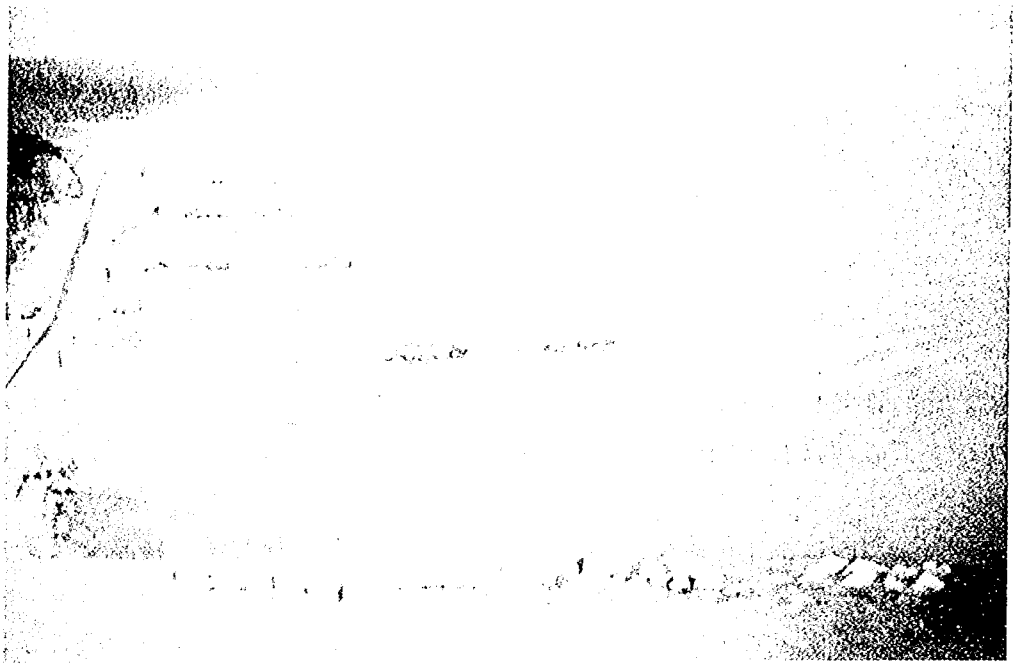
スライド27　関門橋

昭和39年(1964年)に発生した新潟地震の災害は地盤の液状化によりもたらされました。土木研究所では、液状化防止のための研究に取り組みました。液状化現象の基本的特性が明らかにされ、対策工法が生み出されました。

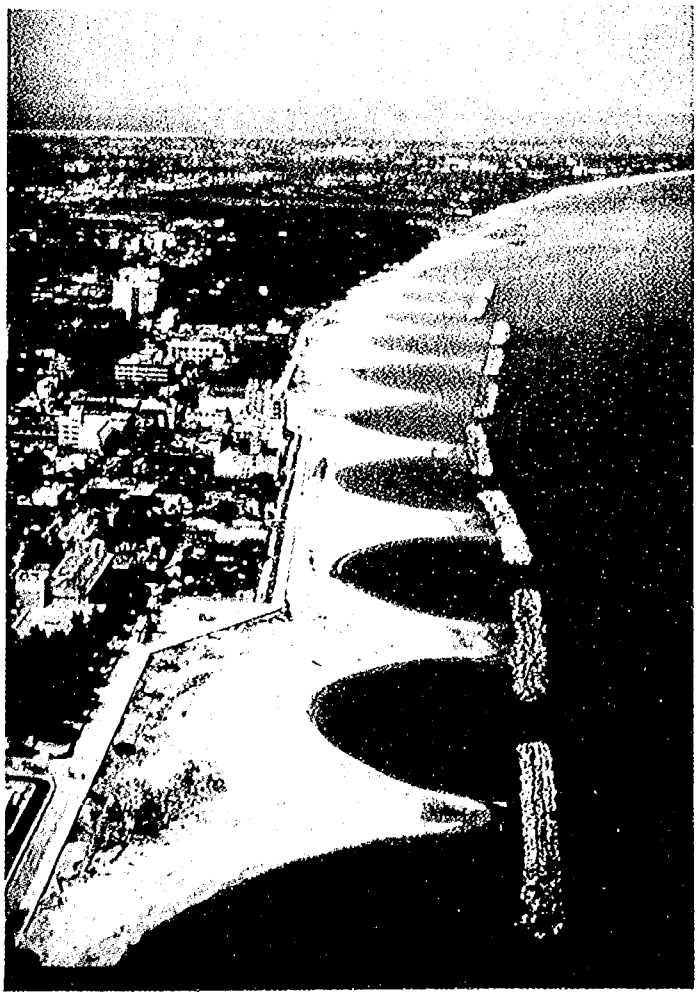


スライド28　新潟地震

1960年代の後半より、高度経済成長は公害や交通事故などの社会問題をもたらし始めました。これらの社会的なひずみは土木研究所に新しい研究室の設置を要求しました。昭和41年(1966年)から昭和50年(1975年)の間に12の研究室が新たに設置されました。



スライド29　皆生海岸（離岸堤設置前）



スライド30　皆生海岸（離岸堤設置後）

この時代の研究は、より細分化されたテーマを追うようになっていきました。
代表的研究は、

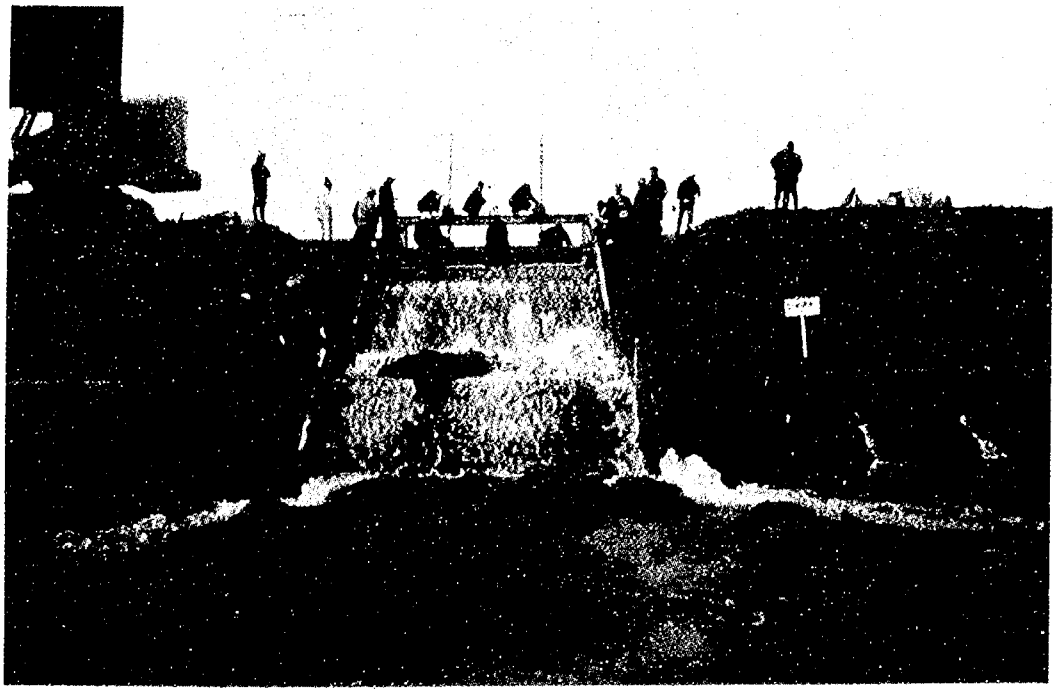
*基礎岩盤の工学的処理
*水質の数値予測モデル
*交通事故分析

などであります。これらの例として「離岸提」、「越水堤防」および「フラットアーチダム」に関する研究の説明をしてみたいと思います。

海岸からの砂の流出を防止するために、沖合いに海岸線と平行に設置する離岸提が開発されました。このスライド(29)は離岸提設置前の皆生海岸です。浜には砂がほとんどないことがわかります。

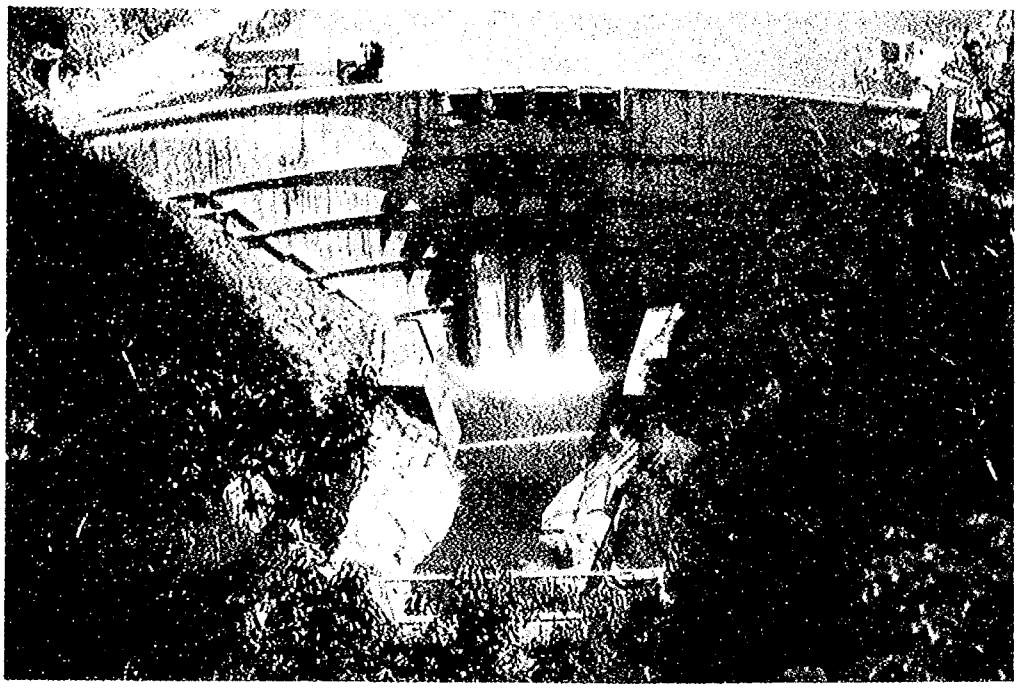
このスライド(30)は同じ地点を写したものです。離岸提によって砂浜が復活したことがわかります。皆生海岸での成功はわが国の海岸保全対策として離岸提をポピュラーなものにしました。

河川堤防破壊の主原因は洪水越流によるものであります。土木研究所では高分子系の不織布を法面下に敷いたアーマーレビーすなわち鎧堤防を考案しました。スライド(31)はアーマーレビーの実大実験風景であります。この研究は現在の「超過洪水対策」という河川行政のひとつの考え方を先取りしております。



スライド31　アーマーレビーの実大実験

フランスのマルパッセダムの崩壊により、基礎設計の重要性が知らしめられました。土木研究所で開発されたフラットアーチダムは、岩盤のせん断応力を減少させ、基礎の安全性を高めました。このスライド(32)は典型的なフラットアーチダムである矢作ダムであります。



スライド32　矢作ダム

1970年代の前半、ドルショック(昭和46年)およびオイルショック(昭和48年)が日本の高度経済成長にブレーキをかけ、安定成長の時代へと移行しました。大都市圏の人口集中をいかに緩和するかが最も重要な社会テーマとなりました。地方分散の政策がうちだされ、土木研究所もつくば市へ移転しました。駒込本所や、千葉、赤羽、篠崎、鹿島試験所がこの際統合されました。

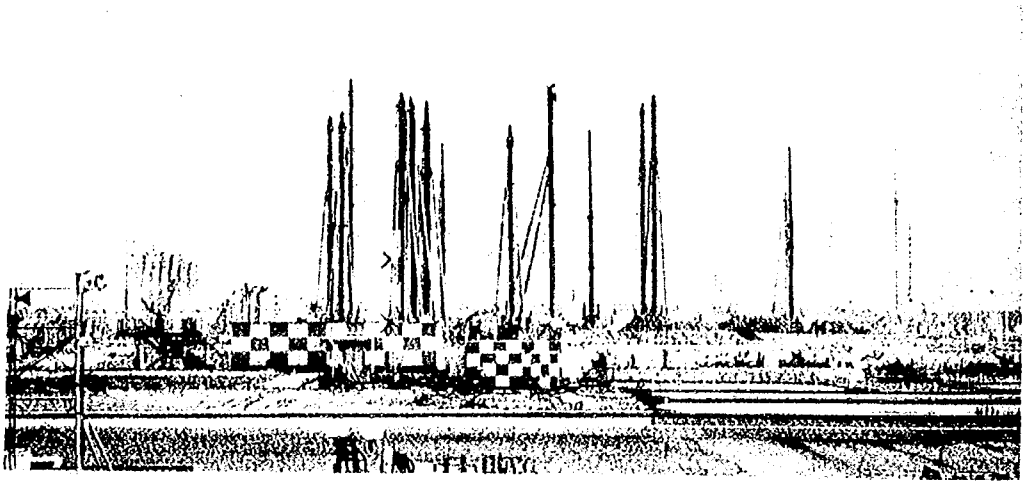
この時期の代表的な研究は、

*河道特性に関する研究
*下水汚泥の建設材料への利用
*道路盛土、切土の補強
*道路トンネルの換気
*地震災害からの復旧技術

です。ここで注目すべき研究として、「ＤＪＭ（粉体乾燥攪拌）工法の開発」、「ＲＣＤ（転圧ダムコンクリート）工法の開発」、「アルカリ骨材反応に関する研究」について説明したいと思います。

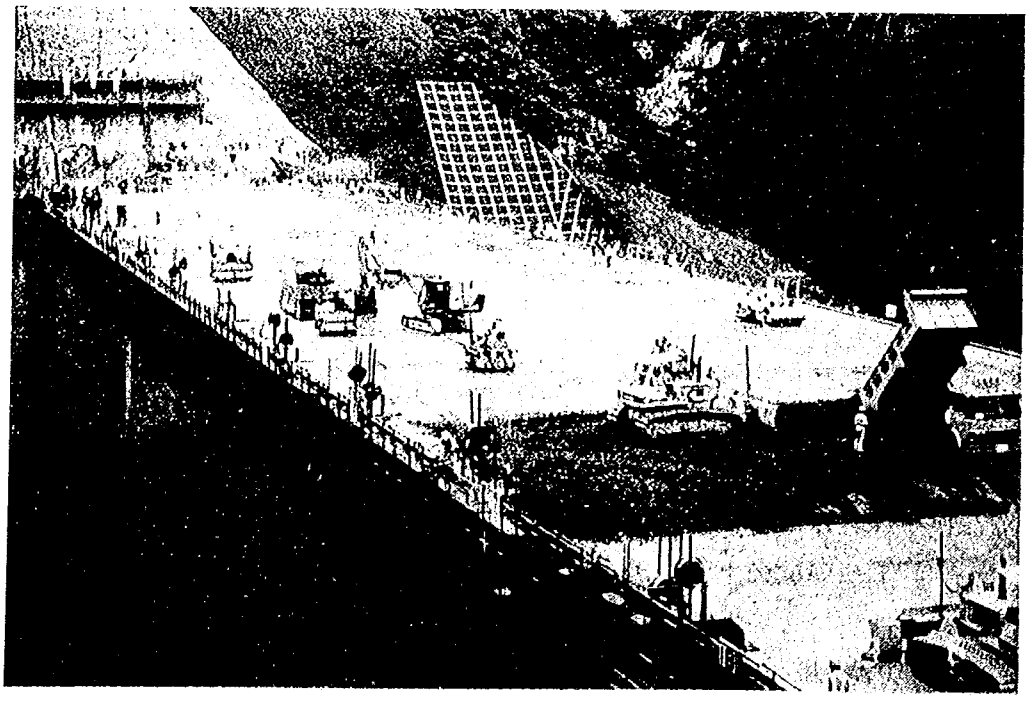
ＤＪＭ工法は軟弱地盤を改良して固める工法であります。乾燥したセメントや石灰を土壌に直接攪拌します。このスライド(33)は羽田空港神合展開での工事風景であります。ＤＪＭ工法の有

する確実性、急速施工性等のメリットがこの工法を有名なものにしました。



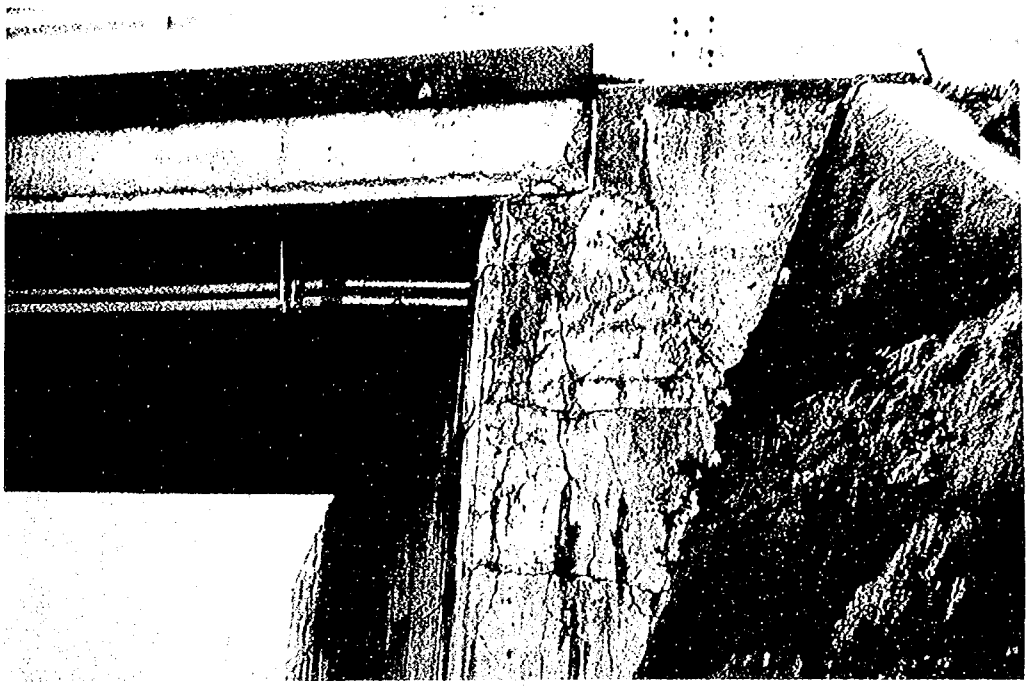
スライド33　羽田国際空港の沖合展開におけるＤＪＭ工法

工費の増大により重力式ダム建設の経済性を向上させる必要が生じました。土木研究所はＲＣＤ工法と呼ばれる貧配合固練りコンクリートを振動ローラで敷延ばす経済的かつ急速施工を可能とした工法を開発しました。スライド(34)はＲＣＤ工法によるダム建設現場です。いまやＲＣＤ工法は日本のみにとどまらず、外国でも使われています。



スライド34　ＲＣＤ工法によるダム建設現場

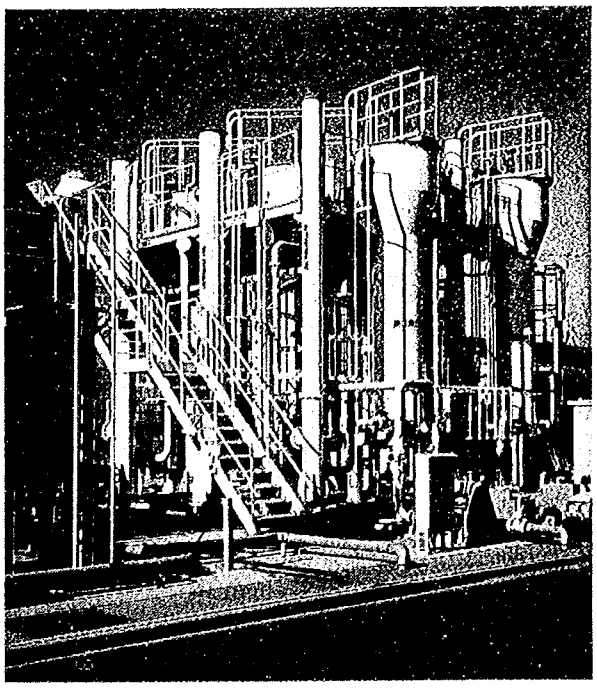
このスライド(35)はアルカリ骨材反応を起こした橋梁下部工の写真であります。土木研究所は、アルカリ骨材反応による被害をなくすため、骨材の試験方法を確立しました。



スライド35　アルカリ骨材反応を起こした橋梁

平成3年(1991年)、積算技術研究センターが設立されました。ここでは技術革新および建設産業の活性化のための建設マネージメントのあり方について研究しております。

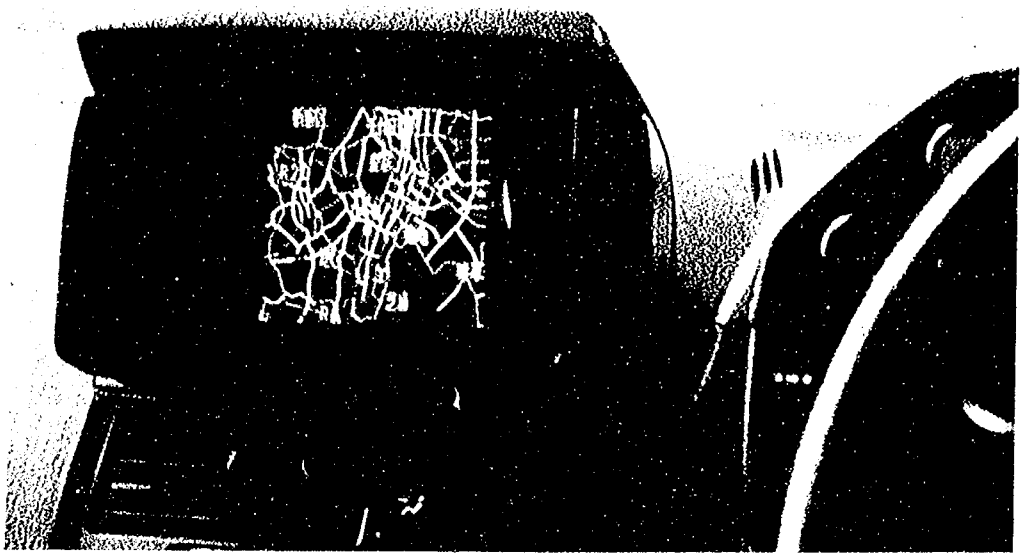
現在の研究例として、「バイオ技術を活用した下水の高度処理」、「路車間情報システムに関する研究」、「火砕流に関する研究」を紹介いたします。



スライド36　バイオリアクター（土浦市）

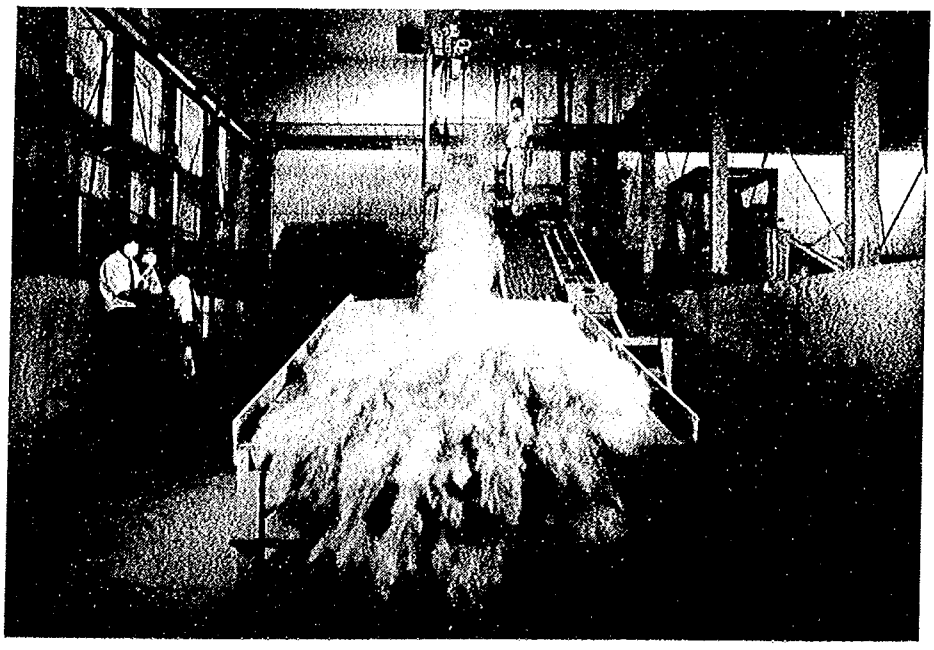
土木研究所は微生物の固定化技術などのバイオテクノロジーを活用した下水の高度処理システムを開発しました。このスライド(36)は土浦市にあるバイオリアクターの写真であります。

路車間情報システムは、車に登載されたナビゲータと、道路に沿って設置されたビーコンとの間で「交通誘導」、「交通情報」、および「個人情報」等の情報の授受を可能にするシステムであります（スライド37参照）。この研究及びプロトタイプシステムの開発は土木研究所と民間企業との共同研究によってなされました。



スライド37　路車間情報システム

平成3年(1991年)、九州の雲仙普賢岳の噴火は火砕流の研究の必要性を促しました。スライド38は火砕流の模型実験です。土木研究所では、対策工法の開発を目指して火砕流の流速、濃度分布等の基本的特性について研究しております。



スライド38　火砕流の模型実験

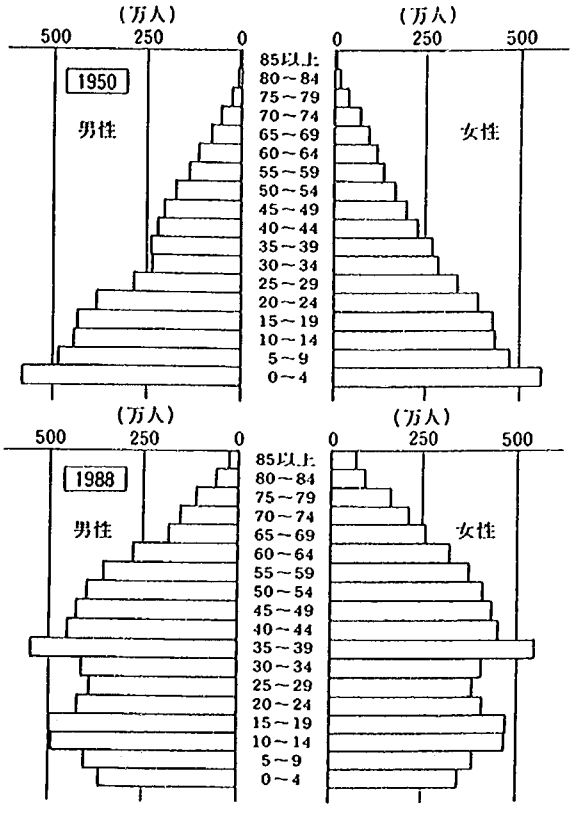
課題４　日本の経済・社会の動向、土木研究所の展望

最後の話題は、わが国経済・社会の今後の動向と土木研究所の将来展望であります。

＜将来の社会問題の予測＞は土木研究所の重要な仕事のひとつであります。そこで、ここでは社会の動向を予測し、取り組むべき研究課題を挙げてみたいと思います。

最も重大な問題のひとつは社会の高齢化と労働者不足であります。

このスライド(39)はわが国の人口ピラミッドを示しております。わが国では30才以下の若い世代が減少しており、労働力は高齢化に向かっていることがわかります。労働省の分析によれば、2000年には160万人の労働者不足が生じるとされています。



資料：東洋経済新報社「人口事典」
総務庁統計局「日本の人口」

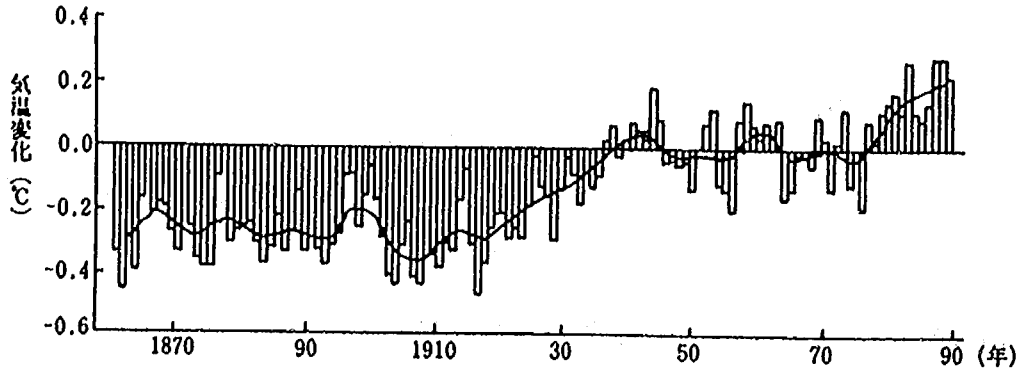
スライド39　人口ピラミッド

つぎは環境問題であります。

このスライド(40)は1961年から1989年までの地球の平均気温の変化を表わしております。温暖効果対策としてのクリーンエネルギーの開発が望まれるところであります。

森林の消失と砂漠化も重大な問題であります。この問題は降雨不足や異常気象をより深刻なものにするからです。

また、別の面の環境問題として、生活環境保全のための建設廃棄物処理等の問題の解決が望まれております。



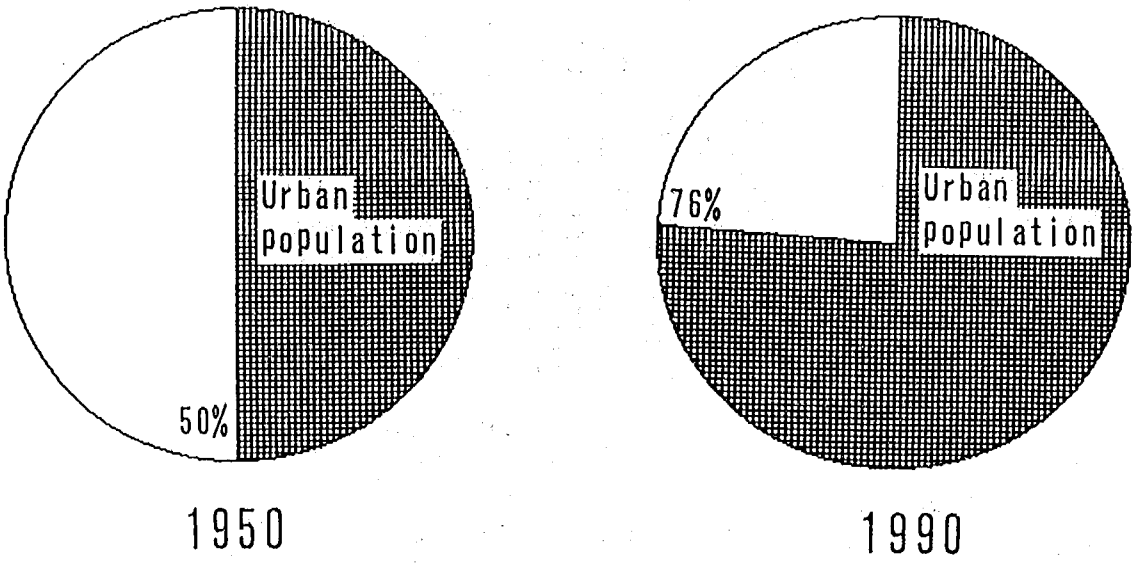
(備考) 1. IPCC報告書より。
2. 1861～1989年の陸上気温と海上気温を総合した全球平均気温の変化。1951～1980年の平均値に対する偏差で示す。

スライド40　1861年～1089年の全地球平均気温の変化

つぎは都市問題であります。

このスライド(41)は昭和45年(1950年)および平成2年(1990年)の都市人口の割合を示したものであります。これより、都市域への人口集中が進行していることがわかります。

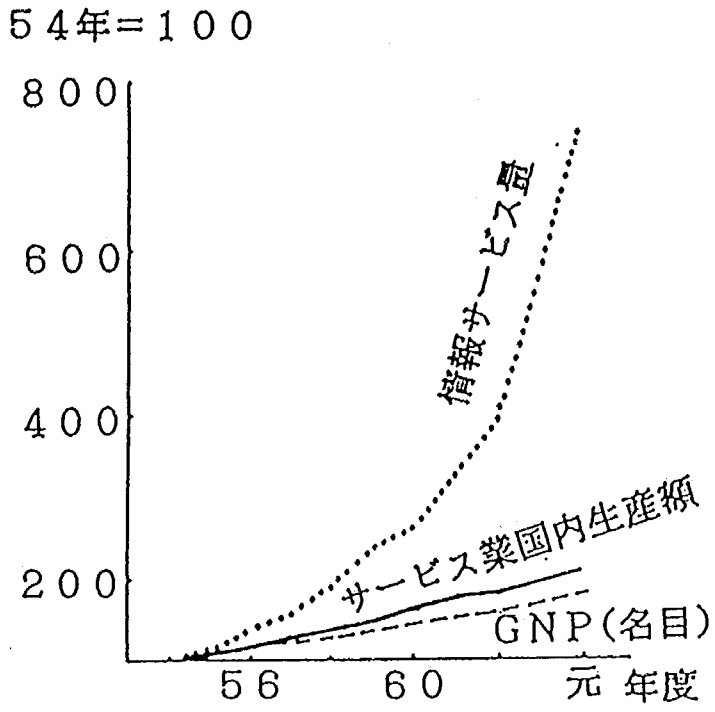
一方、わが国の社会資本整備の最も重要な問題として土地価格の高騰を挙げることができます。



スライド41　都市人口

最後のトレンドは情報産業の伸張であります。

このスライド(42)は各産業の売上高の推移を示しております。情報サービス産業の伸びが顕著であることがわかります。将来的にはわが国において情報産業の重要性はますます高まるものと考えられます。



スライド42　情報サービス業の年間売上高の推移

前に申したとおり、緊急に解決しなければならない問題が山積されております。土木研究所は様々な問題に対処していくわけでありますが、問題の多様性ゆえに研究課題の方向性を見失ってしまう可能性もあります。そこで土木研究所は時代の要請を反映した＜６つの研究の基本理念＞を作っております（スライド43参照）。

スライド43　研究の基本理念

(1)社会資本整備に対する多様なニーズに応える研究開発
(2)利用者の立場に立った研究開発
(3)環境に配慮した研究開発
(4)国際的に普遍性を持った研究開発
(5)わが国独自の技術の研究開発
(6)景観、機能性、耐久性に優れた社会資本整備を行なうための研究開発

(1)社会資本に対する多様なニーズに応える研究開発

時代、社会、国民の多様な要請に応える研究開発が必要であります。

(2)利用者の立場に立った研究開発

常に利用者の立場にたった社会資本整備とそれを支える研究開発を進める必要があります。

(3)環境に配慮した研究開発

建設にあたっては、現地の自然条件を活かし、建設後は環境を保全し、さらには環境を創生する建設技術の開発を推進します。

(4)国際的に普遍性を持った研究開発

近年、土木研究所に対する海外からの研究協力や技術指導への要請は増加する一方であります。土木研究所で開発された技術は世界のいたる所で利用できるよう国際的に普遍性を持った技術の研究開発を進める必要があります。

(5)わが国独自の技術の研究開発

地震、台風、人口稠密など、わが国の厳しい自然条件、社会条件下においては、独自技術の研究開発が強く求められます。

(6)景観、機能性、耐久性に優れた社会資本整備を行なうための研究開発

機能、景観、耐久性に優れた土木構造物は、次世代まで利用される遺産となっております。

つぎに、＜土木研究所で行なう研究の主要９分野＞について述べます。スライド(44)はこれらを列挙したものです。

スライド44　研究の主要９分野

(1)国土の高度利用の推進
(2)安全に暮らせる基盤づくり
(3)環境と共生する社会の建設
(4)合理化、安全性の向上を図る施工技術の開発
(5)土木用新材料の開発
(6)維持管理手法の向上
(7)ニューフロンティアへの進出
(8)建設マネジメント技術の確立
(9)国際研究協力の推進

第一は、国土の高度利用であります。

さらなる繁栄と安定した社会生活の実現に貢献するため、土木研究所は国土の高度利用のための研究に取り組みます。研究課題としては、

*海峡を横断し、島をつなぐ道路、長大橋、トンネルの建設技術の開発
*大深度地下空間の利用技術
*新しい水源と水供給システムの開発

第二は、災害の防除と生活の安全です。

大都市は経済発展の鍵を握っているので、災害から確実に守らなければなりません。自然災害の予測、防除、避難、復旧方法についての研究を進める必要があります。

また、老人や障害者を含めた交通安全問題は緊急に解決されなければならない課題です。

第三は地球環境に配慮した建設技術の開発であります。

今や地球環境の問題は世界で最も重要な問題となりました。わが国は先進国のひとつとして、この問題解決に取り組んでいかなければなりません。土木研究所で取り組む研究課題は、

*省エネルギーのための建設、計画手法の開発
*ヒートアイランド現象の調査、解明
*地球温暖化が気候および自然災害に与える影響の推定
*地球規模の生態系保全
*建設副産物の再利用、リサイクル方法

などです。

第四は建設事業における安全性の確保です。

技能労働者の不足や労働者の高齢化の進展より、建設事業において安全対策の充実が必要となっています。必要とされる研究課題は、

*工事前にあらかじめ現場の状況を頭にいれるためのバーチャル・リアリティの開発

*操作のやさしい建設機械や施工法の開発
*省エネルギー、省公害型建設機械の開発
などであります。

第五は土木新材料の開発です。
宇宙工学や情報工学、バイオ技術等の分野で開発された新材料は土木工学の分野にも適用できると考えられます。材料関係の今後の研究としては、
*バイオ、高分子材料、石油化学、電子等、他分野での成果を土木材料に利用
*メンテナンスフリーを可能とする材料開発
*コンクリートや鉄、岩等の従来土木材料よりも高い耐久性や強度を有した新材料の発掘
などが挙げられます。

第六は維持、管理手法の開発です。
日本の土木分野におけるつぎのステップは構造物の質の向上であります。ライフサイクルを伸ばすには維持、管理手法の開発が重要となってきます。これにはつぎの研究が必要となります。
*構造物のメンテナンスフリー化と耐久性向上
*社会資本の維持管理手法
*構造物のライフサイクルコストの低減方法
*景観に優れた構造物の設計、維持の方法

第七はニューフロンティアの開発技術であります。
宇宙や海洋空間にはニューフロンティアとしての未開発空間が残されています。ニューフロンティア開発は人口問題、食料不足問題等を解決するだけでなく、軍需産業の建設産業への転換にも貢献することができます。必要とされる研究は、
*生活方法
*宇宙施設の建設手法
*建設作業へのロボットの利用
*建設材料
等であります。

第八は建設マネジメント手法の確立であります。
新技術の評価制度等は技術普及のためにはとても重要であります。実施すべき研究は、
*建設マネジメントのシステム形成
*新しく開発された技術の評価と普及システム
*建設事業一連の行程の効率化
であります。

第九は国際研究協力の推進であります。
近年、応用技術のかてとなるような基礎研究の推進が海外から望まれております。土木研究所は独自技術の開発に力を注ぎ、また成果を世界に公表していきます。
地球環境問題のような世界規模の研究協力が必要な課題に対しては土木研究所は海外にネットワークを広げていきます。

現在社会資本整備を進めている国への技術協力のために、土木研究所はそれぞれの国の自然条件に合った設計、建設技術の開発に取り組みます。さらには、技術移転手法そのものの研究にも取り組んでいきます。

本講演の最後に、研究の合理的推進のための研究体制について述べさせていただきます。

スライド(45)は組織的研究のための項目を挙げております。

スライド45　組織的研究の推進

1.　５ケ年研究計画の策定
2.　基礎研究のための自由研究の推進
3.　時代の要請に応えた研究体制と組織の改編
4.　研究ネットワークの進展

研究５ケ年計画は見通しのたった研究の推進のために策定されております。もちろん、期間の途中には見直しも行ないます。

独立した研究も重要です。期限や予算からのしばりからの解放は、特に基礎分野において重要な発見を導く可能性があります。

社会、経済からのニーズは絶えず変化します。組織や研究体制を時代の要請にマッチするよう改編することも必要です。

研究ネットワークの拡大はわれわれの重要な戦略であります。わが国ではおもに大学が基礎研究を、民間企業が応用技術を実施しておりますので、土木研究所は大学、民間企業との連携を一層推進していきます。予算不足のおりにもこういった連携が役に立ちます。

今後土木研究所は、研究ネットワークを世界に広げ、世界の社会資本整備に関する研究開発における国際協力のひとつのセンターでありたいと思っております。

さいごに

以上で私の講演は終わりです。御静聴ありがとうございました。

III.「技術協力における研究・技術開発の役割」

(財)全国建設研修センター副理事長　玉　光　弘　明

技術協力における研究・技術開発の役割

玉光弘明
(財)全国建設研修センター副理事長

まえがき

このたび、はじめての試みとして、「アジア地域土木研究所長等会議」が開催されましたことを心からお喜び申し上げます。私も昨年７月まで国際協力事業団の理事として国際協力、特に技術協力にたずさわって来たものであります。またその前は、建設省に３０年間勤めまして、治水事業、水資源開発事業の専門家として技術面ならびに行政面に従事してきた者であります。建設省に在職した期間に国際課長をしたり大使館に出向したりして、国際業務にも長い間関係しました。本日は、開発途上国においても、先進国においても、最も重要な課題であります社会、経済基盤施設（インフラストラクチャー）に関する国際技術協力につきまして、その実態と今後の重要な課題について述べ、更に技術協力において技術の研究や技術の開発が如何に重要であるかということを私のこれまでの経験をもとにしてお話したいとおもいます。この問題は本日御出席のアジア地域の土木研究所長さん方々の特に関心の深い事項でありまして、私自身も最も興味ある課題でありまして、この機会を与えていただきましたことを大変喜ばしく思っております。国際協力の最終の目的とすることは、開発途上国が自立して、十分な経済的社会的活動が出来るようになることでありまして、そのためには持続可能な発展を続けて、これをなしとげなければなりません。その基本となることは人造りであり、それぞれの国における最も適切な技術の開発であります。それぞれの国に最適な形での経済社会構造を支える途上国の人々の教育、訓練ができてはじめて自立可能な発展すなわち持続可能な発展があるわけであり、それを支える基本ともなるのは研究と技術の開発であります。

このような重要な会議でありますから、本日から一週間続けて行われる会議が大変有意義であり、実り多いものになることを念願するものであります。

１．技術協力の意義

（１）国際協力における技術協力の位置づけ

まず、技術協力の意義について考えてみたいと思います。国際協力の中で特に重要なものは政府ベースで行われる政府開発援助（ＯＤＡ）というものであります。この中で技術協力の位置づけについて考えて見たいと思います。

ＯＤＡは大きく分類すると２国間の贈与と２国間の政府貸付と国際機関への出資拠出等の３つにわけられます。２国間の贈与が更に細分されて、無償資金協力と技術協力に分けられるわけであります。国際機関への出資、拠出は別にしてＯＤＡを含めて援助を別の見方をすれば技術協力と資金協力に分類することも出来ます。資金協力は無償であれ有償（借款）であれ、機材の購入や建築物や構造物を建設する費用を支給することでありますが、技術協力はいわゆる人作り国造りのためのノーハウを供与することであります。日本からの専門家を派遣して訓練や調査計画研究等に協力することを専門家派遣と云っていますが、教育訓練の別な型として途上国より人材を日本へ招いて教育訓練を行う研修員の受け入れというものと、専門家の派遣や研修員の受け入れ活動に関連して必要な教育機材等を供与することも重要な施策であり、この三つの技術協力の要素すなわち専門家派遣、研修員受け入れ、機材供与を効果的に組み合わせて活用することが大切なことであります。また、資金協力と技術協力を組み合わせることによって、援助の効果を上げることも大切であります。例えば人造りセンターや技術開発研究センターへ専門家を送り、研究研修機材を供与し、センター事業を実施するにあたりセンターの建物（事務室、教室、実験室など）を資金協力することによって、国際協力はより効果的になるわけであります。

さて、これらのＯＤＡの実績を見てみますと１９９０年の実績ではわが国の支出額は約９２億ドル（１兆３０００億円）でありまして、これは世界の援助国１８ヶ国の中で第１位であり、全世界の援助額の約２０％に達しますが、わが国の国民総生産（ＧＮＰ）の比率にしますと０．３１％で、世界で目標とされている０．７％には遠く及ばないものであります。援助額を量的に拡大しなければならない状況にあります。

また、わが国のＯＤＡの内訳を見ますと無償資金協力が１３．８億ドル（１５％）、技術協力は１６．５億ドル（１８％）、借款が３９．２億ドル（４２．５％）であり、他の国に比して貸付の割合が非常に大きい特徴があります。

ＯＥＣＤの援助額の計算の仕方によりますと、わが国の贈与の比率が４３．２％で１８ケ国で最低で、世界の平均値は７５．６％であります。また贈与の中でも人的貢献が多く評価の高い技術協力の比率は、管理費を除いて１３％程度で世界援助国の平均値２２％にはるかにおよばないので、今後わが国ＯＤＡの質の改善として贈与の額を増加し、特に技術協力を大巾に拡大すべき現状にあります。

（２）国際協力の理念と技術協力の関係

さて、わが国の国際協力、特に政府開発援助には理念に乏しいという人もありますが、援助を政治的目的にリンクさせているある国や、援助を旧植民地に限定している国もありますが、これら

の国が援助に理念があるというわけにはいかないのでありまして、わが国のように、総花的に世界各国に援助を分配しているとはいえ、その背景には立派な援助理念があると思います。援助の基本的理念はまず人道主義的な立場から、世界各国の人々が最低限度の生活が出来るために、食料医療等の援助を必要としています。第２に相互依存の立場から、開発途上国が社会的、経済的に安定することが世界の平和につながることであり、このためにも援助が必要であります。第３には援助を実施するに当たって平和を推進し環境を保全する方向で援助するべきであり、最近援助の４原則と云われているが、①環境と開発を両立させる。②軍事的用途及び国際紛争助長への使用を回避する。③開発途上国の軍事支出、大量破壊兵器等の開発製造、武器の輸出入等の動向に十分注意をはらうこと。④民主化の促進、市場経済の導入の努力、基本的人権及び自由の保障状況に十分注意をはらうようなことが援助理念となっています。更に援助の基本的な問題は途上国が自助努力するのを助けることであり、持続可能な援助を実施することが重要であるります。自助努力は優秀な人材を養成することでありまして、その基本は人造りへの協力、すなわち人的貢献による技術協力は人造り協力そのものであります。

２．わが国の技術協力の沿革

次にわが国の技術協力の沿革について述べることといたします。
現在でこそ、わが国は技術的にも資金的にも政府開発援助（ＯＤＡ）の最大の供与国でありますが、歴史を遡ると第２次世界大戦後の荒廃した時代には、外国から食料援助や、道路、ダムなど社会基盤施設整備のための資金を供与され、また、留学生を受け入れてもらうなどの技術協力も供与されました。
わが国が開発途上国に技術協力を開始したのは昭和２９年（１９５４年）コロンボプランに加盟してからであります。この年には戦後の賠償支払も開始し、ビルマで発電所の建設をはじめました。
昭和２９年以後、早速、研修員受け入れ事業を開始しており、このため受け入れ機関としてアジア協会が設立されました。翌昭和３０年（１９５５年）には専門家派遣事業が、昭和３２年には開発調査事業が開始された。昭和３１年には国際連合に加盟して世界の一員となり、昭和３３年には、円借款を開始することになり、技術協力とあわせて資金協力もはじまります。昭和３５年には国連の開発援助グループ（ＤＡＣ）にも加盟することになります。技術協力面では先に述べたアジア協会が中心となってラテンアメリカ協会、国際建設技術協会、メコン河総合開発調査会などが合体して海外技術協力事業団（ＯＴＣＡ）が昭和３７年に設立され、もう一つの技術協力と云える昭和２７年に始められた移住事業が、昭和３８年になって移住事業団となりました。一方、資金協力の方も昭和３６年に海外協力基金が設立され、国際協力を行う組織が確立しました。技術協力事業ではその後、昭和３９年に機材供与事業が始まり、昭和４１年に医療協力事業、その次の年の昭和４１年に、農業協力事業及び開発協力事業と云われるいわゆるプロジェクトタイプの技術協力であるセンター事業が開始されることになりました。また、日本青年海外協力隊が昭和４０年からＯＴＣＡの中に設置されました。その後、海外協力事業団（ＯＴＣＡ）と海外移住事業団（ＪＥＭＩＳ）が合併して現在の国際協力事業団（ＪＩＣＡ）が昭和４９年に設立され

ました。
資金協力の中の無償資金協力事業は技術協力に特に密接な関係がありますが、これは戦後の賠償が昭和５１年に完了したことにひきつづいて新設された制度で同事業の調査計画はＪＩＣＡで行われています。
現在わが国のＯＤＡの技術協力の６０％がＪＩＣＡで行われており、ＯＤＡの大部分は外務省の所管でありますがそのほかは各省庁の所管として実施されています。文部省の留学生の受け入れ事業、通産省の産業技能者の研修など大きな事業であります。

３．技術協力の内容と課題

技術協力の仕組みを考えてみますと、先に少し触れたように、研修員の受入れ、専門家の派遣及び機材の供与という３つの要素があります。
この３つの要素はそれぞれ単独でも事業が行こなわれておりますが、この３要素を組み合わせると強力な事業になります。３要素をそれぞれ２つ、組合せることも出来ます。例えば専門家を派遣した先方の機関のカウンターパート技術者を短期間でも専門家の親元である日本へ連れて来て、色々な見聞をさせ研修させると、現地での専門家の教えることをより良く容易に理解出来て技術移転を一層効果的にすると思います。
また、機材供与を専門家派遣と組み合わせても専門家が持参したパソコンなどを一緒に使えることになれば、技術協力効果も更に大きくなるものであります。
更にこの３要素をすべて組み合わせると効果的で、その組み合せを大規模に行ったものてが「プロジェクトタイプの技術協力」と称しております。これは途上国の現地に技術開発、研究や研修を目的とした技術協力センターを設立して、そのセンターに日本からの専門家を数名まとめて送り込み、更に調査、試験研究や研修に必要な機材を大量に送りこむことと、相手のカウンターパートを時々日本に招いて、日本での補足的な勉強をしてもらうことにすれば、この技術協力センターの事業は大きく効果的なものとなります。
技術協力の体系の中に、もう一つ別なタイプのものとして、開発調査事業があります。この開発調査事業は、例えば道路やダム、港湾、上下水道などの社会経済の基盤施設のプロジェクトを比較的単時間の間に集中して調査、計画を実施する事業であります。基本的な調査のみで終えるもの、マスタープランで終わるものもありますが、多くはフイジビリティ調査を実施し、あるものは詳細設計に至るものもあります。また開発調査の中では各種のデータを収集し分析して技術的な開発の手法とか基準を作り上げる内容のものもあります。
特に技術開発や研究協力についてこれらの２つの事業が大きく関係するのでこの２事業について更に詳細な説明をしたいと思います。
まずプロジェクトタイプの技術協力（プロ技協）についてですが、現在わが国は世界中に約２００件の事業を行っております。医療関係から農業、教育、職業訓練、工鉱業、社会インフラに至るまで各種のものがあります。土木関係で云えば建設機械センター、砂防技術センター、地震防災センター、環境研究研修センター、鉄道技術訓練センター、水道環境衛生技術訓練センターなどがあります。アセアン科学技術研究協力では、コンクリートや鉄筋構造物の腐食の研究センタ

一もありました。これらのセンターは通常５ケ年間の協力期間を設定していますが、その目的が十分達成されない時には延長も可能であります。
プロ技協のを目的とするところは、現地の自然条件や社会条件に適合した現地の材料を使った技術の研究、開発であり、職員の研修すなわち、人造りであります。研究の結果、技術が新しく発明された場合には、その特許は両国で共有することになります。
技術センターの運営が成功するかどうかは、それに係る人と物と金とがうまく供給されるかどうかにかかっています。
人とは日本からの専門家と相手国のカウンターパートであって、十分技術経験を持ち、更に途上国の人々と協調して仕事の出来る専門家をリクルートして送らなければならないうえ、相手国の優秀なカウンターパートが十分な人数だけ確保されなければなりません。少し勉強して来ると他へ転職したりしたのでは何の役にも立ちません。また、一般研修員の数も十分集つて来なければなりません。物というのは資機材のことでありまして必要な時期に必要な機械や器具を送り込まねばなりません。その機器が故障した時は直ちに維持修理を行うことが必要です。また試験や訓練などに使用する材料もそろえねばなりません。これらのことはセンターの運営の３つ目の重点である金ということになります。すなわち金とは現地の運営資金でありまして、技術センター庁舎の維持費で、水道や電気、電話代はもとより、カウンターパートの給料その他の諸経費、機械の修理用部品や前述の材料費をまかなうものです。通常この現地業務費は相手国の政府に用意してもらうことにしています。これは、途上国の”自助努力を促す”という国際協力の基本理念からくるものであります。どうしても現地業務費が足りない場合はその一部を援助国が支出することもあります。以上のように、技術協力センターが成功するかどうかはこの人、物、金という点が、すべてバランスよく用意されていることであります。特に人の問題は重要でありまして、日本人の専門家チームと相手国のカウンターパートである所長以下職員が十分意志の疎通をし、協調してセンターの運営にあたることが大切であります。
次にもう一つの話題であります開発調査につきましてその説明と課題についてのべてみたいと思います。
開発調査はプロジェクトを調査し、その結果を分析して、計画をたて、設計し、建設に結びつけることが主な事業ですが、その他開発の手法や技術基準を作り上げることもあります。調査ではその基本となるデータ収集が大切であります。途上国の多くでは既往のデータが不足する場合が多いので、観測を行うことからはじめなければなりません。水文学のように経年的な長期間のデータがほしい時には間に合わないので、短期間に集積できるデータのみを観測してそれから類推するようなことを考えなければならなりません。開発調査における広域的なマスタープランは非常に有用であります。地域的に出来るだけ広い地域を調査対象にして、道路でも水資源計画でも全国のマスタープランを作り、これを基礎にして狭い地域の、例えば、或県とか或市の計画を建てることを考えるべきであります。、また時間的にも遠く１０年あるいは２０年先の計画を予測して、当面の短い期間を目標とした整備計画を立てるようなことを考えるべきでありましょう。長期計画は時々見直すことによって将来予測を修正していくことが出来ます。
開発調査の主体であるフィージビリティ調査は、そのプロジェクトの経済、社会効果を考慮して、投資効果の高い事業を採択することの基礎資料となるので、極力、建設事業費を低くおさえることが必要でります。開発途上国では、少ない投資で出来るだけ多くの効果を求めるわけですし、

既に多くの国では債務が累積しておりますので、一度に事業全体を完成することよりも段階的に建設事業を進めることを計画しなければなりません。最近では、新築の工事よりもむしろ、維持修繕や施設の管理運営を調査研究して、少しの投資で大きな効果を得るような方針が歓迎されております。
開発調査では比較的短期間の間に多くの労力を動員して調査、解析、計画が実施されるので、公共機関の職員よりむしろコンサルタント会社の専門家によって作業が行われ、多くの場合、途上国のコンサルタントの技術者とタイアップして作業を行うので、その課程において技術移転も行うことになります。

4．研究・技術開発とその推進

技術協力が国際協力において非常に重要であるということは今までに述べて来た通りであります。技術開発研究と研修は技術協力の中の２本の柱となるものであります。これらは、いずれも援助国と開発途上国との技術者が人と人との対話と交流をもって共通の目的のために協力して行われるものであります。いわゆる顔の見える協力として非常に重要なものであります。すなわち人的貢献度の高いものであると思います。研修や訓練の事業はどちらかといえば一方向の技術移転という面が強いわけですが、技術開発研究となりますと、高度の技術をもった援助国の専門家と、現地の事情に詳しいカウンターパートの技術者が対等の立場で一緒になって共同で研究を進めようということでありまして、より一層の人と人の協力体制が必要となるものであり、人的貢献では最高のものと云うことができるでしょう。
わが国の国際協力の基本理念は”自助努力を促す”ものであるということを前に申し上げましたが、これはそれぞれの開発途上国が自分自身の力によって経済的にも社会的にも自立出来るようにすることを支援することであり、それぞれの国が持続的発展を続けることが出来るように応援することであります。
社会経済の自立を支えるものは、それぞれの国の人的資源であります。立派な人材を育てる人造りが最も重要なことであると云うことが出来ます。技術開発、研究の目的とするところは、現地の社会経済及び自然の条件に適した技術を開発研究することであって、現地で容易に得られる材料を出来るだけ多く利用し、現地の自然条件に適した利用の仕方を開発することが、非常に経済的な生産活動となってその国の利益となるものであります。技術開発研究を行い、あわせて多くの技能者を教育訓練する指導的な技術者等の人材を多数育成することが重要であります。近頃はやりの先端技術をすぐに求めたがる途上国のひとは多いものです。先端技術をすぐに採用しなければならない部門も勿論あるわけですが、持続的な技術開発の面から十分先端技術の導入については議論しなければならないと思います。先端技術に対する知識を学んだ上でその導入については、現地の社会経済、自然条件に照して十分考慮しなければならないと思います。

５．環境問題への配慮と防災対策

社会、経済インフラ施設である土木建築の構造物等の建設においては、外観や建設中の騒音、振動、汚水排水などに対して公衆に悪い影響を与えないように十分配慮されるべきであり、環境アセスメントはかなり古い時期から実施されて来たものであります。
直接生活に関係する身近な環境問題である上水道、下水道の整備、ゴミや廃棄物の処理、水辺の汚濁防止などは土木技術者の担当分野の範囲にあるもので、この分野での技術開発、技術協力も既にかなりのシエアーを占めています。
最近の国際協力の最大の課題はグローバルな環境問題への対応であります。地球温暖化防止のため一酸化炭素の排出量を減らすことや、オゾン層の保全のためのフロンガス等の排出規制、酸性雨による森林の枯死を防ぐべく硫黄酸化物排出の規制、その他有害廃棄物の放出による海洋の汚染の防止など多くの課題があります。１９９２年６月に作成されたわが国の政府開発援助大綱の中の援助４原則の第１番目に”環境と開発を両立させる”ことが揚げられております。環境問題は技術協力と資金協力において最大の課題となります。グローバルな環境に関する大気汚染と水質保全及び地球温暖化による砂漠化と海面上昇等の現状のデータを集積し、環境をモニターするのも公共事業を担当する土木技術者の多く関係する技術分野であるとともに、砂漠地帯の水資源の保全、発電所の改造、海岸防災等々環境を保全する対策の多くも土木技術者の関係する分野であります。環境問題はクローバルな、将来最も重要な技術開発、研究と技術協力を必要とする分野であると思われます。
また、環境問題と同様に重要なことは地球住民の安全対策であります。１９９０年代は国連自然災害防止の１０年とされて、多くの活動が行われております。地震対策では地震の観測と予知及び住宅等の耐震設計などの研究開発が行われております。水害対策、火山砂防対策なども各地で盛んに国際協力が行われています。その対策はそれぞれの国での自然条件の特異性によって多少異なりますが、原理は同一のものであり、この為の自然防災対策もグローバルな協調体制を確立して、先進国も途上国も力を合わせて実行していかなければならないことであります。
環境問題と自然災害対策は人類がこれから永久に取り組むべきクローバルな最大の課題であり、公共事業関係者にとって最も密接に関係する課題でもあります。大いにその分野での研究活動が期待されるところであります。

６．研究、技術開発の実例

以上のように、国際協力、特に技術協力におきまして、現地の自然条件と社会条件に適合した技術開発が重要であることしを説明してきました。
筆者の限られた経験においても色々な現地事情の差異を感じました。
例えば水資源開発や治水に関する降雨と流出の関係についても、熱帯地方では、いわゆるスコールと云って雨量強度の大きい継続時間の短い、雨域の比較的狭い降雨が特徴です。ヨーロッパや北の方の国ではこの反対で、長時間にわたって強度の低い雨が降ります。一方砂漠地帯では非常に降雨が少く、地下水に水源を頼るわけですが、降雨と地下水の関係が難しい問題となります。

土質の問題を取り上げても熱帯地方には風化して酸化鉄分を多量に含むラテライト土質があり、これを道路材料に使用することは先進国ではほとんどありません。
また、地震地帯にもかかわらず、中東や中南米には日干し煉瓦を住宅等の建築の主材料に使用していますので、この耐震対策が重要となります。
このように各分野においても、途上国の地域によって異なる自然的、社会的特性を考慮した技術の研究開発が必要です。
以下に、日本の建設省の事業として行われた海外技術開発の事例と国際協力事業団と建設省によって行われたプロジェクトタイプ技術協力の事例をいくつかご紹介してみたいと思います。

技術研究開発の例Ⅰ

ラテライト系土質地域の道路建設技術開発

経　緯

ラテライト土は東南アジア、アフリカ、南アメリカなどの熱帯地域に広範囲に分布している。鉄分の含有率が非常に高く、粒子も細かく、含水比が大きくなる時は流動化し易く、乾燥時には固結して、建設機械による処理さえ不可能となるような特性を有している。しかしながら、ラテライト土には色々な種類のものがあり、工学的に好ましいものでは適当な処理をすることによって支持力も強く、道路建設の路床及び路盤材として適した材料であり、多量に広範囲に分布するので経済的にも好ましい材料である。ラテライト土の物理的、工学的特性は多岐にわたり、いまだ十分に解明されていないことからこれらを実験室での試験と現場での模型実験、現物試験施工などによって解明することにより有効な処理方法、道路建設施工法などを技術開発していくことは非常に有意義であって、昭和５６年（１９８１年）から３ヶ年にわたって、主としてタイ国道路局との共同研究として技術開発研究を実施したものである。

テライト土の生成と利用状況

種々の岩石が一年中高温多湿な熱帯または亜熱帯特有の気候のもとに風化作用をうけて、硅酸や塩基が容脱された結果、酸化鉄及び酸化カルシウムの含有率が非常に高い土壌または岩に変質することをラテライト化といわれている。ラテライト化作用を受けた風化残積土がラテライト土と呼ばれ、軟かい粒状の多孔質土壌からラテライト化が進んでラテライト岩と呼ばれるほど固結したものまで種々のものがある。

鉄、アルミニウムの含有量が非常に高くなり、レンガ色、赤色、または赤褐色を程する。このラテライトの利用状況をアジア地域に見ると①フィリッピンでは道路材料としてあまり使われていない。②インドネシアではラテライト土を扱う機会が多く、含水比のコントロールがその管理のポイントであるとされている。③マレーシアではラテライト土は限られた地域に分布し、道路建設にも利用されている。降雨に対する法面の安定が当面の問題とされている。④タイ国においては下層路盤として良質のラテライトが利用されている。上層路盤として石灰石の砕石が使われているのが普通であるが、砕石の少ない東北部ではラテライト土を、セメントや石灰、アスファルト乳材等で安定処理して上層路盤としても利用することが多く、この安定処理が技術的に大きな課題である。

ラテライト土の特性と研究課題

ラテライト土の物理的特性については、比重は２．６～３．５の範囲にある。通常の日本の火山灰質粘性土は２．７～２．８であるから、かなりこれに比して重いものである。鉄分については酸化鉄の多いものでは含有量５％に達することもある。粒度分布は試験時の撹はん情況によってもかなり異なるようである。これは土粒子が分離するからである。シルト分や粘土分を多量に含む細

粒土では含水比の大小が土の性質をきめることになる。また風化前の母岩の性質（花崗岩、千枚岩、砂岩等々）によって性質が異なるようである。ラテライト土を工学的性質について分類すると①主に摩擦成分を持った土（排水性の良い土で砂礫質）②摩擦成分と粘着成分の両方を持った土（砂質土）③主に粘着成分を持った土（透水性の悪い土で粘性土）。支持力特性は含水比と水浸作用に大変敏感である。また透水性について母岩の種類、風化度合、粒度組成、間隙比などに影響を受ける。締固め特性については雲母を含んだ土となるので最大乾燥密度を減少させ、最適含水比が高くなる。また、ラテライト土は植生に対しては不適であるので、法面の保護が難しい。
以上、ラテライト土の概要についてのべたが多種多様のラテライト土について今後、続けるべき研究課題は、特に路盤として利用する場合のその処理の方法である。実験室の試験と現場における試験施工によって研究開発が行われなければならない。主要な研究項目は①安定処理材の種類②安定処理材とラテライト土との混合の度合③施工機械と混合撹拌の方法④路盤の層厚と耐久性⑤下層路盤、路床の影響⑥交通量と荷重条件などである。
ラテライト土の性質は場所によって千差万別であるが、これらの利用法について技術基準を作り、この有用な建設材料を有効に使用出来るよう今後ともたゆまざる研究が必要であろう。

技術研究開発の例Ⅱ

海外・洪水等予警報技術開発

経　緯

熱帯地方で降る降雨はいわゆるスコールと云って、比較的雨域は狭いが、継続時間が短く雨量強度の非常に強いものが多い。日本の降雨は強度の強い集中豪雨もあるが一般には、しとしとと長い時間降り続けるものが多い。ヨーロッパなどでは年間を通じて、強度の小さい雨が少しづつ降るものである。
このように開発途上国それぞれ国によって自然条件はわが国とかなり異なっており、洪水対策においても降雨のパターンがちがうので洪水予報や治水事業においてもかなり異なった方法をとらなければならない。
自然災害対策、特に治水対策は環境保全対策と並んで世界各地で最も重要な施策の一つである。最近のわが国の開発途上国に対する技術協力、資金協力においてこれらの治水対策や洪水予警報システムの整備が多く取り上げられていることなどもあり、本件の技術開発が緊急であることにかんがみ、建設省においては昭和５９年（１９８４年）から３ヶ年にわたり技術研究開発事業として取り上げることになった。
研究の対象は洪水災害の多いインドネシア、フィリッピン、マレーシアであるが、特にインドネシアでは火山泥流予測等も含めて途上国とわが国とが共同してこの研究を実施することとなった。

各国の洪水特性

日本はモンスーン地帯の北東端に位置しており、夏は高温多湿で、地形は背梁山脈を持った急峻

な地形で国全体の７５％が山地部である。このようなことから南西部は雨量が多く北部はやや少なく全国平均雨量は１，８００㎜／年であり河川の特徴は①河川延長が短く、河川勾配は急であり、河川の氾濫原に接するところでは河川勾配は急変し土砂の堆積が著しい。②洪水時はピーク流量は大きく、河川の流出率は大陸河川と比して高い。③洪水位の上昇及び下降は共に短時間である。④流量の変動が激しい。河川の河状係数は２００～４００で大陸河川の１０倍もある。したがって洪水対策と水利用管理に難しい問題がある。

インドネシアのブランタス河では雨期が１１～４月で、この間に年雨量の８０％が降る。流域面積１２，０００㎢（日本の利根川の２／３）で流路延長が３２０㎞であるから、河川の勾配は日本の河川と比してかなりゆるやかである。流域平均雨量は２，０００㎜であるから、日本よりやや多いが降雨の継続時間は短い。流域内の農地が流域面積の６０％であるから、山地部の割合が少ない。長期流出率は乾期に流出率が高く、雨期に低くなる。洪水流出率は０．３で、わが国の０．６～０．７に比してかなり小さい。メラピ火山、スメール火山、ガルングン火山などの泥流対策についても早くからレーダー雨量計などを導入した泥流予警報システムが設置され、泥流調節地なども設けられている。

フィリッピンのパンパンガ河ではやはり乾期と雨期が明瞭に分れており、北東モンスーンの吹く４月～１０月が雨期で大雨が降る。更に台風のシーズンが同じ時期であり、年に平均２０個以上の台風が影響している。パンパンガ河の流域面積は１０，０００㎢流域平均年雨量は２，０００㎜でやや高い。流域には山地部も多く河川の流出形態はわが国の河川に良く似ているが堤防のない原始河川が多く、洪水時の土石流、流木が日本に比して極めて多く洪水流出計算が非常にむつかしい。洪水被害が多いので、洪水予警報施設が、アグノ河、ビコール河、カガヤン河、パンパンガ河などの主要河川に普及している。首都マニラ市には小さいながらパシグ河があり、しばしば水害を起こしている。

マレーシアでは雨期が年に２回あり北東モンスーンが１１月～１月にマレーシア全土、特に東海岸とサバ、サラワクに降雨があり、南西モンスーンが４月～７月に吹くが前者ほど強くない。年平均雨量は半島マレーシアで２，０００㎜／年、サバ・サラワクで３，０００㎜である。半島マレーシアの河川は小河川が多く山地部は日本よりやや少ないが、発電ダムがかなり建設されていてテレメーターシステムは普及している。

技術研究開発の課題

洪水予警報の技術開発は次のような組立となっている。①現予警報システムの現状をレビュー（予報体制、観測網、予測手法、伝達システム等）②熱帯地域の降雨特性解析③熱帯地域の流出特性解析④泥流発生調査⑤熱帯地域における流域雨量測定の信頼性の検討⑥流出予測技術及び泥流予測技術の信頼性の検討⑦システムの運用及び維持管理マニアルの作成等である。

インドネシア国の人口の７０％が居住するジャワ島は火山の島である。土地利用が高度化されているから洪水泥流による被害も多い。これらの現地に適した技術開発を行うことによって、防災対策が一層拡充されることが望まれる。

海外技術協力センターの例Ⅰ

タイ国道路建設・訓練センター

経　緯

南タイのソンクラ市に道路建設技術訓練センターがスタートしたのは１９６４年のことであるから、わが国の技術協力のはじまったコロンボプランへのわが国の加盟の１９５４年からわずか１０年後のことであった。わが国の財政力も小さい時代でセンターの規模も比較的小さいものであった。その頃、タイ国では道路建設が盛んになった頃で、世界銀行やアジア開発銀行から借款を受けて全国の道路網を整備している時期であり、かつ、これらの資金協力と平行して道路技術者を養成するために、道路建設訓練センターをわが国の他、オーストラリア及びニュージーランドが中部タイにおいて実施していた。道路建設訓練センターでは研修訓練みならず、道路建設そのものが同時に重要なことであった。わが国は昔からゆかりの土地である南タイに位置取り、ソンクラセンターの後、１９７１年からはスラタニ市に第２次の道路センターを開設してプロジェクトタイプの技術協力を実施することとなった。

ソンクラ道路センター

ソンクラ道路センターは１９６４年１１月の協定にもとずき開始された。道路センターの目的は道路の調査計画から設計施工までの技術を研修訓練することで、施工に使われる建設機械の運用と維持修繕が一つの大きな分野である。

道路センター開始とともにわが国から土木技術者３名と建設機械の専門家６名と調整員１名の計１０名の専門家が派遣された。建設機械も最終的には３億円に達したが、当初は、研修に必要な機器があれば良いという考え方で約１億円くらいしか考えていなかった。当センターでは４年間にわたり、ソンクラ市からナタウイ町に至る５２㎞の２車線舗装道路をどうにか完成し、その間タイ国の土木ならびに機械の技術者及び技能員を２００名以上教育訓練した。完成後の道路は国道に昇格して４０８号線となった。

スラタニ道路センター

ソンクラ道路センターの事業は日本がまだ技術協力に対して不慣れの時代のものと考えられ、必ずしもうまく行ったとは考えられなかった。幸にもソンクラでのセンター終了後、タイ国政府より、場所を替えて第２次の道路センターを開設してもらいたい由の要請が出て来た。いくつかの候補地点から、やはり南タイではあるが、やや北方のスラタニ市にセンターの位置を決めた。

スラタニ道路センターの技術協力ではソンクラ道路センターの反省と評価にもとずき次のような改善策がとられた。①まず、研修訓練のみならず、スラタニ市からシチヨン町までの８０㎞に及ぶ道路の建設を完了することをセンター協力の目的に加える。

②協力期間を十分余裕を取って５年間とした。（当時のプロ技協力期間は平均３年間）③道路建設工事を完了するに必要な機械として当初に６億円相当の建設機械を供与すること。（最終的に

は８億円程度の事業となった）
④道路の調査設計の段階から、わが国専門家が関与し、構造物等の設計についても指導することとした。
また、スラタニの道路建設を技術的に見ても、現地が低平地であるソンクラ道路センターの場合と比較して標高１２０m程度であるが山地部とは云わないまでも丘陵地帯もあり、道路の平面線形や縦断線形等の設計や建設工事自体にも比較的高度の道路技術が導入されるので研修の教材としては興味あるものであった。完成した道路は国道４０１号として、スラタニ市から山田長政の住んだナコンシタマラ市に通じる路線で、それまでは陸の孤島とされていた南タイ東北端の地域を開発する動脈となり、現在は新リゾート地として注目されて来たコサムイ島、コパンガン島への取りつけ基地となっている。スラタニ道路センターにも常時１０名の専門家が滞在し４０名のタイ側スタッフと共同し事業を実施し１年間協力期間を延長したが１９７８年に終了した。
このセンターでも３００名以上の技術者、技能者を養成して、それらの人々は全国の道路センターで活躍し、また、かなりの技術者は民間企業にも転出して全国的に技術レベルが向上している。
南タイは、年間雨量も多く２,０００～２,５００㎜／年に達する。雨量強度もかなり強いのでこれに耐えられる路盤と舗装を研究しながら建設した。
この道路は２０年経った現在でも十分機能を発揮しており、当時、導入した建設機械で今だに使用されているものもあった。機械の維持修理がタイ側だけで十分行うわれている証明である。これが評価され、最近、無償資金協力で同センターへ新しい機械が補給されることとなった。

海外技術協力センターの例Ⅱ

インドネシア・火山砂防技術センター

経　緯

インドシアは世界有数の火山国であり、特にジャワ島には連続して至るところに活火山が分布している。しかもインドネシアの人口の７割を有するジャワ島では、火山泥流による被害が大きい。山麓に堆積した火山噴出物が降雨により流出し、下流の家屋田畑等に被害を与えることになる。
火山砂防分野における日本からの技術協力は１９７０年（昭和４５年）から継続して砂防専門家がインドネシアへ派遣され、現在まで約２０名が公共事業省、メラピ事務所、クレー事務所等へ派遣されている。
１９７６年から「メラピ火山の砂防基本計画策定のための調査」が開発調査案件として始まり、昭和５５年（１９８０年）３月に「マスタープラン」を完成した。
同マスタープランの勧告に従って日、イ両国政府の準備が行われ、１９８２年８月「インドネシア火山砂防技術センター」の技術協力に関する合意議事録（R／D）が調印され、プロジェクトタイプの技術協力がスタートすることになった。
以後、当初５年間の協力期間が２年半延長され、１９９０年３月まで行われた。

事業の目的

「火山砂防技術センター」設立の目的とするところは、長期的にはインドネシア砂防技術力の向上と、インドネシア砂防技術基準の作成、ならびにインドネシア独自の砂防技術を開発することである。この長期的目標達成のため当面の目標として、砂防技術者に一般的な基礎課題を訓練し砂防事業に関するフィージビリテリ調査（Ｆ／Ｓ）及び詳細設計（Ｄ／Ｄ）を自ら策定しうる能力を有する技術者を養成して行くとともに、適正で経済的な技術と工法により適切な砂防工事を実施しうる技術者を養成することを目標とし、更に火山泥流に関する予警報技術の開発を行うことを当面の目標とした。

センターの活動内容と成果

センターの活動としては大きく分けて、技術者養成のための研修活動と技術開発活動に分けることが出来る。研修活動としては、一般コースと上級コース、総合コースに分けられ、一般コースはインドネシアの土木技術者の間に広く砂防事業を紹介し、砂防事業の必要性、基本的考え方、事業の手順について理解させる比較的短期間のコースである。
上級コースは、やや深く踏み込んで砂防事業を推進する中心的な技術者を養成する上級職の技術者に対する中期間的なコースで、第３の総合コースは中堅技術者に対する長期間的コースで、砂防事業に関するＦ／Ｓ調査、Ｄ／Ｄ調査を自ら策定する能力を持つ技術者の養成である。
また、技術開発活動においては、適正工法の開発、泥流予警報のシステムの確立及び水理模型実験の３分野で行われた。①適正工法の開発ではインドネシアの実状に即した砂防計画の立案、砂防工事の施工法を開発することで、具体的には、砂防ダム天端保護コンクリートの開発、蛇篭構造物の適正工法、植生を利用した構造物の補強工法、灌漑施設を考慮した砂防計画の検討などが行われた。②泥流予報システムの確立については、小形レーダー雨量計、テレメーター雨量計、水位計、泥流監視装置等をモデル流域に設置して、泥流発生の実態を把握するとともに予警報システム及び、住民の警戒避難体制を確立することである。③水理模型実験では、模型実験を通して現場で行われている土石流問題の解決策を検討することである。インドネシア火山砂防センターではわが国から専門家が常時３～４名政府に滞在し延べ１０名に及んだ。これらの研修活動と技術開発活動において、多くの成果をあげているが、新技術の開発の面では予定した成果に達しなかったこともあり、平成４年度（１９９２年）からは第２次の協力として火山砂防のみならず、地すべり、がけ崩れ対策も加味した全国的な砂防全般のプロジェクトタイプ技術協力がスタートすることになり、火山砂防の現地適正工法などの継続的研究も行うことになった。
また実験室、事務所等の建物がわが国の無償資金協力によって供与され、技術協力と資金協力とを結合させて、最も効果的な成果をあげたプロジェクトの好例となっている。さらに同センター実施中に第３国研修と称して、周辺国技術者を招き、同センターにおいて集中研修やセミナーを開催するなど、インドネシアのみならず、周辺国を含めた地域的な技術協力活動も行われた。

（C）カントリー報告

Ⅰ．中華人民共和国

中国科学院水利部能源部水利水電科学研究院長　Chen Bing Xin

1　国土の概要

1．1

中国は、アジア東部にあり、約9,600,000k㎡の面積を有する。地域の約９８％は、北緯２０度から５０度の間にあり、温帯及び亜熱帯に属し、それぞれ国土の４５．６％、２５．１％を占める。中国領土は西部シンジャンウイグル自治区パミール（東経７３度４０分）から、ヘイロン河、並びにウルシイ河の合流点にある国境東端（東経１３５度５分）に至り、約5,200k㎞に展開している。南北には約5,500k㎞あり、モヘ街ヘイロン河北部の国境線から南シナ海最南端ゼンム・リーフまで広がっている。国境の長さは、22,000k㎞あり、海岸線の長さは18,000k㎞である。中国は北に朝鮮、ロシア、モンゴルと南西にアフガニスタン、パキスタン、ネパール、シッキム、ブータン、インドと、南にビルマ、ラオス、ベトナムと国境を接している。また、海を隔てて東と南東に日本、フィリピン、ブルネイ、インドネシアと面している。

1．2

中国の地形の特徴の一つは、国土の約６５％が山地、台地、丘陵地であることである。一般的に中国の地表は西部から東部に向け、４段層に下降している。第１段は「世界の屋根」として知られるシンハイチベット高原にあり、平均4,000m以上の山々が南西に連なる。そして、そこから東アジア、南アジアの全主要河川が源を発している。第２段はシンハイチベット高原東部から大ヒンゴンータイハンーウーシャン連系に広がり、おもに海抜1,000mから2,000mの台地及び盆地からなる。ユンナンーギンホー、内モンゴル、ロス台地、タリム河、ユンジャ河、スイチャン盆地はここに含まれる。第３段はさらに東方に延びて海岸線にいたり、主として平野及び標高500mから、1,000mの低台地からなる。中国北東部、北部、ヤング平原はここに属する。最下段は標高50m以下の浅瀬地、ヤング平原、沿岸平坦地からなり、さらにその先に本土から離れた島、及び大陸棚がある。

1．3

中国の気候の特徴は東方からのモンスーンであり、顕著な季節的変化があり、冬季は北風、雨はほとんどなく、夏は南風で多量の雨が降る。一般的現象として、寒波、サイクロン、そして断続的な霧雨及びタイフーンがある。その他の特徴としては大きな温度差と雨量の変化を伴う著しい大陸的気候である。中国の気温は同緯度にある他国に比し、冬季はより低く、夏季はより高い。中国における年間降水量は東南部海岸線における平均1,000㎜から2,000㎜、北西内陸部100㎜から200㎜に漸減する。東部シンジャンは中国における最乾燥地であり、年間降水量は50㎜以下である。ターパン窪地にあるトスクンでは、平均3,9㎜にすぎない。中国における年間最大降水量は台湾省ホーシャオ島で記録された8,408㎜である。

1．4

中国の天然資源はきわめて豊富であり、高地１６億ｍｕ（１ｍｕ＝0.0667ﾍｸﾀｰﾙ）、草地５３億ｍｕ

である。森林地帯は全陸地面積の12.7%を占め、水資源も豊富で潜在水力６．８億ｋｗである。鉱物資源は開発済みのもので１４０種類以上あり、タングステン、錫、モリブデン、アンチモニー、水銀、鉛、亜鉛、鉄、石炭、硫黄、燐銅、蛍石が多く、ついでペトロリウム、クロム鋼、ニッケル、チタン、並びに多種類の稀金属、貴金属の埋蔵量も比較的多い。その他として、地熱潜在量も多い。

１．５

中国の人口は現在１１億であるが、８０％は農業人口、都市人口は約２０％にすぎない。人口密度の多い地域は東部海岸地域に集中しており、中国東部シャンドン省は土地面積１５万km^2、人口約９千万である。シェジン省は土地面積１０万km^2、人口は５千万、ジイアン省は土地面積１０万km^2、人口７千万であり、中国における人口密度最大地域である。特筆すべきは、近年経済発展の著しい広東省が、土地面積２２万km^2、人口７千万人の高密度人口を有することである。しかしながら、山西省のごとく中国北西部の省は１９万km^2の土地面積に人口３千５百万、キンハイ省においては土地面積７２万km^2、人口５百万人にすぎない。チベット自治区は、１２０万km^2の広大な面積を有するが、人口は２百万人にすぎない。最近40年間における中国の人口は急速に都市に移動している。１９４９年以降、大・中都市数は１３２から４５０に増加し、その人口は２７４１万人から１億４６００万人に増え、その年間増加率は４．３％に達する。特に１９７８年から１９８９年の間は、人口増加率は５．７％を記録した。大・中都市における総人口は、西暦２０００年で総人口の１７．７％の２億３千万人、２０５０年には、４２％の６億３千万人に達すると推定される。中国最大都市上海は人口密度最大であり、１千２百万人、上海に次ぐ北京は１千万人の人口を有する。

１．６

中華人民共和国建国以来、中国経済は大きな発展と進歩を遂げ、１９９１年までにＧＮＰは１兆９５８０億元（ＲＭＢ）に達した。農業総生産高は８００８億元であり、うち総穀物生産量は４億３，５２４万トン、綿毛は５６６万３千トンに達した。主要鉱物生産量は石炭１０億９千万トンで世界第１位、鉄鋼７千万トンで第３位、発電量は６７億ＫＷ／時、石油１千３百万トンである。１９９１年における年間総輸出高は、７千１９０億ＵＳドル、総輸入量は６千３８０億ＵＳドルであった。１９８０年代以降中国政府は改革政策を実行し、世界に門戸を開き、急速に国家経済は発展した。平均年間成長率は６％であるが、近年中共第１４回国民会議において、今後西暦２０００年までに成長率を８～９％に引き上げることが決定された。

２　中国における公共土木事業

２．１

中国における公共土木事業は、国家経済及び社会発展計画に基づき立案され、政府により発議され、人民会議による討議、承認を経て実施される。公共土木事業の任を負う政府機関は社会発展計画に基づき毎年の実施計画を策定する。現在実施中の国民経済及び社会発展計画は第８次５カ年計画によるものであり、１９９１年３月の人民会議による討議、承認を経た長期計画に基づくものである。西暦

２０００年までにＧＮＰは、３１１億元（ＲＭＢ）と１９９１年の２倍となり、さらに年間平均経済成長率は６％とすると規定されている。１０年計画もまた、本会議により承認され、農工業生産成長率は６．１％、うち農業のそれは、３．５％、工業は６．８％、穀物生産高は５億トン、綿毛５２５万トン、石炭生産１４０億トン、発電量１兆１千億ＫＷ／時、銅生産高は８千万トン、基幹産業及びエネルギー、通信、主要な原・加工各材料並びに水資源開発のためのインフラストラクチャー整備の強化、同時に加工産業の再編成、改善、強化が進んだ結果、基盤産業、インフラストラクチャー、並びに進行中の産業が相互間の長年のアンバランス解決に至った。基幹となる事業、例えば大・中規模発電所、石炭鉱山、石油埋蔵地、幹線鉄道、ハイウェイ、港湾、空港、通信網、水資源各計画などもさらに追加、拡充、再建される。１９９５年までにＧＮＰは２兆３千２５０億元、農業総生産高は８千７８０億元、工業生産高は３兆２千７００億元に達する。１９９０年～１９９５年の５年間、年間社会投資成長率は５．７％に達し、これにより、総額２兆６千億元となるが、そのうち国営企業は１兆７千億元、年間成長率では５．５％相当である。投資割当における優先順位は農業産業構造、水資源開発、エネルギー、通信、並びに主要原料・加工製品生産ベースの調整後の必要に基づき決定される。周知のごとく、最近開催された第１４回中共人民会議は国家経済の年間成長率を６％から８～９％への引き上げを決定した。このような変更は、資本構造関連の他の諸目標に対しても適用される。

２．２

公共土木事業に関する中央政府機関は次の通りである。

(1)水利部

保全事業（灌漑、洪水対策、都市水道、多目的水供給、土壌保全）、並びに小規模水力発電所の建設

(2)能源部

水力、火力、原子力各発電所の建設

(3)交通部

河川、港湾、ハイウェイの建設

(4)建設部

都市、並びにインフラストラクチャーの建設

(5)鉄道部

鉄道建設

(6)郵電部

郵政事業、並びにテレコム・システムの建設

これに加え、地方政府資金による建設計画もある。三峡プロジェクトのような、大規模プロジェクト所要資金は特に中央政府により検討され、付与される。

２．３

主要なインフラストラクチャーはきわめて多く、総括的には述べられないので、数部門に限定して

述べることとする。

水力発電所の建設

中国は、水力資源が豊富であり、１９８９年までに、総水力発電容量は34,580MW、全国各発電容量の２７．３%、また年間１千１８５億KW／時の発電量を有し、総発電量の２０%に達した。１９８９年統計による大・中・小各発電所の割合は次表の通りである。

発電所	容量（10,000ｋｗ）	比率（%）
大（＞２５万ｋｗ）	１５９０	４６
中（2.5−25万ｋｗ）	７２０	２０．８
小（＜２万５千ｋｗ）	１１４８	３３．２

統計によれば、建設完了もしくは建設中の４０の大規模水力発電所があり、総発電能力は３千２８８万ｋｗある。これらには、黄河上・中流、第２ソンフア河、中国北部、フジン−ゼジン、ホングシー河にある現在建設中の水力発電用基地も含む。しかしながら、今後もっとも開発の待たれる中規模水力発電所はスチアン、ユウナン、及びシンジャンに所在する。中国はまた広範囲に小規模水力発電資源を有する。１９８０年代当初、国家委員会は、農村地域電化計画に基づき、小規模水力の豊かな山地、特に中国的色彩の濃厚な１００地区に、発電所を建設することを定めた。本計画は基本的に１９９０年までに完成し、第２次計画を現在策定中である。すでに調整された開発計画によれば、水力発電容量は現在から西暦２０００年までに、年間２〜５百万ｋｗ増加し、年間発電量は最終的に１千５百万ｋｗに達する。西暦２０００年に中国の水力発電全容量は８００Ｍｋｗに達する。現在進行中の大中規模３０の水力発電所がある。揚子江上の三峡(176.8百万ｋｗ）、並びにガンキーにあるロントン河（４百万ｋｗ）は今世紀中に建設開始の予定である。

水、土壌の保全

水、土壌保全は水利の確保、防災上重要であるうえ、農村地域における動物の飼育、山地保全のための総合的発展の鍵となるものである。１９５０年代の統計によれば、主としてロエス高原各地、揚子江南部の丘陵地、北部土岩泥地区及び北東部黒土地区においては、水害及び侵食により、中国全土の１／６にあたる１５０万km^2が被害を受けた。特に、ロエス高原の丘陵部及び小峡谷の侵食が大きく、約２５万km^2に達し、このうち土壌侵食は毎年４千〜４千５百トン／km^2に達していた。次表は水、土壌侵食の概況を示すものである。

地方	侵食地域	侵食状況
低部海岸台地	450,000km^2 (250,000km^2は 侵食危険地域)	ルーズな表土，集中豪雨， 激しい自然植生の破壊 侵食率：4,000〜10,000T／km^2

揚子江南部 丘陵地域	460,000k㎡	薄い表土，豪雨， 侵食率：2,000～4,000T／k㎡
北部土砂ー 岩盤山地	540,000k㎡	土砂と岩盤が交互に露頭，急傾斜地， 簡単に地表を水浸させる豪雨 侵食率：1,000～5,000T／k㎡
東北部黒土地域	100,000k㎡	緩斜面ただし長大斜面，雨期には 速やかに地表を水浸させる集中豪雨

過去４０年にわたる努力の結果、５０万k㎡2の復旧、水、土壌の保全のための４億ｍｕの植林、１億１千６百万ｍｕの平らな段丘の造成、２千３百万ｍｕの造成並びに堤防による整備が進んだ。そのうち、ロエス高原内の中心的復旧地域においては、１０万ｍｕの土地が保全された。１９８２年に国家委員会は、黄河、揚子江、ハイエ河、リアオ河各流域にある水、土壌保全用の８カ所に中心的復旧地区を設定することを承認した。水、土壌侵食の復旧と貧困対策との統合、エコロジーの調和への努力がかなりの成果を上げている。山西省農民の経験に学び、小流域内の住民を守り、農民の自主性を高め、全般的復旧、管理、利益増進計画が実施された。

洪水対策

中国はアジア東部に位置し、複雑な地形及び地質は良く人の知るところである。気候は地域により大きく異なる。モンスーンによる豪雨洪水災害は人口の９０％が居住し、国の経済活動の中心である東部地域において顕著である。推定によれば、全農地の１／３、全人口の２／５、国内農工業生産高の３／５は、今後洪水の恐れがある。頻発する洪水は例年社会経済に甚大な損失をもたらしている。激烈な洪水災害、特に堤防の一部決壊に伴う場合は、多大な人的被害を生む。洪水対策施設強化により、損害を最小限にとどめることは、今や社会及び国家経済発展を保証するための重要事業となりつつある。中国における洪水対策の特徴と主要河川の有する一般的問題点に鑑み、次に述べる対策が将来の長期的政策として採用されている。

(1)貯水と放水とを結合する原則の実施

川の流れの規制、堤防強化は、河川の放流容量を拡大する基本的対策である。多目的水資源利用計画と相まち、河川の放水量の全面活用の見地にたち、揚子江「三峡事業及び黄河のシャオランジイ事業」のように、効果的洪水対策として洪水制御用貯水池の建設が予定されている。

(2)流路規制、貯水池建設、水、土壌保全強化の諸対策の統合

水、土壌保全、及び小・中河川防護の業務を継続的に実施し、水、土壌の流失を防止し、水路、湖、貯水池における増勾配作用を緩和し、山岳地における洪水災害を軽減する。

(3)洪水用臨時水路、並びに抑止地域の設定

２．４　事例

１．三峡計画

揚子江は、本流総延長６３０ｋｍを超え、年平均９千６百億m^3の水を海に放流している中国最大の河川である。全排水地域は１８０万km^2と国土面積の１９％を占める。揚子江流域の人口は全国民の１／３にあたり、利用可能な水力潜在量は国全体の５３％、内陸運航距離数は７０％に達する。農工業総生産高は国全体の約４０％を占め、中国経済の発展に重要な役割を果たしている。フェンジイからイーチャンに至る総延長約２００ｋｍに及ぶ部分は、３峡谷として知られるクータン峡、ウー峡、キリング峡の３つの壮大な峡谷を貫流する。三峡ダム予定地は、容量2,715MWを有し、１９８０年に完成した。ゲツバ事業から上流３８ｋｍの地点にある。本ダムは洪水制御、発電、運航、水産資源の育成、水供給など、利用価値の大きさも例外的な大規模貯水計画に基づく。本事業は、河川を横断する大ダム、水力発電所、運航用施設の建設からなる。ダム頂標高は海抜１８５ｍ、平常時水位は１７５ｍ、総貯水量は３９３億m^3、洪水制御容積は２２１．４億m^3である。発電所は２６機の発電装置を有し、全容量１７，６８０MW、年間発電量は８４０億ＫＷ・時である。船舶運航の年間一方交通量は５千万トンであり、約６５０ｋｍの運河の高度利用が可能となる。事業は３段階に区分され、その基幹工事期間は１５年、うち準備期間３年を含む。建設開始９年後、恒久的運航施設は使用可能となり、最初の発電装置が稼働する。１９９０年の価格に換算して総投資額は５９０億元であり、これには事業用施設、現地住民の移転費、動力送電を含む。

２．シャオランジイ（XIAOLANGDI)事業

シャオランジイ事業のダムサイトは、河南省洛陽市北方４０ｋｍの黄河本流にある。本サイトはサンモンキヤダムの下流１３０ｋｍ、北京－鄭州間鉄道のツエンチョウ橋から上流１１５ｋｍの地点にある。ダムは、黄河全流域の９２．３％にあたる694,000km^2の流域の治水を行う。また大貯水容量を確保できるサメンキヤ事業の下流に位置する唯一のプロジェクトで黄河の最低峡谷部出口にあり、全流域を規制し、水及び沈泥土を制御する要所となる。本事業は多目的事業であり、洪水・流水の規制、堆砂の減少を主目的とし、水供給、灌漑、水力発電を副目的とするが、災害防止、利益開発をめざし、黄河の治水、発展のための総合的計画上戦略的に重要な地位を占める。本シャオランジイ事業はダム、余水吐、排砂設置、取水施設、発電室などからなる。ダムはロックフィル型で内部ブランケットと傾斜ロームコアを有し、全貯水容積１２６．５億m^3、ダム高１５４ｍである。洪水用、排砂用、水力発電用の１５のトンネルがあり、３個は金属管口の放水用、３個は自然流水用、３個は排砂用、６個は水力発電用のものである。電力室は半地下室で１５６MWの設備容量を有し、ダム横に位置し、平均年間発電力５１億ＫＷ・時である。シルトを含む黄江の水と、ダムサイトの地形及び地質により、最大直径１４．５ｍの１５のトンネルがダム左岸側に配置されている。本事業の「清水貯留と排砂」の目的及び操業形態による要件を満たすため、貯水最高レベルの全放水量は17,000m^3／秒で計画されている。全投資額は５２億元ＲＭＢに達する予定で、主要施設の建設に８年を要する。

３．イータン水力発電事業

本事業は中国南東部四川省ヤンピアン州とミイ州に所在し、ドウコウ市に新たに建設された鉄鋼業地帯に隣接している。本事業はイェロン河下流の開発計画において実施される最初の事業である。全長1,500ｋｍ、全落差3,870ｍ，水力発電可能容量25,000MWを有するイェロン河は中国における１０主要水力発電基地群の一つである。本事業の主要目的は発電であり、その他関連する諸利益を含む。3,000MWの設備容量と平均年間発電量１６．２ＴＷ•時を有する本事業は早期発展に有望視されている。本事業のレイアウトは二重式湾曲アーチダムで、放水路トンネルを右岸に、地下発電室と流木路を左岸に配置する。アーチダム高は、２４０ｍで、５００MWの六機の発電機は地下発電室に設置される。本事業は現在建設中であり、投資総額は約５０億元である。

３　ＩＷＨＲについて

３．１

水保全、及び水力発電に関する中国の研究所である、中国科学院水利部能源部水利水電科学研究院（China Institute of Water Conservancy and Hydroelectric Power Research＝ＩＷＨＲ)は、水利部、能源部、中国科学院の共同管轄下にあって、水保全及び水力発電関連建設、開発に要する科学技術的問題調査の任を負う、包括的研究機関である。本研究院は３機関すなわち中国科学院水理研究所、水利部に所属する水利研究所、水電部下の水力研究所を合併して、１９５８年に創設された。１９６９年に解散し、１９７８年に再編組され、現在、中国における水保全、水力発電技術部門の最大の国立研究機関である。

３．２

現在本研究院は１５の研究部からなる。すなわち、

- 水資源部
- 堆積工学部
- 水理部
- 構造•材料部
- 地盤工学部
- 地震•発破工学部
- 水力機械部
- オートメーション部
- 冷水工学部
- 計測部
- 灌漑排水部
- 水保全史部
- 災害防止及び環境問題研究センター

• 水質研究センター
• コンピュータ • センター

本研究院はまた中国政府とＵＮＥＳＣＯの協力による国際研究及び侵食 • 堆砂訓練センターを所轄する。北、南の２分室に分かれ、各々約４kmm離れている。当院は２８万１km²の敷地を有する。支部実験水力発電所が水力機器に関し適切な研究を実施している。

３．３

本研究院の研究プロジェクトの５０％は、水利部並びに能源部のチャンネルを経由して政府より委託される。本研究院はまた、兼務により科学技術開発の水保存、及び水力発電技術長期計画面の基本的訓練の責任を負う。残り５０％のプロジェクトは企画部門、建設部門、地方政府との契約の下に実施される。主研究業務は高度農業生産を確保する技術手段、水資源の開発と利用、川と貯水池の堆砂問題、大ダムにおける洪水吐と排水路での水理学的問題、大ダム構造と新材料、主要水理プロジェクトの地盤工学的問題、発破と耐震工学の理論及び実践、大型水力タービンと揚水、水理工学の経済性、火力、原子力各発電所の冷却水に関する工学問題、火力、水力プロジェクトに関する環境問題、水災害とその軽減手段などである。さらに、本研究院は高性能、かつエネルギー節約型ポンプ、及び科学研究用機材を製作する作業所と模型作成所を所有している。

３．４

本研究院は１，６００人のスタッフを誇り、そのうち３００人の上級技術者と４４０人の技術員を含む約１，０００名は科学技術者である。技術スタッフ中３４名は工学博士号を有し、２４４名は修士号を有する。

３．５

使用可能年間予算は４千５百万元（ＲＭＢ）である。

３．６

本研究院は中華人民共和国国家委員会の承認の下博士、修士各課程の授与権を有する。大学院は北支水力工学大学の協力を得て設立され、１９７８年以来１５人が博士号を、３００人が修士号をそれぞれ授与された。

３．７

本研究院の編成組織は次の部門からなる。即ち、３委員会（学術委員会、学位授与評価委員会、所長指揮下の専門職評価委員会）である。後方部門、事務局、人事部、技術部、財政部、補給部、管理部を有する。その他、若干の公司から生活上、並びに労働力上の供与をする事が可能となっている。本研究院において使用可能な主試験室及び施設は次の通りである。

１．構造物振動実験室

動的パラメータ用のデータ収集と処理システム装置付きで６度の自由度を有する５Ｘ５ｍ三軸振動台

２．地盤工学用遠心載荷模型実験室

半径４ｍの回転アーム、最大加速度３００ｇ、１．５ｔの実験用模型及びバスケットを保持可能、データ収集・処理システム装備

３．発破工学実験室

ブラストシミュレーション施設、密閉された堅固なＲＣの直径９ｍのブラスト室、高速ビデオテープレコーダー、撮影機材、測定・分析システム装備

４．コンクリート実験室

混合物、灰などの応用に関する実験用の宇宙実験機械用サーボ電子機器、計算機付きコンクリート、カロリーメーター、自動コンクリート冷却、融解実験機器、高圧三軸テスト器、宇宙材料実験器、三軸圧縮クリープテスト器、その他実験用資材からなり、コンクリートダム及びローラー活用コンクリートダムの開発に寄与する。

５．構造模型実験室

光弾性分析器、ホログラフィ・レーザースペクトルインターフェロメトリック試験台、粗材質の構造模型実験施設

６．堆砂研究実験場

清水、または沈澱物を含む流水を使用し、モデル実験可能なシステム

７．大ダム水理実験室

スケールされた雰囲大気圧下の水理モデル実験用の高性能真空タンク、キャビテーション研究用最大速度３５ｍ／秒可能の高速水路トンネル、流水の気泡現象実験用の可変スロープ水路

８．水質分析実験室

原子力吸収スペクトロフォトメーター、ガス色相分析、イオン色相分析、ポラログラフＵＶ可視スペクトロフォトメーター、液体色相分析、ＢＯＤ自動測定記録器

９．岩盤力学、土質工学実験室

高いアース及びロックフィルダムの性能実験可能な大型高圧三軸動・静的土質試験機材、大規模透水試験装置、大規模オデオメーター、自動締め固め装置、汎用圧密試験器、応力パス制御三軸実験機、共振円柱器などを有する。

１０．水理機器実験室

高精能の主要４実験場を有し、その内の一つは沈澱土を含む流水渦をつくり、気泡被害対策を考慮したものである。

１１．火力、原子力発電所冷却水用の水理実験室

１２．水力発電所用コンピュータ活用制御システム開発実験室

１３．遠隔通信実験室

１４．水力タービン運用動力模倣実験室

１５．コンピュータセンター

近年、本研究所は関連工学技術的問題についての研究を大幅に推進し、また三峡事業、中国南部から北部への分水事業、シャオランジイ事業、イータン事業などの主要かつ重要な国内水保全、並びに水力事業のコンサルタント業務を行い、水力事業の企画、計画実施上の各種問題の解決に寄与した。その間、かなりの研究が国際協力及びコンサルタント業務の形で進められた。

３．８　最近の業績

１．三峡、シャオランジイ、イータン等の諸事業を含む中国の主要貯水、水力発電各事　　業の計画、実施を最適化するための研究成果。
２．２００m以上の高さのアース・ロックフィルダムの建設、設計のソフト技術
３．斜面安定解析のための限界平衡法とその応用
４．貯水池における堆砂問題予知と貯水容積拡大方法
５．大ダム余水吐の新型減勢工
６．高速流水水路及びトンネル内のキャビテーション軽減のための抜気法
７．アーチダムの最適設計
８．水力発電所用の貯水池の最適規準
９．フライアッシュ高含度コンクリートの応用
１０．コンクリート用新添加材
１１．グラウチング用新材料
１２．高性能水力タービン・ポンプ
１３．タービン・ポンプ内の沈澱物とキャビテーション減少の新対策工
１４．新しい理論に基づく火力、原子力各発電所内水冷却工学施設の一般的配置概念
１５．中国北部及び河南省における水資源の開発利用及び総合的規定
１６．ダム安全監視用機器
１７．水力発電所における分散型多目的コンピュータ制御システム開発
１８．水力タービン安定機用の動力テストシステムの開発
１９．自動水文データ収集洪水予知システム開発
２０．土砂帯水層の集水井戸の掘削及び設置の新技術
２１．高密度集中型土砂水の迂回による堆砂灌漑
２２．アースロックフィルダムの堤体密度即時測定用加速器及び表面波測定器
２３．貯水池堆砂及び河床改善のための数学的モデル

4　ＩＷＨＲにおける主要研究開発計画

４．１　ＩＷＨＲの主要研究開発計画

本研究所は水保全及び水力開発に起因する主要な問題点、及び重要技術上の問題の調査に関し責任を有し、年間約３００の研究プロジェクトを遂行している。主プロジェクトは、

- 水資源の調査、評価、開発、利用
- 嵐と洪水
- システム分析
- 灌漑用技術及び機器の開発、並びに応用
- 灌漑排水用土木工事
- 主要河川の開発及び規制上未解決の堆砂問題
- 水保全及び水力発電事業から生ずる水理問題
- 主要水保全及び水力発電事業における構造物及び材料に関する問題
- 岩盤力学、土質力学、浸透、基礎処理を含む地盤工学
- ダムその他水理構造物の耐震性についての基本的考え方と工学
- ロックフィルダム建設及び安全対策のための建設発破と指方性発破技術
- 水理器械の技術上の問題
- 水力発電所の安全監視と総合的オートメーション
- 貯水池と水力発電所の水文学的データ収集と洪水対策
- 主要火力、原子力発電所用水冷却装置の立案、設計、作動にに関する研究
- 災害及び災害軽減
- 環境アセスメント
- 機材活用

４．２　諸例

４．２．１　中国北部水管理事業

１９７８年における経済並びに機構改革の発動以来、中国経済は工業、農業、外国貿易において大いなる進歩を遂げ、水資源への需要はますます増加してきた。中国北部平野には首都北京、重要工業都市天津、工業及び産業の盛んなシャンキイ、ヘベエイ省があり、経済上重要な地域である。面積は300､000k㎡あり、中国総人口の１／５を有する。年間平均降水量は４００～６００mmであり、６月から９月に雨が集中している。降水量は月により、また年により大いに異なるが過去１０年にわたり乾燥が続いている。本地域において水資源の２／３は農業用に、他は工業その他に使用されている。工業、農業の急速な発展により、水不足は年々深刻になりつつある。西暦２０００年までに天津における水需要は１１０％、北京では２４％の増加が予測されている。水不足は北京の地下水の過当汲み上げに起因する。不合理な現行工業構造、地方での企業ブームと農業そのものでの水消費量が増大している。中国政府は中国北部における水不足解決を最優先し、国家科学技術委員会に水資源管理の政策的検討の権限を与えた。第１段階として米国東西センターの環境政策研究所と共同で基本的枠組みを設立し、第２段階で、農業用水節水、廃水処理を近隣地域及び各都市の重要課題として実施した。第３段階は第８回次ヶ年計画中にあたり、マクロ経済水資源計画を作成し、これを実行する。本事業

資金は国連開発プログラムによりまかなわれる。本研究所は国内専門家を組織し、本研究を遂行するため諸外国のコンサルタントと協力し、研究を推進する。以下の３種類の水管理モデルが研究の成果として期待される。

１．経済、環境、社会的諸要因を調和させ、限られた水資源の効率的活用のためのマクロ経済モデル

２．水割当決定に科学的根拠を与える水文及び水質モデル

３．１．と関連する需要供給の管理モデル

上記モデルは地方、並びに中央各政府の政策決定の基礎となるものである。本事業は複雑な経済的、社会的、環境的諸問題と関連し、地域的にも広範囲であり、多くの基本的データを要し、３０のモデルが設定される。さらに多くの技術スタッフを要し、現在までに初期の目標を達成し、モデルの一部がすでに確立された。

４．２．２　南から北への分水事業の研究作業

中国北部（ファイヘ河、黄河、ハイヘ河各流域を含む）は、深刻な水不足地域である。一人あたり農地水資源は約４００m^3にすぎず、工業、農業各需要に対処し得ない。長期にわたる調査によると、本地域の年間水不足は１００億m^3に達し、西暦２０００年までに２００億から２５０億m^3、西暦２０２０年までに５００億m^3にのぼるとみられる。政府は揚子江上、中、下各流からそれぞれ３つのルートを経由して当地域へ５００億m^3の移水を計画し、現在は西ルートの緊急検討、中央ルートの実行可能性検討、東ルートの予備調査を実施中である。研究所は東、中央各ルートの調査に乗り出した。東ルートはジャンドウ、ナンジンに始まり、大運河を経由して北方へ行き、１６の低リフトと大流量揚水場を含むものである。主要な技術的問題は黄河、ファイヘ河、ハイヘ河流域内東西方向ルートにおける水と汚染水放流路の結合点にあり、分水される水の深刻な汚染発生と低リフトと大流量ポンプの設計も解決されねばならない。研究所はこの２問題の解決に取り組んでいる。近い将来、中央ルートは年間ダンジャン貯水池からハンジャン河に１５０億m^3の水を引き、フニュー山とタイハン山の山麓に沿って北京への１２００kmにわたる自然流水の放流が計画されている。本ルートの基本的技術問題は、計画分水量がハンジン河流水の約５０％を占め、地域の水供給、発電、運航、水質、下流地域環境に悪影響を及ぼすことにある。水供給を受ける地域の貯水池と水利事業の共同管理の必要性から、また大小さまざまな約２００の河川を横切ることから、例えば膨張性土基礎問題のような多くの技術上の問題が生ずる。本研究所は例えばハンジン河流域のように水を送る側での工業及び農業用水の必要量の予測に重点をおき、移水可能水量に関する研究を実施中である。本研究は地方経済、環境的、社会的配慮に基づく合理的分水の推定の基礎として有効である。実施モデルは、中国北部の潜在的水資源の全面活用を考慮し、南部分水システムから北部分水システムへの実施計画立案のため、中国北部の被供給地域での水資源マクロ経済分析に基づき確立される。加えて、本研究所はルートの選定、ルート沿岸の応用地質、環境アセスメントなどに５年から７年計画で研究を行う。西ルートは揚子江上流の支流であるヤロンジン河を始点とし、ルートの選定についてはすみやかに研究が進行している。本研究所はまたトンネル掘削、堆積土地区における工事、中国北西部への水割当て、システムの合理的運用に関する特殊問題に対する研究に着手する。

４．２．３　アーチダムの対地震用動的モデル実験

Ａ．イータン事業計画のアーチダムはＶ字型峡谷に位置している。ダム高は２４０m，厚さ：高度比は０．２２９の放物線上の２重カーブ・アーチダムである。ダムサイトにおける地震の基本強度は７度であるが、国法に基づき８度の強度で計画されている。本アーチダムの位置は地震地帯にあり、ダム地震反応におけるダム基礎と貯水池間の相互干渉効果はきわめて重要性が高い。このため、コンピュータによる解析的研究が数多く行われ、貯水池相互干渉が非圧縮流体の仮定の下に、ダム上流の水面への追加質量により表されるが、若干の基本となる仮定、パラメータ、数学的モデルは、モデル実験により修正、改良されなければならない。ダム基礎及び貯水池を含むダムモデル実験は大型高性能振動台上で実施され、さらに破壊実験が激震の際の破壊のメカニズム研究のために行われた。

Ｂ．モデルのスケールは１：２４０であり、振動台のサイズは５ｍＸ５ｍ、周波数帯0.1～120Ｈｚ、最大荷重２０ｔ、最大水平加速度1.0ｇ、最大垂直加速度0.7ｇ、地震波形としては正弦波、ランダム波、地震シミュレーション波を起こすことができる。実験に使用されたダムモデルは高さ１ｍ、ダム接表面から全方向にダム高に等しい基礎幅が確保できるように3.0m幅とした。貯水池の想定上流水面からの大きな干渉を避けるため、モデル貯水池の長さはダム高の約３倍にしてある。峡谷の地形もシミュレートした。中国での巨大なダム基礎と貯水池を有するアーチダムの大型振動台上で最初のモデル地震実験である。解析と実験的双方の相互依存性を探求するため、解析的研究がＡＤＡＰ－ＣＨ８９コンピュータプログラムを使用して実施された。振動、動的応力の自然振動数解析結果はモデル実験結果とかなり近いものであった。

Ｃ．次の結果を得た。

１．激震の間、破壊的な破裂が生じ、割れ目はダムの中部及び上部近辺に発生する。ダム補強対策を考慮しなければならない。

２．上流近くの貯水池の形態は直接ダム表面に作用する流体力学的圧力に影響を及ぼす。

３．水位がダム高の約６０％に至るまで、貯水池はいかなる振動モードに対しても相互干渉効果をほとんど生じない事、及び振動数は水位がダム高の６０％以上に上昇すると、急速に落ちるらしいという事が明らかとなった。それ故、自然振動数は貯水池満杯の状態では水位の変化に非常に敏感である。

４．２．４　高いアーチダムの洪水放流構造物の水理問題に関する研究

Ａ．イータン水力発電所は前述のごとく高貯水能力のアーチダム建設の巨大事業である。操業後は、雨期に多量の余剰水が放出されるであろう。計画によれば、本事業の洪水放出
構造は次の３方式からなる。

１）表面余水吐－７放水口、6,900m^3／秒の放流量

2）中位余水吐－6放水口、7,000m³／秒の放流量
3）右岸余水吐トンネル－2水路、7,000m³／秒の放流量
放流量合計は20,600m³／秒となる。
貯水ダムは高さ２４０mあり、余水吐は幅１００mの水路内に大量の溢水を放流しなければならず、放流により発生する巨大エネルギーを減勢させねばならない。それが不可避的に下流の谷に大きな侵食を引き起こす。その間、高速の放流水は通過中沿岸構造物に大きな損害を与える可能性があるので、これら構造物は綿密な設計に基づき、可能な限り潜在的被害を軽減するものである事が絶対に必要である。上述の諸問題についてＩＷＨＲは、水理モデル実験を応用する事により体系的な調査を実施した。

Ｂ．完全にねじれのないモデルが１：１２０の縮尺で作成され、ダム表面余水吐及び中段余水吐を通る洪水放流減勢の調査をした。さらにトンネル余水吐の放水口での侵食対策も本モデルを使用して実施される。部分モデルがダム表面余水吐の堤頂カーブの研究、並びに中段余水吐放水口の設計を最適なものにするために作成された。トンネル余水吐の放射式ゲートの１：４０の模型が流水誘導振動の動的特性、並びに可能性を探求するため用いられた。ラジアルゲートの上部口を通る越流の問題と適切なキャビテーション問題を詳細に検討するため他の特殊な模型が作られた。数学的モデルが下流地域でのダム破壊及びその衝撃による洪水波伝播をシミュレートするため適用された。河分岐点下流地区の流水パターンを試験するため物理模型も併用した。

Ｃ．結果
1）モデル実験により得られた結果はダム表面、中位部各余水吐の最適高度とフリップバケットの出口角度の決定に参考とされた。２つの放水口からの流れが互いに干渉し合うことにより、河川下流の減勢効果を高め、洗掘の軽減に役立った。
2）トンネル余水吐の各セクションモデル実験により、特別の形に設計されたトンネル余水吐がキャビテーション被害防止に提案された。加えて、トンネル放水口の最適設計が下流における洗掘の軽減対策として採用された。
3）ダム破壊洪水による潜在被害地域が、地域開発参考資料として提示された。
イータン事業は現在の中国において建設中の最大の水理事業である。洪水放流問題と切り立った峡谷内の適切な減勢工はたいへん重要であり、明らかにこの種の経験が、他の同様な事業の計画に大いに役立つものである。

４．２．５　高いフィルダム建設に関する研究
１９９０年代における中国の水力発電の発展には、次に述べる数多くの高いフィルダムの建設が必要となる。
- 黄河における傾斜コアを有する高さ１６７mのロックフィルダム
- 揚子江支流のダヅ河にある中央コアを有する高さ１８８mのロックフィルダム

• 揚子江支流のウジング河にある高さ１９０ｍの中央コア型のロックフィルダム

中国におけるこのような高さのダム建設の経験不足に加え、技術的困難に鑑み、「高いコア型フィルダムの建設に関する研究」の名の下に国家主要研究プログラムが各種研究所と大学との協力を得て、本研究所により着手された。研究プログラムはおもに次の諸点に関するものである。

１．築堤材料の物理的特性、及びダム基礎の弱いシーム

高く、かつ複雑なストレスパス下の土のせん断強度と応力－ひずみ挙動、並びに基礎の弱いシームの軟弱化反応の総括的研究に着手した。

２．アース、ロックフィルダム設計へのコンピュータ活用法

定常的浸透、貯水および地震効果を含めダム建設の各段階での応力、並びに変位の評価を可能とする人・機械相互作用コンピュータソフトを開発した。

３．築堤の品質管理及び制御

盛土の品質管理、評価、管理のためのコンピュータデータベースが作成され、ルバックロックフィルダムにおいて用いられ効果を発揮した。加速機と表面波測定機が盛土密度の早期評価用に作成された。研究プログラムは、現在設計中の高フィルダムが有する多くの主要な問題点を解決し、その結果大幅な支出削減を見た。例えば、シャオランジイダムの築堤体積を１９０万m^3減少させる事ができた。

５　国際研究交流プログラム

中国は外国に対し門戸解放政策を開始し、ＩＷＨＲは３０カ国以上７０を越す諸機関との交流事業を推進してきた。例年、約１５０人の外国人訪問者を迎え、外国から７００冊の学術的出版物を入手している。そして、ＩＷＨＲは世界銀行、アジア開発銀行（ＡＤＢ）、国連開発プログラム（ＵＮＤＰ）、ＵＮＥＳＣＯ、日本国際協力事業団（ＪＩＣＡ）カナダ、フィンランド 、ドイツ、イラン、バングラデシュ、パキスタン、オマーン、タイなどと数多くの協力研究プロジェクトに着手している。ＩＷＨＲにおける研究交流プログラムは新機器に関する意見聴取、研究、物理モデル試験、数学的モデル、設計、開発を含む。

５．１　現況

現在進行中、もしくは計画段階にある国際研究交流プログラムは次の通りである。

（１）中国北部水管理プロジェクト

本プロジェクトは、国連開発機構の支援を得た中国における最大の研究プロジェクトであり、１９９０年７月に始まり、３年間継続する。実施上若干の困難があり、１９９１年５月国連開発機構と中国科学技術委員会により調印された了解覚書に基づき、ＩＷＨＲに移管する事が決定された。ＩＷＨＲは１９９１年７月本プロジェクトの作業を開始した。本プロジェクトは専門家組織、多目的決定システム、地理情報システム、管理システムのようなマクロ経済モデルと水資源管理に関する高度工学技術データベースを含み、水資源、水文学、水質、経済、コンピュータなど数百人の中国人専門家と、その他六以上の省、自治体からの参加者と２０名の外国人コンサルタントを集めた。多大の努力が払

われ、国連開発機構、中国政府、国内外専門家の全員が大きな結果に満足の意を表している。本プロジェクトは、予定通り１９９３年７月までに成功裡に完了するものと思われる

（２）日本工営（株）と、ＩＷＨＲは、アジア開発銀行から北部河南水資源開発の入札に成功した。これは１９９１年７月に始まり約１６カ月継続する。最終評価は１９９２年１０月２６日に開かれ、評価は良好であった。

（３）ＩＷＨＲ黄河、パール河各流域委員会によるバングラデシュのブルマプトラ河の洪水防止・河川工事計画に基づき、数人のＩＷＨＲの幹部専門家がバングラデシュの洪水対策計画会へ世界銀行、ドイツの私企業とともにコンサルタントとして招かれた。現在もひとり代表者をバングラデシュに駐留させ、当計画についての情報収集にあたらせている。

（４）ＩＷＨＲはフィンランド共和国の国立水環境局とダム破壊動力学の協力研究を実施中である。本プログラムは１９９２年から１９９４年までの３年間継続し、現地調査、物理的モデル実験、数式モデル開発を含むもので、現在順調に進行中である。

（５）ＩＷＨＲは、若い技術者を日本に派遣し、研究並びに技術管理業務に参加させている。

（６）日本の電力中央研究所（ＣＲＩＥＰＩ）から、北京地区では初期の段階で、中国南部では現段階で雨水水質研究資金及び測定機器が供与された。

（７）ＩＷＨＲは中国シャジアオ”Ｃ”発電所用の海上研究を行うため英国のＧＥＣアルソン発電（株）との契約に調印した。内容には最適取水及び排水箇所、現地調査、物理、数学モデルも盛り込まれている。

（８）現在、ポルトガル及び英国とファングーファイーハイ河流域平野における持続可能な農業のための水・土壌管理改善と命名された事業の着工を検討中である。

（９）ロシア技術者との河川氷工学に関する共同研究を実施中である。

５．２　進行中の諸問題

中国技術者は技術、経験、価格の各面で高い競争力を有する。国際市場において、さらに協力及び入札には、外国語及び管理能力の改善が必要である。他方、中国への外国人専門家の招聘、または中国人の海外研修により外国の進歩した科学技術の吸収に努める必要がある。

５．３　アジア内研究交流の必要性と諸問題

中国は発展途上国であるので、中国の技術、経験は他のアジア発展途上諸国にも役立つ。中国はアジアでの研究交流を強化し、さらに多くのアジアの友人の中国訪問と、情報を歓迎する。外国からの市場情報は中国にたいへん重要であり、情報入手に最大限の努力をし、ＩＷＨＲについて外国企業の理解と協力を求めたい。さらに多くの中国人技術者、公務員のアジア開発銀行、国連、世界銀行などの国際機関への雇用が期待されている。

６　災害及び防災についての取り組み状況

６．１

中国は台風、あられ、霜、地震、洪水、湛水、干ばつなどの自然災害に頻繁に見舞われる。１９８０年代災害による年間平均経済損失は８０億元ＲＭＢであり、１９８９年被害額は５２５億元であった。１９９０年においては、災害発生は多少減少し、低地に片寄ったが、それでも直接災害による国全体の経済損失は６１６億元に達した。毎年、約３００の地方において２億人から３億人、農地の７億ｍｕが災害により大小さまざまの影響を受けている。１９９１年は、長期にわたり広範囲に及ぶ異常な種類の災害が発生し、経済に大きな損失をもたらし、災害の多い１年であった。１９９１年の災害では、水に関連するものが最大であり、特に、揚子江・ハイヘ河各流域の洪水、湛水は、歴史上稀にみるものであった。１９９１年における干ばつは、また平年におけるそれを大きく上回った深刻なものであった。関連機関による調査結果によれば、影響を受けたの内は８．３億ｍｕ、損害地区は４．１億ｍｕであり、作物は８千４百万ｍｕが全滅し、４億人に影響が出た。そのうち２．８億人が重大な影響を受け７，３００人以上の死傷者を出した。影響を受けた３．６億ｍｕの農地の内、損害を被ったのは２．１億ｍｕ、作物の全滅２．１億ｍｕ、洪水及び湛水による死傷者は５，１１３人、直接経済損失は７７９億元に達した。災害による損失を軽減すべく、政府は国際防災の１０年に合わせ中国国家委員会を設立した。政府の総合的管理の下に、国家評議会の関連部署と地方政府は一連の災害軽減と研究プロジェクトを実施した。中国の多数の貯水池、堤防、洪水吐き、水管理の各プロジェクトが、近年揚子江、ハイヘ河及びその他河川各流域における大規模な洪水、湛水防止に重要な役割をはたした。１９９１年の水災害後、政府はハイヘ河とタイフ湖の水災害軽減施設建設に数１０億元を投資した。三江事業はすでに政府の議事に付され、人民会議により承認された。本事業は揚子江中流、下流における洪水と湛水を大幅に軽減させるものである。地震対策プロジェクト、地滑り、土石流予防プロジェクト、大規模保安林、砂漠化防止プロジェクト、生態系開発プロジェクト等の政府各機関による総合的防災対策の継続的実施により、防災の諸種の分野で満足すべき成果を見た。防災科学に関して１９９１年以来政府は数万人の専門家を動員し、多数の防災に関する科学研究プロジェクトを主催した。一例として台風と豪雨対策に数百万元の資金を投じ、科学研究プロジェクトを実施中である。また、海上災害、地震による森林火災、病気、虫害、並びに総合的災害モニター用リモートセンシング技術のための研究プロジェクトも実施している。科学研究プロジェクトの実施は、中国の科学的防災事業の進歩に寄与するものである。１９９２年に政府はまた国家災害の総合的管理強化を目指し、国家災害軽減国立管理センターを設立した。本センターの業務は災害予知を含み、次年度災害予知のため、毎年１０月から１１月までセミナーを開催し、政府の政策決定に助言を与え、全国民に災害軽減知識を広め、防災への認識を高め国家経済の発展とともに増大する災害損失の現実に適応させるものである。災害研究、管理諸機関はまた研究強化のため、り災結果に基づき中央政府内に関係部門を設立した。河川下流、入り江、沿岸の平野に大工業、農業地帯が存在し、モンスーンにより発生する激しい集中豪雨をうけやすい地理的条件から、洪水により大きな被害を受けやすい。加えて、おもに不規則に訪れるモンスーンによる降雨量の関係で干ばつが時として発生する。それ故、長期的洪水、干ばつ研究が優先される。

６．２

水利水電科学研究院は洪水と干ばつの研究のための中心的存在として特に設立されたものである。近年３０年以上にわたり、本研究院は次に述べる主要事項について多くの業務に従事してきた。

（１）明、清両王朝にさかのぼる過去５００年にわたる災害状況の編集、中国の水利用の評価など歴史上、及び最新の洪水、干ばつの基本データの包括的収集と評価

（２）洪水、干ばつ、水資源に関連するその他諸事項の基本データの包括的収集の評価、並びに防災に関する助言の系統的情報。たとえば、本研究院は１９６３年の黒河流域における大洪水、１９６６年の水資源事業の行われた渤台、河北省に及ぼした地震の影響、１９７５年の海南省の洪水によるダム破壊の損害、１９７６年の唐山地震による水資源事業に与えた損害、１９９１年6月の甘粛省揚子江支流バイロンジイアン河近隣に発生した地滑りにより発生した損害、１９９１年6月の北京郊外の泥土石流水による損害、１９９１年８月から１０月にいたる揚子江、准海の洪水状況、１９９２年５月の雲南省ザオタン地区の地滑りなどについて調査を実施した。洪水、干ばつの国立研究センターとして、本研究院は現場調査実施には、常時コンサルタント派遣体制を整え、現状調査、発展予測、将来見積の助言を行った。この点で、本研究院は政府の主要な諮問機関であることを長期にわたる業績により立証している。

（３）災害、並びに防災に関する体系的研究

水利部（ＭＷＲ）の管轄下に水利部災害軽減研究センターの準備事務室が１９８９年に所内に設立された。本事務室は、都市と農村地区における洪水（湛水と干ばつ災害）、災害軽減のための技術（ダムの安全確保、ダム破壊による被害の軽減、洪水対策専門家組織、洪水規制、洪水余剰水の活用など）、及び基本的研究（洪水用のデータベース、湛水と干ばつ、災害による損害の評価方法など）の為の災害軽減の戦略的計画（編成、教育などを含む）、災害軽減政策（基準、法律、規則、警報システム、緊急対策などの４点を含む）等１０ヶ年災害軽減研究計画の立案を終了した。本事務所は、目下災害軽減に関する科学的研究のため、国内に関連機関を組織中である。最近５年間に本研究所の実施した重要な研究プロジェクトは、北京市郊外ヨンデインヘ河、沈阻市郊外遼河、黄河隣接地帯に対するドンピインフウ湖、ジインテへの洪水分水及び溢水の防止などのダム破壊による洪水とその影響、貯水池からの配分予測とその実施、ハイヘ河中流・下流の洪水分水、及び溢水防止による災害軽減対策、太湖の規制とその富栄養化対策、黄河下流の災害軽減対策、洪水防止対策と貯水池の堆砂との関係、都市流域における洪水防止と災害軽減対策などである。これらに加えて、本研究所はまた干ばつ基準の研究、水資源開発の経済モデル、洪水防止の危険基準などの若干の基本的研究を実施中である。

（４）構造的防災対策の研究

本研究所は、大規模振動台、高速度流水タンク、真空タンク、大規模遠心載荷装置等の数多くの進んだ実験用機器を備えている。これら機器の活用により、多種の水資源事業、土木構造物のための地震災害対策、堤防とダムの地盤工学的特徴及び液状化、洪水吐の設計などに関し多数の科学的情報を入手、災害対処能力向上を目指した防災施設の設計の改良に寄与した。１９９２年に災害研究センターが設立された。上記研究の向上に資するため、本センターは次の諸項について外国との間に情報交換、協力を実施している。

(1)災害研究のデータベース及び研究手法の交換

(1)災害研究のデータベース及び研究手法の交換
(2)代表的災害の調査研究協力
(3)特定災害軽減問題の研究協力
(4)改良型実験機器、新災害対応水理施設の開発
近年、本研究所は外国と協力して次の事項に関し実施済み、もしくは実施中である。洪水対策の研究、ダム決壊にともなう洪水研究、貯水池誘発地震研究、ダム安全評価研究である。

６．３　災害軽減のための研究トピック

１．自然災害情報管理システム
本システムは、自然災害発生時刻、り災区域、過程、損害、原因、背景など現存データの収集用並びに、災害に見舞われやすい地域からのリアルタイムでの自然災害情報の収集、送信、及び処置のための情報管理システム確立のためのシステムである。
２．自然災害用リアルタイム監視技術
この監視技術は、衛星、空中リモートセンシング機器、及びレーダー、テレメータを活用し、洪水、干ばつ、森林火災、地震、熱帯サイクロン、環境汚染のような大規模自然災害を監視し、災害の進行状況、その範囲及び傾向について状況把握用の技術である。このため、質的分析方法オンライン・イメージプロセス、並びに伝達技術に関する監視技術の研究が必要である。
３．自然災害のリスク分析
自然災害に見舞われる居住地のリスクはそれぞれ形態を異にする。もし、事前の地域別自然災害発生の可能性とその影響の予測が可能であるなら、合理的土地利用と災害時における被害の軽減に大いに有効であろう。本研究には、リスク評価モデルの確立とその災害地への適用を含むものである。
４．自然災害から生ずる経済的損失の評価
自然災害より生ずる経済的損失は地域ごとに異なり、正確な損失評価は困難である。本研究は地域ごとの自然災害損失の予測モデルの確立に重点をおき、より正確な自然災害損失評価を目指すものである。
５．自然災害軽減用の非物的手段
災害予測、警報組織、住民用避難組織、防災意志決定の専門家組織、緊急事態・救難・援助指揮組織のような新組織の開発が必要である。これにより意志決定の任に当たるものは緊急時対処能力を高め、意志決定の錯誤からの不必要な損失を防ぐ事が可能となる。

７　環境と社会資本整備の調和

７．１　中国における現状と課題

中国は広大な領土と複雑な地形と多様に変化する気候を有する発展途上国である。降雨は南東からの嵐により大きく影響されるので地域ごとの降雨分布のみならず、流出量も東部と西部とで大いに異なり、季節毎並びに年毎の降雨量もまた地域により非常に異なる。歴史的に、どの王朝にとっても頻

発する洪水、干ばつ、不安定な農業生産は常に憂慮すべき事柄であり、数千年の歴史を通じ、人々は経済、文化の発展のため水利の重大性を理解するに至った。水資源は農業のみならず、全国家経済の生命線である。それ故、２１世紀における中国の継続的発展を達成するため水資源問題の重要性は戦略的見地に立って取り扱われるべき問題である。新中国の誕生以来過去４０年間、中国は世界的に著名な遠大な業績を達成した。多数の水力発電事業が灌漑、発電、水供給、運航用その他の目的で建設された。貯水、取水、送水、給水技術作業は国家経済の発展を促進し、国民の生活の向上に寄与した。１９８８年の年末までに中国は灌漑排水用に総貯水量4,500億m^3を有する80,000以上の大小さまざまな貯水池を完成し、灌漑地域４千８百万ｈａを開発し、チューブ型井戸を２千９百万建設し、総水力発電量64,370MW、農村人口４千万人、家畜２千１百万頭に飲料水を供給した。水力発電の分野では全装置発電量は32,700MW、全年間発電量は109,000ＧＷｈに達した。工業並びに都市水供給の分野において総水供給量は４５０都市に対し１億２千９百万m^3／日に達した。これら水理インフラストラクチャーの建設は中国における社会及び経済の発展を大いに促進した。２１世紀における中国の持続的発展に、国家経済の基盤として水確保は大規模発達の要となるものである。まず第１に食料を潤沢に確保するため、灌漑地域は現４千８百万ｈａに拡大されよう。貯水、分水、揚水等により全国の水供給量は現在の５千億m^3から、８千億～１兆m^3に拡大されねばならない。第３の問題として、国家経済の各種部門の電力需要を満足させるため、水力発電開発はさらに高水準に達する予定である。周知の通り、水力発電事業の建設は自然並びに社会環境に重大な影響を及ぼすのであり、三江事業、中国南部から北部への送水事業のような巨大な水事業計画には特別な配慮が払われねばならない。主要な環境に影響を及ぼすものとしては、

(1)自然環境に及ぼす影響

- 水文、気象
- 水温、水質
- 堆砂
- 貯水池誘発地震
- 陸地、水産の生物相
- 河口における堆砂と生態学
- 河床の変形

(2)社会、経済に及ぼす影響

- 移住
- 運輸、通信
- 歴史的遺物及びその再生
- 社会共同体の文化
- 病気、衛生状況
- 就業の機会と貧困軽減
- 経済開発

中国政府は施工の間及びＯ＆Ｍ期間内、環境的影響、水理インフラストラクチャーの研究に適切な考

慮を払ってきた。現在、施工以前の研究、もしくは環境に及ぼす影響に関するアセスメント（ＥＩＡ）に十分な配慮を払いつつある。中国政府によりこれらについて若干の規則及び見積が示され、黄河のサンメンキア事業のような若干の巨大事業に対し、”フィードバックアセスメント”が実施された。

７．２　ＩＷＨＲの業績

環境及び水理インフラストラクチャー間の調和の観点に立ち、ＩＷＨＲにより実施された主要業績は次の通りである。

- 理論と実践の見地に立った水力発電事業の環境に及ぼす影響アセスメント（ＥＩＡ）
- 火力、原子力各発電所のＥＩＡ
- 水質監視とモデルの作成
- 二次的塩化、アルカリ化の防止と改善
- 環境に及ぼす影響を軽減する工業対策
- 河川土砂問題とその制御
- 貯水池誘発地震のメカニズム
- 貯水池の富養化
- 貯水池土堤の安定性

７．３　環境と水理インフラストラクチャー間の調和に必要な技術的事項

- 流域内送水のＥＩＡ用のアプローチ、並びに方法
- 開発に起因する多発的移住に関する理論的研究
- 環境に及ぼすマイナス影響を軽減する工学的、技術的対策
- 河口の土砂並びに生態系の研究
- 貯水池の富養化に関する研究

８．将来展望と提言

中国は数多くの河川と豊富な貯水資源が有する。深刻な水、土壌の損失ゆえに河川における堆砂作用問題は重大であり、一例として世界的に有名な黄河は、毎年下流に１７億トンの土砂を流し、洪水期におけるその平均土砂集積量は３７kg／m^3、本流における最大集中量は９１１kg／m^3となる事がある。中国の最大河川である揚子江及びその上流にある多くの支流も、多量の土砂を運ぶ。揚子江本流は年間約５００万トンの土砂を運ぶ。それ故、中国においてダムが建設されると、貯水池堆砂問題が生ずる。この４０年にわたり、中国は灌漑、水力発電の開発、自然災害の減少、並びに各都市水供給のため主要な役割を果たす87,000のダムを建設したが、貯水池の堆砂が中国技術者が直面する困難な問題である。１９８９年の２３１の大・中規模貯水池の調査により１４．３％の貯水量が土砂により占められ、その堆積率は年２．３％に及ぶ。貯水池の堆砂から生ずる一連の問題点は次の通りである。

(1)貯水池の貯水量及びその耐用年数が土砂堆積により減少する。

(2)堆砂が上流に広がり、貯水池最上流の河床が上がり、これにより都市洪水防止、農業生産に影響を及ぼす。
(3)貯水池の堆砂は内陸の運航を阻害する。
(4)ダム正面地域の土砂は、各施設の安全操作に影響を及ぼし、水力発電用の取水施設を阻害することもある。
(5)ダム下流の侵食

大半の土砂は貯水池内に堆積するため、貯水池から排出される土砂濃度は大きく減少し、それが自然河川の特徴の変化に広く影響を及ぼす。下流、河床は攪乱され、河川構造は変化し、運航、灌漑、水供給に関連する問題を引き起こす。
(6)貯水池堆砂は河口に影響を与える。
(7)水汚濁問題

貯水池内に堆積する土砂は多量の毒性粒子を吸収し、水質を悪化し、魚、飲料水に影響を及ぼす。
(8)水理タービンの土砂による摩耗

中国は貯水池堆砂制御に若干の経験を積み、これが局部的に中小規模貯水池管理に効果的であるが、大規模貯水池に関しては、なお解決すべき複雑な問題を残している。１９６０年に建設されたサンメンキヤ水力発電事業は黄河中流の調整機能を有する。土砂は形状がそれぞれ異なり、貯水池完成後、非常に重大な堆積作用問題が発生した。１９６４年までに貯水量は4年経過後その４３％を失い、年間土砂堆積量は１０億m^3であった。ダム水位が上がり、上流地域の重要な穀倉地帯に塩化及びアルカリ化現象を生じ、広域にわたりそれが顕著になり、山西省の省庁所在地キアン市の安全にさえ脅威を及ぼした。それ故、水力発電所は運用を中止し、設置済の水力タービンは取り除かれ、以後２０年にわたり、洪水吐及び下流への土砂吐のため、一連の再構築が実施され、２つの水門トンネルが左岸地山に設置され、１２の封鎖された下部放水口が再開口され、洪水期における多量の土砂を下流に放流している。一方、新運用計画が採用され（例えば、洪水期貯水池における流水の不貯水など）、高濃度土砂水は直接ダムを経由して下流に放流されるが、低濃度土砂水は貯水され水力発電用に使用されている。この運用法を「清水貯留・泥水放流」方式と呼称する。サンメンキヤ事業が工事再開され１０年以上にわたり新運用法による運用開始以来、事業は円滑に進行しており一定の貯水量を維持している。貯水池の土砂は増加していない。水力タービンの再設置後、水力発電所は新運用法に基づき乾燥期に発電を実施している。サンメンキヤ事業の成功事例は他の大貯水池に活用されるが、継続的貯水池内土砂堆積状況の計測と新プログラムの研究を必要とする。サンメンキヤ事業の下流に位置するシャオランジイ水力発電所は現在建設中である。その堆砂の問題点はサンメンキヤダムよりさらに複雑である。西暦２０００年に中国は揚子江上の三峡事業に着手するが、困難な堆砂の問題点の解決を要する。中国は海外の専門家と経験をわかちあい、困難な問題解決のため共同して研究する事を望んでいる。

８．２　流域内水移動と水質保全

水資源の地域的、時期的不均衡という好ましくない特徴、及び現在の水資源汚濁、並びに急速な水

需要の増加により、すでに若干の地域、特に中国北部、海岸地帯において深刻な水不足が発生している。例えば、１８０以上の各都市が水不足に直面しており、そのうち４０の都市は危機的状況にある。経済、社会発展の必要性に対処し、水需要を充足するため、数カ所の流域内水移動事業が実施され、一例としてルアンヘー天津流域内水移動事業、ピリウヘーダリアン水移動事業、黄河ーキンダオ水移動事業がある。きわめて少数であるが現在計画中のものもあり、その主なものは南部から北部への水移動事業である。この遠大な事業は揚子江の水を北京、天津を含む中国北部に送水する。これら各事業の水移出、水移動、移水地域はその大半が人口稠密な農工業地帯にあるので、環境影響アセスメントに最大の注意を払わねばならない。流域内水移動事業は物的、経済的、社会的諸環境に影響を及ぼす可能性がある。主要環境問題は次の通りである。

ｉ.水移出地区に及ぼす環境影響

水移出地区からの取水は水の需要、供給のバランスに影響を与えるので、水移出地区の社会、経済上の発展、低水位運航用運河、河口への海水侵入、低水位河川の土砂堆積と海岸生態系に影響を与える可能性がある。中国南部から北部への取水計画の実行可能性の検討において真水供給の保証が最重要課題であるので、海水の侵入には特に考慮が払われた。黄河により運ばれる土砂量が高いため、流域内取水面の堆砂関連の環境問題は河口、運河の堆砂のように、中国における特別重要課題である。

ii.

中国の河川中、取水地区土砂量の環境に及ぼす影響は大きい。取水中、運河の土砂、堆砂の取扱いは重要な事項である。移送された水は、非沈泥質流域を通過後、一定量の沈澱土を含む運河、即ち土砂堆積の運河にはいる。さらにマラリヤ、吸血虫病のような風土病の蔓延する可能性を検討せねばならない。

iii.移水受入れ地区の環境に及ぼす影響

移水受入れ地区の受ける諸利益は明らかである。通常、移水受入れ地区内の環境は水が水不足の都市、鉱工業の中心地に移水された後、著しく改善される。しかしながら、土壌の塩分濃度のような若干の問題も生起する。移水水質は特に重要であり、その水質には十分な配慮を払う事が必要である。水質は次により汚染される可能性がある。

１．取水口の汚染された水源
２．沿岸の地点汚染源から生ずる産業、家庭各廃棄物と固形物
３．広域汚染源
４．関連する貯水池、湖の富養化
５．交差する河川、湖などからの汚濁流水

中国南部から北部への水移動事業計画に含まれる東ルートには、２９都市から一日あたり１千２百万トンに達する排水放流が主運河沿いに行われている状態にある。１７の交差河川の大半はすでに汚染されているので、廃水の処理は大変高価ではあるが不可欠である。それ故、水質保全は水移動計画段

階で慎重に考慮されねばならない。流域内水移動の環境的問題点は大変複雑であり、その多くが解決待ちである。故に、諸地域及び諸外国との情報交換が必要である。

II．インドネシア共和国

インドネシア公共事業省研究開発庁水資源開発研究所長　Badruddin Machbub

目　次

Ⅰ．インドネシアの概要

1．国土の概要

2．気候

3．人口

4．経済・社会

Ⅱ．公共事業の現状

1．国土開発関係の基本計画

1.1．農業開発

1.2．都市工業開発

2．建設投資の予算

3．公共土木事業に関する機関

3.1．公共事業省の機構

3.2．大臣官房

3.3．監察総局

3.4．水資源総局

3.5．道路総局

3.6．住宅総局

4．インフラ施設の歴史、発展、課題

4.1．水資源開発

4.2．道路と交通

4.3．水の供給網

5．計画中及び進行中のプロジェクト

5.1．水資源

5.2．道路

5.3．住宅整備

Ⅲ．公共事業省研究開発庁の概要

1．機関名

2．歴史

3．組織図

4．職員数

5．予算

6．実施体制

7．主要な研究施設の概要
7.1．公共事業省の研究施設
7.2．水資源開発研究所
7.3．道路研究所
7.4．人間居住環境研究所
8．最近の具体的な成果

Ⅳ．公共事業省研究開発庁の主要プロジェクト
1．主要研究開発プロジェクト名
1.1．科学技術研究分野
1.2．人間居住分野
1.3．自然資源と環境
2．公共事業省研究開発庁で実施中の研究開発
2.1．乾燥地域での水確保のための小貯水池
2.2．地下貯水池
2.3．灌漑水路利用小規模水力発電所
2.4．水質汚濁対策計画
3．研究開発推進上の課題

Ⅴ．公共事業省研究開発庁で実施中の国際研究交流計画
1．現状
2．実施上の課題
3．アジア地域での国際研究交流の必要性と実施上の課題

Ⅵ．災害・防災についての取り組み状況
1．インドネシアの現状と課題
2．公共事業省研究開発庁の取り組み状況
3．防災に必要な今後の技術的課題
3.1．洪水制御
3.2．砂防ダムによる火山性土石流防止
3.3．沿岸保護

Ⅶ．環境と社会資本整備の調和についての取り組み状況
1．現状課題
2．ＡＲＤ－ＭＰＷの取り組み状況
2.1．影響アセスメント（ＥＩＡ）

2.2. 水資源と環境管理
3. 環境と社会資本整備の調和をはかる上で必要な技術的課題
3.1. 水資源保全
3.2. 河川と沿岸保護
3.3. 宅地及び農地保護のための洪水対策
3.4. 住宅地、河川、道路、橋の溶岩流からの保護
3.5. 水質汚濁対策

Ⅶ. 今後議論したい課題
1. 課題
2. 背景
3. 取り組み状況と技術的課題
3.1. 水質管理調査
3.2. 水質汚濁対策研究

Ⅰ．インドネシアの概要

1．国土の概要

インドネシアは東経95度－141度、北緯6度－11度に位置し、東西に5,110km、南北に1,888kmの範囲に広がる。国土総面積は1,904,569km²、領海3,288,683km²を有し、列島は大小様々の13,579の島々から成る。主な島はカリマンタン（539,460km²）、スマトラ（473,600km²）、イリアンジャヤ（422,981km²）、スラウェシ（189,216km²）、ジャワ・マドゥラ（132,187km²）である。８万kmに及ぶ海岸線はカナダに次いで世界第２の長さを誇り、総森林面積は1,193,810km²、国土総面積の63% を占め、ブラジル、ザイールに次ぎ世界第３位の広さであるが、分布は一様ではない。主な森林地域はカリマンタンの436,700km²（全森林面積の36.58%），イリアンジャヤの335,000km²（28.06%）である。米作用地は9,630,000ha、そのうち1,600,000haが灌漑整備され、残りは天水田、潮汐田、干拓地、湿地帯である。およそ2,000,000ha が種々の穀類作物栽培に利用されている。

2．気候

インドネシアの気候及び天候の特色は、赤道大気循環と子午線大気循環に由来する２つの熱帯的季節変化である。子午線大気循環の変化は、太陽の南北方向の移動と、地球からの相対的位置関係、特に特定時期のアジア、オーストラリア大陸からの位置によって決まる。これらの要因が、雨をもたらす赤道の気圧の谷である熱帯性収斂地帯の変位と強度に作用する。これ故に、東西モンスーン、あるいは雨季乾季が、熱帯気候の特色となる。６月から９月の乾季はオーストラリア気団の、１２月から３月の雨季はアジア太平洋気団のそれぞれの影響による。大気は国内に雨を降らせる湿気を含み、熱帯地域ではほぼ年間を通じて雨を見る。ただ中央マルクは例外である。６月から９月が雨季、１２月から３月が乾季であるが、４月から５月、１０月から１１月がその移行期にあたる。年間雨量は1,500mm～4,800mm 台である。米作のさかんなジャワの低地では、年間雨量は1,500mm ～2,500mm である。無数の島々と山々のため平均気温は以下のように分類される：

沿岸地域　27度、内陸及び山間部　25度、山岳部　22度（標高により変化）インドネシアは熱帯地域に属し、湿度は最低50%、最高100%で、平均では75%～85%となっている。

3．人口

1990年にインドネシアの人口は1億7920万人に達した。このうち1億1030万人がジャワとバリに集中している。人口密度は800人／km²で世界で最も人口密度の高い地帯のひとつとなっている。人口増加率は過去20～30年の間にかなり低下しており、1970年の3.6%から1980年中頃には2.3%、1990年代には2.08% になっている。1990年の国勢調査によると全人口の69.1% が農村地域に住んでいる。大都市人口はおよそ5190万人で、人口増加率は全国平均の2.5 倍にあたる4.16% に及んでいる。また都市部での人口は、今後20年のうちに29-30%から40.5-52.2%の増加を見ると推測されている。全人口は2020年には2億7870万人に達しそのうちジャワ島だけで1億4690万人が見込まれている。

4．経済・社会

農業部門に力を入れているインドネシアでは、米、カッサヴァ、落花生、大豆、たばこ、コーヒー、胡椒、カポック、ココナッツ、やし油、茶、砂糖など種々の作物を栽培している。鉱物資源も豊富で、石油、天然ガス、ニッケル、石炭、ボーキサイト、マンガン、銅などを産出する。ここ数十年間は繊維、セメント、肥料、石油化学、小規模農業関連産業等の発達に関心が高まっている。1985年の就労調査によると就労人口の約55.3%が第一次産業に従事している。農村部人口の大半は農業活動、それも近代農法と森林部門以外から生計を立てている。1989年には国民総生産に占める第一次産業の割合は36.2%で、内訳は農業が20.6%と鉱業が15.6% である。第一次５ケ年開発計画の初年度には一人当たり国民所得は５０ドルであったものが第５次開発計画の最終年度には６００ドルに増加し、2000年には1000ドルを目標としている。1990/91年の輸出額は281 億ドルで、126 億ドルが石油とガス、残り155 億ドルが非石油産品である。非石油輸出が増加した結果、1990/1991 年には石油とガスの比率が44.8% に低下した。農産品の比率は13.8% である。 この段階ですでに輸出品のうちに加工品が含まれているが、資源関連のベニア板、繊維物が大半を占めている。

表－1. インドネシアの森林

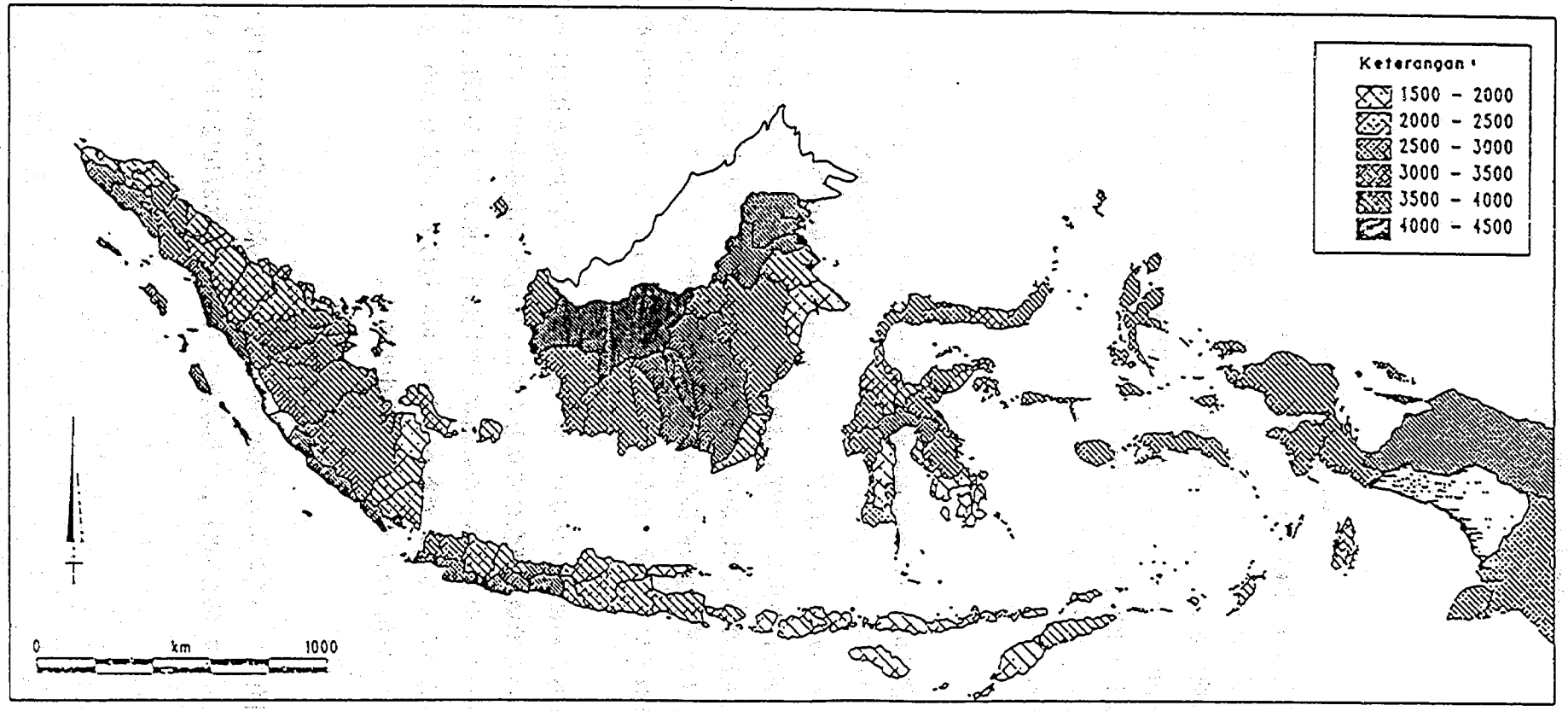
Island	Land area sq km	Forest area sq.km	Percentage from land area	Percentage from total forest area
Sumatera	473,600	242,200	57	20.28
Jawa	132,187	29,060	22	2.43
Bali / Nusa Tenggara	61,875	14,850	24	1.24
Kalimantan	539,460	436,700	68	36.58
Sulawesi	189,216	63,000	32	5.28
Maluku	84,507	60,000	71	5.03
Irian Jaya	422,981	335,000	78	28.06
INDONESIA	1,904,569	1,193,810	63	100.00

表－2. 天然資源の産出量、1988

Petroleum	484.7 m bb/s
Tin	30.6 tons
Copper	294.7 tons
Nickel	1,733.2 tons
Bauxite	505.8 tons
Coal	2,854.5 tons
Iron Sand	202.8 tons
Gold	4,730.9 kg
Silver	61,538.0 kg
Natural gas	1,852.6 mcf

表－3. 主な農業生産、1988 （単位：千トン）

Food crops :		**Cash crops :**	
Rice	41,769	Rubber	1,170
Corn	6,806	Palm Oil	1,690
Cassava	15,280	Copra	2,105
Sweet potato	2,066	Coffee	398
Soya beans	1,254	Tea	156
Groundnuts	565	Cloves	60
		Pepper	52
Fisheries :		Tobacco	119
Saltwater fish	2,166	Sugar	2,202
Freshwater fish	715	Cotton	78
Meat and dairy :		**Forestry :**	
Meat	928	Teakwood	725
Eggs	446	Other timber	22,860
Milk	262		



図－1．インドネシアの年間降水量

Ⅱ．公共事業の現状

1．国土開発基本計画

1.1．農業開発

ジャワ島は国土面積の7%を占めるに過ぎないが、農産品の60% 以上（米、砂糖、とうもろこし、大豆、カッサヴァ）を生産し、過去２０年間安定した数値を示している。同時にかなりの農地が、年間およそ15,000haが他の目的に転用されている。今後もジャワ島の工業等の急速な発展に伴いこの傾向は更に強まると見られる。この他にも、一層高い市場価値を求めて、水田の園芸作物栽培用地への転用も進んでいる。土地面積の制約にもかかわらず、新たな米用地確保の努力は続けられるとは思われる。第５次５ケ年計画の新たな米作用地開発の目標値は375,000ha である。現在のところ169,719ha が開発済で、ジャワ島に30,464ha、その他の地域で135,255ha となっている。1993/1994 会計年度の新田開発の目標値は50,000haである。

1.2．都市工業開発

過去２５年の間に都市及び工業地帯の発展が急速に進んだ。現在のところ人口１万以上の都市が全国に612 あり、６の大都市と１２の小都市、８４の中規模町と510 の小町村から成っている。工業地帯は特にジャ島の都市近郊のいくつかの地域に広がっている。当初、工業地帯は1,775ha にすぎなかったが、1989年に政府が拡張計画を打ち出して以来、３年の間に大規模な開発が進み134 区域、38,000haに拡張された。既存の工業地帯の発展状況から見るに、今後の工業地帯の開発は市場の動向に依存し、開発の候補地はハイウェイなどの比較的機能的設備の整った地域であろう。工業地帯の数の点からも、工業用地として確保されている面積の点からも、ジャワ島が工業発展の最大の中心地となることは明らかである。

ことに国際市場の動向を捉えるために、シンガポールおよびマレーシア両政府と協力しつつ、「成長の三角地帯」として知られている地域の概念の確立とその推進の指導的役割を担っている。これはリアウ州、シンガポール、マレーシアのジョホールを結ぶ三角地帯を東南アジアの生産、商業、貿易、観光の一大中心地へと発展させようとする考えである。この実現にむけて、現在９つの工業地帯の開発がバタム州（2,760ha）とビンタン州（4,000ha）で進行中である。

2．建設投資の予算

公共事業省の1992/1993 会計年度の予算総額は2兆3080億ルピアで、水資源開発に6480億ルピア（28.7%）、道路建設に1兆3510億ルピア（58.53%）、公共設備及び住宅建設に2710億ルピア（11.74%）が計上されている。

3. 公共土木事業に関する機関

3.1. 公共事業省の機構

図－2.に示されるように当省は、大臣官房、監察総局、水資源総局、道路総局、住宅総局、研究開発庁から組織される。

3.2. 大臣官房

大臣官房の主要な任務は、公共事業省の業務全般の管理、企画、及び基準の設定、さらに大臣、監察総局、各総局など他の公共事業関係各所への行政、技術的業務の提供である。

3.3. 監察総局

主な任務は、実際の仕事が計画や関係規則に従って遂行されるよう一般及び開発業務の監督監察である。

3.4. 水資源総局

水資源開発に関する以下の任務を担当している：

a. 事業計画立案及び許可、規則の策定
b. 規則の執行、水資源の維持開発
c. 総局の主要任務遂行の技術的監督

3.5. 道路総局

主な任務は以下のとおりである：

a. 事業計画立案及び許可、規則の策定
b. 規則の執行、長期並びに中期一般計画に基ずく道路の開発維持、公共道路網とその付属施設の確立維持
c. 総局の主要任務遂行の技術的監督

3.6. 住宅総局

主な任務は以下のとおりである：

a. 事業計画立案及び住宅関連の許可規則の策定
b. 規則の執行、長期並びに中期計画に基ずく住宅の開発維持、公共住宅群とその付属施設の確立維持
c. 総局の主要任務遂行の技術的監督

3.7. 研究開発庁

当庁は公共事業の研究開発の実施機構である。実施に当たり以下のような機能を有している：

a. 省内の計画立案、研究開発政策の策定、調整、推進

b. 研究開発計画の展開及び実施の調整と指導

c. 省レベルでの業務を補助改善すべく公共事業研究開発の運営

d. 省の管轄下で直接または他の政府機関や地方機関により実行された研究開発の結果調査

e. 設備、機器、資材等の検査

f. 公共事業研究開発結果の出版と普及

g. 公共事業部門におけるガイドラインと専門的基準の設定

4. インフラ施設の歴史、発展、課題

4.1. 水資源開発

食糧増産のための水田の新たな潅漑設備網の開発は非常に重要であり、これまでも大きな成果を上げてきており、インドネシアは自給体制に至った。第一次５ヶ年計画の初年度の最終時点で潅漑水田面積は191,000ha であったのが、５年目の終了時点では1,693,000ha に達した。現在潅漑排水地域の全面積は3,877,470ha である。

4.2. 道路と交通

各島での陸上交通は州内の各都市間を結ぶ道路に依存している。既存の道路の全長は170,703kｍ で、このうち10,000kｍが第一次５ヶ年計画の初年度当初に建設された。当計画５年目終了時点では52,400kｍとなった。ジャワ島では特に鉄道が重要な交通手段である。鉄道建設と運営は運輸省の管轄となっている。ジャワ島以外、特にカリマンタンとスマトラでは河川と水路を利用した交通が不可欠である。インドネシアは列島であり、海上交通が重要な役割を演じている。海上交通と空路もまた運輸省の管轄である。

4.3. 水の供給網

家庭用水と産業用水は政府により別個に供給されている。第一次５ヶ年計画初年度の供給能力は15,366リットル／秒であったが、第二次５ヶ年計画終了時点には57,269リットル／秒に増加した。しかし水道網は都市部でのみ実現されている。

5. 計画中及び進行中のプロジェクト

5.1. 水資源

第五次５ヶ年計画中に水資源総局は、新たな潅漑整備、湿地帯の農地化、河川海岸地域の保護、洪水防止等の計画を実行に移した。新たな潅漑設備網建設計画では500,000ha の水田を目標としている。同時に既存の潅漑設備の強化整備計画では1,924,103ha をめざしている。低地帯の開発計画には、水

田用地のための湿地整備（444,200ha）、漁業用養殖池（60,000ha）と新たな養殖池（10,000ha）の開発が含まれている。洪水防止計画では洪水の危険にさらされている450,000ha の保護をねらい、海岸線保護では20kmの海岸線を波による侵食から護ることを目標とする。

5.2. 道路

５ヶ年計画では道路総局は新たな道路、橋の建設（1,782km）、修復維持（164,194km）道路の改善（40,651km）、道路、橋の再建（1,782km）にあたっている。

5.3. 住宅整備

住宅総局の主要な目的は簡易住宅（450,000戸）、アパート（20,000棟）の建設と住宅改善（300,000戸）村落部住環境の改善と修復（20,000）である。住宅改善事業には貧民街（47.217ha）と市場（6.182ha）の改善整備が含まれる。５ヶ年計画では毎秒14,000リットルの供給能力の実現を目指す。衛生計画には下水処理改善（294 都市と5,000 村）とゴミ処理（450 都市）改善が盛り込まれている。５ヶ年計画の対象は、１地帯、７区域、２６州、２００郡、567 都市、176 戦略区域、746 村にわたっている。

Ⅲ．公共事業省研究開発庁の概要

1. 機関名

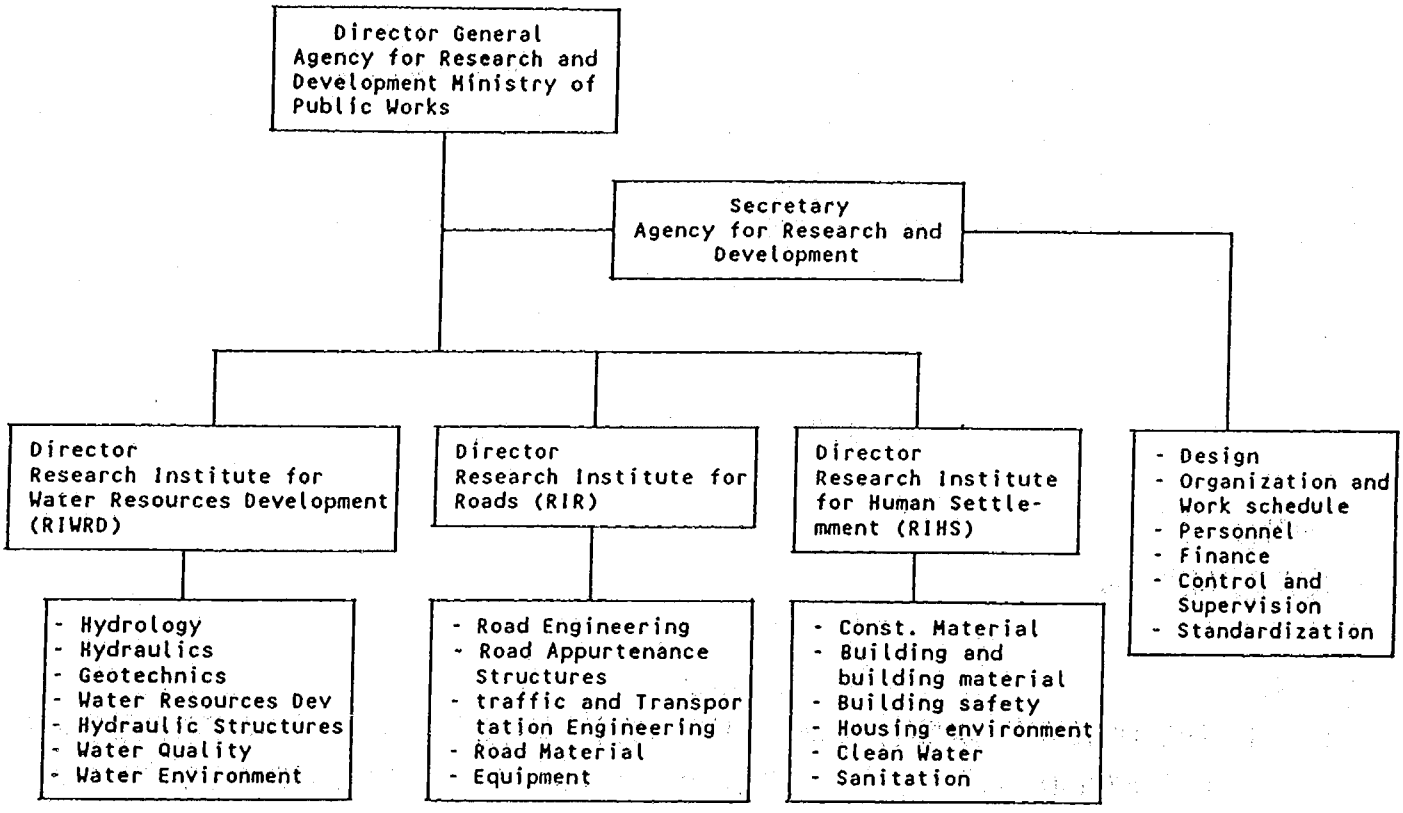
公共事業省研究開発庁

2. 歴史

公共事業の研究開発は第二次世界大戦前から長い間進められてきた。当時はオランダ名で西ジャワのバンドンに活動の中心を置いていた。研究室の数も少なく水理、建設資材、道路地盤などのみで、現場で起きる種々の問題の解決の一助となるような調査を主な仕事にしていた。やがて各研究室がそれぞれ独立に機能するに至り、研究所に発展し、かつての公共事業エネルギー省の管轄下に置かれた。1957年に当庁はユネスコより東南アジアにおける地域住居センターに指定された。1958年に総局が設立されると、各研究所は事実上総局の下に組織された。業務調整の目的で1970年各研究所の所長をメンバーに研究幹部会を省内に設けた。一般にこれらの研究所は大臣官房内の実施計画に対し技術的援助をし、実地調査の際に遭遇する設計上、建設上の問題に対処するのみで、研究はほとんど行われていなかった。例外は人間居住環境研究所で、ここでは地方の建設資材の質の向上のための研究をしていた。1975年各研究所は各省庁のもとに再編され、研究開発庁は主に研究活動の調整、管理を行っている。1984年の再編成により、研究所は公共事業省研究開発庁の管理の下、水資源開発研究所、人間居住環境研究所、道路研究所と改名され、活動の中心はバンドン、研究開発庁の事務局はジャカルタにおかれた。

3. 組織図

公共事業省の機構と業務の流れに関する省令に基づき、構成と業務分担が以下のように決定されている：



図－2. 研究開発庁の機構及び業務

表－4. 職員数

No.	Working Unit	Staff	Total
1.	Secretariat	30	89
2.	Research Institute for Humman Settlement	68	280
3.	Research Institute for Water Resources Development	196	597
4.	Research Institute for Roads	78	432
	Total	372	1398

表－5. 公共事業省の年間予算　1992/1993

	thousands Rp
MPW	**2.308.441.660**
Water resources	648.492.868
Roads	1.350.984.882
Housing	271.598.689
ARD-MPW	**16.294.462**
Water research	8.305.663
Road research	3.505.724
Housing research	1.790.228

Ⅴ．公共事業省研究開発庁の主要プロジェクト

1.主要研究開発プロジェクト名

1.1. 科学技術研究分野

1.1.1. 科学技術開発

科学技術開発計画

1）公共事業の運営と技術適用のための調査
2）水資源技術の研究と応用
3）道路整備システム改善のための研究開発
4）人口密集都市及び危険地帯における建築の安全性
5）公共事業への基準と技術の適用
6）基準の編纂と水資源技術
7）道路改善のための技術と道路基準法の整備・編纂・普及
8）住宅の質向上のための研究開発と成果の普及

1.1.2 研究

1）農業と水資源研究

a．公共事業における水資源
b．砂防
c．水理構造物建設
d．河川
e．水文

2）交通・観光開発

a．道路改善
b．道路建設用の現地資材
c．道路維持
d．交通量コントロール
e．土質

3）人間居住環境

a．人口密集地帯の住宅の質向上
b．低所得層のための住宅

1.2. 人間居住分野

1.2.1. 人間居住

1) 低所得層向け住宅
建築用現地資材

2) 上水道整備
低所得層への水供給

3) 居住環境の衛生
家庭排水処理と上水

1.3. 自然資源と環境

1.3.1. 自然資源と環境

自然資源と環境管理

1) 公共事業の環境への影響管理
2) 水質源環境
3) 水質汚濁防止の技術開発
4) 東ジャワ上水計画における水質調査
5) 西ジャワ上水計画における水質調査
6) 河川環境への影響研究
7) 住宅環境への影響研究

2. 公共事業省研究開発庁で実施中の研究開発

2.1. 乾燥地域での水確保のための小貯水池

2.1.1. 背景と行政ニーズ

インドネシアでは乾燥地域が小スンダ諸島からアル諸島にかけてのび、バリ、東ヌサテンガラ、西ヌサテンガラ、東ティモールの各州及びマルク州の東部に及ぶ。この地域はインドネシア列島東南部を西から東に走る中小の島々から成っている。

雨季は１２月から３月の３・４ヶ月に過ぎず、乾季が８・９ヶ月続きインドネシアの他のどこよりも長い。降雨量の大部分はスコールである。このため乾季に備えて、水確保のための施設が必要となってくる。

地域の地形的・地質的条件から見て小規模の貯水場（築堤型溜池）が最も適している。どの島も丘陵状で平野はごく僅かである。地質的にも地下水保持能力が低いことが特徴的である。溜池は技術的にも簡単で、低コスト、建設期間も短く、すぐに効果が期待できるという点などから最適で、この地

域全域での広範な開発が望まれる。貯水のみでなく溜池は土地と水の保全にも役立つ。水資源開発研究所（水資源開発研究所）は現在東ヌサティンガラ州公共事業局の要請に答えてティモール島南部、スンバ島東部、フローレス島東部での溜池建設のための設計基準、建設方法などの準備を進めている。当計画は、ＣＩＤＡ（カナダ国際協力事業団）の技術援助のもとに行われている。

2.1.2. 期間

当計画は1992年３月に着手、1993年１０月完了の１８ヶ月間の予定である。バリからアル諸島にかけての他の乾燥地域のための基準の整備には約３年間が見込まれている。

2.1.3. 研究方法

地方の技術者にも理解できるため、基準は最も平易に、解析・評価等をできるだけ除外した形で提示されるべきである。実験のみならず現場での種々のテスト、とりわけ建設が最も経済的かつ迅速に進むよう水文調査、及び現地資材のテストを重ねて、基準パラメーターを確立する必要がある。建設現場の地質的特性に応じた溜池の型の選択、例えば均一型堤防、ゾーン型堤防、組積構造、混成などからの選択が必要である。

2.1.4. 期待される成果

築堤型溜池により地域住民や家畜、農地に対し、１年の内約９ヶ月に及ぶ乾季の間も水の供給が保証される。東ヌサティンガラ州のある村は350世帯を数え、一軒で山羊や牛など2000頭に及ぶ家畜や、３ヘクタールもの農場を保持している場合もある。これらのデータや、技術的制約等を考慮すると、一村当り溜池の最大規模は、高さ10m、容量76,000平方メートル、最大流域100ヘクタールが妥当であろう。建設地の選択にあたっては以下のような条件も満たされる必要がある。

a. 村／集落に近いこと
b. 乾季に他の水供給源がないこと
c. 道路に最も近いこと

計画の成果としては、設計基準、溜池建設用地の技術的指標、現地技術スタッフ研修があげられる。

2.1.5 実施上の課題

基準設定のための準備研究及び今後の開発のための研究の実施にあたり様々な困難が予想される。

a. 基本的及び特殊データ入手の困難
b. 研究開発のフィールドとの距離、不便で高価な交通施設
c. 未経験な現地スタッフのための研修の必要性、特に建設手順についての研修の必要性
d. 水受益者側の技術的無知・施設利用に関する指導の必要性

2.2. 地下貯水池

2.2.1. 背景と行政ニーズ

インドネシアでは地表水の確保が困難な上に地下水も地下深く走っている地域があり、家庭用水の供給も難しい場合がある。用水確保の方法の一つとして、地下貯水池建設が考えられる。これは水を地下に蓄え、水面を上げる方法である。この種の技術は、東バリでセメントグラウチング工法による地下ダム建設を通じて目下調査研究中である。場所はバリ州カランアセム郡ケチャマタンアバンブヌタン地区である。

2.2.2. 期間

調査開始は1991年で、5年間の内に調査測量、建設、運用開始の予定である。

2.2.3. 研究方法

地下貯水池開発計画の内容は以下のとおりである。

a. 地下水特性調査
b. 詳細な地質図作成
c. 地質学的調査内容： 地層特性とセメント吸収能力
d. 地下水検層法研究、コアボーリング、グラウチング
e. 地下ダム建設前後の地下水層高さの計測

2.2.4. 期待される成果

地下貯水池は地元住民の地下水資源として活用される。更に、研究成果は水不足に悩む乾燥地帯の水供給のために適用され得る。

2.2.5. 実施上の課題

これはインドネシアでは初の試みであるため、諸外国よりの技術と経験等の協力が切に望まれる。

2.3. 灌漑水路利用小規模水力発電所

2.3.1. 背景と行政的ニーズ

インドネシアの電力供給は大部分、貯水池に建設された水力発電所に依存している。電力は農村部にも送られているが遠隔地までは行き渡っていない。

灌漑整備された水田の利用はこれら遠隔地への電力供給にきわめて有望視されている。灌漑水路は水の落差1mから20mで、放水量は0.2～10平方メートル／秒である。灌漑網の発電能力は1.0メガワットと見られる。それ故、小規模水力発電の研究開発成果は、水量及び水頭の低い水路や水資源不足の農村地域への適用が切に望まれる。

2.3.2. 期間

当研究は1992年に開始され、３年をかけて室内実験及び現地調査が進められる予定である。

2.3.3. 研究方法

a. 水頭の低い電気タービンシステム分析のための水理模型実験

b. マイクロ水力発電原型の現地実験と電力供給及び水理特性の研究

c. マイクロ水力発電の遠隔地住民への適用

2.3.4. 期待される成果

この成果により、インドネシア各地の灌漑地域全域、とりわけ電力網が未発達の各地の農民に電力供給が可能となる。

2.3.5. 実施上の課題

最近開発され、国内で商品化されている水力電気発電には４m以上の水頭が必要であるが、灌漑用水路の大半は水頭が４mに満たず、既存の技術の調整が迫られている。

2.4. 水質汚濁対策計画

2.4.1. 背景と行政ニーズ

持続可能な開発を目指すインドネシア政府は水質汚濁防止を最優先し、手始めとして産業排水規制に的を絞っている。

水資源開発研究所は、水質汚濁防止の調査を進めた。この調査によると、国内の既存の工業団地には個別処理システムより集中処理システム（ＣＷＣＴＳｓ）の方が、効率的かつ経済的であることが指摘されている。更に、調査報告書はチタルム川流域の南バンドンでのＣＷＣＴＳ計画の着手を政府に進言している。これにより、産業界に対してＣＷＣＴＳ方法の優位が実証でき、各地でのＣＷＣＴＳ計画実施に先立って当方法のあらゆる角度からの知見の収集が可能であるとしている。

2.4.2 期間

調査は５年間の予定で1990年に着手された。前回の調査期間中に南バンドンで急速な工業の発達を見たことからして、この種の調査研究は長い期間を要する。

当初排水処理施設が７０企業を対象としていたとしても、中期に於て各企業の生産能力向上に伴う排水量の増加が予想される。

2.4.3. 研究方法

計画の実施方法は以下のようである。

a. 南バンドン工業団地における調査研究の推進

排水量と水質把握のための工場内調査も含む。

b. 排水の水質分析と処理過程に関する実験

c. 処理施設の設計作業

d. 処理施設建設

e. 処理施設の試運転

f. 処理施設管理のための制度・経済（料金構造）の考察

2.4.4. 期待される成果

当計画の実施により工業団地全体から排出される産業排水は国家排水基準に沿って処理されることになる。これには50㎎／ｌのＢＯＤ５や100㎎／ｌのＣＯＤとされている。現在の平均排水濃度の計測値は以下のようになっている：

555㎎／ｌのＢＯＤ５、及び1029㎎／ｌのＣＯＤ

これにより、チタルム川流域の水質汚濁レベルが大幅に改善されると思われる。

完成後はシステムの効率的な運転、健全な経営管理が確保されるよう必要手段を講じることも計画に盛り込まれている。更に当計画により基本的なＣＷＣＴＳシステムの全体像が紹介されることになる。

2.4.5 実施上の課題

実施当初の問題は以下のとおりである。

a. 計画規模の急速な拡大

これは、過去２年間における団地内の工場数（70から85へ）従業員数（21,799人から37,000人へ）排水量（15,000から35,000平方メートル／日）の増加に起因する。

b. 設計段階における不確定要素

消費水量、申告排水量、計測排水量の間の誤差による。また、今後１０年間の成長予測の甘さも見られた。これらの問題は産業界及び関係企業とが協力し、”排水割当”を導入することで解決できた。これによると各企業は2003年までの自社の処理希望排水量を自己申告するよう定められている。

3. 研究開発推進上の課題

国家の発展にとって研究開発の担う役割の重要性は疑うまでもない。しかし、この役割を十分に演じるためには種々の分野からの支援が必要である。

a. 研究に積極的な人材の質・量・配置

b. 機器と他の研究施設

c. 十分な予算

国の発展を目指す研究開発や公共事業施設の充実には、一般的に研究者の質と量を確保することが必須である。

それに加えて、公共事業と言うのは、他の多くの部門にも関係した国家的プロジェクトを支えるもの

であるから、土木のみならず様々な分野からの貢献が必要となってくる。しかしこのような事業への関心の欠如から研究者数はまだ限られているのが現状である。この問題はことに地方事務所が完全に独立して事業を進めようとする場合重要になってくる。研究者は自己研鑽に務め、国内のみならず海外をも含めた訓練研修を受ける必要がある。政府は2国間あるいは多国間協力を通じて、研修プログラムを実施している。

研究施設については公共事業省により、省レベル同様、地方事務所レベルでかなり開発が進められた。しかし、今後の公共事業の問題に対処し、27の州、都市、行政区域の完全な自治獲得への努力を支援するには、まだ十分な施設とは言えない。第一次の長期開発プログラムの終了時点に於て、研究開発予算は、全国的な事業の分布とより重要性を増す研究開発の役割を考慮して組まれた。

V．公共事業省研究開発庁の国際研究交流計画

1．現状

ＰＪＰＴ１の間に実現された研究開発国際協力には以下のようなものがある。

a．国連の下に組織された国際機構－UNDP、UNESCO、WMO、WHO、UNEP、FAO

b．世界銀行、アジア開発銀行のような国際金融機関

c．諸外国－日本・カナダ・アメリカ・オランダ・フランス・ドイツ・フィンランド

2．実施上の課題

公共事業発展のための研究開発の成果は政府プロジェクトのみならず民間レベルでも広く推進・普及されねばならない。研究開発の重要性に対する無理解に起因し、解決の待たれる問題点は以下である。

a．研究開発により現行技術の修正、より安価で適切な代替技術の提供が可能となる。

b．必要資金は短期的には負債となるが、長期的には効率性有効性につながる投資である。

それ故、政府職員と同時に公共事業実施に従事する民間団体を対象としたセミナー、ワークショップ、研修計画などの推進強化が肝要である。

3．アジア地域での国際研究交流の必要性と実施上の課題

公共事業省研究開発庁では研究開発推進のために以下のような協力を必要としている。

a．低価格建設資材と住宅技術

b．水の供給と下水処理技術

c．道路建設技術、ことに道路建設資材の再利用

d．水有効利用灌漑技術

e．水保全技術

f．水質汚濁防止技術

g．低水頭灌漑水路でのマイクロ水力発電所

h. 地下水保全技術

研究開発事業のほかにも公共事業関連構造物の設計・建設のための種々の基準設定にも協力が求められている。これらの基準の大半は国内用であるが、アジア地域さらに国際的にも適用可能なものもある。

VI. 災害・防災についての取り組み状況

1. インドネシアの現状と課題

1.1. 洪水災害

洪水による急速な河川水位の上昇は川の氾濫、堤防決壊、ひいては流域内の低地の浸水を招く。一般にもっとも惨事につながる洪水は下流で起きるため、満潮時と重なって一層被害が大きくなることがある。洪水は人命損失、さらに家屋と農作物への被害のみならず、通信障害、疫病発生など間接的被害を引き起こす。1990/1991年の水田の被害面積は40,638ヘクタールに及び、そのうちおよそ4,335ヘクタールは収穫量ゼロとなっている。同様に冠水農地で、収穫量ゼロを記録したのはおよそ2,324ヘクタールである。

1.2. 火山災害

インドネシアは、３つの火山帯に沿って128の活火山を有する。第１の火山帯はスマトラ島を縦に走り、クラカタウ、ジャワ、バリの各島、さらにロンボク諸島へと伸び、バンダ海に至る。第２はスラウェシ諸島の北部からサンギール島へ至る。第３の火山帯はハルマヘラ、テルナテ、マキアン諸島へと延びている。歴史的には1000年以来1000回以上の火山の噴火を数え、175,000人以上の命が失われている。タンボラ火山の噴火（1815年）とクラカタウ火山の噴火（1883年）によりそれぞれ、9万人、3万6千人の命が奪われた。これらの噴火による火山灰、熱雲、泥流などは災害の原因になりうるものであるが、一方それらによって周辺の土地が肥えるとも信じられ、農業に携わるものとしては、ほかの地域へ移るよりは火山性の高地にとどまることを好む。こうして、彼らは自然との調和のうちに、災害に見舞われても将来的にも肥沃な土地に暮らす。16,620平方キロメートルの火山性の危険な土地に２39万9千人（1974）が住んでいる。

火山の噴火は一次災害、二次災害を引き起こす。一次災害は熱雲、火砕流による直接被害である。これらの噴火によって生じた火山性物質の一部が火山性台地に堆積される。大雨などによりこれら堆積物が侵食を受け、土石流が流出し二次災害を引き起こす。活火山の一つにメラピ火山がある。メラピ型噴火として知られているのは、噴火後900～1200度にも達するかなりの高温の雲を生じるものである。1984年から1991年の間におよそ７百万立方メートルのクレーターが形成され、不安定で流動的、流出しやすい物質で成っている。メラピ山付近は非常に肥沃な土地で、人口密集度も高く、（1,290人／平方キロメートル）農業地帯となっている。溶岩流の方向はメガランや、ムンテイランなどの都市部へ向かっている。

1.3. 海岸侵食

沿岸地域はそれ自体発展性の高い自然資源であるから、保全、維持、質的開発を必要とする。インドネシアの沿岸地域は、観光・商業・耕作・港などの用に開発されてきた。深刻な災害に見舞われた沿岸部もあり、以下の地域で海岸保全が求められている。

a. クアララジャ　ーアチェ
b. パダン　　ー西スマトラ州
c. アニエハ　　ー西シャワ州
d. マルンダ　　ージャカルタ
e. ヌサドゥア　　ーバリ
f. サヌア　　ーバリ
g. パニンバンガンーバリ

侵食、削摩、相当量の堆砂などにより、海岸の形態が変化する。主な原因としては河川海岸の土砂採取、沿岸生息地の破壊、沿岸部の水質汚染による珊瑚や沿岸植物などの破壊、上流部での貯水池建設、岩石の風化、不適切な海岸保護施設、自然災害があげられる。

2. 公共事業省研究開発庁の取り組み状況

京都大学防災研究所は、国際防災の１０年（ＩＤＮＤＲ）事業の自然災害とその軽減のための国際的プロジェクトの一環として、インドネシア公共事業省研究開発庁水資源開発研究所と協力し、「火山性土石流・洪水海岸侵食被害とその軽減」というプロジェクトに乗り出した。
この共同研究の主なねらいは、ＩＤＮＤＲの枠内で火山性土石流、洪水沿岸侵食などの危険に関する共同研究の推進により、信頼性の高い環境評価と軽減方法の確保、さらに科学技術者の交流を通じて自然災害分野での人材育成と高度な研究能力の養成である。このテーマに沿って以下にあげる４つの小テーマが展開されている。

a. 火山地帯での土石流予知ー中央ジャワのメラピ山と東ジャワのクルド火山
b. 火山地帯からの雨水と堆砂流出のアセスメントと洪水災害研究ーブランタス川流域
c. 珊瑚礁海岸侵食とその防止
d. 警報・避難体制についての研究

3. 防災に必要な今後の技術的課題

洪水防止、洪水による被害（人命損失、家屋破壊）の軽減を目的とする有形無形の施設を含むいっさいの事業活動を総称して洪水防御あるいは河川水位コントロールと呼ぶ。たとえ低いといえども大惨事を招く大洪水の起こる可能性は、常に存在するため、いかに万全の防災体制をしいても被害ゼロというのは、物理的、経済的実行可能性の観点からして無理であろう。河川にはそれぞれ異なった洪水特性があり、別個の洪水対策が必要になってくる。しかしながら、大原則として全ての川に大なり小なり適用可能な一般的な洪水対策がいくつかある。

a．構造物対処

1）上流ダムと貯水区域

2）堤防、盛り土

3）水路改良／河川工事

4）洪水路／分水路

5）上流土壌保全

b．ソフト的対応

1)洪水区域指定

2)警報と避難

洪水対策実施状況

－チタンドュイ計画

設備－堤防、ラワワナレジャとシパングガングの留保区域

水路改良とヌサウルーサガラアナカン洪水路

－チマヌク計画

設備－堤防、洪水路、水路改良、ジャテイゲデダム計画

－ブランタス計画

設備－堤防、水路改良

－セイウラール計画

設備－堤防、水路改良

－クルエングアチェ計画

設備－水路改良、洪水路

3.2．砂防ダムによる火山性土石流防止

火山噴火による一次災害防止には住民の避難の他にはほとんどなすすべもない。雨季の場合莫大なエネルギーを持って流れる冷めた溶岩流などによる二次災害は、砂防ダムを利用して流れの方向をコントロールすることで克服できる。その際、堆砂量が膨大であるためメラピ山のように一連の砂防ダム建設が必要である。人々を火山災害から守るべく、政府は火山性土石流対策計画を打ち出した。その５つの計画とは以下のようである。

a．ジョクジャカルタにおけるメラピ火山火山性土石流対策計画

メラピ火山（1291m）は中央ジャワ州とジョクジャカルタ特別州の境に位置する。当計画は、噴火直後の1969年に決定された。最近では1984年に噴火している。

b．東ジャワ州クディリ・クルド火山火山性土石流対策計画

クルド火山（1731m）の火口湖は水をたたえているが、水量が多ければ多いほど泥流流出量も増える。危険の軽減のために火口湖の水量はトンネル排水により最大２百万立方メートルに抑えられている。

c．東ジャワ州ルマジャンのスメル火山火山性土石流対策計画

スメル火山またの名をマハメル火山はジャワ島の最高峰の火山である。小規模噴火は通常一日に数回起こっている。

d. バリ州デンパサールのアグン火山火山性土石流対策計画

1963年の噴火では、8億2千9百万立方メートルの噴出物があり、1148人の犠牲者がでた。

e. 西ジャワ州タシクマラヤのガルングン火山性土石流対策計画

1982年4月5日より1983年1月の噴火期間に大規模噴火が35、小規模噴火300を記録した。この後クレーターが形成され、そこに水がたまった。排水用トンネルの建設が検討されている。

上記5つの計画の他に、1982年ジョクジャカルタに火山砂防技術センターが設立され、火山砂防技術研修と砂防工学の実験が実施されている。

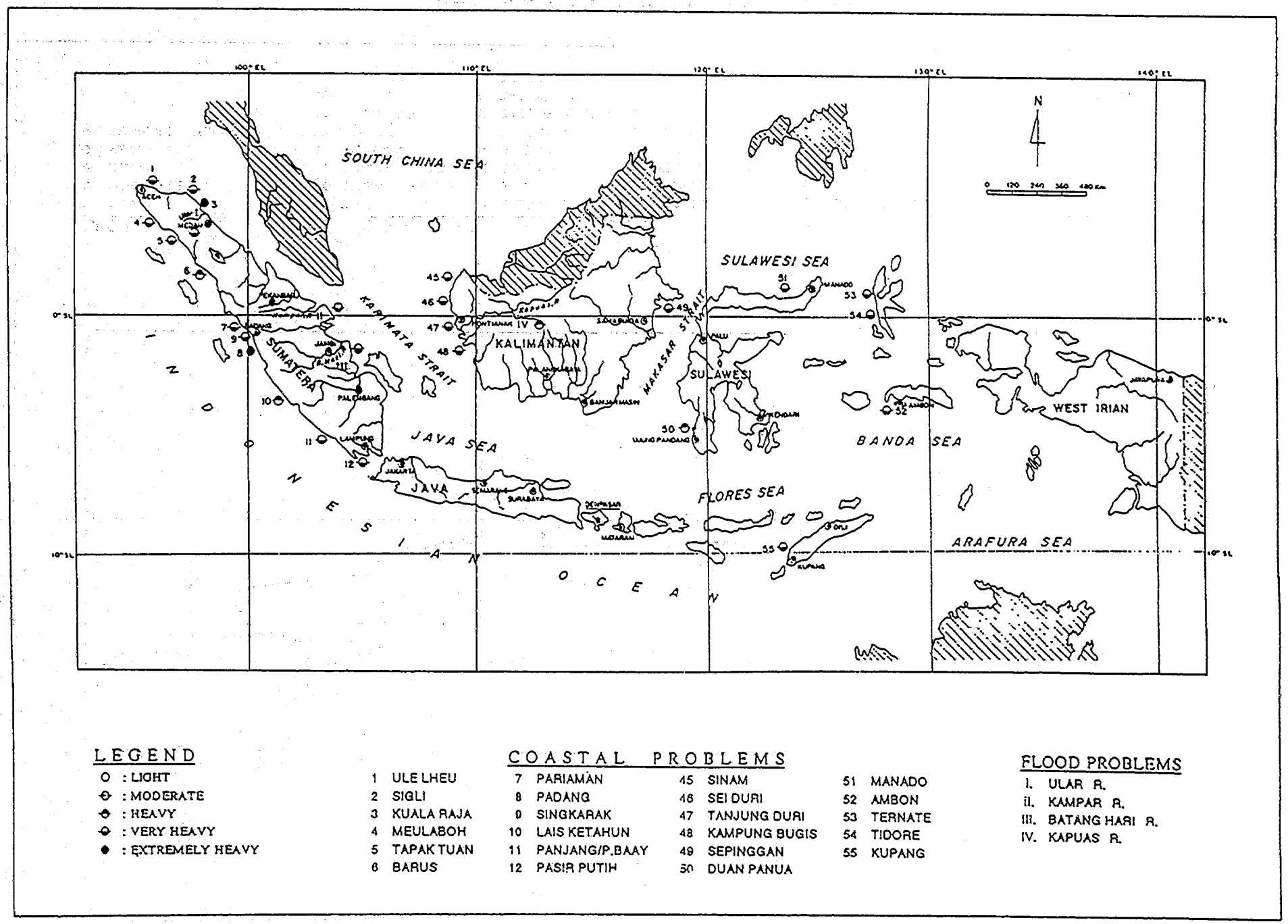
3.3. 海岸保全

海岸保全の努力は種々の方法で具体化されている。

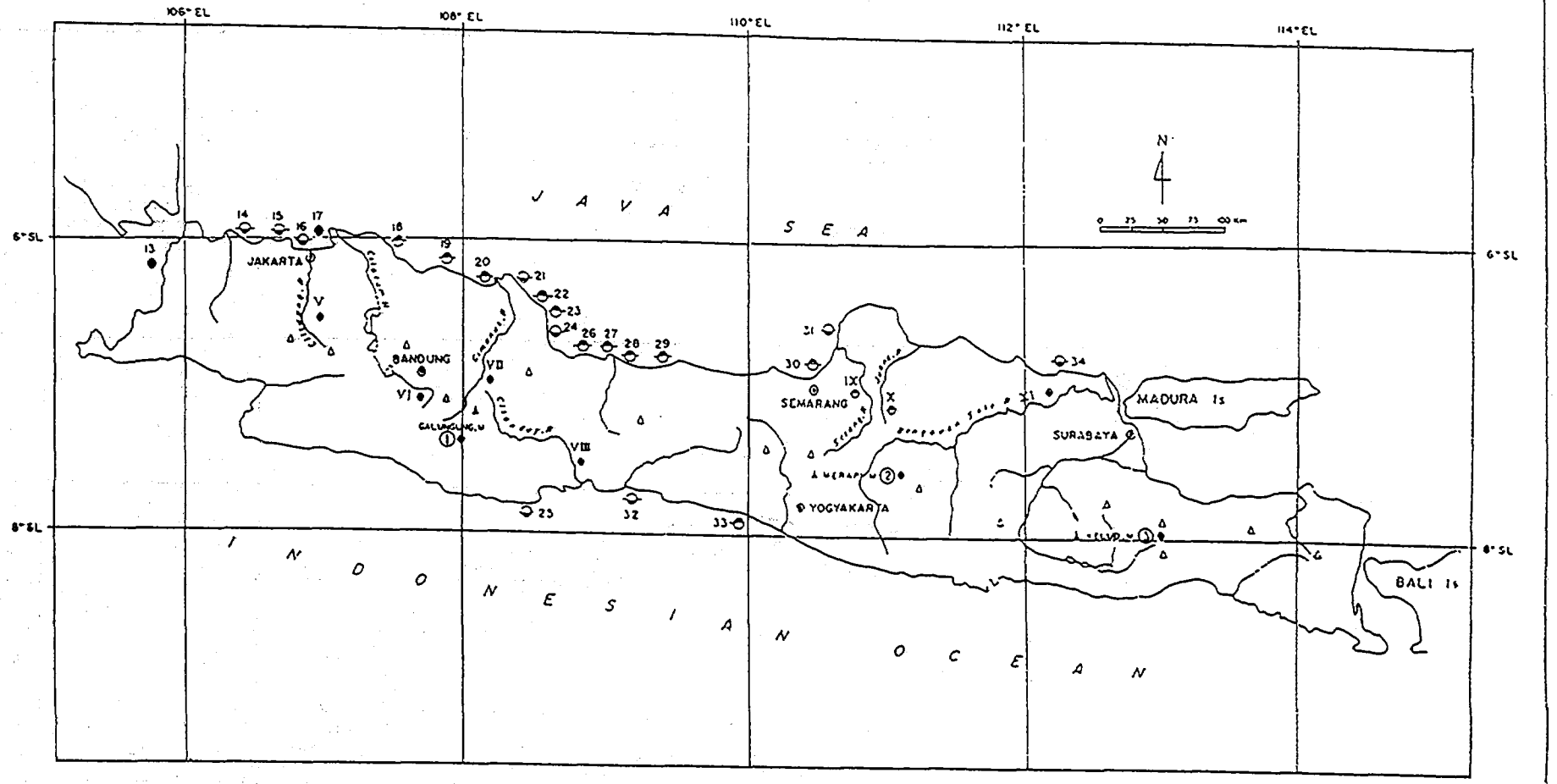
a. ジャカルタ湾やバリ、西スマトラ、メナドのような、都市部や観光地などでの海岸保全施設の建設

b. ジャワ島北部沿岸農村部でのマングローブ再植林などの生態学的アプローチによる海岸保全ーこのような方法により海岸整備強化と同時に沿岸生態系の保護がはかれる。

c. 建設資材としての石灰需要から環礁デクレデーションが進み、その保護対策が必要である。この問題は、環礁を石灰資源とする人々の考えを改めさせることで解決され得る。また、珊瑚礁に悪影響を与える海洋汚染の規制も必要である。現在環礁デクレデーションには、一応歯止めがかかっているものの、沿岸侵食は依然として進行中で、バリや西ジャワのバンテン海岸などでの海岸保全施設の建設が待たれる。



図−3. インドネシアの沿岸洪水問題地域



LEGEND

- O : LIGHT
- ⊖ : MODERATE
- ⊖ : HEAVY
- ⊖ : VERY HEAVY
- ● : EXTREMELY HEAVY

COASTAL PROBLEMS

13	CARITA	21	BALONGAN	29	PEKALONGAN
14	KARANG SERANG	22	GLAYEM	30	MORODEMAK
15	TANJUNG PASIR	23	GABUS	31	KEDUNG SEMAT
16	KALI BARU	24	DADAP	32	TIPAR
17	MARUNDA	25	PANGANDARAN	33	WAWAR
18	KARAWANG	26	CASANGGARUNG	34	TUBAN
19	CIASEM	27	KABUYUTAN		
20	ERETAN	28	TEGAL		

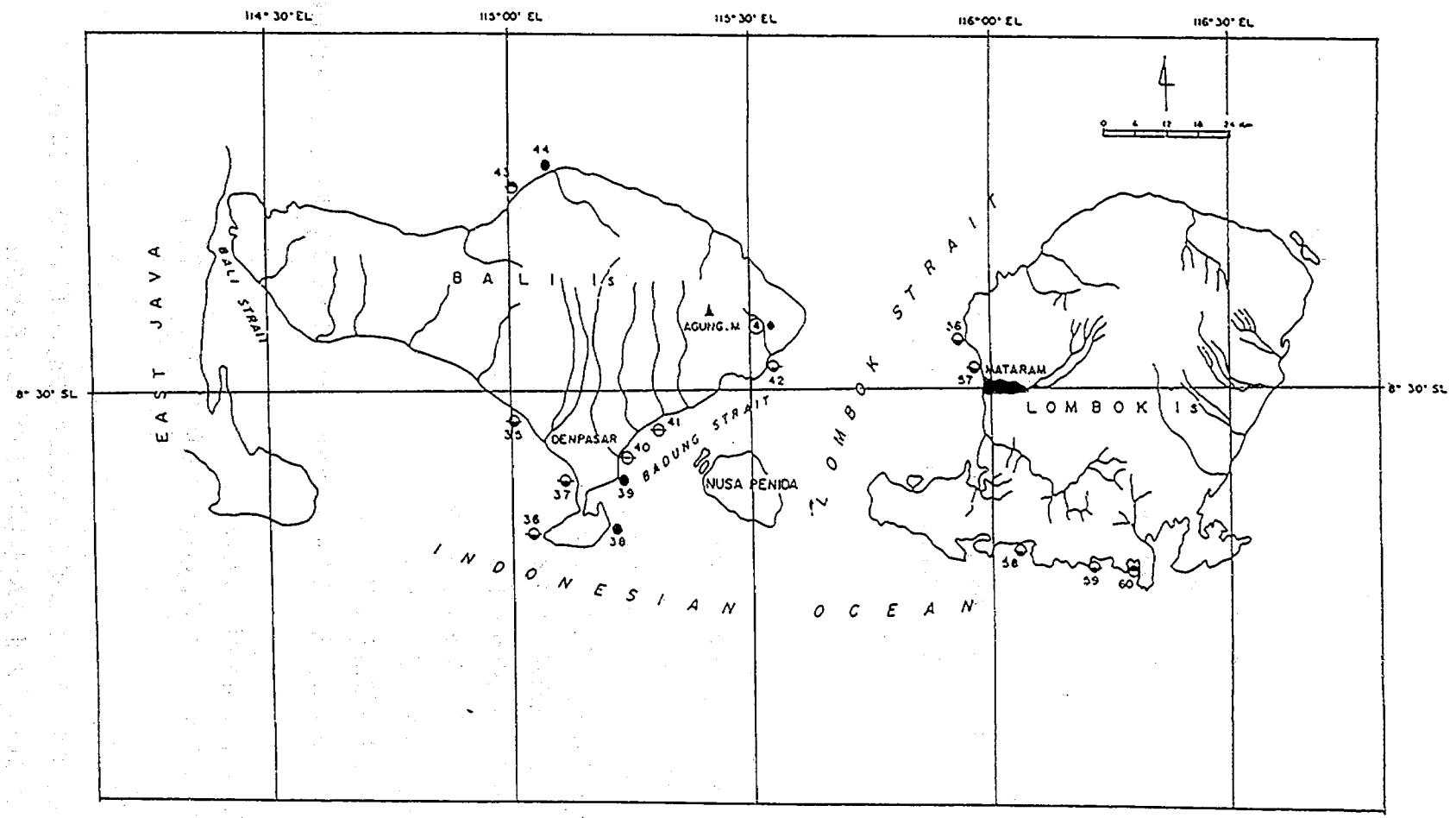
VOLCANIC PROBLEMS

① GALUNGGUNG M.
② MERAPI M.
③ KELUD M.

FLOOD PROBLEMS

V. CILIWUNG R.
Vi. UPPER CITARUM R.
VII. CIMANUK R.
VIII. CITANDUY R.
IX. SERANG R.
X. JUANA R.
XI. BENGAWAN SOLO R.

図－4．ジャワの沿岸洪水、および火山問題地域



LEGEND

- ○ : LIGHT
- ⊖ : MODERATE
- ⊖ : HEAVY
- ⊖ : VERY HEAVY
- ● : EXTREMELY HEAVY

COASTAL PROBLEMS

35	TANAH LOT	40	GUMICIK	56	SENGGIGI
36	ULUWATU	41	SIYUT, LEBIH	57	SETANGGI
37	KUTA	42	CANDI DASA	58	KUTA LOMBOK
38	NUSA DUA	43	BULELENG	59	PUTRI NYALE
39	SANUR	44	PANIMBANGAN	60	SEGER

VOLCANIC PROBLEM

④ AGUNG M.

図−5. バリとロンボクの沿岸、火山問題地域

Ⅶ．環境と社会資本整備の調和についての取り組み状況

1．現状と課題

公共事業のインフラ施設の持続的開発と運営に関連して以下のような種々の問題が考えられる。

a．過度の侵食、地下水の過剰な汲み上げなどに起因する河床低下といったような水資源保全問題

b．砂の採掘による河床低下と海岸侵食

c．住宅地を破壊し農業生産低下を招く洪水問題

d．住宅地、河川、道路、橋を破壊する溶岩流問題

e．飲料水供給に支障をきたし、生態系破壊と漁獲量低下につながる水質汚濁問題

2．公共事業省研究開発庁の取り組み状況

2.1．影響アセスメント（ＥＩＡ）

環境管理という枠内で、つまり公共施設とその開発に起因する環境への影響管理という観点からＥＩＡによる調査が実施されている。公共事業省は公共事業省研究開発庁の長の下に公共事業ＥＩＡの中央委員会を組織している。委員会の役割は以下のようである。

a．ＥＩＡ調査のマニュアル作成

1）公共事業ＥＩＡガイドライン

2）公共事業プロジェクトのＥＩＡ審査マニュアル

3）公共事業プロジェクトのＥＩＡ技術マニュアル

4）地表水灌漑のＥＩＡ技術ガイドライン

5）湿地帯灌漑プロジェクトのＥＩＡ技術ガイドライン

6）地下水灌漑プロジェクトのＥＩＡ技術ガイドライン

7）洪水制御と河川管理のＥＩＡ技術ガイドライン

8）道路・橋プロジェクトのＥＩＡ技術ガイドライン

9）都市排水プロジェクトのＥＩＡ技術ガイドライン

10）淡水化プロジェクトのＥＩＡ技術ガイドライン

11）ゴミ処理プロジェクトのＥＩＡ技術ガイドライン

b．ＥＩＡ調査に基づくプロジェクトの審査－ことに環境への影響の大きい灌漑排水、道路・住宅に関するもの

c．プロジェクト続行と環境への影響分析調査と評価

d．プロジェクトが勧告に沿った環境配慮の下に運営されているかの検査、監督

2.2．水資源と環境管理

公共事業省研究開発庁により実施されている持続可能な水資源開発研究は以下のようである

a．水、土壌保全計画支援のための侵食防止ダム建設及び土壌保護の作物紹介

b．砂の採掘が許可されている部分と禁止されている部分の川の区分図作成

c．河床侵食からの河床と水理構造物の保護のための河床制御技術の開発
d．建物、道路に被害を及ぼす海岸侵食防止のための沿岸保護計画の推進
e．雨水の地下水浸透による人工的な地下水の補充
f．水質汚濁防止のための試験的諸施設の建設

3．環境と社会資本整備の調和をはかる上で必要な技術的課題

3.1．水資源の保全

水資源の活用は、水の貯蓄機能を持つ森林に依存する水文学的サイクルに大きく作用される。この点からことに流域保全に役立つ森林と植生の保護をも含めた水資源保全の努力が必要とされている。さらに、住居地域や工業地帯で、ことに地表水確保が難しい所で、地下水が常時利用できるように地下水補充の技術開発が必要である。

3.2．河川と海岸保全

地表水放流と排水という河川の機能の重要性は明白であり、この機能の再開発と維持が時折り見直されねばならない。近年、建設後期において砂の採掘が年毎に盛んになっているため、河川機能低下につながるこれ以上の採掘は禁止されねばならない。それ故、砂の採掘規制は河川保全の実質的な措置を伴わなければならない。沿岸地域は漁業、宅地、工業、レジャー用地などとして極めて重要である。このような状況に鑑みその機能の社会的あるいは経済的側面からも保護が必要である。環境的配慮をした沿岸地域の土地利用計画が立てられなければならない。

3.3．宅地及び農地保護のための洪水対策

下流域住民の大半が洪水の危険にさらされており、農村地域ではさらに数千ヘクタールの水田が洪水の被害を受けることもある。そのため大幅な米の減産の恐れがある。堤防、ダム建設や流域保全等の洪水対策が必要である。

3.4．住宅地、河川、道路、橋の溶岩流からの保護

活火山周辺は噴火とそれにともなう危険に常にさらされている。火山頂上と斜面で冷めた溶岩流は住宅地域や河川内へ流出する恐れがある。そのような溶岩流は住宅環境を脅かし、河床を浅くする危険がある。河床が浅くなると、いったん洪水が起きた場合橋や周辺地域に被害がでることがある。それ故、火山周辺地域では砂防ダム建設が絶対的に必要である。

3.5．水質汚濁対策

増大する水需要に対処するための水資源開発計画は水質汚濁の問題に直面している。水質が一定のレベルに達しないならば水供給能力を高めるための努力だけでは不十分である。このような現状から、ことに都市部、工業地帯での水質汚濁対策の改善がぜひとも必要である。

Ⅶ．今後議論したい課題

1．課題

水質管理と水質汚濁対策

2．背景

河川の水の利用目的に応じた水質汚濁や水質変化評価のための水質監視体制は必須である。１１の州での水質汚濁計画を含む水浄化計画では、工業排水処理をも考えた水質汚濁対策の成果を評価すべくデータが集められねばならない。上記の１１州で調査対象となったのは４１の河川と水路で１１２箇所で値が調べられたが、表に示すように大半の地点で汚濁の程度は極めて深刻であることが判明した。

3．その問題への取り組み状況と技術的課題

3.1．水質管理調査

水質管理のため、インドネシアではブランタス川、チタルム川、スンテル川、チサダン川などの流域で調査を進めてきた。内容は以下の通りである；

a）汚濁源調査

b）水供給、水利用調査

c）水質目標の評価

d）水利用に即した質基準にするための川の水質保全に必要な水質汚濁規制のレベル

調査は、２国間技術協力の下に公共事業省によって実施されている。

a）ブランタス川－フランス政府協力

b）チタルム川－ドイツ政府協力

c）スンテル川－イギリス政府協力

d）チサダン川－フランス政府協力

3.2．水質汚濁対策研究

ジャワ島での水質汚濁対策は公共事業省研究開発庁により準備され、アジア開発銀行よりの助成金という援助を得た水資源開発研究所により実施されている。研究の目的は工場密集地帯での工業排水統合規制の技術的枠組みの設定にある。ジャワ島での調査第１段階には重要な河川流域も対象に含まれている。研究結果は政府にとって、あるいは地域にとって非常に有益なものであり、排水の総合的浄化設備の導入と活用につながる。当研究の主要目的はジャワ島の調査対象地域での水質改善とその維持のため、工業排水規制による河川浄化計画の作成であった。調査は、集中方式による集水と処理による排水管理を主眼とした工業排水処理に焦点を絞っている。内容を大まかにみると以下のようである。

ある。

a）対象地域の工業の種類とその特性把握

b）技術的、経済的、制度的観点からの集中方式の実施可能性の決定

c）集中方式採用が不可能な場合には個別方式とし、可能な場合には集中方式とする工業規制に必要な投資額概算

d）工業汚濁対策ローン計画実施可能性の審査

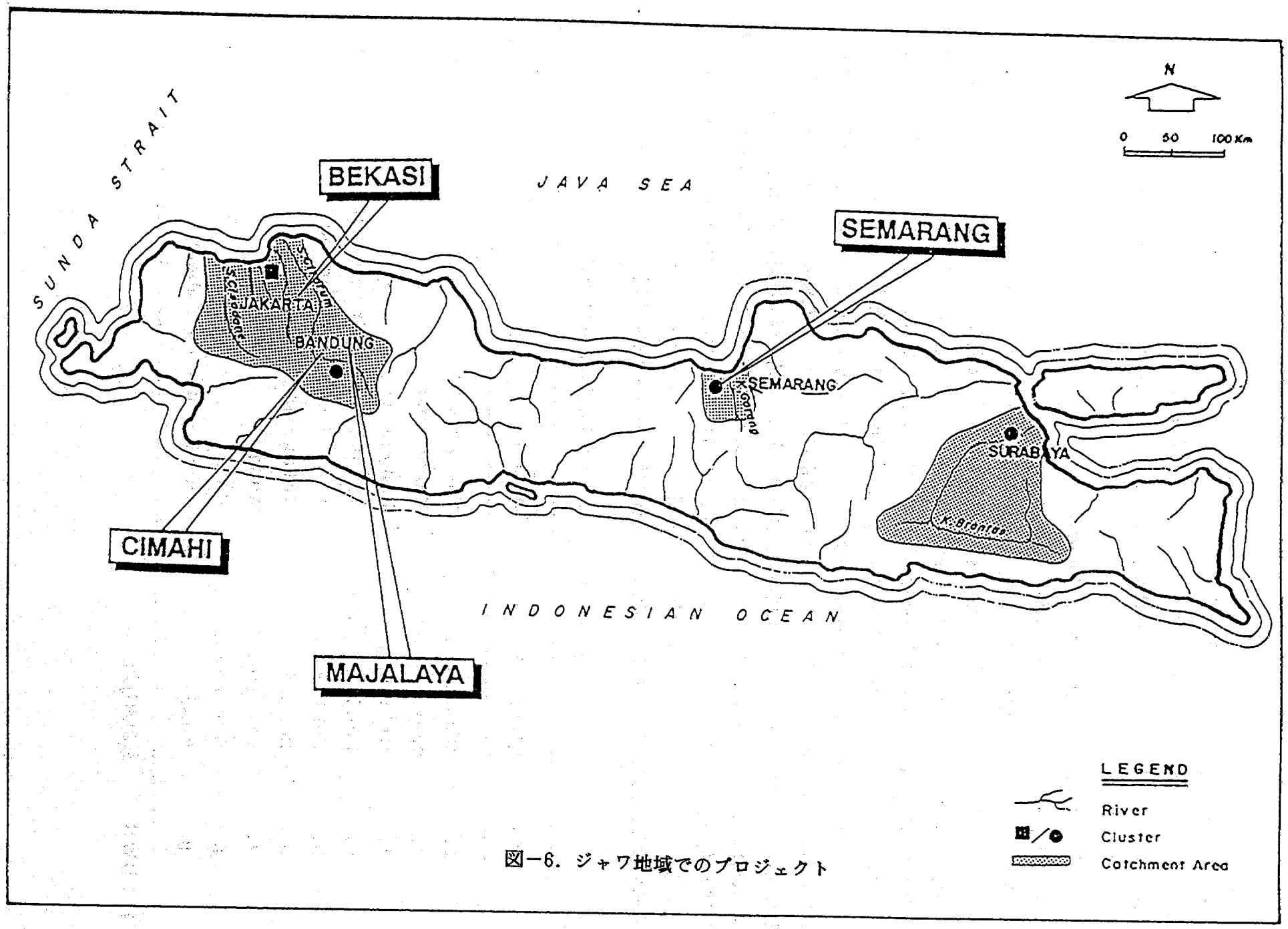
e）投資計画推進とフォローアップ優先計画

ジャワでは現在、大・中合わせて１０，１００の工場が操業中であるが、その半数が汚濁の原因となっていると思われる。当調査は上記の内２，０５１を挙げ、その特性を明確化し、工業排水処理施設のための必要投資概算のベースの設定を要求している。ジャワの工場の７０％に集中方式採用が可能であり、３０％には個別の工場内処理場が必要と見積もられている。２０００年までにはその比率が８０対２０になると思われる。年間コストインフレ率５％、工場増加率６．５％の予測の上に２０００年までに全企業を網羅する汚濁対策実施に必要な投資額に関しての見通しがたてられた。表１は対象企業数と累積年間必要投資額を表す。費用は２次処理システムのためのものである（不測の出費は含まない）。２０００年までに工場内または集中方式による汚濁対策施設の導入が必要とされる企業数は９，４７３である。支出累計はインフレをも含めて３９億８千万ドルである。１９９１年の１年間の必要投資額は２億５千４百万ドルであり、２０００年までにはこの額は５億８千３百万ドルにのぼるとみられる。この汚濁施設は毎年およそ５００から６００の企業をカバーすることになる。投資額のおよそ１／３は、政府主導の集中方式施設に使われる（１次処理用集水システム）。

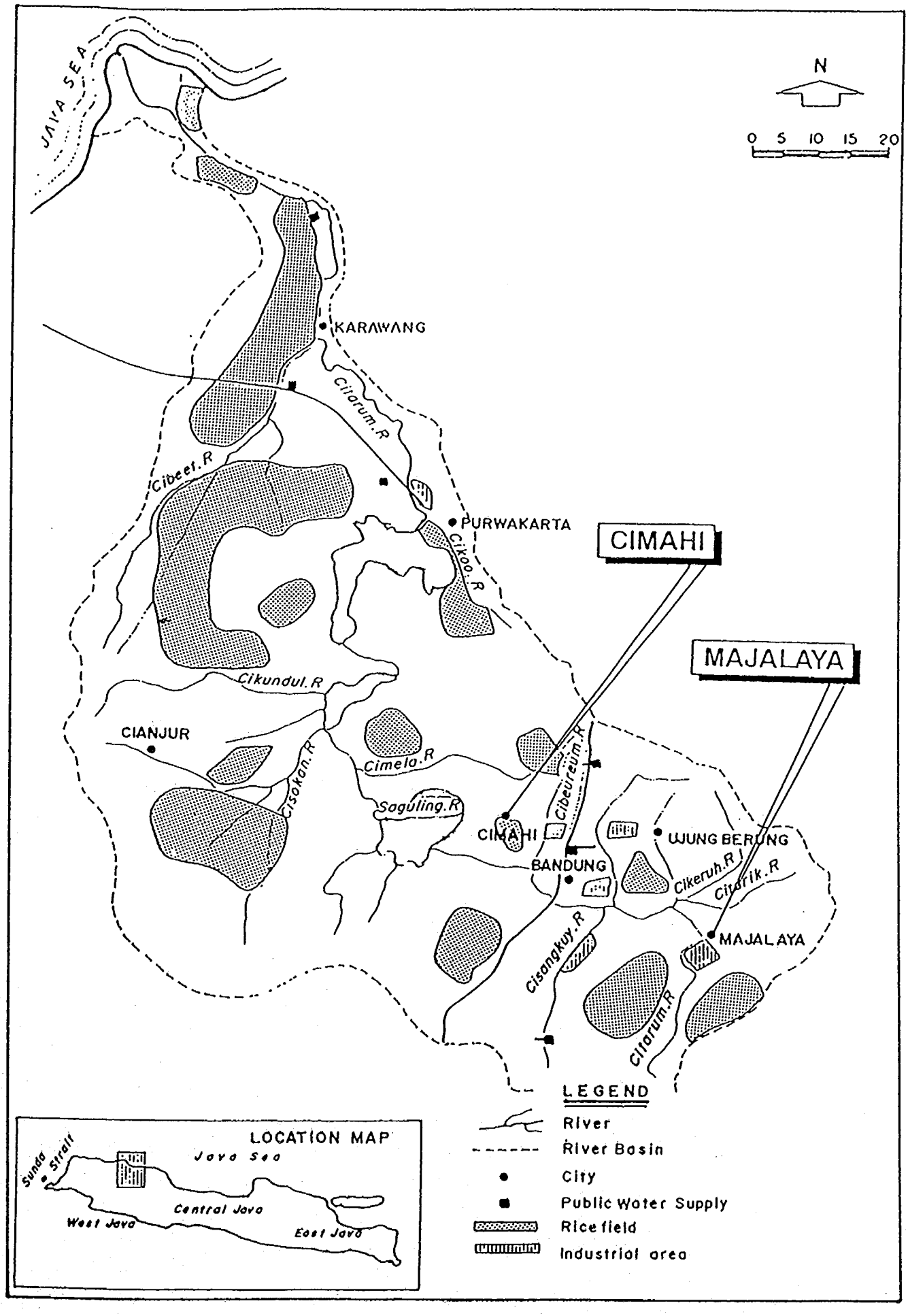
表－6. インドネシアの河川水質汚濁のレベル

No.	River/channel	Station	IPPA
1.	Cisadane	Tanggerang	5
2.	Mookervaart	Tangerang	5
3.	Ciliwung	Manggarai	5
4.	Banjir Kanal	Intake DWS Pejompongan	5
5.	Sunter	Intake DWS Pulogadung	5
6.	Bekasi	Intake DWS Bekasi	3
7.	Citarum	Nanjung	5
8.	Surabaya	Jagir	5
9.	Musi	Intake DWS Palembang	1

注：DWS．．．飲料水補給



図－6. ジャワ地域でのプロジェクト



図－7. MAJALAYA・CIMAHIでのプロジェクト

III. 大 韓 民 国

韓国建設技術研究院副院長　Lee Sang Eun

目次

１．韓国の概況

２．国家の発展と公共事業

３．公共事業における研究開発活動

４．主要研究開発プロジェクト

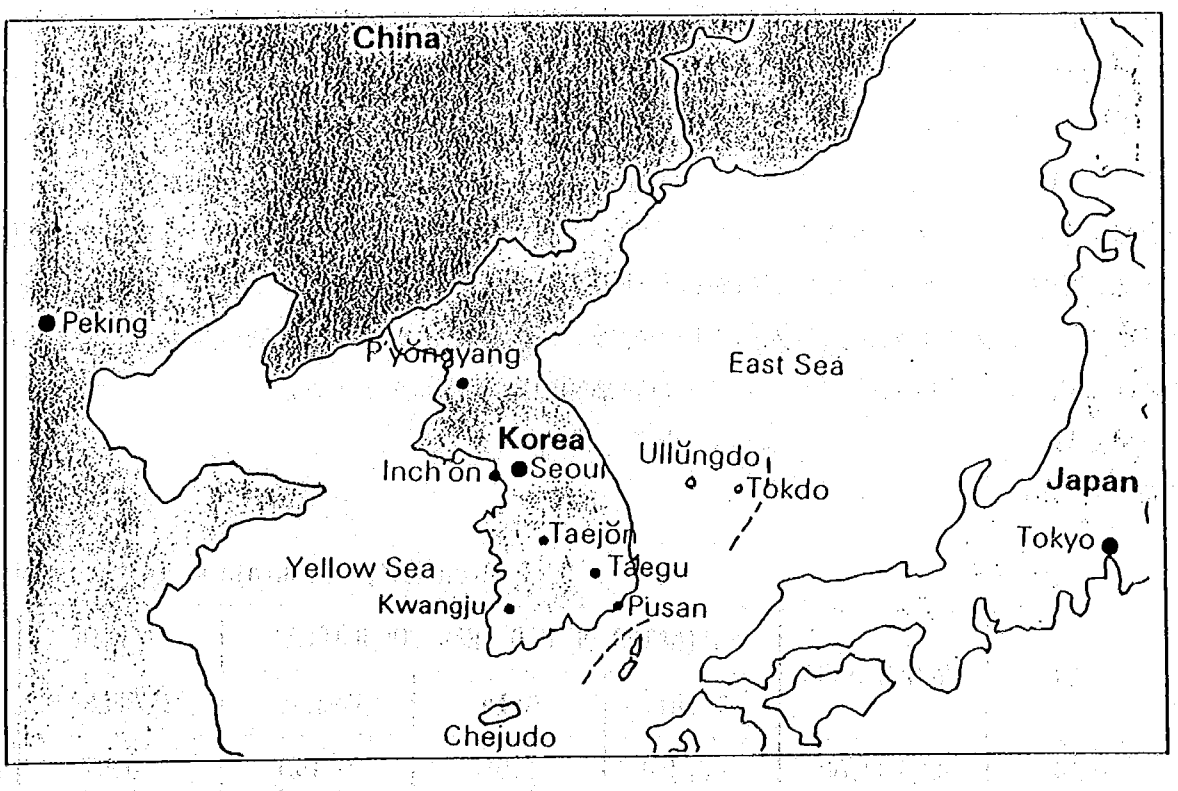
５．国際協力

６．水質保全

１．韓国の概要

１．１　国土の概要

朝鮮半島は広大なアジア大陸の北東部から南方に延びている。北から南へ１，０００㎞広がっており、半島の面積は約２２１，０００㎢である。北部国境の大部分は中華人民共和国であり、ロシア共和国にも接している。３方は東海、黄海、南海に囲まれている。１９４８年以来半島は２つの部分に分けられており、南部は大韓民国、北部は朝鮮人民共和国である。韓国は多様な地形でその大部分は山岳（７０％）で、小さな谷と狭い沿岸平野がある。壮大なテベク山脈が東海岸の全長を走り、東海の激しい潮が切り立った崖や岩の多い小島をうがっている。ハン、クム、ナクトンのような主要河川は全てテベク山脈にその源を持ち、流域を潤す。西方と南方の斜面はたいへん緩やかで、平野を形成し、沖合いには入り組んだ入り江の小島が数多く浮かぶ。不規則な海岸線に沿って３，０００以上の島が点在している。



１．２　気候

朝鮮半島は北緯３３°～４３°に位置し、テベク山脈が北から南へ走っているので、東西南北の間の温度差は取るに足らない。温帯で大陸の影響があるので、季節の変化は韓国でははっきりしている。暑くて湿度の高い夏と長く乾燥した寒い冬がある。春と秋はやや短いがさわやかな天候と日照量が多くて大変快適である。温度は冬の－１２℃という低温から夏の３７℃という高温に及んでいる。６、７、８の３ヶ月には激しい雨が降り、７月は通常１年でもっとも湿度が高い。冬は１１月終わりから

３月初頭まで続く。シベリアからの寒気団が吹き込み高気圧帯が発達する。降雨はほとんどなく、空は通常晴れ渡っている。韓国の冬は北朝鮮ほどは一般に厳しくない。湿潤気候帯に属するので韓国は雨が多い。降雨量は南部沿岸で１，４００～１，５００㎜、中部で１，２００㎜、北部で８００～９００㎜である。季節変化もまた著しく、年間降雨量の７０％は６月から９月に集中している。雨期の降雨量と８月の台風が夏季の全降水量を決定する。雪は一般に１１月から２月にかけての主要降水である。

１．３　人口

大韓民国は１９９１年には人口４，３３０万人おり、人口密度は４３７人／ｋ㎡である。北朝鮮の人口は１９９１年に約２，１００万人であった。急速な人口増加は他の多くの発展途上国と同様に、大韓民国でもかつて深刻な社会問題であった。しかし、家族計画キャンペーンの成功と状況の変化により、人口増加は近年著しく抑制されたが、なお十分に低くなっていない。年間人口増加率は１９９１年で0.92%である。人口構成の顕著な傾向は年々若年化していることである。１９８５年の人口調査では全人口の55.7%が２５才以下であった。生産年齢、即ち１４才及びそれ以上の人々の数は、１９７５年の２，０９１万８千人から１９９１年の２，９６４万８千人へと増加した。もう１つの特徴的ではあるが歓迎できない現象は引き続く農村人口の都市への流出である。これは高い都市集中を引き起こす。現在、韓国人の１／４がソウルに住んでいる。専門家は２０００年までには都市化率が現在の６９．９%から７７%へ増加するであろうと予測している。このようなアンバランスに起因する増大する都市問題に対処するため、政府は長期労働力開発計画を策定した。本計画は経済活動の再配置と均衡のとれた国土開発により人口の地方分散を目指している。小数民族はほとんど韓国には存在しないが、約3万の中国人は別で、大部分は首都圏の長期定住者である。

図　面積と人口

Area km², Population in thousand

YEAR	WHOLE AREA	ESTIMATES OF MID-YEAR POPULATION			RATE OF INCREASE
		Total	Male	Female	
1989	99,262.63	42,380	21,359	21,021	0.97
1990	99,273.70	42,869	21,568	21,301	0.93
1991	99,299.80	43,268	21,775	21,493	0.92

１．４　歴史

韓国は、５０００年の歴史を持つ鎖国王国で１９世紀における外交、通商関係に対する西側の要求に対してかたくなに門を閉ざしていた。韓国は中国との同盟を固守したが、中国は西側の侵略に対抗して自国の生存のために戦っており、韓国を助けることができなかった。日本は、新興工業国として勃興し、結局力の真空地帯につけ込んで韓国を合併した。朝鮮王国は１９１０年に倒れた。第２次世

界大戦終結前、同盟国はヤルタで密かに朝鮮をドイツ同様、同盟国の信託統治とすることを決定した。この独専的協定に基づき、アメリカとソ連は戦後朝鮮を占領し、冷戦構造を持ち込み、後に半島は分割された。１９４８年に普通選挙が半島の南半分で実施され、スンマンリーを大統領として大韓民国が建国された。北朝鮮では共産主義体制がキムイルソンの下に設立された。大多数の韓国人は悲劇的な朝鮮戦争（１９５０－５３）をもたらし自国の分割に憤りを感じている。戦争中、全国土が荒らされ、何百万人の人々が家を失い、家族から引き離された。停戦決議は１９５３年７月に調印され、以来両国とも復興への努力を続け大変貌を遂げた。再統一は厳しい防衛の下にある軍事境界線の両側の人々にとって神聖な目標であり続けている。にもかかわらず、半島をめぐる超大国の利権の絡み合い、韓国人相互間の深い思想的相違が相伴って武装境界線を依然不可侵なものにしている。

１．５　経済

過去四半世紀にわたって、大韓民国は世界の喝采を浴びた「世紀の経済的奇跡」を達成した。韓国は１９６２年に本格的な経済発展に乗り出して以来、世界で最も早いペースで経済成長を遂げてきた。その結果、長い間世界で最貧の農業社会であった韓国は、中流の上の所得で、急速に工業化社会になりつつある。１９６２年から１９９１年までのわずか３０年間に、韓国のＧＮＰは、２３億ＵＳドルから２，０７５億ＵＳドルへ増加し、一人あたりＧＮＰは、８７ＵＳドルから６，４９８ＵＳドルへ上昇した。この成功の鍵は、輸出を成長の原動力とする、外志向の発展政策の採用であった。この政策は、不十分な天然資源、限られた国内市場、勤勉で、教育レベルの高い豊富な労働力を反映している。経済構造は数次の社会経済開発５ヶ年計画の成功の結果、根本的に変化した。製造部門のＧＮＰのシェアは14.5%から１９９１年には39.3%に増大した。貯蓄率は同じ期間に、3.3%から36.1%へ上昇した。韓国が１９８６年に史上初めて国際貿易黒字を記録して以後、鉱工業部門における経済は急速に進歩した。輸出指向製造業は、政府の強力な支援を受けて成功し、国家収支は近年改善された。もちろん、取り組むべき難問もいくつか存在する。一つは、韓国製品の競争力を脅かす労働賃金の上昇である。もう一つは、工業国、特に主要貿易相手国の保護主義の高まりである。しかしながら、これらの問題は高付加価値技術と知識集約製品への産業調整の加速と、それに伴う市場拡大により解決されよう。技術開発に対する政府の支援は着実に高まっている。韓国は工業国の地位を得、進歩と繁栄のための国際社会においてより重要な役割を果たすため、多大の努力を続けている。

２．公共事業の現状

２．１　総合国土開発計画

• 計画のベース

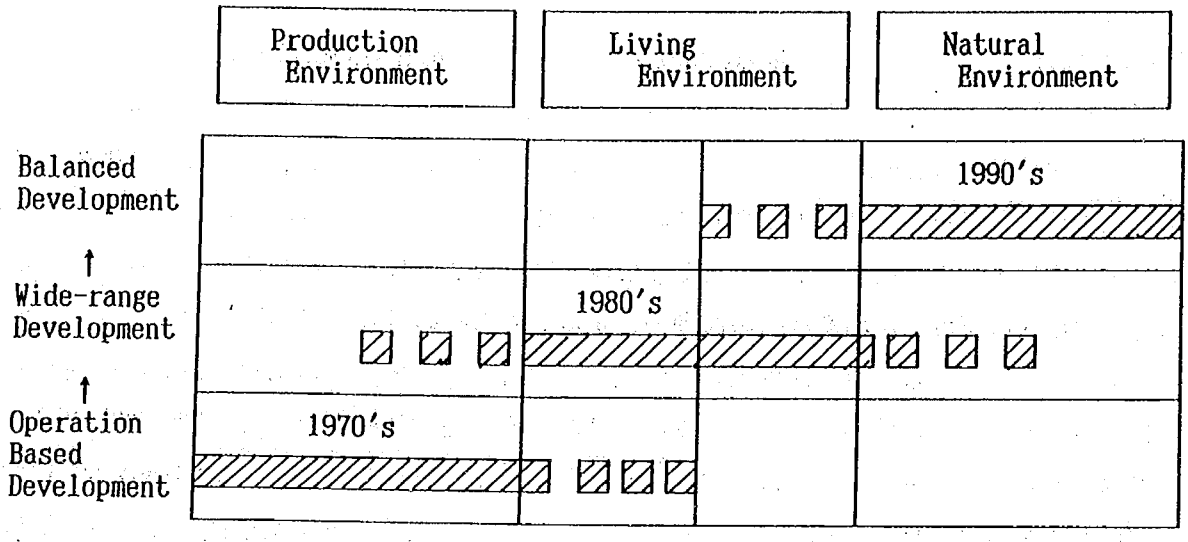
－１９６３年法律を発布

－１９６８年基本計画の確立

－国連開発計画－減債基金チーム２年間にわたって計画を調査

－第一期計画実施のための大統領令第２６号（１９７１年１０月２６日）

• 計画段階



A．第一次総合国土開発計画（１９７２－１９８１）

分野	成果（達成事項）
工業団地	• 工業地帯　１０２k㎡2 → ３３２k㎡2 • 工業用水施設　648,000㎥／日 → 1,903,000㎥／日 • 工業団地建設 －全国レベル：Pohang, Ulsan, Changwon, Yucheon －道レベル：Chungju, Kunsan, Kwangju, 他
交通	• 交通容量 －旅客：３２０億人／k㎞ → ８６７億人／k㎞ －貨物：１６０億トン／k㎞ → ２３２億トン／k㎞ • 高速道路建設：７路線（京城－釜山間等） • 国道建設及び舗装：３，２５０k㎞
水資源及び土地利用	• ダム（Soyang, Andong, Dacheong他）：４１億㎥ • 環境保全のための「グリーン・ベルト」設置

B．第二次総合国土開発計画（１９８２－１９９１）

分野	成果（達成事項）
人口分散政策	• 特別地域の指定（Jeju Island, Tebaek Mt. 他） • 農業地域の設定（２４．３km2 ） • 首都圏整備のためのマスター・プラン立案
交通、国土利用	• 1988年オリンピック高速道路を含む６つの高速道路の拡張： 整備済 491.3 km 計画中 679.7 km • 国道の建設及び舗装： 589 km • 排水による土地干拓 • 大規模工業地帯の設定
国民福利厚生	• 水供給能力 1,570 万トン／日 普及率：全面積の78%、５２４都市 • 住宅建設：２２０万戸 • 新都市建設 • 電話網拡張：1,170 万回線
環境保全	• 国立公園拡張：2,794 km2 → 6,440 km2 • 河川改修 30.6% → 54.1% • 国土保全地域の設定： 52,138 km2 • 多目的ダム建設（Chungju等） 水需要： 294億トン 水供給： 276億トン

C．第三次総合国土開発計画（１９９２－２００１）

分野	計画
新工業地帯の設定	• 西部海岸地域開発に関連して次の３地域を集中的に工業化 －Asan Bay, Daejeon, Cheongju －Kunsan, Janghang, Iri, Junju －Kwangju, Kwangyang Bay • 小規模工業団地の設定 • ハイテク工業地帯の設定
交通	• ×型道路網建設 • 高速道路建設（1,500 km） • 鉄道複線化（27% → 54%） • 鉄道電化 （17% → 50%） • 新空港建設（Yongjondo, Chongju他）
南北朝鮮統一準備	• 非武装地帯開発 • 鉄道及び国道修復 • 非武装地帯の経済協力地帯の共同開発

分野	計画
環境保全	• 環境保全基準の強化 • 環境のための投資：2001年までにＧＮＰの0.15% →1.5%
住宅建設	• ５４０万戸建設：供給率92.8% • ２１５万戸の賃貸し住宅建設（新建設住宅の40% ）
上下水道	• １８の広域上水網整備 • １８０の下水処理施設建設 • １０の多目的ダム建設
財源	• 投下資本総額：３２０－３７０兆ウォン（１９８５年価格） またはＧＮＰの16-18% －政府：　27% －地方自治体：19% －民間：　50% －その他：　4%

２．２　建設投資の予算

unit : bil. won

Year	GNP	Increase Rate(%)	Budget for Constrution	Increase Rate(%)
1973	32273.8		3331.4	
1974	34903.6	8.2	4001.0	20.1
1975	37143.3	6.4	4251.7	6.3
1976	42001.6	13.1	4789.6	12.7
1977	46135.4	9.8	5969.8	24.6
1978	50645.6	9.8	7591.4	27.2
1979	54289.5	7.2	8093.6	6.6
1980	52260.8	-3.7	7793.5	-3.7
1981	55354.3	5.9	7035.6	-9.7
1982	59322.2	7.2	8443.1	20.0
1983	66803.0	12.6	10657.7	26.2
1984	73004.0	9.3	11436.4	7.3
1985	78088.4	6.9	12011.1	5.1
1986	88173.5	12.9	12338.2	2.7
1987	99611.6	13.0	13761.8	11.5
1988	111979.9	12.4	16106.5	17.0
1989	119534.8	6.8	19429.1	20.6
1990	130373.5	9.1	25199.4	29.7

note) 1985 fixed price

２．３　公共事業に関する機関

プロジェクト主体	機関名
政府	• 政府及びその付属機関、立法府、司法、軍隊、国立学校等
地方自治体	• 京城、釜山及び４市、各道及び県、郡部教育委員会、公立学校等
政府出資団体 －特殊銀行 －組合 －株式会社	• 国立銀行、国有会社等 • 韓国銀行、韓国興業銀行 • 韓国電力会社、韓国高速道路公団、韓国石油開発公社、韓国放送協会等 • Pohang　鉄鋼株式会社
その他の公共機関 －政府研究機関 －地方自治体出資機	 • 韓国高等科学技術研究所、韓国計量標準研究所等 • Seoul Kangnam 病院等

２．４　主な社会資本と公共事業

２．４．１　総社会資本の現状

• １９８７年の総社会資本は７０兆２千億ウォンでこれは１９７７年の４倍であった。
しかし産業資本金の割合はある時期に２４％から２２％に減少した。

• 水資源と電話通信の資本は毎年２０％増加した。

• 高速道路、鉄道、港湾設備等は毎年１１．９％増加し、株式の割合は１９７７年の４９％から１９８７年には３８％に減少した。

２．４．２　高速道路

• 道路総延長：５６，７１５ｋｍ（１９９０年現在）
　－１９８６年以降車両は２．６倍、道路建設は１．２倍増加
　－未舗装道路は16,170km（総延長の28.5%）

• 激しい交通渋滞のための経済的損失が顕著である。

２．４．３

• 鉄道総延長：３，０９１．３ｋｍ（１９９０年現在）
　－鉄道電化率：１７％
　－鉄道複線化率：２７．４％

the Social Overhead Capital Stock

(Unit : bil. won, %)

	1977		1987		increase '77-'87	
	amount	ratio of GNP	amount	ratio of GNP		annual increase rate
・Traffic	3,594 (48.8)	20.2	26,697 (38.1)	25.2	3.1	11.9
Highway	2,163 (29.4)	12.1	15,119 (21.5)	14.3	2.9	11.3
Railroad	1,286 (17.4)	7.2	9,859 (14.1)	9.3	3.2	12.3
Harbor	125 (1.7)	0.7	1,376 (2.0)	1.3	4.6	16.4
Airport	20 (0.3)	0.1	343 (0.5)	0.3	7.1	21.7
・Living Facilities	2,020 (27.4)	11.3	18,225 (26.0)	17.2	3.8	14.1
Water Supply and Sewage Treatment	374 (5.1)	2.1	2,971 (4.2)	2.8	3.3	12.7
Electricity and Gas	1,646 (22.3)	9.2	15,254 (21.8)	14.4	3.9	14.4
・Telecommunication	745 (10.1)	4.2	10,545 (15.0)	9.9	5.9	19.4
・Water Resources and Flood Control	1,005 (13.7)	5.6	14,697 (20.9)	13.9	6.1	19.8
Social Overhead Capital(A)	7,364 (100.0)	40.4	70,164 (100.0)	66.1	4.0	14.8
Industrial Total Stock (B)	30,314		312,412		4.3	15.7
(A/B)	(24.3)		(22.4)			

* Notes : fixed price

２．４．４　港湾及び海運

• １９９０年に港湾で取り扱われた貨物は３億６千４百万トンで年増加率は１０．２%である
－コンテナは１９９０年に２，３９３ＴＥＵで、年に１５%増加している。

ton equivalent unit?

－現在の貨物取り扱い能力は１億８千９９０万トンで毎年９．７%増加している。

２．４．５　空港

• １９９０年の国内旅客数は１億１千百万人で毎年１３．３%増加している。
国内貨物は１８万２千トンに達し、年増加率は２０．１%である。
• 国際旅客数は約９３６万人
－金甫空港は１９９５年に、Kimhae空港は１９９３年かそれ以降にその能力限界を越えると予測されている。

２．４．６　電力

- １９９０年の電力消費量は９４，３８３ギガワット時で平均増加率は１４．９％である。
  －１９９０年の最大電力消費量は１千７２５万１千キロワット時であった。
- 電力需要はより大きな規模で増加すると予測されている。

２．４．７　水資源

- 現在蔚山，Chungju 等を除いては水資源の需給バランスが取れている。
- 広域上水道網は首都圏に集中している（全供給量の７５％）。
- 水道料金は比較的安いので水道施設建設の予算が制限されることになる。
- １９９２年から２００１年までの間に３兆９千億ウォン投資される予定である。

主要な社会資本のストック

Unit : km, thousand ton/day

Year	Highway	Railway	Harbor Capacity	Water Supply	Sewage Treatment Capacity
1982	53,936	6,113.4	87,423	8,076	822
1983	54,600	6,128.7	95,512	8,386	822
1984	51,004	6,168.1	100,317	9,498	822
1985	52,264	6,299.0	112,778	10,214	822
1986	53,654	6,323.6	118,413	11,505	973
1987	54,689	6,339.9	150,676	12,613	4,262.5
1988	55,778	6,456.2	168,774	14,442	4,644.5
1989	56,481	6,436.6	184,739	15,725	4,945
1990	56,719	6,434.6	189,926	16,274	5,097

２．５　現在実施中または計画中の主要プロジェクト

Unit : trillion won

Section	Main Works	Investment		
		Total	1992-1996	1997-2001
Highway	・highway ┌ new construction 1,500km └ extension 700km ・national road ┌ new construction 1,100km └ extension 5,500km	39.3	18.5	20.8
Railway	・rapid-transit railroad 915.7km	18.9	6.092	5.588
	・metropolitan area electric railway 269.4km		1.737	0.159
	・subway in large city 536.4km		1.71	1.043
Harbor	・container, freight	7.5	3.088	4.401
Airport	・new airport	3.2	2.725	0.489
Distribution	・construction of complex terminal	0.7	0.434	0.3
Water Supply	・multipurpose-dam, wide range water supply, industrial water, etc.	3.9	2.826	1.045
Total		73.5		

★ Notes : Nongovernmental 2.5 trillion won was excluded in habor project.

３．公共土木事業に関する研究・開発

３．１　建設技術の現状

韓国の建設業は多くの種類の建設プロジェクトを成功させ、国の主要産業となり、ＧＮＰへの貢献は９％になっている。しかしながらこの成長は主に労働集約型の建設工事によって達成されたものであり、建設技術水準は先進国に比べて遅れている。

種類別プロジェクトや建設の各段階での韓国の建設技術水準は、先進国との比較で評価されている。下の表は先進国の現在の技術水準を100 として代表的な建設工事を数量的に表したものである。

この表で見られるように、簡単な建設の技術水準はプロジェクトの種類にかかわらず一般に高いが、計画、運営、維持、監督といった集約的な段階における技術水準や、技術集約的建設工事の技術水準は今だに低い。

建設業界は高速道路や主要道路、また子孫への遺産として残せる芸術的建築物などの社会総資本施設の建設プロジェクト実施に向けて最善の努力と技術を惜しまない。

建設技術水準

（指数：先進国の水準＝100 ）

Facility	Stage of construction activity				
	Planning Investigation	Design	Construction	Supervision	Maintenance
Bridge	66	68	73	62	62
Nuclear Power Plant	45	45	60	45	55
Road & Airport	72	75	85	75	80
Railway	68	70	85	70	75
Tunnel	65	68	83	65	68
Dam	64	62	77	62	65
Building	59	78	73	61	60
Highrise Building	58	60	73	58	58
Water and Sewerage Facilities	57	57	67	58	56
Hydroelectric Power Plant	71	69	72	53	45
Building Facilities	73	63	76	56	63

３．２　建設技術改善のための政策と戦術

韓国の建設技術を先進国の水準まで引き上げ、韓国建設会社の競争力を高めるべく韓国政府は研究開発と技術開発のための長期計画を打ち立てた。

1987年に韓国建設技術研究院(KICT)は建設省の後援で研究プロジェクトを実施し、「建設技術研究開発の長期指導令」を提案した。KICTによってプロジェクトは実施されたが、官、産、学各界から約400 人の専門家がプロジェクトに参加し、経験を分かち合った。

建設技術の多くの局面がこのプロジェクトで見直された。提案された長期計画の主な内容は次のとおりである。

1) 建築物に対するより高度なニーズに対応できるような21世紀の建設技術需要の予測と、その需要を満たすような研究開発の目標と指導令の提案。

2) 建設技術開発促進政策やシステムの提案。

3) 建設技術の様々な関連研究分野での必要な研究課題の決定による、研究開発の長期、短期計画の方向の決定。

4) 研究開発のための施設や労働力とその財源を含む必要資源確保のための適切な機構や戦略調査。

5) 建設技術の情報管理システム開発の長期計画の確立。

建設技術管理法が1987年に公布され、1988年に施行されたが、その法律は革新的な建設技術の保護機構や、KICT及び建設技術情報センターの設立を含めて様々な技術開発の局面を対象としている。

この法律と建設技術研究開発の長期方策令を基にして10か年基礎計画が1991年4 月に作られた。この計画は様々な政策と様々な分野の基本的技術開発計画から成る。様々な政策とは　1)技術開発の支援システム　2)技術者の管理　3)研究所の支援　4)技術開発への投資の拡大　5)技術情報管理システムの確立、そして　6)国際的技術協力の拡大、である。技術開発とは、技術開発の主な分野の決定、各分野の研究開発計画の立案、必要な財源額の決定を含む。

建設技術促進の10か年計画の次のステップは、そこに挙げられている項目の各々に対して詳細な執行計画を立てることである。建設技術の研究開発 5か年施行計画が1993年1 月に建設省によって公示されたばかりで、それは大学、研究所、民間、政府が推進すべき建設技術関連の全ての研究開発を含んでいる。

３．３　建設分野における公共の研究開発機関

Unit : million won, %

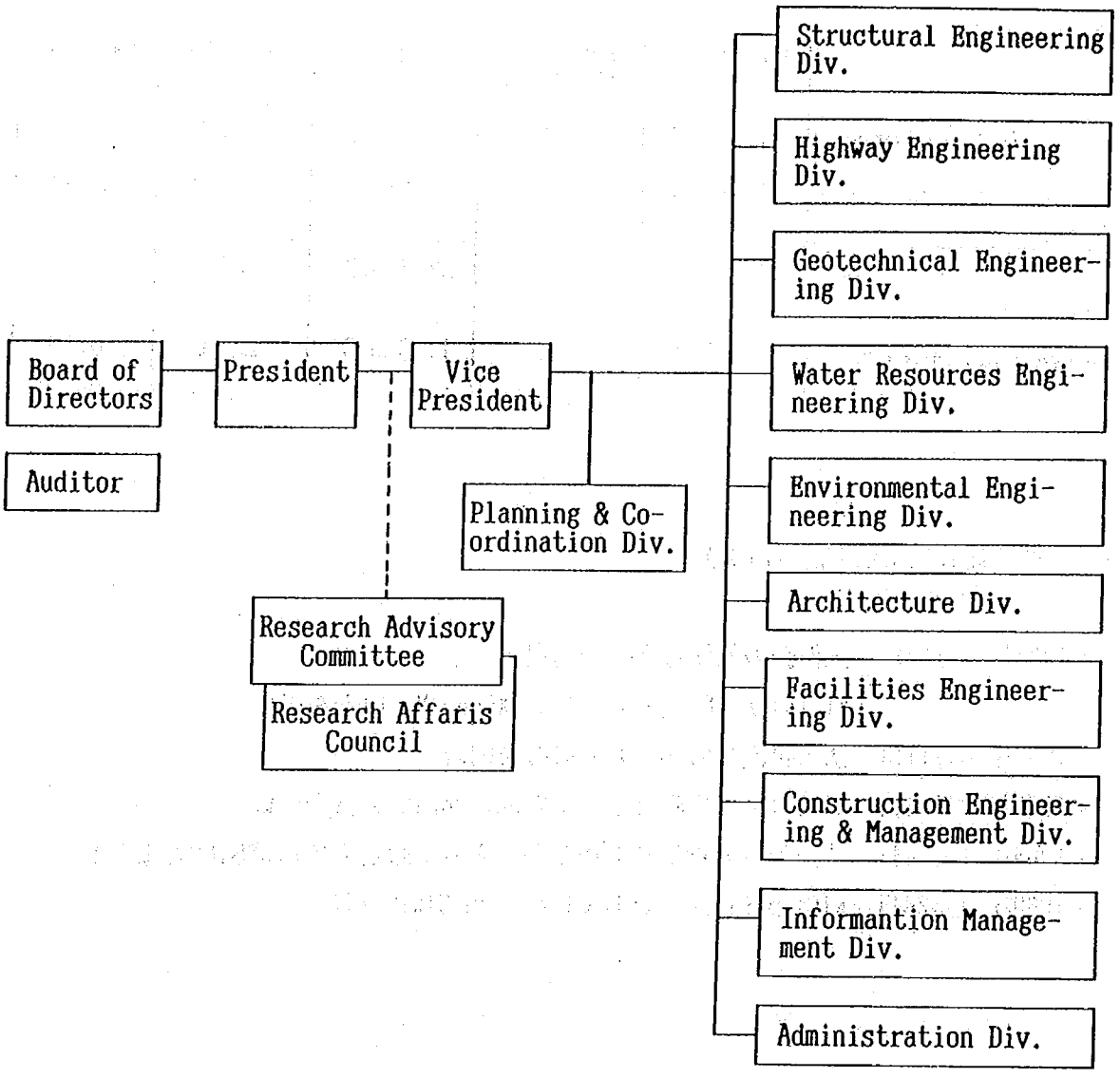
	Foundation Date	Number of R&D Staff	Net Scale	R&D Exp.	Ratio of R&D Exp.
Korea Highway Corp.	'69. 2.15	41	4,274.7	34.2	0.80
Korea Water Resources Corp.	'67.11.16	42	2,131.1	55.7	2.63
Korea National Housing Corp.	'62. 7	121	27,266.2	132.1	2.23
Korea Land Development Corp.	'79. 3.27	44	11,825.6	26.0	0.10

３．４．　韓国建設技術研究院（KICT）

３．４．１　歴史

- 1983年 5月17日　重役会の就任と定款の制定
  KICTの初代院長としてAhn, Kyung Mo 博士を選抜
- 1983年 6月11日　法人組織の財団としてKICTを開設
- 1986年 9月 1日　KICTの第２代院長としてYoon, YongNam 博士就任
- 1988年 1月 8日　「建設技術管理法」第７条により、政府支援の機関に組織変更
- 1989年 1月24日　KICT第３代院長としてLee, Yun Sik氏就任

３．４．２　組織図



３．４．３　スタッフ数

• 常勤スタッフ

Executive	Research Technical Staff	Administrative Staff	Technician	Total
2	142	21	30	195

• 臨時スタッフ：約70人

３．４．４　予算（1992）：　78億4,800 万

- 人件費　：　25億1,000 万ウォン
- 研究活動　：　23億6,000 万ウォン
- 管理費　：　22億7,800 万ウォン
- 研究室建設費　：　7億ウォン

３．４．５　最近の成果

KICTは1983年から1992年の間に 302の研究プロジェクトを完成させた。その内訳は

- KICTの研究　141
- 後援者付き研究　140
- 基礎研究その他

Research Field	Number of Project			
	KICT research	sponsered research	others	Total
Structural Eng.	17	23	1	41
Highway Eng.	8	10		18
Geotechnical Eng.	17	15	3	35
Water Resources Eng.	16	24	2	42
Environmental Eng.	16	32	2	50
Arcjotectire	23	15	1	39
Mechanical and Electrical Eng.	23	11	2	36
Construction Eng. and Management	13	5	8	26
Information Management	2	4		6
Common	6	1	2	9
Total	141	140	21	302

4．　ＫＩＣＴにおける主要な研究開発プロジェクト

4．1　１９９３年度の主要研究開発プロジェクトの題目

- 粉砕された骨材の科学反応に関する研究
- 地震で損壊した構造物の復旧
- 長スパン橋の設計及び建造法に関する研究
- 韓国における連続鉄筋コンクリート舗装（Ｃ．Ｒ．Ｃ．Ｐ）の初期挙動と亀裂パターン
- 自動交通識別に関する研究
- 内国海底粘土の工学的特性の評価
- 繊維強化土壌に関する研究
- 凍土の特性及び永久凍土中の杭基礎の特性に関する研究
- 韓国における地下水の管理及び保全に関する研究
- 水文モデルの評価に関する研究
- 下水用材料の改良に関する研究
- 処理済み廃水の再利用に関する研究
- 汚水処理場における臭気コントロール用のエアレーションタンク及び土壌吸着溝の使用に関する研究
- 住居用アパートメントのエネルギー節約方法の開発
- 既存建造物の保守と近代化のための指針
- 低温廃熱を用いた住居用ビルの暖房システムに関する研究
- 事務所用ビルにおける電力需要コントロールシステムに関する研究
- 公共施設に対するＧＩＳの適用に関する予備的研究

4．2　プロジェクトの概要

■構造学的部門

1．研究プロジェクト：長スパン橋の設計及び建造法に関する研究

2．期間：１９９３．１．１．～１９９５．１２．３１．

3．背景及び研究のニーズ

最近、多数の長スパン橋（ケーブル支持橋、吊り橋）が韓国において建造されている。しかしそのようなタイプの橋の設計及び建造に関する技術は韓国においては未発達の段階に止まっている。従って建造法のみならず設計に関する研究も長スパン橋の技術を向上させるために必要である。

4．目標

第1ステップ（１９９３）
- 研究資料の調査、分析
- 設計荷重に関する研究
- 解析手法に関する研究

第2ステップ（１９９４）
- 風洞テスト及びその基準に関する研究
- 耐風力設計に関する研究

第3ステップ（1995）
- 耐震設計に関する研究
- 建造法に関する研究
- 解析用コンピュータプログラムの開発
- 耐風力及び耐震設計用コンピュータプログラムの開発
- 前、及び後処理システムの開発

5．手法
- 設計データ及び設計者の経験
- 諮問委員会の設立
- 開発済みプログラムの分析
- データベースシステムの調査と使用

6．予期される結果
- 長スパン橋に関する設計基準の素材として適用
- 長スパン橋技術の韓国における普及
- 長スパン橋に対する有効なパッケージソフトの普及
- 韓国における長スパン橋の技術の全般的な向上

■高速道路部門

1．研究プロジェクト：韓国における連続補強コンクリート舗道（C．R．C．P）の初期挙動と亀裂パターン

2．期間：1993．1．1～1993．12．31

3．背景及び研究ニーズ

韓国においてC．R．C．P．を広汎に使用するためにはC．R．C．P．が韓国において設計通りに機能するかどうかを確認し、また韓国産のC．R．C．P．の性能を他国のものと比較することが必要である。

4．目標

この研究の目的は、韓国におけるC．R．C．P．の施工手順と設計標準をレビューし、適切な施工を推薦することである。

5．手法
- テスト砕片の作成とモニター
- テスト砕片から集められたデータの分析と評価
- 結果の他国のものとの比較

6．予期される結果
- 韓国におけるC．R．C．P．の設計と施工に関する勧告の提供
- C．R．C．P．の性能に多する初期データベースの作成
- 韓国におけるC．R．C．P．の性能に関する基礎データの提供

■土質工学部門

１．研究プロジェクト：内国海底粘土の工学的特性の評価

２．期間：１９９３．１．１．～１９９４．１２．３１

３．背景及び研究ニーズ

２１世紀に向けての戦略的国土開発計画として、朝鮮半島の西南海岸沿岸ベルト地帯の組織的土地利用が、第３次国土開発計画における主要なプログラムの一つとして企画された。このプログラムは、沿岸部近隣の軟弱な海底粘土層上に新都市、工業団地、空港、港及び廃棄物処理場のような様々な大規模インフラストラクチャーの建造を含み、内国海底粘土の土質的特性に関する包括的研究は軟弱海底粘土質の沿岸地帯に建造される構造物の設計、建設及び保守の適切にして効果的な計画策定の必要要件である。

４．目標

この研究の目的は内国海底粘土の工学的特性に関する系統的データベースを作り上げることである。

５．手法

• 海底粘土地盤の基礎的な挙動に関する理論的研究及び海底粘土の工学的特性評価の方法の提供
• 海底粘土の種々の工学的特性間の相関関係に関するデータベースの作成と研究

６．予期される結果

• 内国海底粘土の工学的特性の評価のための組織的データベースの提供
• 堤防及び基礎に関する最適設計と建設計画
• 破壊予測及び安定性解析のための手法の開発

■水資源工学部門

１．研究プロジェクト：安定河川断面の決定手法の開発

２．期間：１９９３．１．１．～１９９３．１２．３１

３．背景及び研究ニーズ

• 安定河川断面を決定する現行の方法は信頼性及び公式化の正当性を欠く。
• これらの方法は河川の維持事業及び立案に用いられている。
• 河川の過度の洗掘及び堆積など重大な問題は、このような不確かな方法の採用により発生することがある。
• 従って、安定河川断面を決定する新しい方法の開発が必要である。

４．目標：安定河床勾配用の新種法の開発

５．方法

• 安定河床勾配の計算に河川工学上慣行的に用いられてきた方法の調査
• 現状技術のレビュー
• 構造上及び論理上の観点における現行方法の分析
• 幾何学的及び水理学的データの収集と整理

• 安定河床勾配のための新種法の開発
• 数学的モデルの結果との比較
6．予期される結果
• 現行手法に取って代わる、安定河床勾配用新種法の開発
• 河道改良あるいは河川計画のための安定河床勾配を評価する信頼性ある手法の提案

■環境工学部門
1．研究プロジェクト：汚水処理上における臭気コントロール用のエアレーションタンク及び土壌ろ過吸着層の使用に関する研究
2．期間：1992．1．1～1993．12．31
3．背景及び研究ニーズ
• 汚水処理場は水質管理に取って必要な施設であるが、快適な施設とはみなされていない。
• 現行処理場における臭気問題は作業者の健康と安全を脅かし、地価と環境的価値の低下を招き、他の社会的問題を引き起こす。
• 臭気制御設備の設計及び運転に関する基礎データの不足。
• 現行汚水処理場における臭気問題の予備的研究から、臭気コントロールの最良の代替案は、エアレーションタンク及び土壌ろ過吸着層の使用であることが提案された。
• 従って、エアレーションタンク及び土壌ろ過吸着層を用いた臭気コントロール法の詳細な確立のための研究を実施することが必要である。
4．目標
• 汚水処理場における処理工程毎に臭気生成物質を立証すること。
• 微生物による臭気制御技術の採用の実現可能性調査。
• エアレーションタンク及び土壌ろ過吸着材採用臭気コントロール施設の設計及び操業の構成要因の確定。
• 汚水処理場における臭気コントロール施設の設計工程の開発。
5．方法
• 文献調査
• 現地施設のサーベイによる実態調査
• ベンチ・スケールテスト及びプラントの実験的運転による研究段階の分析
6．予期される結果
• 汚水処理場従業員の労働条件及び健康環境の改善
• 住民の不満解消、生活環境を改善し、処理場近隣の快適度の回復
• 臭気コントロール施設の設計のための基礎データとしての結果利用
• 経済的な制御プロセスの開発と一体化した臭気コントロール施設の普及

■建築部門

1．研究プロジェクト：既存建造物のメンテナンスと近代化のための指針

2．期間：1993．1．1．～1995．12．31

3．背景及び研究ニーズ

既存建造物は経済的資源のかなりの部分を占めるとの認識の高まりから、その耐用寿命の延長を図るような方法での維持管理が求められる。このため、建物のメンテナンスと近代化の活動により大きな注意が払われるようになった。この認識の高まり、既存建造物の増加し続けるストック量にも関わらず、このテーマに関しては、ほんのわずかの研究成果しか発表されていない。

4．目標：本研究プロジェクトは主に以下の3つの目標をねらいとしている。

A部－建物劣化の評価のための基準

B部－建物補修のための技術的手法

C部－メンテナンスプログラムの開発

5．手法

上記の目標を満たし、メンテナンス作業のコンピュータ化を図るために、以下の調査方法を用いて関連データを収集する。

• サーベイ1は、建物補修、維持及び管理に関する現慣行に重点をおく。

• サーベイ2は、補修作業のコンピュータ化とメンテナンス活動の先行開発についての事例調査とする。

6．予期される結果

• 建造物劣化の評価に関する実戦的指針

• 建物のメンテナンス及び近代化のための技術と方法

■機械及び電気工学部門

1．研究プロジェクト：低温廃熱を用いた居住用建造物の暖房システムに関する研究

2．期間：1993．1．1．～1993．12．31

3．背景及び研究ニーズ

従来の廃熱利用は産業分野における高温廃熱を利用するものであった。しかしながら、大量の低温廃熱が現実に都市施設、オフィス及び居住用建物から排出されている。都会生活におけるエネルギー需要の著しい増大割合に応じて、低温廃熱の回収技術の研究が緊急に必要とされる。

4．目標

都市部における未活用エネルギー源であった低温廃熱量を捕集し、有効利用の可能性を追求するのが究極の目標となる。最終的には、本プロジェクトの結果は居住用建造物に対する革新的なエネルギー節約システムを開発する一助となるであろう。

5．方法

種々の選定されたシステムとその運用法に関して期待される熱エネルギー消費量をシミュレートするため、小型の居住用建造物の模型を建造する。

６．予期される結果

本プロジェクトは、居住用建造物でのエネルギー節約のための改造あるいは新しい暖房システムの設置を望む設計者、コンサルタント、及び建物の所有者あるいは管理者のための一般的な指針として利用されることを意図している。

■建設工学及び管理部門

１．研究プロジェクト：公共施設へのＧＩＳの適用に関する予備的研究

２．期間：１９９３．１．１．～１９９３．１２．３１．

３．背景及び研究ニーズ

- ＧＩＳ利用による公共施設の効果的なメンテナンスと管理
- 公共施設情報を統合する必要性
- 公共施設の環境及び交通へのインパクトの軽減

４．目標

- 公共施設管理情報の基本的なリストの探索
- ＧＩＳ利用による公共施設のメンテナンス管理に関する予備的研究
- 環境及び交通へのインパクト評価のためＧＩＳ適用に関する予備的研究

５．方法

- 海外の事例調査
- 公共施設の管理運営の分析
- パイロットシステムの建造

６．予期される結果

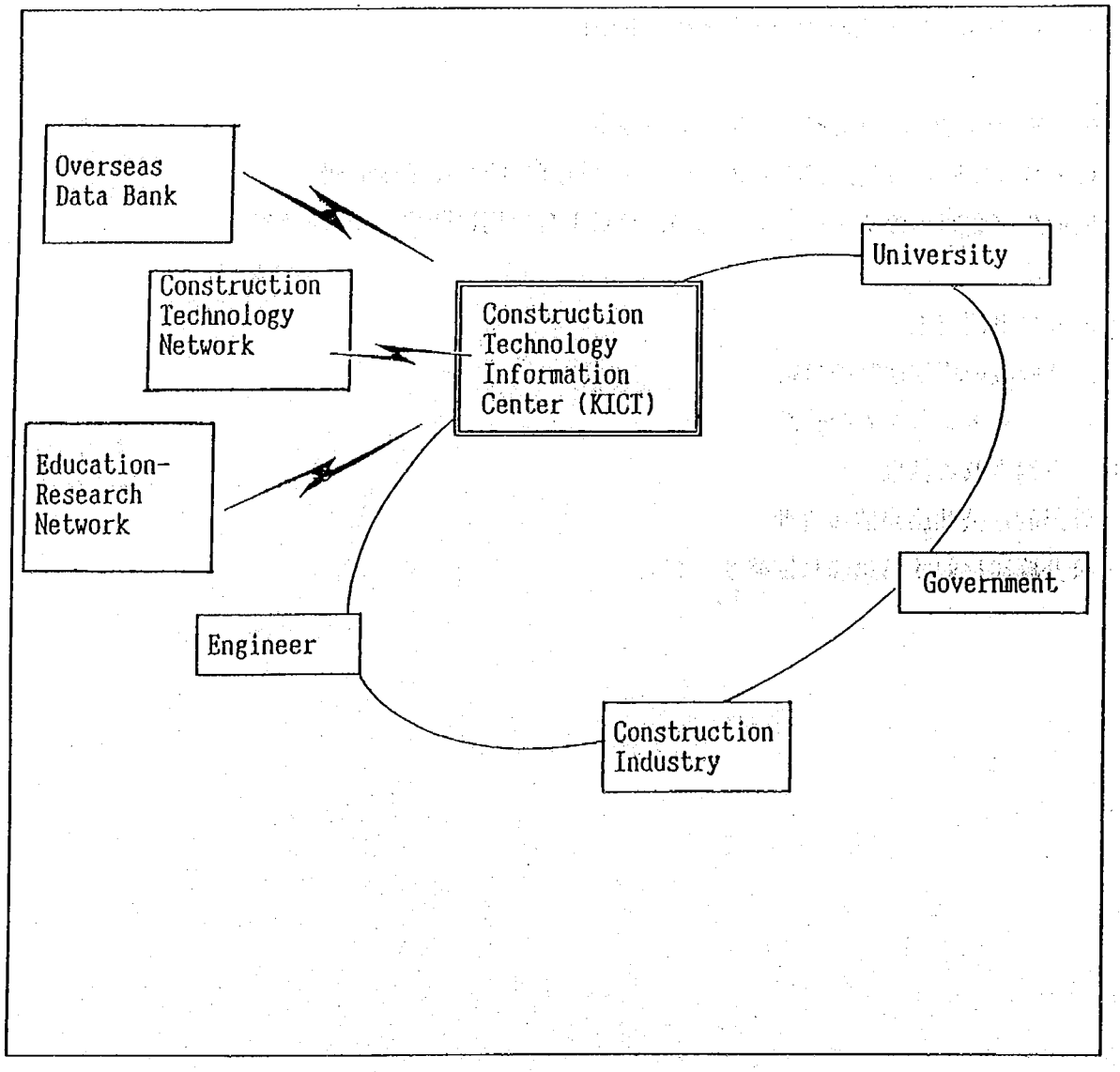
- 効果的な公共施設情報管理
- 公共施設に対する迅速な補修サービス

４．３．　建設技術情報センター

１．目的

建造物全般の品質を改良し、２１世紀に向けて国際競争力を高めるべく、建設産業は建設技術のための明瞭に定義された情報システムを確立し、韓国及び海外の情報を収集する必要がある。情報システムは、主として以下のものにより構成される；データ収集及び管理、データベースの構築、情報の普及と伝達、コンピュータシステムの管理。

２．情報管理の基本戦略



３．技術情報システムの開発計画

情報管理システムの開発は、表－２に示すように２００１年を目標年次として３段階で完成させる。

表－２：技術情報システムの開発

Phase Ⅰ Preparation phase ('88 -'91)	Phase Ⅱ Establishment of information center ('92 - '96)	Phase Ⅲ Operation and further development ('97 - 2001)
· Investigate the sources of construction technology information	· Systematic management scheme for informations	· Establishment of On-line service system through information communication network
· Internationa cooperation & Exchange	· Development and expansion of D/B system	· Commencement of full service
· Extablishment of joint exchange and utilization between related organization	· Commencement of information service to government, construction industry and other related organization	
· Development of D/B system	· Participate in international information Service Network and test run	

５．国際協力

５．１　現状

ＫＩＣＴは建設技術に関して先進諸国の５８の主要な機関と協力関係を維持してきている。ＫＩＣＴは情報交換、研究者交換、共同研究、国際セミナー、等相互に関心ある分野においてこれらの機関と密接に連絡を取り、数々の協力プログラムの促進を続けていくつもりである。

■建設技術に関する国際セミナー

第１回セミナー	１９８３年１１月２２日	韓国ソウル
第２回セミナー	１９８４年　１月２７日	ソウル
第３回セミナー	１９８４年　６月２２日	ソウル
第４回セミナー	１９８４年１０月３０－３１日	ソウル

■ＮＩＳＴとの共同研究

共同研究合意	１９８４年１０月４日	米国
共同研究	１９８４年－１９８８年	

■ＫＩＣＴ／ＭＩＴ共同ワークショップ

研究交換の合意	１９８４年１０月５日	米国
ＫＩＣＴ／ＭＩＴ共同ワークショップ	１９８５年８月２７－２８日	ソウル

■沖積河川特殊問題に関する国際シンポジウム

１９９１年９月１６－１９日　ソウル

５．２　ＪＩＣＥ（国土開発技術研究センター、日本）

- １９８９年６月　３日　ＪＩＣＥ－ＫＩＣＴ研究交換の合意
- １９９０年９月　５日　第１回韓国－日本建設技術セミナー　ソウル
- １９９１年８月２７日　第２回韓国－日本建設技術セミナー　東京
- １９９２年９月２－３日　第３回韓国－日本建設技術セミナー　ソウル
- １９９３年８月３１日　第４回韓国－日本建設技術セミナー　東京（予定）
  －９月　１日

５．３　ＰＩ（永久凍結土研究所、ロシア）

- １９９０年２月２１日　寒冷地域における国際セミナー主催　（ソウル）
- １９９０年９月２５日　ＫＩＣＴとＰＩの協力合意
- １９９１年９月－１９９２年９月　共同研究にＫＩＣＴ研究者をＰＩへ派遣
- １９９２年１１月１７日　永久凍結土地帯における建設課題セミナー主催

（ソウル）

5．4　ＶＩＴ（フィンランド技術研究所）

- １９９１年１２月　　韓国建設大臣フィンランド訪問
  ２国間の技術協力に合意
- １９９２年９月　　ＫＩＣＴ所長ＶＩＴ訪問。技術協力について討議

5．5　ＰＷＲＩ（土木研究所、日本）

- １９８７年１２月２０日　韓国建設省とＰＷＲＩが日本韓国間の技術協力について討議
- １９８９年１２月　　ＫＩＣＴ研究者をＰＷＲＩに１ヶ月派遣（環境問題）
- １９９０年８月　　ＫＩＣＴ副院長ＰＷＲＩを訪問。技術協力について討議
- １９９０年９月　　ＫＩＣＴ研究者をＰＷＲＩに１ヶ月派遣（高速道路）

5．6　ＫＩＣＴと連絡のあるその他の機関

機関名	国名	協力分野
建築と資材の実験研究に関する国際学会	フランス	建築
国際建築研究 文書評議会	オランダ	建築
国際水資源学会	アメリカ	水資源
アメリカ土木学会	アメリカ	建設
アメリカ地球物理学会	アメリカ	水資源
アメリカ水道設備学会	アメリカ	水資源
アメリカ機器学会	アメリカ	建築
アメリカコンクリート学会	アメリカ	建築
アメリカ加熱、冷却、空調工学会	アメリカ	土木
国際水質汚濁研究予防学会	イギリス	環境
水資源研究センター	イギリス	水資源
日本土木工学会	日本	土木、建築
建設省建築研究所	日本	建築
土質工学会	日本	土質工学
水文工学センター	アメリカ	水資源

機関名	国名	協力分野
ウォーターエンジニアリング研究所	アメリカ	水資源
建設、産業研究所	アメリカ	建設
水資源研究センター	アメリカ	水資源
建設工学研究所	アメリカ	建設
農業研究サービス	アメリカ	水資源
土壌保全サービス	アメリカ	土質工学
国立建築技術センター	アメリカ	建設
交通研究所	アメリカ	高速道路工学
マサチューセッツ工科大学	アメリカ	土木工学
テキサスA&M大学	アメリカ	土木工学
テキサス大学（オースティン）	アメリカ	土木工学
清水建設研究所	日本	建設
大成㈱研究センター	日本	建設
鹿島建設研究所	日本	建設
国土開発技術研究センター	日本	建設
京都大学防災研究所	日本	建設
水文学研究所	イギリス	水資源
交通、道路研究所	イギリス	高速道路
連邦物性試験所	ドイツ	建築、材料
連邦高速道路研究所	ドイツ	高速道路
連邦水文学研究所	ドイツ	水資源
国家建築研究所	ドイツ	建築
国立中央科学研究所	フランス	建築
国際水資源管理訓練所	フランス	水資源
デンマーク建築研究所	デンマーク	建設
中央建築研究所	インド	建築
セメント及び建築材料評議会	インド	建築
Ret-Ser工学院	台湾	建設管理
住宅開発庁	シンガポール	建築
ハンガリー建築研究所	ハンガリー	建築
ブタペスト工科大学	ハンガリー	土木工学
建設研究所	カナダ	建設

６．水質保全対策

６．１　水質汚濁問題

韓国は水資源に乏しい。年間の降水量は世界の標準を上回ってはいるが、年間総雨量の３分の２が約４カ月の期間に集中しているので、雨の降らないときは水質汚濁が深刻となる。その反面、降雨期には表流水が洪水となって海へ流れ出す。この問題に対処するために巨大なダムを多数作って流水を貯留し、洪水を防ぎ発電に資する事が行われている。しかしながら、人口湖では長期にわたって水を蓄えておくため、水質低下の深刻化、貯水の富栄養化が問題となってきた。水質汚濁は当初、主に大都市の近郊や工業生産地域で問題となっていたが、そのうちいたるところで水質問題が出始め、今や全国的なものとなっている。最近韓国では飲料水に下水が混入するという事態が発生するに及んで、環境問題は政府、官公庁が重大な関心を持つところとなった。このような状況をふまえて、ここに韓国における水質汚濁の現状及び水質改善に対する今後の方策を述べる。

６．２　河川及び湖沼

韓国の河川は河川法により次の３つの級（環境省（１９９２））に分けられている。：
A級河川は、建設省により直接管理されており、B級河川は地方官庁により管理されている。C級河川もやはり地方官庁の管理下にあるが、河川法の定めで間接的な管理となっている。河川法により、指定を受けている河川は、A級で62、B級で55、C級で3,847、合計3,964あり、その延べ距離の合計は表－１のごとく、30,426ｋｍとなる。なお、河川法で指定を受けていない34,958の支流及び小規模河川があり、それらの合計距離は39,110ｋｍとなる。

表－１：流域別にみた韓国の河川

river basin	basic area (km^2)	extension(km)							
		Total		Class A		Class B		Class C	
		No.	ext.	No.	ext.	No.	ext.	No.	ext.
Total	88,747.5	3,964	30,416	62	2,858	55	1,320	3,847	26,238
Han	26,018.0	705	7,257	15	814	12	553	678	5,890
Nakdong	23,817.3	825	7,460	10	830	10	191	805	6,440
Keum	9,810.4	503	3,742	11	402	20	362	472	2,998
Yongsan	3,371.3	185	1,472	5	197	2	46	178	1,229
Sumjin	4,896.5	284	2,071	3	237	1	22	280	1,812
others	20,834.0	1,462	8,414	18	379	10	146	1,434	789

表－２は、韓国における主要湖沼の諸元を記載している。韓国には２０７の湖があるが、主な湖の多くは人造湖である。もしある湖の水の滞留時間が３．６日以上で窒素と燐の含有率が高いと、富栄養化の傾向が強いと考えられる。（水質保全管理に関する日本調査団（１９８６））韓国の湖は表－２

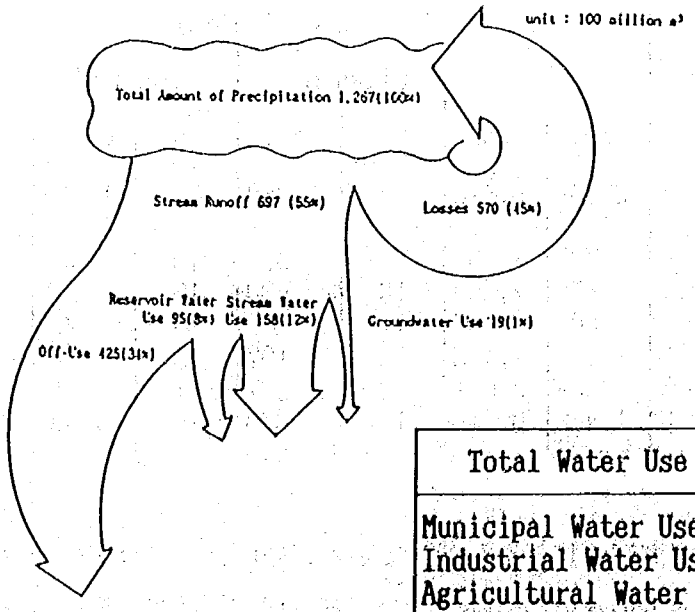
に見られる水の滞留時間が非常に長いことから見て、富栄養化しやすい条件を備えていると言えよう。

表－２：主要湖沼の関連指標

Lake	Inflow ($10^6m^3/yr$)	Total storage (10^6m^3)	catchment area (km^2)	Aug depth (m)	HRT (days)	surface area (km^2)
Soyang	1,874.5	2,900	2,703	41.4	562	70.0
Paldang	16,505.2	244	23,800	6.7	5	36.5
chungju	4,610.3	2,750	6,648	28.4	217	97.0
Andong	1,098.5	1,230	1,584	23.9	410	51.5
Namgang	1,584.6	136	2,285	5.8	31	23.7
Hapcheon	641.4	794	925	28.8	435	27.6
Imka	852.9	1,060	1,230	22.1	456	48.6
Seomjingang	592.1	466	763	17.6	287	26.5
Juam	700.4	860	1,010	14.0	451	61.3
Daechung	2,864.8	1,490	4,134	20.5	190	72.8

６．３　水資源及び水利用

韓国における年間平均降水量は1,274㎜であり、これは世界の平均値の973㎜に比べると、１．３倍である。しかし、韓国の人口一人あたりの流出水量は僅か3,000立方メートルで世界平均34,000立方メートルの１／１１にすぎない。年間降水量の約６５％は６月より９月までの４カ月間に集中しており、この時期の降水は洪水となって流れ去る。図－１は、韓国における水のバランスを示す。1,267億トンの年間全降水量の内、４５％が蒸発または浸透により失われ、残りの５５％（697億トン）が地表を流出する。しかし425億トンは主に洪水のために直接海に流出してしまい、利用可能の地表流出水は僅か253億トンにすぎない。



Total Water Use	272(100%)
Municipal Water Use	47(17%)
Industrial Water Use	25(9%)
Agricultural Water Use	150(55%)
Environmental Water Use	50(19%)

Figure 1. Water supply and Use (1990)

また、韓国には1.3兆トンの地下水があると思われるが、土地や土壌の条件を考慮に入れると、地下水開発の技術的、経済的実施可能性はかなり限られている。

６．４　河川湖沼の汚染

６．４．１　汚染源

汚染源の主なものは家庭用雑排水と工業廃水である。これらの汚染源に加えて牧畜用の廃水があり、これは水量そのものはそれほど多くないが、質が悪いためある程度の汚染源となっている。１９９１年末現在、下水の排出量は１日10.217万トンであり、工業廃水は１日728万トンである。表－３に見られるごとく、工業廃水を出す事業者数は１９８０年の4,000から１９９０年の13,500に増加した。牧畜用についても畜肉の消費の増加に伴い廃水の流出量が増加してきている。表－４は牛、豚の廃水が主要な割合を占めていることを示している。しかしこれらの牧畜から来る廃水はその発生源が分散しているためにその管理は難しくほとんどの廃水は十分な処理を経ないまま流出している。

表－３：工業廃水の年間流出量

Year	No. of Indrestry	Wastewater (10^3m^3/day)
'80	3,984	1,962
'81	4,920	2,209
'82	5,671	2,760
'83	5,924	2,538
'84	6,422	2,729
'85	7,375	3,109
'86	7,900	4,489
'87	8,570	4,603
'88	9,522	5,983
'89	11,203	6,499
'90	13,504	7,280

表－４：牧畜廃水の発生量

	No. of Livestock	Wastewater(ton/day)
Cattle	2,386	71,580
Horse	3	120
Pig	4,281	21,415
Poultry	59,910	8,987

６．４．２　水質汚染レベル

表－５は、韓国の４つの河川、即ちハン江、ナクトン江、クム江、及びヨンサン江の上流、中流、下流各地点のＢＯＤレベルをまとめたものである。ハン江の上流及び中流の水質はかなり良好であるが、下流では汚染度のひどいいくつかの支流の水が流れ込むため水質は悪い。

表－５：主要河川主流のＢＯＤレベルの現状及び予測

River	'89	'91	'96
Han (Noryangjin)	3.4	3.9	4.9
Nakdong (Mulgeum)	3.6	4.0	5.0
Keum (Buyeo)	3.5	3.0	5.4
Yungsan (Naju)	6.6	7.0	7.6

ナクトン江の上流の水質はＢｏｎｇｗａ地域で０．８ｍｇＢＯＤ／Ｌを示し、やはり良好なものであるが、Ｋｅｕｍｈｏ江の水が入ってくるとこれがテグ市から流れ出た水、及び多くの工場からの廃水で非常に汚濁されるために水質が悪化してくる。さらに水流が中流から下流に入るとこの地区は大きな汚染源がないことと、河自体の自浄作用が働くため水質は若干回復してくる。クム江の上流に位置するＤａｅｃｈｅｏｎｇ貯水池は韓国中部地区の主な水道源であるがここの水質は第１級の水質基準を、満たしてはいない。さらに河の中流及び下流ではＤａｅｊｅｏｎ市やＣｈｅｏｎｇｊｕ市などを含む地域にある種々の汚染源からの下水や工業廃水によって水質が一層悪化している。ヨンサン江の長さは４つの主要河川中最も短く、流域面積も広いものではない。しかしＮａｊｕ、Ｃｈａｎｇｓｕｎｇ、Ｋｗａｎｇｊｕ貯水池などいくつかの貯水池が上流地帯に作られており、総貯水容量2,600万トンが主として灌漑用に用いられている。これらの貯水池のために河水の流量は少さくなり、Ｋｗａｎｇｊｕ　Ｃｈｕｎとの合流点でのＢＯＤは非常に高い。Ｋｗａｎｇｊｕ　ＣｈｕｎはＫｗａｎｇｊｕ市から出る下水及び工業廃水により非常に汚濁しており、約１０．６ｍｇ／Ｌとなっている。しかし表－５は下流地域において水質が再び向上していることを示している。表－６は非常に汚濁の進んだ支流での代表的なものであり水質はほとんど下水の状態に近いことを示している。いくつかの下水処理場や工業廃水処理場が建設されて水質は幾らか改善されてはいるがそれでもＢＯＤレベルは非常に高い。

表－６：汚濁のひどい支流のＢＯＤ基準

Tribuary	'87	'88	'89	'90
Keumhogang	69.8	98.7	47.5	36.9
Chungryangcheon	37.5	36.5	30.0	31.6
Kwangjucheon	31.7	35.8	38.3	25.0
Kapcheon	17.2	31.9	28.2	15.5

６．４．３．　水質汚濁対策用設備

生活排水とある種の工業廃水は14,000の汚水浄化槽と1,300の小規模処理設備で一次的に処理を行っている。１９９１年末現在、２２の下水処理場で一日約5,400万トンの下水が処理されており、これは韓国全体の下水の発生量の３３％に相当する。表－７は、韓国で現在行われている工業廃水の処理方式をまとめたものである。これらの中には非常に単純な方法、例えば沈澱法、ろ過法、中和法などを採用している工場も少なくないが、その反対に、Ａ／Ｃ吸着法、イオン交換法、皮膜処理法など進んだ方式を採用している工場もある。しかし多くの工場では物理的、化学的、生物学的処理方法を組み合わせたコンバイン方式もしくはジョイント処理方式を採用している。全国的にみて水洗トイレの普及率は４３％で、その他の約43,600立方メートル／日のし尿は色々な方法で処理されている。そのうち約15,000立方メートル／日のし尿は都市部のし尿処理場で処理され、これが大きな割合を占める。また約３％がタンク内で長期間かけて分解され、約１９％が堆肥に用いられたり海中に投棄されたりしている。牧場については豚を1,000頭以上、あるいは牛か馬を100頭以上飼育し、農場面積がそれぞれ1,400平方メートルまたは1,200平方メートル以上のものは廃水処理により、１５０ｍｇ／Ｌの廃水ＳＳ及びＢＯＤ基準を満たすことを義務づけられている。より小規模な牧場で豚用の150～1,400平方メートルの農場及び牛、馬用で350～1,200平方メートルの農場を持つものは１，５００ｍｇ／ＬのＢＯＤ基準を満たさねばならない。しかしながら大多数の牧場はさらに小規模であり、法律の適用を受けるのは全体の３０％にすぎず、７０％の牧場の廃水は適切な処理がなされないままになっている。

表－７：工業廃水の処理方式

Type	Number	Capaiety(10^3m^3/day)
physical	1,338	120
physical + chemical	7,742	1,487
physical+biological	877	335
combined	708	5,093
Joint treatment	632	227
others	1,704	19

６．４．４　今後の水質問題の見通し

生活廃水及び各種の工業廃水は今後も水質汚染の主要源となるであろう。韓国の総人口は年率０．８％でコンスタントに増えており、２００１年には４，７００万人に達する。都市化も進んでいるので２００１年までには都市化率は８６．２％と見込まれる。表－８は韓国の３つの代表的工業分野での生産予測を示す。この１０年間で韓国の工業生産は３倍となっており、この驚異的増加は表にみられるように約９％以上の率で継続すると見られる。

今後韓国の産業界では汚染防止技術（クリーンテクノロジー）が使用されると予想されるがそれでも工業廃水の流出は今後増加することが見込まれる。現行の第７次経済・社会開発５ヶ年計画（９２－９７）では、下水量はこの期間に４％の伸びを見込んでいるのに対し、工業廃水は同期間で２８％の増加が予測され、この点からみて工業廃水は汚染を引き起こす最大要因となると考えられる。表－９でも９３年よりこの傾向が見られる。

表－８：特定工業生産の予測

	'91	'96	2001
petrochemical (10^3ton)	4,230	5,757	7,071
steal (10^3ton)	25,000	29,000	33,500
VTR ($x10^3$)	10,990	12,090	12,700

表－９：廃水の発生予測

	'91	'93	'95
Domestic sewage	10,217	11,855	12,291
Industrial wastewater	9,356	13,472	17,400
Livestock wastewater	89	92	96

６．５　水質保全政策

６．５．１．　環境問題改善の５ヶ年計画

韓国の環境問題改善のため、環境省では５ヶ年計画（’９２－’９６）を策定している。計画には主要水系の水質改善のための５項目が盛り込まれている。：ａ保全地区に指定された地区において政策を強力に推進し水質改善を図る。　ｂ）各々の河川、湖沼の適正な水質目標を設定し更にその監視体制を充実する。　ｃ）水質基準目標に沿った廃水流出の管理強化を図る。　ｄ）下水及び工業廃水の組織的な処理技術を導入する。　ｅ）河川、湖沼の自己浄化作用の機能回復を促進し、水質の向上

を図る。

計画では更に次のような細部事項を設定している：第１にソウル市及び韓国中部地域への水の補給源であるＰａｌｄｏｎｇ貯水池及びＤａｅｃｈｅｏｎｇ貯水池の水質保全に重点をおく。両貯水池周辺は特別保全地域に指定されている。この地域ではいかなる開発行為も制限され廃水規制は厳しく実施される。本地域での下水処理場を含む汚濁対策施設の建設は最優先される。以上の特定保全地域の方式は逐次他の重要な貯水池のある地域にも適用していく。第２として各重要河川の流域について水質保全管理計画が設定された。計画では下水処理場や牧場廃水の複合処理施設などの汚濁防止施設の設置を強力に推進し、水質目標の達成を目指している。第３として厳しくはあるが合理性を持った水質規制の確立を今後逐次推進する。例えばトリクロロエチレン及びテトラクロロエチレンが１９９３年１月１日より規制対象となる。また環境省によって指定されている湖へ処理水を流す処理場では窒素及び燐の流出量が制約される。計画期間中には表１０に見られるように大都市については１００ヶ所の下水処理場を小都市については１５２の小規模の処理場を３兆８７３０億ウォンの投資によって建設することが計画されており、これにより下水処理率は１９９６年までに６５％に増加する。表－１０にはその他の処理施設も掲げている。

表－１０　１９９６年までの各種廃水処理計画

方式	数	処理能力（10^3m^3／日）
下水処処理場	７６（１８）	９、３０７ １，０９８
工業廃水の複合処理場	１０（２）	９３４ ４１．２
農工団地用の複合処理場	１２８ １８１	
牧畜廃水の処理場	３２	４．７３
し尿処理場	３４（５０）７９	４．１７

更に水質保全のための投資では汚濁河川の浚渫工事やその他の組織的制度的な保全計画を導入し、主要河川の水質を少なくとも第２級のレベルに改善することを目標にしている。本計画目標の達成により第１レベルの水質を持つ地域は３４％から７０％に増えることになる。

６．５．２　水質保全の長期対応策

全ての場所に水を飲用可能な水質に保持する事は先進国においても不可能で、また不経済なことである。重要な問題は水の有効利用とそこに住む生態系を保護する水質の維持ということになる。これに基づき水域の環境的許容限界を算定しこの限界を超えないように全ての汚染源の流入を管理することが必要となる。この点からみた保全計画の長期的施策要点は次のように考えられる。

ａ．　それぞれの河川流域の環境許容限界を算定した上、汚染源の流入を減少させるべく経済的に可能な範囲で段階的に達成目標を設定する。このためには環境条件に関するデータの他に流量や汚染

物混入等についての水理学的データも必要となる。

ｂ．　発生した廃水の全てが集められ処理場に送られるように下水施設を建設し、補修するため組織的な計画を策定し、これを実施する

ｃ．　廃水の再生技術を駆使して限られた水資源の節減し、再使用率の向上と天然水源への汚染負荷の軽減を図る。廃水の再生についての基準を設定すると同時に税の軽減等の促進措置を考える。

ｄ．　韓国における主要水資源である人工湖の富栄養化を最小限度に抑える。廃水処理では窒素及び燐の除去も行う。１９９６年適用予定の総窒素総リンの汚染限度は甘すぎるので地方の状況を考慮したより厳しい限度をもうける。

ｅ．　遠隔地での下水道整備より小規模の処理場の設置の方が経済的と思われる。

ｆ．　河川の改修工事の際には汚染度を軽減し得る処理施設を現地の河辺に建設すべきである。

ｇ．　従来の管末処理型汚染対策方法より汚染防止技術（クリーンテクノロジー）を用いた方がより経済的でありかつ効果的であると判断される。このために汚染対策のためのハイテク技術を開発し、導入することが必要となる。

ｈ．　環境対策の技術開発のための長期計画を確立し確実に実施すべきである。幸いにも環境対策技術は「科学技術開発のための高度国家プロジェクト」（Ｇ７プロジェクト）に含まれている。今年度だけについてみても環境対策分野の７つの技術研究プロジェクトに４０億ウォンの国家予算が投入されている。

６．６　まとめ

韓国の急激な工業化および都市化にともない下水と工業廃水の流出量は急激に増加し天然の水資源の汚濁が進んでいる。更に韓国の社会経済及び自然の特性、即ち高い人口密度、限られた水資源、水洗トイレの急激な普及等により河川や貯水池の水質は悪化している。環境改善のための５ヶ年計画（９２－９６）は5年間で３．９兆ウォンの予算で水質を改善しようとする強力な計画であり、この計画が達成されれば水質の顕著な向上が期待される。しかし更に効果的な水質保全対策のためにはそのほかの諸問題も考慮しておく必要がある。すなわち下水道の設置、復旧補修や湖の富栄養化を防止するためのハイテク技術による窒素、燐の除去、更に都市化地域や牧場廃水処理用の小規模処理施設の導入等の問題がある。また各種廃水汚濁度軽減のためには従来の管末処理型の方法から脱却して予防型技術への発想の転換が非常に重要となる。水質保全のためには政府、生産業界、住民のそれぞれが自分達は被害者であるばかりではなく加害者でもあるとの自覚に立って最善を尽くすことが望まれる。

Ⅳ. マ レ ー シ ア

マレーシア公共事業省公共事業局次長　Abdul Rahman B. Abdullah

目　次

第１部　：　マレーシアの概要

第２部　：　マレーシアの公共事業の現状

第３部　：　マレーシア公共事業局の研究・技術開発

第４部　：　災害・防災

第５部　：　環境と社会資本整備の調和

第６部　：　今後議論したい課題

第1部　マレーシアの概要

1.1　地理

マレーシアはマレー半島、サバ、サラワクからなる。総面積は330,433k㎡で、サバ、サラワクは南シナ海をはさみ半島から約530㎞離れている。マレー半島は、北のペルリスから南のジョホール海峡（セラトテブラウ）まで740㎞に及ぶ。半島部はジョホール、ケダ、ケランタン、メラカ、ネゲリ・センビラン、パナン、ペラク、ペルリス、プラウ・ピナン（ピナン）、セランゴール、トレンガヌの各州、それに連邦管轄地であるクアラ・ランプールからなる。半島部の海岸線は、およそ1930㎞に及ぶ。サバとサラワクは西のタンジュン・ダツ（サラワク）から東のホン岬（サバ）まで1120㎞に及び、海岸線は約2253㎞ある。

マレー半島ではメーン山脈あるいはバリサン・ティティワンサとしてよばれている山脈がタイ国境から南へネゲリ・センビランまではしっていて、半島を東西に分けている。ケランタン及びトレンガヌ、パナンの内陸部の大半は山地であり、半島の最高峰のタハン山（2187m）を有する。国土の地形と多量の降雨のため河川が多い。これら河川は100年ほど前までは交易、旅行の大動脈であった。またその歴史的重要性は半島部のほとんどの州が各主要河川からその名前をとっていることからも明かである。これら河川のうち最長はパナン川（475㎞）でついでペラク川（475㎞）とケランタン川である。

サラワク、サバの河川は半島部の河川より長い。最長はサラワクのラヤン川（563㎞）で、上流のカピまで（160㎞）小さな沿岸航海船で航行できる。サラワクの他の主要河川はバラン川（400㎞）、バタン・ルプール川（228㎞）、リンバン川（196㎞）、サラワク川（113㎞）である。サバの主要4河川はキナバタン川（563㎞）、ラブク川、セガマ川（100㎞）、スグト川で、これらはすべて東に向かって流れ、スールー海にそそいでる。

サバ内陸部は多くの山脈や丘陵が交差している。主要な山脈はクローカー山脈で平均762mから914mあり、北西海岸地域の狭い低地と内陸部を隔てている。クローカー山脈の最高峰はキナバル山（4100m）で、マレーシア及び、東南アジアの最高峰である。マレーシアで3番目に高い山はタンブユコン山（2597m）で2番目に高い山、トルス・マディ山（2597m）と近接して同じ山脈内にある。サラワク内陸部は山地で、インドネシア国境に沿って、高い山が連なっている。サラワクの2高山はムルド山（2425m）と世界一大きい天然洞穴があるムル山（2371m）である。

サバ、サラワクを含めてマレーシアの国土の約5分の4は熱帯雨林地域である。稲作は半島中で行なわれているが、主要な、伝統的地域はペルリス州、ケダ州、プラウ・ピナン州の半島部（ウェレスレー地方）である。大規模な稲作の新地域はペラク、セランゴール、ケランタンである。大部分のゴム、椰子油の大農園は半島の西海岸地域にあり、主要な錫の鉱脈も西海岸地域にある。　半島東部は全般に農業はあまり発達していないが、海岸線は美しい砂浜が続き、西海岸側のマングローブの暗い林とは対照的である。サバ、サラワクではその大部分がマングローブの沼地となっている沖積海岸平野が、海と山岳内陸部の間に広がっている。

1.2 気候

マレーシアは全域赤道地帯にある。気候は1年の間に交互に吹く北東の季節風と南西の季節風によって支配されている。季節風により、帆船時代はマレーシアは東と西の自然な出会いの場、交易の場となった。北西の季節風はおおむね10月から3月まで吹き、南西の季節風は5月から9月の間吹く。この二つの季節風の変わり目の期間は、多量の雨が降る。南シナ海から吹く北東の季節風は半島東海岸部で豪雨を起こし、しばしば、特に12月から2月の間、広い地域に洪水を起こす。同様に、この期間サバ、サラワクでも最も湿度の高い時期となる。ケダ州、ペルリス州だけは北に位置するため季節風の影響を受けずにこの期間も乾燥している。一方、南西の季節風の時期は全国的に乾期となる。特に、半島西部の州は広大なスマトラに遮られ乾燥する。熱帯地域にあるため、年間平均気温は常に高温（26℃）である。日中の温度差は約7℃で、年間温度差は1℃以下である。気温、雨量の地域差は主に標高差による。例えば、カメロン高地は平均気温は18℃、年間雨量は2500㎜をこすが、クアラ・ランプールは平均気温は27℃、年間雨量は2410㎜である。海岸近くでは、陸風、海風により気温が緩和され、半島は殆ど四方を海に囲まれているため、気候は概ね一様である。午前中は概ね晴天で、午後遅く降る雨はしばしば雷雨となる。気温が高く高率の蒸発のため湿度は高く（約80%）、雨量は多い（2500㎜以上）。一般的に、サバ、サラワクは半島部より雨量は多い。

1.3 人口

今日マレーシア人口の特徴は非常に多彩な民族が混合していることであり、世界における多民族社会の主要な例となっている。マレーシアでは多民族社会の歴史は過去150年以上に及ぶ。マレーシアの民族は、大きく二つのカテゴリーに分類される。地域に土着した文化に由来する本土人（ブミプテラ）と外来文化に由来する人たちである。

ブミプテラ

ブミプテラの中でもかなり差異があり、大きく（1）原住民（オラン・アスリ）、（2）マレー人、（3）マレー人同族の3種類に分けられる。原住民は最も古い民族だが現在は小数しかおらず、主にマレー半島内に散らばって生活している。

マレー人はマレー半島で最多の民族であり、サラワクでは小数民族の中で最多民族で、サバには小数いる。マレー人はマレーシアに、特に半島東海岸、サラワク、サバ（それとブルネイ）に長く定住しているマレー人と、19世紀後半から20世紀にかけてスマトラからマラッカ海峡を渡ってやってきた多数のマレー人の2つに分けられる。実際的にはマレー人とみなされる他民族は、その大部分は1850年以降マレーシア（特に半島部）に定住してきた民族で、ジャワ人、特にジョホールの西海岸地域、セランゴール、低ペラクに住むジャワ人、バンジャル人、ボヤ人、ブギ人、ミナンカバウ人である。サバのバジャウ人も同類である。これらの民族がマレー社会に速やかに同化できたのは共通の文化特性、とりわけイスラム教の結束による。

３番目の非マレー人ブミプテラはサラワク、サバにみられる。サラワクではこれらの最大民族はイバン人で、州においても最大民族をなしている。他はビダユー人（以前はランド・ダヤクと呼ばれてた）、メラナウ人、ケンヤー人、カヤン人、ビサヤー人がいる。サバではカダザン人（ドゥスン）が最大の民族をなし、ムルト人、ケエラビト人、ケダヤン人の小数民族がいる。これらの民族は初期の移住期にマレーシアに移住してきた民族と同族である。農業の様式が異なるようになり、１世紀以上にわたる分離、再統合の過程を経て、現在の個性、特徴を持つに到った。

非ブミプテラ

非ブミプテラは主として中国人、インド人で、小数のアラブ人、シンハリ人、ユーラシア人、ヨーロッパ人がいる。中国人、インド人がマレーシアに接触したのは歴史の始まりにまでさかのぼるが、１９世紀まで中国人、インド人はあまり定住しなかった。例外はメラカ州のババ地域の中国人で、１６世紀まで先祖をたどれる。多数の中国人、インド人の移住が１９世紀に始まったのは、産業革命ののもと始まった急速な経済発展と海峡地域のイギリス植民地政府の無干渉主義政策の影響による。中国人は、発展しつつあった錫鉱業に投資、または労働者となり、インド人は主としてコーヒー園、後にはゴム園で農業労働者となった。

マレー半島やボルネオ島領内への移住は１９３１年まで制限されなかったが、大恐慌の影響により１９３１年から制限されるようになった。しかしながらこの時点までは中国人、インド人の移住は基本的には一時移住で、マレーシアで生まれた中国人、インド人の数は移住者全人口に比べ少なかった。移住制限が設けられ移住者の数が急激に減ったため、急速に性別の人口割合が正常になり、マレーシアで生まれた中国人、インド人が多数を占める社会ができてきた。第２時世界大戦の勃発、日本の占領により中国人、インド人の移住は終わった。

マレーシアの中国人は大半が南中国出身で広東語、福建語が最大言語集団である。インド人の中では南インド、スリランカ出身のタミル人が最大民族で、小数民族はかなりの数のシーク、マラヤレー人がいる。

１９８０年代まで緩やかな人口増加が政府の政策であった。しかしこの政策は転換され、年間人口増加率３．２％をもとに７０００万人の目標人口を達成することとした。上記の増加率により２０９５年までにはこの目標を達成されるだろう。

１．４　経済、社会

概要

独立当時マレーシアはイギリスから古典的な植民地経済を引き継いだ。１９５７年マレー半島は世界一の錫の産地であり、世界第二の天然ゴムの産地であった。また、サバは材木に依存してたし、サラワクは石油、ゴム、胡椒に依存していた。マレーシアはこれらの産物に関し支配的立場をとり、それにより繁栄を享受し、第３世界諸国の間で指導的位置にたった。しかしながら同時に世界市場、特に錫、ゴムの変動に左右される危険な立場にあった。独立以来の政府の目標は

農業分野において経済を多様化し、選ばれた地域で産業化を推進し、2、3の産物に頼る危険性を断つことであった。このような産業化は、この10年著しく発展した。

国家経済の発展に政府は直接、間接に指導的役割を演じている。経済発達の全体方針は何度かの5ヶ年計画で計画されてきた。そして1971年からは新経済政策（NEP）の思想によって計画されてきた。新経済政策は第2次5ヶ年計画（1971～1975）の導入と同時に始まり、二つの目標を宣言した。それは人種を問わず収入水準、雇用機会を増大し、貧困を減小させ最終的には撲滅すること、それと経済の不均衡を修正し、マレーシア社会の再構成を推し進め、人種と経済活動の同一性を減少させ、最終的には撲滅することである。この目標の当初の達成時期は1990年に予定されていたが、新経済政策の概念はその後の経済計画、発展に応用され続けていくことは明らかである。

主要工業国の鈍い回復予想にしたがって国内経済の全生産高成長は1992年は中程度と予想される。経済は1988年以降4年連続急速に発展したが、実質国内総生産（GDP）は1991年に達成された8．7%に対し1992年は8．5%が見込まれてる。国民総生産（GNP）は、1991年の11．8%に対し、物価上昇にしたがい1992年は13．8%の高率が予想される。

国内外の両部門とも経済成長を刺激すると予測される。1991年とは対照的に輸入はかなり鈍化が見込まれてる一方輸出は増加し続けているので、1992年は国外部門が全成長に貢献すると予測される。

国内総需要は1993年は現物価で9．5%の成長が予測される（1992年：9．1%）。経済成長は公共、民間の両部門とも見込まれており、公共部門の需要成長は8．1%が予定されている。民間部門の支出は僅かに高い9．7%の成長が1993年は計画されている。

第2部　マレーシア公共事業の現状

1.0　国家発展計画（NDP）

1.1　　NDPの目的は、より連合された公正な社会を創造するためにバランスある発展を達成することである。NDPは公平な成長を強調しており、すべてのマレーシア人が経済活動の主流へ参加することを可能にし、従って政治の安定と国の統一を保証する。現在推し進めている貧困の撲滅と社会の再構成を推進する国家経済政策（NEP）に基づき、NDPは以下の重要な点を成し遂げる。

- ○　経済成長の目標と公平性との適正なバランスをとる。
- ○　経済成長を最適にする相互補完性を増大するよう、経済主要分野のバランスのとれた発達を確実とする。
- ○　すべてのマレーシア人が公平公正に経済成長の恩恵を受けられるよう推し進め、社会、経済の不公平、不均衡を減少させ、最終的には除く。
- ○　州間、都市、地方間の経済発展の格差を減少させ、国家統合を推し進め、強化する。
- ○　あらゆる国民がより豊かな物質的繁栄を享受する一方、同時に肯定的な社会、精神的価値が浸透し、国を誇りに思い、自覚を高める進歩的な社会を発達させる。
- ○　人的資源の発展、生産力の高い規律ある労働力の創造とともに、社会の再構成の目的を壊さずに文化の長所、優秀性を通して産業発達に挑んで行くのに必要な技術を発達させる。
- ○　戦略的知識に基づく技術において競争力をつけることにより、科学技術を社会経済計画および発展と絡ませ、近代産業経済を築く過程において科学技術文化を推進する。
- ○　経済発展の追求にあたっては、国の発展が長期にわたって持続するよう環境、生態の保護に十分配慮する。

2.0　建設投資の予算

2.1　　増大するインフラストラクチャー設備の要求に見合うよりよいインフラストラクチャー網を整備する目的に沿って、運輸通信部門には１０８，３２００万リンギットが当てられてる。即ち連邦の予算の１９．７％を占めている。この予算のうち、７５，８５００万リンギットは道路の向上、拡張に当てられ、このうち１２，８６００万リンギットは地域開発庁管轄下以外の地方道路に当てられる。さらに、１３，８６００万リンギットがマレーシア鉄道にあてられ、主として車両の購入、複線の建設、信号、通信システムの向上に使われる。新空港建設、既存の空港の改善に９，９７００万リンギット当てられる。このうち１，７６００万リンギットはスバン国際空港の向上、改善に費やされる。空港の拡張に７，５８００万リンギット要する。

2.2　エネルギー、水資源は合計４７，５２００万リンギットがあてられてる。水の供給計画の拡張、改善に優先的に予算を当て２８，５４００万リンギットがあてられてる。このうち地方で網状システムをも設備する地方水供給計画は１０，４８００万リンギットである。これは水資源の保護、また州間、盆地間の水の転送用にダムの建設も含まれている。水質、環境改善のために５，５１００万リンギットが下水道設備に当てられてる。下水道計画の新財政方式は地方自治体の下水道拡大を援助するものである。

2.3　エネルギー部門では石油公社（ＰＥＴＲＯＮＡＳ）と電力公社の提案されてる開発のための多額の支出はそれぞれの内部財源でまかなうが、連邦政府は９，７９００万リンギットをこの部門に支出する。このうち７，６５００万リンギットは地方の電化のためである。地方電化計画によりマレー半島では１００％、サバでは７３％、サラワクにおいては７７％が計画期間の終わりまでには電化される。石油公社は１０８億を石油、ガスの計画に費やす。このうち主なものはメラカ州の精製所計画に４２．６億リンギット、ビントゥルのＬＮＧ工場の拡張に１６．５億リンギット、石油化学計画に１４．８億リンギットである。テナガ国立ベルハドは第６次計画の期間中１１０億リンギットをおもに発電、送電、配電網に費やす。

2.4　第６次計画期間における水資源の予算は３７，７３００万リンギットである。その大部分に当たる２８，５５００万リンギットは水供給拡張に当てられる。このうち１７，１７００万リンギットは水源拡大事業、３，５０００万リンギットは現存の処理場の向上、配水システムの補修、７，８７００万リンギットは網状システムの拡張に当てられる。下水に関しては予算は大幅に延び、５，５１００万リンギットとなった。都市の排水計画に３，６８００万リンギット当てられる。

3.0　公共事業関連の省庁

3.1　総理府　経済企画庁

Jalan Dato'Onn
50502 KuakaLumpur

3.2　総理府　実施調整庁

Jalan Dato'Onn
50502 KuakaLumpur

3.3　大蔵省

Jalan Duta
50592 Kuala Lumpur

3.4　運輸省

Wisma Perdana

Jalan Dungun, Damansara Heights

50616 Kuaka Lumpur

3.5　国防相

Jalan Padang Tembak

50634 Kuala Lumpur

3.6　保健省

Blok C, Kompleks Pejabat-pejabat Kerajaan

Jualan Dungun, Damansara Heights

50590 Kuala Lumpur

3.7　文部省

Blok J, Pusat Bandar Damansara

50604 Kuala Lumpur

3.8　内務省

Jalan Dato'Onn

50546 Kuala Lumpur

4.0　進行中の主要計画

4.1　新クアラ・ランプール国際空港

建設期間　：　　5年

完成予定年：１９９７年

建設費用　：　　不明

4.2　南北有料道路

完成予定年：１９９４年

建設費用　：５０億リンギット

5.0　主要インフラストラクチャーの歴史、発達、問題点

道路の発展

別添参照

第３部　マレーシア公共事業省の研究・技術開発

１．ＪＫＲの研究・開発計画

１.１　序

ＪＫＲ（公共事業局）の研究、開発はＪＫＲ下の訓練、研究機関であるマレーシア土木研究所（ＩＫＲＡＭ）によって行なわれてる。

１９８８年以前のＪＫＲ研究活動はそれぞれのＪＫＲの支部が個々に行なう特別研究であった。１９８８年にＪＫＲ研究センターが創立され、ＪＫＲ内の全ての研究活動を調整し、実施を担当するようになった。同センターはそれまでにあった訓練センターと合併し、ＪＫＲ訓練研究所となった。拡大した役割を反映するよう１９９１年１２月に名称をマレーシア土木研究所と改めた。

１.２　主要研究プログラム

現在の研究計画の主要推進分野は舗装と土質工学の２分野である。しかしながら第６次５ヶ年計画（１９９１～１９９５）のもとでは交通工学、道路の安全性、水供給技術、建築技術を含め拡大する。

さまざまな研究計画の詳細は付録－１に述べられてる。

１.３　研究組織および研究過程

１.３.１　マレーシア土木研究所の研究運営は以下の４段階によって実施される。

- 研究諮問委員会
- 研究運営委員会
- 研究技術委員会
- 研究チーム

研究諮問委員会は公共事業局の局長を議長とし大蔵省、経済企画庁等の中央官庁、関係する政府機関、地方高等教育機関から広く代表される。委員会は研究所の方向、研究プログラムが確実に国の要望に合うよう全体的な指針機関である。また、地方の大学と他の研究機関で研究が重ならないようにも働く。

研究運営委員会は局内の最高機関であり、研究プログラムを調整し、運営面の問題を解決する。また、ＪＫＲと研究諮問委員会をつなぎ諮問委員会の決定が確実に守られ、実施されようにする。本委員会はＪＫＲ本部の理事が議長を務める。　ＩＫＲＡＭの数々の研究技術委員会は確実に個々の研究計画が適切に行なわれその目的を達成するよう監督する。委員会は学識者や研究に関する経験や専門知識を有する下級のＪＫＲ職員の招待委員を受け入れる。委員会は研究所所長が議長を務める。

研究チームは研究を行なう研究者、技術者よりなる。

1.3.2　ＩＫＲＡＭの研究過程は以下の５段階を経る。

第１段階　　初期計画
第２段階　　フィージビリティ研究
第３段階　　計画承認
第４段階　　計画実施
第５段階　　情報の普及

別添図－１はＩＫＲＡＭの研究過程のフローチャートである。

1.4　ＩＫＲＡＭで進行中の研究・技術開発

研究プログラム、サブプログラムには多くの計画、研究がある。付録－２で現在ＩＫＲＡＭで行なわれている５つの研究計画の詳細を述べる。

1.5　研究、技術開発を促進する上での問題点

２０２０年までに先進国の仲間入りをする目標を達成するために必要な生産性、効率、競争力を高める研究開発の重要性をマレーシア政府は認識しており、第６次５ヶ年計画では６億リンギットを研究・開発プロジェクトに当てている。

同時に政府は現在研究開発活動の大部分は政府機関によってなされているので民間が研究開発をもっと積極的に行なうよう依頼している。

研究開発機関が直面している最大の問題は経験ある研究者の不足である。これはわが国の経済活動がたいへん活発なため、全般的に専門家、特に技術者が不足しているのが一因である。

2．国際共同研究

2.1　イギリス運輸研究所（ＴＲＬ）との共同研究

ＩＫＲＡＭの主要な国際共同研究プログラムはイギリスの運輸研究所（ＴＲＬ）と行なってる研究である。この共同研究は１９８７年に公共事業局とＴＲＬが覚書に署名して始まった。これは舗装および土質工学の二つの分野をカバーし、ＩＫＲＡＭの研究活動を推進している。

この共同研究を通して、様々な研究プログラムの実施、調整に定期的にＴＲＬの職員が訪れるほか、ＴＲＬから二人の高級科学者がＩＫＲＡＭに派遣された。（一人は３年、もう一人は４年）

この共同研究を通して、イギリスのバーミンガム大学、ブリストル大学との連携を開始し、研究者がＩＫＲＡＭで行なった研究は修士学位取得の一部として受けつけられる。現在までにこのプログラムのもと、４人の研究者が修士号を受け、一人が博士号を受けた。

ＴＲＬとの共同研究は１９９３年まで延長され、道路の安全性の研究を加える。ＴＲＬの高級科学者が一人ＩＫＲＡＭに２年間派遣される。

2.2　その他の共同研究

その他の共同研究も海外の研究所とそれぞれの研究計画について行なわれてる。

a）ストゥラスクライド大学（イギリス）

研究題目は“マレーシアの堆積軟弱粘土”で熱帯地域の軟弱海洋粘土の工学技術に及ぼす影響についての研究を含む。

b）シティ大学　（イギリス）

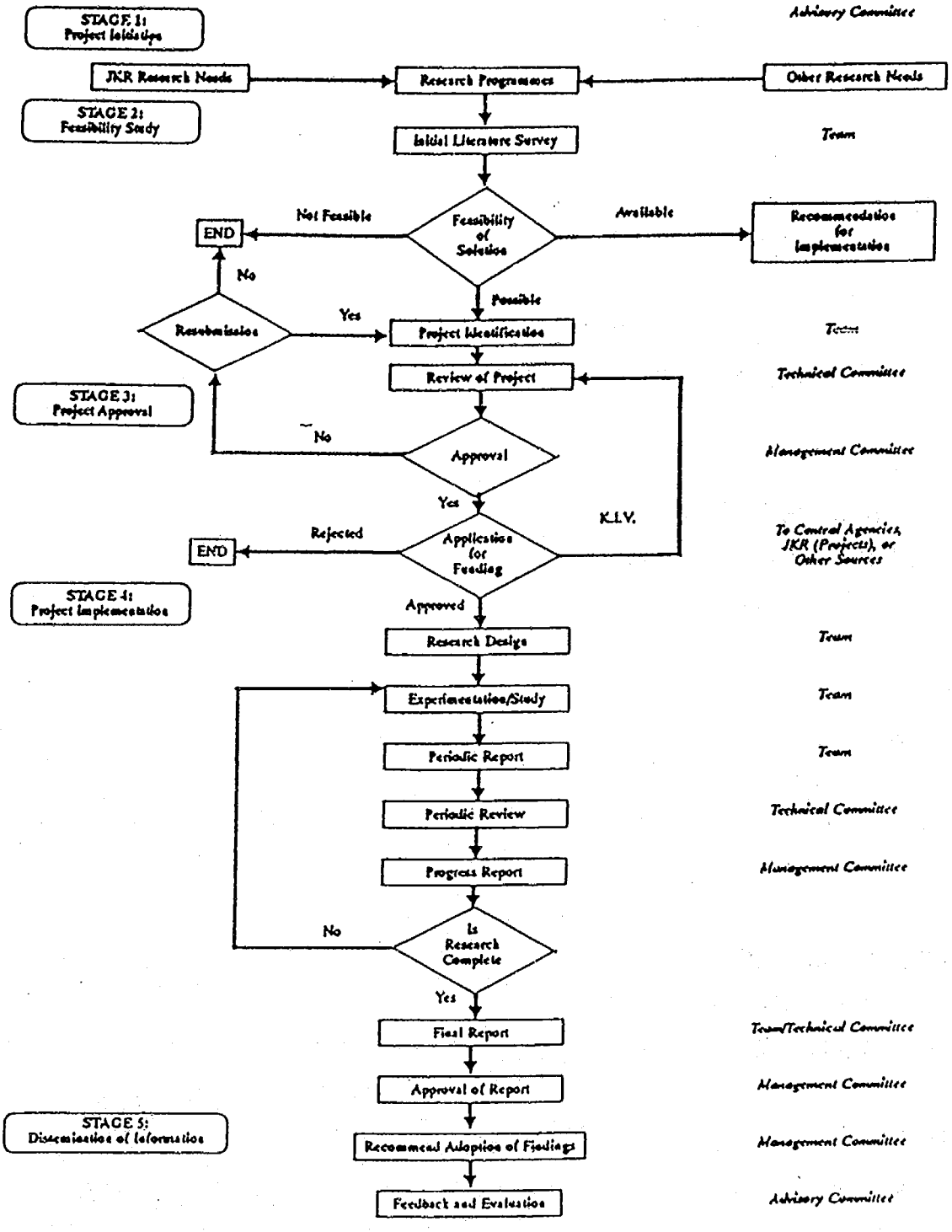
シティ大学との研究は、切取り斜面の安定性に影響する侵食を調査するための航空写真の使用、写真測量法についてである。

c）ブリストル大学　（イギリス）

「マレー半島における高速道路切取り斜面の不安定性の問題」で、切取り斜面の安定性に及ぼす植物の影響を調査する。

2．3　問題点

現在までにＩＫＲＡＭは共同研究において問題はない。



Research Process

FIGURE 1

図－1　研究過程のフローチャート

付録－1

ＩＫＲＡＭにおける研究プログラム

Ａ．舗装工学

１．たわみ性舗装の設計、実施

２．舗装の修復、保守

３．骨材混合異質鉱物集合体

４．歴青及び歴青添加物

５．コンクリート舗装の設計、実施

６．非舗装道路の設計、実施

Ｂ．土質工学

１．土の使用に関する研究

２．基礎および土構造物の研究

３．環境土質工学研究

Ｃ．交通工学

１．交通渋滞研究

２．交通管理研究

３．交通計画研究

Ｄ．道路安全性

１．道路と道路安全性

２．低コストな対策

３．横滑り抵抗研究

Ｅ．水供給技術

１．水源

２．水処理

３．配水

Ｆ．建築技術

１．計画と建築設計

２．新建築方式と技術

３．保存と保守

付録－２

ＩＫＲＡＭにおける現在の研究計画

プロジェクト－１：杭の載荷試験方法と解析

（ａ） 背景と必要性

杭の載荷試験は支持力を確かめ、杭の設計、施工の基準を開発するために行なわれる。建築のＪＫＲの標準仕様は２方法あり、どちらかをとる。載荷荷重維持試験（ＭＬ）と定速度貫入試験（ＣＲＰ）である。ＪＫＲではたいていの技師がＭＬ試験テストに馴染んおり、試験結果の解釈が簡単で特別な装置や技術がいらないので通常ＭＬ試験が行なわれる。

ＭＬ試験は終了するまでに４８時間かかり信頼できる試験データをとるのに多くの人力と時間を要する。試験結果の解釈では杭の弾性不足の影響は杭の破壊の定義には考慮されない。破壊の定義において、残留沈下基準もまた確認が必要である。

この研究の目的はＪＫＲの杭載荷試験で現在行なわれている方法を検査し、杭試験の適切な基準を開発することである。また同時に地域の土壌条件にあった杭基礎の設計に必要なパラメーターを逆算する目的もある。

（ｂ） 研究期間

軟弱粘土や残積土も試験ができるよう３年間の予定である。

（ｃ） 試験方法

野外にて急速と緩速の実物大単杭ＭＬ試験を行い、比較試験する。杭の載荷、沈下の状態における両者の相違点を調べ比較検討する。

（ｄ） 予想される結果

研究は軟弱粘土で１年間行なわれてきた。初期の結果では杭の載荷、沈下の状態はＭＬ試験の急速試験、緩速試験ともあまり差はなかった。これにより緩速ＭＬ試験を急速試験と置き換えるのも可能なのが示唆されたが、マレーシア国内の他の軟弱粘土地域でも同様であるか更に試験する必要がある。

（ｅ） 実施にあっての問題点

問題点は特にない。

プロジェクト－２：マレーシアにおける斜面の水文学設計

（ａ） 背景と必要性

現在の斜面設計技術は不適当であることが判明した。高度な技術が斜面の設計に使われてきたにもかかわらず長引く降雨の最中や後に地滑りがいまだによく起こる。クアラ・ランプール～カラク高速道路で１９８７年にＩＫＲＡＭが行なった大規模な調査では、現在の技術は斜面設計においては最高僅か５４％の成功率である。

１９８８年にＩＫＲＡＭはマレーシアの地質、水文条件にあった斜面安定の数値モデルを開発するべくイギリスのブリストル大学と共同研究を始めた。その統計学研究からこのモデルは現在のモデルより安定性が高いことが判明した。

この研究の目的は斜面の水文設計の手引を作成し、動的水文条件を考慮に入れる切取り斜面の設計において技術者を補佐することである。

（ｂ） 研究期間

４年間の予定で斜面のデータを揃え、斜面安定モデルの評価、斜面安定および侵食に対する緑化としての地域植物の使用の研究を行なう。

（ｃ） 研究方法

クアァ・カンサル～グリク道路の改善に効果的な設計となる斜面水文安定モデルを評価する。斜面形の調査と設計図が調べられた。モデルは侵食防止、安定のための緑化に際し、地域の植物が及ぼす影響を計量化するために使われる。

（ｄ） 予想される結果

動的水文条件を分析した完全なそして広範囲なマレーシアの斜面安定設計図。設計図によって侵食を起こしやすい斜面を指摘し、安定性を改善し、侵食を最小限に抑える天然、人工の斜面被覆を応用せしめる。

（ｅ） 実施にあっての問題点

特に問題はない。

プロジェクト－３：地方道路におけるソイルセメント安定処理工法

（ａ）背景及び必要性

マレーシアの大半の地方の道路は交通量が比較的少ないため舗装されていない。遠隔地にあっては適切な定期的な保守活動を行なうのがおうおうにしてむずかしい。それ故、これらの道路は乾期にはほこりっぽく、雨期には泥だらけになる。埃や泥は道路使用者や近隣の人々には問題となる。歴青マカダムのような通常の舗装材料でこれらの道路を向上させるのは経済的でない。適切で、もっと経済的に道路をよくする方法を研究する。

ソイルセメント安定処理工法は多くの国々で路床や道路基盤の上位化に使用されてる。この方法はまた低交通量の道路にも応用され、適切であり、建設費用を抑えられることが判明した。マレーシアではセメントは地域で産出されるにもかかわらず、ソイルセメント安定処理工法はそのような道路には広く使用されていない。このプロジェクトは地方の環境、交通条件にあわせたソイルセメント安定処理工法の適正、性能を研究するものである。

（ｂ） 研究期間

本研究は継続的に行なわれ、５年以内に貴重なデータが得られる予定である。研究は１９９０年に開始され、性能に関し、早々にデータが得られるだろう。

（ｃ） 研究方法

二つの研究がなされている。

i. 異なった地域土壌を安定させるセメントの割合を確立する。当初、ある一種類の土壌について研究され、異なった量のセメントで安定処理された。一軸圧縮強さに基づき、各安定処理された道路の耐久性と状態を評価した。

ii. 道路基盤用特殊添加物を混合したソイルセメントの性能の評価をする。この研究では添加剤を混合したセメントは道路基盤用土壌の安定に使用される。通常の道路基盤（砕石骨材）が、両者が同等の交通、環境条件を受けるよう横に同じ長さ建設された。

（ｄ） 予想される結果

これらの研究からマレーシアの地方道路にあったソイルセメント安定処理工法の仕様またはガイドラインが作成される。 仕様は設計方法、建設、保守技術を含む。

（ｅ）実施にあたっての問題点

特になし。

プロジェクト－４：荷重の大きい地域に対する高率締固め（ＨＣＭ）

（ａ） 背景および必要性

荷重の大きい地域においては舗装がわだち、ヒーヴィングをおこし、破損する。表面に轍があると供用性、舗装の安全性に劣る。この問題は通行に不便であるばかりでなく、修理に多額の金額がかかる。

ＩＫＲＡＭは主要高速道路に沿って登坂車線で実物大の試験を行ない、これら荷重の大きい道路の歴青混合物の問題を緩和すべく研究している。この研究では革新的な混合物のＨＣＭが、経済的であり容易に生産できることから主要解決案として使われている。配合設計は、リフューズ状態（最適締固めの状態）で最低２～３％の間隙率となるよう目指してる。

（ｂ） 研究期間

試験道路は１９９０年９月に建設されその後定期的にモニターされてる。主要パラメーター（変形（轍）とひび割れの拡大）が供用性、安全性に耐えられなくなるまで行なわれる。

（ｃ） 研究方法

性能を試験するために、ＨＣＭ歴青混合物は様々な歴青添加材料で強化された歴青表面に沿って建設された。通常のアスファルトコンクリート層（ＡＣＷＣ）が対照区として建設された。試験区間は以下の通りである。

表－１　試験の詳細

工区	種類
A	ＡＣＷＣ＋ケムクリート（液体添加剤）
B	ＡＣＷＣ＋ギルソナイト（粉末の天然アスファルト）
C	ＡＣＷＣ＋キャリビット（ＳＢＳ修正歴青）
D	ＨＣＭ歴青混合
E	ＡＣＷＣ（対照区）

対照区はＪＫＲの道路工事標準仕様（ＪＫＲ／ＳＰＪ／８８）によるアスファルトコンクリート混合物である。添加剤の供給会社には適切な混合、建設手順がとられるよう専門家の派遣を要請した。

そのためにケムクリートの供給会社はアメリカから、ギルソナイトはシンガポールから、キャリビットはデンマークから専門家を派遣した。

(d)予想される結果

ＨＣＭ歴青混合物は他の混合物と同等の性能であった。轍、ひび割れの割合は６００日後他のものより低かった。通常のＡＣＷＣ混合物はわずか２００日後には危険なほどに轍ができた。混合物は大きい荷重によるせん断力に耐える他に耐久性がありひび割れをおこす破裂を防がねばならない。そして荷重の大きい道路における過度の変形の問題に実行可能で、経済的であらねばならない。

通常のアスファルトコンクリートが不適切となる荷重の大きい地域に対する舗装道路が長距離に及ぶことを考慮すると、ＨＣＭ歴青混合セメントを使用すればマレーシア政府は多額の節約になる。現在ではこのセメントの使用はもう２、３の地域に拡大され、ＩＫＲＡＭはこれら地域をモニターする。

(e)実施上の問題点

この研究の実施にあっては建設業者が経験が無く、大きな問題となってる。その他の問題は建設における品質管理と材料の用意にかかわることである。

プロジェクト－５：リフレクションクラックの緩和

(a) 背景および必要性

マレーシアでは歴青のオーバーレイはリフレクションクラックとなって失敗する、特に現在の舗装がオーバーレイされる前に処理されてないときは多い。ひび割れの割合は交通量、現在の舗装状態、オーバーレイの厚さによって異なる。ひび割れした表面は水が侵入し、そのため悪化を早め、早く破壊してしまう。これは早急に緩和、あるいは解決されねばならない。

試験的な実験では中間層が使われる所で行なわれ、通常の歴青のオーバーレイと比較された。他にもリフレクションクラックを緩和するために３方法が実験されている。それらはストレス吸収膜（ＳＡＭ）、ストレス吸収膜内層（ＳＡＭＩ）と砕石骨材オーバーレイである。

(b) 研究期間

試験道路は１９９３年１月に建設され、その後定期的にモニターされる。ひび割れの拡大が供用性、安全性において受容できない程度にまでなる５年以内に研究は終了する予定である。

(c)研究方法

以下の試験道路が建設される予定である。

工区	施工法
A	中間層としてジオグリッドを使用
B	中間層としてニードルパンチタイプを使用
C	比較工区
D	MC3000を用いた Single surface dressing
E	Single rubberised surface dressing
F	パッチング
G	粗い中間層を用いたアスファルトコンクリート
H	以前のマカダム中間層
G	砕石オーバーレイ

（d） 予想される結果

いずれかの方法がリフレクションクラックの緩和に有効と思える。建設費用、保守費も考慮にいれた評価がなされる。この種の問題はよくあるので、経済的効果は高い。

（e） 実施上の問題点

上記試験道路の建設に当たっては様々な工事方法で短距離の工事ができる経験ある業者が必要である。

第４部　災害・防災

１．　災害・防災

１.１　現状と問題点

幸運にもマレーシアは活火山帯や地震地帯からは比較的離れたところに位置し、これらの活動による大災害は今まで経験していない。時折地面の振動も感じられることはあるが深刻な被害は受けていない。

しかしながらマレーシアは年間降雨量が２，５００㎜あり、洪水による自然災害もある程度受けることがある。

１.１.１ 洪水

洪水はマレーシアの唯一の自然災害である。例年通常北東季節風の季節、１０月から２月にかけておこる。

洪水の規模は年によって異なり、北東季節風に直接さらされるマレーシア東海岸が特に被害を受ける。

１９６９年にマレーシアでは歴史上最悪の洪水の一つがおき、財産や生命が失われた。道路破壊には道路舗装、道路設備への被害、橋の決壊、暗渠の決壊、地滑りや道路の不通などがある。

１９９１年にはマレーシアの犠牲者は１０人であり、財産は数百万リンギット失われた。例えばマレーシアの１つの州であるケランタンは最も大きな洪水被害を受け、数百万リンギットの損失を見た。

財産の損失：

ａ）道路、構造物への被害	M$1,500,000.00
ｂ）作物への被害	201,960.00
ｃ）政府行政組織や他の組織への被害	1,179,468.00
ｄ）その他の被害	46,713.00
合計	M$2,928,141.00
生命の損失	6

１.１.２　地すべり

マレーシアには大きな地すべりはなくマレーシアで起きたほとんどの地すべりは小規模の地すべりで、雨期あるいは長引いた豪雨によって起きたものである。

東西高速道路、カラック高速道路、ラナウ～タムパルリ道路といった山や丘にある道路が、雨期や長期的な雨によって地すべりが起きた例である。

1.2 防災活動

公共事業局（PWD）の道路局によって地すべりや洪水に対して実施された大きな防災活動はない。しかしながら道路局は道路の保守や設計において地すべりや洪水防止の対策を組み入れてきた。

道路保守活動において：

a）定期的に整備し、排水路、暗渠、橋などの土砂などを取り除き雨期の鉄砲水を防ぐ。

b）次のようにして洪水のおきやすい地域を改善する：

i） 現存の排水システムを改善し暗渠の数を増やす。

ii） 現存する道路の高さをあげる。

c）人工の坂に適当な排水システムを施し、坂を保護する。

d）雨期に地すべりしやすい斜面に防止整備を施す。

道路設計活動において：

a）斜面の安定と保護のための設計をする。

b）ある設計期間に基づいて排水システムの許容量、暗渠の大きさや橋のクリアランスの高さや水路を増加する。

PWD道路局は防災のための特別な大きな活動はしていないが、他の政府機関例えば

a）排水、灌漑局

b）PWD水道供給局／国家エネルギー庁

c）農業開発局

などの機関は、特に洪水に関する自然災害の防止にかかわる直接、間接の活動をしている。

1.2.1 河川の改善

たとえば排水灌漑局では洪水の危険を減らすために様々な洪水緩和計画が導入されている。その例は：

a）現存する河川を深くし、幅を広げる。

b）現存する河川の路線の再設定及び水路の開削。

c）河川の両岸に堤防を築く。

d）水門を作る。

1.2.2 ダムの建設

PWD水道供給局や国家エネルギー庁が水や電気を供給するのとは別に様々な流域にダムを建設しているのも間接的に国家洪水緩和計画の一端をになってる。

これらのダムを建設することで、下流地域では財産や生命の損失が最小限になるだろう。

1.2.3　灌漑計画

様々な農業局当局のもとでのムダ灌漑計画やケンブ灌漑計画といった灌漑計画もまた洪水の危険を最小限にするのに重要な役割を果たしており、そうして1年中を通して作物を栽培することができる。

1.3　防災のための技術的課題

ＰＷＤ道路局は防災のための特別な技術的任務は負っていない。

1.3.1　地すべり

地すべりや橋の決壊が生じた場合、ＰＷＤ道路局はただちに措置をとり、道路を通行可能にし道路の使用者に安全なようにしたり、また必要であれば他の代わりのルートや道路の迂回路を提供したりする。

この措置は道路使用者の安全と利便さから見て遅延なく行なわなければならないような緊急な場合に行なわれる。それは局によって（労働力や向上設備を利用して）行なうか、あるいはその特別な分野でよい成績を修めている質の高い経験豊かな下請け業者と直接契約して行なうことができる。

緊急な仕事の場合は通常の請負い手続きに従うことなく実施することができるが、ＰＷＤは財政局にその緊急事業を行なう理由、費用の見積り、特別な下請け業者と契約する理由を報告しなければならない。

下請け業者に仕事が任される場合、契約書を受け取り次第、ＰＷＤ代表者の監督のもとに業者は工場や設備を動員してその場所を一掃し、必要であれば迂回路や信号を設けて救済措置を行なう。

1.3.2　洪水

前記のように防災の特別な技術的任務はない。マレーシアでは洪水が主な自然災害であるため国家レベルでの特別委員会が設けられ、洪水の状態をモニターしたり、洪水の犠牲者を避難させたり食料や一時的な避難所、医療、後方業務、技術援助、緊急任務を必要に応じて提供する。

国家レベルでのこの特別委員会は総理府国家安全理事会が主導しており、国全体を通して大規模で危機的な洪水状態が生じたときのみに運営する。

様々な機関、例えば

ａ）情報省

ｂ）公共事業局

ｃ）警察

ｄ）気象庁

ｅ）排水灌漑局

f）貿易省
g）保健省
h）陸軍
i）国防局
j）文部省
k）福祉省

は国家安全理事会の指示のもとで機能に応じてそれぞれの役割を果たす。
普通規模の洪水の場合これらの機関はその機能に応じて独立して役割を果たす。（つまり国家安全理事会が運営されていない場合）

国家的なレベルでの公共事業局洪水対策室は、季節風の季節が始まる１０月から２月にかけては警戒待機している。
この洪水対策室の機能は：

a）国全体の洪水状況をモニターし、同時にマスメディアを通して不通になっている道路の情報を国民に流す。
b）後方部隊として技術援助を支援し、道路から地すべりや落木を取り除き、道路の迂回路を提供したりベイリー式組み立て橋を取り付けたりする。
c）国家安全理事会を支援する。

洪水対策室は洪水の度合に応じて運営される。洪水のモニターは次の３段階で行なわれる。

第１段階：通常の条件（つまり１州のみが被害を受けた場合）では洪水対策室は運営されない。しかし午前８時から午後４時１５分までの執務時間中は道路局がモニターしている。
第２段階：２州以上で被害を受けた時対策室は午前８時から午後６時まで運営される。
第３段階：それ以上の州が被害を受け状態が深刻な場合は対策室は２４時間運営される。

国家レベルでの洪水対策室の運営とは別に州のＰＷＤも州レベルで（殆ど国家レベルのものと同じ機能を持つ）洪水対策室を運営しており、定期的な検査と洪水の前、間、後の対策をとっている。
これらの検査と対策の例は：

i） 洪水の前

a）道路の舗装がよい状態にあることを確認する。
b）排水路、暗渠、橋に土砂等がたまってないことを確認する。
c）暗渠と橋が構造的に健全で洪水に耐えうるものであるということを確認する。
d）大雨の時に倒れそうな木を切り倒す。
e）洪水のおきやすい地域で道の両端に木の目印（道の両端を示すもの）を取り付ける。
f）戦略的な場所で、警告サインや洪水情報掲示をおく。
g）燃料、建設材料、水タンク、機械、設備を十分供給できるようにする。

h）灌漑用貯水池が構造的に健全であることを確認する。

ii)洪水時

a）巡回し、州ＰＷＤ洪水対策室に報告する。

b）必要時必要な場所で後方作業、技術援助、緊急事業を行なう。

iii)洪水の後

a）道路の補修

b）暗渠、橋が構造的に健全であることを確認する。

c）排水路、暗渠、橋に土砂がたまっていないことを確認する。

d）灌漑用貯水池が構造的に健全であることを確認する。

第４部　環境と社会資本整備の調和

１．０　概要

１．１　　環境と天然資源の効果的な管理がバランスのとれた開発を保証する根本的な条件であるため、政府は第６次５ヶ年計画（１９９１～１９９５）、プログラムやプロジェクトに環境的考察を組み込むような技術を開発した。効果的に環境プログラムを実施することで環境の破壊によって最も影響を受け易く、自らを守るすべを持たない天然資源の開発を支えるため、政府は天然資源保全と環境保全を通して汚染を抑止し、国の景観の美しさや自然環境を増進させる予定である。

１．２　　ランングカウィ環境宣言以来マレーシアは目に見える役割を果たしてきている。その宣言は１９８９年１０月に政府連邦首脳会議（ＣＨＯＧＭ）で始めたものである。その宣言は環境破壊をできるだけくい止め、環境的に健全で環境を維持できる開発を目指した地球的行動計画にわれわれも同調することを示している。

２．０　第５次５ヶ年計画（１９８６～１９９０）における進展

環境の状況

２．１　水質

２．１．１　マレーシアの川の水質は第５次５ヶ年計画中に少し改善された。この全般的な改善にもかかわらず生物学的酸素要求量（ＢＯＤ）、懸濁固形物、アンモニア窒素といった３つの水質パラメーターでみると水質は悪化している傾向にある。ＢＯＤで示される有機的汚染は０．３７％という率で悪化し、アンモニア窒素や懸濁固形物もそれぞれ１０．１７％、１．８９％に悪化した。これらのデータは水路に大量の有機排物やヘドロが何のコントロールもなく入り込んでいることを示している。有機的な負担が大きくなっているのは工場や家庭からの排水が主な原因で、一方流域における集中的な土地の開拓や無計画な開発、採鉱や伐採搬出といった活動は堆積作用やヘドロ問題を引き起こした。アンモニア窒素の１０．１７％もの悪化が示すように未処理家庭排水や動物の排泄物が国の大きな問題だった。

２．１．２　マレー半島の西海岸にある川はマレーシアの他の川よりも水銀のような重金属で汚染されていた。これはより広範囲の土地開発や工業化が進んで重金属を含んだ排水が増えたためである。適切な排水処理施設を持たない小企業やサービス産業が主な汚染源である。

2.1.3　大腸菌が示すような家庭や動物からの排泄物による下水の汚濁はサラワク州、ペラク州、プラウ・ピナン州とパハン州でみられた。ケダ州、プラウ・ピナン州、セランゴール州、ジョホール州、ラレンガヌ州、ケランタン州やペラク州にある多くの河口も大腸菌で汚染されており、それは高い人口密度や増大する都市化、適切な下水処理施設の不足が原因だった。

しかしながらマレーシアのレクリエーション用の海岸の水は孤立したいくつかの場所を除いては大腸菌で汚染されていない。従ってマレーシアの海岸はレクリエーションやマリンスポーツには安全である。それにもかかわらず懸濁固形物による汚染の度合は高地やその周辺地域における広範囲な国土開発の結果進んでいる。ある海岸地域では石油や脂の痕跡がみられた。

汚染管理

2．2　水質汚染

2.2.1　工業を原因とする水質汚濁は依然としてマレー半島の西海岸に集中しており、約５０％を占めた。汚染の原因となっている工業は繊維、ゴム、製紙、食品、飲料などであった。

2.2.2　非工業的な排水は国内水路の主な有機的な汚染源であるが、第５次計画の間には殆ど改善されなかった。家畜業からの下水や排水はその期間中増加した。下水は１９８６年には６２８万当量だったのが１９９０年は７５６万人当量に、また家畜業は１１０万人当量から１９９０年には１３０万人当量になった。全体として工業と家畜業からの負荷よりも３倍以上あり、下水は有機汚染の主な原因となっている。

農業をベースとする２つの主な工業、つまり未精製のパーム油加工と生ゴム加工工業からの汚染物は第４次計画（１９８１～１９８５）中に大きく減少し、第５次計画中に加工施設の数は増えたが統制できる範囲だった。

2.2.4　家畜排泄物管理に対する特別の法令を作っていない州もあり、家畜業からの汚染管理はまだ解決されていない。マレーシア農業研究開発所（ＭＡＲＤＩ）などが実行可能な動物の排泄物処理システムを模索して研究プロジェクトを作っているにもかかわらずほとんどの養豚業は家内工業であり、経済的に実行可能なシステムはまだできていない。国家農業政策の中にある「養豚業地域（ＰＦＡ）」という概念はネゲリ・センビラン州を除いて完全に実施されていない。

2.2.5　家畜業からの水質汚濁管理以外は農業で使われる化学肥料、殺虫剤、除草剤から生じる汚濁を管理するプログラムは何も実施されていない。そのような化学物質の無差別適用でいくつかの場所でよく育っていた淡水魚の数はかなり減少した。しかしこれらの化学物質からの汚濁効果を決定するような体系的な研究は何も行なわれなかった。

3.0　天然資源の保全

3.1　マレーシアには豊富な天然資源、特に天然林、河川、海岸、肥沃な土壌がある。原生林にまで開発が延びているにもかかわらず、国土全体の３８％を占める１，２７０万ヘクタールもの永久林が維持されている。このうち２９％はタマン、ネガラも含めて快適な森林として保護され、維持されている。さらに１２７万ヘクタールが国立公園や動物保護区として維持されている。永久林の約１６５万ヘクタールが回復され、伐採された地域を回復する年間プログラムも引続き実施されている。

3.2　第５次計画中に政府はこれらの天然資源保護地域に侵入するような傾向のある開発を監視した。なぜならば過度の森林伐採や広範囲の国土開発が進めば森林破壊や大量の侵食、流域の減少が起こり、その結果大気の気温、水源、土質が影響され、海岸汚染も生じる。低地の森林はマングローブや泥炭湿地帯の地域であるが、その地帯もまた厳重に監視され、多種類の魚介類の産卵場所や繁殖場所がこれ以上破壊されるのを防ごうとしている。魚が繁殖するための生物有機体を維持するために海の生態系が不可欠である。従って大規模なマングローブ伐採や泥炭湿地帯の一掃、養殖業が厳重に監視されている。

3.3　ラングカウィ環境宣言の精神ときれいな環境の保全とそれを維持できる開発に関する政府の関心とに平行して、各種プログラムやプロジェクトの施行においても成長の需要と環境を維持できる開発とのバランスを保つことに焦点がおかれるだろう。これらのプログラムと戦略は次の通りである。

3.3.1　まず第一に森林保護区や動物保護区、国立レクリエーション公園を新たに指定し、生態系のバランスを維持し、環境の劣化を最小限にし、生息地や生物の多様性を守る。

天然遺産を保全するこの戦略を支援するため９つの州が率先して保全戦略を形成した。その９つの州はセランガー、テレンガヌ、ケランタン、ネゲリ・センビラン、ペルリス、メラカ、ケダ、ウィラヤー、ペルセクトゥアンとサラワクである。最初の焦点は自然環境の保全に当てられる。

3.3.2　第２に経済成長の必要性と生態系のバランスを促進する必要性との間のバランスをとるために、農林プログラムに援助された大規模な植林プログラムが実施される。植林のための研究開発や認可を得るための料金に関する研究に必要な予算を与えたり、より厳格に実施するための努力が優先されている。

3.3.3　第３に木を守ることで生息地や土壌の質を守り、堆積や侵食を減らし、気候バランスを保ち、大気中に放出される過度の二酸化炭素を吸収することができる。このプログラムによって土壌の損失や干ばつ、洪水を減らし、断水を減らして土地の自然の生産力を回復することができ

るだろうと期待されている。

3.3.4　第4にダム建設のような流域におけるプロジェクトや他の主な社会資本整備プロジェクトは環境に悪影響を与え易いので、慎重に計画され実施されている。こういったプロジェクトによって危険にさらされそうな独特の植物群や動物群、生物の多様性には十分注意が払われている。この点においても環境影響評価（ＥＩＡ）が実施され、１９８７年の環境品質法において２００ヘクタール以上の貯水量を持つダムの建設にはそれが義務事項となった。

4．「環境と社会資本整備の調和」を促進するための技術的課題

4.1　研究開発

4.1.1　公害の管理や低減のためのより効果的な防止対策を開発するため、研究開発が実施されている。この目的のために水質の標準と基準が作られた。環境と研究を絶え間なく監視することで、政府は補正措置をとることができる。

4.2　統合的プロジェクト

4.2.1　ＥＩＡとは別に統合的プロジェクト計画のもとで環境に関する考察がプロジェクト計画や実施に盛り込まれるだろう。ＥＩＡは１９８５年の環境品質（改正）法と１９８７年の環境品質（規定された活動、環境影響評価）法のもとで強制事項であり、１９分野の「規定された活動」がある。事前の研究により、ＥＩＡを含めるコストはプロジェクト全体のコストに比べるとささいなものであることがわかっている。

4.2.2　開発構造計画の準備段階や社会資本整備と保全プロジェクト、部門別プログラム、都市開発は環境に対する考慮を含めなければならない。ＥＩＡを条件としないようなプロジェクトに関しては、汚染する可能性のあるプロジェクトの場所を環境に対して敏感な地域、例えば住宅地、学校、病院、集水地域、もし十分な緩衝物が無い場合特にその地域から離れたところに設定すべきである。さらにそのようなプロジェクトを実施する際、環境汚染の可能性を防止したり減らすための軽減管理対策も特別に考慮されるべきである。

4.3　国際協力と国境を越えた汚染

4.3.1　マレーシアは世界フォーラムにおいて環境に対する意識を促進するのに重要な役割を果たした。その１つの例はランングカウィ環境宣言で連邦首脳のコンセンサスをとったことだ。さらにアセアン科学技術員会（ＣＯＳＴ）の傘の下でアセアン環境プログラム（ＡＳＥＰ）ＩＩ（１９８３～１９８７）とＡＳＥＰ　ＩＩＩ（１９８８～１１９９１）のもとでのプロジェクトが続

けられるだろう。さらに環境に関するアセアン上級官（ＡＳＯＥＮ）は次の２点に焦点をおくだろう。第一に国際環境問題に対処して、情報や技術、支援、労働力を交換するためのアセアン内の協力を強化すること。第２に他のアセアン委員会の決定事項に環境の局面を組み込んで行くことである。

4.4　環境の認識

4.4.1　マレーシアの国民に環境の認識を持たせ、情報を与えるための手段として、環境教育が１９８６年から小学校高学年に対して「人間と環境」という科目でカリキュラムに導入された。その科目は全体的なアプローチとして環境に対して知識、認識、積極的な態度を持つことを目的とする。第３レベル（大学レベル）ではマレーシア農業大学（ＵＰＭ）とマレーシア工業大学（ＵＴＭ）の両方の大学に正式な学位コースがあり、汚染管理、環境管理、環境管理技術といった環境問題がカバーされている。非公式な環境教育や環境認識は様々な政府機関や自発的な機関、民間部門で行なわれている。

5.0　結論

5.1　ラングカウィ環境宣言の精神にしたがって環境を維持できる開発を促進する政策が優先されるだろう。この政策は部門別成長や正当な分配、特に国の消失再生可能な資源の最有効利用に影響を及ぼす戦略を含む。焦点は環境を維持できる経済発展の中で、保全やきれいな環境、生態系のバランスに重要性を持たせることにあり、社会資本整備と環境の調和を確実にすることにある。

第６部　今後議論したい課題

土質工学分野での日本との共同研究への提言

１．０　マレーシアにおける掘削工法決定のための分類法

土木事業はフーチング基礎、道路、高速道路の切土工採石場などのように種々の目的で自然素材への掘削を伴うことが多い。深い切土工によって不適切な土壌から岩盤まで風化作用の全体像があらわになることはしばしばである。掘削作業に使用される機器も手斧や鋤から強力な掘削機、爆発物まで様々である。

ガイドラインや仕様の不明確さや誤った解釈のしかたなどから建設中トラブルも生じやすい。現地調査の際に試し盤打ち（ripping）をしておかないと、設計技師が各種掘削別の量を確定するという仕事は困難になる。これがひいては実施コストや工事期間の誤算を招く。請負業者も一方で盤打ちに関しては独自の考えをもっており、地盤の掘削種類も異なってくる。それ故このような状況から見解のかなりの相違が予想される。

ある種の機械、例えばキャタピラーＤ７／Ｄ８のサイズに基づいて引かれている地盤の盤打ち可能か不可かの現在の区分線についての見直しが必要とされている。さらに軟岩IIIとIVのクラスの中間にあたるような掘削クラスを新たに導入する必要もあろう。機械の大小によるこのような経験的な分類に加えて、問題が生じた際に参考にできるような科学的量的分類方法の確立も望ましい。標準検査による科学的分類のためのパラメーター決定の規定も設けなければならない。

２．０　特徴的マレーシア粘土の土質改良

マレーシア沿岸の粘土は有機物、黄鉄鉱、モンモリロナイトなどの油性粘土鉱物を多く含むことが判明している。これらの成分が基礎工学的特性を決定する鍵で、マレーシア粘土を他の粘土から際だたせるものである。詳細な現場での一連の試験の際にも変則的な振舞いが観察されている。以下のような特徴がみられた。

i）　堤防建設後の過剰間隙水圧の非消散または緩慢な消散

ii）　著しく大きい一次圧密と二次圧密

マレーシア公共事業研究所で現在進行中の研究では、軟弱粘土地盤に建設された堤防の性能とマレーシア粘土の工学的特性に特に力を入れている。予備的研究からわかったのは有機物、黄鉄鉱、活性粘土鉱物の含有率の高さによってマレーシア粘土の顕著な特色についての研究がいっそう進むであろうということである。この観点から今後の研究は以下のようである。

i）　特殊な工学的特性の評価

ii） 特徴的なマレーシア粘土の工学的土質改良のための効果的な方法の研究

iii）ことに遠心分離試験と構造方程式化に重点をおいた実際と計算上の模型作成

土木研究所（ＰＷＲＩ）で入手可能な専門知識と設備を活用した共同研究が実現すれば特に２.０で上述した観点からのマレーシア粘土の研究は一層進むはずである。提案されている共同研究は以下のような形態である。

i）ＰＷＲＩスタッフからの定期的な専門的助言

ii）ＰＷＲＩでの検査と計算施設の利用

iii）ＩＫＲＡＭ技術者の研修

３.０ 基礎と山留め工

３.１ 締め固め盛土の浅い基礎

浅い基礎は、支持力や沈下基準が容易にみたされるような地山や掘削区域に建設されるのが普通である。締め固め盛土の浅い基礎は、柱荷重の高くない低層構造物の場合、特にコスト面でのメリットが多い。しかし、締め固めの効率の低さによる低支持力と高圧縮性のために、この種の工法を好んで採用する技術者は少ない。この問題は、盛土築造に使用される土工仕様書の詳細化とよりきびしい現場締め固め管理により克服できる。

締め固め地盤の浅い基礎工法の普及のためには、土への締め固め効果、設計的配慮、締め固め基準等の総合的な理解が必要である。マレーシアでのこの種の工法の実現に向けて研究が進められている。

３.２ 基礎工事の環境的側面

クアラ・ランプールでの急速な発展は都市部とその郊外での高層オフィスビルやマンションなどの多くの建築物という形となって表われている。採用されている基礎建設はパッドフッチングべた基礎から打ち込み杭、埋め込み杭まで方法は様々である。工法の中には騒音や大気汚染のように環境への悪影響が懸念されるものもある。

この点に関しては研究を進め、公害規則に関するガイドラインを設定することができる。現在の所どの特定工法についても厳しい規制はなんらできていない。

３.３ 残積土での杭打ち設計

軟弱粘土の杭打ち基礎の設計は、現在ＩＫＲＡＭで調査中である。残積土での杭の打ち込みやすさは、能力に直接係わってくるので重要な問題である。土質調査方法として標準貫入試験が広く行なわれており、杭の打ち込みやすさを予測する基準としてその数値がしばしば使われている。

杭の打ち込み易さに関するＳＰＴ値と、残積土への異なった種類の杭の能力との相関性の研究には波動方程式を用いるのが効果的である。

ＪＫＲと日本の土木研究所間の交通工学部における共同研究への提案

目次

Ａ．交通工学

　１．交通学方法論パラメーター

　２．都市交通

　３．地方地交通

　４．高速道路

Ｂ．交通計画

　１．旅行需要予測

　２．都市部交通計画

　３．地方交通計画

Ｃ．交通管理と監督

　１．都市交通管理技術

　２．地方交通管理

　３．環境管理

　４．交通監督技術

A．交通工学パラメーター

高速道路交通量関係のパラメーターについては外国で研究されたものは現地の事情に合わないこともあるためそれをそのまま採用するのではなく現地の事情を考慮したパラメーターを求める必要がある。そのためには海外で用いられているパラメーターがどの程度適用可能かを決定し、また必要に応じてマレーシアの事情にあった新たなパラメーター開発が必要となってくる。現在のところ、地方交通工学及び設計のガイドラインはどこまでマレーシアの事情に適合するかの検証もないままイギリス、オーストラリア、アメリカなどの諸外国のモデルを参考に設定されている。このままでは望ましい結果を得られないこともある。

1．交通学方法論

交通工学の分野においては既存の進んだ研究方法の採用とその他の適応により、現状の問題解決に必要な情報の収集が可能になる。

2．都市交通量

都市中枢部を機能させている交通の量と特色を把握する必要がある。同時に車両速度と流れの相関関係、迂回地区、信号付き、または信号無し中継地等に関わるパラメーターノ研究も必要である。

3．地方の交通量

大半のＪＫＲ道路は一般に地方交通の主要な役割を持っており、地方開発の質や低密度を反映した交通事情を明確に把握すると同時に車の流れ、車当りの乗客数（ＰＣＵ）中継地点の設計等に関わるパラメーターの研究も必要である。

4．高速道路交通量

同様に高速道路設計に関しては、車両の高速運転が可能となるような処理能力を明確化し、かつ迂回地区、道路連鎖、車両速度と流れの相関、車当りの重客数（ＰＣＵ）に関わるパラメーターの研究が必要である。

B．交通計画

人と物の流れを実現するための交通計画立案に当たっては方法や技術の調査が必須である。その上で交通渋滞などを見越した研究方法の推進が望まれる。これにより小さな町や住宅街、都市及び農村部での道路等の交通計画立案が容易になる。

1．旅行需要の予測

今後の交通施設や政策実施に大きな影響を及ぼす現在及び未来の旅行需要の予測は交通計画に

おいて非常に重要な役割を持つ。それ故旅行需要の予測モデルと土地利用モデルの開発が必要となっくる。旅行需要と土地利用の国家の予知能力を高めるべく旅行需要モデル作りに向けての努力が必要とされている。

このようなモデル作りの解析は今後の交通形態の予測のみならず、以下の決定にも役立つ。

a．今後の計画パラメーター

b．今後の交通施設

c．今後の政策

2．都市部での交通計画

事故発生状況、交通状況（渋滞、車の列、遅延、維持費用等）特殊な対立的要素（繁華街での歩道と本線）等の点から、既存交通施設の稼働状況評価と都市部での交通計画立案技術の研究が必要である。

3．農村部の交通計画

大部分の都市居住者が帰省する国の祭事シーズン中の交通量の増加に対処できなければならない。このようなピーク時の交通では農村部での渋滞と通過車両の遅滞が非常にしばしば起こるため地方での基本的な旅行需要に対応できるような立案が必要である。一つの方法として農村部のため都市間交通計画のモデル作りが考えられる。

C．交通管理と監督

交通管理と監督とは大幅新道路建設には着手せず、個々の目的に合わせて既存の道路網の調整、適応をこととする。新しい交通施設が完備されていないようなある地域で短期的な緊急の建設による改善を目的とするか、また特定時期のみの需要に対処するための一的な措置か等により、事業規模の大小は異なってくる。加えて原稿の交通システムの処理能力、安全、利用しやすさ、環境改善などの観点からのより効率的な機能を目指す。

1．都市交通管理技術

交通規制、交通制限、道路体系の改善、交通取締り、流れ規制等様々な交通管理方法が研究されている。マスコミを通じて広く宣伝されている最新の方法は「カープーリング」と呼ばれる個人所有の車の乗り合わせである。　種々の方法の選択と組合せにより都市部の特定地域の渋滞問題の軽減と解決、車両の流れの改善が図られる。

上記の措置の得失、顕著な特徴の調査に商店を絞った研究が推進されるべである。

2．地方交通管理

農村部への急速な車の流入による様々な影響の軽減が必要となっている。これはことに帰省シーズンなど交通量のピーク時などの問題である。地元での通勤者と通過者、双方の安全とバランスの調整が肝要である。

農村部での交通の安全性を高めるべく、地方への車の流入による弊害防止の短期、長期の適切な措置の研究確定が望まれる。

3．環境管理

排気ガス、騒音、振動、分段、眺望権侵害等による公害問題をかかえた地域のための最少環境基準の設定と維持に関する調査研究を行う。スモッグに汚れた今のクアラ・ランプールの空などマスコミでしばしば取り上げられてきた。交通による環境への悪影響としては他に騒音、振動、排気ガス、塵あい、眺望侵害、分段、駐車車両による弊害などがあげられる。これらの問題に対処すべく環境改善保護措置の探求が考慮されなければならない。その際実施可能な環境改善措置の研究と各措置の得失の評価を重点的に進めるとよい。

4．交通監督技術

交通監督技術の主要な特色をみきわめ、より効率的な実施方法を考える。交通信号、駐車などの監督技術は詳細な調査を要する。

技術の点検とその活用により、既存の交通網の最大有効利用、環境への悪影響無しに渋滞遅延緩和、移動時間の短縮が実現される。

種々の標識、信号、駐車スペースなどの特性を見極めることを研究の中心とする。

Ⅴ．フィリピン共和国

フィリピン公共事業道路省次官補　Manuel M. Bonoan

目　　次

1.0　国土の概要

2.0　公共事業の現状

3.0　ＤＰＷＨの研究機関・技術開発担当部局

4.0　ＤＰＷＨの取り組んでいる主要な研究・開発の状況

5.0　国際研究交流

6.0　災害と防災についての取り組み状況

7.0　環境と社会資本整備の調和についての取り組み状況

8.0　その他、今後議論したい課題

図

表

付記：公共事業・高速道路省（ＤＰＷＨ）組織図

1.0 国土の概要

1.1 地形と地質

フィリピンは7,100 の島々から成っている。東はフィリピン海溝、西はマニラ海溝に挟まれ、世界でも最も大きな島嶼郡をなし、アジア大陸南岸より966km の海上の、北緯 4 ° 23'から21° 25'、東経 116° から 127° に位置している。

島嶼の南北最長距離は1,851km 、東西最大幅は1,107km。 西は南シナ海、東は太平洋、南はスル及びセレベス海、北はバシー海峡に囲まれている。（図１参照）

最北端の島々は、台湾の南およそ240km 。最南端の島々は、ボルネオより24kmの位置にある。

フィリピンはアジア地中海地域の東端に位置している。太平洋とインド洋にはさまれ、また、オーストラリアとアジア大陸のあいだの、暖かく水深の浅い海域にあり、その位置から、フィリピンは、国際的交通ルートの要所となっている。

国土総面積は約300,000km^{2}で、11の主要な島々がその92%を占めている。フィリピンは三つの主要島嶼グループに分かれる。それらグループのおよその面積は、ルソンが141,395km^2, ビサヤが56,606km^2 、ミンダナオが101,999km^{2}である。これらの三つのグループは、さらに地域（region）に分かれ、地域は管区(province)に，管区は市(cities)と行政区域(municipalities)、市と行政区域はバランガイ(barangays) に区分されている。首都はマニラである。

フィリピンは高地と渓谷が多く、地形は変化に富み、ルソンの中央平野とカガヤン・バレー、ミンダナオのアグサン・バレーとコトバト・バレーの四つの大きな平野がある。これら低地に接するように高い山々があり、際立ったコントラストをなしている。地形を更に多様にしているのは、ミンダナオのブキドノンやラナオ台地である。

フィリピンは、世界でも最も長い不連続な海岸線を有し、その長い海岸線には良港や、船舶の航行が可能な河川や湖がある。およそ61の天然の港と、132 の河川が、73の管区にあり、さらに雨期には川幅が三倍にも広がる中小河川も多い。

フィリピンは、かつて太平洋にあったある巨大な大陸が、有史以前に海底に没した時に残ったものだと信ずる考古学者もいるが、地質学者は、フィリピンは火山により生成された国で、噴火により海上に現れたと主張している。構造的には、この島嶼は、アジア大陸台地末端の褶曲部分と考えることができる。褶曲山脈、堆積物の多い向斜谷、地塊山地、そして火山帯が、フィリピン諸島を形ずくっている。

フィリピンでは主だった種類の岩石はすべて見つけることができる。種々の火成岩からなる複合基盤の上に、主に第三紀の堆積物が何千メートルもあり、そこには中生代の岩石がわずかに露出し、

その上に安山岩質の溶岩層、更に比較的新しい凝灰岩とかなり広範なサンゴ性石灰岩などの層がある。深部の岩石は表面にはあまり見られないが、山脈内部の渓谷などで、川が新しい堆積層を切り込んで流れているところなどでは良く見かけることが出来る。

島嶼の火山の周辺のいたるところで、多量の火山噴出物が見られる。堆積層は主に貝殻、石灰岩、砂岩、礫岩から成っている。多く見られる岩石としては、安山岩、火成砕屑岩、石英、閃緑岩、少量の沖積土と石灰岩などである。

フィリピン断層は第二期造山運動により形成され、フィリピンを北から南へと縦断している。この大きな断層ができた後、二次的な断層と褶曲があちこちで起こった。フィリピン断層はミンダナオ北東およそ89kmにあり、太平洋の中でこれまで知られているもののうち、二番目に深い断層である。

フィリピンは地震多発国で、平均して、二日に一回の地震が起きている。この地震は無感地震ではあるが、地震計で記録できる震度である。しかし、全土に破壊的地震が起こるわけではない。全土に大き断層がいくつも交錯しており、その活動によって構造地震が起きる可能性があるものの、これらの断層の安定度が異なっていることによる。

1.2 気候

各地に山岳部や台地があるために、気候は多様だ。気候条件の差は、主に地域的気流によってもたらされる。この地域的気流は、より大きな大気の流れ、島嶼の地理的位置、そして特に、台風の進路によって生み出される。

フィリピンに影響を与える主な気流は：(i) アジア高気圧帯の東側、及び、南東側を流れる北東モンスーン、(ii) 太平洋高気圧帯に発し、赤道から吹き上げる南西モンスーン、あるいは、赤道気流と呼ばれるもの、(iii) 東側の太平洋の熱帯高気圧帯から流れる、北太平洋貿易風である。

これらの三つの気流から流れる風の向きは：(i) 10月から1月に、北から東へ吹く北東モンスーンと貿易風、(ii)2月から4月に東から南東に吹く貿易風、(iii) それ以外の期間に南から吹く南東モンスーン。

気候分類は、降雨の種類、乾期の有無、最大降雨期を基準とし、これにより、気候は四つのタイプに分類される。

第一タイプ：11月から4月の乾期とそれ以外の期間を雨期とする、二つの顕著な季節を持つ。

第二タイプ：乾期が無く、11月から1月が最大降雨期。

第三タイプ：季節の境がさほど顕著で無い。11月から4月が比較的乾燥しており、それ以外の期間は降雨を見る。最大降雨期ははっきりしないが、短い乾期が一か月から三か月続く。

第四タイプ：年間を通して、平均的な降雨がある。

フィリピンは、世界でも最も熱帯性サイクロンが多発する地域に位置している熱帯性サイクロンは次の三つに分類される：(i) 熱帯性低気圧－最大風速が毎時63kmまで、(ii)熱帯性暴風雨－最大

風速が毎時64kmから118km 、(111) 台風－最大風速が毎時188km を越えるもの。

熱帯性暴風雨の平均的年間発生頻度はおよそ19.9 (36年間の平均) で、このうち熱帯性低気圧が4個、熱帯性暴風雨が5.1 個、台風が10.8個である。熱帯性サイクロンの季節は6月から12月まで続くが、その他の季節にはサイクロンが来ないわけではない。6月から12月までの季節には、年間平均サイクロン数の88% が来襲する。熱帯性サイクロンは、わが国の周辺を、さまざまな進路を通って進む。

フィリピンの年間平均降水量は、およそ2,533.4mm。ルソン島での年間平均は2,724.4mm。ビサヤ島では2,391.7mm。ミンダナオは2,349.8mm。8月は月平均降雨量が最大となり、304mm。一方、4月は最小で約100mm である。

フィリピンの年間平均気温は 27℃。ルソンの年間平均気温は26.8℃。ビサヤでは27.3 ℃。ミンダナオでは26.9℃である。国土全体では、最も暑い月は5月の28.2℃、6月の27.9℃、4月の27.2℃。最も寒い月は、1月の25.6℃、2月の25.9℃、12月の25.9℃である。

1.3 人口

総人口は、1980年の4830万人から、1990年には6067万人に増加し、1995年には6641.5万人に達する見込み。1989年の総人口6010万人を基準とすると、フィリピン人男性は3018万人、女性は2992万人で、性比率は100.9 である。人口のおよそ半分は19才以下。フィリピンの人口規模は、アジアで8位、世界では17位である。

人口の多くは南タガロクとマニラ首都圏に集中しており、それぞれ全人口の12.72%と12.32%である。年間増加率は、次の6地域で、全国増加率の2.71% を越えている。西ミンダナオ (4.31) 、南ミンダナオ (4.28) 、北ミンダナオ(3.58)，マニラ首都圏(3.58)、南タガロク(3.25)，カガヤン・バレー(2.76)。これらの地域のは、高い増加率は国内移動によるものである。一方、最も開発の遅れている東ビサヤ島では、1.49% という最低増加率を記録している。

1980年の国内60都市の人口は、総人口の21.17%、1018万人で、1975年の人口数(16.68%) から145 万人増加した。1980年のフィリピン人口国勢調査によれば、人口密度は1平方キロあたり160.3 人で、1975年のレベルと比較すると、1平方キロあたり20.1人、14.34%の増加だった。マニラ首都圏地域は最も密度が高く，1平方キロあたり9,317 人。次に多いのが中央ルソンで、1平方キロあたり263.4 人。

フィリピンは多くが農村地帯で占められ、1975年の都市部人口は31.63%に過ぎず、1980年にはおよそ37.23%に増加している。人口増加の多くは、よりよい職を求めて農村部から都市へ人口が流入することに起因する。わが国で最も都市化しているマニラ首都圏は、1980年には全都市人口の33.09%を擁し、セブが5.17% ，ネグロ・オクシデンタルがおよそ3.96% だった。

15才以下の人口が全人口の約42% であることから、フィリピンは比較的若い人口を擁するといえる。平均年齢は、1960年の17.1才から、1970年のおよそ16.9才、1980年の17.6才へと上昇している。

1989年の一日の出生数は4,093.1 人で、1980-1989 年は下降傾向にある。死亡率は安定しており、

1983年の全国死亡率は、6.3 で、1987年には5.8 に下がり、1988年にはさらに5.8 となった。

1980年の人口・住宅国勢調査によれば、87の言語と方言があり、タガログ語は29.66%の世帯で話し、セブ語は24.2% 、イロカノ語10.30%，イロンゴ語9.16% 、ビコル語5.57% である。

全人口のおよそ85% はカトリック教徒、4.32% がイスラム教徒、3.91% がアグリパヤン(Aglipayan) 、1.3%がイグレシア・ニ・クリスト(Iglesia Ni Kristo) 、0.9%が仏教徒である。

1.4 経済と社会

1971年から1990年の21年間のフィリピンの経済成長率は低く、年平均にして4.1%に過ぎない。この期間をざっと二つに分けると、成長率が平均6.4%の債務推進期と(1971-1980) 、成長率が1.8%しかなかった債務圧迫期(1981-1990) になる。

債務推進期は、政府の開発プロジェクトを支え、国際収支の困難を緩和するために、多大な借款を行った。この期間の成長率は、外国からの債務を投資に振り向けることで支えた。この期間の実質ＧＮＰ成長率の大半は工業2.7%によるもので、それに比較してサービス業は2.2%、農業は1.4%だった。

債務圧迫期には、膨大な海外債務の返済を抱え、経済成長力が極度に圧迫された。インフラ基盤整備や社会制度の充実に必要な資金が、債務の返済へ流れ、さらに、債務返済にも端を発した政府の巨大な財政赤字により、高金利がもたらされ、成長率は一層圧迫された。

1971年から1991年の期間には、輸出に顕著な変化が見られ、伝統的農産物や天然資源から、衣服、靴、家具とその備品、マイクロエレクトロニクスなどが主流となった。1971-1975 の期間には、伝統的輸出品である林産、鉱物、砂糖、ココナツ産品の全輸出品目に占める割合は85.2% だったが、1986-1990 の期間には、これが22.2% へと激減した。この期間に、非伝統的輸出品目は、全輸出の14.1% から76.3% へと増加した。

農業、漁業、林業は、現在でもわが国の国家経済を支える最大の産業である。過去20年間に、農業は実質経済効果にして年平均240 億ペソの経済貢献をしている農業は1970年から1990年の輸出収益に年平均16.5億ドルの貢献をし、年平均成長率は3.5%であった。国家経済に対する漁業の貢献も大きい。生産高は、1981年のおよそ140 億ペソから1989年の460 億ペソへと飛躍的に増加している。

1970年初頭から、様々な政府刺激策や改革で、工業開発のペースは加速されてきた。特定の複数の産業分野への海外からの継続的投資に支えられ、産業の多角化が促進され、輸出加工区や工業団地が国内の特定の地区に建設された。その結果、GNP への工業のシェアは、33.5% へと伸び、1995年には40.1% 、2000年には42.6% に達すると予想される。

他の開発途上国、特にASEAN 域内の各国と比べ、フィリピンの経済動向は標準以下だ。1990年の我が国の一人当たりのGNP(730 ドル) は、タイの半分、マレーシアの1/4 、シンガポールの1/8 である。インドネシアの570 ドルには勝っているが、わが国の1965年から1990年の一人当たりの年平均GNP 成長率は、1.3%と域内最低であるため、追い越されること必至である。

経済発展の基盤は広くはない。国民所得の半分以上は国民の20% の富裕層が支配しており、所得の分配は不均衡だ。1985年から1988年の期間、国民の半分は総所得の1/5 しか享受していない。貧

困率は1985年の58.9% から1988年の55.2% へ減少したとはいえ、低所得層の所得と雇用の伸びが遅過ぎ、人口と世帯数の伸びに追いつかないため、17,000世帯があらたに貧困ライン以下に落ちた。更に、貧困率の減少にもかかわらず、わが国の世帯数の半分以上が貧困のままだ。

所得分布の不均衡は最も困難な問題で、解決が難しい。急速な人口増加は、平均的フィリピン人の生活水準の向上にとって圧迫要因になっている。これはわが国の限られた資源を考えても問題であり、インフラへの投資、機器の近代化、技術向上と訓練など、生産と生産性向上へ回すべき財源が少なくなっている。

経済回復を促すため、政府は1993-1998 中期経済開発計画を施行し、次の三つの目標を定めた：(i)持続的かつ広基盤の雇用・生産増加、(ii)物価の安定、(iii) 健全な国際収支。この目的は以下の項目を通して達成する。国民の能力向上、人的資源開発、国際的競争力の獲得、持続的経済発展、経済的・社会的活性化における民間部門の役割を高める。表1-1 から1-3 は、フィリピンのマクロ経済データである。

2.0 公共事業の現状

2.1 DPWH中期基盤施設建設計画

わが国の経済開発問題に鑑み、国家の中期経済開発計画の開発目標を支援するために、DPWHは、その1993-1998 中期基盤施設開発プログラムで、必要とされる物理的基盤を提供する。その開発目標とは、(a) 貧困問題の緩和、(b) 不平等の削減、(c) 生産的雇用機会の創出、(d) 総合的人的資源開発、(e) 持続的経済発展の達成、である。これらの目的は、国際競争力の強化と国民の能力向上を通して実現する。

そして、これを飛躍台として、より確固とした経済力の回復と持続的経済成長を達成し、この発展の過程が、国民の福祉の向上に寄与するだろう。より具体的には、国民の能力向上政策により、女性と男性が、基盤施設開発活動の計画立案から運営管理まで、平等に参加することを目指している。

よって、DPWH中期基盤施設建設計画は、以下のインフラ部門に力点を置く。

a．貧困層向けインフラ：人口の30% の最下層、特に生活困窮者レベルを助けるための、基本的交通機関、公衆衛生、その他基盤施設。

b．地方における生産支援インフラ：地方の生産・消費地を、中央、及び、世界の経済に結びつける、遠隔地高速道路、洪水調節・排水施設などの地方生産支援インフラ。

c．都市基盤インフラ：貧困層を助ける道路、洪水調節、排水施設を作り、これを地方と結びつけ、有力な市場、サービス地域を形成させる。

DPWHインフラプログラムは、以下の事項に特に留意する。

a．堅固で整備された幹線国道網を建設する。これは南北線を中心とし、東西線とその他の政策上重要な道路を交差させ、各地域と主要な生産・消費地間の人、物、サービスの間断なき、効率の良い流れを確保する。

b．幹線国道網を補完する二級国道を多く建設し、資源産出地域と中央を結びつける。

c．観光事業とアグロ・インダストリー地域に適切な支援インフラを作り、地方での生産性拡大という政府目標を実現する。

d．特定の地域産業センターに必要なインフラを提案する。

e．戦略道路を開発し、国家的、地域的緊急時の際の代替ルートとする。

f．主要河川流域の洪水を減少させ、集約的生産を促す。

g．マニラ首都圏など、急成長している都市部に不可欠なインフラを建設する。

h．次のようなプロジェクト優先順位をつける。維持管理、リハビリテーション、改良、建設

i．基盤施設開発活動に、女性と少数民族を参加させる。

DPWH中期基盤施設建設計画は、1998年までに以下のシナリオの達成を目指す。

a．高速道路については、南北主要線、東西横断線、その他の重要道路から成る15,798k㎞の全天候型の幹線国道網を100%建設、または改善し、その約93% を舗装する。(1991年末には、各々89%、58% であった) 10,706k㎞の二級国道については、96% を全天候型に建設、改良。約82% を舗装する。国道にかかる直線距離にして240,200㎞の橋梁は、100%完成させる。

（1991年末には82% ）

b．マニラ首都圏と主要河川流域の洪水は、許容可能な範囲に減少させる。

2.2 建設投資の予算

表２のプロジェクト項目別投資額に示したように、1993-1998 基盤施設建設計画は、全体で1781.932億ペソ、年間にして296.989 億ペソの投資額を要する。インフラ支出は平均しておよそ年28.3% 増加し、1993年の131.551 億ペソから、1998年の457.497 億ペソとなる。

表２のように、1993年から1998年の期間、道路部門が全投資額の大半を占め、年平均259.8775億ペソ、全投資額の87.5% である。次は洪水調節と内水処理で、平均年間支出24.958億ペソ、全投資額の約10.5% 。地方水道供給施設はDPWHが開始した外国援助プロジェクトを継続するためのもので、7.908 億ペソ、2.7%を占める。次は都市基盤施設で、年平均4.149 億ペソ、1.8%である。

2.3 公共土木事業に関する機関、組織

政府の基盤施設計画は、経済の生産部門を活性化させるに必要な物理的な施設を供給することにある。それには以下のものが含まれる。高速道路、鉄道、空港、港湾、都市交通などの交通関連施設：上水道、下水道、衛生、洪水調節・内水処理などの水資源関連施設：学校校舎、保健施設、国立施設、都市コミュニティー基盤施設などの社会基盤施設：エネルギー源開発、電力、地方の電化などエネルギー関連施設：電気通信、郵便などの通信施設。

公共事業と社会基盤施設にかかわる政府機関は、

1.公共事業・道路省
2.首都圏上水道、下水道システム
3.地方水道施設局
4.国家水資源委員会
5.国家潅漑局
6.運輸・通信省
7.航空運輸庁
8.陸上運輸庁
9.国家電気通信委員会
10.フィリピン郵政省
11.フィリピン国家電話局
12.フィリピン港湾局
13.通行料監督委員会
14.ニノイ・アキノ国際空港機関
15.マニラ首都圏交通公社
16.フィリピン国鉄
17.フィリピン航空開発公社

18.都市鉄道局
19.沿岸産業局
20.民間航空委員会
21.エネルギー省（新設）
22.国家電化局
23.エネルギー問題局
24.国家電力公社
25.エネルギー統制委員会
26.自治省
27.保険省
28.教育・文化省
29.国家住宅局

2.4 主な社会資本の整備の歴史、整備状況と課題

1987-1991年の間に、フィリピンのインフラ部門は、生活の質の向上と持続的経済成長を目指し、基盤・支援施設の強化に力点を置いた。小規模な地方プロジェクトと、既存施設のリハビリ及び維持管理がまず優先された。政府はいくつかの政令を施行し、資金の活用とプロジェクト運営・実施をすすめた。地方行政機関(LUGs)や非政府機関（NGO)をプログラムやプロジェクト実施、監督に参加させたのも、その例である。ＢＯＴ（ビルト・オペレーション・トランスファー）や関連事業計画を通して、インフラ開発への民間部門の活発な参加も奨励した。

インフラ部門の効率化のために、政策レベルで、私有化、自由化、地方分散化など顕著な成果が見られた。これは特に運輸と通信分野で顕著だった。より具体的 改善を図るために、現在進行中のプロジェクトや新規の優先プロジェクトの建設、完成を早めることになった。

インフラ部門の開発努力に対し、現在はまだ解決できない大きな問題が横たわっている。

－基盤施設計画、政策、プログラムの実施にあたる関係機関どうしの調整が不十分。このため、プロジェクトや既存施設の実施、運用、維持管理が満足にできない。

－予算的制約から、資本投資と維持管理経費の資金手当てが十分にできない。

－プロジェクトの準備不足と、環境やコミュニティー問題に対する明確な対策不足からプロジェクトの実施に支障をきたしている。

－自然災害がインフラ施設に広範な被害を及ぼしている。

2.5 現在実施中又は計画中の主要なプロジェクト

1993-1998年に、DPWHが日本の海外経済協力基金からの特別援助で実施している主要な外国援助プロジェクトは、

1.ラオアグーアラカパン道路改良計画(150k㎞、6.27 億ペソ)
2.特別リハビリテーション計画：アラカパンーアリタオ道路(3.91 億ペソ)

3.特別リハビリテーション計画：Sta.リターアリタオ道路（48km、5.659億ペソ）
4.特別リハビリテーション計画：カランバーカラウアグ道路（61km、2.65 億ペソ）
5.特別リハビリテーション：リバタフェリーターミナル（港湾工事、2800万ペソ）
6.幹線道路の橋梁リハビリテーションと維持管理（マニラ北道路とフィリピン－日本道路：37本、1.54億ペソ）
7.幹線道路の橋梁リハビリテーションと維持管理II（4 本、1.238 億ペソ）
8.PJHL及び関連道路改良計画（900km,74億ペソ）
9.ロザリオープゴーバギオ　リハビリテーション及び防災計画(46km,7.95 億ペソ）
10.ナグイリアン道路、アレンーカルバヨグ、カラウアグーマトノグ地区リハビリテーション及び防災計画（3.60275 億ペソ）
11.西レイテ及び北西道路計画(116km,32 本の橋梁架け替え、9.34億ペソ）
12.カルモナータルナテーナスグブ道路及び橋梁計画(2.128億ペソ）
13.ナバスーカティクラン道路(4406.9 万ペソ）
14.地方道路開発計画1.(3.77 億ペソ）
15.マニラ首都圏都市交通計画II（都市道路、10.54 億ペソ）
16.マニラ首都圏インターチェンジ建設計画1.：EDSAーアヤラーバサイ道路(3.89 億ペソ）
17.周回道路C-5 及び放射道路R-4 ーマニラ南高速道路改良計画(4.09 億ペソ）
18.放射道路10及び関連道路計画(12km,橋梁、埋め立て工事、4.81億ペソ）
19.マニラ首都圏周回道路C-3 計画（1.937 億ペソ）
20.マニラ首都圏舗装打ち替え計画(1.0527 億ペソ）
21.南ルソン高速道路建設(21km,3.848 億ペソ）

3.0 公共土木事業に関するDPWHの研究機関・技術開発担当部局

3.1 機関名

DPWHの公共事業研究開発担当部門は、研究標準局(BRS）である。

3.2 沿革

1987年に、DPWH（当時はMinistry of Public Works and Highways と呼称）が大統領令124 号で改組された折に設立された。BRS は以前、材料・品質管理局(Bureau of Materials and Quality Control)と呼称されていた。当時の主要業務は、DPWHプロジェクトに使用する建設資材の試験で、研究活動は主に舗装のための路床および路盤に使用する土質と土質の改良であった。

3.3 組織：組織図は図３に示した。

3.4 定員：BRS 職員の定員は以下のとおり

BRS の職員定員

部／局	職員数
部長	17
システム・標準部	29
研究開発部	38
技術サービス・評価部	23
材料試験部	28
品質管理部	25
技術研修・広報部	16
合計	176

3.5 予算額：1992年のBRS 予算は以下のとおり、

1992年　BRS 予算

一般会計より	
条例(RA 7180)	
人件費	14、351、000　ペソ
維持管理・その他事業経費	5、727、000
研究費	4、000、000
合計	24、078、000　ペソ

3.6 実施体制

DPWHの研究開発活動管理の観点から、BRS はまず、DPWHの全ての現場拠点と技術支援拠点について、必要とされる研究項目を調査した。多くの提案された研究課題は、以下の基準に従って優先順位がつけられた。

1.プロジェクトの緊急度／必要度

DPWH業務及び建設産業にかかる問題点に係わるもの。

2.以下の事項を獲得できる成功確率（リスクファクター）

a.有能な人材
b.適切な機器や施設
c.資金
d.所要期間
e.必要とされる技術情報

3.プロジェクトの利点
a.地方開発
b.労働集約／ローカルな資材の活用
c.経費節減
d.コスト・ベネフィット率

4.革新性
a.DPWHの基盤施設計画を支える、新しい、または、必要な技術開発
b.廃棄物、副産物の活用

優先順位をつけた研究プロジェクト案は、DPWH 次官に提出し承認を受ける。承認を得た後、政府や国外機関と、プロジェクト資金の交渉をし、確保する。プロジェクトを実行したら、その効果につきモニターする。その結果は、ガイドライン、省令、その他の形式で、DPWH各部局に通達する。

3.7 主要な研究施設の概要

BRS の研究施設は、ケソン市ディリマンのEDSA沿いの新しいビルにある。研究所には、土壌、セメント、アスファルト、鋼鉄、コンクリートなど、あらゆる建設資材の試験機器が備わっている。最近も、JICAの供与で新しい機器が搬入されたし、また、英国のTransport Research Laboratoryからは、コンピューターなど事務機器が供与された。

3.8 最近の具体的な成果

基盤施設に関連するすべての分野の研究開発を行うBRS は、以下の実績をあげている。

a.フライアッシュをコンクリート舗装建設に活用する研究の結果、省令が施行されフライアッシュを鉱物混合剤として利用すること、及び、コンクリート舗装では、ポルトランドセメントの代わりにに20% 混合出来ることになった。これは、広範な文献調査、研究実験と、長期にわたる性能試験に基づいている。これにより、ローカルに得られるフライアッシュの利用が拡大され、ポルトランドセメント建築工事の経費節減がはかられた。

b.ローカルに製造されるポルトランド・ポゾラン・セメントIP型のコンクリート建築物への活用。これにより、建設工事最盛期のポルトランドセメント不足と高価格問題が緩和した。省令により、DPWHプロジェクトにこのセメントの利用が認可された。

c.ポットホール修復用のアスファルト舗装混合材について、低温混合法を確立し、雨期におけるポットホール修復に、低温アスファルト混合材を使用する認可が省令により施行された。とい

うのは雨期には、高温アスファルト混合材がうまく施工できないからである。

d. 通常の土壌を、セメント、または、石灰で安定させ、下層路盤や上層路盤用骨材の代替材として利用する。これにより、通常の下層路盤や上層路盤材料が不足したり、手に入らない地域での問題を緩和し、地域にある豊富な土壌を極力利用できる。省令により、このような材料の利用が認可された。

e. 道路の路盤材として、風化石灰岩（アナポグAnapog）を活用する。ローカルに手に入り、質も良い風化石灰岩を最大限利用し、通常の路盤用材料が不足したり手に入らないために、道路建設に支障を来す地域の問題を緩和する。省令の施行により、DPWH道路建設プロジェクトで混合アナポグと顆粒材の使用が認可された。

f. コンクリート中空ブロック(CHB) 製造に、火山灰、または、火山砂を利用する。現在わが国では、ピナツボ山の噴火により、これらの材料が多量にあるので、これが建設材として有用であることを確認した。

g. 瀝青混合材に対するアスファルトの混合量を決定した。これにより、経済的な骨材とアスファルトの混合率、また、安定であり、施工も容易でかつ、強度のある混合材を作る骨材の（仕様の範囲内での）調合と等級付けが決まった。

h. JICAやTRL 等、外国機関との提携関係を確立した。JICAの道路舗装の専門家がフィリピンに派遣され、道路の研究に技術的援助をした。TRL とは、現在、劣化したコンクリート舗装面の補修に関して、最も費用効果のある方法を共同研究中である。

4.0 DPWHの取り組んでいる主要な研究・開発の現状

4.1 研究・開発の主な取り組み課題

DPWHの研究開発プログラムは、基盤施設計画に使用する国産材料の開発と改良を目指し、また、外国の技術導入や、それをわが国に適した技術に修正することにも努めている。同時に、既存の知識や文献を基にした新技術の開発も行い、建設事業の効率よい実施を図っている。研究標準局では、現在、建築材料を中心とした様々な技術研究を完了し、計画されていた以外のいくつかの研究を行っている。

4.2 現在取り組んでいる研究・技術開発

1. コンクリート舗装と構造物に、国産のポルトランド・ポゾラン・セメントP型を使用する研究。

この研究では、国産のセメントを、ポルトランド・セメントI型の代替品として活用する可能性を探り、すでに、いくつかのサンプルの強度決定を完了している。ブラカン市ギギントのタベ・バランガイ道路に建設された最初のパイロットプロジェクトのモニターと評価が進行中である。ブラカン市パガサ・オバンドのオスミナ道路の二つ目のパイロットプロジェクトは、1992年12月までに建設される予定。

2. 第1、9、10地域の通常の土壌を、セメントまたは石灰で安定させ、上層路盤と下層路盤用材料

として使用する研究。

第9、10地域に豊富な土壌タイプに、セメントまたは石灰を添加したもの、または、添加しないものについて品質テストを続行中。研究地域は、上層路盤と下層路盤材料が少ない地域である。この研究の目的は、通常の材料が少なく、質の落ちる土壌が多い地域で、これを上層路盤や下層路盤材として活用できるかを探る点にある。この研究は、1992年12月末に完了の予定。

3.再利用アスファルト・コンクリートを使用した舗装メンテナンスと、フレキシブル舗装混合材

産業廃棄物の効果的利用促進を研究目的とし、その一例として、アスファルト舗装廃棄物を利用して、道路工事の建設・維持費を抑える研究をしている。文献調査は完了し、1991年3月、日本人技術者により、研究に使用する実験機器の据えつけを終えた。30か所からの使用済みアスファルトにつき、マーシャル安定度試験を行った。この研究は、1992年12月末に完了の予定。

4.舗装面の破損原因調査、及び、様々なコンクリート舗装補修方法（TRL 共同研究）

破損したコンクリート舗装の補修法のうち、最も費用効果の高い方法を決定す　ることを目的としている。舗装専門家のジョン・D・パリー氏が、BRS エンジニアとの共同研究を統括している。リサル市テレサのプロジェクト・サイトにおける調査が1992年11月に終了した。第一段階の活動は、1993年12月末に終了予定。

5.コンクリート構造物に軽量骨材を使用する研究

わが国各地にある軽量骨材を、コンクリート構造物建設に活用する可能性を探ることを目的とする。文献調査を終了し、材料採集地の確認と、選定、骨材のサンプリングが進行中である。1993年３月末には研究終了の予定。

6.火山灰及び砂の利用研究

a.多目的ブロック：各地から採集した火山灰と砂の調整と品質テストが完了。モルタルの強度テストを現在行っている。1992年12月末に完了予定。

b.コンクリート用の細粒骨材：セメントを異なった率で混合して作成したコンクリートの２８日強度試験を行っている。この研究は1992年12月末に終了予定。

7.土石流（ラハールと泥流）による災害対策に関する研究

この研究のために、公共事業・道路省(DPWH)、科学技術省(DOST)、天然資源省(DENR)、農務省(DA)の代表者で構成される技術作業部会(TWG)が設立され、BRS が全体の調整を行っている。データ収集作業はすでに終了し、これらデータの評価、分析を現在行っている。これに関連して、土石流とその運動特性に影響を与える要因について、BRS と、土石流研究の専門家のイリノイ大学シカゴ分校のケルビン・S・ロドルフォ博士との共同研究が行われる予定。国立水理研究センターと鉱山・地球物理学局もこの研究に参加の予定。

8.国産材料を使ってのコンクリート舗装面養生

現地試験のデータによれば、養生材料としてもみ殻が最も効果的で、次いで、土、ポンディング、おがくず、藁などだった。コンクリート舗装面は、最初の７日間に殆どの水和作用が起こるので、この時期に続けて散水すると、強く耐久性のあるコンクリートを作ることができる。この結果を確認するため、他の現地試験地を建設することも提案されている。

9.舗装用コンクリートのたわみ一圧縮強度相関

セメントについては、粗骨材とポラックサンド使用のコンクリート１立米に対して10袋のセメントを用いた場合のたわみと圧縮強度の相関は、14日強度で0.182(1/5)から0.234(1/4)、28日強度で0.139(1/7)から0.238 (1/4) という結果が得られ、現在BRS でこの結果を検討中。

10.研究・技術開発の予定

以下のリストは、わが国の建設事業計画を支えるに必要な技術開発のニーズをわが省が調査し、研究予定プロジェクトに優先順位をつけたものである。リストは、短期と長期研究に分類した。

プロジェクト名	カテゴリー
1.アスファルト添加材、及び、エキステンダーとしての硫黄の利用	長期
2.橋梁基礎構造に対する河川流の影響	短期
3.瀝青舗装の疲労抵抗	短期
4.舗装工事でのローラー圧縮コンクリートの使用	長期
5.認可されている仕様に従い粒度調整され締め固められた路盤材使用の舗装面の排水特性	短期
6.水位観測をしていない河川の水文分析技術の開発	短期
7.コンクリート工事への海浜砂利の利用	長期
8.コンクリートへの海水の影響	長期
9.道路の土壌ーセメント基部の亀裂調査	短期
10.道路路盤への砂と瀝青混合材使用	長期
11.コンクリートの滑り抵抗	長期

文献調査と前記研究項目のプロジェクト案の準備が現在進行中。

12.プロジェクト評価

質の良い、経済的な新建材を求めて、わが局は、現在一般に受け入れられている基準ではカバーされていず、DPWHプロジェクトにも使用されていない新しい材料で、提案のあったものについては、DPWHプロジェクトに使用可能か否か評価中である。これには、アスファルトの添加剤、鋼ファイバー、土壌安定剤、交通施設用反射塗料、その他の建設事業用製品が含まれる。

4.3 研究・開発を進めて行く上の課題

1.政府の政策支援と取り組み

一般的に、研究開発プログラムや各開発プログラムは、国家開発目標や政策の枠内で実行されるべきだ。これらプログラムやプロジェクト目標の達成には、政府の取り組み、政治的意志、政策上のサポートが決定的な役割を果たす。

開発プロジェクトは、国家的目標に添うものであるべきで、政策決定者や政治指導者などの、政治的、地域的、民族的、個人的意志に左右されるべきものではない。つまり、国家的目標が該当部局の目標の基本となって整合性が保たれ、プロジェクトの方向性、調和、統一性、同時性が得られ、

実施に当たって適切な総合化が図られ、構造的重複や二重の業務などを避けることで、持続性のある仕事を行うこととする。

国家的目標は、往々にして幅が広く、時に矛盾する。短期と長期の視点の矛盾、複数の政策決定者の観点、有限な財源の枠内での実施可能性などだ。各目標は矛盾が無く、責任ある関係機関には、財政、予算、戦略、管理、運営、制度の面で、適切な支援と財源を与えなければならない。

研究開発活動に影響を与えるものには、政府の予算政策、外貨の安定、対外債務、物価と補助金、利子率、従業員雇用慣行、民間部門の参入、中央化・分散化、部門別優先順位、物資調達、公益事業実施のための組織、訓練などがある。持続性を持たせるために、国家全体に利益となる政策改革も必要かもしれない。

政府の取り組みや支援が時に変化することもまた事実だ。安定度を欠いた政治状況の中では、一連の政策や政策環境にたびたび変更があり、プロジェクトの継続性が妨げられる。長期戦略として政策表明されたものが、実は既得権グループの短期的観点からの圧力に対する政府の対応に過ぎないかもしれない。

政府指導層や機構の度重なる変更は、既存プログラムの軽視という結果を招来し、継続性が失われる。政府や政策の変更の結果、突然に予算が削られたり、運用面に混乱が起きたり、また、財源が得にくくなり、主要スタッフの配転もあるかもしれない。

2.管理、気候、参加

研究開発活動の継続性を左右する事項として、管理職の指導力と支援、行政手続きと運営戦略、研修、管理情報の支援、フィードバック・メカニズム、集中排除、プログラムやプロジェクトの計画、実施、モニターへの末端受益者の参加を促すアプローチ、などがある。

プログラムやプロジェクトの管理とは、政策決定、技術の適用、目標設定、政治的支援の結集、関係機関やプロジェクトの受益者との調整などの業務である。プロジェクト目標は、実行機関の行政能力に相応しいもので、雇用と職員構成、人材開発と研修、研究開発施設、運営戦略と維持管理、管理情報とフィードバックシステム、予算と財政管理システムなどに、適切な行政組織を備えていなければならない。

現在、機構とプロ意識の面で、更に改善が求められている。全体的サービス供与、中央、地域、地区レベルの研究開発機関を強化するための技術的、財政的援助の増加、適切な基礎実験とそのための施設、機器の供与など、長期の構造改革目標は、余り重点が置かれていない。

管理職の指導力は、持続的プログラムの開発に重要な要素だ。持続的開発に必要な管理能力や優れた指導力は得がたいものである。持続性があるということ自体、効果的プログラム管理ができることを意味している。有能な管理職と技術スタッフがプロジェクトの成功と継続性に重要だ。

3.財政

この分野で継続性を保つには、実施、運営、維持、投資の目減りを補うに十分な資金の流れなどを必要とする。持続的研究開発プログラムを確立するためには、コストリカバリーによる配当(sourcing via cost-recovery),市場での販売収益、資金の直接配分、資金不足の場合の寄付ま

たは外部資金などを示す、財政予測が重要だ。

財源が限られ、複数の政治圧力グループが競って要求してくる中で、財源の配分は、政治的ご都合主義と経済的合理性の拮抗に影響される。研究開発プログラムの最大の障害が、運営、維持、施設、投資目減りをカバーする資金の不足だったことも多い。

経済的収益率(Economic rate of return ERR) を主要な目安として実行可能性を測り、資金予算化過程での財源配分に使うことは、インフラプロジェクト投資、維持運営に、次のような影響を与える。(i) 投資効果の観点からすると、研究プロジェクト実施後すぐに生ずる利益は、後年生み出される利益よりも高く評価されるから短期的テーマが喜ばれる。(ii)プロジェクト地域の外に、どのような長期的環境効果をもたらすかについては、まったく考慮されていない。(例えば、掘り抜き井戸を集中的に作ることで地下水のレベルが下がる；特定の生態系の中で経済的に利益の上がる高収益作物や樹種が、その生態系に及ぼす長期的影響；潅漑施設や高収量農作が河川下流域にもたらす効果、など)。(iii) すべての経費と利益を金銭で数量化することの困難さ。(iv)ERR を監視の基準として活用することは、方法論として難しい。インフラプロジェクトやこの分野の研究開発活動で利益が大きく現れてくるのはかなりの期間投資を続けた後であることが通例だ。経済的可能性評価に当たっては、利益の出かたとその期間について、考慮を払わねばならない。

プログラムやプロジェクトの全体的実行可能性や持続性評価のために、より適切な方法論を開発し、テストしてみなければならない。そのパラメーターとしては、社会・経済的福祉指標、環境影響、費用効果、技術革新とパリティー、システムの全体的効率を考え、開発計画や財源配分の点で優先順位をつけた、開発ネットワーク構想などがある。

民間部門や企業を開発の共同パートナーとして使う機会を探り、有限の政府資金を節約し、対外債務を最小限にしなければならない。

4.技術要因

わが国の財政的、構造的能力に合致し、プログラムの目標を達成できるような技術を選択する必要がある。これら技術を導入し維持して行く経費は、それを生み出す利益を超えるものであってはならない。

ハード技術の導入を容易にさせるためには、組織構造と管理、職員と研修制度、広報活動といったソフト技術の開発と応用も重要だ。

研究開発活動とプロジェクト継続努力の中で、新技術の開発と適用の能力、環境変化と既存技術の刷新を行ってゆく。どのような技術を必要としているかを検討、試験、適用（応用研究）し、わが国の状況に適した研究開発を求めて行かねばならない。さらに、地元の労働力、技能、材料、技術はいまだ十分に活用されていない。

研修・再研修機会の不足、公的、私的部門の研究開発施設の不足、専門教育・訓練が学界の中にさえ存在しない事実、実験機器と財政支援の無さなどの為に、最新技術の習得、試験、実施が適切に行えない。このような技術の多くは、先進国からのみ入手可能だが、わが国にとっては非常に高価なものだ。

5.対外要因

研究開発プログラムやプロジェクトは、既存の政治的、経済的、社会的、文化的状況の中で運営されており、時には抗し難い力に支配されることもある。

政治的、経済的不安定が研究開発プログラムの持続性を妨げることも往々にしてある。政界や所管省庁、機関などの上層部の頻繁な交代、インフレの悪影響と予算の肥大、外貨の不安定、資金、機器、部品の入手の困難さ、国内、国外の価格の変動なども起こる。

5.0 国際研究交流

5.1 国際研究交流の実施上の課題

現在、DPWHのBRS は、日本の国際協力事業団(JICA)と、英国の TRL から研究開発援助を受けている。

1.JICAのミニプロジェクト技術協力

この技術協力は、道路舗装の設計、建築、維持管理と研究開発の面でBRS の技術能力を高めることを目的としている。日本政府からは、舗装専門家がBRS へ派遣され、また、このプロジェクトに参加しているBRS スタッフが日本で研修を受け、技術ノウハウを高める予定。我が局の研究活動を支援する為に、土質、アスファルト、コンクリートの試験機器、器具が無償援助プログラムのもとに供与された。

2.TRL とDPWHのBRS の共同研究

この共同研究は、破損の激しいコンクリート舗装面の補修のうち、最も投資効果の高い方法を決定することを目的としている。TRL の舗装専門家ジョン・D.パリー氏がチーフとなり、BRS の職員がメンバーとなっている。研究では、コンクリート道路舗装面の破損原因の解析と評価を行っている。舗装現地試験ではいろいろな補修方法が試験され、その効果の評価モニターを行う予定である。経費の比較分析も行い、経済性の評価も行う。コンピューターをはじめ、いくつかの研究機器がBRS に供与された。

3.技術情報交換プログラム

BRS の研究・標準設置活動、及び、技術情報推進・広報の一環として、我が局は、海外機関と技術情報交流プログラムに携わってきた。海外機関には、American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)、American Society for Testing Materials (ASTM) , American Concrete Institute (ACI) 、その他の研究機関や公共事業機関などがある。

5.2 国際研究交流の実施上の課題

1.現在の通信・情報システムや、ネットワークを活用することの必要性

世界の通信網と情報システムは、近年ますます発達し、精巧になりつつあるので、これを研究開発と科学的研究の推進に役立て、利用し、取り入れて行く必要がある。協力を可能にする鍵は、開

発と通信のレベルをさらに高めることだ。

フィリピンには、研究開発を最大限推進するに要する情報・通信システムの基盤はわずかしかない。研究開発全体を調整する中枢ネットワークを設立しなければならない。国内外のすべての潜在的、関連ユーザーを考えれば、学界、研究機関、資金供与機関、その他との連携を高めねばならない。研究を推進し、適切な情報処理を行う、分散型研究推進ネットワークを設立し、例えば、地域や地区センターが情報を無償で提供し、持続性のある開発の為の科学、研究分野への関心を高めることが必要とされる。

政府は、このネットワークの調整役を努めるべきである。政府は、各省庁に最大限の情報収集をさせ、これを提供させる。技術情報をより安価に、容易に入手でき、また利用しやすくする為に、政府は法令、手続き、方法を定めねばならない。諸外国、情報機関、国内外の研究機関、国際機関との連絡、連携を常に求め開拓し更新して行かねばならない。

2.援助分野の適切な把握

どのようにしたら援助の必要性を適切に認識できるかは、よく考えねばならない問題だ。開発途上国では、本来、政治判断や価値判断に左右され易い諸問題を適切に判断するために、優れた経済計画策定と経済運営が要求される。開発に当たっては、国家がどの程度の規模の援助を、いつ受け入れるかを算出しなければならない。そのため、政府の関係省庁は、将来を見通した価値判断と持続可能レベルの開発を考慮しつつ、適切な予測を立て、目標を発表する必要がある。政治家が決定を下す際の思考スパンは小さく、長期的視野ではなく、短期、中期の場合が多い。例えば、フィリピンに提案されたいくつかの非常に価値ある研究・パイロットプロジェクト援助計画案が、政府のマクロレベルでの優先順位付けからはずれ、今日なお延期されたままのものがある。

プログラムやプロジェクト目標の達成を目指す政府の取り組み、政治的意志、政策が、これらの活動に対して決定的要因となる。また、指導力のある経営手腕運営・実施方法、研修、情報システム支援、フィードバックメカニズム、中央集中排除、積極的参加意欲などもまた、研究と研究交流活動の意義を深め、効果を上げるために、重要な役割を果たす。

3.効果的援助のための必要事項

もうひとつの大きな問題は、援助の効果だ。援助の効果は、それが生み出す商品やサービス、技術が適正なものか、また、それを、他からも得ることができるか、などによって決まる。また、これらのものを生み出すに要する経費、プログラムへの融資にかかる返済と利子などの条件によっても決まる。

資金供与国が、援助や交流プログラムに条件をつけることが往々にしてある。これが"紐つき"という現象で、供与国が何らかの条件をつけて援助を与えることをいう。例えば、(i) 紐つきプロジェクトー資金や援助金を、特定の支出項目や特定の分野にしか使えない、(ii) 紐つき調達ー特定の国、普通は供与国、の商品やサービスの調達にのみ限定して資金や援助金を与える。

研究開発プロジェクトや交流プログラムは、費用効果の高い国産の工業用品、ローカルな資材や原材料、地域の社会習慣や慣行、労働力、現在の技術水準をなどを考慮しなければならない。

4.援助の政治的側面

他国に援助を与えるという決断は、本来、政治判断である。援助を与えるに当たっての、政治的、また、その他の背景を理解するのは、大事なことかもしれない。政治的判断、あるいは、二国間に古くから存在する、言語、政治、その他の状況から来る絆の存在が、先進国の援助配分を大きく左右する。援助供与国は、世界でも富裕な国々のことが多い。

私利から海外援助を行う場合も多い。援助や交流は、受益国の観点から、その利益を第一に考えて行うことが最も望ましい。二国間の交流を絶やさず、信頼と緊密な協力関係を築くことが必要だ。

開発志向の科学と、科学に根ざした開発技術への取り組みを推進し、これにより、研究手法や世界に蓄積された科学知識を、技術と経済と環境の調和を妨げる諸問題の解決に応用し、科学技術移転の可能性評価に活用し、科学技術の導入に役立てることができる。これには、全体的、組織的アプローチで取り組み、人類の福祉と未来に貢献するものでなければならない。

5.限られた財政

開発途上国は、援助を、供与ではなく、ローンとして受け取ることが多くなっているため、その返済義務が、国の国際収支にますます重荷となっている。開発途上国にとって、債務問題は大変に深刻な問題だ。

援助や交流は、できるだけ、グラントや譲渡的ソフトローン(soft concessionary loans)にすべきだ。返済に当たって、負担や義務あるいはその他の条件を課さないグラントを増やすべきだ。単なる財政的、私利私欲の観点を越えて、地球規模の全体的、持続的成長のための技術を推進すべきだ。

6.援助の最大限の活用

援助の源は、世界の豊かな先進各国の歳入、富、技術である。これらの援助は次のようにして倍加させる。(i) 複数の機関に対する、民間部門の直接投資、ローン、支援。(ii)複数の機関に対する、公的部門による双務的技術移転と支援。これら援助源から研究交流やその他の援助プログラムへ流れる援助を、最大限に活用する必要がある。

7.技術

最新技術を適切に取り入れ、テストし、実用化するために欠けているのは；
それが開発されているという情報自体がない、研修・再研修機会の欠落、公共部門・民間部門を問わず研究開発施設がない、専門教育や訓練が国にも学界にも無い、実験機器や施設の不足、財政基盤の欠落。これらのことから、研究開発の成果を吸収し、取り込み、更に発展させる力をつけることが出来ず、成果を広めることが出来ない。

また、これら科学技術の多くは先進国にのみ存在するため、わが国にとっては高価な買い物となる。特許制度、企業秘密保持制度、安全保障上の制約、産業技術機器の世代交代の早さなども、科学技術の推進と交流プログラムにとって問題だ。特に特許制度は、特定の分野の特別な種類の技術革新に成功した者に、独占的特権を与える。これは、資産の好ましい配分と、地球規模の進歩と持続的成長という概念に対立する。制度、法令、特別協定などを施行し、最高かつ最適な科学技術の推進を図り、次世代の各種発明や、先進技術開発をさらに推進する必要がある。

研究開発と、発展途上国へのその適用を考える際には、ソフト技術の開発と応用、新技術の開発

6.0 災害と防災についての取り組み状況

6.1 災害と防災の現状と課題

道路災害の防止

フィリピンは、国家全体の社会経済開発計画の観点から、幹線道路の開発に長らく重点を置き、かなりの量的拡大がなされてきた。しかし、実績を上げてきたにもかかわらず、最重要道路のいくつかは欠陥も多く、例えば、斜面崩壊、落石、地滑り、土石流などの災害のため、道路輸送システムの効率が落ちている。道路災害は五つのタイプに分類できる：

a. 切土のり面の崖崩れ。これは更に、表層崩壊と深部崩壊に分かれる。一般的には、表層崩壊は侵食、風化、構造的もろさなどで引き起こされ、深部崩壊は洗掘円弧および板状崩壊に起因する。
b. 盛土のり面の崩壊は、侵食による表層崩壊と、洗掘や飽和による深部崩壊に分類できる。
c. 落石には、岩盤崩落と岩屑崩落がある。前者は、基岩から離れた岩盤が単独で崩落するものだが、後者は、斜面上の砂利、小石、岩石が落下するものである。
d. 地滑りは、特定のすべり面上での土塊のせん断強度と滑動力のバランスが失われることにより引き起こされる。これは更に、岩盤地滑りと土砂地滑りに分類される。
e. 土石流は急流や河川の河床に堆積物があり、洪水などの流れの力により引き起こされる。これは、土石流と泥流に分類される。

ピナツボ山の噴火と土石流（ラハール）災害

1991年６月12日～15日に起こったフィリピン、ルソン島中部のピナツボ山の噴火と、続いて来襲した台風や土石流は、公共基盤施設や民間資産に多大の被害を及ぼした。この自然災害は、低地にあった数カ所の村落を完全に破壊し、非常に肥沃な広大な農地を荒廃させ、商工業に甚大な被害を与えた。

米国地質調査所(USGS)とフィリピン火山地震研究所（PHILVOCS)の試算によれば1991年６月15日の噴火で、およそ70億立米の火山生成物が噴出し、その殆どが火山を取り巻く高い斜面に堆積した。（図２参照）これまで、これらの堆積物のうち15% が侵食され、火山周辺の八つの主要河川に土砂が堆積し、広範な氾濫を引き起こしている。火砕堆積物の25% が最初の３年間に侵食され、これが10年間では50%に達するであろう。適切な対策を施さなければ、大きな災害を引き起こしかねない。

基盤施設への被害規模は、災害復旧と復興に82.15 億ペソを要する。このうち洪水および土石流対策は全被害額の約42.8% の35.14 億ペソにのぼり。既存の道路や橋梁は15.25 億ペソの被害で、新しい代替道路の建設に21.94 億ペソ必要なので、総額は37.19 億ペソ、全体の45.3% となる。学校施設の被害も大きく、7.48億ペソ(9.1%)。その他の公共施設への被害は2.34億ペソ(2.8%)に達する。

およそ489k㎞ の主要国道と163k㎞ の市道が、5-30c㎝の厚さの火山降下物に覆われた。噴火直後に６本の主要橋梁が崩壊し、続いて襲った土石流は、複数の橋梁と橋への取り付け道路を破壊した。

河川施設の被害に関しては、噴火の影響を受けた８河川において河床への土砂堆積、破堤、流路の侵食、排水施設の閉塞、水制工の破壊などが生じた。

火山灰の降下により、4,665 の教室が完全にあるいは部分的に破壊された。噴火により236,686人の生徒と、7,009 人の教師が移動を余儀なくされたと見られる。火山灰は98の病院と保険センター、18の公設市場、13の市町村施設、70の政府施設を完全に破壊した。

およそ645 人が死亡したといわれ、怪我人は195 人、行方不明者は23人。被害者の殆どは、降灰による家屋倒壊の犠牲となったり、続いて発生した洪水による溺死、避難地での病死など。40,809の家屋が完全倒壊、67,395が部分的被害を受けた。

被害を受けた農地は86,000ヘクタールに達し、農作物、家畜、漁業への被害は6.049 億ペソと予測される。約18,000ヘクタールの森林が約25cmの降灰に埋まった19,799ヘクタールの新植林地域が破壊され、1.25億ペソ相当の若木が失われた。破壊された天然林と人工林は43,801ヘクタールに及ぶ。

651,000 人の被雇用者が収入源を永久的、半永久的に失ったが、これは、1991年４月に第3.地域に登録されていた全就業者のおよそ28% にあたる。製造業のうちの輸出部門が最も打撃を受け、資産総額8.506 億ペソの599 の企業に影響した。

6.2 DPWHの災害と防災技術に関する取り組み状況

道路防災プログラム

道路防災の重要性にかんがみ、フィリピン政府は、日本の国際協力事業団の援助を得て、道路防災長期計画の策定を図った。

1983年（第1.ステージ）と1985年（第2.ステージ）に二つの防災フィージビリティプロジェクトが実施された。第1.ステージでは、四つの国道沿いの被災地を確認し、被災部分に優先順位をつけた。(i) マハリカ・ハイウエー（ルソンとレイテ間）、(ii)ケノン道路、(iii) アゴオーバギオ都市道路、(iv)ナギリアン道路である。また次の三か所については、フィージビリティ調査を行った。(i) ダルトン道路、(ii)マハプラグーソゴド道路、(iii) ケノン道路である。第2.ステージの研究では、(i) ルセナーカラウアグ、(ii)アレンーカルバヨグ地区、(iii) ナギリアン道路の各地区をカバーした。

これらプロジェクトで行った対策の代表的的なものは：

a. 地表流－切土および盛土のり面の崩壊の主な原因は、地表流である。様々な部分に、各種の排水路を作った。隣接地からの流水がある所では、斜面頂部に排水路、小段が必要な所では小段状排水路(berm ditch)を設けた。被災地には排水施設が無いので、排水路は必ず必要である。
b. 地下水排除－地下水位レベルが高く、浸透水が見られる所では、水平排水孔と盲暗渠を設けて土砂の流出を防いだ。
c. のり面保護－侵食や洗掘に影響を受けない固い岩盤で成り立っている斜面以外の全ての斜面に保護工事を行った。土壌や風化岩の斜面は植物が成育できるので、植生で斜面保護を、その他の斜面では、コンクリート吹付工を行った

d. アンカー工法－ 斜面に不安定な岩盤があり崩壊の危険がある場合は、ロックボルトで基岩に 固定した。これは、斜面に大きな岩が数個ある場合に用いられた。

e. ワイヤーネット・アンカー工法 － 斜面に多くの小さな不安定な岩塊がある場合は、アンカー・ワイアーネット工を施した。この方法では斜面表面の侵食や洗掘を完全に防ぐことは出来ないので、これは主に硬岩の斜面に行った。

f. 石積み擁壁 － 急傾斜地で、斜面角度を改善出来ない場合は、石積み擁壁を作り、埋め戻しをした。このような所では、側溝を必ず設けた。

g. 路線の小シフトと防護壁 － 既存の道路を移動出来るほどの平らなスペースがある場合は、局部的に路線を少し移動した。これは、斜面に直接斜面保護工事をするよりも、ずっと経済的であるからである。最大移動距離は約6mだった。防護壁を必ず作り、崩落した岩石による道路被害の拡大を防いだ。

ピナツボ山被災地に対するDPWH災害復興計画

噴火直後から、政府全関係省庁、非政府機関、民間の参加を得て、救助、避難救護活動など緊急活動が実施された。緊急活動に続いて、被害を受けた基盤施設の総合的復旧と再建、必要な社会サービスの継続的提供、資産を失った避難民の再定住地の建設、雇用の回復、新しい生活関連活動の創出がなされた。

基盤施設計画やプログラムは、ピナツボ被災地域の復興ための全体計画の主要な部分をなし、5-10年のシナリオを考えている。DPWH復興・再建計画には以下の優的事項と活動がある。

a. 輸送システムを確保し土石流被害を防ぐ。特に主要幹線道路や河川架橋部における、人、物品、サービスの滞りない移動を確保し、迅速な復興と復旧に資する。

1. 緊急活動の一環として、DPWHは噴火後一週間に、652km の道路部分から降灰を除去し、噴火後二、三週間の救助、避難、救護活動を効果的に行わしめた。しかし、道路からの灰や火山性砂礫の除去は、周辺住民が道路に残土を捨て続けるため、繰り返し、長期間行わねばならなかった。
2. 雨や道路の冠水が続くため、道路の側溝の清掃を繰り返し行った。
3. 豪雨により冠水し、交通が遮断されやすい部分は、平均2mかさ上げし、通行障害を除いた。
4. DPWHの作業では、31台のグレーダー（地ならし機）、86台のローダー、279 台のダンプトラックを動員した。
5. 橋梁については、土石流の流れや土石流による被害形態が刻々と変わるため、以下の対策を行っている。
   - o 永久的な橋の再建については、状況が安定してから行う。
   - o 橋関連の作業は、被害を受けたアプローチ部分の暫定的修理や、渡し場や臨時構造物などで迂回路を作ることなどにとどめ、DPWHの係員がこれら迂回する渡し場を常時監視し、通行を確保する。

o　その他の橋は、橋や周辺の堆積物を常時除去して、通行を確保する。
o　橋近くの川上、川下の河川工事を行う。

6. 長期的対策としては、人、物品、サービスの支障なき通行を確保するため、新しい代替道路の建設が考えられている。

b. 生命、コミュニティー、農地、養魚池、基盤施設の保護

将来の破壊からこれらを守り、ラハールや洪水などによる、潜在的被害を軽減する。

PHILVOCSが様々の地域やコミュニティーを調査し分類した結果、各地に以下の戦略をとることになった。

1. ハイリスク　又は　第一グループ地域：ラハールの通路に直接あたり、地形が低地で、膨大なラハール流が見込まれるため、基盤施設があってもラハールに埋没する可能性のある地域。これらの　地域は、現在進めている工事でも救うことができない。

戦略：

a. 基本的には、自然に任せ、人工的な作業はしない。
b. ハイリスク地域の住人を避難させ、新しい安全なコミュニティに定住させる。
c. 影響を受ける住民と相談の上、危険地周辺のタウンセンターなど、守ることのできるものは守る。これには、コンクリートで覆った堤防や排水施設など、強固な構造物を建設する。流路を確保し、水が常時流れるようにする。

2. ミディアムリスク　又は　第二グループ地域：ラハールの影響は受けるが、通常の工学的工法で保護することができる。

戦略：

a. 土砂を発生源で止める。川の上流部で、火山性堆積物のあるところ、またはその近くに、砂防ダムまたはチェックダムを建設する。この構造物は、出来るかぎり多くの堆積物をとらえ、その速度を弱め、下流での破壊力を少なくするよう設計する。
b. 土砂を直接海に運ぶ。
流路を深く、広くし、浚渫する。
c. 山から扇状地へと動く土砂を制御する。
対策としては、流路の修復、デシルティング、浚渫：堤防のかさ上げ、リハビリ、強化：水制工、法棚工、トラバース・シル、床固めダムなどの河川工事：土砂貯留地、サンドポケット、輪中など。

3. ローリスク　又は　第三グループ地域：ラハールの影響を受ける可能性はほとんど無い地域で、最小限の工学的工法で良い地域。第二グループで行う対策を縮小して行えば良い。

c. 学校や公共施設の再建とリハビリテーション（設計の改善を伴う）。

泥流被害地域の外側の施設で、教育プログラムの再開と、基本的行政サービスを回復するため

に行う。

ラハールの直撃を受けないと思われる地域にあって、被害を受けたり、倒壊した学校施設の緊急修理と再建を中心とした。現在は、建築物リハビリテーション計画は完了したが、1992年から1993年初頭に完成予定の二階建てビルがまだいくつかある。学校施設は、屋根の勾配をきつくし、樋を無くし、桁の間隔を小さくして破壊に対する抵抗を強める設計とした。

また、重大な被害を被ったり、完全倒壊した市町村の建築物、公設市場、屠殺場などの再建も優先的に行われた。学校建設プログラムでは、設計の特長は急勾配の樋なし屋根と、狭い桁間隔で、ラハールの危険の無い場所に建設する。

d. 他のリハビリテーション活動への支援：他の省庁の救護活動や社会サービスを援助したり、再定住・生活プログラムに対する基盤施設の支援をする。

DPWHは、各地の被災地での救援、避難、救護活動に車両や重機器を提供した。道路上の降灰の迅速な排除で、スピーディーで時宜を得た避難と、救援物資の搬送が可能となった。

また、ハイリスク地域から移転させられた住民、または、影響を受けた住民の再定住計画のため、基盤施設支援にも、DPWHは重要な役割を果たした。この計画の基盤施設としては、定住地の地ならしと建設、定住地へのアクセス道路と内部の道路網の建設、学校、トイレ、衛生施設の建設、深井戸、浅井戸、レクレーション施設などがある。また、生産センターや各種コミュニティーセンターの建設も行った。

6.3 防災対策を推進していく上での今後の技術的課題

第一ステージと第ニステージの経験、結果、提言を受けて、関連する問題点が指摘され、事態の悪化や災害を防ぎ最小限に抑えるための、早急な解決策が要求されている。フィリピン政府は、全国の主要幹線道路の道路防災プログラムの早急な実施と、全国ですでに確認ずみの災害予想地、あるいは、これから災害に襲われるであろう地域についてのフィージビリティスタディーを継続する決意である。

台風、地震、火山噴火、その他の自然現象に起因する災害は、インフラ施設の破壊、環境破壊、死、住民の移住、住民生活への障害、社会経済活動の阻害などの結果をもたらす。防災とリハビリテーションや再建のコストは、フィリピンのように財源が少ない開発途上国が被災国である場合は、その負担が非常に困難である。これには、地球規模のとりくみと、国際協力、及び、援助が必要だ。補助金、科学技術ノウハウ、特別研究とモニタリング、譲与的ローンなどを、先進国、開発機関資金供与国が、防災、リハビリテーション、再建のために供与し、これらがスムーズに効果を発揮しするようにしなければならない。この分野の活動は、地球規模の研究、防災、災害軽減のモデルとなり、他の国々で同様な事態が発生した場合に、人々の苦痛を最小限に抑えつつ、迅速な問題解決が図られるであろう。

7.0 環境と社会資本整備の調和についての取り組み状況

7.1 公共事業、環境と持続的な開発について（フィリピンにおける現状）

フィリピンの陸上の生態系は、非常に変化に富んでいると同時に固有の生物体系を特徴としている。しかし、人口圧力、貧困、生存上の必要性、多様な経済活動などの結果森林面積の急速な減少、植物相、動物相の種数の減少、自然が微妙なバランスを保っている高地の耕作面積の増加、主要な農耕地帯の都市化、侵食による土壌生産性の低下、塩害と化学肥料の誤用、牧草地、草原、放牧場の漸減が起こっている。

1972年には、およそ1040万ヘクタールの天然林があったが、1990年には、616 万ヘクタール、全国土面積の約20.5% でしかなくなっている。

人口増加に伴い、土地への要求が増加し、その結果、わが国の限られた生産可能耕地は集中的に利用され、貴重な生態系が乱されてきた。この結果、土壌侵食、汚染、土地の生産性の低下、植物遺伝資源の減少といった問題を引き起こしつつある。少なくとも22の管区の土地が過度に侵食されている。森林破壊は、少数民族の移住、本来あるべき経済的利益の喪失、生命財産への被害など、マイナスの経済効果を及ぼしている。高地には、ざっと350 万から660 万人の少数民族が住んでいる。

農耕地も、様々な分野からの圧力をますます受けつつある。侵食、塩害、化学肥料の誤用が複合して、わが国の最も良い土壌の質の低下をもたらしている。農地の転用も、最も生産力の高い農地が失われる原因だ。1983年には、578 万ヘクタールの農作物生産適地のうち45% が、なんらかの侵食受けていた。1985年には、季節的に耕作されている地域のうち50% で土壌が侵食されたと思われる。

わが国の沿岸、及び、海洋環境については、現在見られる大きな問題は、マングローブ林の減少と他の目的への転用、汚染と破壊的漁法からくる珊瑚礁の破壊、限界を越えた過度の乱獲と赤潮の発生（毒性のある浮遊植物プランクトンの異常発生）などだ。発破漁法、シアン漁法、ムロアミ漁法（ストリーマーをつけた垂直威し網を使って、魚を袋またはグリルに追い込む漁法で、この威し網が海底に接すると、もろい珊瑚を破壊する）などの破壊的漁法習慣なども問題だ。

地表流の堆砂と汚濁、地下水の塩害は、わが国の淡水資源が直面する問題だこれは特に都市域の河川や湖で顕著に見られる。マニラ首都圏の人口は、その15% しか下水施設を享受していない。首都の河川の汚濁の70% は生活廃水、その他が工業廃水によるものである。

他地域の河川では、鉱山の選鉱くずで多量の土砂堆積が見られる。砂糖工場、アルコール発酵工場、ココナツ油工場と乾燥ココナツ工場などでは、通常の技術で汚染問題が解決できない為、河川や湖沼の大きな汚染源になっている。一方、より高度な技術は、膨大な経費と操業コストを必要とする為、コストが高すぎる。電気メッキ工場や皮なめし工場など、数多くの中小工場は、廃棄物処理施設はまったく持たないか、非常に不適切なものしか持たない為、かなりの毒性があり危険な廃水が河川へ流れ込むこととなる。また、周辺のはげ山や河の支川の堤防の侵食による土砂堆積により、河床や湖床が浅くなった。

増加する人口の基本的欲求を満たし続けることは、国家的規模の大問題だ。生産を向上させても、限られた国土と天然資源への人口増加圧力で、簡単に相殺されてしまい、教育、保健衛生、住居など、政府の基本的公共サービス能力を弱める。人口規模、限りある財源の中で可能な成長率、そして、国民の最低限の必要を満たす経済能力とのバランスをどうとるかは、政府の重点課題のひとつだ。

多くの地域で、低地から高地への大きな人口移動パターンは、低地からの移住者と、高地の農民、森林伐採者、牧草地借地人、少数部族コミュニティーとの紛争を招いている。移住者が先住グループを支配する傾向は、環境、経済、社会に、マイナスの影響を与えている。

1950年代以来、人間の定住パターンは都市化の拡大という特長を見せてきた。わが国の主な都市への人口集中が続き、物理的、社会的基盤施設を極度に圧迫する結果となっている。交通騒音、渋滞、不適切な下水施設、貧弱なごみ収集・廃棄、河川の深刻な汚濁、大気汚染は、主要都市に広がっている。

住宅問題は二つの局面を見せている。まず、量の問題があり、新しい住宅の建設が必要だ。第二に、質の問題では、現在の荒廃し、一時しのぎの、軽量建設材による家屋を改善する必要がある。1980年には、マニラ首都圏に85.7万人の不法占拠者がいたといわれ、これが1987年には250 万人に増加、首都圏全人口のおよそ1/3 にふくれ上がった。

スラムと不法占拠者居住地の拡大は、種々のマイナスの環境影響を及ぼした。これら地域の中で、低地で排水不良なところでは、住民の健康と安全が極度に脅かされている。河川や水路沿いの地域の住宅地は、水質汚濁、洪水、排水問題の引き金となることも多い。また、環境改善プロジェクト実施を物理的に妨げることにもなる。

大気汚染、騒音公害、交通渋滞は、都市化に付随する問題だ。大気汚染は、膨大な自動車台数と不適切な排気処理施設の製造工場を、その主因とする。わが国の経済環境の厳しさの故に、車両の適正管理は重要視されたことが無い。現在使われている官用車のほとんどは、ふつう、輸入中古車か、他国からの廃棄物だ。

衛生状態の悪さと、極度に立ち後れたごみ収集・廃棄システムは、わが国の都市に際立った問題だ。特にマニラ首都圏は深刻で、一日に4,000 トンの固形ごみがはきだされる。地方都市でも同じ問題を抱えている。拡大しつつある住宅地に対応する新しい施設の予算が制限されている。公共サービス料金が安いため、既存の施設の効果的改善ができない。技術的ノウハウが欠けているため、ごみ収集の効率を上げることができず、近代的下水施設、ごみの埋め立て、ごみ焼却ができない。下水や固形ごみの正しい出し方に、一般市民の協力が得られない。

フィリピンは自然災害が多く、これが経済成長に深刻な影響を与え、広範な環境破壊を引き起こしている。わが国には、毎年平均して19個の台風が来襲する。
1980年から1990年の間に、合計213 個の台風がわが国を襲い、2,500 万人以上の人々に影響を与え、5,952 人の死者、約14,000人の行方不明者と負傷者をだし、環境と資産の被害はおよそ450 億ペソだった。台風に伴う豪雨による洪水の被害も大きい。1989年だけで、洪水による資産と農作物の被害は3.9 億ペソを超えた。

旱魃もいくつかの地域に悪影響を与えた。1982年から1990年の間に、三回の大規模な旱魃が起こったが、これは、地球規模の現象である「エル・ニーニョ」と強い相関関係があるようだ。合計287、000 ヘクタールの農地が被害を受け、27、000人の農民が影響を受け、生産の損失は7.63億ペソを超えた。

地震も襲う。1990年7月16日には、これまでで最も強く、最も破壊的だった地震がルソン島を襲い、何千人もの死者と負傷者を出し、建物の倒壊や基盤施設を破壊し、北部第一の都市で、フィリピンの夏の首都といわれるバギオを、ほぼ完全に破壊した。復興経費だけでも、200 億ペソを超えるといわれる。

1991年6月に、600 年の眠りから覚めて噴火したピナツボ山は、最も新しい、そして、恐らくわが国にとって最も環境破壊の大きい自然災害だろう。ピナツボ山の噴火で、250、000 人の住人が家を捨て、650、000 人の人々が職場を破壊され職を失った。また、わが国の最も肥沃な農地80、000ヘクタールが永久に破壊された。続いて起こった土石流は、周辺の洪積平野を完全に消失させ、広範な洪水を起こし、道路や橋を破壊し、周辺の生態系に深刻な被害を与えた。

7.2 環境と社会資本整備の調和のための環境の保全、回復、創造技術への取り組み状況

環境と開発の問題に対するフィリピンの対応は、1989年11月に政府が公式に承認した「持続的開発のためのフィリピン戦略」(PSSD)に明らかだ。PSSDは、天然資源を枯渇させず、また、環境の質を低下させることなく、経済成長を達成し、維持し、拡大して行くことを目指している。十の基本方針と政策指針があり、国のプログラム、プロジェクト、そして、活動を指導し、環境に適した持続的開発を実現させる。

a. 政策決定に環境への配慮を取り入れる。開発計画目標を再考し、環境と経済を融合させて政策決定に反映させる。分析的手法や方法論を活用して、環境配慮が政策決定に包含されるようにする。例えば、天然資源accountingは、天然資源が経済システムに生産的役割を果たすことを強調する。環境影響評価システムは、主要プロジェクトの環境影響を評価する。土地利用計画は、環境の質を基本とした最適土地利用配分を決定する。

b. 天然資源の適正な価格付け

天然資源の適正な価格付けで、より良い資源管理をすることができる。適正な価格とは、資源を補給し供給を増やし、また、代替物を供給するに要するコストで決まる。環境の破壊を誰が弁済するのかという問題も明確にする。つまり、”汚染を起こした者が弁済する”という点を重視し、十分評価されていない資源は正しく価格査定する。最終的には、資源を利用する者が、資源の基盤となるものの質を損なわない方法を選択して行くという自己統制システムを設けることを目指す。

c. 財産権の改革

小作農民や一次産品所有権者の権利保護がこの戦略の中心となる。この結果、関係するコミュニティーや個人が天然資源を開発するに当たって、自己規制するよう期待されている。しかし、

受益者である個人やコミュニティーが資源への権利を得るためには、適正な資源管理をしなければならない。

d.生態系の多様性の維持

地域的及び地球規模の急速な環境変化のなかで、将来に渡る生存と発展能力を与えるため、野生種と多様な遺伝資源の保存を重視する。保護区を設置し、野生生物と特異な生態系を保護し、またその科学的、教育的、文化的、歴史的価値をまもる。そのために、既存の国立公園と特別保護区を保護し、荒廃した公園は修復し、新たな保護地域を設定する。

e.荒廃した生態系の修復

すでに広範な破壊がなされ、自然の再生能力も十分ではないため、荒廃した生態系を修復するプロジェクトを実施する。原材料や天然資源からできる産品への需要圧力がますます強まるにつれ、修復活動への国としての取り組みや能力も強めねばならない。そのため、植林、はげ山の水源地計画、マングローブ植林、生物が死滅した河川の再生や海草の移植などの、汚濁の除去とコントロールプログラムを積極的に推進することとなった。これらのリハビリ計画は、生態系保護計画、政策改善、組織強化などと連携させ、生態系荒廃の社会的・経済的ルーツに迫るつもりである。

f.廃棄物管理の強化

汚染問題は、資源回収、再生利用、材料とエネルギーを節約するような適切な製品デザインなど、総合的原材料政策の枠組みのなかで考える。”パイプの末端”をコントロールするような制度ではなく、廃棄物を減らすような最新の革新的工業デザインを採用する。製品の製造方法を変え、廃棄物から商品価値のある副産物を開発し、設計のやり直しや処理過程の統合をはかることなどは、廃棄物とコストを抑える方法であろう。また、企業に汚染防止装置の設置を促すような経済的インセンティブを与えるような政策を行うことで、汚染防止法を補い、これを強化する。

g.人口増加のコントロールと人的資源の開発

急速な人口増加をコントロールする政策は、単に数字のみのコントロールにとどまらず、健康、教育、地方開発計画も含むものとする。これを、地域やコミュニティーレベルでの総合的社会経済計画の一端として実施する。この計画は、国民の文化的、宗教的規範に一致するような方法で行う。

h.地方の成長を促す

経済的再生と長期的安定は、国民の大半が住む地方での収入と雇用の増加にかかっているので、地方の開発は特に重視する。地方に経済的、社会的、政治的潜在力をつけ、貧困を緩和し、地方の貧しい人々の状況を改善する。この地方開発戦略の重点は、(a) 政策決定過程とプロジェクト実施に積極的に参加させることにより、地方の貧困層に力をつけさせる。(b) 土地改革を促進して、富の平等な配分を実現し、生産者としてのやる気を起こさせる。(c) 地方に不利な経済政策や公共投資をやめる。(d) 基盤施設や支援サービスを与えて、地方の生産性を上げ、市場を拡大する。(e) 経済成長センターを作り、これを強化して、工業・商業活動の基地とさせる。(f) 教育、衛生、栄養などの社会サービスを強化する。

i.環境教育の推進

環境教育を推進して、環境の複雑さ、適正に管理された環境が経済発展に果たす役割などを理解させ、正しく認識させるる。その目的は；環境保護を強くサポートするような社会的価値観の醸成、困難な問題に取り組む政治的姿勢と意志、国民が最善の選択をできるように、環境について学ぶ基礎を作る。

j.市民参加を強化する

非政府機構(NGOs)を動員し、NGOsと政府機関のネットワークを作り、コミュニティーを組織化し、広報活動を繰り広げ、研究活動や現状分析を行い、環境サーベイランスやモニタリングをし、環境に良い技術を推進する。

7.3 環境の保全、回復、創造を推進していく上での、今後の技術的課題

総合的環境管理とは、環境自体の保護のみならず、環境に重要な影響を与える人間の活動の管理をも意味する。開発という概念は、持続的開発と共に、環境の質的向上をも考えねばならない。

資源の枯渇、環境悪化、貧困の蔓延は、急激な人口増加と深刻な債務負担の追い討ちを受けており、フィリピンの緊急な環境・開発問題となっている。ノウハウや技術の問題もある。社会的平等を確保するという問題や、文化的規範や慣習に適合させるという問題もある。

急激な人口増加、自然災害の頻発、恒常的な財施の締めつけというフィリピンの現状の中で、これらの複雑な環境・開発問題を解決するのは困難であろう。そのためには、強い政治的意志、迅速な技術移転、国際協力の推進、大規模な経済的、技術的援助が必要だ。

1. 債務の軽減、貧困の緩和、そして、環境

フィリピンでは、貧困の蔓延は最大の問題だ。この状況は人間として耐え難いのみならず、環境に悪影響をもたらす。極貧層の人々の農耕で森林が破壊され、土壌の侵食が起きている。病気と栄養失調で生産性が失われている。無知と飢えから、もろい生態系が破壊されている。これらは、貧困が環境問題であることを実証している。

フィリピンではおよそ3,500 万人が貧困層を形成し、これは都市人口の50% 、地方人口の64% である。また、わが国は296 億ドルの対外債務の重荷を背負っている。対外債務の支払は、わが国の純輸出収入の40% を食いつくし、その一方、必要な外貨を得るため、森林や天然資源が急速に失われている。環境基盤施設や公衆衛生施設は建設されないし、維持管理もできない。適切な汚染防止装置が無いため、工業廃水や生活廃水が土壌、水、沿岸資源の質を落としている。

わが国の財源の多くが、対外債務の支払いに向けられているかぎり、フィリピンは環境破壊と天然資源の枯渇を止め、逆転させることができないし、開発の不足から来る貧困の蔓延を緩和することもできない。フィリピンのような巨額の債務を負う国には、国際的な援助の努力がなされるべきだ。例えば、より拡大した" 債務・自然スワップ" プログラムとか、環境に悪影響をもたらした過去のプロジェクトなどのいくつかの債務の帳消し、すでにある債務をより有利な譲渡的

条件で融資し直すことなどである。

2. 自然災害と環境リハビリテーション

台風、地震、火山噴火などは、環境の大規模な破壊や、多くの人々の死をもたらし、また、人々に強制的移動を余儀なくさせる。環境復旧や、監視や予知に必要な科学・技術のコストは、被災国のみでは負い切れない。地球規模の対応と国際協力が必要だ。現在提案されている国際環境基金は、科学技術研究やモニタリングのためのグラントや、環境復旧のための譲渡的融資などを供与する特別な窓口を設けるべきだ。

3. 環境に適した技術移転

産業公害の長期的解決は、廃棄物をほとんど出さない、あるいは、まったく出さない技術の開発と実用化である。しかし、技術的ノウハウの90% は、先進国にある。開発途上国が、これらの技術の提供を受け、取り入れることができない限り、環境保護プログラムを飛躍させることができない。しかし、新たに追加財源を得たとしても、フィリピンのような開発途上国の多様な環境問題を解決するには充分ではない。環境に適した技術も導入しなければならない。地球的規模の環境浄化努力のなかにあって、開発途上国が有力なパートナーとなるためには、廃棄物の排出を防いだり少なくしたりする新しいクリーンな製造技術、あるいは、生活廃水や工場廃水処理技術などを、譲渡的条件で開発途上国に提供されるべきだ。

8.0 今後議論したい課題

1.アセアン公共事業研究所の設立

アセアン各国が、参加国にとって導入可能な社会基盤施設に関する共通の技術について、共同研究をするよう提案する。共同の研究事業を推進し、研究の重複を避ける。この事業が、やがて近隣アセアン諸国とフィリピンの発展へとつながるだろう。これは研究の全体経費を下げ、また、研究経費の重荷を補うことになるだろう。

アセアン、または、アジア諸国間の研究調整機関を設立し、以下の機能を果たす事とする。(a) 目的、政策、プログラムを統一し、それを効果的に実施させる。(b) 参加各国の研究開発機関や、情報提供機関の活動を調整する。(C) 刺激を与えて、アセアン域内に改革や新しい動きを起こす。(d) 研究所で行われた科学研究の成果を広める。

研究所は、研究開発と技術情報普及活動の５カ年計画や、長期戦略計画を用意する。特に、アセアン域内やアジア全体の経済と、環境に優しい成長を促すための、技術援助策や共同研究開発事業を行う。また、以下のような重要課題に答える情報政策を確立する。

a.どのようにして、アセアン各国間の基盤施設や建設にかかわる研究開発活動を調整して行くか。

b.アセアン域内のための情報ネットワークとデータバンクをどのようにして設立し、世界の他の地域と結びつけ、情報交換をするか。

c.独占的特許、工業・商業分野の企業秘密、安全保障上の制限が作りだす障壁を、いかにして少なくするか。

d.建設や工学の分野の新しい先進技術を、アセアン各国の現状と特有な環境のなかにいかに取り入れるか。

e.アセアン域内で、どのように必要な人材を養成し、持続的開発、調和のある環境、科学的な工学技術を推進して行くか。

f.この分野を完全に自動化し、それを、近年発達しつつある通信・情報処理分野にリンクさせることで、どのような利益が得られるだろうか。

g.研究所の活動が与える影響力を、国に対する影響力や産業への応用という観点から、モニターすることができるか。

また、技術、仕様、実験パラメーター、ガイドライン、論文情報などの標準化の必要性や、アセアンの文化や言語の多様性に対処するための翻訳機関設立の必要なども検討しなければならない。

この研究所が将来にわたって成功するためには、欧米各国や日本が研究開発、デザイン、応用、普及の分野で得た経験、実績、そして、方法を学び、これを取り入れなければならない。

2.建築や公共事業での国産材料活用を促進するプロジェクト

技術を適用して行く過程で、現実のいろいろな条件を変革して行くところに、新しい変化が生

まれる。フィリピンにおける研究開発を改善し、わが国の状況に合った新しい先進技術を使わねばならない。豊富にあるローカルな材料を利用するよう方向づけ（これは外貨を節約し、わが国の国際収支を悪化させない）、また、新しい、別の特性を持った材料を取り入れるようにする。さらに、新しい実施方法や作業手順を考えるのも必要だ。（例えば、労働集約的機器を補助に使う方法など）このようにして工夫を凝らし、技術の改善と改革を行い、汎用性を確かめ、更に次世代、第三世代の発明への道を開いて行く。このように改善を加えて行くことが、革新的技術の効率を更に高め、技術改革と人類の発展へと導いて行くものであろう。

これを実現するためにも、テスト機器が必要であり、それは決定的に重要な役割を果たす。また、同様に重要なのが、これらの仕事をする技術者、エンジニア、研究者の技術向上である。パイロット事業、実験的な設計、テストプロジェクトなども重要となる。外部からの資金供与や譲渡的ローンは、決定的な要因となる。

3.公共事業と建築情報ネットワーク改善計画

DPWHの緊急課題は、その研究・情報ネットワークを活用し、近年ますます精巧になり、発達しつつある世界の通信ネットワークや情報システムと統合させることだ。二国間協力や多国間協力を可能にするためには、開発を押し進め、通信を発達させ、調整メカニズムを高めることが鍵となる。

この計画には二つの目的がある。第一は、DPWHのBRS などに中枢ネットワークを作り、調整機能を果たさせると共に、内外の、現在または将来のユーザーを考えて、主要な専門機関、研究機関、資金供与団体、工学情報団体などとより良い関係を築く。持続的交流プログラムを継続して行く能力も高めるよう努める。

第二に、地方分散型の試験的公共事業を行い、BRS 中枢ネットワークに似た建築情報・普及ネットワークを作る。このネットワークは、地方レベルで活動し、地域や地区の地方センターからのデータ収集と普及に努める。また、持続的開発にかかわる科学研究分野への関心を高めるよう努める。

公共事業と建築関係の技術情報を、より安価に、より入手しやすく、より使いやすくする手続きや方法を、全国的に確立する。

世界の国々、科学技術情報機関、研究・専門機関、国際機関と交流や連携を持ち、これを常に高めて行く。内外の情報源から、最大限の情報収集をし、その情報をユーザーに伝達する。（例えば、アブストラクト、学界誌、セミナーなど）技術、仕様、テストパラメーター、情報、論文の標準化の問題も重視すべきだ。

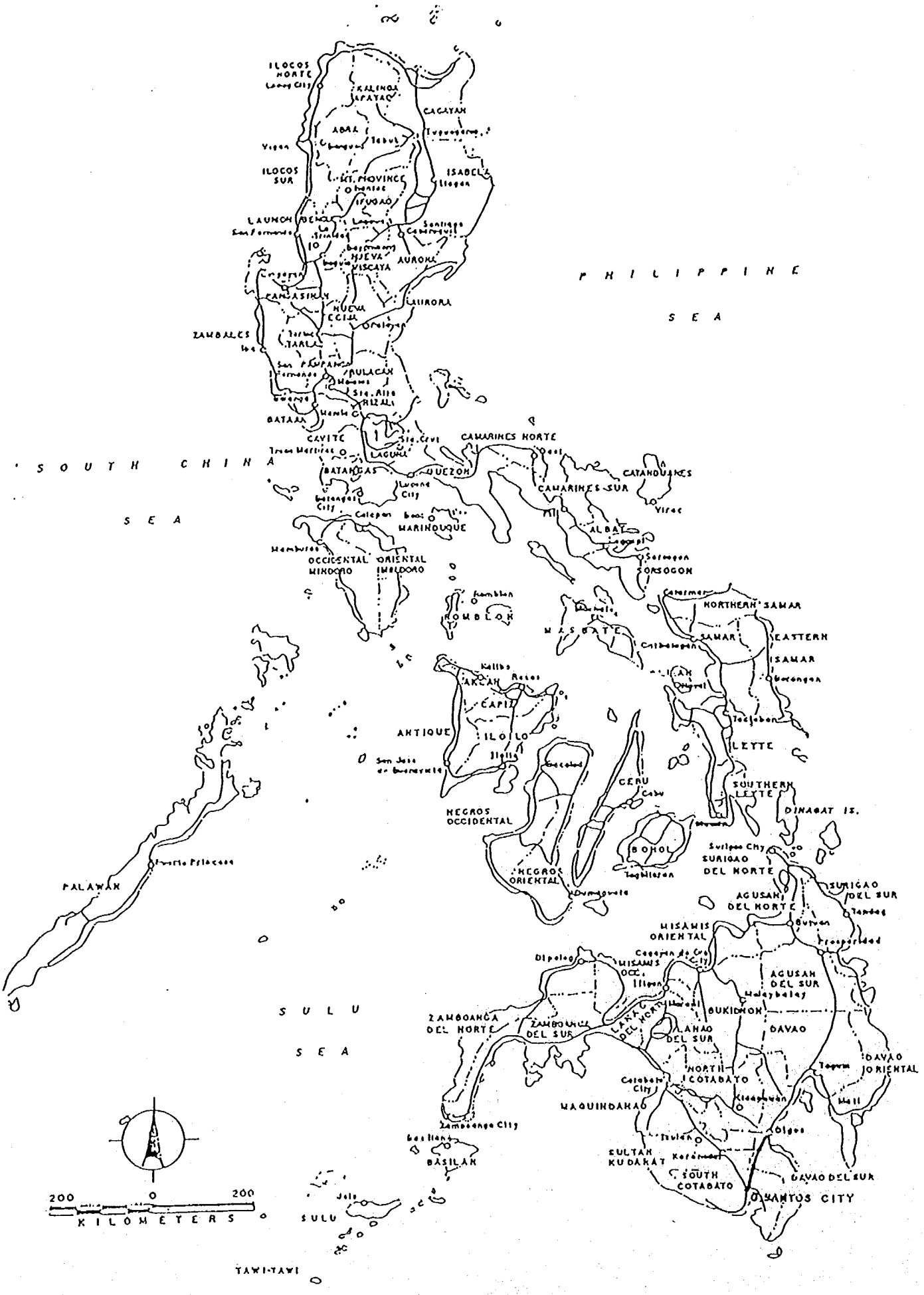
例えば、マイクロフィルム、コンピューターメディア（テープ、ディスケット、オプティカルデバイス、データ通信）、ビデオテープフォーマットなどに入れる技術論文の標準化を図り、新しく巨大な市場を創出し、技術革新を推進する。

また、論文作成や認定方法を統一し、その検索や分類をやりやすくし、普及に要する時間を短縮し、発表の機会を逸することを防ぐ。また、科学・工学教育が有益であり、取り入れていかね

ばならないことを知らしめる。

このプロジェクトは、システムを動かすに必要なハードウエアを提供し、試験的地域センターを、例えば、北部と中部ルソン（バギオ）、ビサヤス（セブ）、ミンダナオ（ダバオ市）に各々ひとつ建設する。

このプロジェクトは、アセアン公共事業研究所のフィリピンでの活動を補うものとする。


PHILIPPINE
SEA
SOUTH CHINA
SEA
SULU
SEA
ILOCOS NORTE
ILOCOS SUR
ABRA
KALINGA APAYAO
CAGAYAN
ISABELA
LA UNION
BENGUET
NUEVA VIZCAYA
AURORA
PANGASINAN
NUEVA ECIJA
TARLAC
ZAMBALES
PAMPANGA
BULACAN
RIZAL
BATAAN
CAVITE
LAGUNA
BATANGAS
QUEZON
CAMARINES NORTE
CAMARINES SUR
CATANDUANES
MARINDUQUE
OCCIDENTAL MINDORO
ORIENTAL MINDORO
ROMBLON
MASBATE
ALBAY
SORSOGON
NORTHERN SAMAR
SAMAR
EASTERN SAMAR
LEYTE
AKLAN
CAPIZ
ANTIQUE
ILOILO
SOUTHERN LEYTE
CEBU
NEGROS OCCIDENTAL
BOHOL
NEGROS ORIENTAL
DINAGAT IS.
SURIGAO DEL NORTE
SURIGAO DEL SUR
AGUSAN DEL NORTE
AGUSAN DEL SUR
MISAMIS ORIENTAL
MISAMIS OCC.
PALAWAN
ZAMBOANGA DEL NORTE
ZAMBOANGA DEL SUR
LANAO DEL NORTE
LANAO DEL SUR
BUKIDNON
DAVAO
DAVAO ORIENTAL
NORTH COTABATO
MAGUINDANAO
SULTAN KUDARAT
SOUTH COTABATO
DAVAO DEL SUR
BASILAN
SULU
TAWI-TAWI
200 0 200
KILOMETERS

図－1　国土の概要

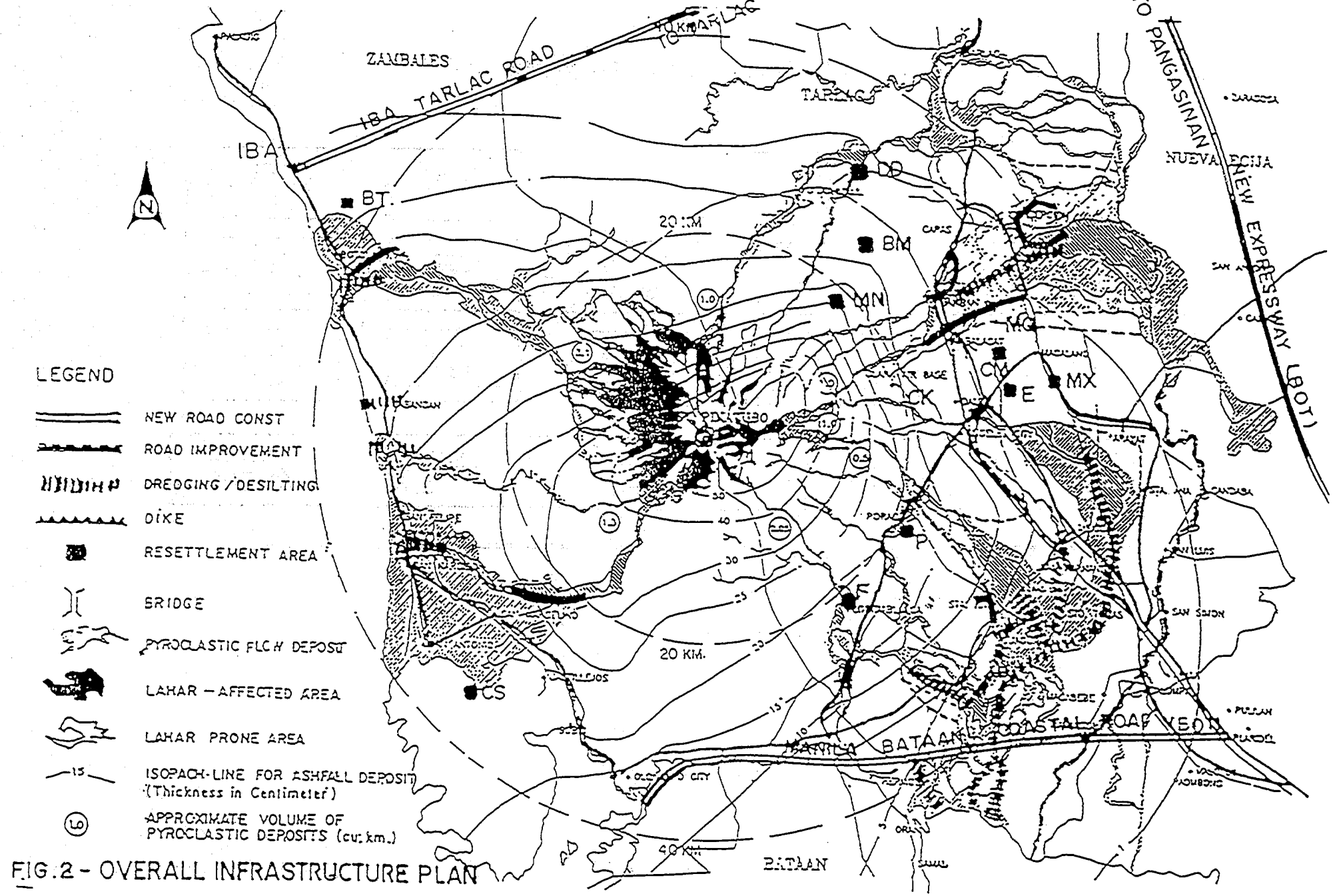


FIG.2 - OVERALL INFRASTRUCTURE PLAN

図－2　総合社会資本整備プラン

BUREAU OF RESEARCH AND STANDARDS
Department of Public Works and Highways

ORGANIZATION CHART

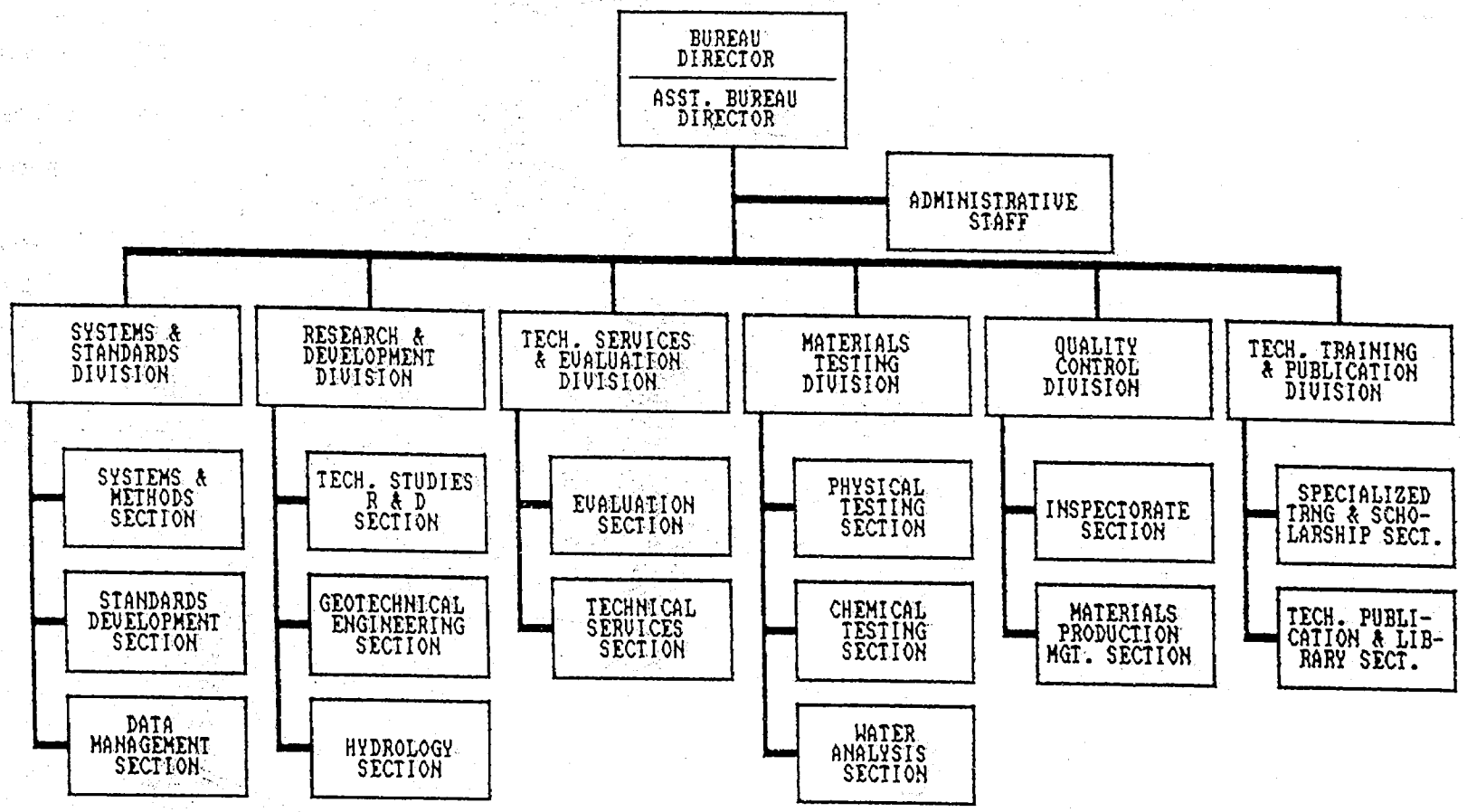


FIGURE 3

図－３　公共事業・道路省（ＤＰＷＨ）建設標準局（ＢＲＳ）の組織図

Table 1-1

表 1－1 主要経済指標

MAJOR MACROECONOMIC INDICATORS
1987-1991

	1987	1988	1989	1990	1991	Average 1987-91
Real GNP Growth	5.1	7.2	5.7	4.2	-0.1	4.4
Personal Consumption	4.0	6.2	5.0	5.4	2.2	4.6
Government Consumption	4.9	9.1	5.6	8.1	-6.0	4.3
Investments	17.6	11.6	23.6	5.7	-13.6	9.0
Exports	6.5	14.7	10.7	1.3	5.5	7.7
Imports	28.6	19.6	15.2	10.0	-1.6	14.4
Real GDP Growth	4.8	6.3	6.1	2.7	-0.9	3.8
Agriculture	3.2	3.2	3.0	0.5	0.7	2.1
Industry	5.4	7.6	8.2	1.8	-2.3	4.1
services	5.2	6.9	6.0	4.0	0.0	4.4
Inflation Rate	3.0	8.9	12.2	14.2	18.7	11.4
Current Account Deficit (% of GDP)	1.3	1.0	3.4	6.1	2.3	2.8
National Government Deficit (% of GDP)	2.7	2.9	2.2	3.5	2.1	2.7

Source: NSCB, CB, DBM, DOF

表 1－2 国民総生産と一人あたり国民所得（1991－98）

Table 1-2
GROSS NATIONAL PRODUCT AND PER CAPITA GNP, 1991-98

	Annual Ave. 1987-1991	Actual 1991	Projected 1992	Targets 1993	1994	1995	1996	1997	1998	Annual Average 1993-1998
Gross National Product (In P B, at constant 1985 prices)		718.5	732.9	765.8	815.6	876.8	946.9	1,027.4	1,130.2	
Growth Rate (%)	4.4	(0.1)	2.0	4.5	6.5	7.5	8.0	8.5	10.0	7.5
Gross National Product (In P B, at current prices)		1,253.2	1,393.2	1,565.4	1,783.6	2,042.0	2,337.7	2,675.9	3,105.4	
Inflation Rate (%)	11.4	18.7	9.0	7.5	7.0	6.5	6.0	5.5	5.5	6.3
Per Capita GNP (In Pesos at constant 85 prices)	11,251.0	11,429.0	11,405.0	11,666.0	12,167.0	12,814.0	13,566.0	14,435.0	15,581.0	13,371.0
Growth Rate (%)	2.0	(2.3)	(0.2)	2.3	4.3	5.3	5.9	6.4	7.9	5.4
Per Capita GNP (In Pesos at current 85 prices)	15,583.0	19,933.0	21,683.0	23,842.0	26,606.0	29,844.0	33,490.0	37,597.0	42,812.0	32,365.0
Per Capita GNP (In U.S. dollars, at current prices)	671.0	725.0	849.0	902.0	977.0	1,066.0	1,161.0	1,268.0	1,399.0	1,129.0

Sources: NSCB, NEDA, and NSO

表　1－3　政府歳出計画（1993－98）

Table 1-3
GOVERNMENT EXPENDITURES PROGRAM, 1993-98
(In Billion Pesos, except percent)

	Ave. Annual Growth Rate (%) 1987-1991	Estimate 1992	Targets 1993	1994	1995	1996	1997	1998	Ave. Annual Growth Rate (%) 1993-1998
OTAL DISBURSEMENTS	14.4	273.9	298.9	335.3	390.2	453.4	530.1	627.3	14.9
(% of GNP)		19.7	19.1	18.8	19.1	19.4	19.8	20.2	
Current Operating Expenditures	24.0	221.0	232.5	255.3	289.2	315.6	344.9	388.1	9.9
Personal Services	23.7	76.2	70.7	80.4	91.6	104.0	117.4	132.6	10.0
Maintenance and Other Operating Expenses	19.2	35.7	40.9	46.3	57.3	65.8	76.8	86.0	15.8
Subsidy	19.9	4.1	6.3	4.9	4.9	4.9	4.6	5.0	5.7
Tax Expenditure	17.3	5.0	5.0	6.0	6.6	7.6	8.6	9.8	12.0
Allotment to LGUs	13.2	16.9	29.1	37.8	45.2	55.5	61.0	71.7	28.7
Interest Payments	28.2	83.0	80.6	79.9	83.6	77.8	76.5	83.0	0.1
Capital Outlays	8.4	49.6	58.6	71.5	88.2	121.3	165.0	198.8	26.3
Infrastructure	17.5	21.9	24.1	28.0	38.5	55.7	79.9	98.7	29.2
Other Capital Outlays	39.1	20.8	21.2	30.1	34.6	48.5	66.3	79.2	25.3
Equity	(45.0)	2.7	3.0	3.9	3.8	3.2	3.5	3.0	3.0
Capital Transfers to LGUs	19.6	4.2	7.3	9.5	11.3	13.9	15.2	17.9	28.8
CARP Land Acquisition & Credit	41.7	1.0	5.6	8.5	12.2	15.9	19.6	39.8	118.7
Net Lending	21.4	2.3	2.2	0.0	0.6	0.6	0.6	0.6	

表 2－1 中期公共投資プログラム、投資の概要

Table 2-1

1993-1998 MEDIUM-TERM PUBLIC INVESTMENT PROGRAM
SUMMARY OF INVESTMENT, BY CATEGORY
(In Million Pesos, Current Prices)

CATEGORY	1993	1994	1995	1996	1997	1998	TOTAL 1993-1998
1. HIGHWAYS	10,438.2	18,102.9	24,006.1	29,390.4	32,377.8	41,611.1	155,926.5
2. FLOOD CONTROL AND DRAINAGE	1,493.7	2,073.0	2,336.0	2,490.0	3,045.0	3,537.0	14,974.7
3. RURAL WATER SUPPLY	562.3	1,000.0	1,021.5	1,040.0	800.0	321.0	4,744.8
4. URBAN INFRASTRUCTURE	602.9	428.0	391.6	419.0	367.1	280.6	2,489.2
5. PRELIMINARY/DETAILED ENGINEERING/ NATIONAL BUILDINGS	58.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	58.0
TOTAL	13,155.1	21,603.9	27,755.2	33,339.4	36,589.9	45,749.7	178,193.2

Source: DPWH

表 2－2 DPWH予算の配分

TABLE 2-2

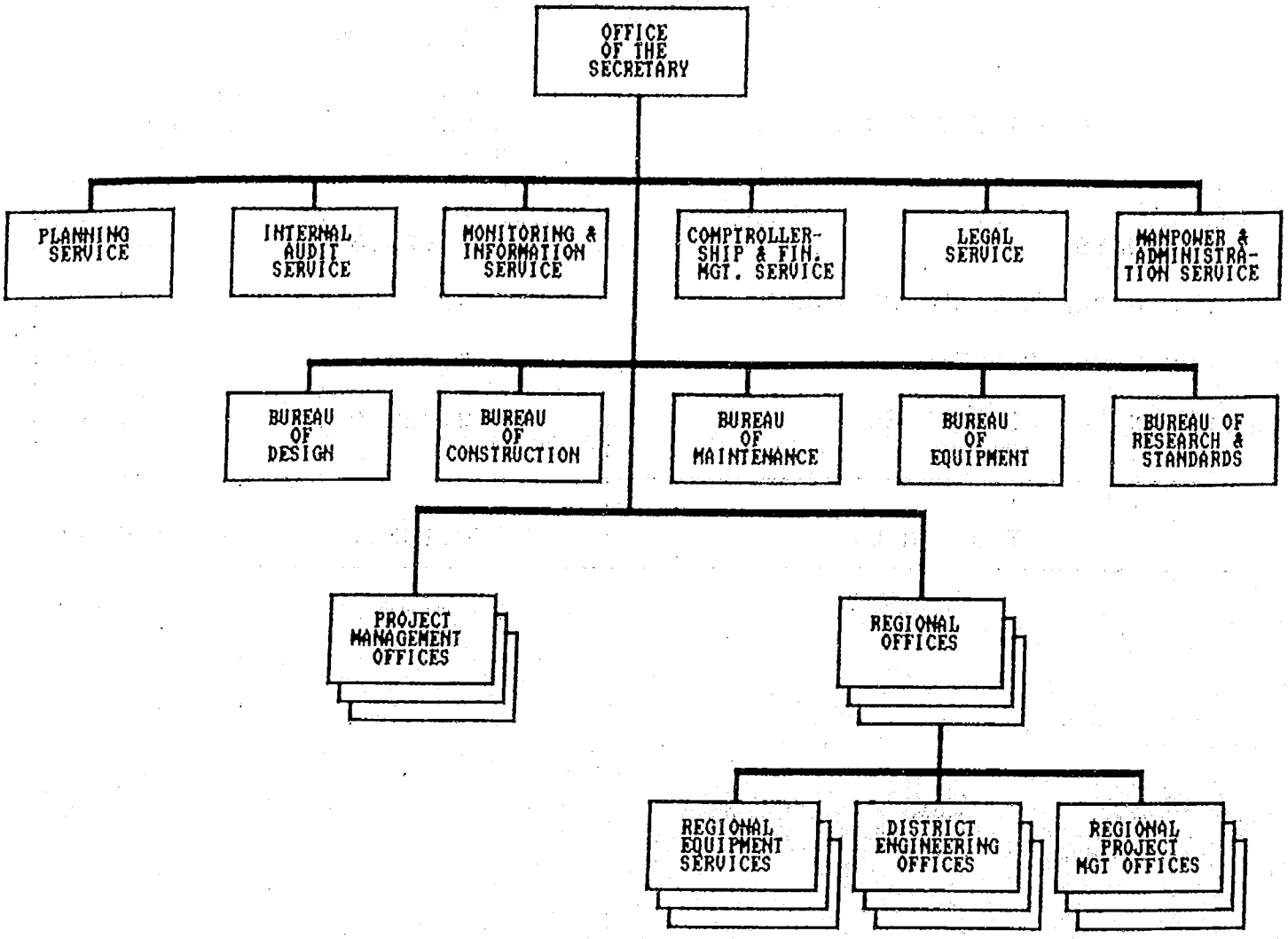
SECTORAL DISTRIBUTION OF DPWH INVESTMENTS

CATEGORY	1993-1998 TOTAL AMOUNT (P Million)	1993-1998 PERCENT TO TOTAL (%)
1. HIGHWAYS	155,926.5	87.53
2. FLOOD CONTROL AND DRAINAGE	14,974.7	8.41
3. RURAL WATER SUPPLY	4,744.8	2.66
4. URBAN INFRASTRUCTURE	2,489.2	1.40
TOTAL	178,135.2	100.00

公共事業・道路省の組織図

Figure A-1

DEPARTMENT OF PUBLIC WORKS & HIGHWAYS
ORGANIZATION DIAGRAM

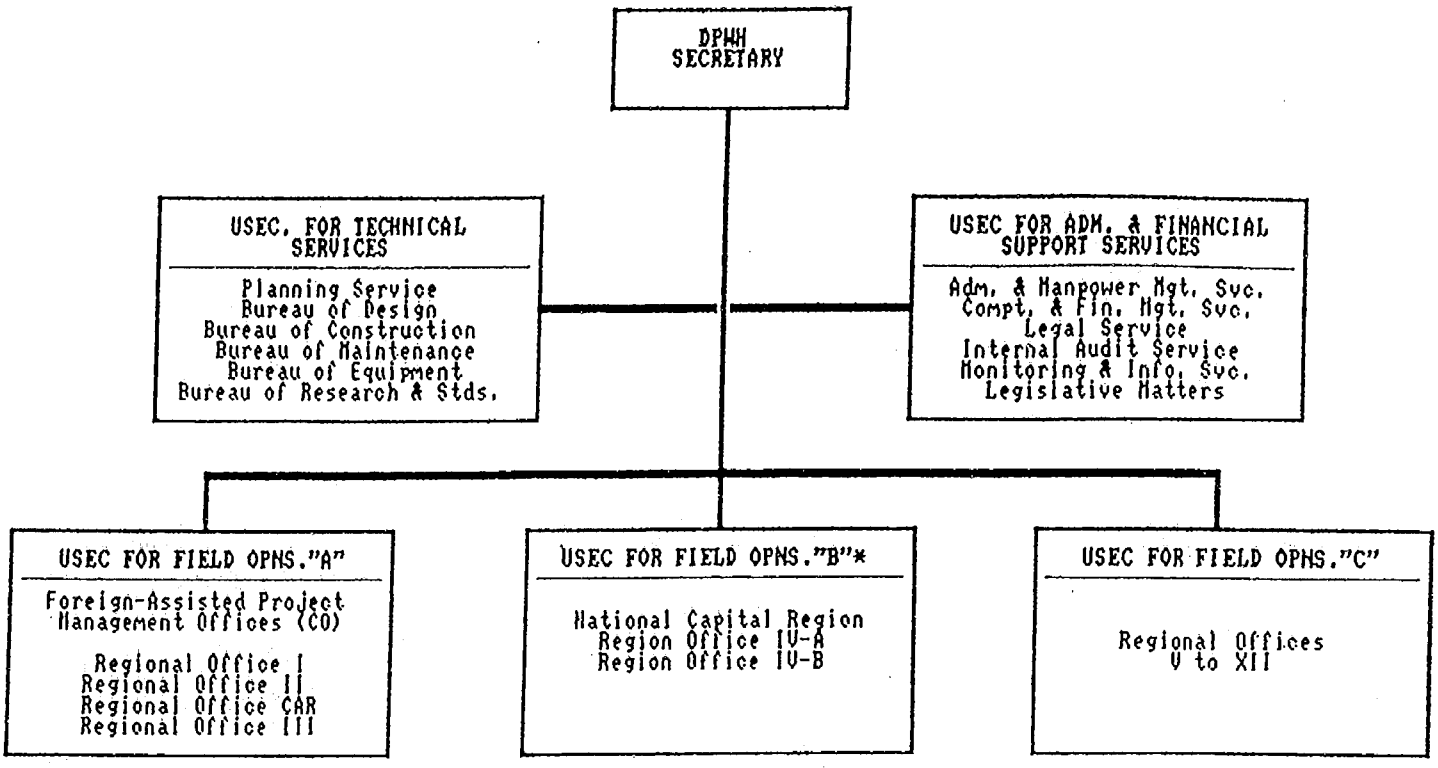


公共事業・道路省の運営図

Figure A-2

DEPARTMENT OF PUBLIC WORKS & HIGHWAYS

OPERATIONAL SET-UP



* Concurrently the USEC for Technical Support Services

Ⅵ．シンガポール共和国

シンガポール国家開発省公共事業局建設管理部長　Tan Siong Leng

目　次

1．シンガポールの概要

1.1 国土の概要

1.2 気候

1.3 人口

1.4 経済・社会

2．公共事業の現状

2.1 国土開発関係の基本計画

2.2 建設投資の予算

2.3 公共土木事業に関する機関、組織

2.4 主な社会資本の整備の歴史、整備状況と課題

2.5 進行中の主要プロジェクト

3．公共事業局における研究・開発

3.1 シンガポール、公共事業局の歴史

3.2 組織図

3.3 予算

3.4 主要研究施設

4．PWDにおける主要研究・開発プロジェクト

4.1 研究・開発プロジェクト名

4.2 現在進行中の研究・開発

4.3 研究・開発を進めて行く上の課題

5．国際研究交流プログラム

5.1 現状

5.2 実施上の課題

6．災害・防災についての取り組み状況

6.1 シンガポールの現状と課題

6.2 防災に関する取り組み状況

6.3 防災の技術的課題

7．今後議論したい課題

1．シンガポールの概要

1.1 国土の概要

シンガポールは、本島およびその海域内にある５８の小さな島から成り、その領土は北緯 1° 09′～1° 29′、東経 103° 38′～104 ° 06′ にわたり赤道からおよそ136.8 ㎞北に位置する。本島は長さ約42㎞、幅約23㎞で、総国土面積は小島を含めて約633㎢である。

シンガポールは北はマレーシア、南はインドネシアと国境を接し、マレー半島とはJohor 海峡間を渡る1,056㍍の車道・鉄道・及び水道のパイプラインによりつながっている。

本島は、大きく以下の３つの地域に分けられる。中央部の、火成岩層より成る起伏の多い地域（Bukit Timah, Bukit Gombak, Bukit Panjang, Bukit Mandai）。西部の、堆積岩より成る北西にかけて連なる丘陵と谷のある地域。東部の、比較的平らな Katong から Changi にかけての砂礫層より成る地域。最高位点は Bukit Timah Hill の176㍍で、シンガポール本島のほぼ中央に位置する。

国土利用状況は、表－１に要約する通り。

表－１　国土利用状況

総国土面積（本島および小島）	633.0 ㎢
市街地面積（新工業用地を含む）	311.6 ㎢
農業用地（ゴム・ココナッツ栽培地を除く有資格農場）	10.8 ㎢
森林	28.6 ㎢
潮汐湿地	15.7 ㎢
その他（内陸水域・空き地・公立庭園・墓地・採石場	266.4 ㎢
軍事基地内空き地・ゴム・ココナッツ農場・及び未使用地）	

1.2. 気候

シンガポールの気候の特徴として、年間を通じて概ね一定の気温、海に囲まれ赤道に近接することからくる多湿・多雨、があげられる。

平均気温は 26.7 ℃で、午後の平均最高気温は 30.8 ℃、夜明け直前の平均最低気温は23.8 ℃である。１１月から１月にかけての北東モンスーン期には、一般的に気温は低くなる。

相対湿度は、夜間と日の出前の早朝数時間にしばしば 90 % を越えるが、乾燥する午後には 65 % から 70 %になる。日平均相対湿度は 84.5 % である。

風向きは、北東モンスーン期（１２月－３月）には北あるいは北東より吹き、南東モンスーン期（６月－９月）には南東から吹く。　平均風速は弱く、５m/s であるが、北東モンスーン期には10 m/s にまでなる。

雨は年間を通じて降るが、特に１１月から１月にかけて降雨量は高くなる。日雨量50㎜以上のにわか雨（Sudden Showers）は１年に約９回ある。年間降雨量は 2,363 ㎜である。

雷雨を伴うあらしは、４月－５月と１０月－１１月のインターモンスーン月に多くなり、スコール時の風速は過去最高で 144 km／hを記録した。

気候統計を表－２に示す。

表－２

日平均気温	26.7℃
日平均最高気温	30.8℃
日平均最低気温	23.8℃
最高気温	35.8℃
最低気温	19.4℃
日平均相対湿度	84.5%
日平均最高相対湿度	96.3%
日平均最低相対湿度	64.2%
平均年間降雨量	2,362.8mm
最高年間降雨量	3,452.4mm
最低年間降雨量	1,483.9mm
２４時間最多雨量	512.4mm

1.3 人口

1990年６月の国勢調査の時点で、シンガポールに住む総人口は 3,002,800人である。そのうちシンガポール住民（一般市民・永久住民）は 89.6 % の2,690,100 人。 1980 年から1990年の人口増加率は、平均年 1.7 %であった。外国人数は 312,700人で、この数値にはシンガポール国内の労働者・学生・住人を含むが、ホテルを宿とする外国人観光者・シンガポール海域を通過する船員および乗客は含まれていない。

総人口の内訳は、中国系 2,089,400人（77.7%）、マレー系380,600人（14.1%）、インド系191,000人（7.1%）、その他 29,200 人（1.1%）。

男女別内訳は、男性 1,360,500人、女性 1,329,600人で、女性 1,000に対して男性は1,023 の割合になっている。15才未満は人口の 23,3%で、60才以上は 9.1%をしめる。1990年の平均年齢は 29.8 才となっている。

シンガポールは、高度に都市化した社会から成る都市国家である。1960年の住宅開発庁の発足に伴い、政府は大規模に低コストの公営住宅建設プログラムを開始した。多局面にわたるこのプログラムに基づいて多くのニュータウンが建築され、現在人口の約87% が公営住宅に住む。

1.4 経済・社会

シンガポール経済は、かつての中継貿易を主としたものから生産・金融・ビジネスサービス・商業・通信・運輸の分野へと移行してきた。

経済移行は国家独立の２年後、1961年より始まった。シンガポールの工業化プログラムの実施において経済開発庁が設立され、経済は現在の状況、すなわち統合的なビジネス能力をそなえたグローバルなコスモポリタン・シティーに至るまでにいくつかの段階を経た。

1960年代は雇用機会の増加が第一と考えられ、労働集約的な産業の促進に力を入れた。1970年代初頭には完全雇用を達成し、その後はより高い技能を必要とする職種・高品質商品の生産へと目標が移行した。資本集約的産業の発展を促進するために新しく財政補助計画を導入し、現行の税金奨励策が改善された。また、工業化の為の人材育成訓練が強化された。

高度に訓練された労働力と工業能力の向上により、1970年代後期にシンガポールの企業は熟練を要する資本集約的生産物を生産する為に、より洗練されたプロセスを導入した。同時に、エンジニアリング・デザイン、コンピューターソフトウエア開発、研究開発といった知識集約的活動にも力を入れ始めた。

今日、シンガポールの経済発展計画はより拡大されたものとなってきた。つまり、製造部門とサービス部門双方における経済発展を目指している。それに加え地方企業は、地方の発展地区内での活動・技術向上・輸出中心企業への移行が奨励されている。

1990年代には、アジア・太平洋地域におけるグローバルなビジネス発展の為の戦略構想がより重要になる。シンガポールはその能力を構築し、ビジネスおよびその競争力の増強に力を入れてゆこうとしている。また、グローバルでかつ地域的な戦略を促進する上で、国際ビジネスとの連携も重要視している。

1960年代の工業化プログラム開始以来、シンガポール経済は高度に発展を続けてきた。国内総生産（ＧＤＰ）は 1969 年から1984年の間、平均 9.45 % で発展した。しかし1985年にはマイナス成長へと転落したが、その主な理由は、シンガポール経済が深くかかわっている世界経済の不振によるところが大きい。

その後数年間において、世界経済の回復と政府によるコスト削減政策によって、経済は迅速に回復した。現在、ＧＤＰ は年間 6 % で成長しており、1990年代の計画成長率は 4 %～6 % である。

2．公共事業の現状

2.1 国土開発関係の基本計画

1960年代に経済成長を成し遂げるにあたって、スラム街クリーン化・中心街の活性化といった都市復興がシンガポールにとって急務となった。中でも戦後の人口急増に対応した住宅の供給と住環境の整備が緊急課題で、英国の伝統的なプランニング・コンセプトをモデルとした、具体的成長をチャートに示したマスタープランを作成した。しかしこのプランはシンガポールで推進された急速な発展に対応できるものではなかった。

1971年にはより柔軟な新プランを構想し、コンセプトプランが作成された。その内容は、シンガポールの新規発展への導入を考慮した長期的土地利用と輸送計画から成る。”リング・プラン”と名づけられたその計画は、中心部のまわりをリング状に高密度の住宅地域・産業・都市センターが取り囲み、それぞれを効果的で収容能力十分な輸送ネットワークで結ぶ、という構想であった。

各都市間を結ぶ”コリドー”と呼ばれる通路は、集約点として、島の南部に位置するセントラル地区（ビジネス・センターを含む）にまで引き伸ばされた。その後の発展に伴い”コリドー”をさらに２本増設し、Tampinesと Hougangにまで拡張した。

現在のニュータウン・空港・高速道路・主要道路・およびＭＲＴは、1971年のコンセプト・プランに基づいて作られた。しかし、その後も社会・経済は変貌し続け、1967年から1988年の間に人口は約１／３増加した。2030年までに、居住人口はおよそ 3.7百万人にのぼると予想されている。また、シンガポール経済は数年間にわたって、着実な成長を続けている。2000年における計画成長率は ４％～６％で、その後の年間経済成長は 2.5%～3 % になるであろう。このような経済成長とハイテクノロジー・情報分野産業の成長を支えるには、土地と資源の十分な割り当てが必要となる。また、経済成長に伴い、シンガポール国民１人当たりの収入も過去２５年間に S$ 1,600 から S$ 19,500へと急増した。

その後、人工増加都経済成長に伴う国民のニーズの変化とより質の高い生活への移行に伴い、コンセプト・プランの見直しが必要となった。改訂コンセプト・プランは、土地供給・極限許容能力・コミュニティーでの諸分野におけるニーズ、を考慮して最近作成された。その広義の目的は、シンガポールを国際的でエギゾティックな熱帯島国として発展させることにある。その目的は以下により達成される。

1）将来のニーズに対応するための安全整備と土地供給
2）安定経済成長の支援とインフラストラクチャーの向上調整
3）住環境・労働環境の向上
4）生活の質の向上
5）アジアの都市及びトロピカル・アイランドとしてのイメージ作り計画

上記の目標を実現するために、コンセプト・プランはシンガポールの人口が４百万人に達するであろうＸ年において実施されることになるであろう。計画は動的なプロセスで、シンガポールの各発展段階に対応したものである。2000年、2010年、およびＸ年におけるコンセプト・プランは図－１、２、３に示す。

2.2 建設投資の予算

公共事業局（ＰＷＤ）は、道路・学校・空港・病院・公営図書館・役所の建物・芸術センター、といったインフラストラクチャーに関するものを主な事業内容とする。年間予算は、道路計画と建設計画の２つのグループに大別される。過去の記録に基づいた年間開発支出は、平均 S$ 200,000,000（道路計画）、S$ 300,000,000 （建設計画）。今後数年間は、計画中の主要道路インフラストラクチャー及び公共建設プロジェクトのために事業支出は増加するであろう。図－４、５、６に事業支出を示

す。

2.3 公共土木事業に関する機関・組織

インフラストラクチャー事業の実施に携わる公共機関は多く、機関名とその機能は次のとおりである。

公共事業局（国家開発省）-------- 公共事業（道路・空港・学校・病院・役所の建物
刑務所・政府機関建物）の開発・管理
駐車場計画・ビル管理

住宅開発庁（　〃　）-------- 公営住宅の開発と管理、公益事業計画により移転が必要となった人々への住宅手配

都市再開発庁（　〃　）-------- 都市開発に係るマスタープラン及び開発管理計画

公園・レクリエーション局 ------ 公園および空き地の開発・管理
（　〃　）

排水局（環境省）　---------- 公共排水事業の開発・管理及び民間排水業の監督

下水局（　〃　）　---------- 公共下水事業の開発・管理

シンガポール港湾庁　---------- 海域コントロールを含む港湾の開発・管理
（運輸通信省）

大量高速交通公団（　〃　）----- 大量高速交通システムの開発・管理

電気・通信庁（　〃　）----- 電気・通信システムの開発・管理

公益事業庁　（商工省）　-------- 電気・水道・ガス等、公益事業の開発・管理

ジュロン都市公団（　〃　）----- 工業用地所の開発・管理および産業用設備の供給

観光振興庁（　〃　）-------- 観光業の促進と観光客増大計画

サントサ開発公団（　〃　）----- リゾート地としてのサントサの開発・マーケティング、その他11の島の管理

2.4 主な社会資本の整備の歴史、整備状況と課題

道路開発プログラムについて以下記述する。

道路インフラストラクチャーの開発は、ＰＷＤの主要事業である。英国の統治下にあった植民地時代から、道路の計画・建設はＰＷＤが行っていた。都市部での道路や橋はその多くが植民地時代に建設され、修復を経て現在もなお存続している。

主要道路の建設プログラムは独立後にＰＷＤが着手し、人口増に伴い開発された低家賃公営住宅地内、及び工業化プログラムに沿って開発された工業地域内での道路建設に対応するものであった。新しい道路の建設計画と同時に既存の道路の質改善もプログラムに加え、都市部の道路の質は向上した。　また、交通の流れを良くする為に一方通行への転換を図った。　都市部から放射状に広がる道路は最低でも三車線になり、また既存する道路は都市部を迂回する為に環状道路へと転換され効果を上げた。さらに渋滞対策として、立体交差の建設にも着手した。

1960年代以後開始された道路建設事業のなかで最も重要なものに、高速道路ネットワークの建設がある。ハイウェイ沿いの街路樹や立体交差・インターチェンジはシンガポールの景観に変化をもたらし、自動車交通の概念自体を急激に変えた。総長 141 Km の高速道路ネットワークは今世紀の終わりに完成予定で、主要高速道路と交差する他の支線と共に衛星都市・工業地区・都市部間を連結する。

図－7に建設中の高速道路ネットワークを示す。

Pan - Island高速道（PIE)はシンガポール初の高速道路で、13年をかけて1981年に完成したが、ここに交通が集中し、間もなく飽和状態となった。PIE の交通渋滞解消の為、現在拡張工事中である。

他にも高速道路内の立体交差インターチェンジも、車の流れの円滑化のために改良が加えられている。

道路建設上に問題となるのは、土地不足・開発地内住民の移転問題・不適切な土質である。シンガポールは国土が狭く、人口密度の高い高度都市型国家であるため、幹線開発に伴い多くの住民の土地を犠牲とせざるを得ない。政治的なかけひきと土地確保の困難さの為に建設の遅れは避けられない。

建設前の用地準備と土壌改良の為にかけられる時間は短く、またシンガポール国土の 30 % を占める圧縮されやすい軟質土が更に状況を悪化させている。その結果、埋立地および低質の下層土に建設された道路は建設中あるいは建設後にその圧密の問題に直面することになる。中でもより深刻な問題は、すりつけ道と杭で支持された橋あるいは跨道橋とが接する部分で発生する。そこでＰＷＤは建設中時間の許す限り、危険箇所の土質改善に努めた。しかしながら、建設段階における土質の安定化は完結せず、道路開通後の走行に影響をきたし、補修や再舗装を余儀なくされた。

土地不足により、住居地内での道路開発・拡張工事となり、交通騒音問題が発生する。計画途中のガイドラインでは、住宅開発地区と高速道路との間に 30 m の騒音緩衝ゾーン設置を指示している。

しかし、このガイドラインを満たすのは容易でないのが現状だ。
ＰＷＤは交通騒音研究のために騒音調査を実施してきた。しかしシンガポールの現状を考えると、いくつかの解決策が効果を上げるかは定かでない。

シンガポール国土に占める道路面積は 10 % で、道路ネットワークの今後の拡張にはスペース上限りがある。土地不足に対する解決策として、地下道路建設が現在考えられている。

2.5 現在実施中又は計画中の主要なプロジェクト

シンガポールにおける公共事業当局としてＰＷＤは、主要な公共インフラストラクチャー事業の計画・実施を役目とする。この10年に計画されるＰＷＤの支出は、道路開発事業に 50億 S$ 、建設開発事業に 75億 S$ 。さらに道路と建築物の修復にかけられる年間支出は、今後５年間に現行の 6,500万 S$ から 1億 S$ への引き上げが見込まれている。

現在進行中の、主な建築プロジェクトは次のとうり。

プロジェクト名	概算コスト（100万 S$）
中学校建設プログラム（新設34校、改築17校）	873
ＫＫ病院再開発	277
中央庁舎建設	138
新入国管理ビル	121
ヘルス研究所・国立歯科センター建設	168
新国会議事堂建設	100
チャンギ空港ターミナルⅠ新装	170
チャンギ空港ターミナルⅡ拡張	300
芸術センター	780
新国立図書館	80
新文部省本省	180
チャンギ空港Ⅲ	1000
チャンギ刑務所再開発	645
タン・トック・セン病院再開発	323
東部総合病院	248
テマセック職業専門学校	340

道路建設プロジェクトも建築プロジェクトにひけをとらない。シンガポールの高速道路ネットワーク建設は 1960 年代後期に開始された。図－７に、総長 141 Km の計画高速道路ネットワークを示す。現在約 78 % が完成しているが、この中には中央高速道の一部をなす 2.4 Km の地下トンネルも含む。この高速道路ネットワークは今世紀末までの完成が計画されている。

ＰＷＤ は他に、約 90 Lane-Km の地下道建設を含む大規模道路開発プログラムを計画中である。シンガポール地下道システム（SURS）が計画予定であるが、これは環状道路システム （ring road system）で、シンガポールの内環状道路を補完し、マリーナ南とマリーナ東の水域間も結ぶ。（暫定的に提案された路線は図－８参照） 環状道路は高い収容能力を持つ地下道ネットワークとなり、シンガポール国内の人と物資が安全かつ効率的に移動できるよう設計されている。また、中央ビジネス地区（CBD）およびその周囲の総道路交通容量を少なくとも 40 % 引き上げ、主要道路“コリドー”と交差点における交通渋滞を減少させるであろう。この地下道システムは、中央ビジネス地区での2030年までの交通需要に対処できるようになっている。建設見積りコストは 40億 S$ で、段階的に着工し、10 年後の完成が計画されている。実施計画調査は終了したばかりで、建設開始は1994年の予定である。

地下道システムに加え、２１世紀の交通需要に対応する、新道路建設と現行幹線道路改善のための長期プランも作成している。

新しい道路開発プログラムにより道路容量を高める一方、ＰＷＤ は交通管理システムの率改善の研究にも力を入れている。 中でも特定地区内通行許可制度（Area Licensing scheme / ALS）はよく知られているユニークな施策で、CBD での渋滞緩和のために 1975 年から開始された。ALS では、CBDの

725 ha を占める特定ゾーン （Restricted Zone/RZ）内に入る際に、自動車運転者の支払いを定めている。（朝夕のラッシュ時に限る）

ALS は道路使用料の支払いシステムと言えよう。数年後には、現在の人手によるものから自動使用料支払いシステム （ERP）へと移行するであろう。ERP は、現存の ALSと週末自動車登録計画に代わって ＰＷＤが導入しようとしている新システムである。数年後に完成すれば、最先端技術を取り入れた、世界有数の自動交通管理システムの誕生となる。

最終的に ERPは、郊外及び将来の地域センター （future regional centres）にまで拡大される予定である。

ALS の他に導入した交通管理システムに、グリーンリンク制御システム （GLIDE）がある。GLIDE は、コンピューターによる信号管理システムで、信号のタイミングを中央でモニターし、交通状況の変化に応じてそれを調整してゆくものである。このシステムは道路の使用効率を最大に引き上げ、交通の流れをスムーズにする。GLIDE は 1988 年に CBDにおいて導入され、現在他地域へと拡張中である。

３．公共事業局の研究・開発

3.1 シンガポール公共事業局の歴史

公共事業局（ＰＷＤ）の歴史は、初代の公共事業長官が任命された 1833 年にさかのぼる。当時、シンガポールの属した海峡植民地は、英国統治下のインドの植民地統制局支配下にあった。

商業コミュニティーの発展に伴って、英国は国王直轄植民地の創設決定を余儀なくされ1867年に海峡植民地はロンドンの植民地事務所の直接指揮下に入った。さらなる発展を経て、海峡植民地における最初の公共事業局が 1872 年に設立された。1930年代末には局長を頭として 45 名をスタッフとするまで成長し、シンガポールに本部が置かれた。

第２次世界大戦後、シンガポールは英国より独立し、シンガポール国の公共事業局の誕生となる。

1950年代には、増大する人口と繁栄する都市のための基本的な快適環境の確立に向け、ＰＷＤ に求められる役割はより大きくなった。

1954年に、新議会場（現国会議事堂）が改修された。翌年には Paya Lebar 空港が完成、1956年には Tan Tock Seng病院の新病棟ができた。同年に、Merdeka（”自由と独立”を意味するマレー語）橋が開通した。人民行動党が力をつけて、1959 年 5月にシンガポールは独立を果たし、ＰＷＤ の新しい時代が始まった。独立した自国の政府が発足すると、新指導者達層は同年 11 月には地方自治体の諸機関を廃止し、新たに初代の地方局長を任命した。

公共施設建設の需要が高まると、ＰＷＤの役割も大きくなった。1960年代には多くの新しい施設が建設された。シンガポール初の図書館は 1960 年に完成、1964年は初の横断歩道橋・立体駐車場・横断地下道が完成し、1966年には常設のＴＶスタジオが完成した。また、1968年に初の短期大学が開設せれた。

1970年代への移行までに、シンガポールの政治情勢は安定した。ベビーブーム世代が学齢に達し、

1973年には学校建設プログラムに着手した。同年に、東南アジア半島競技会のために国立スタジアムが完成した。 1970年代はＰＷＤにとっては変化の年で、建設管理部門がＰＷＤへ移管された。また、排水および下水道部門は環境省へ移管、公園・レクリエーション部門はＰＷＤより独立した局となった。この時期までに、シンガポールを庭園都市（garden city）にするための財団を設立した。

1980年代に入ると、自動車好きの裕福な国民のニーズに対応して、ＰＷＤの重要性が増してきた。普通道路の建設・拡張もあったが、1980年代は高速道路の時代であり、 Pan-Island高速道東海岸 Park Way 、Benjamin-Sheares橋が完成した。 1985 年に Bukit Timah高速道、1988年に Ayer Rajah 高速道がネットワークに加わった。 中央高速トンネルシステムは1991年 9月に開通し、シンガポール道路交通は新時代をむかえた。

1981年に、第１チャンギ空港が開設され、1984年に第２滑走路完成、第１ターミナル開設のわずか10年後の 1991年には、第２ターミナルが開設した。

今後数十年も、ＰＷＤはさらなる事業に着手し、シンガポールが魅力あふれる熱帯島国となるべく活動を推進してゆくだろう。

3.2 組織機構

ＰＷＤは局長を頭とし、次長がそれをアシストする。５つの部からなり、それぞれを部長が代表する。５つの部とその機能は以下のとおりである。

1）総務部 ---------- 局内の会計、人事、総務、ＰＲ、およびコンピュータ化業務
2）建設管理部 -------- 安全保証のための民間建設事業規制、民間建造物メンテナンス
民間住宅購入者のための利益保護
3）専門家サービス部--- 学校、短大、消防署、刑務所、役所等の公共施設建設に関する
計画・設計・監修
4）開発・管理サービス部--- 事業開発、事業管理、不動産管理サービスを含む、顧問事
業開発 （consultancy business development）
5）道路・運輸部 ------ 公道、立体交差、橋、歩道橋の計画・設計・建設および維持管
理／道路ネットワークの有効利用、安全対策実施、駐車場政策
監修

図－９にＰＷＤの組織図を示す。職員総数は1,594 名で、その内訳は、専門職 314名、技術職 832名、事務職 345名、アルバイト 103名である。

3.3 予算

完全な政府機構として、ＰＷＤの事業予算は 100% 政府より供給されている。年間予算は、現行支出（current expenditure）と開発予算（development expenditure）との２つに大別される。現行支出は主に、人件費および運営費（設備・事務用品・出張代・備品購入・維持管理・公共物建築・道路維持管理・他）から成る。開発支出には、道路建設および建造物建設のための年間開発予算が含まれ

る。

1992年度（1992.4.1-1993.3.31）の年間予算は次のとおりである。

項　　目	年間予算（百万S$）
人件費	60
その他の運営費 （公共建築物・道路の維持費を含む）	100
道路開発	300
建築開発	650

3.4. 主要な研究施設の概要

独立して研究活動を行う研究施設は、人員不足のために存在しない。そのため、ＰＷＤの研究・開発活動の中心は、古くからＰＷＤの工学研究室であった。ＰＷＤ工学研究室ではまた、土質・コンクリート・鋼材・道路舗装材といった建設材料の日常の品質管理試験も担当している。当研究室は、シンガポールで最も古く、かつ最大の土木工学材料試験研究室である。

調査研究活動は（Ｒ＆Ｄ）には、シンガポールの多くの機関が参加している。シンガポールにあるシンガポール国立大学（ＮＵＳ）とナンヤン工科大学（ＮＴＵ）の２大学は、建築および土木工学のＲ＆Ｄを実施するための、優良な研究施設を備えている。ＰＷＤはＲ＆Ｄプロジェクトの実施にあたって、ＮＵＳとＮＴＵ双方との研究協力を図っている。このような共同研究は、大学の研究施設を使用したり、また、大学の学者らとの実務的な経験や問題を共有する機会ともなっている。

4．PWDにおける主要研究・開発プロジェクト

4.1 研究・開発プロジェクト名

ここ数年間において終了したＰＷＤのプロジェクトは以下のとおり。

1）各地域の土質条件下での、bored-pileと打込み杭の挙動を研究。ネガティブフリクションの予測を含んだ、各地域の土壌条件に見合った、杭のデザイン・コンセプト開発 2）Pile Driving Analyserを用いての、杭の応力波測定の分析・解析をアシストするExpert System
の開発 3）瀝青舗装の性能向上を目的とした、地方にある瀝青の特性研究
4）道路沿いの並木による、空気環境浄化システム開発
5）中心市街地での交通量研究
6）事故コストの研究
7）舗装の性能向上のための瀝青添加剤の利用に関する調査

4.2 現在進行中の研究・開発

現在、ＰＷＤは多くの研究・開発プロジェクトに取り組んでいる。以下に、重要なものをあげる。

1）Bukit Timah 花崗岩中の多用途の地下空間開発のフィージビリティー研究多方面での使用を目的とした、Bukit Timah 花崗岩内地下空間建設の実施適性調査を、ナンヤン技術大学との共同で実施している。シンガポールでは土地が不足している為、地下空間の利用が必要となってくる。そこで、シンガポール中央および北部に位置する、Bukit Timah花崗岩を開発する当プロジェクトが発足した。

このプロジェクトには 150万 S$ の予算が当てられ、1989年１月より開始、1993年５月に完了予定である。

本プロジェクトは以下の活動を行っている。

a）Bukit Timah 花崗岩分布に関する机上調査及びマッピング
b）Bukit Timah 花崗岩の地質モデル作成のための、地震探査及び電気探査
and resistivity methodを使用した、地球物理学的研究
c）地質モデルの実証と工学的試験・分析のサンプル確保を目的とした、垂直および傾斜ボアホールの使用による岩石のコア採取
各種地球物理学的方式を使用しての孔内検層
d）各用途における、岩石の適性評価・予備設計・経済性分析

以上の調査から、地下空間創設における Bukit Timah花崗岩の可能性に加え、その風化パターンを知ることもできる。

調査の実施において主な問題となるのは、高度な専門知識の求められる実地調査・研究に携わる、ローカル・スタッフの不足である。その為、外国に専門家を依頼せねばならず、ノルウェーから地震調査家、日本から現地採掘の地球物理学者を招いた。また、現地の地勢状況や軍用訓練地の存在も調

査の妨げになっている。

2）計画・設計ガイドに沿った地域騒音研究

ＰＷＤと国立シンガポール大学（ＮＵＳ）の共同プロジェクトとして実施している。その目的は、建物のタイプ別に騒音状況を調査し、音響環境に対する市民の反応を評価し、また、騒音基準を設けることにある。その対象は、学校・病院・オフィスビルホテル・図書館・および公共リゾート地の建造物である。

当プロジェクトは 1989 年 10 月に開始され、1993年初頭完了を目指している。見積りコストは 3 10,000 S$ である。

その主な内容は、建物のタイプ別騒音調査・騒音環境に関する居住者の主観調査・測定騒音データと使用者の反応との相互関係確立のためのデータ分析・設計ガイドラインと騒音低減方法の設定。

調査実施上の主な問題点は、調査要員の高離職率、現場測定に携わる技術者の採用が難しいこと、ビル所有者が非協力的で騒音調査の実施が困難、などがあげられる。

3）建物の欠陥の科学的研究

ＰＷＤとＮＵＳの共同プロジェクトにより実施され、その目標は、建造物欠陥に関する総合調査と基礎知識向上、シンガポールの鉄筋コンクリートのひび割れ・劣化の要因研究におかれている。

当プロジェクトは、1992年６月に開始され、1993年中旬完了を目指している。　見積りコストは 4 10,000 S$である。アパートの屋根・壁・柱・梁、といった部位に共通する欠陥の広範囲の調査を行った。研究室内でのテストや、コンクリート変質の現地調査が進行中である。また、コンクリート製アパートの屋根の欠陥に対処するためのエキスパートシステムを開発した。このシステムにより、ビル管理担当者に屋根の欠陥診断用の器具を供給し、適切な修理法を指示することになる。他の欠陥にも対応できるように適用範囲を広げつつある。

当プロジェクト実施上の問題は、研究要員の離職率が高く、採用が困難なことである。また、その職務内容の困難さから、専門家が必要と成る基礎知識をつけるために多くの時間を求められることが、さらに採用を難しくしている。

4）シンガポールの交通荷重調査

ＰＷＤとＮＵＳ運輸リサーチセンターとの共同研究。シンガポールの道路の交通荷重の特質研究を目的とする。これまで、シンガポールの道路設計は外国、特に英国で定めた設計基準に基とづいてなされてきた。このプロジェクトにより、道路計画・設計に役立つ、交通荷重レベルに関する情報を提供することになる。

当プロジェクトは、1992年12月に開始し、２年後に完了予定である。総予算は、195,000 S$である。

当研究により、シンガポール全域の高速道路・幹線道路・地方道路といった、道路の種別による交通荷重パターンが分析される。ＰＷＤの技術者と、ＮＵＳの学者スタッフが交通量カウント・データの編集・分析と同時に、交通荷重計画・実施モニタリングに従事している。

4.3 研究・開発を進めていく上の課題

シンガポールの建築・土木工学における研究・開発を進めていく上で、以下の課題がある。

1）人材不足

建設・土木工学分野の R&Dに関する技能を有する人材は、一般的に不足している。その主な原因は、建設ブームにより現在シンガポールが直面している、労働市場の悪況による。専門家のほとんどは、計画・設計・新事業開発および建築物の維持・管理、といった分野に従事しており、優秀な人材を研究・開発分野に引きつけるのは難しい。この現象は、ＰＷＤと地方大学との共同プロジェクトにおける研究職スタッフの高離職率を裏づけている。

2）調査設備の不足

シンガポールでは、地方建設市場の規模は決して大きくない。その為、地方の建設会社のサイズにも限界がある。 2、3の大企業を除くと、ほとんどの地方企業においては、研究・開発に費やす技術力・財政力共に十分ではない。また、周期的に現れては消える、建設ブームの傾向が、長期プランニングや研究・開発活動から地方建設会社を遠ざける原因となっている。その結果、建設・土木工学分野における研究・開発活動は、主に国の機関・研究所によって実施されている。

3）経済的問題

現在研究・開発活動のほとんどは、シンガポールの研究・開発促進の為に政府の設置した法人組織である、国立科学技術センター（ＮＳＴＢ）を通じ実施されている。現在に至るまでＮＳＴＢの活動は、ハイテク産業や製造・サービスの研究・開発推進に重点を据えてきた。一方建設産業は、国の経済への貢献度の低さ・輸出力の限界、といった性質の為、低い地位に置かれている。その為、他産業と比較すると、建設・土木工学分野での研究・開発に対する政府の経済的援助の確保は困難な現状である。

5．国際研究交流プログラム

5.1 現状

ここ数年間にＰＷＤが参加した国際研究協力プログラムには次のものがある。

1）材料科学・技術、日本・アセアン共同プログラム

当プログラムのもとに、構造物の腐食防止に関する”シンガポール・プロジェクト”が発足した。直接プロジェクトに参加した組織は、日本側からＪＩＣＡ・建設省・運輸省・建築研究所・港湾技術研究所、シンガポールからは科学省・住宅開発庁・港湾庁・工業規格研究所・シンガポール国立大学であった。ＰＷＤはプロジェクトには直接参加せず、セミナーやディスカッションのみ加わった。

シンガポール・プロジェクトは 1987 年 8月に開始され、扱った内容は、飲料水タンクの腐食防止

と港湾コンクリート構造物の防食の研究である。1990年にプロジェクトは終了、同年 9月にシンガポールにおいて、日本ーアセアン研究・開発プロフェクト諸成果を発表した。港湾コンクリート構造物の防食にかかわるプロジェクトへの技術協力は2年間延長され（1990年 9月から）、研究活動と防食のためのマニュアル作成を続行した。

2）沿海調査調整委員会（ＣＣＯＰ）プログラム

シンガポールはＣＣＯＰメンバーである。従来ＰＷＤが参加していたが、行政上の理由から経済開発庁（ＥＤＢ）に移管された。しかしその後もＰＷＤはＣＣＯＰの活動に積極的にかかわり、研修プログラムへの参加やＥＤＢへの助言を行っている。

1990年の 7月23日～8月4日にＣＯＯＰは”陸・海上工学と環境地球物理学の技術に関する導入研修”という名のワークショップを実施、ＰＷＤはそのホスト役を勤めた。又1991年にハワイと中国においてＣＣＯＰにより開催されたワークショップにもＰＷＤの職員が参加した。最近ＰＷＤは、ＣＯＯＰ専門家による岩石学および古生物学の分析のためにシンガポール西部の深部採掘により得られた石灰石中部サンプルを提供した。

3）国際原子力エネルギー公団（ＩＡＥＡ）

ＰＷＤはＩＡＥＡ主催の研修プログラムやディスカッションに参加している。ＩＡＥＡの活動においてはシンガポール科学協会（現国立科学技術庁）がシンガポールを代表して参加し、土木工学における放射能応用に関するプロジェクトにＰＷＤは直接かかわってこなかった。しかし、シンガポール科学協会と共にＰＷＤは、放射能技術応用の可能性についてＩＡＥＡの日本人専門家と協議した。また、ＰＷＤ職員は日本におけるＵＮＤＰ・ＩＡＥＡ・ＲＣＡ主催の”非金属材料の非破壊試験”ワークショップに参加した。

5.2 実施上の課題

人材不足はＰＷＤでの研究・開発のみならず、国際研究・開発研究交流プログラムを推進する上でも大きな課題となっている。現行の国際交流プログラムは研修と開発に重点を置いている。例えば、ＪＩＣＡ集団研修・コロンボプラン奨学制度・英連邦奨学制度等を通じ、実地研修や見学・アカデミックコースにＰＷＤ専門家を定期的に派遣している。一方ＰＷＤもまたコロンボプラン研修計画に基づき、アセアン諸国研修生対象の研修を実施している。

シンガポールでは、現在建築および土木工学関連の研究・開発を実施している機関が多いため、この分野での共同研究を求める海外組織にとって、適切な機関へのアプローチや選択は容易でないだろう。

6．災害・防災についての取り組み状況

6.1 シンガポールの現状と課題

市民生活に多大な被害をもたらす自然災害には、地震・洪水・サイクロン・干ばつ・地すべり等がある。 シンガポールは世界でも最も活発な地震帯内に位置し、 スマトラ断層地帯への最短距離は約400 Km である。通常この距離では地震の影響は軽微であるが、震源地から約 400 Km 離れた都市で大きな被害が出た、例外的大規模地震も過去発生している。最近の事例では、メキシコ・シティーの西南西約 400 Km を震源地とする、メキシコ地震（M 8.1／1985年 9月19日）がある。地震は主に６階～２０階建ての近代建築、都市中央部に集中的な被害をもたらした。その破壊的影響力の主要因は、長周期効果と土質による増幅作用である。

シンガポールの 173年という短い歴史の中で大きな地震に襲われたことはないが、小さな揺れを感じることはたびたびある。この小さな揺れは、遠隔地で発生した地震による長周期波（Long Period Waves)が原因となる。距離があるので、シンガポールに達する間に地震波の強度は通常かなり低くなる。ところがこのような地震波でも、共振効果によって、柔軟な地盤と建物構造上では増幅されることもある。共振効果は高層建造物で最も顕著で、一般に”長周期効果”と呼ばれる。

この他、シンガポールの直面する自然災害に、洪水と地すべりがある。干ばつ及びサイクロンはごく稀で、実際ほとんど発生していない。洪水は、近年完了した排水大計画により被害は減少しているが、北東モンスーン期には小規模で局地的な洪水が今でも起きている。シンガポールの排水システムは、現在も改良途中にある。

地すべりは豪雨によってしばしば引き起こされる。通常、急勾配の法面・盛土斜面・及び自然の丘陵部での傾斜地において生じる。 しかし、マレーシア・香港・日本等の国々と較べると、シンガポールは低地で、起伏も少ないため、地すべりの規模は比較的小さい。過去にかなり大規模な地すべりも起きてはいるが、危険度は低く、死傷者は報告されていない。

6.2 防災に関する取り組み状況

6.1で述べた通り、シンガポールでは幸いに、災害を受けやすい他の国々に見られるような莫大な被害・死傷者の問題からは免れている。しかしながら、シンガポール政府はそれに甘んじているわけでは無い。

かつてシンガポールが大地震に見舞われたことは無いが、将来スマトラ断層でのＭ８以上の地震の発生と、長周期効果による潜在的被害を建設関連当局は懸念している。ＰＷＤは現在、ナンヤン工科大学と、高層建造物への地震による影響の共同研究の実施を申請中である。

政府は洪水被害の一層の軽減を目指し、排水システム改良のための資金を増やしている。

政府はまた、自然災害及び人災の双方を扱う Omorgonoy Plan を企画・実施し、災害に備えての国民の研修・訓練を主導している。

6.3 防災の技術的課題

前述の通り、ＰＷＤとＮＴＵは、高層建造物への長周期効果を重点に置いた地震危険度調査実施を検討中である。その目標は、地震の危険性及び既存建造物の耐震性を把握し、耐震設計基準を作成することである。

ＰＷＤはまた、地すべりの発生と危険性低減に向けて、より厳しい建築管理対策の導入を検討中である。

7．今後議論したい課題

高度に成長した都市部の大規模地下道路システム建設開始にあたり、ＰＷＤは隣接地区への影響を憂慮している。つまり、建設中の騒音・振動、掘削作業により生じる地表の変位、トンネル作業中の入口（tunnel portals）における大気汚染と騒音、といった問題である。また、最近完成した中央高速道のトンネル内で、水漏れが発生した。トンネル内の通気・照明・安全・火災もまた、ＰＷＤの懸念である。

ＰＷＤはまた、道路舗装の質向上に取り組み、舗装材より良い配合の開発研究を進めてきた。道路の走行の快適さを維持する為、道路メンテナンスプログラムを促進しており、一層の向上に向け最近、コンサルタントの協力のもと、舗装管理システムを企画・実施した。しかしさらに改善の必要な地域もあり、そこで問題となっているのは、剥離、すりへり、ひびわれに対する舗装の抵抗、すべり抵抗、およびタイヤと路面の摩擦により生じる騒音である。

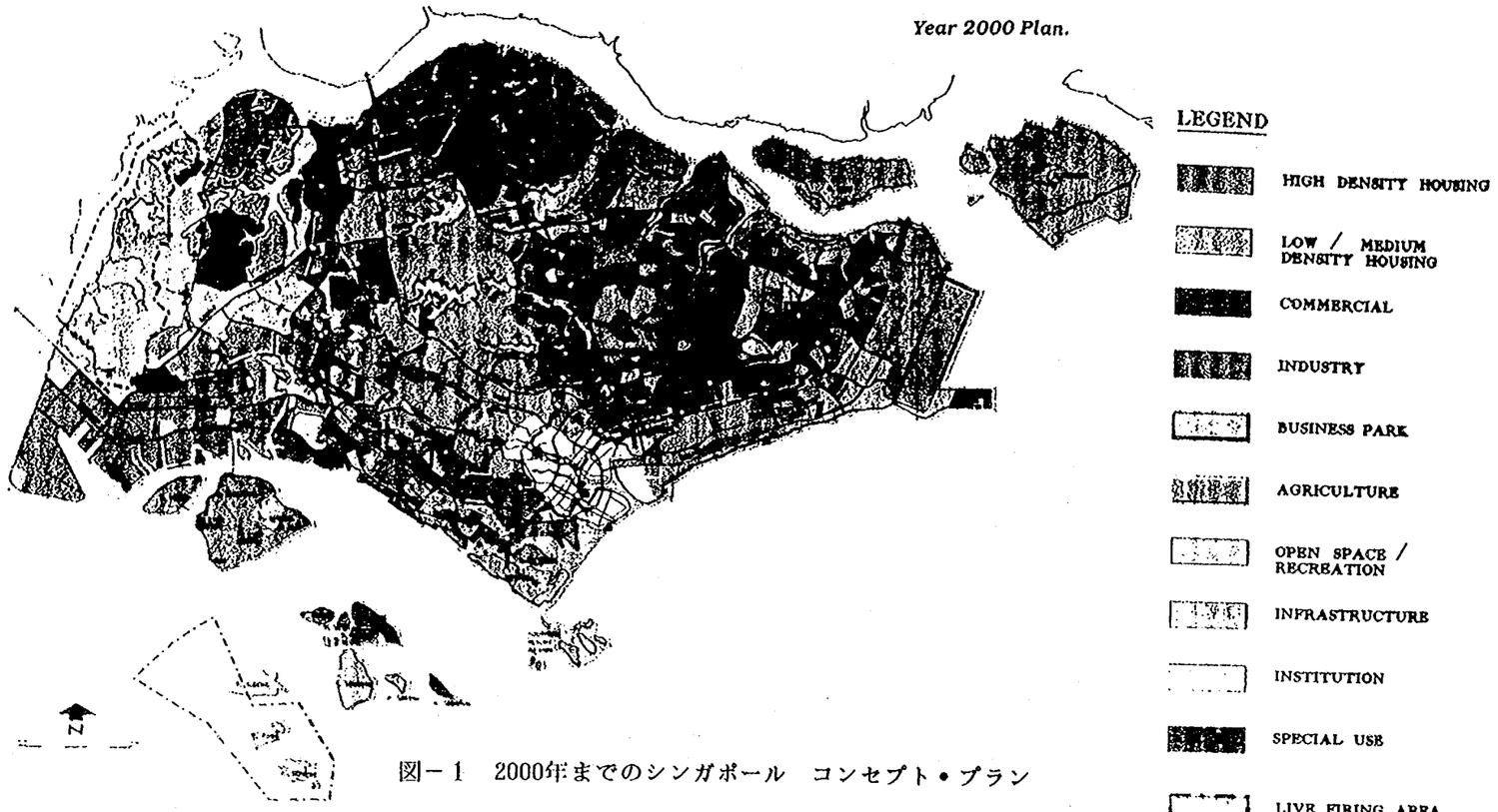
土地不足の悩みゆえ、地下空間利用の可能性の調査も必要である。比較的柔軟な土壌を基盤とする都市部の他、Bukit Timah 地区の頑強な花崗岩も、多目的に使用できる地下空間創設に高い可能性を有している。現在ＰＷＤとＮＴＵの共同で、実施計画調査が進められている。

最近、シンガポールの建設関連当局は、建物の外装から離脱するタイルやカーテンウォールによる被害を問題にしている。建築基準は、外装部検査の強制に向けて現在修正中であるが、これは現行の定期構造物検査に加えられるものである。その他、地震による影響、特に高層建造物に与える長周期効果の影響が問題視されている。また、建物管理プロセスにおける”人工知能・エキスパートシステム技術”の応用についても模索中である。

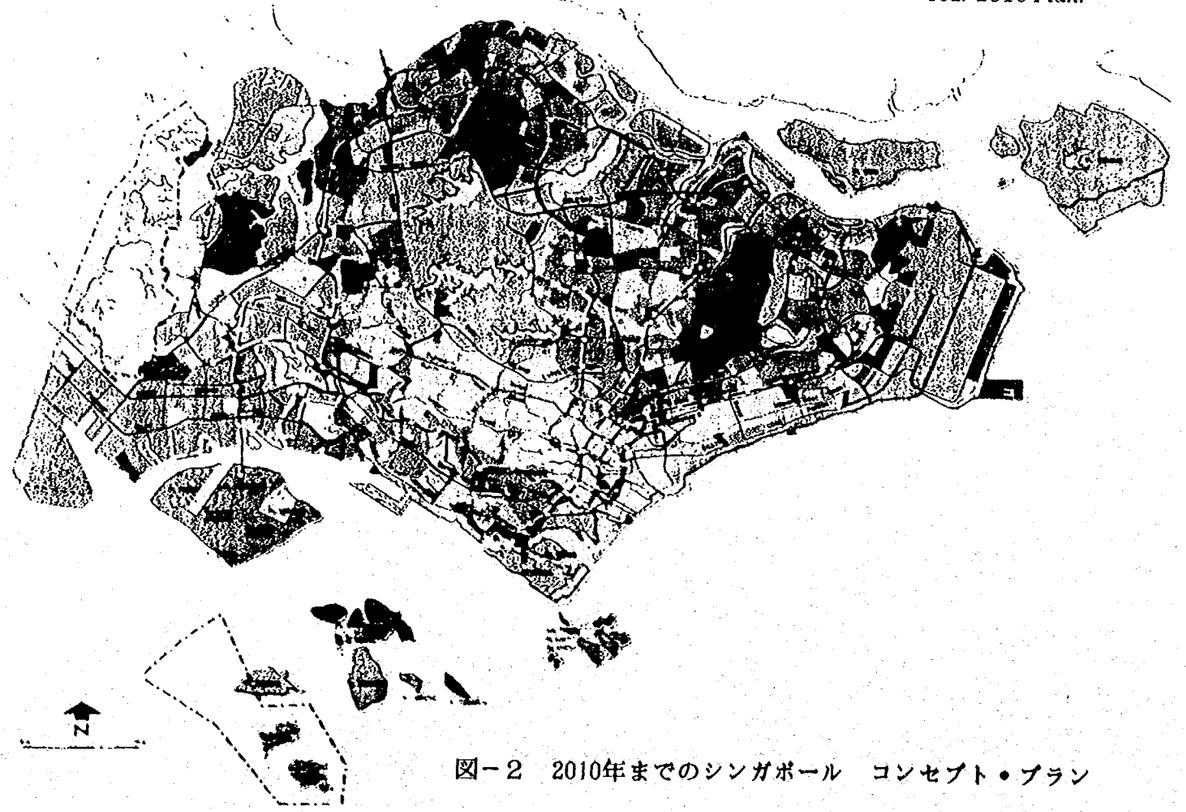
以上の事情を背景として、次にあげるトピックでの日本人専門家とのディスカッションを提案いたしたい。

1）開削方式による道路トンネルの建設
2）柔軟な地盤内での道路トンネル建設において、開削方式が近接構造物（ＭＲＴトンネル・建物基礎・地下埋設物）へ与える影響・及びその予測
3）柔軟な地盤内での深部掘削により影響を受ける構造物のアンダーピニング
4）舗装材の性能：剥離、すり減り、ひびわれへの抵抗、すべり抵抗、タイヤと路面の摩擦により生じる騒音の減少
5）道路トンネル内の換気・照明・火災・安全
6）岩盤の地下空間利用

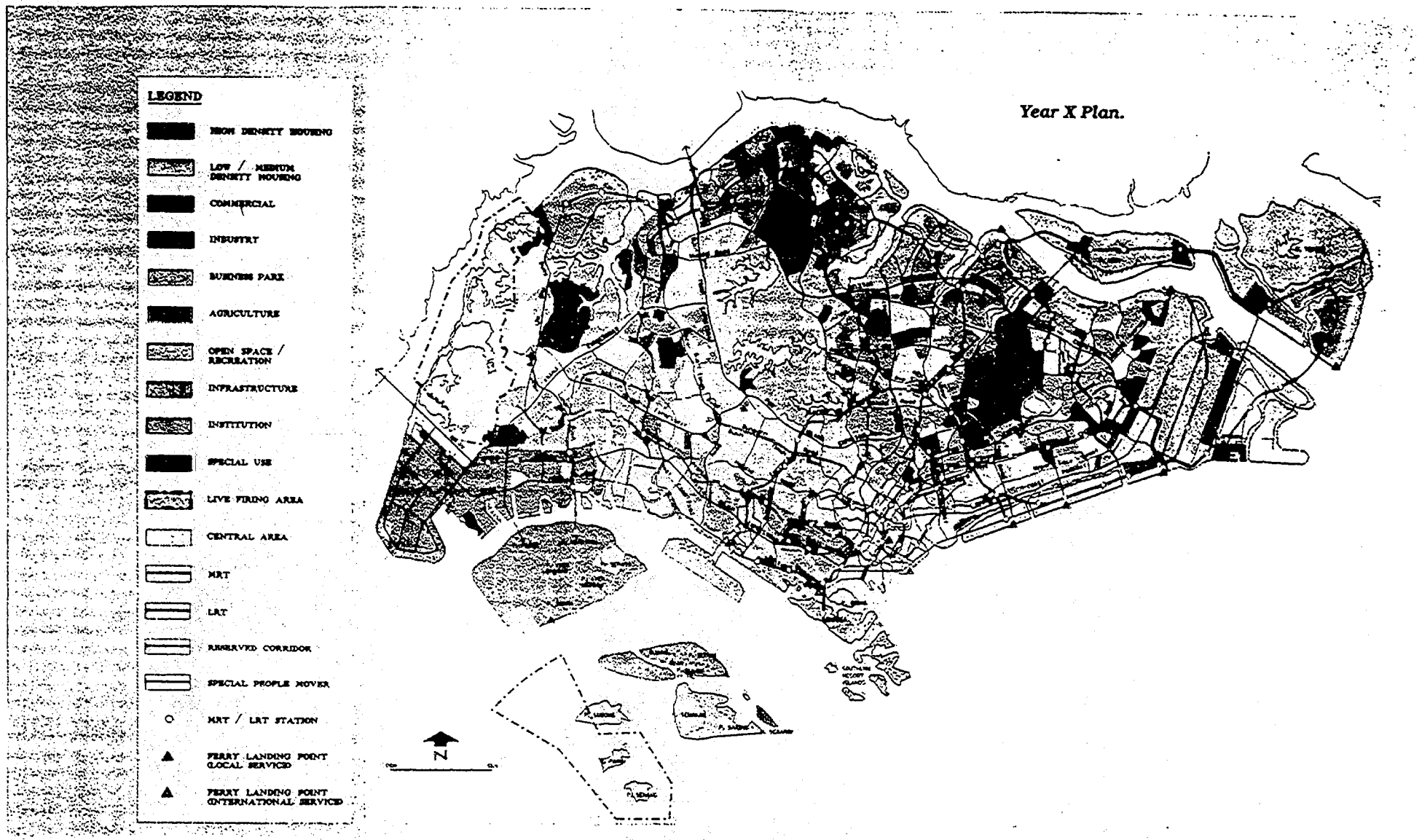
7) 建設物および地下空間内の防水対策
8) 土木・建築工学分野における建設および建造物管理への、サーモグラフィーの応用
9) 建造物管理プロセスにおける”人工知能・エキスパートシステム技術”の応用
10) 地震による影響、特に、高い建造物に与える長周期効果によるもの



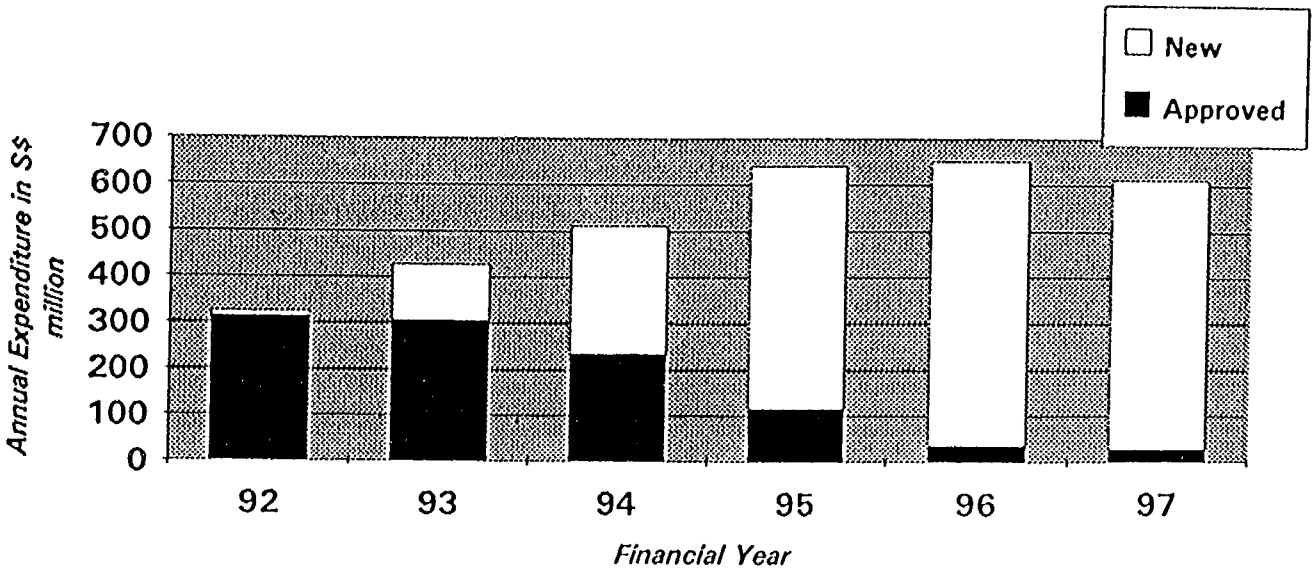
図－1　2000年までのシンガポール　コンセプト・プラン



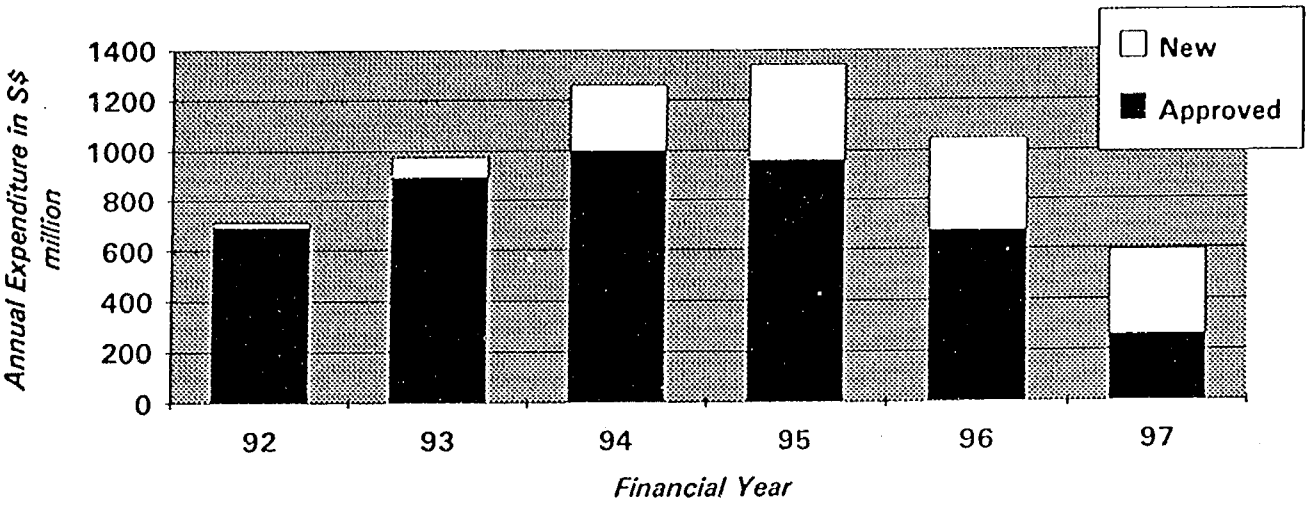
図－2　2010年までのシンガポール　コンセプト・プラン



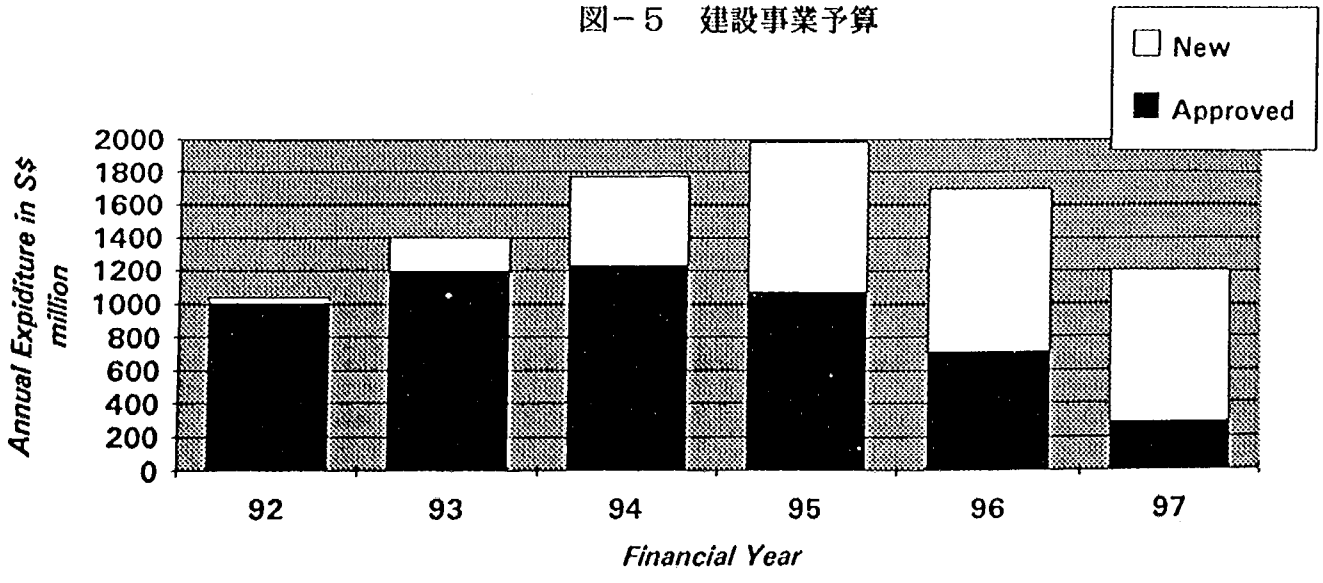
図－3　X年までのシンガポール　コンセプト・プラン



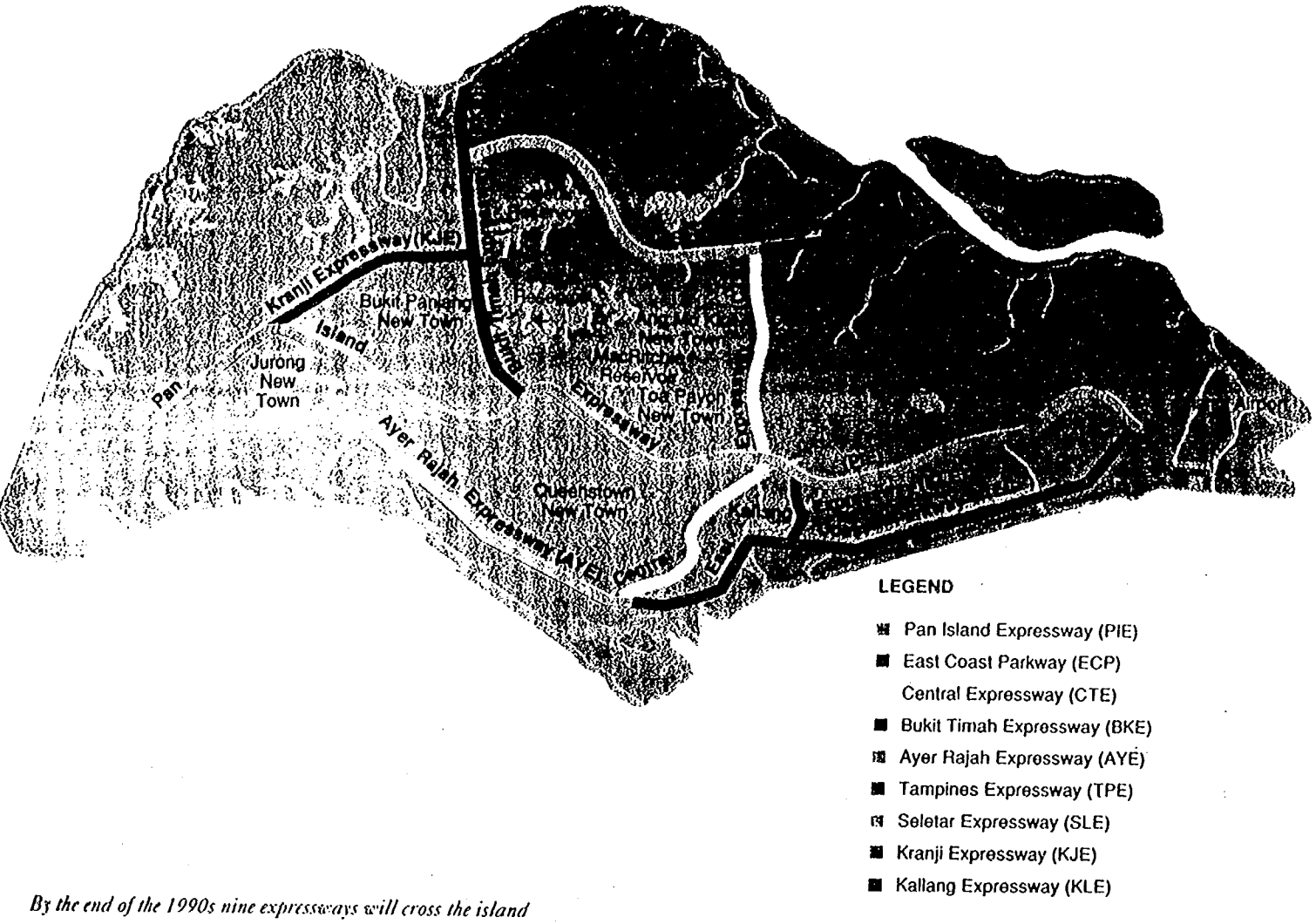
図－4　道路事業予算



図－5　建設事業予算

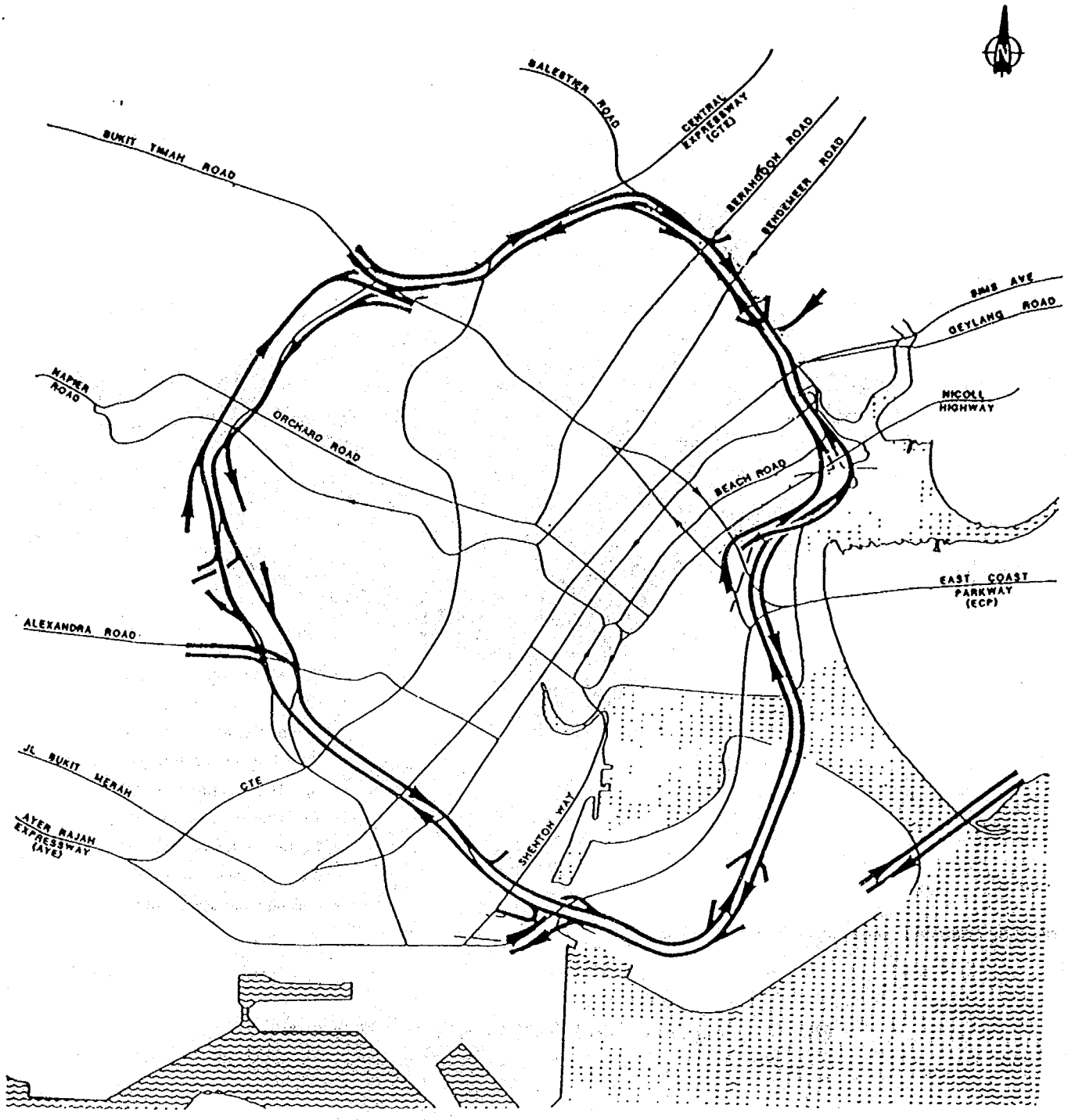


図－6　総予算



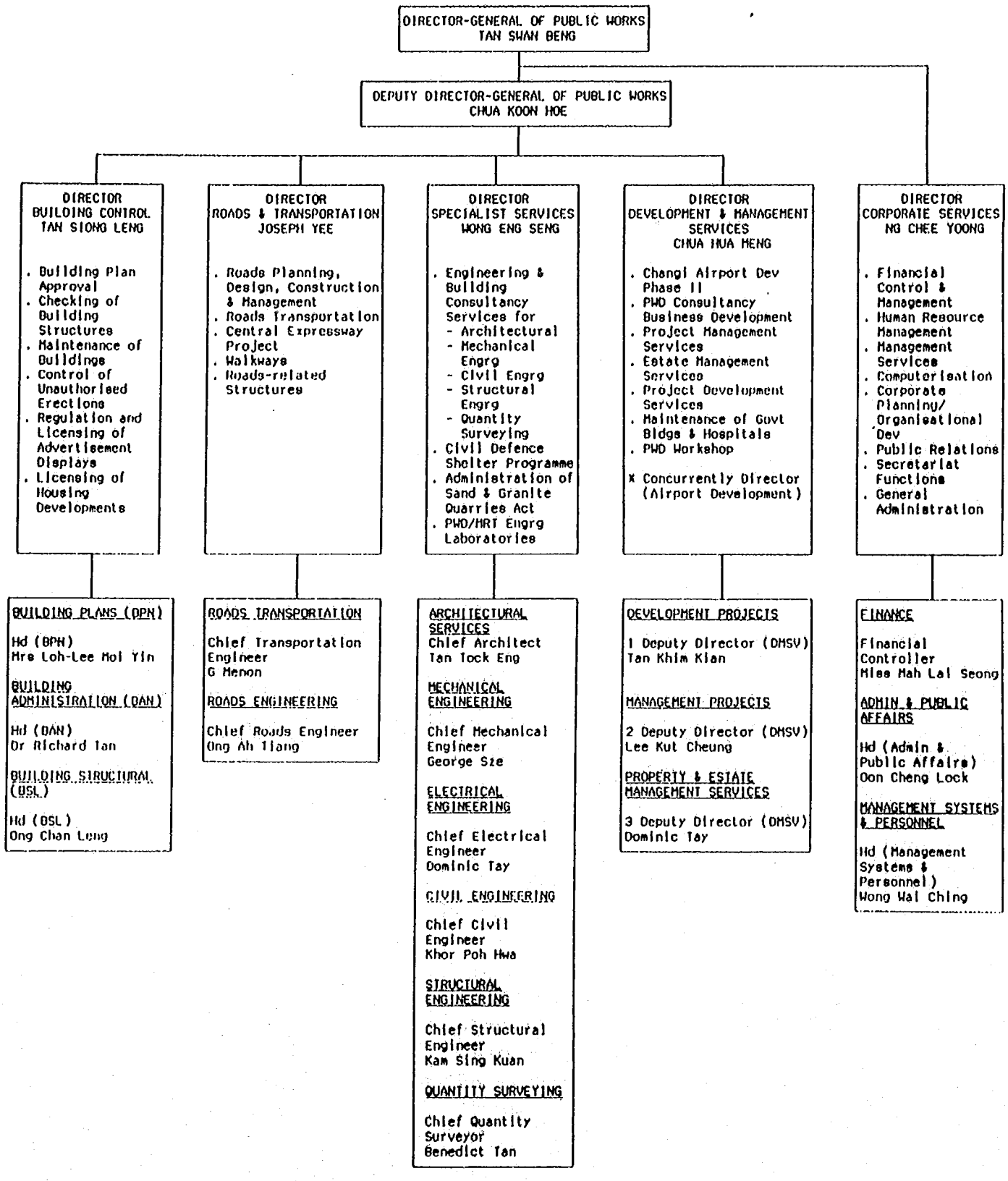
By the end of the 1990s nine expressways will cross the island

図－7　シンガポール高速道路ネットワーク



図－８　提案中のシンガポール地下道システム（ＳＵＲＳ）

ORGANISATION STRUCTURE OF THE PUBLIC WORKS DEPARTMENT



図－9　PWDの組織図

Ⅶ. タ イ 王 国

タイ運輸通信省道路局道路研究開発センター長　Teeracharti Ruenkrairergsa
タイ運輸通信省道路局計画課長　Bancha Vadhanasindhu

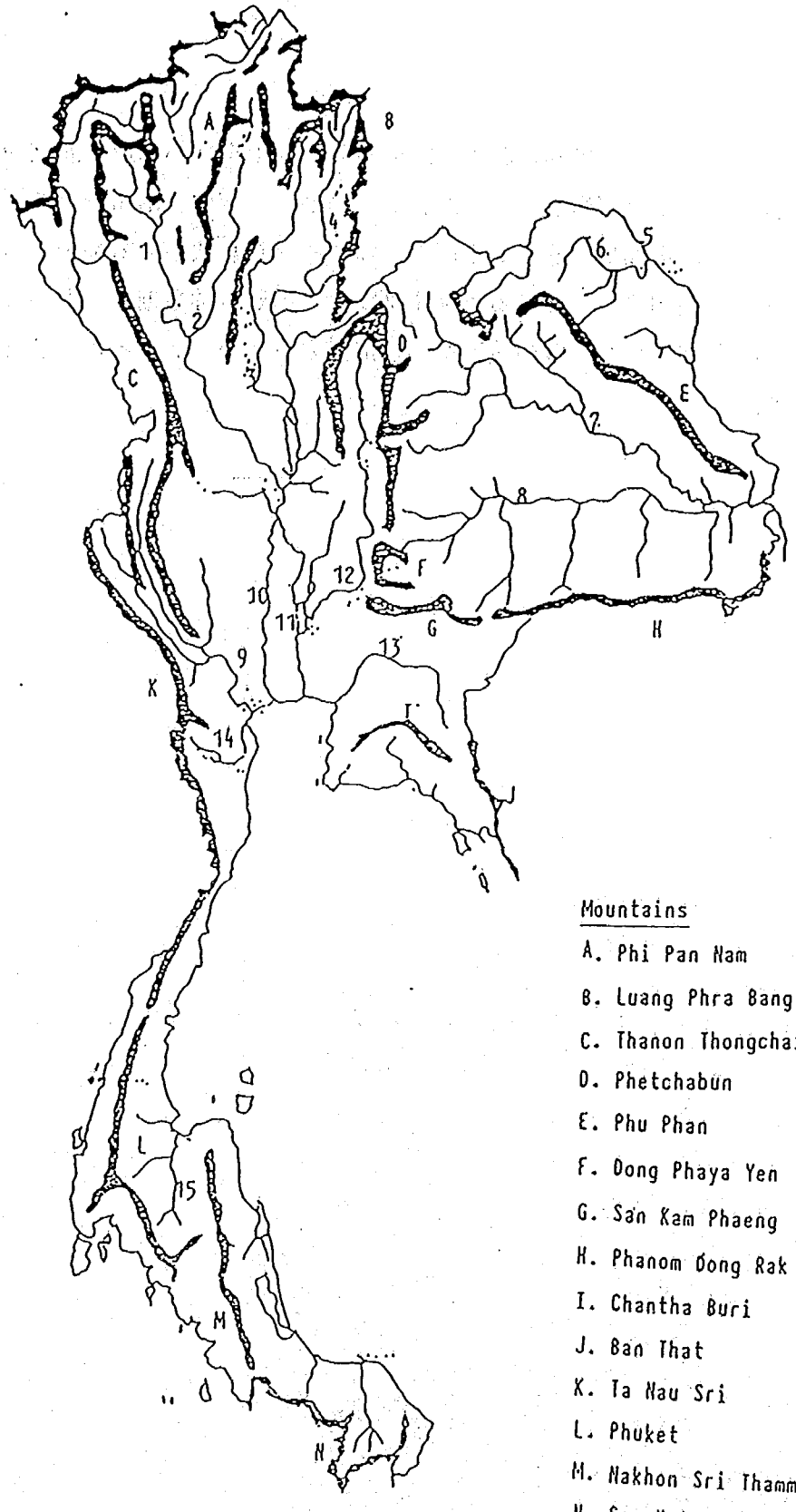
目　次

１．タイの概要
２．タイにおける高速道路事業システムの説明
３．ＤＯＨにおける研究開発担当部局
４．ＤＯＨにおける主要研究開発プロジェクト
５．ＤＯＨにおける国際研究交流計画
６．災害・防災に関する取組み
７．環境と社会資本整備との調和に関する取組み
８．今後議論したい課題

1．タイの概要

1.1 国土の概要

タイ王国は東南アジアの、インドシナとして知られる一画にあり、国土全体が赤道と北回帰線との間に位置している。その国土面積からすれば当然であるが、タイの地形は変化に富んでいる。最北部や西部地域は険しい山岳地帯であり、東部はコラット平原の　ゆるやかな起伏のある地勢から成っている。中央部にはこの地域の主要な河川の一つであるチャオプラヤに拡がる沖積期平野があり、また南部の半島部分は海岸の平野部と起伏に富む丘陵の後背地から形成されている。タイの主要な河川、山については、図－1.1 を参照



Rivers

1. Ping R.
2. Wang R.
3. Yom R.
4. Nan R.
5. Khong R.
6. SongKhram R.
7. Chi R.
8. Mun R.
9. Mae Klong R.
10. Tha Chin R.
11. Chao Phra Ya R.
12. Pa Sak R.
13. Bang Pa Kong R.
14. Pran Buri R.
15. Tapi R.

Mountains

A. Phi Pan Nam
B. Luang Phra Bang
C. Thanon Thongchai
D. Phetchabun
E. Phu Phan
F. Dong Phaya Yen
G. San Kam Phaeng
H. Phanom Dong Rak
I. Chantha Buri
J. Ban That
K. Ta Nau Sri
L. Phuket
M. Nakhon Sri Thammarat
N. San Kala Khiri

図－1.1　タイの主要な河川、山

1.2 気候

タイは熱帯に属し一年を通して温暖で概して多湿であり、季節風モンスーンが豊富な降雨をもたらす。タイ国全体の年間平均気温は約27℃であるが、バンコクでは最高気温約39.2℃（4月）であり、最低16.9℃（12月）である。したがってタイの大部分の地域は非常に肥沃であり、農業、特にタイの主食であり主な輸出品である米の栽培が経済の主体となっている。タイには二種類の季節、すなわち乾期と雨期がある。雨期は5月に始まり10月に終わる。9月には最も降雨量が多い。主要都市における気象データを表－1.1 に示す。

表－1.1　主要都市の気象データ（1989年）

City	Temperature			Rainfall (mm.)	Mean relative humidity (%)
	Mean Max.	Mean.	Mean Min.		
Bangkok	32.9	28.2	24.4	1,496.4	82.0
Chiang Mai	32.1	25.5	19.9	1,190.4	69.3
Phuket	32.2	28.8	25.0	1,899.0	74.8

(Source) Meteorological Department

1.3 人口

タイとバンコクにおける人口の推移を表－1.2 に示す。1989年の総人口は5,600 万、そしてバンコクでは580 万である。人口密度は国全体としては109 人/km^2であり、バンコクでは372 人/Km^2 である。

経済の活動がバンコクに集中するにつれ国の総人口に対するバンコクの人口の割合は1970年の8.6％から1989年の10.4％に増加した。

表－1.2 タイの人口推移

(unit: million)

Year	1970	1980	1985	1986	1987	1988	1989
Total	35,550	46,961	51,796	52,969	53,873	54,961	55,888
Bangkok	3,077	4,349	5,363	5,469	5,609	5,717	5,833

(Source) Registration Division, Local Administration Department

1.4 経済・社会

経済に関する主要なデータを表－1.3 に示す。

表－1.3 主要経済データ

Year		1986	1987	1988	1989
GDP (billion Bt.)[a]		1,095	1,253	1,507	1,791
Growth Rate of GDP (%)[a]		4.9	9.5	13.2	12.2
Per Capita GNP ($)		776	893	1,076	1,225
	Bangkok	2,336	2,784	–	–
Percentage of GDP by Industrial Origin[a]	Agriculture	16.3	16.4	16.6	15.2
	Manufacturing	23.6	23.9	24.8	25.4
	Others	60.1	59.7	58.6	59.4
International Trade[b] (billion Bt.)					
	Export	233.4	299.9	403.6	516.3
	Import	241.4	334.2	513.1	662.7
	Balance	-8.0	-34.3	-109.5.	-146.4
Government Fiscal Cash Balance (billion Bt.)[c]		-34.2	-8.9	36.1	65.3
Increasing Rate of the Consumer Price (%)[d]		1.9	2.5	3.8	5.4
Foreign Debt (billion $)[e]		11.0	12.9	12.4	11.7
International Reserves (billion $)[e]		3,776	5,212	7,112	10,509

(Source) a. National Income of Thailand, 1989. NESDB.
b. Foreign Trade Statistics of Thailand. Department of Customs
c. The Comptroller's Generals Department
d. Department of Business Economics
e. Bank of Thailand

1.4.1 経済成長

タイの経済は急速に成長し、ますます国際化してきた。第６次計画期間中（1987-1991）、タイの経済成長は目覚ましく、国内総生産（ＧＤＰ）は年当り平均10.5%、すなわち計画目標値の２倍の伸びを見せ、この25年間で最高の平均成長率を記録した。また経済構造はより外部志向型となり国際化の様相を呈し、この傾向はＧＤＰに対する国際貿易の比率が1986年の60%から1991年の80%に増加したという事実にも現れている。

1.4.2 主要産業

人口の大多数は農民である。重要な輸出用農産物は米、とうもろこし、ココナツタピオカ、およびゴムである。更にタイは加工食品、衣類、織物、宝玉、宝石類等の工業製品も輸出している。近年、工業の発展は顕著である。ＧＤＰに対する工業製品の割合は1970年の16%から1989年の25%に増加したが、一方同時期ＧＤＰに対する農業製品の割合は1970年の26%から1989年の15%に減少した。

1.4.3 貿易と財政

(1) 貿易

タイの経済はより世界に向けて開かれた経済となり、対外貿易部門への依存度が大きくなってきた。1986年から1989年の間に対外貿易の額は1986年の4,750 億バーツから1989年の１兆1800億バーツへと増加した。輸出額は2330億から5160億バーツへと約2.2 倍に増加し輸入額が2410億から6630億バーツへと約2.8 倍となった。

(2) 財政

第６次計画期間中(1987-1991)、国庫財政状態は継続して確実な安定性を示した。政府の歳入は計画目標額よりもはるかに高く、1986年にはＧＤＰの15.1%であったのに対し、1990年にはＧＤＰの19.7%となった。政府は公共投資を大きく増やし進行が滞っていた社会基盤整備計画に費したが、政府国庫現金収支は実質的に黒字である。この期間中、対外負債金額は着実に減っている。又、国際準備金は1987年の52億米ドルから1991年半ばには170 億米ドルに増加した。しかしながら、政府が国民の預金を増加させるために数々の財政策を実行したにもかかわらず、国内預金高は低値に留まっている。

2．タイにおける道路事業システムの概略

2.1 国土開発の基本計画

1962年、タイ政府は国家経済社会開発委員会（ＮＥＳＤＢ）を設立した。この委員会は国家経済社会開発計画、すなわち投資や開発の各部門に関する５年計画の立案に重要な役割を演じる。これと平行して道路局（ＤＯＨ）では道路整備５年計画に着手した。

2.1.1 国家経済社会開発５か年計画

概要の中で謳われている第７次計画(1992-1996）の主目的は、

- 維持力と安定性を確実なものにする為に経済成長率を適切レベルに保つ。
- 国庫収入を再分散し、開発地域をより広く地方にまで行き渡らせる。
- 人的資源の開発、生活の質の向上、環境および天然資源管理の推進

現状を厳しく検討し、第７次計画の輸送部門の目標はセクション２に示したように設定した。
すなわち、

- 低コストで便利で迅速かつ安全なサービスを可能にする。
- 開発の触媒となり、開発を促進する為に輸送手段を用いる。
- 安全性と質に重点を置く。

セクション３に述べる社会資本整備の為の一般的ガイドラインは、

- プライベートセクターの投資の援助：プライベートセクター投資を規制する法を改定する。確実に実行するためにセクターを指名、組織化する。あるいは公共事業の下請けを推進する。
- 資金の導入改善：公正な借入に重点を置く
  いくつかの国営企業を私営化する。公債を発行して資本金の調達をする。ジョイントベンチャーを支援する。
- 作業効率を改善する：ビジネス指向型組織および運営、情報システム、投資。企業側の計画に重点を置く。プロジェクトの承認、監視、評価を能率化する。
- 長期的企画調整の組織化：各官公省庁その他の機関に、開発事業の主要枠組みとして10～20年計画を立てるよう要請する。長期計画が一貫した事業となるよう、責任担当局を指名する。
- 価格決定方法の改善：実際のコストを反映するために価格を決定あるいは管理するための永久的独立機関を設立する。貧民のため特別価格を定める。
- 公害の防止と環境保護：プロジェクトの中に環境保護を組み入れる。
- 人材開発：私的公的教育訓練機関を支援する。

輸送に関するガイドライン

- 交通渋滞の緩和と都市部の輸送システムの組織化：
  環状道路、バイパスの建設を促進する。バンコク外郭の二次道路建設を急速に推し進める。中央多元交通ステーションの建設、大プロジェクトの構築とバスによる高速道路使用の促進、規制の強化による自家用車の利用の削減、適当な場所へのトラックターミナルの建設、河川・運

河での乗客輸送の促進、交通問題を改善するための組織を設ける。

公私セクター共同事業を推進し、交通に関連した環境問題を検討する。

陸上輸送の特別ガイドライン

- 都市間高速道路あるいは特別高速道路によるアクセスのコントロールネットワークの開発
- 新経済ゾーン開発のニーズへの対応
- 産業部門間取引を活発にするための道路や鉄道ネットワークの開発

第７次計画では環境ガイドラインを次のように定めている

- 公害防止の為に「加害者負担」の原則を強化する
- 環境行政の基礎を改善する
- 政府援助、ジョイントベンチャー、あるいはプライベートセクター利権による公害防止のための資金導入
- 環境管理、監視、保護のための国際基準に則った三者組織の設立（政府、私企業、および地域）特に都市部、工業地域、観光地

2.1.2 道路整備のための第７次５年計画（案）

今回ＤＯＨは道路整備のための第７次５ケ年計画の草案を作成した。この計画の目的及び指針は次に示すとおりである。

1. 整備の方向

1) 道路システムの効率を高めるために都市間自動車道路を整備する。

2) 道路での交通渋滞を緩和するためにバンコク市とその他の地域、主要都市、その他特定地区をつなぐ道路の車線を拡張し、道路構造基準の改増を行う。

3) 現在存在する道路が効率的に機能するように再建設、修復に重点を置く。

4) 道路での交通事故を減少させるために事故防止に最善を尽くす。

2. 目的

1) 道路輸送効率を増加させる。

2) 地方に住む人々の生活の質を向上させる。

3) 道路使用者のために安全性を保証する。

こうした方針の下に、この道路整備計画は667 のプロジェクトから成り、総延長14681km に達する。総工費は958 億3300万バーツになる。この計画でのプロジェクトの詳細については表－2.1に示す。

表－2.1 1992～1996年の道路建設および復旧計画　（新規プロジェクトのみ）

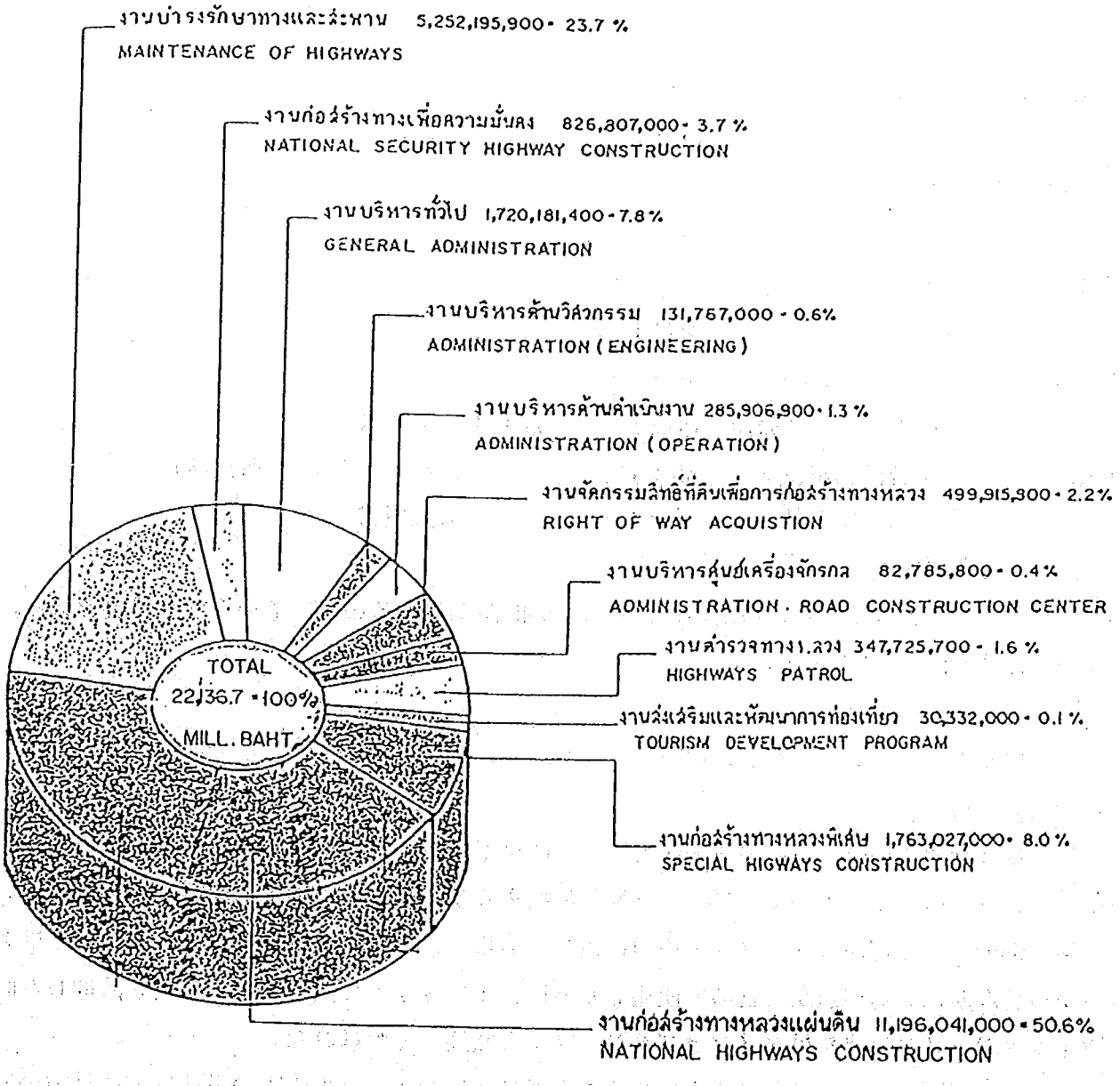
Projects	Number	Distance (km.)	Construction cost (million baht)	Amount of each Fiscal year (million baht)					Under Construction between 1992-1996		Carry Forward to 8 th Plan (million baht)
				1992	1993	1994	1995	1996	km.	Million baht	
1. Inter-city Motorway	5	198	14,800	-	-	700	2,800	5,700	122	9,200	5,600
2. Widening Project	98	2,394	30,036	935	3,177	6,176	7,330	7,070	1,891	24,688	5,348
3. Interchanges and Flyovers construction Project	38	14	6,004	-	362	1,124	1,703	1,613	15	4,802	1,202
4. New Alignment Construction Project	61	987	6,882	75	743	1,600	1,674	1,583	790	5,675	1,207
5. Paved Road Construction Project	215	5,086	15,221	89	1,200	2,832	3,552	4,235	4,002	11,908	3,313
6. Flyovers Across the Railway	15	7	627	-	-	60	199	230	6	489	138
7. Reconstruction and Rehabilitation Highway Project	235	5,995	22,263	-	1,472	4,517	6,444	5,557	4,793	17,990	4,273
Total	667	14,681	95,833	1,099	6,954	17,009	23,702	25,988	11,620	74,752	21,081

2.2 道路整備への投資予算

道路局の年間予算割当には、次に示すような運営、建設、維持のための充当金が含まれる。

1. 陸上輸送運営
2. 特種道路建設
3. 国道建設
4. 道路、橋のメンテナンス
5. 国防道路建設

1992年ＤＯＨ予算の詳細を図－2.1に示す。



図－2.1 1992年のＤＯＨ予算

2.3 公共事業に関する組織

2.3.1 主要基盤整備に関係する組織

タイでは農業関係以外の主要社会資本整備に携わるのは、運輸通信省（ＭＯＴＣ）と内務省（ＭＯＩ）である。これらの省は、それぞれいくつかの公社、局庁を持ち、これら基盤整備の建設管理を受け持っている。主要組織を次に示す。

1）道路（2.3.2 参照）		
2）鉄道	タイ国営鉄道	ＭＯＴＣ
3）　港	港湾公社	ＭＯＴＣ
	タイ港湾局	ＭＯＴＣ等
	タイ産業開発庁	ＭＯＩN1
4）空港	タイ空港局	ＭＯＴＣ
	航空局	
5）電気通信	タイ電話公社	ＭＯＴＣ
	タイ通信公社	ＭＯＴＣ
6）水道工事	首都圏水道公社	ＭＯＩ
	地方水道公社	ＭＯＩ
7）下水道システム	下水道公社	ＢＭＡ2
	土木公社	ＭＯＩ
8）住宅	国営住宅公団	ＭＯＦ3
	政府住宅金融公庫	ＭＯＩ
9）電気	首都圏発電公社	ＭＯＩ
	地方発電公社	ＭＯＩ

注）：1.工業省
2.バンコク首都圏行政局
3.大蔵省

2.3.2 道路整備関係組織

1992年現在、タイには７種類の道路が存在する。DOH が関係するのは、そのうち３種類である。各種道路担当機関を図－2.2に示す。

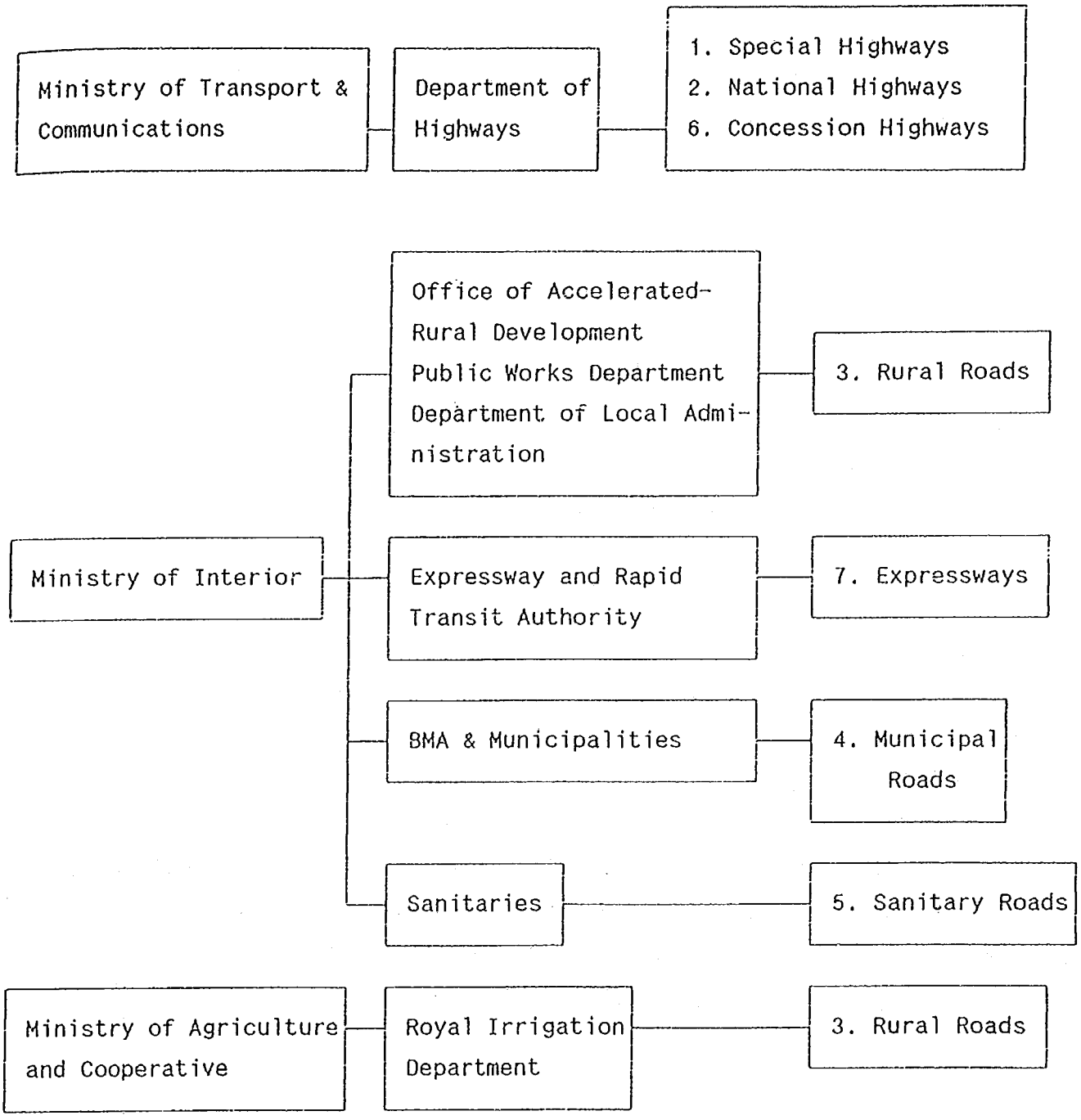
2.4 タイにおける道路の歴史、発達、課題

2.4.1 歴史と発達

タイにおける初めての輸送目的の道路建設はラマ四世王政下で1862年に始められた。この道路は２つの部分に分けられ、第一の部分はソンクラ地方に始まりサイブリとの境まで伸びる。また第二の部分は、第一部分の終結部からサイブリの街中に達している。この道路の資金は、これら二つの地方での税金から調達した。この道路を初めて使用したのは、インドから帰国するラマ５世を歓迎した時で、この道路はラジャノエンまたはタノンラブサジュ（王を歓迎）と呼ばれた。

ラマ五世の統制下では実際道路工事を担当する機関は特になく、ほとんどの道路はその地方の知事の指示によって建設された。1871-1916 年、総延長775km の道路が王国の各地方に建設された。

1933年、政府の政策及び経済の要求に従ってすべての道路を改善するため、政府は18年後の完成を


Ministry of Transport & Communications
Department of Highways
1. Special Highways
2. National Highways
6. Concession Highways
Office of Accelerated-Rural Development
Public Works Department
Department of Local Administration
3. Rural Roads
Ministry of Interior
Expressway and Rapid Transit Authority
7. Expressways
BMA & Municipalities
4. Municipal Roads
Sanitaries
5. Sanitary Roads
Ministry of Agriculture and Cooperative
Royal Irrigation Department
3. Rural Roads

図－2.2 道路担当機関

メドに全地方に総長14,900kmに及ぶ道路の建設計画を承認した。道路課は、第一次５か年計画を実施した際に、最初の基準すなわち表面に５メートル幅でマカダム、ラテライトを敷き、全体で８メートルの幅の道路建設を行った。計画の最後には2215km の道路が開通した。

「インドシナ事変」および第二次世界大戦のため、1941年から52年にかけては道路建設には何ら実質的進展はなかった。第二次世界大戦後、道路建設と車の両方に大きな変革がみられた。車は大型化し、車の重量も増し、より高速で走るようになった。

1953-1955 年の間にタイで初めて道路工学に基づく道路の建設が行われた。その際、米国の国際協力行政局（I.C.A)の援助によって、新技術と国際建設基準を用いたフレンドシップハイウェイ（サラチリーナコンラジャシマ）を建設した。それ以来、道路局は道路の建設に新しい技術を採用するようになった。

1956年から1962年の間に実施された計画では、一貫して第一次及び二次国道の建設に力を入れた。この期間中に道路局は更に1850kmの道路を建設することができた。政府は1962年に国家経済社会開発委員会（ＮＥＳＤＢ）を設立した。この委員会は投資開発の各部門に対する５か年計画において重要な役割を演じた。それ以来道路局は国家経済社会開発計画と同時進行で道路開発計画を押し進めてきた。

2.4.2 道路問題

タイの道路は過去30年の間に組織的に開発、改善されてきたにもかかわらず今だに実質的問題を抱えている。

1）道路の損傷

現在、車両技術の発達に伴い、トラックはより重い荷物を運ぶ能力をそなえ、そのために道路網に多大な損傷を及ぼすようになった。国道の概略調査によると、62%の道路の状態は良好、20%は使用可、18%は不良あるいは悪化状態である。不良状態の道路の割合は国際目標基準である０～１%を上回っている。使用可に属する道路も再工事しなければ崩壊する可能性がある。こうした破損は道路システムの効率に直接的影響を及ぼし、過重積載トラックも更にこの損傷を悪化させるため、早急に修復が必要である。

2）交通渋滞

中央平野部、特にバンコクやその周辺地区にある道路は、急速な発展による広域交通渋滞に悩まされている。各地域中心部とバンコク、およびバンコクと特定地域を結ぶ主要道路の建設、たとえば東部沿岸地区開発プロジェクトによる道路でも、この交通渋滞問題に直面している。他の開発計画のため予算に限りがあるという理由の他に、重大な原因は急速な経済発展と、その結果起きる建設資材と業者の不足である。これは建設プロジェクトや多くの指定道路における再工事計画を遅らせる原因となっている。予算に制限があるため、道路局による道路建設には、計画中の工事実施に適した段階建設法を採用することが必要である。いずれにしても現在の建設工事は道路使用の需要に追いついていけない。このために、いくつかの主要道路では深刻な交通渋滞が発生している。

3）交通事故

タイにおけるほとんどの道路では、タイ高速道路・高速輸送局による高速道路を除き、無料である。車使用に関する知識不足、道路使用に関する交通教育不足、法による規制不足のため毎年多くの交通事故が発生している。道路局の交通工学課による交通事故統計報告によれば、1981年の16,361件から1989年には42,537件と、２倍以上に増加し、その犠牲者は12,157から17,773人へと増加した。

1981年から1989年にかけて道路局が行った道路における事故および犠牲者に関する　データから、全国での交通事故増加率は車の登録台数や人口との間に明らかな関連性はないということが分かった。しかしバンコクでの人口増加は車の登録台数の増加に直接関係している。交通安全への三段階アプローチは、次のように実施されるべきである。

1.道路システムの改善

2.道路使用者に正しい使用法を教える

3.担当局による管理の徹底

2.5 計画中および事業進行中プロジェクト

2.5.1 タイにおける全国自動車道路ネットワーク

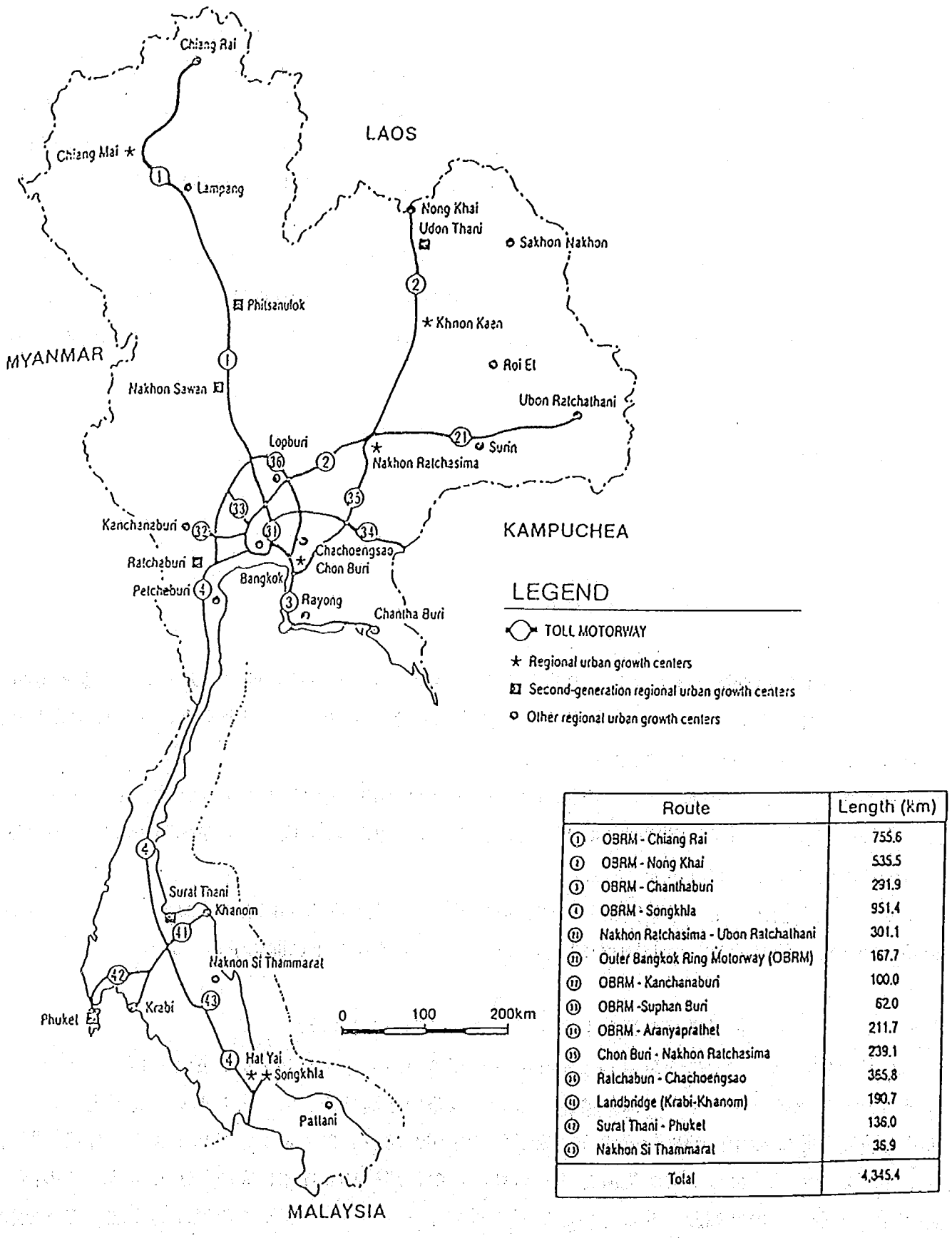
1990年から91年の間にＪＩＣＡにより有料自動車道路ネットワークに関する基本計画の調査が完了し、更に、2010年までに4300kmにわたる全国自動車道路ネットワークを建設することが提案された。このネットワークについては図－2.3 に示す。

ネットワーク全体の実施コストは約3560億バーツ(1990 年度価格）と推定される。ネットワーク建設の代替段階計画に関する経済評価によると、ＥＩＲＲ（内部経済収益率）が約23～35％であれば、あらゆる場合に建設は実施可能となる。

ネットワーク全体の第一段階実施として、東部バンコク外郭環状道路とバンコクーチョンブリ高速道路（図－2.4 (5)(6)）の詳細計画を現在立案中で、工事は1993年に開始予定である。

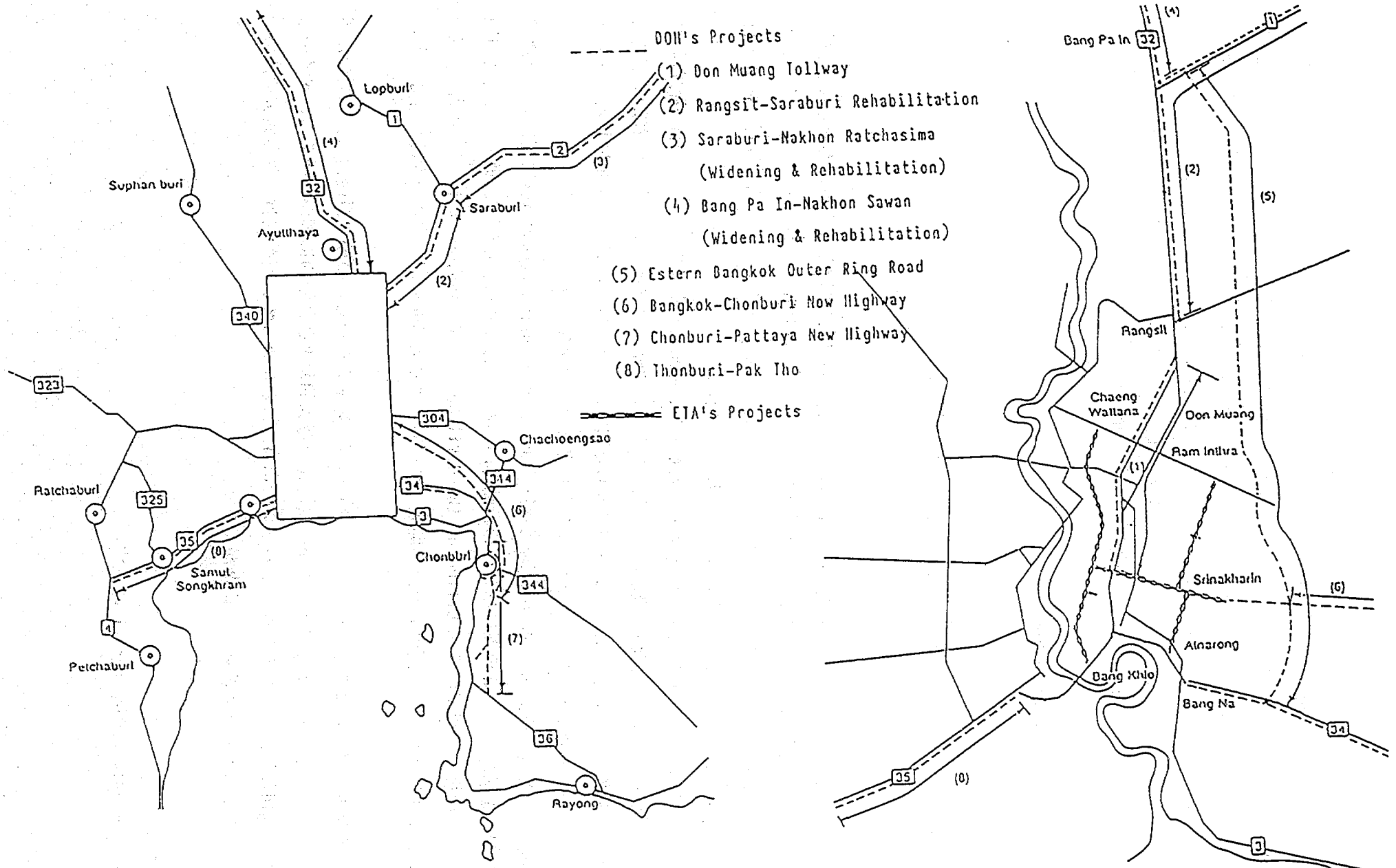
2.5.2 ドンミュアン有料道路－ＢＯＴプロジェクト（図－2.4 (1)）

この新しい道路はすでに建設中で、元々あったビブハバディーランジット道路の14メートル上に建築された６車線のコンクリート高架道路である。道路の全幅は25.30 メートルで、高架道路の橋脚が元々存在する道路の中央部に位置する。総工費は約100 億バーツである。ドンミュアン有料道路会社は、全プロジェクトについて利権所有者であり、この道路は1993年中に完成予定である。この高架道路が開通すると、現在問題となっているビブハバディーランジット道路での慢性的交通渋滞が緩和される。現在この道路には１日約20万台の車が通行し、年当り８％以上の率でこの台数は増加している。



Route	Length (km)
① OBRM - Chiang Rai	755.6
② OBRM - Nong Khai	535.5
③ OBRM - Chanthaburi	291.9
④ OBRM - Songkhla	951.4
⑪ Nakhon Ratchasima - Ubon Ratchathani	301.1
⑫ Outer Bangkok Ring Motorway (OBRM)	167.7
⑬ OBRM - Kanchanaburi	100.0
⑭ OBRM -Suphan Buri	62.0
⑮ OBRM - Aranyaprathet	211.7
⑯ Chon Buri - Nakhon Ratchasima	239.1
⑱ Ratchaburi - Chachoengsao	365.8
⑪ Landbridge (Krabi-Khanom)	190.7
⑫ Surat Thani - Phuket	136.0
⑬ Nakhon Si Thammarat	36.9
Total	4,345.4

図－2.3 提案された全国自動車道路ネットワーク



図－2.4 中心地域の主要な道路プロジェクト

2.5.3 バンパインナコン・サワン地区拡張および修復プロジェクト（図2.4-(4)）

タイ北部への主要な交通路である道路No.32 部分は、既に 4車線分離道路に拡張されている。深刻な渋滞に苦しんでいる元の 2車線アスファルト道路はコンクリート舗装に改修され、又新しい車道が元の道路に平行してつけ加えられいる。両方向に７メートル幅の車道と2.5 メートル幅のアスファルト表面路肩が備えられ、また、８ケ所のインターチェンジが建設されることになっている。この、プロジェクトの総延長は182.6㎞ である。総工費は79億4000万バーツである。1993年に一部が完成するが、全体が完成するのは1994年である。完成後は有料道路として運営される。

３．ＤＯＨにおける研究開発担当部局

3.1 機関の名称

Road Research and Development Center（道路研究開発センター）

3.2 沿革

以前は道路に関する研究は、資材研究部で行われていた。道路局での道路研究は、おそらく1967年頃にタイー米国政府間協力によるＵＳＡＩＤプロジェクトとして行われたのが始まりであろう。この契約の下に、タイの研究者とアメリカからの研究者が共同でタイのラテライト土壌の性質の研究を行った。この研究結果は 2種のテクニカルリポートに発表された。

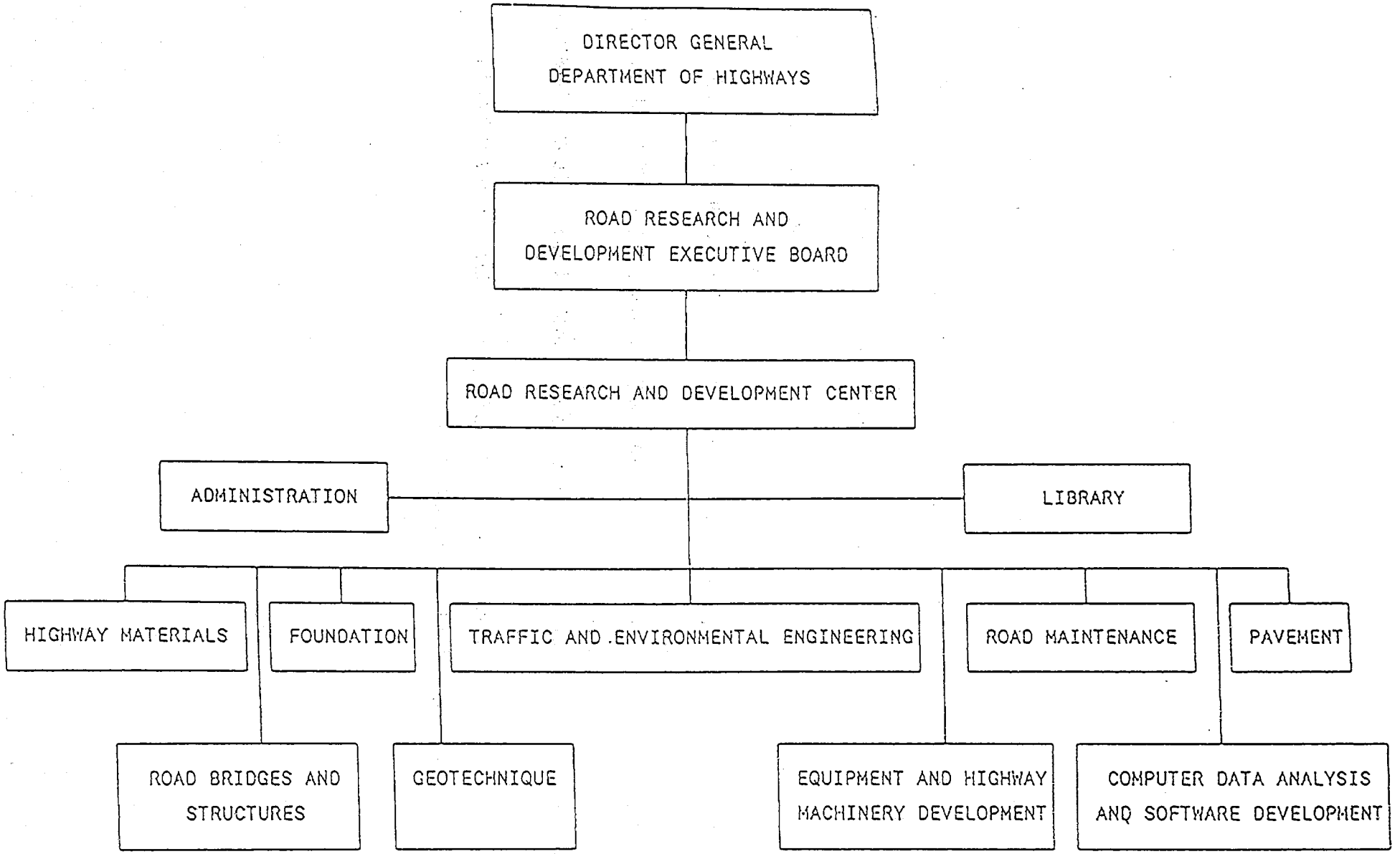
同じ時期に、他にも多くの特別プロジェクトが実施され、従来よりも詳細にわたる研究が行われた。その中には、ソイルセメント道路の設計工事に関するもの、また、ソフトクレイ上への道路盛土に関する設計、工事についての研究などがある。こうした研究については地域ジャーナルに発表されたレポートやテクニカルセミナーのプロシーディングなどもいくつか見られる。

1972年、省庁委員会(The Office of the Civil Service Commission)は局の資材研究部の中に道路研究課の開設を承認した。この課には３つの活動部門があり、道路資材、地盤、交通工学を各々担当している。その後、1977年に The Office of the Civil Service Comission は更に２つの部門すなわち道路メンテナンスおよび建築構造の部門開設を承認し、より広範囲の道路研究を網羅できるようになった。

道路局は前述の問題をよく認識した上で、道路研究開発センターをこの局の組織内に、1992年に設立した。このセンターの設立目的は上に述べた問題を技術的および系統的に細かく研究し、タイの条件に見合う適切な解決法を見出そうとするものである。これによって、道路局はこれら研究の成果を応用し、土木工事の改善に役立てることができる。

3.3 組織図

このセンターの組織図を図－3.1 に示す。



図－3.1 道路研究開発センターの組織図

3.4 定員

道路研究開発センターには24人のエンジニアとタイピスト、対外事務官、ライブラリアン、メッセンジャー、作業員などを含めた数人のサポートスタッフが働いている。

3.5 予算額

今会計年度（1993）における道路研究開発センターは約700 万バーツである。この予算の多くは研究開発のための基本施設の設置に充当される。

3.6 実施体制

道路研究開発センターは道路局の総裁により指名された幹部委員会の下で委員会会長の指示により活動している。

幹部委員会は工務副総裁が議長を務める。委員会のメンバーは研究にかかわる各課から出席する。道路研究開発センターの所長は幹部委員会のメンバー、そして書記を務める。

このセンターを設立するに当たり、道路局は効果的な研究開発を行うために次のような方針を決定した。

1. 効果的な進歩をとげながらなおかつ経験を積むために、時間はかかるが、このセンターの開発計画を人材、設備、建物に応じて２～３段階に分け、充実した開発を行う。
2. 第一段階での道路研究は主に、利用できる情報と資源をすべて投入し、研究プロジェクトという形に発展させることから始める。
3. 初期の研究業務の効率化の為だけでなく、その後の研究発展の基礎として機能するよう、人員や研究施設の拡大を適宜行っていく。
4. 人材の研究職ポジションへの配置は学歴、本人の意志、その他の条件を考慮した上で選択的に行う。
5. 道路研究開発センターは実質的に道路局及び国家の利益のために運営されるよう努める。
6. 研究所間あるいは国際間共同研究を強く推進する。

3.7 主要な研究施設の概要

1.土の基本性質試験設備
2.土の一軸圧縮試験
3.土の三軸圧縮試験
4.改良型圧密試験
5.実験室ベーンせん断試験
6.自動締め固め機
7.炉、はかり
8.CBR試験器
9.消和耐久性試験
10.骨材衝撃値試験
11.骨材破砕値試験
12.アイオワ試掘孔せん断装置
13.ダイナミックソイルテスター
14.磨砕石値テスター
15.マイクロコンピューター及びソフトウエア

3.8 最近の成果

道路局による主要な研究、開発の成果を以下に示す。

1.ソフトクレイ上の盛土に関する研究

このプロジェクトでは過度な沈下を防ぐための道路盛土を支える軟弱地盤を改善する技術を中心に研究を進めている。1991年、道路局では地盤用シートとジオグリッドを導入してソンブリ・パクト道路でのソフトクレイ上に設けられた盛土の地盤を強化した。また、この道路に沿って15Kmの区間に杭基礎によって支えられる道路盛土を建設した。

2.山岳地帯における盛土補強のためのジオブリッド使用のケーススタデイ

このプロジェクトではタイで初めて山岳地帯での高盛土の安定性を改善するために強化した盛土のシステムを取り入れた。この研究結果により道路局の地盤工学エンジニアたちは山岳地帯におけるより効率的な土構造物の設計を行うことができる。

3.道路メンテナンス調査プロジェクト

これは道路局がアジア開発銀行から技術援助を得たプロジェクトであり、期間は３年間を予定している。このプロジェクトの目的は道路メンテナンスを研究し、道路データベースを向上させて運営に活かすことである。このプロジェクトの結果を活かすことによって道路局による道路メンテナンスの計画、運営、評価をより効率的に行うことができる。またタイでの変動する経済状態に見合う道路メンテナンスの基準や適切な水準をあてはめることが可能となる。

4.道路舗装研究

たわみ性舗装設計法及び舗装構造に関する研究プロジェクトはタイ国内での過剰積載トラックで

混雑する道路に適用される。このプロジェクトは次に示す様な多くのサブプロジェクトから成る。

－アスファルト舗装の構造評価

－半剛性舗装の構造評価

－過剰積載トラックにさらされたアスファルト舗装の構造評価

－経験に基づいたアスファルト舗装構造と理論による構造との評価比較

－その他の関連プロジェクト

4．DOHにおける主要研究開発プロジェクト

4.1　研究開発の主な取組課題

4.1.1 道路材料研究プロジェクト

(1) シリカセメントによるソイル骨材の安定化（実施中）

(2) イオンソイル安定剤によるクレイの改善（実施中）

(3) タイのアスファルトセメントの性質（実施中）

(4) セメントによるシルト質土の安定化

(5) 路床土壌の安定化

(6) セメント化材料の応力－ひずみ特性

(7) コンクリートの応力－ひずみ特性

(8) アスファルトコンクリートの弾性係数評価

(9) 改良アスファルトコンクリートの弾性係数評価

(10) セメント化材料の弾性係数評価

(11) 路床材料の弾性係数評価

(12) アスファルトコンクリートの永久変形特性

(13) 非結合粒状材料と路床土壌の永久変形特性

(14) アスファルトコンクリートの疲労特性

(15) セメント化材料の疲労特性

(16) 路床土壌の疲労特性

4.1.2 ソフトクレイ地盤研究プロジェクト

(1) 盛土の分析と設計（実施中）

(2) 橋部アプローチ支持ユニットの分析と設計（実施中）

(3) トンブリ・パクト道路の道路盛土の器機設置

(4) トンブリ・パクト道路の安定性と沈下の分析

(5) バンパコン・チャケンサオ道路の安定性と沈下の分析

(6) ミンブリ・チャケンサオ道路の安定性と沈下の分析

(7) ランシット・オンカラク・ナコーンナヨク道路の盛土と橋部アプローチの供用性

(8) バンナ・バンパコン道路の沈下分析
(9) タイ中央部における盛土すべりの修復設計と分析
(10) バンコク郊外における地盤技術データベース開発
(11) 特定道路沿いのバンコク下層土の圧密特性
(12) 特定道路沿いのバンコク下層土のせん断強度特性
(13) バンコク周辺の特定道路に沿った水準点の取り付け
(14) バンコク・コンブリ道路（新道路）の沈下特性
(15) 外郭環状道路（東側）の沈下特性
(16) ソフトクレイ地盤改善に関する研究プロジェクト
(17) バンコク地域の地盤設計マニュアルの開発

4.1.3 道路舗装研究プロジェクト
(1) phase 2 のソイルセメントの供用性（実施中）
(2) アスファルト研究所の方式によるアスファルト舗装設計（実施中）
(3) コンクリート道路における差筋応力分析（実施中）
(4) PSAD2Aプログラムを使用したたわみ性舗装分析（実施中）
(5) たわみ性舗装設計法の検討（実施中）
(6) DAMA プログラムを使用したたわみ性舗装分析と設計（実施中）
(7) BISAR プログラムを使用したたわみ性舗装分析と設計（実施中）
(8) ELSYM5 プログラムを使用したたわみ性舗装分析と設計
(9) ダイナミックコーンペネトロメータ(DCP) による舗装強度の評価（実施中）
(10) タイにおけるアスファルト舗装道路の道路表面粗度調査（実施中）
(11) コンクリート道路の反復負荷耐容量の分析
(12) タイにおけるコンクリート道路破損状況の調査
(13) ベンケルマンけた・たわみ及び落下重量たわみ計による舗装層の弾性係数の測定
(14) 各種重車両のトラックファクターの測定
(15) タイにおける舗装温度の研究
(16) トンブリ・バクト道路第３及び第４セクションでの耐久年数の評価
(17) タイの舗装設計マニュアルの開発
(18) コンブリ試験道路プロジェクト
　－タイにおけるアスファルトコンクリートの低位化
　－コンクリート舗装のジョイントシーリング化合物の耐久年数
　－セメント化材料の強度改善とひび割れの実地評価
(19) アスファルト舗装技術に関連した研究プロジェクト
(20) タイにおけるアスファルト道路及びコンクリート道路の耐久年数調査のための研究プロジェクト

(21) テストセクション及びケーススタデイによるその他のプロジェクト

4.1.4 道路メンテナンス研究プロジェクト

(1) コンクリート道路修理のためのメンテナンス技術

(2) 薄型接合パッチングにおける接合層の強度

(3) 使用ジョイントシーリング化合物の特性

(4) コンクリート道路修理のためのマイクロシリカの活用

(5) 緊急時道路修理のための特別コンクリートの研究

(6) アスファルト表面メンテナンスとオーバーレイの高度技術

4.1.5 地盤技術的研究プロジェクト

(1) リモートセンシングとエアフォト使用による建設材料源の発見と地域拡大の調査

(2) リモートセンシングとエアフォト使用による軟土壌地域の調査

4.1.6 交通及び環境エンジニアリング研究プロジェクト

(1) チップアスファルトコンクリートのすべり抵抗性

(2) ドライバー行動

(3) 道路容量マニュアルの開発

(4) 交通事故と道路の物理的条件との関係

4.1.7 道路橋及び構造研究プロジェクト

(1) 非破壊テストによる老朽橋の耐久年数と積載耐容量の測定

(2) コンクリート道路修復のためのプレハブコンクリート平板の分析、設計、及び製造

(3) 既存橋の積載耐容量を増加させるための強化法に関する研究

4.2 タイ道路局で取り組んでいる研究・技術開発

4.2.1 シリカセメントによるソイル骨材の安定化

ソイルセメント道路はタイでは24年以上にわたって使用されてきた。ポルトランドセメントのタイプI は、一般に添加剤として使用され、天然ソイル骨材と重量 3-5% の割合で混合する。しかし混合の設定時間が短いと工事に問題を生じることがある。ある特定条件下ではシリカセメントがより適切であると考えられる。したがって、このプロジェクトはこのような問題を解決するために実施される。実験室内研究に2-3 年は費やすと思われる。また、現場での供用性の結果を評価するための試験道路も建設しなければならない。ソイルセメント混合の設定時間を延長することによってリフレクションクラックの量がタイプI のポルトランドセメントに比べ減少することが期待される。現在このプロジェクトは特に問題もなく進行中である。

4.2.2 イオンソイル安定剤による塑性粘土の改善

タイには塑性粘土、沖積粘土、及び熱帯性赤粘土が一般的に見られる。このタイプの粘土の支持力を改善するための研究は舗装構造の設計にとって有効である。熱帯性塑性粘土に表面活性剤のイオンソイル安定剤を混合することによってその支持力を増加させれば、道路舗装、特に交通量の激しい道路での舗装の耐久年数を増加させることができる。研究は実験室と現場の両面で行われ、約３年かかる見込みである。

4.2.3 盛土の分析と設計

タイの中央部はほとんど軟弱デルタ粘土に覆われている。この地区での道路建設は安定性と沈下の問題を抱えている。安定性の問題は押さえ盛土、段階施工法、先行荷重などの様々な方法によって解決できる。しかし、沈下は避け難い問題である。道路盛土が沈下すると間欠的洪水を招き、道路の耐久年数が短縮することになる。重要な道路はスウェーデン式道路支持盛土用杭を用いる設計を採用している。盛土用杭を採用した道路工事はうまく機能しているようである。杭先端は深部軟弱あるいは中間クレイ層に設置する。それでも沈下は起きるが、しかしかなりその速度は遅くなる。盛土用杭を作ることによってソフトクレイ上の道路盛土の沈下問題は解決され、同時に耐久年数も延長することが期待される。このプロジェクトの期間は5-10年の予定でその間継続して沈下の程度を観察していく。

4.2.4 ソイルセメント道路の供用性（phase 2）

ソイルセメント道路の研究プロジェクトは25年に渡って実施されてきた。phase 1 の研究ではタイの条件に合わせたソイルセメント道路工事の仕様が開発された。phase 2 での研究ではその仕様に従って工事が行われたソイルセメント道路の供用性を評価する。このプロジェクトの期間は約10年の予定である。道路の供用性の評価として関連テストが適宜行われる。たとえばソイルセメントコアサンプルの強度開発、ベンケルマンビーム・たわみテスト、表面粗度、ひび割れ形成、それに工事期における基本データに関連した表面メンテナンスの記録などである。phase 2 研究プロジェクトの結果は道路局でのphase 1 から得た工事仕様を改善するためにも有効である。

4.2.5 PSAD2Aプログラム使用によるたわみ性舗装の分析

PSA2DAプログラムは米国のカリフォルニア大学バークレー校によって舗装層構造の分析のために開発されたものである。オリジナルのPSAD2Aプログラムを改良し、マイクロコンピューターを使ってたわみ性舗装の分析が行えるようになった。この分析で用いるトラックの荷重は21,23,25,30,35，そして40トンである。このプロジェクトは舗装層構造の違いや、粒状あるいはセメント化材料といった上層路盤及び下層路盤のタイプの違いによって多くのサブプロジェクトに分かれている。このプロジェクトの結果は、将来の分析的舗装設計の基礎として役立つことだろう。プロジェクトが始まってから現在で約５年であるが、立案計画の全範囲を網羅するにはあと５年はかかりそうである。ほとんどの分析、特にトラック積載量と舗装層構造の効果を比較する場合はマイクロコンピューターに一部手動操作を組み合わせた形で行う。

4.3 研究・開発を進めて行く上での課題

開発途上国で研究・開発を進めて行くには多くの問題がある。そのいくつかを以下に述べる。

4.3.1 道路局全体での主要業務は設計、工事、そしてメンテナンスである。したがって技術職員の多く（特にエンジニア）はすべてこうした職種に採用され、ほんの少人数が研究に関与しているといった状態である。

4.3.2 ほとんどの道路部門では熟練研究エンジニアと近代的な研究設備が不足している。またある時には同じ時期に人材と設備がかみ合わないという問題もある。

4.3.3 道路局ではほとんどの職員が設計、工事、及びメンテナンスの業務に集中しているため、研究開発への意気込みが弱い。設計、工事、メンテナンスといった仕事の方が短期にその成果が表に出やすいからである。

4.3.4 開発途上国での研究エンジニアは多くの場合それに見合う報酬（給与、謝礼金などの形で）を得ることが他のポジションで働くエンジニアに比べて難しい。

4.3.5 研究業務というのは精巧さを要する仕事であり、高度に教育されたエンジニアが国家の将来の発展にとって有益な結果をもたらす仕事をすることが要求される。

4.3.6 結論として、人間が生きて行くために４つのファクターがあり、それは住宅、食料、衣類、そして医療である。研究者が開発の仕事をするためにもやはり４つのファクターがある。それは次のようなものである

(1) 快適で便利な仕事空間
(2) 適切な給与と謝礼金
(3) 研究のための近代的設備
(4) 研究業務に対する強い動機

これらのファクターは全て更に優れたエンジニアたちの興味をひきつけることになる。

5．DOHにおける国際研究交流計画

5.1 現状

道路局の道路研究開発センターでは、国内および国外の研究所と研究目的での協力推進を施策としている。現在、当センターではベルギー、デンマーク、スウェーデン、日本の研究所などとの交流を図り、研究機器、専門家のタイへの派遣を要請している。他国からも更なる技術援助が望まれる。

これまでにも当局では諸外国の多くの研究所と協力し、資料などの交換をおこなってきた。たとえばイギリスの輸送道路研究所(TRRL)，ベルギー道路研究センター(BRRC)，オーストラリア道路研究局(ARRB)、インド中央道路研究所(CRRI)、フランス土木中央研究所(LCPC)などが挙げられる。

海外での活動としては、当局は定期的に国際会議などに技術者を派遣し論文発表を続けてきた。参加した主要会議はＩＲＦ世界会議、ＰＩＡＲＣ世界道路会議、ＲＥＡＡＡ会議、東南アジア地質会議などである。当局は1991年正式にＰＩＡＲＣの政府メンバーとなった。

5.2 実施上の問題

国際研究交流推進上の大きな問題はタイに派遣される専門家の財政援助資金の不足である。当局は以下のような分野で海外からの技術協力を必要としている。

1. 道路資材
2. 地盤改良
3. 道路舗装
4. 道路研究センター設立の基本計画

5.3 アジア内研究交流の必要性と実施上の問題点

今後技術的観点からの国際会議、セミナー、シンポジウム、会合などが数多くひらかれると予想されるが、アジア各国の道路技術者や研究技術者がこれらの会議に参加できることが望ましい。そのために主催者が登録料、宿泊料などを割引きするなり、あるいは大半が途上国で、財政的困難を抱え、特にドル、ポンド、円などの外貨獲得の難しいことも考慮して、アジアからの参加者にはなんらかの特権を付与するというのも一案であろう。

6．災害と防災に関する取組み状況

6.1 タイでの現状と問題

タイでのおもな災害は台風に由来する。毎年６月から10月の間に３～５回の台風にみまわれる。特にバンコクなどの平均海抜2m程度の低地では、台風による洪水がおきやすい。洪水の他に北部、南部の山間部では土壌侵食や地滑りがおこりやすい。気象庁の記録によると、タイを襲う台風は南シナ海に発生した後、タイ北部に進路をとるケースが普通で、シャム湾上のものはバンコクを含む南部に被害をもたらすことが多い。

台風の他に、タイ、特に北部を見舞う災害に地震がある。タイ国内を揺るがす地震の震源地はタイ、ビルマ国境からおよそ200～300Kmのビルマ国内である。地震の強さは、最大でもリヒタースケールで６程度で、さほど大きなものではない。通常、北部の建造物に小さなひび割れができる程度である。震源からほぼ1,000km のバンコクでは、人体に感じる強さではあっても建物への深刻な被害は記録されていない。振動の時間は30～60秒ぐらいである。結論としては、タイでは今のところ地震は深刻な問題ではないと言える。しかし高層建築設計の際には、タイ工学研究所(EIT) の指導に基づく耐震性

を実現するよう担当者は配慮しなければならない。

気象庁ではバンコクなど国内各地に起こる地震と台風のための近代的予知施設を備え、常時警報を発することができる体制をしいている。したがって、台風、地震に関しては統計的データがいつでも入手できる状態である。

タイに最も深刻な被害をもたらしたのは、タイ南部に起きた1988年11月の洪水といえるだろう。1988年の11月18日から23日のうちに1,000㎜ の雨量を記録した地方もあり、14州にわたり大規模な洪水に見舞われ、356 人の人命が失われた。最も被害の大きかったのは、バンコクの南1,000㎞ に位置するナコン、スリ、タマラットとスラタニであった（図－6.1参照）。　合わせて1560の橋と道路が5694㎞にわたって被害を受けた。バンナサン、フィブン、ランサカ地区では、水、砂、石、木などを含んだ土石流が川の流域やカオ・ルアンの山あいの平野に甚大な被害をもたらした。土石流は桟橋や橋台、アプローチ、堤防などによってせき止められることが多い。根こそぎにされた樹木が川に倒れ各所で流れを妨げてしまう。これが橋の冠水、橋台アプローチ堤防、桟橋地盤の深刻な侵食、更に時としては最新の強化コンクリート橋の全壊をももたらした。道路橋が６ケ所で冠水したり、部分的に破壊されたりした。バンナサンやフィブンでは、流れをせきとめられた川が橋部分で新たな川床をつくった。洪水の後３週間で南部へのすべての幹線道路の復旧工事が進み、再開されるに至った。

道路の橋だけでなくタイ南部の最大規模の２つのダムでの集中豪雨と洪水による被害状況の調査がおこなわれた。スラトタニ州のラチャプラバダム（旧称パタニダム）の２ケ所である。前者では貯水池水位は洪水吐作動点以下で、一方後者の場合は1988年12月2～7日にかけて49.4×10^6㎥ が洪水吐から放出され、これがパタン川流域の増水を引き起こした。

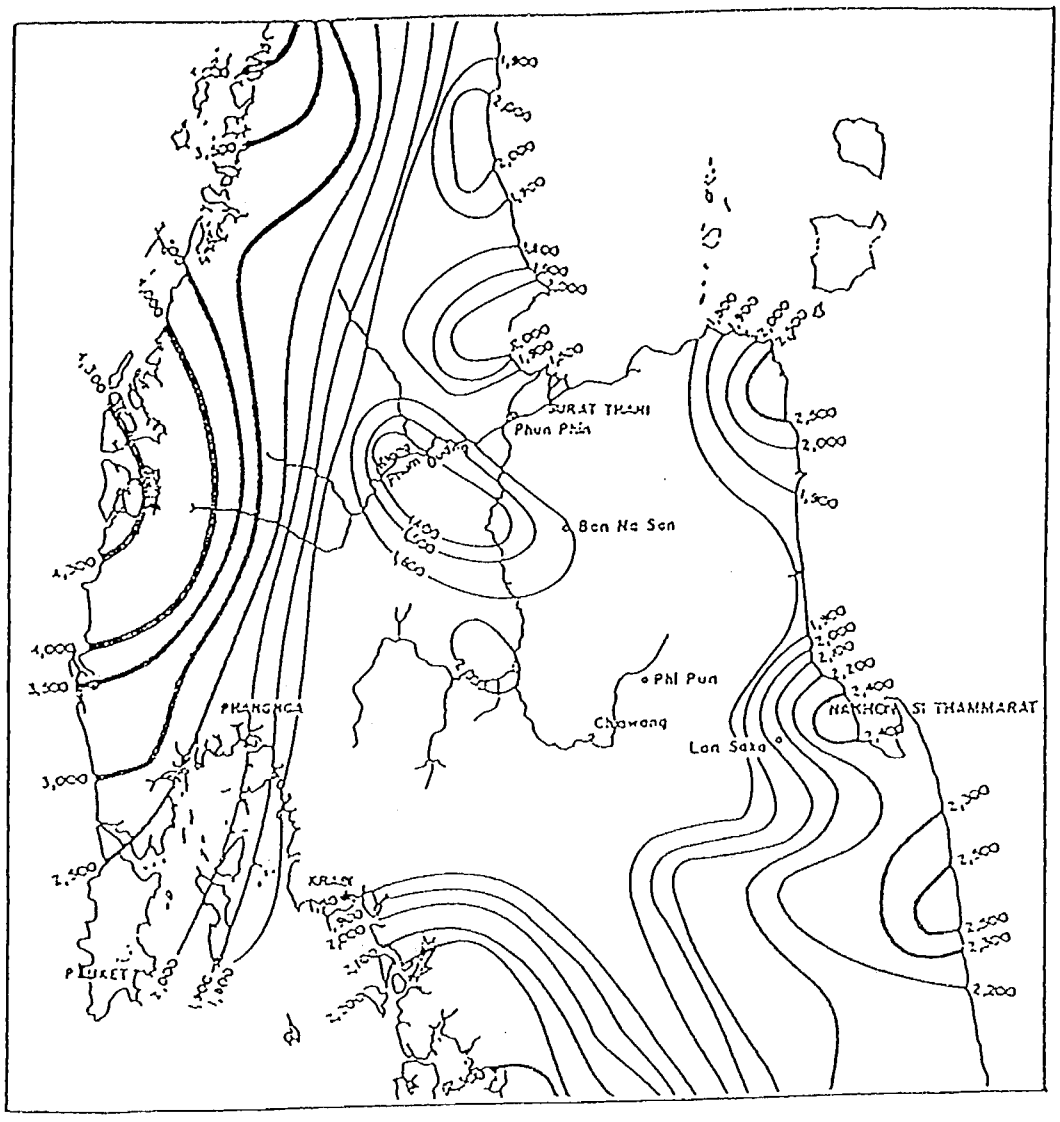
ナコルン、スリ、タマラート、タニの最も被害の大きかった地域の調査には、バンコクのいくつかの研究所から専門家が派遣された。この調査で明らかになったのは、タイ政府の洪水救援費用として認められた充分な資金にもかかわらず、最大の罹災地における復旧、修復作業は遅々として進んでいないということであった。

近年、国土利用目的の変化、急速な経済発展、人口の高密度化などにより、タイ南部における洪水の危険性は飛躍的に高まり、適切な手段が講じられない場合は洪水による被害は更に悪化すると思われる。この事態の深刻化は、ひとつには多くの山間部での森林伐採による。現在、この森林伐採をも含めたすべての環境問題に対処する関係官庁が設立され、これらの官庁の働きにより国全体の環境改善と災害の軽減が図られることになる。こうした官庁は科学、技術、環境省のもとに運営されている。

6.2 道路局の災害・防災への取り組み状況

道路に関係のある災害は、地滑り、斜面侵食、分水、洪水、森林伐採である。すでに環境規制の諸々の法律も成立し、すべての関係官庁がそれに従うことになっている。新たな道路建設の際には当局及び請負側も新道路建設が環境に与える影響を調査する必要がある。

山間部をはしる高速道路にたいして、当局はジオテキスタイルとジオグリッドを採用した地盤補強技術で、地すべり防止にあたっている。切土斜面の表面を鉄筋コンクリートで覆う技術は、タイ北部、南部の各地の道路で斜面侵食防止に効果をあげている。加えて、目下利用されているのは、地元でヤ



図－6.1 Mt. Khao Luang 周辺の年間降水量　(1989, ESCAP)

ーファエクとよばれている根の深い草の一種で、侵食性土壌の側斜面、後斜面用に植えられている。この種の草はしっかりと土壌に根をはり、土が近くの小川や水路に洗い流されるのを防ぐ。その結果、低地での洪水問題及び斜面の　土壌侵食の問題が多少とも解決される。

山間部での道路建設に伴う災害防止には、この他にも土質工学的アプローチが研究、導入されている。ソフトクレイ上の道路盛土の安定性と沈下問題解決のために種々の技術が採用され、効果をあげている。たとえば盛土用杭、支持ユニットシステム、押さえ盛土、軽量材料、ジオグリッドなどである。バンコクーチョンブリ新線と外郭環状線の設計に際して、プレハブ縦排水工法(PVD)がタイでは初の試みとして用いられた。

当局では、道路災害防止対策を以下の要領で計画中である。

ー基本調査（自然条件など）
ー道路災害防止計画立案
ー道路や橋の資材備蓄と災害復旧機材の型に関する提案
ー道路災害防止計画のための提案（ケーススタデイ）

道路橋設計、建設には、地震、災害、橋脚下の地下侵食の防止、水路を流れる材木による橋柱への被害防止などの特別な措置がとられている。これらすべての防災技術が当局の道路網への災害軽減に寄与することと期待されている。

6.3 防災に必要な技術的措置

6.2 で述べたように、タイでの道路災害防止措置の概要は以下のようである。

6.3.1 山間部での道路

ー高盛土の安定性改善のために補強土使用
ー斜面侵食防止のために鉄筋セメント使用
ー斜面侵食防止のために地元でヤーファエクと呼ばれる根の深い特殊な草の斜面への植えつけ
ーゆるく締め固めた粘土質盛土の安定化のための深穴石灰安定法使用
ー地表水流出防止に備え道路の必要ケ所での縁石および側溝システム採用
ー地滑りによる障害防止に備え、後ろ斜面上部からの地表水配水用に土溝の採用

6.3.2 ソフトクレイ地盤上の道路

ー軽量資材の使用
ー押さえ盛土の使用
ー盛土用杭の使用
ー橋への進入路におけるベアリングユニットシステム採用
ー盛土強化のためのジオテキスタイルとジオグリッド使用
ープレローデイング工法採用

－建設沈下促進のためのバーチカルドレーン使用
－ソフトクレイ改良用石灰パイル使用
－ソフトクレイ地盤強化のためのジェットミキシング採用

7．環境と社会資本整備との調和に関する取組み

7.1 タイの現状と今後の課題

現段階でのタイの環境問題は非常に深刻である。チャオプラヤ川の多くが両岸の工場からの廃水で汚濁が進んでいる。このまま行くと地元住民への悪影響は避けられない。数ケ月前にタイ北部の主要河川へ、ある製糖工場から大量に廃水が流され、川の生態系が壊滅した。これは河川汚濁の代表例である。タイでの大都市近郊の主要河川や水路は、地域、国家のいずれに対しても責任を負うことのない、工場主によって汚染されているのが一般的になっている。

上記のような水の汚濁のみならず、大気汚染も危機的であり、特に交通混雑によるバンコクおよび他の都市での状況は悪化の一途をたどっている。バンコク市内での移動には、以前よりも多くの時間を要する。交通渋滞が原因の大気汚染は煙、埃、悪臭、騒音を伴う。

政府も、問題になっている地域における住民生活、環境、その他すべての河川と大気汚染の影響を重視し、民間企業などに対し次のような規制立法を推進している。

7.1.1 大量に水を使用する工場は、すべて工場内での廃水処理の後に公共水路へ廃水すること。

7.1.2 バンコク市当局は、チャオプラヤ川及び他の大きな水路流域住民の家庭ゴミ収集のため小型船を運航させること。

7.1.3 企業によってはグリーンゴミ袋を製造し、安価で販売し、住民にプラスチック、ガラス、フォームラバー、金属などと生ゴミとの分別を促している。処理しにくいものと一般ゴミとの材質別のゴミの分別によりゴミ問題はかなりの改善を見る。

7.1.4 喫煙は決められた場所のみで許され、違反者には罰金2,000 バーツが課せられる。執行には警察官があたる。

7.1.5 数年前に車のエンジンからの不快な臭いと煙を軽減すべく無鉛ガソリンが導入された。

7.1.6 1993年、すべての車種に対して大気中への排出前に排気ガスからの黒煙と微小炭素を処理するフィルターの装備が義務付けられる。

7.1.7 政府は森林伐採による森林破壊を規制すべく、材木業界への監視をより厳しくする。

7.1.8 政府は民間セクターと協力して、伐採によって破壊された元の森林地域や道路沿い、都市部などでの緑化を推進する。

7.1.9 警察官や他の関係役人により、大型トラックやオートバイからの煙の量を定期的に測定すると同時に、工学部学生などにより黒煙を排出する車の取り締まりを行う。

7.1.10 政府は民間セクターの協力を得て、毎年11月のロイクラトン祭りなどでのフォーム（泡）の使用を控えるよう訴える。

7.2 道路局での取組み

当局はこれまでは環境問題にあまり関連することはなかったが、およそ5年前より、道路設計、建設も環境問題を配慮して進めるべきとの見解を打ち出し、以下のようなことを実施してきた。

7.2.1 インターチェンジ周辺の美観と憩いのために、花や木の緑地帯を設ける。

7.2.2 住宅地域を通る自動車道・主要道路沿いに騒音遮断壁をつくる。

7.2.3 鉄筋セメントの代わりに根が深い草（ヤーファエク）を植えて斜面侵食を防止する。

7.2.4 当局はチュラロンコルン大学の力を借りて、タイ南部の主要観光地、プーケット島周辺道路の環境調査を実施した。この島はアンダマンの真珠と外国人からも呼ばれるように風光明媚な所である。調査内容は以下のとおりである。

物的資源
－地表水利用法
－水質
－地下水
－大気の状態
－騒音
－生態系
人間の営み
－交通
－国土利用
－農業
生活の質
－社会面

－経済面
－観光
－風景

7.2.5 当局では山間部の道路は最小の幅に規制することにより、道路建設に伴う森林伐採を極力回避する。

7.2.6 当局は山間部での道路建設には補強土を導入し、土工を減らすよう努力している。

7.2.7 現在当局ではＪＩＣＡを通じ、災害と防災の日・タイ共同研究計画の推進を日本政府に要請している。この計画では、ことに山間部での高いフィルダムの安定性と土壌斜面侵食問題に力点が置かれている。この種の研究によりタイの道路建設技術者が道路の安全性と美観との調和を踏まえた適切な設計を実現できるようになる。

7.3 「環境と社会資本の整備との調和」を推進していく上での今後の技術的課題

7.3.1 ＰＩＡＲＣ（常設国際道路会議）の技術委員会では現在、環境と道路の関連についての手引きを作成中で、この件に関してＰＩＡＲＣ 技術委員会へ問い合わせるのも良い。当委員会は国内のあらゆるデータ情報を収集することになっているからである。

7.3.2 アジア各国の道路局は環境と社会資本の整備との調和に関した技術的情報資料の交換を図るべきである。

7.3.3 アジア各国の道路局は、異なった状況に対応できる系統だった設計マニュアルを整備し、参考資料として近隣諸国へ配布すべきである。

8．今後議論したい課題

8.1 舗装の解析と設計の研究

アスファルト研究所（1970）や道路ノート29(1970)等の実験に基づく在来型の舗装設計は、繰返し数が 10MSA(million single axle) を超える利用頻度の高い、非常に交通の多い道路や高速道路には適用できない。そのため熱帯、アジア地域には解析的舗装設計を開発しなければならない。解析的設計工法にしたがって舗装構造を設計する際には、構造に用いられているすべての材質層の弾性係数の正確な数値を把握しておく必要がある。しかし舗装用材料の弾性係数の決定に使われる機器は複雑で、操作には専門的訓練を受けたエンジニアが必要とされる。シンガポールで開催され1992年に終わったばかりの第７回ＲＥＡＡＡ会議でも、舗装をテーマとした論文のほとんどが解析的設計を扱っている。

解析的舗装設計に用いられる理論は主に線形弾性理論である。この点からアジア及び熱帯地域の各国道路局が舗装材料の弾性係数の研究を進め、その成果を交換し合うことが望ましい。近い将来、解析的舗装設計が従来のものにとって代わることは明らかで、アジア諸国の技術者はこの傾向に留意しておくべきである。

8.2 軟弱地盤改良研究

バンコク粘土は塑性指数の高さ、水分含有量(100% 以上)、圧縮性の高さ、せん断強度の低さなどの点から、世界で最も条件の悪い粘土層といえる。舗装道路の地表沈下の70-90%は軟弱地盤で起こり、残りは舗装構造部で発生する。路床がしっかりしていれば地表沈下は少なく、舗装の疲労よりひび割れもない。それ故、軟弱な粘土地盤に建設された主要道路の地盤改良が必要となってくる。近い将来、これは重要な研究テーマとなると思われる。現段階で地盤の改良方法はいくつかあるが、盛土用杭、石灰パイル、バーチカルドレーン、ジェットミキシングなどが一般的である。バンコク粘土のような軟質の塑性粘土に最も適する改良方法を見極めることが肝要である。

8.3 改良アスファルトコンクリート研究

タイ国内の主要高速道路を利用する大型トラックはたいてい法的積載重量を超えて走っている。表層や上層路盤などの上部舗装部分の質が問題となる。ヨーロッパの国々及びアメリカ合衆国では長年改良アスファルトコンクリートが用いられている。近い将来、タイの道路の設計のためにこの研究が実施されることが望ましい。世界各地で、とりわけ雨量の多い高湿度熱帯地域で道路建設用に一般に用いられているそれぞれの改良剤の有効性を調べる必要がある。

8.4 今後、議論したい課題

8.4.1 先進諸国からの技術援助・協力の可能性

8.4.2 先進国と発展途上国間の技術移転

8.4.3 アジア地域内での研究者間交流の可能性

8.4.4 アジア各国の参加者のための国際会議の登録料値下げ（主催国もアジア地域内である場合）

Ⅷ. 日　　本

建設省土木研究所次長　都　丸　徳　治

目　次

1．日本の概要
1．1 国土の概要
1．2 気候
1．3 人口
1．4 経済・社会

2．公共事業の現状
2．1 国土開発関係の基本計画（法令、計画等）
2．2 建設投資の予算
2．3 公共土木事業に関する機関・組織（主たる省庁）
2．4 主な社会資本の整備の歴史・整備状況と課題
2．5 現在実施中または計画中の主要なプロジェクト

3．建設省土木研究所の概要
3．1 機関名
3．2 沿革
3．3 組織
3．4 定員
3．5 予算の推移
3．6 実施体制
3．7 主要な研究施設の概要
3．8 最近の具体的な成果

4．土木研究所の取り組んでいる主要な研究
4．1 研究・開発の主な取り組み課題
4．2 現在取り組んでいる研究・技術開発
4．3 研究・開発を進めていくための課題

5．土木研究所の国際研究交流
5．1 土木研究所の国際研究交流の状況
5．2 実施上の課題
5．3 アジア地域での国際研究交流の必要性と実施上の課題

6．災害・防災についての取り組み状況

6．1 河川災害の取り組み状況

6．2 海岸災害の取り組み状況

6．3 渇水災害の取り組み状況

6．4 土砂災害の取り組み状況

6．5 地震災害の取り組み状況

7．環境と社会資本整備の取り組み状況

7．1 河川環境の取り組み状況

7．2 下水道と水質保全の取り組み状況

7．3 ダム環境の取り組み状況

7．4 都市環境の取り組み状況

7．5 道路環境の取り組み状況

1.　日本の概要

1.1　国土の概要

1）日本の位置・国の広さ

日本は、アジア大陸の東側に延長３，０００km（１，８６０マイル）にわたって、弧状に位置している島国である。

本州・四国・九州・北海道の四つの主な島のほか、散在する４０００あまりの島からなっている。これらは日本列島と総称されている。

首都東京は東経１４０度（ニューギニア島やオーストラリアの中央とほぼ同経緯）、北緯３６度（中国の青島・イランのテヘラン・地中海のマルタ島・ジブラルタル海峡およびアメリカのグランドキャニオンなどとほぼ同経緯）にある。

2)日本の地形

日本列島は太平洋や日本海などの海に囲まれ、太平洋側には非常に深い日本海溝や伊豆小笠原海溝がある。日本にはいくつかの火山脈が走っているため、地形は変化に富む。川は短く急流で、山あいでは深い狭谷をなし、海岸線は複雑に入りくんでいる。風向明媚なところが多く温泉地も点在している。

日本列島は環太平洋地震帯の上にあり、火山活動も活発で世界でも有数の地震多発地帯となっている。（１９２３年に発生したマグニチュード７．９の関東大地震は、東京や関東地方南部に大きな被害をもたらした。）

国土の６７％は山地で、多くは森林におおわれている。農用地は１５％、宅地は３％で、工業用地にいたっては、僅か０．４％にすぎない。

3)日本の山・川・湖

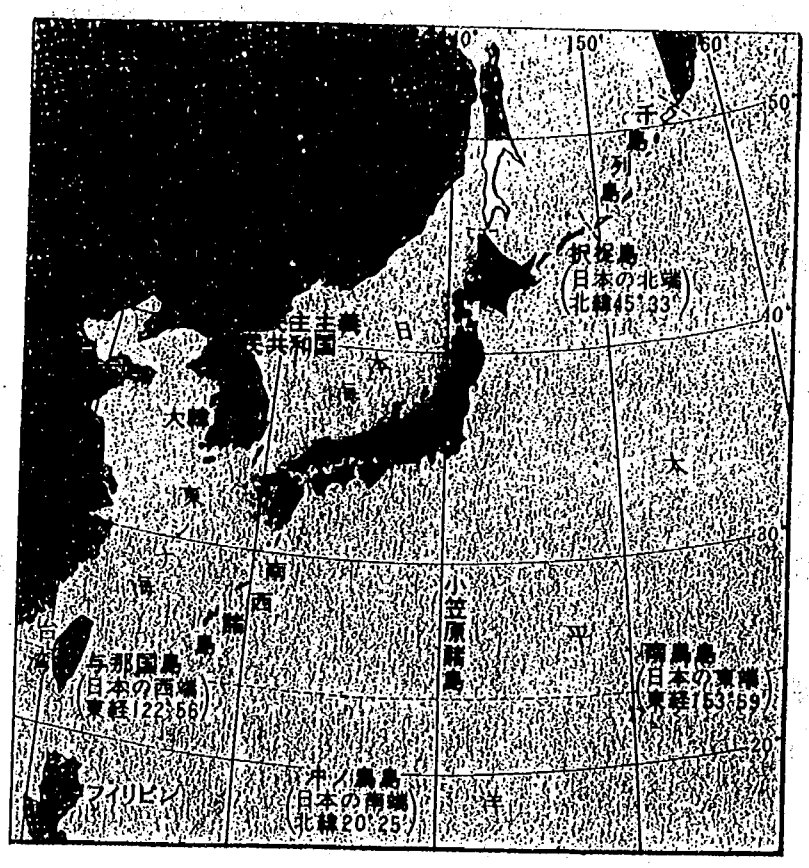
日本の６７％は山地であるがとくに本州の中央部には飛騨・木曽・赤石の三つの山脈があって、３，０００m（９，８４０フィート）以上の山々がそびえている。これらはそれぞれ北・中央・南アルプスとも呼ばれ、また、総称して日本アルプスといわれる。これは１８９６年に、イギリス人ウエストンによって名付けられたものである。

富士山は、標高３，７７６m（１２，３８８フィート）の日本最高の山で、典型的な円錐形休火山（１７０７年に大噴火があったが、それ以後過去２世紀半以上噴火活動はない。）で美しく広い裾野を持つ。冬には中腹まで雪におおわれ、一層美しさを増す。

現在、日本には浅間山・阿蘇山・桜島・三原山など約６０の活火山がある。

川は短くて急流が多く、最も長い信濃川でも３６７km（２２８マイル）である。落差の大きい急流は水力発電に適し、美しい狭谷を作っているが、交通にはほとんど利用されておらず、洪水を起こす危険もある。

湖は山間にあり、水が澄んでいて眺めのよいものが多い。ただし、規模は小さく最も大きい琵琶湖が６７４km² （２６０平方マイル）である。また最も深い湖は田沢湖で、水深４２３m（１，３８８フィート）である。このほか、砂丘・砂州などによって外海と分離してできた潟として、霞ヶ浦１６８km² （６５平方マイル）がある。



図－1.1.1　日本の位置

1.2 気候

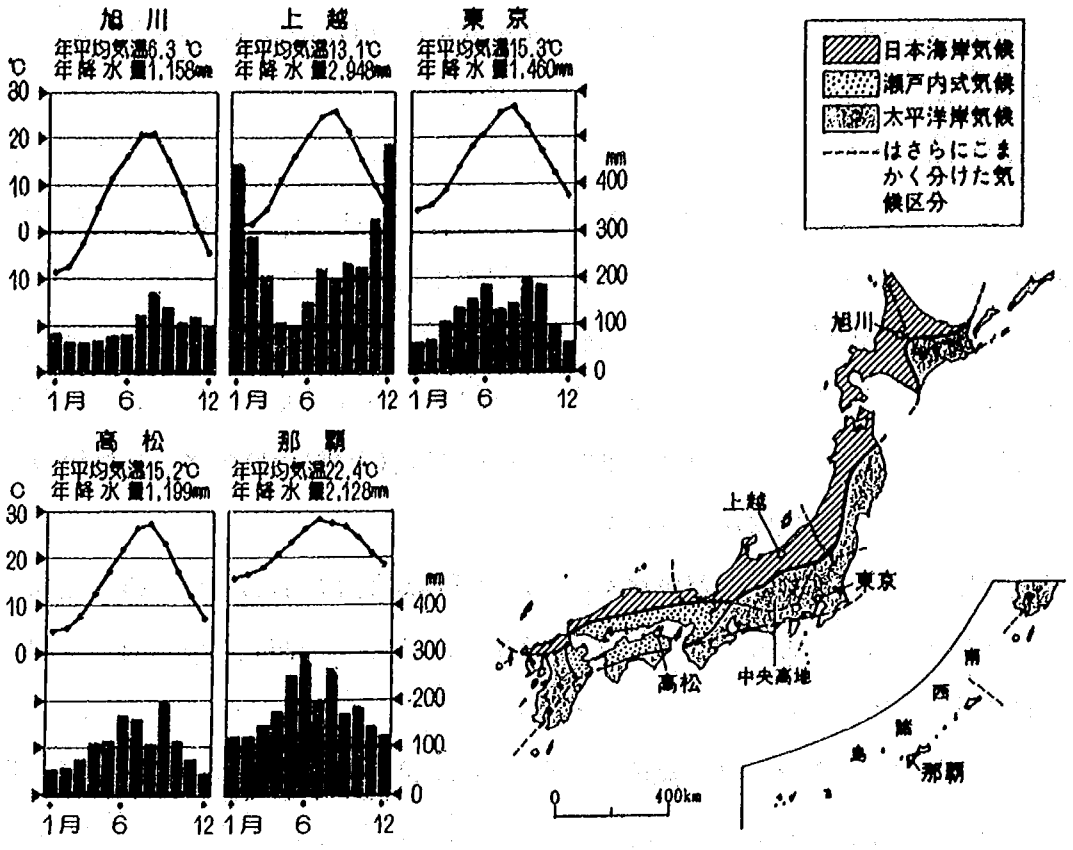
我が国は、経度差約３１度、緯度差約２５度の広い範囲に位置し、南北の気候差が大きい。南の小笠原・琉球諸島など亜熱帯気候に属し、北海道・東北地方北部・中部日本の内陸高地は亜寒帯地方に属している。しかし国土の大部分は温帯気候に属し、全般に多雨多湿である。アジア大陸と太平洋の境目という地理的特性と前述の地形的特性に起因して、気候の季節変化と地域性に富んでいる。

我が国全体の年間降雨量は約１８００㎜であり、世界の平均値８００㎜を大きく上回っている。図－1.2.1に示すように、その地域差は大きく、瀬戸内(高松)と北海道東部(旭川)では１０００㎜程度であるのに対し、日本南西部の太平洋側の一部の地域では４０００㎜近くに達している。月降雨量の変化をみると、九州・四国地方では梅雨期に、日本海の多雪地帯(上越)では冬に、その他の地域では台風の多い秋に最多雨量が現れる傾向がみられる。

一方太平洋側では、一般に冬は降雨が少なく、また太平洋高気圧におおわれる盛夏期は、台風がこなければ雷雨以外の雨はほとんど降らないので、小乾燥期になる。我が国の降水特性は雪・梅雨・台風の３つに特徴づけられている。

冬には、アジア大陸の寒冷なシベリア気団から吹き込む北西季節風が日本海側に多量の降雪をもたらし、北陸地方以北の大部分の地方で１ｍを越える積雪となる。毎年６月初旬から７月中旬にかけて、太平洋上の高温多湿な熱帯気団と冷涼なオホーツク海気団の境に生じるいわゆる梅雨前線が、日本列島付近に停滞し、しばしば激しい集中豪雨を引き起こしている。さらに、夏から秋にかけて太平洋上の熱帯低気圧が発達して台風となり、毎年３ ～４個の台風が我が国に直接来襲して、広い地域にわたって多量の降雨をもたらしている。台風１個が日本の陸上にもたらす水量は５０～４００億ｔともいわれ、大きなもので８００億ｔにも達する。日本全体でみても年間降水量の１／４～１／３が台風によるものであるといわれている。

我が国における既往最大降雨量の記録は、世界最大の記録に匹敵するようなかなり大きな値となっている。このような前線や台風による豪雨は、しばしば全国各地に大きな洪水と災害を引き起こしている。



図－1.2.1　日本各地の気候

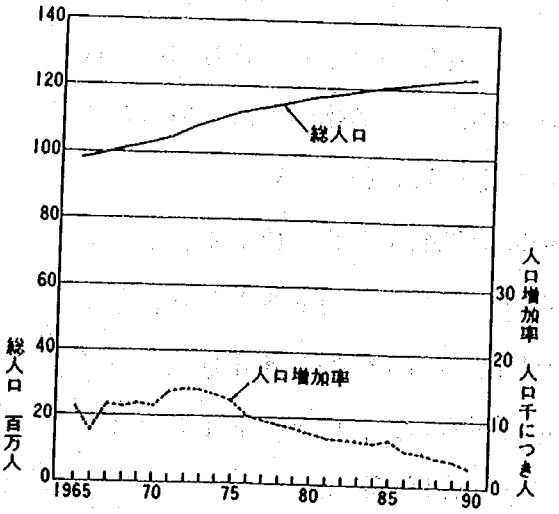
1.3 人口

日本の人口は、明治以後、産業の発展とともに急激に増加し、現在、約１億２０００万を数える。１㎢ あたりの人口密度は、約３２０人である。日本よりも人口密度の高い国には、バングラデシュ・韓国・オランダ・ベルギーなどがある。しかし、日本の国土は山地が多い。そのため、人間の生活に適した平地の面積に対する人口密度で比べると、日本の人口密度は、韓国とともに、きわめて高い。

日本の人口分布は、地域的に大きなかたよりが見られる。とくに北九州から瀬戸内海の沿岸、近畿地方の中央部、東海地方から南関東にかけての太平洋側の平地に人口が集中し、太平洋ベルト地帯と呼ばれる人口過密地帯となっている。なかでも、東京・大阪などの大都市とその周辺の都市への人口集中が目立つ。

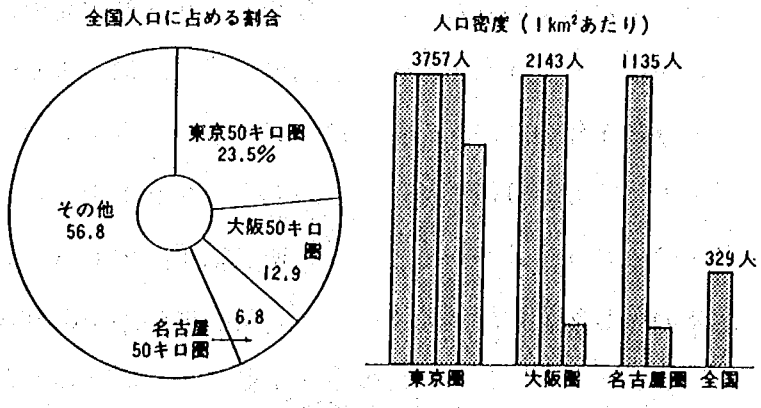
１９８３年（昭和５８）の人口調査によって、東京都庁・大阪市役所・名古屋市役所のそれぞれを中心とする半径５０㎞の円内に、日本の総人口の約４０％が集中していることが明らかになった。一方、円内の面積は全国土面積の約６％である。

それに対し、南九州や四国の太平洋側、本州内陸部の山地や日本海側および北海道では人口密度が低く、過疎の地域が広がっている。



総人口（外国人を含む）。1971年までは沖縄を除く。人口増加率には出入国による社会動態を含む。

図－1.3.1わが国の人口の推移



人口密度の算出に用いた面積は，東京50キロ圏が7672km²，大阪50キロ圏が7414km²，名古屋50キロ圏が7325km²。

図－1.3.2　３大都市圏の人口と人口密度

（1990年3月31日現在）

1.4　経済・社会

日本経済は、１９４５年の第２次世界大戦後の極度の混乱期より戦後復興等が進み、その後、１９５５年頃から石油危機の発生した１９７３年までの約１９年間にＧＮＰの実質経済成長率は年率で約１０％を記録した。これは戦前の約３倍、戦後の欧米先進国の平均成長率の約２倍に達する急成長であった。

前半期（１９５５～６５年）　この時期は、世界的景気上昇、輸出の増大という状況下で活発な設備投資が行われた。鉄鋼・造船・電力をはじめ、石油化学・家電産業が伸張し、重化学工業化が進んだ。

第２次・第３次産業の労働力は農村人口の圧縮によって供給された。

後半期（１９６６～７３年）　後半期には、前半期の外国技術の導入が実をむすび、鉄鋼・自動車・電気製品などの産業の国際競争力が強まった。

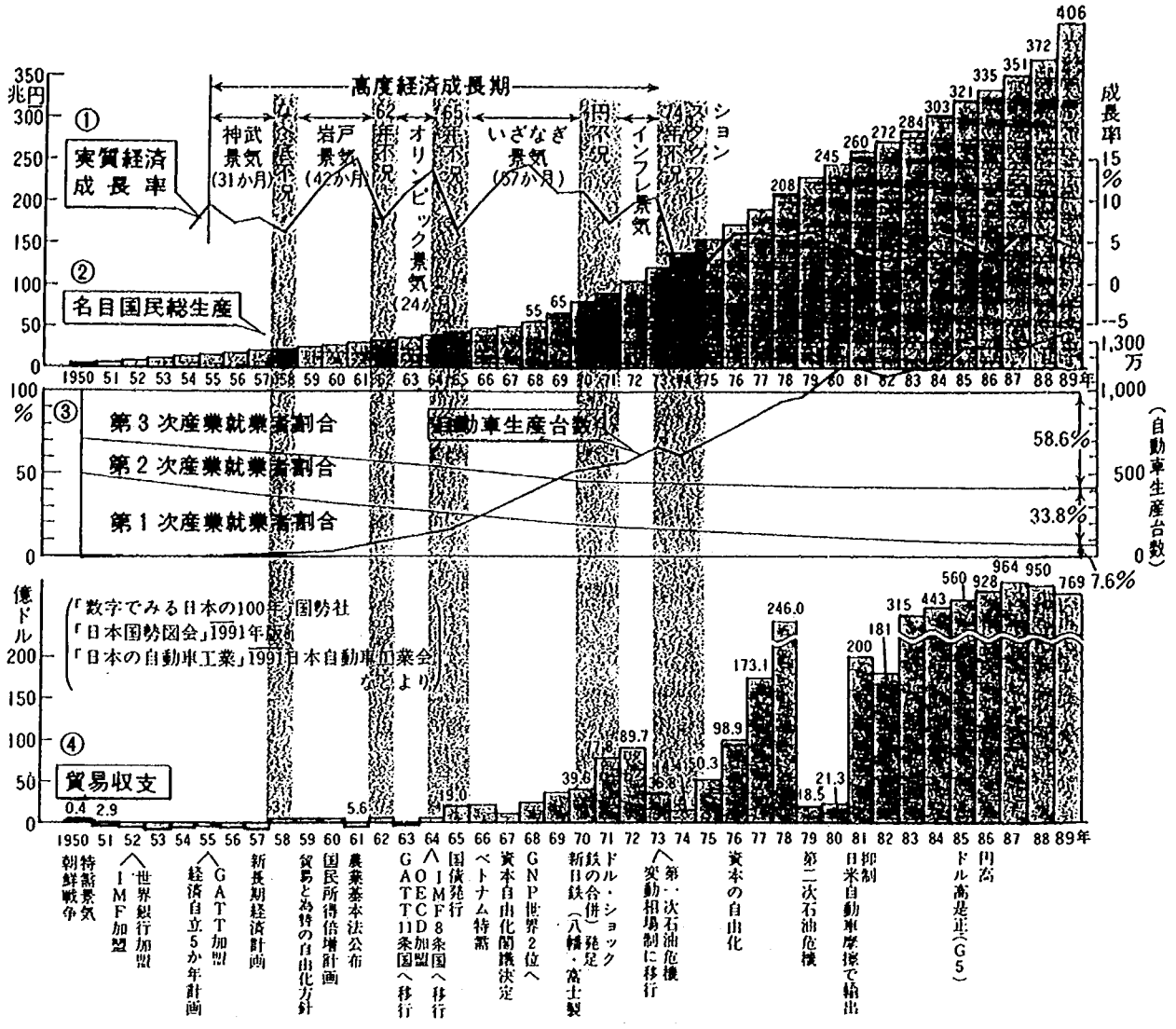
おりしも「貿易と為替の自由化」、ＩＭＦ８条国への移行など、”日本経済の国際化”が説かれ、国内では国際競争力の強化をたてまえとする大型合併が相ついで実現した。この時期は、輸出主導型のため貿易収支の黒字は増大するが、貿易摩擦もおこりはじめた。

日本経済は、高度成長期に４回の不況を経験している。なかでも過剰設備により生じた６５年不況は最も深刻で、政府は赤字国債を発行して景気の回復をはかった。これらの不況もあったが、長期的な経済成長の末、ＧＮＰについては現在世界第２位、また、１人当りの国民所得は世界１位になっている。

また、わが国の貿易が、その商品構成からみて、資源を輸入して製品を輸出する典型的な加工貿易の姿をみせていたのは、１９７０年代までといえる。従来、輸入に占める工業製品の比率は、多くて３０％で、ほぼ２０％台で推移していたが、８０年代後半に入るとその比率が高まり、９０年は５０％をわずかに上回った。ＮＩＥＳやＡＳＥＡＮ製品の台頭や、資源輸出国の工業化が進んでいるためで、輸出の９９％を占めるわが国の工業製品は、より付加価値の高いものに移行している。

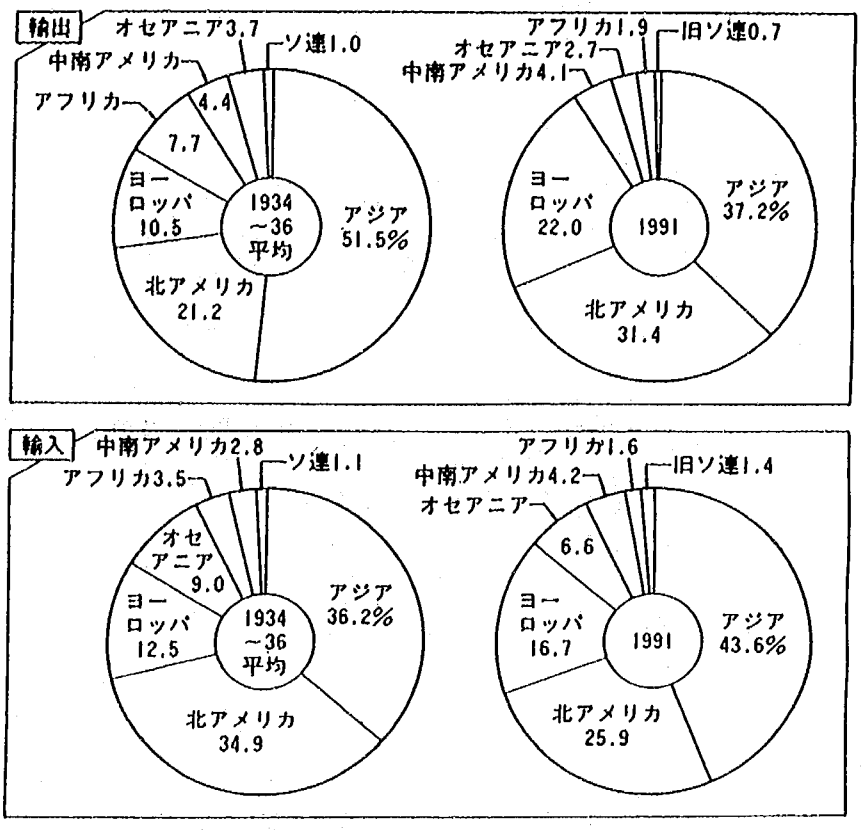
１９９１年のわが国の貿易は、アメリカ・カナダの北米地域との間で総額１５９８億ドル、東南アジアとは１５５０億ドル、ＥＣ間で９１０億ドル、この３地域の合計が４０５８億ドルとなり、全体の４分の３（７４％）を占める。貿易相手国別では、アメリカ合衆国との間が総額１４４９億ドル（全体の２６％）で圧倒的に多い。２番手に韓国があり３２４億ドル（同６％）、以下、ドイツの３１３億ドル（同６％）、台湾の２７７億ドル（同５％）とつづく（表－1.4.1参照）。

貿易黒字（輸出超過額）は、対アメリカ合衆国では前年の０．７％増と微増であったが、対ＥＣ間で４８％も急増し、対東南アジア貿易においても３３％増の結果となった。

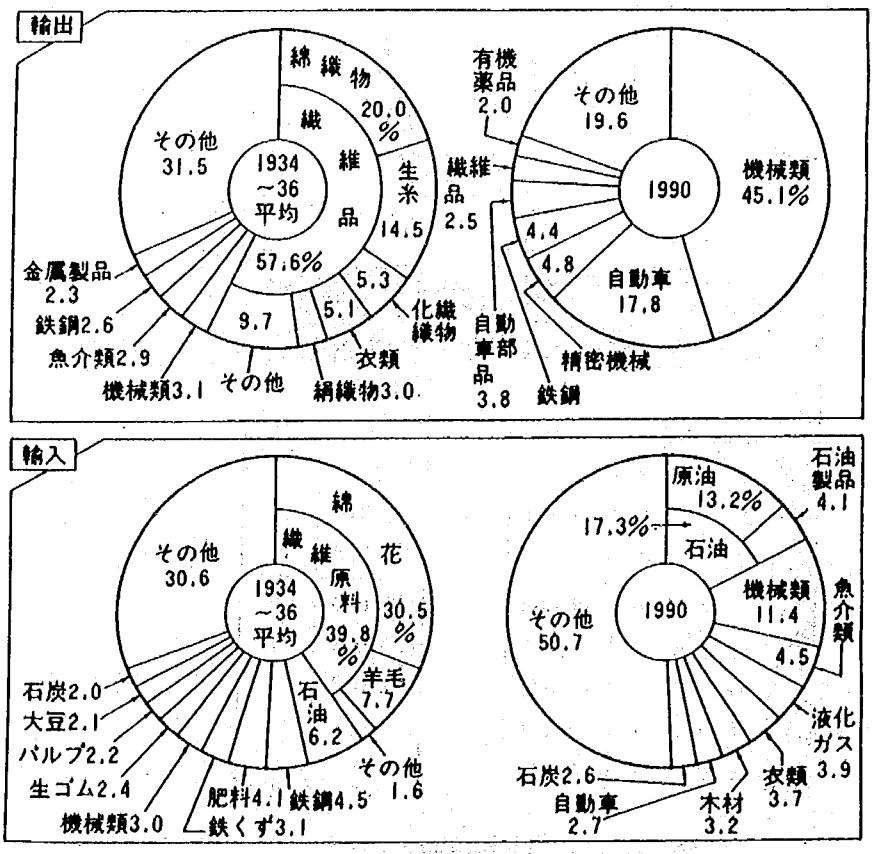


	アメリカ	5,038	1	2,294	1
	旧西ドイツ	742	2	1,079	10
	イギリス	719	3	1,117	9
	フランス	604	4	1,014	11
	日本	430	5	358	23
	アメリカ	52,008	1	18,630	2
	日本	28,337	2	20,001	1
	旧西ドイツ	12,029	3	17,314	4
	フランス	9,564	4	——	—
	イタリア	8,543	5	6,805	19

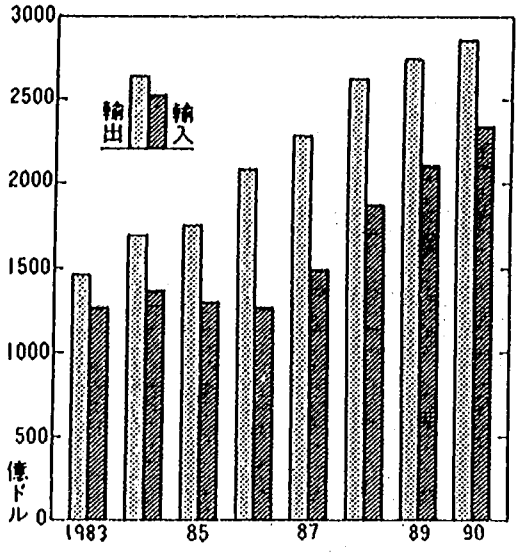
図－1.4.1　日本経済の推移



図－1.4.2　輸出入先の戦前・戦後の比較



図－1.4.2　輸出入品目の戦前・戦後の比較



図－1.4.4　わが国の貿易額

2. 公共事業の現状

2.1 国土開発関係の基本計画（法令、計画等）

わが国の国土開発関係の法令は、国土総合開発法、土地基本法、国土利用計画法などの基幹法とその関連法律、地域ごとの開発を進めるための首都圏整備法や各地方開発促進法、特別地域の開発を進める離島振興法等、および電源開発促進法などの関連法令とから構成されている。（図－2.1.1参照）

①基本法
- 国土総合開発法（昭25）
- 土地基本法（平元）
- 国土利用計画法（昭49）

②ブロック法－首都圏整備法（昭31）など

③特別地域法－離島振興法（昭28），新産業都市建設促進法（昭37）など

④その他
- 特定事業
  - 琵琶湖総合開発特別措置法（昭47）
  - 水資源開発促進法（昭36）
  - 電源開発促進法（昭27）
  - 国土開発幹線自動車道建設法（昭32）
  - 高速自動車道国道法（昭32）
  - 道路整備緊急措置法（昭31）
  - 港湾整備緊急措置法（昭36）
  - 漁港法（昭25）
  - 住宅建設計画法（昭41）
  - 都市公園等整備緊急措置法（昭47）
  - 下水道整備緊急措置法（昭42）
  - 廃棄物処置施設緊急措置法（昭47）
  - 治山治水緊急措置法（昭35）
  - 土地改良法（昭24）
  - 水源地域対策特別措置法（昭49）
  - 発電用施設周辺地域整備法（昭49）
  - 全国新幹線鉄道整備法（昭45）
  - 港湾法（昭25）
  - 空港整備法（昭31）
- 国土保全
  - 河川法（昭39）
  - 砂防法（昭30）
  - 海岸法（昭31）
  - 地すべり防止法（昭33）
  - 急傾斜地の崩壊による災害の防止等に関する法律（昭44）

図－2.1.1 国土開発関係の法令

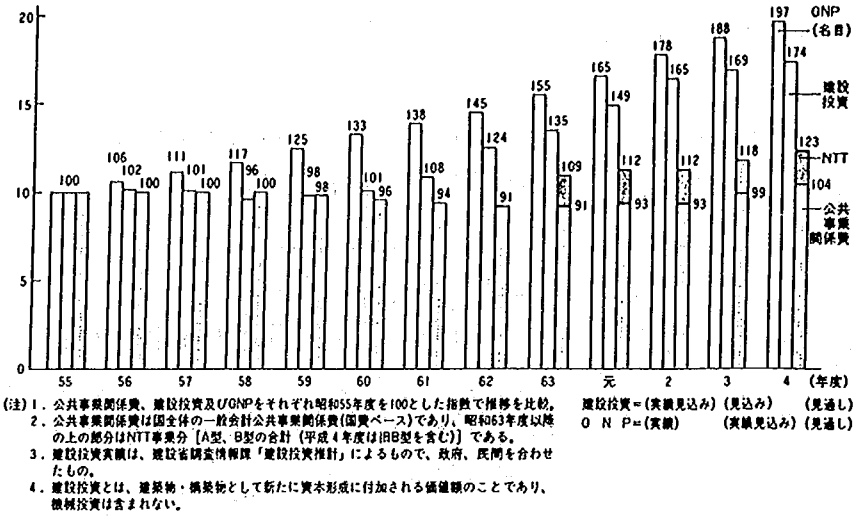
これらの諸法令に基づき、各段階の計画を策定しているが、国土開発関係の計画の大もとになるのは全国総合開発計画で、現在「第四次全国総合開発計画」が動いており、2000年において、道路では、高規格幹線道路（全体計画14000k㎞）おおむね8000～9000k㎞を整備する。大河川では当面、戦後最大洪水に対応できる整備、中小河川では当面、時間雨量50㎜降雨強度に対応できる整備、都市公園は昭和60年に於ける1人当たり面積4.9㎡／人の倍増、下水道では市街地区域における概成、住宅では一戸当たり床面積を100㎡にし、新規住宅建設として約1900万戸、宅地供給を約18万ha行うといった整備目標を成している。また事業毎にそれぞれの５ヶ年計画においてより具体的に中長期的な整備目標を定め、計画的な整備を推進していくことにしている。

表－2.1.1　建設省関係各五箇年計画とその目標

名称	計画期間	総投資金(億円)	目標水準等
第５次都市公園等整備五箇年計画	平成３年～平成７年度	(8,200) 50,000	計画対象人口１人当たりの都市公園等面積を約5.8㎡→約7.0㎡にする。
第７次下水道整備五箇年計画	平成３年～平成７年度	(19,700) 165,000	処理人口普及率を44%→54%に引き上げる。
第５次海岸事業五箇年計画	平成３年～平成７年度	(1,700) 13,000	要防護海岸延長の整備率を約44%→約54%に引き上げる。
第５次特定交通安全施設等整備事業五箇年計画	平成３年～平成７年度	(2,600) 18,500	歩道等の緊張に必要な道路約13万5千kmを概成する。
第六期住宅建設五箇年計画	平成３年～平成７年度	公共資金住宅 (20万戸) 370万戸 総建設戸数 750万戸	早期最低居住水準未満居住の解消を図るとともに、21世紀を目指した新たな誘導居住水準に向かって居住水準の向上に努める。
第８次治水事業五箇年計画	平成４年～平成８年度	(25,900) 175,000	氾濫防御率を45%→約53%に引き上げる。
第１１次道路整備五箇年計画（案）	平成５年～平成９年度	760,000	朝夕の走行速度を 三大都市圏DID内18km/h→20km/h 地方都市22km/h→24km/h にする。
第３次急傾斜地崩壊対策事業五箇年計画（案）	平成５年～平成９年度	13,000	急傾斜地崩壊防止施設の整備率を22%→約34%まで引き上げる。

2.2 建設投資の予算

図－2.2.1にみられるように、建設投資の総額はＧＮＰの伸びに比して順調に推移しているが、公共事業予算については、昭和５７年以降の厳しい抑制政策により、伸びていない。この結果民間を含めた建設投資の伸びとの間にアンバランスを生じており、住宅・社会資本整備の立ち遅れの原因となってきた。



(注) 1．公共事業関係費、建設投資及びGNPをそれぞれ昭和55年度を100とした指数で推移を比較。
2．公共事業関係費は国全体の一般会計公共事業関係費(国費ベース)であり、昭和63年度以降の上の部分はNTT事業分〔A型、B型の合計（平成４年度はBB型を含む）〕である。
3．建設投資実績は、建設省調査情報課「建設投資推計」によるもので、政府、民間を合わせたもの。
4．建設投資とは、建築物・構築物として新たに資本形成に付加される価値額のことであり、機械投資は含まれない。

図－2.2.1　公共事業関係費、建設投資及び国民総生産の推移

しかし、日米構造協議において、アメリカが日本の公共投資拡大を要求した事を契機にまとめられた今後10年間の公共事業の基本方向を示す「公共投資基本計画」（平成２年公表）では、①おおむね430兆円、②1991～2000年度、③基本的考え方は　Ⅰ）人々の日常生活に密接に関連した分野の重点化　Ⅱ）多極分散型国土の形成　Ⅲ）安全でうるおいのある国土構築、の内容となっており、公共投資の充実がはかられるもようである。

2.3 公共土木事業に関する機関・組織（主たる省庁）

建　設　省
- 河川、ダム、海岸の整備
- 砂防
- 道路の整備
- 宅地の整備
- 下水道の整備
- 公園・緑地の整備

農林水産省 ―― 農林水産業基盤の整備（農道、漁港など）

運　輸　省 ―― 鉄道の整備
　　　　　 ―― 港湾の整備
　　　　　 ―― 空港の整備

通　産　省 ―― 工業用水の整備
　　　　　 ―― 電力施設の整備

厚　生　省 ―― 水道の整備

国　土　庁 ―― 国土計画

北海道開発庁 ― 北海道の公共事業整備

沖縄開発庁 ―― 沖縄の公共事業整備

2.4　主な社会資本の整備の歴史・整備状況と課題

1)河川事業

第二次世界大戦中に国土は荒廃し、そこへ戦後大規模な台風、豪雨が幾度も我国を襲い、昭和20、22、23年と度重なる水害の発生により、死傷者数、水害被害額とも戦前の水準を大きく上回り治水事業の必要性が高まった。さらに昭和28年に頻発した水害が契機となり「治山治水基本対策要綱」が策定され、その後昭和35年に「治山治水緊急措置法」ならびに「治水特別会計法」ができて、現在の治水事業の制度の基礎が整った。

また、戦後の経済の復興に伴う電力需要、都市用水需要の増大等に対応しつつあわせて治水対策を行うため、多目的ダムの建設を効率的に実施できる特定多目的ダム法が昭和32年に制定され、さらに昭和35年には水資源の総合的開発及び利用の合理化の促進を図る「水資源開発促進法」が制定されるとともに、水資源開発公団が設立され、主要水系において総合的な水資源開発等の促進が図られた。

高度成長期における大都市への過度の人口集中は都市域において①地下高騰等による河川改修の進捗の停滞、②河川流域の開発による保水、遊水機能の低下、③河川周辺への人口、資産の集中等の河川流域の急速な変貌を生じ、慢性的な水害の発生が新たな問題となってきた。このため昭和51年総合的な治水対策の推進方策について河川審議会から答申があり、①河川改修事業の積極的推進、②河川流域の保水・遊水機能の適正な確保、③浸水区域の公表等の総合的な治水対策が推進されている。

さらに我が国の狭隘な国土には人口・資産が集中しており、諸外国に比較して高度な土地利用が行われており、地すべり災害の発生の防止及び海岸保全も重要な事業である。昭和32年には全国各地に地すべり災害が発生し、抜本的対策の必要性が高まり昭和33年「地すべり防止法」が制定された。また、戦後あいついだ高潮被害の発生により、昭和31年に「海岸法」が制定された。

このように、戦後、法制面の整備を始めとして国土保全を積極的に進めてきているが、なお、現在も毎年各地で災害が発生しており、災害からの安全確保を今後とも進めていく必要がある。

また、近年、自然指向の高まり、河川の親水機能に対して国民のニーズの増大が顕著であり、積極的な施策の推進が望まれている。

2)道路事業

戦争直後の道路の荒廃は著しく、昭和23年に連合軍総司令部の要請により、道路維持修繕五箇年計画を策定し、道路の破損を復旧されることを主目的に道路整備が始められた。

その後、日本経済が混乱期から脱出し、経済発展が期待されるにつれて道路整備の必要性が認識されるようになった。自動車輸送の需要についても旅客輸送（人キロ）及び貨物輸送（トンキロ）でみると昭和30年には昭和25年のそれぞれ約3.05倍、約1.75倍に伸びてきた。

このような状況を踏まえ、昭和27年には現行道路の管理体系を規定した「新道路法」が制定されるとともに、有料道路制度を規定した「旧道路整備緊急措置法」が制定された。さらに、昭和28年には揮発油税の特定財源化、道路整備五箇年計画を策定することが定められた。これを受けて、昭和29年には財源的裏付けのある第一次道路整備五箇年計画が策定された。昭和31年には有料道路の総合的管理を行う機関として日本道路公団が設立された。

多様化し、増大する交通需要を安全かつ効率的に処理しつつ国土全体の経済社会活動を支えるため、国土構造の骨格となる高速自動車道網の整備に対するニーズが高まり、昭和32年に「国土開発縦貫自動車道建設法」（のちに国土開発幹線自動車道建設法となる。）が制定され、高速道路の整備に着手した。昭和40年には名神高速道路全線190kmが、昭和44年には東名高速道路全線346kmが開通した。また、大都市圏での交通の円滑化を図るため昭和35年に首都高速道路、昭和37年には、阪神高速道路の建設が始められた。

昭和30年代以降の我が国の高度成長、産業構造の転換及び昭和40年代以降の自動車の大衆化により、輸送需要の増大と車両の大型化が、道路整備の進展を上回って増大し、都市とその周辺における慢性的な交通渋滞等の問題を生じている。また、自動車の急増は交通事故の激増にもつながり「交通戦争」という言葉を生むに至った。このため、交通事故に対処する抜本的方策として、昭和41年の「交通安全施設等整備事業に関する緊急措置法」の制定により、交通安全施設の整備に係る補助が行われ交通安全対策の充実が図られた。なお、昭和31年に「積雪寒冷特別地域における道路交通の確保に関する特別措置法」が制定され、雪寒指定路線において除雪等の雪寒事業の実施及び補助が行われるようになった。これにより、雪寒地域における冬期間の円滑な交通の確保が図られ、地域の発展及び生活水準の向上に寄与している。

その後、昭和41年の「国土開発幹線自動車道建設法」の制定により全国で32路線、約7,200kmの国土

幹線自動車道の予定路線が定められた。

このような経過のなかで昭和60年における国内貨物輸送（トンキロ）と国内旅客輸送（人キロ）の自動車輸送の分担率をみるとそれぞれ47.4%、57.0%と大きなシェアを占めるに至り、戦後以降の着実な道路整備が日本経済を下支えしてきたといえよう。日本の道路網は着実に整備されつつあるが、今だに急増する交通需要並びに多様化・高度化するモビリティーに充分対応しているとはいい難い状況であり、今後ともますます積極的な整備が必要である。

3)住宅

戦後の住宅事情は、絶対的な供給不足であり政府は緊急的な応急対策として昭和20年には、罹災都市応急簡易住宅43,000戸を整備し、さらに数年間にわたり応急対策の実施を行った。

また、戦後の民間住宅建設は激しいインフレによる建設費の高騰等から停滞しており、資金面においても民間金融は、産業振興基金の供給に追われ、長期低利の住宅金融を行う資金的余力がなかった。このため、昭和25年に住宅金融公庫を設立し長期低利の住宅建設融資を行い住宅建設の促進を図った。さらに、昭和26年には、公営住宅の整備を図る「公営住宅法」が、昭和30年には集団的住宅及び宅地の大規模な供給等を行う日本住宅公団が設立され、住宅政策における主要な制度等が整えられた。

昭和30年代後半には国民の消費水準がかなり向上しているのに比べて住生活水準がかなり立ち遅れている現状が顕著となり、大規模な住宅地の供給を図る「新住宅市街地開発法」が昭和38年に、また、住宅に関する総合的、長期的な計画を策定する「住宅建設計画法」を昭和41年に制定した。

これに基づき昭和41年7月に閣議決定された「第一期住宅建設五箇年計画」においては、昭和45年度までに住宅難を解消し「一世帯一住宅」の実現を目標として掲げた。その後も計画的な住宅の整備が促進され、昭和43年の住宅統計調査において全国で住宅数が世帯数を上回り、昭和48年の同調査では、全都道府県において住宅数が世帯数を上回るに至り、住宅の絶対的不足の解消が図られたこととなった。

しかし、住宅難の一応の解消は図られたものの欧米先進諸外国に比較して狭小で質の低い日本の住宅の質的向上を図るため、第三期計画（昭和51～55年度）においては、最低居住水準、平的居住水準の目標を立て、第五期計画（昭和61～65年度）においては、誘導居住水準の目標を立て、計画的な住宅の質的向上のための政策展開がなされている。

4)下水道

我が国の下水道整備の歴史は浅く、明治、大正、第二次世界大戦前期においてもある程度の整備はされているものの国の重点事業としての整備はされていなかった。

しかし、昭和30年以降の重化学工業等の発展を中心とする急速な経済成長は、工業生産の増大と大

都市への人口集中を促進し、これに伴って地盤沈下による排水不良地区の増加等都市環境の悪化や河川、湖沼等の公共用水域の水質汚濁の進行が顕著となり下水道事業に着手する都市が急速に増大していった。

下水道整備に対するニーズと重要性が高まり昭和38年以降下水道整備五箇年計画を策定し、下水道整備促進のための努力が払われている。しかし、欧米諸外国に比較して歴史的ストックが少ないため下水道普及率の水準はいまだ低い状態にある。

5)公園

我国の公園整備が本格化したのは比較的遅い。高度成長期における急激な都市化の進展は、都市の緑とオープン・スペースを喪失させる結果を招き、生活環境・都市環境の悪化が表面化してきた。このため、都市公園の整備による都市環境の改善に対して国民のニーズも高まり、昭和47年に第一次都市公園等整備五箇年計画が策定され、都市公園の急速な整備がすすめられるようになった。

また、昭和51年からは都市公園の制度改正により国営公園の整備も行われるようになり、大規模で広域的な公園の整備がすすめられている。

しかし、欧米諸外国に比較して１人当たり都市公園面積でみると低い水準にあり今後とも積極的な整備が必要である。

6)農林水産（農林水産省）

終戦直後は国土の荒廃と人口の急増により、未曽有の食糧難に見舞われ、食糧増産が国家的課題であった。さらには、失業対策としての効果もあり、そのウェイトも一時的に国鉄投資を抜き全投資額の30%近くに達している。

しかし、昭和30年代になると、農業の生産性の向上が鈍化してくると共に、農村部から都市部への人口の流出、農業の兼業化が進んだ。さらに、日本経済の高度成長期にあったため、国民経済上の農業の地位は、急速に低下していった。このため、農林水産投資に係る公共投資のウェイトも次第に低下していくこととなる。

7)鉄道整備（運輸省）

戦後の日本経済の急成長は、旅客・貨物輸送量の増大をもたらし、特に東海道本線においては、昭和20年代後半には既に限界に近い状態であった。このため、昭和34年東海道新幹線の建設に着手し、昭和39年に完成した。新幹線整備による地域間の時間距離の大幅な短縮は、我が国の政治、経済、文化の発展に大きな影響を及ぼし、その後、山陽新幹線、東北新幹線、上越新幹線等、高速鉄道整備を進めてきている。

また、東海道新幹線完成と同年の昭和39年に鉄道建設公団を設置し、線路網拡大路線を歩んできたが、赤字が大きくなった等の理由から、国が直轄で管理してきた国有鉄道の民営化が議論され、現在では、６つの経営母体に分かれて民営となっている。

8)港湾整備（運輸省）

終戦直後に戦災によって荒廃した港湾の復旧に重点がおかれた整備がなされていたが、その後経済の復興に伴い本格的な整備が行われた。昭和30年代における高度成長期においては、港湾貨物取扱量の急増、船舶の大型化に対応する港湾施設の不備が顕著となり経済発展のボトルネックとなることが懸念された。このため、昭和36年３月に「港湾整備緊急措置法」が制定され、法律に基づく第一次港湾整備五箇年計画が昭和37年に策定された。

また、昭和37年度の全国総合開発計画において地域開発手法として拠点開発方式が登場し、これを受けて鹿島等において掘り込み港湾の整備があいついで行われた。さらに、東京、名古屋、堺等においては臨海工業地帯が発達し石油タンカー等の大型船を受け入れる港湾の整備が進められた。

しかし、昭和48年、53年の相次いだオイルショックにより我が国は次第にエネルギー多消費型の構造からエネルギー節約型の構造に転換していくとともに、重厚長大型産業から軽薄短小型産業に移行しつつあり、大量輸送機関である海運のウェイトは小さくなっている。このため、港湾整備のウェイトも近年低下している。

9)空港整備（運輸省）

戦後の高度成長は、航空輸送のニーズを増大させることとなり、昭和34年の東京国際空港の開港以来その積極的な整備が図られてきた。

高度成長による所得水準の向上と産業活動の活発化は時間価値を高め時間短縮効果の高い航空輸送のニーズの増大へとつながった。航空旅客輸送の実績（輸送人キロ）をみると昭和30年度には、218百万人キロ、40年度に2,939百万人キロと大幅に増大している。

このため、昭和40年以降は新設空港の整備を行うとともに、既設空港のジェット化、大型化を推進してきた。61年には全空港の約50%がジェット化されている。

又、最近ではきめの細かい地域間の小型飛行機による輸送に対するニーズも高まっており、コミューター空港の整備が期待されている。

2.5 現在実施中または計画中の主要なプロジェクト

今後２１世紀までの１０年間は、東京湾環状道路、業務核都市、関西文化学術研究都市、関西国際空港、本州四国連絡橋などの夢のある壮大なプロジェクトが目白押しの時代である。

また、これらの大規模のプロジェクトとあわせて、多極分散型国土の形成にむけ個性と魅力にあふれた地域振興のプロジェクトが計画・実施されている。

代表的なものを下表に紹介する。

表－2.5.1 大規模プロジェクト・地域振興プロジェクトの例

名称・場所	内容	期待される効果
東京湾環状道路 （東京、神奈川、千葉）	外周沿い約160kmの「東京湾岸道路」湾央部を連絡する「東京湾横断道路」等	・東京圏の都心部、周辺部の交通混雑緩和 ・千葉・神奈川間を中心に、東京を介しない直接的な交流が生まれる。
業務核都市 ex.千葉･･･幕張新都心を中心とした主として業務系の開発		・東京23区の業務機能の分散を促進し東京圏の均衡ある発展に寄与する。
関西文化学術研究都市 （京都、大阪、奈良）	京阪奈丘陵 1万5000haおいて、文化学術研究施設、公共公益施設、住宅施設等を一体的に整備する。	・文化・学術・研究の新たな展開の拠点形成により、我が国及び世界の文化等の発展並びに国民経済の発達に寄与する。
関西国際空港 （大阪）	大阪湾泉州沖の埋立地 318.4haにおいて24時間使用できる新たな国際空港の整備を図る。	・成田を経由しない海外との交流の活発化 ・都市活動の24時間化に対応した、新しい空の玄関の誕生。
本州四国連絡橋 （兵庫、徳島、岡山、香川、広島、愛媛）	児島・坂出ルートに続いて、架橋により神戸・鳴門ルート、尾道・今治ルートで本州と四国を結ぶ。	・瀬戸内海をはさんだ大きな文化圏経済圏の誕生。通勤・通学範囲物流の範囲の拡大等。
琵琶湖総合開発	近畿圏の大型利水開発	・慢性的な水不足解消
雲仙普賢岳火山砂防	普賢岳火砕流ならびに土砂流対策	・地域の安全確保
産業の高度化、集積等による地域の活性化		
テクノポリス（高度技術工業集積地域開発促進法） ex.浜松････「音と光と色の未来都市」形成のための基礎整備等		・産業の集積及び高度化による地域の活性化 ・国土の均衡ある発展 ・雇用創出効果、若者の定着
集積促進地域（地域産業の高度化に寄与する特定産業の集積の促進に関する法律） ex.：通称頭脳立地法　富山･･･情報基盤、研究所等の集積による新産業分野の育成		
地域の特性に即した産業、文化等の特色ある機能の集積による地域振興		
振興拠点地域（多極分散型国土形成促進法） ex.三重･･･鈴鹿山麓研究学園都市を中心とした研究開発機能等の集積・充実		・特色ある機能の集積による地域の振興開発 ・多極分散型国土の形成の促進
リゾート開発による地域振興（総合保養地域整備法） ex.長崎･･多用な自然、特異な文化を生かしたリゾート整備		・ゆとりのある国民生活の実現 ・地域活性化

注）建設省資料

3.建設省土木研究所の概要

3.1.機関名

建設省土木研究所

3.2.沿革

建設省土木研究所は、大正１１年９月３０日に内務省土木試験所として発足した。その後、昭和２３年７月１０日建設省の設置に伴い建設省土木研究所と改称し、昭和５４年３月に新潟試験所を除くすべての支所・試験所を筑波研究学園都市へ移転統合した。７０年間の主要な沿革を表－3.2.1 に示す。

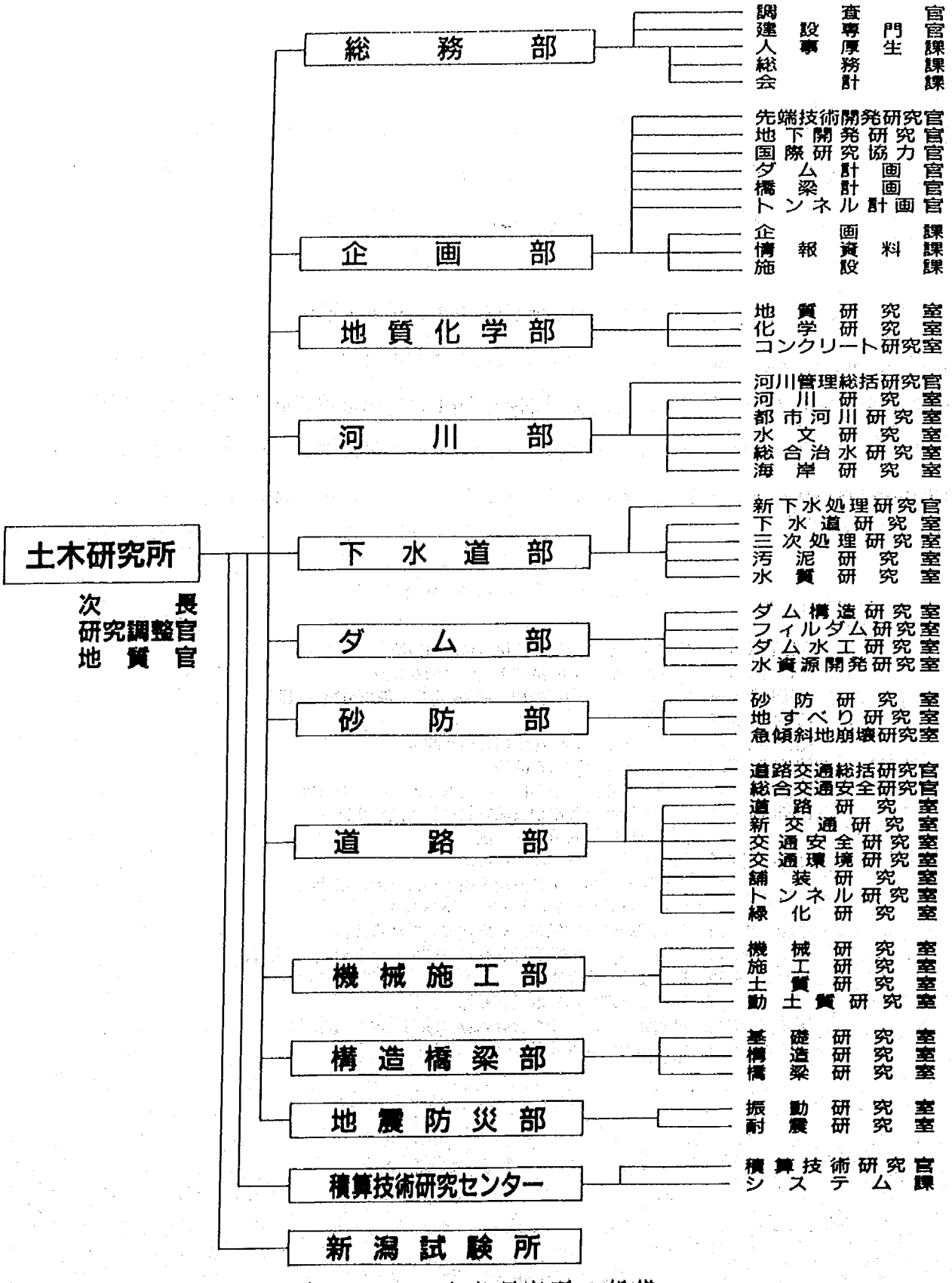
土木研究所は、創設以来７０年にわたり、河川、下水、ダム、砂防、道路、橋梁、機械施工、材料、耐震、積算技術等、広く建設事業に係る技術的問題の解決のため基礎的研究から応用研究・技術開発を実施している。土木研究所の役割は、国土の均衡ある発展と快適な生活環境づくりの基礎となるインフラストラクチュアの整備にあたって建設省における中枢的機関として土木技術の研究・開発をになうとともにわが国をはじめ世界の土木技術の発展に寄与している。

表－3.2.1　土木研究所年表

大正10年５月	内務省土木局内に道路材料試験所設置
大正11年９月	文京区本駒込に内務省土木試験所を創立
大正15年４月	北区志茂町5丁目に水理試験所として赤羽分室を設置
昭和22年12月	内務省解体
昭和23年１月	総理府建設院第一技術研究所と改称
昭和23年７月	建設省土木研究所と改称
昭和24年７月	元運輸省建設工事本部技術員養成所(沼津)を合併
昭和27年４月	ダム及び河川の水理実験施設として江戸川区東篠崎町に篠崎分室を設置
昭和28年７月	技術員養成所を沼津支所と改称
昭和35年４月	千葉市穴川町に千葉支所を設置し沼津支所を吸収、新潟県新井市に新潟地すべり試験所を設置
昭和36年４月	茨城県鹿島郡神栖町に鹿島水理試験所を設置
昭和37年５月	新潟県新井市の新潟地すべり試験所を新潟試験所と改称
昭和42年６月	赤羽分室を赤羽支所に、篠崎分室を篠崎試験所と改称 鹿島水理試験所を鹿島試験所と改称
昭和54年３月	筑波研究学園都市へ移転統合（新潟試験所を除く）
平成４年９月	創立70周年を迎える。

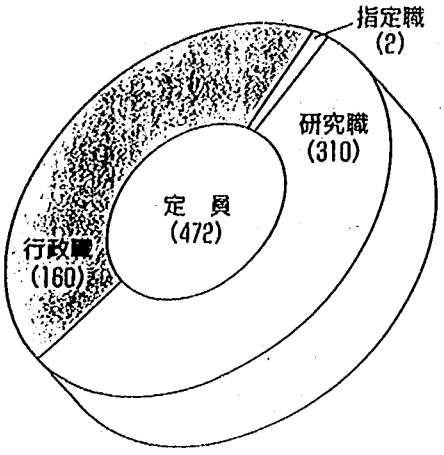
3.3.組織

土木研究所は、土木研究所長の下に総務部、企画部の研究支援部門、９研究部、及び積算技術研究センター、新潟試験所が組織されている。９研究部の下には３５研究室があり、広範な分野の土木技術の研究・開発に対応できる体制となっている。



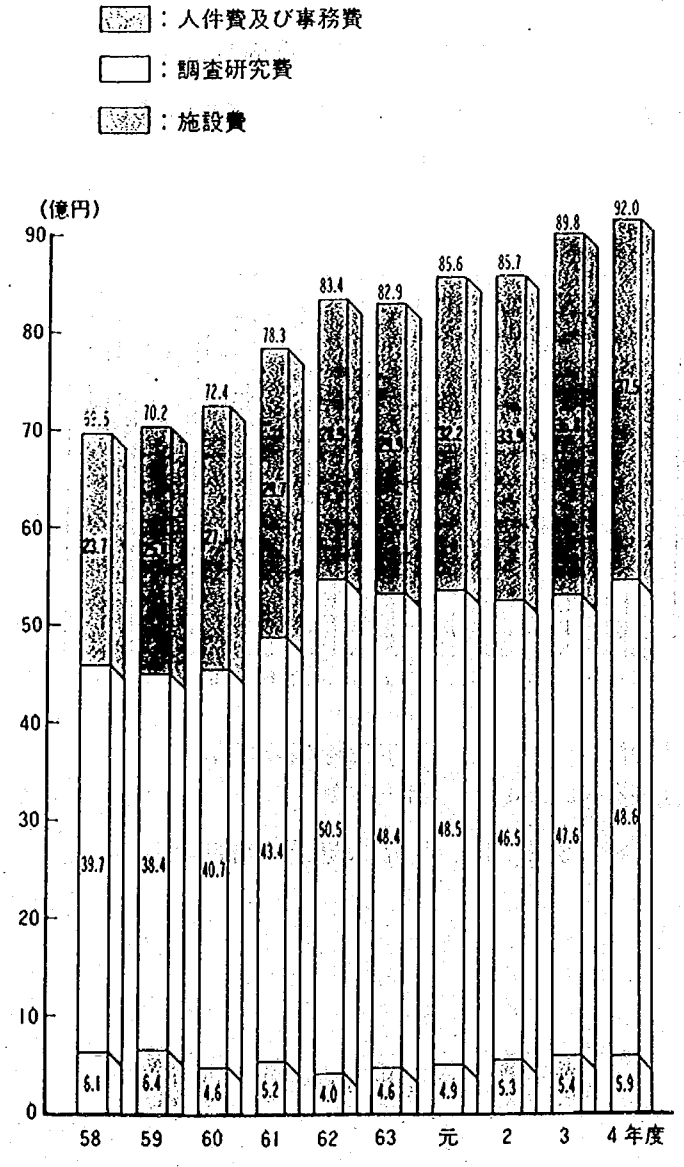
図－3.3.1　土木研究所の組織

3.4.定員



図－3.4.1　定員とその構成

3.5.予算の推移



図－3.5.1　予算の推移

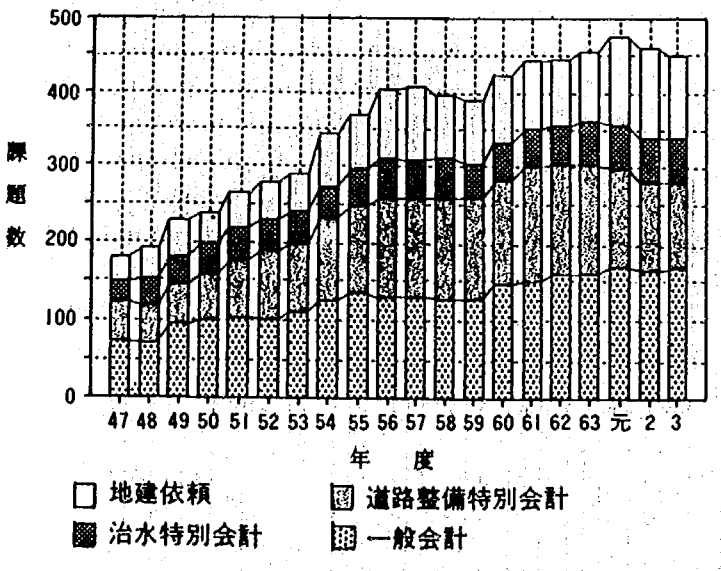
3.6.実施体制

土木研究所は発足以来、総合的な土木技術に関する唯一の国立研究機関として、河川、ダム、砂防、道路、下水道等の建設事業全般にわたる研究を実施してきており、本州四国連絡橋や東京湾横断道路などのビッグプロジェクトの実現に向けた研究開発を行うなど、土木技術の高度化、総合化に貢献し、土木分野の卓越した研究拠点（センター・オブ・エクセレンス、ＣＯＥ）になりつつある。

これらの研究開発にあたっては、効果的・効率的な研究活動を推進すべく、産・学・官が一体となって研究に取り組む総合技術開発プロジェクトや共同研究制度を活用し、また、人的な研究者の交流を図るべく部外研究員制度を設けている。

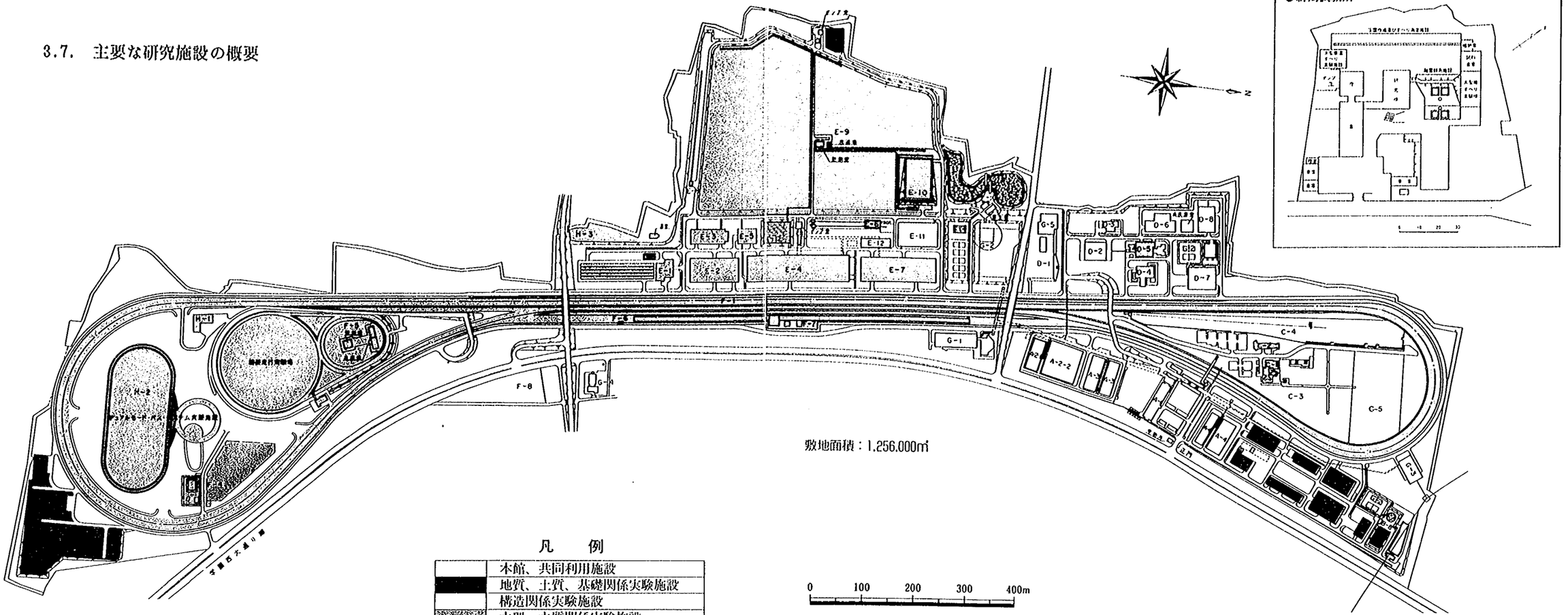
現在の土木研究所における研究は、地質化学、河川、下水道、ダム、砂防、道路、機械施工、構造橋梁、地震防災の９研究部、積算技術研究センター及び新潟試験所において実施されている。

研究課題毎の研究の実施は、課題の内容に応じて、１研究室、１課あるいは１試験所独自で実施する場合あるいは試験所が参加して総合的に実施する場合あるいは公団、民間等との共同研究による場合など様々な進め方がある。図－3.6.1に研究課題数の各年度毎の推移を示す。



図－3.6.1　研究課題数の推移

3.7. 主要な研究施設の概要



No.	施設名	課室名	主要設備機械
A-1	研究本館	共通	管理部門・研究部門及び積算技術研究センター執務室、電算室、厚生施設等共同利用施設
A-2-1	水質水文共同実験棟	〃	下水水質汚泥分析実験設備、洪水流出・貯水池操作シミュレーション設備
A-2-2	水理共同実験棟	〃	水理実験用各種実験水路、造波装置、計測自動化装置、給水設備
A-3	材料構造共同実験棟	〃	コンクリート・鋼材・高分子舗装材料・水中トンネル材料、ダム構造・振動・交通関係等の材料及び構造実験設備
A-4	土質共同実験棟	〃	土質・岩石・フィルダム材料等の物理及び力学実験設備、土構造物・岩盤の模型実験設備、降雨装置
G-1	実験廃水処理施設	〃	物理系廃水・有機系廃水・無機系廃水・実験一般廃水・セメント含有廃水・油含有廃水・塩含有廃水処理設備
G-2	運動施設	〃	ソフトボール場（1面）、テニスコート（9面）、プール（1面）、厚生棟
G-3	受変電設備	〃	受電容量26,000KVA（内6,000KVA非国土地理院）
G-4	筑波研修会館	〃	宿泊施設、会議室
G-5	体育館	〃	バスケットコート（1面）、バレーコート（2面）、バトミントンコート（6面）
G-5	研究資料館	〃	研究紹介パネル、デュアルモードバス・建設機械及び土石流発生装置の模型、計測機器及び通信機器等
	浸透実験施設	土質研究室	三次元浸透実験槽、降雨装置、水位調節装置、観測台車、地盤沈下発生装置
	掘削模型実験施設	機械研究室	軟岩掘削実験機、軟岩掘削装置、岩掘削用ビット試験機、動的遠心力載荷実験装置
	地すべり模型実験施設	砂防・地すべり・急傾斜地崩壊研究室	地すべり・砂防実験斜面・崩壊実験斜面、崩土流動実験設備、土石流発生実験水路、降雨装置
	基礎特殊実験施設	基礎研究室	実験槽、材料実験場、載荷装置
	土工実験施設	施工研究室	軟弱地盤安定処理実験槽、擁壁実験槽、擁壁実験装置、降雨装置、泥水循環式掘削機
	盛土実験施設	土質研究室	盛土実験槽、降雨装置、水位調節装置、観測用ゴンドラ設備、多目的載荷装置
	地質実験施設	地質研究室	大型実験水槽、グラウト実験場、水中ボーリング機、超音波岩石破砕試験装置
	海底作業実験場	機械研究室	実験水槽（深）、実験水槽（浅）、門型クレーン
	土工管理実験場	施工研究室	屋外実験場
	基礎機械格納庫	基礎研究室	ロータリーホイールサンプラ、ボーリング機械
C-3	強震観測場	振動研究室	強震計設置、地表8台、地中5台、地震測定装置
C-5	建設機械屋外実験場	機械研究室	屋外実験場
D-1	強震観測場	振動研究室	強震計設置、地表1台、地中5台、地震測定装置
D-2	構造力学実験施設	構造・トンネル・橋梁研究室	構造物繰り返し載荷装置、大型載荷実験装置、トンネル支保工載荷装置、構造試験用起振機
D-3	ダム耐震実験施設	フィルダム研究室	振動台、加振負荷装置、大型振動三軸圧縮試験装置
D-4	耐風工学実験施設	構造研究室	フラッター風洞、非定常空気力風洞、煙風洞

No.	施設名	課室名	主要設備機械
D-6	振動実験施設	振動研究室	振動台、加振負荷装置、循環模型振動台
D-7	構造物実験施設	橋梁・コンクリート研究室	3000ton大型構造部材万能試験機、大型構造物繰り返し載荷試験装置
D-8	部材耐震強度実験施設	耐震研究室	大変位加振負荷装置、加振負荷装置、曲げモーメント載荷装置、軸力載荷装置
E-11	大型風洞実験施設	構造研究室	大型風洞
F-8	建設材料研究施設	化学研究室	暴露環境観測室
E-1	水質実験施設	下水・三次処理・水質・汚泥研究室	エアレーション実験設備、還流水路、活性炭再生炉、門型回転水路
E-2	ダム水理実験施設	水工水資源研究室	三次元ダム水理模型実験設備、給排水設備
E-3	ダム水理実験施設別棟	水工水資源研究室	高速流実験設備、高圧水槽設備、給水設備
E-4	河川水理実験施設	河川研究室	実験用給水設備、密度流二次元水路、造波装置、起潮装置、潮流実験用風洞
E-5	伏流水実験施設	水文研究室	人工降雨装置
E-6	波浪実験水路	海岸研究室	漂砂実験水路設備、不規則波造装置、不規則波実験水路設備
E-7	海洋沿岸実験施設	海岸研究室	大型平面水槽設備、潮汐発生装置、平面造波装置、不規則造波水槽設備、不規則波平面造波装置、海洋沿岸実験自動化処理装置
E-8	流速計検定施設	水文研究室	流速計検定水路設備、流速計検定台車
E-9	河川模型実験施設	河川研究室	実験用給水施設、大型構造物実験水路設備、河川構造物外力測定用回流渠水路
E-10	砂防流路工実験施設	砂防研究室	流路工実験斜面、給水設備、観測設備
E-12	河川環境実験施設	河川環境研究室	実験水路、実験用給水設備
F-4	水文観測場	水文研究室	水文観測実験設備
C-1	騒音実験施設	交通環境研究室	第1残響室、第2残響室、第3残響室、無響室
C-2	標識屋内実験施設	交通安全研究室	可動式標識装着装置、人工降雨装置、映写設備、照明設備
C-4	衝突実験施設	交通安全研究室	実験場、指令塔、観測塔、重量車加速設備（ウインチ設備）、防護設備
D-5	大気汚染実験施設	交通環境研究室	拡散風洞設備
F-1	試験走路	道路・交通安全・トンネル研究室	可動式標識、照明設備
F-5	舗装走行実験場	舗装研究室	実験走路（大ループ、中ループ）、荷重車、地上制御設備、回転摩耗試験機、繰り返し載荷試験機
F-6	高速すべり実車挙動実験施設	道路研究室	すべり実験走路、連結装置、散水装置
F-7	実大トンネル実験施設	トンネル研究室	実大トンネル設備（全長700m）、地下ダクト設備、水噴霧設備、換気設備、照明設備
H-1	新交通実験施設	新交通・道路研究室	景観解析装置、道路実験計測用管理システム、植栽環境解析装置、道路走行模擬装置
H-2	デュアルモードバスシステム実験施設	新交通研究室	ガイドウェイ約1km、実験用バス2台、トラック1台、中央制御装置
H-3	緑化実験圃場	緑化生態研究室	生育環境調整装置、屋内グロースキャビネット、屋外グロースキャビネット

図－3.7.1　研究施設の概要

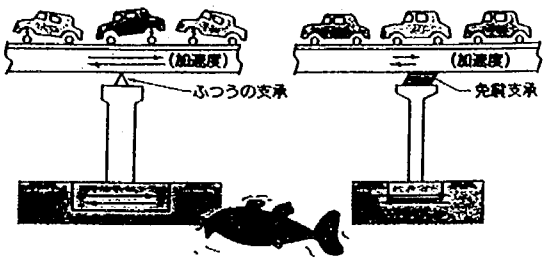
3.8.最近の具体的な成果

土木研究所の役割は、建設省の所管する事業における技術的問題の解明、地方建設局等が現場で直面する計画、設計、施工等の技術的問題の模型実験等による解決である。その研究成果は、新技術・新工法、新しい基準・指針となる。これまでに開発された代表的な技術開発の成果について調査研究→新工法の開発→現場への適用という流れで表したものが表－3.8.1である。免震橋梁、ＲＣＤ工法、ＥＰＳ工法等、多くの技術開発を担ってきた。

表－3.8.1　主な技術開発の成果

研究課題名	新工法，新しい指針等	代表的な施工現場
道路橋の免震構造システムの開発	免震橋梁	宮川橋（静岡県），長木川橋（東北地建），温根沼大橋（北海道開発局），丸木橋（岩手県），鳥山1号橋（栃木県）（図－1）
コンクリートダムの設計技術の高度化に関する研究 ローラー締固めコンクリートダムに関する調査	RCD工法	宮ヶ瀬ダム（関東地建），布目ダム（水資源開発公団），観音閣ダム（中華人民共和国）（図－3）
新材料の超軽量盛土材料への利用技術の開発	EPS工法	国道1号（静岡県），9号（鳥取県），13号（山形県）（写真－4）
本州四国連絡橋の耐風，耐震調査	超長大橋梁の耐風・耐震性	明石海峡大橋の耐風設計，耐震設計（写真－5）
道路交通システムの自動化に関する試験調査	ガイドウェイ・バス・システム	志段味線（名古屋市）（写真－6）

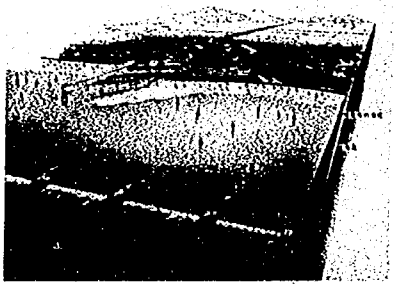
研究課題名	新工法，新しい指針等	代表的な施工現場
コンクリートの耐久性向上技術の開発	塩害及びアルカリ骨材の設計・施工指針	一般的なコンクリート構造物の設計や補修基準に適用（写真－1）
海洋利用空間の創成・保全技術の開発	海域制御構造物等	マルチ・マリン・リゾート（MM2）の事業化に向けてモデル地区を選定中（写真－2）
土石流対策工に関する研究	底面水抜きスクリーングム	桜島（野尻川），富士山（大沢川），焼岳（上々堀沢）（写真－3）
新しい下水輸送システムの開発	真空式下水道システム	愛媛県西条市 静岡県浜松市（図－2）



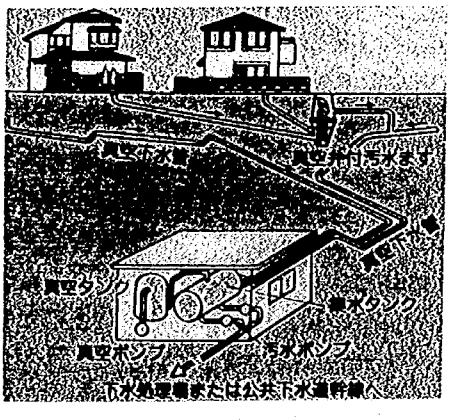
道路橋の免震設計法



被覆防食を行ったコンクリート桁



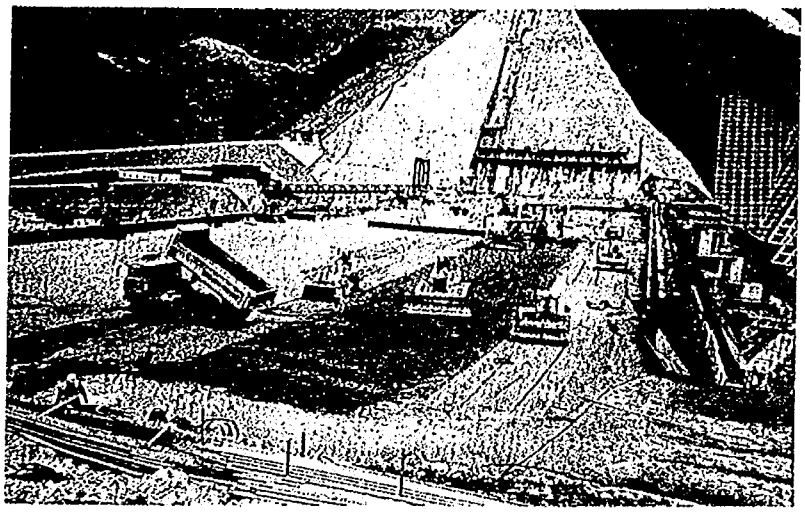
マルチ・マリーン・ゾーンのイメージ



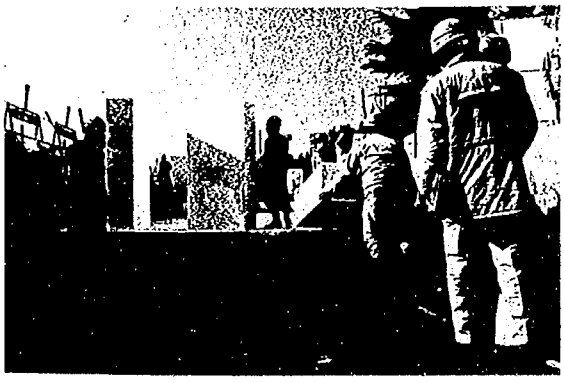
真空式下水道システムの例



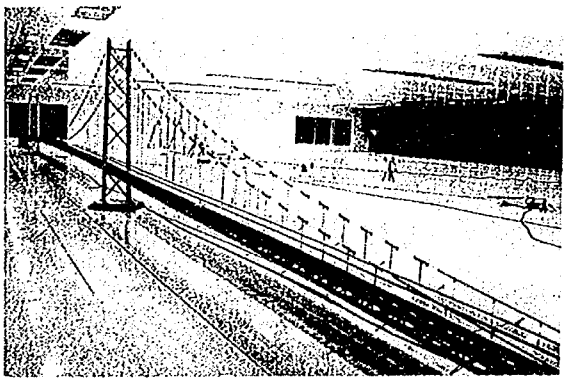
底面水抜きスクリーンダム



RCD 工法の施工現場



EPS 工法の施工状況



明石海峡大橋全橋模型（スケール1/100）



アジア太平洋博覧会会場におけるガイドウェイバス

4. 土木研究所の取り組んでいる主要な研究

4.1 研究・開発の主な取り組み課題

土木研究所は、我国の国土建設技術の中枢機関として、多様化し続ける国民のニーズ及び行政ニーズに対応した建設技術の開発と普及を図っている。さらに、地球環境の視点から建設技術の新たな構築を目指すとともに、国際的な貢献をより一層果たすべく研究開発を進めている。現在、土木研究所では多岐にわたるニーズに対応するため約４５０課題の研究を実施しているが、特に以下の施策を重点的に取り組んでいる。

1)人と地球の共生をめざした建設技術の研究開発の推進

建設事業が地球環境や生活環境へ及ぼす影響を把握し、環境の変化に対応した社会資本整備のための建設技術の研究開発が求められている。さらに、人と自然のよりよい関係を保全し、美しい環境を創造するための技術が求められている。

土木研究所では、以下の課題に取り組んでいる。

- 地球温暖化に対応した総合的な国土保全技術に関する研究
- 省資源・省エネルギー型国土建設技術の開発
- 建設副産物の発生抑制・再生利用技術の開発
- 美しい景観の創造技術の開発
- 水環境の保全と利用に関する研究
- 新しい下水輸送システムの開発に関する研究
- 緑化空間創出のための基盤技術の開発
- 環境保全手法の評価に関する研究
- 特殊部の騒音特性に関する研究

2)ミニマム・インパクト・テクノロジーの推進

社会資本の整備にあたっては、生態系に大きな影響を及ぼさないような建設技術が必要になっている。このため、自然環境に対する負荷を軽減し、建設後もよりよい環境が保たれる建設技術（ミニマム・インパクト・テクノロジー）の開発が求められている。

土木研究所では、以下の課題に取り組んでいる。

- 環境施設帯に関する研究
- 低公害車の環境に与える影響及び普及等に関する研究
- ダム貯水池における水質保全技術の開発
- のり面緑化工に関する研究
- 魚道及び魚巣ブロックの効果に関する調査

3)安心して暮らせる社会基盤の創造技術の推進

地震、洪水、津波、土石流、火砕流等の災害から貴い人命や国民の財産を守ることは、建設省の最大の課題である。さらに、自動車保有台数の増大から交通事故の件数は増大しており、総合的な交通事故低減のための施策・交通安全対策は急務となっている。このため、人々が安心して暮らせる社会基盤を創造するための技術開発が求められている。

土木研究所では、以下の課題に取り組んでいる。

- 大都市地域における地震防災の向上技術の開発
- 氾濫流の挙動把握手法の研究
- 土砂災害に関する防災システムの開発
- 火山地域における防災技術に関する研究
- 雪崩防護施設の設計計画手法に関する研究
- 社会資本の維持更新・機能向上技術の開発
- 道路構造の高規格化及びインテリジェント化に関する研究
- 新物流システムの開発
- 超長大橋の設計施工法に関する研究
- 道路橋設計体系の合理化に関する研究
- 交通弱者に対する道路交通安全施設の開発に関する研究
- 交通渋滞の予測と対策に関する研究
- 統合交通事故データベースの作成と活用に関する試験調査

4)安全な建設技術の研究開発の推進

建設労働者の高齢化、未熟化が進み、工事の安全性に多大な影響を及ぼしている。また、大規模な建設工事が多くなっており、都市内での工事等で一度事故が発生するとその社会的影響が大きくなっている。このため、建設工事における安全性向上へのより一層の取り組みが急務になっている。事前に工事現場等の状況を精度よく把握し、工事の設計・施工に反映させる技術、さらに施工技術の省人化・自動化等のより一層の技術開発に取り組んでいる。

土木研究所では、以下の課題に取り組んでいる。

- 先端的計測技術による情報化施工に関する研究
- 建設機械のＡＩ制御システムに関する研究
- 新地盤探査技術の開発
- 安全対策型施工技術の開発
- 建設事業における施工新技術の開発
- ＩＣカードによる施工情報管理システムの開発

4.2 現在取り組んでいる研究・技術開発

土木研究所で取り組んでいる４５０余りの研究課題のうち、土木研究所が先導的に取り組んでいる新しい建設技術開発に関する研究を６例紹介する。

4.2.1 建設事業への新素材・新材料利用技術の開発

1) 背景、行政ニーズ

公共土木工事においては、鉄鋼、コンクリート、土砂などを主要な建設材料として活用しているが、土木材料として備えた能力の点で、近年の社会の高度なニーズに対して必ずしも充分とはいえない。社会資本を高い質的水準で維持していくことは、今後の高齢化の進行や労働力の減少、社会資本ストックの増大等の状況下で、極めて重要な社会的要請となっており、これまでの建設技術をさらに高度化する必要に迫られている。このため、従来使われてきた材料だけでなく、高性能、高安定性、高耐久性の材料を活用し、施工の簡易化・効率化や、構造物の維持管理も含めた低コスト化等を図ることが、これからの建設技術において必要である。

このような観点から、既に開発されてはいるが、建設分野での利用が少ない材料、現在開発されつつある材料等について、建設分野での利用の可能性の検討や利用技術の開発を行うものである。

2) 期間

1988年度(昭和63)～1992年度(平成４)までの５年間

3) 研究方法

本研究の研究範囲は、土木分野全般から材料科学分野までと非常に広域にわたるため、土木研究所だけでなく、大学、民間の研究者・技術者の協力を得ながら取り組んだ。

また、全ての材料と土木構造物を対象とした全般的な研究を行うとともに、具体的な新素材利用上の技術開発をも合わせて行った。

主な研究課題は下記の通りである。

(1)土木構造物への利用可能性に関する研究

新素材・新材料の土木構造物への利用の現況の調査を行った。また土木構造物から新素材・新材料へのニーズと、新素材・新材料のシーズを調査し、ニーズに対応した材料および材料に対する要求性能を検討して、ニーズとシーズの関連づけを進め、新たな利用可能性を探るとともに、さらに開発すべき問題点について検討を行った。

(2)新地盤材料の利用技術の開発

地盤の間隙性状の調査と間隙閉塞機構の調査を行い、浸透性、強度、耐久性、安全性の高い新注入材料の試作と適用性の調査、施工法の開発を行った。

(3)高耐久性被覆材料の利用技術の開発

ふっ素系樹脂塗料、シリコン系樹脂塗料などの、特に高い耐久性をもつ塗料・被覆材料の、開発および改良を行っている。また、高耐久性被覆材料の特性を活かした工法の開発および耐久性評価方法の検討を行っている。

(4)高性能コンクリートの開発

高性能コンクリートの開発として、超早強コンクリートの開発研究、高強度低発熱コンクリートの評価法の研究を行った。

(5)超軽量盛土材料の利用技術の開発

発泡スチロール（ＥＰＳ）を盛土材料として用いるものである。超軽量盛土材料の力学的性能および耐久性に関する検討を行った。さらに設計法、施工法についての検討を行い、設計施工マニュアルを作成した。

(6)橋梁用ケーブルへの新素材の利用技術の開発

炭素繊維などの新しい繊維によるＦＲＰを橋梁用ケーブルに応用するものである。物性試験、耐久性評価に関する検討を行うとともに、設計法、施工法、安全性等について検討を行い、橋梁用ケーブルへの新材料の利用技術を開発している。

(7)総合評価に関する研究

新素材を土木構造物に利用する際に必要な主な評価項目を明確にし、特に耐久性、安全性などについて材料評価技術の開発を行うことを目的とした研究を行っている。

耐久性については、現在のところ評価の手法が確立されていない。本研究では、特に高分子系と金属系の新素材について、主な土木用途を考慮した上で、耐久性評価手法と新素材を土木分野に導入する場合に必要な考え方の整理を行っている。

またこの他に、安全性については各種の基準等の調査を行い整理している。

4) 得られる効果

本研究で得られる成果は、実際の建設省内外の工事に円滑に普及を図るために、利用技術指針（マニュアル）の形でまとめている。

また、このマニュアルを用いて、現場における試験施工を行うことにより、効果、信頼性、耐久性などの実証試験を実施している。

5) 実施上の課題

これまで公共土木工事において、新素材が採用されにくい状況にあったのは、以下のような課題があったためと考えられる。

ひとつには、新素材は従来材料にくらべ高価であることが多いが、そのような材料を採用するには、価格に見合った効果があることが証明される必要があったが、そのような評価の手法は、これまで開発されていなかった。

また、新素材・新材料は開発後間もない材料であるため、性能的には優れた材料であっても、データの蓄積や実績の面では乏しいことが多い点である。特に、長期の耐久性を要求する土木構造物としては、耐久性に関するデータが重視されるが、耐久性に関する評価手法は確立されておらず、最も信頼される手法は試験施工であり、試験することが難しかった。

本研究ではこのような視点を基礎に技術開発を行っている。

4.2.2　ダムの合理化施工

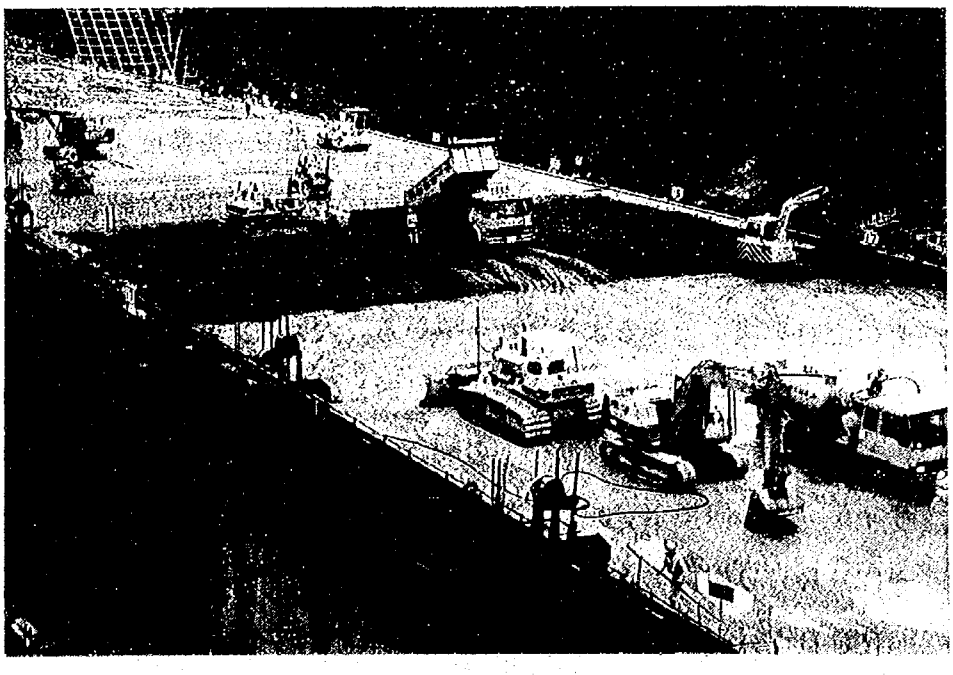
1)　背景、行政的ニーズ

わが国における近代的ダムの建設の歴史は1900年代に遡るが、大規模なダムが盛んに建設され始めたのは1940年代からである。当時のダム形式としては設計理論が明確な重力式コンクリートダムが一般的であったが、1950年代後半に入ると、構造解析技術の進歩によってアーチ式コンクリートダムや中空重力式コンクリートダムが建設されるようになり、堤体積の削減による経済性の追求が行われるようになった。

しかし、1970年代に入ると、人件費の高騰とともに堤体積の削減による経済性の追求の有利性が薄れ、また良好な地質条件を備えたダムサイトも減少してきた結果、コンクリートダムに比べて地質条件に対する対応性が高く、また大型機械化施工による経済性の追求が可能なフィルダムの建設が指向され、大規模なフィルダムが建設された。

ところが、フィルダムは堤体の越水に対する抵抗性が小さいため大規模な洪水吐きが必要となること、またフィルダムの構造上堤体内に洪水吐きを設置できないことから、地形が急峻なわが国ではフィルダムの建設は必ずしも経済的に有利とならないことが多かった。そこで、大型機械を利用したフィルダムの施工方法を洪水処理に関して構造的に有利なコンクリートダムに適用する新しい施工技術の開発に対して強い要求が生まれた。ＲＣＤ工法は、このような背景を受けて、わが国が世界に先駆けて開発した画期的なコンクリートダムの施工法である。

ＲＣＤ工法に関する最初の試験は、1977年、大川ダムの仮締切ダムで行われ、これによってＲＣＤ工法の施工性とＲＣＤ用コンクリートの品質が確認された。この結果、島地川ダム（堤高89m、堤体積317,000m^3）にＲＣＤ工法が採用され、1981年にＲＣＤ工法による世界最初のダムとして島地川ダムが完成した。以来、ＲＣＤ工法は26のダムで採用され、またその後もＲＣＤ工法の施工技術は著しく進歩し、現在では宮ヶ瀬ダム（堤高155m、堤体積2,000,000m^3）のような高い品質が要求されるハイダムにもＲＣＤ工法の適用が可能となっている。



写真－4.2.1　ＲＣＤ工法の概要

2) 研究方法

ＲＣＤ工法に関する研究は、以下の項目を基本的な柱として精力的に行われた。

(1) 施工の機械化を推進し、人件費の削減を図ること

(2) 施工機械の多様化を図り、ダムサイトの条件に適した施工機械を用いて施工の効率化を図ること

(3) ダムサイトの地形特性、ダムの規模に即した合理的な施工システムを開発すること

この結果、貧配合の超硬練りコンクリートをブルドーザで撒き出して振動ローラーで締固めるコンクリートダムの新しい施工法、すなわちＲＣＤ工法が開発された。土木研究所はこの中で指導的な役割を演じ、多くの室内試験、現地試験を通じて、ＲＣＤ用コンクリートの配合設計法の確立とＲＣＤ工法の設計、施工技術、施工管理技術の確立に貢献している。

3) 研究内容

ＲＣＤ工法に関する研究は、材料に関する研究、設計法に関する研究、施工法に関する研究と多岐にわたるが、ここでは、土木研究所が中心的役割を果たした材料に関する研究について述べる。

(1) ＲＣＤ用コンクリートの配合設計法

ＲＣＤ用コンクリートは、セメントの水和熱に起因する温度ひび割れを防止するために貧配合のコンクリートでなければならない。また、ダンプトラックの走行や振動ローラーの締固めに適した超硬練りのコンクリートでなければならない。さらに、ダム堤体に使用するコンクリートとして所要の密度、強度を有していなければならない。このようなコンクリートを得るための配合設計法の確立は、ＲＣＤ工法を実現するための重要課題であった。

ＲＣＤ用コンクリートの品質は、その配合のほか、その締固め密度によって大きく影響される。そして、締固め密度に大きな影響を与えるのがＲＣＤ用コンクリートのコンシステンシーと締固めエネルギーである。そこで、ＲＣＤ用コンクリートの配合決定にあたっては、締固めに適したコンシステンシーを選定するほか、試験時の締固めエネルギーを精度よく管理する必要がある。このため、ＲＣＤ用コンクリートの配合は、当初、振動ローラーを用いた試験施工によって決定されていたが、現在では、大型供試体作製装置とこの装置を用いた配合決定手法が開発され、室内試験によって合理的にその配合を決定できるようになっている。大型供試体試験は、①単位水量の決定試験、②単位ペースト量の決定試験、③細骨材率の決定試験、④ＶＣ値の経時変化測定試験からなる。

なお、ＲＣＤ用コンクリートの配合は、骨材最大寸法が80㎜、単位結合材量が120～130kg/㎥ 、フライアッシュ置換率が30%、単位水量が95～105kg/㎥、細骨材率が30～32%程度である。

(2) ＲＣＤ用コンクリートのコンシステンシー測定

ＲＣＤ用コンクリートの締固めやすさはそのコンシステンシーによって大きな影響を受けるが、ＲＣＤ用コンクリートのコンシステンシーを表す指標がＶＣ値である。ＶＣ値とは、20kgの錘を載荷し

てＲＣＤ用コンクリートに振動を与えたとき、その表面全体にペーストが浮上するまでの秒数で定義され、このＶＣ値を求める試験をＶＣ試験という。ＶＣ試験はＲＣＤ工法の開発に併せて新しく開発された試験法であるが、その後、多くの改良が行われ、現在のようなＶＣ試験とＶＣ試験機の規格の標準化が図られている。一般にＲＣＤ用コンクリートに適したＶＣ値は20秒である。

(3) ＲＣＤ用コンクリート用の品質管理手法

ＲＣＤ用コンクリートの品質は、そのコンシステンシーと締固め密度によって大きな影響を受ける。このため、ＲＣＤ用コンクリートの施工においては、その品質管理が従来にも増して重要となる。ＲＣＤ用コンクリートの品質管理は、①ＶＣ値によるコンシステンシーの管理、②振動ローラーの転圧回数、締固め時の沈下量、ＲＩ密度の測定による密度管理、③標準供試体の圧縮試験による強度管理からなる。なお、標準供試体の作製にあたっては締固めエネルギーを精度よく制御する必要があり、このため、ＲＣＤ用コンクリート用標準供試体作製装置が新たに開発されている。

4) 得られる効果

ＲＣＤ工法の開発によってもたらされた効果は以下のとおりである。

(1) 施工の効率化と経済性の向上： ＲＣＤ工法では、貧配合コンクリートを用いることによってセメントの水和熱に起因する温度ひび割れの問題が大きく解消された。その結果、大量のコンクリートの同時打設（面状打設法）が可能となり、施工の効率化と経済性の向上が図られた。

(2) 施工の安全性の向上： ＲＣＤ工法はリフト差のない面状打設法を採用することから、作業時の死角、また狭い場所での高所作業がなくなり、施工の安全性が著しく向上した。

(3) 周辺環境に与える影響の緩和： 面状打設法を採用したＲＣＤ工法では、コンクリートの運搬手段としてダンプトラック、インクライン、ベルトコンベアなどの様々な手段を採用し得る。したがって、走行ケーブルクレーン方式を用いた従来工法の場合ようにダム天端以高に大規模な法面掘削が不要になり、ダムサイトの環境保全の面で優れた工法となった。

5) 今後の研究課題

ＲＣＤ工法の経済性をさらに追求し、またＲＣＤ工法の信頼性をさらに向上させるためには、次の課題についての研究が必要である。

(1) 高精度の骨材水分管理手法の確立： ＲＣＤ用コンクリートのコンシステンシーは単位水量の影響を敏感に受ける。このため、骨材の表面水を精度よく測定する水分管理手法の確立が必要である。

(2) 小規模ダムなど狭い施工場所への適用性： ＲＣＤ工法は、打設面積が広い大規模ダムにおいてその特性を最大限に発揮するが、施工面積が狭い小規模なダム、また通常ダムの堤頂部ではその特性を十二分に発揮できない。そこで、小規模ダムにおける合理化施工法の開発が必要である。

(3) 骨材製造の合理化： コンクリートの単価は骨材の単価によって最も大きな影響を受ける。そこで、コンクリートの単価の低減を図るためには、骨材製造方法の合理化と骨材の有効利用が必要である。このため、これらを可能とするコンクリートの配合設計法、堤体設計法の開発が必要である。

4.2.3 路車間情報システムの開発と次世代道路交通システムについて

1) 背景、行政ニーズ

わが国における国民生活及び経済活動の自動車交通に対する依存度は年々高まっており、道路整備の進展が追随できず、交通渋滞の増加は常に社会問題として位置付けられてきた。さらに、交通事故死亡者数も近年再び、10,000人を越え、増加の傾向にある。一方、21世紀に向け、社会経済環境は労働時間の短縮、余暇時間の増加及び高齢化の進展等により多くの面で大きな変貌を遂げようとしており、定時走行性の確保、各種情報の提供といった道路に対するニーズも一層多様化、高度化していくことが予想される。

このような背景の下に、近年における電気通信技術や情報処理技術を活用した様々な路車間情報システムの開発が行われている。

2) 期間

前述のような背景の中で、建設省としては、1986年度より4か年計画で路車間情報システムの開発を行った。また、さらに、多様化、高度化するドライバーのニーズに対応するため、1989年度より次世代を目指した新しい道路交通システム（次世代道路交通システム）の研究に着手している。

3) 研究方法

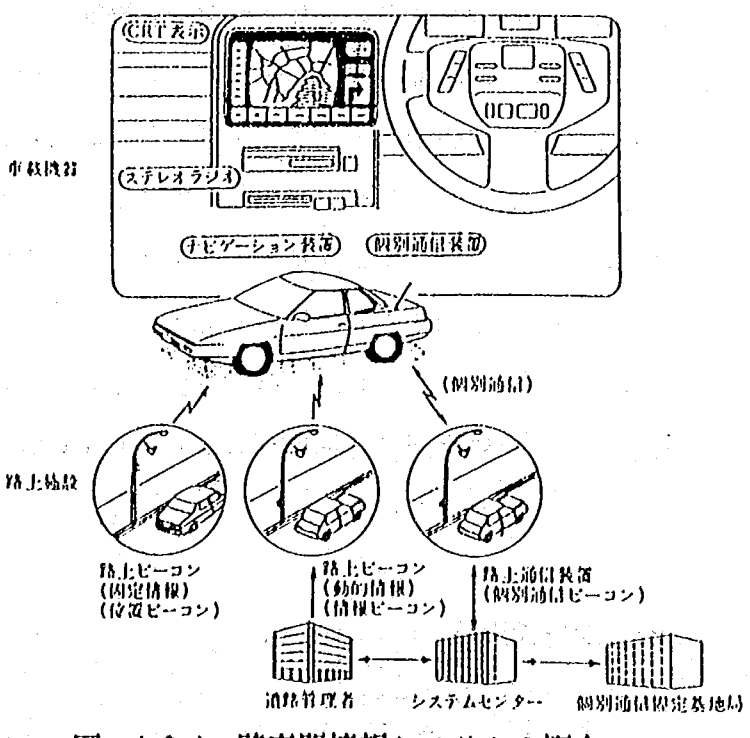
路車間情報システム及び次世代道路交通システムの開発を進めるには、道路交通だけではなく、自動車工学、電気通信工学等に関する幅広い知識が必要となる。そこで、両システムとも電気、自動車メーカー等との共同研究体制で開発を進めている。

4) 研究内容及び効果

(1)路車間情報システム

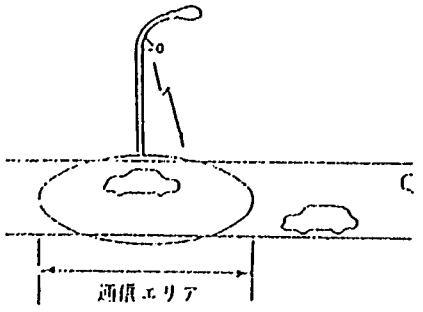
a.) 開発システムの概要

路車間情報システムの全体イメージは図－4.2.1に示すとおりで、路側に設置された通信機（ビーコン）と車載機器及び中央処理装置（システムセンター）等から構成されており、車両とビーコンの間を無線通信で、ビーコンとシステムセンターの間を有線ネットワークで結び、各種情報の提供・収集を目指すものである。無線通信には方向性、



図－4.2.1 路車間情報システムの概念

通信領域、通信形態によって様々な方式が考えられるが、本システムでは図－4.2.2に示すような片方向、双方向の狭域デジタル通信を基本とし、以下に示す機能を有している。



図－4.2.2　間欠極小ゾーン通信方式

① ナビゲーション機能

ナビゲーション機能とは、車載のセンサーと車内表示されるデジタル道路地図によりドライバーに現在位置を認識させ、目的地まで案内する機能である。ビーコンより提供される位置情報は車載のセンサーの誤差を補正する機能を有している。

② 情報サービス機能

情報サービス機能とは、ビーコンから道路交通情報や駐車場情報等を送信し、車載機側でドライバーが目的に応じた情報を選択、表示する機能である。

③ 個別通信機能

①、②の機能はビーコンからの片方向通信を前提としている。これに対し、個別通信機能とは車両とビーコンとの双方向通信により、相互のメッセージ通信や車両運行管理を行なう機能である。

b.） 開発状況

1989年度までに基本的な機能の構築及び機能検証実験が行われた。実験を行った項目としては、デジタル道路地図及び車載ナビゲーション機能に関する実験、準マイクロ波下におけるビーコンの基本通信機能検証及び位置評定実験、ビーコンからの動的情報提供機能検証実験、ビーコンを介した車両と基地局の双方向通信実験等が上げられる。また、得られた実験結果をもとに、システム実用化の際の重要な要素となるビーコンの設置間隔案、デジタル地図の標準フォーマット案、動的情報内容案等の作成を行なった。本システムの実現により、円滑な道路交通の実現、自動車内での高度な情報サービスの実現等が効果として期待できる。

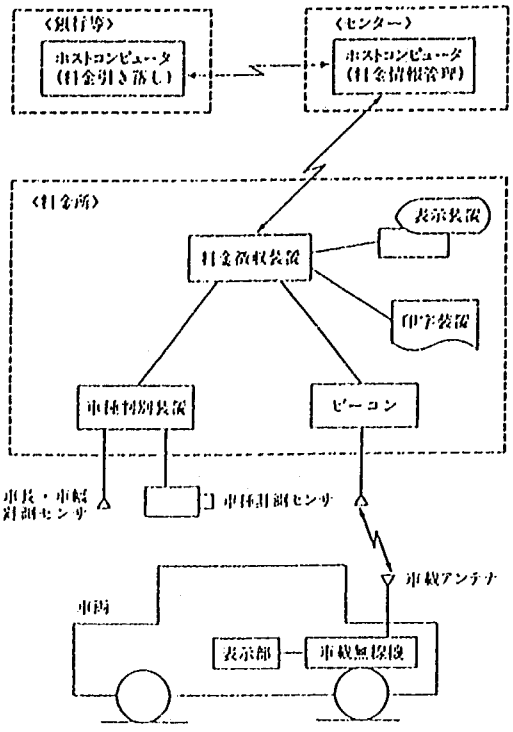
なお、本システムは1989年度より、実用化へ向けた取組みとして関係省庁（警察庁、郵政省）と調整しつつ、道路交通情報通信システム（ＶＩＣＳシステム）として実用化に向けた最終的な検討を行っているところである。

(2) 次世代道路交通システム

a.） システムの概要

路車間情報システムの開発によって道路空間内

の情報化は飛躍的に高まったといえる。しかしながら、道路に関するドライバーのニーズは益々、多様化、高度化してきており、それに対応した新しい道路交通システムの構築が望まれている。そこで、1989年度より、次世代道路交通システムの研究開発を開始している。この研究は、単に路車間情報システムの応用にとどまらず、次世代における社会のニーズに沿った、より安全で輸送効率の高い道路交通のあり方を、道路と自動車を一体のシステムとして追及しようとするものである。以下、現在開発中の本システムのうちのいくつかの概要について述べる。



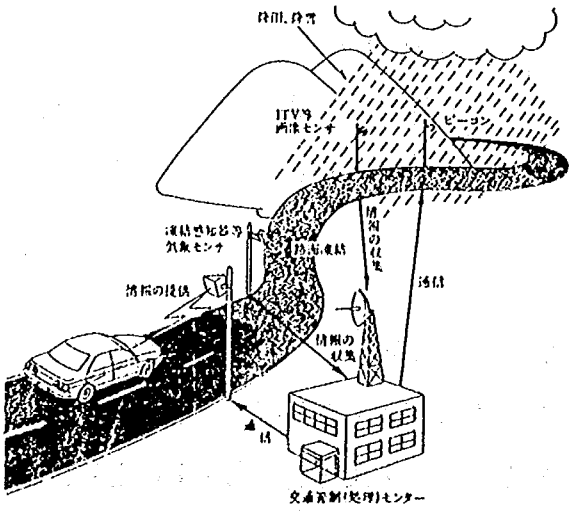
図－4.2.3　自動料金徴収システム

① 自動料金徴収システム

有料道路の料金所ゲートにおいて、車両ＩＤを識別し、料金所での料金徴収を自動化するものである。このシステムを導入することにより料金所での磁気カードの受取、料金支払に伴う車両の停止を解消し、① 料金所での渋滞の解消、② 料金所での追突、割込み事故等の防止、③ 料金所での停止、発進による排ガス、騒音等の減少、④ 料金所の無人化による人件費の節減等が効果として期待できる。（図－4.2.3）

② 路面状況検知システム

道路に設置した各種の気象センサーにより、路面凍結、降雨等の、路面状況を検知し、ドライバーにビーコン等の道路側設備から、その情報をリアルタイムに提供するものである。このシステムによりドライバーに対する的確な道路状況の伝達が可能となる。（図－4.2.4）



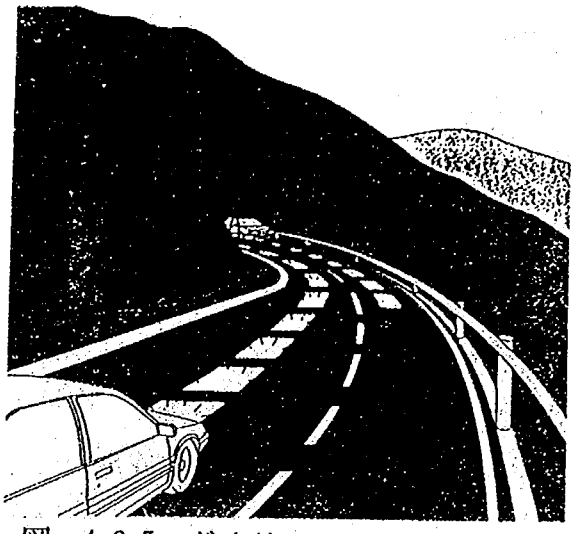
図－4.2.4　道路状況情報提供システム

③ ガイドライトシステム

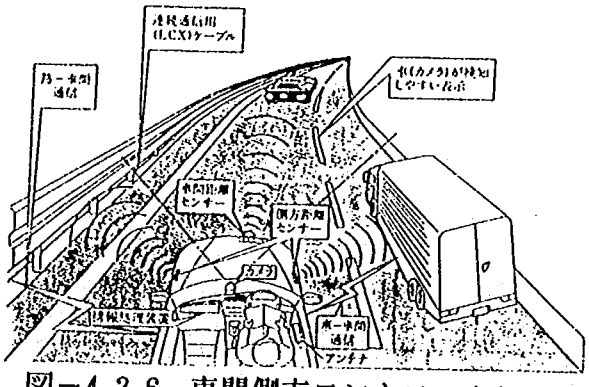
山間部等の見通しの悪いカーブ等に発光帯を設置し、対向車の存在をドライバーに伝達するシステムである。このシステムの導入によりカーブでの正面衝突事故が減少可能となる。（図－4.2.5）

④ 車間・側方コントロールシステム

このシステムは車両の運転制御を道路側から支援し、前後左右を走行する車両との間隔及び路車間の側方距離をコントロールするものであり、将来的には自動運転を目的としたシステムである。このシステムはドライバーの認知、判断、操作を補完あるいは代替するシステムである。このシステムはドライバーの運転操作ミスを防ぐことによる安全性の向上、及び、均一且つ、適切な走行状態を保つことにより輸送効率の向上が効果として期待できる。なお、このシステムは目的とする制御項目やシステムの段階において数種類のバリエーションが考えられている。（図－4.2.6）



図－4.2.5 ガイドライトシステム



図－4.2.6 車間側方コントロールシステム

b.） 現時点の開発状況

a.）で示した各種システムを構築するには各種の技術開発課題の検討が必要となる。そこで、検討の第一段階として各システムにおいて根幹となる技術開発課題を抽出、整理し検討を進めている。根幹となる重要な技術開発課題として移動体通信技術がある。次世代道路交通システムにおいて必要となる通信として① リアルタイム、② 連続、常時接続、③ 高信頼等が上げられる。その条件を満たす通信方式としては道路に沿って敷設した漏洩同軸ケーブルによる無線ゾーンを形成する、という方法が考えられる。そのため、現在、準マイクロ波下における漏洩同軸ケーブルの通信機能検証を行っているところである。

5） 実施上の課題

路車間情報システム及び次世代道路交通システムとも、総合的な交通システムであり、道路技術のみでなく、自動車技術、交通運用技術等にわたる各種課題の検討が必要となる。そのためそれらに関する各種基準を作成、あるいは関係システムを管理運用する機関との調整作業等が、重要な課題となると考えられる。

4.2.4 建設事業における施工新技術の開発

1)背景、行政ニーズ

わが国において、公共事業投資は景気浮揚策とともに内需拡大策として大きな役割を担うことが期待されている。しかしながら、昨今の建設業を取り巻く情勢は決して容易ではない。例えば、建設業の低労働生産性は以前より指摘されているところであるが、将来的にも、建設労働者の高齢化や専門技術者、技能労働者の不足が予測されるなか、早急に解決が図られなければならない。また、労働時間が長い、賃金が安い、危険な作業が多い、といった労働条件・作業環境の改善が遅れており、ひいては、若者の建設産業離れにつながっていることも大きな問題である。一方、21世紀初頭に予期される本格的な高齢化社会の到来をまえに、住宅・社会資本の整備は喫緊の課題であり、上記の建設業が内包する問題に対処しつつ、地球環境に優しい省資源・省エネルギー対策を実現し、国際社会へ貢献するとともに、生活の多様化、個性化に対応した質の高い生活空間を創造するといった建設事業に課せられた重要な役割を果していかなければならない。

これらの課題に応えるためには、建設技術の開発を着実に推進していくことが必要であり、建設施工の自動化、高度化のための新技術を早急に開発し、建設現場に的確に普及させることによって、建設事業のより一層の効率化を推進し、省力化、高品質化、安全性の向上、作業環境の改善を図っていく必要がある。

2)期間

1990年度～1994年度

3)研究方法

土木研究所を中心に、大学、民間等の研究者、技術者の協力を得ながら、ロボット化等の自動化技術、プレハブ化技術等の開発を、次の８つのテーマについて取り組んでいる（図－4.2.7参照）。

①自動化に適したコンクリート構造物並びに施工法の研究　②トンネル施工における自動化技術の研究　③橋梁基礎の施工における自動化技術の研究　④自動化土工システムに関する研究　⑤ダム施工における自動化技術の総合化に関する研究　⑥舗装用機械の合理化に関する研究　⑦二次製品利用による施工合理化・ロボット化に関する研究　⑧プレキャスト型枠部材を使用した合理化技術の開発

以下、①、③、④、⑧について紹介する。

4)研究内容及び得られる効果

(1)自動化に適したコンクリート構造物並びに施工法の研究

コンクリート構造物は、現場条件の特殊性等から現場施工を主流とした一品注文生産性の性格が強

いこともあって、自動車や家電製品等の他産業に比べて自動化施工等の合理化が遅れ、鉄筋の加工・組立からコンクリート打設までの各作業に多くの人手と熟練工を要している。

このため、本研究では、自動化施工等に対応した環境整備を図るために、構造物形状の単純化、部材の規格化や標準化、鉄筋形状の単純化、溶接による鉄筋の結束・組立、鉄筋のユニット化、さらには締固め不要なコンクリート材料の開発および、その品質管理手法の確立等を行う。また、これらの現場への円滑な普及に資するための鉄筋コンクリートの設計・施工基準の整備や施工合理化に対応した土木構造物の標準設計を作成する。これによって、コンクリート工の一連作業の合理化、省人化、苦渋作業の開放、低熟練工での作業を可能とするとともに、今後の自動化施工やロボット施工が促進され、深刻となっている労働者の高齢化や鉄筋・型わく工等の熟練工不足への一つの対応策として期待される。

(2)橋梁基礎の施工における自動化技術の研究

近年、橋梁工事に求められる施工条件は厳しくなってきており、その規模も大規模化しつつある。要求される施工条件としては労働者の削減、狭隘な施工ヤード、急速施工、高品質化などがある。これらに対応するため、ケーソンの施工において躯体のプレキャスト構築、およびその自動掘削・沈下システムを導入した工法を研究、開発している。この工法の特徴は直接工事費は、現在の積算体系においては若干のコストアップがあるが、工期の短縮、現場労働者数の削減など、将来を展望したときのメリットは非常に大きいと考えられる。

(3)自動化土工システムに関する研究

土工は、天候や地形、地質等の自然環境の影響を強く受けること、天然材料である多種多様な土砂、岩石等を対象とすることから、その施工計画・管理の良否如何で出来形、品質が大きく影響される。このため、施工計画・管理の高度化を図る手法として、施工情報を迅速に収集、処理し、施工計画から施工管理までを一貫して運営管理する統合システムを開発する。この統合システムは、設計施工データベースをもち、現場で収集された施工情報を記録、整理し、出来高数量等より進捗状況を把握するとともに、演算・シミュレーションを行い、要員、資機材等の投入など、次のステップの計画を立てるプログラムの開発と、出来高、品質管理の情報を収集する機器並びに中央制御された自動化土工機械の開発よりなる。このシステムの開発により、現場において盛立て、運搬等の施工計画の立案及び出来高計測、締め固め管理等の施工管理に要していた手間が大幅に削減されるとともに、合理的な施工計画の立案、高度な施工管理が可能となる。

(4)プレキャスト型枠部材を使用した合理化技術の開発

プレキャスト型枠による施工合理化技術の開発においては、プレキャスト型枠を現場で組み立て、その中に二次コンクリートを打設し、施工後も型枠を取り外さずそのまま構造物の外壁とする工法について研究を行っている。このことにより、機械化施工を前提とした大型プレハブ工法による施工の

合理化を図る。

5)実施上の課題

(1)自動化に適したコンクリート構造物並びに施工法の研究

コンクリート構造物は、経済性を追求した構造形態を基本とするあまり構造毎の特殊性が強調され、それが今日の施工合理化を阻害する要因の一つとなっている。したがって、コンクリート構造物の施工合理化を図る上での設計面での課題として、従来の経済性を追求した材料ミニマムを目標とした設計思想から、構造物の形状の単純化、寸法の規格化・標準化や鉄筋のユニット化等、施工性に配慮した工数ミニマムといった新たな設計思想への転換が設計技術者に要求されることになる。そのためには、本研究で得られる施工合理化の具体的方策を、従来の構造物に要求される機能・耐久性を損なわずに、コンクリート構造物の設計・施工管理に係る現行の諸基準へ反映させるとともに、これに対応した積算基準の整備が不可欠となる。

(2)橋梁基礎の施工における自動化技術の研究

ケーソン躯体をプレキャスト化する際に必要となる部材の接合継手は、完成時の躯体剛性に大きく影響することから、耐久性等の信頼性が高いものである必要がある。その場合、要求される継手の剛性、耐力は継手が無い状態と同等程度であることだが、一般に継手部がそれを満たすことは非常に困難である。そのため継手部における剛性低下を考慮した設計法の検討が必要である。

また、このような新しい工法はコストが割高になってしまい、公共事業などの場合には導入が進まない問題がある。この問題を解決するには、たとえば工期短縮によって道路等が早く供用され渋滞が解消することや、作業員の不足、高齢化への対応など現在の積算体系のなかであまり評価されていない経済的、社会的メリットの部分への見直しによって新技術に取り組み易い体制づくりが必要である。

(3)自動化土工システムに関する研究

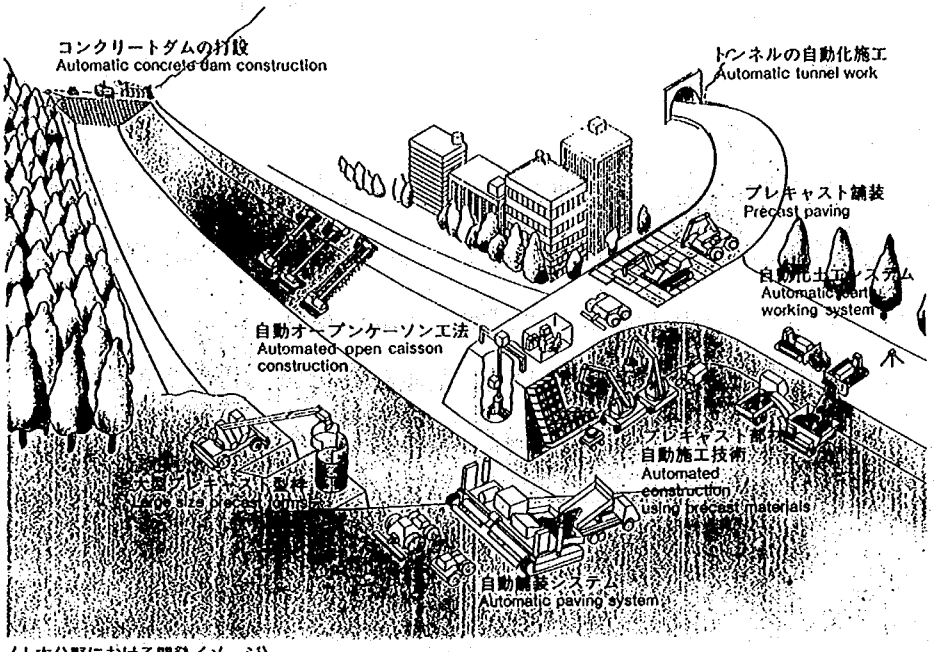
施工情報を収集処理し現場の効率的な運営を支援するプログラムの開発に際し、その汎用性を確保するためには、入出力情報の標準化を進めることが必要である。このため、現在、発注者間で異なる仕様の統一が望まれる。また、このようなシステムを広く現場に導入するには、キーボード等の操作に不慣れな現場の担当者に対するケアーが必要であり、マウス等による簡便な操作が可能となるシステムを併せて開発する必要がある。一方、出来高計測、品質管理等の機器や自動化土工機械については、測定値の信頼性の向上、測定値を瞬時に情報加工するのための要素技術の開発が進められる必要がある。特に、移動している機器または機械の位置決め技術は、施工の自動化、高度化を実現するための必須条件であり、要求される精度、計測範囲、計測速度等に見合った技術開発が必要である。

(4)プレキャスト型枠部材を使用した合理化技術の開発

プレキャスト型枠工法の研究に当たっての課題に、プレキャスト型枠と二次コンクリートの一体性、型枠相互間の接合性があげられる。一体性に関しては、二次コンクリートと型枠の付着、また、型枠

相互間の接合性については、接合部の構造について研究を進め、一面せん断実験、梁の曲げ実験を行った。

この他、施工管理・材料に関しては、型枠・二次コンクリート材料、重量、強度、耐久性、二次コンクリート充填管理について、また施工性に関しては、型枠の製造法の検討、運搬組立法の検討、配筋方法の研究を進めている。



〈土木分野における開発イメージ〉
Development of construction technologies in civil engineering field

図－4.2.7

4.2.5 社会資本の維持更新・機能向上技術の開発

1)背景・行政ニーズ

我が国の社会・経済活動の基幹となる公共施設、建築物等はこれまでに着実に整備され、現在では膨大なストックを抱えるに至っている。現在、これらの施設等を良好な状態で維持し、社会の発展にあわせて整備していくために、社会資本としての価値の評価ならびに老朽化対策等ストック技術に関する研究が重要な課題となっている。このため、効率的な投資を考える上からも、既存のストックを適切に維持・管理・保全し、これらを最大限に活用しうる技術を開発する必要がある。

本研究は、公共施設、建築物等の社会資本の増大に対応して、これらの評価技術、および、機能の更新・向上に関する要素技術、並びに、適切な維持管理のためのマネージメント・システムを開発し、社会資本の良質化を図ることを目的とするものである。

なお、研究は土木研究所と建築研究所で分担し、土木研究所では社会資本のうち土木構造物を対象として研究を進めている。

2)研究期間

1991年度～1995年度

3)研究方法

研究開発の実施に当たっては、建設省土木研究所を中心に大学、民間等の研究者、技術者の協力を得ながら総合的に取り組むこととする。このため有識者から成る委員会を設置すると共に、国と民間との共同研究を実施して研究を進める。

4)研究内容および得られる効果

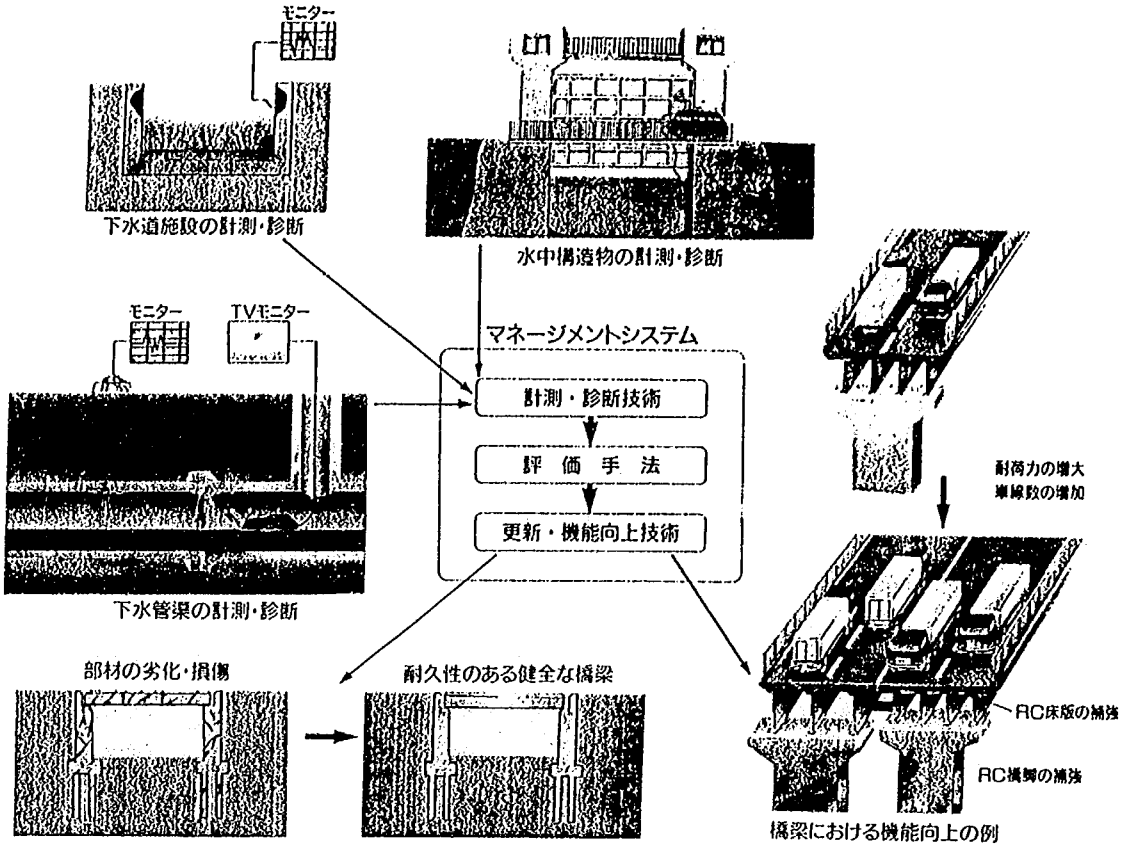
(1)研究概要

土木構造物に汎用的に用いられるコンクリートや被覆したコンクリート、また構造物として下水道施設、水門・排水機場等の水中構造物及び橋梁を対象として、計測・診断技術の開発、評価手法の開発、及び機能の更新・向上に関する要素技術の開発を行うほか、適切な維持管理のためのマネージメントシステムを開発する（図－4.2.8参照）。詳細な研究内容および得られる効果は以下のとおりである。

(2)コンクリート

a.)環境条件等の影響を受けたコンクリートの計測・診断技術の開発

外部の環境条件により、コンクリートの中性化が進展したり、コンクリート中の鋼材腐食など様々



図－4.2.8

な影響を受ける。これらの影響を非破壊で計測・診断する技術を開発する。

b.)コンクリートの耐久性予測手法の開発

コンクリート構造物の適切な維持管理を行うためには、環境条件のコンクリートに与える影響度調査結果をもとに今後の劣化がどれほど進展するかを判断する必要がある。ここでは、コンクリートの劣化速度を評価し、これをもとにコンクリートの耐久性予測手法の開発を行う。

c.)コンクリートの更新・機能向上のための材料・工法の開発

環境条件の影響を受け耐久性が低下している構造物、あるいは現在比較的健全に保たれているが将来もこの健全度を保ちたい構造物など、構造物ごとの劣化状況・管理水準は異なるものと考えられる。ここでは、コンクリートの劣化状況・管理水準に適した、補修補強法の開発を行う。

(3)被覆した構造物

a.)被覆した構造物の計測・診断技術の開発

アルカリ骨材反応などによって劣化したコンクリート構造物について被覆による補修効果を非破壊で計測・診断する技術を開発する。

b.)被覆による更新・機能向上のための材料・工法の開発

被覆による景観機能向上のための新材料とその省力化工法の開発を行う。

(4)下水道施設

a.)下水道施設の計測・診断技術の開発

下水道施設の維持・更新の実態に関する調査を行い、下水管路および下水処理施設について維持管理上の重要箇所を選定し、それぞれの施設に応じた老朽化・損傷程度の計測・診断技術を開発する。

(5)水門、排水機場等の水中構造物

a.)水中構造物の計測・診断技術の開発

水中構造物の維持・更新等を行う際の水中部分に対する部材状態の計測・診断について、現状技術における問題点の整理・診断基準の検討手法の体系化を図り、老朽化の程度等を計測・診断する技術を開発する。

b.)水中構造物の更新・機能向上のための材料・工法の開発

河川等における構造物の更新・機能向上では、水中部を含めた構造物の解体及び機能向上技術の開発が必要となる。このため、解体技術についてはコンクリート・鋼構造に関し、また、機能向上技術については機器の交換、部材の補強等に関する技術の開発を行う。

c.)水中構造物のマネージメントシステムの開発

水門、排水機場等の設備における水中構造物について、その維持・更新を効果的かつ経済的に実施するために、計測診断・解体等における各要素技術を体系化、総合化したマネージメントシステムを開発する。

(6)橋梁

a.)橋梁の計測・診断技術の開発

橋梁のストックの増大に伴い、ＲＣ床版や下部構造の劣化損傷、塩害等によるコンクリート中の鋼材の腐食問題等が顕在化している。こうした劣化損傷の診断技術として赤外線を利用した方法、打撃を利用した方法、電気的な方法等の非破壊試験法を取り上げ、これらの計測・診断技術の確立をめざす。

b.)橋梁の健全度評価手法の開発

現在、橋梁においてその健全度の評価方法の確立が必要とされているものとして、鋼橋の疲労損傷、ＲＣ床版の劣化損傷、コンクリート部材の腐食劣化等があげられる。これらの劣化損傷を対象に、部材の疲労試験や劣化促進試験を行ってそれらの評価方法を確立する。

c.)橋梁の更新・機能向上のための材料・工法の開発

橋梁の更新や機能の向上を図るためには、小さな設計荷重で設計されているＲＣ床版や桁並びに下部構造物の耐荷力を向上させる必要がある。この技術として注目されているプレキャスト部材の利用やアウトケーブル等を応用した補修・補強工法についての検討を行う。

d.)橋梁のマネージメントシステムの開発

橋梁の維持・更新を効果的、経済的に実施するために、一連の作業である計測・診断、評価、補修等の各要素技術を体系化、総合化したマネージメントシステムを開発する。

5)実施上の課題

- 土木構造物の計測・診断技術、評価手法マニュアル、維持補修・機能更新のための各種マニュアル
- 土木構造物のマネージメントシステム

4.2.6　免震・制震・ハイブリッドコントロールによる耐震性向上技術

1)背景・行政ニーズ

我が国は、世界第１級の地震国であり、諸施設の設計にあたっては耐震性に対する十分な配慮が必要とされている。特に、道路は震後の復旧・救援活動を円滑に進めるために十分な安全性が要求されている施設の１つであり、この中でも道路橋はひとたび被災した場合には復旧に多大な労力と日数を要し、地域社会に及ぼす影響が大きいことから、適切な耐震性を有することが求められている。

近年、地震に対して構造物を強く造るという従来の「耐震設計」に代わり、「免震設計」、「制震設計」、さらにこれらを適切に組み合わせた「ハイブリッドコントロール技術」が構造物の耐震性向上技術として実用化、あるいは、研究開発が行われている。

免震設計とは、構造物の長周期化を図るとともにエネルギー吸収性能を上げて、構造物の地震応答を低減しようという設計法であり、大地震時でも橋にはほとんど損傷を生じさせないような設計も可能になると期待されている。一方、制震設計とは、構造物に特別な機構もしくは装置を取り付け、外部からエネルギーを与えることによって積極的に構造物の振動を制御する設計手法である。制震設計によれば、橋に全く振動を生じさせないような設計も可能になる。しかしながら、大地震時の構造物の応答を制御するためには、外部から与えるエネルギーが膨大となるため、地震に対しては現状ではまだ実用段階にはない。このため、少ないエネルギーで効果的に構造物の振動を制御しようというのがハイブリッドコントロールである。ハイブリッドコントロールでは、免震設計により低減された振動を、制震設計を用いてさらに低減しようというものである。

本研究では、免震設計に用いる免震装置の開発、免震設計法の開発、免震設計の適用性の検討を行うとともに、制震・ハイブリッドコントロールに用いる装置の開発及び制御方法、設計法の開発に取り組んでいる。

2)期間

(1)道路橋の免震構造システムの開発（1989年度～1991年度）

(2)ハイブリッドコントロールによる耐震性向上技術に関する日米共同研究（1990年度～1994年度）

3)研究方法

(1)道路橋の免震構造システムの開発

本研究は、官民連帯共同研究制度により土木研究所と民間会社28社との共同研究として研究開発を進めた。

(2)ハイブリッドコントロールによる耐震性向上技術に関する日米共同研究

本研究は、日米間の共同研究として研究開発を進めている。日本側は土木研究所が、米側は国立地震工学研究センター、国立標準技術研究所、カリフォルニア大学アーバイン校等が研究開発を進めている。

4)研究内容及び得られる効果

(1)道路橋の免震構造システムの開発

本研究では、研究分野を①橋梁用の免震装置の開発に関する研究、②免震橋用の伸縮装置・落橋防止装置の開発に関する研究、③免震設計法の開発に関する研究、④免震設計法の適用に関する研究の４つに区分して、我が国の道路橋の実状に適した免震装置及び免震設計法の開発を図った。

本研究により得られる効果としては、以下の点があげられる。

① 道路橋に免震設計を適用することにより、耐震性に優れた道路橋の設計が可能になると期待されている。

② ３カ年間の研究成果は「道路橋の免震設計法マニュアル（案）」としてまとめられ、講習会等を通じて現場の技術者に普及が図られる予定である。

③ 国産技術の結集による新しい免震装置「高減衰積層ゴム支承」が開発された（図－4.2.9）。

④ 免震設計の採用により、耐震性のみならず、走行性、維持管理等に優れた橋長１km級の超多径間連続橋が実現可能となる（図－4.2.10）。

⑤ 上記研究成果を受けて、免震橋３０橋が建設中または計画中となっている（うち４橋は完成、写真－4.2.2及び写真－4.2.3）

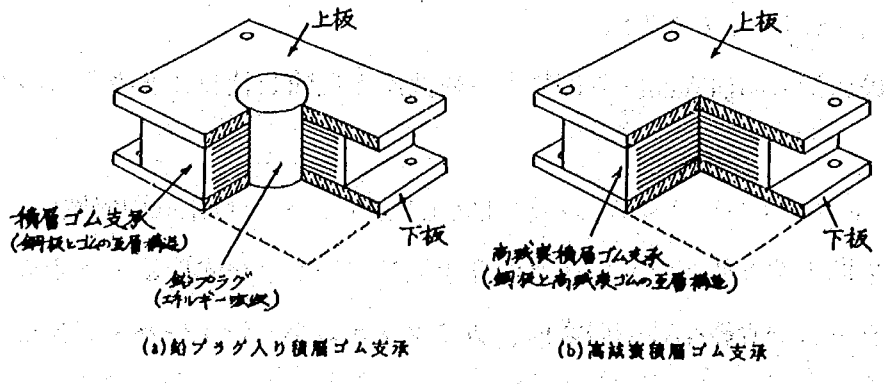
(2)ハイブリッドコントロールによる耐震性向上技術に関する日米共同研究

本研究では、ハイブリッドコントロールに用いるためのアクティブ構造要素（アクティブ・マス・ダンパー）、パッシブ構造要素（バリアブルダンパー）の開発を図るとともに、これらの構造要素の適切な組合せ方法についての研究を行っている。

本研究により得られる効果としては、以下の点があげられる。

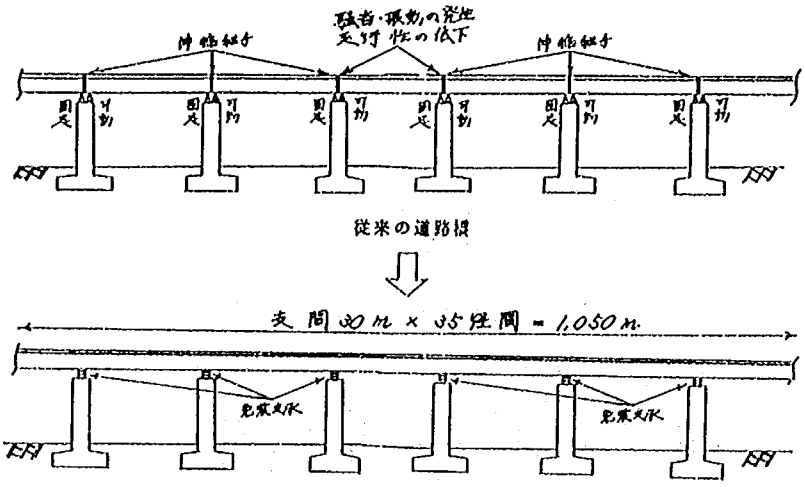
① ハイブリッドコントロールを用いることにより、耐震性の抜本的な向上技術を図ることが可能になる（図－4.2.11）。

② 構造物の揺れに応じてその減衰特性を変化させて、ダンパーストッパー、エネルギー吸収装置、緩衝機能付き移動制限装置としての機能を有するバリアブルダンパー装置を開発している（写真－4.2.4）。

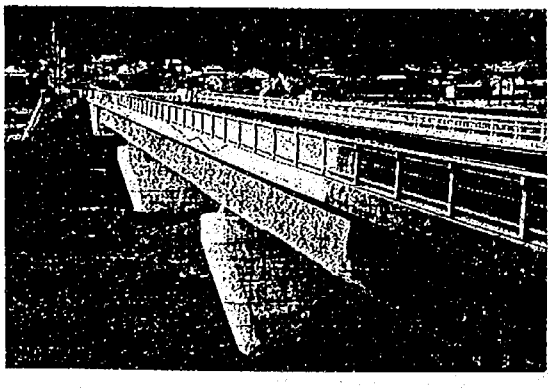


(a)鉛プラグ入り積層ゴム支承　　(b)高減衰積層ゴム支承

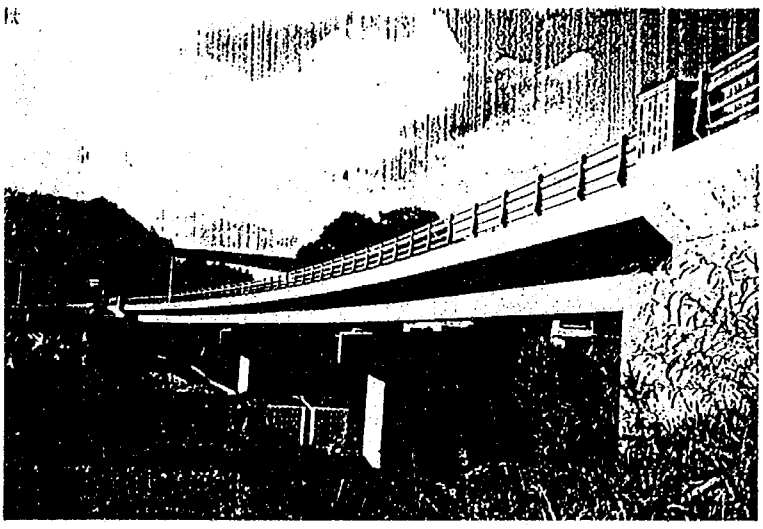
図－4.2.9　　免震支承



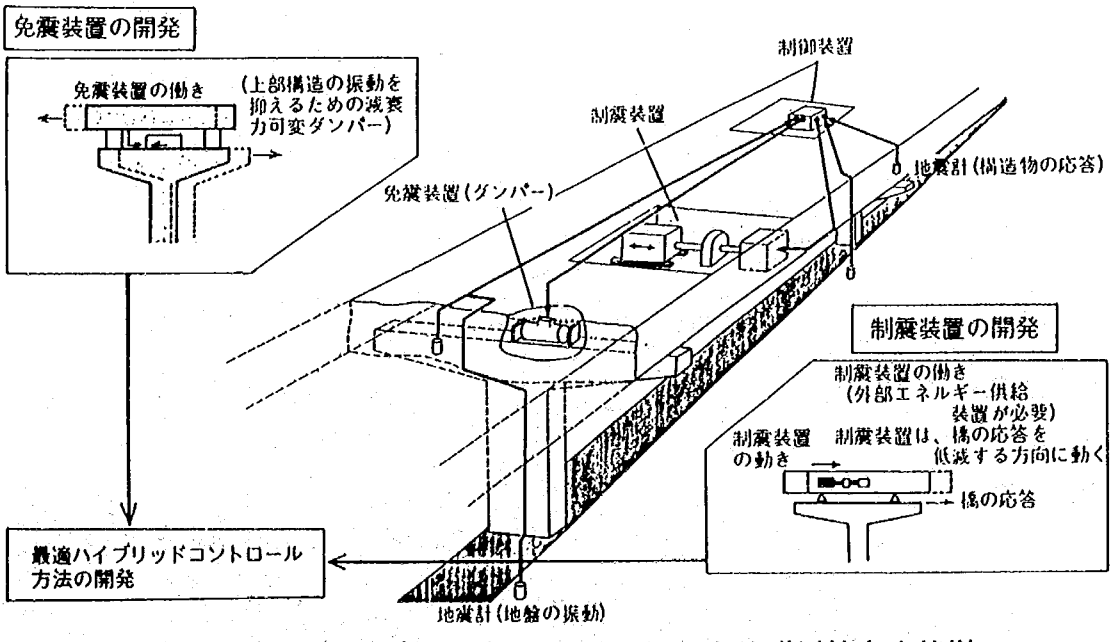
図－4.2.10　免震支承を用いた超多径間連続橋



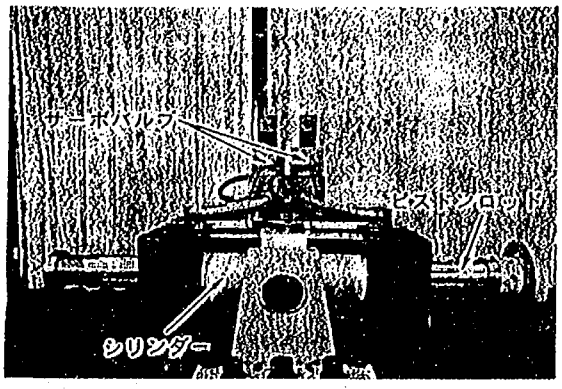
写真－4.2.2　免震橋（静岡県宮川橋）



写真－4.2.3　免震橋（岩手県丸木橋大橋）



図－4.2.11　ハイブリッドコントロールによる耐震性向上技術



写真－4.2.4　バリアブルダンパー装置

4.3 研究・開発を進めていくための課題

２１世紀を間近に控えた今日、わが国は安定的な経済成長の時代に入っているが、高齢化、国際化、情報化等、社会状況は様々な変質が進んでいる。インフラストラクチュアの整備においても、国民の多様なニーズに対応し、わが国の経済力にみあった豊かさとゆとりを求める生活者の視点に立った建設技術の研究開発を進めていく必要がある。洪水、土砂災害、地震災害等の予知・予測から復旧技術まで総合的な防災システムの開発を始めとして、安全でかつ省力化を実現する建設ロボットの開発、快適な移動空間を実現する未来道路技術の開発、自然環境と融合した広域的な景観設計技術の開発、宇宙、海洋、地下空間といったニューフロンティアにおける都市、産業、生活のための社会資本の整備技術の開発等、今後の土木技術、先端技術を活用し益々発展するものと考えられる。

これらの社会資本整備技術は、わが国だけでなく開発途上国の生活をより良くするものでもある。安全で豊かな生活の実現、重労働からの開放、快適な移動空間の実現等、産業の基盤である土木技術はあらゆる国に求められるものであり、研究を通した国際協力と同時に先端技術の移転や技術指導がますます必要になる。

土木研究所では、国土建設技術の中枢として、様々な土木技術の研究開発を実施してきたが、多様化し続ける国民のニーズ及び行政ニーズに応えるため、さらに研究体制の整備を進め、老朽化・陳腐化の著しい研究機器、施設等の計画的な維持・更新に努める必要がある。特に、従来の土木工学の枠を越え生物・化学・情報工学・人間工学等の他分野の学問を取り入れた学際的な研究体制、また大学研究部門の基礎研究、民間研究部門の専門的・応用的な技術力を組み合わせ、産・学・官の有機的な連携の基に業際的な研究体制が今後益々重要になると考えられる。

5. 土木研究所の国際研究交流

5.1 土木研究所の国際研究交流の状況

社会基盤整備技術に係わる国立の総合的研究機関である土木研究所では、近年、国際研究交流を大きく前進させている。

土木研究所が進めている国際研究交流には、1)研究協力（多国間・二国間協力による情報交換、国際共同研究の実施）、2)国際会議の実施、3)研究者の海外派遣、4)外国人研究者、研修生の受入れ等がある。

1)研究協力

多国間協力では、表－5.1.1 に示す４機関と６テーマについて研究協力を実施している。また、二国間協力では、北米・欧州・アジアの計１０カ国との間で科学技術協力協定等の枠組みの下に３２テーマについて研究協力を実施している。協力内容は、会議参加、文献による情報交換、人的交流、共同研究等である。

表－5.1.1　土木研究所の国際研究協力

(a)多国間協力

機関名	協力委員会名
ＯＥＣＤ	国際道路輸送研究計画運営委員会
	〃　専門家委員会
	国際道路輸送研究文献交換（IRRD）
ＰＩＡＲＣ	国際道路会議
ＥＳＣＡＰ	海運及び運輸通信委員会
ＲＩＬＥＭ	国際建設材料構造試験研究機関連合

(b)二国間協力

国名（ﾃｰﾏ数）			
ｵｰｽﾄﾗﾘｱ（4）	ﾉﾙｳｪｰ（2）		
カナダ（4）	ｽｳｪｰﾃﾞﾝ（2）		
中国（6）	英国（1）		
ドイツ（1）	米国（8）		
イタリア（2）			
韓国（2）			

上記枠組みを中心にカナダとの「寒冷地舗装の設計施工に関する共同研究」（１９８２）を手始めに、その後毎年１０課題程度共同研究を実施している。1992年度の共同研究は、地球環境、海岸、砂防、道路、地震等の分野で１０課題について実施しており、相手国はｵｰｽﾄﾗﾘｱ、ドイツ、ｲﾝﾄﾞﾈｼｱ、タイ、米国の５カ国である。

2)国際会議

土木研究所が主催している主な国際会議を表－5.1.2 に示す。

表－5.1.2　土木研究所が主催している主な国際会議

会　　議　　名 [開始年度；相手機関名]	概　　要
アジア地域土木研究所長等会議 ['92～；ｱｼﾞｱ地域の公共事業担当部局及び研究所]	日本を含むアジア地域諸国の適正な社会資本整備の推進と技術・開発の促進に資するための関係当局間の技術研究交流及び恒常的なネットワークづくりを目指している。　'93年2月に新規発足した会議である。
天然資源の開発利用に関する日米会議(UJNR)　－耐風・耐震構造専門部会－ ['69～；米国国立標準技術研究所(NIST)他]	土木・建築構造物の耐風・耐震技術の発展に寄与することを目的としている。　四半世紀の長い歴史を有している。
水文、水資源及び地球気候変化に関する日米委員会 ['91～；米国地質調査所(USGS)他]	地球環境変化が河川の流域規模の水文、水資源に及ぼす影響の調査、把握と評価手法の開発及び技術研究交流を目的としている。　'92年2月に発足した会議である。
日米道路科学技術に関するﾜｰｸｼｮｯﾌﾟ ['92～；米国連邦道路庁(FHWA)]	道路分野全般にわたる研究開発のための技術研究交流を目的としている。　'92年11月に新規発足した会議である。
日米下水処理技術委員会 ['71～；米国環境保護庁他]	水質汚濁防止、下水の高度処理、合流式下水道の改善等の課題解決を目的としている。
日独環境保護パネル -排水及びｽﾗｯｼﾞ処理に関するﾜｰｸｼｮｯﾌﾟ- ['82～；カールスルーエ核研究所他]	排水及びスラッジ処理に関する技術研究交流を目的とし、隔年で日独相互にワークショップを開催している。
日加寒冷地舗装会議 ['82～；オンタリオ州交通省他]	寒冷地における舗装維持管理、新材料および新工法に関する技術研究交流を目的としている。

3)研究者の海外派遣

多国間及び二国間協力等に基づく会議・研究集会等への参加、国際協力事業団等を通じての技術協力等、毎年約１００名程度派遣している。

そのほか科学技術庁等を通じ、外国の大学・研究機関へ毎年２～３名を長期派遣している。

4)外国人研究者、研修生、見学者の受入れ

・外国人研究者は、多国間・二国間協力に基づき、各国の制度、科学技術庁フェローシップ制度等

を活用し、毎年５～１０名程度の外国人研究者を受け入れている。

- 毎年２５０名程度の外国人研修生を受け入れている。
- 毎年２００名程度の外国人見学者を受け入れている。

5.2 実施上の課題

1)研究協力

研究協力を始めるためには相互の研究ニーズ等に係わる十分な技術研究情報が必要であるが、現在は十分な情報を交換できる体制が確立されているとはいい難い。よって、この体制を確立する必要がある。

2)国際会議

外国から人を招へいするための旅費が十分でない。科学技術庁の諸制度、国際協力事業団研修制度等をより活用し、招へい機会の拡大を図る必要がある。

3)研究者の派遣

外国へ人を派遣するための旅費が十分でない。建設省及び科学技術庁の外国旅費、国際協力事業団等、内外の公的機関からの派遣依頼等の活用の拡大を図る必要がある。

4)外国人研修員及び研究者の受入れ

受け入れの成果を上げるために相互に必要となる事前の技術研究情報が十分でない。情報を交換入手できる体制の確立が必要である。

5.3 アジア地域での国際研究交流の必要性と実施上の課題

- 近年、一国のみで解決できない問題も存在、増加しており、アジア地域諸国の隣人が一層協力関係を深める必要性が大きくなっている。
- これまで、わが国とアジア地域との研究交流の大部分は、国際協力事業団を通じた専門家の派遣、研修生の受入れが中心であった。今後、技術研究の情報ネットワークを強化し、幅広い枠組みで、技術研究・開発分野での交流を一層進める必要性が高まっている。
- 技術研究情報交換のための十分な体制を確立する必要がある。

6. 災害・防災についての取り組み状況

我国は、モンスーン性気候の影響を受けて降水量が多くたびたび水害や土砂災害の被害を受けてきている。また、我国は太平洋プレート、フィリピン海プレートがユーラシア大陸に潜り込む位置にあるため、火山や地震災害にもたびたび見まわれる。まわりが海に囲まれていることから、津波、高潮あるいは海岸侵食といった海外災害にも見舞われる。また、近年急激な人口集中と生活の向上に伴う水需要の増大から小雨に見舞われると渇水問題も深刻となっている。そこで建設省では河川災害、海岸災害、渇水災害、土砂災害、地震災害に対して積極的に取り組んでいるが、以下に土木研究所でのこれらの災害の取り組みについて述べる。

6.1 河川災害の取り組み状況

6.1.1 河川災害の現状と課題

日本は、急峻な地形・限られた平野、モンスーン性降雨・台風等、洪水の起こりやすい土地条件・気候条件を有し、古来より毎年水害に悩まされて来た。特に、1945年以降の15年間には水害による死者・行方不明者数、被害額は非常に大きかった。その後、治水投資の効果と、大台風の本土接近数の減少等により、水害は着実に減少し、広範囲な地域が水没することは稀となり、死傷者数の減少には著しいものがある。しかしながら、依然として治水施設の整備水準は低く、特に、1960年代以降、日本経済が急速に発展し、人口・資産が都市域に集中した結果、洪水の流出形態が変化したのに加え、同じ洪水で被害を受ける資産の絶対量が大幅に増加した。この結果、年間の氾濫面積は減少傾向にあるものの、一般の資産の被害額はむしろ若干の増加傾向が見られる。（図－6.1.1参照）

1990年の統計によると、この年に発生した洪水、内水、高潮、津波、土石流、地すべり、急傾斜地崩壊等の水害により、86人が死亡、2人が行方不明になっている。家屋の被害は、約16万戸に及び、一般の資産額は3000億円に上った。

6.1.2 河川災害・防災技術に関する土木研究所での取り組み状況

1)河川水理の研究（図－6.1.2）

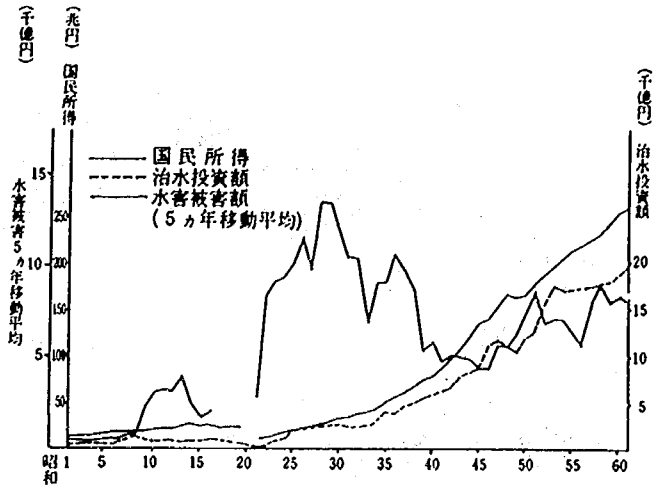
わが国では堤防の築造、遊水地やダムの築造による洪水ピーク流量の軽減等による河川氾濫の防止対策が実施され最低限の治水安全度は確保されつつある。現在はより安全度の高い、また、川本来の魅力を生かした川づくりのため表－6.1.1に示すような課題を重点的に研究を進めている。

１つめは、河道計画立案手法に関する研究であり、河道本来の特性をよく理解しながら望ましい川の姿とそれが長期的に安定するような河道作りの方法を見つけようとするものである。

２つめは河岸保護対策に関する研究であり、安全度が高く、また環境とも調和した河岸保護のあり方について研究している。

３つめは超過洪水対策に関する研究であり、越水に耐え破堤を防止するアーマーレビー（耐越水堤防）の開発・設計とスーパー堤防の設計等について研究を行っている。

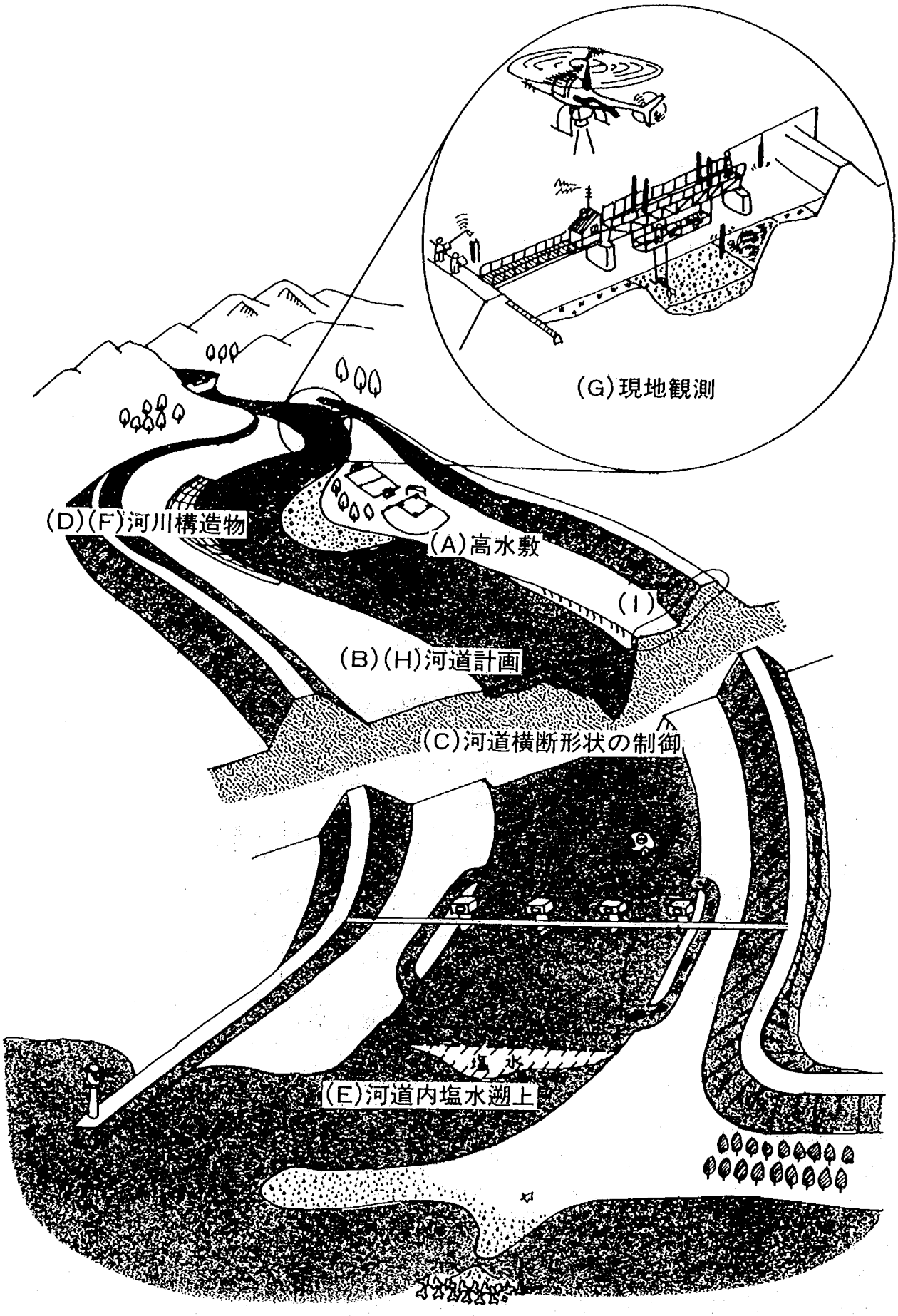
国民所得，治水投資額及び水害被害額の推移
(昭和60年価格)



図－6.1.1

表－6.1.1　河川災害防除に関する研究の現状

課　　題	課題に対応した研究内容
河道計画立案手法	・河道計画の立案手法に関する研究 ・河床変動予測に関する研究 ・高水敷の形成・侵食過程に関する研究 ・河道特性に関する研究 ・河川における現地観測手法に関する研究 ・河道特性情報の整理・活用に関する研究
河岸侵食防止対策 (保　護)	・護岸・根固工の設計法・破壊機構に関する研究 ・水制工の機能評価・設計に関する研究 ・地面・河岸の耐侵食強度に関する研究 ・ベーン工・捨石工等の局所洗掘対策工に関する研究
超過洪水対策	・アーマーレビーの開発とその設計法に関する研究 ・スーパー堤防の設計に関する研究



図－6.1.2　河川水理の研究における基礎的調査研究課題

2)水文過程の研究

水災害を防ぎ、水資源を確保することによって豊かで安全な生活環境を創出するためには、自然界における水の循環を調べ、工学的な手段を講じて制御する事が必要であり、当研究所でも、河川災害防除技術の研究の視点からは、1)水文観測技術の開発、2)河川の流出に関する調査研究、3)地球環境変化の影響に関する調査研究、の３つの水文学に関する調査研究を主に実施してきた。

河川流域における降水量や河川の流量データを正確に把握する水文観測技術の開発は、河川災害防除において最も基本となる要件である。当研究所では、1)レーダ雨雪量計の観測精度を向上させて降雨予測への応用などの高度なニーズに応えるための、特殊レーダ（直交二偏波ドップラーレーダ写真－6.1.1）による降水観測システムの開発研究、2)開水路電磁流量計の開発、等を実施している。

都市化や気候変化等による流域の水文環境の変化に迅速に対応でき、合理性をもって短期間の水文資料からモデルパラメータを評価することのできる分布型流出モデルの開発研究を行っている。また、集中的な水文観測を継続的に実施する一方、短時間降水予測の精度向上のために、大気数値モデルの開発研究を実施している。

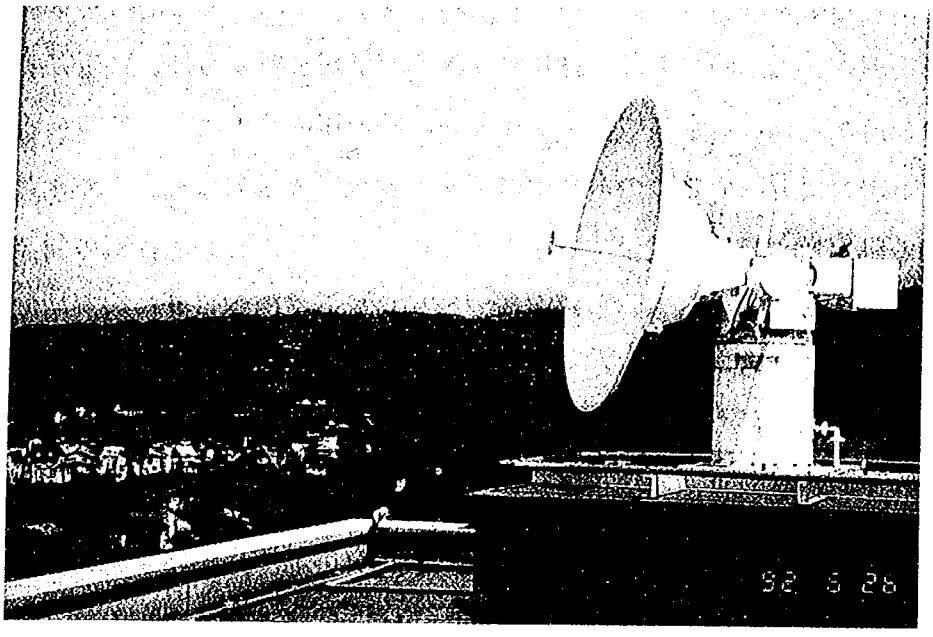
さらに、気候変化が河川流域の流出形態や河川災害の規模に与える影響を予測するため、地球規模での水文環境の変動を監視するための人工衛星によるリモートセンシング技術の応用研究を行うとともに、日本の河川流域スケールでの降水量変化を見積もるための調査研究を実施している。

3)総合的な治水対策の研究（図－6.1.3）

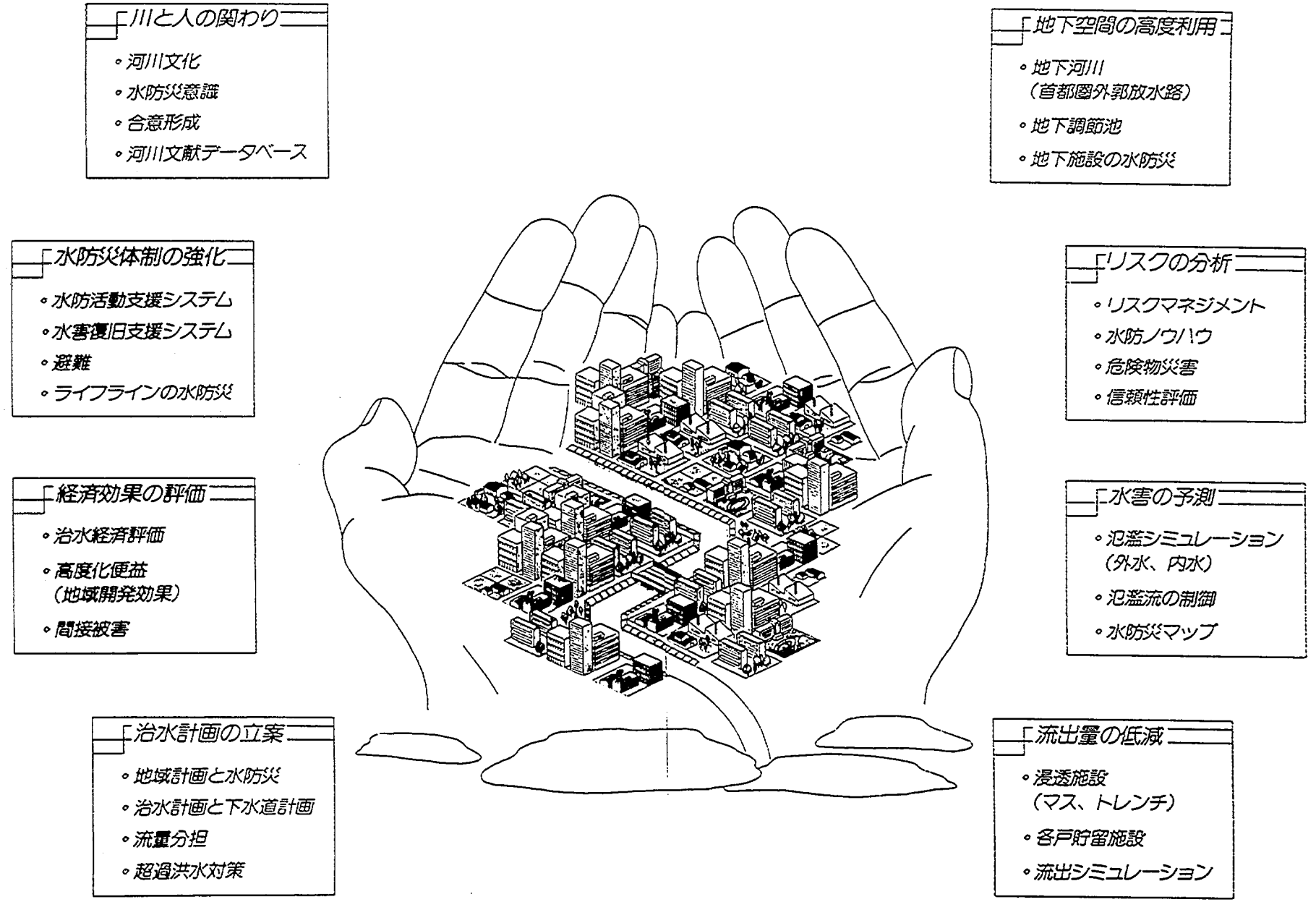
都市河川とその流域における治水上の問題に対処するためには、河川改修はもとより、流域内においても多面的な施策を実施していく必要がある。当研究所においては、このような総合的な治水対策に関する諸問題について、治水事業の評価・計画立案手法、流域治水施設の機能評価、水災害対策、氾濫流の挙動把握といった面からの調査研究を行っている。

当研究所では、開発に伴う流出増に対処するための貯留型流出抑制施設の調節機能を現地観測により検証したり、浸透型流出抑制施設の機能を評価するため、各種の実験を行っている。一方、流域に分散して設置される流出抑制施設の効果を小流域単位で明確に把握できる流出モデルの開発にも取り組んでいる。

さらに、氾濫計算結果を利用した浸水危険度評価に関する研究を実施しており、２次元不定流による氾濫シミュレーションモデルを開発している。また、数値シミュレーションによる氾濫流の挙動把握手法の精度向上を図ることを目的に、氾濫流のモデル化方法、境界条件の設定手法について模型実験を含めた調査・検討を実施中である。



写真－6.1.1　直交二偏波ドップラーレーダ



図－6.1.3　総合的な治水対策の研究

4)ダムによる洪水調節計画及び貯水池操作に関する研究

日本の河川の流出特性として洪水のハイドログラフが極めてシャープであることからダムによる洪水調節が有効である。土木研究所ではダム建設事業全般に係わる技術的諸課題について研究を実施している。その中でダムによる洪水防御を有効に行う観点から、洪水調節計画及び貯水池操作に関する研究として以下のものを実施している。

(1)洪水調節方式

完成したダムを有効に利用するための手段として、洪水調節方式に関して検討を行ってきた。今後の増大するダムと熟練管理職員の減少に対応するために操作の合理化及び洪水調節効果を勘案し、管理し易いダム、安定したダム管理の実現のために、洪水調節方式について研究を実施中である。

(2)融雪出水特性

豪雪地帯では、融雪出水は長期間に渡ることが多く、ダム管理上の問題となる。そこで、融雪出水の特性を検討した上で、積雪から融雪出水までを一連に解析する積雪・融雪出水モデルの開発並びに実操作への反映手法を研究してきている。

(3)エキスパートシステムの貯水池操作への導入

ダム数の増加、熟練管理者の減少によるダム操作の不安定さを補うために、現在の熟練管理者の経験を抽出し、ダム操作を支援するエキスパートシステムの構築を目指している。

6.1.3　河川災害・防災対策を推進していく上での今後の技術的課題

最近の日本の河川を取り巻く環境の急速な変化には目を見張るものがある。流域の都市化等による流域の保水機能の低下、洪水流出量の増大、洪水到達時間の減少、河相の急激な変化等の問題ばかりでなく、河川に求められる機能が多様化し、オープンスペースとしての利用、自然生態、景観といった価値観の評価が高まっていることも忘れてはならない。

こうした状況の中で、今後の技術課題としては、河道および河川構造物計画、洪水防御計画をより一層合理的かつ効率的に進めることが挙げられる。このため、当研究所においては、河道計画、河口計画および氾濫流の挙動、浸透型施設の機能評価についての研究を実施する必要がある。また、安全度が高く、かつ周辺の環境に調和した河川構造物の評価・設計法を開発するための河道横断形状の制御工法、植生を用いた河岸処理工法、高規格堤防に関する研究を実施する。さらに、河川災害の予測、洪水時の防災システムについて、降雨・流出予測、氾濫解析の洪水予報への適用についての研究を実施し、構造物によらない防災対策を確立するものである。

また、ダムによる洪水調節の今後の課題としては、今後ますます完成するダムが増えていく事から、エキスパートシステムの導入等による効率的でかつ管理し易いダム貯水池操作方法に関する技術開発が重要である。

6.2 海岸災害の取り組み状況

6.2.1 海岸災害の現状と課題

我が国の海岸は過去から高潮・津波災害を繰り返し受けてきている。例えば、代表的な高潮災害としては、1934年の大阪湾に来襲した室戸台風によるものや、1959年に伊勢湾に来襲した伊勢湾台風によるものが挙げられる。この伊勢湾台風では名古屋市から桑名市にかけての海岸では堤防を1mも越える潮位となり、死者・行方不明者併せて5000余名にものぼる災害であった。また、大きな被害をもたらした津波としては1896年および1933年の三陸大津波、1960年5月25日に来襲したチリ津波、1983年5月26日に発生した日本海中部地震津波等を挙げることができる。最近では、消波構造物や海岸堤防の建設によってこの種の災害が減少してきている一方、全国各地で海岸侵食が進み、自然海浜が急速な勢いで消失しつつある。優れた消波機能を持つ自然海浜が消失するということは、高波浪時における堤防・護岸の被災や越波量の増大を招く恐れがあり、背後地への防災面上好ましくない現象である。この海岸侵食の原因は次のように分類される。①沿岸域において一方向の沿岸漂砂が卓越する海岸に防波堤などの構造物が建設され、沿岸漂砂の連続性が阻止された結果、構造物下手側で侵食が生ずること。②海域に大規模な防波堤が延ばされてその背後に波の遮蔽域が形成され、その周辺で侵食、堆積が生じること。③ダムや河道改修等の整備により河口からの流出土砂量が減少し、供給量が減ったことによる河口周辺部での侵食である。

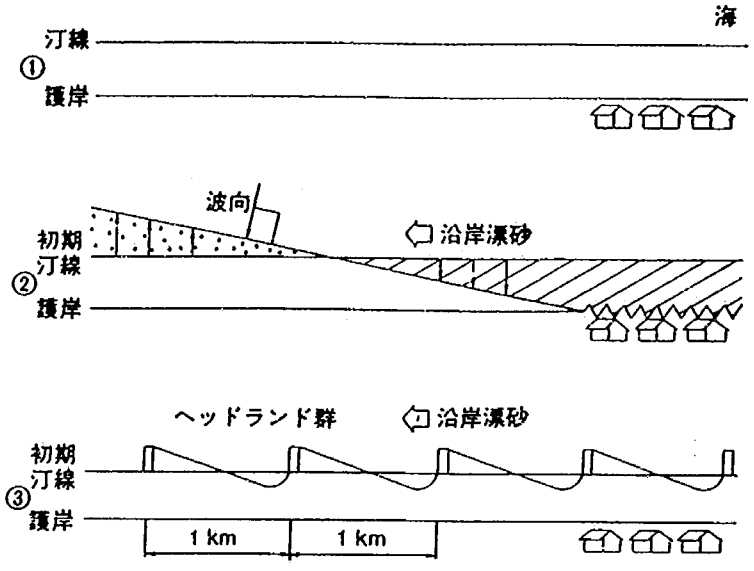
以上述べた原因によって侵食が生じている海岸は全国で多数にのぼるが、それらの海岸の保全が望まれている。

6.2.2 海岸災害・防災技術の土木研究所での取り組み状況

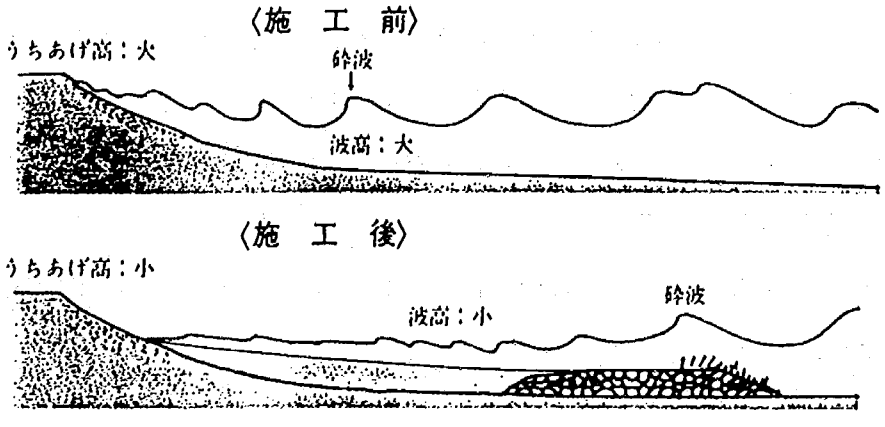
近年の我が国における主な海岸災害は海岸侵食と高潮である。海岸侵食対策としては安定海浜形成技術であるヘッドランド工法が、高潮対策としては高潮時に波浪の減衰を狙った人工リーフ工法があげられる。ヘッドランド工法とは、長い砂浜海岸に適切な間隔で人工的に岬群をつくり、波向と海岸線との関係を生かしながら波によって移動する砂を岬と岬との範囲内に止め、海岸線を安定化させる工法であり、大野・鹿島海岸において採用・施工されている（図−6.2.1）。また人工リーフ工法とは、沖合の海底面に捨石やブロックを積みあげることにより浅海域を形成し、波を砕波させることにより消波し、後背域の静穏化を狙ったものである。人工リーフは離岸堤と違って完全に水没しているため景観を損ねることがない特徴をもっている。この工法は新潟海岸や糸魚川海岸などで採用され実績をあげている（図−6.2.2）。

6.2.3 海岸災害・防災対策を推進していく上での今後の技術的課題

近年我が国では生活水準が著しく向上し、余暇利用に対する意欲や環境保護に対する意識が高まってきている。このため、海岸保全計画においても防災機能のみを重視するのではなく、自然環境や利用特性を考慮した質の高い計画が要求されており、これらの要請に答えるため、海岸保全と海岸環境との調和を目的とした技術開発が望まれている。たとえば、緩傾斜堤や人工リーフのような景観や海岸利用を考慮した新たな海岸保全施設の開発や、海岸の生態系に配慮した海岸保全施設の開発等があげられる。



図－6.2.1　ヘッドランドの様式図



図－6.2.2　人工リーフ工法の断面図

6.3 渇水災害の取り組み状況

6.3.1 渇水災害の現状と課題

日本の年平均降水量は約1,750㎜で世界平均の約2倍と比較的多いほうであるが、水利用の立場から人口1人当たりの降水量についてみてみると、世界平均の約1/6にすぎず、日本の水資源は必ずしも豊かではない。また地域別にみると人口1人当たりの降水量は地域差が大きく、特に人口集中の著しい関東地域では全国平均のおおむね1/4程度しかなく、水資源の賦存と水需要の間に地域的アンバランスがある。それに加え、日本の河川は急流であり、その流況は著しく変動が大きいため、水利用の面からみると不利な条件にある。

全国46地点の平均年降水量の経年変化についてみると1960年頃から現在まで少雨期にあり、ここ数年かつてない少雨現象が発生している。67年,73年,77年,78年,84年,86年及び87年は年降水量が1,500㎜を下回っており、特に84年の降水量は1,239㎜とここ約90年間で最も少ないものであった。

昭和59,61年の西日本を中心に発生した秋・冬渇水、昭和62年の広域的な渇水と近年渇水は頻発している。従来、大渇水は、水需要の特に大きい夏期を中心として発生するものがほとんどであったが、59年,61年,62年の渇水は、これらとは全く性格の異なる需要の少ない秋・冬期の広域的・長期的な渇水であり、現在の渇水に弱い社会体質を改めて浮彫りにし、渇水対策の重要性を再認識させた。今後の水需要の動向についてみれば、昭和62年国土庁が策定した「全国総合水資源計画」によると、昭和75年の水需要量を約1,056億㎥/年と予想しており、58年に比較し、約164億㎥/年の水需要の増加を見込んでいる。このような水需要の状況に対処するため、建設省では、昭和63年1月に「21世紀に向けての水資源開発計画」を策定した。この計画では、全国で約340事業のダム等水資源開発施設を完成し、約4,900万㎥/日の水資源開発を行うこととしている。

建設省では各種用水の供給と合せて洪水調節、流水の正常な機能の維持などを目的とした多目的ダムを建設している。また、山間部に造るダムと合せて、複数の河川を連結する流況調整河川、河口堰、中流堰、湖沼開発、遊水池等を河川総合開発事業として実施している。

6.3.2 渇水対策技術の土木研究所での取り組み状況

水資源開発施設であるダム等の建設事業は、種々の土木事業の中でも最も多種多様な分野にわたるものであり、建設技術上の課題も、ソフト面、ハード面を合わせて多岐にわたっている。土木研究所では水資源開発施設であるダム等の建設事業全般に係わる技術的問題について次のような研究を実施している。

1)水資源開発施設の計画

①渇水が流域の社会経済に及ぼす被害の評価手法　②適切な利水安全度指標の確立

③水量・水質改善効用の総合的評価手法　　④渇水対策施設の計画手法

⑤流域の地表水及び地下水循環モデルの作成

2)水資源開発施設の運用

①利水安全度を確率的に評価した貯水池最適運用手法

3)地球温暖化が水資源に及ぼす影響

①地球温暖化による水循環の変化が水資源開発施設の利水安全度に及ぼす影響

4)ダムおよび基礎の設計法

①コンクリートダムの堤体設計法　　②フィルダムの合理的な耐震設計

③基礎岩盤の設計法　　④フィルダム基礎の水理特性把握と浸透流制御

5)ダム材料および施工法の合理化

①コンクリートダムの築堤材料および施工法の合理化　　②フィルダム材料の有効利用

6)水理構造物

①ダム放流設備の設計標準化　　②高速流に関する調査研究

③ゲートおよびバルブに関する新技術の開発　　④水流による振動に関する調査研究

7)ダムの安全管理

①コンクリートダムの安全管理　　②フィルダムの実測挙動解析

8)堆砂対策

①堆砂進行調査　　②排砂設備の設計法の開発

6.3.3　渇水対策を推進していく上での今後の技術的課題

次世代に向けての水資源開発施設造りの的確なビジョンを持って、これらの建設を進めていくことが重要である。そのため次の様な技術的課題がある。

1)多様化する水資源開発施設の計画・設計手法の確立

①異常渇水対策としての渇水対策ダム、地域的な水資源対策としての地下ダムや小規模ダムの計画・設計手法の確立

②水量・水質改善及びレクリェーション効用の総合的評価手法

2)水資源開発施設の運用手法の高度化

①異常渇水時における水資源開発施設群の総合運用手法の確立

②水量・水質を総合評価した最適運用手法の確立

③ダム下流域の水循環を考慮した貯水池最適運用手法の確立

3)ダム基礎地盤の諸条件克服

①基礎地盤をダム基礎に適合する物性値に合理的に改善する手法の開発

4)築堤材料の合理化

①現地での調達可能な築堤材料を最大限利用したコンクリートダム設計手法の開発

6.4 土砂災害の取り組み状況

6.4.1 土砂災害の現状と課題

我国の地形は急峻で、地質は脆弱であり、さらに豪雨、台風、地震、火山噴火等の自然現象が起こり易く、山地の開発が進み斜面や山地の近くに多くの人々が住んでいるため土石流、地すべり、崖崩れ等による災害、いわゆる土砂災害（表－6.4.1）が発生しやすい。また、山岳道路沿いにおいてのり面・斜面の崩壊、落石、地すべり、土石流等が発生し易く、道路交通が影響を受け易い。このようなことから毎年、各地で土砂災害が発生し、自然災害による死者、行方不明者のうち、土砂災害によるものの割合は約6割にも達している（図－6.4.1）。

このような土砂災害を防止・軽減するために我国においては、砂防法、地すべり等防止法、および急傾斜地の崩壊による災害の防止に関する法律に基づき、主として建設省および都道府県が種々の対策を実施してきている。

砂防事業においては、荒廃山地からの多量の土砂流出を防止するために、河川の上流域で荒廃地の緑化の為の山腹工を施工するとともに、荒廃渓流において砂防ダムや流路工の建設を行ってきている。また、土石流災害を防止するため砂防ダム、遊砂地、流路工等の土石流対策施設を設置するハードな対策と、警戒避難体制の整備等のソフトな対策を進めてきている。

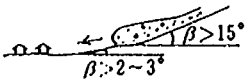
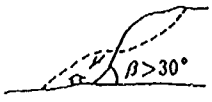
また、最近では火山噴火にともなう土砂災害（例えば、火山泥流、火砕流、溶岩流等）および火山地域における降雨等による土砂災害を防止するための対策を実施している。

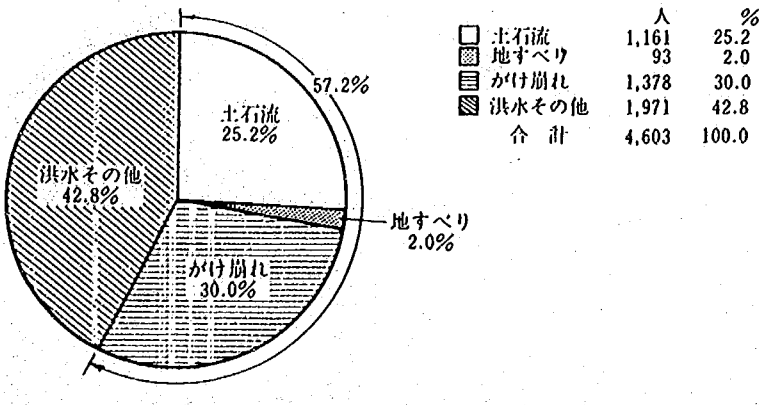
地すべりによる災害を防止するため、地すべり危険箇所が集中し、危険度も高い箇所で、対策工事を主体とした地すべり対策事業を推進している。また、近年、災害の危険度がますます増大している都市部における地すべり対策事業を推進している。さらに、地すべりの監視及び警戒避難体制の整備等ソフト面の対策も含めた総合的な地すべり対策、および斜面空間や排除された地下水の有効利用の促進等も推進している。

がけ崩れ対策では急傾斜地の崩壊対策工事を行うとともに、崩壊を誘発・助長する有害行為の規制、危険区域からの住居の移転の勧告、警戒避難体制の整備、災害危険区域の指定等、総合的な急傾斜地崩壊対策事業を行なっている。これらの急傾斜地崩壊対策事業は国庫補助事業として、都道府県により実施されている。

道路における土砂災害を防止するため全国的なのり面・斜面の防災点検を実施してきており、対策の必要のある箇所については計画的に防災対策事業を実施してきている。さらに、危険箇所の密度が高い区間では基準雨量を定めて、危険が予測される場合には通行規制を実施している。土砂災害に対して強い道路構造物を設計するための技術指針として、「道路土工指針」、「落石対策便覧」等の整備を進めてきている。

表－6.4.1　土石流及び地すべり、がけ崩れの相違

	土　石　流	地　す　べ　り	が　け　崩　れ
概　要	一般に15°以上の渓流で発生し，非常に早い速度で流下する。 停止堆積は2°～3°までのところが多い。 	ゆるい斜面で土地の一部がゆっくりすべる。 	30°以上の急斜面が非常に早い速度で崩れおちる。 
活動状況	突発性	継続性，再発性	突発性
土　塊	先端部は，巨礫が集中して流下するもので，後続流は泥水状のものが多い。	土塊の乱れは少なく，原形を保ちつつ動く。	かく乱される。
規　模 (平均土量)	約30,000m³	約1,000,000m³	約400m³
発生箇所数	70，434 渓流	10，288 箇所	81，870 箇所
危険箇所の調査対象基準	一次谷を形成している地形を起点として，渓床勾配が3°(1/20)までを終点とする渓流で，人家5戸以上(5戸未満でも，官公署，学校，病院，駅，旅館，発電所等のあるものを含む）に流入する渓流。	地すべりが発生するおそれのある箇所。	傾斜度30°以上，高さ5m以上の急傾斜地（人口斜面を含む）で，想定被害区域内に人家5戸以上（5戸未満であっても，官公署，学校，病院，駅，旅館等のある場合を含む）あるもの。
法　律 制定年	砂防法 明治30年	地すべり等防止法 昭和33年	急傾斜地の崩壊による災害の防止に関する法律 (急傾斜地法)昭和44年
事　業	砂防事業	地すべり対策事業	急傾斜地崩壊対策事業



図－6.4.1　自然災害による原因別死者・行方不明者数(1967-1986年)

6.4.2　土砂災害・防災技術に関する土木研究所での取り組み状況

土石流対策に関しては、現地における土石流観測を行っており、これらの成果をもとに、土石流の発生、流下、堆積機構を研究している。また底面水抜スクリーンなどの新しい土石流対策施設を開発している。最近では、コンピューターによる数値解析（シミュレーション）手法を用いた土石流氾濫区域推定手法に関する研究を行っている。さらに、土砂とともに流出して被害を大きくする流木の運動機構と対策工についても研究を行っている。一方、砂防ダムの土砂調節機能および土砂捕捉機能を増大させるための手法としてスリット砂防ダム、大暗渠の砂防ダム、ゲート付き砂防ダムなどの新しい構造物に関する研究を行っている。崩壊などによる土砂生産の予測の重要性に基づき、現在、斜面での水文観測、浸透実験などを行っている。

火山地域における土砂災害としては、１９９１～１９９２年に発生した雲仙岳噴火に伴う土砂災害により火山の監視システムの重要性が認識されるとともに、火砕流に関する調査研究も本格化してきている（写真－6.4.1）。



写真－6.4.1　1991-1992年雲仙岳で発生した火砕流、土石流による災害

地すべりの発生機構を力学的に解明するために、現地調査、室内実験により基礎的研究を行っている。また、道路建設やダム湛水等の人為的な要因に伴う地すべりの対策工法を確立するための研究を行っている。さらに、地形・地質構造に応じた地すべり調査・対策工法を確立するための、モデル地域における地すべりの調査に取り組んでいる。これらの研究成果を踏まえて、建設省及び地方公共団体の現場において、地すべり調査法、対策工法の指導を行っている。

崖崩れ対策に関しては周辺の環境に配慮した合理的な急傾斜地崩壊対策事業を推進するため、鉄筋挿入工法等の新しい対策工法の開発を行っている。警戒避難体制の整備を推進するため、崩壊発生予測技術の開発、崩壊土砂到達範囲の設定手法の開発および警戒避難基準の設定に関する調査・研究を実施している。

道路における土砂災害対策としてはのり面安定度評価の精度向上手法、落石防護工の合理的な設計手法を検討するとともに、鉄筋挿入工法等の新しい道路のり面防災工法を開発している。

6.4.3 土砂災害・防災対策を推進していく上での今後の技術的課題

渓流の環境を保全するため、環境に配慮した砂防設備の検討を行う必要がある。また、地球的規模で緑が失われ、砂漠化が進行している中、山腹工の利用技術の向上を図る必要がある。新たな土石流対策施設を開発するとともに、より精度の高い土石流の発生予測手法を開発する必要がある。火山活動にともなう火山泥流、火砕流、溶岩流等による災害を防止・軽減するための新たな対策工法を開発するとともに、それらの現象の監視装置の開発を行い、的確な情報を迅速に防災担当者に伝達できるシステムを開発する必要がある。

地すべりに関する研究ではすべり面の形成機構の解明が重要な課題となっている。山岳道路斜面については、亀裂性岩盤の安定性、のり面・斜面の長期劣化予測、切土に伴う地すべりの長期不安定化等を検討する必要がある。貯水池周辺の斜面については、アンカー工の設計法、地すべり危険箇所判定手法等の課題に取り組む必要がある。また、地すべり危険地帯の分布を把握するために、地すべり危険度評価手法の精度向上について取り組む必要がある。さらに、モデル地域におけるすべり面判定手法の開発、地球規模の気候変化による地すべり災害への影響評価などが最近の課題となっている。

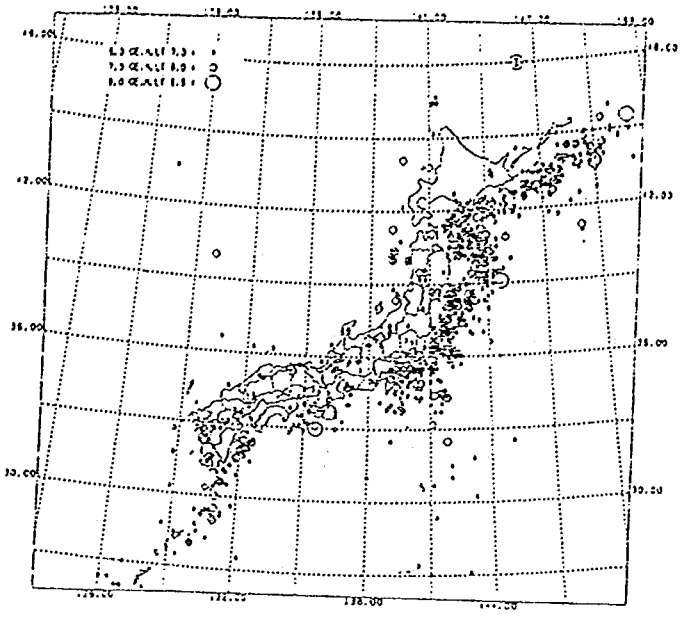
崖崩れ対策としては今後とも崖崩れの発生を予測する技術の精度の向上をはかるとともに、危険区域の設定精度の向上のための研究を進める。また都市域にある貴重な緑の場として、周辺の環境と調和した対策工事を進めるために、緑を保存・再生できる対策工法の開発を進める必要がある。

道路における土砂災害対策としては今後とも、危険箇所の予測技術の精度向上を計るとともに、対策工の効果の定量的評価手法を開発し、降雨と災害発生の関係把握に基づく合理的な通行規制基準の設定手法を開発する必要がある。また、より安全で経済的であるとともに、環境保全、景観改善の点でも優れた新しい対策工法の開発を進める必要がある。

6.5 地震災害の取り組み状況

6.5.1 地震災害の現状と課題

太平洋プレートとフィリピン海プレートが潜り込む位置にある日本は、地震の発生頻度が高く、世界有数の地震国である。図－6.5.1は過去約１００年間に日本及びその周辺で発生した地震の分布である。わが国では千葉県東方沖地震（1987年）以来、人命に係わる地震が発生していなかったが、本年１月には釧路沖地震(M=7.8)が発生した。このように、我国では平均的にはＭ８クラスの地震が１０年に１回、Ｍ７クラスの地震が半年に１回、Ｍ６クラスの地震が１ヶ月に１回発生しており、楽観は許されない状況にある。最近、米国、トルコ、フィリピン、コスタリカ、インドネシア等の諸外国では地震により甚大な被害が発生しており、わが国に対して警鐘となっている。



図－6.5.1 日本における地震の発生分布
（１９８５～１９８８年、震源深さ≦60km）

また、濃尾地震（1981年、Ｍ＝8.1）から１００年、関東地震（1923年、Ｍ＝7.9）から７０年、新潟地震（1964年、Ｍ＝7.5）から３０年が経過しようとしている現在、東海地震とともに南関東地域での直下型地震の発生が危倶されており、政府レベルでの地震対策の取り組みが行われている。

表－6.5.1はわが国における主な地震災害であるが、その発生位置やその時の社会情勢によって、地震毎に被害形態が異なっていることに注意が必要である。つまり、１９７６年伊豆大島近海地震や１９８４年長野県西部地震は１９９０年フィリピン地震と同様に山地部の斜面崩壊が、また１９７８年宮城県沖地震は１９８９年米穀ロマ・プリータ地震と同

表－6.5.1 日本における主な地震災害

地震名	発生年月日	ﾏｸﾞﾆﾁｭｰﾄﾞ	死者
関東大震災	大正12. 9. 1	7.9	142,807
東南海地震	昭和19.12. 7	7.9	1,223
南海地震	昭和21.12.21	8.0	1,432
福井地震	昭和23. 6.28	7.1	3,895
十勝沖地震	昭和27. 3. 4	8.2	33
チリ地震津波	昭和35. 5.23	9.5	139
新潟地震	昭和39. 6.16	7.5	26
十勝沖地震	昭和43. 5.16	7.9	52
伊豆半島沖地震	昭和49. 5. 9	6.9	30
伊豆大島近海地震	昭和53. 1.14	7.0	25
宮城県沖地震	昭和53. 6.12	7.4	28
日本海中部地震	昭和58. 5.26	7.7	104
長野県西部地震	昭和59. 9.14	6.8	29
千葉県東方沖地震	昭和62.12.17	6.7	2
釧路沖地震	平成 5. 1.15	7.8	2

様に都市部での災害が、さらに１９８３年日本海中部地震は１９９２年のニカラグア地震や１９９２年インドネシア地震と同様に津波による災害が特徴である。このように、地震災害は地震の発生位置や地震の影響が及ぶ地域での土地利用等により異なるために、あらゆる場面を想定した地震防災対策が必要であるが、人口や社会基盤が集積しているわが国では、特に都市部での地震防災対策が急務となっている。なお、わが国では１９２３年の関東大地震の発生した９月１日を「防災の日」として、住民も参加した地震防災訓練を行い、地震発生に備えている。

6.5.2　地震災害・技術開発に関する土木研究所での取り組み状況

地震防災技術の総合化を図るための建設省総合技術開発プロジェクトでは、「新耐震設計法の開発」（1972～1976年度）、「震災復旧技術の開発」（1981～1985年度）、「災害情報システムの開発」（1987～1991年度）が実施されており、幅広い研究成果が得られている。また、1992年度からは新たに「大都市地域における地震防災技術の開発」が開始され、大都市地域、軟弱地盤での地震防災技術の研究、開発が今後５か年間実施される予定である。

また、道路橋、共同溝等の土木構造物の合理的な耐震設計法の開発のための調査、研究耐震設計基準が実施されており、これらの成果は各種の耐震設計基準に反映されている。表－6.5.2は日本での主な耐震設計基準であるが、土木研究所での研究成果はこのような基準のベースとなっている。

最近では、地震動の特性、液状化による地盤流動、橋梁の免震設計法・制震設計法に関する新しい研究、技術の開発に取り組んでおり、次第にその成果が得られつつある。

表－6.5.2 日本における土木構造物の主な耐震設計基準

基　準　類	制定・改訂年
本州四国連絡橋耐震設計指針	１９６７
道路橋示方書耐震設計編	1971,1980,1990
沈埋トンネル耐震設計指針（案）	１９７５
新耐震設計法（案）	１９７７
水道施設耐震工法指針・解説	１９７９
下水道施設地震対策指針・解説	１９８１
河川砂防技術基準（案）	１９８６
震災構造物復旧技術マニュアル（案）	１９８６
共同溝設計指針	１９８６
道路震災対策便覧（震前対策編、震災復旧編）	１９８８
明石海峡大橋耐震設計要領（案）	１９８８
道路橋示方書Ⅴ耐震設計編	1980,1990
フィルダム耐震設計指針（案）	１９９１
来島海峡大橋剛体基礎耐震計算法（案）	１９９１
道路橋免震設計法マニュアル（案）	１９９２
駐車場設計・施工指針	１９９２
災害情報システムガイドライン（案）	１９９２

6.5.3　地震災害・防災対策を推進していく上での今後の技術的課題

今後、わが国において地震対策を遂行していくために、研究、開発の必要な主な技術的課題は以下の通りである。

1)強震観測の拡充と震災復旧への利用技術の開発

強震観測は耐震設計法等の地震対策技術の開発の基本となるものであり、強震観測網の維持、拡充を図る必要がある。表－6.5.3は建設省関係の所管施設における強震観測の現況であるが、強震計の新設とともに、老朽化した地震計の更新が必要である。その際には、観測のオンライン・ネットワーク化することにより、強震記録を震災復旧活動に活用するなどの多目的利用を図ることが必要である。

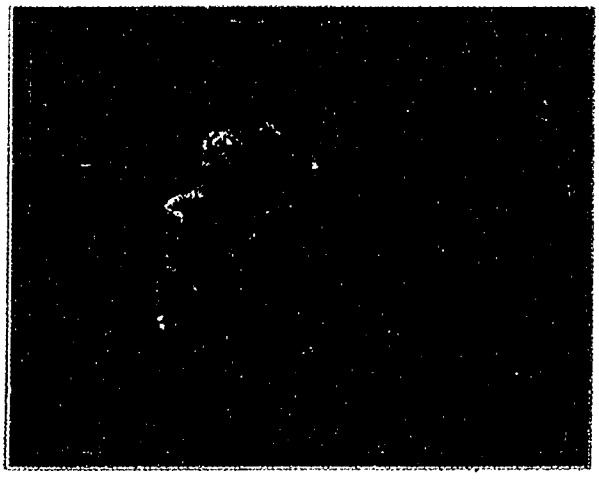
表－6.5.3　建設省所管施設での強震観測の現況（1992年4月）

対象施設	箇所数	強震計数 SMAC型 箇所数(台数)	強震計数 電磁式 箇所数(成分数)	強震計数 計数式 箇所数(台数)
道路、橋梁（都市高速道路予定地点）	176	126(251)	30(389)	20(108)
河川堤防、堰、水門等	49	25(51)	6(40)	18(43)
ダム施設	120	25(54)	55(508)	40(100)
下水道、港湾施設等	6	6(13)	0(0)	0(0)
合計	351	182(369)	91(937)	78(251)

2)軟弱地盤の耐震性評価及び対策技術の開発

地盤の液状化は構造物の被害に深く関係しているので、その発生の予測法の開発とともに、対策法の開発が必要である。わが国では、既に液状化の判定法が道路橋等の設計法に反映されており、また対策工法も数多く開発されているが、今後は液状化による構造物の変状特性を考慮した液状化の判定法に関する研究とともに、対策法の合理的な設計法の開発が必要である。

また、液状化による構造物の地震危険度の評価技術及びマイクロゾーニング技術の開発を実施し、地震防災計画に活用できるようにすることが必要である。



写真－6.5.1　地震動のゾーニング例

3)のり面・斜面の地震対策技術の開発

山岳地帯ではのり面・斜面の地震被害が特に顕著であり、震災対策について検討が必要である。現在の所、のり面・斜面に対しては特に降雨に対する防災が中心であるが、地震時の災害特性を考慮した地震対策技術を研究、開発することが必要である。

4)橋梁の地震時保有水平耐力照査法の向上

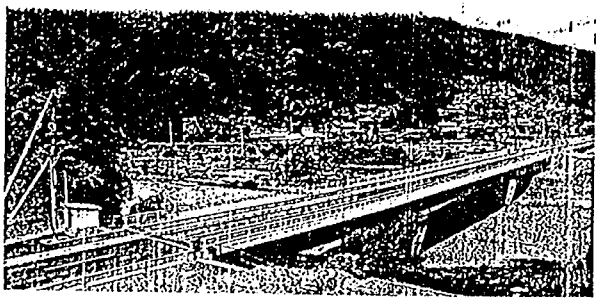
現在、橋梁の耐震設計は震度法による地震外力と許容応力度法による安全性の照査が基本となっているが、関東大地震クラスの現実的な地震外力を想定して、構造部材が持つ実際の耐力・変形性能を考慮した保有水平耐力照査法を一層向上させることが必要である。このような照査法により地震外力、構造計算、耐震性の照査が相互にバランスのとれた設計が可能となる。

5)超長大橋の耐震設計法の開発

わが国では本州四国連絡橋に続く大規模プロジェクトとして東京湾口道路、伊勢湾口道路等のプロジェクトが計画されているが、これらの道路は太平洋沿岸に位置しているため震源に極めて近接している。また、地盤条件も本州四国連絡橋に比べて厳しくなっている。従って、これらの超長大橋に対しては、入力地震動の設定法や地震安定性の照査法において、従来以上に厳しい地震環境、地盤条件を考慮した新たな視点による耐震設計技術の開発が要求されている。

6)免震設計法及び制震設計法の開発

土木研究所では地震力の分散と減衰性能の向上を目的とした橋梁の免震設計の研究に取り組んできている。現在は実用化の段階にあり、パイロット事業として5橋が免震橋として計画されており、既に3橋が供用されている。今後は超多径間連続橋に免震設計のコンセプトを適用する等、免震設計についての幅広い検討が必要である。



写真－6.5.2　免震橋の事例

7)シールドトンネルの耐震設計法の合理化

軟弱地盤における地中構造物については十分な耐震性の検討が必要である。シールドトンネルの耐震性については、東京湾横断道路に対して検討されているが、今後はこれをベースとしてより汎用的な耐震設計技術としてゆくことが必要である。

8)ダムの耐震設計法の合理化

わが国のダムは山間部で建設されるのが大半であるため、地震に対しては複雑に変化する地形、地質特性を考慮した設計法が必要である。今後は、ダムサイトの地形条件を考慮した地震動特性を明らかにするとともに、フィルダム、コンクリートダムの堤体材料の強度特性、地震時応答特性を考慮した合理的な耐震設計法の確立が求められている。

9)耐震点検・耐震補強技術の開発

新設橋梁だけでなく、既設の特に古い基準で設計された橋梁の耐震性の確保も地震防災上必要である。わが国では既に道路に対する震災点検が4回実施されているが、今後は構造的な耐震性の点検技術の向上とともに、施設に要求される耐震性の水準といった評価法も検討することが必要である。さらに、点検結果に基づいて実施する耐震補強について、現在までの落橋防止技術、橋脚の補強技術だけでなく、基礎の補強技術の開発が重要となる。

10)震災の波及特性の評価技術の開発

地震防災計画あるいは震災復旧を考える場合、地震災害の波及特性を明らかにすることにより間接損害の推定や効果的な震前・震後の震災対策の立案が可能となる。従って、構造物の耐震技術の開発とともに、震災の波及特性の評価及びその適用技術について研究を進めることが必要である。

7. 環境と社会資本整備の取り組み状況

我国では、経済の発展に伴い人々の暮らしも安定し、物質的豊かさから、精神的豊かさを求める傾向が強くなってきている。この中で環境問題は国民の強い関心事となってきた。一方、我国の社会資本の整備は、従来その整備の目標達成に主眼がおかれ、ややもすれば人々に多大な恵みをもたらす環境に対する配慮が不足してきた。このため、環境の保全と調和を保ちながら社会資本整備に努めることが求められている。

そこで、土木研究所においても、環境の保全、回復、創造技術の開発に積極的に取り組んでいるが、ここでは河川環境、下水道と水質保全、ダム環境、都市環境、道路環境の取り組みについて述べる。

7.1 河川環境の取り組み状況

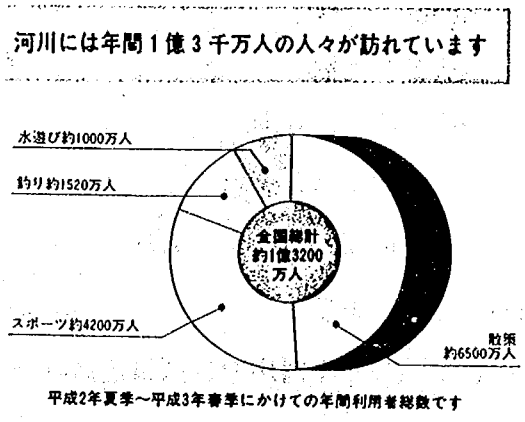
7.1.1 河川環境対策の現状と課題

1)概要

近年の河川流域における都市化の進展等に伴って、河川環境が著しく変化し、水質の悪化、親水性の低下等が生じており、水環境の改善及び河川環境の保全・整備について、国民の要望は増大かつ多様化している。

また、水辺空間は、自然保全、防災、レクリェーション機能等水と緑の貴重なオープンスペースとして地域環境の形成に果たす役割が再評価されている。

例えば、平成２～３年度に建設省が行った水辺の国勢調査によれば、全国の直轄河川に年間１億３千万人の人が訪れている。これは国民１人当りほぼ１回河川に散歩や釣り、スポーツ等のために訪れていることになり、河川のレクリェーション機能としての役割がうかがえる。



図－7.1.1

2)施策

建設省で行っている河川環境に関する主たる施策をあげる。

(1)水辺の国勢調査

河川に生息する魚、鳥、昆虫、小動物、植物などの生物の生息状況や河川空間の利用実態調査である。全国の直轄河川で定期的、継続的に調査を行っており、今後県管理の河川でも行っていく予定である。本調査は河川環境の現状を把握するための基礎調査の一つであり、種々の計画に反映されていく。

(2)河川環境管理基本計画

河川審議会から昭和56年12月「河川環境管理のあり方について」の答申がなされ、「河川環境管理

は治水及び利水の管理と並んで国民生活上極めて重要な課題である。」

との提言がなされた。

これを受けて建設省では、長期的かつ広域的視野に基づき、治水及び利水計画並びに地域の特性等と十分調整・調和を図り、河川環境の保全と創造に係わる施策を総合的かつ計画的に実施するための河川環境管理基本計画の策定を図っている。

河川環境管理基本計画には、以下の基本的事項を定めることとなっている。

a.)水環境管理に係わる基本的事項

①水量及び水質の総合的管理に関する基本構想

②水量及び水質の監視に関する計画

③河川管理施設の管理に関する計画

④許可工作物の管理に関する計画

⑤水環境の改善のための事業の実施に関する計画

⑥水環境に関連する他の施策との調整に関する方針

⑦その他水環境管理に係わる重要な事項

b.)河川空間環境管理に係わる基本事項

①河川空間の適正な保全と利用に関する基本構想

②河川空間の整備のための事業の実施に関する計画

③河川工事及び占用許可等にあたって配慮すべき事項

④河川空間管理に関連のある他の施策との調整に関する方針

⑤その他河川空間環境管理に係わる重要な事項

河川空間環境管理計画については、全国の直轄河川でほぼ策定済みであるが、水環境管理計画については現在策定中である。

(3)環境に配慮した河川事業

a.)河川改修事業

河川改修の実施にあたっては、景観の保全・創造、自然環境の保全、また親水性を高めるための種々の事業を行っている。

例えば、多自然型川づくり、緑の丘陵堤、魚ののぼりやすい川づくり、ふるさとの川モデル事業、桜づつみモデル事業などである。

具体的な対策としては、河岸の多孔質化、瀬・淵の創造、魚道の設置・改良、なだらかで起伏のある堤防の設置、街づくりと一体となった河川整備、堤防の拡大と桜などの植樹である。

b.)河川浄化事業

堆積汚泥の浚渫は、河川及び湖沼で実施している。

浄化用水の導入は、水質の悪化した河川に他河川から新鮮な水を導入するもので、和歌山市の内川や寝屋川市の古川等で実施している。

この他、河川浄化の方法として、礫間接触酸化式浄化等による直接浄化を実施している。礫間接触酸化式浄化は、礫槽に河川水を導入し、礫及び礫に付着した生物等によって汚濁物質の吸着、沈澱、酸化を行うものである。

多摩川では、流入支川の野川、平瀬川について多摩川流入地点に、この方法による浄化施設を設置し、水質浄化を行った後に多摩川に流入させることで多摩川の水質改善を図っている。

3)課題

これまで治水・利水を中心に行われてきた河川事業が、今回、河川環境という新しい問題に直面し、一つの転換期を迎えている。

生物や景観など、これまであまり河川との関連で取り扱われていなかった問題が多く、基礎的調査方法、計画方法、施設設計法などの技術が確立されておらず、それらを早急に確立することが課題となっている。

7.1.2 河川環境の保全、回復、創造技術に関する土木研究所の取り組み状況

土木研究所では、このような行政的な施策を行うのに必要なあるいは新たな施策展開を可能とするような種々の研究を行っている。

1)河川環境の価値に関する研究

「環境に配慮した事業にどの程度の投資が可能か」「環境のどのような側面を重視すべきか」「日本独自の河川環境とは何なのだろうか」など、河川環境行政を行っていくのに基礎となる河川環境の価値を明らかにする研究を行っている。

例えば、「日本人と水との歴史的な係わり」「日本の代表的な都市における水空間の量と変遷」「河川における利用実態と人々の意向」などに関する調査を行い、河川環境価値項目を抽出し、価値の定量化を図っている。

2)河川生態系の保全に関する研究

河川に生息する鳥類、魚類などを保全するために、種々の研究を実施している。

(1)調査方法に関する研究

特に魚類について、先端技術あるいは伝統的技術を導入あるいは改良し、調査方法を確立を図っている。

(2)生物の生息条件に関する研究

鳥類、魚類、植物などの代表種について既往文献、現地調査、実験などにより、河川管理に立脚した生息条件に関する研究を行っている。例えば魚類であれば、巡行速度、突進速度に関する実験、有

害物質による魚類のへい死実験などである。

(3)生物保全技術に関する研究

魚道、魚巣、瀬と淵の創造手法、植物創成手法などについて、フィールド実験、水理実験を中心に技術開発を行っている。(写真－7.1.1)

3)河川水質の保全に関する研究

河川水質を保全するために、「河川への汚濁物質の流出機構及び自浄機構」「河川直接浄化工法の開発」等に関する研究を、また景観、生態系保全、安全でおいしい水の供給など新たな国民の水質への要望に対応するための「水質新指標に関する研究」等を実施している。

閉鎖性水域の水質保全については、上下向流型木炭浄化法、浮島による植生浄化法など、新しい浄化工法について研究を実施している。

4)河川景観、親水利用に関する研究

美しい河川風景を創出するため、河川構造物の色彩、デザインに関する研究を行っている。また、河川の親水利用のための要請に応えるため、親水利用状況、施設の事例を収集し、親水施設を配置する場合の基礎的な方法論についての研究を行っている。(写真－7.1.2)

5)河川水熱の有効利用に関する研究

省資源・省エネルギー型の国土を構築するために、河川水の熱エネルギーの有効利用に関する研究を行っている。(写真－7.1.3)

(1)河川の気候快適化に関する研究

都市内の河川が都市気候にどのような影響を及ぼすか、観測およびシミュレーションにより明らかにし、都市のヒートアイランド化を防止するための水面積の確保、河川内冷却気の都市内の誘導方法などについて研究を行っている。

(2)水を利用した都市冷却システムの開発

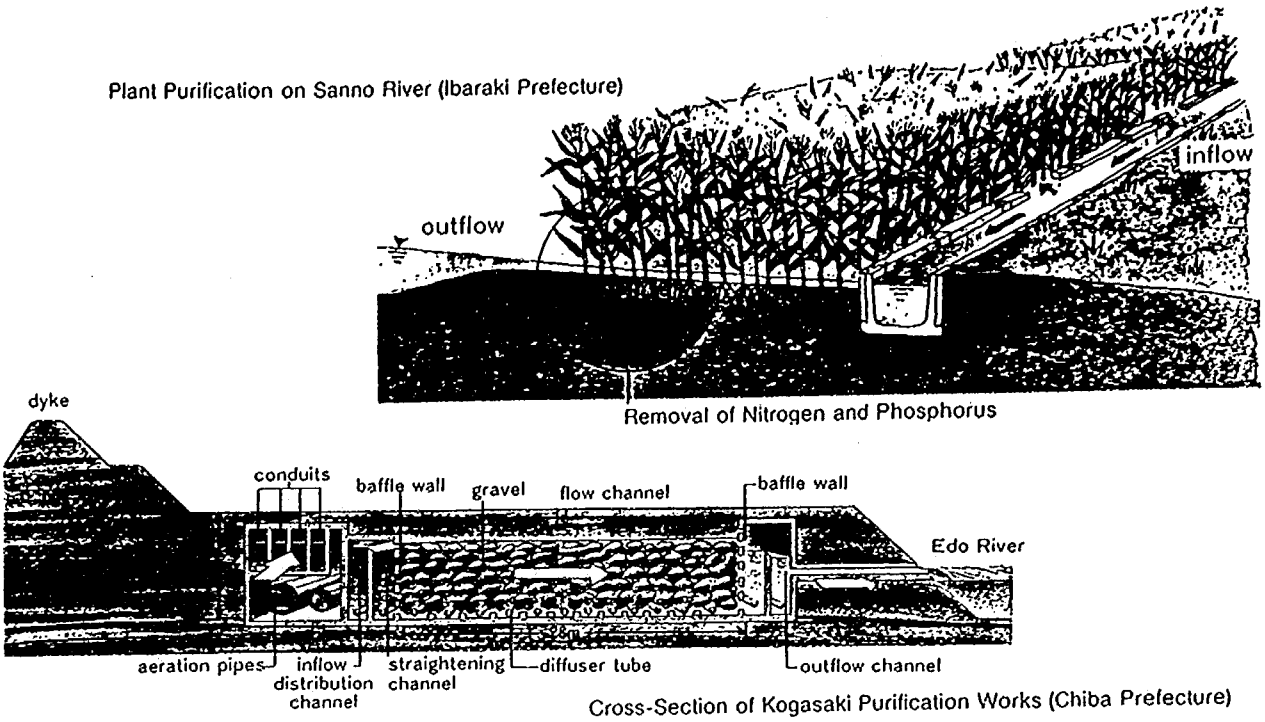
散水、透水、貯水型都市によるヒートアイランド防止方法について、シミュレーションモデル、現地実験等により都市システム確立を図っている。

7.1.3 河川環境対策技術に関する今後の技術上の課題

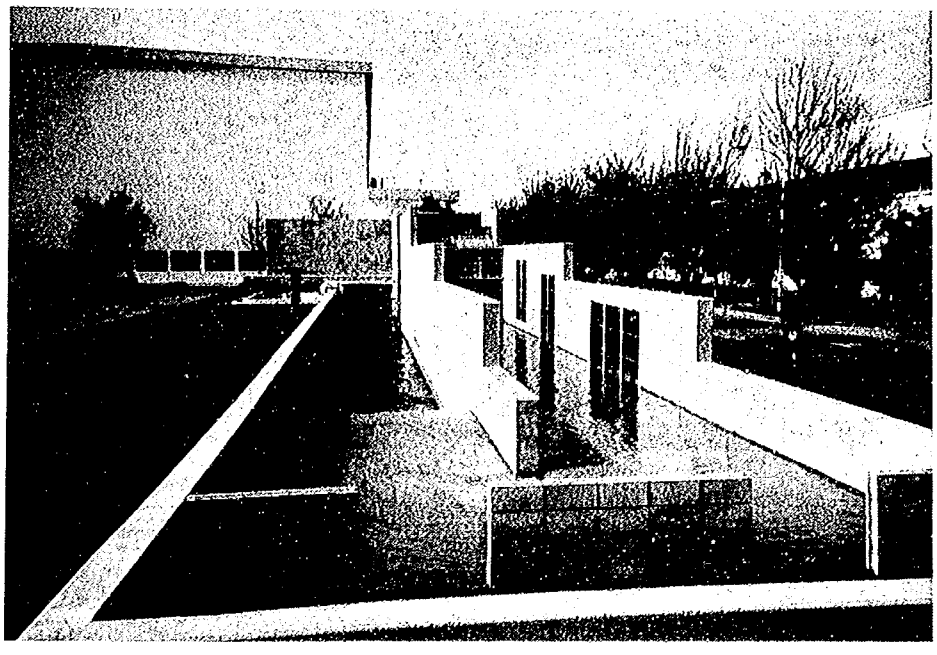
現在、例えば景観あるいは水質など対象を限定して研究を実施しているが、本質的には全体のシステムがあって、個々の項目がその一面として生じているわけである。したがって今後は、水循環や河川空間の構造及び社会構造などを一つのシステムとして捉える、いわゆるシステム化の研究を行う必要がある。

また、今後の河川改修にあたって環境的な問題を中心に住民と意見を交換しながら計画を立案するようになってくるものと思われる。どのようなシステムで合意形成をはかるべきか、研究が必要な時

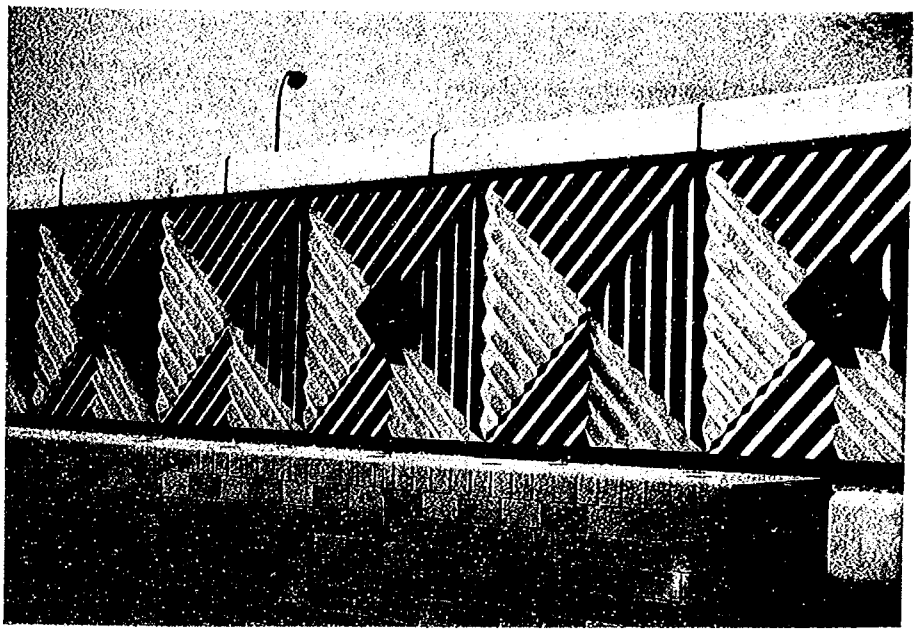
期にきている。



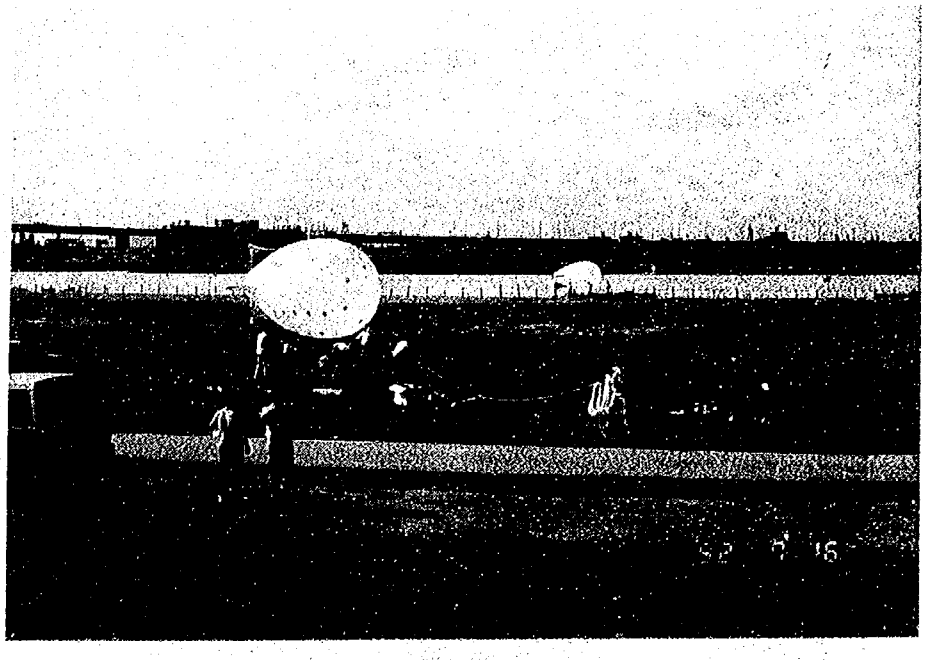
図－7.1.2



写真－7.1.1



写真－7.1.2



写真－7.1.3

7.2 下水道と水質保全の取り組み状況

7.2.1 わが国の下水道事業の現状と課題

わが国の下水道の建設・管理は、近代的な都市生活空間を創造し、水質汚濁を制御するための施設として進められている。下水道事業実施箇所数の推移を図7.2.1に示す。下水道事業の開始時点では、大都市を中心として合流式下水道が建設されているが、雨水排除のための都市下水路の建設も先行的に実施された。現在は、水質汚濁の原因となる汚水を収集する分流式下水道が建設されている。

市町村や小規模集落での家庭下水処理を進めるため、特定環境保全公共下水道や流域下水道第２種、あるいは「簡易な公共下水道」などの事業が設けられている。

下水は終末処理場で処理されるが、わが国では主として生物処理法が用いられている。この方法は、浮遊生物法と固着生物法（生物膜法）に分けられる。浮遊生物法とは、下水中に微生物の塊（活性汚泥）を生じさせて、それにより有機物を分解する方法である。固着生物法とは、個体表面に生物膜を発生させ、これに下水を接触させて有機物を分解する方法である。主な生物処理方法を分類すると、表-7.2.1のようになる。

わが国で稼動中の公共下水道の処理場において採用されている処理方法を処理場規模別に示したものが表-7.2.2である。処理能力10,000㎥／日以上では標準活性汚泥法がほとんどをしめているが、近年建設箇所数が急増している小規模な下水処理場（10,000㎥／日以下）においては、オキシデーションディッチ、回分式活性汚泥法等の採用実績が増加している。

通常の下水処理では、処理水の生物学的酸素要求量（ＢＯＤ）を20㎎／ｌ以下にすることができるが、放流先の水質汚濁問題の解決や処理水の再利用のため、より高度な処理水を得られる高度処理法の採用も増加している。

1990年度にわが国で発生した下水汚泥は約141万トン（乾燥固形物換算）で、その81％は埋立て処分されているが、埋立処分地の確保は年々困難になってきている。このため、下水汚泥の処理処分においては、埋立処分地の延命化を図るため汚泥の減容化が進められており、下水汚泥の61％は焼却されている(表-7.2.2)。

一方、下水汚泥は廃棄物というだけでなく、資源という一面ももっており、下水汚泥を緑農地や建設資材に再利用する技術開発が積極的に進められている。日本では年間発生する下水汚泥の13％が緑農地に、３％が建設資材として利用されている。今後は下水汚泥の再利用の比率がさらに高まってくると予想される。

このように、下水道の整備の進捗により家庭、工場などの汚濁源から河川や水路に直接排出されていた汚濁物質が下水管渠を経て下水処理施設で適切な処理が行われた後、河川などの公共用水域に放流されることになる。従って、下水道整備による河川や海の水質保全効果は著しく、下水道整備が進

んだ都市の河川は良好な水質に保たれるようになった。

戦後、東京は人口・産業の集中に伴い目ざましい発展を遂げたが、下町を流れる隅田川は工場や家庭からの排水量が増えたために急速な水質悪化が進んだが、下水道の整備とともに徐々に水質が改善されている（図-7.2.2）。

7.2.2 下水道による水質保全、回復、創造技術に関する土木研究所の取り組み状況

下水道は、管渠によって下水を収集し、処理場で下水を処理した後、処理水を河川や海に放流する仕組みになっている。下水処理の過程で、汚泥が生成するため、汚泥の処理・処分が必要となる。

下水の収集のための新しい輸送システムとして、圧力式下水道や真空式下水道の技術開発を行い、従来の方法では管渠の敷設が困難なところでも下水道が建設できるような研究を行っている。

環境の保全は今や国民の総意となっており、公共用水域の保全や処理水の有効活用を図れる高度な処理水を得るため、化学的あるいは生物・化学的な高度処理技術の開発を行っている。

土地の値段が高いわが国では、下水汚泥の処分地の確保は年々困難になってきている。このため、汚泥を処分するのではなく、緑農地や建設資材に利用できるための技術開発が求められており、コンポストや溶融などの有効利用技術の開発を行っている。

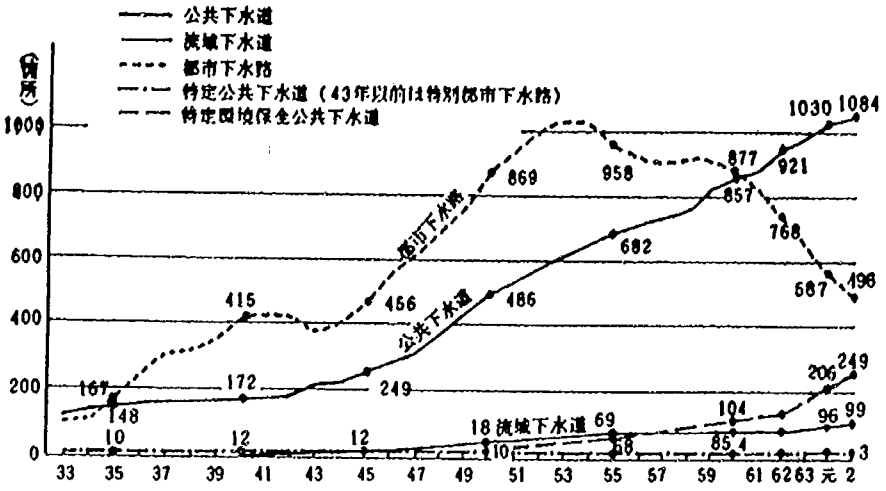
河川や海などの公共用水域の水質汚濁のメカニズムは未だに未解明のところが多く、効果的な水質保全策を立案するため、水質汚濁メカニズムの解明の研究にも取り組んでいる。また、近年問題となりつつある微量化学物質についても、それらの毒性や環境への影響、さらに対策について研究を行っている。

7.2.3 下水道による水質対策技術に関する今後の技術上の課題

わが国では古くより下水道事業を行っている都市は、雨水と汚水とを同じ管渠で収集する合流式下水道を採用しているところが多い。合流式下水道では、雨のときに未処理の下水が雨水と一緒に河川等に流出してしまうので、改善策の樹立は急務となっている。また、これらの都市では施設の老朽化も問題となっており、更新技術の確立が急がれている。水質汚濁の中には、窒素やリンなどの栄養塩類が原因となる富栄養化があり、特に湖沼の富栄養化対策には窒素やリンの除去技術の確立が必要となっている。また、微量化学物質の処理技術の開発も、将来の重要な課題となっている。下水汚泥は水中の重金属を濃縮する特性があり、汚泥の農業地への利用の妨げとなっている。従って、汚泥の重金属対策は、依然として重要な課題である。また、建設資材等への利用については、既存の市場でどのように汚泥をさばけるかが、このような汚泥利用の鍵を握っている。

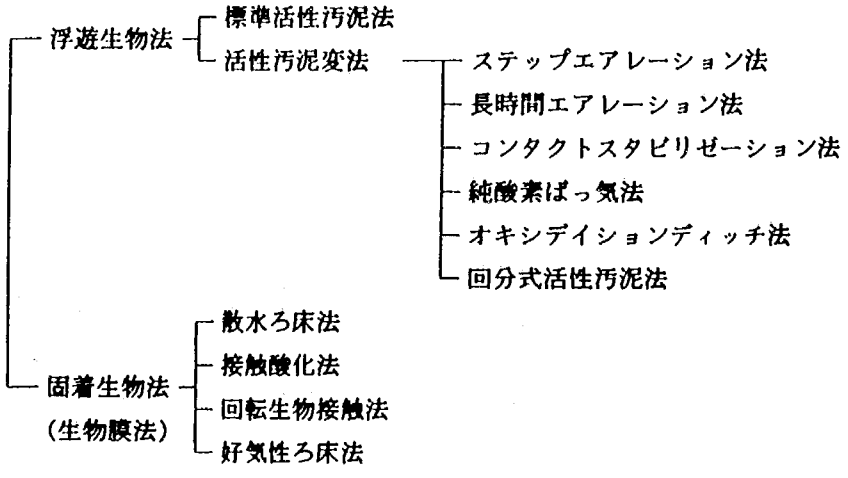
最後に、下水道の進捗とともに、下水処理水が河川水と混合し、再び飲料水となるような無意識的再利用は益々進むと考えられる。従来は、病原菌などの処理で処理水の安全性が保たれてきたが、今

後は、ウイルスや微量化学物質などのようなものを対象に、処理水の安全性についての議論が展開されるであろう。従って、安全性に関する新たな指標作りが重要になっている。



図－7.2.1　下水道事業実施箇所数の推移

表－7.2.1　主な生物処理方法の分類



表－7.2.2　処理方式別処理場数

処理方式 / 日最大処理水量 (千m³/日)	消毒	中級		高級												高度	計
	無	高速散水ろ床法	高速エアレーション	活性汚泥法 標準	ステップ	長時間	リザーベーションコンタクトスタビ	純酸素	循環変法	回分式	ディッチオキシデイション	回転生物接触法	接触エアレーション法	嫌気好気ろ床法	その他		
	有			単				著									
5 未満		2	2	55	3	11				11	16	13	2	1	1	(10)	147
5～10		2		63	3	3		1	1	1	11	1				(9)	89
10～50	1	1	8	228	16	2		3			2	6	2			(2)	275
50～100			2	96	17			1	3			1				(9)	119
100～500			1	126	8			2	1							(8)	138
500 以上				13	7											(2)	20
計	1	8	13	580	54	16		7	5	12	59	24	4	1	1	(10)	788

注）1．処理場において二つ以上の処理方式をもつ場合は，処理水量の大きい処理方式とした。

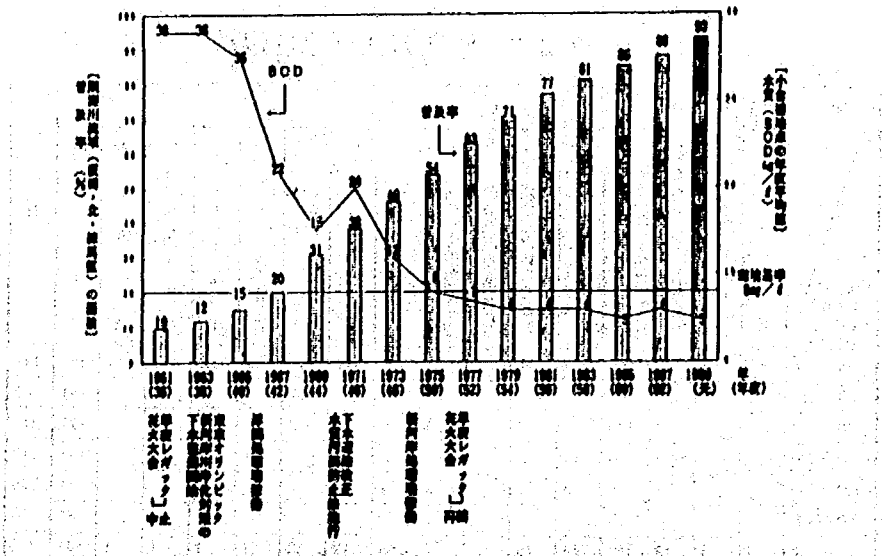
表－7.2.3　日本における高度処理

目的	高度処理プロセス
ＢＯＤ　ＳＳの除去	急速ろ過
ＣＯＤの除去	活性炭吸着、凝集沈澱
窒素の除去	生物学的硝化脱窒法
リンの除去	凝集剤添加活性汚泥法、嫌気好気法
消毒、脱色	オゾン酸化

表－7.2.4

Disposal and Reuse of Sewage Sludge in Japan (Fiscal 1990)

Sludge Treatment		Disposal and Reuse					Total	
		Landfill Reclamation	Agricultural Use	Construction Material	Ocean Disposal	Others	DS－t／y	%
Thickened Sludge		2	0	0	6,954	0	6,956	0.5
Dewatered Cake		327,443	45,476	0	4,731	937	378,587	26.8
Compost		0	121,414	0	0	1,096	122,510	8.7
Dried Sludge		3,111	7,697	0	0	456	11,264	0.8
Incinerated Ash		806,423	7,133	42,758	0	6,672	862,986	61.0
Melted Slag		1,566	0	2,078	0	27,071	30,715	2.2
Total	DS-t／y	1,138,545	181,720	44,836	11,685	36,232	1,413,018	
	%	80.6	12.9	3.2	0.8	2.6		100.0



図－7.2.2　隅田川流域の下水道普及率とＢＯＤの推移

7.3 ダム環境

7.3.1 ダム環境対策の現状と課題

ダム湖は、洪水調節という「治水機能」や水資源あるいは水力エネルギーの開発という「利水機能」のほかに、ダムという構造物とともに新しく創造された湖水と周辺の自然環境が織りなす景観を楽しみ、貯水池を魚釣り・水遊び・ピクニック・スポーツなどに利用する「親水環境機能」を本来的に有している。近年、人々の生活行動様式が拡大・多様化するとともにダムのもつこのような機能を重視し、ダム湖をレクリェーションの場として積極的に活用しようという要請が高まってきている。

このようなダムの環境問題に対処するため、日本では種々の事業等が実施されている。すなわちダム建設にあたっては、選択取水設備等の水質保全設備を設置する事により、ダム湖や下流河川の水質の保全対策を実施している。また、ダム周辺の環境を整備し、地域の人々に水と緑のオープンスペースとしての憩いの場を提供する目的で、ダム周辺環境整備事業を実施する等、環境問題には積極的にとり組んでいる。

1) ダム湖の水質保全対策

ダム建設により自然の河道に大規模な貯水池が出現した場合、流水の滞留に伴って水質の変化を発生する場合がある。ダム湖で生じる水質問題としては、放流水の水温低下、洪水後の放流水の濁水長期化、富栄養化の三項目がある。ダム湖の水質問題が影響を及ぼしている部門としては、冷水化は農業部門のみであり、濁水および富栄養化は広範な部門に影響を与える可能性がある。

ダム湖の水質問題は三大課題である冷水、濁水長期化、富栄養化について研究がなされ、水質変化の概要はほぼ解明すると同時に対応対策の検討も行ってきた。その結果、冷・濁水問題については必要に応じて選択取水設備を設置することにより、ある程度解決することが判明した。富栄養化問題については、ダム湖及び上流域における各種対策が考えられており、ダム湖の状況に応じた保全対策を採用している。特にダム湖では曝気循環による富栄養化対策を推進している。

2) ダム周辺の環境整備

近年はダム湖のもつ親水環境機能の重要性が認識され、ダム湖周辺を積極的に整備してレクリェーションと憩いの場として活用しようとする社会的なニーズが高まってきた。一方、ダム湖は水源地として水質の保全が望まれ、ダム湖周辺の無秩序な利用や乱開発により、ダム湖に悪影響を及ぼさないようにしなければならないというダム管理上の要請もある。

これらの背景のもとで、ダム周辺環境整備事業が制度化されている。この事業の目的は、ダムおよびダム湖周辺の自然環境の保全と調和を図りつつ、ダムと一体として管理している区域（河川区域および河川保全区域）について、敷地整備、緑化対策等の環境整備を行うことにより、利用者の安全対策、ダム湖の管理、清浄な水源地としての水質保全等の河川の公利の増進を図る。あわせて、水と緑

のオープンスペースとしての新しいダム周辺環境を創造し、国民一般に魚釣り、ボート、風景観賞、散策、スポーツなどの場を提供しようとするものである。

また、ダム地点を遡上して産卵する魚類がいる場合にはダムは障害物となる。そこで近年、「ダム渓流魚道設置事業」等により、魚道の設置が進められている。

7.3.2 ダム環境の保全、回復、創造技術に関する土木研究所の取り組み状況

ダム湖の環境で最も重要な項目はダム湖の水質環境であり、水質保全手法について重点的に研究開発してきた。また広い水面を持つ優れた環境機能を向上させて、水源地域発展の核とすべく社会的要請が高まってきており、ダム湖の生態系環境及び景観環境の保全と創成について研究を行っている。

1) 水質環境の保全

ダム湖の水質に関する重要な問題として、洪水後に下流河川が長期間にわたって濁る濁水長期化現象、貯水池に水の華や淡水赤潮等が発生するなど富栄養化現象がある。これらは利水問題となるだけでなく、景観上も問題となる場合がある。これらの問題に適切に対処するために、水質予測シミュレーションモデルを開発し、選択取水等の水質保全対策の効果評価及び策定について検討を行ってきた。また、濁水長期化現象や富栄養化現象の要因分析を行い、現在建設中や計画中のダムでこのような現象が発生する可能性について検討を行っている。また、富栄養化対策手法について、現地観測や室内実験でその効果を検討している。

ここで開発した「ダム貯水池水質予測解析モデル」は各貯水池の水質予測、環境アセスメント及び水質保全対策の計画策定に用いられており、また、「ダム貯水池水質調査要領」は全国のダム貯水池の水質調査に適用されている。さらに、「ダム貯水池富栄養化対策の手引き（案）」がまとめられ、各ダムの富栄養化対策に役立っている。

2) 生態系環境の保全及び創成

ダム建設に伴い創出されるダム湖は豊富な水量と広い水面を持ち、魚類や鳥類にとって新たな生息の場となる。土木研究所においても、高堤高ダムに対応した効果的な魚道開発を行っており、魚類等の遊水力や水生生物の生態等の研究や各種方式の魚道の水理特性の研究に鋭意取り組んでいる。これまでの成果は「魚道の設計」にまとめられ、各地の魚道計画に活用されている。

3) 景観環境の保全及び創成

ダムの環境、親水機能を向上させるためにはダム湖及び周辺の施設整備だけでなく、ダム湖周辺全体を見た景観保全整備が必要である。ダム湖周辺全体における景観について考えると、ダム堤体、ダム湖岸線及び付替道路は空間的に占める割合が大きく重要なポイントになる。

ダム堤体は大きさの面でも機能の面でも周辺の中心となるもので、計画・設計時点において、将来出現する景観の状況を予測し適切な配慮を行うことが重要である。

今までの成果については「ダムの景観設計」にまとめられ、各ダムの景観設計に役立てられてる。

7.3.3　ダム環境対策技術に関する今後の技術上の課題

次世代に向けてのダム建設を進める上でダム環境機能の向上が重要である。そのため次の様々な技術的課題について研究を進める必要がある。

1)ダム湖の生態系環境の保全及び創生

2)ダム湖の水量・水質総合管理

3)ダム湖の利活用（親水機能の向上）

4)ダム湖景観設計手法の開発

5)ダム湖を文化の核とした地域開発手法

7.4 都市環境の取り組み状況

7.4.1 都市環境対策の現状と課題

戦後、日本の高度経済成長は、経済活動の巨大化、都市への人口・産業の急激な集中、国民のライフスタイルの変化等を引き起こし、これらに伴いエネルギー・資源の大量消費、大量廃棄、自然の減少等の環境問題が顕在化した。特に日本においては近代的な都市整備の歴史が浅く、都市化が急激であったことなどから、都市における自然環境の悪化、生活環境の整備の立ち遅れが顕著にみられ、このため、社会資本の整備や適正な土地利用の推進を通じて、都市環境を改善することが急務となっている。一方、国民の意識が物質的豊かさから精神的豊かさを重視する方向へ大きく変化していることから、都市整備に当たっては地域固有の自然、歴史、文化、景観等を生かした個性ある都市づくり、良好な都市景観の形成や都市緑化等による快適な都市環境の形成といった視点が重要になっている。

都市景観の形成については、建設省が1987年に「都市景観形成モデル都市制度」を、さらに1990年に「うるおい・緑・景観モデルまちづくり制度」を創設し、モデル的に都市景観の形成を推進しているほか、その他の都市においても良好な都市景観の形成に配慮した都市整備が推進されているところである。しかし、日本においては近代的な景観形成の歴史は浅く、技術的蓄積が十分でないこと、主観に左右されやすい景観の評価を客観化すること等が課題になっている。

都市緑化については、1977年度から「都市緑化のための植樹等五箇年計画」を策定し、公共施設等の緑化を推進している。また、1977年に「緑のマスタープラン策定要綱」を、1985年に「都市緑化推進計画策定要領」を通達し、各都市において緑のマスタープラン及び都市緑化推進計画を策定して、民有地を含んだ都市緑化を推進している。今後は、都市緑化をより一層推進するため、高架道路下等の日陰地、建築物の屋上、壁面、屋内等、緑化が困難とされてきた場所の緑化技術の開発、民有地の緑化を促進させるための制度の確立と適切な運用等が必要になっている。さらに、近年関心が高まっている地球的規模での環境問題に対処するため、都市におけるヒートアイランド現象の緩和に資する緑化技術、地球温暖化現象の緩和に資する緑化によるCO_2濃度の低減技術、ビオトープ（小動物の棲息空間）の保全、創出等生物相の保全に資する環境の保全・創出技術等の開発が求められている。

また、今後の都市整備に当たっては、都市の持続的な成長を維持しつつ、アメニティ豊かな良好な都市環境の形成に配慮した土地利用計画を策定することが特に必要である。すなわち、清らかな水環境の保全・創出、緑化の推進、環境負荷の小さい交通体系、省エネルギー・リサイクル都市システム及び豊かな都市空間の創出等に関する総合的な「都市環境計画」を策定し、その基本的事項を都市計画に位置づけた「エコシティ」を中心として各種のエコアップ事業を実施していくことが重要な課題になっている。

7.4.2 都市環境の保全、回復、創造技術に関する土木研究所の取り組み状況

快適でアメニティ豊かな都市環境の形成のためには、都市緑化技術、良好な都市景観の形成技術等、環境の保全・創出技術に関する調査研究が必要であることから、土木研究所では、これまで、緑化技術、良好な景観の形成手法、公園緑地の整備・管理手法に関する調査研究等を幅広く行ってきた。

緑化技術については、大気浄化（CO_2の吸収、粉塵捕捉等）、防音、微気象緩和、景観形成等の緑化の効果を把握するとともに、海浜地、のり面、日陰地等を対象とした植栽環境の改善技術に関する調査研究、耐潮性、耐寒性、耐陰性等の緑化用樹木の性状に関する調査研究、保水材や下水汚泥による土壌改良技術に関する調査研究、コンテナ栽培樹木の植栽技術に関する調査研究、草本類の維持管理技術に関する調査研究等を行ってきた。また、従来緑化が困難とされていた場所を緑化するための植栽ユニット等新しい緑化技術を現在開発中である。さらに、「道路緑化技術指針」、「のり面工・斜面安定工指針」等の技術体系のとりまとめを行っている。

良好な景観の形成手法については、「道路景観整備マニュアル（案）」のとりまとめを行うほか、主観に左右されやすい景観の評価をより客観化するための調査研究等を行っている。対象としているのは、山岳道路、景勝地の道路、国道バイパス沿道、街路の沿道等道路の内部景観、外部景観、河川公園の景観設計等公共事業全般における景観形成手法である。また、コンピュータ・グラフィックスを用いた景観シミュレーション技術の開発も行っている（写真－7.4.1）。

公園緑地の整備・管理手法については、計画、整備、管理の各分野に関する調査研究を行っている。計画に関しては、緩衝緑地、都市林、広場、海洋性リゾート等の計画手法に関する調査研究、整備に関しては、大規模公園の段階的整備手法、芝生広場のアメニティ形成手法、公園林の整備手法、ジョギング走路の設計等に関する調査研究を行っている。また、管理に関しては、大規模公園の利用者分析調査や芝生広場の草地復元等に関する調査研究を行っている。

7.4.3 都市環境対策技術に関する今後の技術上の課題

都市環境をめぐる技術的課題の中でも特に次のような事項が緊急に必要とされている。

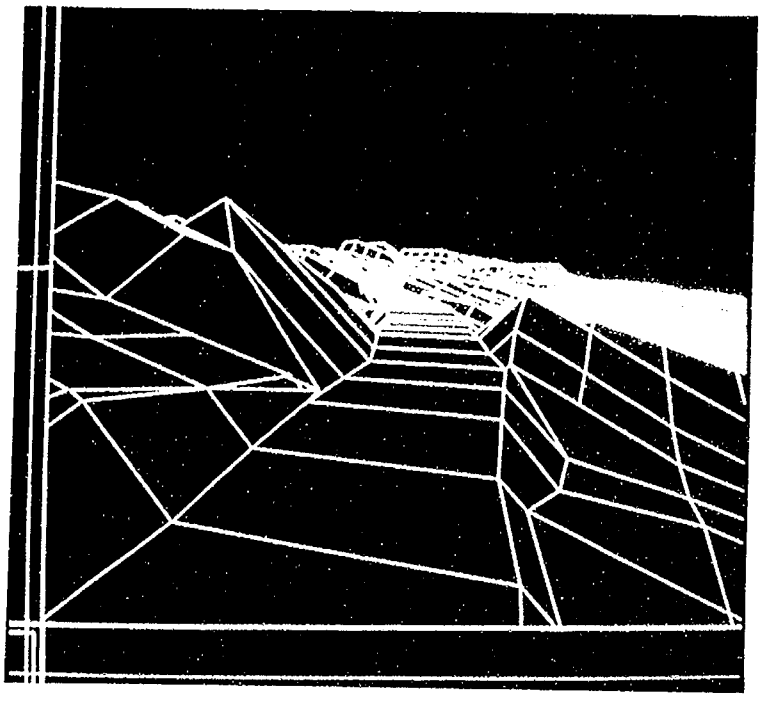
1)公園緑地計画手法：微気象緩和、生態系保全等に配慮した都市環境づくりのために、公園緑地計画手法を確立する必要がある。

2)ビオトープの創出手法：生態系を保全し、自然と調和した「エコシティ」（環境共生都市）（図－7.4.1）を目指して、ビオトープの創出手法等を確立する必要がある。

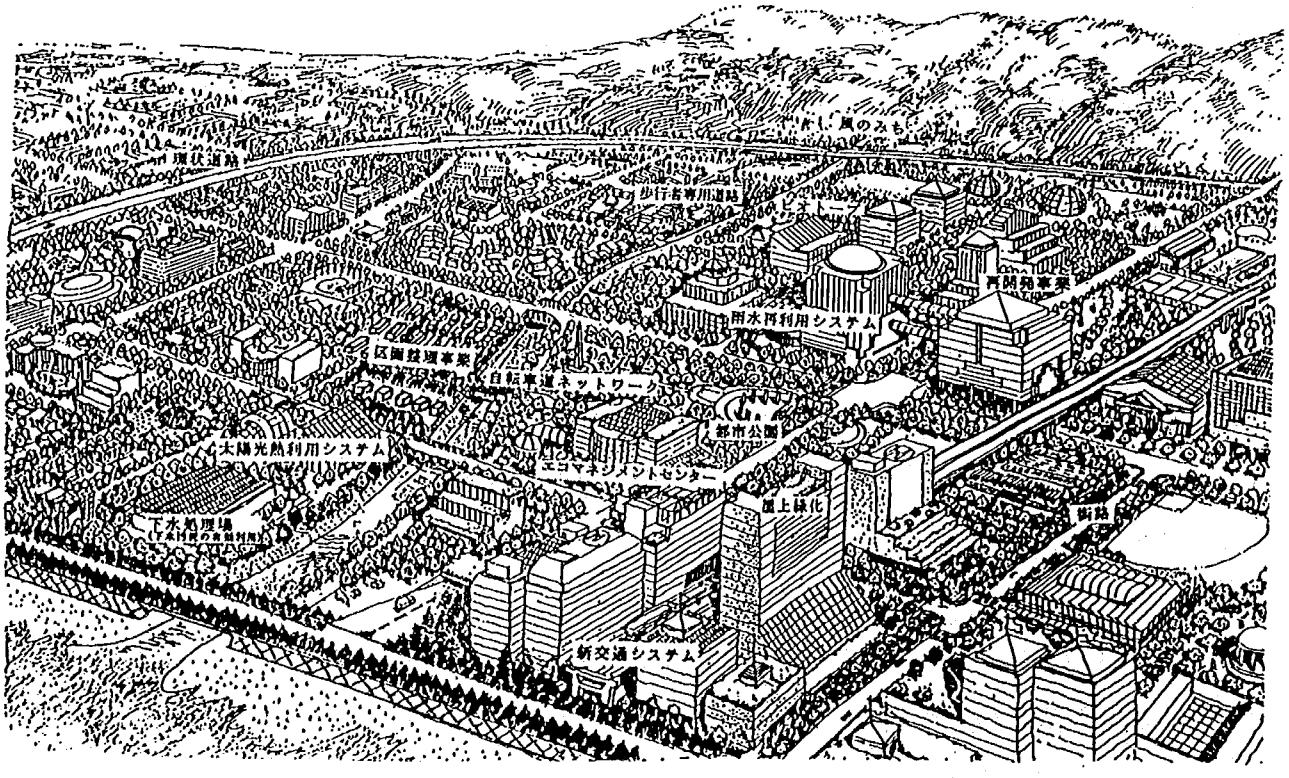
3)景観形成技術：景観の客観的な評価手法を確立するとともに、各現場で使用し易い景観シミュレーションソフトを開発する必要がある。また、自然と調和がとれ、かつ地域性が醸し出された個性ある街づくりのための景観形成技術を確立する必要がある。

4)都市緑化技術：緑化空間創出のための基盤技術の開発を推進し、緑化可能地の拡大を図る必要が

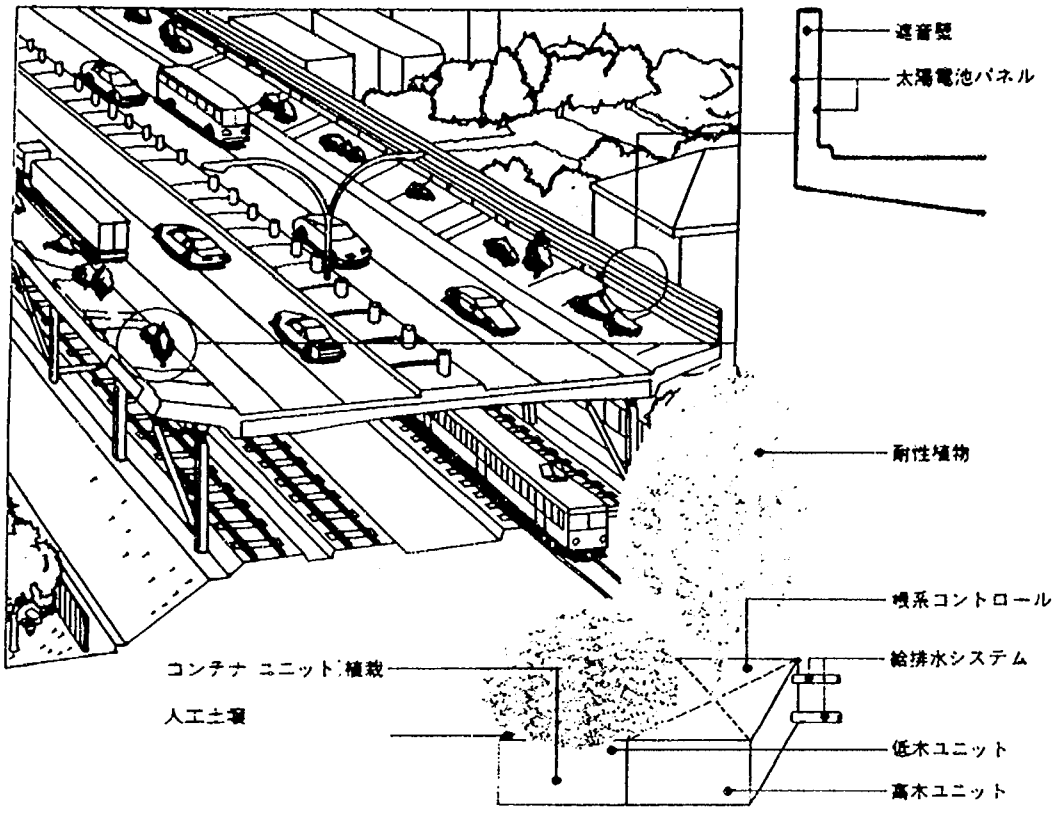
ある（図－7.4.2）。



（写真－7.4.1）景観シミュレーションによる景観評価の事例（道路の内部景観の検討の写真）



（図－7.4.1）「エコシティ」（環境共生都市）のイメージ図



(図－7.4.2) 緑化空間創出のための基盤技術の開発のイメージ図

7.5 道路環境の取り組み状況

7.5.1 道路環境対策の現状と課題

日本の道路は、国民の生活水準の向上と多様化、経済社会の発展に不可欠なものとして、その整備が進められ、大きな役割を果たしてきた。しかし一方では、限られた都市域への人口集中や予想を上回るモータリゼーションの進展のため、1960年代後半から都市及びその周辺の道路沿道では自動車騒音や大気汚染などの環境問題が顕在化した。その後の各方面の対策努力の結果、ある程度の改善が果たされたが、改善されない部分も多く残されている。

公害対策に関する法・基準として、産業公害を含む公害対策の総合的推進を図り、生活環境を保全することを目的とする公害対策基本法が1967年に定められた。この法律に基づいて、人の健康を保護し、生活環境を保全する上で維持されることが望ましい基準として環境基準（表－7.5.1、7.5.2）が定められ、さらに環境の測定・監視が行われている。また、個別の対策法として「大気汚染防止法」、「騒音規制法」、「振動規制法」が定められているほか、自然環境の保全を目的として「自然環境保全法」が定められている。

これらの法律と基準のほか、公害の防止及び自然環境の保全を図る観点から、「環境影響評価の実施について（1984年）」が閣議決定され、国等が行う一定の事業について、環境影響評価を実施することとされた。その具体的手順については「建設省所管事業に係る環境影響評価実施要綱（1985年）」が定められ、一定規模以上の大規模な道路事業などが計画される場合には環境影響評価が実施されている（図－7.5.1）。

環境の現状のうち大気汚染については、工場などの固定発生源の排出規制と同様に、乗用車・トラックの排出規制が行われ、順次強化された結果、大気中のSO_2、CO、HCの濃度は低下した。しかし、NO_2 濃度はここ数年間改善されておらず（図－7.5.2）、1990年にNO_2 濃度が測定された自排局のうち環境基準を上回っている局は、全国では３６％、東京都、神奈川県、大阪府の大都市地域では７７％を占めている。

騒音については、これまでに自動車から発生する騒音を低減させるための許容限度が定められ、順次強化されてきた。しかし、依然として多くの測定点で環境基準を超えており、1990年において自動車交通騒音に係る問題を生じやすい地点を中心とする全国4585箇所で測定された結果によれば、環境基準を満足している測定点は１３％となっている（図－7.5.3）。

7.5.2 道路環境の保全、回復、創造技術に関する土木研究所の取り組み状況

道路の整備、利用、管理にあたっては、環境との調和を図ることが最重要課題の一つであり、人、自然、そしてかけがえのない地球を守る、やさしい道路を創っていくための調査研究を推進する必要

がある。

道路環境に関しては、これまで、道路交通によって発生する大気汚染と騒音に関する予測と対策に重点をおいて数多くの研究を進めてきた。環境予測手法としては平面、盛土、高架、切土といった一般的な構造の道路における自動車排出ガスの拡散予測手法や沿道騒音分布予測手法が確立されており、これらは環境影響評価を行う際に用いられている。

また近年、第2東名・名神高速道路が従来にない高速の設計速度で計画されたことから、高速走行時(140km/h)の排出ガス、騒音に関する調査、実験を行った。この成果を用いて上記路線の大気汚染、騒音の環境影響評価が行われている。さらに、構造が一般的ではない堀割構造道路、トンネル坑口、インターチェンジなど特殊部における大気拡散や騒音分布の予測について、より精度の高い予測手法を開発している。

一方、環境保全対策としては、まず大気環境対策として環境施設帯における樹木等の大気浄化機能を調査した（写真－7.5.1）。この調査では樹木等のNO_x吸収量の測定と植樹帯の大気拡散効果の把握を行っている。また騒音に関しては遮音壁、高架裏面吸音板（写真－7.5.2）、排水性舗装による騒音低減、自動車対策等について調査、実験を行っている。

7.5.3 道路環境対策技術に関する今後の技術上の課題

道路環境に関しては、これまでに基本的な道路構造について、その予測と対策がまとめられてきた。しかし、これからの道路では特に大規模道路を中心として複雑な堀割や多層道路など、様々な構造で計画が行われると見込まれる。このため、大気拡散風洞（写真－7.5.3）や無響室（写真－7.5.4）を用いた模型実験やシミュレーション手法の開発などによって、騒音や大気拡散の予測精度向上のための研究を進める必要がある。

さらに、沿道環境保全のための新技術の開発にも一層努力していく必要がある。具体的には新型遮音施設の開発や低騒音舗装の研究、効果的な環境施設帯（写真－7.5.5）の活用技術などがあげられる。また、自動車の低騒音化・排ガスクリーン化など、自動車の側でも地球環境、地域環境を守るための調査研究を行っていく必要がある。

一方、自然環境についてはこれまで貴重種等を中心に対応してきた面があった。しかし、今後は自然にやさしい道路を整備する観点から、動植物を含んだ生態系や自然景観の保全と最大限の回復を図るための技術を開発していく必要があると考えている。

表－7.5.1

Ambient Air Quality Standards

Substance	Sulfur dioxides	Carbon monoxide	Suspended[1] particulate matter	Nitrogen dioxides	Photochemical[2] oxidants
Environmental conditions	Daily average of hourly values shall not exceed 0.04 ppm. and hourly values shall not exceed 0.1 ppm	Daily average of hourly values shall not exceed 10 ppm. and average of hourly values in eight consecutive hours shall not exceed 20 ppm.	Daily average of hourly values shall not exceed 0.10 mg/m^3, and hourly values shall not exceed 0.20 mg/m^3.	Daily average of hourly values shall be within the range between 0.04 ppm. and 0.06 ppm. or below.	Hourly values shall not exceed 0.06 ppm.

Note: 1. Suspended particulate matter shall mean airborne particles of 10 microns or less in diameter.
2. Photochemical oxidants are oxidizing substances such as ozone and paroxiacetyl nitrate produced by photochemical reactions (only those capable of isolating iodine from neutral potassium iodide, excluding nitrogen dioxides).

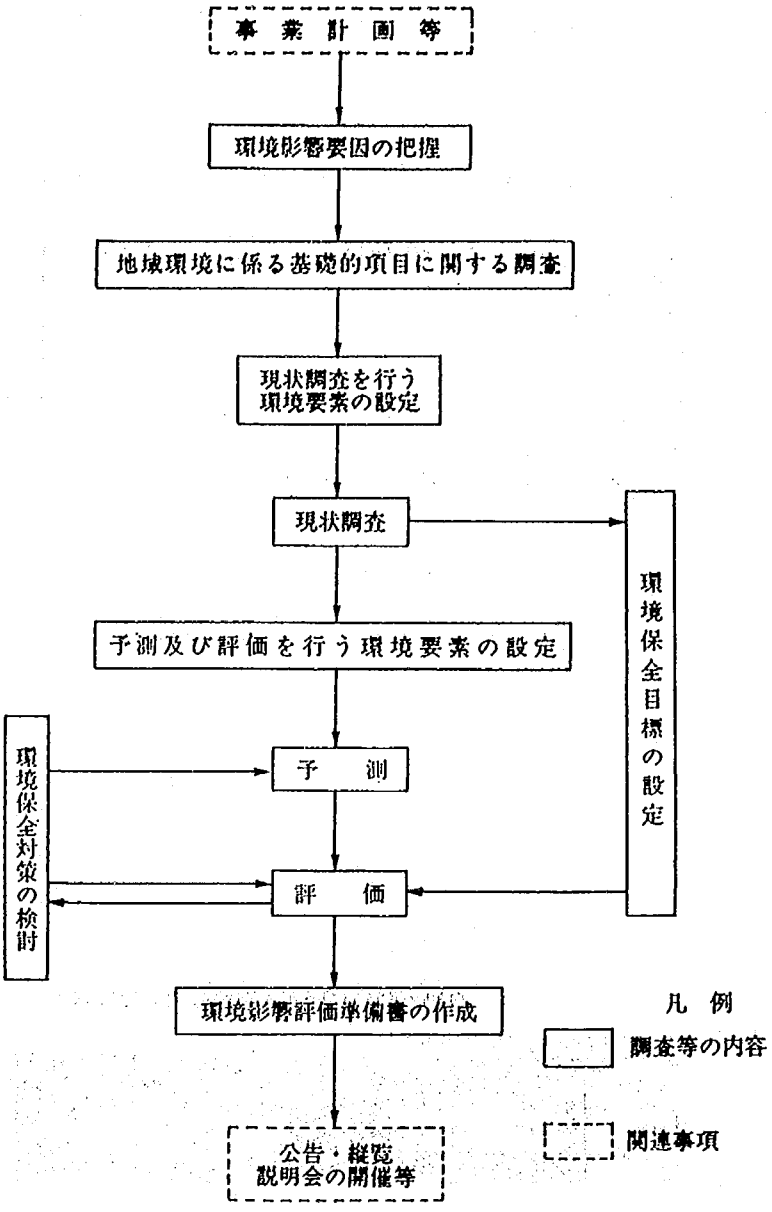
表－7.5.2

Environmental Quality Standards for Noise

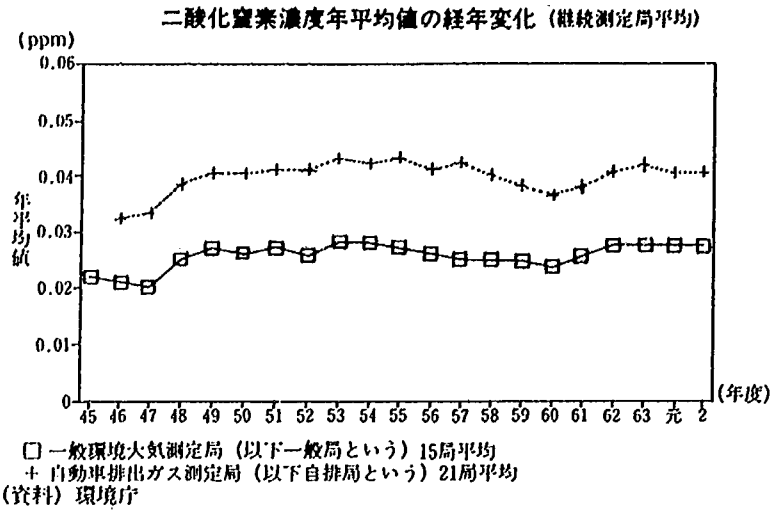
(Unit dB(A))

Category of area	Division of hours		
	Daytime	Morning & evening	Night time
	Not more than	Not more than	Not more than
Type A areas bordering on a two-lane road	55	50	45
Type A areas bordering on a more than two-lane road	60	55	50
Type B areas bordering on a not more than two-lane road	65	60	55
Type B areas bordering on a more than two-lane road	65	65	60

Note: A–Primarily residential areas
B–Areas where a substantial number of residence are located among shops and factories

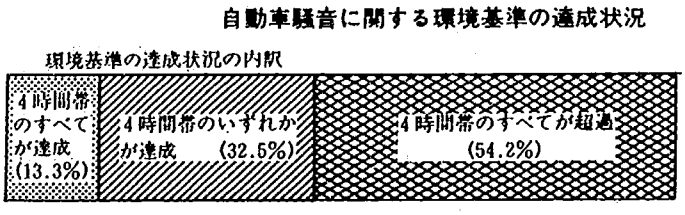


図－7.5.1　環境影響評価の手順



（資料）環境庁

図－7.5.2

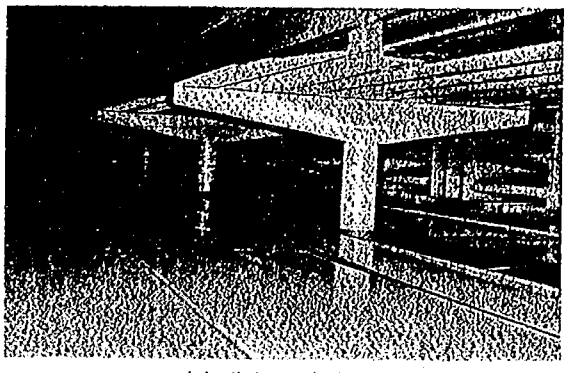


図－7.5.3



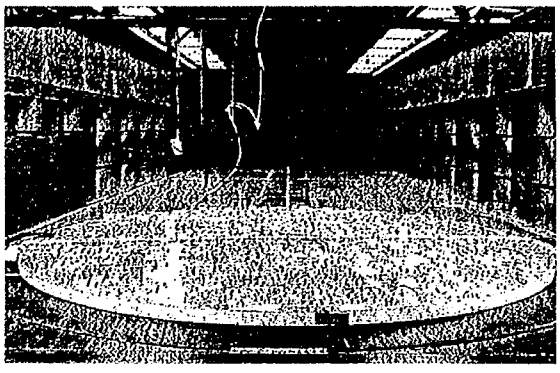
植物の窒素酸化物吸収機能実験

写真－7.5.1



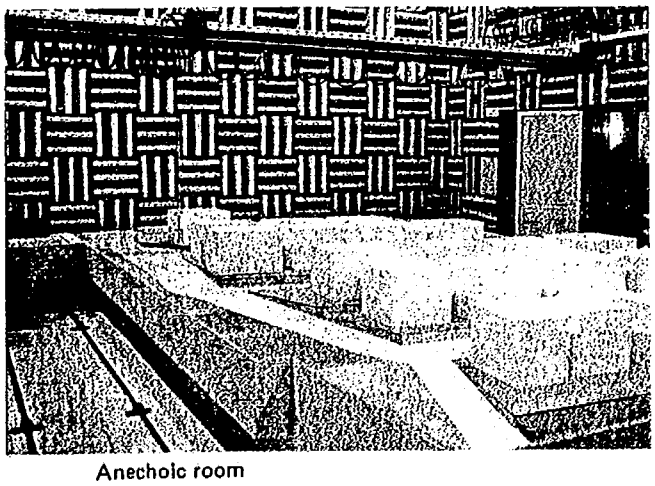
高架道路の反射音対策模型実験

写真－7.5.2



風胴を使った大気拡散模型実験

写真－7.5.3



Anechoic room

写真－7.5.4



環境施設帯の例

写真－7.5.5

IX. 土木研究所紹介

1．土木研究所の研究体制	建設省土木研究所研究調整官		飯島　尚
2．地質化学部	〃	地質化学部長	池村雅司
3．河川部	〃	河川部長	吉野文雄
4．下水道部	〃	下水道部長	稲場紀久雄
5．ダム部	〃	ダム部長	竹林征三
6．砂防部	〃	砂防部長	浅井涌太郎
7．道路部	〃	道路部長	神崎紘郎
8．機械施工部	〃	機械施工部 動土質研究室長	古賀泰之
9．構造橋梁部	〃	構造橋梁部長	藤原　稔
10．地震防災部	〃	地震防災部長	飯田　裕
11．積算技術研究センター	〃	積算技術研究官	福田昌史
12．新潟試験所	〃	新潟試験所長	綱木亮介

土木研究所の研究体制

１．研究体制

土木研究所は、創設以来７０年にわたり、河川、ダム、砂防、下水道、道路、橋梁、施工、材料、地震防災等の分野において、技術的諸問題の解決のために基礎的・先導的研究から応用・開発研究に至る幅広い業務を行っており、建設省における土木技術の中枢的役割を果たすとともに我が国の土木技術の発展に寄与しています。これらの業務を実施するにあたり、土木研究所では、それぞれの時代の要請に対処した的確な研究開発を行うために、昭和５８年度より研究計画を策定しています。すなわち、長期的な観点からの研究の方向付けと研究の効率的・組織的な推進を図るために、昭和５７年４月「土木研究所長期研究計画」を策定し、これに基づき数次にわたる５箇年計画を策定してきております。

近年、我が国の経済社会の発展は研究所をとりまく社会状況を急激に変化させ、国土の社会資本の整備の主要な任務とする建設行政にも新たなニーズが生じてきています。そこで、昭和６３年３月に建設省は「建設技術研究開発の長期展望」を作成しています。また、土木研究所では、国土の将来像についての議論を踏まえて、建設技術の果たすべき役割やそのための研究計画の将来の方向を明らかにする調査を実施し、「将来の土木技術に関する調査報告書（平成２年３月）」を作成し、現在の「土木研究所長期研究計画」を補完しています。現在の第３次５箇年研究計画はこれらを参照し、土木研究所における研究開発を計画的に実施するため、平成４年度を初年度として策定されています。

さて、現在建設省においては、平成５年度中に「２１世紀を展望した建設技術研究開発のビジョン（仮称）」をとりまとめる作業を進めています。さらに、平成６年度を初年度とする「建設技術研究開発５カ年計画（仮称）」の策定を計画しています。ここでは、メンテナンスフリー化技術、省エネルギー化技術、施工現場の無人化技術等を最重点研究開発課題として選定し、その開発目標、必要経費、産学官の役割分担等を定めることとしています。これを受けて、土木研究所においても土木研究所研究５カ年計画を中心として、多様な国民のニーズや行政ニーズに柔軟に対応した研究開発を推進して行きます。

土木研究所では平成４年度、調査研究費約４９億円の予算で、約４６０の研究課題を実施しています。したがって、１課題あたり約１０百万円の研究費となります。また、１研究室あたり１０人弱の研究員の体制で、平均１２課題の研究を担当しています。これらの研究課題は、土木研究所の研究５箇年計画等に基づいて設定されています。さらに所長をヘッドとする所内ヒアリング及び行政あるいは学識経験者等の外部の方々のヒアリングを通し、土木研究所の今後の研究開発の理念、重点研究課題を考慮した上で、指導・助言・研究調整を受け、実施に移されます（図－１）。

特に、行政ニーズが高く多分野にまたがるテーマ、緊急的かつ重要なテーマについては、関係する複数の研究室や、必要に応じて大学、民間等が参加するプロジェクト方式で実施されます。また、応用的な技術開発にあたっては、民間活力に負うところが大きく、公団、民間等との共同研究制度で実施することも有効な手段となり、総合技術開発プロジェクト、官民連帯共同研究等の制度を活用することになります。なお、近年では特に地球環境問題

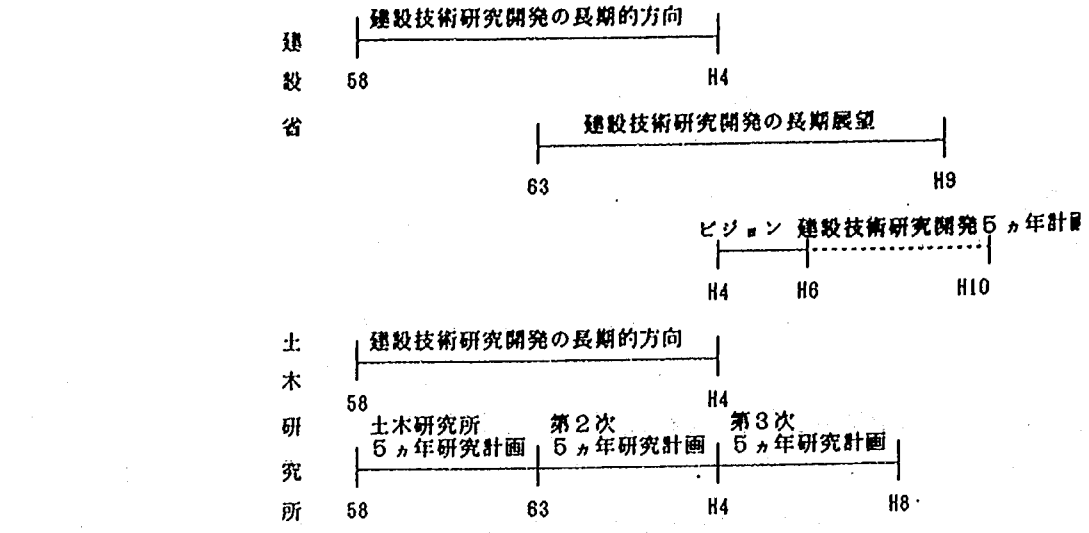
や身近な生活空間の整備、景観、生態系、省資源等環境に関連した研究課題が増えております（図－２）。

また、一般の研究課題についても、特に多額の実験を行うもの、早期に著しい成果が期待されるものについては、重点的に予算が配分されます。近年の社会状況の変化を考慮に入れ、かつ土木研究所の将来をも見通した上での研究マネージメントが重要になります。

また、研究開発の推進は、研究者の能力によるところが大きく、人材の育成、資質の向上が重要な課題となっています。このため、組織の枠を越えて研究員が交流し、知識・情報の交換を図ることが望ましいと考えられます。そこで、共同研究制度とは別に流動研究員制度を設けて、民・学との人的交流も進めています。

現在は、民間企業の研究所が実力を付けるとともに、土木工学科を置く大学の数も増えてきています。土木研究所は我が国の土木技術のセンターオブエクセレンスとして、長い歴史の積み重ねを活かして独自の研究を実施するのはもちろん、今後は基礎研究を担当する大学と応用研究を担当する民間企業の仲立ちとして、我が国の土木研究開発の向かうべき方向性を示したり、役割分担を調整することも土木研究所の重要な任務となっています。

官学と共同で研究を実施するための制度は年々整備され、共同研究のチャンスはますます増えてきています。また、学会等への民間企業の参加も近年はごくあたりまえのこととなっており、これら官民学が集うところへ積極的に参加し、彼らと議論を重ね、お互いに協力し合うことはますます重要になると考えられます。



研究開発の理念

- 社会資本に対する国民の多様な要望に応える
- 利用者の視点に立つ
- 環境に配慮
- 国際的に普遍性を持つ
- わが国独自の技術
- 歴史的土木構造物を後生に残す

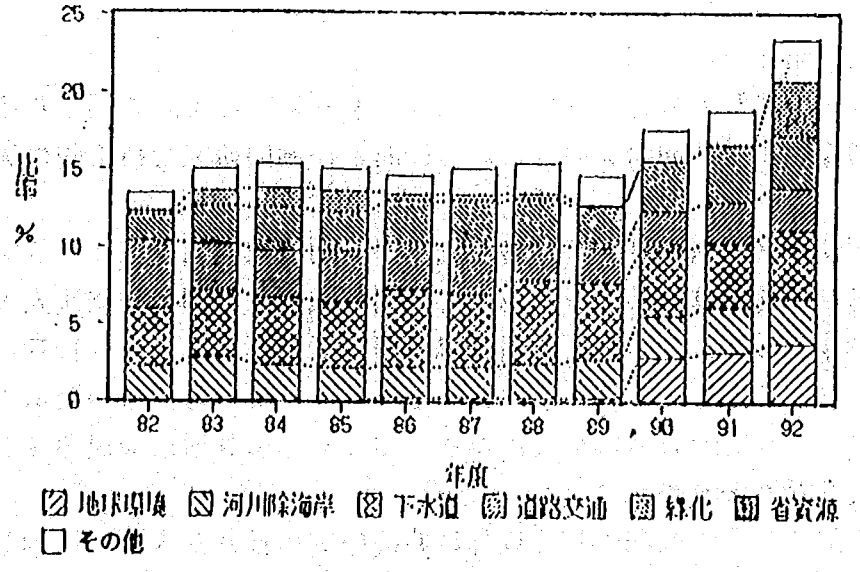
今後の研究課題

- 国土の高度利用
- 災害の防除
- 生活空間の創造
- 地球環境問題への対応
- 新工法・新素材の開発
- 維持管理手法の開発
- 宇宙・海洋等新空間開発技術への取り組み
- 建設マネージメントの向上

（平成4年度）

研究の種類	予　算	課題数
基礎研究	行政部費等	75
応用研究	事業費等	308
開発研究	総プロ、官民連携共同研究	79
	合　計	462

図－1　研究計画の策定と研究課題の設定



図－2　環境課題の占める割合の推移

２．産学官の連携

①　総合技術開発プロジェクト（昭和47年制定）

建設省では、国民の高度化、多様化するニーズに応え、産・学・官がそれぞれ保有する技術の特質を生かしつつ研究開発を推進していくために、昭和47年度に総合技術開発プロジェクトを発足させました。土木研究所は、この総合技術開発プロジェクトに研究開発の主体として積極的に取り組んでいます。

総合技術開発プロジェクトは、緊急性が高く、かつ研究領域が多数にまたがる重要な技術開発ついて、土木研究所等が研究開発の主体となり、大学、民間との密接な連携のもとに総合的かつ組織的に研究を実施するものです。実際の研究に当たっては、多数の研究室等が連携を取り合って研究を進めていくとともに、委託機関内に委員会、分科会等を設置し、大学、民間の有識者の参加を得て研究を進める委託研究、あるいは民間、公的法人との共同研究という形態で進めています。

総合技術開発プロジェクトの成果は、建設省関係機関、地方公共団体等に配布され、現場への普及が図られています。土木研究所関係では、平成３年度までに19課題が終了し、平成４年度現在７課題について研究を推進しています。

②　官民連帯共同研究（昭和61年創設）

官民連帯共同研究は、民間で開発された多分野の技術の建設分野への応用をはかるために、昭和61年度に創設された制度で、民間から技術開発のプロポーザルのある課題のうち行政ニーズの高い課題を、土木研究所等と民間企業等が連携して研究を実施するものです。図は官民連帯共同研究制度の概要を示したものです。

官民連帯共同研究は、民間の技術開発のリスクが低減されるので、民間による行政ニーズの高い分野での技術開発が促進され、民間の技術力をいかした効率的な建設技術開発が進められます。

平成３年度までに４課題の研究が完了し、次の３課題について平成４年度現在研究開発を推進しているところです。

③　共同研究制度（昭和55年制定）

土木研究所では、官民双方の特色を生かした効率的な研究の実施を図るため、現在、官民連帯共同研究制度による共同研究のほかにも民間との共同研究を積極的に実施しています。

土木研究所における共同研究は、建設省研究所等共同研究実施規程により実施しています。当初（昭和60年以前）は公共性を重視して、国の機関、公団、公益法人等との間で共同研究を実施してきました。しかし、民間企業の研究活動が活発になり行政ニーズの高い研究にも意欲的になってきていること、また、効果的・効率的な技術開発にとって民間企業との連携は不可欠と判断される等の理由から、昭和60年に共同研究規定を改正し、民間企業の参加が可能となりました。

このため、図に示すように昭和60年度以降は共同研究の件数が大幅に増加してきております。これは、土木研究所と民間企業双方の共同研究に対するニーズが高いことが表われ

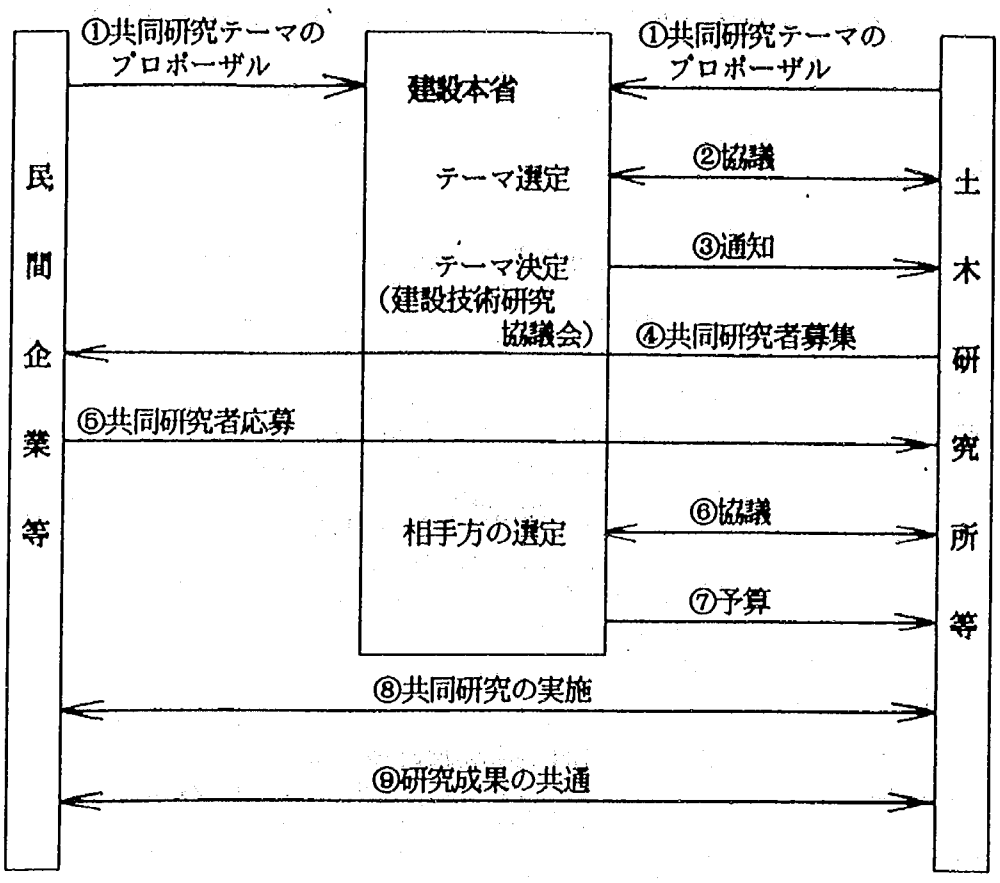
ています。平成３年度まで１４６課題が終了し、平成４年度現在４１課題について実施中です。

開発成果は数多くの事業に反映されており、さらに土木技術の新たな展開にも大いに寄与しています。

表－１　土木研究所における総合技術開発プロジェクト

研究分野	総プロ課題名
1) 国土の保全・安全・防災に関する研究開発	• 新耐震設計法の開発 • 都市防火対策手法の開発 • 震災構造物の復旧技術の開発 • 雪に強い都市づくりに関する総合技術の開発 • 災害情報システムの開発 • **大都市地域における地震防災技術の開発** • **土砂災害に関する防災システムの開発**
2) 空間領域の高度利用と拡大に関する研究開発	
3) ニューフロンティア分野に関する研究	• 海洋構造物建設技術の開発 • 海洋利用空間の創生・保全技術の開発 • 地下空間の利用技術の開発
4) 資源エネルギーの有効利用に関する研究開発	• 地下水かん養技術の開発 • 建設事業への廃棄物利用技術の開発 • コンクリートの耐久性向上技術の開発 • **省資源・省エネルギー型国土建設技術の開発** • **建設副産物の発生抑制・再生利用技術の開発**
5) 社会資本の効果的な維持管理に関する研究開発	• **社会資本の維持更新・機能向上技術の開発**
6) 建設事業の生産性向上に関する研究開発	• 新地盤改良技術の開発 • **建設事業における施工新技術の開発**
7) 多分野の先端技術の活用に関する研究開発	• エレクトロニクス利用による建設技術高度化システムの開発 • バイオテクノロジーを活用した新排水処理システムの開発 • **建設事業への新素材・新材料活用技術の開発**
8) 居住環境の改善整備に関する研究開発	• 沿道地域の居住環境整備に関する総合技術の開発
9) 環境の保全・調和・創造に関する研究開発	• 建設工事環境改善技術の開発 • 湖沼の総合的水管理技術の開発
10) 交通体系の総合的整備・合理化に関する研究開発	• 新道路交通システムの開発 • 新物流システムの開発
11) 国土の情報の高度化に関する研究	
12) 国際協力に寄与するための研究開発	

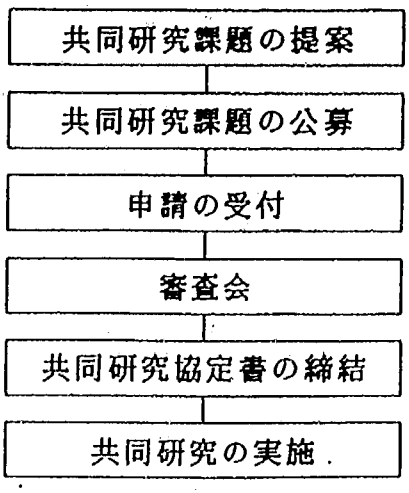
太字：現在実施中の課題



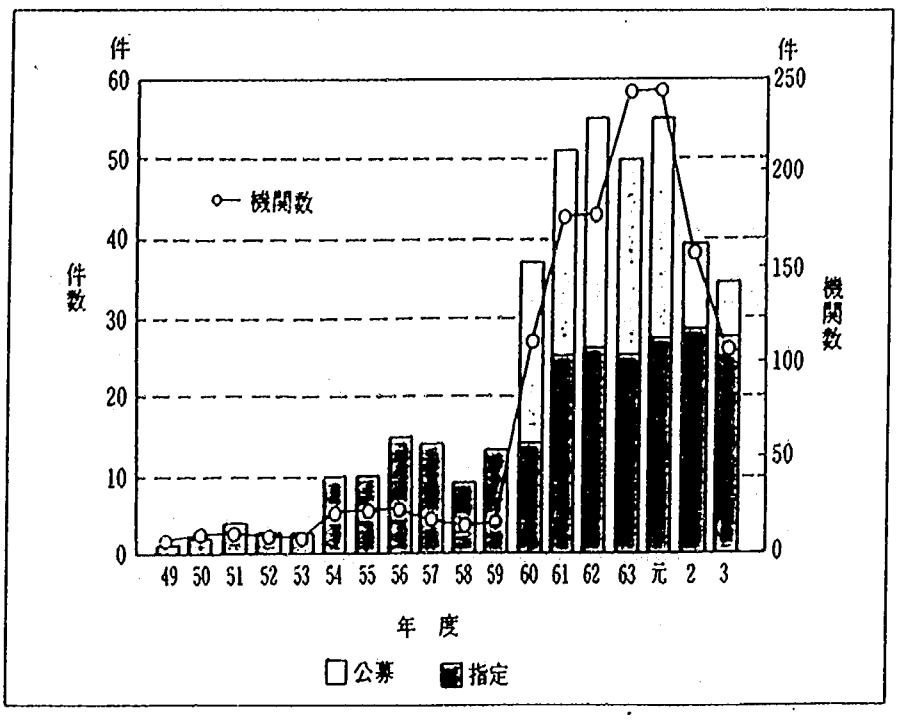
図－３　官民連帯共同研究の概要図

表－２　官民連帯共同研究の課題

研　究　名	研　究　室	期　間
路車間情報システムの開発	道路	S61年度～S63年度
既設構造物の点検・補修システムの開発	橋梁	S62年度～H1年度
小口径管渠掘進制御システムの開発	下水道，機械，施工	S63年度～H2年度
道路橋の免震構造システムの開発に関する研究	耐震	H1年度～H3年度
緑化空間創出のための基盤技術の開発	緑化	H3年度～H5年度
新地盤探査技術の開発	地質，ﾌｨﾙﾀﾞﾑ，土質	H4年度～H6年度
ＩＣカードによる施工情報システムの開発	機械	H4年度～H6年度



図－３　共同研究実施の
フローチャート



図－４　共同研究の件数及び機関数の推移

表－３　これまで実施してきた代表的な共同研究

研　究　名	研 究 室	期　間
デュアルモード・バス・システムに関する研究	新交通，交通安全 舗装，構造，橋梁	S49年度～S53年度
無公害型薬液等注入工法の技術開発に関する研究	施工	S55年度
耐流動・耐摩耗舗装用のゴム入りアスファルトの開発に関する研究	化学，舗装	S56年度～S58年度
耐候性鋼材暴露試験に関する研究	化学，橋梁	S56年度～H3年度
海域制御構造物の開発－波浪制御に関する研究	海岸	S61年度～H3年度
自動土工機械の開発	機械	S60年度～S62年度
バイオセンサーの開発	水質	S60年度～H1年度
ジオテキスタイルを用いた補強土の合理的な設計法に関する研究	施工，土質，動土質	S63年度～H2年度

表－4　平成4年度実施中の代表的な共同研究課題

研　究　名	研　究　室	期　間
沸石族鉱物含有岩石の工学的特性に関する研究	地質	H3年度～H5年度
海洋構造物耐久性向上技術に関する研究	化学	S62年度～H6年度
被覆による都市内高架構造物の景観機能向上に関する研究	化学	H4年度～H7年度
降雪観測用レーダの開発に関する研究	水文	S60年度～H7年度
粉体圧送グラウチングによる基礎岩盤遮水性改良に関する研究	ﾌｨﾙﾀﾞﾑ	H4年度～H6年度
雪崩防護施設の計画設計に関する研究	急傾斜地崩壊，新潟	H4年度～H6年度
道路走行シュミレータに関する研究	道路	H2年度～H4年度
中長期に渡る次世代道路交通システムに関する研究	道路	H4年度～H8年度
新物流システムに関する研究	新交通	H2年度～H5年度
排水性舗装の騒音低減機能の向上に関する研究	交通環境	H4年度～H5年度
都市緑化技術開発に関する研究	緑化	H3年度～H5年度
水中構造物の維持更新・機能向上技術の開発	機械	H3年度～H6年度
混合補強土の技術開発に関する研究	土質	H2年度～H4年度
軟弱地盤耐震対策工法に関する研究	動土質	H4年度～H8年度
プレキャストブロック橋の設計法に関する研究	橋梁	H3年度～H5年度
コンクリート構造物の健全度の非破壊検査手法の開発	ｺﾝｸﾘｰﾄ	H4年度～H7年度
ジオメンブレンなどによる地すべり地域の降雨浸透防止工法に関する研究	地すべり，土質	H4年度～H6年度
トンネルの照明方式に関する研究	トンネル	H4年度
斜張橋並列ケーブルの耐風制振に関する研究	構造	H4年度～H6年度
橋梁下部構造の計測・診断技術の開発	基礎	H4年度～H7年度
道路橋橋脚の地震時限界状態設計法に関する研究	耐震	H4年度～H5年度
剛性防護柵に関する研究	交通安全	H4年度～H5年度

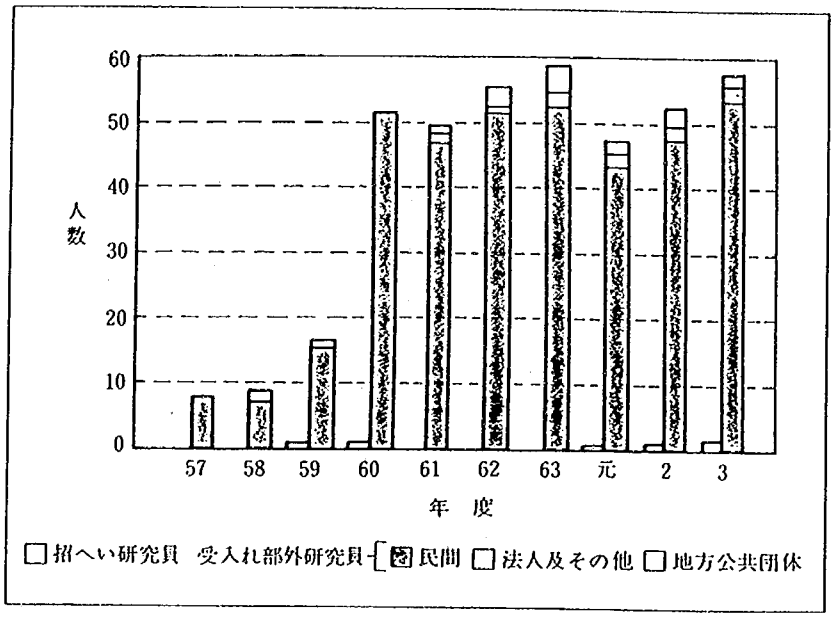
④　流動研究員制度

(1)　部外研究員受入れ制度（昭和55年制定）

地方公共団体、公団、民間等においては、土木研究所等の有する施設及び技術力のもとで建設技術開発の指導を受けたいという要請があります。このため、建設省では「建設省研究所等部外研究員受入れ規程」をを制定し、建設省以外の研究員の受け入れを可能としました。公団、都道府県、公益法人等の若手研究者の育成、土木研究所で得られた研究成果の普及及び研究交流を目的に、年間50人程度の部外研究員を受け入れています。

(2)　招へい研究員（昭和55年制定）

建設行政が複雑化、多様化する中で、研究開発を推進していくためには研究対象の分野について高度な専門的知識を有する研究員を国公立研究機関、大学、民間研究機関等から招へいすることが有効と考えられます。このことから、建設省研究所等部外研究員招へい規程に基づき、部外の優秀な研究員の招へいを行っています。



図－５　流動研究員数の推移

３．研究成果の発表

土木研究所が実施した最新の調査研究は、次に掲げる報告書や資料にまとめ、公表します。

- 土木研究所報告（不定期）

  土木研究所において実施した調査・試験・研究の成果のうち、技術的、学術的に高い水準にある論文をまとめたものです。

- 英文所報（不定期）

  土木研究所報告のうち、海外に発表することが有益であり、かつ、情報の交換に必要であるものをまとめたものです。

・土木研究所資料（不定期）

土木研究所において実施した調査・試験・研究の成果や調査・試験・研究を進めていくうえに必要な資料をまとめたものです。

・土木技術資料（毎月）

土木研究所において実施した調査・試験・研究の成果や内外の土木技術に関する新しい情報等を具体的、かつ、分かりやすく編集したものです。

・ＰＷＲＩ　Ｎｅｗｓ　ｌｅｔｔｅｒ（年４回）

国際親善と研究交流を促進するため、土木研究所において実施している主な調査・試験・研究成果等を英文で紹介したものです。

また、土木研究所講演会、研究発表会等において、最近の土木技術に関する話題、動向等土木研究所の研究者が講演するとともに、行政や大学の技術者の方々との情報交換を行っています。この他、建設省内の技術研究発表会、現場での技術指導、講師の派遣、学協会活動などを通じて広く土木技術に関する研究成果の普及につとめています。

地質化学部

地質化学部は地質研究室、化学研究室、コンクリート研究室の３研究室からなってる。

建設省は国民が豊かさを実感できる国土を築くための社会資本の整備を鋭意進めているが、施策の実現には建設技術の高度化や多様化する建設材料の合理的使用法の確立などが必須となっている。

地質化学部は、地質、化学あるいはコンクリート等、建設材料に関する研究の実績を活用し、新材料や各種材料の利用技術の開発や使用法の基準化の研究に全力を挙げている。また、これまで作られた膨大な量の社会資本、即ち道路やダム、橋等の公共施設の維持管理法の改善に関する研究も取組んでいる。

近年は地球規模の環境改善を目指した省エネ、省資源等に関する問題についても国民の関心が高くなってきている。地質化学部はこれらの問題についても一層配慮しながら、建設材料に関する研究を続けていく方針である。

１．地質研究室

ダム、道路、トンネル、橋梁等の建設や地すべり、斜面崩壊、土石流等の対策工事を行うにあたっては、当該箇所の地形、地史、岩相、地質構造、強度・変形、透水特性等の地盤の地質工学的特性および建設材料としての岩石や土砂の特性を正確に把握することが重要である。当研究室では、このような土木地質に関する諸問題について以下のような調査研究を行い、その解決を図っている。

①岩石・地盤の劣化、斜面の安定に関する地形・地質的及び地質工学的研究

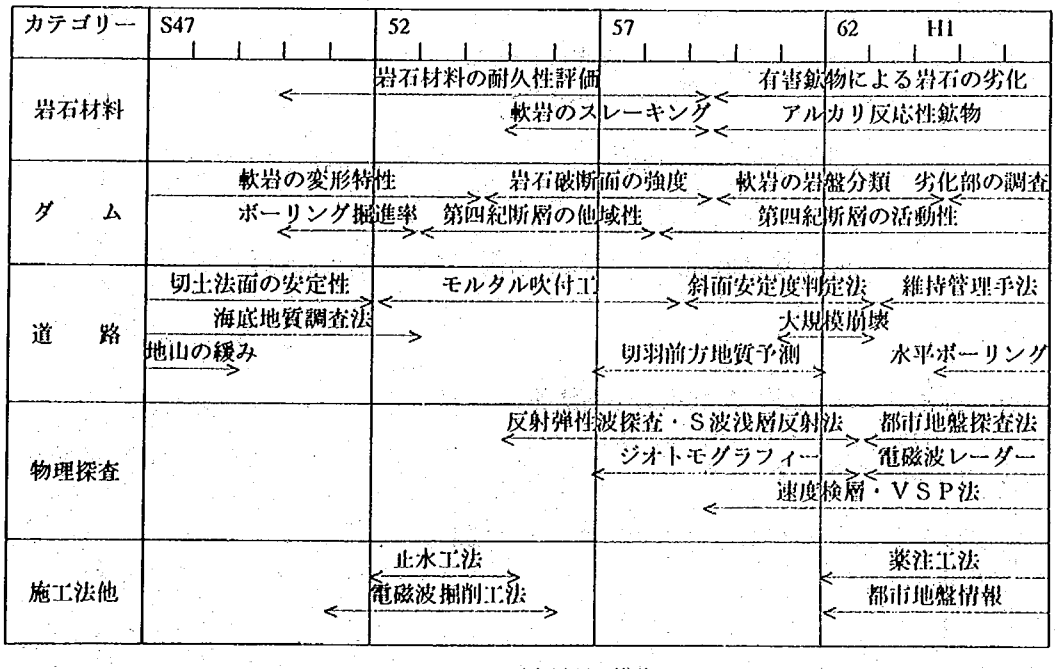
②地盤及び岩石の物理的・力学的性質を適確に把握するための地質工学的調査方法や、試験方法の開発と改善

③ダム・道路・トンネル・橋梁・防災施設等の設計・施工の合理化のための地質調査指針の作成

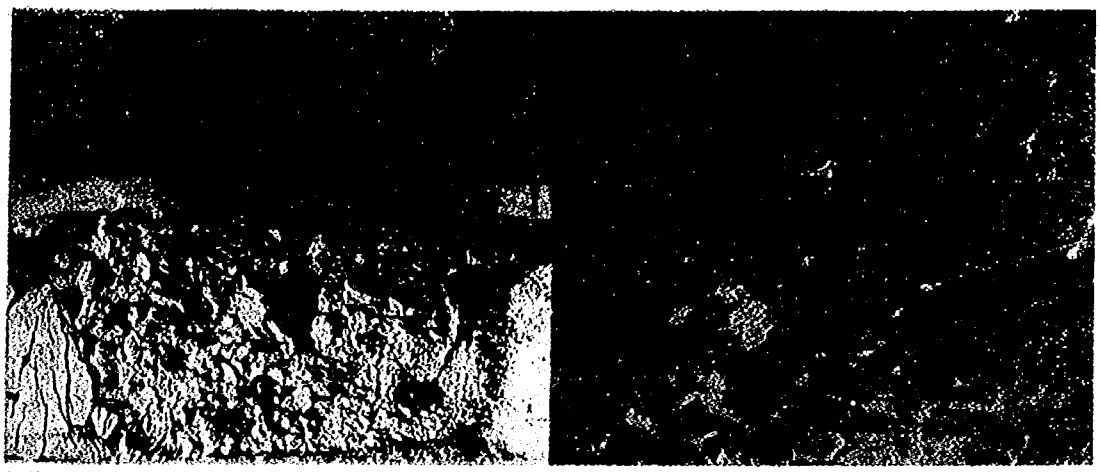
以上の研究に加え、建設省及び関連機関の実施するダム、トンネル、橋梁、防災等の事業における土木地質上の問題に対する技術指導を行っている。

次に、これまでの研究経緯を述べる。

昭和13年、橋梁基礎とダム基礎岩盤のための弾性波探査及び電気探査が行われ、これを第一歩として、現在に至る各種物理探査の多方面にわたる土木分野への適用が始った。また、同年、関門道路トンネルの地質調査が開始された。これは、単に道路トンネルの地質調査に関する大きなエポックとなったのみでなく、大規模プロジェクトに土木地質が組織的に参加した第一歩であった。



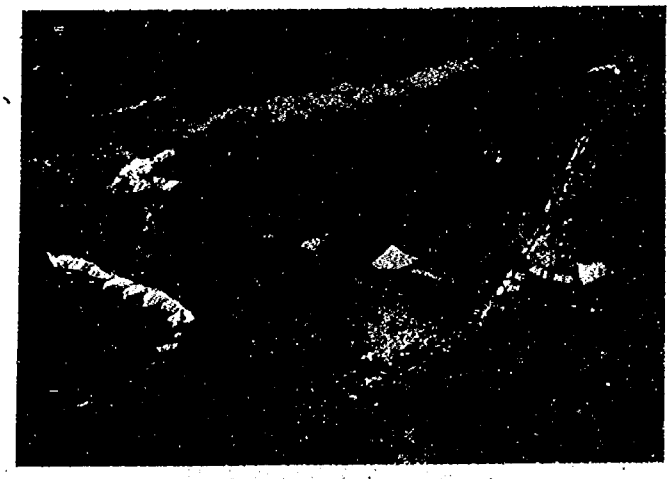
研究課題の推移



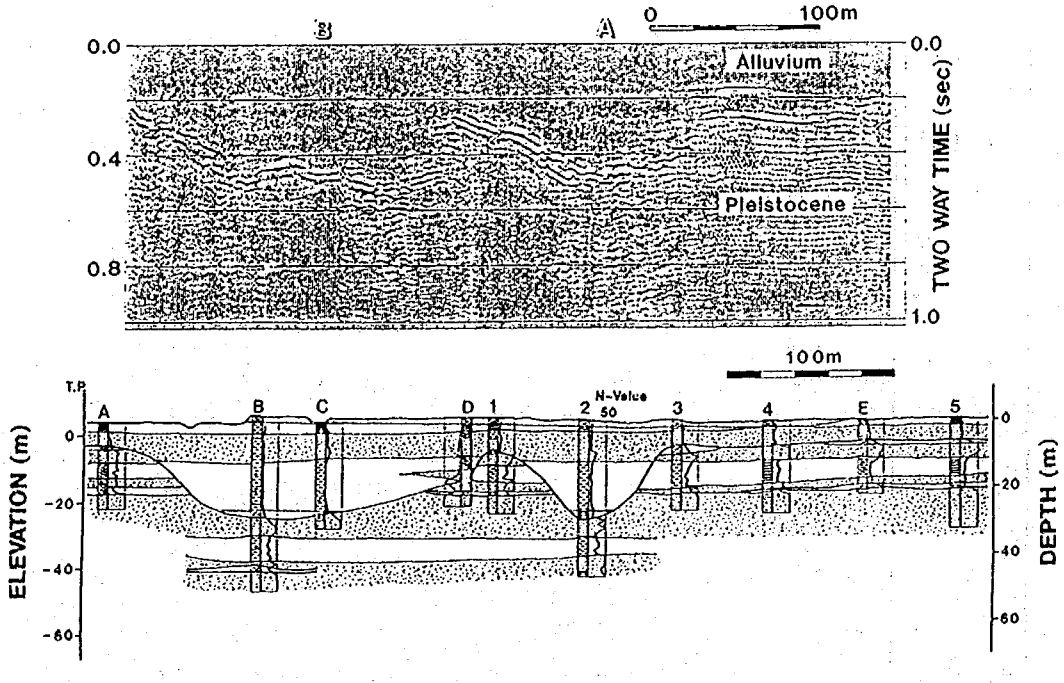
新第三紀泥質岩のスレーキング　　湧沸石含有骨材を使用したコンクリート表面の劣化

昭和20年代後半には、ハイダムの建設が盛んになり、これに伴ってダム地質の研究が積極的に推進された。昭和30年代に入るとアーチダムの建設が始り、ダム地質は、岩盤力学の発足とともに急速に発展した。一方、道路関係では、昭和33年に中央自動車道、34年に本州四国連絡橋の２大プロジェクトの地質調査が開始された。これに伴い、空中写真判読技術や海洋土木地質調査技術が開発された。

昭和40年代にはいると、ダム建設の激増と地質の劣悪化にともなって、組織的な調査や岩盤の工学的分類法・評価法が提案された。また、東京湾横断道路に関連して浅海部の地質調査や軟岩の調査・試験が精力的に進められた。さらに、大都市近郊の土砂災害、海岸浸食等の災害地質に関する研究も進められた。



トレンチによるダム基礎岩盤の調査



浅層反射法による埋没谷の検出

昭和50年代以降構造物の基礎地盤はますます多様化・劣悪化し、より詳細で正確な地質調査が求められるようになり、現在に至っている。特に昭和54年3月筑波移転に伴って更新された各種機器を用いて軟岩の力学・透水特性、岩盤分類法、第四紀断層の調査法等について重点的に研究を行っている。また、岩石材料の耐久性や有効利用に関する研究も重要な課題となった。

昭和60年代以降、物理探査手法は著しい発展を遂げ、ジオトモグラフィー等の新しい地質調査法を開発してきた。さらに地盤情報を有効に利用すべく、高度地盤情報処理技術の開発に取組んでいる。

2．化学研究室

化学は土木研究分野に広く関与することから、化学研究室は、新材料・新素材等を含めた土木材料に関する研究を中心に、土木構造物に関する研究を中心に、土木構造物の耐久性や維持管理等に関する研究及び高度な分析技術を生かした環境分析に関する研究など、積極的な研究活動を行ってきている。これらの研究成果は技術指針の形でまとめられており、また国際的にも二国間研究交流の形で技術情報を公開している。

次に、これまでの研究経緯を述べる。

発足当時は、道路の改良が急務であったため、瀝青材料（アスファルト）、タール、セメント等の材料、および土木化学に関する試験業務と適用研究が精力的に行われた。

昭和に入って、自動車の普及と軍用上の理由から、急増する道路舗装の需要を満たすため、瀝青滲透ブロック、アスファルト乳剤、混成タールあるいはタール舗装材など広く舗装用材料に関する研究を実施してきた。

一方、橋脚、堰堤、水門あるいは隧道など多方面の土木工事が盛んになるにおよび、セメントコンクリートの耐久性に関して酸性水、滲透水、あるいは塩類を含有した水による侵食劣化の研究および侵食環境の調査が行われた。セメントも中庸熱セメント、早強セメント、珪酸質混合セメントおよび高炉セメントなど各種特殊セメントが製造され、これらの利用研究が進められた。

昭和26～27年になると戦後の混乱もおさまり、国土の本格的な再建に応じて再び広範囲にわたる調査研究が始められた。

地すべりなどの自然災害対策に関する陸水および地すべり地の粘土鉱物に関する研究、さかんなダム建設に関して、各種のダム用セメントの研究などが実施された。さらに、昭和29年度からの道路整備5ヶ年計画の策定に基づく全国道路網の拡充整備にともない、道路建設技術の高度化のため、舗装用材料としてのアスファルトに関する研究や路床、路盤の化学的安定処理などに関する研究が新たな観点から実施された。一方昭和31年より、原子力の平和利用の一つとして土木分野へのラジオアイソトープの応用利用に関するトレーサー利用などが広く実施された。

昭和40年に入ると高度成長を支えるためのインフラストラクチュアへの投資が一段と重要な役割を果すようになった。同時に建設材料にも大きな変化が訪れた。

各種土木構造物に鋼材が大量に利用されるようになり、若戸大橋が建設されるにあたり、その防錆塗装に関する研究が行われた。さらに、本州四国連絡橋、東京湾環状道路といったわが国では従来経験のない大規模事業の建設計画が順次具体化するにおよび、海洋環境における鋼材の腐食、防食に関する研究が始められた。これはその後、社会資本の大きな蓄積にともなう維持管理技術の開発へと展開した。新たな仕組みとして民間会社との共同研究体制を組織し、各種の材料開発と実地環境における検証試験を行った。

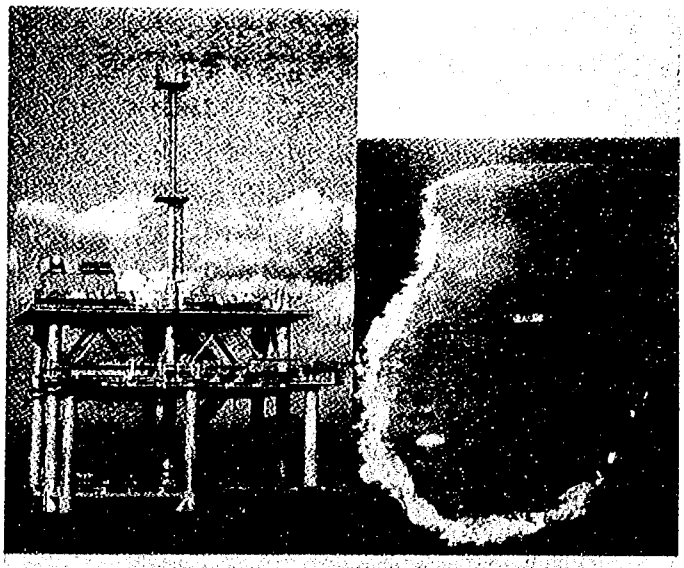


重防食塗料の開発（東京湾での暴露実験）

また、昭和50年代後半より生じたコンクリートの早期劣化の問題に迅速に対処するために、コンクリートの耐久性向上技術に関する総プロに参加し、塩害、アルカリ骨材反応等これまでわが国ではみられなかった新たな事象に対応した総合的な耐久性向上技術を開発し基準化した。

社会資本ストックの増加に対して、新しい総プロ「社会資本の維持更新・機能向上技術の開発」にも参加している。

海洋空間の利用の面でも、ＭＭＺ計画（建設省）を受けて開始された総プロ「海洋利用空間の創世・保全技術の開発」に参加し、海洋生物の調査、海洋材料、点検等の技術開発に参画した。



海洋土木材料（海洋技術総合研究施設及び沖の鳥島）

昭和60年代に入ると新素材の時代を迎えた。生産分野で新しい素材追求が始り、その成果が建設分野への利用として波及しはじめたものである。一方、建設産業でも人手不足、高耐久性、高性能化、アメニティ等社会環境の変化を受けて新しい技術を必要としている。

このため、高分子樹脂、高機能繊維、ファインスチール等の新素材を活用することによって、構造設計の合理化と機能性の向上を図ることが要請されるようになった。これらの材料は新しいがために使用実績が少なく、その評価手順を確立し、その実用化を促進することが必要である。このため、「建設事業への新素材、新材料の利用技術の開発」総プロによって体系的に開発研究を行うこととした。



筑波1号の施工と品質

□主要な研究成果□

1） 新素材の土木構造物への利用技術の開発
2） 海洋構造物の防錆・防食技術の開発
3） 土木構造物の塗装とライニング技術の開発
4） 新しい舗装材料と舗装リサイクル技術の開発
5） コンクリートの耐久性向上技術

3．コンクリート研究室

コンクリートは土、鋼材とならび建設事業における最も基本的な材料であり、その材料特性の改善や施工法の向上、コンクリート構造物の耐久性確保のための技術開発は、建設事業に非常に大きな影響力を及ぼす。さらには、厳しい環境や特殊な条件下で作られる構造物に使われるコンクリートにはさまざまな新しい材料を有効に使うことが望まれている。

こうした背景から、コンクリート研究室ではコンクリートに関して材料面と構造面のさまざまな角度から調査研究を行っている。

次に、これまでの研究経緯を述べる。

必ずしも岩盤の良くない地点でのダム建設が増加するに従い、これまでの基準に一部適合しない骨材をも有効に利用しなければならない場合が増えてきた。このため、ダムコンクリートの特性を考慮しながら、どの程度の物理特性の骨材ならば一般のダムコンクリートに利用できるかを調査した。この結果をもとにダムコンクリート用骨材の実用的な品質規定を示した。

新しいコンクリートの応用分野を開発する研究としては水中コンクリートや高強度コンクリートの研究を行っている。前者については従来の施工法の改良による高性能減水剤や高炉スラグ微粉末を混入したコンクリートによる水中コンクリートを検討したが、最近では新しく開発された水中不分離性コンクリート用混和剤を使用したコンクリートの特性調査およびその利用方法について検討している。高強度コンクリートは永遠のテーマの一つであるが、新しい混和剤や短繊維を混入することによりコンクリートの強度を上げるための検討や、フェロセメント型枠等を用いたコンクリート構造物の検討等も行っている。



繊維補強コンクリート

昭和48年のオイルショックから、建設の分野でも省資源・省エネルギーに関連した研究として、建設副産物で

ある高炉スラグやフライアッシュを有効に利用するための研究を行った。前者は最初は骨材として利用することを検討したが、その後混和材料として高炉スラグ微粉末を利用する方向へと移ってきた。微粉末は現在、アルカリ骨材反応対策やマスコンの発熱抑制など別の観点から研究を行っている。

コンクリートにも新しい材料を使用することを検討している。例えば、塩害地域等でも腐食の心配のない材料として、樹脂塗装鉄筋を取上げ、コンクリート部材に用いた際のコンクリートとの付着の問題や疲労特性を検討し、許容付着応力度等を決定した。次に、通常は長時間を必要とするコンクリート打設から供用までの時間を短縮し、補修工事や舗装工事などの早期供用を目的として、超早強コンクリートの開発を行った。この課題では1日強度が300kgf/cm²以上でしかも練り混ぜから打設までのハンドリングタイムが1時間以上とれることを目標として民間のセメントメーカと共同研究を行い、実用的な超早強コンクリートの開発ができ、舗装等の構造物を追跡調査中である。

施工法に関した調査として、ローラ締固めコンクリートに関連した調査研究を行っている。一般のコンクリートと比較して非常に硬練りのコンクリートであり、従来の配合設計や品質管理手法では対応できないため、新しい試験法や材料の検討を行った。

コンクリートの品質管理は、打設前のスランプ試験、空気量試験と、その際に作製した圧縮強度用供試体による28日強度試験によって行うが、28日強度を数日で判定するために温水養生による促進養生手法の開発を行った。(S51) これは前置養生した圧縮強度供試体を温水で養生するもので、短時間で高い強度が得られ、かつ比較的危険の少ない条件として、70℃の温水を用いて24時間養生する方法を試験法の案として取りまとめている。この方法を用いると、練り混ぜ後、1日の前置養生と1日の温水養生とを合わせて施工日の翌々日には結果が得られる。

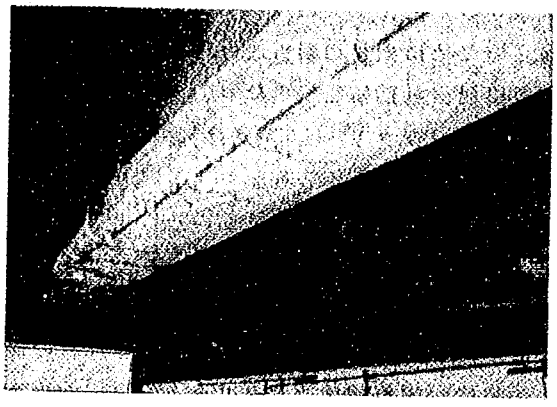
この他にも最近では加熱や比重測定によりフレッシュコンクリート中の単位水量を迅速に測定する方法の検討も行っている。

アルカリ骨材反応が問題になった際には、従来よりあった化学法やモルタルバー法をわが国の骨材にあった方法に改善するための検討やオートクレーブを用いてさらに迅速に測定を行う方法、あるいは特別な装置や技量がなくても簡便に判定を行う方法等を検討した。

コンクリート構造物はメンテナンスフリーで耐久的であるという神話に近い評価を受けてきた。しかしながら、昭和30年代から40年代にかけてコンクリートの生産量は飛躍的に増加し、それに伴い、急速施工技術も著しく進歩した。コンクリートの施工も手塩にかけるといった状況から、マスプロダクトにうつるにつれて品質そのものや品質管理がそれまでの神話を維持するレベルを保つことが困難になっていった。また構造物が造られる環境も次第に過酷な条件のところが増していった。

こうした状況から昭和50年代にはいると種々のコンクリート構造物の早期劣化現象が表面化してきた。

最初問題となったのが塩害である。土木構造物としては関西の海砂を用いた構造物に鉄筋の錆が認められ、また海岸沿いの橋梁上部工にも同様に塩分の影響によるとみられる鉄筋の錆を伴う劣化が散見されるようになった。同様の劣化は建築物にもみられるようになり、これらの劣化現象はわが国の基盤であるインフラストラクチャーをゆるがす問題、つまりコンクリートクライシスとしてマスコミで大きく取上げられた。



塩害で劣化した橋桁

塩害が問題となる一方で、関西地区でこれまでにないような著しいひび割れを伴うコンクリートの劣化が認められた。これはアルカリ骨材反応（以下ＡＳＲ）と呼ばれる現象で、それまではわが国にはないとされていたものであった。



アルカリ骨材反応による劣化

さらに施工一般の不備による早期劣化も指摘され、これらのコンクリートの耐久性に関する問題の解決をみるために、総プロ「コンクリートの耐久性向上技術の開発」を開始した。

この研究の中では、塩害とＡＳＲによる劣化構造物の実態調査、劣化発生メカニズムの解明、新設構造物における劣化制御対策、コンクリートの品質規格の見直し、劣化構造物の診断、補修技術の開発等一連の研究、技術開発を行った。

コンクリート部材の設計に関して鉄筋コンクリートの設計基準を確立するために、各種試験を行い、設計の基本概念や構造細目を示し、「鉄骨鉄筋構造物設計指針（案）」を作成した。

コンクリートの施工の合理化のため、プレキャスト部材同士の接合法、場所打ちコンクリートとプレキャスト部材の接合法の設計法の確立のための研究を行った。

道路橋等の下部工部分の柱フーチング接合部の耐震設計法確立のために内外の耐震設計法の比較や、限界状態設計法の検討、動的解析法の検討、実験的検討のうえ、昭和51年に「コンクリート構造物耐震設計法（案）」を作成した。道路橋下部工の地震による繰り返し載荷時の挙動を把握し、接合部の定着鉄筋の抜け出しを考慮した耐震設計法を検討した。

さらにコンクリート構造物の靭性を増して耐震性を向上させるために、ねばり強いコンクリート部材の検討を行った。特に、繊維補強コンクリートを用いた場合については、従来その特性を適切に評価した設計法がなかったが、試験により得られた繊維補強コンクリートの特性を部材の靭性設計に有効に反映させるような設計法を検討した。

施工の合理化の一つとして、鉄筋組立に点溶接を用いることが考えられる。点溶接した鉄筋の静的強度や疲労強度の試験を行い、適切な点溶接の使用範囲や許容応力度を検討した。

昭和55年の道路橋示方書・耐震設計編では、落橋防止のために橋台、橋脚天端上で確保すべき桁の長さを規定する新たな条項「桁座拡幅標準設計（改訂案）」をまとめた。

震災を受けて破損劣化した橋脚の補修のため、劣化がそれほどひどくなく、ひび割れ程度のものについては樹脂注入による補修法を検討した。劣化がひどいものについてはパテによる断面修復や破損鉄筋への添え鉄筋工、さらにはＲＣ巻立てによる補修法を検討した。これらは、「土木構造物の震災復旧技術マニュアル（案）」に反映させている。



補修した震災道路橋脚模型の載荷実験

河川部

わが国は地形的・気象的条件が厳しく、また河川が氾濫する地域に人口・資産が集中し、そこで高度な社会経済活動が展開されていることから、河川災害を受けやすい状況にある。そのため洪水災害を防止して、安全な社会基盤の形成を図ることは重要な課題である。河川部では、レーダにより雨や雪　　を観測し、河川への流出を予測する方法、洪水氾濫を防ぐための河川改修工法や河川構造物の設計法などの研究を実施している。また主として都市流域において、雨水の浸透・貯留施設利用による雨水流出の抑制・氾濫軽減の方法、氾濫予測や水災害の危機管理などの総合治水対策に関する研究を進めている。一方長大な沿岸域は、台風による波浪・高潮風浪、津波あるいは海岸侵食など種々の海岸災害を受けやすい地域である。そのため、高波を防ぐ消波工や、海浜を安定化するための新しい構造物の開発などについて調査研究を行っている。

また、真に豊かでうるおいのある地域づくりの要望にも強いものがある。オープンスペースに富み、人々が自然に触れあえる河川の特性を生かして、水と緑豊かな生活環境を創造するため、河川の水質改善や水辺景観向上、魚道や生態系に配慮した河川の整備方法、河川に親しむための遊歩道や親水護岸の設計法などを研究している。沿岸域においては、海岸環境を保全するとともに、国土保全機能をあわせ持った海域制御構造物の設置により創成される多目的空間を、レクリエーション施設を含む高度利用の場とすることなどを研究している。さらに、近年の地球環境変化にともなう海水面の上昇や洪水・渇水の頻発が懸念されているが、その観測調査、降雨モデルの開発などについての研究を行っている。

これらの調査研究に加え、河川改修や海岸侵食拡止対策については、とくに大型水理模型実験施設や野外観測施設を用いた研究を進めている。

1. 河川研究室
   1) アーマーレビーの開発
   2) 橋脚回りの洗掘深の推定法
   3) 河川における現地観測手法と計測器の開発
   4) ベーン工の開発
2. 都市河川研究室
   1) 都市域に望まれる河川像に関する研究
   2) 湖沼の総合的水管理技術に関する研究
   3) 矢板等による都市河川環境向上技術に関する共同研究
3. 水文研究室
   1) 流出解析手法の開発
   2) 水文観測技術の開発
   3) 地下水管理手法の開発
   4) 地球環境変化に関する研究
4. 総合治水研究室
   1) 治水事業の評価・計画立案手法に関する研究
   2) 各種流出抑制施設の水理・水文学的解明、並びに経済的・社会的課題の把握及び解決策の提示
   3) 洪水危険度評価地図に関する研究
   4) 氾濫水の挙動把握に関する研究
   5) 水災害対策に関する研究
5. 海岸研究室
   1) 海岸保全施設に関する実験
   2) 海域制御構造物の開発
   3) 人口岬工法の開発

調査研究



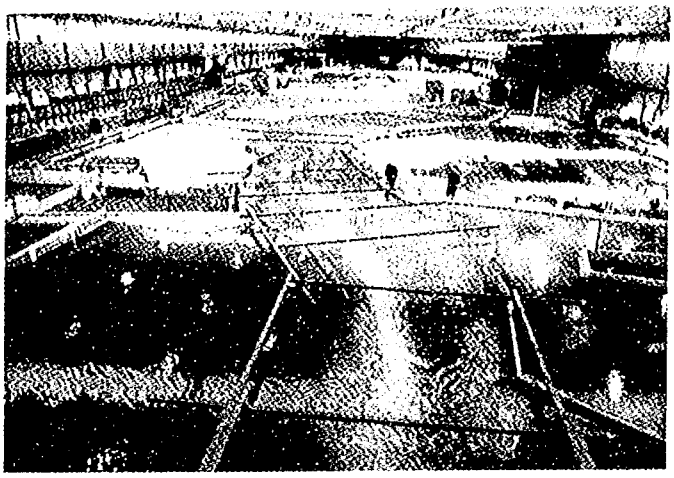
小貝川（茨城）のはんらん：昭和61年8月台風10号による集中豪雨により生じた小貝川の氾濫の状況を、ランドサットデータにより解析したもので、破堤箇所から氾濫水が堤内地へ流入している。

我が国は自然条件においても、また社会的条件においても水災害を受けやすいために洪水や高潮による災害を防ぐことは重要な課題です。河川部では、レーダにより雨や雪を観測し、河川への流出を予測する方法、洪水氾濫を防ぐための河川改修工法や構造物の設計法、流域において流出を抑制し、氾濫を軽減する方法、高潮を防ぎ海浜を安定化するための新しい構造物の開発等について調査研究を行っています。また、水辺の環境を良くするために、水質の改善手法や、景観の設計法についての研究を行っています。さらに、近年の地球環境問題のうち、地球温暖化に伴って海水面が上昇し、洪水・渇水が頻繁化するおそれがありますが、その観測調査、モデル等の開発、災害助長機構の解明などについての研究を行っています。

これらの調査、研究に加え、河川改修や海岸侵食防止対策についてはとくに大型水理模型や野外観測施設を用いて研究を進めています。

安全な川づくりに向けて

河道の改修計画は、洪水流に流下に対して安全となるように検討されます。この場合、河道の特性を調査し、計画河道における洪水流の挙動や河床の変動などについて評価する必要があります。そこで、実際の河川をそのまま縮小した模型を用いた実験や基礎的な実験を行い、洪水時の河道内の諸現象や河道形状及び河道内構造物が流況に及ぼす影響について調査します。その結果から得られた資料が、合理的な河道改修
計画策定のために役立てられます。



那珂川河口処理に関する水理模型実験

魅力ある川づくりをめざして

川の流れと美しい風景は、我々に憩いと安らぎを与えるだけでなく、ふるさとのシンボル、重要な観光資源となっています。また、清らかな水と豊かな生態系の保全は、我々が次世代に向けて真剣に取り組まなければならない重要な課題です。

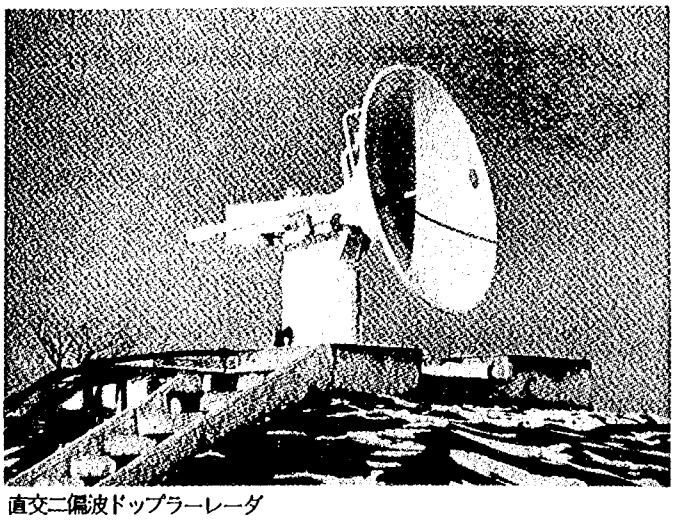
水と緑にあふれ魅力ある川づくりを目指して
(1) 水辺景観の保全と向上
(2) 水辺に親しめる川づくり
(3) 清らかな水と豊かな生態系の保全手法
等について研究を進めています。



大淀川での水遊び（宮崎市）

ＤＮＤレーダで雨・雪をとらえる

ＤＮＤレーダは二重偏波ドップラー機能を有する日本唯一の特殊レーダです。このレーダを用いて、降水観測のための最適運用手法の検討、降水物質の形態判別手法の開発、粒径分布推定手法の開発を行います。また、ＤＮＤレーダ、建設省レーダ雨量計と衛星データとの併用により、降水機構の解明、降雨予測の研究を行っています。

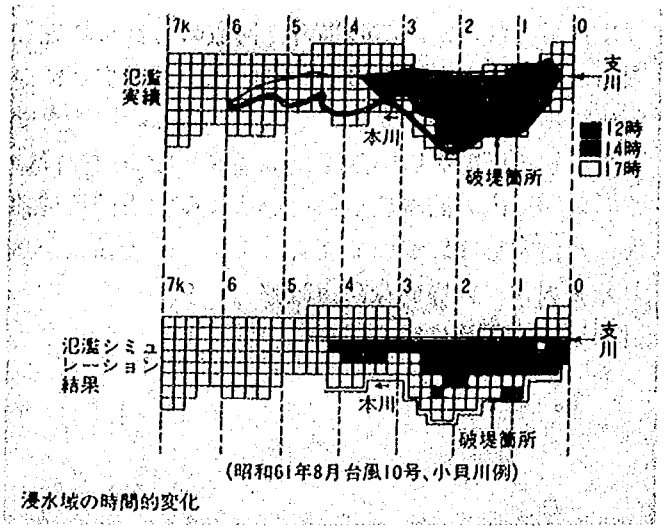


直交二偏波ドップラーレーダ

氾濫被害を防いだり軽くするために

人命・財産に大きな被害をもたらす河川の氾濫を防止・軽減する目的で河川改修やダム築造などの治水事業が行われています。その効果を適切に評価し、その事業の有用性を位置づけ、さらに災害時の堤防の復旧工事や避難誘導等を的確に行うためには、氾濫流の動きを予測し、他の水害情報と合せて
わかりやすい形で提供することが重要です。

氾濫の予測の研究では、予測の精度とその利用技術の向上をめざしています。



浸水域の時間的変化

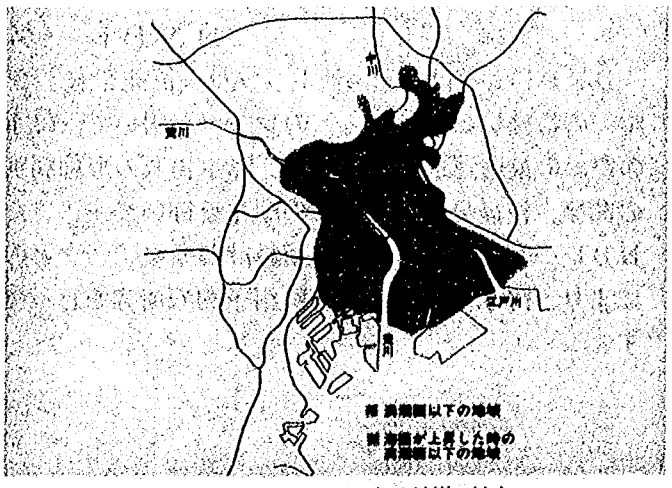
安全で潤いのある海岸環境を目指して

我が国の海岸は、地震や台風、低気圧、冬期風浪などの面において厳しい自然環境のもとにおかれており、津波、高潮、波浪、侵食あるいは地盤沈下などによる大きな災害を受けてきています。そこでこれらの災害を防ぐための対策工法について、模型実験、数値解析、現地観測などによって検討を進めています。さらに近年、人と海とのふれあいの場として利用される貴重な空間として、新しい沿岸域の創出を図る必要性が出てきました。そこでこれらも加味した調査・研究も行っています。


(静岡県静岡海岸　昭和54年20号台風)
高波が静岡海岸に押し寄せ、護岸より越波している状況。

地球温暖化の影響を予測する

地球温暖化が進むと、海面が上昇してゼロメートル地帯が拡大したり、従来の海岸保全施設の機能が大幅に低下することが懸念されます。このため海面上昇のモニタリング調査や、海岸侵食助長機構の解明等を行っています。



海面上昇によるゼロメートル地帯の拡大

下水道部

スライド　1

下水道は、浸水の防除、生活環境の改善、公共用水域の水質保全を図る上で無くてはならない、重要な公共施設でありますが、１９９０年度でのわが国の下水道普及率は総人口ベースで４４％と低い水準にあります。このスライドは、都市の人口規模別に下水道の普及率を示したものですが、人口規模が小さくなるほど、即ち図の左から右へいくほど下水道の普及が遅れていることがわかります。財政的にまた人材的に制約のある中小の市町村で下水道の普及を如何に進めていくかが、現在直面している問題の一つとなっています。

図の左の方は、東京や大阪などの大都市の下水道の普及を示しているわけです。こちらの方は既に９０％以上の下水道普及率となっています。これらの大都市では、下水道の質的向上、維持管理の充実、老朽化した施設の改築や更新などが技術的な課題となっています。

このような課題に応えるため、土木研究所下水道部では、下水道研究室、三次処理研究室、汚泥研究室、水質研究室の４つの研究室が種々の調査・研究を実施しています。それらの中から重要と考えられるいくつかの研究についてご紹介したいと存じます。

スライド　2

このスライドは、下水処理場の上部空間を公園として利用している例（群馬県桐生市）です。昔は、下水処理場は迷惑施設ということで、回りに住宅が無いところに造られていたわけです。ところが、今では逆に下水道施設は地域の生活環境を向上させていくんだという意識が強くなり、また地域の人々もそのようなことを期待するようになっているわけです。このため、下水道施設の上部空間の有効活用の研究は益々重要となっています。

スライド　3

施設の老朽化は、全ての公共施設がいつかは直面する問題であります。ただ、下水道施設は家庭や商店や工場からの下水を扱う施設という点で、他の施設に較べると老朽化し易い環境に置かれています。この写真は、下水中からの硫化水素ガスによって沈澱池の流出部が腐食した例を示しています。このような腐食性ガスの発生メカニズムの解明や、被害にあった施設の修復方法、さらに腐食防止技術の開発などの研究を実施しています。

スライド　4

下水道の重要な役割の一つに雨水の排除がありますが、最近では河川にそのまま雨水を放流すると河川の方が堪えきれないというところもあります。また、従来は雨水の最大流出量だけが問題となっていましたが、現在では水量と水質の両面から雨水排除を考えなければならないという状況になっております。このスライドでお見せしている下水管渠は、１０年確率の計画降雨があった場合は、雨水を輸送・排除する管渠として使います。通常の降雨ですと雨水自体が汚濁していますので、この管渠の中に１８０万立方メートルまでの雨水を貯留し、下水処理場で処理してから放流しようというものです。このような雨水の水質・研究も進

めています。

スライド　5

下水処理の分野では、中小の市町村のために無人運転が可能なプロセスの開発や、湖や海の富栄養化の原因とされる窒素やリンを除去することが重要な課題となっております。このスライドは、（下水処理の研究のための施設で）オキシーデーションディッチ法を研究する実験用パイロットプラントです。多くの下水処理の研究はこのような実験用施設によって進めています。

スライド　6

また、下水処理水を流量の枯渇した河川に放流して昔の清流を復活することも、かられています。このため下水処理水から臭気や色を除去するための実験も行っています。

スライド　7

下水を処理すると必然的に汚泥と呼ばれる泥が生成します。汚泥は廃棄物として捨てられることが多かったわけですが、捨てる場所が乏しくなってきています。このため最近では資源として活用しようという機運が高まっています。このスライドは、汚泥を焼却した後さらに１４００℃位まで熱を加え、溶融という作業をしているところです。汚泥を溶融すると、建設用資材や装飾品として有効利用することが可能となります。このような資源利用に関する研究は最も緊急を要するものの一つです。

スライド　8

汚泥のコンポスト化は昔から行われていますが、今でも最適管理方法についての研究を続けております。このスライドは、汚泥の有機物含有量や発酵温度等の影響を定量的に把握するための実験装置です。このような装置を使って汚泥のコンポスト化の最適条件を見いだすための研究を行っています。

スライド　9

河川や下水処理水の水質は、今でも人の手による分析が主体となっています。しかし、将来的には自動水質分析による連続モニタリングが必要になると考えられます。この写真は微生物を用いたバイオセンサーによってＢＯＤを連続測定するための装置の試作品です。このようなバイオセンサーを用いることにより、河川水や下水処理水の自動計測が可能となり、水質管理の一層の充実が期待されます。

スライド　１０

有害な微生物質の除去も下水を安全にして放流するために必要です。近年、様々な物質が工場や家庭で使用されています。通常の下水処理では除去できないような物質も数多く見られるようになっています。このため、このスライドにあるような微量化学物質の分析装置（ＧＣＭＳ：ガスクロマトグラフィー・マススペクトロメーター）を用いて、どのような物質がどのように分解されるか、あるいは除去されずに放流されてしまうかをきちんと調べておくことが重要になっています。このような研究についても積極的に進めています。

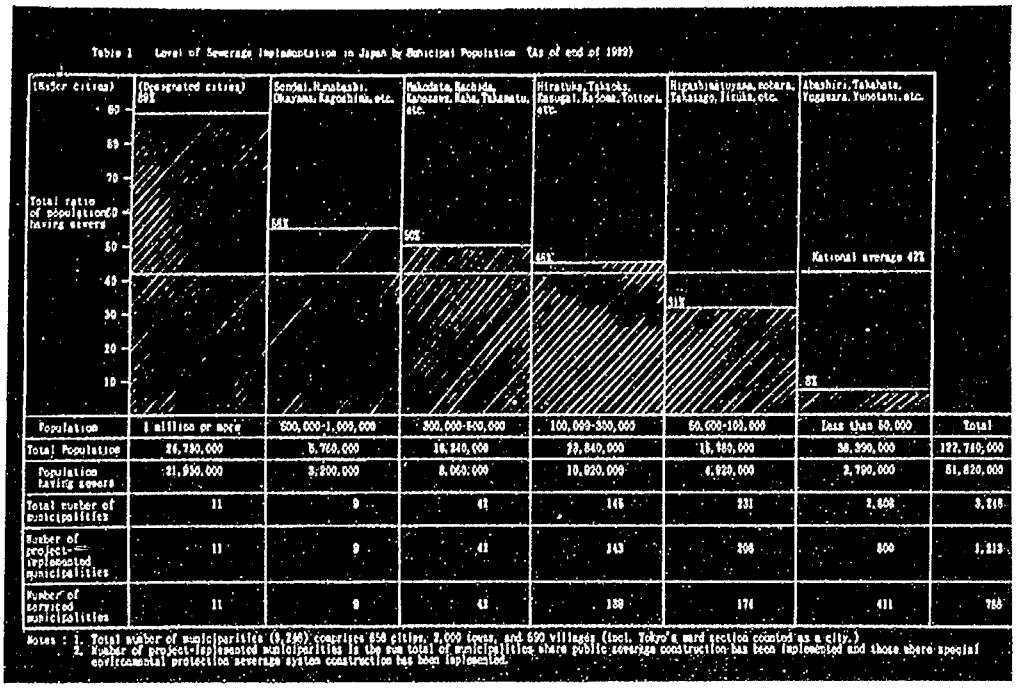
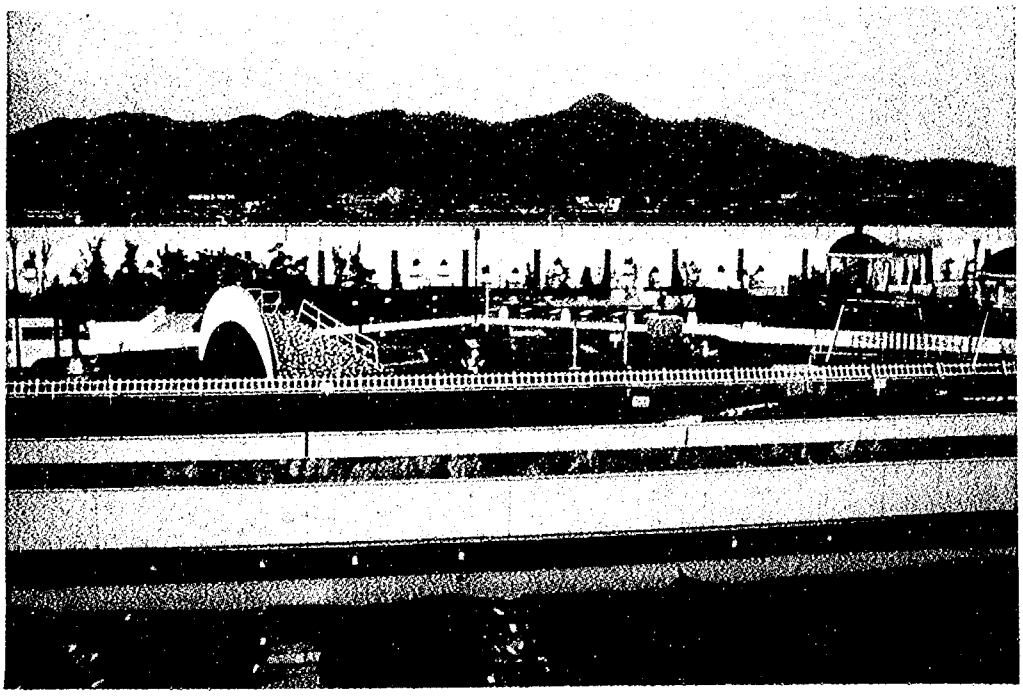


Table 1 Level of Sewerage Implementation in Japan by Municipal Population (As of end of 1992)

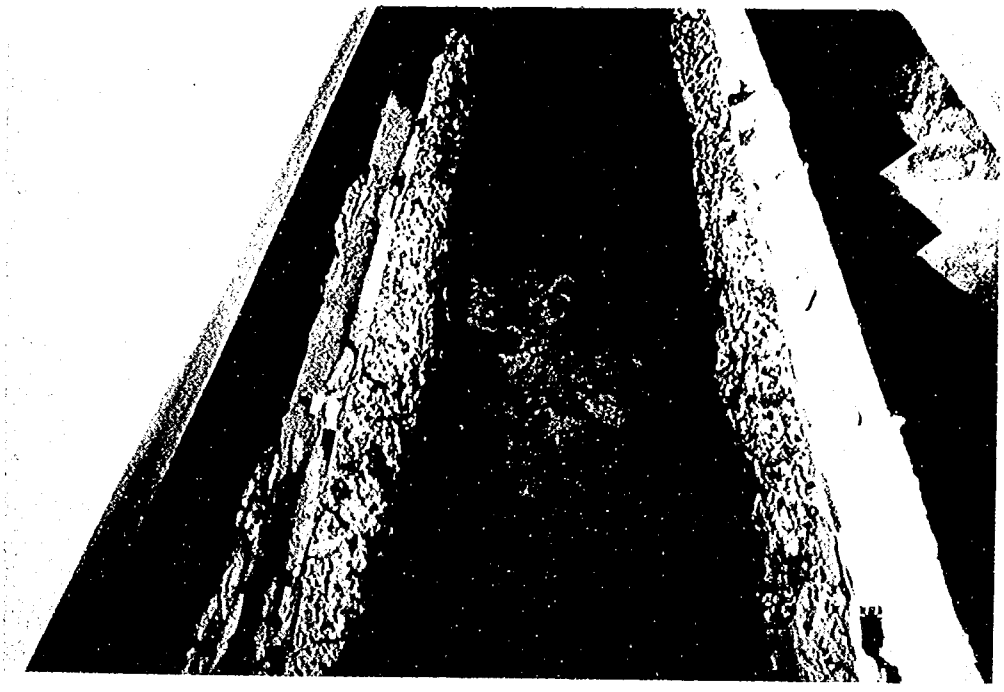
Population	1 million or more	500,000-1,000,000	300,000-500,000	100,000-300,000	50,000-100,000	Less than 50,000	Total
Total Population	26,780,000	5,760,000	16,840,000	30,840,000	18,980,000	38,300,000	122,740,000
Population having sewers	21,990,000	3,200,000	8,060,000	10,820,000	4,920,000	2,790,000	51,820,000
Total number of municipalities	11	9	41	146	331	1,669	3,246
Number of project-implemented municipalities	11	9	41	143	306	800	1,319
Number of serviced municipalities	11	9	43	139	174	411	785

Notes : 1. Total number of municipalities (3,246) comprises 656 cities, 2,000 towns, and 590 villages (Incl. Tokyo's ward section counted as a city.)
2. Number of project-implemented municipalities is the sum total of municipalities where public sewerage construction has been implemented and those where special environmental protection sewerage system construction has been implemented.

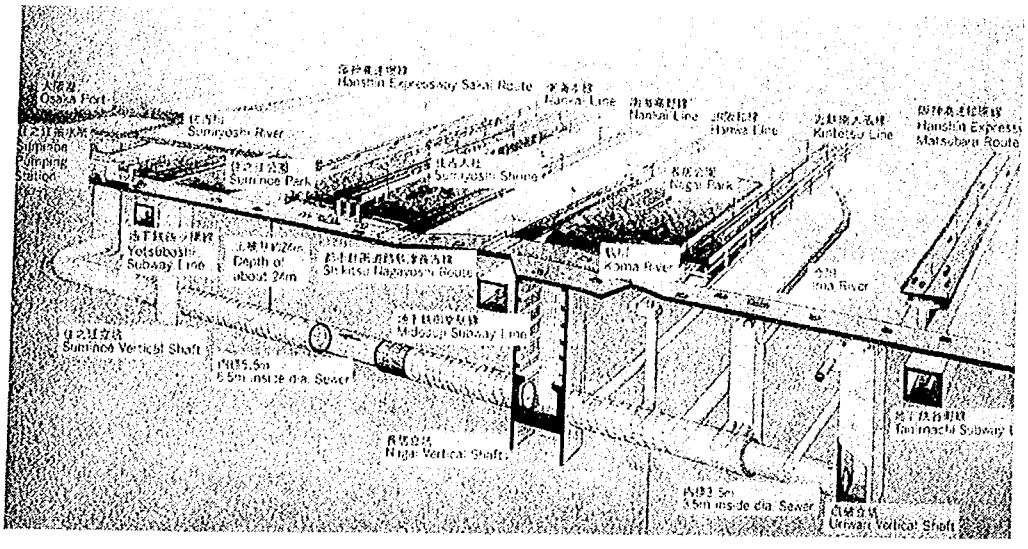
スライド　1



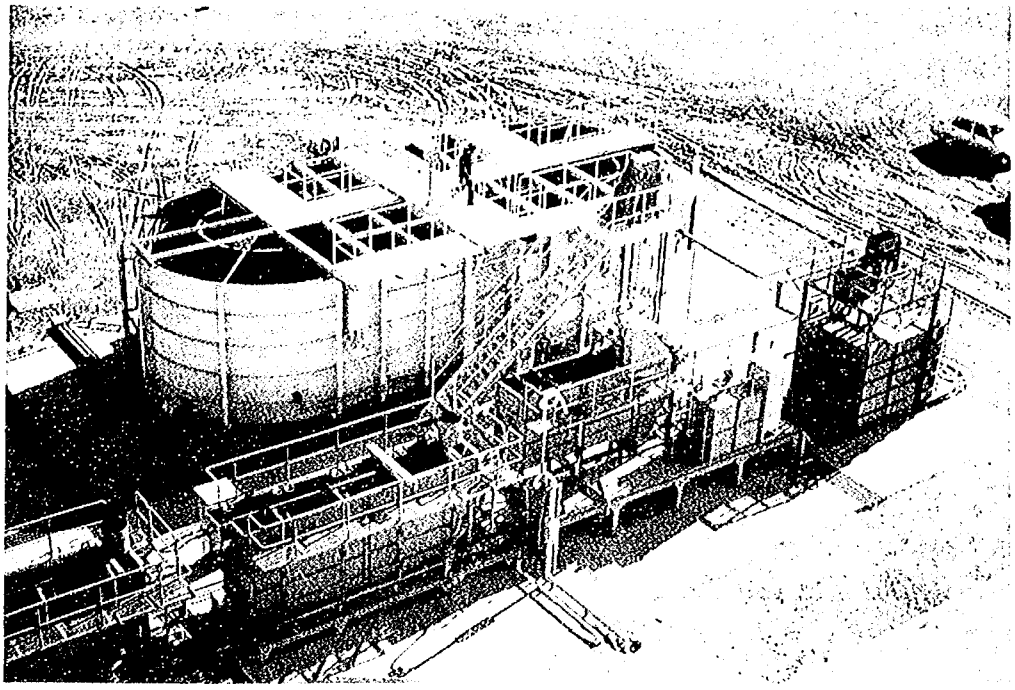
スライド　2



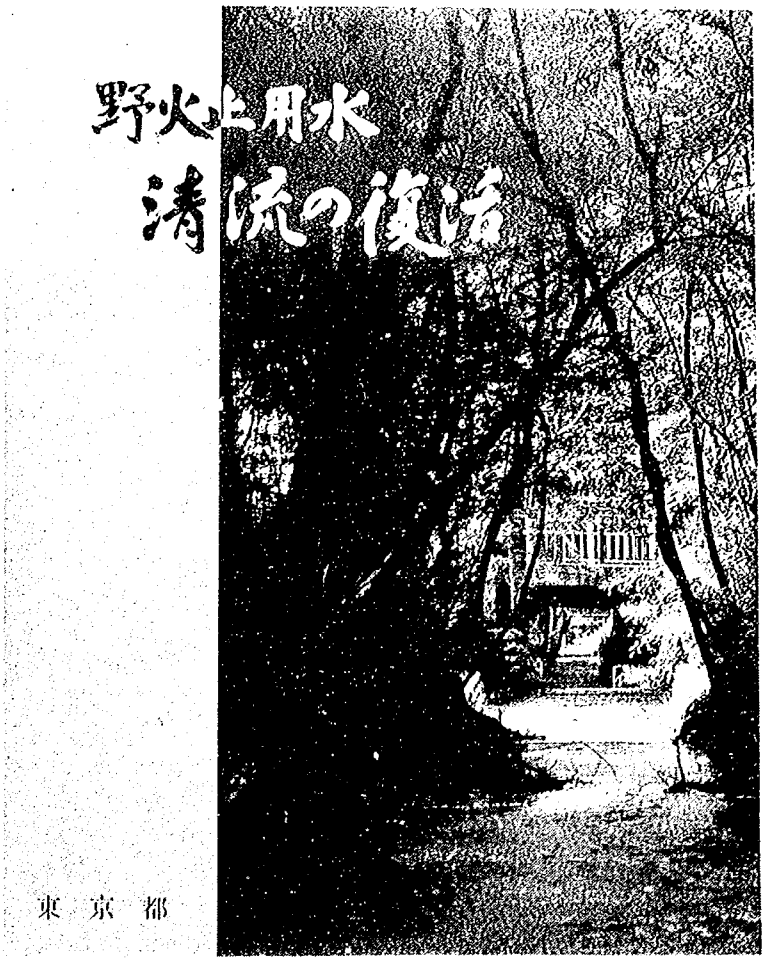
スライド　3


Hanshin Expressway Sakai Route
Hanshin Line
Nankai Line
Hanna Line
Kintetsu Line
Hanshin Expressway Matsubara Route
Osaka Port
Sumiyoshi River
Sumiyoshi Park
Sumiyoshi Shrine
Nagai Park
Yotsubashi Subway Line
Depth of about 24m
Sakaisuji Nagahoshi Route
Kohna River
Ina River
Midosuji Subway Line
Sumiyoshi Vertical Shaft
Nagai Vertical Shaft
Uemachi Subway
Uemachi Vertical Shaft

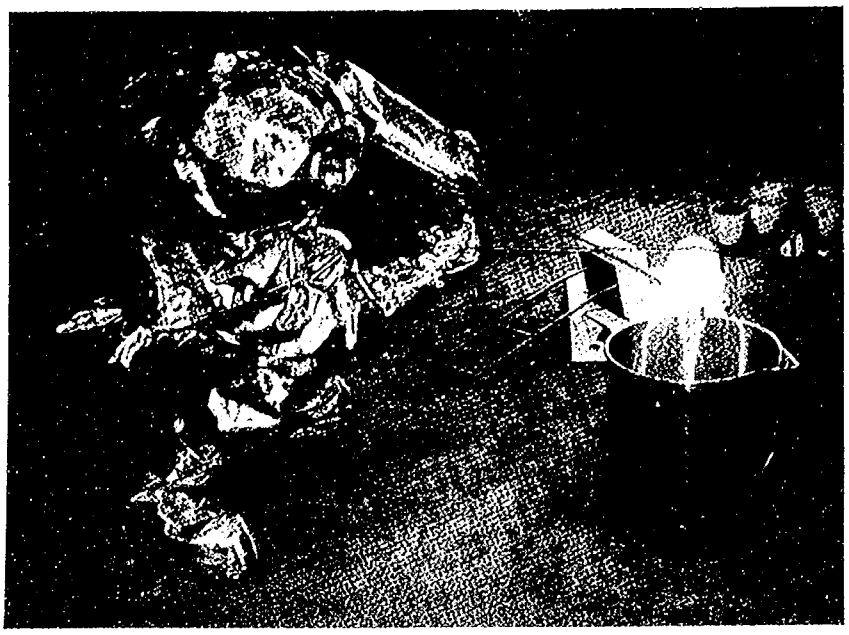
スライド　4



スライド　5

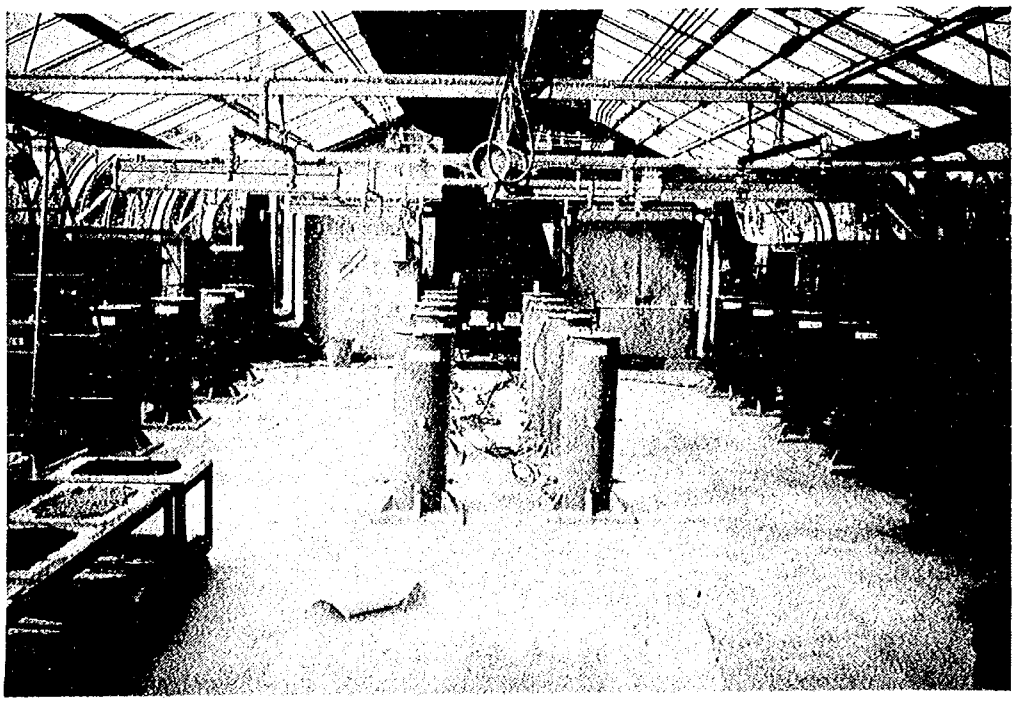


スライド　6

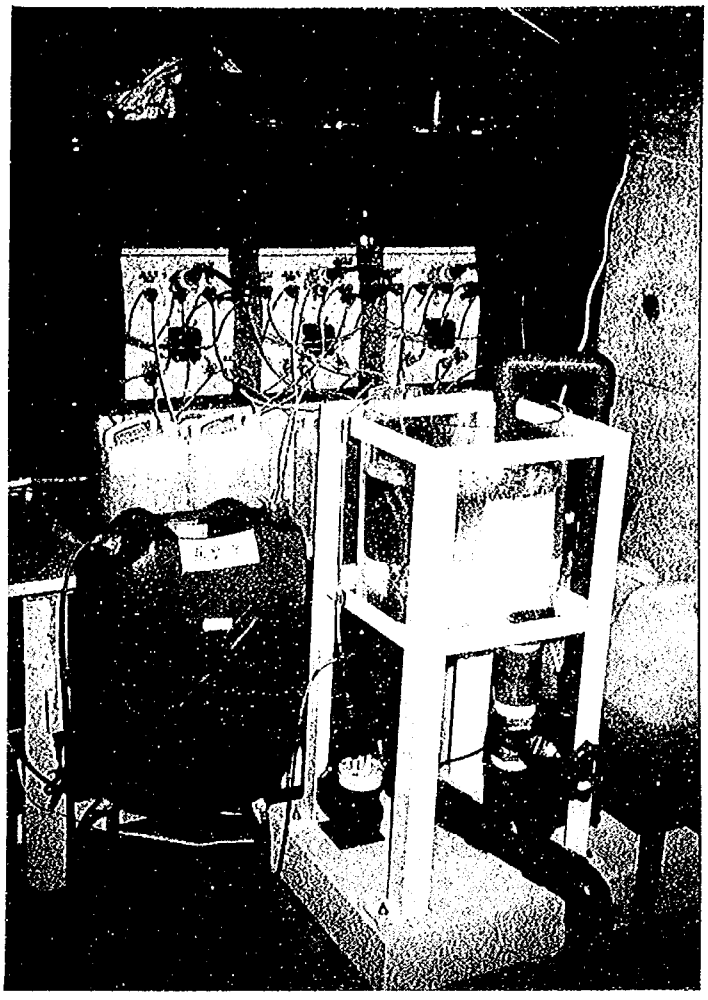


溶融スラグの製造

スライド　7



スライド　8



スライド　9



スライド　１０

ダム部

1. 概　　要

豊かさとゆとりのある生活を送るためには,日々の生活に欠くことのできない水を安定して供給するとともに,河川流域住民の生活と財産を洪水による被害から守ることが不可欠である。また，国民の余暇時間の増大に伴うレクリェーションの場や憩いの場としての水辺環境を保全,創造することも21世紀に向けたわが国の重要な課題である。このようなことから，建設省では，現在までに洪水調節，各種用水の供給，流水の正常な機能の維持などを目的としたダムを327ダム完成させているが，今後さらに400ダムの建設が必要となっている。

ダム部ではダム建設事業全般に係わる技術的諸問題の解決のために，基礎研究から，応用・開発研究に至る幅広い業務を行うとともに，関係研究部の協力を得ながらダム築造技術の高度化と効率的な事業への反映のための調査研究を実施している。さらに，地形，地質条件の必ずしも良好でない地点においても安全で経済的なダムを築造するための技術の確立，人件費高騰，労働者不足に対応するためのダム施工の機械化，合理化の研究，資源の有効利用，環境保全のためのダム築堤材料の合理的利用法の研究，また，貯水池の有効利用技術，貯水池の環境保全技術，周辺環境と調和したダムの築造技術の開発など，近年の社会的要請に応えるための新しい分野での技術開発にも積極的に取り組んでいる。

その他，各現場が直面している各種の困難な技術的問題について，現場の要請に応じて，調査，試験，設計，施工，管理のすべての分野に関して技術指導を実施し，事業の円滑な推進に欠くことのできない役割をはたしている。

2. ダム部の研究課題

ダム部研究課題および研究成果一覧

○ダム構造研究室	
研　究　課　題	研　究　成　果
・ダム基礎岩盤の安定解析に関する研究 ・ダム基礎岩盤の止水設計に関する研究 ・コンクリートダムの耐震設計に関する研究 ・ダム用コンクリートに関する研究 ・ダムの施工における自動化技術に関する研究 ・コンクリートダムの安全管理手法に関する研究	・アーチダムの構造模型実験手法の開発 ・放物線アーチダムの設計法の開発 ・3次元有限要素法によるアーチダムの応力解析法の開発 ・フィレットやマットを有する重力ダム設計法の開発 ・ダイヤフラムを用いた原位置岩盤の変形試験法の開発 ・局所せん断摩擦安全率を用いた安全性の評価方法の開発 ・応力伝達壁、岩盤ＰＳ工の設計法の確立 ・限界圧力を考慮したグラウチング注入圧力の決定手法の開発 ・拘束度マトリックスを用いた温度応力解析法の開発 ・ＲＣＤ用コンクリートの配合設計法の確立

○フィルダム研究室

研究課題	研究成果
・ロックフィル材料の動的強度に関する研究 ・浸透破壊に対する抵抗性に関する研究 ・岩盤浸透流に関する研究 ・岩石質材料の有効利用に関する研究 ・フィルダムの実測挙動解析に関する研究 ・フィルダムの耐震設計法に関する研究	・フィルダムの耐震設計法(1991)の確立 ・堤体材料の動的変形特性を求める試験方法の確立 ・岩盤透水性状計測法（ＭＧＬシステム）の開発 ・堤体材料有効利用方法の提案 ・新形式フィルダムの提案

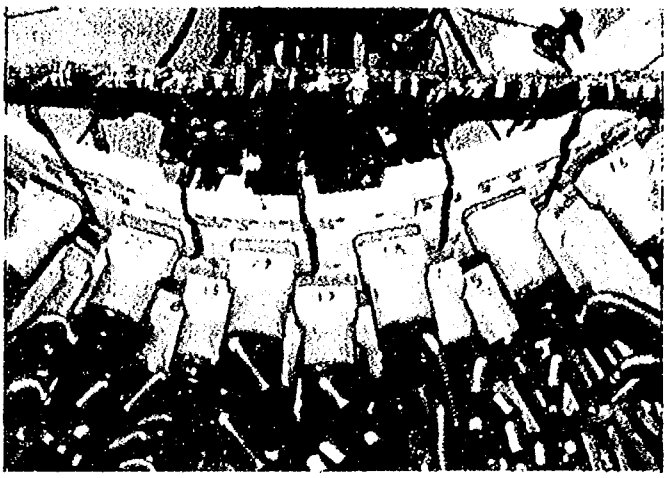
○ダム水工研究室

研究課題	研究成果
・ダム水理模型実験における表面張力の影響に関する研究 ・ダム放流設備の水理特性と構造設計に関する研究 ・ダム湖周辺の生態環境向上に関する研究 ・ダムの魚道の設計及び管理に関する研究 ・ダムの排砂設備の設計及び管理に関する研究 ・ダムの放流設備の摩耗対策に関する研究	・密度流に関する研究（選択取水設備に関する研究） ・高速流に関する研究 ・排砂設備に関する研究 ・魚道に関する研究 ・新しい放流設備の研究開発

○水資源開発研究室

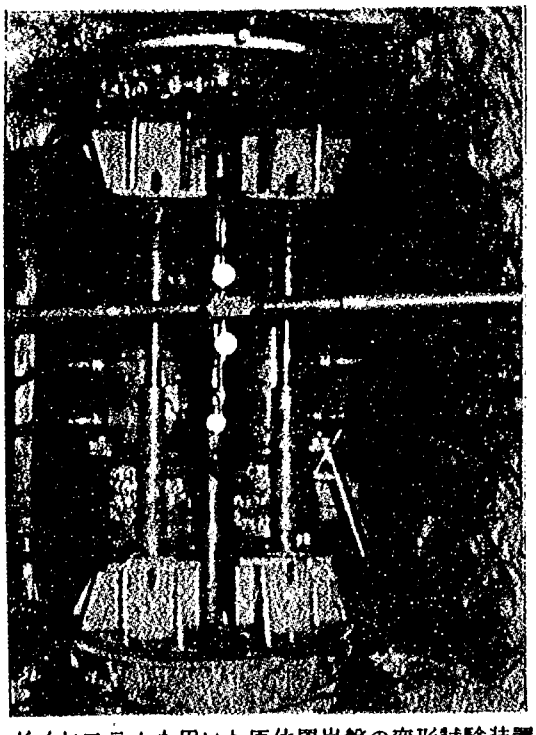
研究課題	研究成果
・洪水調節計画及び貯水池操作方法に関する研究 ・水資源開発施設の計画手法のに関する研究 ・貯水池の環境機能向上に関する研究 ・貯水池の利活用及び水源地域活性化に関する研究 ・地球温暖化が水資源に及ぼす影響に関する研究 ・貯水池水熱エネルギーの利用に関する研究	・洪水調節計画及び貯水池操作方法の合理化 ・水資源開発施設の計画手法の合理化 ・貯水池の環境機能向上法の開発 ・貯水池の利活用及び水源地域活性化評価手法の開発

主要な研究施設

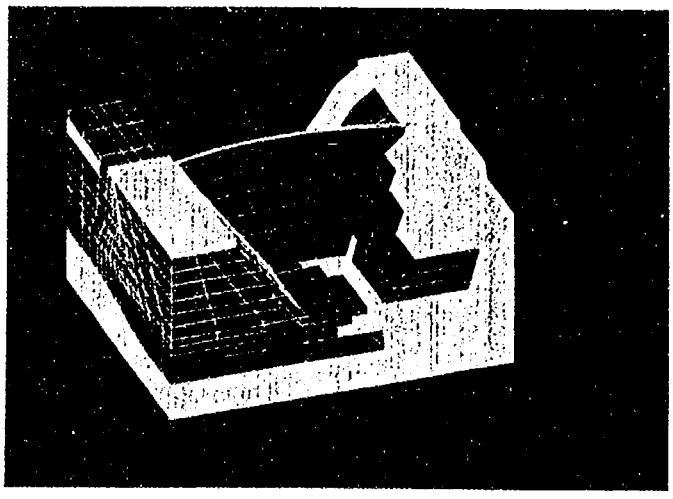


アーチダム模型実験施設

主要な研究成果



ダイヤフラムを用いた原位置岩盤の変形試験装置

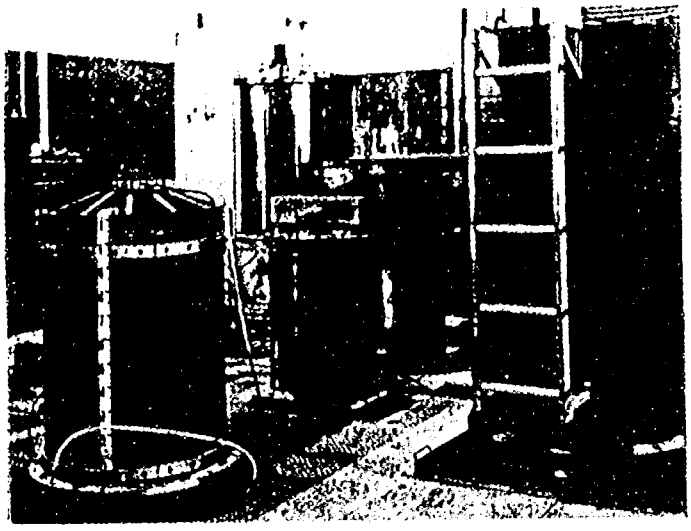


曲線式重力ダムの3次元構造解析



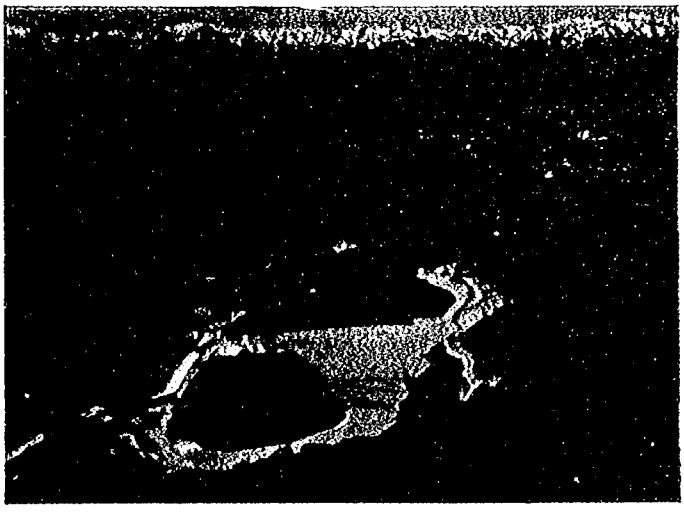
RCD工法によるダムの施工

主要な研究施設

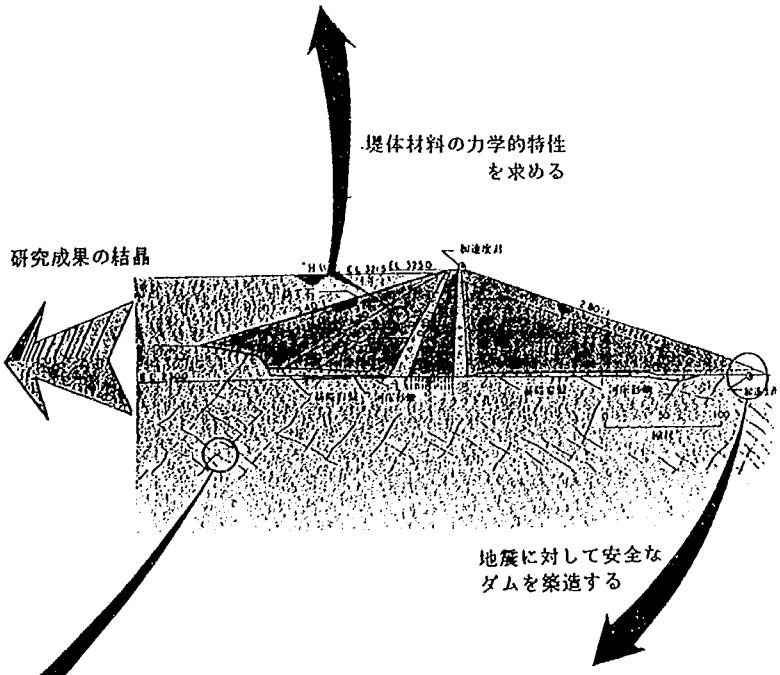


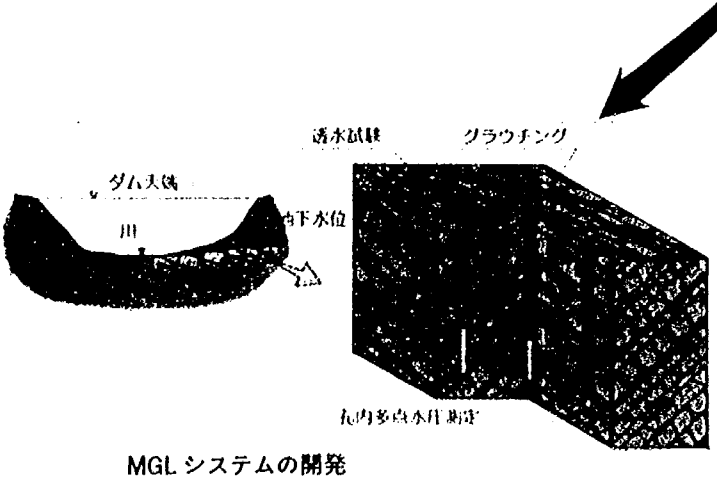
大型ねじり単純せん断試験装置

主要な研究成果

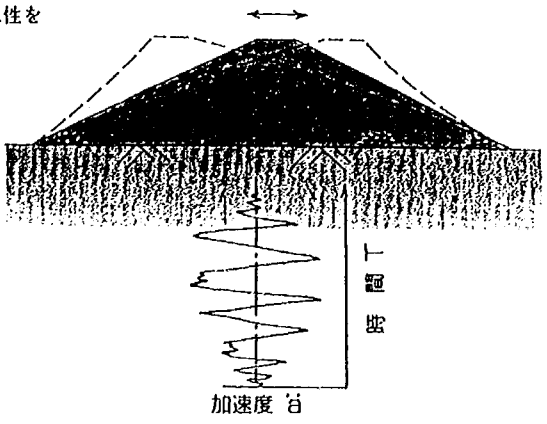


ロックフィルダム（山形・寒河江ダム）



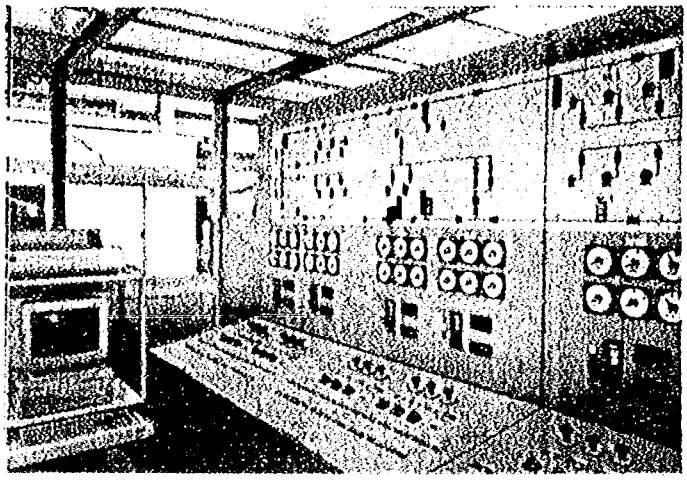


MGLシステムの開発



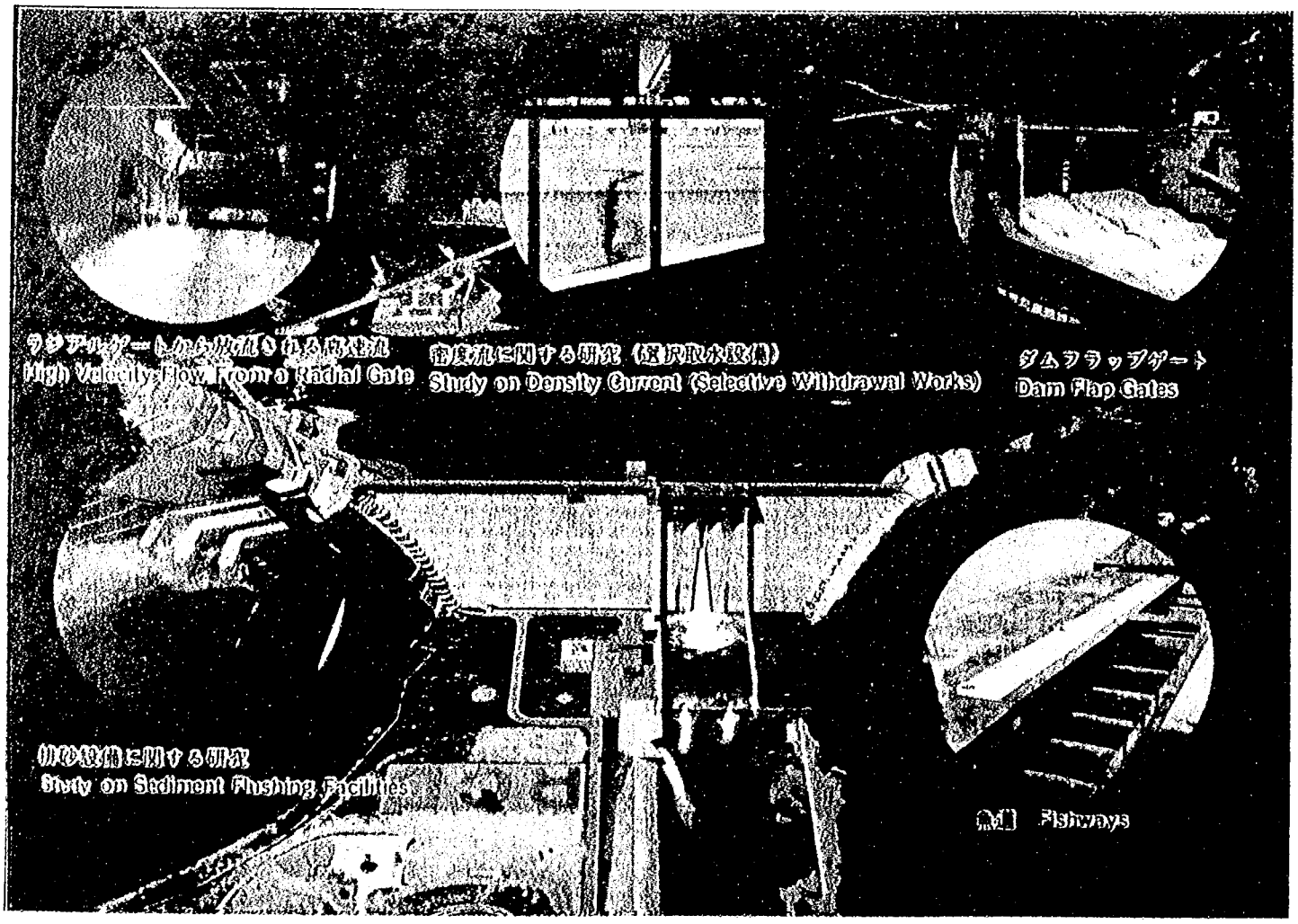
耐震設計法の確立

主要な研究施設

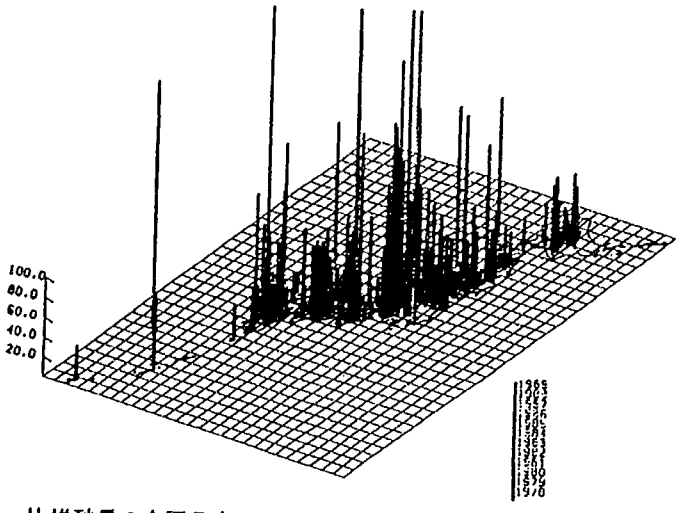


中央操作盤室（給水設備）

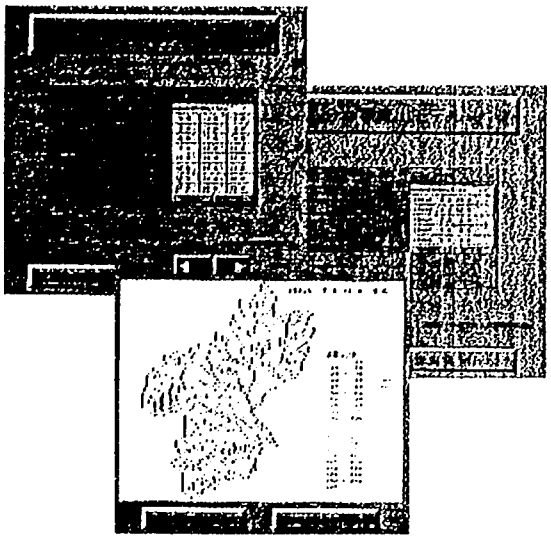
主要な研究成果



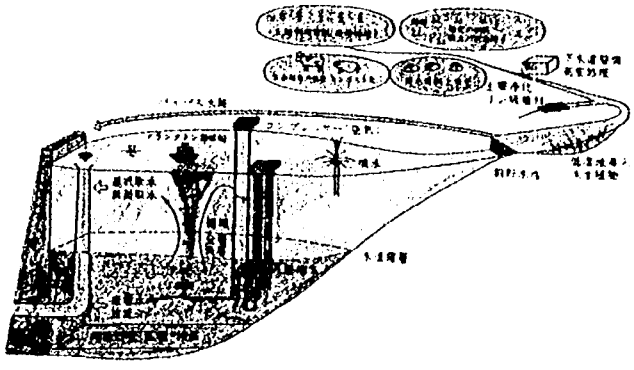
主要な研究成果



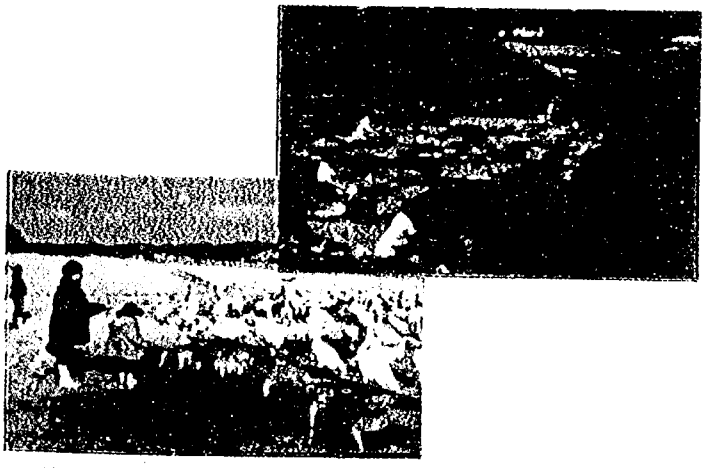
比堆砂量の全国分布
堆砂量・堆砂形状予測手法の開発



分布型流出モデルを用いたダム放流シミュレーション
より合理的な洪水防御とより有効な水資源開発のためのエキスパートシステムの開発



富栄養化総合対策
効果的な貯水池水質保全対策とその計画評価手法の開発



ダム湖の環境機能評価と機能向上手法の開発

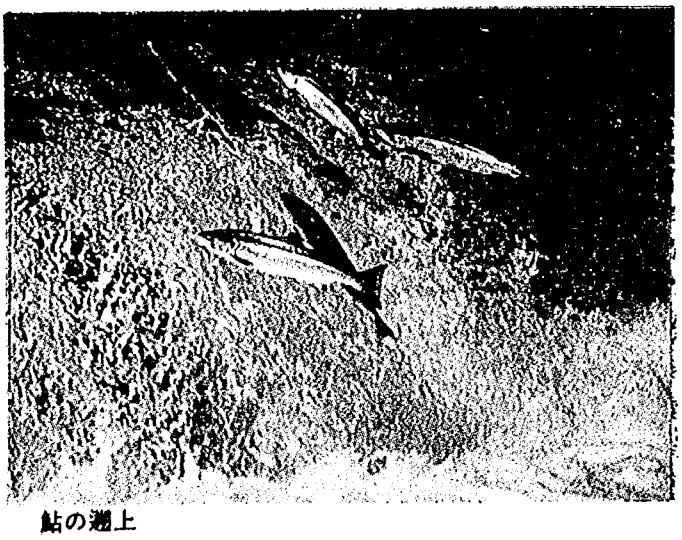
3. 次世代に向けてのダム造りの展望

はじめに

流域資産の集積が進むにつれ，より安全な国土保全のためのダムの洪水調節機能増強の要請，より快適な社会生活に欠かせない水資源開発の要請，そして国産のクリーンエネルギーとしての水力発電の要請が着実に大きくなってきている。さらに，ダム湖は国民の余暇時間の増大につれ，レクレーションの場として，また，うるおいと心のやすらぎを求める場として再評価され，一方，国民の価値観の多様化と共に，環境との調和が益々重要な国民的課題となってきている。これらの諸情勢に対し，次世代に向けてのダム造りの的確なビジョンを持ってダム建設を進めていくことが肝要である。ダムをとりまく諸課題解決への展望について以下にその一端を述べる。



ダム湖の風景



鮎の遡上

1）自然が生き生きする場，ダム湖造りの研究

水は万物を育ててきた根元の物質である。水なしでは生物は生きていけない。水のあるところに生物は集まる。人工湖沼は既にその多くが鳥達の楽園となっている。また，湖水は魚類や水生生物の生息の場である。ダム湖を自分達を大きく育ててくれる海の役割の場，流入河川を産卵の場として種の維持増殖を繰り返している魚族も既に多くある。また，湖辺は各種湿地殖物群落が繁茂し，そこをすみ家としてトンボ等の昆虫類も我が世の春を謳歌し，そして高水敷には蝶類の食草が繁茂し吸密植物の花園が出来，そこには美しい色とりどりの蝶が乱舞しているダム湖がある。これらの各種生態系を生き生きと育成するためには我々のきめ細かいやさしい配慮と工夫が不可欠であり各種の技術的研究を進めている。ダム湖が生物の楽園となると共に私達が自然のいとなみを見，うるおいを感じる場となる日も近い。

2）ダム基礎地盤の諸条件克服に向けての研究

我国の地盤は古生層から第四紀までの多様な地質が多くの断層と不整合，褶曲構造等を伴ってまさに千変万化である。ダム築造技術とはダムサイトの地質的弱点をいかに見つけ出してそれをできるだけ避けるようにダム軸や規模・型式に工夫を加え，変化させるか，すなわち基礎地質条件にダム本体設計をいかに適合させるかが主眼である。次世代のダム技術の夢は提体がまずありそれに適合する物性値の基礎岩盤にいかに合理的に改善するかという発想の転換が必要である。地域特性に応じた水資

3）築堤材料合理化に向けての研究

これまでのRCD工法は現在の設計体系の中で，まず堤体設計があり，その条件に満足する品質のコンクリートをいかに造るかということに着目したものである。今後は，現地で調達可能な築堤材料を最大限に利用し，それにより造られるコンクリートの物性値に見合った提体設計をいかに合理的に体系化するかという逆の発想からのアプローチのコンクリートを最適骨材評価コンクリートと称しその技術確立のための研究を推進している。フィルダム提体材料については論をまたない。

4）管理しやすいダム造りに向けての研究

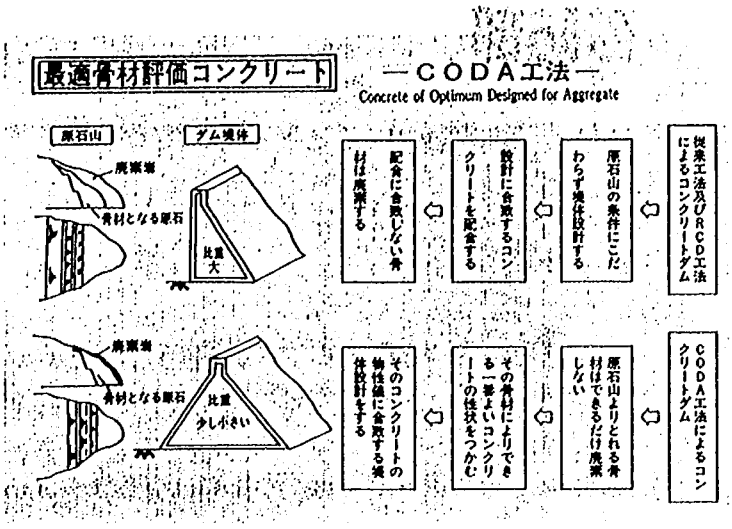
この永遠の課題解決に向けダム計画から始まりソフト・ハードの諸設計を踏まえてトータルシステム造りを重点課題として研究を進めている。

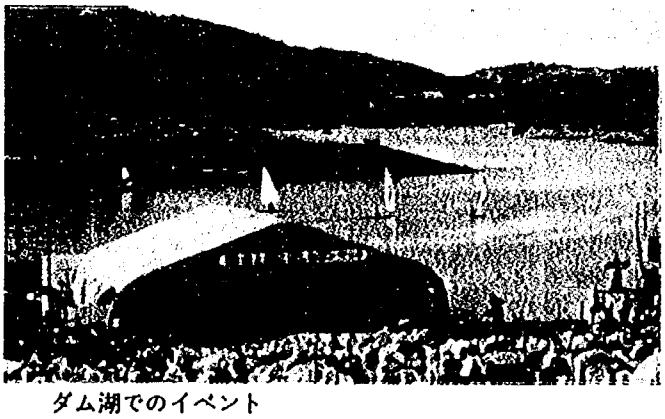
5）水文化の核・レイクフロントの創成への課題

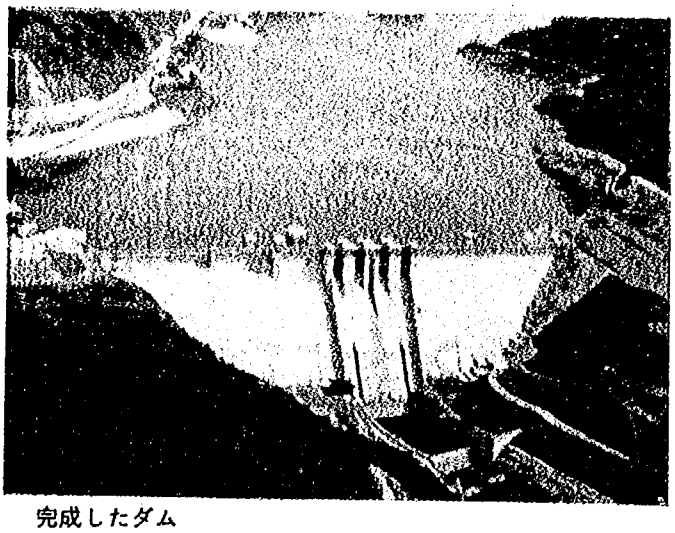
古代より水辺に人々が集いそこに文明の花が開いた。狭い国土の我が国ではダム湖の水と緑のオープンスペースはきわめて貴重な地域の資産である。ダム湖を町村の活性化の中心の座として町おこし，村づくりに取組んでいる町村が多い。ダムを管理する立場より，ダム湖を核とする水文化の花が開くよう，各種支援策の研究を進めている。

おわりに

耐震設計法やRCD工法の開発等，世界のダム技術をリードしてきた我が国のダム技術の歴史を更に大きく発展させるため，困難なテーマ，新しく広範なテーマにも果敢に挑戦し，その解決に向け着実に研究を進めている。




ダム湖でのイベント


完成したダム

砂防部

砂防研究の現状と地形災害防止の観点からみた２１世紀の展望

はじめに

地形災害なかんずく土砂災害の観点からみた日本ならびに世界の状況は決して明るいものではない。増え続ける人口、富と技術と資源の偏在、地域と国々を律する確立した秩序がないために生ずる紛争等、防災以前の問題が大きくなるために、防災に割かれるべき資源が相対的に少なくなる可能性が大きい。いっぽう、生活レベルを上げるためには土地と天然資源の開発、インフラの整備は進めなければならない。このような不利な条件のもとでもとどまることが許されないところに現代と将来の国内外の社会の難しさがある。そして、人間の環境は自然の加害力に対して次第に脆弱性を増していく。よく言われる貧困の悪循環である。日本の状況はきわめて良好とされていた。しかし、雲仙・普賢岳の噴火災害は土砂災害に対するわが国の脆弱さを改めて認識させるものとなった。

1．砂防部で現在実施している研究

砂防部は主として斜面・渓流における土砂移動にともなう災害を防止するための技術開発を進めている。土地利用と行動様式の多様化ならびに人為的な作用が新しい種類の災害を生み出す可能性を大きくしている。火山噴火、降雨、地震などによる土石流、ならびに地すべりや崖崩れによってダムや道路、河川施設、住宅等が土砂による災害を被らないようにする技術の開発はもとより、危険地域を指定して管理し、また、災害が発生した場合には再発を防止するための原因究明や救援活動を遂行するための安全管理の技術も重要な課題である。自然や生態系を保全し、周囲の景観とも調和した施設を作るための技術開発も必要となる。森林の消滅や砂漠化を阻止することも緊急な課題となってきている。このような問題を解決するために砂防部では主として下記に示す研究を行っており、得られた研究成果としての理論と実験で裏づけられた砂防技術は国内ばかりでなく、土砂災害に悩む諸外国にも広く活かされ、砂防技術者の育成や技術の向上等にも反映されている。

■砂防研究室
・液・固混相流の運動機構に関する研究
・土石流の発生源対策に関する研究
・環境に配慮した砂防施設の計画・設計に関する研究
・火山地域における土砂災害の発生機構と対策に関する研究
・砂漠化防止技術の開発等に関する研究

■地すべり研究室
・軟化に伴うすべり面の形成発達に関する研究
・地すべり抑止壁工に関する試験調査
・湛水池地すべり地におけるアンカー工の設計に関する調査
・地すべり地の危険度評価及び適切な土地利用に関する調査
・地球温暖化に伴う地すべり災害の多発化に関する調査
・豪雨型地すべり調査

■急傾斜地崩壊研究室
・斜面崩壊土の堆積機構に関する研究
・降雨及び地震に対する切土のり面・斜面の安定性評価に関する研究
・雪崩対策に関する研究
・急傾斜地崩壊防止対策工法に関する研究
・斜面緑化技術に関する研究
・落石及び岩盤崩壊に関する研究

2．地形災害防止の観点からの２１世紀の展望

2-1　斜面災害

福井県にある国道305号線、長野県安曇村の国道158号線の岩盤斜面の崩落は人工斜面の維持の難しさを思い知らされた事件であった。地附山の地すべり災害は最も安全であるべき新興住宅地の裏で発生した。御嶽山の巨大崩壊やルソン島の日比友好道路の斜面崩壊も地震による斜面災害として記憶に新しい。目的や種類の如何を問わず、開発は必然的に斜面地形の改変をともなう。改変された斜面に様々な営力がはたらいて斜面を後退させようとする。しかし、そのメカニズムはまだわからないことが多い。人工地形の形成と維持管理にかかる技術が開発と成長のキメ手の一つになる。寒帯地域の開発が本格化すると凍土の斜面の安定も課題



1984年６月15日に発生したインドネシアメラピ火山の火砕流
（提供：VOLCANIC SABO TECHNICAL CENTER(VSTC)）
Pyroclastic Flow Occuring at Mount Merapi on the 15th of june,1984
(taken by the officials of the Volcanic Sabo Technical Center)



イワナを用いた魚道の構造に関する実験
Experiment on Fish Way Structures Using White Spotted Chars

となる。

2-2　扇状地の災害

扇状地の災害が上流山地からの土砂生産と輸送であることはかなり古くから判っていた。しかし、対策を見いだして実行に移すまでに長い時間を要した。それは、扇状地の土砂災害対策が社会の政治的・社会的成熟と経済力の充実を待たなくてはならなかったからである。これらの条件のいずれかを欠く社会にあっては危険を避けて立入りを控えるか被災するたびに生き残った人が一から出直すという過酷な条件に置かれているといえる。地形の利用や改変は経済行為であり、その成果が災害要因を作り出したとすれば、防災は災害要因という外部負経済を内



雲仙・普賢岳噴火と火砕流・土石流
Pyroclastic Flows and Debris Flows that Accompanied the Mt. Unzen-fugen Eruption in 1991

部化できる仕組みを持たないかぎり防止できない。この仕組みを準備するにあたって砂防計画・工事・維持管理の技術は大きな貢献をしてきた。しかしながら、われわれの技術はいささかコンクリート偏重であり、地域の多様な生態系にマッチしないことが指摘された。このことは、制御しにくい要因を消去しようとする技術の方向に逆行するものである。そのぶんキメ細かいモニタリングと維持管理の技術と制度が確立されることが必要となる。開発途上国ではこのような意識も仕組みも欠くことが多い。簡素で安価な技術体系の開発と供与を行うと同時に、

外部負経済を内部化する仕組みを協力して作り上げる努力が必要である。この面では防災技術者にありがちな専門ばか的な側面を克服する自覚と勉強が必要である。

2-3　火山

溶岩流・火砕流・泥流等の研究は進みつつある。しかし、それらの研究成果の応用のみで防災がはかれるほどに火山災害は単純ではない。地形形成過程としての解釈とそれにもとづいた節度のある土地利用を促す技術的な根拠の提案がなされる必要がある。これは世界的に価値があることである。



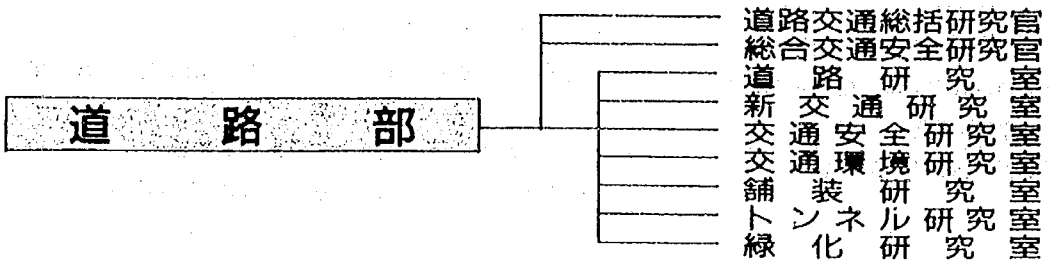
御岳崩れと天然ダム
Ontake-Landslide due to Earthquake and Landslide Dam in 1984

道路部

1．道路部の組織と予算

道路部は、部長、道路交通総括研究官、総合交通安全研究官および７つの研究室からなっている（図－１）。

1992年度においては、人件費を除く研究予算が約11億円であった。



図－１　　道路部の組織

2．道路部各研究室の研究課題の概要

産業・経済の発展、国民生活の向上にともない交通需要は増大を続けてきた。なかでも道路交通はアクセス性や随意性等の特性が利用者に高く評価され、産業・生活の全般を支える重要な交通手段として国民生活に深く浸透し、自動車保有台数も６千万台を数えるに至った。

また、人々の生活様式や価値観が多様化するなかで、道路交通に対しては、高速性、安全性、快適性等の向上、周辺環境との調和、多様な道路機能の充実など質の高いサービスが求められている。

このような状況のもとで、道路部では７研究室が協力し、高速化に対応した道路の幾何構造設計、道路情報システム、新しい道路交通システム、交通渋滞対策、高齢者の交通安全、交通安全施設計画、歩行者系道路の計画、交通環境計画、緑化・景観計画、合理的な舗装・トンネルの設計、トンネルの換気・照明設計などの研究を行っている。各研究室の主要な研究課題を表－１に示す。

表－１　　各研究室の主要な研究課題

■道路研究室

- 道路の幾何構造及び交通容量に関する研究
- 道路の路面性状と走行性に関する研究
- 道路交通情報システムに関する研究
- 次世代道路交通システムに関する研究
- 防雪対策に関する研究

■新交通研究室

- 道路整備効果の計測手法に関する研究
- 交通渋滞の予測と対策に関する研究
- 休日・観光交通の需要推計手法に関する研究
- 新物流システムに関する研究
- ガイドウェイバス・システムに関する研究

■交通安全研究室
- 事故データ分析システムに関する研究
- 特定事故（単独事故、右折関連事故等）の安全対策に関する研究
- 運転者の運転操作、視覚反応の分析による安全性の評価に関する研究
- 安全施設の設置基準に関する研究
- 交通の案内誘導に関する研究

■交通環境研究室
- 環境保全手法の評価に関する研究
- 道路交通騒音に関する試験調査
- 道路交通の地域環境に及ぼす影響に関する試験調査
- 大規模道路周辺の大気拡散等に関する試験調査
- 特殊部の騒音特性に関する試験調査

■舗装研究室
- アスファルト舗装の設計施工技術に関する研究
- セメントコンクリート舗装の設計施工技術に関する研究
- 舗装の維持管理技術に関する研究
- 新しい舗装材料・工法の開発に関する研究

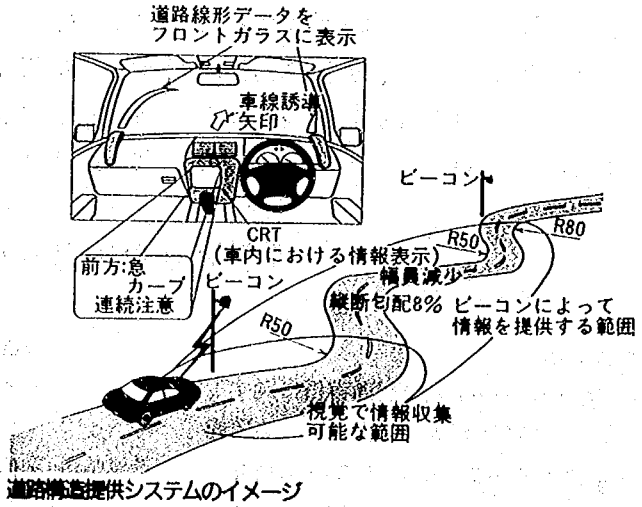
■トンネル研究室
- 地下空間の利用技術に関する研究
- 吹付けコンクリート・ロックボルト工法に関する研究
- シールド工法に関する研究
- トンネルの変状・漏水対策に関する研究
- 道路トンネルの換気・照明・防災に関する研究

■緑化研究室
- 緑化技術の開発に関する研究
- 公園緑地の整備計画規準に関する研究
- 道路緑化整備水準に関する研究
- 景観形成に関する研究
- 環境アセスメントに関する研究

3．主な研究の概要

3．1　次世代道路交通システム

道路交通の円滑化を図るために、ドライバーに迅速かつ的確な道路交通情報を提供する必要がある。このため、路側通信システムや路車間情報システムの開発を行ってきた。これらの技術を応用し、一層の交通安全と交通の効率化を図る次世代道路交通システムの開発を1989年度から行っている。主なものに、ガイドライトシステム、車間側方コントロールシステム、道路線形情報提供システムなどがある。



道路構造提供システムのイメージ

3．2　ガイドウェイバスシステム

都市部の交通混雑と環境問題等を解決するひとつの手段として新交通システムが開発されている。通常の新交通システムよりも経済的に導入できるガイドウェ

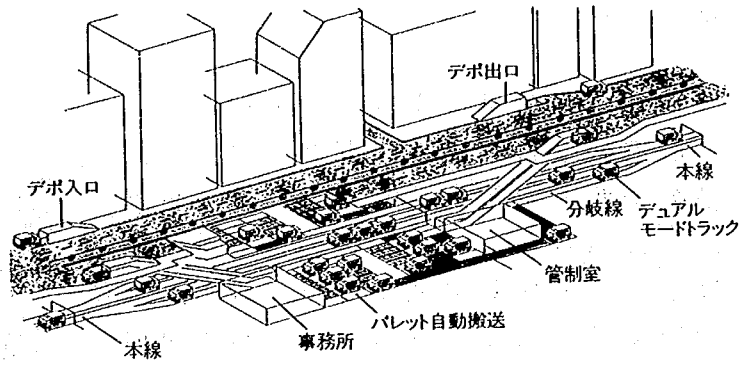
イバスシステムの研究開発を実施している。ガイドウェイバスは、一般道路と専用走行路の両方を走行できるデュアルモード型のバスである。



アジア太平洋博覧会会場におけるガイドウェイバス

3．3　新物流システム

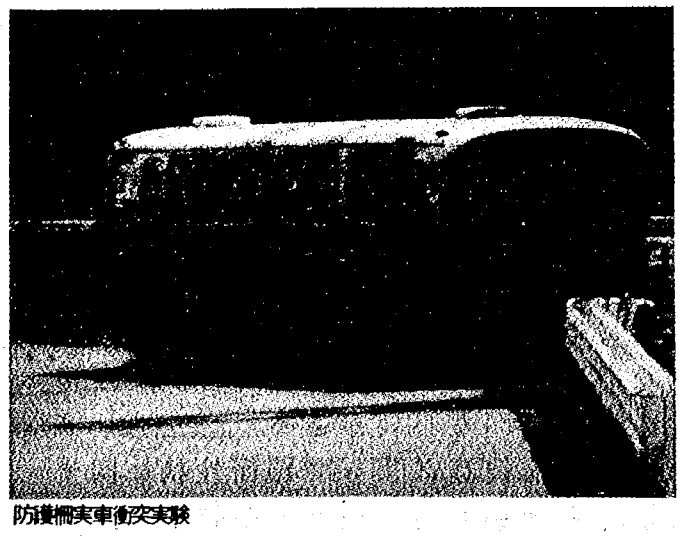
日本における物流は、道路、鉄道、船舶、航空などによって分担されている。道路の分担は年々高まっており、特に都市内の貨物輸送はそのほとんどが貨物自動車によって行われている。しかも、都市内の交通は、交通渋滞、騒音や大気汚染等の環境問題、労働力不足や運転手の高齢化などの問題を抱えている。都市内新物流システムは、都市内道路から貨物自動車を大幅に削減してこれらの交通問題を解決しようとするもので、高密度に配置されたデポ、荷役施設、自動運行の貨物車などによって、高度なサービスを行うものである。



3．4　道路交通安全

交通事故、交通調査および道路管理のデータを統合したデーベースを作成し、これを利用した分析システムを開発している。また、交通事故統計のみでは把握できない事故要因を分析するため、事故現場での詳細調査、実車走行実験による視覚反応調査などを行っている。

案内誘導に関しては、コンピュータによる標識表示地名のチェックシステ

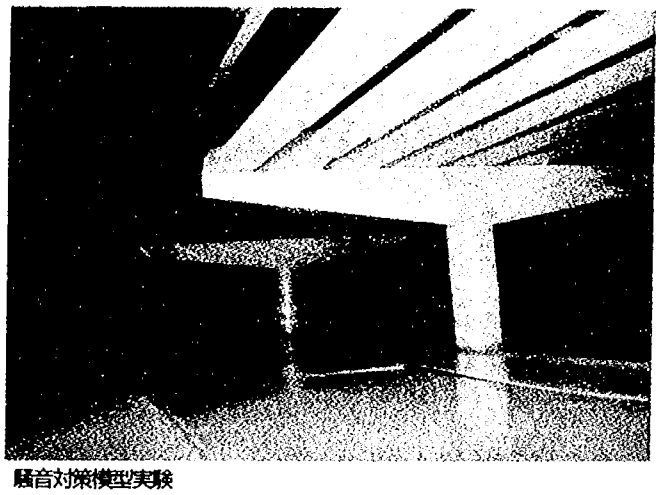


防護柵実車衝突実験

ムの開発、複雑な交差点やトンネル内での標識の表示方法の研究などを行っている。　安全施設の合理的な設計法に関しては、電算シミュレーションや実車衝突実験を行って、大型車が高速で衝突しても安全に誘導する防護柵の開発を行っている。

3．5　道路交通騒音の予測と対策

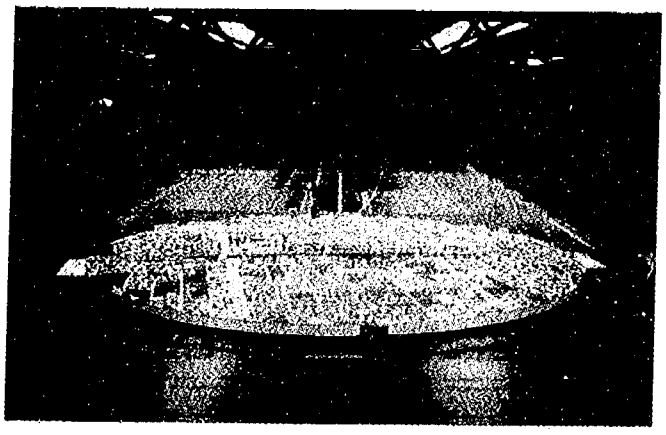
道路事業では、道路交通に起因する騒音の影響度合を適切に評価し、有効な対策を行うことが大切である。そのため、無響室での音響模型実験や現地実測により、種々の道路構造及び沿道条件での騒音伝播特性や遮音壁及び環境施設帯等の環境保全対策の効果に関する調査研究を行っている。また、対策施設に用いる吸音材料や遮音材料の音響特性を残響室で測定し、騒音対策に用いる材料の開発も行っている。



騒音対策模型実験

3．6　自動車排出ガスの拡散予測と対策

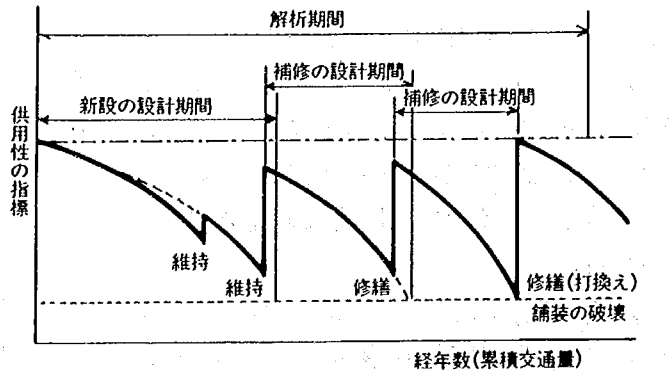
沿道での自動車排出ガスによる大気汚染の予測と対策を行うためには、自動車から排出される汚染物質の量やその拡散性状を把握する必要がある。排出ガスについては、台上試験によって自動車の走行状態に応じた特性を把握している。拡散については、道路構造、沿道地形等を影響によってその性状が異なるため、トレーサガスを用いて現地実測や拡散風洞での模型実験を行い、拡散特性を解析している。



3．7　舗装のマネージメントシステム

破損が進行して供用性が低下した舗装路面は、走行性が低下するばかりでなく燃費にも悪影響を及ぼす。このため、適切な時期に維持ないし修繕を行い、供用性の回復を図る必要がある。

定期的な調査によって路面性状に関する情報を把握し、データを蓄積して、これをもとに舗装のライフサイクルを考え

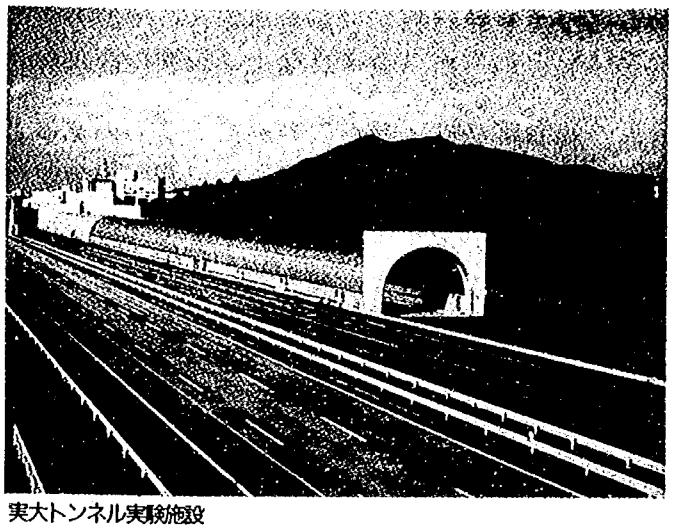


舗装のライフサイクル

た合理的かつ経済的な補修計画を策定する必要がある。このため、道路管理の専門家と同等の判断が行えるエキスパートシステムの開発を行っている。

3．8　道路トンネルの換気、照明、防災

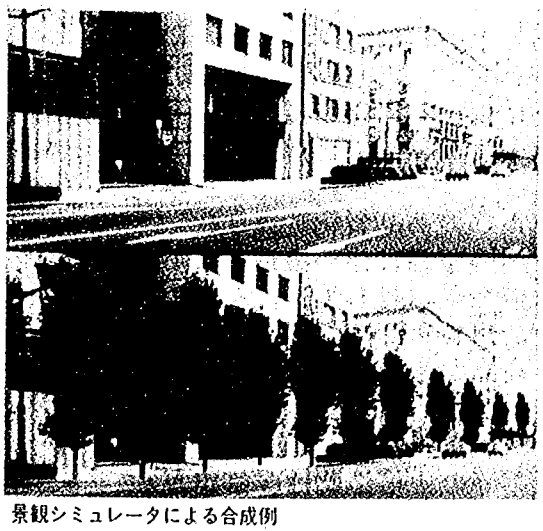
近年、大都市部において、長大道路トンネルの構想が具体化し、都市部の道路トンネルにおいてもより一層の安全、円滑化、高速化が要求されるようになっている。そのため、実大トンネル実験施設を用いた、高速交通に対応したトンネル内換気に関する実験、より効率的なカウンター・ビーム照明の適応性実験などを実施している。また、防災面では、都市部で多く建設されるようになった堀割構造の道路における火災時の煙の挙動を明らかにする実験やコンピュータ・シミュレーションの解析手法を研究している。



実大トンネル実験施設

3．9　景観形成の解析

良好な景観の形成や維持が重要となっており、道路、公園、緑地、橋梁、建物などを整備する際に景観の変化を考える必要がある。コンピュータグラフィックスを適用した景観シミュレータを用いて景観予測・評価手法を研究している。



景観シミュレータによる合成例

機械施工部

はじめに

我が国の建設事業は21世紀に向けて、一層の社会資本の整備とともに、豊かで安全、かつ快適な活力のある国づくりを行うことが重要視されており、これらの事業を合理的に、かつ効果的に遂行するにあたっては、ここで述べるような土工技術の高度化や新たな技術開発が今後ますます必要とされるであろう。

最近の建設工事は、我が国の経済の著しい発展と社会的な要請の変化に伴ない、これまでにない大型化や、多様化及び高度化した土木構造物の築造が求められる一方で、周辺環境や自然環境との調和が重要視されており、規模及び質の両面から、それらに対処するための高度の技術がますます要求されるようになってきている。また、建設工事における作業環境の改善や生産生の向上、安全性の確保などを目指した施工技術のいっそうの合理化、ならびに建設機械の自動化が求められている。

そこで、機械施工部では道路や河川、ダム、下水道などの各事業分野にわたる盛土、切土、擁壁、のり面保護工、落石対策工、埋設管、カルバート等の土構造物の高品質化や地盤の処理技術の高度化、既設構造物の安全性の確立とその補強対策に関する調査・研究を実施するとともに、建設機械の自動化・ロボット化及び低騒音・低振動化、機械設備の信頼性の向上、施工新技術の開発ならびに施工管理技術の合理化に関する研究に取り組んでいる。さらに、新材料・新工法の土工への活用や地盤の探査技術の向上、建設副産物の利用技術の開発などの研究も進めている。

これらの研究成果は、道路土工や河川構造物等の各指針、マニュアルに反映されると共に、新しい開発技術の普及ならびに現場への技術指導を通して、建設事業の推進に大いに貢献している。

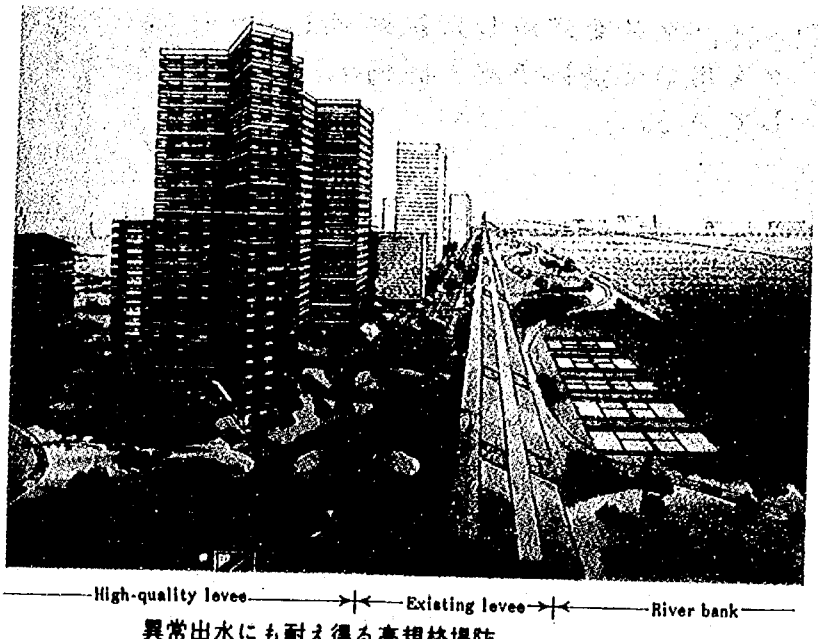


道路における切土の安定化をはかる各種ののり面保護工

Various forms of slope protection designed to enhance slope stability for roads

1）土構造物の高品質化、高度化

社会資本の整備に伴い築造される今後の土木構造物に対して、次々世代にわたって活用できる安全で、かつ耐久性のある高品質の構造物の築造が一層望まれる。特に、従来から道路盛土や河川堤防、切土のり面、土留め構造物、地盤処理工等の土構造物は、修復が容易であることから、初期の工事費を節減しておいて、維持補修によって順次、その機能を高めていくという考え方が強いが、将来のことを考えると維持補修をほとんど必要としない、メンテナンス・フリーのしっかりとした後世に残る土構造物の築造が期待される。そのためにも、新しい考え方や工法を積極的に導入して、豪雨や異常出水、地震などに対して安全性の高い土構造物をつくる、いわゆる土構造物の高度化技術の確立が一段と望まれる。

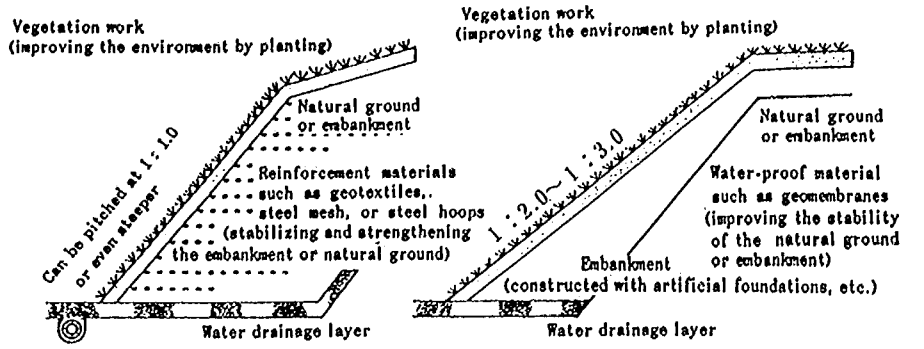


異常出水にも耐え得る高規格堤防

A high-quality levee which can withstand excessive flooding

2）環境との調査を図る新土工技術の開発

環境の保全が将来ますます重要な課題として取り上げられるなかで、自然環境や周辺環境との調和を考慮した構造物の築造、あるいは新しいより良い環境を創り出すような工事を押し進めることが大切である。建設工事では、地盤を掘削したり、切土あるいは盛土することが多いが、最近では新材料や新しい工法を利用して地盤を固めたり、土を補強する、あるいは保水性や止水性を高めたり、揚水した地下水を再び地中に戻すなどの技術が開発されている。



a) Strengthening and naturalizing earthwork structures by using reinforcement materials such as geotextiles

b) Earthwork reinforcement methods aiming to increase stability and improve the environment

各種の補強材を活用して環境との調和をはかる補強土工法

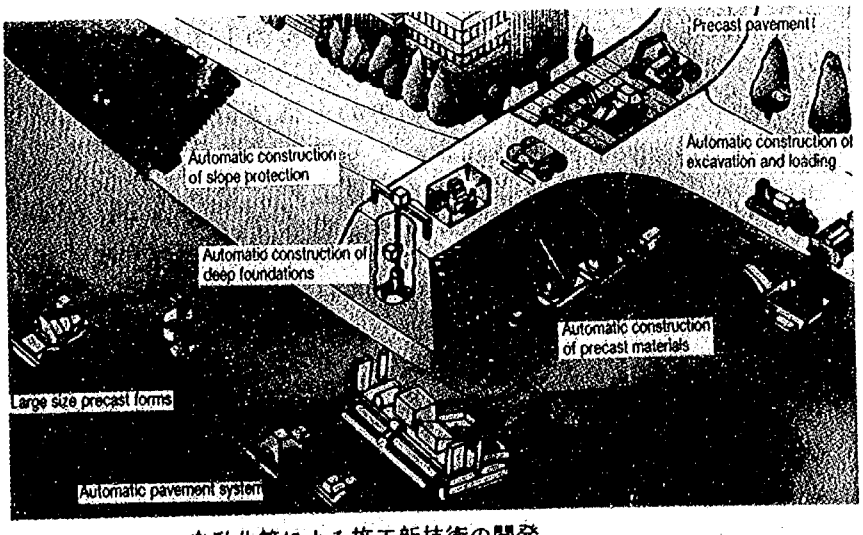
Earthwork reinforcement methods using various reinforcement materials with a view to harmony with the environment

これらの技術を一層発展させて、地盤を固化、または補強するなどして掘削、あるいは切土することを少なくする技術を促進させるとともに、他方では、補強材や固化材、遮水材等を活用して周辺環境との調和を図るような新しい形状や構造を有する土構造物の築造を目指すことも重要である。特に、補強土や各種の材料と被覆土との組み合せなどを活用すると、地形や地盤条件、生態系に応じた新たな形式の土構造物や人工の地盤を創り出すことも可能となることから、そのような土工技術の進展が一層望まれる。

さらに、建設時の騒音、振動、地下水、周辺地盤への変形や沈下などの周辺環境への影響等を軽減する施工技術の改善や、新たな施工法をつくり出すことも必要である。

3）施工新技術の開発

社会資本の整備に伴い、建設事業が増大する一方で、近年、複雑な地層構成の地盤や超軟弱地盤、あるいは都市内での狭隘な場所や建物等に近接した個所での土木構造物の築造など、条件の厳しい箇所での建設事業の遂行が多くなっている。また、最近の建設事業を取り巻く環境として、技能労働者の不足や高齢化が深刻化している一方で、建設事業における生産性の向上や作業環境の改善等も強く望まれている。さらに、建設事業の高品質化や工事の安全性に対して、より一層の配慮が求められている。従って、これらの建設事業を円滑に、かつ効果的に実施していくには、最近のエレクトロニクスやセンサー技術、AI等を活用した新しい施工技術や施工法の改善といった施工技術の合理化、ならびに建設機械の自動化、ロボット化などの技術開発を一段と行っていく必要がある。また、工事の安全と確実な施工を進めるうえで、迅速に、かつ適確な情報が得られる被破壊探査などによる地盤調査技術の高度化、及び地盤の挙動や施工管理情報を現場へフィードバックする情報化による施工技術の合理化を一層進めることも大切である。



自動化等による施工新技術の開発

Development of new construction technology via automation and other means

この他にも、既設構造物の安全性の評価技術の確率やその補強・強化対策などの技術開発も必要である。いずれにしても、新しい技術開発を通して、現場のニーズに対応した建設事業の推進に貢献するとともに、それらの技術開発が国際的にも大いに役立てられることを期待するものである。

引き続きまして、機械施工部の研究概要をご紹介いたします。機械施工部は、機械研究室、施工研究室、土質研究室、動土質研究室の４つの研究室から成っています。我々の研究部では、建設機械、施工環境、土工を中心とした設計施工技術の開発・改善を目指した研究を実施しています。

我が国の建設事業は21世紀に向けて、一層の社会資本の整備とともに、豊かで安全、かつ快適な活力のある国づくりを行うことが重要とされております。これらの事業を合理的に、また効果的に遂行するにあたりましては、これからお話しますような土工技術の高度化や新たな技術開発が今後ますます必要とされて参ります。

我が国の経済の著しい発展と社会的な要請の変化に伴ない、最近の建設工事では、これまでにない大型の、又は多様化、高度化した土木構造物の築造が求められております。周辺環境や自然環境との調和も重要視されておりまして、規模及び質の両面から、それらに対処するための高度の技術がますます要求されるようになってきています。また、建設工事における作業環境の改善や生産生の向上、安全性の確保などを目指した施工技術のいっそうの合理化、ならびに建設機械の自動化が求められています。

そこで、機械施工部では道路や河川、ダム、下水道などの各事業分野にわたる盛土、切土、擁壁、のり面保護工、落石対策工、埋設管、カルバート等の土構造物の高品質化や地盤の処理技術の高度化、既設構造物の安全性の確立とその補強対策に関する調査・研究を実施するとともに、建設機械の自動化・ロボット化及び低騒音・低振動化、機械設備の信頼性の向上、施工新技術の開発ならびに施工管理技術の合理化に関する研究に取り組んでいます。さらに、新材料・新工法の土工への活用や地盤の探査技術の向上、建設副産物の利用技術の開発などの研究も進めています。

次に、我々の研究部の主たる研究対象を３つ取上げて説明いたします。

第一は「土構造物の高品質化、高度化」のテーマです。
社会資本の整備に伴い築造される今後の土木構造物におきましては、何世代にもわたって活用できる安全で、かつ耐久性のある高品質の構造物の築造が一層望まれます。特に、従来から道路盛土や河川堤防、切土のり面、土留め構造物等の土構造物は、一般に修復が容易であることから、初期の工事費を節減しておいて、維持補修によって順次、その機能を高めていくという考え方が強かったわけでございます。しかし、将来のことを考えますと維持補修をほとんど必要としない、メンテナンス・フリーのしっかりとした土構造物の築造が期待されます。そのためにも、新しい考え方や工法を積極的に導入して、豪雨や異常出水、地震などに対して安全性の高い土構造物をつくる、いわゆる土構造物の高度化技術の確立が一段と望まれます。

第二は「環境との調和を図る新土工技術の開発」のテーマです。
環境の保全がこれからますます重要な課題として取り上げられますなかで、自然環境や周辺環境との調和を考慮した構造物の築造、あるいは新しいより良い環境を創り出すような工事を押し進めることが大切であります。建設工事では、地盤を掘削したり、切土あるいは盛土することが多いわけですが、最近では新材料や新しい工法を利用して地盤を固めたり、土を補強する、あるいは止水性を高めたり、揚水した地下水を再び地中に戻すなどの技術が開発されています。

これらの技術を一層発展させて、地盤を固め、または補強するなどして掘削、あるいは切土することを少なくする技術を促進させるとともに、他方では、補強材や固化材、遮水材等を活用して周辺環境との調和を図るような新しい形状や構造を有する土構造物の築造を目指すことも重要です。特に、補強土や各種の材料と被覆土との組み合せなどを活用すると、地形や地盤条件、生態系に応じた新たな形式の土構造物や人工の地盤を創り出すことも可能となりますことから、そのような土工技術の進展が一層望まれます。
さらに、建設時の騒音、振動、地下水、周辺地盤への変形や沈下などの周辺環境への影響等を軽減する施工技術の改善や、新たな施工法をつくり出すことも必要であります。

第三は「施工新技術の開発」のテーマです。

社会資本の整備に伴い、建設事業が増大する一方で、近年、複雑な地層構成の地盤や超軟弱地盤、あるいは都市内での狭隘な場所や建物等に近接した個所での土木構造物の築造など、条件の厳しい箇所での建設事業の遂行が多くなっています。また、最近の建設事業を取り巻く環境として、技能労働者の不足や高齢化が深刻化している一方で、建設事業における生産性の向上や作業環境の改善等も強く望まれています。さらに、建設事業の高品質化や工事の安全性に対して、より一層の配慮が求められています。従って、これらの建設事業を円滑に、かつ効果的に実施していくには、最近のエレクトロニクスやセンサー技術、AI（人工知能）等を活用した新しい施工技術や施工法の改善といった施工技術の合理化、ならびに建設機械の自動化、ロボット化などの技術開発を一段と行っていく必要があります。また、工事の安全と確実な施工を進めるうえで、迅速に、かつ適確な情報が得られる被破壊探査などによる地盤調査技術の高度化、及び地盤の挙動や施工管理情報を現場へフィードバックする情報化による施工技術の合理化を一層進めることも大切であります。

この他にも、既設構造物の安全性の評価技術の確率やその補強・強化対策などの技術開発も必要であります。

まとめて言いますと、以上に述べましたような新しい技術開発を通して、現場のニーズに対応した建設事業の推進に貢献することが機械施工部の課題でありまして、また、これらの技術開発が国際的にも大いに役立てられることを期待しています。以上で、機械施工部のご紹介を終ります。

構造橋梁部

構造橋梁部は，土木構造物の調査・設計・施工及び維持管理の分野にまたがる幅広い研究を実施している。道路橋をはじめ，河川構造物や海洋構造物などの安全かつ経済的な建設を目指して，1）構造物基礎の設計に用いる各種地盤定数の調査・設定法，2）山岳地域や大水深域に適した基礎形式の開発や設計法，3）作用荷重や構造強度のばらつきの影響を考慮した合理的な構造物設計法，4）強風に対する構造物の動力学的な安全性や制振対策，などの研究を進めている。また，本州四国連絡橋や東京湾横断道路など海狭横断道路の建設に関する総合的な研究を実施している。さらに，空間の有効利用として地下空間や海洋空間の利用技術の開発にも取り組んでいる。

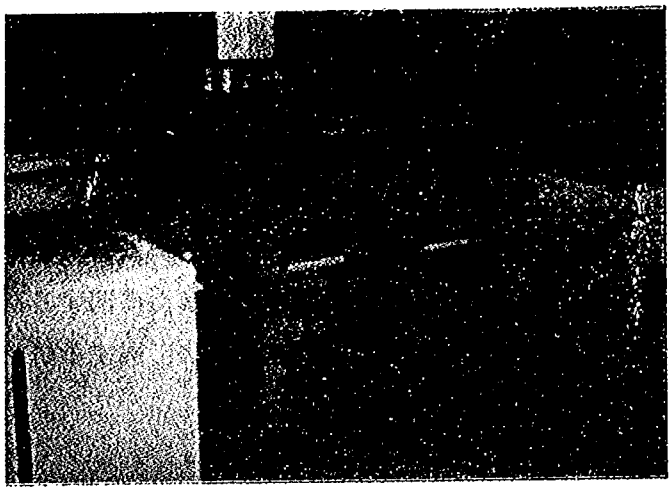
一方，道路橋のストックの増加に伴い，既設橋梁をより適切に維持管理していくことが重要となっており，合理的かつ効果的な維持管理を支援するシステムや補修補強方法の開発，耐久性のある橋梁の設計法に関する研究が進められている。さらに，近年技術開発の著しい新素材の構造物への利用や施工技術の自動化・合理化にも取り組んでいる。これらの研究成果は，道路橋示方書などの各種技術基準の作成，技術指導などに反映され，建設省所管事業の推進に貢献している。

1. 基礎研究室

【主要な研究課題】

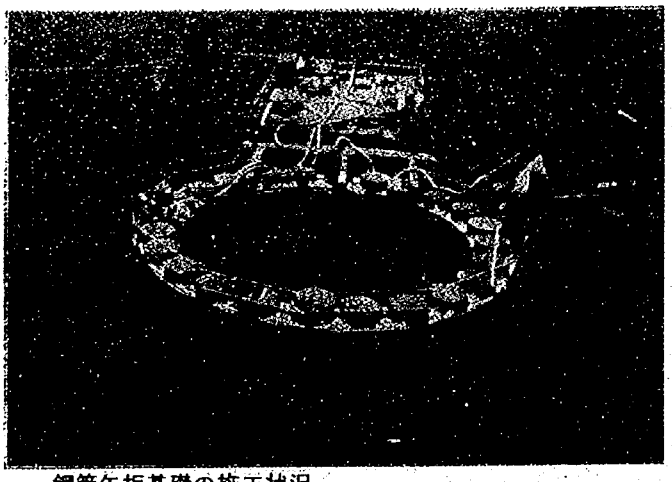
1）剛体基礎の設計法に関する研究
2）杭基礎の安定計算法に関する研究
3）新しい基礎形式の開発（多柱式基礎、鋼管矢板基礎、 地中連続壁基礎）
4）躯体の設計法に関する研究
5）海洋、地下空間の利用技術の開発

【主要な研究施設】

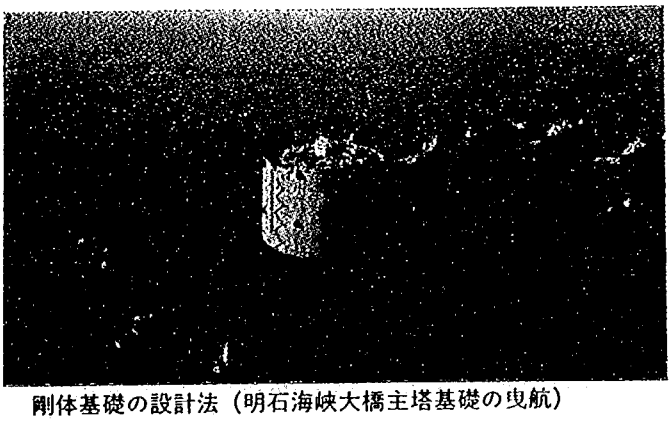


大型実験土槽

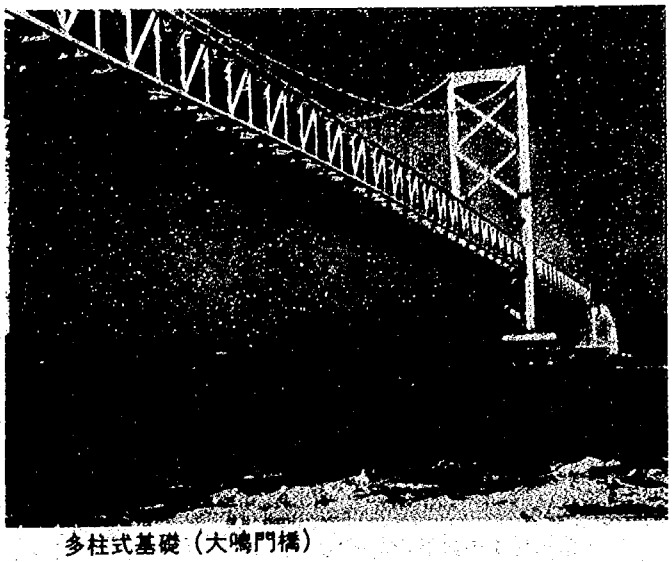
【主要な研究成果】



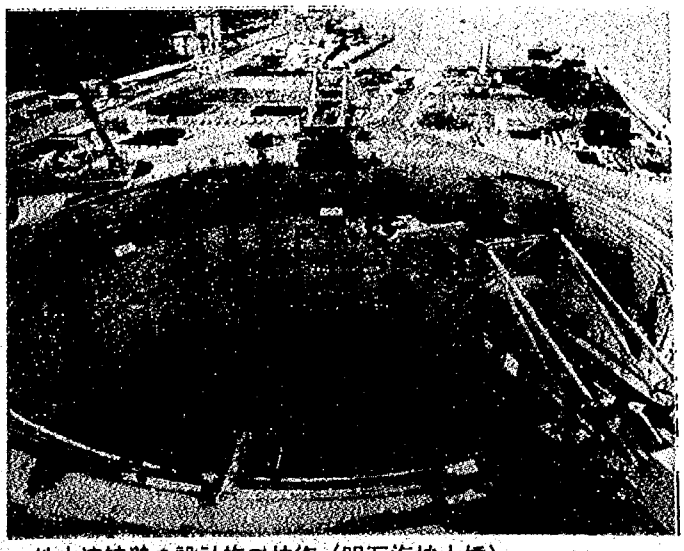
鋼管矢板基礎の施工状況



剛体基礎の設計法（明石海峡大橋主塔基礎の曳航）



多柱式基礎（大鳴門橋）



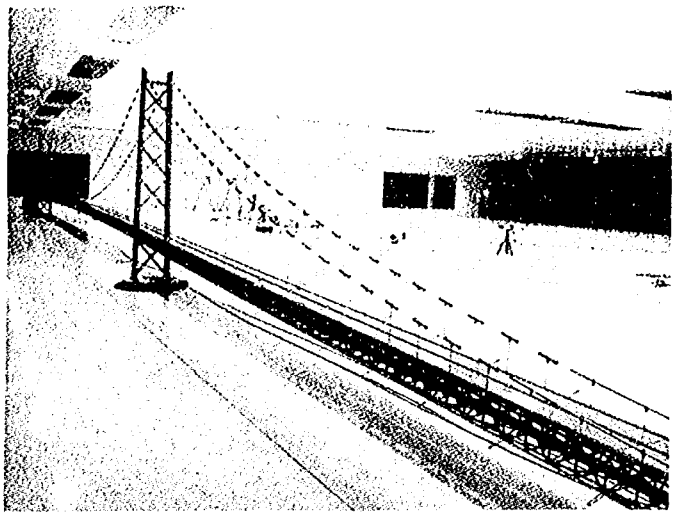
地中連続壁の設計施工技術（明石海峡大橋）

2. 構造研究室

【主要な研究課題】

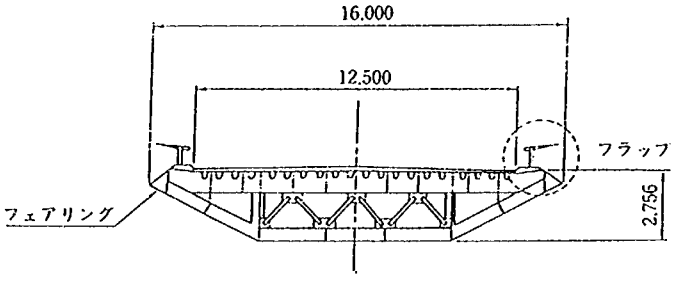
1）長大橋梁の耐風安定性に関する研究
2）交通振動の特性に関する研究
3）橋梁形式選定エキスパートシステムの開発
4）橋梁上部構造の設計強度の信頼性に関する研究
5）橋梁以外の土木構造物の設計法に関する研究

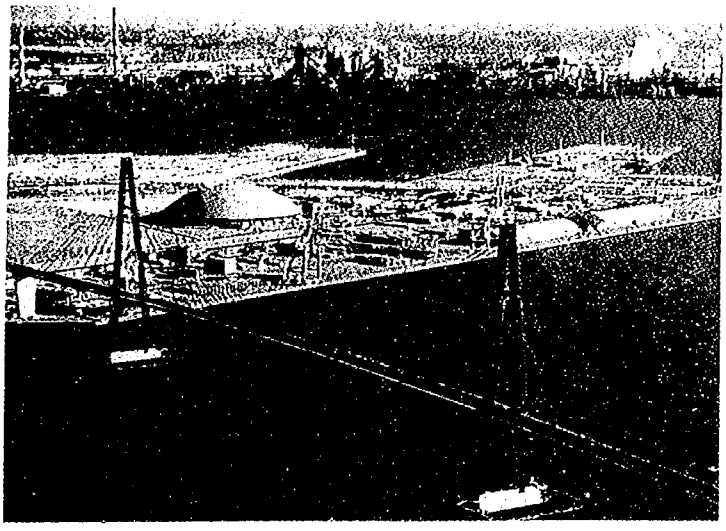
【主要な研究施設】



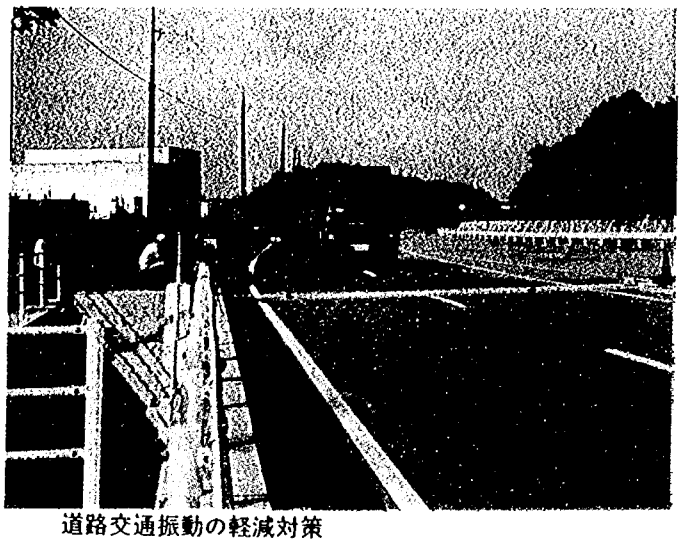
大型風洞施設

【主要な研究成果】

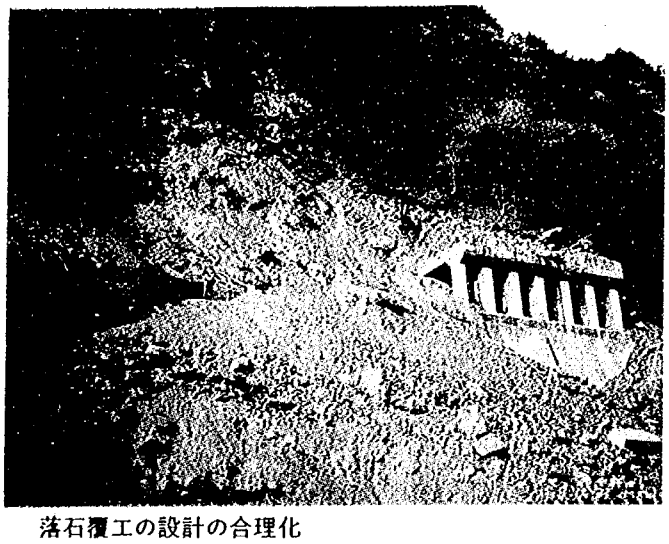




耐風安定化対策の例（名港西大橋）



道路交通振動の軽減対策



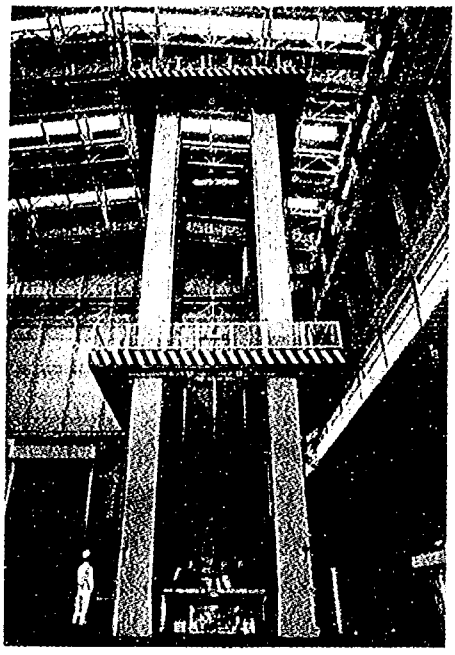
落石覆工の設計の合理化

3. 橋梁研究室

【主要な研究課題】

1）橋梁の設計法に関する調査研究
2）道路橋の設計活荷重に関する研究
3）橋梁部材の耐荷力、耐久性に関する研究
4）新素材、新材料の橋梁への適用に関する研究
5）既設橋の補修・補強法に関する研究
6）既設橋の安全性照査法に関する研究

【主要な研究施設】

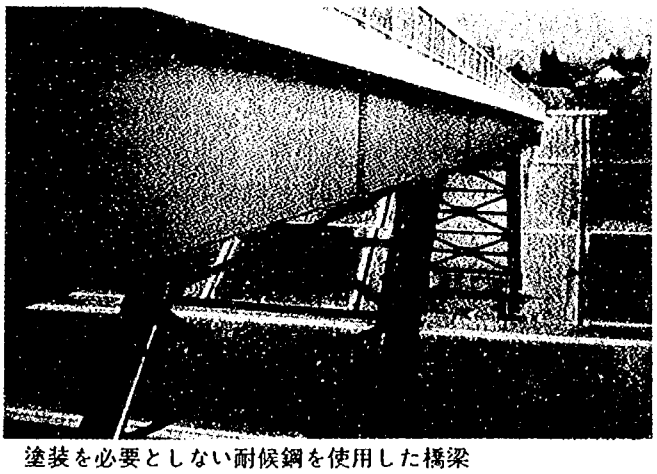


30 MN 大型構造部材万能試験機

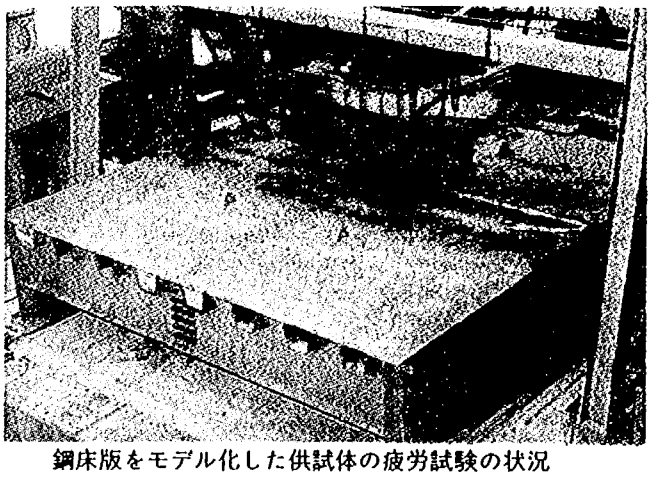
【主要な研究成果】



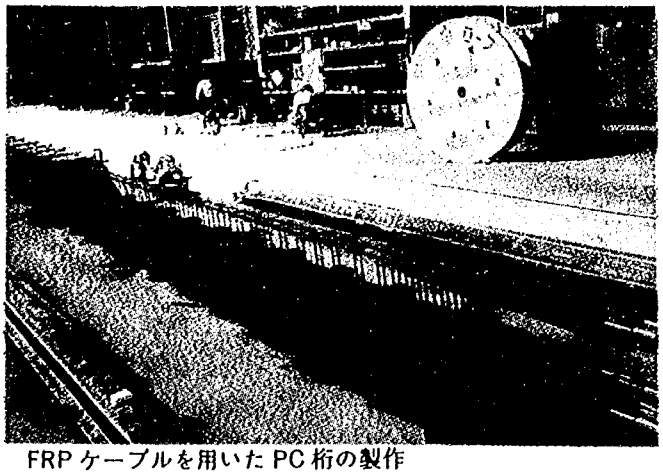
塩害によって損傷を受けたコンクリート橋の補修・補強



塗装を必要としない耐候鋼を使用した橋梁



鋼床版をモデル化した供試体の疲労試験の状況



FRP ケーブルを用いた PC 桁の製作

地震防災部

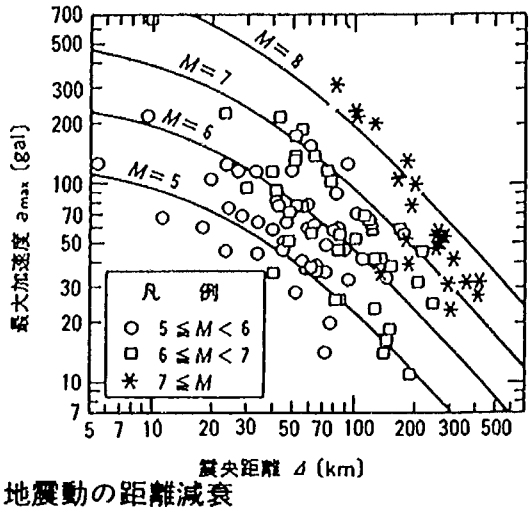
はじめに

わが国のおかれた自然環境は、公共土木施設の建設・維持に当って地震の影響を忘れることができないものとしている。地震災害の軽減のためには、地震時の地盤や構造物の挙動、地盤や構造物の動的な耐力、地震の影響を考慮した設計法、さらには震後の被害構造物の残存耐力の評価やその復旧法、地震被害の波及構造などを明らかにし、適切な措置を講じていくことが必要である。

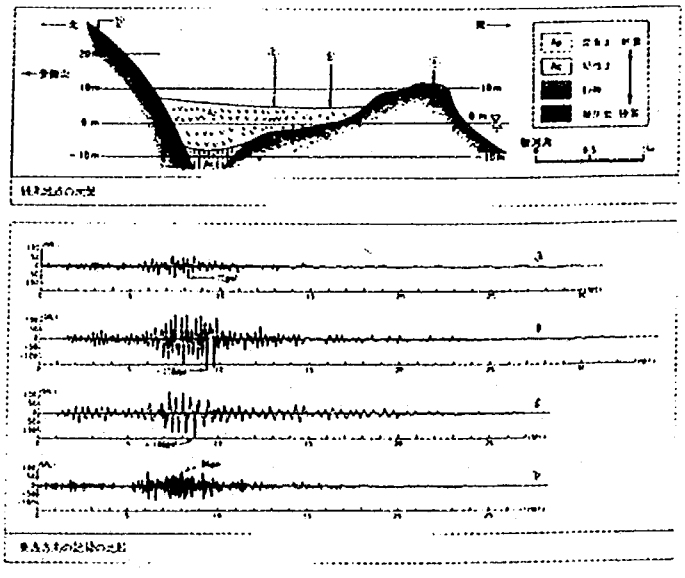
地震防災部は、1976年に設置された比較的新しい研究部である。部内には振動研究室、耐震研究室の２研究室があり、上述の耐震技術の開発に必要な事項に関する研究を実施してきている傍ら、被害地震のたびに現地調査を実施して被害原因や機構の解明に努めるほか被害構造物の復旧方法についての技術的助言を行ってきている。

これまでに、新耐震設計法の開発、震災土木構造物の復旧マニュアルの開発、災害情報システムの開発などの建設省総合技術開発プロジェクトによる研究、本四架橋・東京湾横断道路等の大規模プロジェクトのための調査試験、道路橋の耐震技術の改良、既設構造物の耐震点検手法ならびに補強法、共同溝、キャブシステム等の新しい構造系の耐震性の確保、道路橋の免震技術の開発等の研究活動を行い技術指針やマニュアルの開発などに貢献してきた。

地震防災部の管理する主要な研究施設は、地方建設局等と共同で管理する多数の工学用地震計、地盤条件・地形条件による地震動の影響を観測するための高密度強震観測施設、大型振動台、部材耐震実験施設、大型起振機などである。



地震動の距離減衰

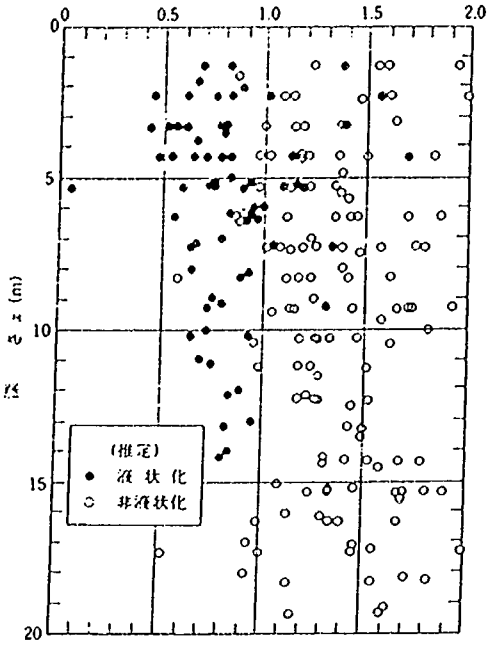

高密度強震観測

1）強震観測と工学的地震動特性に関する研究

地震防災部では、建設省が掌握する全国の道路、河川、ダム等の公共施設のうち約350カ所の施設に強震計を設置して強震観測を実施している。得られた地震記録をもとに、地盤や構造物の応答特性を調べ、公共土木施設の設計のための合理的な入力地震動を定めるための研究を実施している。また、局所的な地形、地盤の違いによる地震動の変化の違いを調べるために、研究所構内及び静岡県の駿河湾岸の４地区において、狭い地域に多数の強震計を配置して高密度強震観測を実施している。

2）地盤震害危険度の予測と利用に関する研究

大規模な地震では被害が広い範囲にわたって同時多発的に発生するため、この様な混乱した状況のもとで被害状況を的確に把握するためには多くの労力と時間を必要とし、円滑な震災復旧の障害となっている。そこで、災害発生後の円滑な調査、復旧活動を支援することを目的として、最近の情報処理技術を活用しコンピュータを用いた、地震動強さや液状化発生の可能性等の即時予測・表示システムの開発を進めてる。



$F_L = R/L$

F_L：液状化に対する抵抗率
R：動的せん断強度比
L：地震時せん断応力比

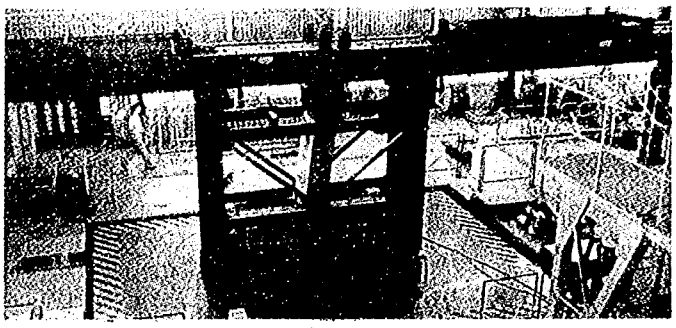
液状化判定法（F_L法）



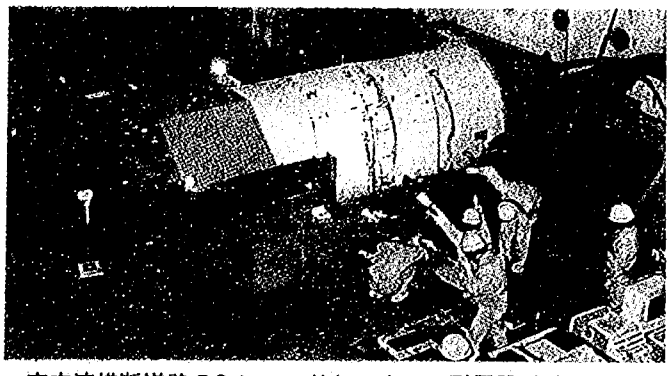
地震情報のビジュアル化システム

3）土木構造物の耐震設計法の開発に関する研究

都市内への人口・資産の集中が進む中で、公共土木施設が確保すべき地震時安全性がクローズアップされている。このため、土木構造物の合理的な耐震設計法を開発することを目的として、橋梁、都市トンネル等の振動特性を電子計算機を用いた数値シミュレーションや動的載荷実験により検討している。また、既存の各種構造物を適切に保全し、長期にわたる有効利用を図るために、補強技術についても研究を行っている。さらに、免震技術等の新技術の研究にも取り組んでいる。



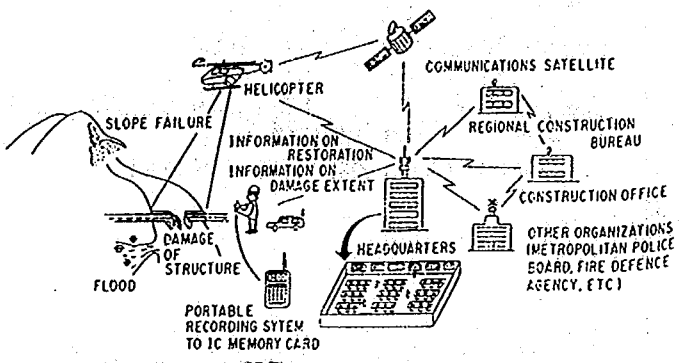
鉄筋コンクリート橋脚の耐震設計法の開発



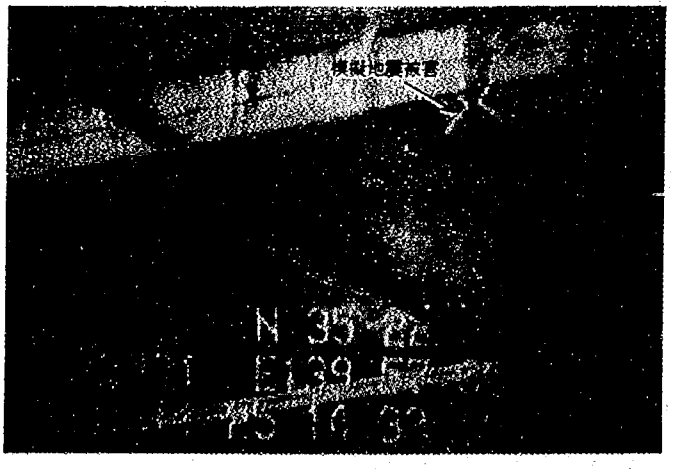
東京湾横断道路RCシールドトンネルの耐震設計法の開発

4）各種構造物の地震被害予測及び震後対策に関する研究

都市域における輻輳化した道路網の地震時安全性を向上させるためには、個々の構造物とともに道路網全体としての耐震化対策を適切に行うことが必要とされる。このため、道路網全体としての地域被害の予測手法及び間接被害の波及を含めた影響の予測手法の研究を行っている。また、地震が発生した際に、震後対応を迅速かつ適切に行うために必要とされる、被災・復旧情報の収集、伝達、分析システムに関する研究を行っている。



震災情報システムの開発



模擬地震被害

あとがき

地震防災部では、24年間継続して協力活動を行ってきたＵＪＮＲの交流を始め、米国とのライフライン施設の耐震性に関する共同研究、免震と制震の両技術を活用するハイブリッドコントロールによる日米共同研究による研究交流を実施している。また、国際会議、国際ワークショップの他、ニュージーランド、カナダ、米国などからの海外技術者の地震防災部での滞在実績が示すように国際交流が増えてきていることも特徴の一つである。

積算技術研究センター

1．はじめに

近年、国際化、高齢化、価値観の多様化等、わが国の公共土木工事を取り巻く社会・経済状況が大きく変化してきている。その中で、建設事業を、良好に、かつ円滑に実施するためには、調査・計画・設計・積算・契約・施工管理・維持管理といった一連のプロセスの有機的な連携を図り、一貫したシステムとして合理化の観点から改善を図って行くことが重要な課題である。

今後、２１世紀に向けて、豊かで住みよい、そして活力にあふれた国土づくり、地域づくり、街づくりを推進するために、社会資本整備に一層努力する必要があるが、建設マネージメントの合理化についても円滑に推進し、新たな展開を図っていく必要がある。具体的には、労務・資材単価の急激な変動、市街地内工事を中心とした施工環境の変化、下請けの高次化やリース方式による建設機械調達の拡大、および新技術・新工法の開発などによる施工形態の変化等建設事業をとりまく社会経済状況が大きく変貌する中で、それらの変化に機動的に対応し、的確に反映できるようなものにすることが必要不可欠である。

また、公共事業については、施工中の安全性確保や、労働力不足に対応する、施工の合理化・省力化等の今後改善を図るべきテーマを有している。これには、建設業界に対して技術開発のインセンティブを与え、施工合理化や品質管理の面も含めた業界の技術水準の向上を促し、新技術・新工法の採用の一層の促進を図るために、コスト／メリットの評価手法の確立等を図っていく必要がある。

平成３年４月に新たに設置された積算技術研究センターでは、こうした観点から、公共土木工事積算体系の抜本的な見直しをはじめ、建設マネージメント技術の向上を目ざした総合的な調査研究を実施している。また、土木研究所の共用電子計算機システムの整備や管理運営にかかる業務も担当している。

2．積算技術に係る調査研究

「積算技術」は、計画、調査、設計、積算、契約、施工管理といった建設事業全般にまたがる広範な内容を含む技術領域であり、一連のプロセスと有機的にリンクしたものでなければならない。積算技術研究センターでは、これら一連のプロセスを円滑に、そして合理的に行う上での問題点の把握とその解決策検討という視点から必要な調査研究を行うこととしているが、当面次のような３つのテーマを重点的に取り扱っている。

（１）積算体系の改善方策に関する研究

わが国の建設省を初めとする公共発注機関では、公共土木工事の実施に際しては、発注者側の積算によって算出した予定価格を基準とした競争入札によることが原則となっている。このため、適正な積算による予定価格の設定が重要な課題となっている。そこで、労務・資材単価の変動等社会経済状況の変化への機動的な対応，および今後予想される公共事業量の増大に対応するため業務の効率化といった観点から、既存の積算体系の問題点を抽出し、改善方策の検討を行っている。具体的な検討課題としては、以下のものがある。

- 既存の積算体系の問題点の整理
- 施工実態に整合させるための積算改善方策の検討
- 施工実態の変化に随時反応できる機動的な積算方式の検討
- 積算体系の再構築に関する研究
- 積算業務の省力化手法に関する研究

（２）建設マネージメント技術に関する国内外の技法・制度の比較分析

計画、設計、積算、施工管理といった建設事業の一連のプロセスにかかる建設マネージメント技術について、国内外の技法および制度の比較・分析を通じて、わが国の関連諸制度の改善に資するような情報を抽出することを目的とした以下の研究調査を行っている。

- わが国の積算体系史
- 海外諸国における積算関連諸制度とわが国の当該制度の比較分析

（３）新技術・新工法等の設計・積算・施工管理技術に関する研究

土木分野における新技術・新工法について、設計・積算・施工管理手法を整備し、現場への迅速な適用を図ることを目的として、積算基準および技術指針・基準の作成を行う。その第一歩として、特定技術活用パイロット事業の制度を活用し、土木研究所の関係研究部とともに対象技術にかかる積算基準の作成や施工性の評価等に際しての技術面における支援指導を行っている。

３．標準設計の制定及び自動設計プログラムの開発

土木構造物の設計、積算、施工、契約等における業務の簡素化及び構造物の精度の向上を図ることを目的として、標準設計の制定と自動設計プログラムの開発を行っている。

標準設計は、設計・施工頻度の高い工種を対象に標準的な設計条件に基づく構造物の設計情報を図面集の形で提供するもので、現場の設計条件が定まれば、それに対応した構造

物の形状寸法、配筋、材料等が直ちに検索利用できる。現在までに、カルバート・擁壁等の土工構造物及び橋台・橋脚・ポステンTげた橋・プレートガーター橋等の橋梁上下部工を作成しており、建設省はじめ各地方公共団体等において広く活用されている。

自動設計は、標準設計にもり込まれた設計条件と異なる条件の場合もしくは、設計条件が複雑なため標準設計として集録するのが困難な場合と対象に、設計計算から図面・材料作成までを自動的に行うコンピュータプログラムを提供するものである。

4．建設行政を支援する情報通信システムの開発

建設行政の高度化、効率化、サービスの向上を推進するため、所管行政の様々な分野に高度情報通信システムの導入を図っている。マルチメディアデータベースによる河川構造物の管理や、無線通信とコンピュータを総合的に組み合わせた災害情報システムの開発はその一例であり、他に、道路の状況情報を収集処理する道路交通情報システムや河川の流域に関する情報を収集・検索する河川流域情報システムなど建設行政に係る広範な情報通信システムの高度化への調査・研究を実施している。

5．地域計画に係る調査研究

建設事業によって形成される社会資本は、地域の活動や生活に大きな影響をもたらす。また、我が国が直面している東京一極集中や農山村地域の過疎化等の問題を解決するために適切に社会資本を整備していく必要がある。

そのため、道路整備が人口の分布や産業の立地に与える影響を予測する手法や、建設事業の効率的な実施のために開発利益を還元する手法をはじめ、実効性の高い地域計画の立案を支援するための調査・研究を実施している。

新潟試験所

わが国は、気候、地形及び地質的な条件から、毎年のように地すべりや土石流等の土砂災害が発生している。また、地理的な条件から、冬期には特に日本海側の地域において大量の降雪に見舞われ、雪崩等の雪による災害が発生し易い。このような災害は地域社会に莫大な社会経済的損失を与えるとともに、絶えず民生の不安をもたらしている。そのためこれらの自然災害の防除に対する社会的要請は非常に強く、緊急かつ重要な課題となっている。

このような要請から、1960年、地すべりの多発地帯でかつ豪雪地帯でもある新潟県新井市に土木研究所新潟試験所が設置された。それ以降、土木研究所新潟試験所ではこれらの自然災害の発生機構を解明し、より合理的な災害防除及び軽減対策の確立をめざした調査・研究を実施している。。1979年には土木研究所が筑波研究学園都市へ移転統合されたが、幾つかの試験地における継続的な調査・観測に立脚した研究を行っている新潟試験所は、その特殊性から唯一の試験所として存続された。

現在13名の職員を擁する土木研究所新潟試験所の研究課題は大きく二つに分けられる。ひとつは、地すべりに関する課題で、もう一方は雪に関する課題である。これらの概要は以下のとおりである。

土木研究所新潟試験所の位置する地域は、地質的にみると新第三紀層が広く分布しているため、日本でも有数の地すべり多発地帯である。そこで、この地帯に分布する地すべりについて、危険個所の分布状況、すべり面の形成状況、すべり面粘土の土質工学的な特性等の解明に努めている。また、猿供養寺地すべり等の試験地を初めとした地すべり地において調査・観測を実施し、融雪に起因する地すべりの発生機構・移動特性等に関する検討を行っている。そして、融雪が地すべりの安定度に及ぼす影響、試験地の平面的・垂直的移動状況、間隙水圧と地すべりの移動との関係等が明らかにされている。さらに、地すべりの対策工に関する課題にも取り組んでおり、鋼管杭工の設計法を提案したり、集水ボーリングの合理的な設計手法に関する検討等も実施している。

一方、雪に関する課題の中では、まず雪崩が挙げられる。この課題においては、冬期間の現地観測や低温実験室内での模型実験等を通して、雪崩の発生機構の研究、防止工法に関する研究が進められている。そして、積雪層の物性や脆弱化の特性、雪崩発生と気象条件との関係、対策工の設計手法等についての種々の成果が得られている。また、雪崩の発生予測手法や、雪崩危険箇所のゾーニングのための運動シミュレーション手法も開発されている。次に、冬期間の円滑な道路交通確保のための研究が挙げられる。これまでに低温実験室内の大型滑り試験装置や道路雪害観測車を用い、凍結・圧雪路面と自動車のタイヤの間の摩擦特性が解明されている。また、現地観測結果等から吹雪の発生条件を明らかにしたり、雪の吹き溜まり形状の三次元シミュレーション手法等を開発している。

以上述べてきたように、土木研究所新潟試験所の主たる特色は、近隣に試験地を有しており、そこから採取された生きた観測結果に基づいて地域に根ざした研究を行っている点にある。国内に留まらず国際的にも、今後さらに土木研究所新潟試験所の研究成果や立地的な特性を活用する機会を見い出していくことが我々の使命であるものと考えられる。

（D）議　事　録

Ⅰ．開会式挨拶

開会式挨拶

建設省土木研究所長　住吉　幸彦

はるばる遠方からお越し下さったアジア各国の皆様をはじめとする多くの方々のご出席を得まして、第１回アジア地域土木研究所長等会議が私どもの土木研究所で開催されますことは、私の大きな喜びとするところであります。

土木研究所は、昨年設立７０周年を迎えましたが、この間、わが国の公共事業の約７割を担当している建設省の研究所として、国内のインフラ整備を進めるにあたり、土木技術の研究開発面から大きな貢献をして参りました。

土木研究所は国際研究交流の一環として、１０にのぼる定期的な国際会議を主催しています。アジア諸国との間でも、インフラ整備における各分野の技術協力に当研究所の職員が携わったり、アジア諸国の研究者の受入れや調査団の訪問等の交流を行ってきました。

今回はアジアで初めての試みとして、土木技術の研究・開発と監理を担当するアジア各国の責任者が一堂に会し、各国の経済・社会発展の基盤としてのインフラ整備の必要性及びこれを支える土木技術の重要性について話し合うためアジア地域土木研究所長等会議の定期開催を企画した次第であります。

この会議の主旨は、アジア諸国の自然条件や経済・社会条件にあった土木技術を生み出すこと、そして各国の自然資源、人的資源の活用を図るため、土木技術の研究開発の面から交流を進めることにあります。そしてこの会議がいずれは、技術交流を通じてアジア地域を強く結びつけるネットワークとして機能することを期待しております。

本日から５日間に亘る講演、参加国によるカントリー報告、特定課題や分野別課題についての討論等を通じまして、今後の土木技術の研究開発に関するアジア地域諸国間の協力が活発化する事を期待しております。

今回の会議は初めての試みでもありますので、アジア各国の代表を初め、会議出席の皆様方のご協力により立派な国際会議に育てて参りたいと考えております。

最後に、今回の会議開催にあたりご協力を賜った関係の皆様にお礼申し上げて私の挨拶といたします。

建設省技監　　近　藤　　徹

（代読：建設省大臣官房技術審議官 小野 和日児）

わが国と政治・経済・文化等あらゆる面で歴史的にも深い関係を持っています中国、インドネシア、韓国、マレーシア、フィリピン、シンガポール、タイの７ヵ国より、土木技術の研究開発分野における責任ある地位におられる方々８名を、ここ土木研究所にお迎えして、第１回目のアジア地域土木研究所長等会議が開催されますことにお喜びを申し上げますとともに、ご挨拶を述べる機会を得ましたことは私の名誉とするところであります。

皆様ご承知のとおり、社会基盤施設は国民に繁栄と豊かさをもたらす経済・社会活動を支える最も重要な根幹施設であります。この社会基盤施設整備に重要な役割を果たす土木技術の研究開発面を支えているのが土木研究所であり、土木研究所はその７０年の歴史の中でわが国の土木技術の発展の中心として重要な役割を演じて参りました。

社会開発、防災、環境などグローバルな視点で取り組むべき課題が多くなっており、各国の自然条件や経済・社会条件に即した土木技術の発展が必要であり、各国の関係者が相互に持つ力を補完し合うための交流、協力の必要性は高まるばかりであります。

社会基盤施設整備に不可欠な土木分野の責任のあるアジア各国の担当の方がこのように一堂に会し、

現在抱えている課題等を報告、そして討論するなどその経験を活かし合い、それぞれの国の社会基盤整備に役立て合うことは、アジア地域の繁栄に大きく貢献するものと思います。

アジア諸国間の協力が特に重要とされるこの時期、土木技術の研究開発分野ではアジア地域で初めての試みとして、この会議が開催されますことは真に時宜を得たものであり、我国にとっても極めて意義のあることであります。

今、日本は一番寒い季節であります。特に暖かい国々からお越しの方々は風邪などをめされぬよう充分に御注意され、会議、視察旅行等で親睦を深められ本会議が一層有意義なものとなりますことを祈念して、私の挨拶と致します。

国際協力事業団つくばｲﾝﾀｰﾅｼｮﾅﾙｾﾝﾀｰ所長　飯村　圭司

本会議のこの場におきまして、御挨拶する場を得ましたことに心より敬意申し上げます。まず、海外からの参加者に心から歓迎の意を表します。

みなさん、ご存知のとおり国際協力事業団は１９７４年に設立され、二国間政府協力、政府資金協力などを行ってきております。今回の「第１回アジア地域土木研究所長等会議」もこの一環事業として、開催に至ったものであります。ここでは各国の公共事業の問題点や効果などについて、情報交換および討議が深く行われるものと期待されます。

みなさんの滞在はわずか２週間であり、不慣れな気候に戸惑いもあるものと思われます。特に、たいへん寒い時期でありますので、風邪などひかぬよう健康にはくれぐれも気をつけて頂きたいと思います。

本会議の成功と参加するみなさんが大きな成果を上げられることを期待しています。

中国科学院水利部能源部水利水電科学研究院長
陳 炳新　Chen Bing Xin

日本政府によって開催された「第１回アジア地域土木研究所長等会議」に出席でき、喜ばしく思います。公共事業はどの国にとっても経済や社会基盤となるもので、重要かつ中心的であると思います。

アジアの多くの地域では、社会基盤の整備に多くの投資をした結果、経済発展も速くなっています。多くの公共施設の建設にともない豊かな経験が蓄積され、多くの技術課題が解決されています。日本には特にこれらの蓄積が多いと思われます。

今回は８ヵ国の間で活動の現状と経験が情報交換されますが、これはアジア各国の発展につながると思います。

今回の会議のために御尽力頂いた日本政府、建設省、土木研究所、国際協力事業団に心より感謝致します。良い情報交換の機会を得ることができたと思っています。また将来にわたっても多くの国々の間で土木技術に関する情報交換が進められることを期待します。

最後に会議の大成功を期待します。

II. 議　事　録

1．基調講演

2．カントリー報告

3．特定課題討論

4．分野別課題討論

１．基調講演

（１）「アジア地域諸国の経済社会開発のための社会基盤整備の方向」

東京大学工学部土木工学科教授　　西野　文雄
埼玉大学大学院政策科学研究科教授

論文に沿って以下の内容に関する発表が行われた。

１．経済協力開発機構（ＯＥＣＤ）主催の１９９０年代の社会基盤整備に関する会議；会議の主題、主な話題、及び結論について

２．社会基盤整備に対する日本の政策；歴史、現況、及び今後の整備において可能な政策について

３．日本の経験から学び、分かちあうべき教訓；成功例、失敗例及び政策と基本計画の重要性について

質疑応答は行われなかった。

（２）「近代日本における土木工学の進歩と経済・社会の発展への貢献
－ 土木研究所７０年の活動と今後の展望 －」

建設省土木研究所長　住吉　幸彦

論文に沿って以下の内容に関する発表が行われた。

１．経済発展とインフラ整備
- 日本経済の発展とインフラ整備
- 経済発展に対するインフラ整備の役割

２．日本における土木技術の発展
- 土木技術の発展
- 土木教育の推移
- 土木事業に関わる法制の整備
- 土木技術発展の要因分析

３．土木研究所の７０年
- 土木研究所の歴史
- 土木研究所がわが国の土木技術に果たした役割

４．今後の経済社会の動向と土木研究所の展望
- 今後の経済社会の動向
- 研究の基本理念
- 取り組むべき研究開発の主要分野
- 組織的な研究の推進

質疑応答は行われなかった。

（3）「技術協力における研究・技術開発の役割」

（財）全国建設研修センター副理事長　玉光　弘明

論文に沿って以下の内容に関する発表が行われた。

1．技術協力の意義について
- 国際協力における技術協力の位置づけ
  ＯＤＡの現状と課題
- 国際協力の理念と技術協力の関係
  政府開発援助における基本理念の内容

2．日本の技術協力の沿革
  技術協力に関する制度と機関の整備の歴史

3．技術協力の内容と課題
  プロジェクトタイプの技術協力の概要
  開発調査事業の概要

4．研究・技術開発とその推進
  自助努力を促すための研修・訓練および技術開発研究のあり方

5．環境問題への配慮と防災対策
  環境問題、防災対策に関する技術協力の基本的な考え方

6．研究・技術開発の事例

＜研究例＞
- ラテライト系土質地域の道路建設技術開発（タイとの共同研究）
- 海外・洪水等予警報技術開発（ｲﾝﾄﾞﾈｼｱ、ﾌｨﾘﾋﾟﾝ、ﾏﾚｰｼｱとの共同研究）

＜海外技術協力センターの例＞
- タイ国道路建設・訓練センター
- インドネシア国火山砂防技術センター

質疑応答は行われなかった。

２．カントリー報告

各国のカントリーレポートは２月16日９時～17時、２月17日９時～12時の１日半にわたり、日本、中国、インドネシア、韓国、マレーシア、フィリピン、シンガポール、タイの順に、各国の概要、公共事業の現状、研究所の概要、災害防災への取り組み、環境問題などについて発表がなされ、順次、質疑応答がなされた。

報告は以下に要約される。

1) 各国の発展に資する道路、河川、ダム、砂防、下水道など社会基盤整備の必要性及びこれを押し進めるための土木技術研究・開発の重要性が指摘された。
2) 火山噴火、洪水による災害は、それまでのインフラ整備を一瞬で壊滅させ、経済発展に大きな影響をもたらすため、自然災害に対する防災対策の重要性が指摘された。
3) 各国とも、環境問題には高い関心があり、水質保全対策、大気汚染対策等に質疑が集中した。また各国の環境アセスメントについて、現状の課題や実施方法について、熱心に討議された。
4) 都市部のインフラ整備のあり方について、地下空間利用の事例が紹介され、多くの質疑がなされた。
5) その他、各国がかかえる特有の課題について興味深い報告がなされた。

討議の概要は次の通りである。

（１）日本

日本の概要、公共事業の現状、土木研究所の概要、環境と社会基盤整備について報告され、特に、環境問題への取り組みについて力点をおいた発表がなされた。

これに対し、環境基準の守らせ方について質問があり、「公害対策法では、環境基準は努力目標の扱いとしている。新しく行う事業では、様々な対策を講じて基準を守るようにしている。」との回答があった。

（２）中国

中国の概要、公共土木事業の現状、ＩＷＨＲの概要、環境問題について報告され、特に三峡計画などのプロジェクト及びＩＷＨＲの紹介に力点をおいた発表がなされた。

これに対し、長期水需要計画の目標年次や推砂対策の実情について質問があり、それぞれ「長期目標を2020年、中期目標を2010年にしている」、「清水を貯め、濁水を早く流すことをしている」との回答があった。

（３）インドネシア

インドネシアの概要、公共事業の現状、公共事業省研究開発庁の概要、環境と社会資本整備の調和について報告され、特に環境問題と環境アセスメントに力点をおいた発表がなされた。

これに対し、環境対策（水質汚染対策）の実施体制やアセスメントの実施時期・方法について質問があり、それぞれ環境対策の実際の状況、アセスメントの現状について説明がなされた。

（４）韓国

韓国の概要、韓国の発展と公共事業、建設技術の現状、国際協力、水質保全について報告され、特にインフラ整備のしくみと防災体制に力点をおいた発表がなされた。

これに対し、整備計画における民間資金の確実性や建設データベースの内容について質問がなされ、それぞれ「公団などの資金も民間に含めており、また民間投資促進のための様々な優遇策をとっている」、「建設情報データベースには設計基準や実際の建設記録（障害となった事項等）も入れ、実際の建設に役立つものにする」との回答がなされた。

（５）マレーシア

マレーシアの概要、公共事業の現状、公共事業局の研究・技術開発、環境と社会資本整備の調和について報告され、特に、環境に関する法律に力点をおいた発表がなされた。

これに対し、環境に関する法律の、公共事業の実施に対する影響について質問がなされ、「200ha以上のプロジェクト全てにアセスメントが義務づけられており、公共事業省へくる前に環境省を通過しなくてはならず、この段階ですでに遅れている。」との回答がなされた。

（６）フィリピン

フィリピンの概要、公共事業の現状、ＤＰＷＨの概要、災害防災の取り組み、環境問題について報告され、特にピナツボ火山の噴火に伴う土石流災害に力点をおいた発表がなされた。

これに対し、災害危険区域に対して、何らかの制限を加える政策の有無が問われ、「そうした政策はあるが、実際に災害がおこらないと、住民を移動させるのは至難であるのが実情」との回答がなされた。

（７）シンガポール

シンガポールの概要、公共事業の現状、公共事業局の研究開発、Ｐ．Ｗ．Ｄの概要について報告され、特に、大プロジェクト（400万人構想、地下トンネルネットワーク）に力点をおいた発表がなされた。

これに対し、大規模地下トンネルの技術的課題や道路予算の内容、400万人構想における水供給プランについて質問があり、それぞれ「換気の問題など研究はこれからである」「一般予算で全て道路を作っている。車には高い税金がかけられている」「水供給については国際協調でやっていきたいが、自らの努力として地下トンネルへの貯水の案もある」との回答があった。

（８）タイ

タイの概要、高速道路事業システム、ＤＯＨの概要について報告され、特に道路行政、研究体制、研究国際協力に力点をおいた発表がなされた。

これに対して、道路研究センターの研究期間・大学との協力のやり方、車による大気汚染の状況について質問がなされ、「センターは、あるテーマに対して大学と協力して研究する２～４年ぐらいの研究期間を考えている。全体としては、研究期間は10～15年になるだろう。大学との協力にあたっては、内部でもよく討議し、大学とも事前にヒアリングして決めている」「昨年から無鉛ガソリンを使うとともに、新車に対する環境規制をしている。しかし、旧型の車には手がつけられていない。」との回答があった。

また、これに対して、10年以上の車には、罰則的な高い税金をかけて、公害対策の進んだ新しい車への更新が進んでいるシンガポールの事例のコメントがあった。

以下に、カントリー報告の質疑応答について記す。（なお、本文中の(Q)は質問、(A)は回答、(C)はコメントを示す。）

（1－1）日本　　建設省土木研究所次長　都丸篤治　　[2月16日(火) 9:00～10:00]

(Q) Mr.Tan (ｼﾝｶﾞﾎﾟｰﾙ)　騒音、大気汚染に関する基準をどのように守らせているのか？

(A) 神崎道路部長　環境庁が定めた基準を建設省が実施している。防音壁や環境施設帯の設置を行っているが、費用がかかるため現時点では十分ではない。

(Q) Mr.Tan (ｼﾝｶﾞﾎﾟｰﾙ)　何らかの違反があった場合、測定を行い規則を遵守させる措置をとるのか。例えば、建設現場で苦情がでた場合、検査官を派遣するのか、あるいは請負者にまかせるのか。

(A) 住吉所長　環境基準は守るべき目標である。実際には、新しい施設の建設の前に住民に対して計画全体の説明が十分になされる。環境的な条件が厳しい場合には、完成後に定期的な測定が行われることもある。

例えば、道路騒音が基準を超えるときには対策が施される。それが不可能な場合には、代替道路が建設される場合もある。

(C) 都丸次長　基準には罰則がない。

（1－2）土木研究所紹介　建設省土木研究所研究調整官　飯島　尚
〃　地質化学部長　池村　雅司
〃　河川部長　吉野　文雄
〃　下水道部長　稲場　紀久雄
〃　ダム部長　竹林　征三
〃　砂防部長　浅井　浦太郎
〃　道路部長　神崎　紘郎
〃　機械施工部動土質研究室長　古賀　泰之
〃　構造橋梁部長　藤原　稔
〃　地震防災部長　飯田　裕
〃　積算技術研究官　福田　昌史

[2月16日(火)10:00～12:00]

(Q) Dr.Lee（韓国）　研究成果をどのように評価しているのか。

(A) 飯島研究調整官　研究成果の評価方法として三つの方法がある。

1．本省に報告する。
2．学協会に発表する。（海外への発表を含む）
3．一般の雑誌に発表する。

評価は一般的には難しいが、要項、指針、マニュアル等としてまとめられたものは、実際の建設事業に適用されるものとして評価される。

(Q) Dr.Badruddin (ｲﾝﾄﾞﾈｼｱ)
- 地球温暖化に対してどのような対策を行っているのか。
- 海砂は建設用資材として使えるか。
- 水質汚染対策について、もう少しくわしく説明いただきたい。

(A) 吉野河川部長　温暖化についての調査研究は、現在、米国と実施しており、アジア地域との共同研究はまだ行っていない。

熱帯林の破壊に伴う水循環、土砂流出については、現在、タイ国において科学技術協議会とともに共同の現地サイトを設定するなどの共同研究を行っている。

河川水の浄化については、現在、都市河川研究室で、調査研究している最中であり、河川の高水敷にグラベルをならべて、水を浄化する方法（礫間浄化システム）を研究している。構想はいくつかあるが、いずれも試験施工のレベルにとどまっている。

（A）池村地質化学部長　海砂は使用していない。

（C）都丸次長　地球環境問題を含む環境問題に幅広く対処できるように、平成５年度から土研に環境部を設置する。環境部は、環境計画室、河川環境研究室、交通環境研究室、緑化生態研究室、地質研究室から構成される。

（C）飯島研究調整官　現在土木研究所で実施している研究課題の２０％は環境に関するテーマである。

（C）Dr.Lee（韓国）　地球環境問題については、昨年のリオで開催された地球環境会議で５ヶ国間において、協力のネットワークをつくることで合意された。

（Q）Mr.Bonoan（ﾌｨﾘﾋﾟﾝ）　火砕流、土石流の研究の今後の方向性についてもっと知りたい。これらの問題はフィリピンでは非常に重要である。

（A）浅井砂防部長　土石流についてはシミュレーションによる危険区域の予測がかなりの程度進んでいるが、火砕流についてはまだわからない点が多く、そこまで到達していない。雲仙普賢岳などを事例にモデルの模索、シミュレーション手法の確立に向かって研究を行う予定である。

（C）住吉所長　フィリピン国に供与できる技術があれば、逐次知らせて欲しい。

（Q）Mr.Tan（ｼﾝｶﾞﾎﾟｰﾙ）　アジア諸国において、積算手法の比較研究がなされているが、多くの日本の建設業者がアジアにきて入札を行うが、地元の業者が提示する額よりも高い場合が多い。

（A）福田積算官　日本は競争入札制度をとっており、諸外国と比べるとかなり制度的に異なる点がある。今後、諸外国での実態をきちんと整理し、改善できる点は改善していきたい。

（Q）Mr.Chen（中国）　古いダムの構造性、耐久性について、どのような研究が現在進行中であるかを教えて頂きたい。

（A）竹林ダム部長　我国では、コンクリートダムは１００年、フィルダムは１０００年の歴史をもっている。堆砂が進んでいるもの、コンクリートが劣化しているものがあり、定期的に点検し、補修などを行っている。

但し、ダムのタイプごとに大幅にそれらの方法は異なる。今年の１月９日から１２日間、中国能源部と北京において、そのような事例の総合研究を行った。

（２）中国　中国科学院水利部能源部水利水電科学研究院長　陳 炳新　Chen Bing Xin

［2月16日(火)13:00～14:00］

（Q）丹羽水資源室長　長期的な水資源計画を立案する際、何年先を見ておられるか。

（A）Mr.Chen（中国）　中期計画で２０１０年を、長期計画で２０２０年を目標年限としている。

（Q）都丸次長　中国では、堆砂に対してどのような対策をとっているのか。

（A）Mr.Chen（中国）　貯水池の堆砂は中国において大変深刻な問題である。約４０年間の貯水池運用から我々は多くの経験とデータを蓄積している。

我々は現在貯水池の有効貯水量を確保することができる。運用手法としては「清水貯留、濁水排水」を行っている。

黄河の中流域に有名な San Men Xia（三門峡）という貯水池がある。有効貯水量は維持され、貯水池はスムースに運用されている。

この会議の後でもこの問題について議論できる。

（3）インドネシア　ｲﾝﾄﾞﾈｼｱ公共事業省研究開発庁水資源開発研究所長　Badruddin Machbub

[2月16日(火)14:00～15:00]

(Q) 都丸次長　ジャカルタ地域の水質汚濁が激しいと聞いているが、公共事業省、工業省、厚生省の役割分担はどうか？特に公共事業省の役割は何か？

(A) Dr.Badruddin (ｲﾝﾄﾞﾈｼｱ)　問題を解決するには環境省の協力が必要だが、環境省は法の強制権限と水質基準の監視を行っているだけである。したがって、工業活動を担当する工業省、1つの省だけでなく汚染を防止するための物理的な事業を推進する複数の省庁が必要である。協力は状況に応じて実施している。例えばバンドン地区のプロジェクトでは公共事業省が担当しているし、ジャゴタベック西部地区のプロジェクトでは公共事業省と工業省が実施しているが、複数の省庁代表からなる指示委員会により活動が指導される。ジャカルタでは公共事業省（住宅・住環境部長）の排水処理プロジェクトが実施されている。費用効率の点から処理場は工場排水と家庭排水が混合処理される予定である。

(Q) Dr.Lee (韓国)　公共事業プロジェクトではどのような段階で環境影響評価（ＥＩＡ）がなされるのか？計画段階か、設計段階か？

(A) Dr.Badruddin (ｲﾝﾄﾞﾈｼｱ)　ＥＩＡには２段階ある。第一段階は事前調査として環境影響の情報を収集することであり、どのプロジェクトも信頼性のある環境影響報告書（ＥＩＳ）を政府に提出する必要がある。環境影響委員会の長は全てのＥＩＳを審議しなければならない。新規、既存どちらのプロジェクトによらず、実施しなければならない。実施計画にあるものでさえＥＩＳは行われなければならない。既に実施されている計画についても環境影響調査を実施しなければならない。

(Q) Dr.Lee（韓国）公聴会をするのか？

(A) Dr.Badruddin (ｲﾝﾄﾞﾈｼｱ)　他のセクターの代表者への制限的な公聴会を実施している。例えば、もし工業省が公共事業省と議論したいときには、委員会は公共事業省を呼ぶことになる。

(Q) 飯島研究調整官　ブタンアスファルトはインドネシアで広く使われているか？それを使うとどのような問題があるか？

(A) Dr.Badruddin (ｲﾝﾄﾞﾈｼｱ)　ブタンアスファルトは骨材と混合した状態にある。つまり、ブタンアスファルトはアスファルトと骨材を含んでいる。問題はスラバシからジャワまでの輸送が高価なことであり、スラバシの近くでの使用が推薦される。東インドネシアの小さな貯水池での貯水性向上のための研究が進められているところである。

（4）韓国　　韓国建設技術研究院副院長　李 相垠　Lee Sang Eun

[2月16日(火)15:10～16:10]

(Q) Mr.Bonoan (ﾌｨﾘﾋﾟﾝ)　インフラの長期整備計画の枠組みは、政治・行政機構に変動が生じても、変わらず実行されるのか。

(A) Dr.Lee (韓国)　その計画は、実際は建設部によって作られたものではなく、その下部組織によって、しかも何千という専門家が参加して策定されたものである。したがって、建設部の機能が変わっても、その計画は引き続き実行される。

(Q) Mr.Bonoan (ﾌｨﾘﾋﾟﾝ)　韓国で高速道路を作るときに何か問題になったことはあったか。

(A) Dr.Lee (韓国)　インフラ関係の問題のほとんどは高速道路に起因している。インチャンとソウルを結ぶ高速道路での渋滞はとてもひどくて、工業発展にも影響を及ぼしている。将来的には、この交通問題を解決するために多くの投資が行われるであろう。

(Q) 都丸次長　第三次総合国土開発計画に関して、全体投資額の５０％を占めている非政府の財政源の実体は何か。

(A) Dr.Lee（韓国）非政府の基金とは、自動車会社などの民間部門が投資するものを意味する。
(Q) 都丸次長　非政府の基金は、財政計画を立てる際の不確実性になるのではないか。
(A) Dr.Lee（韓国）　確かに、基金あるいは投資が信頼できるものであるとは保証できない。しかし、最近では、民間部門がインフラ整備により多く投資ができるような優遇政策をとるようになっている。
(Q) Mr.Tan（ｼﾝｶﾞﾎﾟｰﾙ）　建設技術情報システムの内容、運用方法について教えて頂きたい。
(A) Dr.Lee（韓国）　建設技術情報システムは、文献や記事などのほかに、建設プロジェクトの記録、設計基準、建設材料などの情報を含んだデータベースが主になっている。また、そのデータベースは、建設部によって調査された新技術や主要建設プロジェクトのデザインなども含んでいる。データベースの整備は、文献や記事よりも、建設プロジェクトや設計基準などを重点的に行ってる。
(Q) Mr.Tan（ｼﾝｶﾞﾎﾟｰﾙ）　建設情報というのは、グラフィックな情報か。
(A) Dr.Lee（韓国）　はい。また、データベースには建設中に発生した問題点、建設時期の情報も含まれている。

（5）マレーシア　ﾏﾚｰｼｱ公共事業省公共事業局次長　Abdul Rahman B. Abdullah

[2月16日(火)16:10～17:10]

(Q) 田村企画部長　マレーシアにおける環境評価はどの程度公共事業に取り入れられているか。
(A) Mr.A.Rahman（ﾏﾚｰｼｱ）　200ha以上の全ての開発はＥＩＡをクリアしなければならない。
　プロジェクトの実施前にマスタープランを提出することになっている。これがプロジェクトを遅らせる障害となっている。
(Q) 住吉所長　実施が１年あるいは２年遅れるようなことはあるのか？
(A) Mr.A.Rahman（ﾏﾚｰｼｱ）　はい。プロジェクトのオーナーは、必ず環境庁へ行かなければならない。それだけでも遅れることになる。
(Q) Dr.Badruddin（ｲﾝﾄﾞﾈｼｱ）　当初のプロジェクトができないと思うようなときには、どうするのか？また、ＪＫＲの調査の段階について説明して頂きたい。
(A) Mr.A.Rahman（ﾏﾚｰｼｱ）　建設の段階で問題が起こった時は、工期中にその解決を目指す。所定の調査を行い解決できない場合には、建設中止となる。

（6）フィリピン　ﾌｨﾘﾋﾟﾝ公共事業道路省次官補　Manuel M. Bonoan

[2月17日(水) 9:00～10:00]

(Q) 都丸次長　災害危険区域を指定して、災害を軽減するような「avoid」行政は、フィリピン国でなされているか。
(A) Mr.Bonoan（ﾌｨﾘﾋﾟﾝ）　災害地域の指定は行っている。しかし、地域の住民は災害が現実となるまで自発的には避難しないので、現実にはあまり効果がない。
　国家災害調整委員会は、災害時に緊急救助を行っているが、災害緩和の機能はない。

（7）シンガポール　ｼﾝｶﾞﾎﾟｰﾙ国家開発省公共事業局建設管理部長　Tan Siong Leng

[2月17日(水) 10:00～11:00]

(Q) Dr.Badruddin（ｲﾝﾄﾞﾈｼｱ）　計画にあるように人口が４００万人になるときの、水資源が問題になるのではないか。マレーシアとシンガポール間の水の協定や、その他の技術的な検討

はなされているのか。

(A) Mr.Tan (ｼﾝｶﾞﾎﾟｰﾙ)　現在は、マレーシアから水を買っているが、将来、４００万の人に水を供給するのは大きな問題であると考えている。インドネシアとも協力していきたい。
シンガポールとしては新たな技術の開発を考えている。地下トンネルを作り、水を地下に貯蔵することも検討しているが、多くの費用がかかる。環境問題にも考慮しなければならない。

(Q) 神崎道路部長　シンガポールで計画中の地下道路システムでは、換気の問題は起きると考えているか。その対策はどのように考えているか。また、この道路は有料道路か。

(A) Mr.Tan (ｼﾝｶﾞﾎﾟｰﾙ)　無料道路である。シンガポールでは車に高い輸入関税（２００%）をかけており、費用はその税金で賄われる。高い税金は、車の数を制限するためのものでもある。
換気については現在設計段階である。トランスバースベンチレーションシステムや換気孔をつくり、換気することを考えている。空間的に制限があるので、他の新しい方法も検討している。

(Q) 神崎道路部長　換気孔の位置についてはどうか。

(A) Mr.Tan(ｼﾝｶﾞﾎﾟｰﾙ)換気孔の位置は、場所・高さは細部調査及び設計段階で決定される。

(Q) Mr.Bonoan(ﾌｨﾘﾋﾟﾝ) 道路建設には特別の予算があるのか。

(A) Mr.Tan(ｼﾝｶﾞﾎﾟｰﾙ)年間２～３億米ドルであるが、予算は増加している。

(Q) Mr.Bonoan(ﾌｨﾘﾋﾟﾝ) 特別な高速税のような収入はないのか。

(A) Mr.Tan (ｼﾝｶﾞﾎﾟｰﾙ)　車の輸入や登録に対して高い関税が課せられるので、その他特別な税はない。
また最近、車の割り当てシステムが導入され、新車購入の権利証明書を売ることによって実質的収入源となっている

(Q) Dr.Lee（韓国）　ＰＷＤでは建築プロジェクト実施にもかかわっているのか。

(A) Mr.Tan (ｼﾝｶﾞﾎﾟｰﾙ)　ＰＷＤでは政府による建築計画の設計、計画、監視などを行っている。施工は企業に外注する。

(Q) 田村企画部長　地下道路について、海より低いということで、心理的な影響はないか。

(A) Mr.Tan (ｼﾝｶﾞﾎﾟｰﾙ)　確かにそれは地下道路の計画設計での関心事の１つである。この点についてシミュレーションなども検討している。

(Q) 田村企画部長　日本国内でも、県の間で水をやりとりするのは難しい。４００万人の計画の中では、水の問題は並行して進めているのか。

(A) Mr.Tan (ｼﾝｶﾞﾎﾟｰﾙ)　並行して進めている。マレーシアと長期水供給協定を結んでおり、政府はまたインドネシア政府と協力して、スマトラの水資源を開発している。

（８）タイ　タイ運輸通信省道路局道路研究開発センター長　Teeracharti Ruenkrairergsa

[2月17日(水) 11:10～12:10]

(Q) 神崎道路部長　センターを建設して、７つのフィールドで研究を行うとしているが、いつ頃から研究を実施しようとしているのか？

(A) Dr.Teeracharti (タイ)　この研究は現在大学院生がやっており、２～４年続くと思う。スケジュールは、大学で行われている研究が終わってからはっきりする。全体として１０～１５年くらいはかかるであろう。

(Q) 飯島研究調整官　交通事故を減少させるための研究等、ソフト面の研究はやっているのか？

(A) Dr.Teeracharti (タイ)　研究を積極的には行っていない道路局としては、２車線道路を４車線道路へと拡幅することにより、事故が減ると考えている。また、２～３年前からバイク運転者にヘルメットを着用させる法律ができており、これによっても交通事

故が減ることを期待している。

(Q) Mr.Bonoan　　車両による汚染（大気汚染）はタイではどうなっているのか？
（フィリピン）何か対策をとっているのか？

(A) Dr.Teeracharti　無鉛ガソリンを昨年から使用している。また、新車に対しては、規制（フィ
（タイ）　　ルターの装着等）を実施している。中古車に対しては、規制を実施していない。
２気筒エンジンを規制しようとしているが、まだ構想段階である。

(C) Mr.Tan　　シンガポールでは、政府としては１０年以上の車は廃棄処分をすすめる政策
（ｼﾝｶﾞﾎﾟｰﾙ）　をとっている。この政策を実施するためには、車の使用年数が１０年に達する
前に廃棄した場合、その車に高いスクラップ価値を与える必要がある。１０年
を過ぎて廃棄処分した場合には車はその価値を失うことになり、また１０年以
上の古い車には高い道路税も課せられる。中古車には、更に厳しい頻繁な車検
を実施し、道路への悪影響を軽減する。これにより、道路を走る中古車台数は
減り、効率の悪いエンジンによる大気汚染も減るであろう。またシンガポール
は１９９１年に無煙ガソリンが導入され、１９９２年の７月からはすべての輸
入車は１００％の燃焼を可能にする触媒を使用しなければならない。中古車に
対してはより厳しい廃棄テスト基準が適用される。

(Q) Mr.Tan(ｼﾝｶﾞﾎﾟｰﾙ)大学との共同研究をどのようにして行うのか？

(A) Dr.Teeracharti　資金はＤＯＨが供与している。プロジェクトを始める前に適切な、大学、研
（タイ）　　究所、人材を決定する。

(Q) Mr.Tan　　大学にも実験施設があるが、当局のものと大学のものとどちらを使うのか？
（ｼﾝｶﾞﾎﾟｰﾙ）　それとも両方か？

(A) Dr.Teeracharti　両方使用している。
（タイ）

３．特定課題討論

「降雨災害防除に関する研究開発の現状と今後の方向」に関する討論は、２月１７日１３時００分から１７時３０分にわたり、８ヶ国の全員の参加を得て実施された。討論課題は、参加者の用意したカントリーレポートの内容に基づき選定されたものである。
討論は、次の３つのセッションに分けられる。

1) 河川災害
2) 土砂災害
3) その他の話題（トピックス）

最初のセッションは、土木研究所河川部長の吉野氏が座長を務め、また、２つめのセッションは、同じく砂防部長の浅井氏が座長を務めた。それぞれのセッションは、参加各国からの討論課題に関する発表と討論から成っている。
会議資料は主としてカントリーレポートが用いられたが、会議で配布された資料についてはカントリーレポートの巻末に収録した。

（１）河川災害

1)話題提供

・日本（中尾氏）
1. 洪水被害の歴史
2. 土木研究所における河川災害防除に関する研究
3. 今後の技術的課題

・中国（陳氏）
1. 洪水被害とその背景
2. 水利水電科学研究院における河川災害防除に関する研究
3. 災害防除に関する今後の研究課題
4. 渇水の研究

・インドネシア（Badruddin氏）
1. 氾濫原と被害
2. 洪水防止対策
3. 河川及び海岸侵食

・韓国（李氏）
1. 気象・水文状況
2. 災害防除と復旧
3. 政府の政策及び計画
4. 災害防除に関するＫＩＣＴの研究

・シンガポール（Tan氏）
1. 浸水域と被害
2. 河川災害の原因

3. これまでに実施された軽減対策

2)討論

各国からの報告の後、河川災害について参加者による質疑応答と討論が行われた。討論された内容は以下のものであった。

1. 土壌保全、植林、流域管理、予警報システムを含む非構造物対策
2. 治水構造物の計画規模
3. 治水による経済損失の評価
4. ダムなどによる構造物対策
5. 地下水かん養

洪水災害防除のためには、構造物対策及び非構造物対策を含めて総合的な対策を講じることが重要であることが指摘された。また、洪水と同様に渇水に関する研究の重要性が強調された。

（2）土砂災害

1)話題提供

・日本（石川氏）

1. 土砂災害（土石流、地すべり、がけ崩れ、道路のり面災害）の実態
2. 構造物による対策手法及び構造物によらない対策手法の概要と実例
3. 土木研究所における土砂災害に関する研究の概要

・マレーシア（Abdul Rahman氏）

1. 砂質 - 粘土質の道路のり面の土砂災害の実態
2. 道路のり面災害の対策工法の実例
3. 道路のり面対策に関する調査、試験、研究の概要

・フィリピン（Bonoan氏）

1. 地震による道路のり面及び橋梁の災害
2. ピナツボ火山のラハールによる橋梁、道路の災害
3. ピナツボ火山噴火とその土石流災害に対する復興計画の考え方

・タイ（Teerachartl氏）

1. マサ土地帯における道路のり面災害の実態
2. コンクリート吹付工によるのり面対策工
3. 種子吹付工によるのり面対策工に関する調査
4. 根茎の長い草を用いたのり面対策工に関する調査

2)討論

各国からの報告の後、土砂災害について次のような討議がなされた。

1. 山岳道路の設計の考え方
2. 土砂災害に関する危険箇所の調査実態
3. のり面対策工の効果、耐久性、現地適用性

（3）その他の話題（トピックス）

1)日本（石川氏）から雲仙岳の噴火に伴う火砕流、土石流災害の実態と対策について報告があった。

2)インドネシア（Badruddin氏）、１９９２年１２月にフローレス島東部で発生した地震及びそれに伴う津波による災害の実態について報告があった。

（4）結論

発表と討論の結果、次の結論を得た。

1) 各国の災害とその対策の状況及び研究の取り組みについて理解を深めるとともに、それぞれの国の自然条件、社会経済条件により、その態様が多様であることを認識した。

2) 河川災害については、構造物対策と非構造物対策を含む総合的な洪水災害防除対策を講じること、及びそのための研究開発を推進することの重要性、等が指摘され、今後はこの分野での情報交換を積極的に進めることが合意された。

3) 土砂災害については、各国ののり面災害および対策は極めて多様であることが認識された。この点について相互理解を深めるためには情報交換を積極的に進めることが有益であるとの意見の一致をみた。今後、特に道路に関して、のり面データの交換のために様式を定めることが提案された。

4) 各国共通の話題を集中して議論することは有意義であり、今後の会議においても、このような共通の話題に関する討議を継続する必要が指摘された。また、今後とりあげるべき議題として、水質、都市環境（騒音、大気汚染）等の環境に関するテーマが提案された。

以下に、特定課題討論にて行われた質疑応答について記す。（なお、本文中の(Q)は質問、(A)は回答、(C)はコメントを示す。）

（１）河川災害

(Q)吉野河川部長　陳(Chen)さんが中国水利水電科学研究院における将来の研究課題として５つのテーマを紹介して頂いた。その中で、非構造物による対策が挙げられたが、それについて教えて頂きたい。

(A)Mr.Chen（中国）　私どもの研究院では非構造物対策については、重点的に研究を行っている。

(Q)吉野河川部長　他の討論参加国では、この非構造物対策はどのようになっているか。

(A)Dr.Badruddin（ｲﾝﾄﾞﾈｼｱ）　非土木工学的ということで申し上げれば、植林や土壌保全により流出抑制を行ってきた。加えて、長期的には、農家の人々による土壌管理というのも効果がある。

(Q)吉野河川部長　他の点も含めて、何かコメントは。

(C)Dr.Lee（韓国）　下水道のような構造物の多くは、１０年や２０年の確率年をもつ降雨に対して設計されている。しかし、実際、韓国では、１００年、２００年という降雨を経験してきている。しかしながら、それに対処できるように計画規模を大きくするということは不可能である。

(C)Mr.Tan（ｼﾝｶﾞﾎﾟｰﾙ）　限られた予算では、排水路網の計画規模を大きくすることはできない。正規確率の低い超過降雨に対処するために、計画規模を大きくすることは適当ではない。洪水はおそらく、野放しの森林伐採により起きており、我々、開発途上国では、構造物対策への投資より、むしろ、そのような非合法的な行為を抑制すべきである。

(C)Dr.Lee（韓国）　賛成である。予警報システムや、洪水被害の予測などのような、非構造物対策を行うことが最も良い方法である。そのために私たちはＧＰＳの活用や、リモートセンシング技術の研究を始めた。

(C)吉野河川部長　中国のカントリーレポートでは、洪水による経済的損失の評価に関する研究テーマが紹介されている。この研究テーマは、非常に重要で、投資とそれによる便益という点から、Tan氏が述べた問題の解決に寄与すると思う。洪水による経済的損失はどのように調査され、推定されているのか。

(A)Mr.Chen（中国）　統計や現地調査により推定している。

(C&A)吉野河川部長　私が経済損失について質問したのは、計画規模の見直しに必要な莫大な投資は、それによる被害軽減額とバランスしなければならないということに関係してくるからである。ここで討論された話題に関する共同研究についての提案はないか。

(C)Mr.A.Rahman（ﾏﾚｰｼｱ）　私の国では、主要な河川でダムを作ろうとしています。このようなダムは洪水災害の軽減と水資源開発に貢献するであろう。

(Q)栗城総合治水室長　シンガポールの地下排水トンネルとインドネシアの地下水かん養について教えて頂きたい。

(A)Dr.Badruddin（ｲﾝﾄﾞﾈｼｱ）　地下水かん養の効果については、数値モデルで計算した結果、流出抑制に効果があり、水資源開発にも有効であることがわかった。

(A)Mr.Tan（ｼﾝｶﾞﾎﾟｰﾙ）　地下トンネルは地下の浅いところに作られる。トンネル建設により土地の高度利用とマングローブの保存が図れる。

(C)都丸次長　重要な点は、構造物対策と非構造物対策のバランスをどう定めるかということであろう。これが共同研究の１つのテーマになり得るのではないか。

(C)稲場下水道部長　少し前の議論についてコメントすると、東京都の下水道の計画規模は降雨強度で５０mm/hrから７５mm/hrに改められました。

(C)吉野河川部長　私の考える本討論の決議案として、次のように提案する。
「参加各国では、国により種々いろいろな自然、経済、社会の条件や河川災害のタイプがある。したがって、参加各国間での情報交換を今後進めていかなければならない。」

（２）土砂災害

(Q)Mr.Tan（ｼﾝｶﾞﾎﾟｰﾙ）　マレーシアで実施されている山岳道路の建設にともなう切土工についてどのような設計手法を使っているのか、また、タイ国で採用されている斜面の侵食防止対策工として、長期的視点から見た場合、最も効果的なのはどれか。

(A)Mr.A.Rahman（ﾏﾚｰｼｱ）　過去の経験に基づいて実施している。高速道路研究委員会が発行した本を参考にしている。

(A)Dr.Teeracharti（タイ）　ハイドロシーディングがよいと思われるが、もう少し現地で試験してみる必要がある。

(Q)飯島研究調整官　各国において、土砂災害に対する危険箇所についての調査はなされているか。

(A)Mr.Bonoan(ﾌｨﾘﾋﾟﾝ)日本のＪＩＣＡの援助をうけて調査を進めている。

(A)Mr.A.Rahman（ﾏﾚｰｼｱ）　どこが危険であるか災害時にどの程度経済損失があるかについては計算していない。修復にどの程度費用がかかるについて議論されている。

(A)Dr.Teeracharti（タイ）　斜面侵食については侵食のパターンを把握することによって、その予測を実施してきた。

(A)Dr.Lee（韓国）　ハイドロシーディングについては、主に景観と砂防の目的で用いられている。しかし、斜面が本当に安定するのか疑問が多い。

(A)Dr.Teeracharti（タイ）　どのような植物を使うかによる。タイでは深根性の草木を使っている。１．５年から２年ほどで植えられている。

(A)Mr.A.Rahman（ﾏﾚｰｼｱ）　ハイドロシーディングについて、草木は適切な土壌では成長できるが、土壌が適切でないときは成長できない。

(C)石川砂防室長　参加者のほとんどは斜面の安定性について関心をもっているので、各国で行われてきた、あるいは実施中の研究や実験についての情報交換、特に実際のデータの交換を長期にわたって行うことを提案したい。

(C)Mr.Tan（ｼﾝｶﾞﾎﾟｰﾙ）　全面的に賛成する。各国とのこれまで蓄積された経験や技術をもとに、共通の事項をみつけて、情報交換を行うべきである。特に日本は、豊富な経験や技があるので、この分野で積極的な情報提供をすべきである。

(C)住吉所長　成功例も必要だが、失敗例も重要である。なぜ失敗したのかを研究する必要もある。今後の情報交換にあっては、日本の石川氏がフォーマットを作って、それに基づいた情報交換を行うのはどうだろうか。

(C)Dr.Lee（韓国）　道路建設にともなう災害として、どのように人災と天災の区別をするかを調べたい。

(C)浅井砂防部長　本討論の決議として、次のように提案する。
1)各国の土砂災害の実態と問題点が提示され、認識を深めたこと
2)山岳道路沿いの斜面安定について、情報交換を今後、密に行っていくこと

最後に、次回のトピックについての議論がなされ、フィリピンとタイからトピックを具体的なものに絞る必要性が強調され、インドネシアからは「環境管理、汚染防止」、日本からは「水質管理」、「都市の環境、騒音等」について具体的な提案がなされた。

４．分野別課題討論

分野別課題討論は、２月１８日　９：００～１７：３０の丸１日にわたり、個別の土木技術分野について、関係する参加者が集まって討論した。

各分野における、参加国と討論の概要は以下のとおりである。

（１）ダムの堆砂……中国、日本（ダム部）

日中両国によりダム貯水池の堆砂問題が紹介された。両国の重要な課題である「貯水池の堆砂対策」の研究を実施する上で、研究協力を行なうことは双方にとって極めて効果的であることが確認された。

（２）水質汚濁対策……インドネシア、日本（下水道部）

鹿島コンビナートにおける工場排水処理システムの見学を行い、日本における工場排水対策の考え方、建設費の負担方法等について討論を行なった。また、水質汚濁対策に関する研究成果を相互に交換することとした。インドネシア側から水質汚濁防止関係の日本側からの技術者の派遣要請が出された。

（３）河川環境……韓国、日本（河川部）

韓国側からは、Han Kang（ハン川）の河川環境整備事業やこの事業一般に関する組織、法制度についての紹介がなされ、日本側からは、河川生態系をはじめとした、河川環境に関する研究についての紹介がなされた。また、この中から、今後、双方で取り組むべき河川環境に関する研究課題についての合意を見た。

（４）地盤改良……タイ、日本（機械施工部）

タイ側からは、海浜低地の軟弱地盤地帯で実施されている対策事例の紹介がなされた。日本側からは、日本の軟弱地盤対策指針の概要や、近年開発されてきた新工法の紹介がなされた。タイ側からは、特に地盤改良工法について日本側からの専門家派遣の要請が出された。

（５）トンネル……シンガポール、タイ、日本（地質化学、道路、構造橋梁部）

シンガポール側より地下高速道路、地下道路システムについて紹介がなされ、日本側より日本の道路トンネル技術基準の設計、換気施設、照明施設、非常用施設、および基礎について、最近開発された技術についての紹介が行なわれ、討論がなされた。また、各国の研究成果等の情報交換を相互に行なうこととした。

（６）火山災害、土石流、道路防災……マレーシア、フィリピン、日本（砂防、機械施工、地震防災部）

火山災害・土石流について、模型実験による土石流対策工法の検討方法に関する情報交換がなされた。

道路防災について、地震による液状化現象と被害の実態、液状化を考慮した具体的な土木構造物の事例とその構造、断層等の地質情報を汲み入れたジオハザードマップによる液状化危険区域の予測手法に関する討論がなされた。また、地すべりについて、最も効果的なアンカー工の施工

方法、アンカー工施工箇所での表面侵食対策についての討論がなされた。

火山噴火に伴う土砂災害（火砕流、土石流 ）対策、道路法面防災の調査、計画、設計手法に関する情報交換を行うこととした。

（7）河川……中国、日本（河川部）

日中の河川の土砂問題に関する研究内容、研究手法、研究体制の紹介がなされ、討議がなされた。また、河川の土砂問題に関する研究成果、技術情報について相互に定期的に交換することとした。

（8）水質……韓国、日本（下水道部）

両国の水質保全政策の現況ならびに下水道事業の進展の計画について、及び下水道分野の技術開発の現況について情報交換がなされた。また、下水道分野についてはこれまでと同様な協力をしていくことを確認した。

（9）土質基礎、交通……マレーシア、タイ、日本（道路、機械施工、構造橋梁、地震防災部）

土質基礎の課題では、マレーシア側から基礎工法等について紹介があり、それに関する日本での研究について意見を交換した。これらの課題については今後相互に情報を交換することとした。また、マレーシア側より技術協力の要請が出された。

交通の課題では、道路の交通容量、交通計画、交通管理と制御、交通安全及び環境問題について討論が行われた。また、各国の相互の情報交換の重要性が認識された。

（10）舗装……フィリピン、シンガポール、タイ、日本（地質化学、道路部）

各国からそれぞれの国における舗装の現状と問題点について紹介、討論が行なわれ、今後、舗装の理論的設計法、地域産材料も含む舗装材料、新しい舗装技術等の研究に関して情報交換等の協力を行なうこととした。

（11）道路橋……フィリピン、日本（河川、砂防、構造橋梁、地震防災部）

フィリピン側から火山の噴出物の堆積が引き起こす河床上昇による橋梁流出の恐れについて紹介があり、その対策方法について討論を行なった。今後水理解析手法および橋梁構造物の対策方法について検討、情報交換を行なうこととした。フィリピン側より技術協力の要請があった。

上記討論により、各国の抱える諸問題や研究状況等、各分野における討論参加国相互の立場を理解しあえた。また、それぞれの土木技術分野において、今後さらに詳細な情報交換を行なう等、より一層の技術協力の必要性が相互に認識された。

（1）討論要約（ダムの堆砂）

開催日：　平成５年２月１８日　（９：００～１１：４５）
場　所：　建設省土木研究所　（５３１会議室）
出席者：　中華人民共和国　陳　炳新　水利水電科学技術院長
日本国　竹林征三　土木研究所ダム部長
高須修二　ダム水工研究室長
丹羽　薫　水資源開発研究室長
新屋敷隆　ダム水工研究室主任研究員
山口嘉一　フィルダム研究室研究員
箱石憲昭　ダム水工研究室研究員
広瀬昌由　水資源開発研究室研究員

１．討議内容

日本、中国双方から、それぞれの国の堆砂問題の実態及び堆砂対策の実施例についての説明が行われ、続いて、関連する質疑応答が行われた。これらの討議により、堆砂問題が双方の水資源開発計画の推進にとって解決しなければならない重要な課題であること、また、双方での経験や研究成果を情報交換することで、次の研究段階に速やかに進むことができることが明らかにされた。

次に、この討議結果を踏まえて、今後の協力体制について議論を行ない、３．に示す合意がなされた。

２．今後取り組むべき研究課題

「ダム貯水池の堆砂対策に関する研究」

ダム貯水池の堆砂問題およびそれを軽減するための対策に関する研究を実施する。

３．合意事項

ダム貯水池の堆砂問題は、日中両国共通の重要な課題であり、日本国建設省土木研究所と中華人民共和国水利水電科学技術院と研究協力を行うことは、「貯水池の堆砂対策」の研究を実施する上で、双方にとって極めて効果的である。

このため、今後、予算上の制約を考慮しつつ協力体制をとり、「貯水池の堆砂対策」の研究を進める。最初の行動は以下の通りとする。

１）情報交換

双方の研究成果等の交換を行う。

２）人的交流

研究者の交流を実現するために努力する。

(2) 討論要約（水質汚濁対策）

開催日	平成5年2月18日（木）　9：00～16：00	
場　所	茨城県鹿島特定公共下水道終末処理場、 大日本インキ㈱鹿島工場	
出席者	インドネシア共和国	Dr. Badruddin Machbub
	日本	水質研究室　中村室長 下水道研究室　塩路主任研究員

1．討議内容

茨城県鹿島特定公共下水道終末処理場及び大日本インキ（株）鹿島工場の前処理施設の見学をおこなった。鹿島処理場においては、処理場及び管きょ施設の建設費の財源内訳、企業負担の考え方について討議を行った。また、使用者料金制度についても討議した。大日本インキ鹿島工場においては、排水処理プロセスの詳細な説明を受けるとともに、処理費用の内訳について説明を受けた。

2．今後取り組むべき研究課題

（1）工場排水と生活排水の共同処理方法に関する研究

（2）工場排水の単独処理方法に関する研究

3．今後の協力方法

（1）情報交換

相互に研究成果の交換を行う。

（2）人的交流

インドネシア側は、特に水質汚濁防止関係の日本人技術者の派遣を望んでいる。

4．合意事項

上記2．に記載した課題に関連した研究成果等を相互に交換する。

(3) 討論要約(河川環境)

開催日　：　平成５年２月１８日　（９：００～１１：４５）
場　所　：　建設省土木研究所　（５２６会議室）
出席者　：　大韓民国　李　相垠　韓国建設技術研究院副院長
　　日本国　吉野文雄　土木研究所河川部長
　　中尾忠彦　河川管理総括研究官
　　栗城　稔　総合治水研究室長
　　島谷幸宏　都市河川研究室長
　　鈴木興道　都市河川研究室主任研究員
　　萱場祐一　都市河川研究室研究員

１．討議内容

River Enviroment 1992に基づき、韓国における河川環境に関する近年の話題の紹介があった。主たる内容は以下の通りである。

1. Han Kang（ハン川）の河川環境改善事業とその影響について
2. 河川環境改善事業に関する組織、法制度について、特に建設省と環境省との関係について

日本における河川環境に関する事業の取り組みと、土木研究所における河川環境に関する研究についての説明があった。主たる内容は以下の通りである。

1. 河川環境効用評価
2. 河川景観
3. 河川生態系保全
4. 水質保全
5. 水量保全
6. 地球環境問題

以上の日本側の実施している研究の個々の項目について、韓国側の現状、興味、重要性についての説明があった。

２．今後取り組むべき研究課題

以上の項目の中で、日韓における研究の進捗状況や重要性を考慮し、①河川景観、特にコンピューターグラフィックを用いた景観予測、②水質保全、③水量保全、の３項目を、双方で協力して取り組むべき課題と合意した。

３．今後の協力方法

1）情報の交換

双方の研究成果及び知見についてKICTとPWRIとの間で情報交換を行う。

2）人的交流

国際協力事業団を通じ、韓国KICTからLee JIN-WON研究員を平成５年５月１７日～１２月１８日の間に受け入れ、日韓の河川環境についての技術交流を行う。

４．合意事項

上記、２．３により、今後研究協力を進めることに合意した。

５．その他

１の内容の中で、水質保全、水量保全の項目については、当初はPWRIとKICTの間で情報交換を進め、将来、科学技術庁日韓科学技術協力委員会におけるプロジェクト、「都市河川の水環境改善システムの開発」が開始された場合には、このプロジェクトの下で実施するものとする。また、「河川生態系保全」については、双方における検討結果をもとに、研究方針を決定することとなった。

(4) 討論要約 (地盤改良)

開催日： 1993年2月18日 (木) 9:00～12:00
場　所： 建設省土木研究所628会議室
出席者：

1) タイ王国

Teeracharti Ruenkrairergsa　タイ運輸通信省道路局道路研究開発センター長

2) 日本

古賀泰之	建設省土木研究所動土質研究室長
苗村正三	施工研究室長
三木博史	土質研究室長
小川伸吉	施工研究室主任研究員
恒岡伸幸	施工研究室主任研究員
小橋秀俊	土質研究室研究員
古関潤一	動土質研究室研究員

1．討議内容

1) 「軟弱バンコック粘土上に道路を建設するための地盤改良に関する研究」の発表
2) 「日本における軟弱地盤改良技術」の発表
3) 今後の協力方法に関する討議

タイ側からは、海浜低地の軟弱地盤地帯で実施されている対策事例の紹介がされた。日本側からは、日本の軟弱地盤対策指針の概要や、近年開発されてきた新工法の紹介を行った。タイ側からは、特に地盤改良工法について日本からの専門家派遣の要請が出された。

2．今後取り組むべき研究課題

地盤改良 (特にｼﾞｪｯﾄｸﾞﾗｳﾃｨﾝｸﾞ及びﾊﾞｰﾁｶﾙﾄﾞﾚｰﾝ)

3．今後の研究協力方法

1) 情報交換
上記2．に関する研究情報の交換を行う。
2) 人的交流
タイからの要請により、技術者の派遣の可能性について検討する。

4．合意事項

日本側は各種工法の対策事例と道路土工に関する指針類の英語版化をすすめ、タイとの文献情報の交換に努める。

(5)討論要約（トンネル）

開催日：　平成5年2月18日(木)　9：00～12：00,17：00～17：30
場　所：　建設省土木研究所　8F会議室
出席者：

シンガポール	TAN Siong Leng	シンガポール国家開発省 公共事業局建設管理部長
タイ	BANCHA Vadhanasindhu	タイ運輸通信省 道路局計画課長
日本	神崎　紘郎	道路部長
	水谷　敏則	地下開発研究官
	河野　広隆	ｺﾝｸﾘｰﾄ研究室長
	岡原　美知夫	基礎研究室長
	猪熊　明	ﾄﾝﾈﾙ研究室長
	角湯　克典	ﾄﾝﾈﾙ研究室研究員

1．討議内容

1）シンガポール側より地下高速道路、地下道路システムについて説明があった。概要としては、シンガポールで計画している地下高速道路の調査・設計・施工・維持管理について説明があった。維持管理に関しては、止水の重要性が指摘され、今後継続して取り組む必要性がある事が認識された。地下道路システムについては、概念、比較設計について説明があった。

2）日本側より日本の道路トンネル技術基準の設計、換気施設、照明施設、非常用施設について説明があった。

概要としては、日本の技術基準は、吹付コンクリート・ロックボルト・鋼アーチ支保工を機能的に組み合わせた工法が標準工法であることが説明された。
つぎに換気施設としては、設計速度に応じてトンネル内の視距を確保するために煤煙透過率が定められていることが説明された。また照明施設としてはトンネル内部の特殊な条件下における交通の安全、円滑を確保するために設置することが説明された。また非常用施設については、トンネル延長と交通量との対応を基に基準が作成されている事が説明された。最後に最近開発された、新しいトンネルの工法について説明があった。

つぎに基礎について、最近開発された技術についての説明があった。具体的には連続した壁基礎、ソイルセメントと鋼製杭を組み合わせた基礎、プレキャストのケーソン、水深のある場合の基礎の形成について説明があった。

2．今後取り組むべき研究課題

・都市内道路トンネルの計画・設計・施工について
都市内において、道路トンネルの計画・設計・施工を行う場合は、その軟弱な地盤、近接して構造物があるなどの特殊性を鑑み実施する必要がある。今後は、双方で協力し都市内の特殊性を考慮にいれた、トンネルの設計、施工手法の確立を目指す。

・道路トンネルの合理的な換気、照明、防災設備について
都市内道路トンネルの建設需要は、今後ますます増大するものと考えられ、合理的な施設の設置計画、運用計画を確立する事が重要であると考えられる。よって今後は、上記の研究課題、現場でのデータの集積に取り組む。

3．今後の協力方法

1）情報交換

双方の研究成果の交換および必要に応じて研究成果の発表場所の提供を行う。

2）人的交流

国際協力事業団等を通じ、必要に応じ双方の技術者の相互派遣を行う。

4．合意事項

・各国の技術基準の情報交換

各国の技術基準の現状および都市内トンネルの建設の現状を把握するために、各国が相互に情報交換する。

・研究成果の提供

各国で得られた研究成果を相互に提供する。

5．その他

・今後取り組むべき課題に関する既往の研究成果を翻訳しておく必要がある。

・翻訳をたやすくする手段が求められる。

(6)討論要約（火山災害・土石流・道路防災）

開催日：平成5年2月18日
場所：建設省土木研究所
出席者：フィリピン：Manuel M.Bonoan　フィリピン国公共事業道路省次官補
　　マレーシア：Abdal Rahman B.Abdullah　マレーシア国公共事業局次長
　　日本：浅井　砂防部長
　　飯田　地震防災部長
　　石川　砂防研究室長
　　常田　振動研究室長
　　中村　急傾斜地崩壊研究室長
　　桧垣　地すべり研究室主任研究員
　　鷲田　動土質研究室研究員
　　山田　砂防研究室研究員

1．討議内容

日本側からは以下の話題提供がなされた。

地震に伴う地盤の液状化現象とそれによる高速道路、橋梁被害、地震に伴う山岳地での斜面崩壊、地盤の液状化のメカニズム、液状化危険度の予測手法、液状化を考慮した土木構造物の耐震設計法、液状化に対する既存構造物の点検手法及び液状化対策に関する研究成果が紹介された。

次いで、日本における地すべり地の分布と地すべりの形態、地すべり災害の実態、アンカー工による地すべり土塊の抑止例、アンカー工の効果的な施工方法、地すべり地のオープンスペースとしての活用例、地球的な規模の温暖化に伴う地すべりの発生についての研究成果が紹介された。

日本における斜面災害として崖崩れが主体的に取り上げられ、崖崩れ災害の実態、崩壊のメカニズム、模型実験による乾燥粒子流の抵抗則、効果的な対策工法、数値シミュレーション計算による崩壊危険区域の設定手法について紹介がなされた。

さらに、雲仙普賢岳でこれまで発生したような土石流災害を防止・軽減するための実験的な研究として現在、実施されている水理模型実験を観察し、模型実験による土石流の再現性ならびに模型実験による土石流対策工法の検討手法について情報交換を行った。

こうした話題提供に対して、まず、地盤の液状化の問題については地盤の液状化を生じさせる地震の強度や液状化を考慮した具体的な土木構造物の事例とその構造についての意見交換がなされるとともに、断層等の地質情報を汲み入れたジオハザードマップによる液状化危険区域の予測手法について討論がなされた。

また、地すべりの問題については、最も効果的なアンカー工の施工方法、アンカー工施工個所での表面侵食対策についての討論がなされた、

2．今後取り組むべき研究課題

- 道路法面災害の調査、計画、設計手法
- 火山噴火に伴う土砂災害（火砕流、土石流）

3．今後の協力方法

(1)情報交換

双方の研究成果の交換及び必要に応じて研究成果の発表場所の提供を行う。

4．合意事項

- フィリピン、マレーシア、日本の抱える諸問題や研究状況、各分野における参加国相互の立場を理解し合えた。また、火山災害、土石流、道路防災について今後さらに詳細な情報交換を行うなどより一層の協力の必要性が相互に認識された。
- 降雨、地震による道路法面災害に関する調査、計画、設計指針、災害事例などについての情報を交換し、技術向上を計る。
- 雲仙普賢岳、ピナツボ火山における火砕流、土石流災害に関する調査成果ならびに対策工の計画、設計手法に関する情報を交換する。これらにより、火山噴火に伴う土砂災害対策技術の向上を計る。

5．その他

（7）討論要約（河川）

開催日：平成５年２月１８日
場　所：建設省土木研究所
出席者：中国　　陳　炳新　　中国科学院水利部能源部
　　水利水電科学研究院院長
　　日本　　吉野　文雄　河川部長
　　中尾　忠彦　河川管理総括研究官
　　山本　晃一　河川研究室長
　　藤田　光一　河川研究室主任研究員

１.討議内容

日本側は、土木研究所河川研究室で現在実施されている河川の土砂に関わる研究内容の説明を行った。主な内容は、

1）河岸侵食及び高水敷の形成に関する研究
2）河道維持が容易である河道計画作成手法に関する研究
3）河岸侵食防止工に関する研究
4）地面の耐侵食力に関する研究

この他に、日本の河川の特徴、人的作用による河道の変化についての報文を説明した。

中国側は、水利水電科学院で実施されている土砂に関する研究の説明を行った。主な内容は、以下の通りである。

1）河川土砂に関わる研究組織
2）黄河、揚子江の土砂問題に関する研究状況
3）高濃度流体の水理学的特性について
4）河川水理模型の実施体制について

２.今後取り組むべき研究課題

「河川における流砂問題」。この課題は、ダム周辺の河床変動、高濃度土砂を含む流れの挙動、側岸侵食などが問題になる河川の制御法の開発、それを支える模型実験手法、河床変動計算法等の基礎技術を含む。

３.今後の協力方法

1）双方の研究成果の情報交換を行う。
2）情報交換を通じて、研究協力の対象となる個別課題をしぼり込む。
3）必要に応じて、予算の許す範囲で、技術者の相互派遣を行うよう努める。

４.会議における合意事項

研究成果・技術情報について、英文あるいは英文の abstractで、相互に定期的に交換する。

(8) 討論要約　（水質）

開催日　：　平成5年2月18日
場　所　：　建設省土木研究所
出席者　：　大韓民国　Lee Sang Eun　韓国建設技術研究院副院長
　　日本　佐藤新下水処理研究官

1. 討議内容

日本側より建設省総合開発プロジェクト「バイオフォーカス」の開発技術の実用化の状況について説明を行なうとともに、わが国の最近の水質保全行政の進展、とくに海域へ放流される排水中の窒素、リンの除去が議論されている旨説明を行なった。

韓国側からは、開発技術の実用化に際し問題となっている事項について言及があるとともに、韓国の下水道事業の進展の見通し、韓国全水域にたいする汚濁負荷量削減計画の概要が紹介された。また韓国では2000年を目標とした国家研究開発プロジェクト（Highly Advanced National Project）があり、14分野のうちの1つが環境制御技術となっている。この分野は15項目からなり、その1つが高度浄水処理プロジェクトとなっているが、本プロジェクトを韓国建設技術院が担当することとなっているとの説明があった。

2. 今後の協力方法

上記の韓国側の担当プロジェクトの関係で、下水の再利用の技術に関し情報収集をするため土木研究所に当院の研究者が来る予定なので、その対応について依頼があった。

（9－1）討論要約（土質基礎）

開催日　平成５年２月１８日（木）　１３：３０～１４：４５
場　　所　建設省土木研究所６２８会議室
出席者

マレーシア	Abdul Rahman B. Abdullah	ﾏﾚｰｼｱ公共事業省公共事業局次長
タイ王国	Bancha Vadhanasindhu	タイ運輸通信省道路局計画課長
土木研究所	飯田　裕	地震防災部長
	岡原美知夫	構造橋梁部 基礎研究室長
	三木　博史	機械施工部 土質研究室長
	木村　嘉富	構造橋梁部 基礎研究室 研究員

１．討議内容

１）マレーシア側より、天然資源掘削の現状について紹介があり、適切な施工機械を選定するための分類法を確立する必要性がある旨の説明があり、技術協力の要請があった。
日本側回答：施工機械の選定に関しては、日本でも指針を作成しており、参考となると思われる。これを英訳して提供したい。

２）マレーシア粘土の土質改良について研究を行うために、マレーシアよりＪＩＣＡを通じて建設省土木研究所に研修生を派遣したいが、協力できるかどうか打診があった。
日本側回答：研修生の受け入れの可能性については、今後検討したい。

３）マレーシアにおける盛土上の小規模構造物の基礎形式としては、浅い基礎（直接基礎）が経済的であるが、土の締固めの効果や設計施工基準について検討したいとの説明が行われ、技術協力の要請があった。
日本側回答：浅い基礎の支持力について建設省土木研究所において現在研究中であるので、その内容について提供可能である。

４）マレーシアの都市内での基礎の施工法の中には騒音や大気汚染など環境へ影響を及ぼすものがあるが、これらについてのガイドラインの作成や低公害工法の開発を行いたい旨説明が行われ、技術協力の要請があった。
日本側回答：日本における低公害工法について説明があり、施工法を規定している道

路橋示方書IV下部構造編の英訳を提供した。その他、これに関する情報の提供は可能である。

5）厚い風化土が堆積している地点に用いる摩擦杭の設計法及び波動理論による支持力推定法についての技術協力の要請があった。

日本側回答：土木研究所においても波動理論の適用について研究を行っており、また、摩擦杭についての多くの載荷試験結果を収集しているので、これらの情報の提供は可能である。

2．今後取り組むべき研究課題

(1) マレーシアにおける天然資源掘削工法決定のための分類法
(2) マレーシア粘土の土質改良
(3) 盛土上の浅い基礎
(4) 都市内における基礎の施工法
(5) 風化土における杭基礎の設計

3．今後の協力方法

1）情報交換

双方の研究成果の交換を行う。

2）人的交流

国際協力事業団を通じた技術者の派遣について今後検討する。

4．合意事項

・研究成果の提供

各国で得られた研究成果を相互に提供する。

（9－2） 討論要約(交通)

開催日：平成5年2月18日　　13:00～16:00
場　所：建設省土木研究所　　628会議室

出席者：	マレーシア国	Abdul Rahman B. Abdullah	公共事業省公共事業局次長
	タイ王国	Bancha Vandhanasindhu	運輸通信省道路局計画課長
	日本国	山田晴利	新交通研究室長
		石田　稔	交通環境研究室長
		木嶋　健	交通環境研究室研究員
		村西正実	道路研究室主任研究員

1. 討論内容

道路の交通容量，交通計画，交通管理・制御，交通安全および環境問題について活発な討論が行われた。また，各国の相互の情報交換の重要性が認識された。

2. 今後取り組むべき研究課題

・道路交通容量－マレーシアの交通事情・道路状況を考慮した道路交通容量の算定手法
・将来交通予測－将来交通予測を行うための，データの収集方法と予測手法
・交通環境－環境，特に都市環境の改善のための環境対策
・交通安全対策

3. 今後の協力方法

今後，以下のような方法により研究を進める。

1) 情報交換
双方の研究成果の交換を行う。

2) 人的交流
国際協力事業団等を通じ，必要に応じ双方の研究者の相互派遣を行う。

4. 合意事項

上記課題に関連した資料及び研究成果を各国相互に交換する。

(10)討論要約（舗装）

開催日：平成5年2月18日(木)　13:00～16:00
場　所：建設省土木研究所8F会議室
出席者：フィリピン　Manuel M. Bonoan　公共道路省次官補
シンガポール　Tan Siong Leng　国家開発省公共事業局建設管理部長
タイ　Teeracharti Ruenkrergsa　運輸通信省道路局道路研究開発センター長
日本　神崎紘郎　土木研究所道路部長
河野広隆　コンクリート研究室長
坂本浩行　化学研究室主任研究員
中村俊行　舗装研究室長
桐山孝晴　舗装研究室研究員
久保和幸　舗装研究室研究員

1．討議内容

各国からそれぞれの国における舗装の現状と問題点について報告があり、続いて関連する質疑応答を行った。その後、以下の課題について討論を行った。

・舗装材料の標準化と現地材料の活用
・舗装管理システム
・アジアにおける技術協力を含む舗装研究の方向

2．今後、取組むべき研究課題

・理論的設計法等の新しい舗装設計方法
・地域産材料を含む舗装材料
・ＲＣＣＰ、排水性舗装等の新しい舗装

3．今後の協力方法

・多国間の研究情報交換
・ＪＩＣＡ等を通じた専門家の派遣

4．会議における合意事項

耐久性のある舗装の研究は社会経済的にメリットがあり、各国共通の重要な課題である。そのため、情報交換を行う等の研究協力活動を続けていく。

（11）討論要約（道路橋）

日　　時　平成5年2月18日（木）　16：00～17：00
場　　所　建設省土木研究所8階会議室
出 席 者

フィリピン共和国	Manuel M. Bonoan	ﾌｨﾘﾋﾟﾝ公共事業道路省次官補
土木研究所	飯田　裕	地震防災部長
	栗城　稔	河川部 総合治水研究室長
	石川　芳治	砂防部 砂防研究室長
	岡原美知夫	構造橋梁部 基礎研究室長
	木村　嘉富	構造橋梁部 基礎研究室 研究員

1．討議内容

1）Bonoan氏よりフィリピンにおける道路橋の被害状況及び今後の検討方針について説明が行われた。

・火山噴出物の堆積により河床が上昇しており、橋梁流失の恐れが生じている。対策方法としては、河床掘削や橋長の増大などを検討しているが技術的なアドバイスを建設省土木研究所にお願いしたい。

2）上記事項に基づいて、以下の意見交換が行われた。

・具体的な検討項目としては、
　① 河床変動を考慮した新しい設計法の検討
　② 水理解析による河床および河道の変状予測
　③ 応急対策工の検討

が考えられるが、これらのうち応急対策工が最重要課題である。

・適切な橋梁建設位置および橋梁の形式選定に当たっては、河床の変状予測が必要である。

2．今後取り組むべき研究課題

・水理解析および橋梁構造物の対策法

3．今後の協力方法

1）情報交換

双方の研究成果の交換を行う。

2) フィリピンから国際協力事業団への協力要請についても検討する。

4．合意事項

・水理解析および対策方法について今後検討を継続し、適宜土木研究所との情報交換を行う。

III. 会 議 最 終 結 論

「第１回アジア地域土木研究所長等会議」
最終結論

平成５年２月１５日（月）～１９日（金）、土木技術の研究開発とその推進を担当するアジア地域諸国の研究所長等の責任者が一堂に会する「第一回アジア地域土木研究所長等会議」が国際協力事業団の協力のもと建設省土木研究所で開催された。

中国、インドネシア、韓国、マレーシア、フィリピン、シンガポール、タイおよび日本の８ヶ国の公共事業の研究開発及びその推進に携わる政府関係機関の責任者の参加を得て、各国のカントリーレポートを使って、お互いの国の課題等についての理解を深め、互いの経験を生かし合うという共通の認識のもとに報告と意見交換を行った。

その概要は以下のとおりであった。

１．基調講演

カントリー報告･討論に先立ち３題の基調講演が行われた。東京大学工学部土木工学科 西野文雄教授による、社会基盤整備のための日本の政策及び日本の経験から得られる教訓を内容とする「アジア地域諸国の経済社会開発のための社会基盤整備の方向」、建設省土木研究所 住吉幸彦所長による、社会基盤整備を支える土木技術研究開発に貢献している土木研究所の役割を内容とする「近代日本における土木工学の進歩と経済･社会の発展への貢献　－土木研究所７０年の活動と今後の展望－」、及び（財）全国建設研修センター 玉光弘明副理事長による、国際協力の理念と技術協力の内容と課題、具体的な技術協力による研究･技術開発の事例紹介を内容とする「技術協力における研究･技術開発の役割」が講演された。

２．カントリー報告

各国の概要、公共事業の現状、研究所の概要、災害防災への取り組み、環境問題などについて発表がなされ、順次、質疑応答がなされた。

報告は以下に要約される。

１）各国の発展に資する道路、河川、ダム、砂防、下水道など社会基盤整備の必要性およびこれを押し進めるための土木技術研究･開発の重要性が認識された。

２）火山噴火、洪水による災害は、それまでのインフラ整備を一瞬で壊滅させ経済発展に大きな影響をもたらすため、自然災害に対する防災対策の重要性が認識された。

３）各国とも、環境問題には高い関心があり、水質保全対策、大気汚染対策等に質疑が集中した。また各国の環境アセスメントについて、現状の課題や実施方法について、熱心に討議がなされた。

４）都市部のインフラ整備のあり方について、地下空間利用の事例が紹介され、多くの質疑がなされた。

５）その他、各国がかかえる特有の課題について興味深い報告がなされた。

３．特定課題討論

降雨災害防除に関する討論については、河川災害、土砂災害を中心として報告と討議を行った結果、次の結論を得た。

１）各国の災害とその対策の状況及び研究の取り組みについて理解を深めるとともに、それぞれの国の自然条件、社会経済条件により、その状況が多様であることを認識した。

２）河川災害については、ハード的対策とソフト的対策を含めた総合的な洪水災害防除対策を講じることおよびそのための研究開発を推進することの重要性等が認識され、今後はこの分野での情報交換を積極的に進めることが合意された。

３）土砂災害については、各国ののり面災害および対策は極めて多様であることが認識され、この点について相互理解を深めるためには情報交換を積極的に進めることが有益であるとの意見の一致をみた。今後、特に高速道路に関してのり面データの交換のために様式を定めることが提案された。

４）各国共通の話題を集中して議論することは有意義であり、これからも促進する必要性が指摘された。また、今後とりあげるべき課題として水質、都市環境等の土木事業と関連して配慮すべき環境に関するテーマが提案された。

４．分野別課題討論

分野別課題討論では、個別の土木技術分野について、関係する参加者が集まって討論した。今回は、多岐にわたる土木技術分野の中から各参加者に関心のあるテーマに分かれて、ダムの堆砂（中国、日本）、水質汚濁対策（インドネシア、日本）、河川環境（韓国、日本）、地盤改良（タイ、日本）、トンネル（シンガポール、タイ、日本）、火山災害・土石流・道路防災（マレーシア、フィリピン、日本）、河川（中国、日本）、水質（韓国、日本）、土質基礎・交通（マレーシア、タイ、日本）、舗装（フィリピン、シンガポール、タイ、日本）、道路橋（フィリピン、日本）の１１の討論テーマについて、個別に討論を行った。

討論を通じ、個別の土木技術分野における各国の諸問題や研究状況等について、討論参加国相互に理解することができた。また、それぞれの土木技術分野において、今後さらに詳細な情報交換を行う等、より一層の技術協力の必要性が認識された。

５．まとめ

１）カントリー報告を通じ、互いの国の現状、抱える課題、展望等について幅広く理解を深めることができた。

２）特定課題討論を通じ、総合的洪水災害及び土砂災害防除に関する研究開発を推進するための情報交換を積極的に進めることが合意された。

３）今後取り上げるべき課題として土木事業との関連で配慮すべき水質汚濁、大気汚染、騒音など環境問題が提案された。

４）分野別課題討論を通じ、各国の現況、課題、研究活動についての相互理解が進み、一層の情報交換と人的交流を含む技術協力の重要性について意見交換がなされた。

５）関係各国の一層の社会基盤整備のために関係国の蓄積された経験と研究成果の共有の重要性を認め、この会議の有効さと継続発展の重要性が全員一致で合意された。

Ⅳ. 閉 会 式 挨 拶

閉会式挨拶

建設省土木研究所長　住吉　幸彦

この会議は、土木技術の研究開発分野のアジア諸国それぞれの国の責任ある地位にある方々が一堂に会し、情報と意見を交換するという、研究開発分野に関する国際交流という初めての試みでありました。

先ほど、本会議全体を取りまとめた最終結論も採択され、各国の関係者が協力していくことの必要性が改めて強く認識されました。今後、土木技術の研究分野のみならず、その枠を越えたところでも質の高い交流がますます盛んになると確信いたします。

韓国建設技術研究院副院長　李 相垠　Lee Sang Eun

会議は、非常に実り多いものでありました。５日間にわたり土木技術開発研究のさまざまな分野において深く討議を重ねることができました。同時に各国の現状をつぶさに知ることができました。継続的な社会・経済発展には、技術開発は不可欠であり、それゆえアジア各国間の協力が重要と思われます。

皆様、これは、まだほんの始まりと思われます。今後、この会議が継続され、一層の発展をみますことを、皆様とともに祈念しております。

(E) 視 察 旅 行

Ⅰ. 視 察 旅 行 記

Ⅰ．視察旅行記

概　要

アジア地域土木研究所長等会議は、本会議終了後の平成５年２月２０日（土）から２６日（金）までの１週間、北海道および関東方面の主な社会資本の整備状況について視察を行った。

以下に視察日、視察先について示す。

２月２０日（土）	移動（つくば→東京→千歳→札幌）	
	新千歳空港視察	（札幌泊）
２１日（日）	札幌市内視察	
	大倉山	
	札幌ビール工場	
	北海道開拓記念館	（札幌泊）
２２日（月）	北海道開発局長表敬訪問	
	開発土木研究所視察	
	アジアにおける国土開発と土木技術に関するシンポジウム	（札幌泊）
２３日（火）	移動（札幌→室蘭）	
	豊平川ダム統合管理事務所・札幌河川事務所視察	
	札幌市地下鉄工事視察	
	室蘭港白鳥大橋視察	（室蘭泊）
２４日（水）	移動（室蘭→函館→青森→東京）	
	青函トンネル視察	
	青森工事事務所視察	（東京泊）
２５日（木）	建設省事務次官表敬訪問	
	東京湾横断道路視察	
	建設省土木研究所長招待フェアウェルパーティ	（東京泊）
２６日（金）	移動（東京→厚木→つくば）	
	宮ヶ瀬ダム視察	
	国際協力事業団筑波インターナショナルセンター表敬訪問	（つくば泊）

なお、視察に際しましては、北海道開発局、開発土木研究所、新千歳空港除雪管理センター、豊平川ダム統合管理事務所・札幌河川事務所、札幌市、室蘭道路事務所、室蘭市、ＪＲ北海道函館支社、青森工事事務所、日本道路公団東京第一建設局、東京湾横断道路㈱、宮ヶ瀬工事事務所、国際協力事業団をはじめ多くの方々のご協力に感謝する。

2月２０日（土）新千歳空港視察

８時４０分につくば第一ホテルをバスにより出発、ＪＲ、モノレールにより羽田空港へ１１時頃到着した。羽田空港内で昼食後、１３時００分発のＪＡＬ５１３便にて新千歳空港へ向かった。

新千歳空港到着後、北海道開発局開発土木研究所の森研究調整官、小笠原企画調整課長等と合流し、平成４年７月１日より供用開始したばかりの新千歳空港を視察した。ここで、新千歳空港除雪センターの藤田課長より空港の概要、将来計画、除雪等の滑走路管理について説明を受けた。

その後、一行は新千歳より道央自動車道を通り札幌入りし、１８時３０分頃に札幌グランドホテルに到着した。

2月２１日（日）札幌市内視察

９時００分にホテルを出発し、まず最初に１９７２年の冬季札幌オリンピックのスキージャンプ競技場として有名な大倉山を視察した。

次に、札幌ビール博物館を訪問し、担当者より北海道の歴史、産業の発展とともに歩んだビールづくりの歴史等について説明を受けた。

昼食後、北海道開拓記念館を訪問し、多くの展示物を通し、北海道の自然、文化、歴史等について理解を深めた。

１６時頃にはホテルに到着し、一日のスケジュールを終えた。

2月２２日（月）アジアにおける国土開発と土木技術に関するシンポジウム

８時１５分にホテルを出発し、８時３０分から９時００分まで北海道開発局を訪問し、柳川北海道開発局長に表敬した。

次に、９時３０分より１１時００分まで、北海道開発局開発土木研究所を訪問し、太田所長、森研究調整官等より、研究所の概要について説明を受けた。引続き、実験施設を視察し、各担当者より寒冷地における土木技術開発の現状について説明を受けた。

その後、札幌グランドホテルに戻り、シンポジウム打合せ、昼食の後、１３時００分から「アジアにおける国土開発と土木技術に関するシンポジウム」が開催された。このシンポジウムは、北海道開発局開発土木研究所、建設省土木研究所の主催によるもので、北海道、札幌市等の後援を受け実施されたものである。会場には、官・民・学の各界および報道関係の参加があり、総勢約２００人に上った。シンポジウムは、第１部に北海道大学五十嵐教授による「北海道の開発と社会基盤整備」と題した基調講演が行われた。第２部では、「地域開発事業と土木技術の方向」のテーマで、太田開発土木研究所長のコーディネートのもとアジア８ヶ国のパネリストによる各国の公共事業について発表が行われた。

１７時３０分にシンポジウムが終了し、その後北海道開発局主催のレセプションが行われた。

2月23日（火）札幌市および室蘭市視察

8時30分にホテルを出発し、まず最初に石狩川開発建設部豊平川ダム統合管理事務所・札幌河川事務所を訪問し、担当者より石狩川水系の河川事業およびダムの情報管理システム等について説明を受けた。

次に、札幌市内の重要な交通輸送機関である地下鉄の工事現場（東豊線延長部）を視察し、札幌市交通局の若原建設部長より、全体事業計画、トンネル施工法等について説明を受けた。

午後、バスにより札幌から室蘭へ移動した。室蘭到着後、室蘭開発建設部小長井室蘭道路事務所長等より、完成後は東日本最大の吊り橋になる白鳥大橋の建設工事の概要等について、説明を受けた。

18時頃サンルートホテル室蘭に到着した。

2月24日（水）青函トンネル視察

8時27分東室蘭駅を特急北斗2号により出発し、函館駅にて海峡6号に乗り換え、海峡線（青函トンネル）により青森へ向かった。12時20分から13時20分までの約1時間、竜飛海底駅を視察し、JR北海道函館支社工務課の遠峰氏より世界最長のトンネルである青函トンネルの概要、管理システム等について説明を受けた。

青森到着後、東北地方建設局青森工事事務所を訪問し、池田所長より事務所の概要等について説明を受けた。

16時30分青森空港発のJAS216便により羽田空港に向かい、20時頃国際協力事業団東京国際研修センターに到着した。

2月25日（木）東京湾横断道路視察

午前中、建設本省を訪問し、三谷建設事務次官を表敬し、今回の会議の報告を行った。

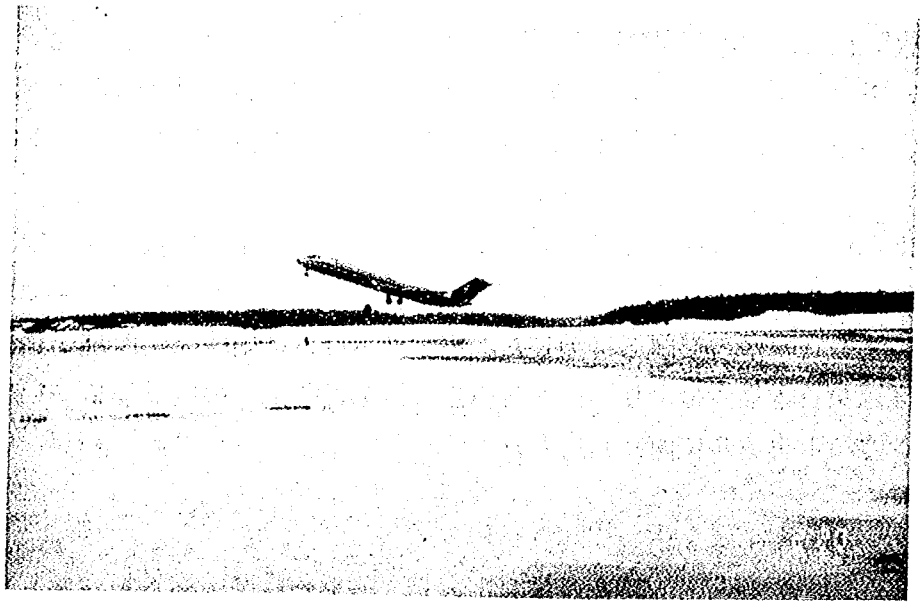
その後、日本道路公団東京第一建設局の池田事業調整部長の案内により、川崎へ向かった。川崎からは船に乗り、東京湾横断道路㈱の塩井技術部長より全体概要、川崎人工島、木更津人工島など横断道の建設状況について説明を受けた。

18時からは虎ノ門パストラルにて住吉土木研究所長招待によるフェアウェルパーティが行われた。

2月26日（金）宮ヶ瀬ダム視察

7時30分に国際協力事業団東京国際研修センターを出発し、中央高速道路を通り神奈川県厚木市の宮ヶ瀬ダムへ向かった。9時30分頃関東地方建設局宮ヶ瀬ダム工事事務所宮ヶ瀬分室に到着した。現場視察を通じ、足立所長より日本最大級のダムである宮ヶ瀬ダムの概要と、RCD工法の特徴等について説明を受けた。昼食後、13時に宮ヶ瀬分室を出発した。

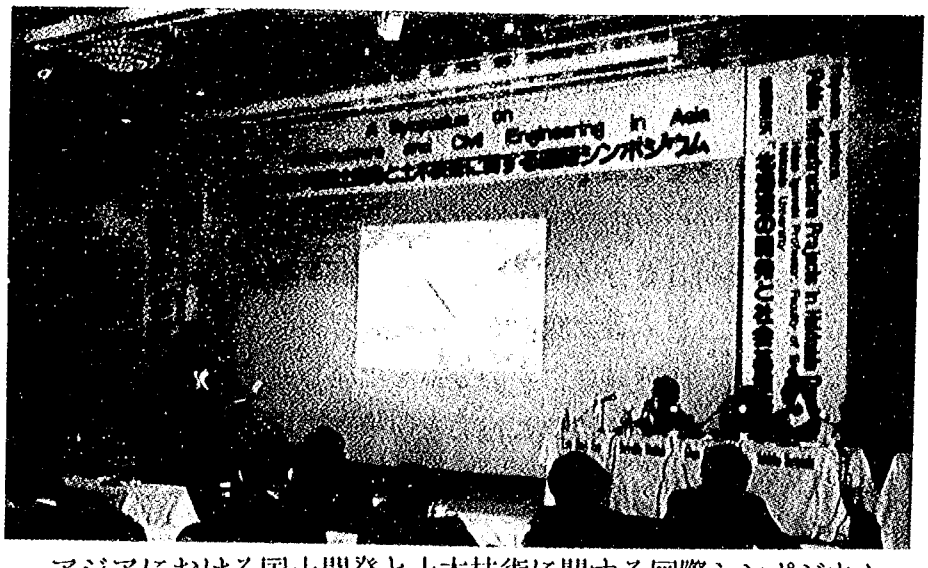
16時30分に今回の会議開催に多大なご協力を賜った国際協力事業団筑波インタナショナルセンターを訪問し、飯村所長を表敬、会議の終了を報告した。



新千歳空港（２月２０日）



北海道開発局訪問（２月２２日）



アジアにおける国土開発と土木技術に関する国際シンポジウム
（２月２２日）



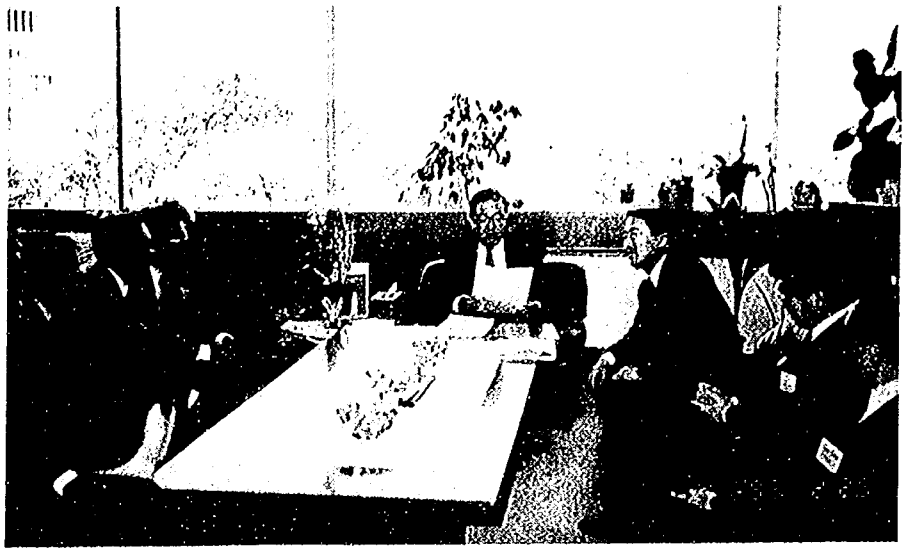
豊平川ダム統合管理事務所・札幌河川事務所
（２月２３日）



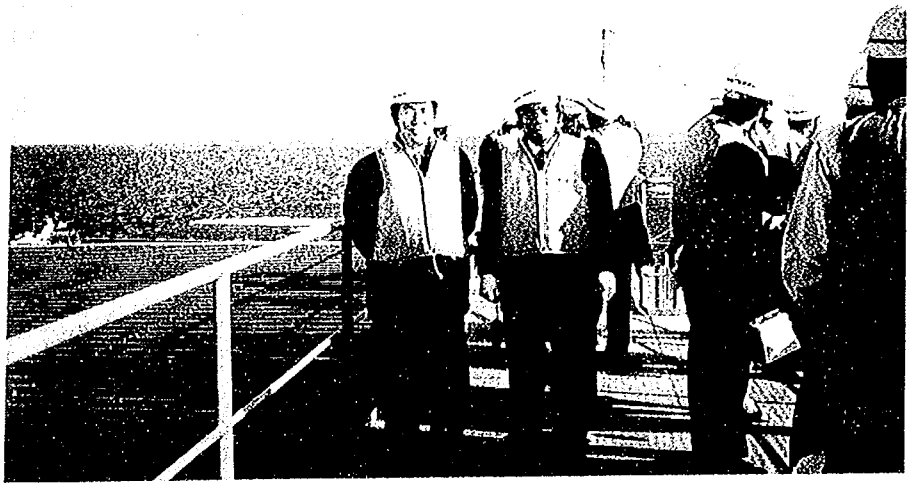
室蘭白鳥大橋（２月２３日）



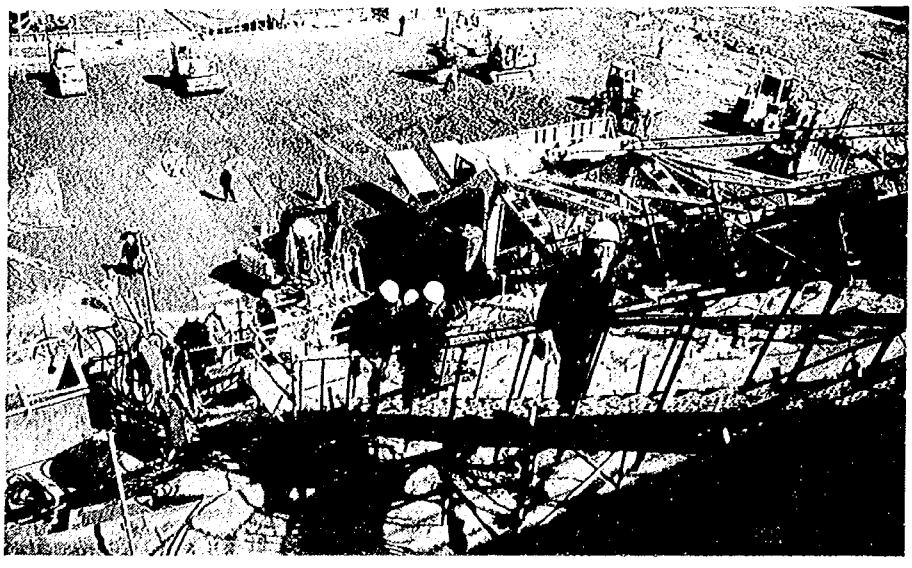
青函トンネル（２月２４日）



建設省事務次官表敬（２月２５日）



東京湾横断道路（２月２５日）



宮ヶ瀬ダム（２月２６日）

II．アジアにおける国土開発と土木技術に関する国際シンポジウム

1．基調講演「北海道の開発と社会基盤整備」

北海道大学工学部土木工学科教授　五十嵐　日出夫

2．パネルディスカッション「地域開発事業と土木技術の方向」

プログラム

13:30～13:45　開会の辞　北海道開発局開発土木研究所 所長
太田利隆

挨　拶　建設省土木研究所 所長
住吉幸彦

13:45～14:45　基調講演　北海道大学工学部 教授　五十嵐日出夫
演題「北海道の開発と社会基盤整備」

14:45～14:55　休　憩

14:55～16:25　パネルディスカッション
テーマ　「地域開発事業と土木技術の方向」
コーディネーター　北海道開発局開発土木研究所 所長
太田利隆

パネリスト
建設省土木研究所　所長
住吉幸彦

中国科学院水利部能源部水利水電科学研究院　院長
Chen Bing Xin

インドネシア公共事業省研究開発庁水資源開発研究所　所長
Badruddin Machbub

韓国建設技術研究院　副院長
Lee Sang Eun

マレーシア公共事業省公共事業局　次長
Abdul Rahman B. Abdullah

フィリピン公共事業道路省　次官補
Manuel M. Bonoan

シンガポール国家開発省公共事業局　建設管理部長
Tan Siong Leng

タイ運輸通信省道路局　道路研究開発センター長
Teeracharti Ruenkrairergsa

16:25～16:30　閉会挨拶　北海道開発局開発土木研究所 研究調整官
森　康夫

1．基調講演「北海道の開発と社会基盤整備」

北海道大学工学部土木工学科教授　五十嵐　日出夫



北海道の開発と社会基盤整備
―その成功の由因と代表的成果―

北海道大学工学部　教授
五十嵐日出夫

1．開発の発端とフロンティア・スピリット

1.1　開発の契機

北海道は、昔も今も国土防衛の最前線であり、文明開化の最先端である。

安政3年（1856）、当時の北海道は「えぞ地：Yezo」と称され、帝政ロシアの極東における南下政策を食い止める最前線であった。ロシアはウラルを越え、カムチャッカにまで進出して、さらに南下の機会をうかがっていたからである。

これを防衛するため徳川幕府は奥羽6藩（津軽、南部、秋田、仙台、庄内、会津）に命じてえぞ地の警備にあたらせていた。このとき西えぞ地の最北端、宗谷地区の警備を担当していたのが秋田藩士で、彼らはコーヒーを飲んでいたという記録がある。但し、このコーヒーは嗜好飲料としてではなく、北辺の厳しい寒さに耐え、野菜不足に原因する浮腫病を予防するためであった。

確かに現在でも、世界主要国におけるコーヒーの１人当り年間消費量（1982年統計）は、フィンランドでは12.77kg、スウェーデンでは11.73kg、デンマークでは11.46kg、ノルウェーでは10.51kg、フランスでは5.94kg、アメリカでは4.77kgと、寒冷の北欧諸国が断然に多い。

藩士らが飲んでいたコーヒー豆の包袋にはその効能が記されていて、「おらんだコーヒー豆。寒気を防ぎ湿邪をはらう」とあり、用法には、中袋は（熱い湯で）振り出した後、揚げ置き幾度も味が出るだけ振り出し用う」と書いてあったという。何やら今日の紅茶パックの用法にも似ている。このコーヒーは恐らく函館に入稿した外国船によってもたらせたものであろう。東京にコーヒー店が現われる20年以上も前のことである。

このように北海道には明治維新の開国以前から外国の文物の流入が盛んで、この意味ではわが国の文明開化の最前線であった。

維新以降の明治政府も徳川幕府と同じ理由で北海道の防衛に力を入れたが、一方では開拓も重視した。そしてそれを国の重要施策の一つとして大々的にかつ組織的に実施するため、明治2年（1869）に開拓使（the kaitakushi Department, the Mission of Hokkaido Development）と称する北海道開発の特命を受けた役所が設置された。さらに明治7年（1874）には防衛と開拓の２つを任務とした屯田兵制度も発足した。この屯田兵は、家屋と土地、農機具等が官給され、北海道に居住して平時は農耕に従事していたが、農耕の合間には正規軍同様の軍事訓練が義務付けられていた。

例えば、琴似兵村の場合、夏（4～9月）は4時起床、6時から就業（初年度は共同開墾）、昼食1時間で、午後6時には家庭に引きあげる。軍事訓練は時折行なわれたが、それは主に農閑期が利用された。この時期の農業の重点は養蚕と製麻であった。現在の札幌市の地名に、桑園（そうえん）あるいは麻生（あさぶ・亜麻工場跡地）とあるのは、この名残である。

このように北海道の開発が本格化したのは明治時代になってからである。それも最初はもっぱら日本の伝統的開発方法によっていた。しかし、開拓使が設置されてからは、北海道の気候、風土にどのような開発方式が最も適しているかを真剣に考えるようになった。そこで経験の豊富な外国人の意見と指導を求めることになり、アメリカにその指導者になり得る人材を探した。ここで選ばれたのが、当時のアメリカ合衆国農務長官ホーレス・ケプロン（United States Commissioner of Agriculture, Horace Capron）なのである。そのころ明治政府は近代国家の建設に拍車をかけるため、既に開発の各部門で外国人の専門家を雇用していた。それら外国人の国籍は主として、イギリス、フランス、ドイツといったヨーロッパ諸国であったが、その中で開拓使のみがアメリカ人を中心としていた。それは東部海岸から西へ西へと強力に開発のフロンティアを押し広げていたアメリカの姿に、北海道の未来のイメージが重なったからである。明治4年（1871）から明治14年（1881）にいたる十年余の短い期間に開拓使が雇用した外国人は総数78人にものぼるが、その内の45人はアメリカ人であった。しかも他の中央官庁と違って開拓使のお雇い外国人の場合は東京ではなく現地の北海道で勤務することが多かった。この影響を受けてか、現在の北海道人気質は自由でおおらかで、生活スタイルもアメリカ的だといわれている。さて、教師頭取兼開拓顧問（Commissioner and Adviser）ケプロンと開拓使との間の契約によれば、彼の職務内容は、（1）全島の形勢および地質・鉱山などを測量・検査し、（2）道路河渠を疎通し、部落村市を区画して各処の便宜をはかり、（3）樹芸・牧畜・採鉱・漁猟の方法を究明し、（4）それら事業

の費用を概算して成功の目的を予決し、(5) それを日本政府に稟議して実地に施行し、(6) 常に開拓長官を補佐して事務を商議すること、の6項目が挙げられている。

これに対してケプロンは契約上の具体的条項を提示した。それは、(1) 1万ドル（当時の日本円に換算すれば、およそ1万円）の年俸支給、(2) 旅費・食料など自己に関係する一切の費用の給与、(3) 相応の宿舎ならびに警吏・給仕などの貸与、(4) 諸学術に秀でた外国人を選び自分の補佐となすべきこと、の4項目であった。

ちなみにケプロンの年俸1万ドルは、当時の全国のお雇い外国人の中でも、大蔵省造幣寮首長として雇用されていたイギリス人のキンダー（Thomas W. Kinder）の1万2540ドルに次いで2番目の高給であった。当時の日本政府高官の給与は、最高の太政大臣が年俸9600円（当時の1円が約1ドルに相当するから約9600ドルになる）、左・右大臣7200円、参議・各省卿（大臣に相当）6000円であり、開拓使の実質上の総責任者である黒田清隆などの次官級では4800円であったことを思えば、日本政府の北海道開拓にかけた意気込みの強烈さをうかがい知ることができよう。

このようにして明治の日本政府は、北海道という一辺境の開拓の教師のために、その開拓総責任者の給与の2倍以上、あるいは中央政府の最高権力者の総理大臣の給与をはるかにしのぐ高額の待遇を与え、誠心誠意、国力の限りを尽くして北海道の開発事業に当たったのである。この結果、開発の頭初（明治2年、1869）、わずかに5万人程度にしかすぎなかった北海道の人口が、120年余を経た今日では、百十数倍の568万人を越えるまでに至った。この人口はデンマーク王国（kingdom of Denmark）の人口513万人よりも大きい。

まさに世界の地域開発史上の驚異というべきであろう。

1.2 開拓者の勤労倫理

広井勇（ひろい・いさみ／1862～1928）は、我が国の近代土木工学の基礎を築いた偉大な先人の一人として、今日でも多数の土木技術者から尊敬されている。

彼は開拓使が設置した大学程度の教育機関である札幌農学校（Sapporo Agricultural Colledge）の第2回目の卒業生（明治14年7月卒業／1881.7）で、20世紀初頭における築湾および橋梁技術の世界的権威である。そして北海道の鉄道、橋梁、河口改修、港湾整備事業等に多大な貢献をした。

この広井が小樽築港事務所長の時である。当時の我が国のセメント産業を独占し、産業財閥を築いていた浅野総一郎が、自社製品のセメント使用状況を視察しようとして、ある日小樽港の工事現場を訪ねた。所長に面会すべく、現場の一隅でかいがいしくコンクリートを練っていた男に来意を告げ、広井への案内を求めたところ、その男はコンクリート練りのてを休めて、「私が所長の広井勇であるが、ご来意は何でしょうか」と応答した。これを聞いて浅野は大いに驚いたが、これは将来、大人物になる男だと、ただちにこの広井の人柄に惚れ込み、以降浅野は広井に対して特別の敬意を払っていたという。

広井は、朝は一般の労務者より早く現場に出て働きはじめ夜は遅くまで事務所で事務をとって、決して雇用主であるとか高級官吏であるというような尊大な態度は誰にも見せなかった。

このような日本人の献身的な労働行為の背景には、欧米諸国とは異なった勤労感がある。すなわち、それは何よりも勤労を蔑視するという考え方がないということである。否、むしろ正しい勤労は神聖なものとして、日本人の祖霊の神々に倣うことであり、佛に到る修業の道程であって人間として尊敬されるべき行為であると考えるのである。従って、「労働」は普通「仕事」といわれ、神々や人々に奉仕するという意味を持っている。それはちょうど清教徒（Puritan）におけるプロテスタンティズム（Protestantism）に似ている。ところで欧米諸国では、一般に労働は苦役と考えられてきた。これは神がアダムとエバを楽園から追及するに際して、「あなたは一生苦しんで地から食物を取る。"With the hard work of your hands you will get your bread…"（旧約聖書・創世紀第3章19節・THE OLD TESTAMENT, GENESIS 3-19）と言われたという信仰に結び付いているからかも知れない。



これに対して、日本神話の神々は高天が原（たかまがはら）という神々の住む国において日常に労働していたのである。現存する日本最古の歴史書といわれる古事記（和銅5年／712年に完成）によると、日本神話の最高神である天照大神（あまてらすおおみかみ）は女神であって、機織り小屋を持ち、女神ご自身で布を織っていたし、ほかの男神たちも田畑を耕し農事をしていたという。この伝統は今日にも受け継がれ、今上天皇も春には水田に入られ、お手ずから稲の苗を植え、秋には刈り取られて神々に捧げられる。したがって我々日本人には、天皇もなさるのだから、少なくとも表向きには、労働を蔑視するという考え方はない。

また佛教も日本に伝来してから、教義が変更され日本



的佛教に変容した。江戸前期の禅学者・鈴木正三（すずき・しょうさん／1579～1655）は、その著、「万民徳用（ばんみんとくよう）」において、武士、農民、職人、商人の勤労倫理を説いている。すなわち、あらゆる正しい労働はすべて世のため人のためになり、衆生の生活の助けになるのだから、僧侶ではなく、普通の人として在家で生活し勤労に精を出していても、佛教を信心してそれぞれの勤労に佛に感謝する気持をもって励むならば、それは僧侶になって佛に仕えるのと同じである。たとえば、信心堅固で農事に勤しむならば、その農事は賤しい仕事ではなく、むしろ佛に到る高貴な菩薩の業であるという。

このような考え方は石田梅岩（いしだ・ばいがん／1685～1774）を始祖とする石門心学（せきもんしんがく）の一派にも見られる。「商人の道は、適正な利益を追及することである。しかし、利益の追及に人間性を欠き貪ると、商売はうまくいかなくなり、家を亡す。人間性を大切にするという商人の道を知れば、無道な欲心を離れ仁心によって勉めることになるから、家は栄える'という。従って商人といえども、また貧困の人を助けるという心懸がなくてはならない」（石田梅岩：都鄙問答）というのが石門心学による勤労倫理である。

このような勤労倫理は農民、商人ばかりでなく武士にもあった。

我が国の明治・大正期のキリスト教の代表的指導者、内村鑑三（うちむら・かんぞう）が、その著「代表的日本人（Japan and Japanese）／鈴木俊郎訳、岩波文庫、1941）」において、代表的日本人として賞揚した「封建領主・上杉鷹山治憲（うえすぎ・ようざん・はるのり／1751～1822）」は勤労倫理においても、まさに現代の日本人同様であるといえるであろう。鷹山は、米沢藩の財政をたて直すため、藩内の士農工商が身分を忘れて一体となり労働に励むことを奨励した。そして、一時は鷹山自身も絹糸をとる蚕を飼うために自ら城内を耕して桑を植え、家臣等の家々にもそれぞれに植えさせたという。このように労働を尊重した上杉鷹山に「伝国の辞」と称されている教書がある。息子、治広（はるひろ）に上杉家を相続させるに当り、藩主の心得として、次の３ヶ条を示したものである。

一．国家（この場合は米沢藩のこと）は、先祖から子孫に伝えられるもので、決して君主の私すべきものではないこと
一．人民は国家に属するもので、決して君主が私してはならないこと
一．君主は国家人民のために立ったものであって、君主のために人民があるのではないこと

天明五巳年（1785）2月7日
治憲

治広殿　机前

（筆者による現代語訳）

という内容である。

このような考え方は、今日の日本にも受け継がれ、いわゆる日本的企業経営思想の根幹となっている。すなわち、現在の日本の企業は、大体、封建時代のこの米沢藩のようなもので、企業の所有は株式及び債権者だけではなく、経営者はもとより、心情的には従業員にも及ぶと見るのである。だから企業の機器は経営者の危機であるばかりではなく、従業員の危機でもある。だから従業員もその危機の克服のために待遇改善の要求をも縮小して熱心に働く。そして経営者が企業の再建のために従業員を解雇するのは最後の手段なのである。また日本の雇用関係においては、管理・監督する者とされるものとは分裂していない。連続しているのである。下級労働者でも20年位も勤続すれば、大概は下級の管理者には昇進する。そしてこの下級の管理者から上級の管理者にもなりうる。また大学や大学院を卒業して企業に入ったとしても、最初は一般の労働者と同じような下級の労務に従事しなければならない。また技術者でもある者は財務の労務を担当したり、営業の労務を担当したりして、広範な職務を経験しながら最下級の地位から順次に上級の地位へと昇進していき、やがては重役や社長になる場合も少なくない。

それゆえに日本人にとって勤労は仲間に認められるチャンスであり生きがいである。勤労は尊敬されるべき行為なのである。なぜならばこの勤労によって彼は集団の評価を知ることができ、昇進のチャンスを掴み、心情の上でも自分は善いことをしていると自覚することにもなるからである。この考え方が日本社会の長所であり短所でもある。長所として作用する場合には、例えば地域開発事業は全従事者の献身的な協力によって休息に発展するし、短所として作用する場合には、本来、我々の生活を豊かにし、我々に幸福をもたらす手段であるはずの事業それ自体が目的に擦り替って、その為の目的達成のために人々は無意味な努力をして疲れ果ててしまうからである。

1.3　開拓者の養成と札幌農学校

北海道の開発は科学の力によるべきであり、それにはまず人材の養成こそ急務であるとして、開拓使は明治5年（1872）、東京に開拓使仮学校を開設した。この仮学校は同年9月に女学校を併置し、卒業後は北海道開拓者の配偶として家庭に入れようと意図したものである。

本格的な地域開発は土地や自然資源の開発ばかりでなく、その根元は社会開発や人間啓発に在る。しかも男子の力によるのみでなく、女子との協力によってはじめて成功するという開拓使の考え方は、今日でも全く適用する考え方であり再度思い起こす必要があるだろう。

ところで、当時、開拓使の顧問として前述のH.ケプロンがいた。彼は、かつてアメリカ合衆国農務長官であり、開拓に関する学識も経験も共に豊富であった。そしてケプロンは顧問に就任する以前から、地域開発にはその中心となる農業学校が必要であると考えていた。そこで開拓使に農科大学の設置を建議したのである。この考えはちょうど開拓使の実質上の総責任者である黒田清隆の考えとも合致したので、開拓使はこの建議を容れ、早速に駐米公使吉田清成をして合衆国政府に農科大学を組織する責任者に足る人物の推薦を依頼した。この結果、マサチューセッツ州アマスト農科大学長ウイリアム・スミス・クラーク（William Smith Clark）が招聘されることになったのである。

クラークは快くこの招聘を容れ、1年間の服務契約で、ウイリアム・ホイラー（William Wheeler）、デービッド・P・ペンハロー（David P. Penhallow）2教授を伴って、明治9年（1876）7月札幌に到着した。クラークは札幌に入るや、黒田の命を受けて直ちに農学校のカリキュラムを編成し、学科を組織し、修業年限を4ヶ年に定めた。そして卒業生には学位（学士）を授けることにした。また学生には、クラーク自身が、既に設置されていた開拓使札幌学校の生徒を試験し、その合格者12名と、東京で新たに募集した11名とを併せて23名を官費本科生として入学させた。この官費本科の外にも予備科も設置して普通学（一般教養）を教授することにし、その課題は3年と定めた。

校長は調所広丈（ずしょ・ひろたけ）、クラークは教頭、ホイラーは農場長であり数学および土木工学の教授を兼ね、ペンハローは植物学、化学の教授に就任した。

学校の名称はAgricultural Colledgeを和訳して「農学校」とし、在来の札幌学校は閉校とした。ここに札幌農学校（Sapporo Agricultural Colledge）が開校されたのである。このとき、明治9年（1876）8月14日のことである。そしてこの札幌農学校が基礎となって現在の北海道大学に発展した。従って北海道大学の開校記念日は8月14日であり、今年は開基117年に当る。

2．北海道開拓10年計画から第5期北海道総合開発計画まで

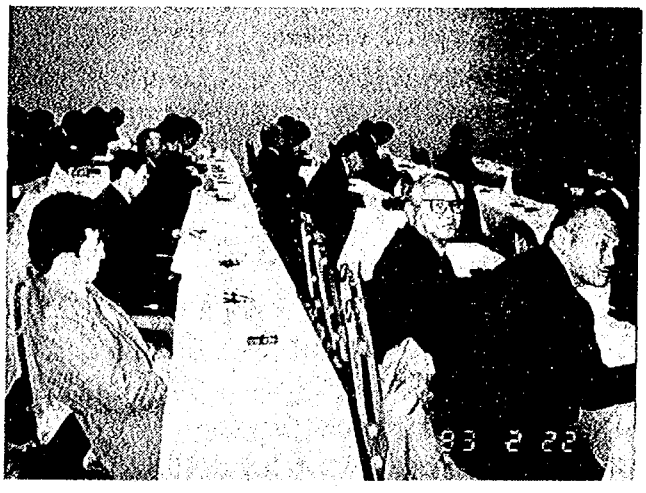
2.1　開拓使時代

明治5年（1872）、開拓使は北海道開拓10年計画を立てた。この計画は、北海道において実施された最初の計画である。この計画によって、移民の受け入れを進めるとともに、陸海路の開削、炭山の開発、鉄道の敷設が行われ、また士族の救済と防衛をも兼ねた屯田兵制度及び農産物の買い上げ、またはビール会社のような官営の加工工場を設置した。

2.2　3県1局時代

明治15年（1882）2月、開拓使10年計画が終了したのを契機として開拓使は廃止された。これに代わって、北海道は函館、札幌、根室の3県に分割され統治された。開拓使が所管していた殖民、山林、札幌農学校等は農商務省に、工場、炭鉱、鉄道は工部省に、屯田兵制は陸軍省にそれぞれ所管された。翌16年、農商務省に北海道事業管理局を設置して、再び農耕関係事業の統一を図った。しかし、開拓の緒についたばかりの北海道において、開拓使のような統一的組織を失ったことは、開発事業の遂行にとって大きな痛手であった。従って、この3県1局時代には開発事業に見るべき成果はない。

これは辺地の開発には開拓使のような開発全般にかかわる強力な統一的組織の必要性を示唆するものである。



2.3　北海道庁時代

この北海道開発の低迷に苦慮した政府は、明治18年（1885）、北海道の拓殖事情を調査するために、大政官大書記官・金子堅太郎（かねこ・けんたろう）を北海道に出張させた。その復命書の「拓地殖民の大業をなすには行政機構の改革が必要である」という意見に基づいて明治19年（1886）1月、3県及び北海道事業管理局を廃止

して、北海道庁を設置した。

この北海道庁には現在の国務大臣に相当する北海道庁長官が置かれ、長官は拓地殖民に関する事務を統理していた。このように北海道の開発は昭和22年（1947）5月に地方自治法が制定されるまで約60年間にわたって、国（中央政府）による一元的な開発行政機構の下で進められたのである。

（1）初期北海道庁時代

明治19年の北海道庁の設置から同34年に至る北海道庁初期の時代には、特に開発計画は立てられていないが、北海道開拓の基本政策は、開拓使時代にとられた移民の直接保護政策を廃し、開拓の基礎条件の整備を主とした間接保護政策がとられ、我が国の経済の興隆と相まって、資本の誘致政策へと大きく変換していった。

直営工場や鉱山は民間へ払い下げられ、北海道土地払下規制、さらに、北海道国有未開地処分法の制定により広大な地積処分が行われた。また殖民地選定事業が開始され、農耕牧畜適地の区画が進んで大地主の出現もみるに至った。

このほか、小樽港、室蘭港、釧路港などが開港され、明治33年（1900）北海道拓殖銀行が創設されるなど、開拓の基礎条件は次第に整備されていった。

（2）北海道10年計画時代

日清戦争を契機とする我が国経済の急速な発展は、反面、急激な人口増加、貧農の発生などの問題が生じ、その解決を北海道開拓に求める気運が高まった。明治34年、北海道10年計画が立てられ、同時に北海道地方費法が公布されて、従来すべて国費で支弁されていた北海道の行政費を国費と地方費に区分する、いわゆる自まかない主義が導入された。

北海道10年計画は、明治34年から（10年間にわたり、2,161万円余の拓殖費をもって、殖民事業を始め、道路、橋りょうの新設及び修繕、小樽・釧路港の築港、駅逓及び渡船の増設、石狩川等のしゅんせつ、航路補助など、各般にわたる事業を行うことを予定したものであるが、予定通り経費の支出が行われたのは当初の2、3年に過ぎず、37年には日露戦争によって経費は削減され、戦後も財政事情のために事業は予定通りに進まず、9年間で打ち切りとなって次の新たな計画が作成された。この間、明治42年（1909）には人口は154万人を数えるに至っている。

（3）第1期拓殖計画時代

日露戦争後の国力充実の必要性から、政府は、明治43年（1910）から新たに15か年計画を実施することとした。いわゆる第1期拓殖計画である。この計画は、地形の測量、殖民地の選定区画、国有未開地の処分、産業の奨励、農業及び水産業の基礎となる調査、試験、道路橋りょうの新設改良、水田の開発、石狩川治水工事、小樽等の港湾の調査、修築などを行うことを予定していたものである。ところが、計画期間の当初における不況や、第1次大戦による好況とその後の反動による不況などの影響により、計画は数次の改訂が行われた。しかし、後半期には拓殖費は年々増額されて、事業も著しく進展を遂げ、また、計画当初に予定しなかった多くの新規事業が計画に盛り込まれていった。

この計画期間においては、水産業、農業、工業とも急激に発展し、特に工業については、民間諸企業の進出がめざましく、大正9年（1920）には農業生産額を抜いて第1位となり、北海道の産業はようやく工業生産優位の段階に入った。

この第1期拓殖計画は、目標を人口300万人、未開地の処分165万町歩（約163万6,000ha）とし、明治43年度（1910）から17年間にわたって実施されたが、人口は243万人、未開地処分は135万町歩（約133万9,000ha）の実績をあげて、昭和2年（1927）3月に終了した。

（4）第2期拓殖計画時代

第1期拓殖計画は相当の成果を収めて終了したが、60年間にわたる北海道の開拓はもっぱら資源の収奪に走り、生産安定のための政策が不十分であるなどの新たな問題も生じていた。

このような状況にあって、第1期拓殖計画の終了を契機に、重要な国策として第2期拓殖計画が立てられた。

第2期拓殖計画は、昭和2年度（1927）から向こう20年間の拓殖費総額を9億6,000万円と定め、これまでにない強い財源措置を講ずることとなった。すなわち、未開地の開発、海田の開発。人口移植に必要な交通、産業並びに土木全般にわたっての施設経営を行うというもので、農耕適地158万町歩（約156万7,000ha）の造成、牛馬100万頭の充実、移民約197万人を収容して総人口を600万人とする等目標をおいた。

この計画の前半は、不況によって拓殖財源に不足を来し、国の一般財源から多額の充当を受けなければならなかった。しかも、昭和4年度（1929）からは、国の財政も緊縮財政に転じ、加えて、我が国経済は世界恐慌の嵐に巻き込まれ、不景気は一層深刻化、長期化していた。

昭和6年（1931）、満州事変が勃発し、我が国の植民政策はしだいに大陸へと移り、北海道の拓殖計画は予期したようには進められなくなっていった。しかも、北海道は、6年（1931）から連年冷害凶作に見舞われ、計画で予定した事業は縮小または繰り延べのやむなきに至った。

また、この計画の後半には日華事変及び太平洋戦争が起こり、重点は森林の伐採、食糧増産に向けられ、計画のねらいであった殖民、土木事業は目標から遠ざかり、未完のまま昭和21年度（1946）をもって計画を終了した。

第2期拓殖計画の実績は、農耕適地78万町歩（約77万4,000ha）、牛馬40万頭、人口350万人であり、計画目標の半分にも満たない有様であった。

2.4　戦後の混乱期

昭和20年（1945）8月15日、敗戦した我が国は領土の縮減、戦災による産業活動の極度の停滞、食糧難、引揚者や復員者による人口の急増など著しい混乱状態にあった。

このような中で、国民経済を復興し、食糧増産と人口収容を図るため、豊富な資源を包蔵する北海道の開発が重要な国家的課題として大きくクローズアップされたのである。

政府は、まず、国内開発の第１歩として、「緊急開拓事業実施要領」を決定し、北海道に70万町歩（約69万4,000ha）の開墾と20万戸の入植を割り当てたが、これは過去80年間の成果をわずか5年間で達成しようとする大事業であり、しかも、十分な調査を行う余裕もなく実施されたため、昭和20年から23年までに、わずか1万9,122戸が入植したにとどまった。

また、府県制度が大幅に改正され、内務省の解体と北海道庁が地方自治体に改組されたことにより、従来の開発体制が消滅したが、我が国の緊急事態の打開に大きな役割を担う北海道の開発を積極的に推進するためには、開発行政の全般を統一的に所管する新たな行政機構を設ける必要があるとの機運が急速に高まった。

その後、若干の紆余曲折を経て、昭和25年（1950）「北海道開発法」が制定され、北海道開発庁の誕生をみた。ここに戦後数か年の空白の後、再び国策として北海道を積極的に開発するという、戦後の北海道総合開発の基本路線が敷かれたのである。

2.5　北海道開発庁時代

昭和25年（1950）の北海道開発法の制定、同26年（1951）の一部改正によって、総合開発計画の立案機関としての北海道開発庁（Hokkaido Development Agency）、現地における国の直轄事業の総合執行機関としての北海道開発局（Hokkaido Development Bureau）の誕生により、新しい開発体制が確立され、以後、北海道の開発はこの体制の下で、北海道総合開発計画に基づき、計画的、組織的に、かつ、強力に推進されることとなった。

その間、北海道総合開発計画（Hokkaido Comprehensive Development Plan）は、北海道開発が、我が国経済社会の発展に積極的に寄与するという一貫した開発理念の下に第１期から第５期まで策定され、現在に至るまで我が国が抱える様々な課題に的確に対応してきたのである。

3．総合開発計画の舞台

現在実施されている北海道総合開発の舞台となっている地域特性の概略を示せば次のようである。

3.1　広大な面積

北海道の総面積は8万3,158km²で全国37万7,780km²（歯舞諸島、色丹島、国後島、択捉島を含む）の約22.1％に相当する。ヨーロッパでは、オランダの4万1,000km²より更に広い。

したがって、札幌から北見に行くにしても、特急列車で片道4時間半もかかる。しかも特急列車は、「オホーツク１号」「３号」「５号」「７号」と、１日に4本しかない。この4時間半といえば、新幹線ではおよそ東京から広島までの時間距離に相当する。

また、我が国最北端の都市、稚内（人口4万8,000人、平成2年）へは、旭川以北には特急列車がないから、急行列車で約6時間半もかけなければ行かれない。旭川（人口35万9,000人、平成2年）からでも約5時間はかかる。これでは到底、日帰りは不可能である。だから稚内市民がちょっと難しい病気にでもなって、大都市の病院へ通うとなれば、1泊2日の行程になってしまう。

この不便を解消し、他府県並みの都市サービスを享受するには、鉄道を高速にするか、よほどの高規格道路を整備してアクセス手段を強化するか、あるいは稚内市内に大都市並みの整備が整った病院など、高度の都市的サービスを供給できる施設や機関を整備するよりほかに方法がない。また、たとえ航空の便はあっても発着時刻が利用者の便に合わず、運賃が高ければ、日常の通院などはとても利用できない。

3.2　菱形の島

日本海沿岸の留萌から太平洋沿岸の釧路まで、直線距離でおよそ250km、道北の稚内から道南の浦河までおよそ400kmある。細い部分と長い部分の比、即ち細長比は0.62である。本州は青森から下関まで中央山脈沿いにおよそ1,300km、新潟から小名浜まで200kmあるから、細長比は0.15になる。



このように細長比では、北海道は本州の４倍も円形に近い。このことは、本州は鉄道のような線的交通機関に適し、北海道は自動車のような面適交通機関に適することを意味する。すなわち、本州では境界を接して線状に

並ぶ大都市を貫通するような鉄道の効率がよく、北海道では広域な面状に点在する都市を連結する道路の効率がよい。

また北海道の大都市は、札幌・旭川をはじめ、帯広・北見などの都市が内陸に離れて点在している。こおために北海道の貨物輸送では港頭から内陸都市は接続する陸上輸送が必要になり、内航海運は便利でない。

3.3 希薄な人口

北海道の人口は568万人（平成4年／1992）で全国1億2,361万人の4.6%である。しかるに面積は22.1%もあるから、全国に比べて人口密度は極めて低く、1km²当たり68人しかいない。全国の325人に比べればおよそ5分の1（北方4島を除けば4分の1）である。それ故に都市と村落を相対人口論的に分別するとすれば、道外では都市を5万人以上とするならば、北海道では1万人以上ということになる。即ち人口1万2,000人の江差町や1万8,000人の浦和町は、それぞれ檜山、日高支庁所在の中心都市として制度上は「町」とは言いながら、周辺地域に行政・教育・文化・医療等の都市的サービスを供給し、地域に便宜を与えなければならない。さもないと地域は崩壊するからである。ちなみに都市地理学的見解（都市地理学者・木内信蔵）によれば、都市と村落の境界人口は、人口密度が日本に比べて13分の1のアメリカでは2,000人、3分の1のヨーロッパでは1万人である。日本では地方自治法第8条によって「市」（ここでは仮に「市」を都市とする）の要件は人口5万人であるが、町村合併が奨励された時期には、3万人という特例が認められていた。

そもそも都市か、村落かはその集落が周辺地域に都市的サービスを供給給しているか否かによる。たとえ人口規模が小さくても。その集落が周辺地域に都市的サービスを供給し、地域一帯の各となっているならば、それは重要な都市のヘゲモニーを保持していることになり、機能論的には都市ということになる。

現に北海道では江差や浦河のように1～2万人規模の集落が道外の5万人以上の集落に匹敵する中心都市としての役割を持たされている。

例えば人口2万2,000人（平成2年）の中標津町は、その都市的サービスによって、神奈川県の面積2,400km²を越える羅臼、標津、別海にわたる約3,000km²の地域に、中核都市としての都市的サービスを供給している。そしてこの都市的サービスの供給は鉄道標津線が廃止（平成1年4月30日／1988）されたいま、道路だけに頼らねばならないのである。したがって、この地域の道路整備が十分でなければ、地域は壊死する。

3.4 大量の降雪と寒冷

札幌の緯度は北緯43°03′、南フランスのマルセイユとほぼ同緯度である。マルセイユは地中海性気候で、1月の平均気温が6.7℃もあり、我が国では九州の宮崎あたりの気候に相当する。

これに対して札幌は冷帯気候で、月平均気温の最高は8月の21.3℃、最低は1月の-4.9℃、全年平均は8℃である。また全年累計降水量は1158mm、12月～3月末頃までの降雨は気温が氷点下のために雪になる。この機関の降雪量は累計で617cmにも達する。最深降雪記録は、1939年2月13日の169cm、平年でも100cmを越える。寒さはエドモントン（1月平均気温-14.7℃、降雪量40cm、カナダ）やハルピン（-21.7℃、21cm、中国）に比ぶべくもないが、降雪量では、はるかにこれらの都市を越えている。

そしてこの雪が交通に大きな障害をもたらす。冬季に除雪をしなければ道路はないに等しく、日常生活は不能に陥る。それ故に、冬季には完全除雪が行われ、夏季に近い自動車走行が保証される道路、即ち高速道路の整備が、他地域よりも一層切望されているのである。

それに加えて、稚内から根室にかけてのオホーツク海沿岸は、1月から4月初旬頃までは流氷に閉ざされ、港湾の利用ができない。

3.5 産業構造と集積

北海道の産業人口構成は、全国に比べて第1次産業の比率が高い。即ち産業別就業人口構造比（平成2年10月／1990）は、第1次産業10.9%、第2次産業23.7%、第3次産業65.4%である。これに対して全国では、それぞれ7.2%、33.9%、58.9%であって、第1次産業は3.7%高く、第2次産業は10.2%低い。このことは第1次産業から出る貨物輸送の割合が大きく、したがって輸送貨物の運賃負担力が低いことを意味している。しかも農作物の輸送需要は、性格上収穫期の秋に集中する。

次に生産額の全国シェアから北海道の産業集積の状況を見てみよう。

生産額シェアが人口シェア（4.7%）を大幅に上回る産業は鉱業の14.5%、農林水産業の12.1%、やや上回る産業は建設業の5.9%、公務の5.5%（昭和57年度／1982）である。一方製造業は全部合わせても1.9%にしかすぎない。

このことは、1人当たり道民所得にも影響し、全国の259万6,000円（19,800ドル）に対し。北海道は、237万6,000円（18,100ドル）（平成元年度／1989）で、全国平均の約91.5%である。

3.6 過密と過疎

大都市の人口は、札幌市の171万7955人（平成4年12月1日）が最高で、200万人を越える巨大都市はなく、いわゆる過密の問題は対して深刻ではない。これに対して過疎市町村は、全道市町村の約70%にも及び、全国市町村の34%に比べれば、2倍を上回る割合である。これは、地方の主要交通として道路が優位であることを示している。全国的傾向から言っても、都市部より郡部のほうが1人当

たりの自動車保有台数が多く、都市よりも農村の自家用車利用率が高い。自家用車に頼らなくては生活できないからである。したがって道路整備は、北海道では、上・下水道と同じような生活関連必需施設の整備である。

また過疎地域は一般に高齢者（65歳以上）の割合が高い。即ち全国平均では10％であるのに対し、過疎地域だけでは17％（昭和60年／1985）にも及ぶ。これは人口流出の大部分が若年層だからである。またこのことは過疎地域の交通手段をマイカーだけに頼れないことを示す。一般に高齢者はマイカーを持っていても自由に、かつ安全に運転できず、いわゆる交通手段限定層（limited mobility group）に属するからである。このため過疎地域では特に乗合バスのような公共的交通機関の整備を欠くことができない。

4．代表的な土木事業の成果

昭和26年（1951）に北海道開発庁が設置され、その現地における国の直轄事業の総合執行機関として北海道開発局が誕生した。以来42年間に数多くの世界に誇るべき事業を完成したが、いま筆者の主観的評価により、幾つかの代表的な土木事業の成果をあげれば次のとおりである。

4.1　国道36号札幌―千歳間道路（通称弾丸道路）

この道路は、戦後の我が国における道路建設史に「北海道の道路技術」の名を高らしめた道路である。延長34.5km、工期わずかに1年余で、工費8億7,000万円を投入して完成したものである。この道路建設には、道内道外の改良・舗装業者の精鋭14社が参加した。特に土工量が集中している区間には、北海道開発局の直営機械班3班が投入され、当時の最先端技術によって完成された。

切土量は295,300m³、盛土量が376,700m³という相当量の大土工を伴った工事であった。このほか新設橋梁が2個所、改造補強橋梁が10個所あり、舗装面積も263,500m²に及ぶ。また使用された材料は、路盤工が291,900m²、セメント7,090トン、アスファルト3,200トン、鋼材450トンなどである。延べ労力は約339,000人にも達し、使用された機械類もブルドーザが大型7台、中型16台、小型19台の計42台、キャリオールスクレーパ13台、マカダム・タンデムローラが53台、タイヤローラ2台などのほか、アスファルトプラント6基である。

この道路建設で特筆すべきは、万全な凍上対策、舗装の摩耗対策、除雪対策、維持対策などであり、積雪寒冷地のテストロードとして、当時としては画期的な対策工法がなされたものである。されにはコンクリート舗装からアスファルト舗装への転換に、大きな役割を果たしたことなども、その大きな成果の１つであろう。この成功以来アスファルト舗装が全国的に高級舗装として採用されるようになったのを見れば、このことがわかる。

当時の新聞は「わが国土木界の最高の技術、機械を大量に投入して正味１ヵ年で完成した。…道路工事史に輝く金字塔を打ち立てた。…本道の産業、経済上多大の利便を与えるものと期待」と伝えている。



完成当時の島松沢付近の道路

4.2　石狩河口橋

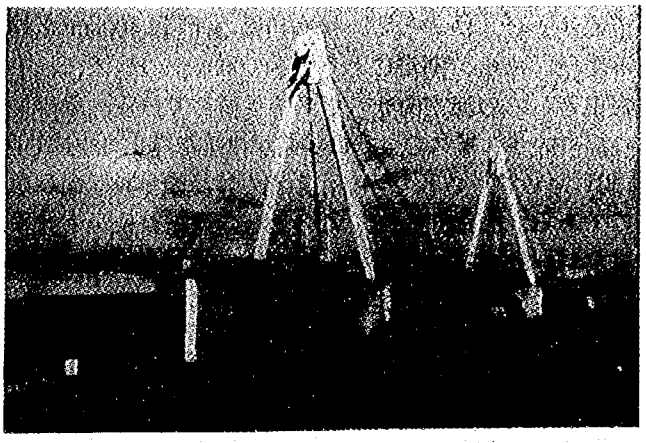
石狩河口橋は、石狩川の河口から上流約6kmの地点に、昭和51年（1976）11月第2期工事を完了し、着工以来約10年ぶりにその全長が完成した。本橋の橋長1,412.7m、最大支間長160.0mはいずれも、現在のところ、河川橋としては全道一の規模を誇っている。

この橋の技術的特徴を要約すれば次のようである。

（1）主径間部基礎工に、軟弱地盤における橋梁基礎工として、我が国ではじめて鋼管矢板井筒工法を採用し、その構造解析法を提案したこと。

（2）主径間部上部工・斜張橋の設計に当たって、道内ではじめて動的耐風安定性に関する実験をベースにして、最終的には、カルマン渦制御の目的のため、強化プラスチック製の“断続型耐風安定用フレアリング”を開発し、低風速域における限定振動の発現の制御に成功したこと。

（3）主径間・斜張橋のメインケーブルに採用した平行線ケーブル素線（当時使用例少なかった）の低温時における軸方向耐衝撃性試験法をわが国ではじめて開発し-60℃から+20℃までの各段階における吸収エネルギーを測定したこと。



石狩河口橋

とくに、（1）鋼管矢板基礎工は、水面下約50mの洪積世層に沿直支持力をつたえながら、軟弱河床堆積層に水平力をK値に応じて分担させるもので、この基礎工法はその安全な施工法と相まって、その後わが国の軟弱地盤における橋梁基礎工として普及する嚆矢となったものである。

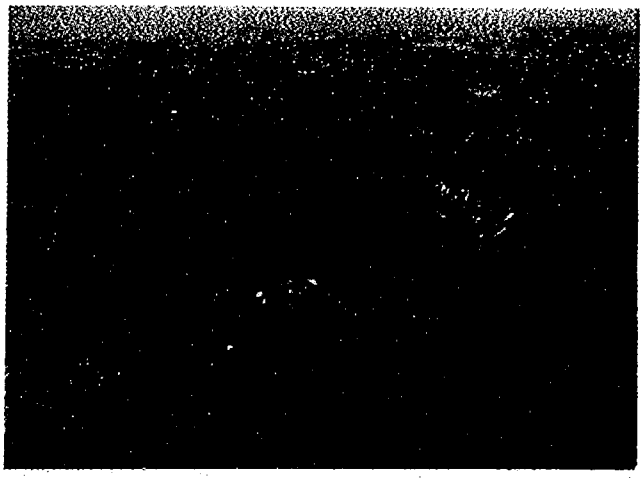
4.3　苫小牧西港

苫小牧工業港の建設は、昭和26年（1931）「北海道総合開発第一次五カ年計画」の中で重要施策として位置づけられ、わが国初の内陸堀込み式港湾として築港に着手した。その後、事業は鋭意進められ、昭和38年（1963）には、商工区石炭岸壁の完成とともに、大望の第一船を迎え、工業港としての供用開始となった。

以来、港の利用は年々高まりをみせ、それに伴い港湾施設の整備も順調に進められ、北海道における大規模工業地帯の中核をなる港湾に成長し、国際貿易として、また、流通拠点として本道経済はもとより、わが国経済の安定的発展に大きな役割を果たしている。

平成2年（1990）の本港の取扱貨物量は、6950万トン（東港を含む）で、13年連続全道一位（苫小牧港の全道シェア—35%）を占めており、本港の優位性を示している。

苫小牧西港の建設の効果は、単に社会、経済面にとどまらず、その技術面においても多大な影響をあたえた。漂砂現象の著しかった砂浜に大規模な堀込み港湾を建設するという大事業を成功に導いたのは、昭和29年（1954）に我が国で最初に行われた「ラジオアイソトープ」による漂砂追跡調査を始めとし、種々の調査、研究、技術開発など地道な努力と熱意に他ならない。この成果は、後の鹿島港、新潟新港などの建設に引き継がれ、さらに、苫小牧東部工業基地の港湾建設にも生かされることになった。



北米との定期コンテナ航路を開設した苫小牧西港

4.4　新千歳空港

新千歳空港は航空輸送需要の増大に対処し、あわせて国際化を図る民間航空専用の空港として、千歳空港の南東に隣接し、空港の面積は719haで国内4番目に広い面積を有している。滑走路は国際線に就航する大型ジェット機が離着陸可能な長さ3,000mのA滑走路を昭和63年（1988）に完成し、現在は同じく長さ3,000mのB滑走路の整備に取りかかっている。

新千歳空港の建設工事は昭和50年度（1975）に着手して以来18年の歳月を費やし、空港用地取得の難航などの諸問題を克服しながら、第1期工事として総事業費488億円（一部第2期に着手）を投資し、昭和63年（1988）7月20日ターミナル施設を除いて供用が開始された。その後平成4年（1992）に新ターミナルビルも完成し、JR北海道の鉄道がその地下に乗り入れた。

この新千歳空港の開港によって、今後は便数の増大、路線の拡大、外国航空機の乗り入れ、さらに国際線の直行化にも十分に応え得る我が国の北の空のゲートウェイの地位を確保した。そして開港を契機に現在、様々な関連プロジェクトが検討されている。例えば空港周辺の広大な用地を利用し、航空機整備の立地を図るほか国際空港貨物の流通拠点としての国際エアカーゴ基地構想、さらには新空港—札幌市間への磁気浮上式鉄道（リニアモーターカー）の導入など各種プロジェクトの実現が期待されている。





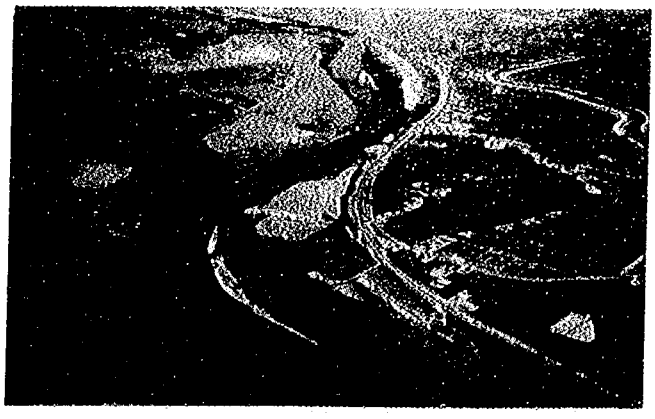
民間航空専用の空港として開港し、国際エアカーゴ基地として期待されている新千歳空港

4.5 石狩川治水事業

石狩川流域に開拓の鍬が入り、和人が定住しはじめたのは、えぞ地が北海道と改められた明治の初期以降であって、流域の歴史そのものが新しく、石狩川治水の歴史も全国の河川に比較するとさほど長いとはいえない。しかし石狩川の治水事業は石狩川流域の開拓が政府の手によって計画的に進められたと同じように、最初から当時の技術の粋を集めて計画調査され、拓殖計画の一環として治水事業が推進された点に本州他河川に見られない特色を持っている。

石狩川の名前はアイヌ語のイ・シカラ・ペッ（非常に曲がりくねった川）に由来すると言われているが、古い地図を見ると石狩平野の中で大きく蛇行しており、現在でも多くの三日月湖としてその名残りを留めている。初期の治水工事の重点は蛇行をショートカットするもので大正7年（1918）に現在の茨戸川の生振（おやふる）新水路工事に着工以来、昭和44年（1969）までの間に石狩川で29個所のショートカットが行われ、総延長で約60kmも流路を短縮した。そのため、蛇行部が自然に短縮したものを含めると明治末期に約370kmあった流路延長は、現在では約270kmと、約100kmも短くなった。

こうして流路が短くなったことと、その結果河床勾配も急になったことにより、洪水流を通水する能力は大幅に高まり流域の治水安全度が向上した。さらに通常時の石狩川の水位も下がったため周囲の湿地の水位も下がり、それまでの湿地は乾燥化して広大な農耕地とすることが可能になった。そして昭和30年（1955）代からは築堤工事やダム工事も行われ、並行して行われた農地開発により現在では農地面積も明治末期の約5倍にもなった。



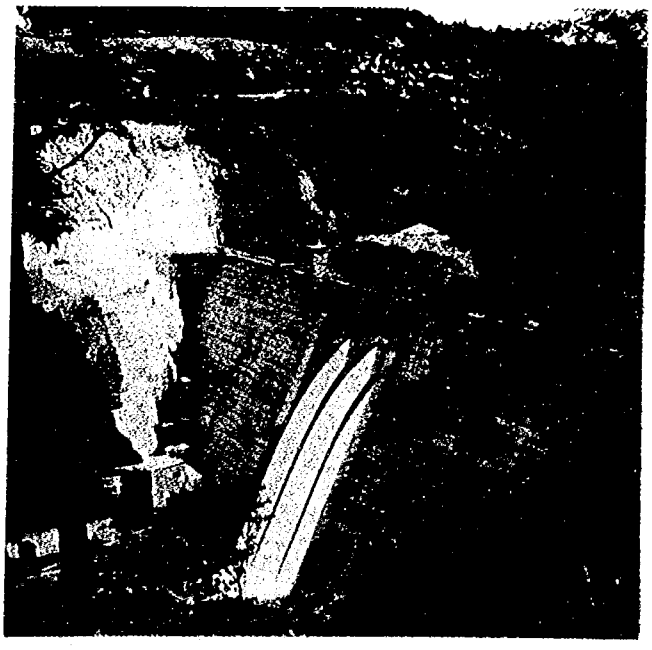
ショートカットにより生まれた石狩川の三日月湖

4.6 金山ダム

金山ダム（かなやま・ダム）は、道内の多目的ダムの第2号として、桂沢ダムが完成した2年後の昭和34年度（1959）に着手したダムで、社会経済的なダム建設要請の背景は桂沢ダムと同様で洪水調節、灌漑用水、水力発電及び失業問題の緩和等である。金山ダム計画は戦前にも机上検討されていたが、本格的な調査・検討は昭和26年（1961）に開発局において発電目的の計画が立案されたのが最初であった。しかし、国鉄根室本線が10数kmにわたり水没することや、水没戸数が200戸以上に達し、多額の建設費を必要とすることから、発電単独の事業としては難しく、洪水調節、かんがい目的も加えた共同ダム計画で検討が進められた。昭和27年（1952）に「電源開発促進法」が、また、32年（1957）には「特定多目的ダム法」が制定され、多目的ダム建設の法制面での整備がされたが、これにより、それぞれの目的毎に投資効果に見合った計画規模とすることとなり、これが発電、灌漑計画決定と、ダム事業着手を遅らせることとなった。

金山ダムは、国鉄13km、道々、村道それぞれ10kmの付替工事と多くの一般補償が必要であったが、水没する南富良野村金山地区は、全村農耕地の27％に当たる1,185ha、全水没戸数が全村農家戸数の24％を含む269戸にものぼり、さらに村が湖により二分される等、南富良野村は大きな影響を受けることとなった。水没者は「金山ダム対策委員会」を組織し、国との窓口を一本化し、また、村議会は水没者に対する補償と生活再建、村振興のための「飛躍的村造り計画」の実現等を基本とする67項目の要請書を国や道の関係機関に提出した。これに対し、北海道は副知事を会長とする委員会を設置し開発局と一体となってこの解決に当たった、現在ではダム建設上不可欠な「水源地対策」がすでにこの金山ダムでも行われていたのである。

この当時は、経済的に困窮し、人件費が安く、セメント等の材料費が高かった我が国にとっては堤体積を節減し、建設コストを低減できるダムタイプは極めて魅力的なものであったが、金山ダムで採用された中空重量式コンクリートダムは、桂沢ダムの重力式コンクリートダムに比べ、堤体積を30％程度軽減できるものとして歓迎されたのである。



金山ダム（左岸下流より望む）

5. これからの開発計画の考え方
ホロニック・ネットワークの提唱

5.1 組織を融合し新しく展開するホロニック・ネットワーク

いま幾つかの組織が、物理的にも意識的にもつよくネットワークにより連結されて融合状態（melting state）にあれば、一つの組織は連結された他のすべての組織の中にも存在するようになる。そして全組織は、相互に強い依存関係を保持し、それぞれの組織の機能は互いに補完し強調し合って、個々に何の連結もなく単独で存在する場合のそれぞれの機能の総和を越えるより以上に、強力な相乗効果（synergy effect）を発揮しうるようになる。

それはちょうど健康な人体が、全組織は一つでありながら、それぞれの組織は常に揺れ動き、ある範囲内では或るが自由に相対的な位置を変え、体液を循環させ、新陳代謝を繰り返しながら動的安定性（dynamic stability）を維持し、柔軟に環境の変化に対応しているようなものである。このような組織の融合的ネットワークをホロニック・ネットワーク（全体子的ネットワーク・holonic network）と言う。

人体は、多数の組織や器官が連結され合体されトータル・システムとなっているが、これはまさにホロニック・ネットワークが構成されているのであり、このホロニック・ネットワークにより思いがけない相乗的効果が発生しているのである。これに対して、幾つかの組織がネットワークによって連結され統合されてはいても、融合状態に至っていない場合には、これな単なるコンバインド・ネットワーク（総合的ネットワーク・combined network）を構成しているにしかすぎない。それぞれの組織は外的な強制力などにより連結されてはいるが、互いに反目し合っているならば、相乗的効果どころか、相殺的効果（offsetting effect）が発生することもある。

5.2 道央圏の新しいビック・プロジェクト

国際化への夢を乗せた新千歳空港が昭和63年（1988）7月20日に開港した。それまでの千歳空港は千歳飛行場と呼ばれ、軍民の共用であり、民間航空機の離発着が強い制限を受けていた。しかし、新空港の民間専用滑走路の整備によって、道民に軍民分離や国際エアカーゴ基地構想などのさまざまな期待を抱かせることになった。このエアカーゴ基地構想は、平成12年（2000）の完成を目指して目下工事中であるが、元来の意図は新空港の国際化を国際航空貨物輸送の側面からまず推進し、本格的な国際空港として北海道開発の起爆剤にしようとするものである。



この空港の利点は、千歳空港の位置が、新東京国際空港（成田）に比べて北アメリカやヨーロッパ諸国に600～700kmも近いことから、輸送時間が短くなり、燃料費も節約できることである。更に24時間運用ともなれば、成田で溢れた貨物や旅客は、恐らく千歳に移ってくるだろうし、東南アジア諸国間へのトランジット貨物も相当量千歳経由になると予想されることにある。しかし、これらの予想は、現在のままの基地構想ではなかなかに困難だろう。

なぜならば、交通現象は主として経済的原因によって起こる経済的現象であって、物理的現象ではないからである。すなわち、貨物輸送は貨物の需要と供給によって発生するものであって、輸送需要はこの派生需要にしかすぎない。したがって空港や貨物基地等の施設をいかに整備しても、それだけでは航空機はやってこない。国際航空旅客や貨物需要がない地域の空港は、特別な運賃政策、あるいは輸送需要の創出に工夫をこらさねば、本格的な国際空港たりえないのである。例えば、昭和56年（1981）3月23日に開設された千歳～成田経由～ホノルル行き定期国際線は、利用客不足のため昭和62年（1987）12月30日に休止された。

ではどのようにして輸送需要を創出するか。無謀を顧みず筆者の一案を述べてみよう。

この千歳空港の札幌側隣に、北海道が構想しているハイメックス（HIMEX）がある。即ち、北海道国際医療・産業複合都市（Hokkaido International Medical and Industrial Complex City）である。これはアメリカ・オハイオ州の高度医療研究機関・クリーブランドクリニック財団の協力を得て、高次医療施設群を中心とした10万人規模の高度医療産業都市を造成しようとする、壮大なプロジェクトである。この中には例えば、国立代用臓器開発センター（仮称）を誘致する。そして更に人口臓器の開発や移植を行う各種の研究・医療機関あるいは理工・医学系の大学院大学および医療関連企業を集積させる。更に高齢化社会に対応した国際シルバー・タウン、海外からの研究者、技術者およびその家族が、快適に生活し、定住するための高規格住宅地を開発する。

クリーブランド・クリニックの年間の外来患者数は約70万人と言われるが、このハイメックスにも完成の暁には大勢の利用者が全世界から超音速旅客機などに乗ってやってくる。このため新千歳空港荷は絶えず国際旅客機が離発着し、旅客とともにそのベリー（freight space）には国際空港貨物が満載されてくる。

またこの新千歳空港のA滑走路両端の一部は苫小牧市域にあるが、この苫小牧市にはナショナル・プロジェクトとして開発された面積1万1,250haの苫小牧東部工業基地がある。大きな掘り込み水面と最新の港湾施設および広大な工業用地をもちながら、昭和59年（1984）6月に操業を開始したいすゞ自動車エンジン工場以外には、これといった大規模の工場の進出はないままに、用地の大分部は遊休をかこっていたが、一昨年になってようやくトヨタ自動車の工場進出が決まった。

ところがこの苫小牧はアイス・ホッケーのメッカとしてウインタースポーツ界の憧れの地である。冬季には雪はほとんど積もらないが、気温は低く、夏季でも8月の平均気温が20℃程度を越えない。そこでここに輸入穀物等の低温備蓄サイロ群を建設する。

この低温貯蔵システムは、穀物サイロ、自然製氷期および送風ファンからなる。自然製氷機は塩水を封じ込めたステンレス製の容器で、中の塩水を冬季間の寒気で凍結させ、夏季はこの氷の容器の周りに送風ファンで空気を送り、その冷えた空気を穀物サイロに循環させ、サイロ内を1℃前後に保。また冬季は開閉バルブで外気の流入を調整し、穀物の呼吸熱などを利用して、サイロ内を0℃内外に保ち、通年穀物を冬眠状態におくことによって、品質を劣化させずに貯蔵できる。この方式では数年間、ほとんど穀物を劣化させずに貯蔵できると言われている。

この低温断熱貯蔵用穀物サイロは1ユニットで1万2,000tの穀物を貯蔵できる。北海道大学工学部佐伯浩（さえき・ひろし）教授の試算では１ユニットにつき6億円（昭和62年［1987］価格）で建設でき、備蓄コストも通常の電力使用による低温備蓄に比べ約10分の1以下の低コストであると試算されている。

そこでもし、海外から輸入した穀物をここに貯蔵すれば食糧安全保障にも役立つし、この地域一帯をフリー・トレード・ゾーンにして、更にサイロの一部を国連管理下におく国連世界食糧備蓄センター（仮称）とでもいうべき国際機関に委ねれば、新千歳空港は直ちに世界でも最重要な国際空港の一つとなることは必定である。またこの備蓄基地を目がけてやってくる船舶によって苫小牧港も国際貿易港として盛況を呈することになるだろう。

今日、既に北方圏諸国の重要な拠点と市になっている札幌市、ハイメックス、新千歳国際空港、国連世界食糧備蓄センターおよび苫小牧港を磁気浮上式超高速鉄道（linear motorcar with magnetic levitation）によって連結し、これらの地域の交通施設運営の一切を第三セクター方式の道都圏地域交通公社（Transportation Authority of Hokkaido Metroporitan-Area／仮称）とでも言うべきスーパー・バイザー組織に管理させるとする。

するとこれらの北海道のビッグ・プロジェクト群はホロニック・ネットワークを形成し、莫大な相乗的効果を発生することになろう。この結果、北海道の開発は飛躍的に増進し、北海道は日本全国のために役立つ。更に世界のどこかに災害等が起こり、緊急に食糧や衣料品などの援助が求められたならば、食糧備蓄センターの穀物やハイメックスで製造された医薬品および医療機器を、新千歳国際空港および苫小牧港を利用して、直ちに現地へ輸送する。これによって北海道は世界のために役立つ、すなわち北海道の開発事業の成果は北海道もビッグ・プロジェクトを実現し、その開発効果と一体となって新しい展開を見せ、日本全国はもとより世界の平和と人類の繁栄のために貢献できるのである。



2．パネルディスカッション「地域開発事業と土木技術の方向」

コーディネーター

北海道開発局開発土木研究所長	太　田　利　隆

パネリスト

建設省土木研究所長	住　吉　幸　彦
中国科学院水利部能源部水利水電科学研究院長	Chen Bing Xin
インドネシア公共事業省研究開発庁水資源開発研究所長	Badruddin Machbub
韓国建設技術研究院副院長	Lee Sang Eun
マレーシア公共事業省公共事業局次長	Abdul Rahman B. Abdullah
フィリピン公共事業道路省次官補	Manuel M. Bonoan
シンガポール国家開発省公共事業局建設管理部長	Tan Siong Leng
タイ運輸通信省道路局道路研究開発センター長	Teeracharti Ruenkrairergsa

パネルディスカッション

「地域開発事業と土木技術の方向」



コーディネーター
北海道開発局開発土木研究所　所長
太田利隆

（コーディネーター）

パネルディスカッションに入ります前に、８名のパネリストのご紹介をさせて頂きます。

こちらから、建設省土木研究所の住吉幸彦所長でございます。中国科学院水利部能源部水利水電科学研究院のチェン・ビン・シン院長でございます。インドネシア公共事業省研究開発庁水資源開発研究所長のバドゥルディン・マフプブ所長でございます。韓国建設技術研究院のリー・サン・ユン副院長でございます。マレーシア公共事業省公共事業局のアブドゥル・ラーマン・アブダーラでございます。フィリピン公共事業道路省のマニュエル・ボノアン次官補でございます。シンガポール国家開発省公共事業局建設管理部のタン・シオング・レング部長でございます。タイ運輸通信省道路局道路研究開発センターのティーラチャーチ・ルエンクライラーグサ　センター長でございます。

さて、先程の五十嵐先生の基調講演にありましたように、地域開発においては社会基盤（Public Infrastructure）整備が非常に重要な役割を果たしており、新たな技術の導入による社会基盤整備が地域の大きな発展の原動力となることが明らかにされました。また、思い切った社会基盤整備への投資が地域開発の大きな効果を生んできたことも分かりましたが、一方では、予算の制約か効率的な事業の推進も求められております。

大規模な社会基盤整備プロジェクトのなかには現在の技術レベルでは推進が困難であり、技術的なブレイクスルーによって事業の可能性が出てくるものもあると思われます。一方では、本州四国連絡橋や青函トンネルのような大プロジェクトの推進過程において新たに研究開発された技術が他の困難な事業を可能にするような例もあると思われます。

そこで、まず、各国から、大規模な地域開発プロジェクトにおける社会基盤整備についてご紹介頂き、それぞれの抱える技術的な課題への取組みから今後の土木技術の研究開発の方向を探ることとしたいと思っております。

パネラー（発言要旨は、次ページ以降を参照）

（コーディネーター）

アジア各国が社会基盤整備のため、それぞれ積極的にビッグプロジェクトを進めている事、またそのプロジェクト実現のため、研究・技術開発を盛んに行っている事に感銘を受けました。時間が参りましたので、この辺でまとめに入りたいと思います。

国によりまして自然条件や社会条件は異なっておりますが、高度な技術が要求される高速道路・長大橋や大規模なダムなどのために開発された技術や開発されるべき技術は他の国にとりましても、大いに参考になり活用できるのではないかと思います。また、そういう技術は新しい発想や技術の芽をもたらす可能性が在るものと考えます。

昨年4月、今後10年間に日本政府が目標とする科学技術の基本政策を発表しました。目標が3つ在ります。第1は環境との調和、第2は知的ストックの拡充、第3は豊かさを実感できる生活の実現で在ります。

それぞれの国で新しく開発された土木技術をアジア地域における共通の知的ストックとして土木技術の向上のために有効活用できれば、非常に有意義であります。そのためには情報のネットワークや情報交換を充実させる必要があると考えます。

特に大規模な地域開発におきましては、社会経済的な条件のほかに、環境問題に細心の注意を払って行かなければならないことも理解できました。今後は単に地域の問題としてだけでは無く、地球的な規模の問題として、環境との調和に取り組んで行く必要があるものと思います。

以上のまとめをもちましてパネルディスカッションを終了させて頂きます。ご協力有り難うございました。



日本における社会資本の整備の動向と技術開発

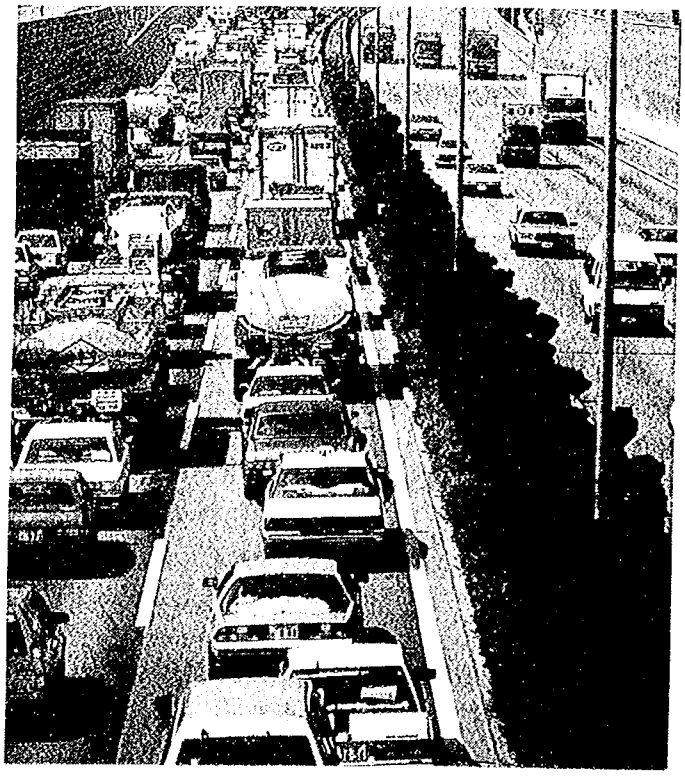
建設省土木研究所　所長
住吉幸彦

1．はじめに

わが国における経済・社会の発展は、社会資本整備に対するニーズを多様化させている。近年のいずれの社会資本整備事業も、本来的な経済・社会の基盤としての機能に加え、多極分散型の国土をつくるための機能、地価の高騰や人口の集中あるいは地震・水害への備えに代表される都市問題の解決、地球規模の環境問題や住民の日常生活にゆとりとうるおいを求める生活環境問題などに対処する役割を担うものばかりである。当然、こうした社会資本整備を支える研究開発も多様性が求められている。ここでは、現在わが国で計画もしくは実施中のいくつかの代表的プロジェクトの概要や事業の取り組み方針、将来の計画の方向について述べるとともに、それを技術面から支える土木研究所の概要を紹介するものである。

2．事業概要と取り組むべき研究課題

1）国土の有効利用に関する事業と課題



図－1　高速道路の渋滞状況

（1）第二東名・名神高速道路

東名・名神高速道路はわが国の３大都市である東京、名古屋、大阪を結ぶ最も重要な国土軸のひとつである。ところが、近年の輸送量の著しい増大によりこの高速道路の容量は一杯となりつつある。図-１は、最近の渋滞状況を示したものである。第二東名・名神高速道路は国土軸の再構築を目的に、既存の東名・名神高速道路と平行に走り、かつ必要に応じてリンクする高速道路である。設計速度は一層の輸送力確保を目指して従来の100km/h～120km/hから140km/hに増大される予定である。

地理的、経済的に最も良好な道路建設ルートは既存の東名・名神高速道路に既に選択されているため、第二東名・名神高速道路は必然的に条件の厳しいところを通さなくてはならない。また、140km/hという設計速度はわが国初の試みであり、この速度の対応するよう道路構造令を改正しなければならない。これらの諸問題を解決するために、土木研究所ではつぎのような研究に取り組んでいる。

- ●設計速度140km/hに対応した道路の幾何構造、照明、交通安全施設に関する研究
- ●設計速度140km/hに対応した騒音、排気ガス対策に関する研究
- ●東名・名神高速道路との連結方法、高速道路網の形成に関する研究
- ●長大トンネル・山地・丘陵地道路の建設方法に関する研究

（2）高規格幹線道路網、地域高規格道路の整備

近年の都市域への人口、情報、経済機能等の集中は著しく、本来の都市機能が十分発揮できない状況にある。国土整備の方向を定める第４次全国総合開発計画（４全総）は、地方都市を拠点とする社会、経済件の形成を目指した「多極分散型国土形成」の必要性を訴えている。

高規格幹線道路網整備計画は４全総の基本方針に従い、都市及び農村地域から高規格幹線道路までの所要時間が概ね1時間以内になるよう高規格幹線道路を配慮しようとするものである。平成22年（2010年）までには合計14,000kmの高規格幹線道路網が整備される予定である（図-2参照）。

また、地域高規格道路は、地方中核都市を中心とした

地域経済圏の育成を主目的に建設される道路である。

これら二つの高規格道路を有機的に連絡して地方都市の社会・文化的アクセス度を含め、地方への人口定住を図ろうとするものである。研究・開発を推し進めるべき課題は以下のとおりである。

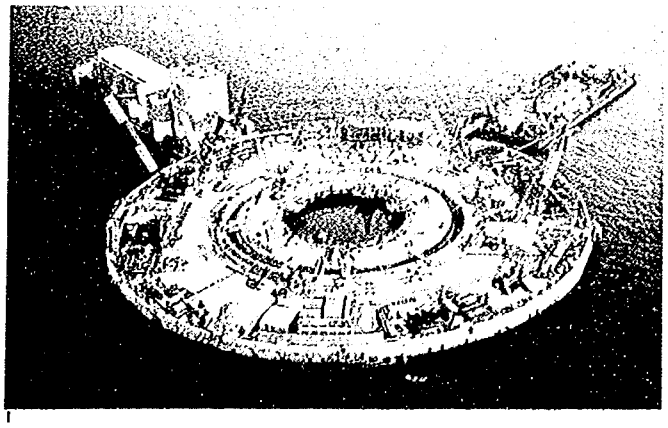
- 地域高規格道路の性格づけと必要とされる機能把握に関する研究
- 高規格幹線道路と地域高規格道路との連絡方法に関する研究
- 経済効果把握のための研究

（3）長大橋梁と海底トンネル

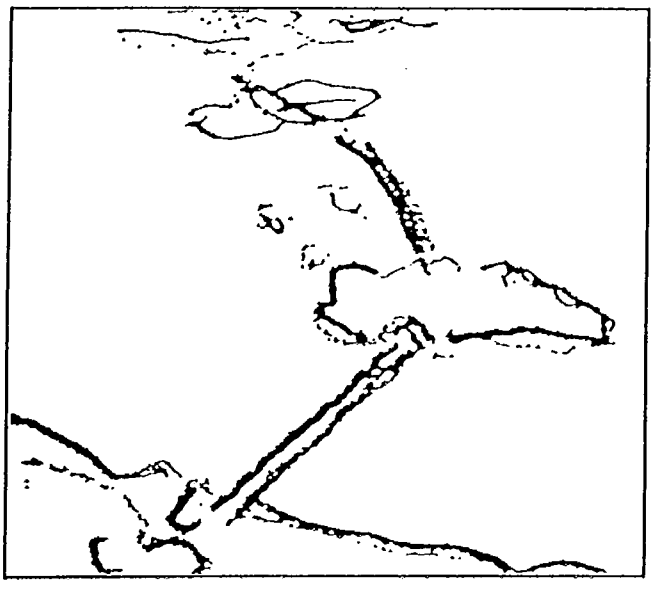
わが国の主要都市は湾奥に位置することが多く、海上交通には適しているが、広域陸上交通にとっては湾の存在が妨げになっている場合がある。また、第二国土軸等の新しい国土軸の整備は海峡や湾口を横断する橋やトンネルの大規模は施設の建設が不可欠である。

現在建設中の東京湾横断道路は、東京湾をまたいで神奈川県と千葉県を10kmの海底トンネルと5kmの橋梁で結ぶ道路である。図-3は人工島の建設写真である。

本州四国連絡橋は、本州と四国を長大橋群で結ぶもの

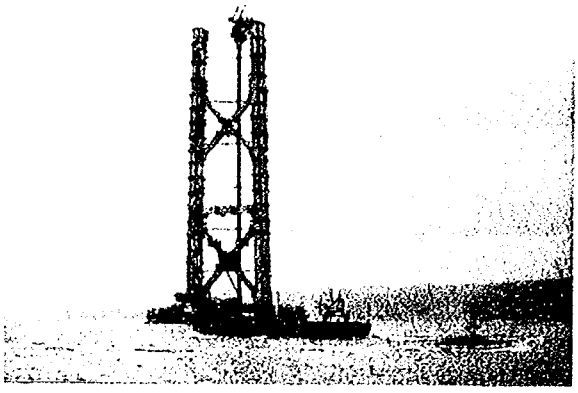


図—3　人工島の建設現場



図—4　児島坂出ルートの本四連絡橋

である。予定3ルートのうち、児島・坂出ルートは昭和63年（1988年）に全線開通している（図-4）。他の2ルートは現在建設中である。明石海峡大橋は中央スパン1990mの吊橋であり、完成時には世界最大の吊橋となる（図-5参照）。



図—5　明石海峡大橋　主塔の建設

さらに今後は、東京湾口、伊勢湾口等、海峡を連絡する道路等の計画が検討されている。超長大橋や海底トンネルの建設のためには、次のような研究が必要であると考えられる。

- 船舶航行の多い海峡、航路下の海底地形、地質等の物理探査手法の改良・開発に関する研究
- 大水深下での基礎工の設計施工法に関する研究
- 橋梁上部構造および下部構造の耐震設計、耐風設計に関する研究
- 防錆塗料、高張力鋼等、新材料の適用に関する研究

（4）大深度地下空間の利用

地下空間は、大都市、中核都市等において貴重な空間資源であり、地下交通システム、人々の集うスペース、物資の貯蔵庫、防災施設、居住空間等が地下空間に建設可能であると考えられる。図-6は地下空間利用の概念図である。

土木研究所では、地下空間の利用のためにつぎのような研究を実施している。

- 人や物資を輸送するための地下システム等、経済活動に必要なシステムの開発
- 地震や地下水の影響を考慮した地下構造物の設計方法
- 地下河川や地下ダム等、防災施設として利用するための研究
- 換気システム、エネルギー供給システム、温度調節システム等日常生活に必要なシステムに関する研究

2）防災に関する事業と課題

（1）高規格堤防

昭和22年（1947年）、カスリーン台風が関東地方に来襲し、多くの河川に洪水を招いた。利根川は洪水越流により破堤し、氾濫水は東京の都市機能を数日間ストップさせた。この例からもわかるように、一般に河川堤防は

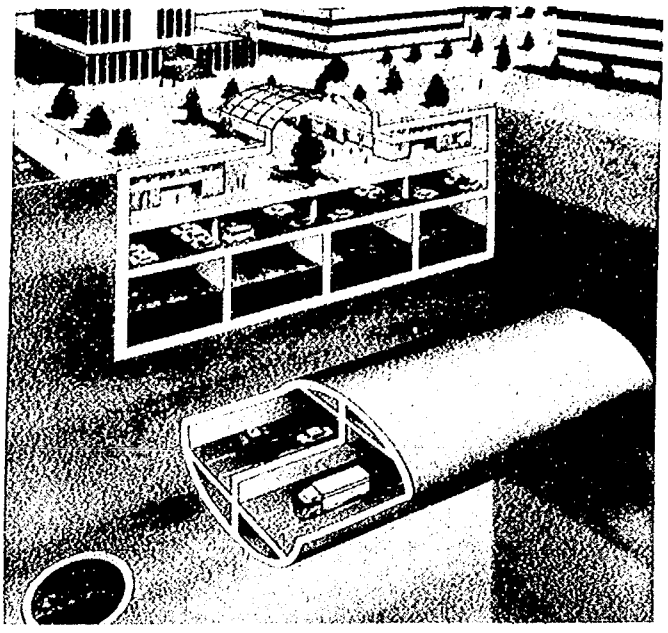


図--6　地下空間利用の概念図

越流に対して弱いので、越流した場合でも、決して破堤しない堤防の建設が望まれている。

高規格堤防（スーパー堤防と呼ばれる）は、200mを越える堤防天端幅を確保することにより洪水越流による堤防の防除を目指した堤防である（図-7参照）。スーパー堤防事業では、堤防天端を宅地や公園等に利用することにより、大都市域における地価問題をクリヤし、かつ区画整理を同時に進めることが可能である。

土木研究所ではスーパー堤防の開発、建設のためにつぎのような研究の実施が必要であると考えている。

- 地震、沈下、漏水に配慮した堤防設計法に関する研究
- 越流に対する補強方法に関する研究
- 堤防天端の使用方法に関する研究

（2）都市地震防災

わが国は、地震の多発国である。特に都市域においては、地震に強い構造物の建設を推進することおよび万一災害が発生しても早急な復旧が可能となるよう十分な備えをしておくことが肝要である。その方法として現在研究開発が急がれているのは構造物の一層の強化手法、面的な対策手法である。

土木研究所では次のような研究を実施する必要があると認識している。

- 道路だけでなく、ガス、水道、電気等の公共占用物を含めた施設の耐震設計の高度化に関する研究
- 高耐震性道路の配置計画に関する研究
- 地震災害予測手法およびゾーニング手法に関する研究
- 道路整備と復旧効率との関係を把握する手法の開発

3）環境に関する事業

（1）地球環境に関する事業

今や、地球環境保全は世界で最も注目を集めている課題である。わが国においても地球環境との共生を目指した建設技術の開発が望まれている。図-8は、動物の通り道を道路建設によって分断しないように設置したエコロードと呼ばれるトンネルである。

土木研究所が現在取り組んでいる環境保全に関する研究開発はつぎのとおりである。

- 地球温暖化に対応した総合的な国土保全技術に関する研究
- 省エネルギー・低公害型建設機械の開発に関する研究

（2）生活環境に関する事業

わが国では生活環境を重視する要求が日増しに強まっており、これを受けて下水道の一層の整備、緑化、河川環境整備、公害の防除等に関する事業が重点的に実施されている。

土木研究所で行われている生活環境整備に関する研究はつぎのとおりである。

- バイオテクノロジーを用いた下水の高度処理法に関する研究
- 建設副産物の処理および再利用に関する研究
- 道路公害対策に関する研究
- 都市域、道路、河川周辺への緑化手法に関する研究
- ダム湖、河川等の環境保全、創出に関する研究



図-8　エコロード

3．今後の社会資本整備のあり方（図-9）

（1）利用しやすい社会資本整備

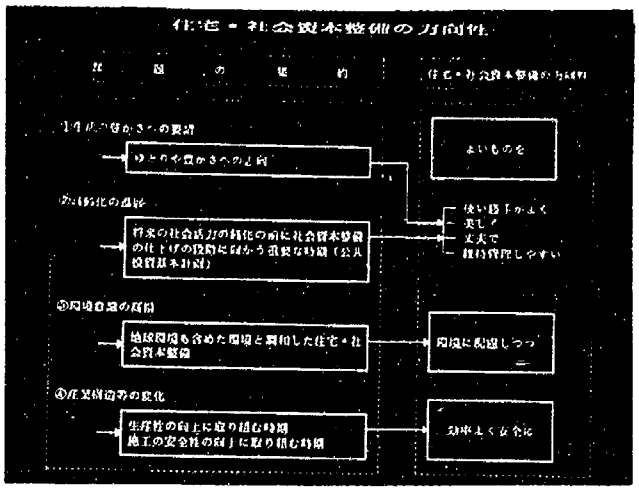
近年のゆとり指向、高齢化の進展は、社会資本に利用しやすさを要求している。老人、子供、障害者を含む国民の利用性に配慮した社会資本整備が必要である。

（2）美しく、丈夫で維持管理しやすい社会資本整備

近い将来訪れる質・量共の労働力不足には社会資本整備のライフサイクルを伸ばすことで対応する必要がある。

（3）環境と調和した社会資本整備

今後、社会資本整備を行なう上で、貴重な自然を生かしつつ、自然環境や生態系に対する影響を極力抑え、美しい環境を創造するとともに、建設後もよりよい環境が保たれることが重要な課題である。



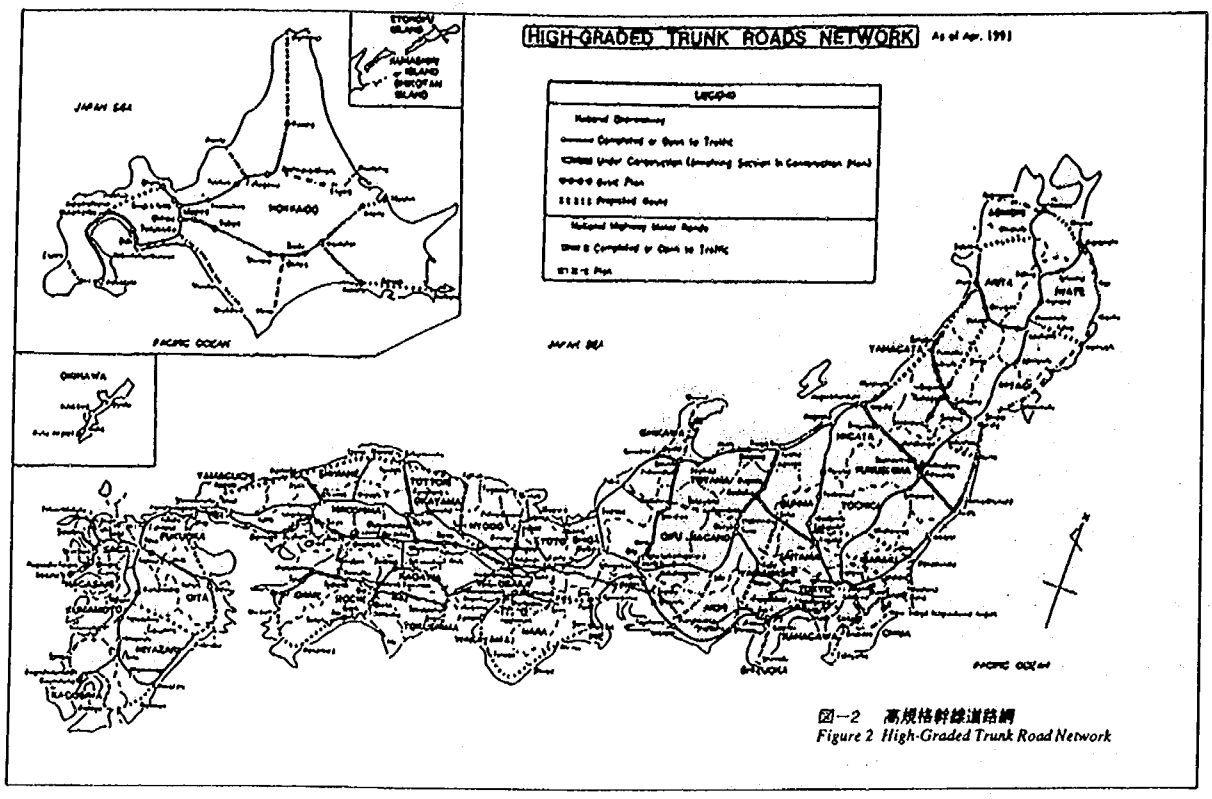
図－9　今後の社会資本整備のあり方

（4）効率的かつ安全な社会資本整備

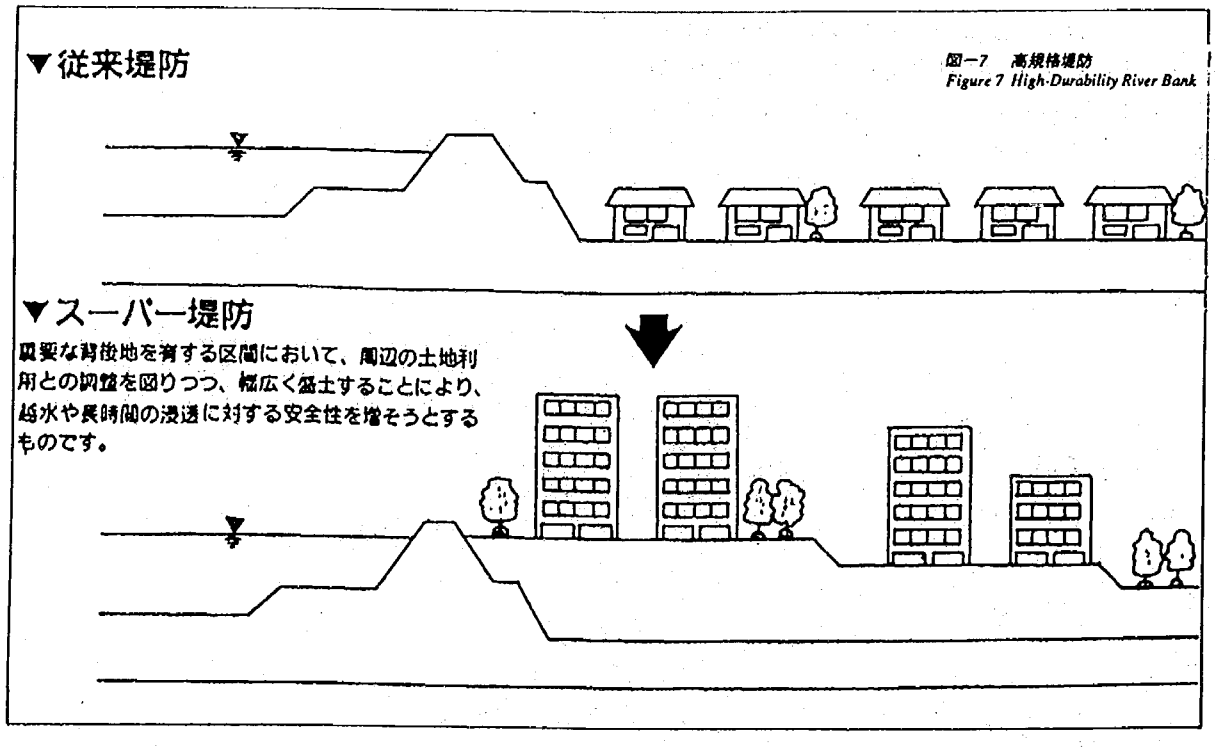
熟練労働者の不足や高齢化が進み、建設工事における合理化、省人化、及び安全性の向上が緊急課題となっている。

4．おわりに

わが国の社会資本整備は量から質の時代へと移行しはじめている。人間の価値観や社会情勢の変化に迅速に対応した社会資本整備実現のため、今後とも一層の研究開発を推進していこうと考えている。



図—2　高規格幹線道路網
Figure 2 High-Graded Trunk Road Network



図—7　高規格堤防
Figure 7 High-Durability River Bank



アジアにおける国土開発と土木技術に関する国際シンポジウムへの報告

中国科学院水利部能源部水利水電科学研究院　院長
Chen Bing Xin

国土開発は、世界中の国の経済と社会の発展に重要な役割を果たしており、中国においても、各種の土木工事が「国家経済・社会開発計画」に基づき企画されている。そして開発計画については、政府がこれを考案し「人民大会」で討議された後、承認され実行に移されるものである。そして、政府の各部局は、開発計画に基づいてそれぞれの土木工事を担当している。

また現在、「国家経済・社会開発計画」は、「人民大会」で承認された長期計画に則した「第八次五カ年計画」となっている。GNPは、年間成長率8-9%で、また、国全体の固定資産における投資比率は5.7%で、ここには国営企業の年間成長率5.5%も含まれている。そして、後者の成長率には1991年度の資本形成に当てられた8,400億元が含まれている。また、その資本形成の年間成長率は2.1%で、資本形成への投資配分の優先順位は、”産業構造調整”の必要に応じて、農業、水資源開発、エネルギー、交通機関、加工材生産拠点の順になっている。さてこれから、中国の地域開発事業を象徴する大規模土木工事について紹介したい。

『三峡谷(スリー・ゴルジュ)プロジェクト』
―揚子江開発の鍵―

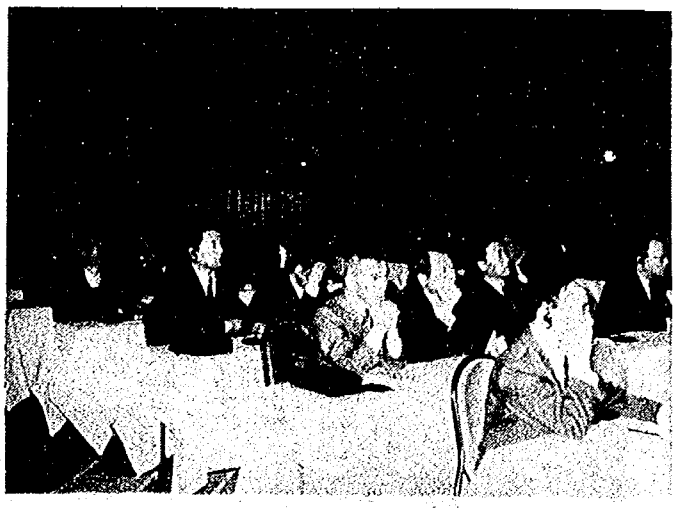
1．前置き

揚子江は中国最大の大河で、主流の全長は6,300kmを超え、年平均9,600億m^3の水が海に注いでいる。また、全流域面積は180万km^2で、国土の19%に当たり、そしてここには国の1/3の人々が暮らしている。さらに、開発可能な潜在的水資源は国全体の53%に、船舶航行可能総距離はその70%になる。農業と産業の両者合わた生産高は国全体の約40%になり、国家経済の発展に大きく寄与している。

揚子江は、その中流域では、「三峡谷」と呼ばれている Qutang Gorge, Wu Gorge, Xiling Gorge の三つの雄大な峡谷の間を切り開くようにして流れている。この「三峡谷」の最後のXiling Gorgeは、「Gezhouba プロジェクト」(1980年完成)から38km上流にあり、「三峡谷ダム」建設予定地である。これは桁外れの規模を持つプロジェクトで、洪水調節水力発電、内陸航行、水産物、用水供給、等の全体に莫大な利益をもたらすに違いない。
当プロジェクトは、巨大ダム、水力発電所、船舶航行施設から成り、そのダムの高さは海抜185m、通常水位は175mあり、洪水調整貯水容量22億1千万m^3を含め最大貯水容量は393億m^3ある。発電所には26基の発電装置があり、最大出力は1,768MW 、年間発電量は840億kwになる。また、船舶航行施設の船舶航行量は片道で年間5千万トンになる。さらに、水路の約650km にわたり両岸の嵩上げがされることになっている。

プロジェクト主要部の全建設工程は準備期間3年を含め15年になり、建設開始後9年目には、船舶航行恒久施設が使用可能になり、第１号発電装置が発電を開始する。その投資額は、1990年度の価格で計算すると、施設建設、居住者再定住地、および送電関連のものを含め570億元になるだろう。

「三峡谷プロジェクト」は、近い将来中国最大の土木工事になり、その恩恵は流域だけに止まらず国全体に及び、経済発展は大いに加速されるだろう。当プロジェクトは既に承認されており、1992年春に開催された「人民大会」で経済・社会発展の「国家10ヵ年計画（1991-2000）」のリストの載せられ、1993年早々に建設準備が始まっている。



2．プロジェクトの総合的利益

a．洪水調節

揚子江流域、特にその中流域と下流域は大洪水災害に対して脆く、歴史の記録を見ると、B.C.206年から1991年の2000年余りの間に214回も大洪水に襲われている。今世紀に入っても、これまでに巨大洪水が3回あり、1931年と1935年のものは、それぞれ3,393,000ヘクタールと1,509,000ヘクタールの農地を冠水させ、145,000人と142,000人の犠牲者を出している。

中流域および下流行きの脅威になっている憂慮すべき洪水の背後にある主要な原因は、上流域地帯で洪水を起こすような多量の降雨があると、その膨大な水量が揚子江の水位を上昇させることにある。現在、「三峡谷プロジェクト」の下流にあって最も危険な「Jing-jiang区域」の最大安全流量は、上流の最大流量より少ないのである。

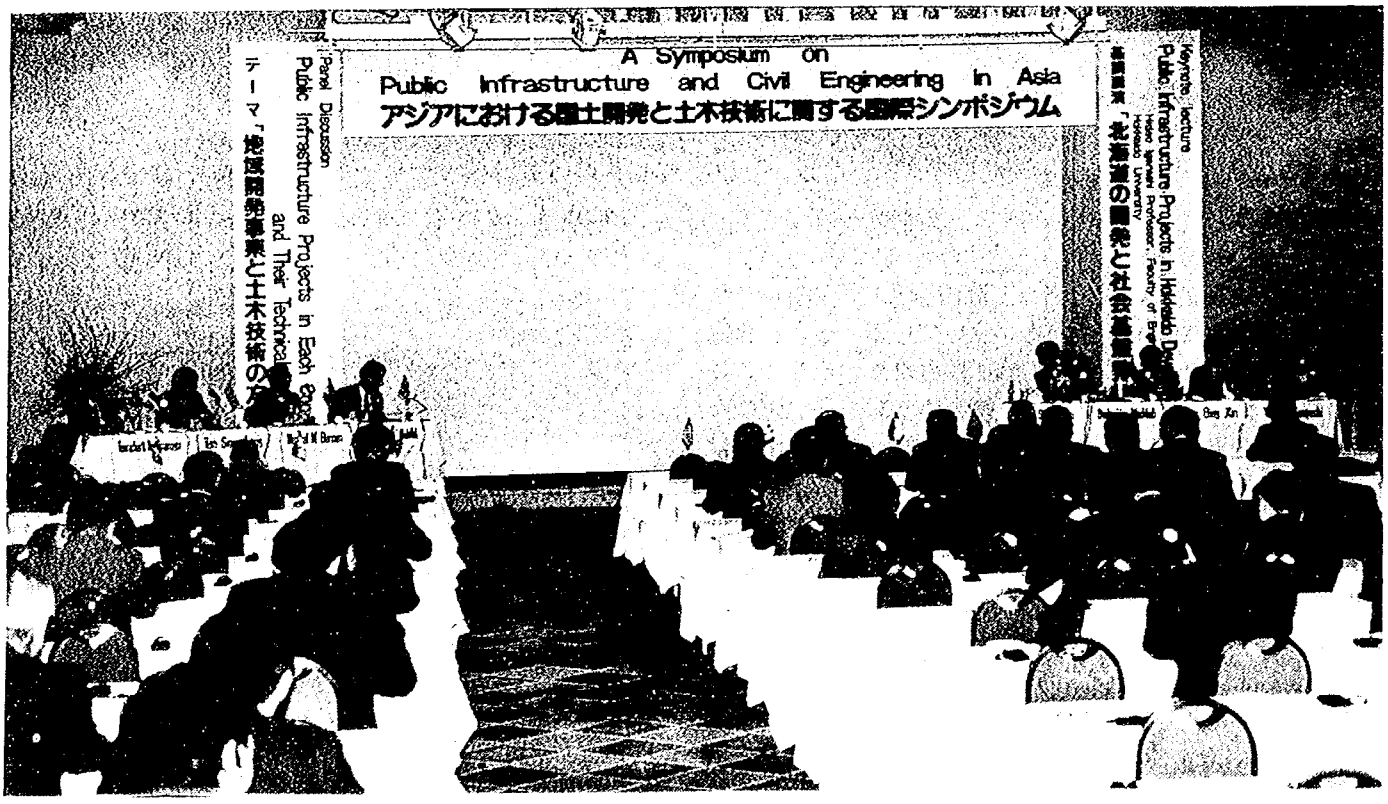
この問題は、流れのコースの最大流量を増加しても解決されるものではない。今言った最大安全流量は、10～20年周期の洪水を克服することしか出来ないからである。Jingjiang川の両岸沿いには、1,500万人の人々が暮らし、1億5,300万ヘクタールの耕地があり、穀物や綿花といった商業作物の重要な生産基地があり、さらに大中の都市があり、工場、通信施設、油田、等もある。しかし、両岸沿いの土地の高さは洪水を起こす限界水位より4～10メーター低いので、若し土手が決壊すると洪水が重大な結果を招き、社会や経済の広範囲にわたり大打撃を与えることになるだろう。

長年の調査とそれによって集めた資料に基づいて判断すると、洪水調節という重要課題を解決するには、総合的な河川管理対策を講じる必要がある。こうした対策について具体的に考えると、堤防の嵩上げと強化、また放水路と遊水池の設計と建設、本流や支流におけるダム建設がある。さらに、上流区域における水と土壌の保全や河川改修工事もある。その上また、洪水調節管理についての能力を高めたり、工学的技術に依存しない洪水調節方法を練ったりしなければならない。そして、この中で最も決定的なものが、「三峡谷プロジェクト」の建設である。

「三峡谷プロジェクト」の場所は揚子江の中流と上流の中間点で、その地理的メリットを生かして、Jingjiang川流域地帯の洪水の95%、Wuhan流域のそれの2/3がコントロールされることになる。ダムが完成すれば、洪水調節能力は現在の10年周期のものから100年周期のものへと向上するだろう。そして万一、100年周期のものより大規模な洪水が発生しても、一時的に放水路の力を借りて、Jingjiang川の決壊とそれによってもたらされる壊滅的被害は防げるだろう。

b．発電

中国の中部と東部は経済的に発展しているが、さらに発展するには電力不足を解消しなければならない。この両地方の石炭資源は大変乏しく、それぞれ国全体の埋蔵量の3.2%と3.6%にしかならない。中国東部の未開発水資源は今日まで有効利用されないまま使われてきたが、一方、「三峡谷」について考えてみると、ここには中国中部地方の未開発水資源の70%が集中しているのである。





両地方の電力開発計画によると、1986年から2015年にかけて、発電能力170,000MWの発電機を幾つも設置しなければならない。「三峡谷」の水力発電所が完成し、他の水力発電所や原子力発電所を可能な限り稼働したとすると、2015年には北部石炭基地で産出される石炭量は、年間2億8,500m万トンになるため、石炭採掘、殊にその輸送は、厳しい状況に追い込まれるだろう。

揚子江沿いの石炭資源は不十分だが、水資源は豊富にある。揚子江の水資源の80%は上流地帯の本流と支流に集中しているため、電力の消費と供給の中心地に近く、しかも中国中部への送電距離が500km以内で東部へは1,000kmにすぎない「三峡谷」の水力発電所は、中部および東部への電力供給問題に最良の答えを出してくれるだろう。

加えて、「三峡谷プロジェクト」の発電所が火力発電所に取って代われば、社会にも環境にも大いに利益になるだろう。つまりそうなれば、石炭消費が毎年4,5千万トン減少し、さらに産業廃液の量もずっと少なくなるので、酸性雨といった環境汚染の源を断ち切ることに大いに貢献してくれるからだ。

c．利益の輸送

昔から揚子江は、中国の東部、中部、西部を結ぶ重要な輸送大動脈だが、660kmの長さに渡り大小の山々や120mも垂直に切り立った峡谷の間を走り、時には激流にもなるので、曳航能力が低く、従って貨物の輸送コストが高くなるのである。

「三峡谷プロジェクト」が完成すると、浅瀬が除かれ、川底が深くなり、川幅も拡張されるので、流れが緩やかになり10,000トン級の曳き船がチョンチン市まで遡上れるようになる。そうなれば、年間船舶航行量は現在の5倍になり、輸送コストは35%割安になるだろう。

d．他の恩恵

乾期の最低水量は、ダムの調節により毎秒約2,000m³増加するので、下流の船舶航行が容易になるばかりでなく、川沿いの上水供給も容易になるだろう。また、北部へ水を送りその水不足を軽減することも出来るだろう。さらに、灌漑、魚類の繁殖、レクレーション、ダム周辺地域の経済発展、等を含め、広範囲に渡り恩恵に与かることになる。

3．解決すべき技術的問題

「三峡谷プロジェクト」の設計と調査は、徹底的に正確で信頼出来る水文学および地質学のデータに基づき行われており、ダムは完全な形を保っている堅固な花崗岩の基礎の上に建設出来ることが実証済みである。これについては、内外の技術者および地質学者の双方が、この建設用地はコンクリート製の巨大ダムには最適であるという評価を下している。

a．設計と建設

「三峡谷ダム」は普通のコンクリート重力方式により建設され、高さは175mになる。これまで蓄えてきた豊富な経験と建設用地の有利な条件があるので、中国は必要な

設計および建設技術の修得については今までにも増して自信を深めている。

プロジェクトの発電所は巨大で、全設備容量は世界ナンバーワンになるが、外形、配置、規模、等が内外の大発電所に似ているため、解決しなければならない特別に困難な技術的問題は無いだろう。

船舶航行恒久施設は、二列の連続五段式閘門から成り、水門間のサイズは全てGezhoubaのものと同様になる予定で、また、閘門操作時の最高水位と最大排水能力は内外で建設された同規模のものより高くなっている。技術的問題についても、今後何年かかけて実験や研究をすれば解決出来るはずである。

閘門の最高水位と最大航行トン数は、内外で完成したいずれのプロジェクトにも勝るだろう。伝統的科学技術に基づいて作成され且つ推薦されたこのプロジェクトは、長年の設計作業、科学的研究、さらには諸外国の閘門操作を詳しく検討して得られたすべての経験が一体となって生み出されたものである。

「三峡谷プロジェクト」のもっとも鮮烈な特色は、そのガルガンチュアの如き巨大な規模にあり、土木工事は「Gezhouba プロジェクト」の二倍半にもなるだろう。また、建設には膨大な量の高性能最新機器が必要になるだろうし、幾つかの困難に直面することもあるかも知れない。しかし、解決不可能な技術的問題は無いだろう。

b．タービン発電機と高圧送電技術
プロジェクトの発電所のタービン発電機の単体発電能力は、680MWになり、電力は、交流500KVおよび直流±500KVで送信される予定である。タービン発電機と超高圧送電用の装置の製造と設置技術に関しては、すでに世界で十分発達しているところである。

c．ダムが誘発する可能性のある地震および地滑り
「三峡谷プロジェクト」の位置は、地殻が比較的安定しており、異常な地層形質が局地的に破断して強い地震の引き金になるような可能性は無いと考えられる。何と言ってもここは、中国大陸の中で地震が他の場所より弱い所なのである。

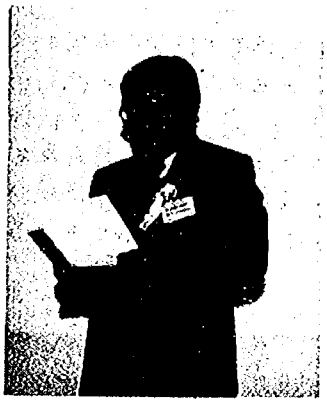
ただ、かなり大きな傾斜地が22か所あり、ダムに水が蓄えられると不安定になるか、もしくはその可能性はあるが、いずれもダムから26km離れており、計算とモデル実験の結果、不安定な大傾斜地が起こす波動がダムや他の施設の脅威になることは無いと予想して差し支えない。

さらに、この22か所の不安定な傾斜地の総体積は3億8千万m^3に過ぎず、たとえ全体がダムに滑り落ちてきたとしても、水位145mの時のダム容量の2.2%を満たすだけなので、ダムの巨大な貯水容量や運用寿命に影響はしないだろう。

d．堆積物問題
ダムの通常水位は175m、洪水調整レベルは145m、洪水貯水容量は221億5千万m^3となっている。研究によれば、浄水を失わずに泥水だけを放出する運用方法を用いると、運用100年後には、ダムの貯水容量は洪水調節に関しては当初の86%、発電に関してはその92%の能力を維持していることになっている。こういう訳で、堆積物がチョンチン市の脅威にはならないと言える。

e．再定住地問題
全体で19の郡と市、13の集落、140の町、4,500の村がダム建設の影響をうけるだろう。そして、全移住人口は自然増加も含め、2008年に至るまでに1,131,800人に上ると計算されている。

f．プロジェクトの環境への影響問題
☆ 地域の天候への影響
☆ 水温と水質への影響
☆ 植物相と動物相への影響
☆ 水中生物への影響
☆ 公衆衛生に関する影響
☆ 中部流域地帯の平野と湖への影響
☆ 河口とその周辺海域への影響
☆ ダムよる水没が環境に及ぼす影響
☆ 自然風景への影響



『チタルム（CITARUM)川流域開発計画』

インドネシア公共事業省研究開発庁
水資源開発研究所　所長
Badruddin Machbub

1．チタルム川流域に関する基本計画

チタルム川は、バンドンの近くにあるワヤン（Wayang)山の麓の丘に源を発し、北に向かって流れ西ジャワ地方の沿岸平野を通り、ジャワ海に注ぎ込んでおり、本流の全長は約350km、また全流域面積は約6,000km²で、西ジャワ最大の川になっている。

灌漑、洪水調節、および水力発電の目的でこの川を開発することは、1940年代から必要だと考えられていたが、その第一ステップは、180億m³の貯水能力を持つ高さ100mのロックフィルダムを含む「ジャトルフル多目的プロジェクト」によって実現される運びとなったのである。そして、その主目的は、240,000ヘクタールにおよぶ北部沿岸平野の広大な水田の乾期における灌漑、洪水調節および地方自治体への浄水供給、そして発電(150MW)である。

「チタルム水資源開発計画」についての"実行可能性の検討"は、1973年から1978年にかけてさらに進められ、主な水力発電潜在能力に関しては、サグリンとチラタがそれぞれ700MWと500MWの発電能力を持っている可能性が明らかになったのである。

サグリンダムの特徴の主なものを紹介すると、最大排水量は224m³／秒、洪水排水量は5,195m³／秒で、さらに、1,000年の再現期間と有効貯水容量609×106m³に対応している。そのダムはロックフィル(rockfill)式で、高さは99m、その体積は2,750,000m³となっている。

ダムの堤防は1984年11月9日に完成しており、1985年2月15日には水の流入が開始され、1985年5月13日には水量が高水位レベルに達したのである。そして、発電容量175MWの発電装置1号機の商業稼働が1985年10月12日に始まり、さらにその後、最後の4号機の商業稼働も1986年8月1日に実現した次第である。

「サグリンプロジェクト」は、年平均2,156GW/hの電力を500KV のジャワのグリッド・システム"(grid system)に供給している。さらにまた、サグリンの開発と平行して、チタルム川でのもう一つの水力発電計画のあるチラタも「電力拡大計画」に応ずるために開発されてきたのである。このチラタは、ジャティルフルダムの上流そしてサグリンの下流に位置しており、ここでのプロジェクトは1988年完成で、平均年間発電量は1,428GW/h となっている。

ここでチラタの特徴についても主なものを紹介すると、最大排水能力は540m³/秒、洪水排水(サグリンの後)予定量は5,900m³/秒で、また有効貯水容量は7億9,600万m³となる。ダムについては、それはコンクリート・フェイスのロックフィル式で、高さ125m、体積は360万m³となっている。

ジャティルフル／ジュアンダ　ダム（JATILUHUR/JUANDA DAM)

ジャティルフルダムは、高さ100m、堤頂長が1,200mあり、約910万m³の堤体材料を必要としたもので、その堤体の基礎は砂岩層の混じる粘土質岩の上に築かれている。また、高さ105m、直径90mのコンクリートタワーの中には、水力発電プロジェクトの次のような役割が集中している。

☆　排水能力3,000m³/秒の洪水排水路(routing of floods)
☆　中空ジェットバルブ(hollow-jet valves)制御の取水口を２つを用いる灌漑用水供給
☆　31,000KVa(キロボルトアンペア)の発電装置を６基備えた水力発電所の設置



水は、それぞれ1,500m³/秒の排水能力を持つ２つのコンクリートトンネルを通りダムの下から放流されるようになっている。また、ダム周辺には幾つかの低い地点があったのでそこには全体積約250万m³で全長3kmにわたる補助堤防を築くこともしている。さらに右側のウブルグ(Ubrug)堤防には、2,000m³/秒の排水能力を持つ補助余水路が備わっている。

サグリンダム(SAGULING DAM)

サグリンダムは1984年末に完成したもので、バンドンの西方約30kmに位置しており、その発電所は、最大出力700MWで電力システム最大需要に答えるために建設されたもので、その年間平均発電能力は、約2.156GW/hになる。高さ99mのこのダムは、垂直中心コア型のゾーン形式ロックフィル・ダムになっており、その上流面勾配および下流面勾配は、それぞれ1対2.6と1対1.9になっている。そしてその堤防は、ダムサイトから約8km離れた場所で切り出された安山岩で主として作られており、また不透水性コアのための粘土材については、ダムサイトから1km離れた所から運んできたものである。

堤体は、塊状の礫岩と上流側に15°～20°傾斜している粘土質岩より成る岩盤基礎の上に築かれている。また、ダムには不透水性コアの下にグラウチンググギャラリーがあり、これは計測装置管理(instrumentation monitoring)のためにも利用されている。さらに、ダム左手にはシュート余水路(chute spillway)も建設されており、2,400m³/秒の排水能力を備えている。

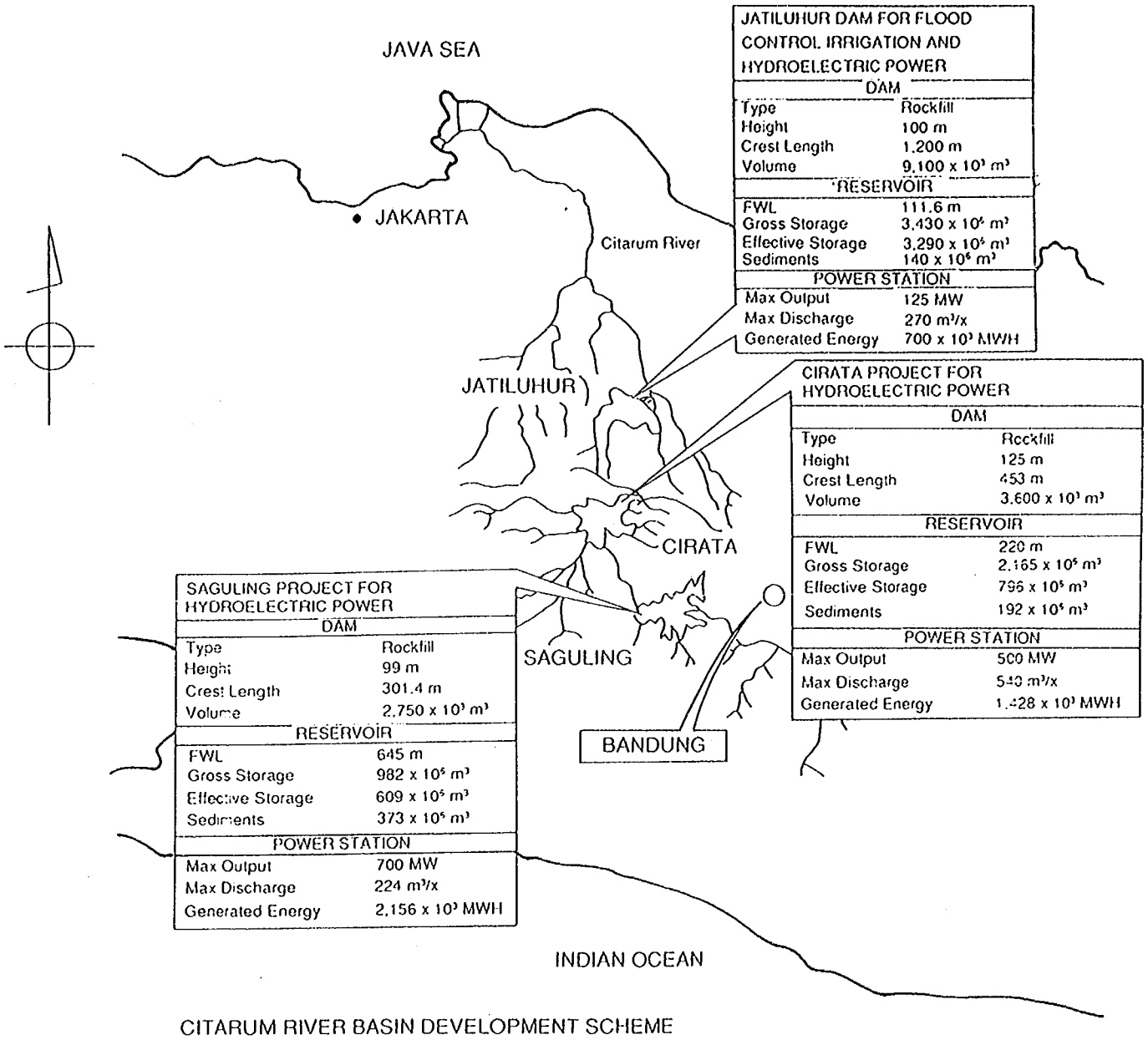
チラタダム(CIRATA DAM)

チラタダムは、サグリンダムの下流、バンドンの北西約60kmに位置しており、1989年に完成で、その発電所の最終発電能力は1,000MWだが、第一段階では500MWでジャワの電力システムの最高需要に答えることになっている。また年間平均発電能力については、約1,428GW/hになるだろう。

水は、２本の直径8.4mのパワートンネルを通過して、それぞれ125MWの出力を持つ４基（第一段階）の発電装置に運ばれている。そして各装置は，それぞれ幅35m,高さ49mの地下発電所に設置されており、第二段階の４基（それぞれ125MW)を含め８基になると、発電所の長さは256mになるだろう。また、幅36mのスパンは今までのところ世界最大の人工地下空洞であろう。

高さ125mのチラタダムは、上流側コンクリートフェイス形式のゾーン型ロックフィルで出来ており、その堤体材料はダムサイトの近くで切り出された角礫岩が主なものになっている。また、上流面勾配と下流面勾配については共に1対1.5となっており、堤体基礎はジャカルタへの上水供給量を増やすために、将来ダムの高さを221mから235mに出来るようになっている。さらに、計測装置管理にも利用されるグラウチング・ギャラリーも作られている。余水路はトンネル型で、それぞれ出入り口にラジアルゲートが２つある直径10メートルのトンネルを２つ備えている。





CITARUM RIVER BASIN DEVELOPMENT SCHEME



韓国における国土開発計画とその技術的課題

韓国建設技術研究院　副院長
Lee Sang Eun

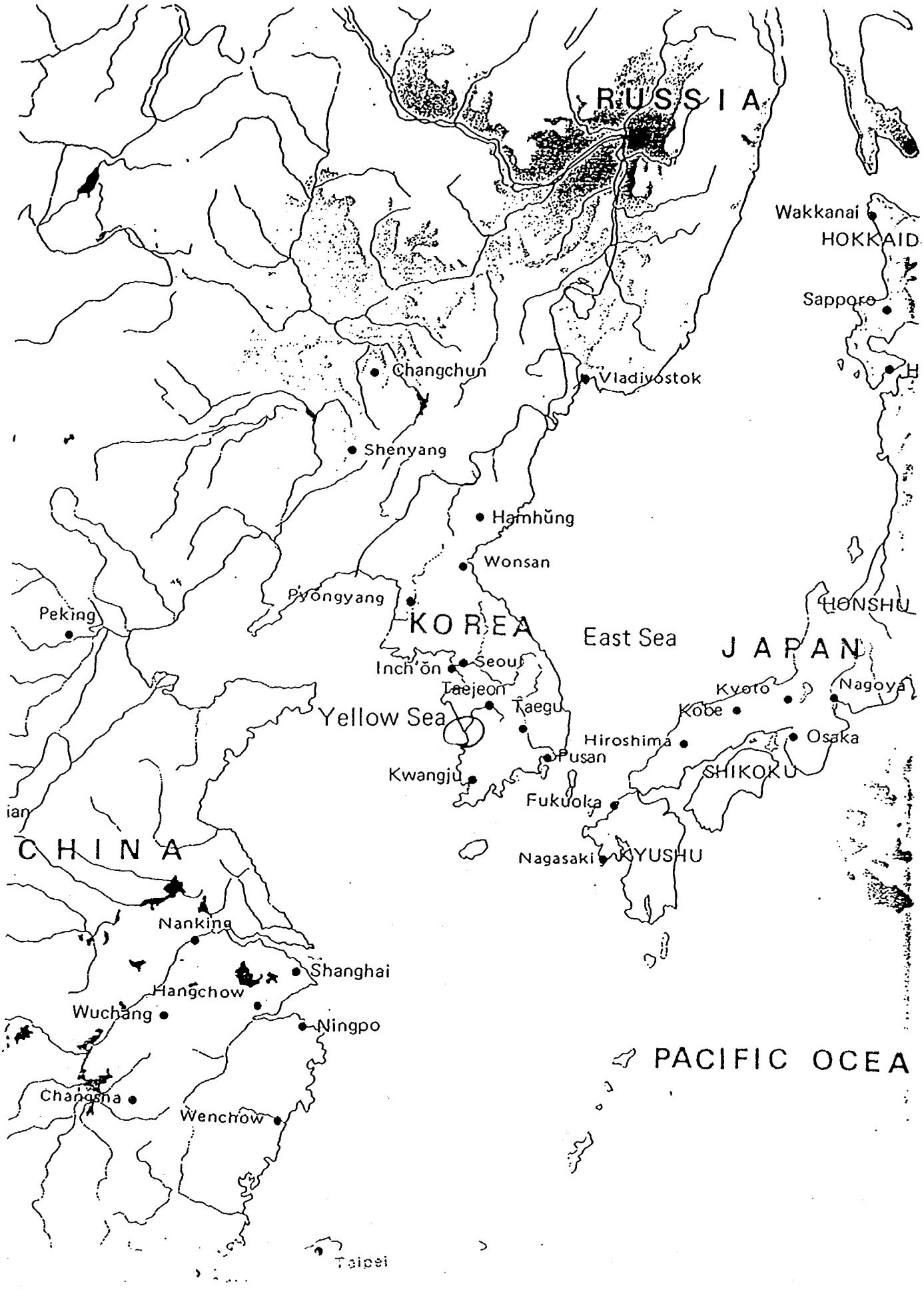
今日の韓国は、今後10年間に実施する最重要の土木工事を策定した「国土総合開発計画」の第三段階(1992-2001)を迎えている。この開発計画の第二段階は見事な成果を納め、その結果、多くの都市基盤施設が充実したが、急速な経済発展を遂げたため、まだ多くの施設が不足していることも事実であり、その例を挙げると、港湾施設、高速鉄道、汚水浄化施設、等がある。経済発展を持続させるためにはこうした課題に取り組むことが不可欠になるので、1991年、大統領府に「社会資本(SOC) 特別企画委員会」が設置された。現在、様々なタイプの大規模国土開発が計画および実施段階にあり、この中には新空港(Yong Jong Do)建設、ソウループサン（釜山) 高速鉄道建設、沿岸埋め立て、多目的ダム建設、集合住宅建設、等が含まれている。

韓国建設産業は、内外の様々な大規模土木プロジェクトを大成功させる能力は備えてはいるが、建設技術のレベルは決して高くない。その理由は、建設産業が今日まで主として" 労働集約" 的なプロジェクトを通して成長してきたからで、従ってプロジェクトの持つ高度技術集約" 部分については、先進国の技術に依存せざるを得ない一面もある。このため近年、官民双方が協力して広範囲にわたり建設技術開発に一層の努力を傾けている。

政府について述べるならば、最近、『建設技術開発10カ年基本計画(1992-2001)』および『建設技術研究開発の実行５カ年計画(1993-1997)』を纏めたところである。また政府は建設産業発展の妨げになってきたと思われる行政・管理組織を改善して、建設産業がより積極的に建設技術研究開発に力を振るうことが出来るようにした。

国土開発には膨大な額の投資が必要とされるので、最も賢明な方法で優先順位を決定しなければならないが、それは大変困難な問題でもあり、その決定は「社会資本特別企画委員会」の重要な役割になっている。もう一つの問題は、建設技術情報の蓄積が十分ではないということで、「韓国建設技術研究院」は、1992年に「建設技術情報センター」を設置した。しかし現在、このセンターで利用出来る情報には限りがあるので、土木工事を効率的に実行するには、技術開発に加え" 建設技術情報サービス・ネットワーク" の設立が不可欠になってくる。

最大規模の国土開発プロジェクトは " 環境影響アセスメント" をしなければならないが、新空港プロジェクトや高速鉄道プロジェクトのようなプロジェクトの多くは、環境破壊の可能性があるとして強い反対運動に直面している。従って、国土開発の必要性と環境保護の両者を満足させることの出来る技術の開発が、環境保護を重視する社会にあっては大変重要な鍵になるだろう。


RUSSIA
Wakkanai
HOKKAID
Sapporo
Changchun
Vladivostok
Shenyang
Hamhŭng
Wonsan
Pyongyang
Peking
KOREA
East Sea
JAPAN
HONSHU
Inch'ŏn
Seoul
Taejeon
Taegu
Kyoto
Nagoya
Kobe
Yellow Sea
Hiroshima
Osaka
Pusan
Kwangju
SHIKOKU
Fukuoka
CHINA
Nagasaki
KYUSHU
Nanking
Shanghai
Hangchow
Wuchang
Ningpo
PACIFIC OCEA
Changsha
Wenchow
Taipei

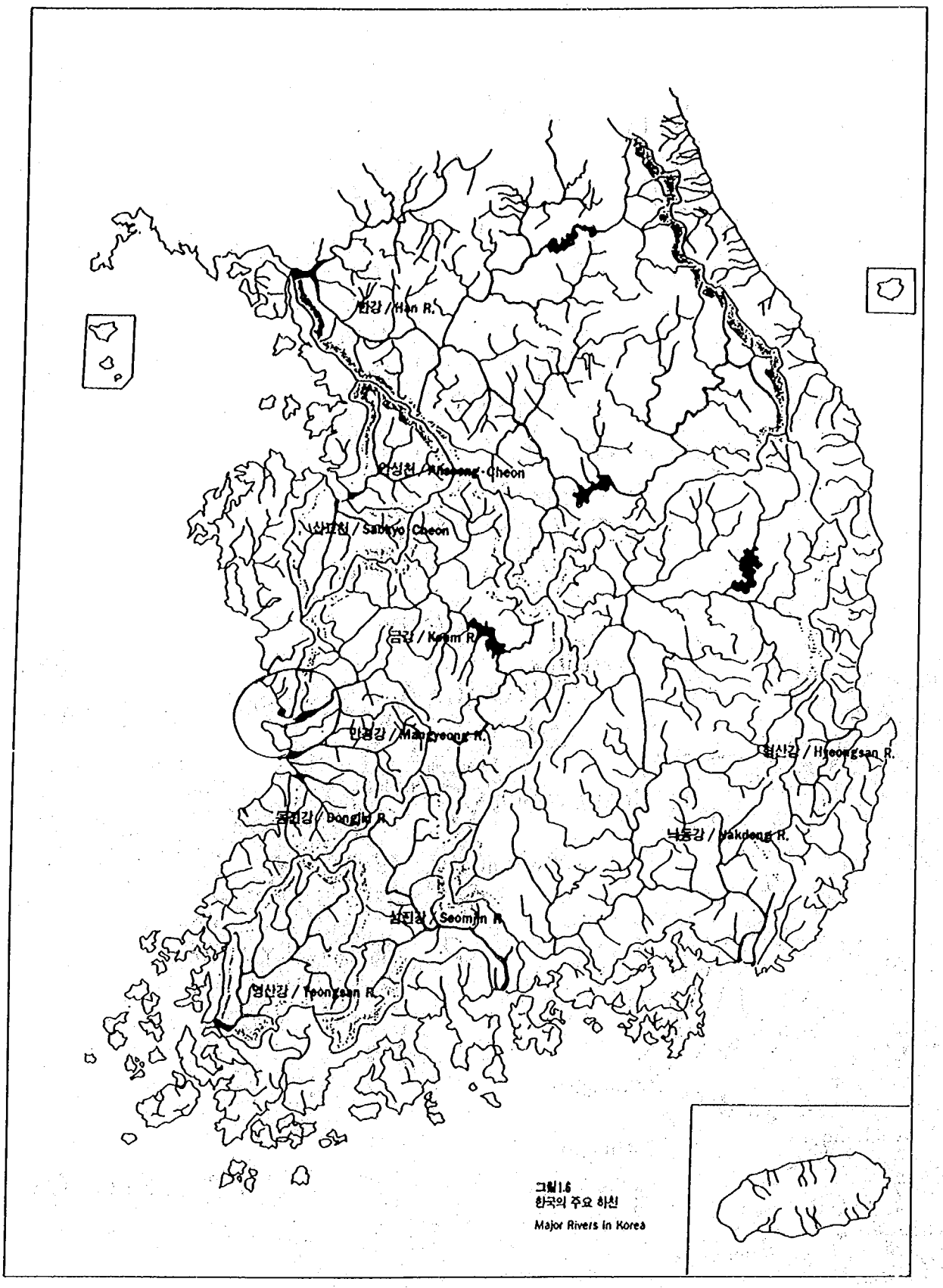
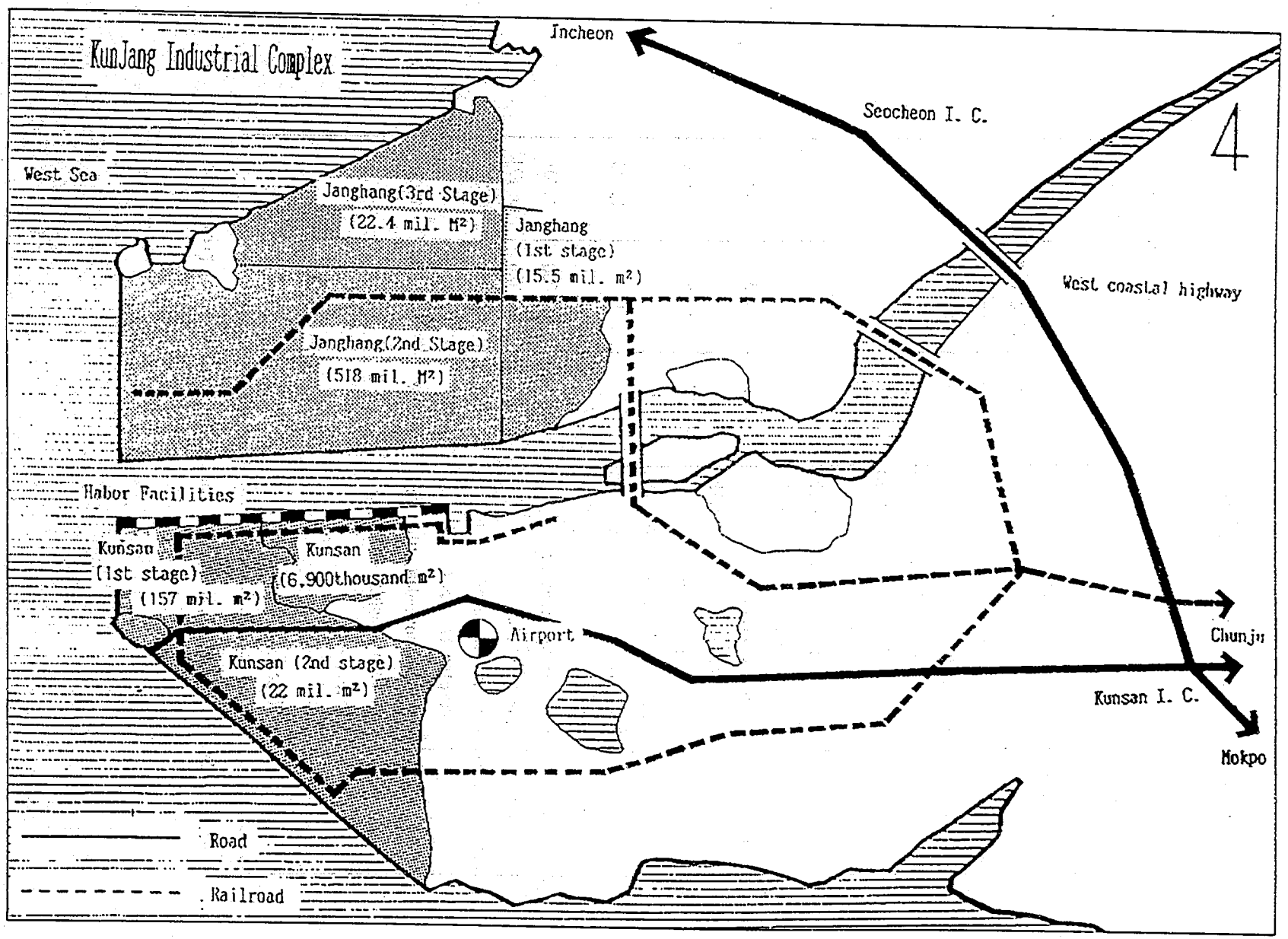


그림1.6
한국의 주요 하천
Major Rivers in Korea

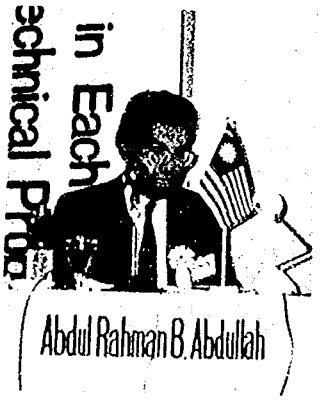

KunJang Industrial Complex
Incheon
Seocheon I. C.
4
West Sea
Janghang(3rd Stage)
(22.4 mil. M²)
Janghang
(1st stage)
(15.5 mil. m²)
West coastal highway
Janghang(2nd Stage)
(518 mil. M²)
Habor Facilities
Kunsan
(1st stage)
(157 mil. m²)
Kunsan
(6,900thousand m²)
Airport
Chunju
Kunsan (2nd stage)
(22 mil. m²)
Kunsan I. C.
Mokpo
Road
Railroad

2. 5 Major Project in Progress or in Planning

Unit : trillion won

Section	Main Works	Investment		
		Total	1992-1996	1997-2001
Highway	· highway ┌ new construction 1,500km └ extension 700km · national road ┌ new construction 1,100km └ extension 5,500km	39.3	18.5	20.8
Railway	· rapid-transit railroad 915.7km	18.9	6.092	5.588
	· metropolitan area electric railway 269.4km		1.737	0.159
	· subway in large city 536.4km		1.71	1.043
Harbor	· container, freight	7.5	3.088	4.401
Airport	· new airport	3.2	2.725	0.489
Distribution	· construction of complex terminal	0.7	0.434	0.3
Water Supply	· multipurpose-dam, wide range water supply, industrial water, etc.	3.9	2.826	1.045
Total		73.5		

* Notes : Nongovernmental 2,5 trillion won was excluded in habor project.

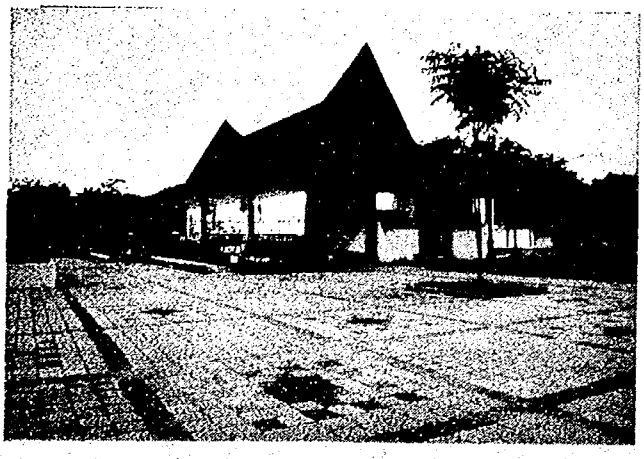


マレーシア南北高速道路

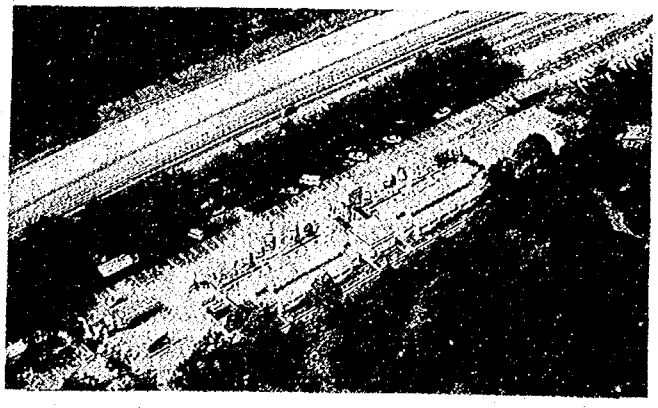
マレーシア公共事業省公共事業局　次長
Abdul Rahman B. Abdullah

マレーシアの開発史を見ると、道路が常に極めて重要な役割を果している。例えば、道路は、鉄道と並び、豊かな自然の賜物である（資源に恵まれた豊かなマレーシア！）錫、ゴム、椰子油、材木、等を都市や輸出港に運んできたのである。また、道路は国を一つに結び、そしてモータリストはそのお蔭で町から町へ、北から南へ、東から西へと車を走らせることが出来るのである。

マレーシアは1994年末までには、マレーシア半島の北のブキート　カユ ヒタム(BukitKayu Hitam)から南のジョホール バール(Johor Bharu)にかけて、高速道路が半島西海岸ほぼ全域の900km 以上にわたって走っているだろう。総額60億ドルの予算を持つこのプロジェクトは、国で唯一最大の民営化事業であるばかりでなく現在の国土開発計画の中でも最大規模である。完成の暁には、ドライバーはタイとの国境からシンガポールを含む南のジョホール　バール地方までこの高速道路を利用して旅が出来る。言わばそれは、マレーシア半島の西の二車線高速道路という回廊を走る旅であり、所要時間は従来の約半分の10時間以内になる。こうした速度アップは能率向上につながり、産業成長率を押し上げ観光を盛んにする。さらにこれを契機に、マレーシア半島の西海岸地域が一つのより大きな共同市場になり、また国内の旅が新たに見直されることにもなると期待されている。



政府とPLUS"という民間企業の両者の間で結ばれた「権利譲渡契約」(concession agreement)に従って、この企業は、「南北高速道路」の中の462kmおよび35km以上の「ニュークランバレー高速道路」より成る合計513kmの高速道路建設について”三段階計画”を纏めた。後者の高速道路は、首都クアラルンプール、スバン(Subang)国際空港、およびコンテナターミナルで主要港湾都市のポートクラン(Port Klang)を結ぶ重要な幹線道路の一つである。これとは別に、PULS"はまた、以前にマレーシア公共事業省高速道路局"(MHA)の監督下で完成していた高速道路の中で今も使われている310kmの部分についても管理、改善、運営に携わっている。



「南北高速道路」が完成すると、橋と高架横断道路は300以上、トンネルは2つになり、またガソリンタンドと喫茶・レストランのあるサービスエリアが20か所以上、休息エリアが40か所以上になる。さらに、インターチェンジは合計46か所、料金徴収ボックスは400以上あり、ドライバーは最終出口での支払時にコンピュータで走行距離をチェックされることになっている。北から南へ走ると、ドライブしながら次々とマレーシアの壮観な自然美のパノラマを満喫できる。例えば、石灰岩の丘の連なりや青々と生い茂る熱帯林の美しい景色を背景にして、水田、錫鉱山、ゴムとヤシ農園、等が目を楽しませてくれるだろう。

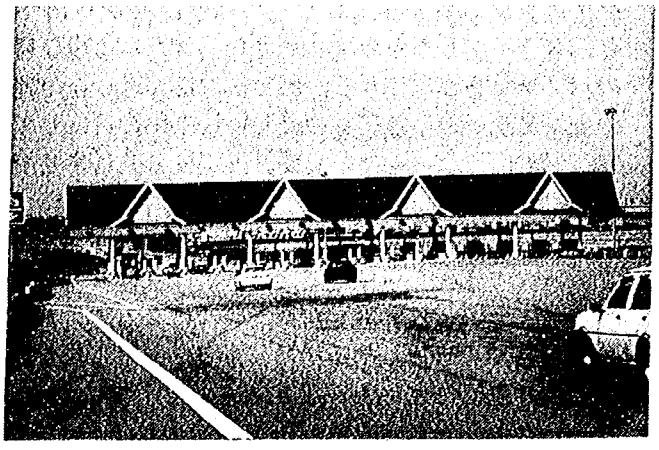
この巨大な建設工事は、高速道路網は、様々な場所で同時に着工され、契約数も全部で47件になる。また、土工の前段階および試験的築堤は、主要な土木工事が始まる前に既に終わっていた。工事の重要部分の中には、高速道路の主要部分、インターチェンジおよび連絡道路の建設があるが、そのためにはコンクリートやその他の建設

資材および通信機器の調達が決定的に重要であった。勿論、標識、ガードレール、および照明灯の設置も同様であった。高速道路そのものについては、大部分が片道二車線で、事故に備えて十分なスペースの路肩を設けている。また、交通流量の研究により必要とされた箇所には安全性と効果を考慮して片道三車線にしている。さらにルートに沿って、ドライバーに“横風”の注意をするための“吹き流し”も設けている。



工事内容については、土工の前段階を開始する前に下層土改良を施さねばなららず、また底に海成粘土があったり地下水面の高い個所では、基岩安定工事や軟弱地盤強化工事を施さねばならなかった。そして、のり面保護、土手の杭打ち、擁壁の建設、通信施設の設置、等も行った。さらに、高速道路の154km以上にわたり連続式鉄筋コンクリート舗装(CRCP)を施している。安全性にも十分配慮して、道路監視システム、多数の信号・標識、およびハロゲン照明灯を設置し、また緊急非常用電話も2km間隔で高速道路の全てに取り付けてある。

「南北高速道路」は、将来に向けての投資である。それは、速く快適で効果的な輸送手段であり、交通渋滞の緩和にも役立ち、加えて、定量的には示せない無形の社会的・経済的利益になる。最後になるが、このような投資こそ、国民全ての生活向上のためにマレーシア政府が絶えず努力していることを明瞭に示しているのである。



『マニラ首都圏とその隣接地域における国土開発』

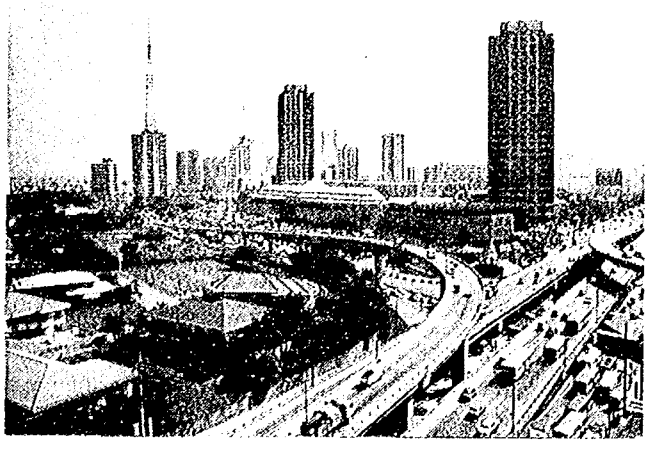


フィリピン公共事業道路省　次官補
Manuel M. Bonoan

1．首都マニラ地区の開発

フィリッピンのマニラ首都圏は“首都地方”とか“首都マニラ地区”と呼ばれているが、それは多数の市および13の自治区より構成されており、面積は635km²になる。マニラ首都圏の発展は市の中心部から始まり、時の経過と共に大都市へと成長してきたのである。”首都マニラ地区”は現在800万人の人口を抱えているが、この人口増加が急速な都市化の引き金になったのである。この10年間だけで約200万人も増加しており、都市化と共に車の数も急速に増加し、最近では年々、交通渋滞や大気の汚染がその深刻さを増している。

政府は、交通渋滞を解消するために様々な土木工事を行っており、例を挙げれば、道路や橋梁の改築工事は勿論のこと、新たにインターチェインジ、高架橋、地下道、等の建設にも着手している。こうして毎年、“首都マニラ地区”の都市基盤施設は充実されてはいるが、都市中心部への人口集中が進み過ぎたとか、地価高騰のために道路用地の確保が困難になってきたといった幾つかの問題が生じている。



政府はまた、釣り合いのとれた国土全体の活用と発展を目指しており、地方の発展にも力を注いでいる。例を挙げると、ルソン島、ビザヤ島、およびミンダナオ島の農業、産業、観光業、等の近代化促進がある。そして、ルソン島における有名なプロジェクトの一つに次の「カラバルソン・プロジェクト」がある。

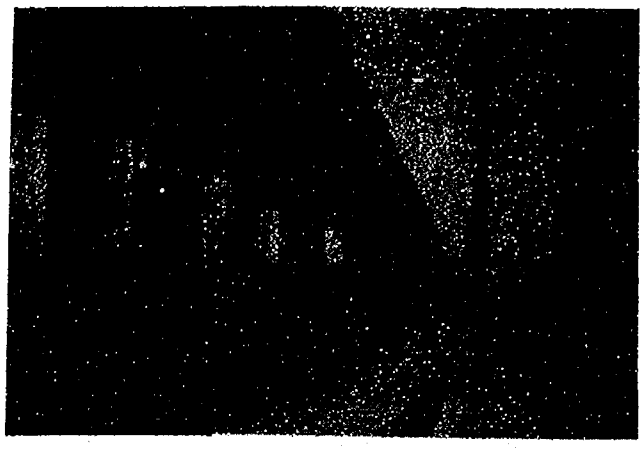
2．首都マニラ地区の隣接地域の開発:「カラバルソン・プロジェクト」

カラバルソン地方は、カビーテ、ラグーナ、リザール、クエソンの５つの県(Provincial Government)で成り立っており、面積は1,6229km²あり、全人口は830万人で、ルソン島にあり首都マニラ地区に隣接している。政府は、この地方は豊かな資源や将来性に恵まれているので、相当な規模の設備投資をする外資系加工・輸出企業を誘致して高度産業化計画の中心地にするという案を以前から持っていた。「カラバルソン・プロジェクト」は、従来の農業依存の地方経済を活力ある都市型の農産業経済に変革するための大規模で総合的なプログラムを持っている。そして大規模であるため、輸送、通信、エネルギー、水、公益事業、環境保護、等に関する都市基盤施設やサービス分野を含めて、産業、経済、および社会の３分野が歩調を合わせて発展出来るよう組織的なアプローチをしなければならない。マニラ国際空港、また島と島を結ぶバタンガ空港やルシェーナ空港（共に国際空港になる予定）といった重要な輸送施設は既に幾つかあり、政府は目下、在来の各種道路やマニラ地区の都市輸送網とカラバルソン地方の産業地域の輸送網とを結ぶ連絡道路、等の改築工事に特に力を入れている。

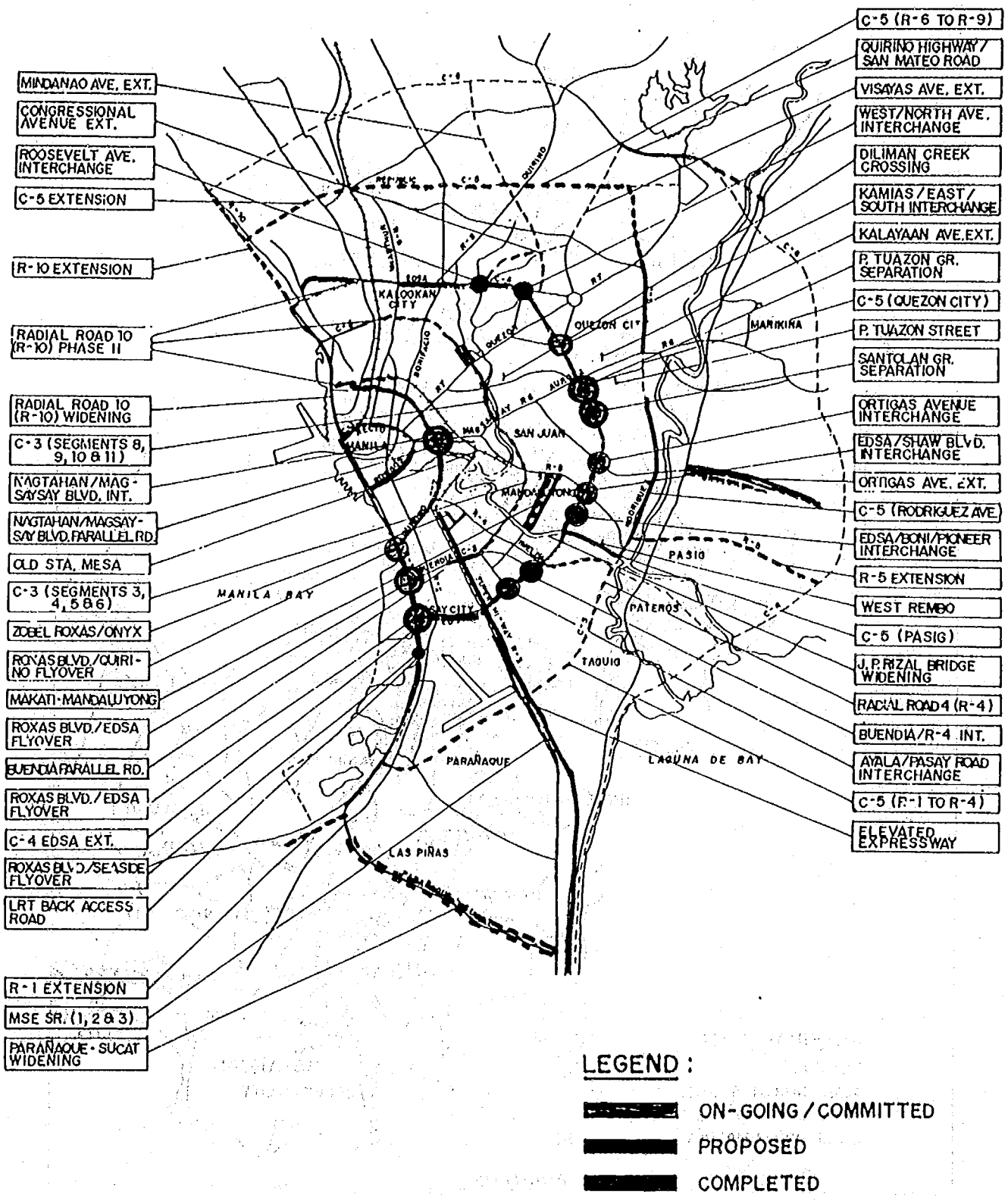
この地方はまた首都マニラ地区にとってはリゾート地でもあり、美しい浜辺には高級ゴルフコースやカントリークラブの施設が点在している。政府がこの土地の道路網の改築を重視するのはこうした理由もあるのである。そして、この目的で既に幾つかのプロジェクトが実行されているところである。

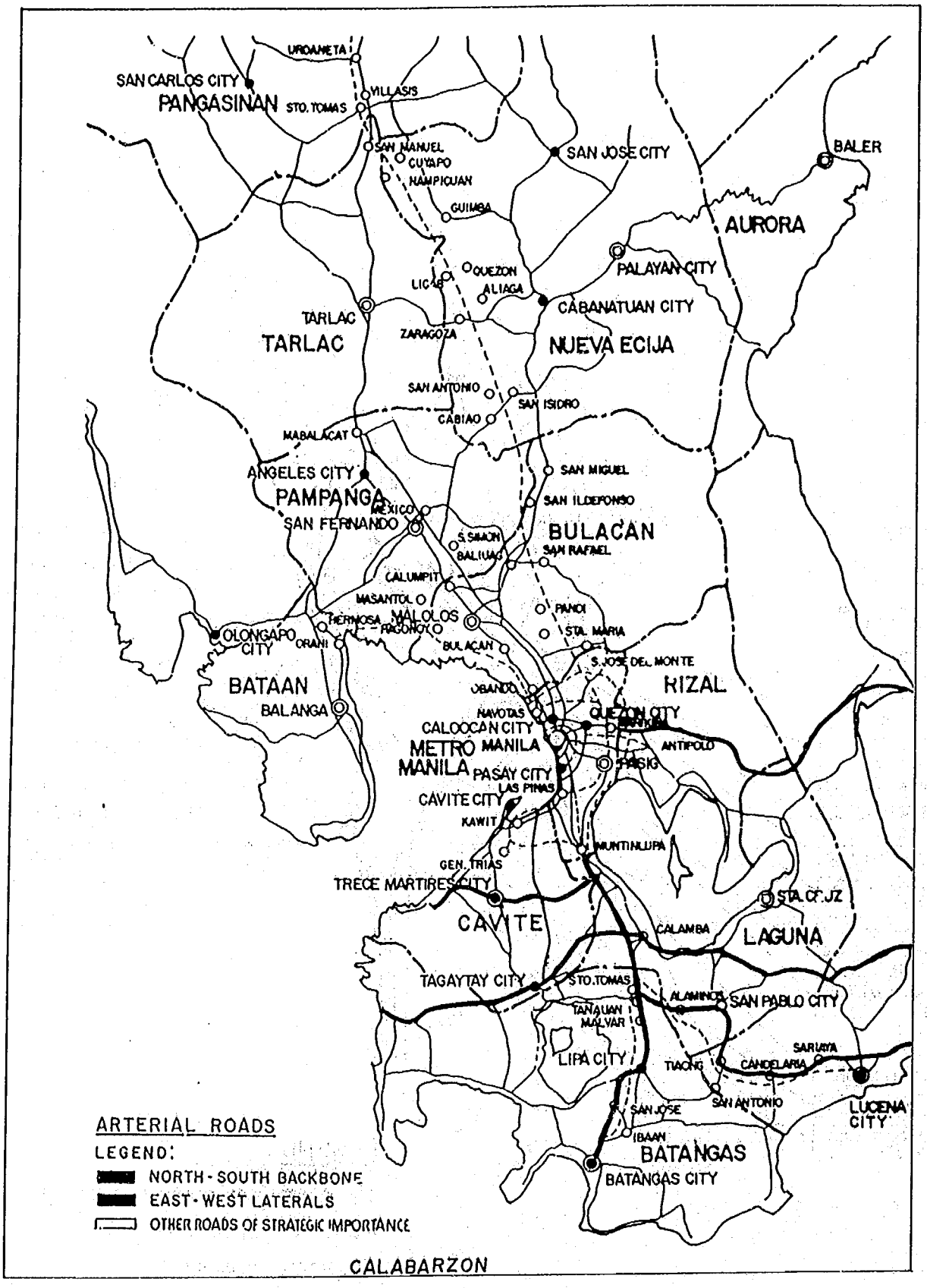
3．国土開発の抱える問題

こうしたプロジェクトによる国土開発にとり、天災は深刻な障害となっている。つまり、フィリッピンの地理的位置は、台風、地震、火山爆発、等の被害を最も被りや

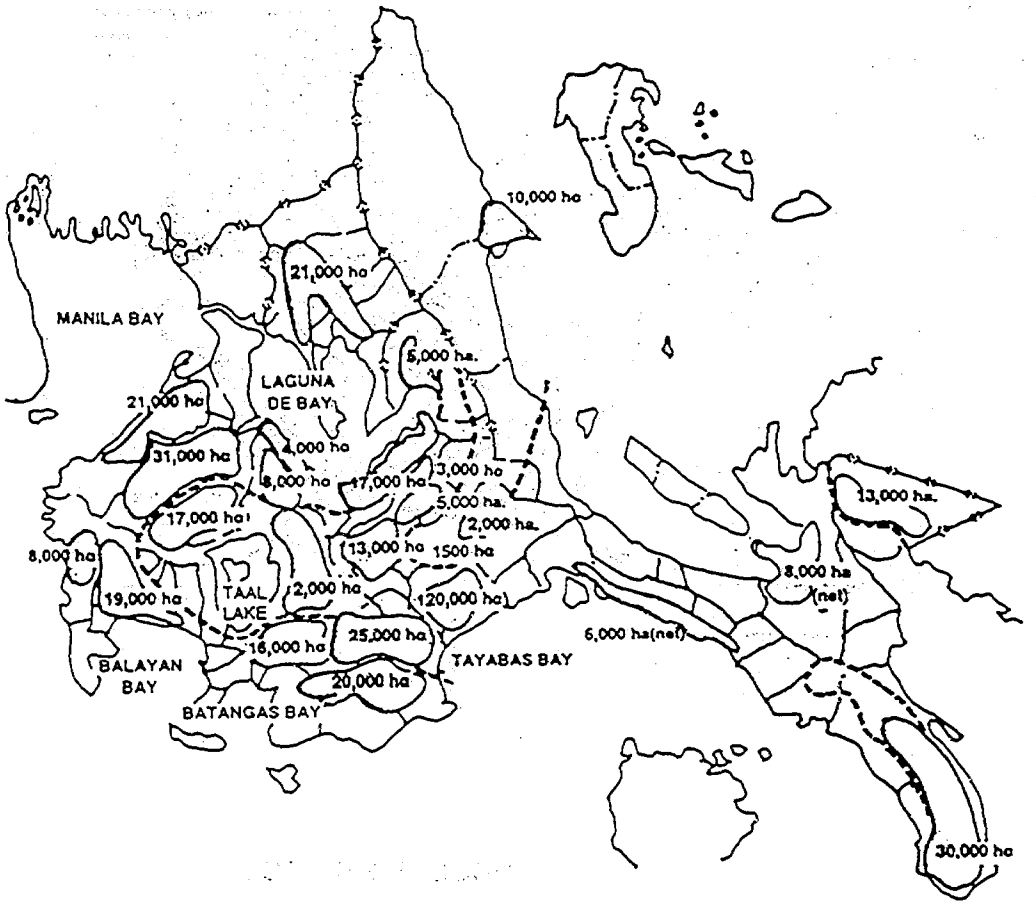


すいところにあるため、様々な大天災によって毎年、社会基盤施設が重大な損害を受けているからである。例えば、①1990年6月、マグニチュード7.7の地震によるルソン島中部の壊滅的被害、②1990年11月、最大瞬間風速70m/秒の驚異的な台風のセブ島上陸、③1991年6月、史上最大のピナツボ山の噴火が与えた広範囲にわたる被害（これはまた1992年の雨期になって、橋梁のような社会基盤施設のみならず多数の町全体に被害を与えた）④1991年11月、台風“ユーリン”による死者約10,000人を記録した西レイテ島の被害ー等がある。そして、こうした天災は、社会基盤施設、とりわけ道路や橋梁に計り知れない損害をもたらし、長期間にわたり公共輸送機関をストップさせたのである。従って、我々は社会基盤施設を充実させて国の着実な成長を図るために、金融組織を確立し、災害防止対策を練り、諸施設のメインテナンス技術を修得しなけれななならない。


MINDANAO AVE. EXT.
CONGRESSIONAL AVENUE EXT.
ROOSEVELT AVE. INTERCHANGE
C-5 EXTENSION
R-10 EXTENSION
RADIAL ROAD 10 (R-10) PHASE II
RADIAL ROAD 10 (R-10) WIDENING
C-3 (SEGMENTS 8, 9, 10 & 11)
NAGTAHAN/MAGSAYSAY BLVD. INT.
NAGTAHAN/MAGSAYSAY BLVD. PARALLEL RD.
OLD STA. MESA
C-3 (SEGMENTS 3, 4, 5 & 6)
ZOBEL ROXAS/ONYX
ROXAS BLVD./QUIRINO FLYOVER
MAKATI-MANDALUYONG
ROXAS BLVD./EDSA FLYOVER
BUENDIA PARALLEL RD.
ROXAS BLVD./EDSA FLYOVER
C-4 EDSA EXT.
ROXAS BLVD./SEASIDE FLYOVER
LRT BACK ACCESS ROAD
R-1 EXTENSION
MSE SR. (1, 2 & 3)
PARAÑAQUE-SUCAT WIDENING
C-5 (R-6 TO R-9)
QUIRINO HIGHWAY/SAN MATEO ROAD
VISAYAS AVE. EXT.
WEST/NORTH AVE. INTERCHANGE
DILIMAN CREEK CROSSING
KAMIAS/EAST/SOUTH INTERCHANGE
KALAYAAN AVE. EXT.
P. TUAZON GR. SEPARATION
C-5 (QUEZON CITY)
P. TUAZON STREET
SANTOLAN GR. SEPARATION
ORTIGAS AVENUE INTERCHANGE
EDSA/SHAW BLVD. INTERCHANGE
ORTIGAS AVE. EXT.
C-5 (RODRIGUEZ AVE.)
EDSA/BONI/PIONEER INTERCHANGE
R-5 EXTENSION
WEST REMBO
C-5 (PASIG)
J.P. RIZAL BRIDGE WIDENING
RADIAL ROAD 4 (R-4)
BUENDIA/R-4 INT.
AYALA/PASAY ROAD INTERCHANGE
C-5 (R-1 TO R-4)
ELEVATED EXPRESSWAY
MANILA BAY
LAGUNA DE BAY
KALOOKAN CITY
QUEZON CITY
MANDALUYONG
SAN JUAN
PASIG
PATEROS
TAGUIG
PARAÑAQUE
LAS PIÑAS
LEGEND :
ON-GOING / COMMITTED
PROPOSED
COMPLETED

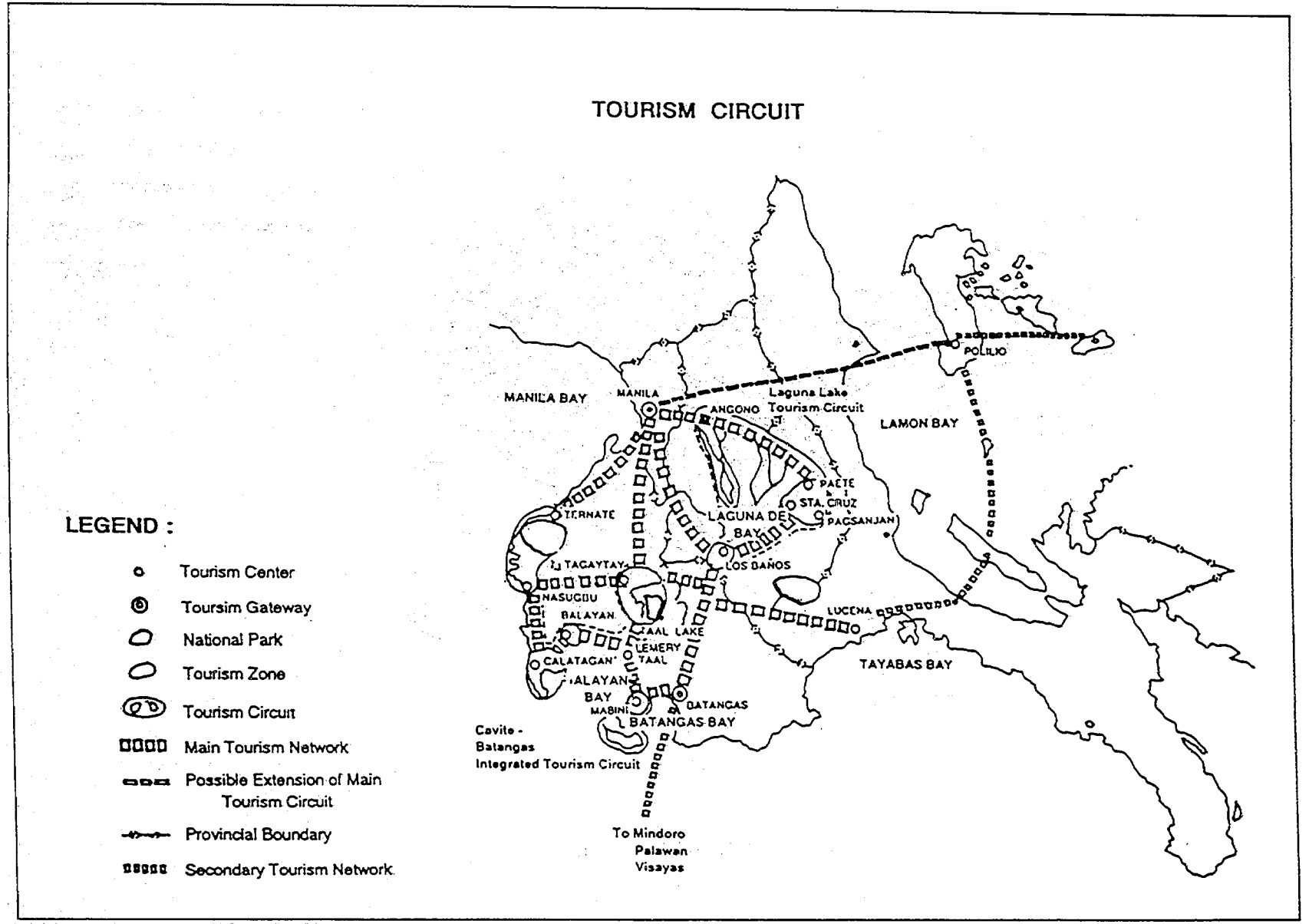

URDANETA
SAN CARLOS CITY
PANGASINAN
STO. TOMAS
VILLASIS
SAN MANUEL
CUYAPO
NAMPICUAN
GUIMBA
SAN JOSE CITY
BALER
AURORA
PALAYAN CITY
QUEZON
LICAB
ALIAGA
CABANATUAN CITY
TARLAC
TARLAC
ZARAGOZA
NUEVA ECIJA
SAN ANTONIO
SAN ISIDRO
CABIAO
MABALACAT
ANGELES CITY
PAMPANGA
SAN MIGUEL
SAN ILDEFONSO
MEXICO
SAN FERNANDO
BULACAN
S. SIMON
BALIUAG
SAN RAFAEL
CALUMPIT
MASANTOL
MALOLOS
PANDI
HERMOSA
FAGONOLO
STA. MARIA
OLONGAPO CITY
ORANI
BULACAN
S. JOSE DEL MONTE
BATAAN
RIZAL
OBANDO
BALANGA
NAVOTAS
QUEZON CITY
CALOOCAN CITY
METRO MANILA
ANTIPOLO
MANILA
PASIG
PASAY CITY
LAS PINAS
CAVITE CITY
KAWIT
MUNTINLUPA
GEN. TRIAS
TRECE MARTIRES CITY
STA. CRUZ
CAVITE
CALAMBA
LAGUNA
TAGAYTAY CITY
STO. TOMAS
ALAMINOS
SAN PABLO CITY
TANAUAN
MALVAR
SARIAYA
LIPA CITY
TIAONG
CANDELARIA
SAN JOSE
SAN ANTONIO
LUCENA CITY
IBAAN
BATANGAS
BATANGAS CITY
ARTERIAL ROADS
LEGEND:
NORTH - SOUTH BACKBONE
EAST - WEST LATERALS
OTHER ROADS OF STRATEGIC IMPORTANCE
CALABARZON

AGRICULTURAL SUBREGIONS

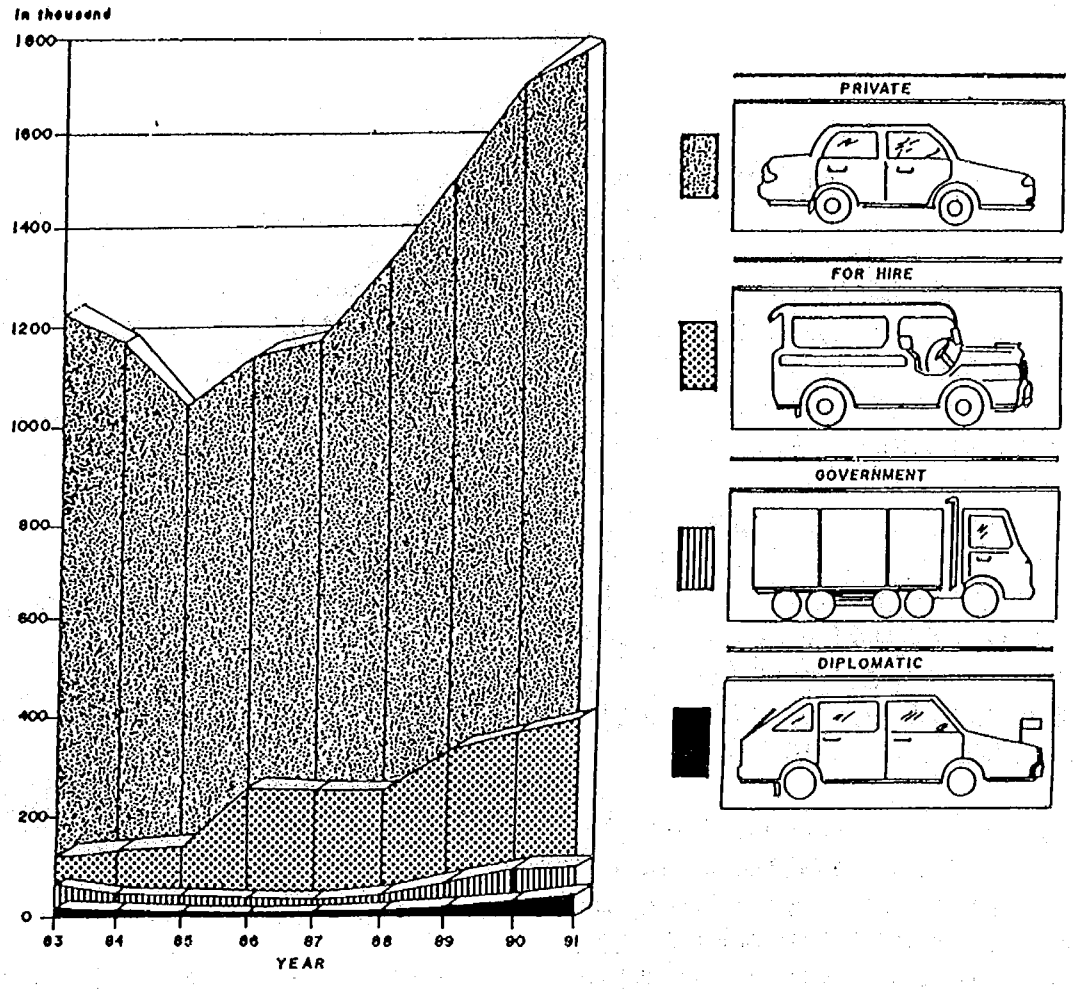


LEGEND:

- Lowland Agricultural Area
- Upland Agricultural Area
- Agro-Forestry Area
- Coconut Planted Area


TOURISM CIRCUIT
LEGEND :
Tourism Center
Toursim Gateway
National Park
Tourism Zone
Tourism Circuit
Main Tourism Network
Possible Extension of Main Tourism Circuit
Provincial Boundary
Secondary Tourism Network
MANILA BAY
MANILA
ANGONO
Laguna Lake Tourism Circuit
LAMON BAY
POLILLO
PAETE
STA. CRUZ
PAGSANJAN
TERNATE
LAGUNA DE BAY
TAGAYTAY
LOS BAÑOS
NASUGBU
BALAYAN
LUCENA
TAAL LAKE
LEMERY
TAAL
CALATAGAN
BALAYAN BAY
TAYABAS BAY
MABINI
BATANGAS
BATANGAS BAY
Cavite - Batangas Integrated Tourism Circuit
To Mindoro
Palawan
Visayas

NUMBER OF MOTOR VEHICLES REGISTERED BY TYPE OF VEHICLE 1983 TO 1991





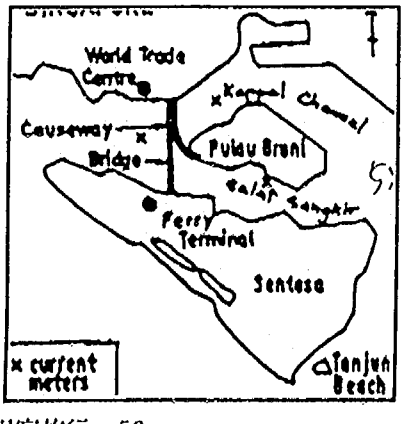
ケッペルとセントサを結ぶ横断道路の設計と施工

国家開発省公共事業局　建設管理部長
Tan Siong Leng'

1．はじめに

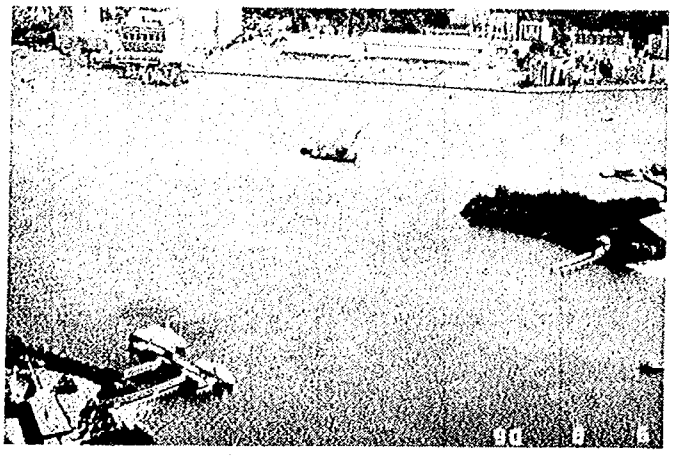
セントサとPulau Braniは、ケッペル海峡とSelat Sengkir海峡によってシンガポール島から隔てられたシンガポールの南端に位置する2つの主要な島である。セントサは、急速にこの上なく素晴らしい南洋の楽園島の一つへ変貌を遂げたため、この島を訪れる観光客の数も急に増加している。拡大しつつある交通需要に対処するためには、現在のフェリーとケーブルカー以外の効率的な輸送手段が必要と考えられる。それと同時に、急増している港のコンテナ・サービスに対する需要を満たすために、シンガポール港湾局は、Tanjong Pagarにある現在のコンテナ・ターミナル施設をケッペル海峡によって隔てられているBulau Brani島まで拡張しなければならない。セントサおよびPulau Braniにおける急激な発展を支えるため効率的な輸送手段が非常に重要なものとなりつつある。したがって、横断道路は、本土と南方の2つ島との間に必要な輸送上の連絡を図る唯一の方法であることが決まった。

ケッペルとスラット・センダキールは海上交通の混雑した海峡である。没埋トンネル、高架橋(high bridge)、引上げ跳開橋、ロックフィルコーズウェイ等を含め、横断道路の設計にあたりさまざまな解決方法が検討された。建設費用、運用費用、航海条件、環境への影響、および美観等の各種要素を考慮にいれた結果、コーズウェイと橋との組合せを横断道路として採用することに決定した。図1は、ケッペル海峡を通る330mから成る横断道路と、Selat Sengkir海峡を横断する全長380mのアーチ型橋の敷設位置を示している。



2．地質および地表下の状態

シンガポール・ジオロジーによると、このプロジェクト用地は、泥岩や泥状の微細な砂岩／シルト岩が主たる特徴となっている沈降堆積形成物中に位置している。これらの層間の沈降形成岩は非常にもろく、相当程度のしゅう曲作用がみられる。図2は、連結道路の平面線形に沿った断面を示している。



3．水力学的条件

シンガポールの潮流は、回帰線潮流の影響によって、本質的に各種混在したタイプのもので日周的である。しかしながら、上述の海峡において、25時間サイクルタイムの中で14～16時間の間、優勢となって西に向かう潮流は、東へ向かう潮流を凌ぐのである。これらの海峡で記録されるピーク時の潮流は、東へ向かうときの最高で2m/sであった。ケッペル港で記録された最大の潮流レベルは+3.49ACDであり、最低は-0.35mACDであった。潮流速度が速く、西へ向かう潮流が支配的なために、コーズウェイによってケッペル海峡を封鎖することで重大な流体力学的問題が発生することが懸念されている。また、大きな潮流による波がコーズウェイの壁面の表面処理に幾分かの問題を生じさせるであろう。

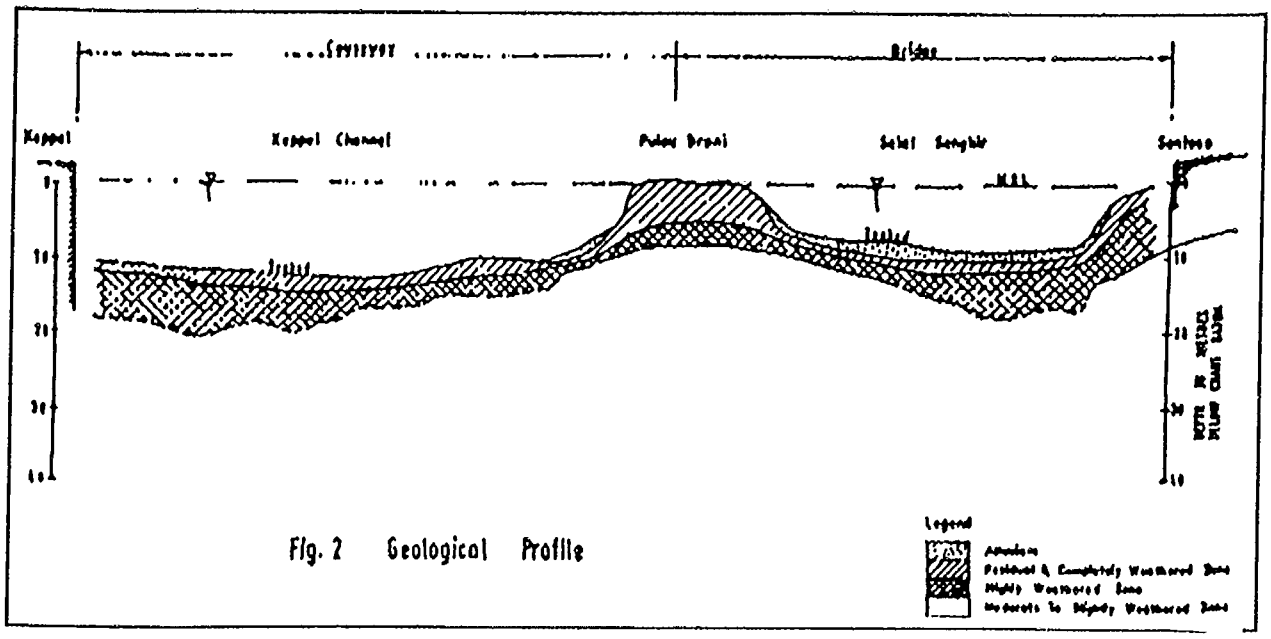


Fig. 2 Geological Profile

4．水力学的モデル調査

コーズウェイによってケッペル海峡を封鎖することで発生する影響を予測するために、一連のモデル調査が実施された。この調査には、物理的モデリング、数学的モデリング、沈降作用の模擬実験、水質調査が含まれている。

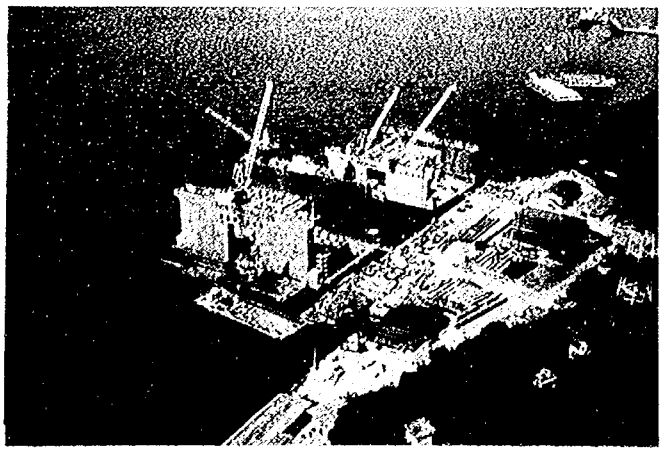
建設段階と建設完了後における両海峡の潮流状態、およびケッペル海峡の封鎖に伴いコーズウェイの構造に及ぼされる水圧エネルギーを評価するための物理的モデル調査が実施された。ケッペル海峡の封鎖後に、スラット・セングキールの潮流は50%増加するものと予測された。この予測される潮流増加は、付近の海軍基地の活動にとって望ましいものではないと判断された。スラット・セングキール海峡の潮流速度を減速するには水中堤を考慮しなければならず、建設段階および建設後の潮流速度を調節する目的で水中堤の適切な高さと傾斜を確定するための模擬実験が実施された。スラット・セングキール海峡における航海の安全性を確保するために、潮流速度の増加は上限で20%と指定された。また、物理的モデリングによって、コーズウェイの建設段階で配慮しなければならない水平水圧エネルギーは最大で500トンと予測された。

物理的モデル調査を補完し、また、周辺海域の潮流増加と周辺陸地への影響に関する評価を行う目的で、はるかに広い領域に及ぶ数学的モデルが実施された。

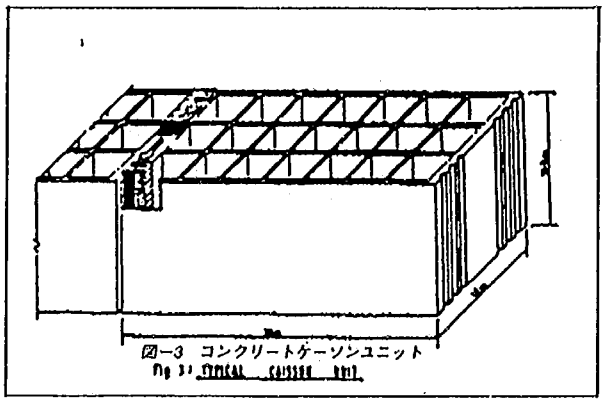
ケッペル海峡の封鎖によって沈降率の高まりが予想され、水質は悪化するであろう。したがって、ケッペル海峡における沈降率と、コーズウェイ建設の水質に及ぼす影響とを評価するために沈降および水質に関する調査が実施された。

5．設計

横断道路は、セントサとブラニ・コンテナ・ターミナルとの間の利便に資するため陸路による連結を行うものである。しかしながら、双方のニーズにはいくつかの食い違いがある。シンガポール港湾局(PSA)は、ブラニ・ターミナルとの港湾交通の往来には、スペースの節約と将来における小型船舶の停泊を避けるために垂直型の防潮壁を持つ機能本位の横断道路を必要としているのだが、セントサ開発会社(SDC)は観光リゾートとしてセントサの環境にマッチした美的感覚に溢れた車両向け横断道路－割ぐり石の堤から成る傾斜のついた海岸道路－が必要と考えている。ケッペル海峡を走る2種類のタイプのコーズウェイ構造が検討された。すなわち、傾斜面を持つ割ぐり石からなる堤と、垂直の防潮壁を持つコンクリート製のケーソン型である。



コンクリート製のケーソン構造タイプが最終的に選定された。この方式では、ケッペル港の貴重なスペースをそれほど必要とせず、その建設中にケッペル海峡をより長期にわたり繰り返し使用できるからである。スラット・セングキール海峡には、コンクリート橋が選ばれた。こ



図−3 コンクリートケーソンユニット
Fig 3 : TYPICAL CAISSON UNIT

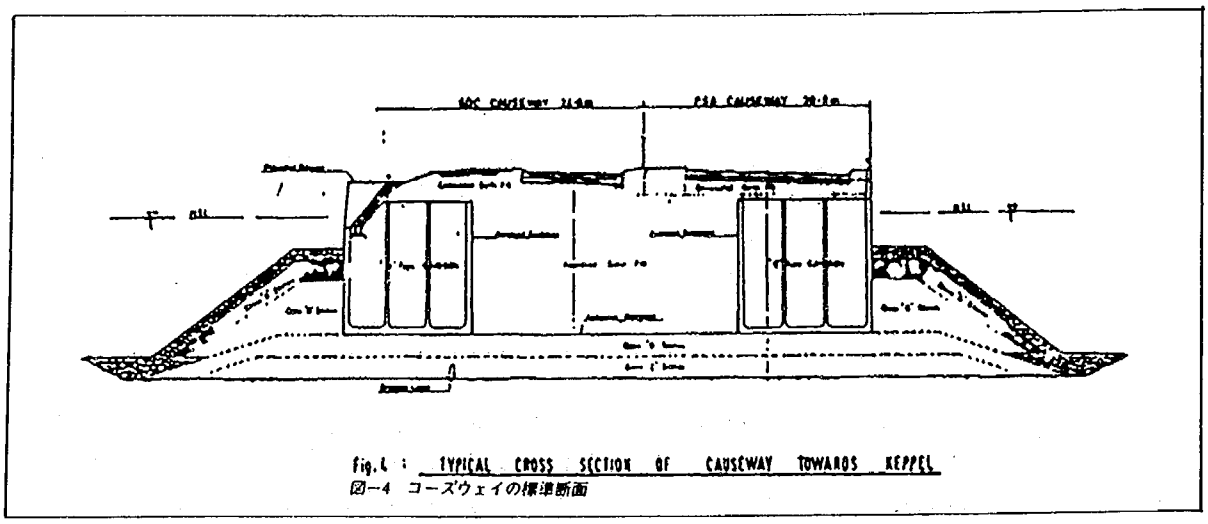
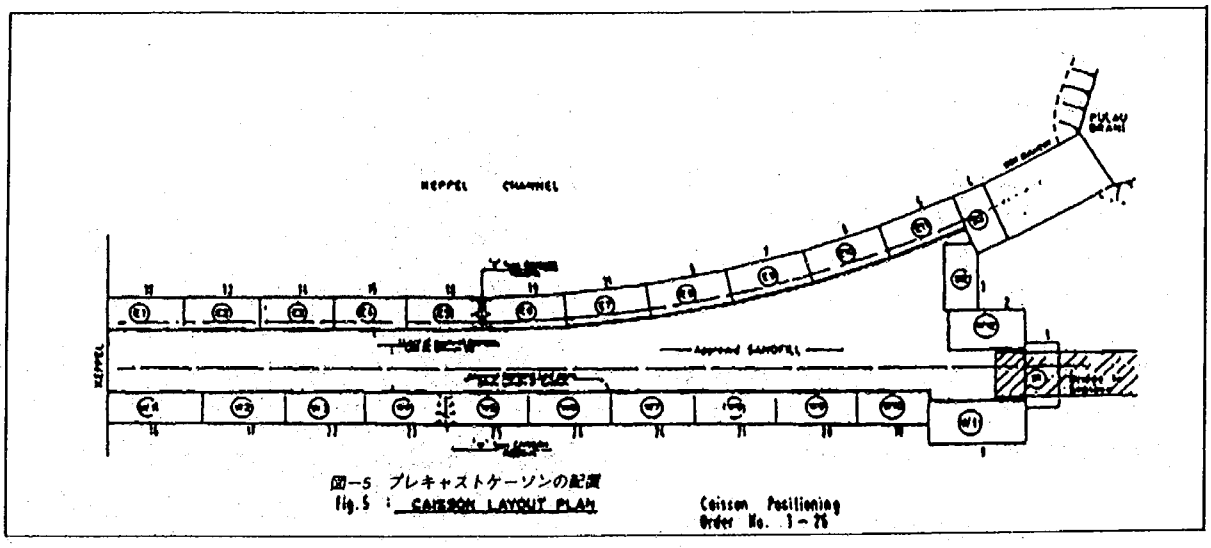


Fig.4 : TYPICAL CROSS SECTION OF CAUSEWAY TOWARDS KEPPEL
図−4 コーズウェイの標準断面



図−5 プレキャストケーソンの配置
Fig.5 : CAISSON LAYOUT PLAN

Caisson Positioning
Order No. 1 − 26

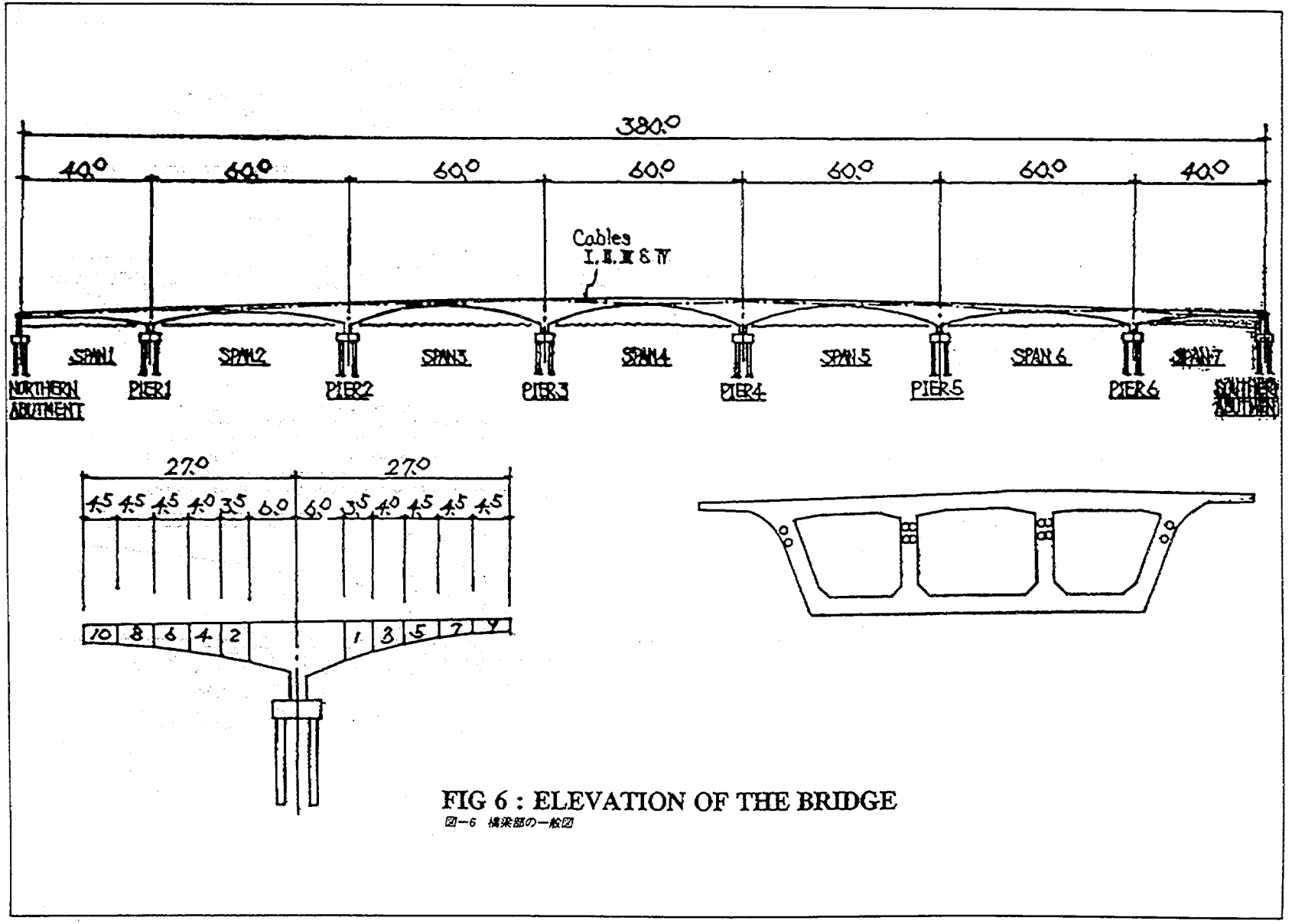
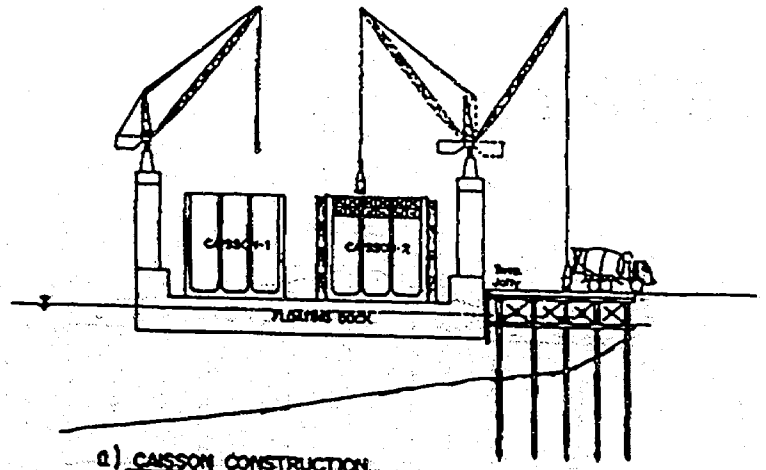


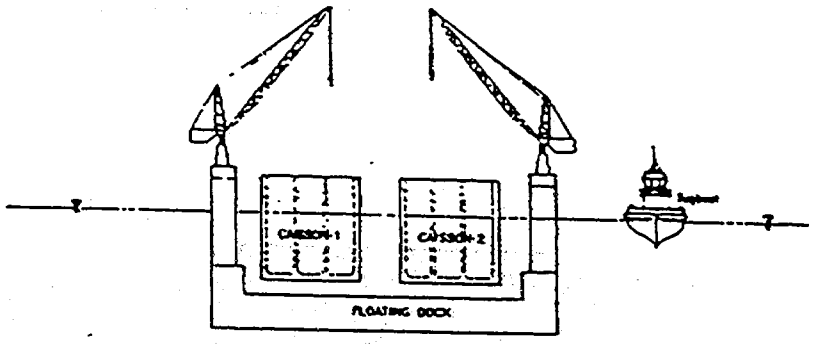
FIG 6 : ELEVATION OF THE BRIDGE

図－6 橋梁部の一般図



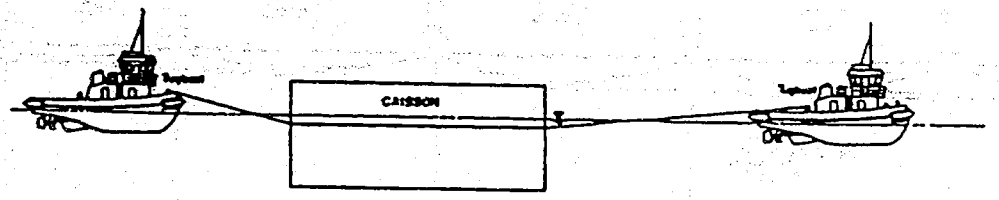
a) CAISSON CONSTRUCTION

- After assembling of steel re-bars and Formwork, Cast base slab of Caisson on Floating Dock. (F.D.)
- Slip-forms will be installed on top of the concrete wall.
- The installed slip-forms will be jacked-up simultaneously to reach the final elevation. At the same time, tying of steel re-bars and pouring of concrete will be carried out.



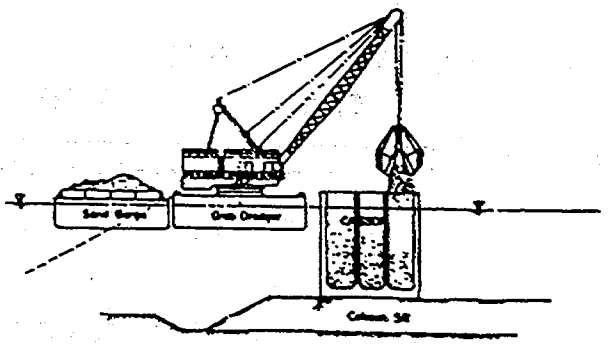
b) OFF-LOADING OF CAISSON

- After the completion of Caisson construction on the F.D., F.D. will be towed by tugboat to the proposed launching area.
- Upon arrival at the launching area, F.D. will be sunk in order to float the concrete caisson.



c) TOWING OF CAISSON

- Wire rope will be wound round the Caisson.
- The floating Caisson then be towed by tugboats to the proposed location.



d) POSITIONING AND FILLING OF SAND

- The Caisson will position at the erect location by operating the winches.
- After positioning, underwater pump will be installed and water will be pumped into the Caisson to sink down Caisson to final proposed alignment.
- The Caisson cells are then backfilled with sand.

図－7 コーズウェイ建設手順

FIG 7 : CONSTRUCTION SEQUENCE

の橋には装飾的な照明、高欄、およびその他セントサ島の植民地時代の建築をおり混ぜた建築的特徴を持つ美的な装飾が施された。

標準的な大きさで、高さ12.5m、幅12m、長さ30mのコンクリート製ケーソン・ユニット(図3)が、他の場所で作られ横断道路用地までえい航されて沈められた。コーズウェイの保持壁を形成するために、合計26のプロキャスト・ケースンが設計された(図5参照)。コーズウェイの標準的な断面を図4に示す。

ケーソンは、水理学、作業、構造および建設面での要求事項に基づいて設計された。3x7個の内部セルを持つ上部の開いたコンクリート製重力ボックス構造が開発された。一部のケーソンの寸法は、コーズウェイの用地の条件や配置に合わせて変更が行われた。ケーソンは、充分な安全要素を背景にさまざな潮流条件の下における組立、えい航、沈下、埋め戻し、および最終的位置決めの際の各種負荷条件に適するよう設計された。岩石充填材から成るケーソン・セルは、コンクリート製ケーソン・ユニットの基本構造となっている。ケッペル海峡の海底は、-8mから-14mACDまでの水深である。ケーソン・セルの-10mACDのレベルは、費用、ケーソンの安定性、潮流、コーズウェイの最終的封鎖時の洗掘のような各種要素を勘案した結果、選定されたものである。

Selat Sengkir海峡を渡す橋は、7スパンの三セル・プレストレスト・コンクリート橋として設計された。両端のスパンは40m、中のスパンは60mで、全長が380mである。カンチレバー工法を採用して建設を円滑化するような設計がなされた。地質が固いという条件のために、橋脚は大口径鋼管杭で支えられるよう設計された。図6は、橋の立面図を表示している。

6．建設

ケーソン工法とカンチレバー工法がシンガポールで採用されたのは、今回が初めてである。コーズウェイ建設の手順が図7に描写されている。各々が乾燥状態で約2,250トンの重量を持つコンクリート製ケーソンは、コーズウェイ用地の西方2.2kmにある建設ヤードに固定されている浮ドック上で製作された。ケーソン・ユニットの製作が行われている間に、建設用地では海底の沈泥や軟弱な物質を除去するしゅんせつ作業が実施された。しゅんせつ作業の終了後、しゅんせつの終えた海底に所要のレベルまで岩石を敷設してケーソン・セルを形成した。ケーソン・セルが完成し、地ならしをしてから、ケーソン・ユニットをコーズウェイまでえい航してから敷設を行った。アクセス上の制約のために、東側のケーソンの列（すなわち、WおよびSシリーズのケーソン）が、封鎖ケーソンとして選ばれた。ケーソンは、計画のコーズウェイの両端から敷設して、ケッペル海峡の中央に最終的封鎖口を残した。次に他のケーソン（すなわち、WおよびSシリーズ' のケーソン）は、Eシリーズの設置順位に合わせて敷設した。すべてのケーソンが所定の位置に設置されると、2列のケーソンの間にジオテクスタイル(geotextile)を敷き、砂を埋め戻してコーズウェイを形成した。

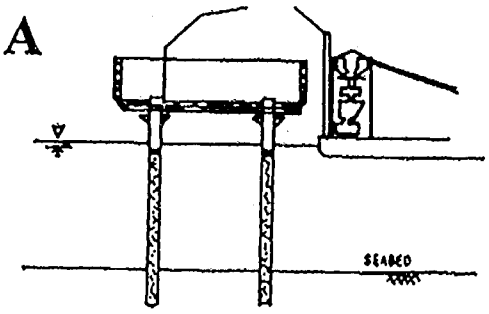
橋の建設は、コーズウェイの建設と同時に実施された。橋の建設は、両端部橋脚の鋼管杭の打ち込み、およびパイル・キャップ建設から始まり、ついで橋脚へと進めていった。このような手法を採用することで、橋の建設期間中、スラット・センダキール海峡の航行が引続き可能となった。パイル・キャップの建設直後に、岩石の敷設が行われ水中堤が構築された。没水堤構築のための岩石敷設完了後、カンチレバー工法を採用して、各橋脚の桁と床版の建設が開始された。2組のフォーム・トラベラーを採用することで、一度に2本の橋脚で桁けたの建設が可能となった。建設順序は図8に示されている。

建設の初期プログラムは図9に示されている。このプログラムでは、建設は2段階で完成する予定であった。コーズウェイの建設を伴う段階Ⅰは、プラウ・プラニにおいて開発中の新コンテナ・ターミナルの早期操業予定を実現するために、15ヶ月で完了の予定であった。段階ⅠⅠは24ヶ月ですべての工事を完成させる目的のものであった（段階Ⅰを含む）。しかしながら、少々の遅延と追加工事があったために、段階ⅠとⅠⅠの実際の完成期間は、各々17ヶ月と28ヶ月であった。建設費用の合計額は、約1億1千6百万シンガポール・ドルであった。

7．潮流監視

連結道路の建設期間中に、リアルタイム潮流監視装置(RCMS)を使用して建設現場付近の潮流の継続的な監視が実施された。RCMSは、図1に示すとおり、3個所の海底に設置された3個の音響ドップラー・ユニットから構成されていた。各ドップラーは垂直の3方向の潮流を、さまざまな深度で測定することが可能である。絶えずリアルタイムのデータを収集し潮流の監視をするために、これら3個の音響ドップラーは、1つのマスターＰＣに接続されていた。さらに、このマスターＰＣはさまざまな個所に設置されている5個のリモート（遠隔）ＰＣに連結されて、記録された潮流を同時に表示した。RCMSは航行の激しい海峡における潮流の予測に関して、事前に有用なる情報を提供するものであった。こうした予測は、請負業者によるケーソンの敷設作業の計画や予定編成や、港湾局による航行の激しい海峡での船の移動にとって必要なものであった。スラット・センダキール海峡での潮流監視によって、同海峡における潮流の増大は安全な航行に必要な20%の限度を超過していないことが明らかになった。

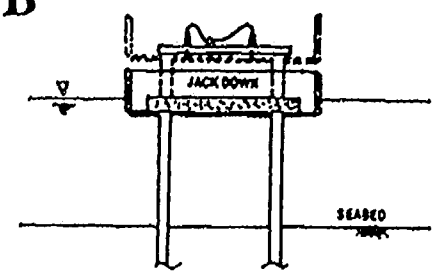
A



FABRICATION OF SOFFIT FORM FOR PILE CAP

- Concrete (t=50cm) for the soffit form of the pile cap is cast.
- The side form is made of steel. The height of the side form is designed to extend above the H.H.W.L.

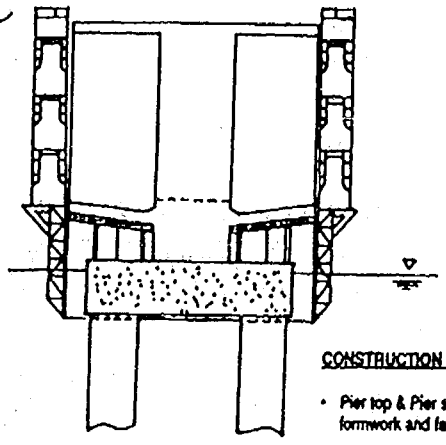
B



CONSTRUCTION OF PILE CAP

- Pile cap form is jacked down to the required position.
- The gaps between pipe and form are filled and sealed with grout.
- The pile cap re-bars are placed in position, and pile cap concrete is cast.

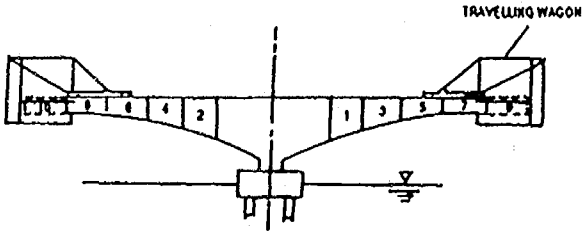
C



CONSTRUCTION OF PIER TOP & PIER SEGMENT

- Pier top & Pier segment will be constructed using formwork and falsework supported from the pile cap

D



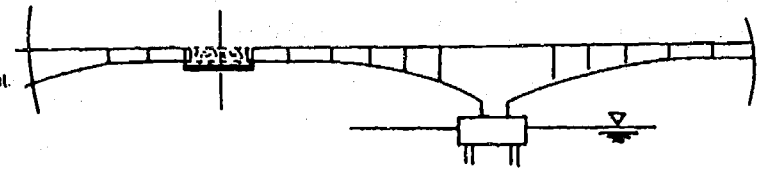
CONSTRUCTION OF CANTILEVER SEGMENTS

- The travelling wagons for segment 1 & 2 are erected on the pier top.
- The wagons are shifted for the construction of these two segments.
- The segment 1 & 2 are then stressed together.
- The operations are then repeated until segments 9 & 10.
- Dismantle wagons.

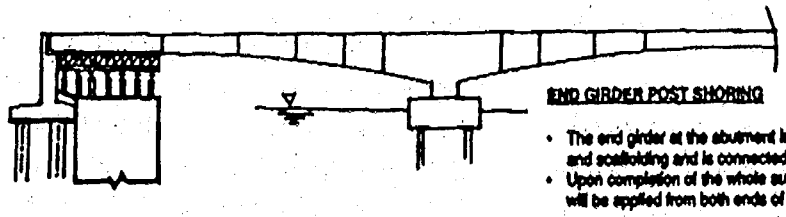
E

CONSTRUCTION OF MIDDLE SEGMENT

- Fabricate scaffolding and forms at the middle segment.
- Cast concrete at the middle segment.
- Stress cable at middle segment.
- Dismantle form and scaffolding at middle segment.



F



END GIRDER POST SHORING

- The end girder at the abutment is constructed using post shoring,staging and scaffolding and is connected to the cantilever girder by prestressing.
- Upon completion of the whole superstructure, continuous prestressing will be applied from both ends of the bridge.

FIG 8 : CONSTRUCTION SEQUENCE OF THE BRIDGE

図－8 橋梁部の建設手順

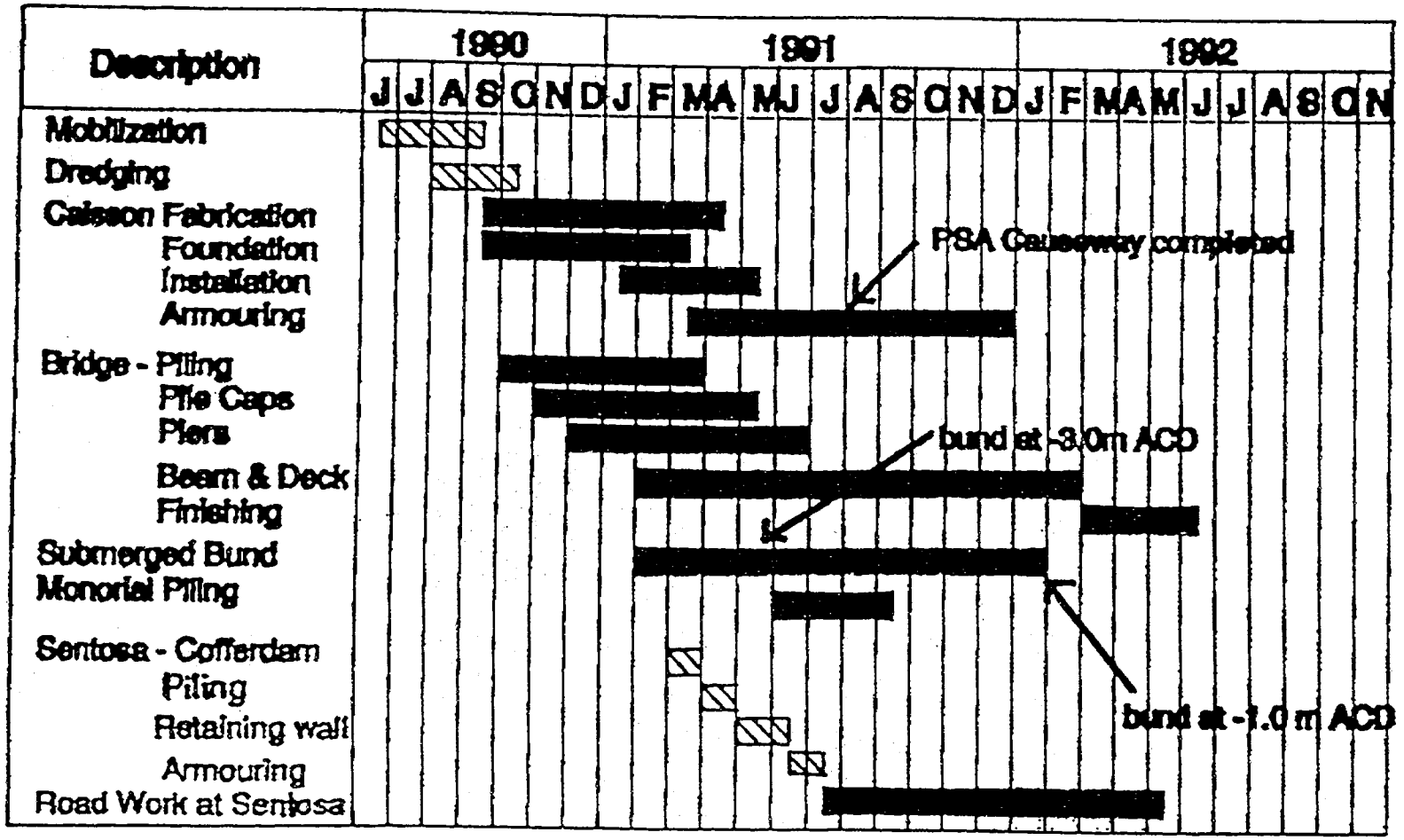
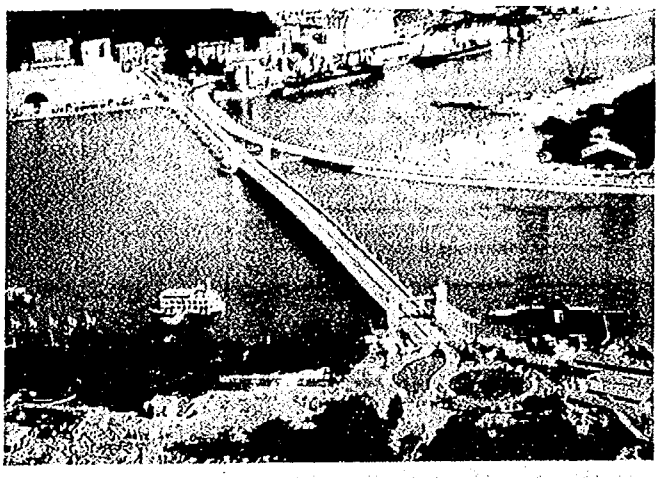


FIG 9 : CONSTRUCTION PROGRAMME
図－9 建設工程表

8．結論

本書では、シンガポール本土から沖合いの島に至る最初の横断道路の建設について述べた。コーズウェイ建設の重力ケーソン工法と橋梁建設のカンチレバー工法がシンガポールで採用されたのは初めてのことである。重力ケーソンのコンセプトとカンチレバー工法は、海洋建造物の建設と、海上に架ける長径間スパン橋梁の建設には



効率的であることが、このプロジェクトによって明確に示された。重力ケーソン工法によって、ほとんどの作業が現場以外で実施可能なために、混雑した港や船舶の航行する海峡での作業による妨害を最小限に抑えることができた。現場外における建設作業も、コンクリートの品質を高めるものとなっている。このプロジェクトから得られた経験は、将来同じようなプロジェクトの計画、設計、実施に携わるエンジニアにとっては大きな価値があるだろう。現在、シンガポールの公共事業省は沖合いのJurong島と本島を連結する、もう一つのコーズウェイを建設するため、重力ケーソン工法を採用する計画である。



タイ国における公共的社会基盤整備・プロジェクトおよび技術的問題

タイ運輸通信省道路局　道路研究開発センター長
Teeracharti Ruenkrairergsa

1．はじめに

道路事業において一般的に、公営化および民営化を考える場合の基準には、プロジェクトの巨額な経費、高い経営上の収益率および長期の供用年数がある。タイ高速道路高速輸送局(ETA)の管轄範囲における高速道路および大量輸送システムについては法人経営方式が採用され、これに対し、民営方式もしくは、建設／運営／輸送(BOT)については道路局が採用してきた。ここでは、法人経営化および民営化の例をいくつか検討する。最後に、従来型の道路プロジェクトとともに、自動車専用道路および4車線化プロジェクト（タイ中央部における技術的問題と用地収用経費のとの両方の理由から莫大な金額が投下されている）について少し詳細に検討したい。

2．高速道路システムの法人経営

ETAの下で、現在2つのプロジェクトが進行中である。すなわち、投資主体がすでに決定され、バンコック・高速道路（株）(BECL)が設立されているバンコックの第二イクスプレス・システムと、投資主体が未だに決着していない大量輸送システムである。

第二イクスプレス・システム(SES)：このプロジェクトは、タイの開発という面で政府と民間部門との共同作業による成功事業である。SESへは大規模投資投資が行われたいるために、これは世界でも2番目に大きな公共事業プロジェクトとなっている。このプロジェクトは当事者の損失に対する危険分散というよりも、利益の分散と調整を目指すものである。許可の条件は次のとおりである：

i) 投資者は、プロジェクトの約20%の登記資本金（18億バーツを下回ってはならない）を保有しなければならない。
ii) BECLは、すべての建設およびその他の付帯費用を負担し、貸付金に対する政府の保証のない投資リスクを負う。
iii) 高速道路はETAの所要基準に従って建設し、36.6キロメートルを対象とする第一段階を1995年までに完成させなければならない。それ以降の部分については、ラマ4世道路の交通が混雑するようになる前に建設できる。
(iv) BECLは、合計168億1千5百万バーツの土地収用計画の費用を利子を付けて償還する。
(v) 都市部と郊外部の通行料金は各々30バーツと15バーツとするが、両区域の使用については、5バーツの割引を行う。
(vi) 都市部で集金された通行料金は、最初の9年、次の9年、およびそれ以降の9年毎に、ETAとBECLとの間で各々40/60、50/50、60/40の比率で配分する。
(vii) 高速道路とその付属物は30年経過した後にETAに属することとなる。

大量輸送システム(MTS):全長60キロメートルに及ぶ3つのルート-Phra Khanong-Bang Sue Line、Wongwien Yai-Lad Phrao Line、Dao Khanong-Makkasan Line-を接続する提案がなされてきた。しかし、MTSプロジェクトの実施は、その投資費用が巨額なうえ、国の予算プログラムが逼迫していたために延期されてきた。その後、このプロジェクトは政府の出資金を払込資本の25%以下に限定し、部分的法人化の形態で実施に移された。このシステムは優先順位に基づいていくつかの部分に分割された。最初に実施された部分は、MTSパートⅠステージⅠ(Phra Khanong-Bang Sue およびSathorn-Lad Phrao線、全長34キロメートル)と名付けられている。

MTSパートⅠステージⅠプロジェクトに基づく投資条件は次のとおりである。

i) 政府のシェアは、自己資本の価額の25%を越えてはならない。
ii) 政府はいかなる貸付金の保証もしない。
iii) 入札参加者は次のいずれかの条件を申し出なければならない。
  a) 政府は自己の負担により、プロジェクトの建設に必要な土地のみを取得し、投資者は免許期間中、当該土地の賃貸を行う。
  b) 政府は土地収用権を行使し、投資者は取得した土地の代金を支払う。
iv) 政府は、投資推進法に基づいて投資者に対してできる

限りの便益を提供しなければならない。

v) 投資家は、バンコックとその周辺を含めた地域におけるMTSプロジェクトステージⅠパートⅠⅠの許可を受ける優先権付与対象の第一優先者とされる。

3．公道システムの民営化（BOT）

BOTの下で、政府は投資活動に参加しないが、プロジェクトの実施の支援は行う。すなわち、土地収用に関する法令の公布および関連の政府機関すべてとの連携。

一般的に、政府はDOHを通じてBOTプロジェクトの向け投資者の選択を巡り、次の手続き手順を採用している。

活動	継続期間（月数）
i) 予備選択の宣伝広告	2.0
ii) 評価および選抜候補者記載	1.0
iii) 候補者リスト記載企業／グループによる提案提出	4.0
iv) 提案の評価	2.0
v) 同意を求める目的のためのMOTCへの報告	0.5
vi) トップにランキングされている企業との交渉	不定
vii) 閣議による承認	1.0

BOTの提案に関する要領

通常、投資者はBOTプロジェクトについて次の内容を含む提案書を作成するよう通知を受ける。

i) 工事
- －プロジェクト道路の交通分析。
- －ネットワークの総合交通パターンの影響。
- －環境の影響、アセスメントおよび勧告。
- －排水システム。
- －通行料金集金ブース、通行料金の実施、交通制御装置および設備を含め、許可道路の予定接続位置および配置

ii) 建設およびメンテナンス
- －建設方法および仕様。
- －建設中における交通管理。
- －メンテナンス手順。

iii) 資金調達にかかわる提案
iv) プロジェクト管理および組織
v) 通行料の集金/運用/金額
vi) 許可期間および義務
vii) その他の勧告

4．過去および現在のBOT道路プロジェクト

DOHは、BOT計画の下で多くのプロジェクトを実施し、その結果はさまざまであった。計画された各種プロジェクトの概要は次のとおりである。

プロジェクト名	成果
i) 3つの有料道路プロジェクト ・Bang Pa In-Nakhon Sawan ・Thonburi - Pak Tho ・Saraburi - Nakhon Ratchasima	失敗
ii) Vibhavadi Rangsitの高架公道	契約締結
iii) 4道路の公表 ・バンコックの周辺の環状道路 ・Bangkok - Chonburi (新ルート) ・Bangna Chonburi ・Thonburi - Pak Tho	計画無し 提出
iv) ルート1 :Rangsit - Saraburi	失敗

5．失敗に終わったBOTプロジェクト

失敗に終わったBOTプロジェクトの経験から、投資家と政府との間でしばしば食い違いのある点が明らかになっている。投資家らからは、主に次のような要請がしばしばあったのだが、DOHは受け入れることができないのである。

- －投資促進法に基づくあまりに多岐にわたる権利と便益を伴う、許可取得の要請。
- －印紙税、事業税、市町村税、通行料金収入を対象とする税金の免税の要請。
- －建物管理法の条項の適用免除、特別取得にかかわる土地に対する納付金もしくは税金の免税の要請。
- －タイの証券取引に参入する一切の承認の要請。
- －所要資金調達にかかわる担保の要請。
- －政府による固定通行料金決定方式承認の要請。



6．可能性を秘めた将来におけるBOT道路プロジェクト

－完全なアクセスコントロールを行う高速道路ネットワークに関する調査が現在実施されている。このプロジェクトは、タイのすべての地域を網羅する道路ネットワークを対象とするものであり、BOT方式の採用に対する期待は高い。
－バンコックの首都圏およびその周辺における高速道路システムに関しては、法人経営化や民営化(BOT)措置が必要となろう。

7．タイにおける計画中の自動車専用道路

7.1　計画の概念

(1)国家経済社会発展計画の目標実現を支援するため
－最近の顕著な経済成長を支援。
－健全に均衡のとれた地域的な社会経済的発展の助長。

(2)交通の混雑を除去し、安全かつ渋滞のない走行を保証。

(3)道路と他の輸送方式との調和およびバランスの考慮。

(4)建設と運営にかかわる財政的負担を軽減するための通行料金システムの採用。

7.2　ネットワーク形成の基本概念

(1)拠点の接続
－バンコック都心部とその他の地域。
－成長中心都市と国家計画で指定された産業発展地域。
－Changwat(州)センターと主要都市。
－名所。
－大型の産業計画開発地域。

(2)交通過密問題への取り組み。

(3)国際道路ネットワークの形成。

7.3　ネットワーク計画案

タイにおける自動車専用道路ネットワーク計画案については、図1に示されている。全長は約4345キロメートルである。

7.4　実施計画

初期段階における自動車専用道路の建設計画は、図1の点線で表わされている(全長は約198キロメートル)。予定の実施計画は表1に示されている。

7.5　設計の特徴

自動車専用道路は、あらゆるタイプの車両に対して快適、安全かつ高速での走行を確保しなければならない。したがって、自動車専用道路は歩行者はもとよりモーペッド（mopeds）や自転車の侵入を妨げなければならない。すべての交差点は立体交差インターチェンジなので、インターチェンジがすべての車両にとって唯一のアクセス・ポイントとなる。高速で安全な運転を行うため、自動車専用道路は、幅、曲率、勾配等に関し特別な構造上の特徴を有している。

自動車専用道路を特徴付けている主な要素は設計速度である。乗用車に対する120km/hrという設計速度は、各国での実態にもとづいて採用されている。

7.6　サービス設備

(1)自動車専用道路への入口
自動車専用道路への侵入はインターチェンジに限定されている。インターチェンジは、20キロメートルから30キロメートル間隔で、都市付近の幹線道路に連なる交差点に計画される。

(2)オアシスエリア
長距離走行向けに、自動車専用道路はサービス・エリア、駐車エリア等のようなオアシスを提供した。施設には、レストラント、トイレ、給油スタンド、自動車メンテナンス工場等が含まれ、サービス・エリアは50kmから100km間隔に、駐車エリアは15kmから20km間隔に配置する。

7.7　資金調達

(1)自動車専用道路の料金制度は、無料及び有料制度が、財政および社会条件に応じて各国で採用されている。時代的にかなり遅れて自動車専用道路を構築した日本、インドネシア、韓国、マレーシア、台湾およびフィリピンは通行料金制度を採用している。

自動車専用道路の利用者は、一般道路における以上に良質の便益－高速性、安全性、快適性－を受け取って当然のことである。通行料金額は、通行料金からの収入が建設、維持管理、および運営費用と借入金の利子等を含む諸支出項目を償還する「返済方式80」に基づき決定する。同時に、通行料金額は、他の代替輸送手段の料金と比較して、社会的な意味で公正かつ合理的なものでなければならない。

(2)日本、アメリカ合衆国、ドイツ、フランス、韓国等の多くの国々では、特別基金（会計）を設定して道路開発の目的に限定した利用を行っている。この特別基金は、ガソリン税、石油税、自動車税等の道路利用者税を源泉とする特別税金収入である。

さらに、一部の諸国では、自動車専用道路による地域開発を通じて確保した収入の一部を収納する制度を持ち、自動車専用道路の資金調達を行っている。

8．タイにおいて計画されている4車線の高速道路

図2に示すとおり、通路局ではタイのすべての地域に4車線の高速道路を建設する計画を持っている。新たな道路を既存道路の敷地上に拡幅し建設する予定である。車線が区分された高速道路の全長は1891キロメーターとなる。プロジェクトの詳細は表ＩＩに要約されている。道路局は、既存の車道を拡幅する予算を確保しなければならないが、車道は既存道路の敷地内に建設されるから土地取得という問題に煩わされることない。

9．BANGKOK-CHONBURI間の新ルート、および西外環状道路(OBRR)の設計および建設

通路局は、BANGKOK-CHONBURI間新道路、および西外環状道路(OBRR)の建設には約200億バーツの資金を投下しなければならない。これら二つの道路の結合については図3に示されている。これらの高速道路はバンコックの周辺の軟弱な粘土層を通過しているいるので、地盤の処理と土地取得のために莫大な資金を投じなければならない。２つの道路に沿った土地価格は非常に高い。その理由は、バンコックに接近しているからである。地盤の処理については、基礎地盤の圧密沈下を促進するために、プレハブバーティカルドレーン工法(PVD)を使用するよう設計されている。軟弱な粘土の、全沈下量のほぼ70～90%を約1年以内におさめることが可能である。その結果として、高速道路の耐用年数は運用開始後15～20年と予想される。

10．結論

10.1現在進行中の道路局、およびタイ高速道路高速輸送局(ETA)との主要な道路プロジェクトは次のとおりである。

(1)第二高速道路・システム(SES)
(2)大量輸送システム(MTS)
(3)Vibhavadi Rangsit高架道路

上記のプロジェクトはすべて、バンコック市とその周辺の住民に便益を提供するものである。

10.2現在、道路局は次のとおりタイ全土に重要な道路網プロジェクトの建設を計画している。

(1)自動車専用道路・システム、全長4345キロメートル。
(2)4車線高速道路システム、全長1891キロメートル。
(3)BANGKOK-CHONBURI間新ルート、および西外環状道路(OBRR)。

タイにおける安全かつ迅速な輸送を実現するために、上記のすべてのプロジェクトには多大なる資金の投入がされる予定になっている。

11．参照文献

(1)ETA、「ETA年次報告書、1983年」
(2)ETA、「SES起行記念報告書」、1989年12月
(3)DOH、「Viphavadi Rangsit道路に関する有料道路許可契約」、1989年8月
(4)DOH、「高速道路32号および2号に関する許可契約草稿」、1987年9月TE0V1F1M1Q0X3S18=0ATE0V

MOTORWAY NETWORK

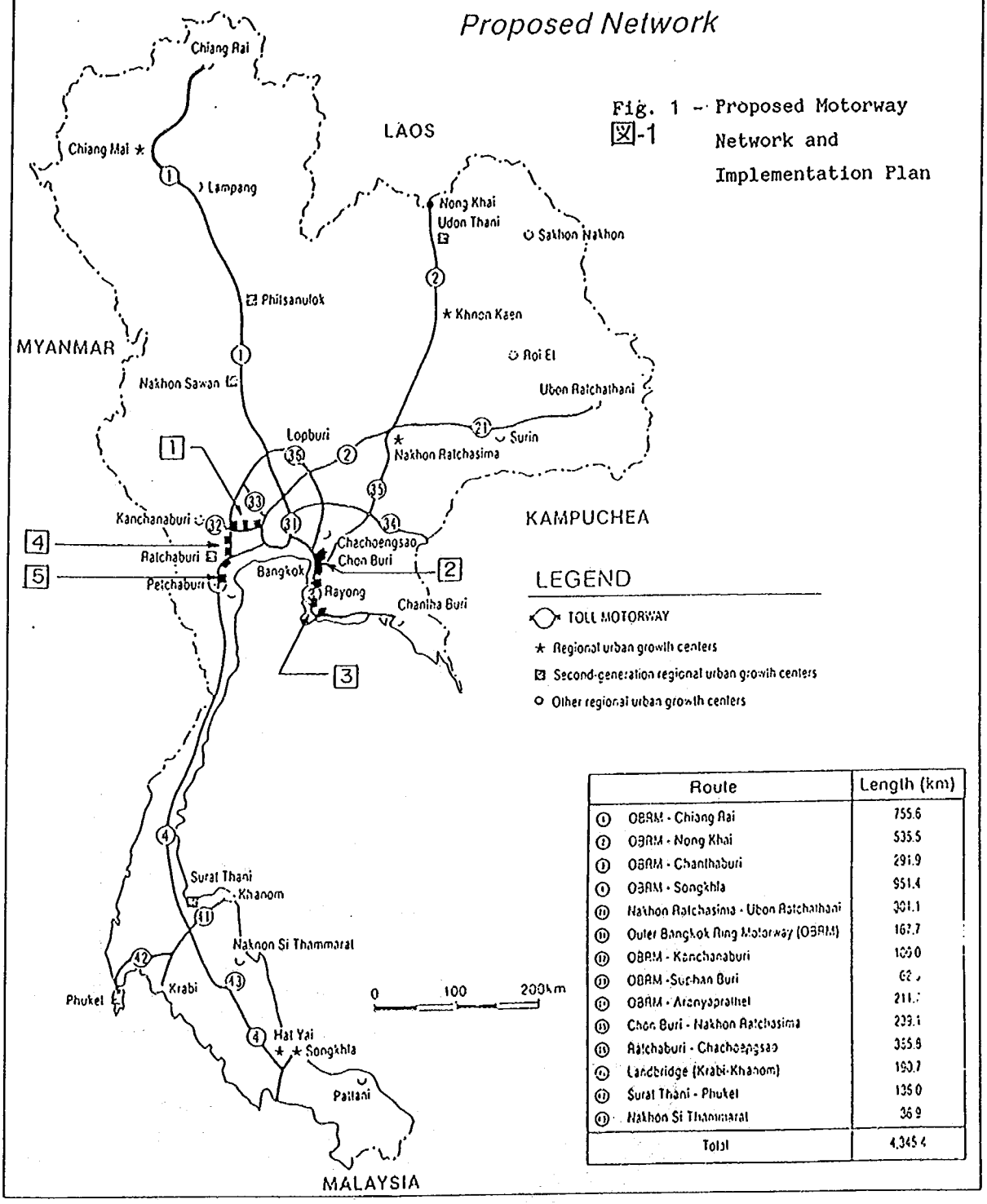


Fig. 1 – Proposed Motorway Network and Implementation Plan
図-1

Route	Length (km)
① OBRM - Chiang Rai	755.6
② OBRM - Nong Khai	535.5
③ OBRM - Chanthaburi	291.9
④ OBRM - Songkhla	951.4
⑪ Nakhon Ratchasima - Ubon Ratchathani	301.1
⑫ Outer Bangkok Ring Motorway (OBRM)	167.7
⑬ OBRM - Kanchanaburi	100.0
⑭ OBRM -Suphan Buri	62.4
⑮ OBRM - Aranyaprathet	211.3
⑯ Chon Buri - Nakhon Ratchasima	239.1
⑰ Ratchaburi - Chachoengsao	355.8
⑱ Landbridge (Krabi-Khanom)	190.7
⑲ Surat Thani - Phuket	135.0
⑳ Nakhon Si Thammarat	36.9
Total	4,345.4

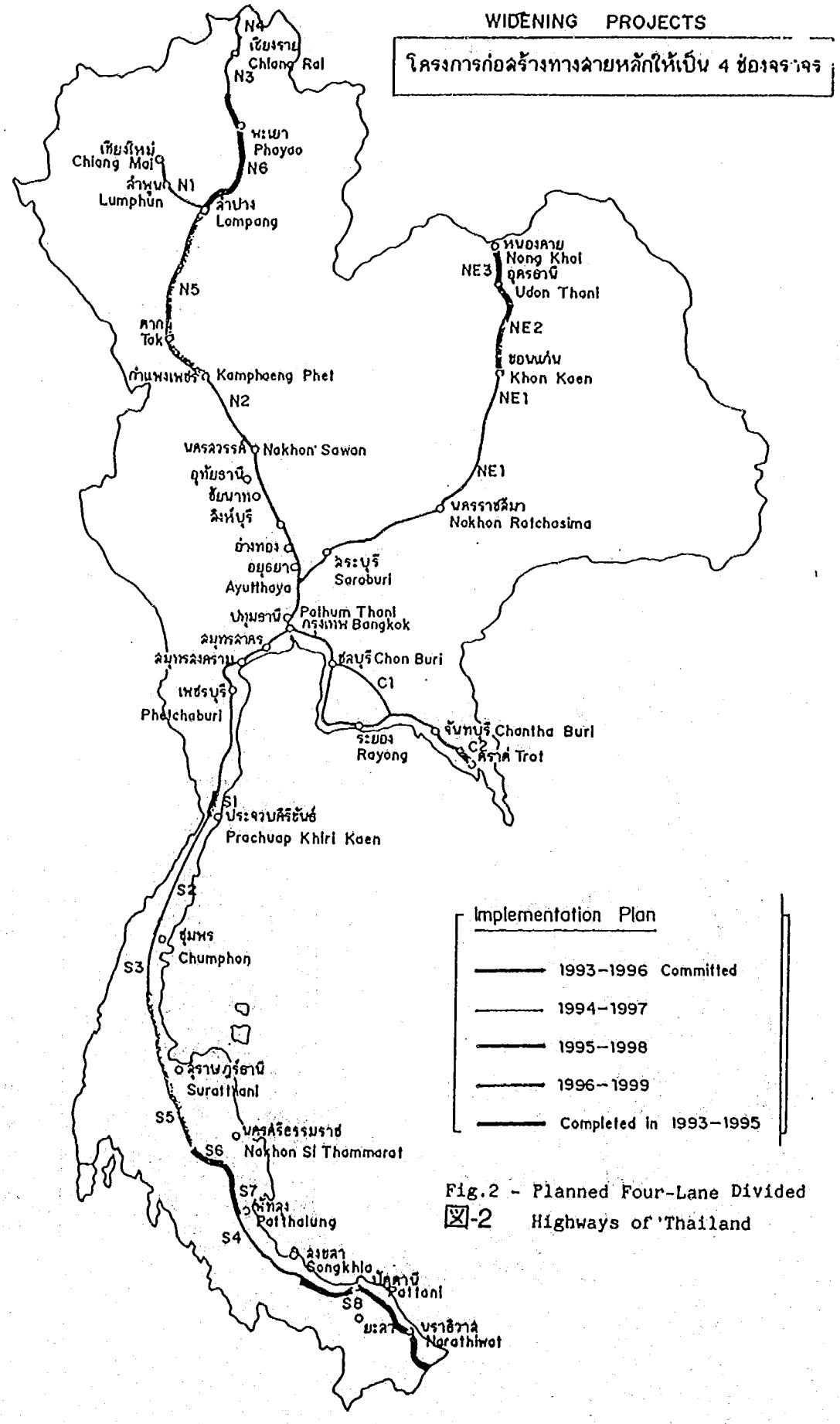


Fig.2 - Planned Four-Lane Divided Highways of Thailand

図-2

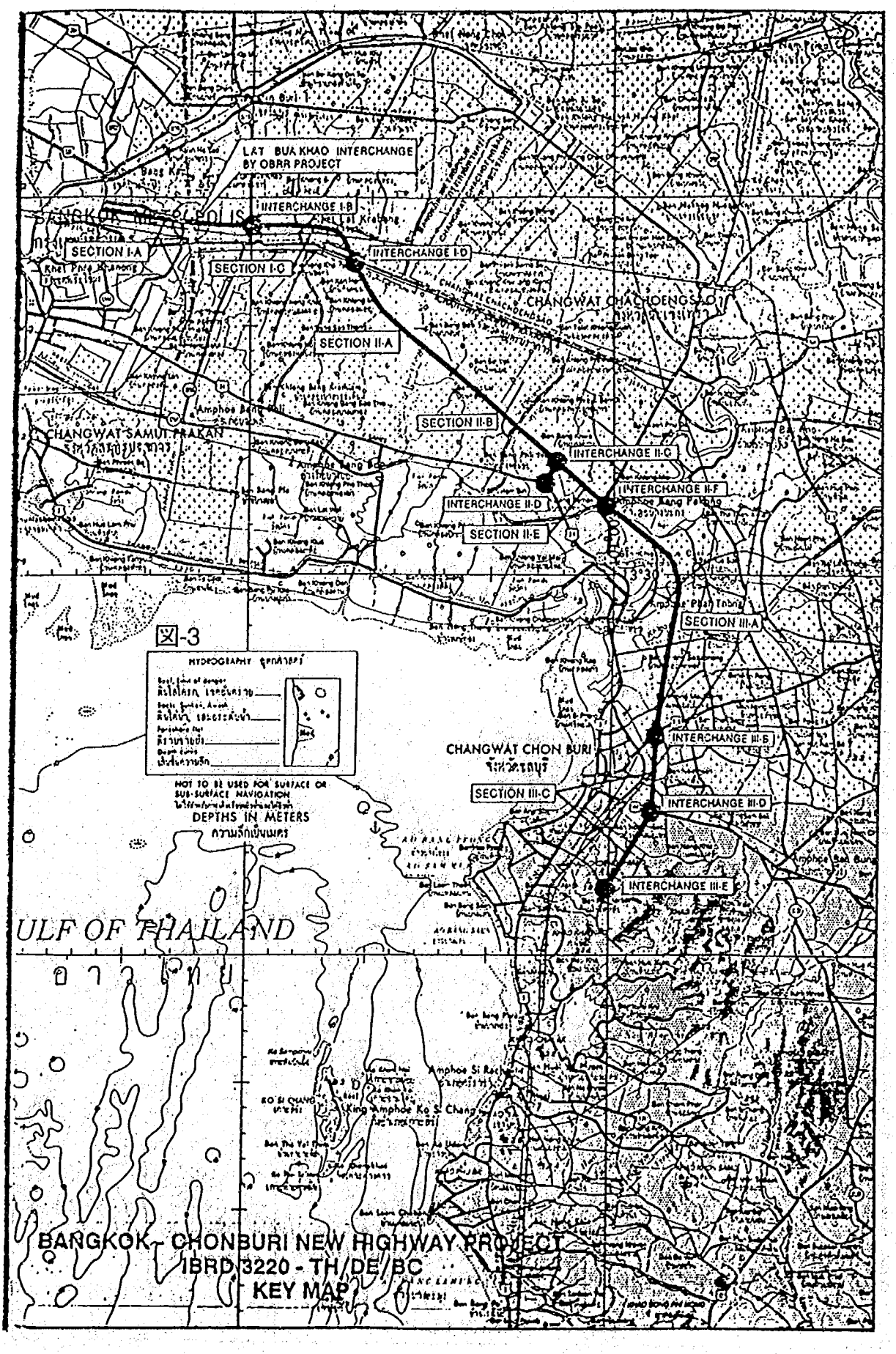

LAT BUA KHAO INTERCHANGE
BY OBRR PROJECT
INTERCHANGE I-B
SECTION I-A
SECTION I-C
INTERCHANGE I-D
SECTION II-A
CHANGWAT CHACHOENGSAO
CHANGWAT SAMUT PRAKAN
SECTION II-B
INTERCHANGE II-C
INTERCHANGE II-F
INTERCHANGE II-D
SECTION II-E
SECTION III-A
INTERCHANGE III-B
CHANGWAT CHON BURI
SECTION III-C
INTERCHANGE III-D
INTERCHANGE III-E
HYDROGRAPHY
NOT TO BE USED FOR SURFACE OR SUB-SURFACE NAVIGATION
DEPTHS IN METERS
ULF OF THAILAND
BANGKOK - CHONBURI NEW HIGHWAY PROJECT
IBRD 3220 - TH/DE/BC
KEY MAP

図-3

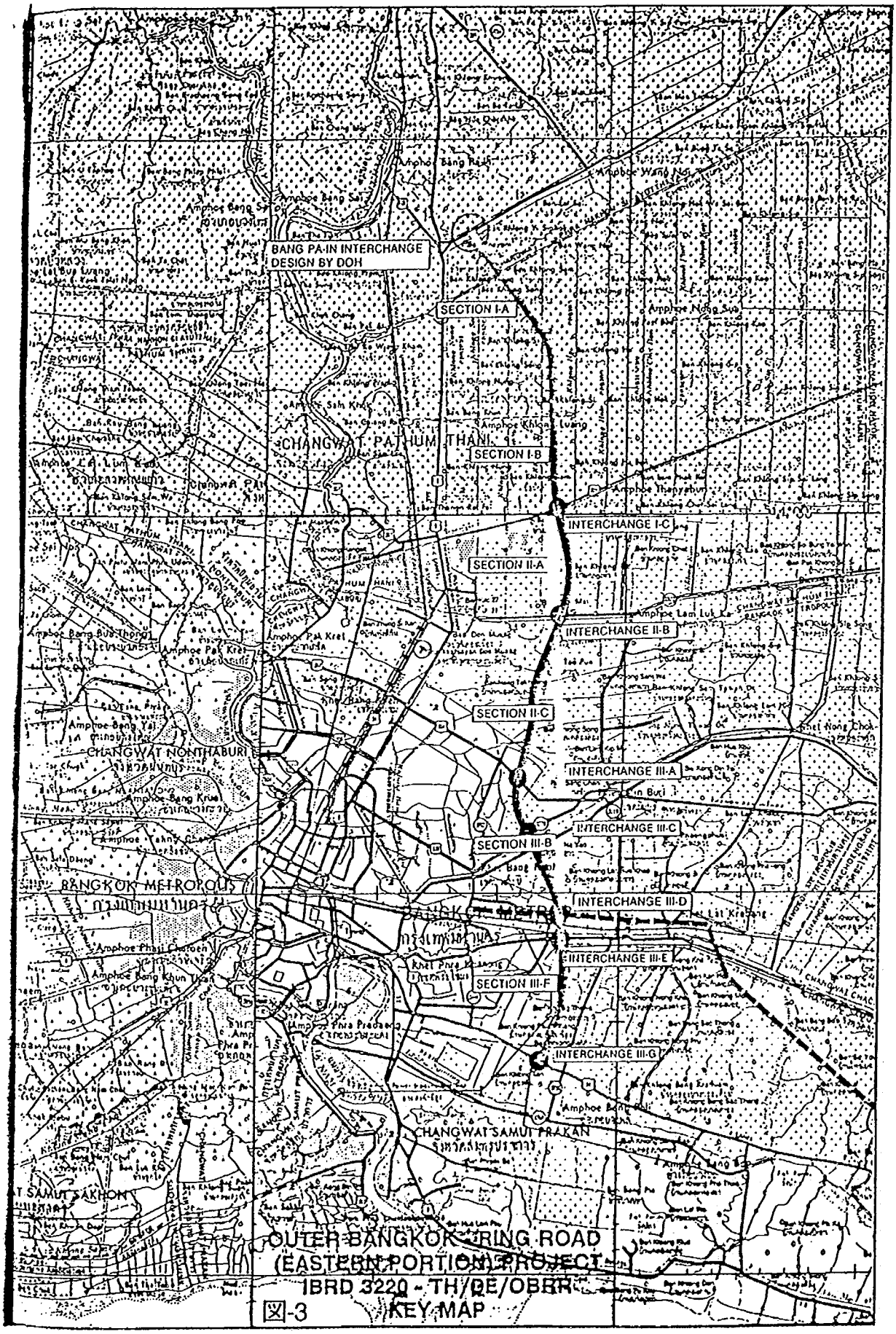

BANG PA-IN INTERCHANGE
DESIGN BY DOH
SECTION I-A
SECTION I-B
CHANGWAT PATHUM THANI
INTERCHANGE I-C
SECTION II-A
INTERCHANGE II-B
SECTION II-C
CHANGWAT NONTHABURI
INTERCHANGE III-A
INTERCHANGE III-C
SECTION III-B
BANGKOK METROPOLIS
INTERCHANGE III-D
INTERCHANGE III-E
SECTION III-F
INTERCHANGE III-G
CHANGWAT SAMUT PRAKAN
OUTER BANGKOK RING ROAD
(EASTERN PORTION) PROJECT
IBRD 3220 - TH/DE/OBRR
KEY MAP

図-3

TABLE I
表-1
IMPLEMENTATION PLAN FOR MOTORWAY IN AN INITIAL STAGE

Priority	Origin - Destination	Distance (Km.)	Standard	Coustruction Cost (Million Baht)	Year of Implementation
1	Bang Yai-Ban Pong	57	P_D	5200	1993
2	Exit to Laem Chabang-Routi No.36	17	P_D	800	1994
3	Exit to Route No.36-Marb Ta Put	37	P_D	2600	1995
4	Ban Pang-Pak Tho	51	P_D	3900	1995
5	Pak Tho - Petchburi	36	P_D	2300	1996
	Total	198 Km.		14,800 Million Baht.	

TABLE II (CONTINUED)
表-2（つづき）

PROJECT : Widening　　REGION Northeastern

Proj. No.	Route No.	Region	Length Km.	Constr. Cost Baht mil. (1992 price)	F.S. (IRR) %	EIA	Design Status	Implementation Plan '93 '94 '95 '96 '97 '98 '99	Remarks
NE1	2	Nakhon Ratchasima Khon Kaen							
		Sect J.R. to Phimai B.Sida	36	900	25.5	None		.....	
		Sect A.Ban Phai B.Tha Phra	32	800	31.5			.....	
NE2	2	Khon Kaen Udorn Thani	112	1,600	39.5	None		.....	
NE3	2	Udorn Thani Nong Khai	51	1,300	23.4	None		.....	
		Sub−total	231	4,600					

TABLE II
表-2

SUMMARY

PROJECT : Widening

Proj. No.	Route No.	Region	Length Km.	Constr. Cost Baht mil. (1992 price)	F.S. (IRR) %	EIA	Design Status	Implementation Plan '93 '94 '95 '96 '97 '98 '99	Remarks
		Northern	647	16,600				.....	
		Northeastern	231	4,600				.....	
		Central	120	3,000				.....	
		Southern	893	21,700				.....	
		Total	1,891	45,900					

TABLE II (CONTINUED)
表-2（つづき）

PROJECT : Widening　　REGION Northern

Proj. No.	Route No.	Region	Length Km.	Constr. Cost Baht mil. (1992 price)	F.S. (IRR) %	EIA	Design Status	Implementation Plan '93	'94	'95	'96	'97	'98	'99	Remarks
N1	11	Lampang Lamphun	63	1,700	32.7	Minor									
N2	1	Nakhonsawan Kamphaengphet Sect J.R. to Ladyao Kamphaengphet	97	2,400	27.7	None									
N3	1	Payao Chiang Rai Sect J.R. to A.Maesuay Chiang Rai	19	500	36.3	None									
N4	110	Chiang Rai Mae Sai Sect.Mae Chan Mae Sai	32	800	23	None									
N5	1	Kamphaengphet–Tak–Lampang	241	6,200	22.6	None									
N6	1	Lampang–Payao–J.R. to Mae Suay	195	5,000	16.8	Minor									
		Sub–total	647	16,600											

TABLE II (CONTINUED)
表-2（つづき）

PROJECT : Widening

REGION Southern

Proj. No.	Route No.	Region	Length Km.	Constr. Cost Baht mil. (1992 price)	F.S. (IRR) %	EIA	Design Status	Implementation Plan '93 '94 '95 '96 '97 '98 '99	Remarks
S1	4	A.Kui Buri Prachuab Khiri Khan	30	800	–	None			Committed
S2	4	Prachuab Khiri Khan Chum Porn Sect. Prachuab Khirikhan A.ThaSae	155	3,800	30.7	None			
S3	41	Chum Porn Surat Thani Sect. Chum Porn Lang Suan	67	1,700	27.3	None			
S4	41	Phattalung Had Yai Sect. Phattalung Intersection Khuha	65	1,600	22.9	None			
S5	41	Chum Porn Surat Thani Sect. A.Lang Suan Surat Thani	107	2,600	21.5	None			
S6	41	Surat Thani Phattalung Sect. Surat Thani A.Thung Song	125	2,600	17.2	None			
S7	41	Surat Thani Phattalung Sect. A.Thung Song Phattalung	89	2,200	17.2	None			
S8	43,42, 4055, 4056	A.Chana – Pattani – Narathiwas – A.Sungaikolok	255	6,400	13.4	None			
		Sub total	893	21,700					

TABLE II (CONTINUED)
表-2（つづき）

PROJECT : Widening

REGION Central

Proj. No.	Route No.	Region		Length Km.	Constr. Cost Baht mil. (1992 price)	F.S. (IRR) %	EIA	Design Status	Implementation Plan '93	'94	'95	'96	'97	'98	'99	Remarks
C1	344	A.Ban Bung	A.Khlaeng	79	1,900	26.8	None									
C2	3	A.Khlung	Trad	41	1,100	22.7	None									
			Sub total	120	3,000											