

土木研究所資料

インドネシア国の河川と河川処理

平成2年3月

建設省土木研究所
河川部河川研究室

Copyright © 1986 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、土木研究所長の承認を得ずしてこれを行なってはならない。

インドネシア国の河川と河川処理

河川研究室 山本晃一

要 旨

本報告書は、インドネシア国の河川計画に関った人達と編者がインドネシア国の河川の特性とその処理手法について座談会を行った時の記録を基にとりまとめたものである。内容は座談会の内容をより良く理解するためのインドネシア国の概要と座談会の記録を編集したものからなる。

キーワード：インドネシア，熱帯，河道特性，河岸処理，洪水

ま え が き

本報告は、海外土木技術共同研究経費「低平地河川の改修工法に関する研究」昭和61年度～平成2年による成果の一部を報告するものである。

ここでは、インドネシア国の河川計画に関わった河川技術者が「インドネシア国の河川と河川処理」と言うテーマで座談会を行った時の記録を基に分かりやすいように編集したものが報告されている。

この座談会は、前後2回、約5時間に及ぶものであった。そして、そこでの話は、話題がとんだり、重複あるいは出席者以外には分かり難い部分もあった。このため、取りまとめるにあたっては、適宜訂正・追加・削除・発言順序の入れ替え・補足資料の作成等、読み易くするための編集を行った。

編集の結果、元の発言内容とは違う内容に変わったところもできたが、それによって生じる責任は、全て編者が負うものである。なお座談会の内容をより良く理解するために序論として、インドネシア国の概要を付加した。

目 次

まえがき

序論 インドネシア国の概要	1
第1章 地形・地質・気候の概要	3
1-1 地形・地質の特徴	3
1-2 気候の特性	7
1-3 植生・土壌	11
1-4 スマトラ島	13
1-5 ジャワ島	14
第2章 社会条件の概要	
2-1 インドネシア国の歴史	15
2-2 人口・都市	16
2-3 人 種	17
2-4 宗 教	17
2-5 言 語	17
2-6 経済状況	18
2-7 行政組織	20
第3章 インドネシア国の主要河川	25

本編 インドネシア国の河川と河川処理

第1章 概論

1-1 本座談会の目的と方向	33
1-2 検討対象河川の範囲	35
1-3 インドネシア国の地形・地質	37
1-4 岩石の風化と流出土砂	39

第2章	インドネシア国の気候と洪水	42
2-1	インドネシア国の気候と洪水特性	42
第3章	河道特性	
3-1	インドネシア国の河川の河道特性の特徴	51
3-2	河道の平面形状と河岸侵食	67
第4章	治水計画	
4-1	遊水地	76
4-2	上下流問題	85
4-3	ダム	87
第5章	河道計画	
5-1	河道計画の基本的考え方	89
5-2	安定河道	92
5-3	河床変動と高水敷の土砂堆積	97
5-4	捷水路	100
第6章	河川構造物	
6-1	インドネシア国の河川構造物の特徴	105
6-2	河川構造物の工費	121
第7章	河川管理と社会	
7-1	砂利採取	123
7-2	氾濫原の土地利用と社会条件	126
7-3	技術移転問題	133

- 注1) 検討会の資料
- 注2) 日本の河川の河道特性
- 注3) インドネシア国の河川の河道特性
- 注4) ラテライト
- 注5) 降雨パターンの例 (メラピ山周辺)
- 注6) ブランタス川流域の降雨特性解析
- 注7) インドネシア国の洪水比流量と面積の関係
- 注8) バタン地区の河川
- 注9) ブランタス川のハイドログラフ
- 注10) 熱帯収束帯
- 注11) カナダ・アルバータ州の河川の Q_B と Q_2 の関係
- 注12) インドネシア国の河川の bankfull 流量時の u_*^2 と d_{65} の関係
- 注13) デルタ河川の氾らん回数
- 注14) 河川の縦断形とセグメント
- 注15) バタン平野クランジ川の河川の縦断形
- 注16) ソロ川付近の大地形
- 注17) 日本の河川の砂州と蛇行形態
- 注18) インドネシア国の砂河川の蛇行度に及ぼす勾配の影響
- 注19) 侵食形態
- 注20) 縄文海進
- 注21) レジムセオリー
- 注22) 低水路のスケール
- 注23) 蛇行部の直線化と河道の応答
- 注24) 細砂の河川の河岸侵食量
- 注25) ボロン市

序論 インドネシア国の概要

第1章 地形・地質・気候の概要

1-1 地形・地質の特徴

〔1〕概況

インドネシアは、第2次世界大戦前はオランダ領東インドであったが、1945年8月に独立した。首都はジャカルタである。

この国は、図1-1に示すように、赤道を挟み、北緯6度付近（スマトラ東北端のサバン島）から南緯11度（チモール島の属島ロティ島）の間、東経95度（スマトラ島西端）から東経141度（イリアンジャヤ東端）の間、アジアとオーストラリアの両大陸、海洋としては太平洋とインド洋の2大洋の間、南北に約1,900km、東西5,100kmにおよび海域内に点在する大小13,700（内有人島3,500）の島々よりなる島嶼国家であり、国土の総面積は約192万km²である。

インドネシア群島に属する主な島は次の通りである。

大スンダ列島；スマトラ、ジャワ、カリマンタン、スラウェシ

小スンダ列島；バリ、ロンボック、スンバワ、フローレス、ティムール

マルク群島；ハルマヘラ、ブル、セラム、アルー群島、タンニバル群島

〔2〕地勢・地形

アジア大陸の南端、ビルマのアラカンヨマ山脈から南に連なる山脈は、スマトラ島西海岸を北西から南東方向に長く連なる山脈（ブキット、バリサン山脈）から、ジャワ島の南側を通過して、バリ、ロンボック、スンバワ、フローレス、アロール、ウェルタール島の諸島の中央山岳を構成した後、バンダ海からスラウェシのブトン島、ミナハサ、さらにサンギェ列島を経てフィリピン群島に至っている。この山系がインドネシア群島の山系を代表するものである。これら一連の山系は、山系そのものが火山脈であり、その多くは現在も活動している活火山で、スマトラ、ジャワ、バリ、ロンボック等の島等にその数は多い。

これが〔3〕で後述する群島の外弧（Outer Zone）である。

この山系の外側の群島に沿って走る山脈も、やはりビルマのアラカンヨマ山脈から、アングマン、ニコバル列島を経て、スマトラ島南東沖のシムウル、ニアス島等の諸島、ムンタワイ列島、ウंगाノ島、小スンダ列島のスンバ、サウー、ロティ、チモール等の諸島からモア、ババル、タニンバル、カイ、スラム、ブルの諸島に至っているが、この山脈は火山山脈ではない。

これが〔3〕で後述する内弧（Inner Zone）である。

2,000m～3,000m級の山々の間は、多くの場合丘陵地帯であり、これと海岸平野（デルタ地帯）の間に高原を持っている。山間盆地とも言えるこれらの高原は、主なものとして、トバ、スカブミ、ティアンジュール、バンドン、ガルット、マグラン、アンバラワ、マラン、ミナハサ、モンゴドウ等がある。

平野は山地の北側（カリマンタンでは南側、スラウェシにあっては半島部）の内海と呼ばれるマラッカ海峡、ジャワ海、マカッサル海峡等に面した地域に多い。面積の大きい代表的なものとして

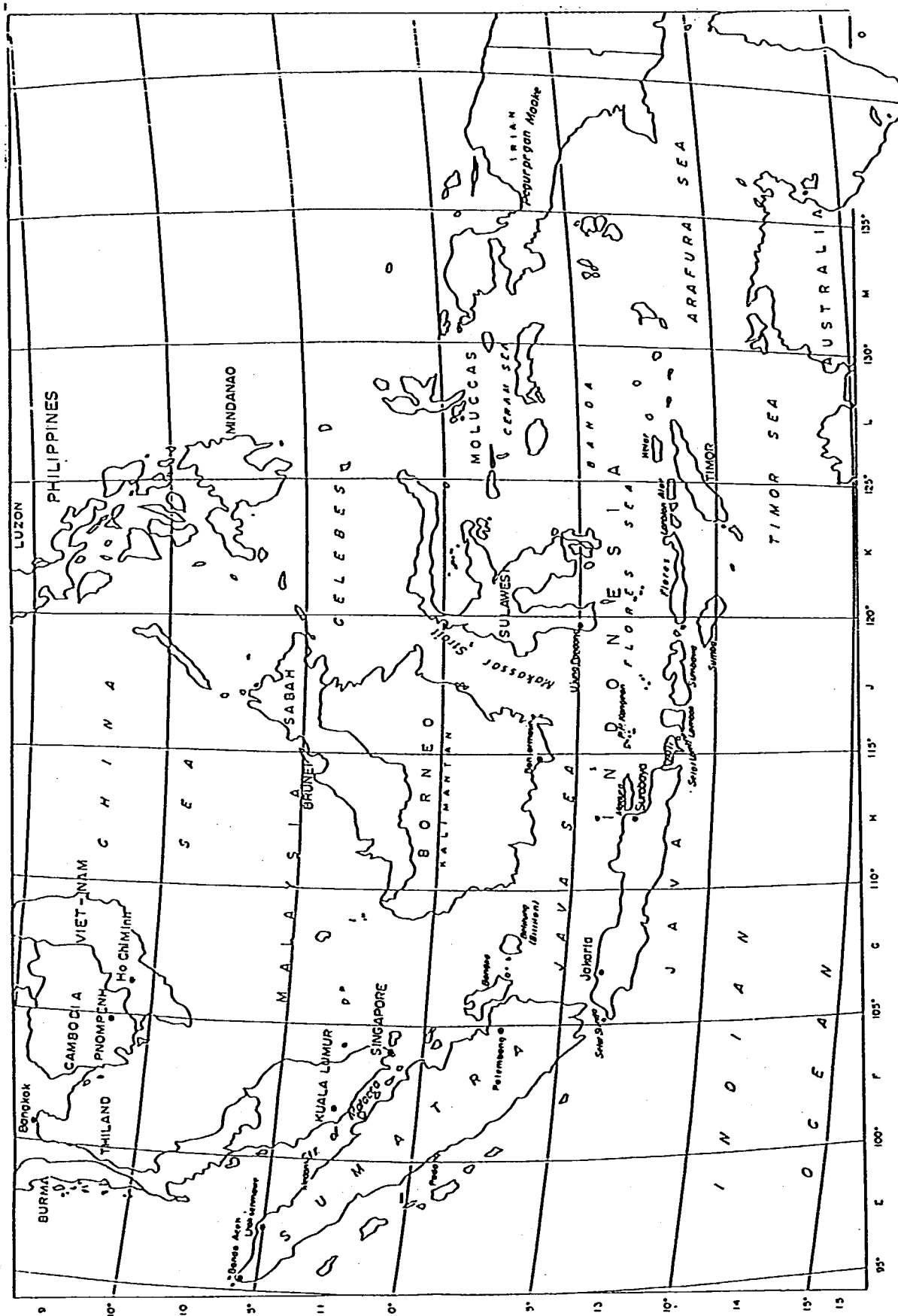


図1-1 インドネシア全図

は、スマトラ島東北部の平野、カリマンタンの南部平野、ジャワ島の北部平野、南スラッシェシ島半島部の平野等があげられる。

この山地と海岸との間の平野はジャングルにおおわれた広い低湿地帯が広がり、その中を多くの河川が曲がりくねって流れている。スマトラのムシ川、ジャンビ川、ボルネオのカブアス川、バリト川などは長さにおいてインドネシア有数のものである。パレンバンの河港ムシ河口より80kmの地点にある。ジャワには東部のソロ河、ブランタス川があるが、上記の河川に比べると流路は短い。

また、地形の特徴としては、スマトラ島のトバ、マニンジョウ、シンカラック、ラナウ等の山岳湖が多いことがあげられる。

〔3〕地質の特徴（インドネシアと日本の比較）

インドネシアは日本と同じく島国であり、地形・地質については多くの共通点を持っている。つまり、プレートテクトニックスの考え方からすると、日本列島は太平洋プレートと、フィリピンプレートがアジアプレートの下に潜り込む、潜り込み帯（Subduction Zone）に沿って配列している。

インドネシア群島は、インド・オーストラリアプレート（インド洋海洋プレート及びオーストラリア大陸とその延長の Sahul Platform を含むプレートからなる）がアジアプレート（アジア大陸とその延長 Sunda Platform を含むプレートからなる）の下に潜り込む、潜り込み帯に沿い、Sunda Platform を中心に彎曲して配列しており、その配列は日本列島より更に複雑である。すなわち、オーストラリア大陸の延長 Sahul Platform（アルー諸島とイリアンジャヤの南側）とアジア大陸の延長の Sunda Platform（マレー半島、カリマンタン、スマトラ東北側及びリング、シンケップ、バンカ、ビルトンの諸島）が安定地塊を形成し、その他のインドネシアの主要な島々（スマトラ南西側、ジャワ、小スンダ列島、タンニバル諸島、カイ諸島、セラム島、ブル島及びスラウェシ島）は、日本列島のように潜り込み帯に沿って、両方の安定地塊に挟まれた不安定地帯を作っている。

インドネシアでは、日本列島の日本海溝と同じように、潜り込み帯にジャワ海溝が見られるが、その海溝の内側には、新生代の非火山堆積岩が分布するシマルーエ島を経て、ティモール島南部に達する外弧（Outer Arc）と、火山山脈が走るスマトラ南西側、ジャワ、バリ、ロンボック、スンバワ、ソロール諸島からバンダ諸島にいたる内弧（Inner Arc）の両者が見られる。一方、日本列島では一部に外弧が見られるが、全般的には不明瞭で内弧の火山山脈のみ明瞭である。

インドネシアにおける、上述した安定地塊である Sahul Platform 及び Sunda Platform は非常に古い地質時代から安定していた地塊であり、新しい地殻運動による変化に被ることが少ない地帯といえる。これらの安定地塊は、中生代、古生代に属する古い地質で構成されている。

インドネシアの不安定地帯は、プレートの潜り込みによって生じた、新しい地殻運動を受けているが、一般にその隆起量が少なく、侵食も深くない。従って第四紀に火山岩が広く発達し、一部にその基盤である第三紀の火山岩と堆積岩が見られるが、先第三紀の地層は殆ど見られない。

一方、日本列島では、その隆起量が多く、侵食が激しいので、先第三紀の地層と火成岩が広く分布し、それを基盤に第四紀に火山岩が覆っている場合が多い。

以上のように、インドネシアと日本とで共通した点が多いのは、上述の不安定地帯である。しか

し、インドネシアの場合は分布が広く、その基盤岩の分布が少なく、かつ隆起量が多くない点が日本と異なる。

また、気候の相違から、地表の岩石の風化の状況が異なっている。すなわちインドネシアでは、熱帯～亜熱帯気候で雨量が多いため、ボーキサイト・ラテライト・カオリナイト型風化によって特徴づけられている。そして、隆起量が小さいため、風化の速度に比べて侵食の速度が小さいので、厚い風化帯が形成されている。日本の場合は、冷温帯湿潤気候であり、カオリナイト・モンモリロナイト型風化によって特徴づけられ、かつ隆起量が多いため、風化の速度に比べて侵食の速度が大きいので、薄い風化帯を作る場合が多い。

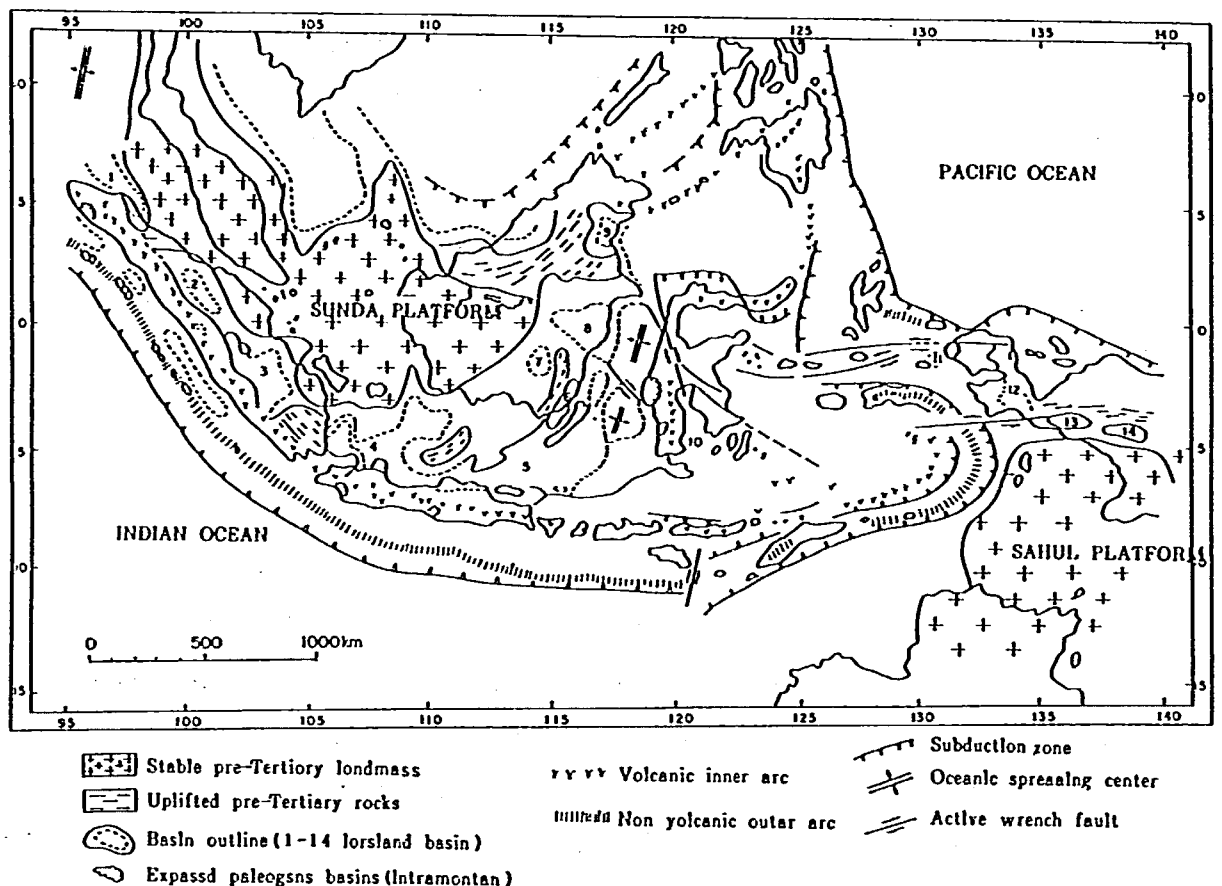


図1-2 インドネシア国のプレート構造

〔4〕インドネシア群島の地質・地形の要約

前述したインドネシア群島の地質、地形について要約すると次のようになる。

- ① 本調査に関係する島（主要河川がある島）は、地質構造的には不安定地帯に属する。つまり、新しい地殻運動によって出来たものであり、地質は若く侵食が起こりやすい。しかし、侵食の深さは日本のそれと比べ、隆起量が少ないため大きくない。
- ② インドネシア群島は環太平洋火山帯の西端に位置する。列島のバックボーンを構成している山系は火山脈であり、現在も活動している火山が多く、島々の殆どは火山性の地質を持っている。

- ③ 地形的に見ると、スマトラ、ジャワ、カリマンタン、スラウェシ諸島の内、南側に位置するスマトラ、ジャワの両島は、島の南側（スマトラ島では南西側）を山脈が通り、北もしくは北西側は、平野が広がる。カリマンタン、スラウェシの2島は、島の中央部が山地で、南側（スラウェシにおいては半島部）に平野が広がる。
- ④ スマトラ島の北東側（カリマンタン及びリンガ、シンケップ、バンカ、ビルトンの諸島）では、中生代及び古生代の後期に属する古い地層が見られるが、他の諸島では新生代に属する若い地層が殆どを占めている。
- ⑤ 地表の岩石の風化は、インドネシアでは熱帯～亜熱帯気候で雨量が多いため、ボーキサイト・ラテライト・カオリナイト型風化を示し、隆起量が少ないが、厚い風化帯を形成する。一方、日本の場合は、冷温帯湿潤気候であり、カオリナイト・モンモリロナイト型風化であり、隆起量が多いため薄い風化帯を作る場合が多い。

1-2 気候の特性

〔1〕一般的な気候特性

緯度的に熱帯に属するこの国は、海洋性熱帯気候の影響を受けて、高温で多雨、かつ多湿の気候下にある。気候を左右する最も大きい要因として上げられるものに、アジア及びオーストラリア大陸の気団と赤道付近の貿易風がある。

北半球の冬季、アジア大陸は冷却され、高気圧に覆われ気圧が上がった北部の大陸からは、海域に向かって、冷たい風が東北方向から吹き出す。いわゆる北東季節風である。この北東季節風は北東貿易風と共に勢力をましながら赤道付近に達する。

赤道の南側、つまり南半球はこの時期夏であり、南側の大陸、オーストラリアでは当然低気圧の発生等の気象擾乱があり、赤道上（赤道無風地帯）を越えた風は気圧の低い大陸に分かって吹き込む。赤道無風地帯でいったん勢力が衰えていた北東風は、ここで再び勢力を増す。この北東風は北半球の冷たい所から吹き出したもので、始めは乾燥していたものであるが、海域を吹送されてくる間に海面の水蒸気を多量に吸収し非常に湿った状態でこの国の近くに達する。たのためこの国の赤道の南側では雨の降りやすい状態になる。これがインドネシアの雨季である。

乾季はその逆で、南東のオーストラリア大陸の方から吹き出して来る季節風は、この時期南半球は冬（北半球は夏）であるため乾燥している。この季節風がインドネシア群島とオーストラリア大陸間の近接した短い距離を、海域からの水蒸気を十分に吸収しないままこの群島に達する。この季節風は、雨を降らせるほどの湿潤状態に達していないやや乾燥した気団であるため、この時期、この地方は雨が少ない状態になる。赤道を挟んで北と南では、雨季・乾季は逆の時期になる。これはこの国を構成する群島の南北に、アジア・オーストラリアの両大陸、太平洋、インド洋の2大洋があることで、南北を逆に考えれば判る。

季節風が海域を通過する間に、多少の水蒸気は吸収して居り、このため乾季であっても湿度は高い値を湿す。

風向きも、雨季、つまり北半球の冬には赤道付近の貿易風の影響を受け、北西方向から吹き込み、乾季にはその逆で南西方向からの風になる。

つまり、赤道を挟んで位置するこの国の諸島は、アジアとオーストラリアの2大陸、太平洋とインド洋の2大洋、赤道付近の貿易風等の影響を受けて、極めて規則正しい変化をすることになる。

年間を通じてこの群島の概略の降水量は、2,000mm から4,000mm の間であるが、西部ジャワの北部、東部ジャワ、小スンダ列島、スラウェシ等では、2,000mm 以下、その他の地区では、2,000～3,000mm 程度である。4,000mm 以上の降雨が見られる地域は少なく、西部スマトラのパダン地区くらいである。

平均的な、年間を通じた降雨のパターンは、年間降雨量の約80%が雨季に降り、残り20%の内、約半分の10%程度が乾季に、約10%は乾季から雨季及び雨季から乾季への遷移期に降ると言われる(表1-1、表1-2、図1-3参照)。

気温は図1-4に示すように年間を通じて大きな変化はなく、平均27℃程度である。気温について地域的な較差は少ない。

湿度も前述したように年間を通じて変化が少なく、80%程度である。また地域的な較差も少ない。

〔2〕インドネシア群島の降雨特性(熱帯地方の一般的な降雨特性)

前述した様に、インドネシア群島は、東西に長い距離の海域に散在するので、当然降雨パターンは地域により大きく異なっている。

我が国の場合、河川の洪水に影響する降雨、例えば集中豪雨の原因は、前線の活動(梅雨季の湿舌の影響等)又は台風の襲来によるものが多く、流域内では比較的一様な降り方をし、また降雨の継続時間も断続的ではあるが、比較的長い。

しかし、インドネシアに限らず、熱帯地方の降雨の一般的なパターンは、流域内の所々で数平方キロ程度の小さな範囲で、ゲリラ的な降雨が地域的にも時間的にも連続性がなく起きるものと、やや日本と似たパターンで起きるものとが、地域的に分かれて現れる。つまり、地域によって雨の降り方のパターンが多少異なる。

前者はジャワ島及びスマトラ島南部で見られたパターンであり、降雨のピークはおよそ10分間程度で、継続時間は約1時間と言ったものが代表なパターンである。時間雨量では、例えばジャカルタでは25年確率で75mm 程度である。しかしまれに、広い地域でやや長い時間継続して降雨が見られることがあるが、これは前線降雨(赤道の南側で発生するもの)による降雨である。しかしその様な例は少ない。

後者はスマトラ島北部、カリマンタン、スラウェシ島での降雨パターンであり、例えば南スラウェシのジュネベラン川流域での降雨は、相当集中度が高い。

インドネシアと日本との雨の降り方の決定的な違いは、日本で起きるような、前線又は台風によるものがインドネシアでは無いということである。つまり、降雨の原因になる要素が根本的に異なっている。インドネシアでは、時間雨量で100mm という様な大雨はよく降るが、流域内の所々の小規模な地域に集中的に降るのであって大河川に洪水被害を及ぼすような地域的、時間的に広がる

ような降雨は極めて少ない。決定的な違いはそこである。

表1-1 インドネシア各地の年降水量

単位 : mm

島 名	州 名	地 名	降雨量
Sumatera	D.K.I Aceh	Aceh.R	1,965
"	"	Jambu Aye.R	1,872
"	North Sumatera	Wampu.R	1,510
"	"	Ular.R	1,700
"	"	Bah Bolon.R	3,688
"	"	Medan	2,007
"	Riau	Rokan.R	1,950
"	"	Siak.R	2,739
"	"	Kampar.R	2,864
"	"	Kuantan.R	2,961
"	West Sumatera	Padang	3,869
"	"	Arau.R	4,233
"	"	Kuranji.R	4,177
"	Jambi	Batang Hari.R	2,628
"	South Sumatera	Palembang	2,469
"	Lampung	Septih.R	2,647
Jawa	West Jawa	Ciudjung.R	2,242
"	"	Bandung	1,768
"	"	Citarum.R	2,049
"	"	Cimanuku.R	2,197
"	"	Cisanggarung.R	3,049
"	D.K.I Jakarta	Jakarta	1,790
"	Central Jawa	Pemali.R	3,790
"	"	Serang.R	1,626
"	"	Semarang	2,030
"	D.K.I Yogyakarta	Progo.R	2,266
"	Central/East Jawa	Solo.R	2,124
"	East Jawa	Brantas.R	2,228
"	"	Surabaya	1,438
Sulawesi	South Sulawesi	Jeneberang.R	4,013
"	"	Ujungpandang	2,856
"	"	Sadang.R	2,557
"	Central Sulawesi	Palu.R	1,503
"	North Sulawesi	Bone.R	1,195
"	"	Menado	3,437
Kalimantan	Central/South Kalimantan	Barito.R	2,388
"	West Kalimantan	Pontianak	3,190
"	East Kalimantan	Balikpapan	2,270
Maluku	Maluku	Ambon	3,470
Timor	Timor Timur	Kupang	1,413

表1-2 インドネシア各地の月平均降水量

(単位: mm)

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年間	観測期間
Djakarta (Java)	308	300	206	143	112	91	62	42	70	110	148	198	1,790	48
Bandung (Java)	176	182	230	239	131	70	30	49	84	152	228	191	1,768	35
Semarang (Java)	275	256	207	210	128	82	76	39	70	183	249	261	2,030	22
Surabaya (Java)	293	205	193	159	91	51	16	6	15	60	121	228	1,438	42
Medan (Sumatra)	142	83	107	132	173	130	132	172	215	268	239	214	2,007	37
Padang (Sumatra)	234	242	300	341	296	205	188	287	345	446	486	409	3,869	31
Palembang (Sumatra)	304	261	304	270	170	118	95	109	122	175	265	276	2,469	29
Pontianak (Kalimantan) ...	276	210	245	278	283	325	164	201	233	366	387	321	3,190	23
Balikpapan (Kalimantan) ...	200	177	230	211	232	199	194	164	147	138	167	211	2,270	26
Menado (Sulawesi)	382	468	327	297	236	262	227	133	217	210	287	386	3,437	24
Makasar (Sulawesi)	719	531	424	166	92	668	33	10	12	40	174	587	2,856	26
Ambon (Ambon)	128	118	134	280	551	634	597	411	242	158	108	129	3,470	23
Kupang (Timor)	386	347	234	65	30	10	5	2	2	17	83	232	1,413	29

(出典) Meteorological and Geophysical Institute of Indonesia.

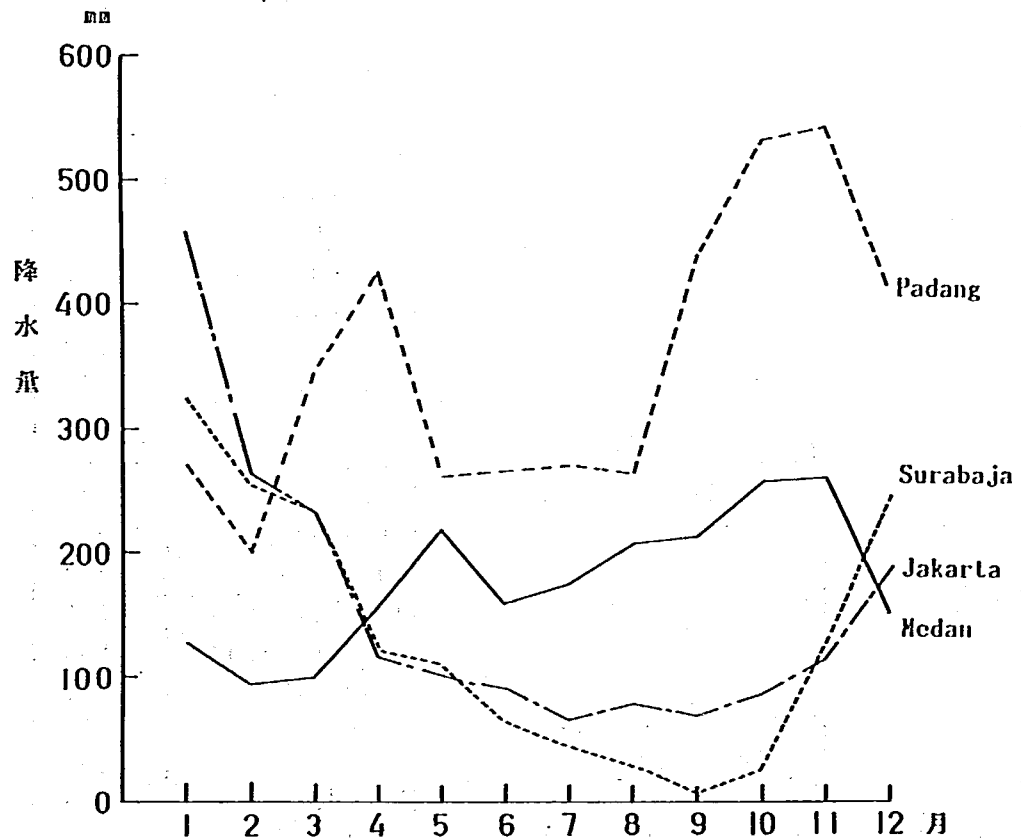


図1-3 インドネシアの月降水量

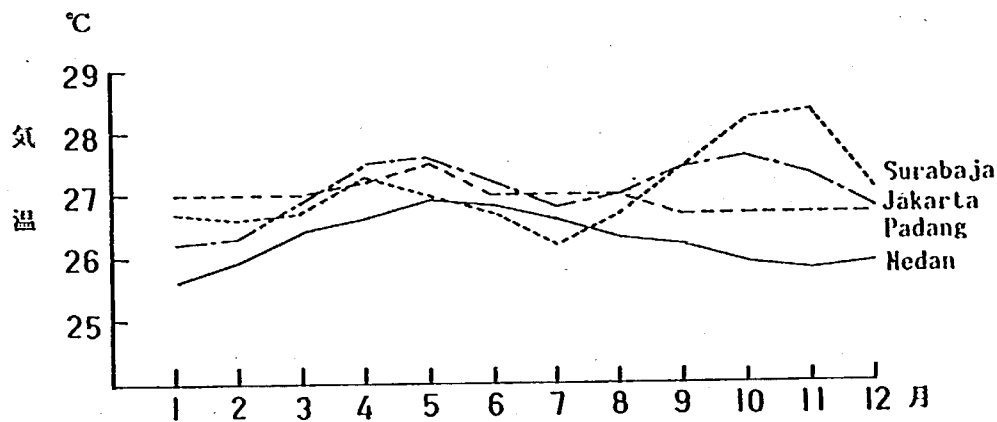


図1-4 インドネシアの月平均気温

1-3 植生・土壌

(1) 植生

図1-5は、スマトラ島及びジャワ島の植生区分である。

スマトラ島は年間を通じて多雨の熱帯であるため、北西部にサバンナがややまとまって分布するほかは、広く熱帯常緑林が繁茂する。この熱帯常緑林の構成種は、どこでも全く同一ではなく、高度の垂直変化にしたがって構成種が変わっている。したがって、西海岸のように山岳が海に面して連なっているところでは、海岸から山頂に向かって植生は著しく変化する。その変化はおおよそ表1-3のとおりである。

スマトラ島では、耕地化はあまり進んでいないが、東海岸の一部と西海岸（パダン市周辺に平野部、山間盆地）に耕地が展開している。

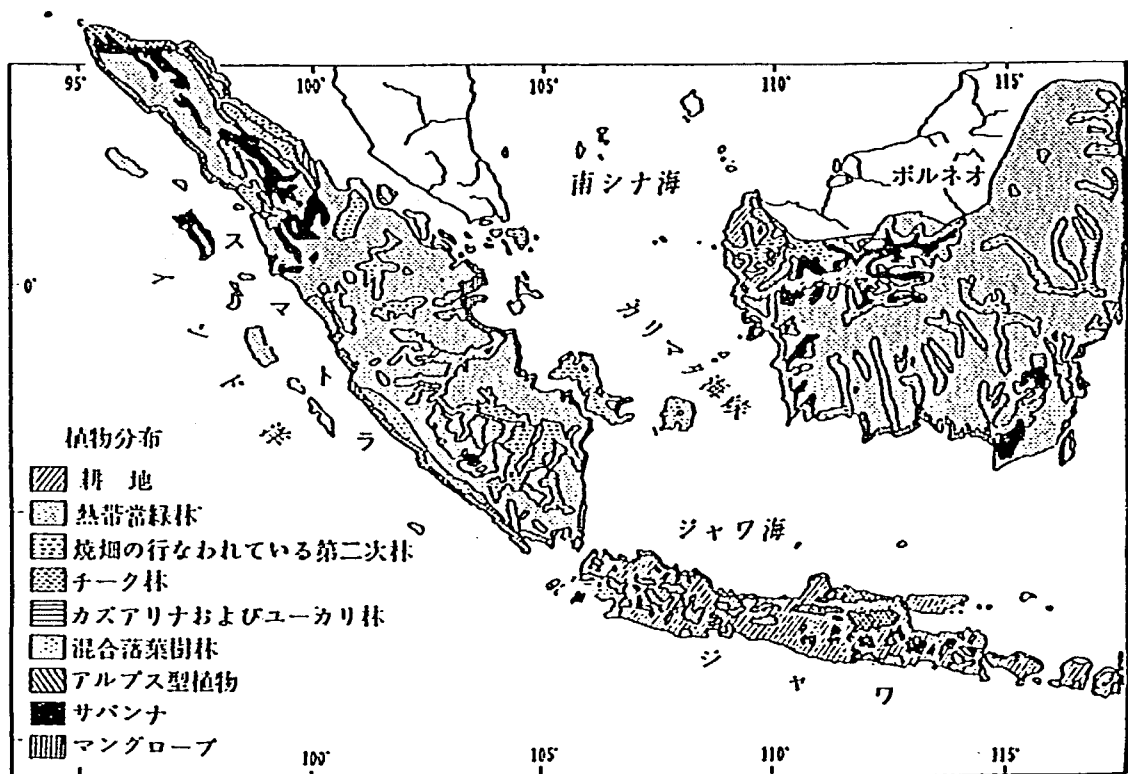
また、原始的な焼畑耕作が広く行われており、原生林が失われて第二次林に変化したところも多い。

これに対してジャワ島では、気候条件に対応して基本的には西半に熱帯雨林、東半にサバンナが分布するが、耕地化が進んでいるため自然植生のみられる部分は少ない。

(2) 土壌

熱帯気候下にあるインドネシアでは、成帯土壌として広くラテライトが分布する。これは、高温多湿な環境下で生成されるものであり、赤色をした酸性の土壌で腐植に乏しく生産力が低い。また、母岩は地表下数十mにもおよぶ深層風化を受けている。

ただし、多数の火山が分布する地域では間帯土壌として火山岩に由来する土壌が広く分布する。火山堆積物上に発達した土壌は、熱帯にあっては肥沃であり、耕地として利用されている。



出典：世界地理 3 東南アジア (1971, 朝倉書店)

図 1-5 スマトラ島、ジャワ島の植生状況

表 1-3 スマトラ島の高度別植生状況

高 度 (m)	植 生	
0 ~ 600	低 地 性 常 緑 雨 林	マングローブ林, ニッパヤシ林, ヒース林, フタバガキ林
600 ~ 1,000	亜山地的熱帯常緑林	(樹林はシダや菌類に覆われる。)
1,000 ~ 1,800	熱 帯 低 山 地 雨 林	針葉樹を含む常緑広葉樹 (シイ, カシ)
1,800 ~ 2,800	熱帯上部山地雨林	カシ型コケ林 (雲霧林)
2,800 ~ 3,800	熱帯亜高山植生	灌木類
3,800 ~	熱 帯 高 山 植 生	

1-4 スマトラ島

スマトラ島は、インドネシアの西部、大スンダ列島西端にある大島で、面積は約43万km²である。面積では世界第6位、インドネシア第2位の島である。

(1) 地形・地質

スマトラ島は安定地域と不安定地域が相接する特徴的な地体構造をなしている。バリサン山脈を含む島の中央および西側は不安定地域で、新期の造山帯である。ここでは、バリサン山脈がほぼ西海岸に沿って北西から南東に走り、その間に高原、盆地、河谷、湖水が複雑に分布する。大部分は肥えた若い火山土壌で覆われる。山脈中の最高峰は南西部のクリンチ山(3,806m)である。高原には北部のメダンからトバ高原、バタクランドにわたるもの、および中部のパダン高原を中心とするものがあり、スマトラにおける人口の集中地域となっている。バリサン山脈の西斜面は断層によって切られ、インド洋に向かって急斜し、沿岸には扇状地を伴った狭い海岸平野が形成されている。東岸に向かってはかなりゆるやかな傾斜で、前山、丘陵を連ねている。

島の東側は安定地域であり、広大な沖積平野をなしてシアク川、カンバル川、インデラギリ川、ハリ(ジャンピ川)、ムシ川など多数の川が曲流し、湿原、ジャングルを形成している。

(2) 気候

① 概況

スマトラ島の気候に影響を与える因子は、南北両半球の熱帯気団とそれから多発する風系、それらの収斂する赤道前線と季節風である。

北半球の熱帯気団は北東貿易風として吹きこみ、南半球の熱帯気団は南東貿易風を生じ、両者が収斂して赤道前線が形成される。熱帯気団は、高温多湿な気団であり、両者が接触することによって、スコール性の降雨をもたらす。一方、ユーラシア大陸とオーストラリア大陸との間には、4月と11月を交替期として季節風が吹く。この季節風は、赤道前線を南北に移動させる。

スマトラ島は赤道直下に位置するため、一年中赤道前線の影響を受けやすいが、赤道前線が南や北に離れる時期には、降水量が減少するという傾向が見られる。

② 気温

スマトラ島は赤道直下に位置するため、年平均気温は26℃前後と高温である。また気温の年較差はほとんど無く、日較差の方が大きいほどである。一方、気温に関して極値を示すこともなく、海風のはいる海岸付近ならば予想以上に涼しい場所となる。

なお、赤道直下では日射量は少なく、太陽は1日の半分以上は雲でさえぎられている。

③ 降水量

スマトラ島では、海岸部でも年間を通じて、月平均200~600mmの降雨があり、年降水量は3,000~4,000mmに達する。山岳部、とくにインド洋に面した西側斜面では、さらに多量の降水量があると見られる。このような多量の降雨は赤道前線の存在によるものである。年間を通じて赤道前線の影響を受けるが、季節風の影響で赤道前線が南あるいは北に離れる時期には、

降水量は減少する。とはいえ、この時期でさえも、湿潤な季節風が吹きつける西海岸では月平均200～300mm程度の降水量はある。

この地域の降水は午後に積乱雲から降るスコールの形でもたらされる。このため、降雨強度が大きい。

④ 植生

図1－5にスマトラ島の高度別植生状況を示す。

1－5 ジャワ島

ジャワは、インドネシアの中心をなす島で、面積は約12.6万km²である。面積はインドネシアの約10%を占めるに過ぎないが、人口は約65%がこの島に集中している。

(1) 地形

ジャワの地形は、火山帯が島を東西に貫通し、東はバリ海峡に臨むウラン山から、西はスンダ海峡に面するカラン山にいたる。標高2,000m以上の山はすべて火山で、最高峰スメール山(3,676m)をはじめ、その数は50に達し、中部のメラピ山をはじめ、18の火山は、いまなお活動を続けている。ヤシの木と水田の背後に高くそびえる火山はジャワ特有の風景である。

この火山岩が風化した肥沃な土壌は全島の約1/3を覆い、生産力の重要な基礎になっている。この火山地帯の南北には新第三紀の石灰岩山地が並行して走り、全島面積の38%を占めている。これらの山地の間にはバンドン、ガルー、ディエン、マラン、イジェンなどの高原が存在し、またところどころに盆地がある。

ソロ川、プランタス川などが貫通する中部以東に内陸の平野はいくつもの火山にはさまれ、いずれも古代ジャワ文化の中心であった。ジャワ海に臨む沖積平野は、チマヌク川、プランタス川、ソロ川などによって形成され、開拓が著しく進んでいる。

(2) 気候

ジャワの気候の特色は雨季、乾季の区別が明確なことで、11～3月の雨季と4～10月の乾季とに分かれる。しかし、同じ島内でも西からの季節風の影響を強く受ける西部はきわめて多湿であるが、中部および東部にかけは東からの季節風の影響が強く、乾季が著しくあらわれる。

降水量は、山地の大部分は年3,000mm以上、海岸平野の大部分も年2,000mm以上に達する。雨は短時間に多量に降る場合が多く、雨季には各地に洪水がおこる。

気温は、位置および地形の特色から、他の熱帯諸地域にくらべて著しく緩和されている。ジャカルタの年平均気温は27.0℃であるが、日較差は最高8～9℃に及び、夜は〈常夏のジャワの冬〉と呼ばれる。高地では気温は低下し、バンドン(標高730m)で年平均22.1℃、ディエン高原(標高2,013m)で14.0℃となり、高原地帯はすぐれた避暑地となっている。

第2章 社会条件の概要²⁾

インドネシア国の社会条件については、建設省河川局河川計画課“日本の河川像を求めて——河川計画課30年の歩み——”にまとめられている。ここでは参考のためこれを再編する。

2-1 インドネシア国の歴史

インドネシアの歴史は、ジャワを中心にヒンズー教文明時代、イスラム教文明時代、オランダ統治時代、インドネシアの独立とスカルノ時代の4期に大別することができる。

現在のインドネシアの祖先は西暦紀元前2000～3000年頃よりアジア大陸の東南地方から移動したといわれる。そこに西暦紀元前後からインド南部のヒンズー人が渡来したが、彼らは文化程度が高く、ヒンズー教と仏教を信仰していたので、原住民と平和裡に同化交婚していった。

彼らは西暦7世紀後半スマトラのパレンバンを中心に仏教国スリウィジャヤ王国を建設し、南方における仏教と通商の中心地として発展した。ジャワでも8世紀以降中部ジャワにシャイレンドラやマタラム王国等が栄え、有名なボロブドゥール、ブランバランなどの寺院を建立した。最も有名なのは東部ジャワを中心とするマジャパイト王国で、現在のインドネシアからマレーおよびフィリピンの一部を版図とするインドネシア史上最大の王国を建設した。

15世紀後半からイスラム教が、香料を求めて渡米したインド人とアラビア人によって広められていった。16世紀にはイスラム教国家が建設され、イスラム教はジャワ全土に布教され、すでに定着していたヒンズー文明、仏教文明と対立しながら勢力を拡大していった。

1511年ポルトガル人がマラッカ海峡を占有し香料をはじめとする東南アジア貿易を独占したが、キリスト教を布教の手段としていたためにイスラム教徒の反発を招き、1580年に本国がスペインに侵略されるとその勢力は衰退に向かった。

それに代わってオランダがインドネシア貿易にのり出し、1602年に東インド会社を設立してジャカルタを根拠として東方経営を開始した。しかし東インド会社は支配権拡張のための戦費や職員の不正の横行で財政破綻をきたし1799年に解散。1800年オランダ政府自ら直轄統治にのり出し、インドネシアはオランダ領インドとしてオランダの植民統治下に置かれることになった。

1941年太平洋戦争の勃発とともに日本はオランダとの戦争状態に入り、翌年3月主都バタビア（現在ジャカルタ）を攻略、オランダ領東インド全域は日本の軍政下にはいった。

しかるに日本が降伏した直後の1945年8月17日にスカルノおよびハッタを中心にインドネシアは独立を宣言。戦前の支配を回復しようとしたオランダとの間に4年余りにわたる武力闘争が行われたが、結局国連の斡旋で主権移譲が行われ、1949年12月インドネシアはオランダとの連合の下に連邦共和制の主権国家として承認された。1950年8月には単一のインドネシア共和国となり9月には国連に加盟した。

2-2 人口、都市

人口は中央統計局資料によれば1977年約1億3,400万（1971年9月の国勢調査結果では1億1,800万）又1980年10月の人口センサスでは1億4,700万人で世界第5位にあり、人口増加率は1961年から71年までの間年2.1%，1971年から81年までの間年2.34%とされている。人口分布が著しい不均等性を持ち、国土総面積のわずか6.9%のジャワ、マドゥラ島に人口の61.9%が住んでいる（1977年資料）。また、1980年の資料によれば全国平均の人口密度（1平方キロ当たり）は77人とされているが、ジャワ、マドゥラ島は691人、カリマンタンは12人、イリアンジャヤは2.5人となっている。

インドネシアの主要都市およびその人口は表2-2のとおりである。

総人口は約半数が暮らすジャワの農村部は、一般的にいてすでに人口増に耐えなくなっているといえる。加えて農業生産の近代化、省力化は農村部での就業機会を少なくさせる。政府は懸命にスマトラなどジャワ外への移住（Transmigration）政策をすすめているものの、これが人口分布を変えるところまでにはまだほど遠い状況にある。いきおい農村の過剰人口は都市に移動し、都市人口の膨張をもたらす、国勢調査の網の目から外れることの多い“不定”住居居住者、季節労働者などの多くが抜け落ちているゆえ、実際の都市人口は首都ジャカルタをはじめとし、一般公表数字よりも実際の都市人口はかなり多いとみてよい。

表2-1 主要地域別面積および人口分布

主要地域別	面積・人口		人口（1980年）		km ² 当たりの人口密度（人）
	面積（km ² ）	構成比	（千人）	構成比	
スマトラ	473,606	24.67	27,980	18.98	59
ジャワ、マドゥラ	132,187	6.89	91,282	61.94	691
カリマンタン	539,460	28.11	6,721	4.56	12
スラウェシ	189,216	9.85	10,376	7.04	55
イリアンジャヤ	421,981	21.98	1,146	0.78	3
その他	162,993	8.49	9,876	6.70	61
合計	1,919,443	100.00	147,383	100.00	77

（注）人口は1980年10月実施の人口サンセス結果による。

表2-2 上位10都市の人口と伸び率（71～77年）

（単位：1,000人，%）

	77年の人口	71年からの増加率
①ジャカルタ（J）	5,149	13.3
②スラバヤ（J）	1,869	20.1
③バンドン（J）	1,275	6.3
④メダン（Sm）	1,138	79.2
⑤スマラン（J）	948	43.0
⑥パレンバン（Sm）	658	13.1
⑦ウジェンバンダン（SL）	639	47.2
⑧マラン（J）	451	6.9
⑨スラカルタ（J）	444	- 0.3
⑩パンジャルマツン（K）	324	15.3

2-3 人 種

多島国家インドネシアは、別個の文化、言語をもつ多くの種族が暮らす典型的な多民族国家でもある。米国の人類学者H・ギアツによると、インドネシアには約300以上の異なる種族と約250の独立した言語が識別されるという。いま西北から主要な種族をあげていくと、スマトラ北端のアチェ人（約150万—クンチャラニングラット氏推計、以下同じ）、北スマトラ、トバ湖周辺のバタック人（約400万）、西スマトラのミナンカバウ人（約600万）、東のマレー人（600万）、次いでジャワに入ると西部ジャワのスダ人（約2,000万）、中東部ジャワのジャワ人（約4,300万）などが大きい。その他周辺のマドゥラ、バリ島にはそれぞれマドゥラ人、バリ人が、カリマンタンには主要種族としてバンジャル、ダヤク人、スラウェシにはブキス、マカッサル、メナド人、東のマルク諸島にはアンボン人などが暮らす。なお西イリアンには、バプア、ニューギニア人と総称される種族が暮らすが、いまだ新石器時代に近い生活を送る独立した少数部族が数百もいるという。

これらを総称してプリブミ（純インドネシア人）と呼ぶわけだが、このほか主としオランダ領時代にこの地にやってきた華人が各地に分散して暮らす。その数は約350万と、人口の4%程度であるが流通経済に支配的な役割を有していることが、さまざまな問題を投げかけている。

2-4 宗 教

共和国の憲法は神への信仰を義務づけるが、特定の神を指定するものではない。この国には古来の精霊たちへの信仰が強かったうえに、ヒンズー、仏教、イスラムが各時代の各王朝に渡来し、植民地時代と前後してキリスト教が入ってきた。このうち圧倒的に強いのは10世紀ごろから活発に入ってきたイスラムで、今日では人口の90%前後がイスラム信者（モスLEM）といわれる。

それゆえインドネシアのイスラムはその信者数においては世界一であるが、中近東諸国のそれとはかなり異なっている。一般に中近東のそれよりもその世界観の強制力は弱く、戒律もゆるやかである。ラマダン（大斎日）の前の1ヵ月間（レバラン）の断食や金曜日の礼拝は多くの人によって守られているものの、スマトラ北端のアチェなど特定の地域を除き、他のイスラム教国ほどに強制力は強くない。

その他の宗教では、仏教、キリスト教、儒教、道教（華人系市民）等がある。これらは地方色が強くそれほどの影響力をもたないが、キリスト教は、都市住民および逆に長く未開の状態にあった僻地の諸種族の間に広まり、今日もふえる状況にあるとみられる。

2-5 言 語

先述したように各民族は独立した母語（地方語と呼ばれる）をもち、ジャワ語のようにすぐれた古典文学をもつ言語も多い。これに各主要言語の方言を加えれば、日本人からは想像もできないほどの多様な複合言語国家である。

しかしこれにもかかわらずインドネシアには他のAA諸国の多くにみられるような言語抗争はない。これは独立指導者たちが、各民族に平等な形でインドネシア語を共通語として採用、その普

及がすばらしい成功を収めているからである。もし彼らが優勢民族のジャワ人の言語を国語として採用していたとすれば、今日の共和国の統一はなかったろう。インドネシア語の採用こそ独立指導者たちの最大功績の1つといえる。

このインドネシア語は、その起源を6世紀ごろスマトラに栄えたムラユ王国にもち、今日のマレーシアのマレー語と源を同じくしている。語いや文法構造が比較的簡単であり、これはムラユ国がほろびた後も、アラビア商人を中心に、マレー半島から周辺の諸島沿岸にわたり、一種のリンガ・フランガ（商業用共通語）として使用されてきたものである。独立運動指導者がこれを国語として採用したのは、諸民族にとっての相対的な平等、学びやすさに加え、ジャワ語のもつ階級性がなく、民主的で、しかも新しい語を作る造語力にも富む言語であったからである。

今日、学校教育の普及に加え、大衆の楽しみであるラジオ・テレビ・映画もすべてインドネシア語をもとにしているのでその普及は目覚ましく、都市部や若い世代の間ではほぼ全国的に通用するといっても過言ではない。今日では華人系市民の間でも中国語よりもインドネシア語が通用するほどである。また学術用語や抽象語も、マレーシアと協力して年々新しく加えられ、近代的な言語となっている。反面、知識層でもかつてのようにヨーロッパ語を話すことが必ずしも必須ではなくなり、重要な資料などもインドネシア語のみで出されることがふえている。

2-6 経済状況

(a) 独立以後の状況

1945年の独立以来約20年間にわたってインドネシアを指導したスカルノ政権は、経済面を軽視し、政治優先政策をとった結果、経済的破綻を招き、政権末期においては、1人当たり国民所得は50年前とほぼ同水準、インフレ率は年約600%、対外債務残高は約23億ドルという状態にまでなっていた。

1965年の9.30事件のあとスカルノを引き継いだスハルト政権は、アメリカに留学した経済学者を中心に、外国援助、外国投資の導入をも含めた経済復興計画を立案し、また1969年からは、食糧自給体制の確立やインフラの整備を中心とする第1次開発五箇年計画の策定に移行した。この第1次計画期間中の内外政治経済情勢が比較的安定的に推移したことにより、実質GDP成長率は平均7.7%を記録し、また米の増産、インフレの終息等一応の成果を収め、ほぼ所期の目標に達している。

1974年以降第2次五箇年計画が実施されたが、第1次オイルショックによる原油輸出価格の高騰により大きい恩恵を受けたものの、その後の世界的不況や1975年のブルタミナの財政破綻の発生等もあり、また、GDP成長率も目標の7.5%に比し6.9%にとどまるなど必ずしも満足なものではなかった。

このような背景のもとで1979年4月から第3次五箇年計画がスタートし、また、その直前の1978年11月にはルピアの50%という大幅切下げが断行された。

その後の進展をみると、原油輸出価格の上昇等数多くの幸運にめぐまれた一方、経済政策面でも、

税制、関税、輸出振興、中小企業振興等々で数多くの制度改正が実施され、この結果、経済実態面、国民生活面でも実に目覚ましい進展が見られた。生活面、インフラ環境面でも、5年いや2年前のジャカルタを知っている人でも想像できないような急激な変化が進みつつあることに驚かれるであろう。

もちろん、このような急速な進展にもかかわらずインドネシアが発展途上国が一般的にかかえている諸問題のほとんどを今なお有していることは事実であり、中進国への道を歩むためにはまだ多くの時間を必要とすることはいうまでもない。

(b) 産業構造と就業人口

産業構造と国民総生産の産業別構成比でみると1979年では名目額（30.7兆ルピア）のうち農林水産業29.8%、鉱業16.9%、製造業9.2%、建設業6.0%、商業その他38.1%となっている。これを原油価格高騰前の1973年価格でみた実質GDP（9.9ルピア）の構成比でみると、農林水産業が32.2%、鉱業10.5%、製造業12.9%、建設業5.7%、商業その他38.7%となっている。

なお、支出項目別でみると、1979年の名目額では、民間消費59.1%、政府消費的支出11.4%、総資本形成22.6%、輸出30.0%、輸入23.1%となっており、輸出入がかなり大きい地位を占めている。

次に就業構造をみると、1976年の労働力調査の結果しか利用できないが、それによると、10歳以上労働人口4,816万人のうち、1週間のうち1回でも就業した者は4,730万人となっている。この産業別内訳でみると農林水産業61.5%、鉱業0.2%、製造業8.4%、建設1.7%、商業飲食店14.4%、個人サービスその他10.7%となっている。

これを分類変更等があり必ずしも対応しないが前回の71年労働力調査の就業者総数4,035万人のうち、農林水産業63.2%、鉱業0.2%、製造業7.5%、建設1.9%、商業その他24.8%の数字と比較すると、農業就業者は絶対数こそやや増加しているものの、その構成比は次第に低下し、製造業、建設業、商業その他産業での雇用吸収の状況がうかがえよう。

スカルノ大統領は軍と共産党の支持のもとに権力の集中化を進め、外国企業の接収、華僑の圧迫などナショナリズムを前面に出した政策を展開した。その結果、外交面では自由主義陣営と米国との関係が悪化し中国、ソ連への傾斜を強めた。しかし経済政策の失敗からインフレが進行し、生産は極度に停滞して国家財政は危機に瀕した。

1965年のクーデター未遂事件（9.30事件）によりスカルノ大統領はその権力を失墜し、当時最大の政党であったインドネシア共産党は壊滅し非合法化され、代わってスハルト将軍の率いる軍部が政治の実権を握った。

スハルト将軍は1968年3月の暫定国民協議会において正式に5年任期の大統領に専任され、新体制は従来の政策を内外両面において大転換した。それに伴って自由主義国との関係は急速に好転した反面、共産国との交流は停滞ないし中止された。国内的には共産党の取締りを徹底する一方1964年からは第1次五箇年計画をスタートさせ、経済の安定と拡大を図りインフレを沈静させた。1971年7月の第2回総選挙では政府および国軍が強力にバックアップした与党ゴルカルが圧勝し、スハルト長期政権の基礎が確立した。

1979年4月からスハルトを首班とする第3次開発内閣は第3次開発五箇年計画をスタートさせ、経済開発は石油輸出や大量の外資導入により表面上華やかに進められている。しかし一方では諸々の脆弱性を含み、急速な人口の増加や大量の失業者をどう経済成長の中に吸収していけるか、国民が望む公平な富の配分を達成し得るかといった長期的課題をかかえている。

(d) 国家予算

スハルト財政の特色は、前政権の放漫財政による超インフレの経験を踏まえて、歳出規模を国内歳入プラス外国援助の範囲内でおさえる均衡財政の原則を貫いてきていることである。すなわち68年以降、年々予算規模は拡大しているが、經常予算では国内税収入による歳入が歳出を上回り、ここで生じた剰余が外国援助による歳入とともに開発予算（資本的支出）に充当され、両予算の歳出入全体として均衡するという形となっている。

歳入は国内税収入と外国援助の二本立てである。

80年度予算の例からみると国内税収入のうち、約80%を占める直接税のうち87%は石油会社からの法人税収入である。したがって全国内歳入の71%を石油会社法人税が占めることになる。一方、個人所得税は1.9%、一般法人税は3.9%を占めるに過ぎず、直接税等の納税体制の未整備ないし納税意識の低さがうかがえよう。間接税では、売上高税、消費税、輸入関税、輸出税（一次製品等）がほぼ同じウエイトを占め、あわせて全国内税収入の20%弱となっている。

歳入に占める外国援助のウエイトは、第1次石油ショック後はそれまでの20%台から75年度予算では8%に低下した。しかし76年度以降再び上昇して20%台が引き続いており、80年度予算で初めて14%へと低下した。今後は国家財政に占める援助のウエイトは年々低下していくことが予想されている。

歳出は、經常支出と開発支出とからなっている。

經常支出の主要項目は、人件費、地方交付金（主として人件費）、物品購入費等である。しかし最近ではこれらのほか、食糧補助金（農民に安い価格の肥料を支給する）や石油補助金（割高の輸入石油製品を安い国内販売価格で提供）などの物価対策費の増加が問題になっている。このほか、外国借款の元利返済、国営企業の赤字補てんのための支出もかなり大きいものになっている。

開発支出は、セクター別に計上されており、たとえば80年度予算では、教育、農業かんがい、地方開発、交通通信観光、労働移住、国防治安の6分野が優先分野とされており、公共事業的分野の支出が大半を占めている。

2-7 行政組織

(a) 政治体制

概 要

立憲共和国（大統領制度）であり、5原則の国是（パンチャ・シラ）をガルダの国章のもとに、1945年憲法が制定されている。国旗は紅白旗、国歌はインドネシアラヤである。

1) シンボル ガルーダ鳥 (理想の聖鳥)

さらに標語として“BHINNEKA TUNGGAL IKA”というサンスクリット語の標語があり“多様性の中の統一”との意味、これはインドネシア共和国はさまざまな島、言語、人種、風俗、肌色等から成り立っているが(多様性)、インドネシア共和国として一体となる(統一)ことを表わしている。

2) 5カ条の国是 (パンチャ・シラ)

- ① 神への信仰
- ② 人道主義
- ③ 民族主義
- ④ 民主主義
- ⑤ 社会主義

中央行政

現在のインドネシア政体は1945年憲法に基づいている。憲法は国権の最高機関としての権能を国民協議会に与え、4つの独立した政府機関の設立(大統領、国会、会計検査院、最高裁判所)を規定している。さらに大統領に対する助言諮問機関としての最高諮問会議の設立も規定している。

国民協議会より全権を委任された大統領が国会と強力し、内閣の補佐を受けて国民協議会の定めた方針に従って施策を行うことになっている。

1) 国民協議会 (MPR)

国民協議会は、憲法を制定し、国策の大綱を決定し、正副大統領を選出する国権の最高機関で5年に1回開催され、構成定員は920名である。その内訳は、半数の460名が国会議員の兼任、他の半数は大統領が任命する議員である。任命議員は地方代表131名、軍人および職能団体グループ代表207名、選挙結果に基づく政党、職能グループへの比例配分議員112名、その他10名である。

1972年までの国民協議会は全員が政府の任命した議員で構成されていたため、暫定国民協議会と呼ばれたが、1971年に総選挙が行われ、これに基づく国会議員と1972年に任命された議員とにより、1972年10月、初めて国民選出議員を含む正式の国民協議会が発足し、1973年3月国民協議会の第1回総会が開催された。

この総会において、以後5年間の国家運営方針、第2次五箇年計画の大要が決定され、スハルト将軍が大統領に再選され、1956年以来欠けていた副大統領のポストにハメンク・ブオノ侯が選出された。

次いで1978年3月に開かれた国民協議会総会でスハルトが大統領に3選され、長く外相に任じたアダム・マリク(当時国民協議会、国会議長)が副大統領に選出された。

2) 大統領

大統領は、国民協議会によって選出され、任期は5年である。大統領は国家の元首であるとともに行政府の長であり、国会の同意を得て法律の制定、条約の締結等を行い、国軍を統帥する等、広範な権限を有する。

3) 国会 (DPR)

国会は1院制で法律案を審議し、これに承認を与える機関で、議員全員が国民評議会の議員を兼ねる。定員は460名で、うち360名が国民による選出議員（政党および職能グループ所属）、100名が大統領任命議員（75名が軍人職能グループ、25名が非軍人職能グループ）となっている。

4) 内閣

内閣は大統領の補佐機関で国务大臣は大統領が任免権を持つ、現第3次開発内閣⑩は、1978年3月に開催された国民協議会の決定に従い、3月29日にスハルト大統領が組閣し、3名の調整大臣、17名の各省大臣と4名の無任所国务大臣および6名の副大臣より成る。現内閣も第1、第2次開発内閣と同様、経済開発遂行を主要任務とするため、テクノクラートと呼ばれる経済閣僚の地位が重視されているが軍人もかなり多い。

5) 地方制度

地方行政制度は1974年の「地方行政基本に関する法律」および1980年の改正法で定められている。まず第1級自治体として、27の州および特別州があり、その下に第2級自治体として県および市がある。またその下に郡、町村、村落などの機構がある。

州および特別州の知事は大統領が、県、市、郡の長は知事が任命する。任期は5年で、再任はできるが、引き続き3期の任命はできない。

第1級および第2級地方自治体には地方議会が設置されており、総選挙と同時に実施される選出議員と任命議員とに分かれ、その比率は4対1である。

州および特別州名

	首都所在地
1. ア チ ュ 特 別 区	BANDA ATJEH
2. 北 ス マ ト ラ	MEDAN
3. 西 ス マ ト ラ	PADANG
4. リ ア ウ	PEKAN BARU
5. 南 ス マ ト ラ	PALEMBANG
6. ジ ャ ン ビ ー	JAMBI
7. ベ ン ク ー ル	BENGUKULU
8. ラ ン ボ ン	TANJUNG KARANG
9. 西 ジ ャ ワ	BANDUNG
10. 大ジャカルタ特別区	JAKARTA
11. ジョクジャカルタ特別区	JOGJAKARTA
12. 中 部 ジ ャ ワ	SEMARANG
13. 東 ジ ャ ワ	SURABAYA
14. 西カリマンタン	PONTIANAK
15. 中部カリマンタン	POLANGKA RAYA

16. 南カリマンタン	BANJARMASIN
17. 東カリマンタン	SAMARINDA
18. 北スラウェシ	MENADO
19. 中部スラウェシ	PALU
20. 東南スラウェシ	KENDARI
21. 南スラウェシ	UJUNG PANDANG
22. 西ヌサテングラ	MATARAM
23. 東ヌサテングラ	KUPANG
24. マ ル ク	AMBON
25. バ リ	DENPASAR
26. 西 イ リ ア ン	JAYAPURA
27. 東 チ ム ー ル	DILI

(b) 治水, 利水関係行政組織

インドネシア公共事業省の河川総合開発（インドネシアの河川総合開発はその概念の中に治水を含む）に関する主要組織は図2-1のとおりである。

計画局は原則として河川, かんがい計画における Study, Master Plan 段階を担当し, 実施段階 (Detail Design) 以降は河川局に移行するが, 実際にはその区分は必ずしも明確ではない。また83年度から現在の河川局と計画局が河川総局, かんがい局と沼沢局がかんがい総局として機構改革された。

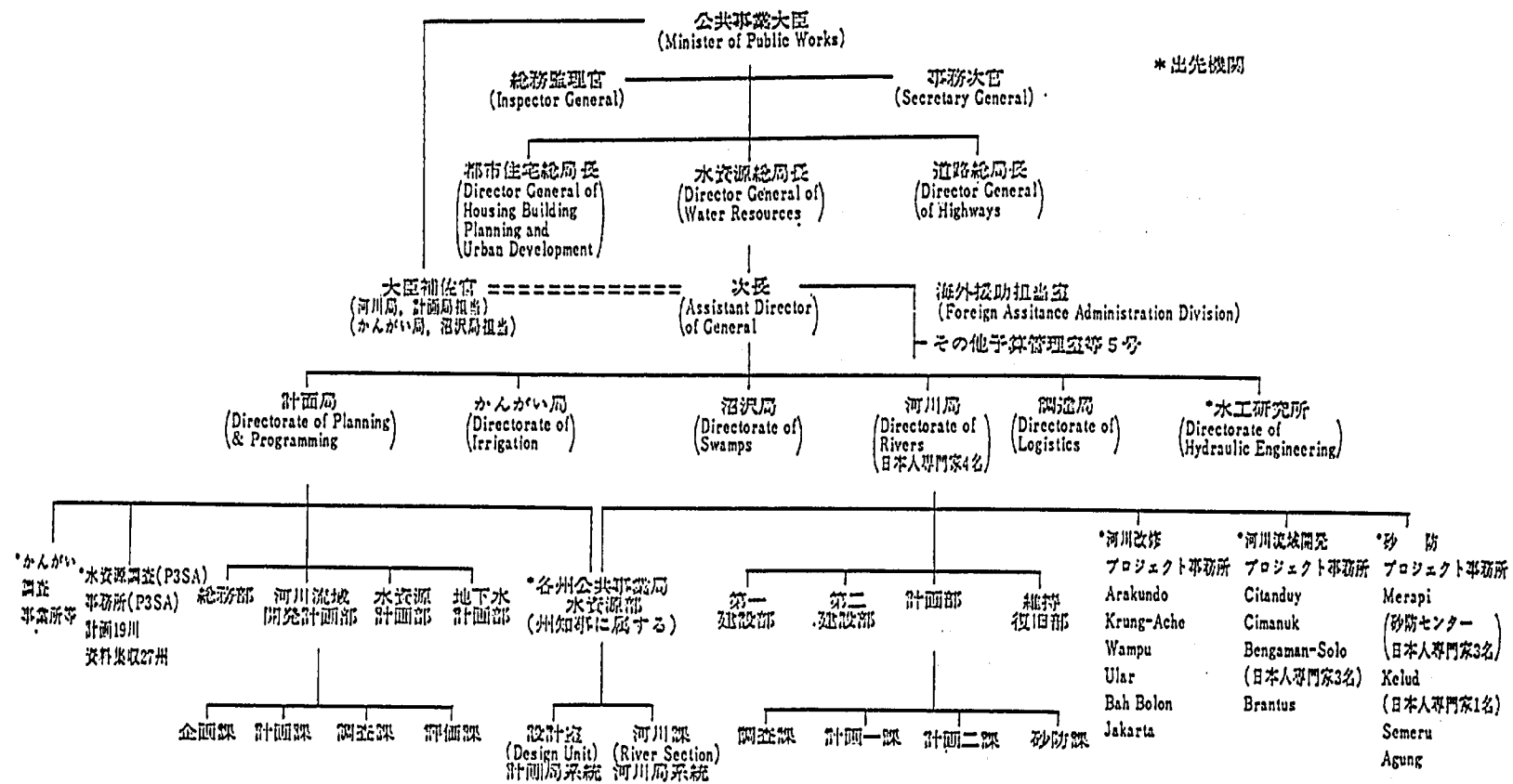


図 2 - 1 公共事業省組織図 (河川関係) 1983年 2 月時点

第3章 インドネシア国の主要河川²⁾

主要な河川は主要河川概要表およびインドネシア河川位置図に示したとおりである。全体的に見るとジャワ、北スマトラ、西スマトラ等の河川は流域等の規模は比較的小さいが、流域の開発が進み、治水利水の面で重要なものが多い。ジャワ島を中心に今世紀の初めから、オランダの技術等により放水路、堰、部分的築堤といった工事が行われており、現在の河川局のプロジェクトもこれらの地域に集中している。

一方、南スマトラやカリマンタン、イリアンジャヤなどには大陸的な緩流の大河川があるが、流域は未開の森林、湿地帯が多く、河川もほとんど自然のままの状態といえる。

流域の諸元はデータによりまちまちな数字が出ている。流域面積については流域界がはっきりしない場合もあるが、スマトラとジャワについては最近5万分の1図面よりひろった数字に統一した。

年平均降雨量は大半が流域平均ではなく、代表観測所のものであり観測期間は3年間～100年間ぐらいまでまちまちである。

人口は1980年 Sensus によった。市 (kotamadia) あるいは県 (kecamatan-kotamadia) を除く郡部の単位で把握されているが、流域は行政境界と無関係な場合が多く、流域内の全体人口を正確に把握することはできない。

計画流量は河川プロジェクトの中ですでに Authorize されたもののみをあげてある。

参 考 文 献

- 1) 渡辺光福, 1971; 世界地理3 東南アジア 朝倉書店, pp. 14~35, pp. 73~78.
- 2) 建設省河川局河川計画課, 1983; 日本の河川像を求めて—河川計画課30年の歩み—.
- 3) 山本晃一, 1989; 気候・地形・地質が河道特性に及ぼす影響に関する研究ノート, 土木研究所資料第2795号.

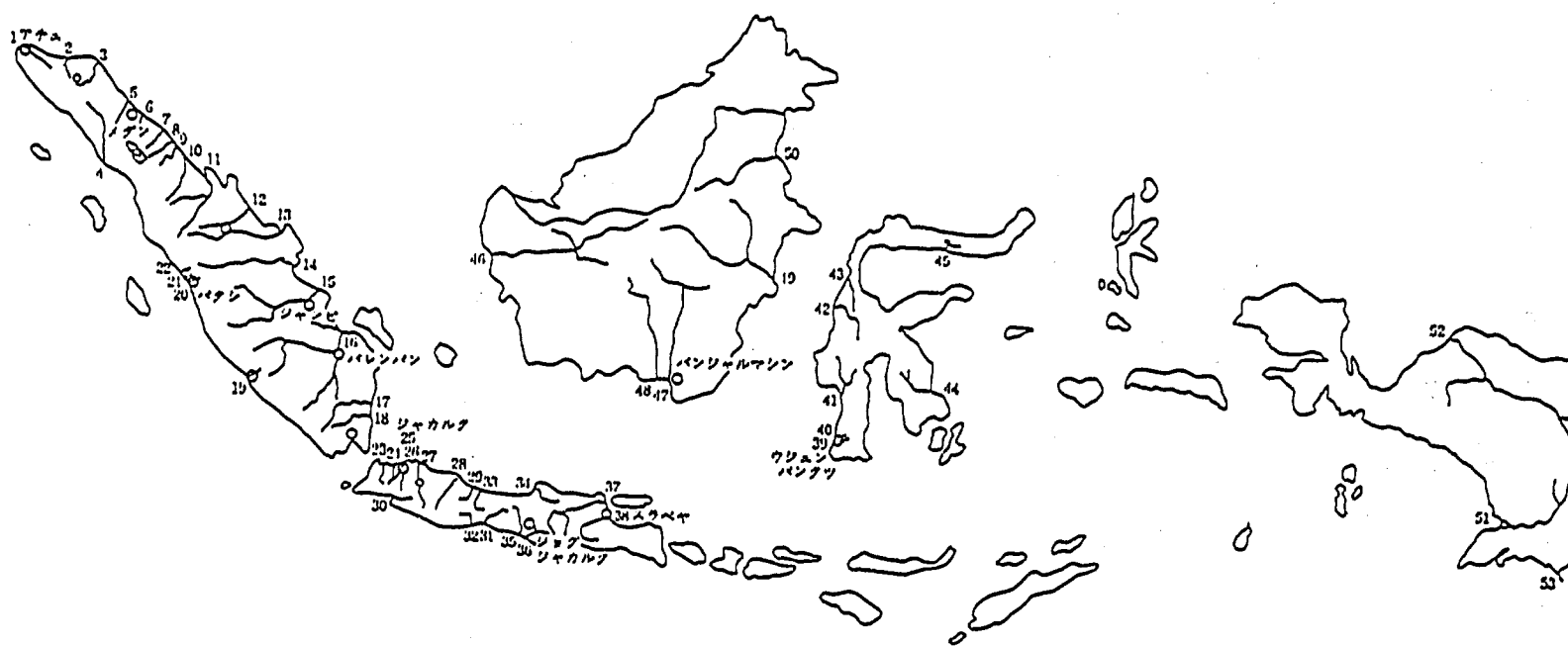


図 3-1 インドネシア河川位置図

主要河川概要表

(スマトラ)

No.	河川名	州名	流域面積 km ²	流路延長 km	平均河床 高 m	平均 流量 mm	計画流量 m ³ /s	比 較 大 規模 m ³ /s	主要都市、人口、産業、災害等	主要プロジェクト
1	Kr. グルング Aceh アチム	Aceh	1,780	113.0	0.0090 (0.0010)	1,965	Bakoi (1/5)1,300 (1/20)2,000	—	Banda Aceh 7.2万人 大 Aceh 県 24万人 水田、漁業	Kerung Aceh Urgent Flood Control Project stdy. 1971, 1978 (資金、コンサル) D/D 1981~82 日本 緊急部分の改修、放水路
2	Peusangan プサンガン	"	2,596	126.1	0.0099 (0.0032)	—	—	—	Lhokseumawe 北アチム 県63万人 ロスマニ ASEAN の原油工場 (日本援助) 有 天然ガス、水田、コシ、ウ	—
3	Arakundo- アラクンド Jambu Aye ジャンプアエ	"	4,081	265.5	0.0080 (0.0030)	1,872	(1/20)1,800	1,008	北アチム 県63万人、東アチム 県42万人の一部 水田、油ヤシ、石油	Arakundo-Jambu Aye Imigation and Flood Control Project 81年 F/S, 82年 D/D, 資金 ADB コンサル イギリス、インドネシア 河川改修、放水路、かんがい排水
4	Singkil	"	11,217	380.0	0.0081 (0.0004)	—	—	1,106	東南アチム 県16万人、南アチム 県28万人の一部 水田、ヤシ	—
5	Wampu ワンブ	North- Sumatra	5,930	127.0	0.0356 (0.0052)	1,510	(1/20)1,320	807	Binjai 7.6万人、Langkat 県70万人 水田、油ヤシ	Wampu River Flood Control and Development Project 71年 F/S 日本、73年 D/D イギリス資金 ADB const. ほぼ完了 河川改修、かんがい排水
6	Ular ウラル	"	1,081	115.0	0.0178 (0.0017)	1,700	(1/30)800	600	Deli Serdang 県124万人の一部 水田、ゴム油ヤシ	Over All Ular River Improvement Project 75~78年 F/S 日本、79~80 D/D 日本 82~ construction 日本 河川改修、かんがい排水
7	Bah Bolon バー ボロン	"	2,766	112.9	0.0090 (0.0029)	3,688	(1/10)1,200 (1/25)1,500	321	アサハナル (日本75%出資) の工場有 湿地帯 Simalungun 県76万人 水田、油ヤシ	Bah-Bolon Project (河川改修、かんがい) 81/80 年度 F/S 完 資金、コンサルタント共オーストラリア
8	Asahan アサハン	"	3,741	148.0	0.0084 (0.0007)	—	—	—	Tanjungbalai 4.2万人、アサハン 県78万人 米作、油ヤシ	トバ湖からの流水を利用する Asahan 発電計画82年 末に施設はほぼ完成 下流開発計画 (治水、かんがい) JICA Study 予定
9	Kualu クラル	"	3,493	152.5	0.0016 (0.0013)	—	—	—	Labhan Batu 県 (55万人) の一部分	アサハン下流に含め Study 予定
10	Banai- バナイ Barumun バルムン	"	21,373	219.2	0.0050 (0.0027)	—	—	640	Labhan-Batu 県の一部が流域 ゴム	—
11	Rokan ロカン	Riau	19,446	498.0	0.0020 (0.0002)	1,950	—	—	Benkalis 県57万人 石油 湿地帯	—
12	Siak	"	11,025	280.0	0.0004 (0.0002)	2,739	—	—	石油 湿地帯	—
13	Kampar	"	23,746	496.1	0.0024 (0.0002)	2,864	—	1,189	Pakan Baru 19万人、Kampar 県36万人 ゴム、石油	—

No.	河川名	州名	流域面積 km ²	流路延長 km	平均 河床勾配 (%)	平均 流量 mm	計画 流量 m ³ /s	治水 流量 m ³ /s	主要都市、人口、産業、災害等	主要プロジェクト
14	Kuantan	Riau	21,654	500.0	0.0013 (0.0002)	2,961	—	—	Indragiri Ulu 県23万人, Indragiri Ilir) 40万人 石油	—
15	Batang Hari	Jambi	43,424	746.5	0.0026 (0.0001)	2,628	—	1,792	Jambi 23万人 Riau 州 217万人万人のほとんどが流域 ゴム, 湿地帯	—
16	Musi	South Sumatra	55,692	622.0	0.0024 (0.0001)	—	—	5,754	Palembang 78.7万人 南スマトラ州460万の半分以上が流域 石油, 肥料, 木材, 湿地帯	—
17	Tulang Bawang	Lampung	8,757	374.0	0.0025 (0.0002)	—	—	—	北ランボン州177万人の大半が流域 水田, キナ, 湿地帯	—
18	Seputih	"	6,917	227.0	0.0041 (0.0002)	2,647	—	—	中部ランボン州166万人の半分程度 水田, コシウ, 湿地帯	—
19	Bengkulu ベンクルール	Bengkulu	491	40.1	0.0188 (0.0017)	—	—	—	Bengkulu 6.5万人 水田, ヤシ, コーヒー	—
20	Arau アラウ	West Sumatra	139	22.0	0.0596 (0.0059)	4,233	(1/25)700	—	Padang 48.1万人	Padang Flood Control Project 82, 83年 F/S 日本 1920年代にオランダにより建設された放水路, 分 流堰の再改修, 内水排除
21	Kuranji クランジ		245	29.5	0.0471 (0.0136)	4,177	(1/25)950	—	Padang Pariaman 県46万人	
22	Air アイル Dingin ディンギン		141	23.5	0.0732 (0.0155)	—	—	—	水田, ヤシ, セメント, 淡水, 内水	

主要河川概要表 (ジャワ)

23	Ciudjung チウジュン	West Jawa	1,937	147.2	0.0041 (0.0003)	ランカス ビットン 2,242	緊急部分 (1/10) 基本 1,400 計画 1,100 (長期計画 (1/50))	953	Rankasbitung Serang 県110万人 水田地帯, 鉄鋼, ゴム, 漁業	North Banten Water Resources Development Project 日本 82年度 M/P 多目的ダムを含む総合開発
24	Angke アング Ciliwung チリウン	D.K.I Jakarta	370 384	100.0 113.5	0.0029 (0.0012) 0.0013 (0.0013)	— —	(1/100)390 (Cengkareng) (Flood way) 370 (Banjir (Channel))	— —	Jakarta 650万人, 三都, 経済の中心, 内水問題, 排水能力不足 Bogor 観光都市, 25万人	Jakarta Flood Control M/P 73年 Cengkareng Drain System study 79~81 安全, コンサル共オランダ West Jakarta Flood Control Cengkareng 放水路建設中, インドネシア自力 Sarinah-Tamrin Pump 1983~建設 日本 Grogil-Secretaris 放水路, 83年度 OECF 要求
25	Cisadane チサダネ	West Jawa	1,421	144.0	0.0292 (0.0010)	—	—	919	Tangerang 県153万人	—
27	Citarum チタルム	"	6,081	268.6	0.0068 (0.0003)	2,049	—	1,131	Bandung 146万人, Karawang 県124万人 水田, 砂糖キビ, 茶, キナ	Jatiluhur Dam Construction 58~68 ジャカルタの上水, 治水, かんがい, 発電, 漁業, 観光 コンサル フランス 安全 フランス, イタ リア

No.	河川名	州名	流域面積 km ²	河路延長 km	下流の河床勾配 (0.0004)	平均 流速 mm 3.049	計画流量 m ³ /s (1/25)1,500	現在 流量 m ³ /s 1,125	主要都市、人口、産業、災害等	主要プロジェクト
28	Cimanuk チマヌーク	West Jawa	3,537	258.4	0.0059 (0.0004)	2.197	Monjot (1/25)1,500	1,125	Indramayu 県124万人 水田、茶、ヤナ、ヤシ	Cimanuk River Basin Development Project F/S 全体、73年オランダ D/D 改水路 インドネシア、D/D かんがい 台湾 資金 世銀 河川改修、かんがい、改水路
29	Cisanggarung チサンガルン	"	834	103.6	0.0077 (0.0012)	平均 3.049	—	712	水田、ヤシ	Cimanuk Project の中で調査 F/S 全体 73年オランダ、D/D Jatigade Dam 77 年オーストラリア 資金 世銀 83年建設開始
30	Cimandiri	"	1,768	86.0	0.0112 (0.0025)	—	—	—	Sukabumi 県152万人の中央部	—
31	Serayu	Central Jawa	3,625	176.0	0.0134 (0.0007)	—	—	1,837	Purbolinggo Banyumas 県125万人等4県の一部	—
32	Citanduy チタンデュイ	"	2,850	210.0	0.0054 (0.0003)	—	Nusawuluh (1/25)1,920	1,164	Cialap 県133万の一部 水田	Citanduy River Basin Development Project F/S、D/D 1969年 USA 現在 construction 資金、コンサル USA 河川改修、かんがい、排水、改水路
33	Pemali	"	1,276	125.5	0.0032 (0.0005)	3.790	(1/25)1,300	784	Brebes Brebes 県126万人のほぼ全域 水田	Design Drainage Project Pemali-Comal F/S 76年 日本、D/D 79年 コンサル インドネシ ア、イギリス 資金 世銀 (PROSIDA) 河川改修、排水
34	Serang	"	3,637	208.5	0.0088 (0.0002)	1,626	—	679	Kudus 県56万人、Gorobakan 県101万人の大半が 流域 水田	—
35	Progo	Central Jawa D.K.I Yogyakarta	3,239	138.0	—	2,266	—	1,107	Magelang 12.3万人、Magelang 県94万人 水田	—
36	Opak	D.K.I Yogyakarta	1,398	65	—	—	—	748	Yogyakarta 特別区275万人の一部 Yogyakarta 市40万人 観光都市 産物	—
37	Bengawan ブンガワン Solo ソロ	Central Jawa East Jawa	14,950	572.3	0.0016 (0.0001)	2,124	M.P (1/40) 河口 基本 6,400 計画 (ウオノカリ) 完成後 4,300 (全建設完成) 後 1,900	1966年 Wonogiri 3,950 Nguwi 2,740	Surakarta 47万人、Madiun 15万人 流域内人口約1000万人、農業従事者70% 水田、砂糖キビ、タバコ、石油精製肥料、産物	Bengawan Solo Project M/P 72~74 Wonogiri Dam F/S 74~75、D/D 76、Const. 77~81 Madiun D/D 82~83 (Badigan Dam F/S 82~83) Upper Solo D/D 83~84 以上日本 Lower Solo F/S 83~ カナダ
38	Brantas ブランタス	East Jawa	11,500	320	0.0039 (0.0003)	2,228	(1/50) Terusan (Surabaya) 1,500	Terusan 1,390 Pakel 1,740	Surabaya 203万人、Kediri 22万人、Malang 51万人 Blitar 8万人、Mojokerto 7万人 流域内人口 約1200万人(推定) 水田、タバコ、砂糖キビ、セメント、炭、土砂採取、産物	Brantas River Basin Development Selorejo Dam F/S 59~60、D/D Const. 61~70 Karang Kates Dam F/S 59~60 D/D Const. 61~72

№	河川名	州名	流域面積 km ²	流路延長 km (下流のみ)	河床勾配 ‰	平均 水深 mm	計画流量 m ³ /s	最大流量 m ³ /s	主要都市、人口、産業、災害等	主要プロジェクト
										Wlingi Dam F/S 59~60, D/D Const. 72~78 WiDas Dam F/S 72~76, D/D Const. 76~82 Middle Reach F/S 72~77, D/D 77~79 River Improvement, Const. 80~ 以上日本 T. Agung Diversion Tunnel F/S 72~77, D/D 79~80 資金 ADB コンサル Gn Kelud Sandarresting work. 日本人専門
主要河川概要表 (スラウェシ、カリマンタン、イリアンジャヤ)										
39	Jeneberang ジェネベラン	South-Sulawesi	727	75	0.0025	4,013	(1/50)	3,350	Ujung Pandang 70.9万人 (人口急増中)	Jeneberang Flood Control Project
40	Tallo タロ		417	66	(0.0005)	—	基本 3,700 計画 2,500 (Kampili)	—	水田地帯、都市用水不足 Jeneberang 土砂堆積、氾濫 Tallo 高潮被害	1978~79年 F/S 日本 緊急改修事業 (Phase 1) D/D 1983 日本 Bilibili Dam (Phase 2) F/S 1981 日本
41	Sadang	"	6,100	175	—	2,557	—	—	—	—
42	Lariang	Central Sulawesi South	7,703	225	—	—	—	—	—	—
43	Palu パル	Central Sulawesi	2,400	90	—	1,503	—	—	Palu	—
44	Sampang	South-East Sulawesi	7,438	190	—	—	—	—	Kendari Kendri 県30.6万の大半	—
45	Bone	North Sulawesi	930	60	—	1,195	—	—	Gorontalo 9.8万人	—
46	Kapuas	West Kalimantan	93,445	1,010	—	—	—	—	Pointianak 30.5万人 西カリマンタン州249万人の半分以上	—
47	Barito バリト	Centraland South Kalimantan	66,057	650	—	2,388	—	—	Banjarmasin 38万人 南カリマンタン州206万人の大半	—
48	Kahayan	Central Kalimantan	26,347	470	—	—	—	—	Palangkaraya 6万人 全体で20万人居住	—
49	Mahakam	East Kalimantan	65,334	715	—	—	—	—	Samarinda 26万人	—
50	Kayan	East Kalimantan	46,294	480	—	—	—	—	—	—
51	Digul	Inan Jaya	25,680	—	—	—	—	—	—	—
52	Merauke メラウケ	"	8,070	—	—	—	—	—	Merauke Merauke 県17万人	—
53	Mamberamo	"	52,670	—	—	—	—	—	—	—

本論 インドネシア国の河川と河川処理 —— 座談会記録より ——

1. 日 時 昭和63年12月27日 14時30分～17時00分
平成元年 3 月 3 日 14時30分～17時00分

2. 場 所 国際建設技術協会 会議室

3. 出席者

土木研究所 山本晃一、藤田光一とインドネシア国において専門家として河川の仕事にたずさわった3名及びコンサルタントとしてインドネシア国の河川の計画工事にたずさわった6名、合計11名である。

4. 編集方針

記録の取りまとめに当たっては、適宜訂正・追加・削除・発言順序の入れ替え・補足資料の作成など、読み易くするため編集を行った。編集の結果、元の発言内容とは違う内容に変わったところもできた。それによって生じる責任は、全て編集者（山本晃一）が負うものである。

第1章 概 論

1-1 本座談会の目的と方向

山 本 近年、わが国の河川技術者が、諸外国の河川の治水計画、河道計画に係わる機会が増えていますが、日本の工法とか、考え方をそのまま適用しているというのが実状だと思います。しかし、このままで良いのであろうか。その国の河道の特性や社会経済条件に見合った方法や工法を考えるべきではないか。

このような問題意識が、JICAの河川工学研修等を通して起こり、現在土木研究所では、海外土木技術研究経費「低平地河川の改修工法に関する研究」で、熱帯地方の河川の改修のあり方みたいなものをまとめあげていく作業を行っています。

やり方としては、土木研究所で僕らが全部資料を集めて、まとめてもよかったんですけども時間がかかりますし、こういうことに関しては、たくさんの情報を持っておられる、国際建設技術協会に基礎情報の収集をやっていただき、効率を図ろうということで、お願いしてたわけです。

その一環として、委員会とは違うんですが、もう少し自由な形で熱帯地方の河川改修の実情を知ろうということで、検討会という形で海外援助の経験者に御集まりいただいて御意見を伺おうと思ってお願いしました。

やり方としては、あまり難しいやり方をするつもりはなくて、土研側から、いろいろ話の糸口になるようなことを話しながら、経験ある諸先輩のいろんな御意見を伺うという形で作業を進めたいと思っております。どちらかというと座談会形式で話を進めていきたいと思っておりますので、よろしくお願いします。

私のほうはこれで。

B 進め方ですけど、ここに山本室長のほうから、検討会の資料^{註1)}というものを用意していただいておりまして、きょうお集まりの方に、ここにあるこういうようなものの全部を、一通り総なめにしていただいて、そして何らかの意見を述べていただければ、あと、それを整理しようと思っております。そして補完的なバックデータ等は、主として手持ちの資料でやってもらう。足りないものについては、インドネシアのほうから、急遽取り揃えるということも可能だと思いますけれども。

そういうことで、今日は、方向づけというような意味が非常にあると思っておりますので、皆様にお集まり願ったということでございます。

山 本 あまり時間もありませんので、話題に入ってしまうかとおもうんですけども、まず、この調査の範囲の問題があると思うんです。低平地河川の問題をやるということになっていますが、要するに最終的には、河道計画、河川計画のあり方にみたいなものを提示したいと考えているわけです。今回の検討では、水文計画、要するに流量計画のほうは、一応出来上がっているものとして始めたいと思うんです。そして、そのあとの流量計画を受けて、河道をどうする

か。そこに重点を置いて議論をしていきたい。この調査の内容もそこに重点があります。前半の水文の部分は、むしろ概論として、いままで既存の知識を適当にまとめておけば良いと考えます。その格好でやりたいんです。そのあとの部分の河道計画のほうが、新しい情報価値をつくり出すと。そういう方向でやっていただければありがたいなと思っております。

そうは言いましても、要するに熱帯地域の地形とか、地質、あるいは雨の降り方について、全然情報がないと、河道計画もできないわけですから、その辺について少し皆さんの経験を、初めにお話していただこうかなと考えているわけです。

対象地域を、一応インドネシア国ということに限って、フィリピンとか、大陸のタイとか、それは一応今日は除いて考えて、お話しいただければいいなと。あまり広げちゃいますと、だんだん話題が広がって行って、まとまりませんので、一応インドネシアだけということ。

B まとめ方に関してお伺いしたいんですけど、土木研究所のほうでは、こういう低平地河川の改修工法の中で、新しい考え方とか、あるいは新しい手法、そういうもののイメージをお持ちなのかどうかですね。インドネシアの河川の改修に適應できるようなことを考えておられますか。何か、特にこういうものを調べるとかの必要性があるのかということですね。

山 本 一つは、僕は河道特性と言っているんですけども、川の持っている能力みたいなもの。たとえば河積でもいいですけどね。その河積をなるべく尊重した河道計画を立てるべきだということを、打ち出したいと思っているんです。川は自分で川をつくるわけですね。それにあまり逆らわない計画を考えるべきであろうと。そういう観点で河道計画を立てたらどうだろうという、そういう話をせひしてみたいんです。実際にはできないこともあるわけで、社会条件を考えれば、河道を広くしたりしなきゃいかん、また狭くしなきゃいかんこともあると考えられます。それはそれでしょうがないと思うんですけど、原則としてはそういうことを言いたい。そういうバックデータをつくってみたいなと思っているんです。

日本の河川については、私のほうもいろいろ調べてみて、たとえば、川幅、低水路の河積というのが、どういう要因で決まっているかというのが、大体わかってきているんです。^{注2)}そういうことがインドネシアの河川でも同様であるのか、^{注3)}そうであればその方向で考えを提示してみたい。

ただ、個々の河川ごとに、河道特性というのは大分違うと思うんで、河道特性の調査法のほうにもう少し重点を置いて、その調査から得られる情報から、うまい河道をつくるというような、そんな筋書をつくってみたいなとは思っているんです。イメージだけの話で、具体的にどういうふうにつくっていくかよくわからないんですけども。

あとは、河川の個別技術。特に河岸侵食対策技術について、インドネシアで適應できるような護岸形式というのはどんなものであるかなと、そんなものを提示してみたいと考えています。

B そうですね。確かに、現実には非常に問題になりますわね。問題になっているというよりは、基本的に河積をどう扱うかということと、護岸ですね。

山 本 それと、インドネシアの河川ではショートカットですね。ショートカットの計画をどう立て

ていいのかというのが、ちょっと見えないところがあります。

1-2 検討対象河川の範囲

B それから、扱う河川ですね、インドネシアのあらゆる川にするのか、それとも、特定の、たとえばソロ川というようなもの。そういうようなものを一つのサンプル的にとらえて、それでやるのかどうかということなんですけどね。その辺をちょっと、いかがでしょうか。

山 本 要するに川をどう見るかということだと思うんだけどね。川はよく個性が強い、個性が強いということで、一つ一つ違うから、一つ一つやらなきゃいかんという話もあると思います。確かにそうなんですけれども、非常に共通な部分もあるわけですね。日本の川については、私、土研の方でかなり共通部分について調べた資料があります。ある程度の川というもののとらえ方とか、共通部分のものの見方みたいなものが出来ています。それをインドネシアでも適用出来るかどうかということまで、少しやってみたい気がしているんです。それができれば非常にいいわけです。

そうすると、インドネシアの川の、まず共通性を知ってないとまずいと思うんです。つまり共通性を知るためにはたくさんの資料がないといけない。ただ、これをやるには非常に大変だということだと思うんです。ということは、1つの川でなく、少なくとも5つぐらいの、毛色の違った川を押さえておけば、何とかものが見えるんじゃないだろうか。そんな気がしているんですね。^{注3)}

片っ端から全部集めてやるというのも、出来ないことはないと思いますけれども、時間もかかりますし、片っ端から集めると、何をやっているかさっぱり見えなくなってしまうので、4つか5つ選ばばいいんじゃないだろうか。

それについては、土研の方も、この検討会をやる前に、実は自前でJICAのレポートとか、そういうのを集めまして、川の様子等を自分で調べています。

それを見ると、日本の河川と似ているところもあるし、似ていないところもある。大部分は、かなり共通の特性を持っているというのが、私の感じなんですけれども、やっぱりいろんなまた違う点もある。その辺を踏まえた地域に即した河川工法みたいなものが出来れば非常にいいなと思っているわけですね。

そういう意味では、片っ端からやるというつもりはなくてどちらかという絞りでいく考えでおります。

B そういうことでしたら、きょうお集まりの方、コンサルタント4社の方が関係している河川というのが、まず北のほうから言いますと、アチェ川、ウラル川。アチェ川のこれはH社さん。それからG社さんがウラル川ですね。

G ジョイントです。

B それからバダンの3川ですね。それがG社さんと、それからチワジュン川というのがあるんですがね。これは、主としてダムを中心とした河川総合開発です。これはE社さんがやる。そ

それからジャカルタの河川がG社さんですね。それからずっと飛びまして、ソロ川がE社さん。これはD社さんも一枚かんでおります。それから、個人的にはHさんがアッパーソロの掘り込み河道計画を作っておられます。

それから、東ジャワに位置します、ブランタス、スラバヤ川。それから、これはE社さん。それから外領のウジュンバンダンのですね、ジェネベランという川。そういうことで、その4社の方がカバーしているところから選ぶということで御勘弁願えると、非常にいわゆるバックデータ等を出してもらうにも都合いいんじゃないかと思いますけどね。

それから、どうでしょうか。ソロ川は1つ入れるとして、あと2つぐらいですね。たとえば、スマトラの川を1つと、ジャワ島。

山 本 スマトラの川で、僕はパダンのやつは作業管理委員会で行ってたのであの川についてはかなりイメージがあるんで。

B 低平地部分が短いんですね。

山 本 むしろああいう川が、日本の川に似ているんですね。扇状地を持っていますし、自然堤防帯も持っていますね。日本に似ている川ですね。ああいう川を選んでおく必要があるんじゃないかと思います。

それから、自然堤防というか、長い、低平地みたいなものを持っていて、途中に氾濫源をたくさん持っているソロ川みたいな川ですね。それを代表河川として選んだ方が良くと思います。資料があれば、非常に勾配の緩いデルタ、マングローブ帯を流れているような河川が本当はあればいいんですけど、多分ないんだろうと思うんですね。そういう河川があれば、地形とか、川の形態が少し違うし、差異がよく見えてくるんじゃないかなと、そんなふうな感じをもっております。

B その非常に原始的なという。

山 本 原始的なというか、非常にデルタチックな河川ですね。そういう河川があるといいんですけど、非常に勾配の緩い河川ということですね。いわゆる泥質河川と言ったほうがいいのかもしれませんけれども、そういう河川が日本にはありませんからね。六角川ぐらいでしょうか。

B ですから、低平地河川というのは、まずその定義からなんですけど、前に山本さんと相談して、私の感じでは3,000分の1から1万分の1ぐらいじゃないかなと。そうすると、ソロ川で言えばマディウンとアッパーソロがやっと入るぐらい。それに突っ込む河川は急流河川で全部だめだね。だから、アッパーソロ、マディウン、それから下流と、そのぐらいじゃないかなという話をしていたんですけどね。だから、そうすると、ジェネベランという川は急過ぎるんですね。

D ほとんど蛇行していませんよね。真っすぐずっと上にいっちゃっています。

B だけど、河口でくねっていますね。

G 肝心の川はインドネシアにはないんじゃないですか。いわゆるバングラディシュの、ああいふ感じの川というのは。

B ええ、バングラミみたいなああいいうようなのはちょっとないかもしれませんね。ここは、本当に人工河川ですけど、カリスラバヤなんていうやつは、汚いという点では悪いけど、勾配もかなり緩いでしょう。そうでもないですか。

山 本 川の選択問題に関しては、あとでもいいと思います。今日の議論を踏まえて決めていけばいいんじゃないかと思うんですけど。

B 今日はお話を伺うだけですけど、実は、あとで河川の河道特性の基礎情報を出していただくというふうに考えているわけなんですよ。

1-3 インドネシアの地形・地質

山 本 まず初めに、地質とか地形の特性について、インドネシアと日本がどう違うのかということについてですね。何か話題があれば話していただきたいんですけども、基本的には、日本列島と同じで、島弧列島ですね。そういう意味で、山の形とか何か、似ているところも多分あるとおもうんですけども、その辺、どうなんですかね。日本の地形というのは、非常にままれていて、いろんな地形が入っておりますけれども、インドネシア国のジャワ島、あるいはスマトラ島、あるいはボルネオ島と、かなり形も違いますし、陸のでき方なんかも違って、かなり地質なんかも違うと思うんですけども、その辺、どんなものですかね。地形地質を土木屋さんが特別に調べるといことはあまりないんですけども。

たとえばジャワ島ですと、インド洋側に海溝があって、インド洋側が非常に急斜面。日本の地形とかなり似ていると思いますが、太平洋側はかなり勾配が平坦であります。

ジャワ島の基盤地質というのはどうなんですかね。ほとんど古生層という古い地質になるんですかね。火山が多いといわれているんですけども。

D ジャワはどうなんですかね。

E 地質の専門じゃございませんので、地質についてあんまり詳しいような話はできませんけれども、E社の地質屋の見た目では、地質は若いと、その一言に尽きると言っていますね。若いという意味は、御存知のように、流出土砂が多い。その理由が一つであると。日本のように古生層、いわゆるサンドストーンとか、ああいいう地質は本当の基盤にあるだけであって、その表面に乗かったやつが、みな若いものであると言われてはいますけども。私も専門じゃないので、よくわかりません。

それからもう一つの特徴は、石灰岩。これが必ずしも固結した石灰岩じゃなくて、非常に風化が進んでいると。これもエロージョンを起こしやすい地質である、というようなことが特徴なんですかね。ジャワ島で言うと。

山 本 基岩が露出しているような山というのはあるんですか。

E ジャワ島はどうですかね。

I 僕もソロしかいきませんでしたから、あんまり岩が見えるというような山はなかったような気がします。



Accumulation of nuee ardente material, Mt. Semeru

写真1-1 インドネシアの火山 (写真)

出典：Volcanic Sabo Technical Center, 1988 ; Album — Sabo in Indonesia —

- E たとえばブランタスの上流部。これが標高で言いますと200メートル。河口からいきますと約200キロぐらいですかね。上流に行きますと、いわゆる火山噴出物が河床にあるんです。
- その下流に行きますと、今度は石灰岩の露岩が出ているんです。それからさらに下流。河口から140~150キロですかね。それから下流になると、もういわゆる堆積地形です。
- 山 本 火山の噴出物がかなり多いと思うんですけども、普通日本の火山ですと、非常に黒っぽい砂ですけど、あの辺の熱帯性気候で、かなり風化が激しくて火山灰もかなり早く風化してしまうということがあるとおもうんですけども、それはどんな感じですかね。
- E いや、風化はそんなに激しくないですよ。すくなくともブランタスで見る火山のいわゆる熔岩流の固まったものについてはですね。
- 山 本 火山灰は、かなり厚く堆積しているんですか。
- E 火山灰というのは、本当の火山灰であって、熔岩流が固まったものが、いま言った上流部に見られる。これが、いわば岩の見える最上流ですね。あと、河川によって、それぞれ全部違うんですね。
- B 岩が見えるのは、スマトラにむしろありますね。アサハンの上のほうなんていうのは。
- E アサハンはイグニライト熔結状凝灰岩ですよ。あれはまた非常に変わった性質でしてね。いわゆる熔岩じゃないですね。灰が降って、それが固結して、そのままたまってしまった。非

常に層がはっきり、きれいな層をしているんです。ほとんどもまれていない。それを川が切っていった。

B それをまた開削していったんですね。

E ええ、開削して工事ができたという形になっていますね。一方、非常にやわらかい。

山 本 日本の凝灰岩みたいなものとは感じが違うんですか。

E 日本の凝灰岩とは随分違いますね。日本にはその岩の種類というのはないと言われています。アサハンの上流部の岩は。

B ただ、インドネシアと日本の地形というものを比べると、それは随分違いがあるんですけど、世界的に見ると、こんなに似た国はないんじゃないかと思いますね。

1-4 岩石の風化と流出土砂

山 本 よく熱帯土壌で、ラテライト化、^{註1)}要するに雨がたくさん降って溶脱して、アルミナが残留すると言われるような、非常に厚い、風化土壌があると言われていますが、火山の近くでないところでは、土壌と言うものは、みんなそんなものなんですか。上のほうに行くと。

D 上に行くと、あんまり河川は濁ってませんね。ですから上はきれいな水が流れている。下へ行くと、随分シルトを含んだ感じがしますけどね。ラテライト質だと、イリアンのほうに随分ありますね。

G スラバヤの市街なんかでも、ほとんどそういう感じですね。

I 赤いやつですね。

山 本 河川の色なんか、濁っているという。風化した粘土質とか、そういうのが年中流れている。

G 澄んでいる川というのは、むしろ数が少ないですね。

B それは、東南アジアの河川と共通ですね。ほかのフィリピン、タイの河川も年中濁っていますしね。澄んでいるのは、フィリピンですと、二次支川ぐらいの山の上の急勾配のところに行けば、日本と同じような清冽な水が流れていますけどね。インドネシアでもそうですね。うんと上に行けばあります。砂防工事が必要なところについてはきれいだけれども、ちょっと下がるともうみんな濁ってるね。で、大体ソロの試験場で、水理実験で、沈澱剤を入れるだ何だかんだって騒いだんですけども、3日ぐらいかかるんですね。3日ぐらいおくと沈澱して、今度はきれいに澄んできますね。だから、沈降速度がそれから大体逆に計算できるような細かいやつが、もちろん粗い成分はたくさんあるんだろうけれども、そういうものが非常に多いというか、大体どの河川でもあると思うんですね。

山 本 澄んだ川もあるんじゃないですか。私がバダンに行ったときに、克蘭ジ川とかアラウ川を見ましたが、非常にきれいでした。どんな河川も同じというわけではないと思いますが。

B 渇水期になったら澄んできますね。

山 本 上流の地形が急峻で、要するに表面の細かいものが洗い流されているとかね。火山灰でまだ風化されていないとか。そういう河川は、多分あまり細かい土壌質とかいうのは出てこなくて、

かなり澄んだ河川だと思うんですが。

G だけでも、ブランタスなんていう川ね。この間一緒にEさんと回ったんだけど、カランカテスのダムの上でも、まだ色がついている状況ですよ。かなり貯留して、貯留が働いているにもかかわらず、やっぱり出てくる水は濁っているということですから、相当細かい懸濁物が入っている。

山 本 流出土砂というのは、どんなものですか。日本より多いと考えるべきなんですかね。

G 流出土砂はかなり細かいな。河床材料等も。

B 量についてはわからないんでね。どこに行ってもいつでも出す資料があるんですよ。それは、10年ぐらい前に、E S C A Pの会議に出した資料なんです。いわゆる年平均侵食量というやつで、mm/yearで表わしたのですが、十年一日のごとくそればかりあっちこっち出しているので恥ずかしくてしょうがないですけど、その信憑性も疑わしいんですけども、大きい、小さい、いろいろありましてね。大体は日本と同じぐらい。あるいは多少多いですね。

日本にもたとえば、天竜川ですね。天竜川の伊那谷なんか、インドネシアのそれよりもはるかに大きいですよ。

表1-1 インドネシアの河川流域の侵食率

Name of River/tributary	Erosion rate (mm/year)	Year of Investigation
Cimanuk	6.0	1948-1959
—Cipeles	3.8	
—Cilutung	9.2	
—Cikeruh and Ciranggam	8.6	
Citanduy	2.9	1973-1974
—Cumuntur	2.3	
—Cijolang	1.5	
—Cikawung	2.7	
—Ciseel	1.1	
Citarum, (Upstream)	0.70	1974
Ciliwung	0.10	1974
Cisanggarung	8.0	1974
—Kabuyutan	7.8	1974
—Pemali	7.0	1974
—Cacaban	23	1974
—Rambut	0.42	1949
—Comal	7.0	1974
—Jragung	2.1	1971
—Tuntang	2.5	1971
—Serang	2.5	1971
—Lusi	1.0	1971
Serayu	1.6	1964
Progo	0.70	1971
Oyo	1.7	1971
Solo	1.8	1952-1971
—Madiun	1.6	1951-1971
Brantas	0.56	1951-1970
Wampu	0.03	1939-1970
Asahan	0.28	1970-1976
Sekampung	0.87	1973-1976

Source: Institute of Hydraulic Engineering, Erosion Rate of some river basins in Indonesia, 1976.

出典：建設省河川局河川計画課，1983：日本の河川像を求めて—河川計画課30年の歩み—

- D そうですね。天竜川の上流でいっているのは、小さいんじゃないですか。実際に年平均比流出土砂量が1,000とか1,500 $\text{m}^3/\text{km}^2/\text{year}$ とか言っているにしても、あれ自身が相当過少に見積もっているような気がするんですけどね。天竜川自体はね。
- B そうですね。
- H 1,000 m^3/km^2 で1ミリぐらいの侵食量かな。
- B インドネシアの資料は、もとのデータは浮遊土砂なんです。浮遊土砂SSから計算してね。だから、流出土砂まで含めた生産量でやっているんですから、どうせこれは桁自体が怪しいような数字だろうと思うんですがね。ただ全体を眺めると、そんなに日本と変わっているようなあれでもないということですけどね。
- 山 本 いま、SS測定というのがあって、それで流出土砂を出したということですけど、SS土砂は、どのぐらいのオーダーのP.P.M.に上がっているんですか。
- B それはサンプル的にはかっているにすぎないんです。平常観測としてやっているところは一切ありません。
- E ないですね。かなり信用度は低いですね。
- B 甚だしく低いです。だけど、ソロ川のとくに、〇〇さんのチームが、あのときに少し計っていましたよ。
- D あのときは非常に計りましたね。いいカーブで乗るんです。
- B それが一番インドネシアで信頼できる流送土砂の実測の例なんです。それは、カナダのチームが来て褒めてくれたんです。それが一番の唯一のあれであってね。そういうようなのとこれと比べると、そんなに突拍子もなくはずれてないというので、むしろ実証されているんです。
- D ソロは結構な量だったんじゃないですか。僕も向こうで話を聞きましたときに、ショートカットやって、上だけふさいでおけば、下から水が出入りして、5年か6、7年ぐらいで大体川が埋まっちゃうというんですよね。そういう話を聞きましたね。
- G そうですね。彼らはそうしているという。
- D そう言っていましたね。
- G わざわざそうして。
- D というと、随分な量があるということですね。出入りで。

第2章 インドネシアの気候と洪水

2-1 インドネシアの気候と洪水特性

山 本 ちょっと話題を変えて、雨の降り方の話を少ししていただきたいとおもったんですけれども。

日本ですと、集中豪雨ですとか、洪水に関係するのは、台風と梅雨末期の前線性の豪雨ですけれども、当然熱帯地方ですから、雨の降り方が全然違うと思うんです。^{ie5)}

これは、インドネシアにいれば、多分何回か経験していると思うんですけれども、本に書いてあるようなことが本当なんですかね。

G その辺は、Eさん、随分長いこと住んでおられるから、経験は多くて。

山 本 雨域が小さくても激しく降る？。

E 皆さん御存知のようなことなんじゃないですか。(笑)

C 前にGさんが、主にやっておられましたけれども、洪水予警報を実際にやりましたね。そのときに、ある程度向こうの降雨についても分析しているんですよ。たとえば降雨継続時間やら、それから分布の状況やら、雨域やら、少しは解析してあります。^{ie6)}

D あれはジェネベランですね。

山 本 タイムドレーション、DDA解析というんですか、それは日本とかなり違うんだと思うんですけどね。

山 本 インドネシアと日本とでは雨の降り方がかなり違うんじゃないか、ということを示す資料がここにあるんです。インドネシア主要河川比流量図というのがあって、これはいろんな治水計画で立てた100年洪水と50年洪水の計画流量を、比流量で表しているんですね。この値と、前のページの日本の河川の比流量があるんですけれども、オーダー的には、たとえば流域が1万 km^2 だとすると、日本で比流量が $1.5 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ ぐらい。100年洪水ですけどね。インドネシアだと、これが0.5ぐらいですか。1,000 km^2 で、比流量が日本で10、インドネシアで2ぐらいかな。そういう意味で、比流量は日本より大分小さいですね。これは、要するに継続時間が短いと考えるのか、どういうことですかね。

D 途中で氾濫するからじゃないですかね。

山 本 この比流量というのは、どういう計算をしているのかよくわからないんですけどね。

B それは実は、そのもとのデータに2つの種類がありましてね。氾濫戻しをやっていないところとやっているところがあるんですよ。ブラントスは氾濫戻しをしていないのが載っているんです。ですから、非常に小さく比流量がでているんです。同じくらいの面積のアチェ川は、確率20年で比流量1.1か1.2でしょう。ブラントスは、ちょっと流域が大きいのは大きいんですけれども、0.13なんですよ。これは、実は氾濫戻しをしていない数字です。

アチェの方は、実測がありませんので、これは合理式で出した、雨から出した流量なんですよ。だから、実際に河道流量として起こっているわけではありません。だけど、河道整正すれば、これだけのものが出てくる可能性があるわけです。

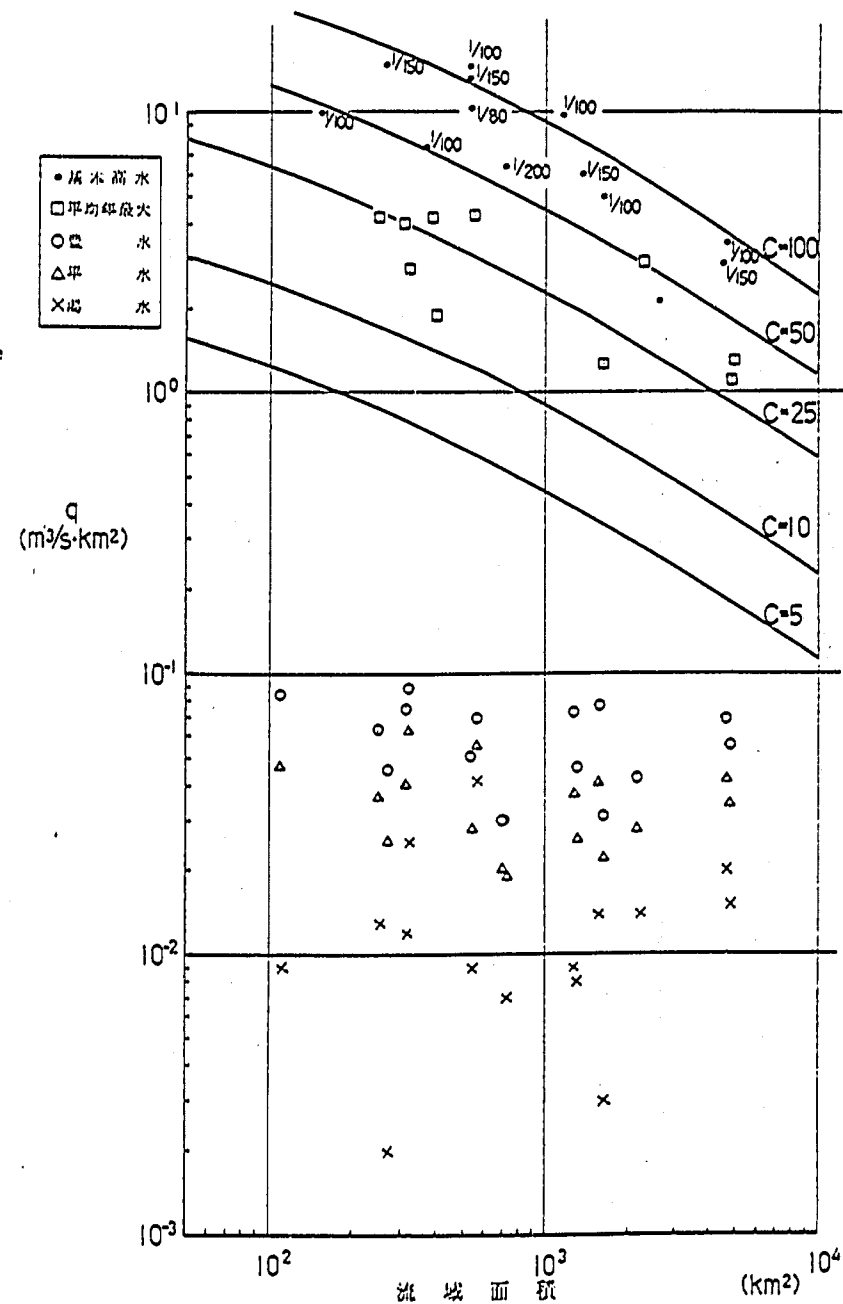
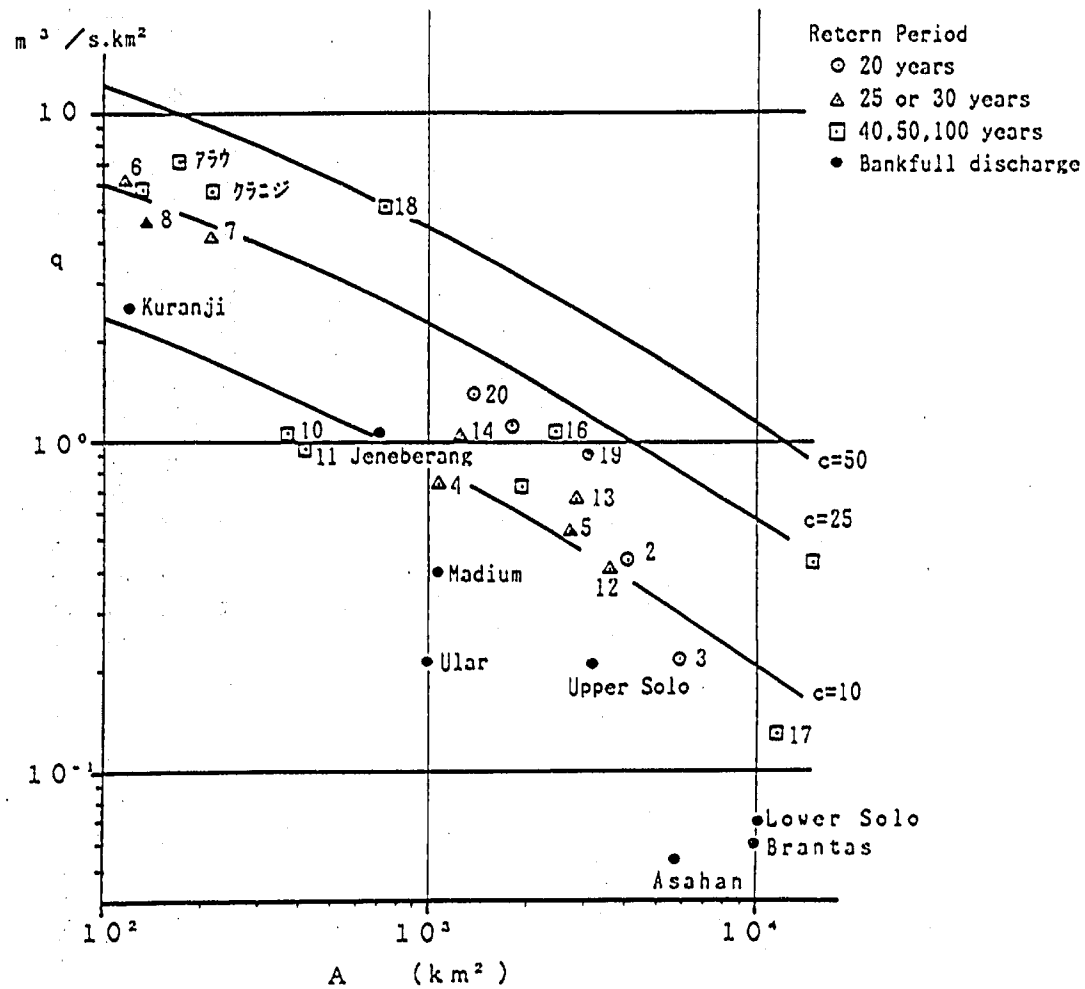


図2-1 インドネシア国及び日本・中部地方の河川の比流量と面積の関係

ブラントスの方は、氾濫しておりますが、実測がありまして、氾濫戻しをせずに、そのまま使っておりますので、非常に小さい数値が出ている。これは甚だしく違うんですよ。そういう非常に違いがあるというのが、インドネシアの川の一つの特性というか、自然的特性じゃなくて、開発されていないという、そういう実態だと思いますのでね。それから、確率計算をする場合に、非常に注意しないと、だまされるんですよ。自分の都合のいい方にしようと思っている。

山 本 基本的にはどうやってしているんですか。計画流量を出すときに、通常は。

B 両方使ってやっております。できるだけ実測でやりますけどね。

山 本 合理式でやれば到達時間内の面積平均雨量を使ってやるというやり方をするんだと思いますけれども、一番簡単なやり方ですけどね。基本的にはそういうやり方をするんですか。

B 実際問題として計画をつくる場合ですね。向こうの河川局、それから研究所ってありますね。そういうところが結構うるさいんですよ。そういうところはそういうところで、それなり観測もやっておりますしね。それがどうも眉唾でおかしいというので、こっちが、いわゆる合理式ということで計算するわけですね。そういうものとすり合わせをやるわけですね。それで、合意した上でやらないと、決まらないわけですね。要するに、何が本当かわからないような状況ですからね。そういういろんなところでクロスチェックをやりながら、向こうさんの意見も聞いてですね。そういうプロセスでやっております。

山 本 日本のやり方とおもじょうなやり方にしているんですね。基本的には。

D ジェネベランではほぼ同じようなやり方をしていますね。流量を観測してあるのをとってですね。

H 私はちょっと違ったんですけどね。雨が要するにタイムラグでバンバン、シャワーで動いていますので、ある時点でみんな同じパターンをしているわけじゃなしに、地域によって散らばっているのですから、最終的には、何日間かの総雨量をもって、それを確率の指標にしない限り、なかなか、ピークと1対1で対応しにくいというわけです。これはどこでもあることですが、利根川なら3日雨量にするというのをたまたま5日ぐらいにしたところが非常に合いやすかった。それには氾濫が少し入っておりますので、そのタイムラグが増長されておって、5日ぐらいにしたら合いやすかったということです。雨だけで氾濫がないとすれば、3日かそこらかもしれません。意外に短いということはちょっとわかってるんですけど、2,000km²以下ですけれどね。

山 本 合いやすいというのは、どういう概念ですか。合いやすいというのが3日より5日だとかいうお話になっていますが。

H 雨のピークと、流域平均の、それから流量のピークとのずれが、どうしても5日間ほどありますと、その間に各点でバラバラに降っておりますので、それらをみんなカバーしないと、流域平均雨量が正確につかめないということです。ですから、短い間だけ追跡してたんでは、正確につかめないんで、できるだけ長く追跡するわけです。それから、ボリュームが、5日間ぐ

らのボリュームのもと、ピークが非常に合いやすかったということだけです。

山 本 それは、川の流出形態が氾濫によってどちらかというと長い、5日ぐらいかかっているという意味ではないんですか。

B そういう意味じゃなくて、雨の降り方だと思います。

H 流出形態が長いということじゃないと思います。

B 降り方としては、数㎢程度の雨域の非常に小さいのがゲリラ的に起こるわけですね。だから、雷雨の場合だと思うんですけどね、そういうのは。だから1つボコッと降ったって何の影響もないですね。それが集合体として、ある程度のゲリラがボコボコになると、それが流域全体として出てくるには、何日間かの総量とかなりの対応がある。

H 総量とピークとが対応しやすい。

B 総量というのは、皿の上のボトボトを全部足したものでしょうね。そういう一つのもののじゃ、ほとんどレスポンスがないということですね。

H 要するに流量のピークが何日かの降雨総量によって支配されやすいということです。流域貯流量と流量ピークが。

山 本 それとも、流出形態の中に、流域貯流量みたいな概念をうまく入れないと、合わないということになるのかな。いまのお話ですと。

H そのときはそういうことだろうと思ったんです。従って、何日間かの貯留量とピークが対応しやすいと。それは、日本のように一様に降るんじゃなしに、バラバラ降っている要素と、氾濫によって水理学的に流域に貯留されているもの、2つの要素がごちゃごちゃになって入っているということじゃなかったかと思うんです。

B ちょっと例外もあるんですけど、決定的なのは、モンスーンの影響で、雷雨によって多量の雨がもたらされるというのが、洪水の一番の原因なんです。例外としてたまに前線の影響の場合があるんです。赤道前線の南側のやつではないかと思うんですがね。それが顕著なのは、マディウン川と隣のガンカセ川のギダスという流域と、同じ1月1日に洪水が出ているんですよ。そういうのは、雷雨じゃない。モンスーンでもちょっと広過ぎるんじゃないかと思わしてね。前線じゃないかと思うんですけれども、そういうのが幾つかあります。

だから、雨の降り方というのに2通りあるような気がしておるんですよ。

G ただ、やっぱり特徴的なのは、場所的にある程度限定されて継続時間があんまり続かない。たとえば1日じゅう朝から晩まで降り続けるなんていうことはあんまりないですね。夜中にバーッと降るとか、午後から降ってすぐ2、3時間でやむとかね。それで、ジャカルタの河川の計画でも、時間雨量で25年で70ミリぐらいを、一応ジャカルタのピークでとかいうことですね。75ミリぐらいですね。25年ぐらいで。

山 本 それは、日本で言えばかなり大きな計画になるんじゃないですかね。都市の排水計画としては。

D 結構大きいですよ。場所的に随分雨の降り方は違うと思いますよ。ジャワの降り方と、南ス

ラウエシの降り方と全然違うんですね。まさにHさんのおっしゃったのはジャワ的な話で、ウジュンバンダン（ジェネベラン川）でやっていると、われわれの計画でたしか2日ほどでとったと思うんですね。大体その間に降っていますね。ですから、相当集中度が高い雨の降り方ですね。

B ジェネベランの雨の降り方は、あそこは、西からのモンスーンがものすごいんですね。その動きは雷雨と違って海で発生した擾乱がそのまま降ってくるわけです。

ですから非常に大きな雲の塊がきますので、雷雨よりも雨域が確かに広くて継続時間も長くて、数時間にわたって降るやつ。

D 大きいですね。

B 雷雨は、大体ピークは10分間で、継続時間は1時間とかですね。モンスーンというのは違うんですよ。そのモンスーンと雷雨とが組み合わさってくるということが多いわけですけどね。ウジュンバンダンの方は、モンスーンそのものが確立しているわけですね。

D 雨季そのものの雨の降り方じゃなくて。

G スマトラの方もまた違うんですね。

山 本 それで、雨が降ってそれが河川に出てくる流況も、かなり日本と違うと思うんですけれども。乾季、雨季があって、雨季に洪水がかなり長い時間あってね。乾季にはほとんど水がないと、そういう言い方をされるんですけれども、実態としてどうなんですか。大きな川と小さな川と、当然流況も違うしね。ソロ川の話はそんな話でいいのかなという気もしますけれども、バダンなんか、雨降ったらパッと水が出て、またすぐ下がってしまう河川^{注8)}ですよ。

G あれは非常に速い。3時間とか4時間ぐらいで流出してしまう。

山 本 当然、流域面積が絡んでくるんだと思うんですが。たとえばソロ川のように流域が非常に大きいと、洪水の期間も非常に長くて数ヶ月ぐらいあって、かなりゆっくり上がったり下がったりするんだと思うんですけどね。そうでもないですか。

D ブランタスはそんな感じじゃないですね。

G せいぜい1週間ぐらいね。

B そんな感じですね。

山 本 1週間で何回かピークがあるんですか。

G ある洪水があったときは。

山 本 1回ですか。

G それが1つの大きな集中的な雨に1つ出てくるということですよ。その間に幾つも出るということじゃないんです。やっぱり1つのピーク、2つのピークぐらいで出てくると。そのペースが1週間ぐらい。そういうのが幾つか。^{注9)}

B ということは、日本の河川とあんまり変わらないですね。

G あんまり変わらないです。

B いま話題になっている川が、日本の淀川か利根川くらいの大きさでしょう。ブランタスは大

体淀川の大きさですよ。似たような大きさなんですからね。それで、河川勾配だってそんなに変わらないしね。ただ、決定的に違うのは、いわゆる計画洪水量等に影響する非常に大きな洪水を起こす降雨原因が、インドネシアに欠落しているんですね。台風と、それから湿舌の影響による梅雨明けの、日本で俗に集中豪雨といいますね、あれが欠落しているものですから、決定的に流量が小さい。

G あれがない。

B あれがないですね。瞬時的、あるいは2、3分の時間雨量では、100ミリという雨はしょっちゅう降っているわけですよ。それなのに大河川に洪水を起こすような地域的、時間的に広がるようなものは、決していないんですね。それが決定的に違うんじゃないかと思います。

山 本 雨季という概念はどういうふうに。ときどき、雨季の中でも雨がたくさん降るときがあって、そのときが出水になると、そういうふうに考えればいいんですね。

G そうですね。雨季はジャワで11月下旬、12月、1月。スマトラでも多いのはやっぱり1月下旬、2月とかですか。

B 熱帯収束帯って、雨季が押し込んでくるところがある。それが下がってくる。そういうのは、もっと上のフィリピンあたりまで来るんですよ。それから、南のほうは私よく知りませんが、南にもあるんじゃないかと思うんですがね。それは要するに気団の押し合いでね。押し合いへしあいであるわけですからね。^{注10)}

D 昔、イリアンジャヤとカルマヘラダの島の水資源を調べたときに、データがないもので、周辺をずっと調べたわけですよ。そうしますと、島に、いわゆる山がありましてね。貿易風の方によって雨域が変わっているんですね。これは雨だけしか調べていませんがね。雨が多く降っている、降っていないというのは、ちょうど山を境にしまして、西側と東側で、雨季乾季の時期が違うんですね。

B ジャワ島を中心に申しますと、大陸から卓越風が冬に吹き出すわけですね。夏は大陸、ユーラシア大陸の、あの辺に吸い込むわけですね。1月、日本では季節風で筋状の雲が吹き出しているわけですね。この吹き出したやつが、東シナ海、南シナ海を通して、そしてマレーシアあたりで今度東に曲がるんですよ。曲がったやつが、ジャワ島に卓越風となって、11月から3月まで吹いているんです。この時期が雨季なんです。だから、日本が雪がうんと降る時期ですね。いわゆる裏日本に雪が降る、その時期がジャワ島の雨季なんです。その逆の季節には卓越風がほぼ逆に、東から西に吹いているんです。だから、どうもやはり大局的には、モンスーンが降雨型を支配しているんじゃないかという感じがするんですね。

ものの本によると、モンスーンの影響を大局的に受ける地域というふうに定義されているんですね。インドネシアという地域は。ただ、顕著じゃないです。一番顕著なのは、マレーシア、タイなんかが顕著じゃないですか。通り道ですからね。インド洋とユーラシアとの引き合いですよ。それから夏ですね。吹き出す高気圧で、大陸のほうが高気圧でズーッと行きますからね。冬はその逆になりますけどね。モンスーンというのは、それが基本でしょう。インド洋と

ユーラシア大陸の引き合いが基本なんですよね。その支川みたいなやつの影響を受けるところにあるんじゃないですか。

だから、国全体が、大体において雨季と乾季が合っていますけど、セレベスからスマトラのほうに行くと、ジャワ島とちょっと違って来るわけですね。

山 本 次に洪水による氾濫の頻度についてみてみたいんですが、どうもソロ川の氾濫を見ると、2年半だという俗説よりもっと低い確率で、どうも氾濫しているようですね。

B ソロ川の下流はもっとひどいかもしれませんがね。大体平均的に2年とか3年とか、1年半から3年ぐらいが多いという説があるんですよ。ただ、それは、そういうことがもし実証できるかもしれないと。そういう目で今まであんまり見ていませんのでね。あるかもしれないということですね。それに非常に関連するんですけど、インドネシアみたいに雨が弱いところで、何で洪水がそんなに多いのかということなんですけど、それだけに河道が細いんだと思うわけですよね。だから要するに、日本みたいに流出流量の大きいところはそれなりに川が流れるし、流量の小さいところは、それなりの川になっているから、洪水に対する安全性、あるいは逆に言えば危険性というものは、どの国も同じなんだというのが私の持論で、それがないと、インドネシアでなかなか工事はできないわけですからね。そういうような感じがしておるんで、この際にそれが実証できれば、非常に面白いんじゃないかという感じはしておりますね。

H 氾濫するから小さいのか、小さいから氾濫するのか。

B 両方です。それから、インドネシアに限らず、こういう途上国の場合によくあるは、中流部のほうが流量がものすごく多いんですね。下流に行くと非常に流量が小さくなってしまふ。要するに実測流量が小さくなるんですね。あるいは、実測と言ってはおかしいけれども、中流部でウワーっとものすごくでかい洪水が出て、下のほうは氾濫してどっかへ行っちゃって、でかい洪水は観測できないという川が多いようなんですね。そんなような川が、どうもあるみたいなんですよ。だから、流量を書くと、日本では下流のほうがだんだん大きくなるけれども、そうじゃなくて、途中で膨らんで、下流で小さくなっちゃうわけですね。どこかで氾濫しているからじゃないかと思うんですね。

それから、河道が、下流のほうに行くと非常に小さくなって来るわけですね。トリボリ川なんて小さいんです。よくこんな川で洪水が流れる。上のほうへ行くと、けっこう川が大きくて、河岸なんかもバッサバサになっているんですね。低平地河川というよりも、急流河川ということですね。

山 本 日本とそんなに大きく特性が変わるとは、私どもは思っていないで、多分似たものが出てくるだろう。ただ、さっき言ったように、氾濫回数みたいなのは、どうもインドネシアの河川のほうが多いのかなという感じはしますね。

H 多い。

G 多い。

H 日本の場合は堤防がありますから、高水敷に乗る頻度と、インドネシアは氾濫するという意

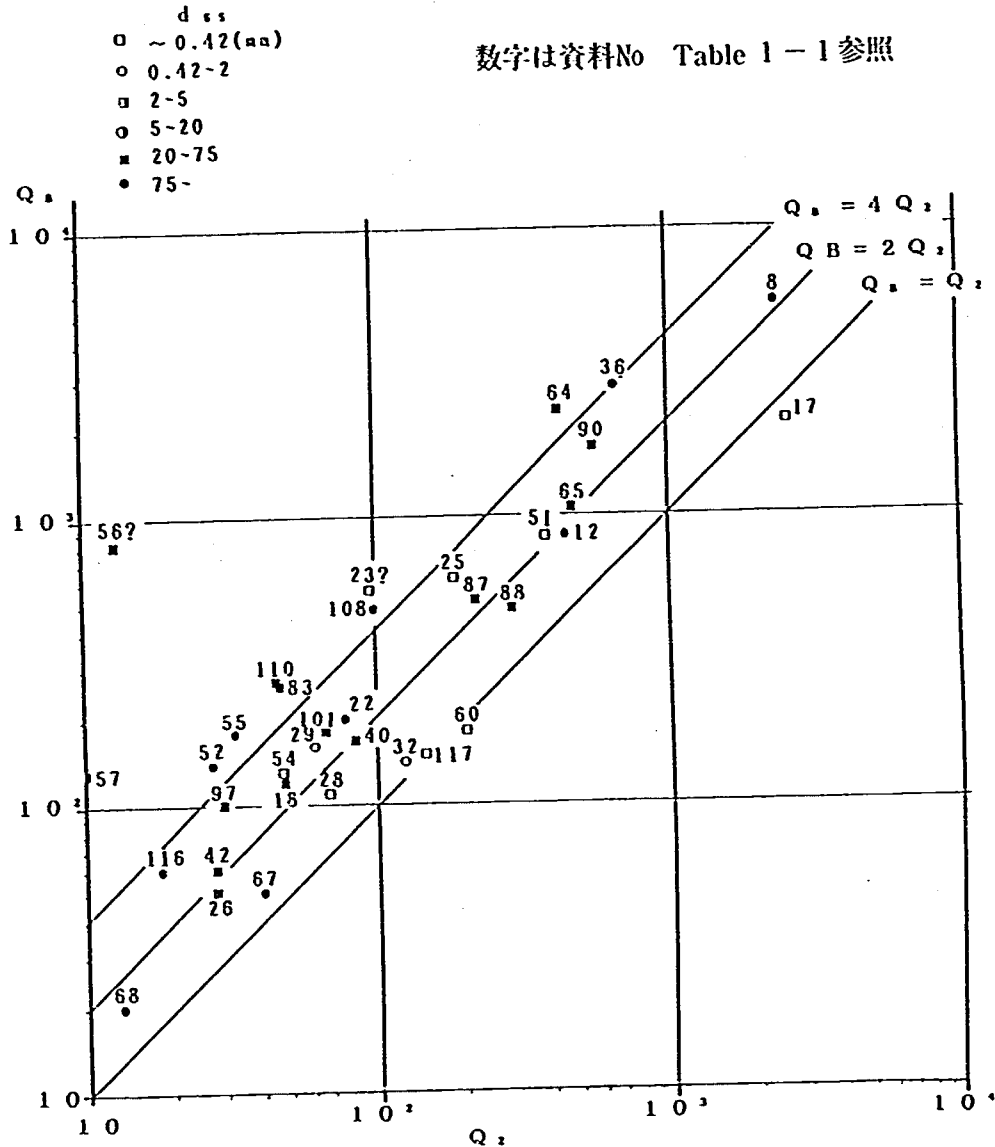


図2-2 カナダ・アルバータ州の河川の Q_1 と Q_2 の関係^{注11)}

味で、その頻度と比較すべきなのかも知れませんね。

山 本 日本の河川では大体2年から3年というのが多いですね。アメリカの中西部の河川では、レオポルドという人が調べたデータでは1.何年と書いてますね。私はたまたまカナダの河川のデータを持っていますが、比較のために調べてみたんですけども、カナダの河川は、昔全部、8,000年ぐらい前まで、氷河だったんです。氷河地形が多くて、その氷河地形の中を、いま氷河なくなったんで川が流れているんですけども、そういう特徴を持っていて、多少性格が日本の河川と違うなという感じがしたんです。^{注11)} 氾濫回数は、どうもカナダの河川が日本の河川に比べて小さいんですね。5年に1回とか4年に1回、それ以上もあります。だから、気候と地形発達史が、多分関係するんだと思いますね。

G 日本の川の場合は、しかし、かなり積極的に広げてきているわけですよね。現実には、自然に

あったものに比べると。だから、そういう要素はあるんじゃないですか。

山 本 あるかもしれませんね。

G もし、自然のそういったものを知りたいときなんかは、インドネシアでいま取り上げたようなブラントスとか、かなり改修が進んできている川じゃなくて、あまり手の入っていないところの、たとえばF Sのデータでも、また工事をやる前の、そういう状況のデータでも集めていかないと、ちょっと。

山 本 それは確かにそうなんだけどね。僕らがやるのは、やっぱり理学的な調査とは違うから、土木屋だからね。そこまでやる必要もないかなと思うんですけど。

B データがないですからね。

B 無理ですよ。

G なかなかね。やっていないところから流量が幾らかなんていったってわからないだろうから。難しいと思うけれども。

第3章 河道特性

3-1 インドネシア国の河川の河道特性の特徴

B ちょっと話題を河道特性に変えてみたいと思います。きょうはどうしたらいいかということで考えてみたんですが、いわゆる川というものを表すひとつの何か履歴書ですね、そういうようなものを抽出してみようということなんです。それにはまず川の縦断、横断、それから構成物質、それからあとは流況ですね。それを僕は4つに分けてまず並べてみるということがまず大事ではないかと思うんです。

山 本の川と比較してみたんですが、そんなに違ってないというのがどうも結論のような気がします。日本とかなり似ている。たとえば砂河川であれば洪水時、河道満杯流量でどのくらいの流速になるか。掃流力という概念でもいいですけども、大体似たような値である。ただちょっと違うのが火山から出てくる河川でして、その特徴は、どうも砂の生産量が多くて、同じ粒径なんですけれども多少流速が早かったりと、そんな性質がどうもあるみたいなんです。粒径は細かいけれどもかなり勾配が急で、多少そういうのが違う。そういうことも多少見えてきています。^{注12)}砂の中に石コロ、砂利が4、5パーセントでも入っていたりするというような特徴があります。それから、デルタが、インナーデルタという緩流河川の河積が非常に小さいということです。どうも溢れてしまう。下流側の方がむしろ河積が小さいというようなところがどうもある。それは急流河川ではなくて勾配が非常に緩い緩流河川ですが、どうもそういう河川はあまり日本にはないもので、これはいろんな外国の本の文献なんか読んで、デルタの河川の特徴なんて読むと、どうも年中溢れている河川が多くて、むしろそれが本質なのかなという気が非常にするんです。^{注13)}それでデルタの河川の特徴を、むしろインドネシアの河川で押さえておく必要があるのではないかという気がします。それについてはあまり情報をもっていないので、私は何もいえないんですけども、日本ではあまりないです。あったとしてもかなり人の手が加わっているもので、本来のデルタの特徴がもう見えなくなっています。それでインドネシアの緩流部の河川の特徴をおさえておくというのがひとつの今後の仕事になるだろうと思うんです。それと火山性の流域から出てくる、少し勾配の急なところの河川の特徴を、インドネシアの特徴としてとらえることが多分必要になる。この2つのところの河川処理を日本と少し違ったやり方でないとうまくいかないかなという、そんな気がします。

B そうなってくるとジャワのだけではだめで、ほかの島の河川も調べる必要がありますね。スマトラとか。

I しかし、スマトラはね、ちょっとあってもね、問題になっていないんです。スマトラのマラッカ海峡側に流れている川は、いま山本さんのおっしゃったようにそういう、デルタが多いんだけれども、あそこはまさに典型的なデルタですけども。要するに河口がどんどん、どんどん伸びていって、伸びていって本来の河道の方が掃流力がなくなって、横にバンクするわけです。それを今度は人工的に水路を掘って、水位を低くしようとか、そんなようなことをやっ

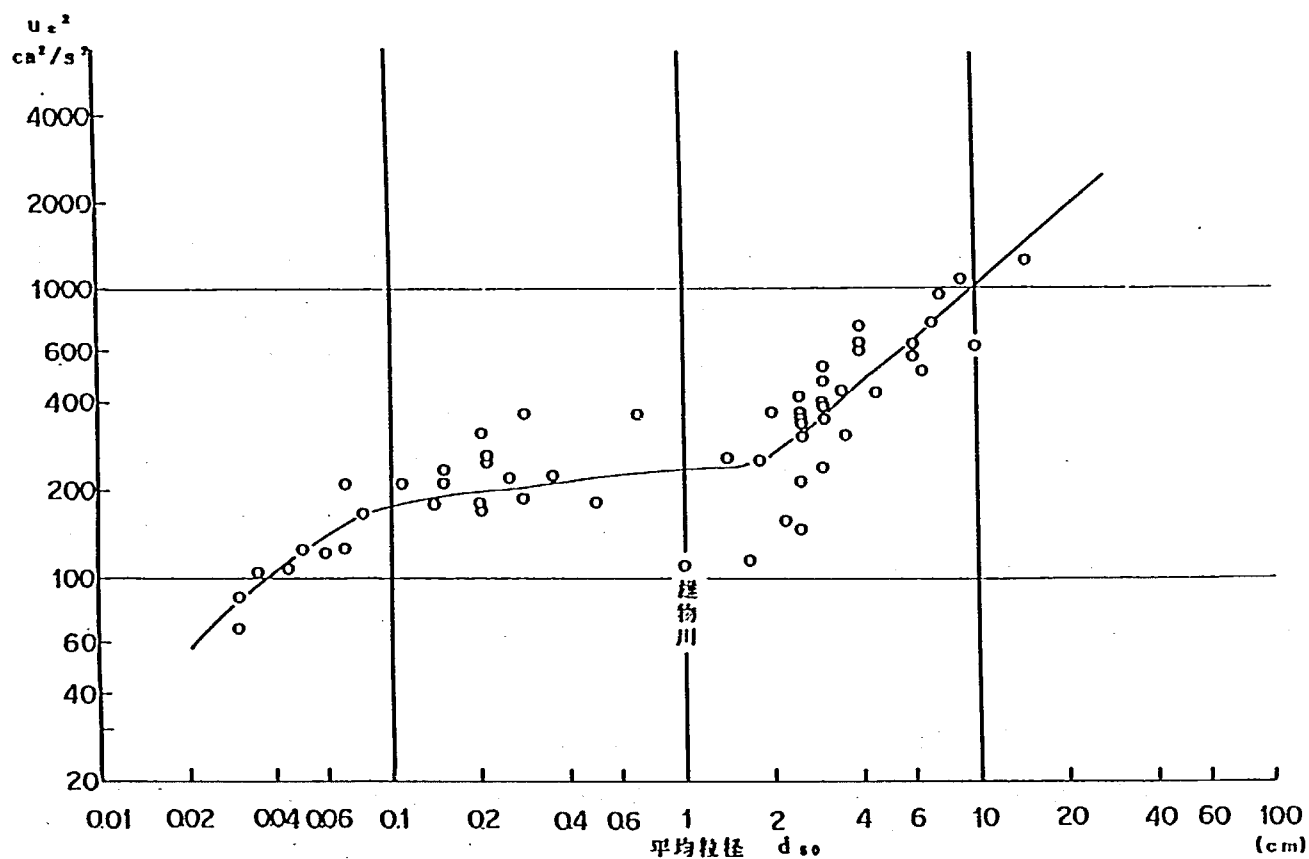
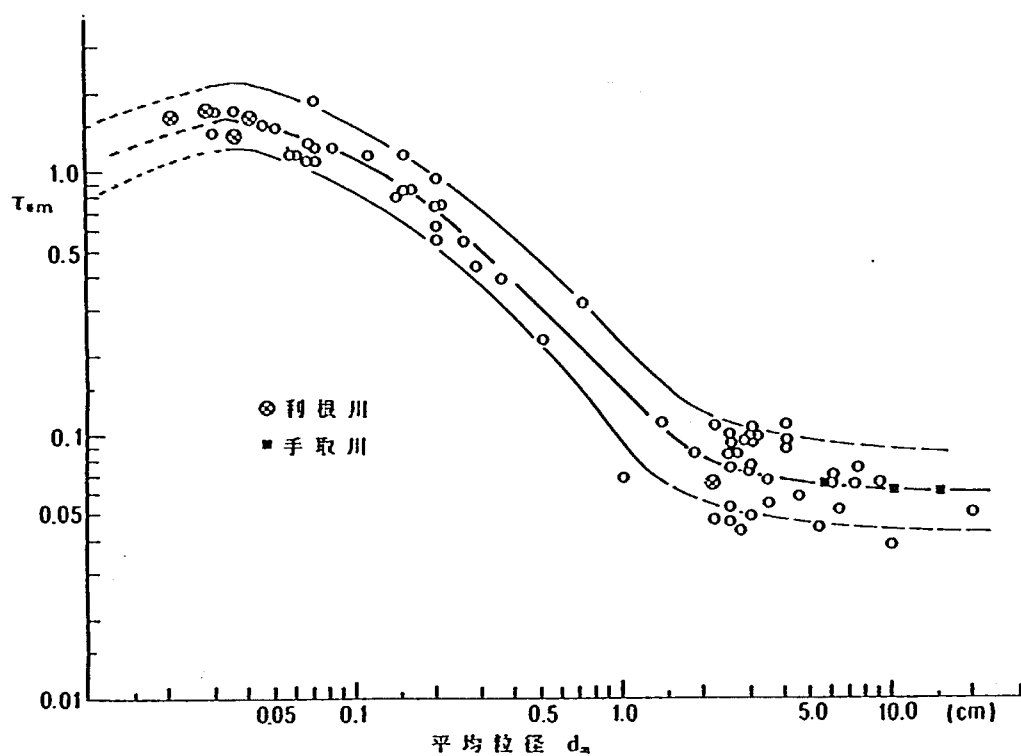


図3-1 日本国の河川の平均年最大流量時の τ_{*m} と d_m 及び u_*^2 と d_m の関係

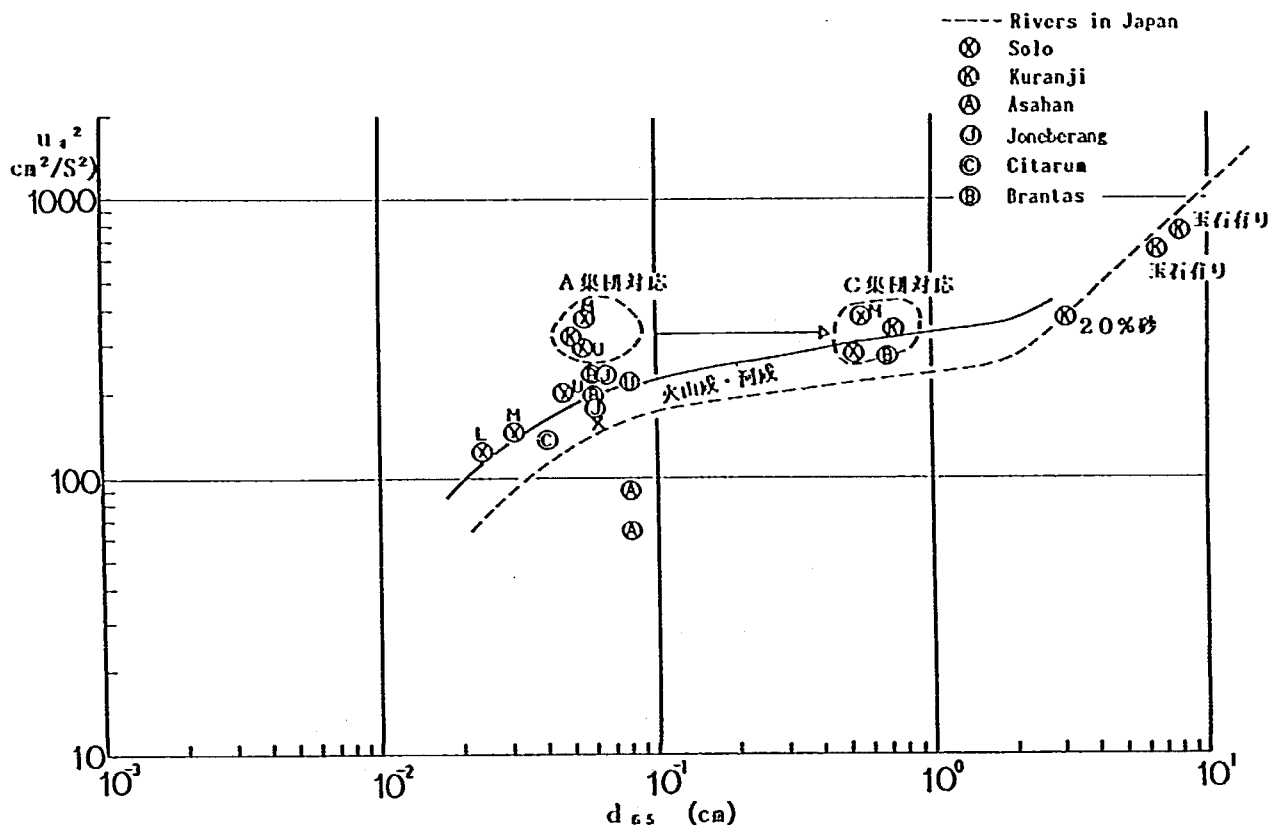


図3-2 インドネシアの河川のbankfull 流量時の u_*^2 と d_{65} の関係

ているんです。

G それはウラル (Ular) 川の下流もそうですよ。いまは一応堤防はずっともってきたけれども、海岸までいっていないわけです。下は水路が2本に分かれていまして、そのまま放うってあるわけです。そうすると砂河川ですから、洪水の度にこっちに砂がバーって溜るわけだ。こっちへシュッと抜けるわけね。今度はこっちへいくわけね。下はいじくってもね、あんまし悪いから……。

I ウラルからずっとそのあたりのスマトラの東海岸の川っていうのはそんなのが……。

G 3キロぐらい海岸から放うってある。途中で切ってある。

B スラウェシ (Sulawesi) 島のジェネベランもそんな感じではないですか。

D もともとジェネベランは東側を通っていた。

B まさに旧河道の跡が残っているんですね。

I バンレイの町もそうなっている。あれもやっぱりあっちこっちに……。

G まさにそのデルタの作用を現実にやっているのが、3、4年ぐらいの周期で変わります。

山本 そんなに早く変わりますか。

G 変わるの。今年こっちに流れたというとな、来年こっちへいくと、本当にもう砂が多いから。こうみるみる変わってくる。

山本 飛行機でジャカルタからスマランへ飛んだんですけども、河口のところが三角状にとび出

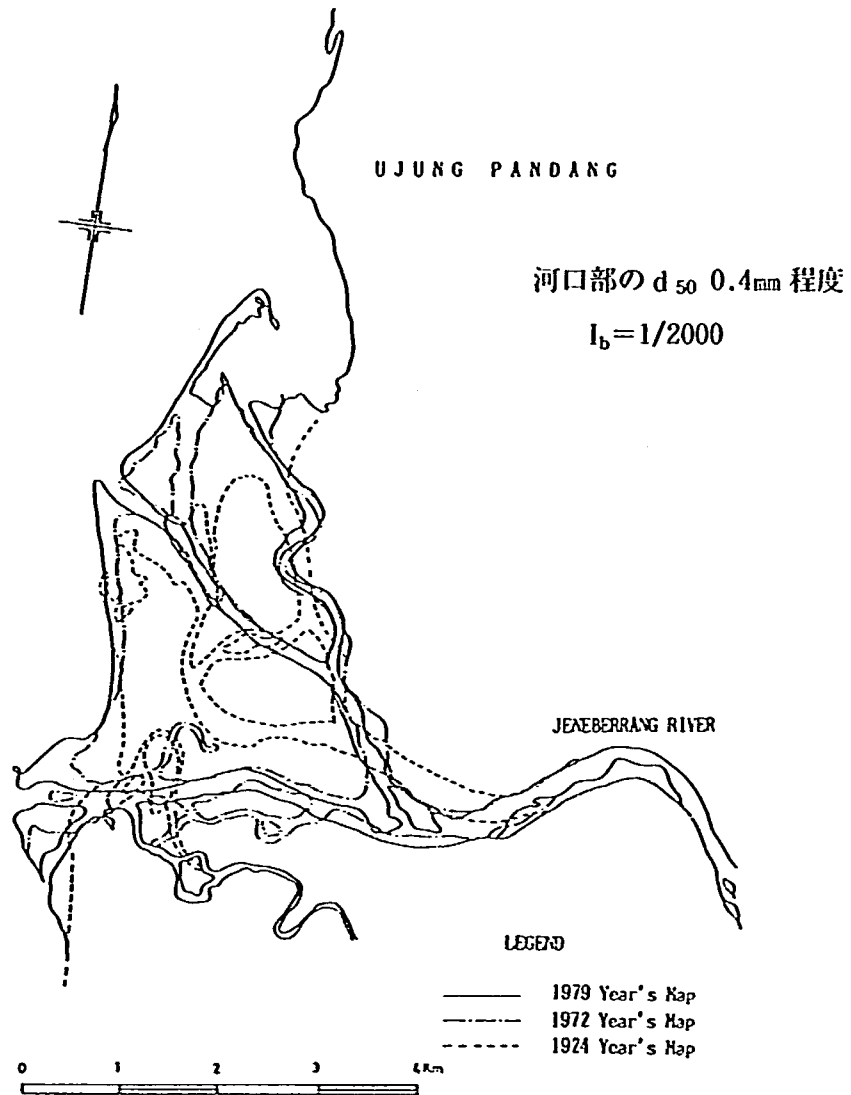


図3-3 河口部の河道変遷（デルタの発達）

していて、本当に三角州ができていますね。

B 河川によって海面が白く濁っていますね。

山 本 先に進みたいと思うんですけど。河川の特徴をとらえるときに、縦断形状というのが非常に河川の特徴をしてあらわしていると思うんです。日本の河川の場合は、かなり地形との関係がはっきりしてしまっていて、扇状地、急勾配な扇状地、その下流に、自然堤防帯、中間帯ともいえますけれども、1,000分の1から3,000分の1。河口近くに来て5,000分の1とかいうデルタの河川。^{注14)}デルタはインドネシアの河川のように三角形状になっていませんが、かなりはっきりした地形との対応と、勾配が急激に折れ曲がるという特徴を持っています。インドネシアの河川はどうなんですかね。そういう特徴があるんですか。パダンの河川は、僕は見せてもらいましたけれども、日本と全く同じで、扇状地があって。

G あれはね。あの川は地形にやっぱり左右されていますね。

B 地形にも左右されるけれども、やはりセグメントで、みずから河道をつくっていく性質は、基本的には、エクスポメンシャルなあれに近くなっているようですね。ジェネベランもそうじゃない。

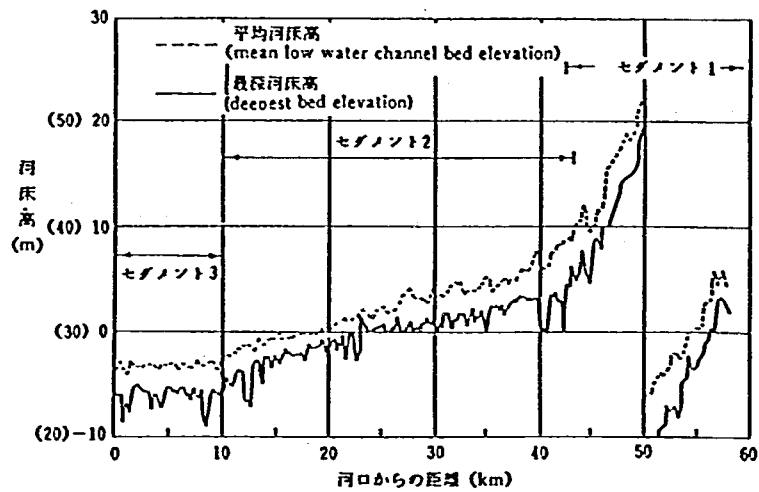


図 3 - 4 木曽川平均河床高および最深河床高縦断面図

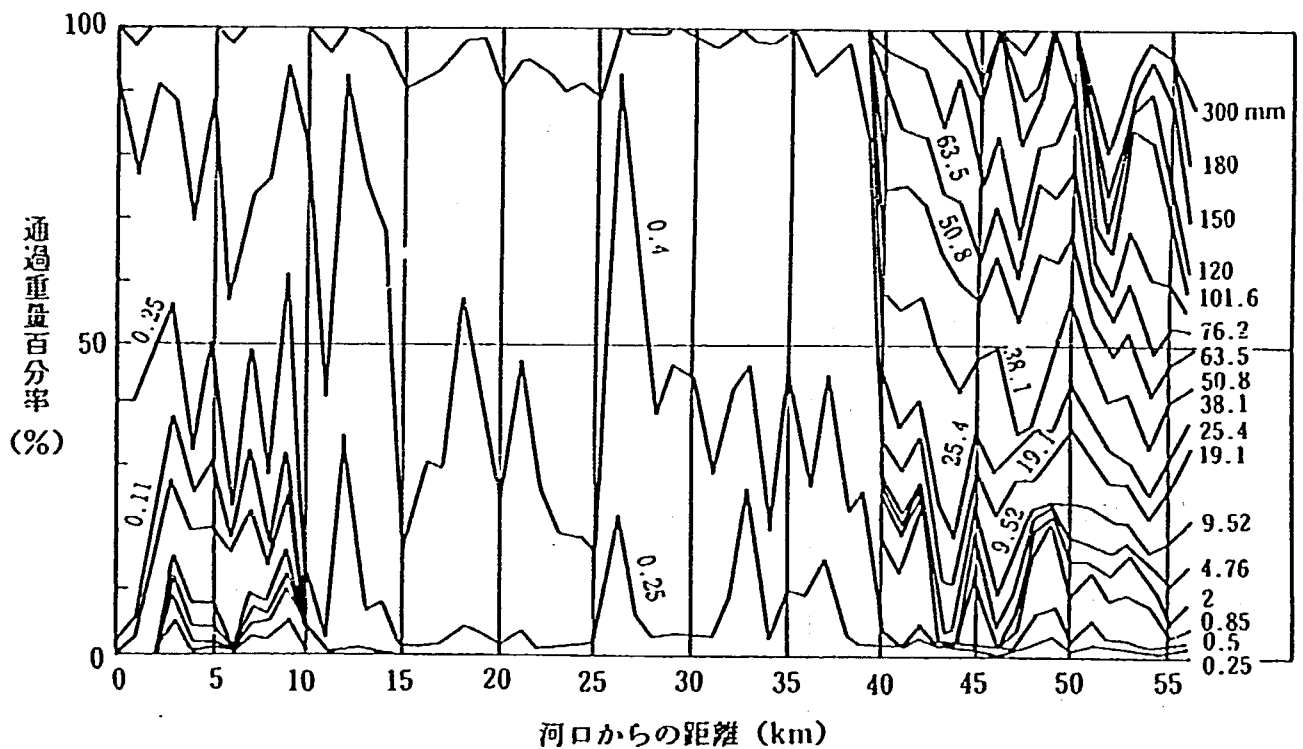


図 3 - 5 木曽川平均河床高材料粒度分布変化図

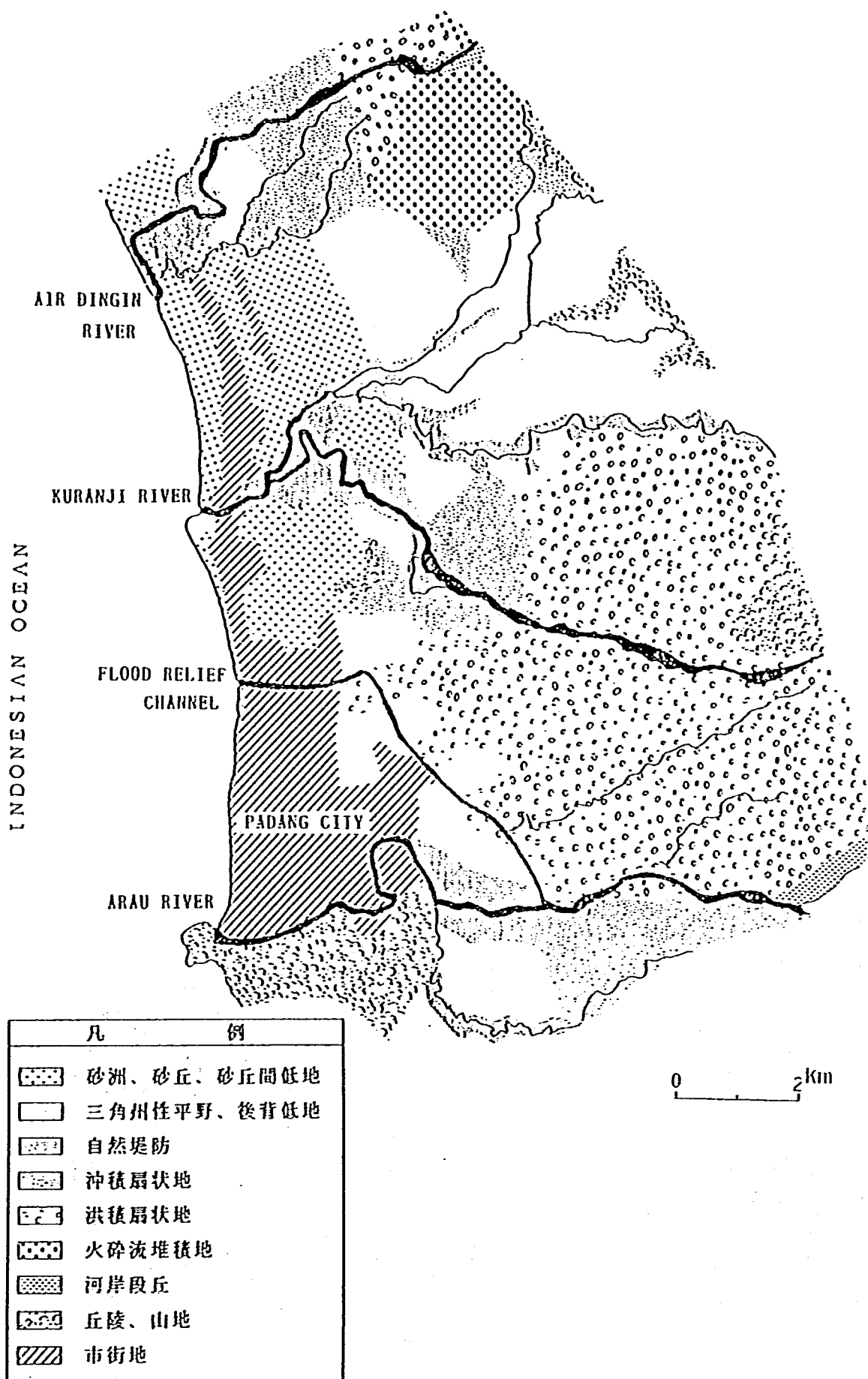
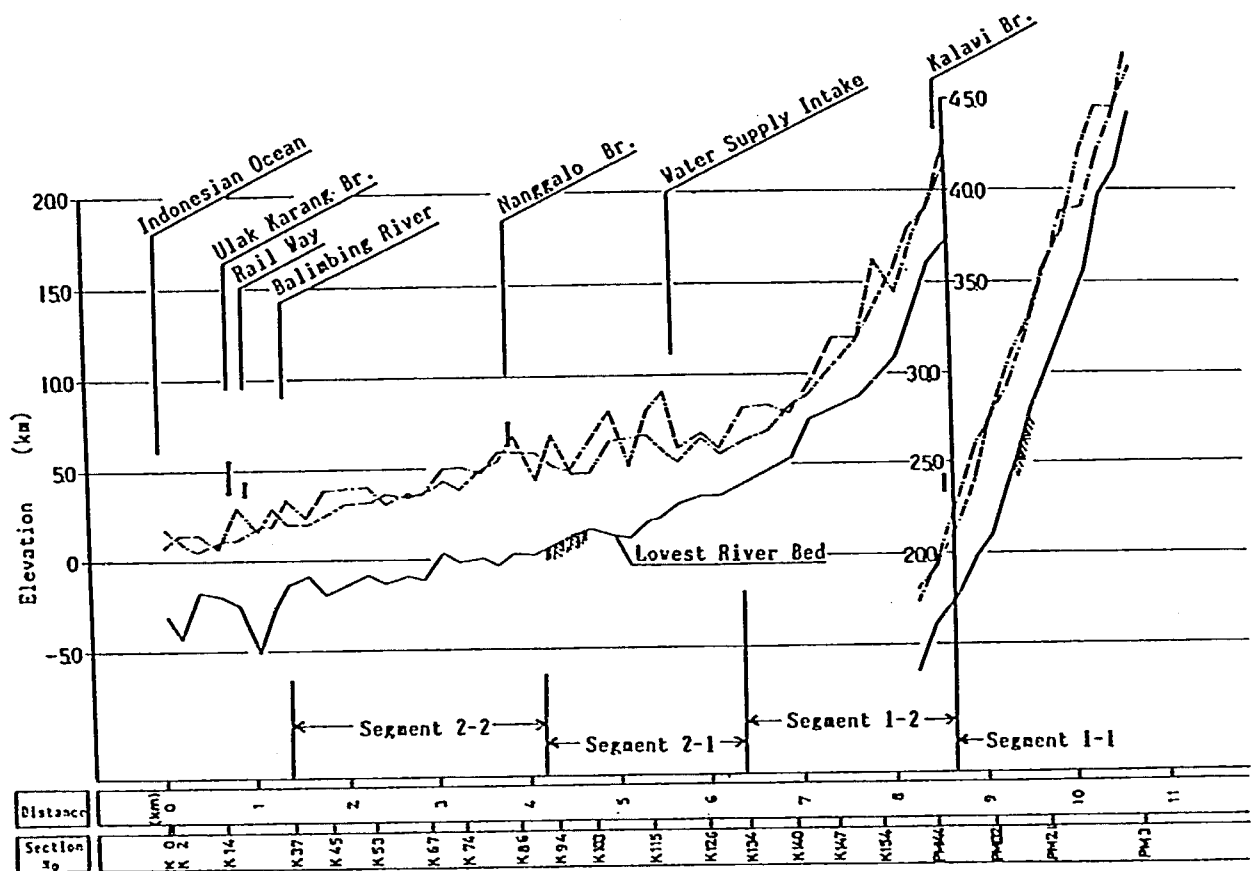


図3-6 バダグン平野の地形分類



出典：Study Report on Padang Area Flood Control Project (1983. JICA)

図3-7 Kuranji川の河床高縦断面図

山 本 日本だと、扇状地を持つ河川と持たない河川があるんですけども、ジャワ島の河川というのは、扇状地勾配が100分の1とか200分の1とかで、扇面的な形態を持った地形とか河川というのがあるんですか。ソロ川なんて言うのは、見た感じではないなと思ったんですけどね。

E ないですね。あんまり高い山はないんですね。

B 非常に特殊な格好をしていますね。すり鉢の火山があって、本川がその周りを囲んでいる。火山から直接出てくる支川は、本川に入るところで勾配がガクンと落ちるわけですね。桁が変わっちゃうんですね。そして、アッパーソロとマディウンが合流する。合流する前はどちらも同じくらいの勾配なんですよね。それで、これが一緒になったところに、ちょっとゴージがあるんですね。これは何か地形的なものだったようなんですけどね。それからあとが、今度は一挙に5,000から1万分の1ぐらいと、ずっと緩いわけですね。そういうふうな3段階あるわけですね。だから、そういう3段階的な河川というのはわりに多いんじゃないかと思うんですね。インドネシアに。ことにジャワ島は、そういうすり鉢状の山が、大体平均80キロおきにあるようです。そいつが、みんなが大体そんなような格好になっているんですね。

山 本 日本で言うと、阿蘇山のカルデラを流れて、白川と黒川という川がありますね。形としては非常に似ているんです。阿蘇山の場合は、外輪山がありますけどね。

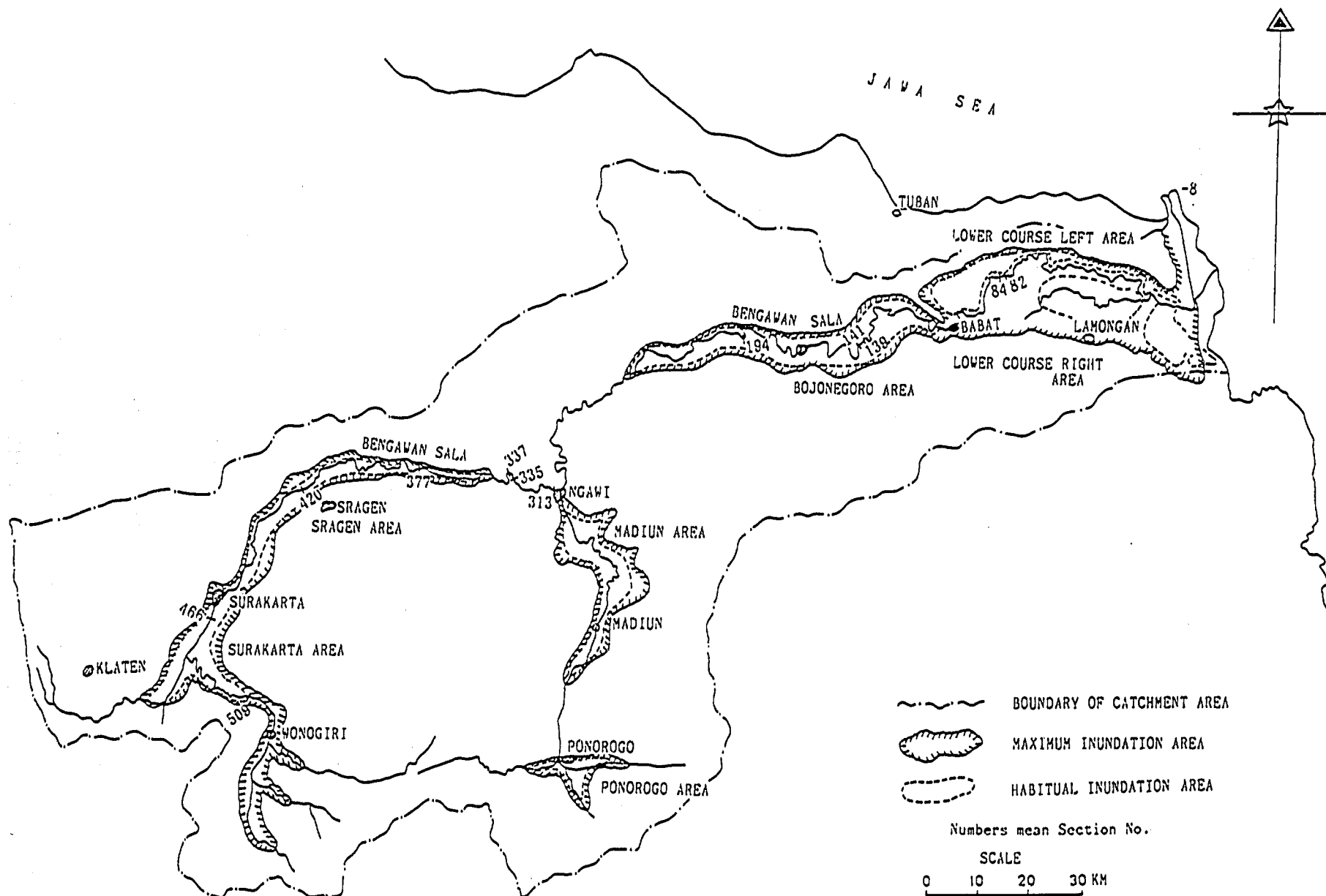


図 3 - 8 Solo 川の氾らん地域図

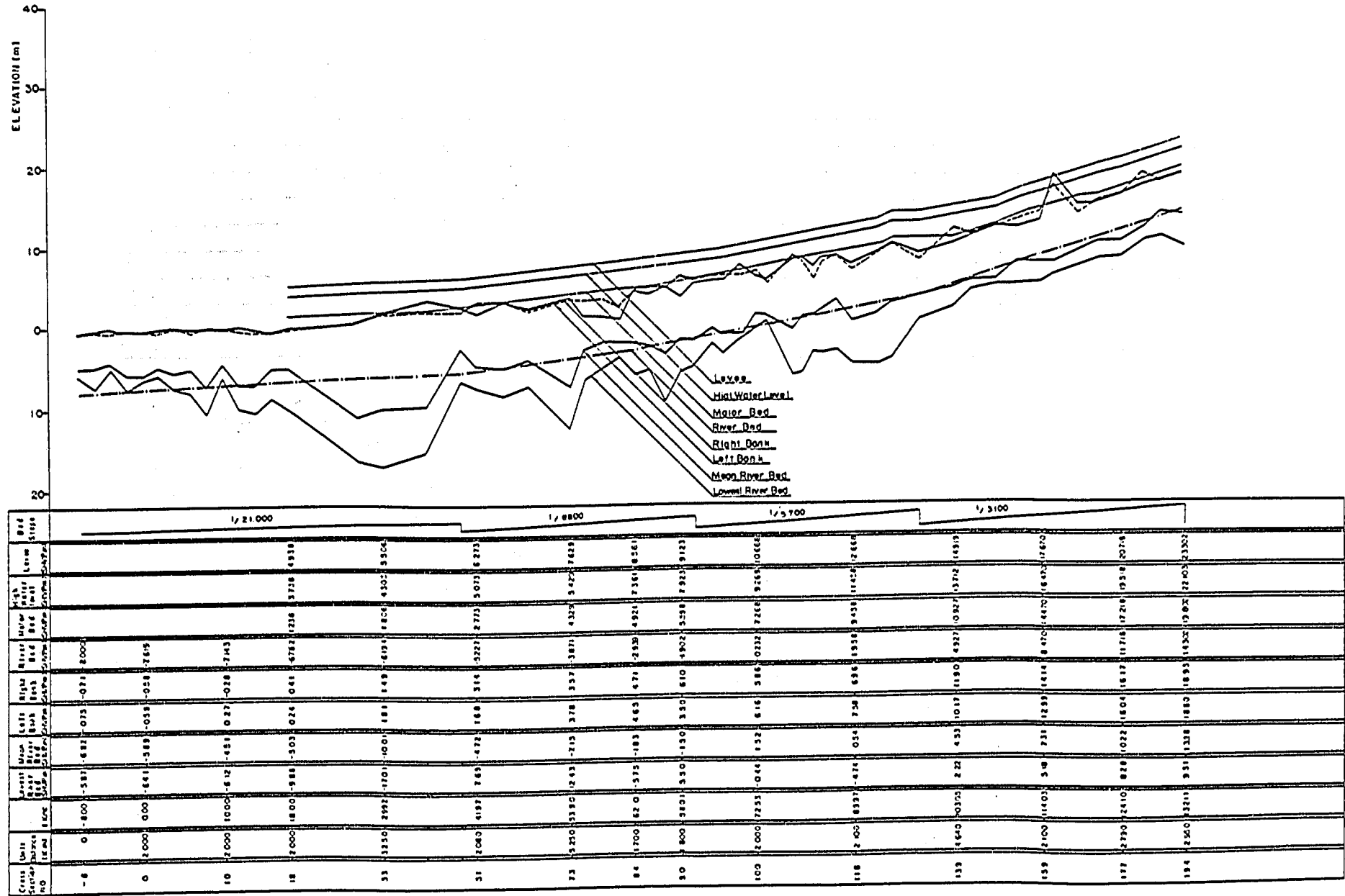


図3-9 Lower Solo 川の河床高縦断面図

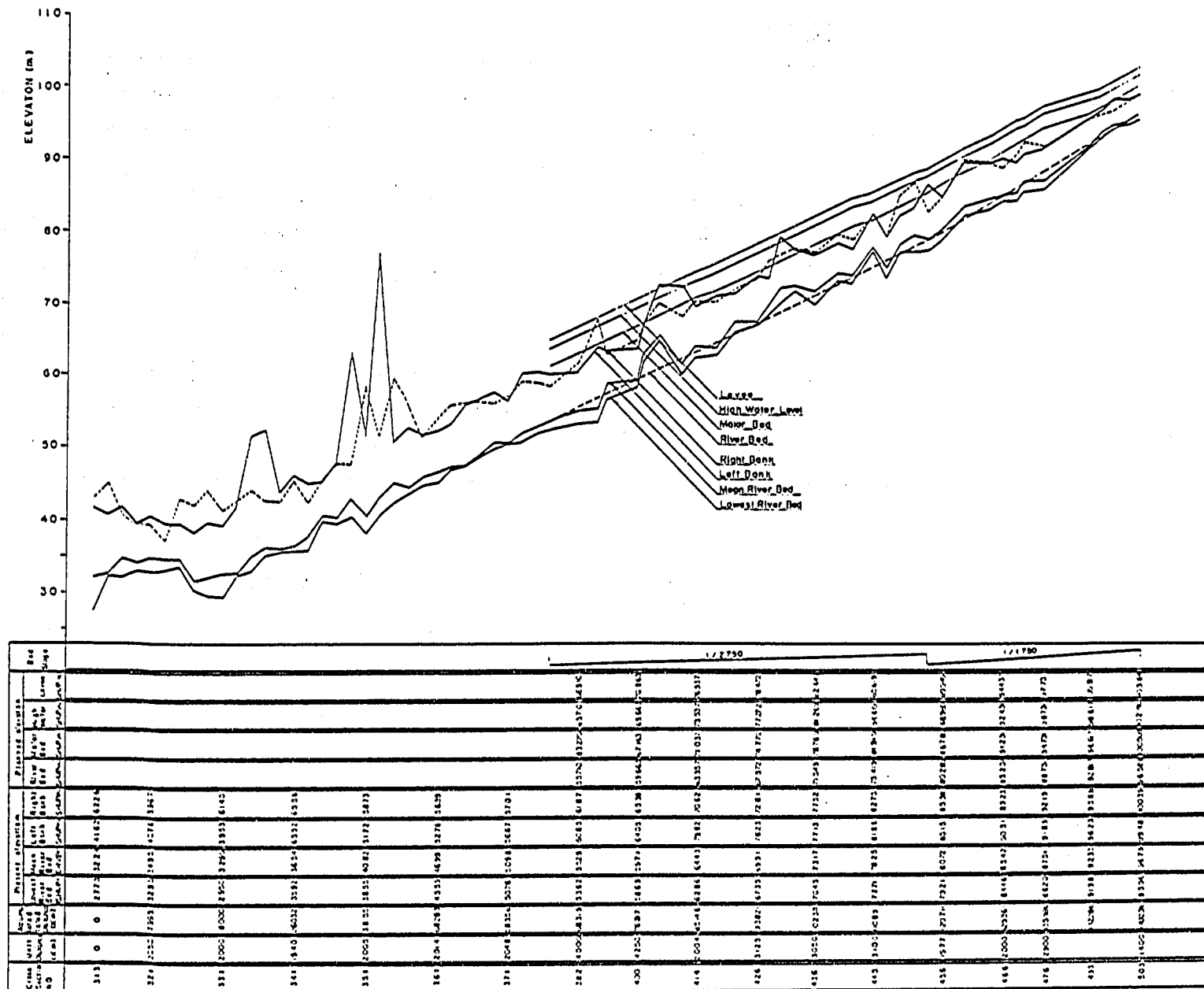


図23-10 Upper Solo 川の河床高縦断面図

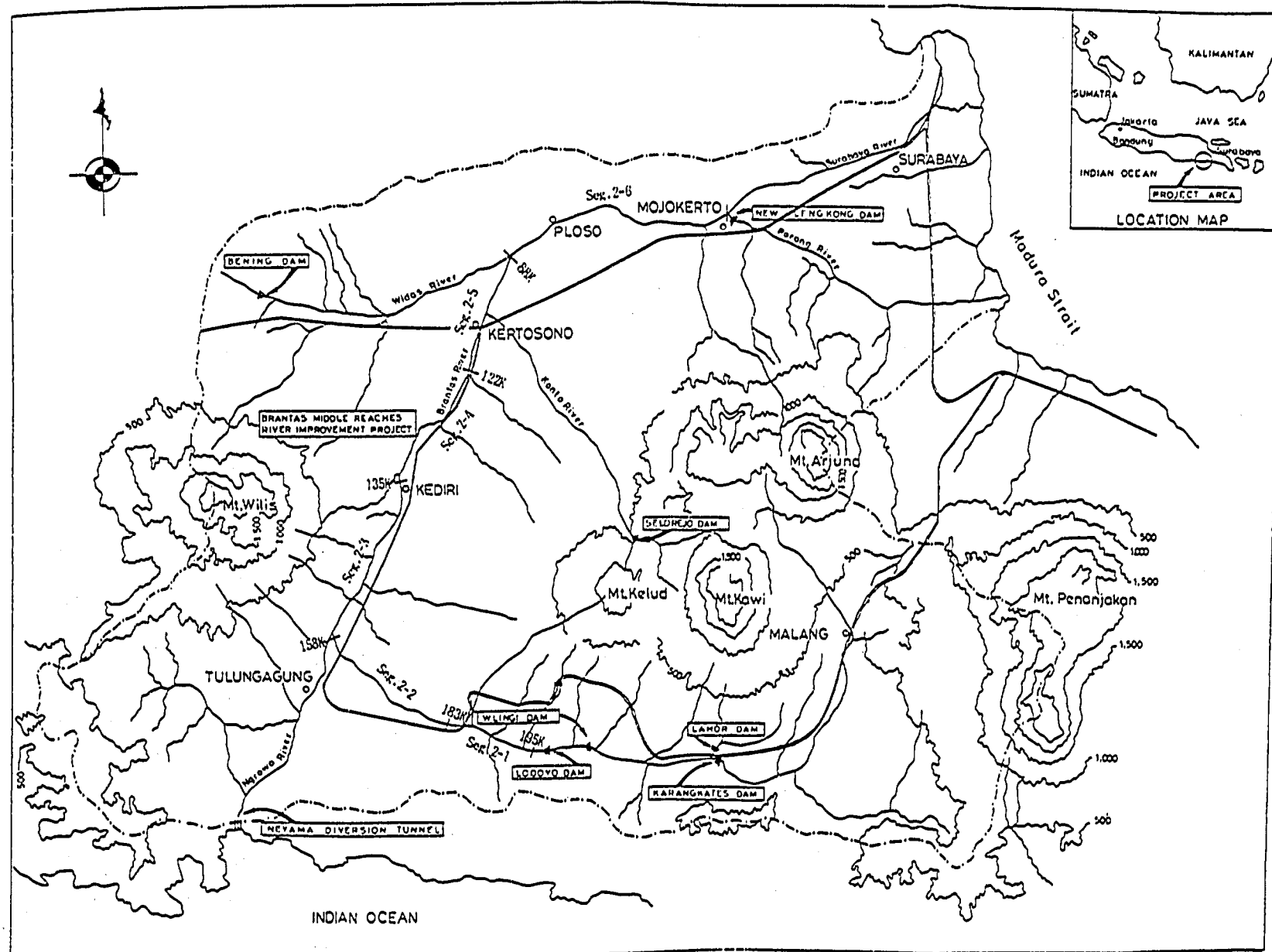


図33-11 Brantas 川の流域図と segment

- B 白川と黒川をインターセプトして集める川があるということなんですよ。ブラントスも基本的にはそういう格好をしているわけですね。ただ、ブラントスは、こういうふうにくるっと鉢巻きに回ったまま、いきなり海に突っ込んでいるわけですね。
- G ブラントスは、そんなに急激な勾配の可変点というのはいない。
- B ブラントスはわりになだらかに変わっていていますね。
- G ずっとなだらかに、だんだん変わってきているという感じですね。
- B そうですね。あれはわりきれいなんじゃないですかね。ソロ川はちょっときれいなじゃないですね。
- 山 本 特殊な感じがしますね。本川には扇状地的地形がないという。
- B 扇状地的地形は、やたらにあります。それはすり鉢状の山から出て、それが本川に入るところが大體扇状地なんですね。そこに壮大な扇状地河川ができるわけですね。ソロ川の上流なんていうのは、本川がすり鉢の底をめがけて流れ、両方からせめられて、その間を流れているわけですがけれども、どちらからも、扇状地河川が流れておりましてね。
- I ちょっとわからないことがあります。Bさんのお話で、ソロ川というのは上の方の上流の方の火山の裾をずっと回って、水を回りに集めて出てくる。いわゆる3段階に分かれていて、一番最初の急流の部分と、それからやや緩やかになって、それから下の方に来て回り込んで合流したあたりから勾配が小さくなる、ということですね。それは判ったんですがけれども、なぜソロ川というのは東の方まで、あんなに、海岸沿いに流れているのかなということです。
- B だからそれが地形がそうになっていたからだというんです。¹⁶⁾
- I あそこあたりは低かったんでしょう。
- B 低かったんです。海だったところです。
- I 北の方は何か高かったでしょう。
- B あそこは石灰岩の丘陵地帯がありまして。
ジャワ海側にでっかいのがある。
- 山 本 構造的な高まりがあるんですね。基本的には地形全体、大地形の構造に支配されているんだと思うんですね。
ところで扇状地の構成物質というのは、日本と比較してどんなものなんだろうね。砂利かなんかですか。
- B 砂利ですね。砂利砂混りですね。
- 山 本 火山性の河川は……。
- G ……けれども、侵食した状態が出てくると、泥が混じって出てくるといふ支川がありますね。東側ですね。
- B アッパーソロの上流の方、ウオノギリの方じゃないですか。
- G そう。ウオノギリの上流から入ってくる。あの辺がそっちのそういう構成になっていますね。それからあれが西のほうへ来ると、ほとんど砂、それから火山灰ですね。

山 本 岩質としては、先ほど地形、地質のところでは出てきましたが、火山が多いので、火山性の砂、ガラスというのか、よくわかりませんが、そういうものと、多分熔岩、それと第三紀の堆積岩ですね。それが砂利の成分だと思います。石灰岩なんていうのは川底にあるんですか。石灰岩は溶けてしまうので、なかなか下流まで行かないような気がするんですけど。

D ジュネベランは、石灰岩があるんですね。ダムあたりからですね。

B 河床材料にあるわけですか。

D ええ、ただあそこは、ダムサイトをうまくいところに選びましてね。大体サウススラウェシのあたりは、たしかE社さんのほうでやった、ランケイメイとか、テンペイのあたりですか、ダムをつくろうとしてうまくいかなかった。石灰が出てですね。ジュネベランも危ないよという話がありました。たまたまダムサイトのところでは何でもなかったと。

B 河床の構成材料としては、そういう石灰岩もあると思うんですけど、いわゆる流速あるいは掃流の土砂で、石灰岩というのはもちろんあるんでしょうけど、あんまり。

D それは見えてないですね。

B 石灰岩が風化した土ですね。その流出が非常に多いんではないかと思うんですけどね。石灰岩地帯、ジャワ島の耕して天に至るような、耕作しますのでね。あれも石灰岩が風化してできたものなんじゃないですか。土になったやつは。

G ブラントスの上流もかなり石灰岩でできているんじゃないですか。

B 上流の山そのものに石灰岩が多いですね。ただ、石灰岩もあんまり固い石灰岩じゃないですね。柔らかいんですね。だからあの風化物質が出てくるんでしょう。でも、それが原因で出てくる砂の量に比べると、噴火の砂のほうのほうがべらぼうに多いですね。だから、川を見ていると、石灰岩の流れているなんていうのは。

G まずありませんからね。

山 本 川の色は、どっちかというと、上流に行くと黒っぽい感じがするんですか。

G 赤い感じが。

B きれいですよ。

D 茶色いですね。赤いの。

E 赤というか、茶色ですね。白の。

B 白っぽい茶色が多いんじゃないですか。

D 上流に行きますと本当にきれいですよ。

山 本 山裾を回る河川となると、かなり上流でも勾配が、2,000とか3,000分の1ぐらいで。

B そうですね1,500分の1。ソロ川の上のほうは昔から3,000分の1ぐらいですね。かなり緩いんですよ。

山 本 私、ちょっとソロ川の資料を見させていただいたんですけど、マディウン川とアップーソロとは、何となく川の特徴が違うような気がするんですね。マディウンのほうは、土砂の生産量が多いのかな。そんな気がするんですけども、どうですかね。

H 土砂の生産量は多いですね。砂は川にたまっていますわね。

B その方が多いですね。

H マディウンの町のところはね。ソロ川のほうは、シルトばかりで、乾季には砂が固くなって動かなくなるんです。

B 砂防計画、砂防事業が、マディウン川は現に自力でやっておりますね。ソロ川本川のほうは、まだ自力で砂防のところまでいっておりませんね。アッパーソロの方は、メラピ山という土砂の供給源が、別にあるんです。そいつは、あるときには非常に大きな土砂を出したらしいんです。そのメラピ山から出ている川がデンケン川で、非常に土砂を生産するんです。それから10数年前、ソロ川の方に土砂が入ってきたんです。大変だ、大変だと、ソロ川が埋まってしまうというような大騒ぎになったんですけれども。明らかにその砂がソロ川の上流の水のないところにいくと、そこらへんの岸にみえる、それは僕は火山性のものだと思うんです。だから火山から出て来る支川では、急勾配のところでも砂なんです。ゴロゴロのロックではなくて、砂でザーッとそういうのができている。

山 本 そういう河川だと非常に垂直方向の変動が激しいですね。

B 非常に面白い減少があるんです。ここに今絵を画きますけど、ソロ川の左支川のデンケン川にメラピ山から発するウォロ（Woro）川が流入しています。このウォロ川の下流に道路と鉄道が横切っているんです。

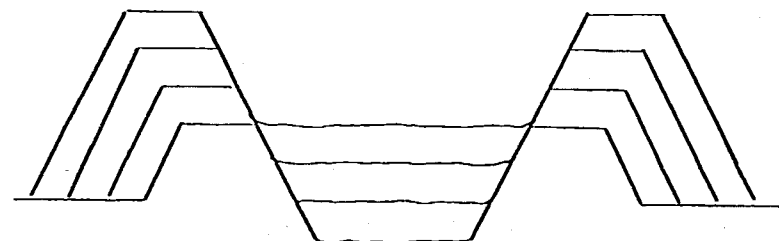
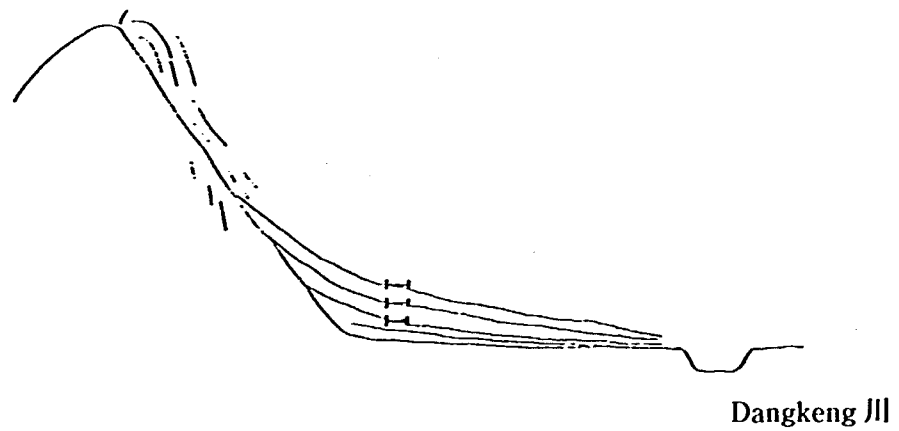
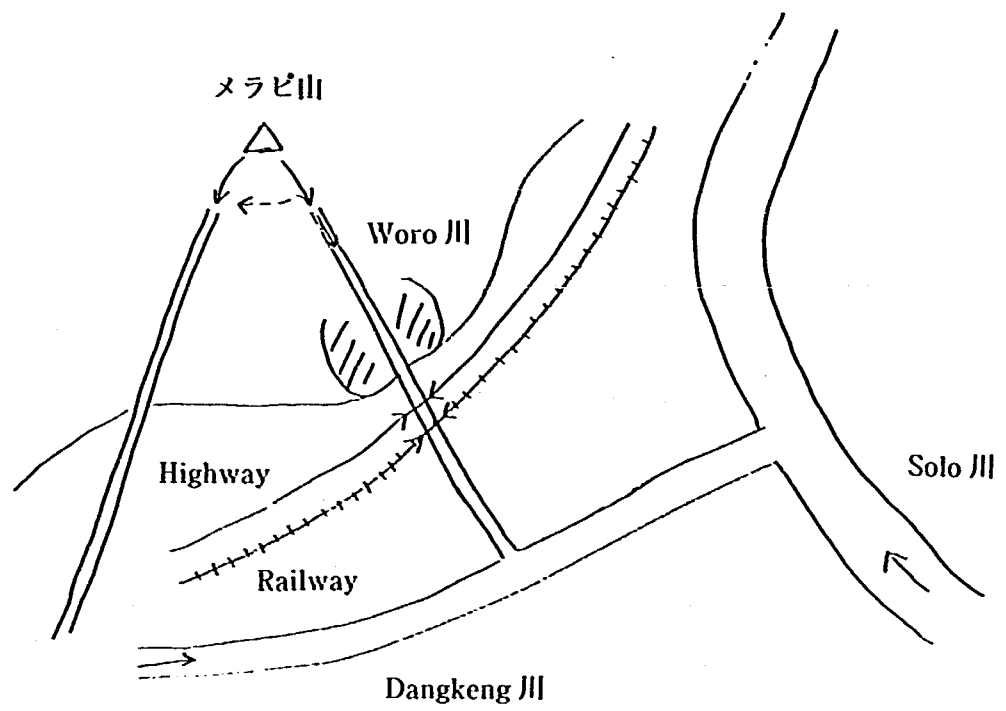
この川の下流部の堤防を見ると、4回ぐらい嵩上げた形跡があるんです。ここは、以前メラピ山の噴火による土砂が、この支川流域の方に流れ出て、これがウォロ川を流下し、山裾にこの絵のように堆積したわけです。この河床上昇を防ぐために、道路より上流側に遊砂地を作りましたが、すぐに堆積物で埋まってしまうというような有様だったんです。

ところが、ある時期、噴火口が西の方、カリゴロの方に向いたんです。今はこの方向に向いています。そこでウォロ川の方へは土砂が流入しなくなった。その上、Yogyakarta, Surakarta に近いこともあって、建設用骨材として遊砂地の砂や砂利が採取され、また河床も掘削されたため、今では河床が非常に低下して、堤防沿いが侵食されるというようなことが生じ、非常に危険になっている。

このように、火山の噴火の影響のある河川は河床高の管理が難しく、計画になかなかのせられない。ま、実態は火山の噴火だけでなく、人工的な河床掘削の問題もあるんですが。

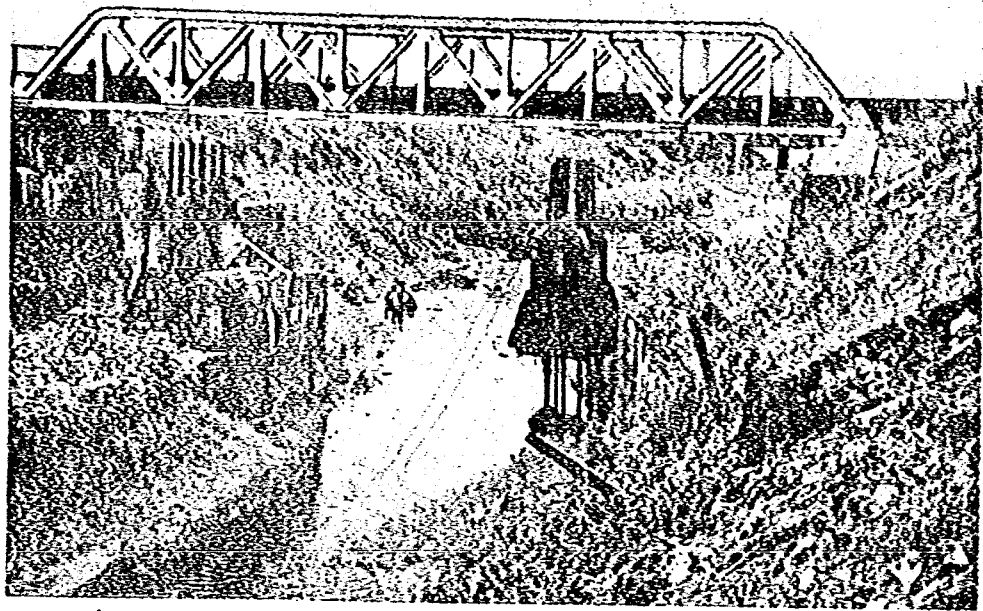
山 本 川の縦断変動速度というのは、河道計画上非常に問題になってきますけれども、上流ではかなり上から砂分が多くて、かなりのスピードで川が上昇あるいは下降してしまう。変わってしまう。そういう話を聞くんですけれども。全部が全部そうになっているとは思いませんけれども。そういう川がやっぱり多いのかな。

B ちょうど、先ほど申し上げた、火山から出てくる川はそれはものすごく顕著で、決定的なのは噴火火山ですね。噴火で10メートルぐらいの範囲で、上がったたり下がったりしますからね。鉄道が完全に、鉄橋が水でじゃなくて、土砂で流されちゃって。流されちゃったというので、



河床上昇による堤防の崇上げと天井川化，しかし今では低下している。

図 3 - 12 Woro 川の位置と河床の状況



Distinct mark of degradation in the Gondol River, Mt. Merapi

写真3-1 メラピ山, Gondol 川の河床低下

出典：Volcanic Sabo Technical Center, 1988 ; Album — Sabo in Indonesia —

慌てて鉄橋を上を持ち上げますと、今度は10年ぐらいのうちのものすごい低下で、今度は宙に浮いて、足がひっくり返ってしまう。結局それは廃線になっていますね。メラピからボルブドールのほうへ行く河川がね。そういうのは、それに入る急流河川の話であって、今回のテーマの低平地河川には、そういう顕著なものはないですね。

H 本川の河床上昇というのはあるんですかね。ブランタスとか、そういうのは。

B ブランタスは、俗説では、一発吹くと3メートル上がるわけですね。1億5,000万立米ふえるわけですね。あの流域には。クルド (kulud) という火山から。風が。それが一発吹いたら3メートルぐらい。

G 5年ぐらいかかって上がって。

B 5年ぐらいかかって上がって、それがあとの10年ぐらいでまたあとへ戻る。これは原始河川ですよ。平均の噴火が15年に1度ですね。

G 河床の上昇は、支川が入ってきているところ辺りで2メートルとか3メートル。多いところで3メートルから4メートルぐらいかな。恐らく支川がうんと持ってきてためたんです。そうでないところは1メートルぐらいですね。上がり方として。平均化すれば。それで上がって、5年ぐらいたって。2年か3年ぐらいで上がるのかな。1メートルとか2メートルとかね。それで、5年ぐらいで大体そんな高さになって。それから下がってるのもあるし、下がらないのもある。そういうふうに、2メートルも上がったところは流されてね。だから下がるけれども、

1メートルぐらいの上昇のところは、上がってそのまま水平に近いんです。それでまた次の噴火でまた上がるという形でね。あんまり全体的に見ると、下がることはないように思いますけどね。自然の影響力でいけば。

3-2 河道の平面形状と河岸浸食

山 本 次に、平面形状の話に行きたいんですけども、インドネシアの河川、特に勾配が1,000の1以下と言ったほうがいいと思うんですけども、大体蛇曲とか迂曲とかしていると思うんですけども、ほとんどの河川は、そう考えてよろしいんでしょうか。ジュネベラン川やブランタス川なんて、かなり真っすぐですね。

D 真っすぐですね。

山 本 あれは、川幅が広くて。

D そうですね。150メートルか200メートルぐらい。

山 本 砂州ができたり、複雑な砂州になったり。

D そうですね。あれはちょっとインドネシアの川でも特殊かもしれんね。いま、河床変動の話があったけど、インドネシアも経済発展で骨材の需要があって、河川からのものすごい掘削があるんですよ。それで橋がだめになりそうで、かえって供給砂がなくて困っているみたいですね。

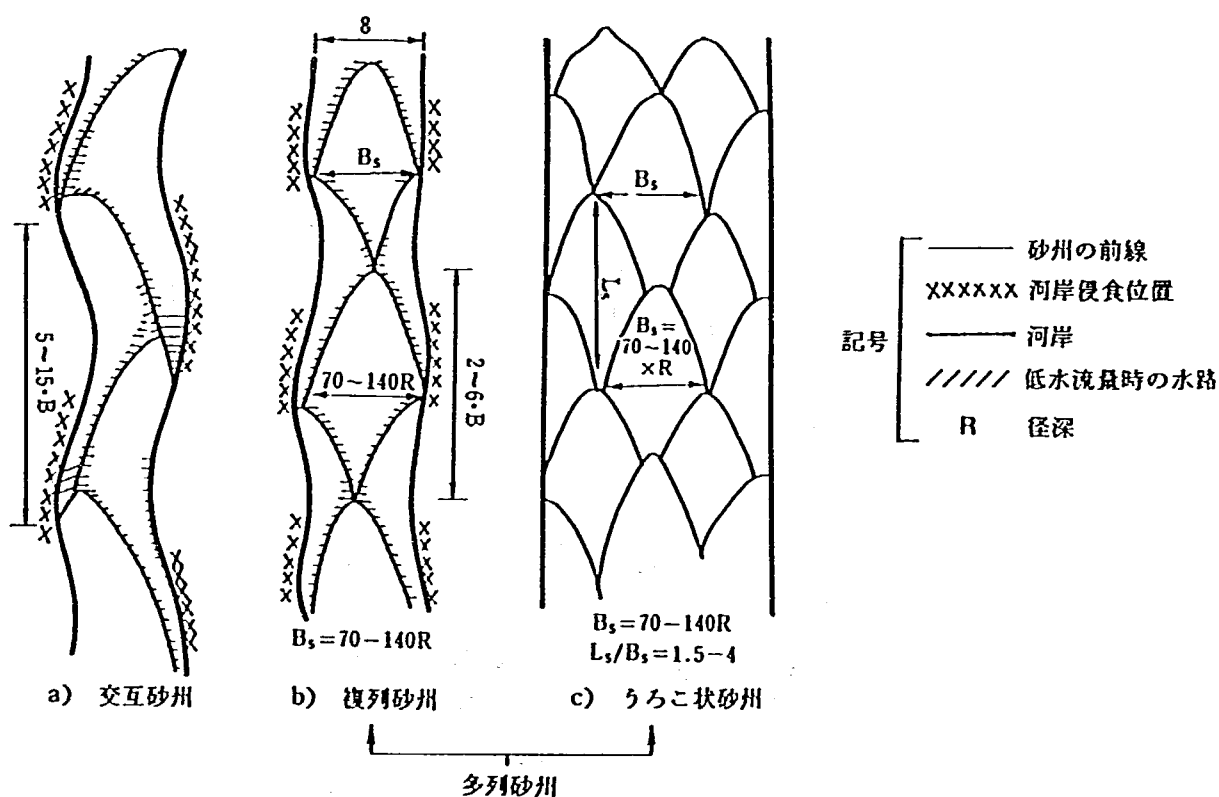


図3-13 典型的な砂州のスケール

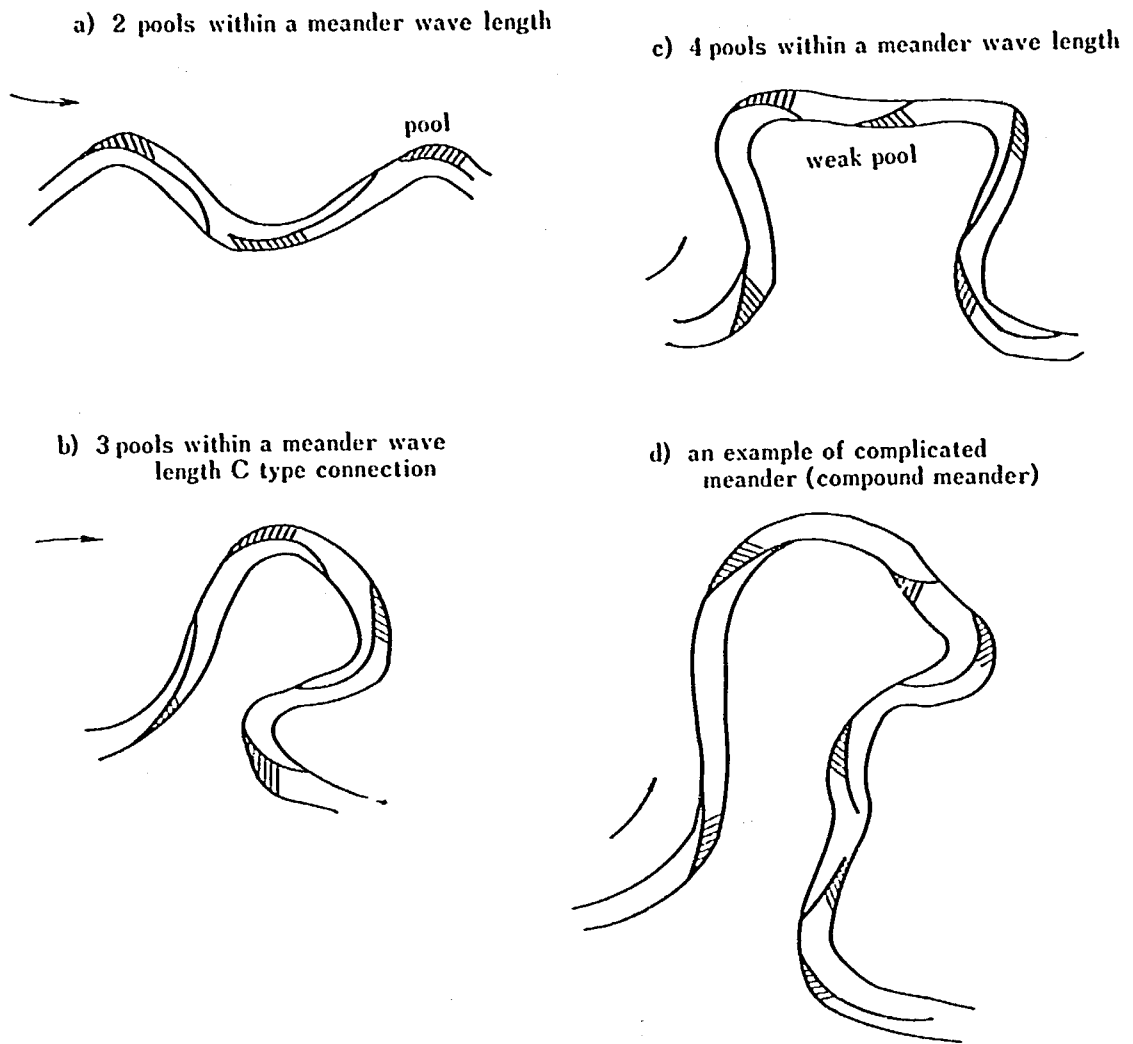


図3-14 蛇行形状とプール

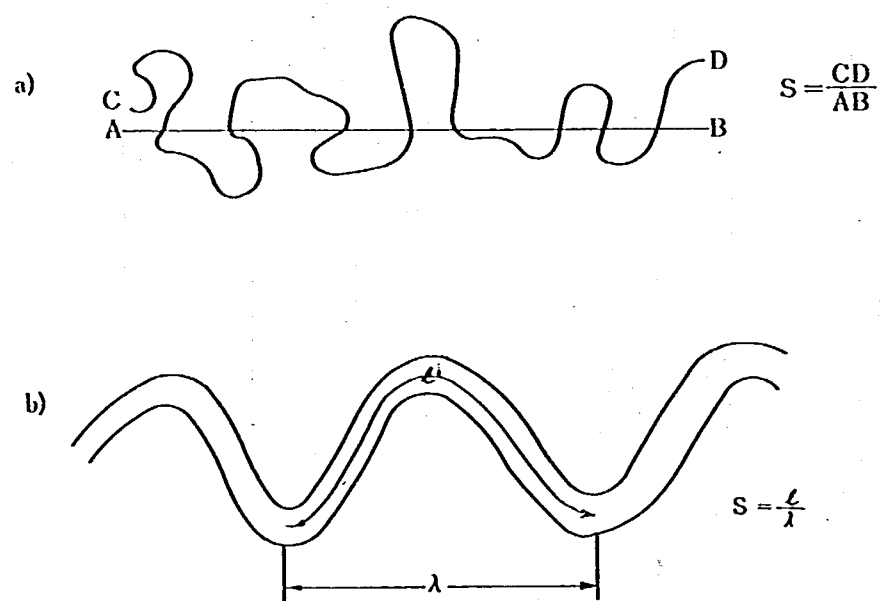


図3-15 蛇行度 S の定義

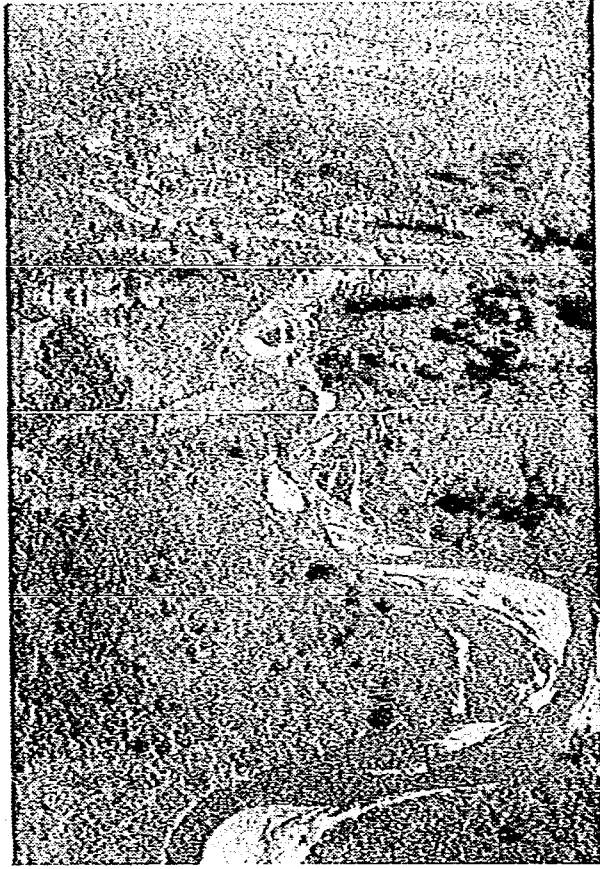


写真3-2 インドネシアの河川の蛇行（交互砂州）のようす
(写真提供：田代順一)

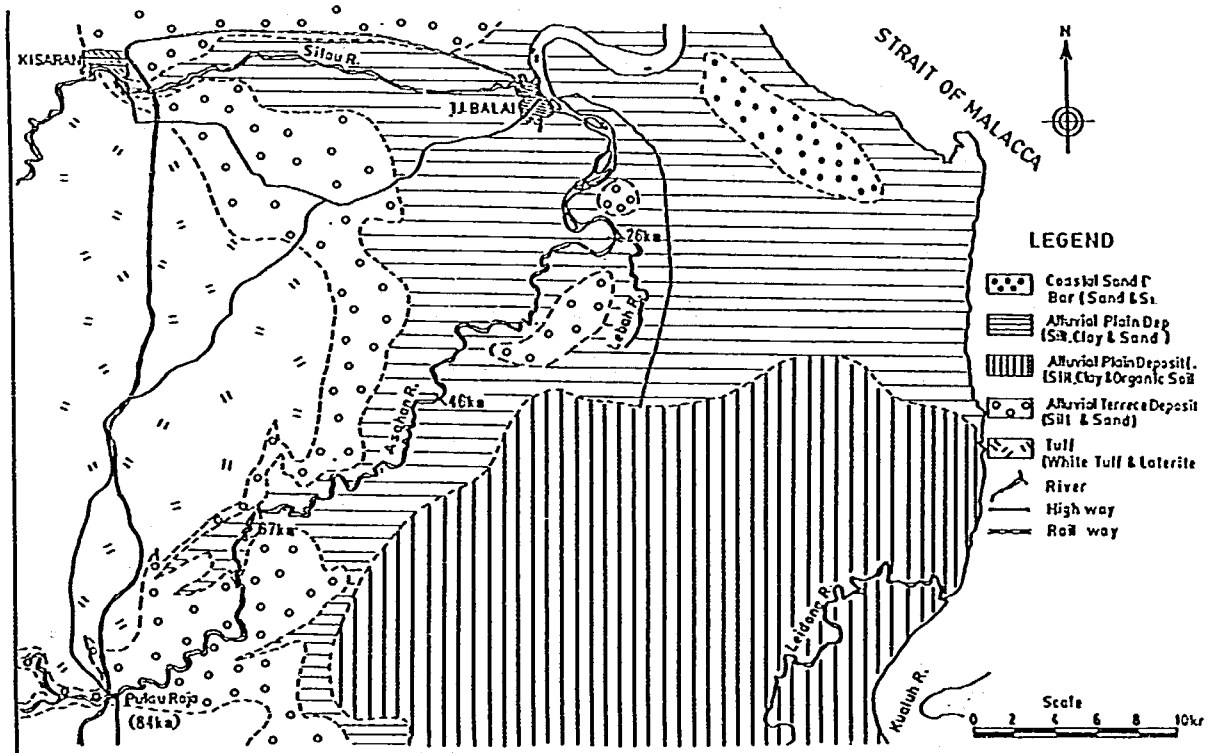


図3-16 アサハン川の河道平面図と地質

図 3-17 Brantas 川の河道平面状況の図 (158~47km)

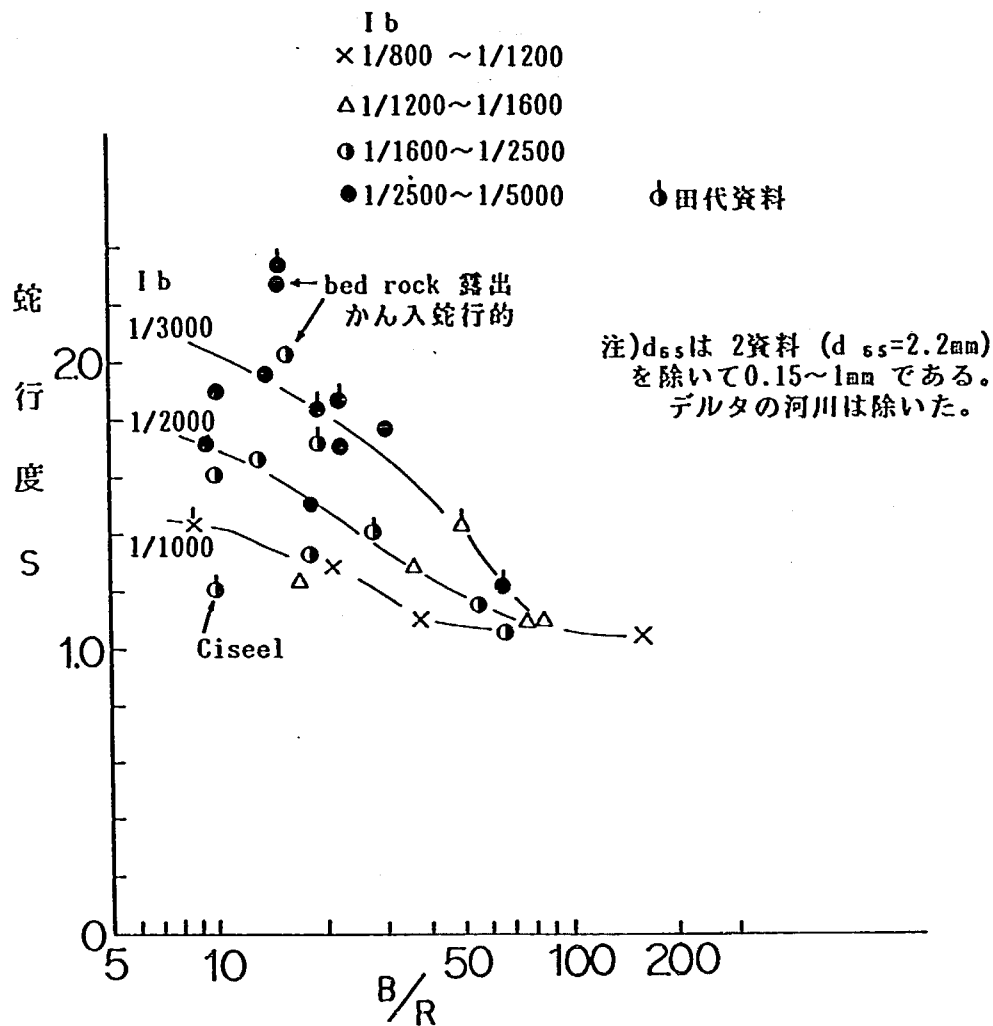


図3-18 インドネシアにおける自由蛇行と判断される河川の S と B/R の関係

- 山 本 大体蛇行している河川が多分多いかと思うんですけど、そう考えてよろしいんですかね。
- G 多いと言っていると思いますけれども、人工の河川改修の影響が、オランダ時代から入っているのでしょう。いろいろ手を入れてから、かなり時間がたっていますけどね。そういう影響があるんで、必ずしも全く自然の蛇行状況が残っている河川というのは、地域的に限られてきているという感じがしますね。だけど、基本的には、やっぱりかなり蛇行の特性が残っている。^{注17)}
- 山 本 蛇行というのは、自然に河岸が落ちたりして、発達したり、自然に切れたりするんですけども、それはやっぱりそういうことがかなり起きてて、問題になっていると考えていいんですか。
- G 問題という意味が、要するに土地利用の絡みで、そこは別に欠けたからってどうってこともないというような土地利用の状況であると、あまりそれを問題にする人はいないわけだけれども、家を建てて住んだり、都市化されたりなんかしてくるといって、蛇行の変動現象が、非常に災害として認識されるわけですね。そういう意味では、最近わりあい開発が進んできているよう

なところで、そういう問題が取り上げられているという形はあると思うんですけどね。だけど、蛇行の問題で、特に対策を、どうしても至急にやらなきゃいけないというような話というのは、あんまり聞かないと思いますね。

II ○○○○という川を一昨年見に行ったんですね。Bさんに同行して。それがやっぱり河岸侵食でやられているんですね。まず家が撤去されて、今度道路が、国道がやられそうになっちゃったんですね。で、河川敷のほうも何とかしなくちゃいかんということで、見に行ってきたわけなんですけど。そういう話は、幾つかありますね。

G 数が限られていると思うけど。

I 1988年12月13日に、パダンが災害を受けたんですね。蛇行したところは全部ショートカットされたような格好になっている。プラムド局長のところに行ったら、そういう写真がありまして、見せてもらったんですけど、蛇行していたところを突っ切ったような格好で、中が島になったり、そののところにあった家が流されて、これは困ったといって、ミスター・○○に相談しているんだとか言っていましたけれども。

II ときどきありますね。僕も昔あったときに一回、やっぱりバーッと取れて島になってしまっ



写真3-3 河岸のクラックの状況 (写真提供：鶴木和夫)



写真3-4 河岸侵食状況 (写真提供：鶴木和夫)

て。ボート持っているんなら貸してくれといって頼まれたけど、そのうちに、水引いたからもういいわと言われたことがあります。

G 今度災害を受けたのは何川ですって。

I バダンのほうの北です。川の名前は正確に覚えていません。

G 北というと、クランジ川かな。

I じゃないかと思うんです。かなり大きな川です。よく見なかったんですけどね。時間がなかったものだから。こういうことだと見せられただけで。

G 普通の湾曲部では、やっぱり護岸しないとかなり危ないというところが非常に多いから、放っておけば蛇行は進行するでしょうね。

I 一回、出水時に見てくださいということで行ったんですよ。そうしたら、河岸がバタンバタン落ちているんですよ。その近くまで行ってみたら、水がクルクル巻いて、中がえぐられてバタンと落ちるといような、そういうところを見て来ました。

山 本 いま、河岸の侵食形態の話が出たんですけども、たとえばソロ川なんですけれども、渇水時の写真を見ると、河岸高が非常に高いんですね。どうも河床・河岸に粘性質のものがあ
るみたいで、前がえぐられると、斜面が滑っているんですね。単に表面が侵食するとか、そう



写真3-5 河岸侵食形態
(写真提供 田代順一)



写真3-6 コンクリート透過水制
(写真提供 田代順一)

いう侵食形態ではないですね。そういう意味で、護岸のやり方なんかも、滑りとか何とかを考えた護岸形態にしないとたないとか、そういう話が多分出てくるんだと思うんですけども。河岸の侵食形態を現場に行ってみたときに、どんな感じですか。日本の侵食と違うとか。

I 私は日本でも災害を受けてます大和川に居たんですが、そんな大和川の災害なんか、日本の川の災害なんてのは、あれから言ったらおもちゃみたいな感じですね。崩れていくのを見たら。

木流しをやってみたんですよ。あんまり掘れるものですから。木流しで木を10本ぐらい切っ
てこさせて、土嚢をつくってくりつけて沈めたんですよ。そうしたら、それからスピード
が遅くなったんですけどね。それでもやっぱりバサバサ落ちていくんです。木を突っ込んで、
さかさにしてやったら、長さが10メートルぐらいの木をやったんですけど、バサーッと沈んで
しまうんですね。それが完全に潜ってしまうんです。だからかなり深いと思うんです。その
掘れているところは。川のちょうど岸のところは、乗っているとバサーッと。

山 本 間欠的に落ちていっちゃうという感じになるんですか。

I もう下が掘れられてですね。それで上のほうにクラックができてくるんです。それがボタン
と落ちて。またそれがどんどん進んでくるんですね。そのスピードがかなり速いんです。1時
間に4、5メートル行くものですからね。

そこで、そこにあったバナナ畑だとか、サトウキビ畑、トウモロコシなんかが、そのままど
んどん流れていくんですよ。初め、1ミリぐらいのほんのわずかなクラックがバババッと走る
んですけども、それが10分ぐらいすると1センチぐらいになる。怖いから逃げると。下のほう
にこんなふうに巻いてるみたいな感じです。^{注19)}

H ところで、チタルムで調べたら、大体水深と川幅が1対10ぐらいのところから大きくなると、
ちょっと浅くなって不安定なイメージがある。1対10より小さいところは非常に安定している
というんでしょうかね。そういう感じのイメージを受けたですけどね。

山 本 それはあるみたいですね。川幅水深比が小さい河川では、大体、河床材料も非常に細かく河
岸が粘性質の物質でできたりしている河川が多いと思います。

H 川幅水深比が小さいからそうなるんですか。

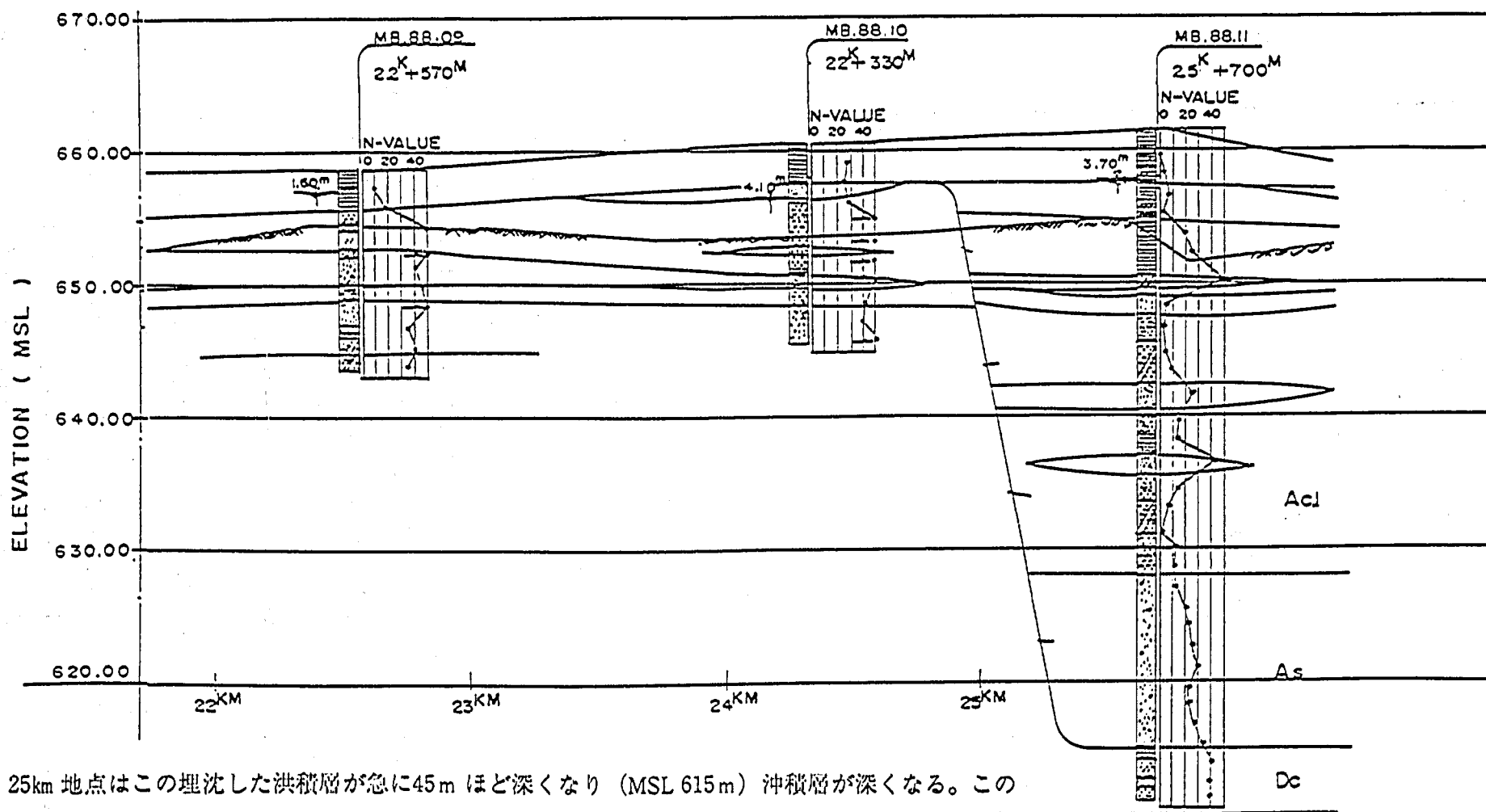
山 本 いいえ、小さいからじゃなくて、たまたま川幅水深比の小さい河川は、そういう性質を持っ
ていることが多いということです。一般論として言うのは危険ですが。

第4章 治水計画

4-1 遊水地

山 本 次に治水計画について考えてみたいと思います。たまたま私はインドネシアに河川工学のセミナーということで2週間ばかり行かせてもらったんですけども、その時に中部ジャワですが、1日ぐらい少し地形とか川の様子を見てみたんですけども、地形あるいは地質は日本より単純だという感じがしたんです。あんまり複雑な地形ではなくて、一般的にはあまりもまれているという感じがしないんです。インド洋側に石灰岩質の昔の珊瑚礁だと思うんですけども、それが隆起珊瑚礁の岩質が出ている。そのちょっと北側の火山地形がある。基岩として第三紀層の堆積岩がずっとあって、北側の方が沖積層であると、そういう地形になっているようなところなんです。ところどころ、島の真ん中へんに低平地みたいなところがあって、ところどころ三紀層かなにかで出口を押さえられていて、インナーデルタというんですか、そういうところが氾濫源になっている。そういうところの処理に非常に苦勞しているのではないだろうかと思います。そういうインナーデルタ的なところの河川処理、あるいは治水計画ですけども、どうやっていくかという、多分これはインドネシアにとって非常に重要な課題であるという気がするんです。それを今後どういうかたちで計画していくか。これは土地利用と多分絡んでくると思うんですけども、日本のように川沿いに堤防を作ればよいという計画論では下流側に対する影響が非常に多くて、いろんな問題が生じるだろうという気がするんです。どうしても遊水地の計画という話が出てくるのではないかと。過去のJICA、あるいはインドネシアの人たちが考えた治水計画の中で、遊水地問題、あるいはインナーデルタの問題をどういうふうに位置づけて治水計画を立てたか。そういうことについて正しい情報をもっていないので、そのへんが少しわかれば、今後の治水計画にとって、これはインドネシアの河川を考えてますけど何か参考になるのではないかと思います。そのへん、どうでしょう。とくにソロ川なんていうのはそういう問題を抱えていると思うんですが。

B あの国の川は大体、いわゆる自分でその沖積作用でできた形をしていないんです。隆起したといいますか、ほとんどのっぺりした地形がそのまま上がってきているわけです。それで途中で必ずそこが壮大なる湖だったと思うんです。それが岩質の所を抜けてそして川になっている。Hさんのいっているバンドンの下の方にもあるチタルム (Citarum) 川あそこも湖だったんですよね。それが抜けまして、そして耕地を作って、それで今平野になっている。そこに人が住もうとするとしょっちゅう水を被るわけです。そういうようなところがやたらに多いんです。それはソロ川がそうです。ソロ川のああいいう大きい平野は、構造的な平野ではなくて、たとえばジャカルタあたりの平野と基本的には同じようなところがあるんです。そこに川がいくつも流れてきている。それで下の方は、海の周辺は特にですね、海ともなにもつかないような地形になっている。地形的に大体そうなんです。そこでそれをよくするにはどうするかというと、インターセプターというんです。要するに山からきている川をまとめて放水路で海へもって



25km 地点はこの埋沈した洪積層が急に45m ほど深くなり (MSL 615m) 沖積層が深くなる。この沖積層は MSL 628m 以下は砂層、その上部は所々に砂層を挟むが粘性質の土層のものから成っている。表層近くは現河川の堆積物である氾らん原堆積物が2～3m 乗っている。すなわち25km 以上の河床の最深部は湖成層を削りこんでいる。

図4-1 チタムル川河川沿い地質図
(距離は Curug Jompong より)

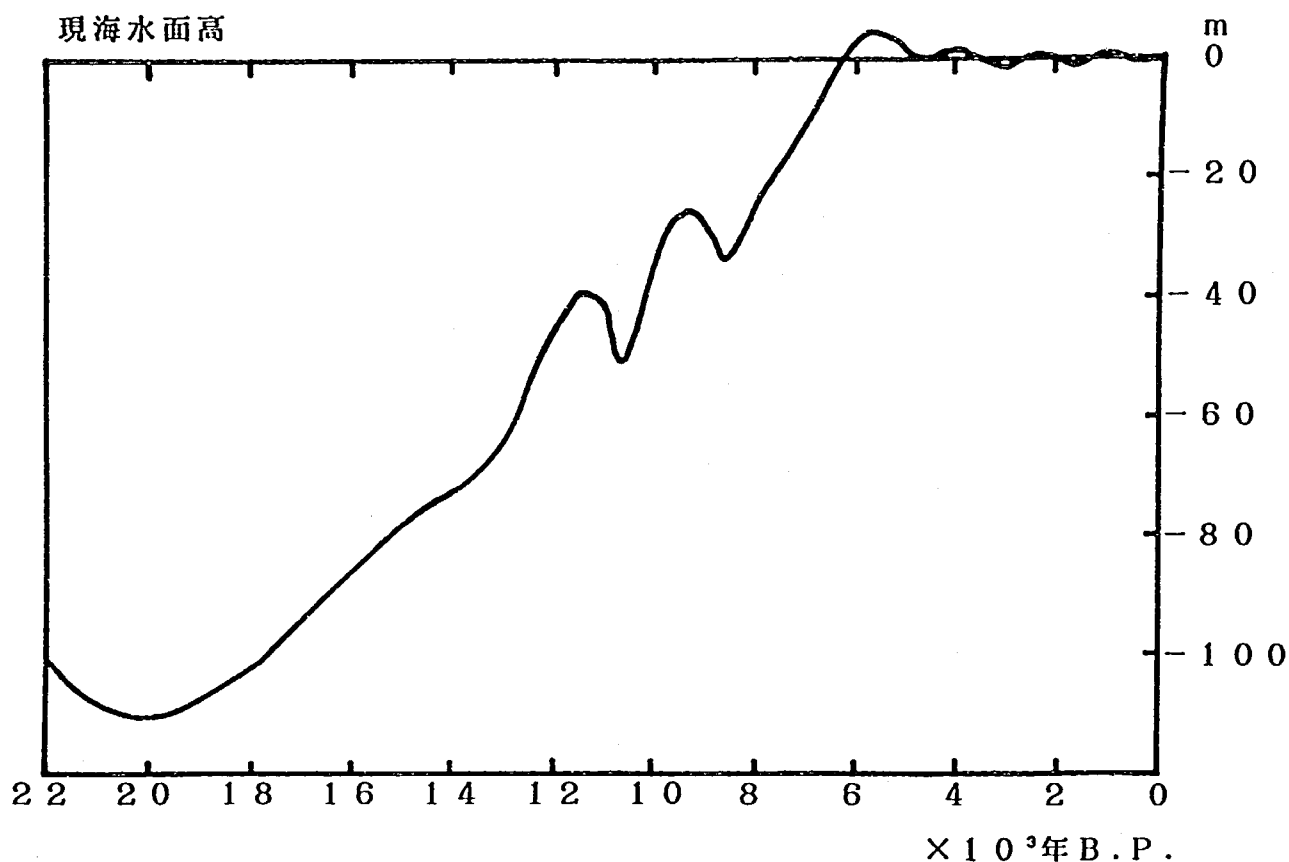


図4-2 既略海水面高の高化（場所によって異なる。）

行っちゃうんです。これが基本的なやり方なんです。

山 本 それは海のばあい、海が近くにあるような沖積地なら、沖積地とっていいのか、昔多分海の底だったと思うんですけども、日本でも縄文海進とかいいます^{注20)}けれどもね、その後5、6メートル、水面が下がってその時に陸地になったようなところだと思うんですけども、そういうところは日本でも、荒川でもそうですし、淀川でもそうですが、同じようなやり方をしていますね。それが一番合理的なんでしょう。問題はその狭窄部があって、内側に遊水地があるものです。そこの改修の要求というのは強くなっているんじゃないかと思うんですけどね。土地の生産力をあげるためにも洪水をどうするかという問題。それはある意味では遊水地を減らそうという考え方だと思うんですけども、その時に河川を計画する人間としてどういうふうにそのへんを切り抜けるのかというのが、非常に難しいところではないかという気がするんです。

D うちの経験では、いまお話になっているお話に似ているケースが2つあるわけです。1つはソロ川の上流ですね。これはもちろん下流側に長い大きな河川です。それからジュネエベランというのはやっぱりスングミナサ (Sungguminasa) というところで狭くなっていて、その上が広がっているわけです。ですから少し遊水しているわけです。ブンガワンソロの計画の時に上流でヒューズ、氾濫するようにしている。40分の1の確率ですから、40越える場合があ

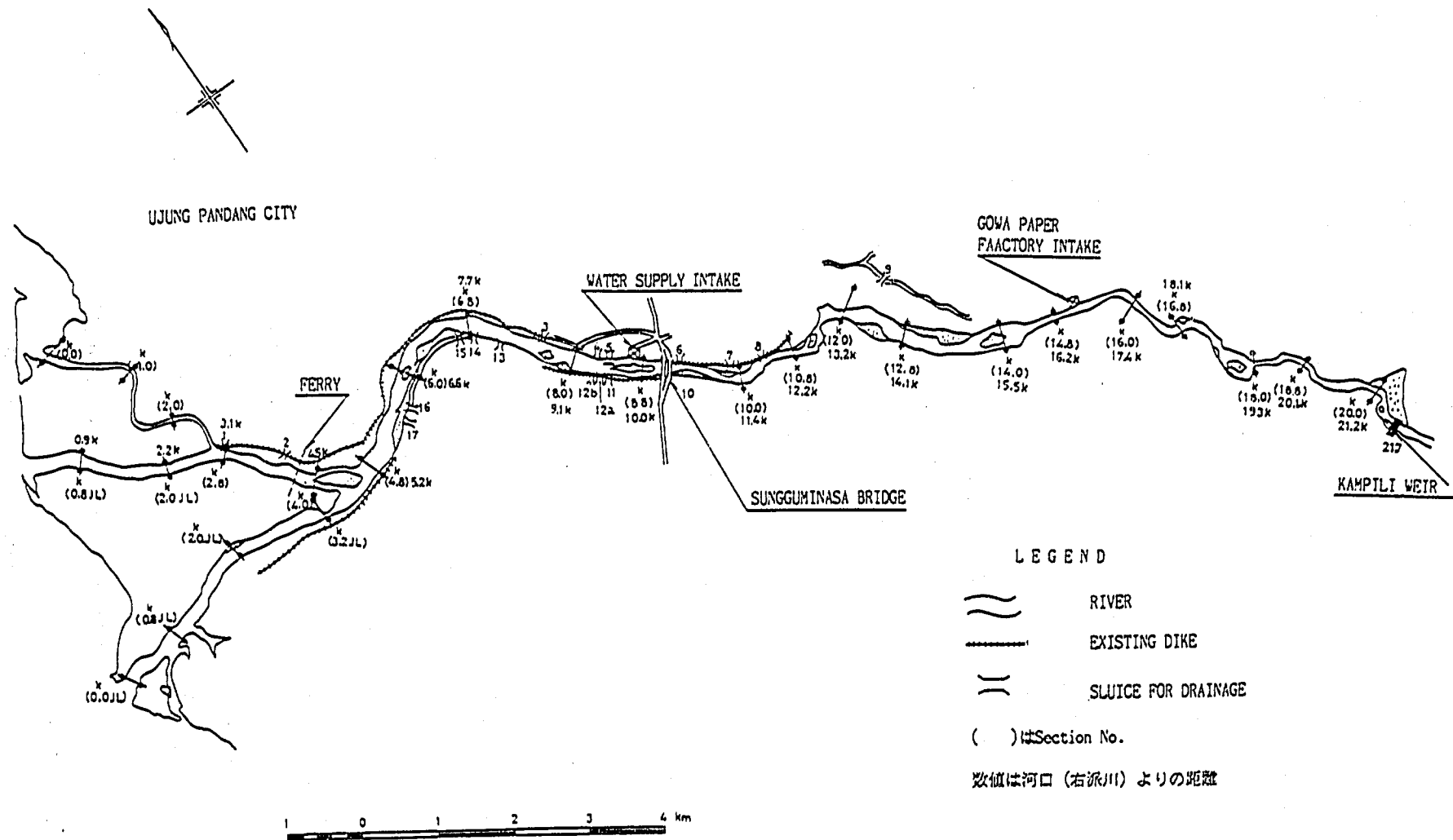


図4-3 Jeneberangの平面形状と距離標

りますね、その時は堤防を越流するようにした。切れるのではない。ジェネエベランの場合もある程度になれば切れるようになっていきますけれども。たまたまわれわれがブンガワンソロの上流の計画をやった時には、ウオノギリダムができる時期だったんです。だからウオノギリダムである程度コントロールできます。河道で少しまた洪水をとじこめると水が増えます。しかし下流に伝わるのはほとんど害はありません。こういう発想で上流改修をやっています。

山 本 今ヒューズ堤みたいな話が出たんですけれども、これは高さを低くするということですか。

D そうですね、高さを低くといいますか、大体があまり高くないように堤防を作るんです。

山 本 乗り越え堤みたいなかたちになるんですか。

F ブランタスの場合にはやっぱり遊水地を考えました。支流に2つほど自然遊水ですけど、ここでもってそのまま利用するというのと、それからブランタスの川そのもので住民が、少々堤防を低くして下流で危なくなった場合にそこから洪水が遊水するというようなのを意図的に作っています。ただ住民にはわからないようにするというのがあります。

G 山本さんが遊水地計画の話を始めたんですけども、インドネシアの治水のやり方というのは、オランダ時代には都市を守るために放水路でもって山水を皆流してしまうというのが、どこでもやられているわけです。そういうのがひとつのやり方であって、戦後の改修の考え方というのは、ほとんど日本側が資金援助でやって、設計そのものが日本の河川技術を踏襲をしたようなかたちで行われていると思うんです。だから遊水地問題についても一応利用できれば利用するということがまずありますけど、どちらかというと河道改修の方にウェイトを置いた考え方でずっときていたように思います。ところが補助をできるだけ安くしていきたいということで、河川の改修費用を減らすためにも流量はあまりあげたくないということがあって、実際には25年とか、20～30年とかいうオーダーの計画でやっているわけですから、そこでその遊水地をできるだけ活かして使おうという考え方で今までのところはきています。ところが大分都市利用が進んできて、その遊水地を住民側のサイドで利用したいという要望が非常に強くでてきている。ブランタスの先ほどの、140km ぐらいの所の遊水地。それは計画遊水地として取り込んであるんですけども、土地利用が進んできて、遊水をやめてくれという話がある。

山 本 その場合、土地利用が進むというのは具体的にどういう土地利用の変化になるわけですか。

G そういう雨期に冠水するようなところの土地利用は、水田のかたちもありますけれどもね、水がついてもいいような樹木ですか、ラモーとか果樹、そういったものを植えて、それで水ついても木は枯れないというようなかたちの利用があるんです。

F それから投機的な考えです。たとえば冠水しなかったら米が穫れる。そういうようなことがあります。

やっぱりジャワ島は土地が狭いものですから、やっぱり有効に土地を利用したいという願望が非常に高いわけです。

I 日本の場合には遊水地やったら河川区域になってしまう。

G インドネシアでは、イスラム法の影響で、土地の所有権が無く、使用权があるだけですから、

一定期間土地を専用使用すれば権利が生じてしまうし、また、河川法も無いので、河川区域ということで土地の利用を制限することができないのです。

- G 問題は土地の買収する権限をもっている役所というのが県なんです。地方の知事さんなわけ
でして、一方河川改修をやる責任をもっているのは公共事業省です。ですから土地を買収する
というのはあくまでも県に委託して、その役人にやってもらうというかたちをとるわけです。
だからそのへんで建設省がよくやっているようなかたちの土地収用というようなものは非常に
やりにくいというわけです。

- 山 本 たまたま私1月にいって雨期だったんですけれども、スマランの近くに流れている大きな川、
セラン川ですね。遊水地があったんですけれども、それはかなり立派な堤防ができています。雨
期でしたから遊水地の中はどういう土地利用をしているきかちょっと見えなかったんですけれ
ども、水がいっぱいに浸かっていましたから。堤内地側は水田利用ですね。そういう意味で
土地利用が非常に高まっているんですけれども、堤外ですね、要するに遊水地の中というのは
どんな利用をされているんですか。

- B セラン川、まさに丁度良い例があがってきましたね。この川はジャワ島の北側の真ん中より
やや東より、セマラン市の東側にでっばっている所がありますね。その半島にある火山の南側
に位置しており、ソロ川と同じ分水嶺から出て来ています。

この川は非常に緩くて、勾配10,000分の1ぐらいがかなり長い間続いています。Purwodadi
の下流で右支川ルシ (Lusi) 川と合流して、低平地を蛇行して流れています。現在クドゥス
(Kudus) より下流は西向きに流れていますが、昔は東向きに流れて半島部にある山沿いに流



写真4-1 セラン川遊水地と堤防、遊水状況, Jan. 1989

(写真提供：野田徹)

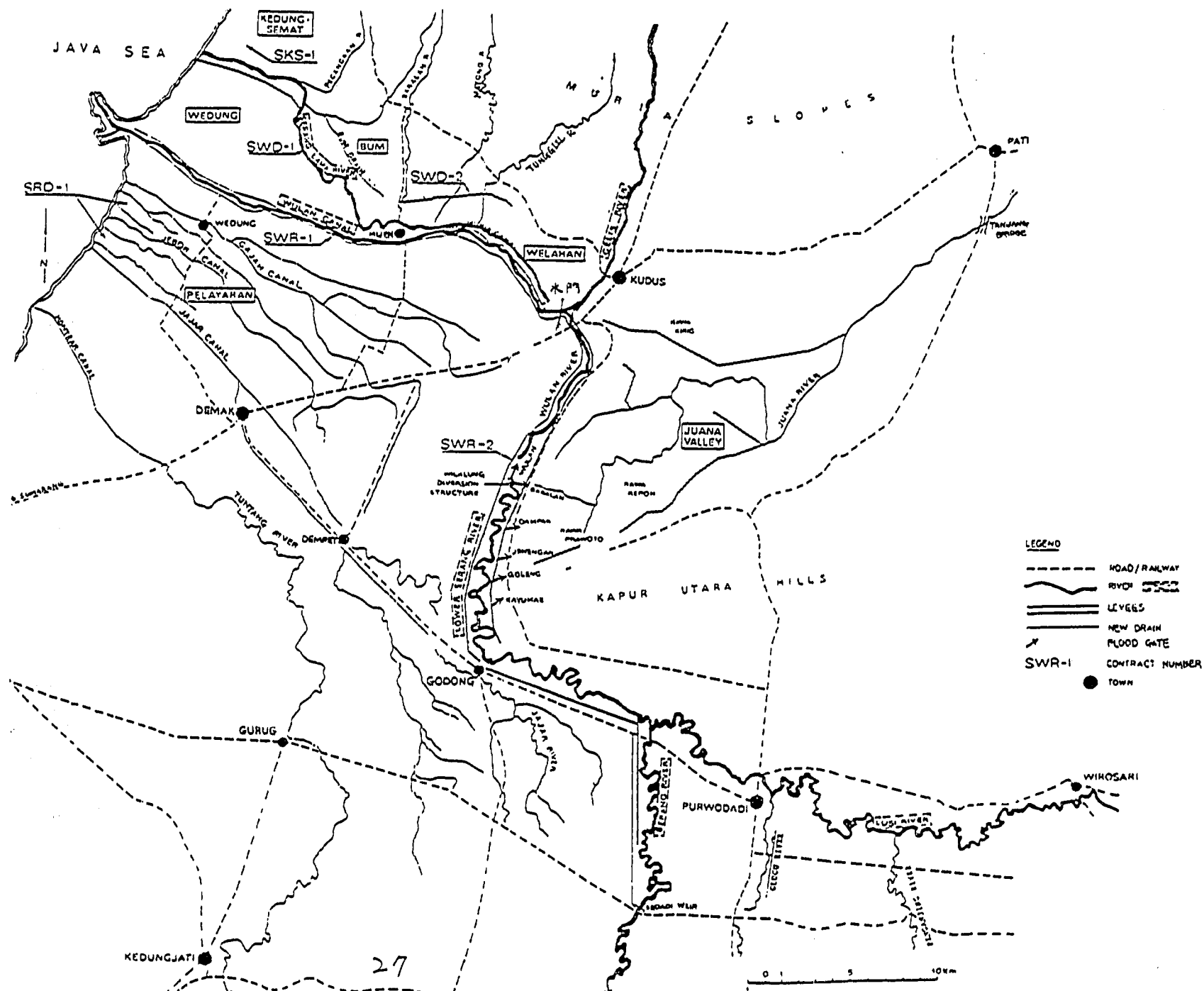


図4-4 セラン川下流部 流域図

れ、ジャワ海に流下したこともあるのです。

現在中流右岸側は湿地帯になっています。この中流部に壮大な堤防を作りましたが、右岸側に一部低い所があって、洪水時には右岸側に越流するようになっていきます。これは、左岸側が先に開発されて水田地帯になっているので、それを洪水から守るためにやっているのです。また、クドゥスの下流、セラン (Serang) 川が東に向きを変える所に水門があって、洪水時、本川には定流量しか流れないようにして、洪水はこの水門の上流の所から右岸側に流れるようにしています。

要するに、右岸側は、遊水地と放水路の機能を持っているわけですけど、このように洪水を右岸側に流すもんですから、長年の間に土砂が溜まって、湿地帯だったものが耕作可能な土地になって、農民が土地利用を始めるようになったんです。

インドネシアは3年耕すと使用权が生じるんです。基本的には、土地はアラーの神から賜ったものであって、所有権は無いんです。だけど耕作していると使用权が生じ、そこで農民は、それを自分の土地だと主張するようになって、今では洪水を右岸側にまわすのはやめてくれと言いつけています。それで頭が痛いわけで、どうしようかと言うことで、相談をもちかけられています。

オランダ時代は、これでも良かったんでしょうが、左岸側が開発されますと、こちらの右岸側も何とかしてくれという気持ちにもなってくるわけですね。

左岸側にはスラマンという大都市があったことが、このような洪水処理をした大きな理由なんでしょうね。

山 本 戦国時代の加藤清正の九州の河川の越流堤による洪水処理と似ていますね。インドネシアも、もうこういう形の洪水処理は難しくなっているんでしょうね。

C ご参考までに、これはそういうことがあるということで。マデュン川の中流部の改修の時でしたが、前の〇〇〇大臣と散々議論したんですけど。基本的には、現在遊水地計画をやる場合、実際の計画実施はやらんでくれと言われている。

この計画では、マデュンの町を救うために河道整理すると、これは下流に洪水量の増大をもたらす、被害を下流に移行させるんです。

これを防ぐためには遊水地しかなく、遊水地計画を提言すると、生産性のある土地、現在使われている土地を遊水地として計画しておいてくれと言うんです。ジャワ島のように、日本の倍ぐらいの人口密度の所で、全然使えない遊水地みたいなものは作れないんです。

つまり、計画上は遊水地となっているけど、実態上は氾濫地として残しておくということです。だから、今言いましたように、少なくともジャワ島では、今後実態上の計画遊水地というのは不可能です。

こういうことで、ブランタス川のように、現在遊水効果のある所を、改修せずに残すとかいうやり方しかないんです。

I これはあふれてもほったらかす。

- B ええ、だからブランクスはそうなっています。
- F ですからそこもただ今問題になっていて。
- G それは住民の方から困るよという言い方になってきているから、そうするとこういうやり方も出来にくい。
- F 昔は良かったんでしょうけれどもね、いまは民度が高くなってきていますから、格差を許さなくなっているわけでしょう。
- G 住宅を守るぐらいのところで、輪中で局部的に押さえっていくというような方策がいまのところ取りうる方策ではなかろうか。
- 山 本 水田耕作というのはかなりいま急速に低平地までどんどん進んでいるんですか。
- D 非常に進んでいますね。あれは一種の保水力がありまして、いいところに入っているわけです。
- G お米は非常にやっぱり収益があがりますから、ニッパ椰子などを植林するよりはずっといいです。
- 山 本 土地利用からみると開発が先に進んだのは、山際や丘陵の緩斜面の方ではないですか。水田がきれいにできてますし、イリゲーションもちゃんとやっていますし、何か下流の低平地の方がずっとあとの方だという感じがするんですが。最近になって非常に開発が進んだところかなという気がしたんです。
- G それと最近では市街地や工場用地が非常に増えてきたんで、スラバヤの東側の海に、低平地ですけれども、海岸沿いからずっと山のちょっと、丘ですか、そのへんのところまでずっと工場をどんどん作ってきている。ですから水田がどんどん変わっていつているわけです。
- 山 本 そうですね、スマランもそうでしたね。田圃がだいぶ工場用地に変わりつつありました。
- G それからジャカルタの市も東側も西側もですけれども、海岸沿いの広大な地域が工場地帯に転換しています。
- F ジャカルタよりも下流ですね、いくつかの支流を集めまして、飛行機で見えますけれども、あれを計画した時に、どこをアーバンエリアでどこをイリゲーションエリアにするか決めたんですけれども、これは数年後には全部都市化されて水田がなくなって、いま現に進んでいます、ずっと。いまそういうふうにあのへんの土地がエクスパンドしている。それからいまスラバヤですね。
- G 本当に広大な遊水地の中に住宅建設をやっているんですよ。毎年必ず。必ず2メートルぐらいの水がつくような沼ですね。そのすぐわきに住宅開発をやっている。だからそのところの遊水効果をやめて、ドライな形にしてくれという要望です。そのためにはずっと堤防をもってきて、最終的には川の方が水位が高いわけだから、ポンプでもってひっぱりだすというような計画をやっています。

4-2 上下流問題

山 本 いまのお話では河道計画といいますよりも治水計画の話だと思うんですけども、治水計画の上で、そういう土地利用の変化みたいなものをかなり読み込んだかたちで計画していると考えていいんですか。

F ええ、もうそうしないとできない。

山 本 そうするとかなり下流の河道の、河道というか流下流量が非常に現状よりも増えると思うんですけども。かなり河積が現状より多くならざるをえないような状況が出てきているのではないかと思いますけど。

I 下流の方の方が狭いんです。大きくならないんです。川幅が。

山 本 それに対してはどういう計画を、ようするに河道を掘るという絵を書いているわけですか。

D ソロ川なんていうのは大きな川なんですけれども、ブンガワンソロを全部は扱っていませんですね。やっぱり上流なら、上流を部分的に扱って計画が立てられています。途中で適当な、先ほどお話しましたショートカットするようなお話、あるいは上流にはダムができるからいいとか何とかいって誤魔化してやっていたわけですね。全川改修になったらいまおっしゃるような話が出て、小さなダムとかが必要になると思います。ジュネベランなんかですとまっすぐ出せますから、あれは日本的な改修でいけるだろうと思いますが。

F いまはちょうどソロとマディウンで改修が始まっていますけれども、ちょうど真ん中から始まっているわけです。それでその最終的な解決方法には全然なっていない。これからどうするかという問題が残されていますね。

B 山本さんがおっしゃったように、上流で改修すると問題になるのはその下流なんです。マディウンで誤魔化した話をしましたけれども、アッパーソロも同じですね。これは掘り込み河道方式をとっていて、そして蛇行部を直線化する計画です。改修部分の下側 (Surakarta)、要するに下流ですね、そこがソロ (Solo) の町の下流になるわけですが、そこから狭窄部が始まります。そこに橋がありまして、そこが改修の終りなんです。そのその橋の付近では水位が上がる。どう計算しても上がる。アッパーソロの改修をやることによって、改修区間の下流付近ではどうしても上がる。これはよくいっています。それでそれから下はどうかといいますと、狭窄部がずっと続くんですよ。やはり狭窄部だからそこは被害はないだろうというんです。その下流が最近また騒ぎ出している。まだ改修工事もなにもしていないうちに騒ぎ出して、洪水がやたらに多いといいだしているから、改修のせいじゃない話なんですけれども。そこは誤魔化したというか、そっちは改修計画に入っていないんです。入っていないからぶんなげておいていいだろうと、それにその狭窄部がかなり10数km 続くから影響が小さくなるだろうと、それでほったらかして計画をする。

D その時に、理由は、いわゆる確かに小さな流量では洪水は増えますと。当然のこと、当たり前ですけども、河道に洪水をコンファインしますから。そこへウオノギリダムができるから、大きな洪水は皆コントロールされていると、ですから確率的に表示をすればしたと同じですよ

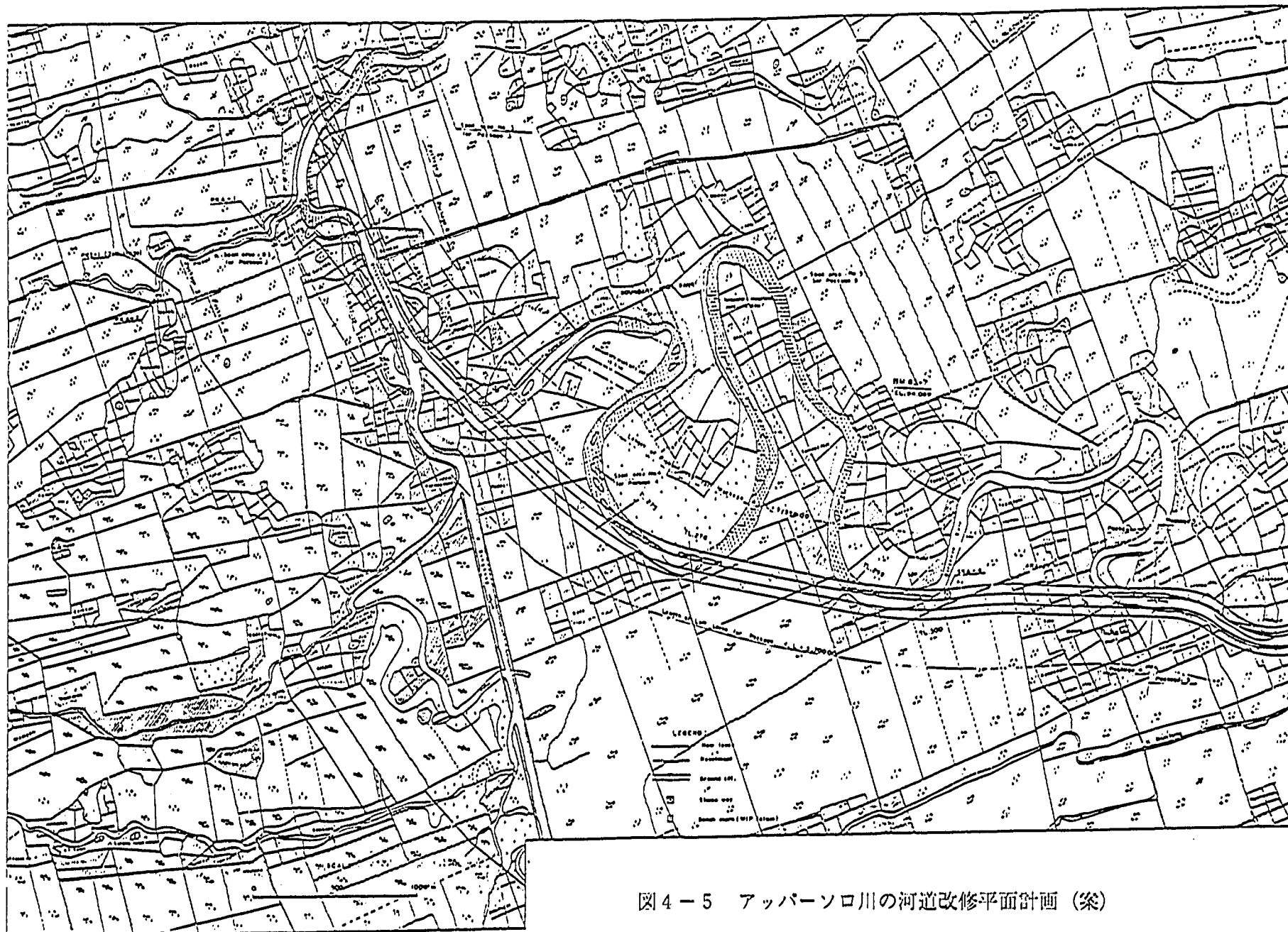


図4-5 アッパーソロ川の河道改修平面計画 (案)

という表現にしたんですよ。

B それでDさんのところ〇〇君がいて全部計算しなおしたんですよ。ウオノギリダム下流だけで考えるとどうしても悪くなるけれども、その時にはウオノギリダムの壮大な調節効果も含めて治水効果を評価するということで下流の改修をつなぎとめた。確かにウオノギリダムは $4,400\text{m}^3/\text{s}$ を $400\text{m}^3/\text{s}$ にカットする計画となっているから、プロジェクト全体としては遙かによくなっている。

F その後でわれわれがやりましたのは中流部、セラカルタの区間は、それはそれなりにダムの効果があるんですけれども、そこを改修するとその水が下流増えてくるわけです。そうするとその下流、セラゲンでは、ダムを作った時には効果があるんですけれども、そのあと上流部を改修しますと、ダムがない状況にまた戻ってしまうという結果になってしまうんです。実際は。

4-3 ダム

山 本 いまダムの話がちょっと出てきたんですけれども、治水計画を考えると全体の中でダムの位置づけというのがあると思うんです。ダム、遊水地、河道改修、この3本柱でなんとか洪水を処理しているわけだけでも、ダムというのはどちらかというと水資源開発という観点がインドネシアの場合強い。その中で治水の位置づけというのがどうなっているんですか。

B ダム計画ですか。ダム計画で治水を積極的にやっているなんていうのはウオノギリが最初ですよ。それまでは治水効果を皆うたっているんですけれども、いわゆる操作しませんから、操作なしで治水効果なんていうのは、下手すれば状況によっては悪くなるわけで、それはいついたんですけれども、だから積極的にそれを取り入れているのはウオノギリダムが最初です。こいつはこれまた壮大で、4400トン[※]を400トンにカットするんですから、9割カットなんです。日本では考えられないです。そんな状況で、治水をやっているダムはウオノギリダムだけじゃないですか。大きいというよりいわゆる治水のための操作ですね。

D あれはインターナショナルにいいますと、脱コントロールといいますけれども、いま山本さんがおっしゃるようになるとかくコントロール容量をもたないダムが、確かにフラッドコントロール効果があるんです。あれはだけどダムそのもののためのサーチャージなんです。だから目的外ベネフィットはあるけれども、まあ、フラッドコントロール効果はある。だけど本当にフラッドコントロールからみたら一番いい切り方をしているかどうかというのは別なんですね。

B 水が溜まれば溜めたいだけ溜めるに決まっているわけだから、溜まらんで困っている時に洪水がくれば、それはそこで効果がある。だけどいっぱいになっている時は決して無効放流をしないという。

D ちょっと話は他の国にいきますけれども、タイのブミボンダム、シリキットダムという、90億トン[※]ぐらいの容量を持つダムがチャオピア川にあるわけですが、あれなんかは下で洪水になっても水を出しているんですね。発電のために。だからやっぱり違うんですね。それでフラッドコントロールの効果があるといっているんですね。ないことはないんですが。

G ないことはないですね。遊水するわけだから。

D われわれが考えるような目的で使われていないものですから不十分だと。

F やっぱり操作をみていますと、どうしても水資源利用という観点から見て操作する考え方が多いですね。後はそれだけ洪水防御のウエイトが低いということがあるんですね。パワーの方がよっぽど強いですからね。

水車を回せばやっぱり金が入ってくるわけですから。

山 本 今後はどうなるんですかね、そういう治水効果、ある程度、かなりちゃんと日本みたいに位置付けたダムができてくるのですかね。

G 難しい気がするな。

F やっぱりインドネシアを取り上げる場合には、水資源として取り上げていますので、どうしてもやっぱり利水の方にウエイトが大きいような感じがしますね。まさに向こうのポリシーなんでしょうけれども。

G やっぱり農業、米の生産というのがまず第一ですね。

山 本 大体自給ができるようになったという話ですね、ポリシーも変わるような気もするんですけども。

G まだまだちょっと難しいでしょう。米が完全に多いというまでにはならない。

山 本 いまの話を聞くと、大きな川は河道計画より治水計画が問題ですね。水系一貫というかたちでなかなか処理できていないというのがどうも現状のような気がするんですけども。

G 一応大きい川は計画は作ってあるんだけど、現にその計画を作った時点での現状追認のようなかたちの、誤魔化しというか、なんとかつじつまを合わせるかたちの計画になっているのが多い。それを今度、いまいった土地利用の変化ということで見直しをしなくてはならないという時代に入ってきているという感じがします。

第5章 河道計画

5-1 河道計画の基本的な考え方

山 本 河道計画の基本的な考え方についてなんですけれども、河積を求めるのは、日本のやり方と基本的には同じですか。流下能力見合いと考えていいんですか。低水路と高水敷の流量、負担割合が問題になるんですけれども、低水路の河積というのは、どういう河積であるべきかという考え方はあんまりないような気がしますけど。日本でもないですけどね。

H 日本の応用ですね。

D 支配流量とか称していますが、本当にあれでいいのかどうかということですね。

H 河道が安定しているだろうというようなところをまねして、そのぐらいの深さとか幅を考えるとというのが普通じゃないですか。

山 本 大体現況主義と考えていいんですかね。

H 現況で、その近傍で安定しているような断面のところをまねして、そうすると大体1年に1遍か2遍ぐらい氾濫していますわね。現地河川で。そのぐらいの流量が低水路に。

A インドネシアの川を見ていて、複断面河道というのはあんまりないですね。あれは何ですかね。

H 堤防もないし。まあないところはですね。

A いや、堤防のあるところもですね。断面が、〇〇〇〇〇川の中流改修のところなんか、大体川幅いっぱいザーッと流れているんですね。

H 町が両側にある。土地利用の関係じゃないですか。

A やっぱ川幅が制限されているということですね。

H 随分高水敷がありますね。それも続いてある。チマヌクの下流も堤防がありますけれども、そこもずっと広い。もちろん捷水路も。けっこう蛇行していますから、近くなったり離れたたりしていますけれども、平均的にみればもちろん複断面のものもあります。洪水時期は、いろんなものを耕作していますからね。

山 本 日本の河川の場合には、一たん川をつくって、それからそのあとにまた計画洪水量を大きくしたりして、どうしてもしょうがなくて、川幅を広げたり、低水路を大きくしたりする事例が多いんですけどね。初めていじくる川とすれば、なるべく現地に対応した、あまり無理のない川をつくるのがいいと思うんですけども、大体そういう考えでやっていくんですか。それともそうでもないんですか、現実にはもっと低水路を大きくして、堤防間幅を狭くして流そうという計画もあることはあると思うんですけどね。

G なるほどね。

D 川の置かれている位置によっても違うでしょうね。だから、ジェネベランなんかは、やっぱり低水路を少し大きめにとって、といっても日本の基準からあんまり逸脱しないようにですね。支配流量的な話をすると、本当にどれがいいのかわからないんですけど、1.5年とか2年ぐら

いのところへおいて、たしかやったと思うんです。そうすると、随分違うんですよね。あれはちょっと低水路を大きくするだけで、流れ方は随分違いますね。

H 問題は、普通は川縁に家がずっと張りついているんですよね。だから、堤防を外側になかなか作れないから、そういう区間はどうしても低水路のぎりぎりのところに堤防を作らざるを得なくなるんです。

山 本 日本の河川も、昔、自然堤防上の堤防沿いに家が張りついていた所では川幅は狭いですね。

H 家がないところは複断面にして、余裕を持ってというかね。家の接近しているところは、低水路で稼がないと、どうしようもないです。家のほうで決まるほうが多いんですからね。たまたま堤防をつくらない場合の話はどうするかとういことなんですけれども。

G インドネシアの固有の河道計画の考え方というのがはっきりあるというのではないんじゃないですかね。日本側が技術協力をして、手当を入れているという川について、やっぱり複断面ができれば複断面を作っていくという考え方でつくっていると思うんですけどね。オランダ時代作られている川というのは、必ずしもそうではないように思うけれども。

山 本 オランダ時代に改修した川は、私も二、三しか見てないんですけれども、都市防衛的な河川改修が多くて、放水路ですよね。

G 放水路計画が非常に多いんですね。

山 本 で、全部直ちに抜いちゃうという考え方だと思うんです。日本の明治改修も似ていますからね。かなり、荒川、利根川、淀川もみんなそうですね。あと、先ほど話が出てきたんですけれども、低水路の満杯流量ですけれども、さっき言った、1年に1回とか2年に1回ぐらいなんですか。

G あんまり考えてはいない。日本のを応用できればそれでやっているから。

山 本 どうもだけどソロ川の話、データを見せてもらおうと、毎年毎年氾濫しているようなところがあるんですよね。そうすると、そんなものはもう0.5年に1回だとか、そんな河道になっているんじゃないかなという気がするんですけど。

D 現況の河道ですね。そうでしょうね。だからあれを、現況河道をそのまま踏襲すると、えらい高い堤防を上げるか、用地を買収せにゃいかんから、あそこ、低水路を少し大きく取りますと、えらい流れるんですよね。これはえらい稼ぎますのでね。この限界にするかという話なんですね、いつも。

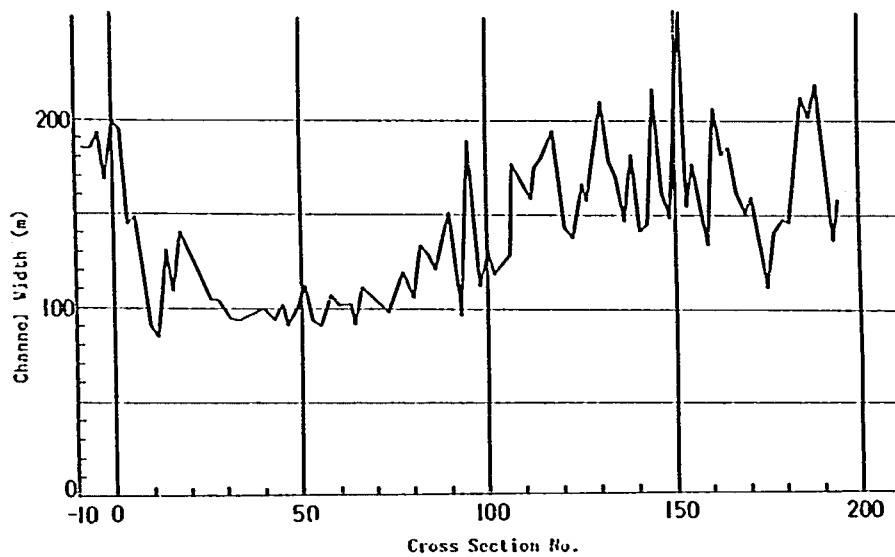
G 大体川幅に比べて、必要な流量が大きいからね。だから低水路を深くして、幅を大きくしないと、計画流量がのめないという計画が多いということですね。

山 本 そういう意味で、インドネシアの自然の河川というのは、氾濫が日本の河川よりもしやすいような気もするんだけど、ソロ川だけかしらんですけどね。

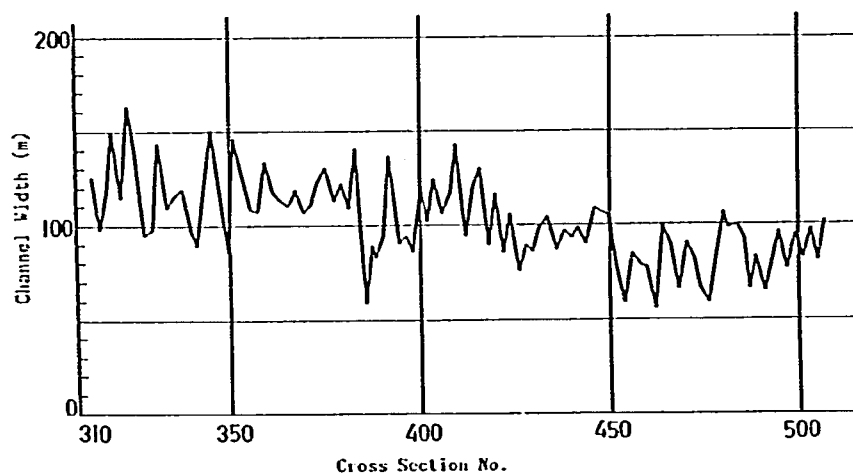
G 自然の川として。それは氾濫しやすい。

山 本 そうすると川が下流で大きくならないということもあると思うんですけどね。

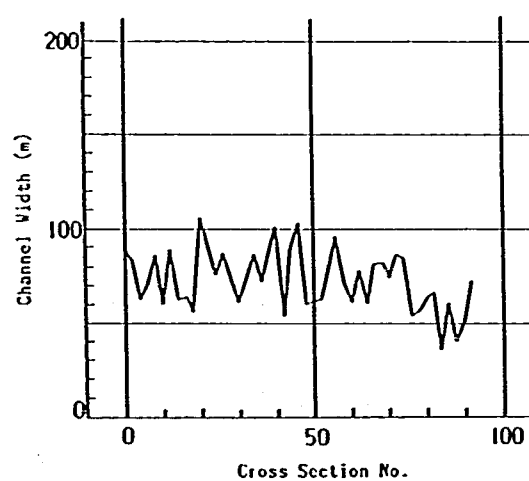
D 大きくなってませんものね。



Lower Solo 川の川幅変化図



Upper Solo 川の川幅変化図



Madiun 川の川幅変化図

図 5 - 1 Solo 川の川幅変化図
(Section No. は図 3 - 8 参照)

G 非常に小さいですね。

D ブンガワンソロ。

H そうですね。同じ川幅ですね。

E ほとんど同じ川幅ですね。

山 本 非常に難しいんですね。氾濫しない川を作ろうとすると、下流側の河積が、現状とかなり大幅に変わった川を作らざるを得なくなる。

E しかし、あんまり騒がないからわからないんですよね。日本みたいに。

D だから、これから順に改修していくと。上でコンファインすると、下が大変になってくるんで。

G でも、これからだんだん苦しくなると思うね。下流の改修工事なんかすると。

山 本 これからそういう意味で、氾濫戻しをどうするとか、氾濫を全部受入れない計画を立てるのかと、その辺が非常に、河川改修のときに非常に大きな問題があるね。どうどこまでを許すのかと。

H そうですね。氾濫をどの程度許すかということですね。

E どの程度まで許されるかという、逆に言えば、それはあるんじゃないかと私は思ったんです。日本みたいに、全然とめてしまうのか、それともある程度は仕方がないんだということにするのか。その、ある程度仕方がないとしたら、どの程度まで許せるのか。

5-2 安定河道

山 本 河道の縦横断計画についてなんですが、これはあまり微細に詰めていっても、ある意味では無駄なことだという気がするんです。かなり大雑把、ラフといった方がいいのか、そういうところで一応押さえて計画論を立てざるをえないという気がするんですけどもね。大雑把でもいいけれども、こうあるべきだという指針がない。必要な気がするんですが。なんていうかな、日本でいうと縦断形なら既往の縦断形を見てそれに合わせる。これもひとつの基準だと思うんですね。

D ジェネベラン川なんかでは、ある基準河床高、計画河床高があり、その線に基づいて、維持を図る、いわゆる砂利採取を止めろというのはなかなか難しいんですね。ただ河床低下をそのまま放っておくかという、そうでは無く、やっぱり止めているんです。そういうふうにしなればいかんと、床固めを作って。それでなるべくいわゆる安定的な金のかからない河道を維持しようというような考えで相手にいっていますよね。いろんな説があるんです。床固めしたらそこに砂が溜る、掘りやすくて皆また掘ってくるんじゃないかという話もありますし。

山 本 床固めというような工法、日本では、最近河床が下がって床固めを計画するところが増えてますけど、現実にはそういう意味で河床が下がってくると、構造物を守るためにやらざるをえない状況が多分出てきているんだと思うんです。

D 来てますね。

- G たしかにかなり自由に計画ができるという立場でものを考えた時には、そういった指針というものがあれば、理想的な断面形作れるし。
- D 都市化された所で河道計画をやろうとする場合、用地の制限ね。ある程度、こちらの方で川幅を広げてここは押さえておくといったような指針というかそういう案を作るんですが、実際にできないということで、結局単断面でかなり幅を狭めて深くして流速が余計とれるような断面に修正せざるをえないという状況がかなりあります。
- F 最初はいろんなクライテリアを作りましたが、やっぱり向こうのポリシーに合わせてやっぱり土地利用を考えて、そいつにそれをフォローしなくてはいけないという……。
- 山 本 日本も同じですけれども。
- F ですから理想的に言えば非常に土地を大きく持って、将来の余裕をもっておきたいというのはあるんですけれども、なかなかそれは難しいですね。この頃はやっぱり事務官が非常に強いですからね。昔のようにはいかないですね。
- 山 本 河道計画の話、もう少しディテールに入りたいと思うんですけれども、放水路等でも非常に安定している放水路は、オランダが作ったやつであるという話ですけれども、日本からいろんな援助で河道を作りつつあると思うんですけれども、この時、河道の安定というようなことに対しては何か配慮しているんですか。
- D 一応河道安定はちゃんとみるということはやってます。
- F うちをそれをいつもいっていますね。
- 山 本 一応日本でやるようなたとえば定規断面を作って、そこで河床変動計算や流砂の連続性みたいなものを一応チェックしていく、そういうやり方をしているんですか。
- D だけど何年後を見て河床変動を評価しているんですか。10年前後ですかね。
- 山 本 日本でも、標準的な考え方があるわけではありませんので、今後つめて行く必要がありますね。ところで河川をまっすぐにすると、勾配が大体2倍ぐらいになります。当然掃流力が大きくなりますから、河岸侵食なんかも起きやすくなるだろうと。そういうところへは何か特別な考え方でやっているんですか。
- D 蛇行を修正するわけですね。修正した上でなお、水衡部には護岸を入れますし、後は水制入れてですね、なるべく流向を整理するというんですか、ぶつからないように石を積んで、計画しますね。
- 山 本 あんまり蛇行の直線化はやっていないですか。
- D アッパーソロを見ますと、もう何年も前に参加したんですけれども、その計画立てている数年前に蛇行が独りでに切れたというのがありました。蛇行があまり激しすぎれば整形せざるをえないというところはありますね。ただ、一時流行った直線にしてしまうというような考え方ではなくて、ある程度水の流れにしたがって整形はしていかないとだめですね。放っておくと自然に切れるし、増水するのが多くなりますので。ジェネベランの場合まっすぐですから、なんの害もないですけれども。

G ショートカットしたのがまた蛇行を始めないか、それが非常に心配ですね。

山 本 河岸の侵食の防御を何もしないと、多分また侵食というのか、蛇行を始めると思うんです。そのへん、どこにどう護岸を入れていくかというような話までは、いまの計画論ではやってないんですか。

G 切ったところには大体入れています。

F 入れているけれども、それはどの程度下流にまで入れるかというのはいまのところはいえませんがね。大体水衡部になるだろうという所には入れています。

G ブランタスでも。ショートカットしているところがありますか。

F もともとオランダ時代に堤防ができちゃっていますから。ですからありません。河道を下げるという話で。

山 本 蛇行はそのままにして……。

F この川はあまり蛇行していません。

B インドネシアは結構人工河川が多いんですよ。オランダが排水路を随分つくっているんですね。都市が発達すると、そこに流れている川をまとめてドーッと海まで抜いてですね。それは、見た印象だけど、わりに安定している川なんですね。その典型的な例として、ジャカルタに、オランダが70年ぐらい前につくった放水路があるんですよ。町の中をインターセプトして、ぐるりと町をまわしているんですね。そいつが、いわゆるレジームセオリーにぴったり合ったというんですね。堆積も侵食も起こらないといって威張っているんですね。そう言われてみればそうかもしれない。人工河川ですけども。

山 本 砂州ができるほど川幅が広くないとか、粘性質の土質であるとか、そういうこともあるんでしょうね。

B それもあるんでしょうけどね。

E 掃流力とか。

山 本 掃流力がちょうどいい値になっているかもしれませんね。

B 蛇行しているところをポーンと抜いたりなんかして、非常に安定している。ジャワ島の北岸に、日本の東海道デルタ地帯みたいなところがあるわけですね。その都市というのは、大体そういう川を持っているんですよ。それで、洪水処理しているんですね。

山 本 多分あるんでしょうね。安定した川。多分流速と河岸の物質とか、そういうのが絡んでくるんですね。

B 河岸は、いわゆるシルトみたいなものばかりですからね。

山 本 ちょうどいい流速みたいな、それ以上の流速になると、掘れちゃってね。あるいは逆に広がると、たまったりするんですね。そういうものじゃないですかね。

H 何かあるんじゃないかと。

B まあ、元祖はインドで発達したレジームセオリーにあるわけだけだね。^{ie21)} 基本的に何か共通しているのかもしれないですね。だから、その低平地に流れている人工河川は、それなりに共通

しているものがあるのかもしれないですね。

藤 田 低水路の幅みたいなものの決め方というのは、何かあるんですか。

D 川幅・水深比みたいなものをひとつ参考にしますが、それとあとは現況の川幅を参考にする。大体が1年に1, 2へん, 氾濫するようにできているんですな, 自然河川というのは。だからそれを1.5年とかぐらいにする程度の低水路を作る。そう大きくはやらないわけですね。

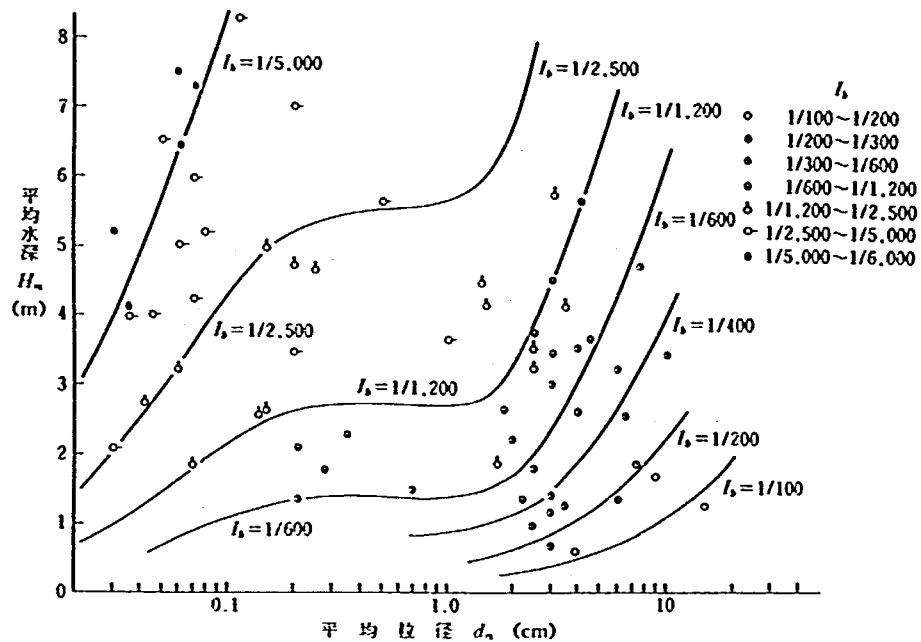


図5-2 日本の河川の平均年最大流量時の水深と d_m , I_b の関係

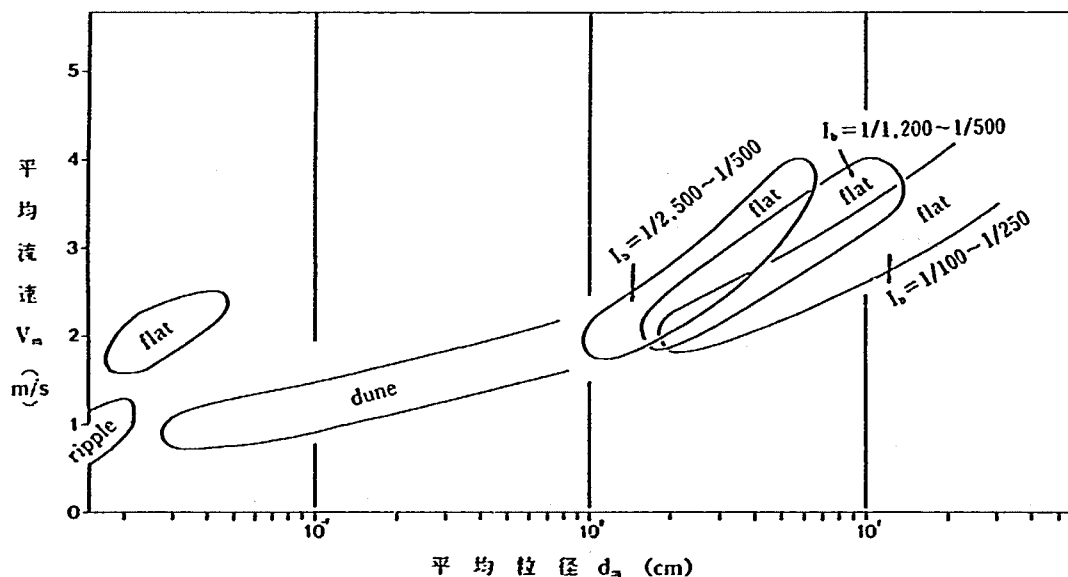


図5-3 日本の河川の平均年最大流量時の平均流速と粒度の関係

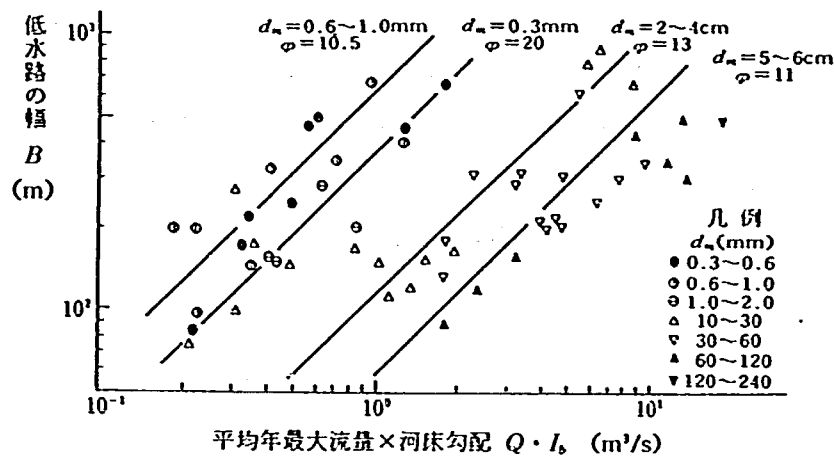


図5-4 日本の河川における低水路幅 B と $Q_m \cdot I_b$ の関係

山 本 土研の方で、低水路のスケールというのは何で決まるかということについて、日本の河川を使っていろいろやっているんですけども、^{註22)}結局、掃流力、流速なんですよ。やっぱり流速を早くするとその川は侵食ぎみになるわけで、あるいは粒径が変わってくる。川幅が大きくなる。そういう話になるけれども、そのへんをもう少し土研の方で整理して、なるべく早いうちに河積、あまり維持しないでいい河積とはどういうものかというのを、ちょっと示していきたいと思うんです。大体それも、もうなんとなく見えてきたところがあるので、それをインドネシアの河川もある程度適用できるのではないかという気がしているんです。たとえば蛇行帯の河川をショートカットでばっと切りますと、川幅が大きくなるんですね。どうも昔の河川と同じぐらいの流速になるような川にアジャストするようだとか、そんなものがだんだん見えてきてますから、川幅の設計もある程度理論というか、経験的理論だと思うんですけども、そういうものを通してものが見えてくるのではないかという、そんな気もしているんです。問題はインドネシアの場合は、SSの濃度が高いので、河積を大きくした時に、そのSSがどうたまるかとか、そういうのを少し追及していかないといかんのかなという気がしているんです。

B うわっつらに溜まってまたすぐ流れちゃうんじゃないかというような気がするんですけども。浮遊で流れるやつというのはダムでも解消しないでしょうね。ダムを追加してもそのまま流れてしまうような……。

山 本 ダムでも溜まらないということはもう粘土ということですね。

B そうするのが非常に多いだろうと思うんです。

I 皆河口に溜まってしまう。

B それは河口にいきますと、どうも何か塩水の影響で沈降する。河口を見ると非常に澄んでいきますよね。それはどこの国でも同じでして、そこはどんどん、どんどん溜まっているのではないかと思うんですね。

I ソロ川の河口なんていうのはもうヘドロ、われわれの有明みたいな干拓洲、あんなかたちで砂が溜まって。

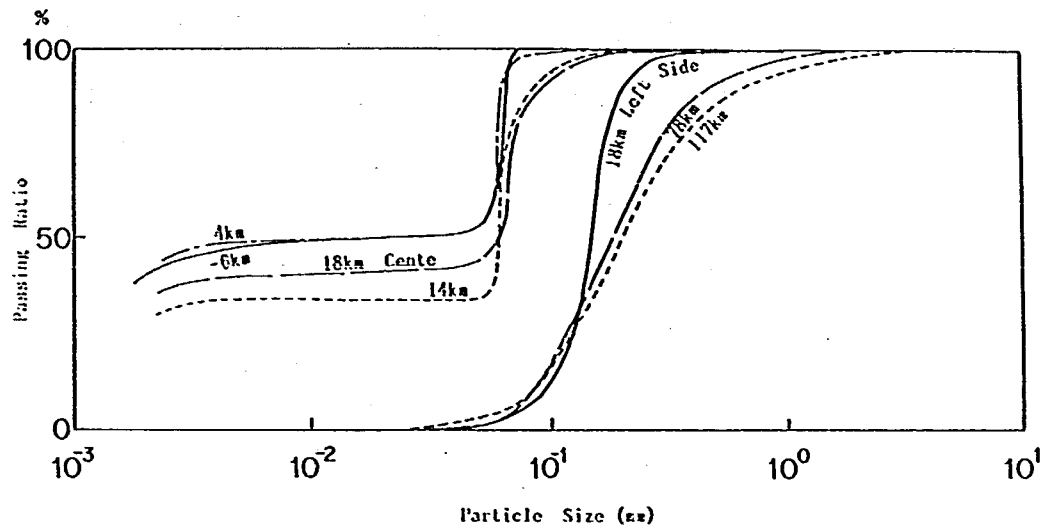


図5-5 河床材料粒度分布図 (Lower Solo)

- B 塩水につかってどんどん沈澱していくから、河口がどんどん前進する。
- 山 本 コロイド的になって沈降，フロキュレーションが起きるんだと思うんですね。中流部はいいですけども、塩水にプラスのイオンかなにかあると、昔勉強したけれども、そんなのがくっついて凝集するらしいんですけども、中流ではあまり溜まらないと考えていいですかね。
- B 中流に溜るやつで非常に顕著なのは、火山の噴火でできる砂です。
- 山 本 そっちの方が河道計画にとって問題ですね。

5-3 河床変動と高水敷の土砂堆積

- 山 本 河道計画では、山のほうからの生産土砂とか、その変動みたいなことは、考えながら何かやるんですか。
- G やらなければいけないという形ですけれどもね。抑えようがなかなかないわけですね。それは砂防でやるという考え方ですね。ただ、その噴火が、必ずしも周期的に、正確にやって来るわけじゃないから、ブラントスは噴火してから22年たっています。支川の流域、噴火の砂を運ぶべき支川の河床が、かなり低下して、農業用水の取水とかに影響が出始めています。ただそれは、現在は人工掘削という影響が非常に入ってしまてね。日本の1960年代頃と同じで、いろいろの建設材料用の砂・砂利の掘削とか、盗掘とか、支川の採取は人工的だけに大きいんでね。むしろ河床低下だという状況なんですね、問題は。
- 山 本 それはかなり日本と似てますね。インドネシアも、骨材料需要が非常にあって、大分河床が下がってきた。そういう意味では、河床上昇に対しては、何らかの対応ができるというか。
- G ですから、前の上昇して非常に困るという時代から比べると、現在はその辺が、対応する方策はあるという感じはしますね。
- C 僕はブラントスしか知らんけれども、まだ、河道は下げたいんだけど、中のほうへとってくればいいんだけど、何しろ河岸の近くでね。それでどんどん深掘れしてね。

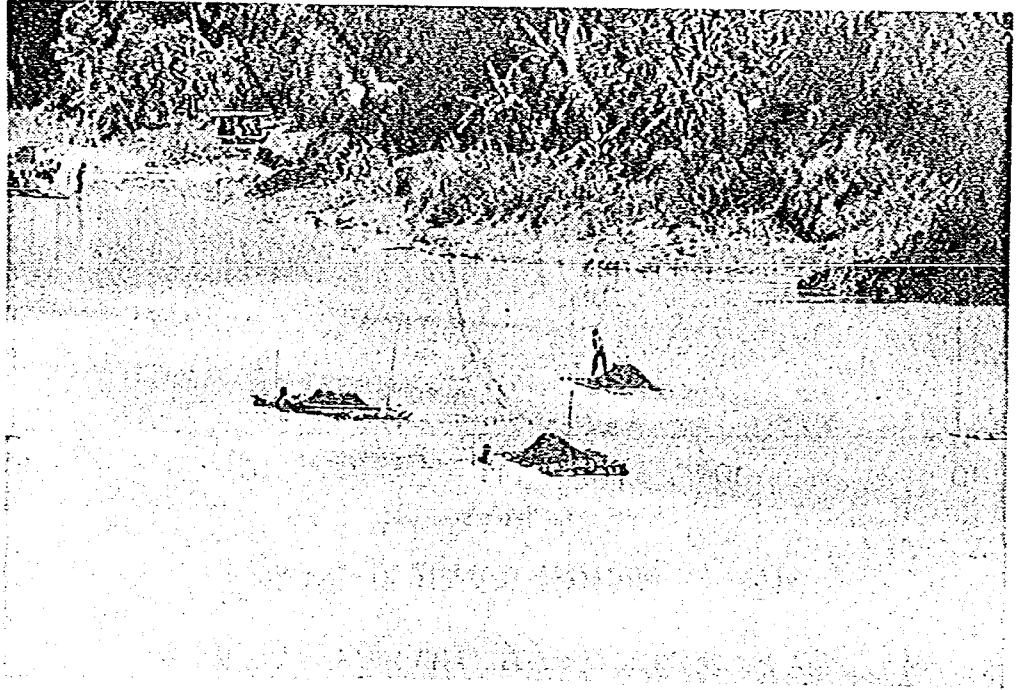


写真5-1 砂利採取のようす

(写真提供 鶴木和夫)

- G 河道計画としては、いま大体下がってきた形で、ほほいいという状況じゃないですか。
- C マディウンの河川改修をやっているところはどうだったんですか。また、計画断面としては、中のほうがまだ計画河床よりも高いでしょう。
- E それは、移動河床ですからね。必ずしも設計どおりの河床がキープされるかという、それは非常に難しいと思いますよ。いまおっしゃられたような話というのは、その辺がはっきり、たとえば噴火のサイクルにしても、何にしてもわかりませんのでね。ちょっと下がると、人工的に下がったものであっても、計画が悪いかというような指摘が出てくるわけですよ。その辺の話を説明しておかないと、いろいろ問題があるということなんですけど。
- 山 本 それで、日本の河川よりは、火山という影響があって、河床の上下動が大きく、1オーダーぐらい大きいようですね。
- G 非常に大きいですね。そういう意味では影響が。
- 山 本 もうひとつ考えなければいけないのは、ちょっといい忘れたけれども、SSの作用ですね。高水敷の上昇速度が非常に速いというのが川をみるとすぐわかるんです。堤外、堤内の地盤高が全然違うんです。道路、橋を見ていると。その速度があまりにも早いと、普通われわれ計画する時にあまりそんなことを考えていませんけれども、インドネシアの河川の場合にはそのへんのことまで頭に置いておかないと非常に問題になるかなと、ただ本当にそういうものをどういうふうに計画論の中に入れ込んでいくかというのは、誰も考えないんじゃないでしょうか。
- G 計画論で全部辻褄が合うようにやろうと思うと、お金がたくさんかかってしまって、ローンの範囲ではできない。問題は、途中でちょんぎって捨ててあるわけだ。あと適当に自前でやっ

From 1890 to 1972

てくれという感じで。

—66—

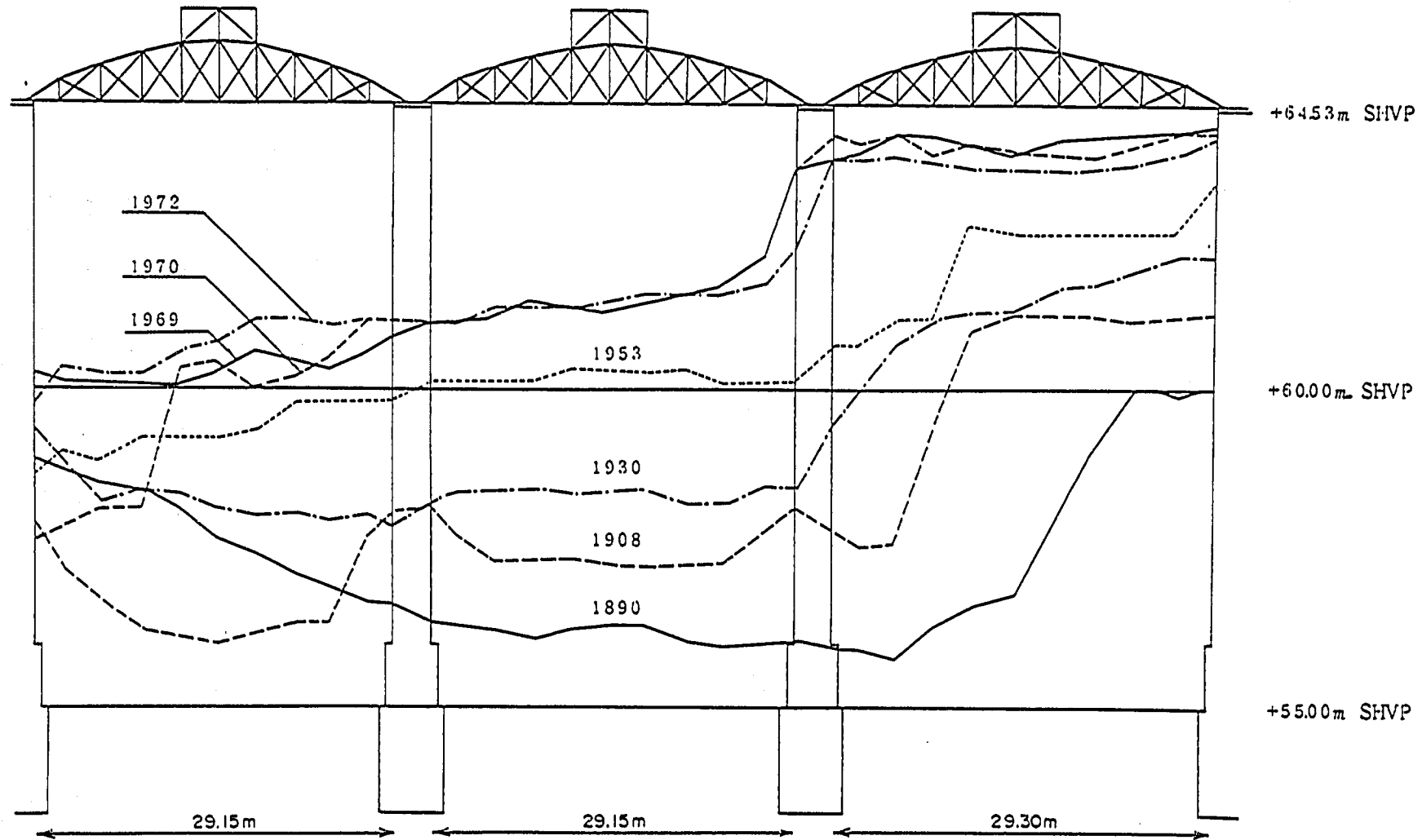


図5-6 Madiun 川における河床変動測定の実例（横断方向の変動）

5-4 捷水路

山 本 ショートカットの計画をどう立てていいのかというのが、ちょっと見えないところがあるんですが。

D いわゆる純粹テクニックの問題が一つあるんですけどね。そのほかに、やっぱりプロジェクトを推進するためには、やっぱりベネフィシアルであるかどうかということが出てくるわけですね。ですから、たとえばショートカットの話ですけど、土地が生み出されるなんていうメリットは、本来的に河川が持っているメリットなわけですね。大量の土地が生み出されるわけですよ。いまの評価の方法ではそういったのがベネフィットに入らない。エンジニアリングというのは、経済が入ってくるわけですから、そういう観点からも、やっぱり河川計画というのは、なされるべきではないかという気がするんですね。

もう一つは、先ほどちょっとお話が出た、ショートカットした場合に、下流だけあけておいて、黙っていれば。

G ふさがってしまうと。

D ところが、ローンなものですからね。そんなことをやっているとベネフィットが出ないわけですね。いつも金をかけておいて氾濫するわけですから、これはまずいということになるわけですね。そういった、いわゆる自然の力を利用した工法がどこまで入り込めるのかというのもあるような気がするんですけどね。

山 本 土研にもときどき、いろんなコンサルタントから、海外の仕事の話で、こういう河道計画でやるんだけど、どうだろうかという話があるんですね。やはり大体蛇行帯の河川を真っすぐにショートカットして、洪水の流下能力を増加するという計画なんですけれども。そういうショートカットの計画で、かなり河川改修がなされていると思うんですけれどもね。現実には、ショートカットすると、またいろんな問題、勾配が急になりますし、洪水の侵食能力も高まって、新たに侵食が起きたりする可能性もあるんだと思うんですけれども、どういう設計思想でショートカットをするんですかね。

G ソロ川がですね。いまやっておりますが。

I マデウン川とアップーソロ、E社さんがやっておられたときに、よく会談で聞いてたんですけど、何かかなり長い区間ショートカットされたんですね。だから、蛇行のループが幾つもあるわけです。それで、ショートカットされると、河床勾配がかなり変わってくるんですね。そのときに、チェックダムみたいなものを、落差工みたいなものを置くというようなことを設計されてましたね。チェックダムを間に一つぐらい入れなきゃだめなんだというような。

山 本 勾配がきつくなって、掃流力が大きくなるんで、それによる河床変化を防ぐために、床固工みたいなチェックダムというんですか、そういうものをつくるという考え方だと思いますけれども、実際にそういうことでチェックダムやなんかをつくったりしているんですか。

D やっぱりソロ川の上流の改修で、床固めをやったわけですよ。計画としましてね。そのときは、〇〇さん、計画課長ですね、と相談しながら、あと〇〇さんからのいろんな御指示があり

ました。いわゆる河道改修をやるときは、まず、今のまま置いておくと、蛇行がどんどん進んでいってそのうちショートカットが起きるだろう。護岸工をやっても、えらくかかるだろう。それを抑えるために、もうちょっと法線をスムーズにしたほうがいいということになりました。もう一つのスムーズにする理由は、用地買収がいまならできるんじゃないかということなんです。そういうような発想で計画を立てたことがありますけどね。考え方としては。

山 本 ショートカットした後に、川がどう変わるかという話が一つあるんだと思いますけれども、それについて、何かいままで見たり聞いたりした話で、あとで困ったとか、特徴的な侵食が起きたとか、川が下がったとか、そんな話があれば教えていただきたいと思うんですけど。

II あんまり聞いたことないね。彼らはもう自分たちでバンバンやっていますね。ショートカットを大胆に。あんまりそのために河床が下るとは聞かないですね。

山 本 ショートカットしたところの地面、土質が一つ関係してくるんだと思うんですけどね。河床が粘性質だったりすると、なかなか掘れませんしね。その辺どうなのでしょう。河床がたまたま砂質のところだったりすると、すぐ掘れちゃうという気がするんですけどね。

E 細かい話ですけども、川全体の河床縦断図を、ショートカットのない状態で、河川の中央沿いに書きます。ショートカットのあるところというのは、大体緩いんですね。ですから、ショートカットをやって、距離を短くしたとしても、全体の勾配としては、そうおかしくなっていないんです、現実。ですから、ショートカットしたからすぐ河川勾配が急になってだめだということじゃないんですね。だからあまり大きい問題にならない。

山 本 あんまり問題が生じたという話は聞いてないという感じですね。いまのお話を聞きますと。

D たとえば、蛇行していることでそもそも問題があるわけですよね。いずれにせよバックがきいてきてですね。いや、流速がおそくなるから、そこが蛇行しているわけですね。

山 本 だけど、蛇行帯の長さはかなり長くて、バックとか、そういう話だけじゃなくて、自然にそうなるんだと思うんですけども。

D ちょっとイメージとしては、ソロの上流、アッパーソロの、途中で合口があって、少しそこでせき上げてバックを引いているところがあるんですね。そのイメージで話したんですけどね。その全体の河床勾配をきちっとしない限りは、やっぱり蛇行というのはおさまらないですね。

G 蛇行カットしてからどのくらいたちますか。

E まだやっていないです。

G 全然？

E いまやっているところです。

G いまやっているんですか。じゃあまだわからない。

E もうすぐ出てきます。

G ああ、大規模でショートカットしている距離というのは、どうなんですか。やったことあるんですか。いわゆる中流部で。

D 僕は見てないですね。ソロで計画を立てたのが一番大きいんですよね。

E あとは、実施してその後という経緯はあんまりないんじゃないですか。

H さっきの蛇行の話なんですけど、よく教えていただきたいんですけども。川へ行きますと、もと蛇行していて、今は閉鎖しているところがありますね。三日月湖で。たくさん地図にありますけどね。今は、そういう蛇行はなくなって、一見安定しておるわけですね。だから、それに少し手を加えたら、そのまま安定しないかというのが1点。つまりショートカットした状態なんですね。自然がした状態。

それからインドネシアの川を見ますと、下流の平野は大体デベロップされて町か何かたくさんあるんですけど、そういうところは、河川改修やっているんですね。人工的に大体小さい川でも。そういうところは、結構護岸が置かれたりしておりますけど、町の中を蛇行しているということはないんですよ。現在蛇行が行われているところというのは、大体中流の盆地のところ。ソロ川なんかその一つでしょうけど、高勾配が来てまた勾配が緩くなっている所。下流のほうではあんまり、スマトラとか、そういうところへ行けばたくさんありますけど、ある程度手を加えたとおさまるんじゃないかと、こういう印象を持っているんですがね。

山 本 確かに日本の川でも、昔蛇行してた河川をみんな切って、真っすぐにしちゃいましてね。護岸とかで何とかもっていますから、多分できると思うんですよ。^{注23)}

G お金の問題だな。

山 本 河岸侵食といっても、勾配の緩い河川だとあんまり起こりませんからね、蛇行していても。日本で一番困るのは、要するに河床材料が0.1～2 cm ぐらいで、勾配が1,500分の1ぐらいですね。河岸高もそんな大きくなくて、2, 3メートルで。そういうところは年がら年じゅう動いているわけですね。そういうところが一番コントロールするのが大変ですね。護岸をしっかりしたものにしなないとたない。多分インドネシアの川は、そういう川が……。

H 少しいまのお話とイメージが違うのは、まずほとんどシルトですわね。それから蛇行しているようなところは、流速が大体毎秒1メートルから、ちょっとそれより速いぐらいだと思うんですね。平均流速では。勾配が、3,000分の1ぐらいでしょうかね。そのぐらいだったと思うんですわ。そういう蛇行の所は。それからほとんどシルトで、砂がないから、供給量もそういうところはあんまり直接的に来ませんのでね。あるいは治めやすいんじゃないかと思えますけどね。

山 本 多分おさめやすいんだと思うんですよ。あと、ただ川底の堆積物が一つ問題であると思うんですね。河岸の底のほうの堆積物が、日本の河川の場合は、緩いところは、大体昔海だったところで、粘土層とか、シルト層でできていて、そんなに侵食されない物質でできているんですよ。インドネシアの川も多分そうだと思うんですけどね。底がかなりきれいな。ファインサンドなんかがあると、流速毎秒1メートル50ぐらいでも結構持っていかれちゃいますから、そうするとガサッと。

中国の長江の中流部がそんな河川なんですけれども。河床材料は0.2mm 程度で、細かいんですね。1年に600メートル河岸侵食されていますからね。流量も多いし、洪水期も長いからそ

うなんですけれども、底のほうに細かいファインサンドが入っていますね。底がどんどん崩れていく。上が丈夫でも、下が取れちゃうと、ボトンと落っこちゃうんですね。^{注24)} こういう河岸侵食の形というのは、何が規定しているかという、川だけの流れでなくて、堆積物をよく見ないとまずいのかなという気がしてくるんですけどね。

G そうかもしれませんね。あんまり砂層の堆積があるようには思われなくてですね。

D ないですね。

G これは非常に少ない。

D そういう意味では制御しやすい川かなという気はしますね。

G 粘土質、あるいはラテライトとかね。ああいうかなり乾燥してやると非常に固いようなものが多いということでしょう。

D 川によって違うかもしれないですけども、Hさん、ブンガワンソロというのは、ウオノギリの下の方は砂じゃないですか。あれは上にシルトが乗っかっているだけです。乾季に見ますと、カチンカチンに見えるんですよ。ところが、ちょっと剥ぐと底は砂ですよ。だから、それでできているような気がするんですけど。

E どの辺ですか。

I チョロの上流あたりですか。

H チョロ堰の下流ぐらいですか。そのところを見ますと、本当に砂ですよ。砂の上に、乾季になるとシルトが乗っかっているものですから、一見えらい岩みたいに見えるときがあるんですね。カチンカチンに見えて。ところがそれをプッと剥ぐと、5mmかそこら、1cmぐらい剥ぐと、もう砂なんですよ。だから、基本的には何か、ソロ川の場合ですね。ほかの川はちょっとわかりませんが、河床は砂じゃないかなと。だから、その堆積物でできていますからね。いまおっしゃっているような、蛇行しやすい格好になっているんじゃないかと。だから、ソロ川、スラカルタより上の中流部ですね。これがえらい蛇行しているわけですよ。その蛇行が起きているんじゃないかという感じを受けたんですけどね。

I ちょっと話が変わるかもしれませんが、あの付近で雨がどしゃ降りのときに見たことがあるんですがね。そうしたら、イモですか、シンコンですあの畑のあたり、みんな土がむき出しですね。あれがそのままろに流れてくるんですよ。あの川の中に。滝みたいに落ちてくるんですよ。それで、流れながら河岸をドーッと削っていくんですよ。怖いと思って見てたんですけども、それが、雨が上がったあと、ドンドン、バサッバサッと川の中に落ちていくんですよ。棚みたいになって。棚が崩れたみたいに。それが、あとで乾季に見たら、やっぱりおっしゃるとおり、完全に砂ですよ。ソロ市の上流、スラカルタの上流のほうに行くと、それを毎日採取しておるんです。

D 砂をですか。

I ええ。

山 本 そういうところは、やっぱり河岸、かなり動いたり、侵食されたりするんですか。洪水のと

きはどうか。

I 洪水のところは見ていなかったものですから。

E あんまり話は聞いてないですね。

D 蛇行は随分進みますよ。洪水となると、ほとんど川も土地もわからんくらい水についちゃいますね。

山 本 川の周りは、かなり耕作が進んでいると考えていいんですかね。

D ほとんどもう家も立っていますし。

山 本 航空写真を見ていても、あんまりナチュラル、自然にできた三日月湖なんか見えないんですね。いじくっちゃっているのかなという感じもするんですけど。

D 切れたのも随分ありますよね。

山 本 どこでも見えますか。

D ええ、随分切れたのがありますでしょう。

H ええ、見えます。少し低くなっていますけれど、やっぱり50cm ぐらいは低いでしょうね。

D 旧河道というのが見えますね。

山 本 旧河道があるということは、結構切れているということですね。

第6章 河川構造物

6-1 インドネシア国の河川構造物の特徴

山 本 河岸の侵食対策は当然やっていると思うんですけども、これはどんなものですかね。どんなものが多いんですか。

II ギャビオンと水制ですね。

山 本 ギャビオンが多いですよ。写真なんかよく見ると。フトンカゴが。あと、変なコンクリートの水制がありますね、ソロ川に。

I ソロ川だけじゃなくて、チマヌックにもあるんですよ。ところで、あの水制では、ヤシの木だとかバナナの木なんかが流されてひっかかってしまって、それで、流れがダムアップされて、岸のほうに行って、岸のほうが侵食され、それで、堤防が切れたという箇所がありますね。

それから、流水力に耐え切れなくて、折れて、一本しか柱が残ってないのも見ましたがけどね。あれはあんまりよくないんじゃないかということを書いたら、これはガジャマラ大学で発明したものであって、インドネシアの技術の最高のものであるということを書かれましてね。方向がちょっとおかしいんじゃないかということを書いたら、方向は、ガジャマラ大学の実験で、これでいいということになったんだということで、頑張っておったんですけどね。

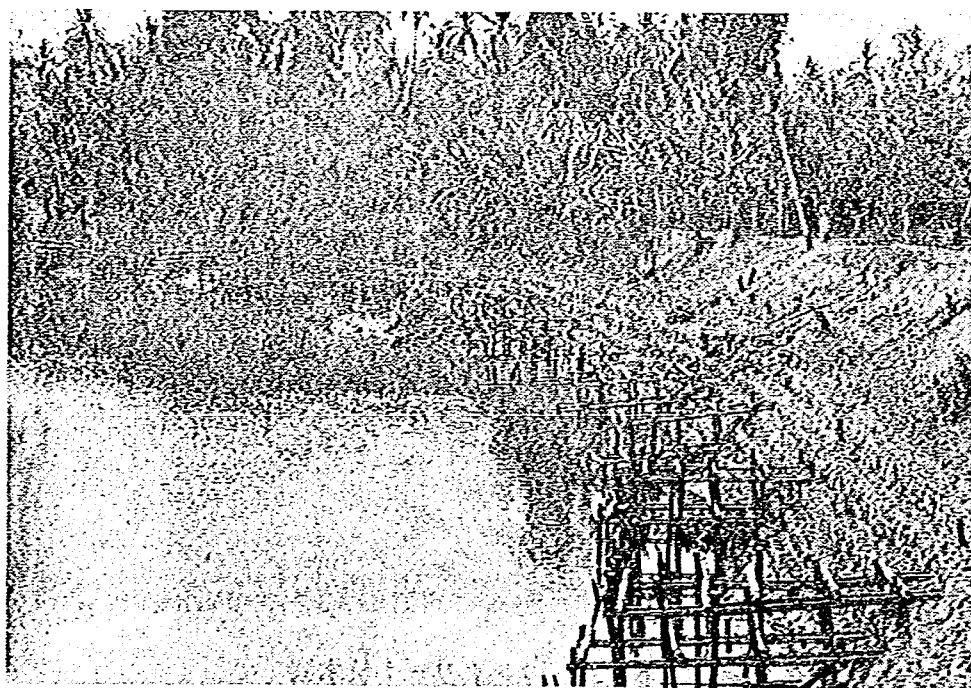


写真6-1 ギャビオンと杭打水制

(写真提供 田代順一)

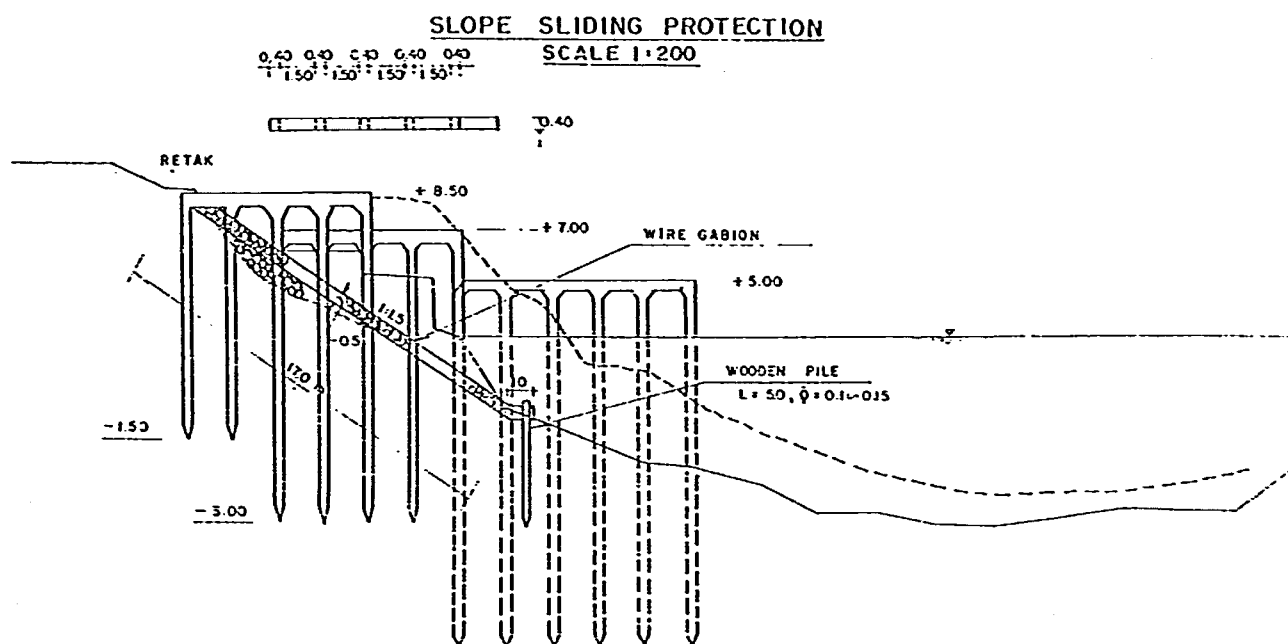


図6-2 コンクリート水制正面図
インドネシア、ソロ川下流の水制

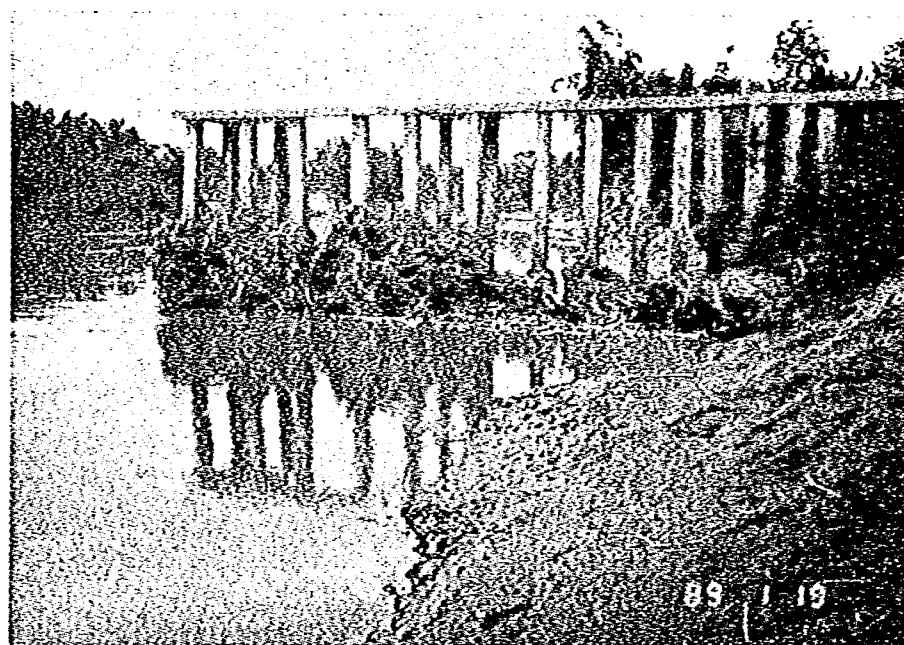


写真6-2 コンクリート杭水制
(写真提供 鷗木和夫)

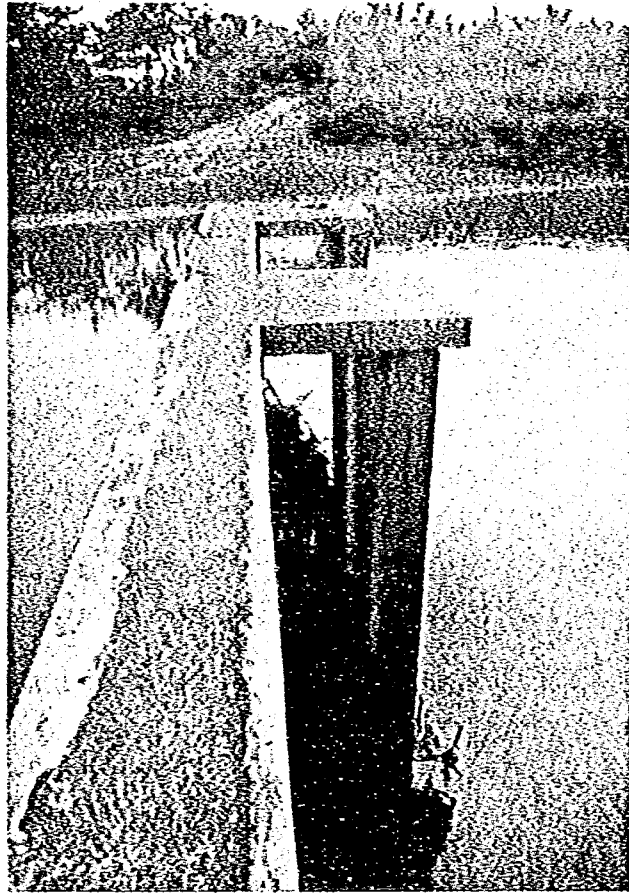


写真6-3 コンクリート杭水制

(写真提供 鷗木和夫)

山 本 その水製の河岸側は何か保護しているんですか。

I いや、何もしてません。

山 本 岸側がもうえぐられちゃって、後ろから水回っている写真とか見ました。

I 盛んに自慢するのは、あれが全部土砂で埋まってしまって、ほとんど天端も見えないくらいになっているのを、こんなに効果があるんだよということで、自慢して見せてくれるんですけどね。

H 土砂がついたということですね。

I ええ、土砂がついて不透過になっちゃう。それで、先のほうだけしか残ってないんですよ。みんな砂がついてしまって。そういうのを自慢して見せて、こんなのはいいだろうということと言ってましたけどね。そんな例というのは少ないんですよ。ほとんどがおかしな格好になってしまってる。

山 本 入れるときはどこに入れるんですか。やっぱり河岸が侵食されているところですか。

I というような感じですね。でも、それと全然関係なく置いているようなところもありますね。

山 本 あれは、簡単にできるんですか。

I 比較的簡単ですよ。

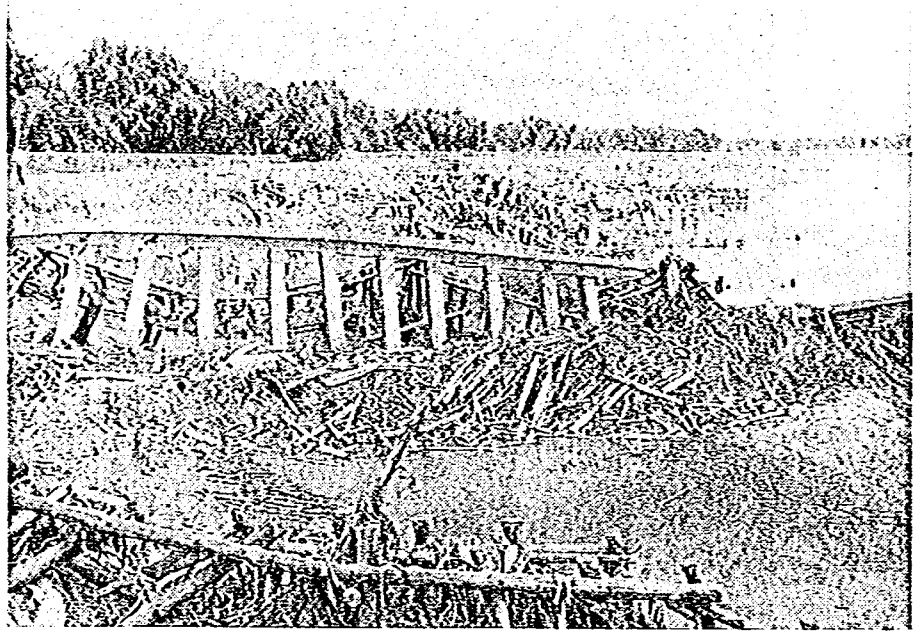


写真 6－4 水制の破壊 (写真提供 日本建設コンサルタント)

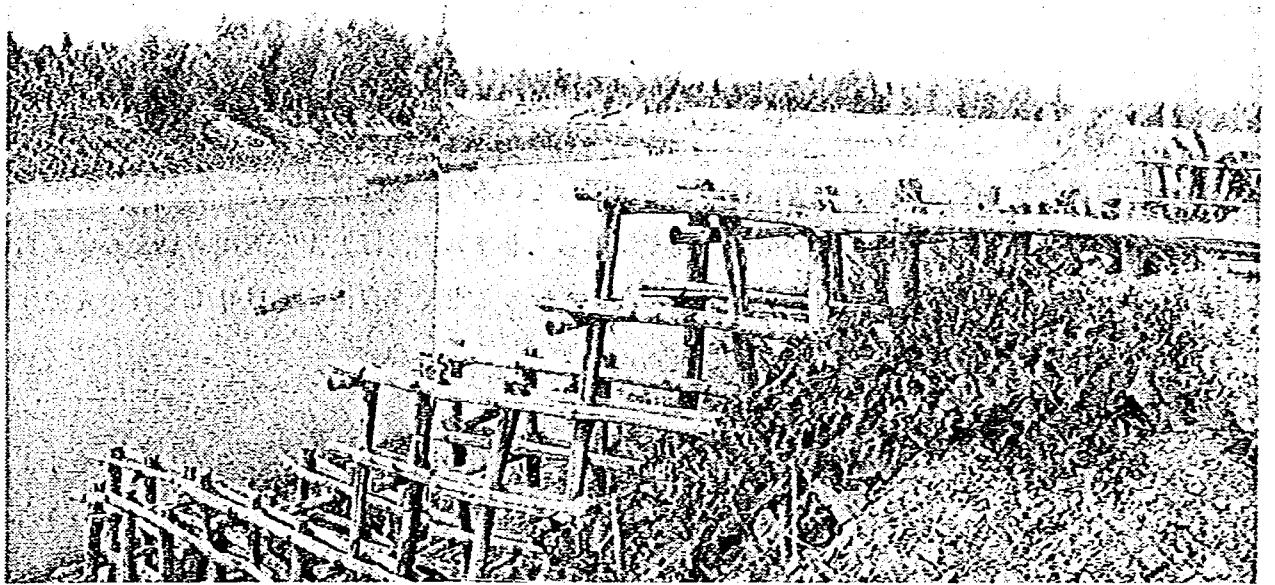


写真 6－5 杭打水制
(写真提供 田代順一)

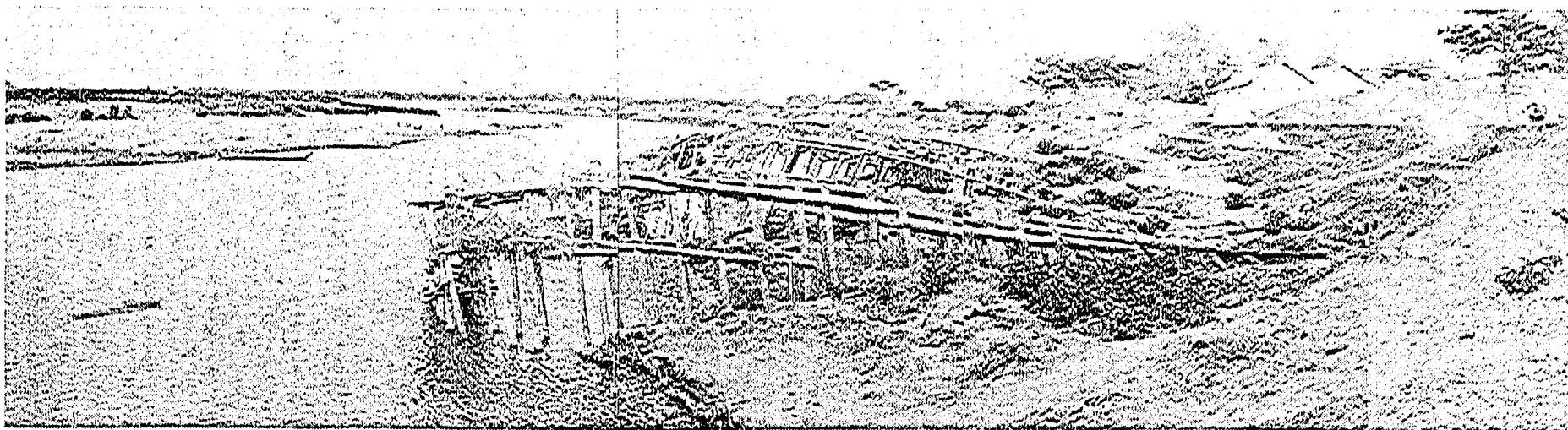


写真6-6 法すべりによる抗水制の破壊，ソロ川

(写真提供 田代順一)

- 山 本 杭を打って、上につなぐというか、ほとんど乗せるみたいな感じですが。
- I 下のほうを掘って、河床からコンクリート、鉄筋でもって積み上げてきて、柱をつくってしまっ
て、それからその上にブラットホームを乗せます。
- 山 本 特徴的な技術というのはああいうものです。ほかに何か、珍しいというか、日本では見ない
というやつはありますか。
- H 杭をパッパッと打ち合わせて。杭打ち工ですね。それに横木をパーッとこうして、補強を
ちょっとして。
- 山 本 それは河岸沿いに打つんですか。
- H そうです。前に10メートルぐらい。
- 山 本 出すわけですね。
- H ええ、うんとグイッとえぐられたところを、修復工事として。
- 山 本 杭を打って板を打つんですか。
- H ええ、杭をグッと前へ出して、それに横に板をはって、補強するという意味ですけど。それ
を、えぐれたところに、災害復旧みたいにしてやりまして。
- 山 本 ギャビオンは重要なところに入っているような気がするんだけど、日本と同じですか。違い
ますか。
- G 形が大分違う。また四角くつくります。断面が。
- 山 本 あれはフトン籠ですね。
- G そう。それを、長さ何メートルぐらいですかね。10メートルぐらいあるのかな。一つの幅が。
- H もっと短いんじゃないですかね。
- G 10メートルはないかな。
- I 10メートルはない。もっと短い。
- G もっと短いかな。それを積み上げるとかね。
- 山 本 前が崩れて、倒れかけてるような写真も見たことがありますけれども。
- G 向こうがつくってるのを、ギャビオンを、堤防に並行に置く。縦に置きますよね。それで、
こういうふうに置いて、その上に。
- 山 本 階段みたいになりますよね。
- G そうそう。階段状になって。堤防に直角に置けば、下が掘れても底までズズズッと下へ下
がって、根固めになるんだけど、あれだと、下が掘られると、ズルズルズルッと上が崩れてく
るんですね。
- 山 本 日本で使う丸かごのは。
- D ないですね。
- 山 本 ないですか。
- I バンプシリンダーですか。蛇籠ですか。
- 山 本 蛇籠。

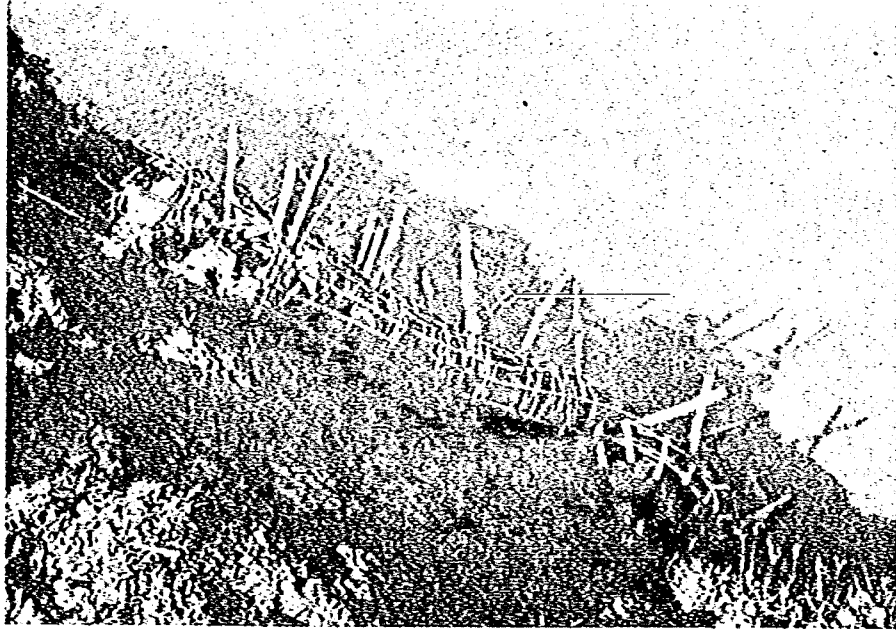


写真6-7 竹かご
(写真提供 鶴木和夫)

- I 蛇籠はなかったけれども、チマヌックで見たのは、バンブシリンダーみたいな、竹でつくったやつ。
- D 竹でつくったやつはありますね。丸いやつね。
- I 竹蛇籠。
- 山 本 私は日本で1回しか見たことがないけど。
- I 蛇籠の、いわゆるふとんかごの材料はできるけれども、蛇籠の網がないんです。
- G 網をつくる工場が、機械がないんだな。でも輸入すればすぐできるのにな。
- D 何か特許の問題があってどうのこうの言われたことがありますね。そういうことはないんですかね。
- 山 本 フランスが何か取っている。変な編み方の特許があってね。機械にも特許があるとか。
- D ええ、何かそんなことを聞きましたよ。ものによってはいいのかもしれませんが。
- 山 本 いま、日本のコンサルタントがインドネシアに行ったときには、河岸侵食対策は、どんな工法を提案しているんですか。
- G 日本の通常的设计法というか、コンクリート護岸ですね。
- I ところが向こうの人がやると、向こうのあれはコンクリートの質が悪いのか何か知らんけど、やったあとにこてで必ず表面をテカテカに光らせるという癖があるんですよ。「だめなんだよ」と言ったら、「これはきれいにやらなきゃだめなんだ」と言って、必ずこてで上をなでる。
- G 設計そのものは、ほとんど日本の形を踏襲しているでしょう。護岸の設計は。
- D そうですね。スラウェシのジュネベラン、先ほどお話あったストレートの河道では、ほとん

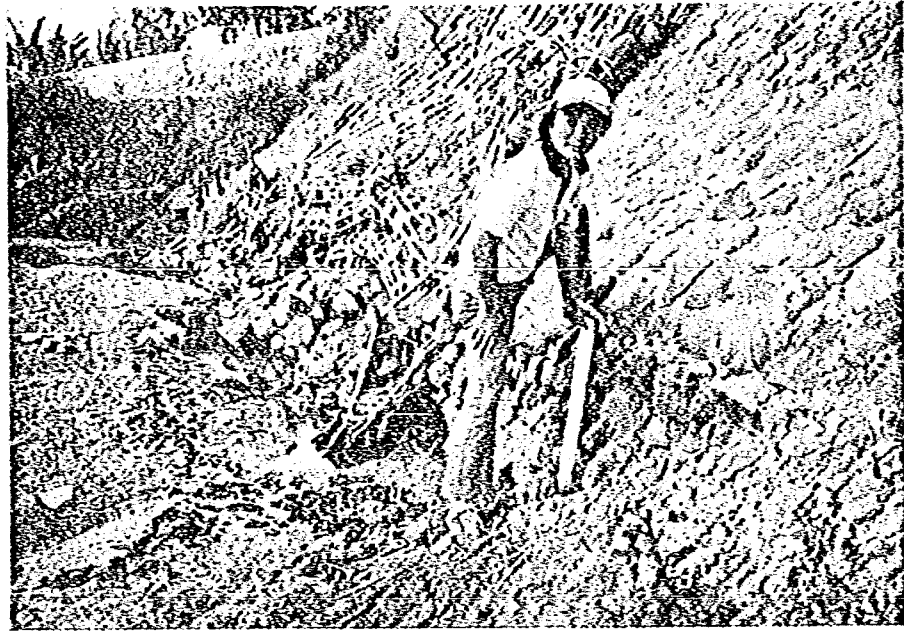


写真6-8 練石張と基礎の破壊

(写真提供 鷗木和夫)

ど日本の川と変わりませんから、そんな形で、日本と同じような設計をやっております。

山 本 法覆い工はどんなものがあるんですか。材料なんかつくれないとか、いろいろあると思うんですけども。ブロックなんかは。

D 石張りですね。練り石張りです。

G 昔聞いたのは、植石コンクリートみたいなのを、あれを場所によってはね。

D そうね。

山 本 向こうへ行きますと、よく石積みの護岸が変な模様になっていますね。石の詰め方がどうも日本と大分違うなという気がするんだけど、あれはどんな詰め方になって、中もちゃんと石になっているんですか。表面の飾りなんですか。あれは面白いなと思った。

山 本 日本のほうで提案した河岸侵食対策ですが、そのとおりやって、まだそんなにたくさんないと思うんですけども、そのあと、うまくいかなかったとか、うまくいったなというやつが多分あると思うんですけども、どんなものですかね。うまくいったというのが多いんですか。

E 何分ちょっとその辺はよくまだ事実是不わらないですけども、向こうの地質のせいかもしれんけれども、滑っていますよね。下の施工の仕方が悪いのかもしれないね。

山 本 法の勾配は何割ぐらいが標準ですか。

D 2割ぐらいだったと思います。1.5ぐらいかな。

山 本 1.5が標準ですか。

D ちょっとはっきりわかりません。そのぐらい、2割か1.5ぐらいだったと思いますね。

G 2割が普通堤防の法面の勾配ですけど。場合によっては1割5分ということ。

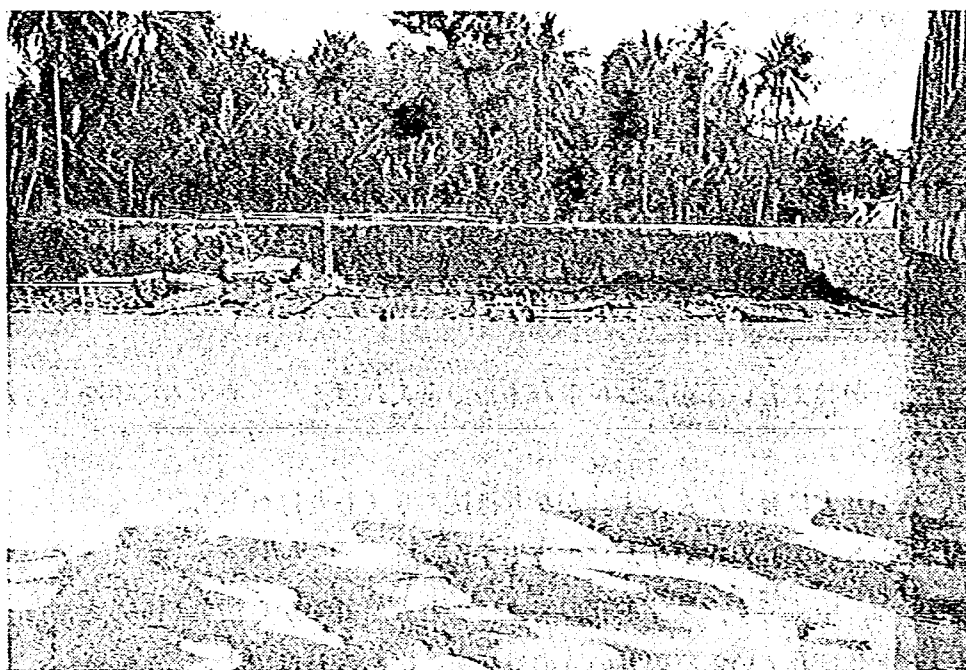


写真6-9 Collapsed revetment (写真提供 田代順一)

山 本 堤防なんかはどうでしょう。どういう堤防をつくるかという問題、堤防の幅なんかを決めるときに、どうやって決めているんですか。

D ジュネベランの場合は、日本と同じ基準で行っています。ただ、ちょっと弱っているのは、河床材料そのまま使うと、砂なものですからね。混ぜると今度金がかかりますしね。どうしようかというのがちょっとあるんですけどね。

山 本 インドネシアは非常に人口が多いし、日本と同じぐらいの制約条件があると思うんですけども。そうするとその制約条件の中で何かをやろうとすると、構造物もたくさん入れざるをえない状況というものが多分あると思うんです。

構造物というのはインドネシアと日本と同じものでいいのかどうかという論議がこれから重要だと思うんです。日本の構造物、護岸構造物にしてもいろんな構造物は非常に安全、安全度が高いとはいわんけれども、かなり丈夫というかお金がかかる構造物だと思うんです。そのへん、いくら高くても必要ならばやらざるをえないという立場で、それなりの構造物を作らざるをえないんだという考えもあると思うんです。そのへんどうでしょうかね。財政力に見合った、もうちょっと安くても、壊れてもまた直せばいいとか……。

F それはあれですね、たとえば護岸なんていうのは、いままで連中のやり方をみていますと、例の见えているところはきれいにするわけです。ところがその根固めはもういい加減なんです。それでみな、根からいかれてまして、もともとやられちゃう。われわれがシートパイルを打って、水替えしてやりなさいといったら、もの凄く抵抗ありました。もう、非常にお金がかかると、

だけどとにかくこれをやらないと、だって水、これだけありながら、水の中に杭を打っちゃうわけだね。それでその水面にくると水が飛びますからね。そこでパッと切ってしまったらお終いなんですね。それで石をぱっと入れてやってしまうわけです。だからまた根からやられてしまう。というような繰り返しなんです。それでシートパイルを入れてやれなんていうのは強い抵抗があったんですけれども、とにかく試験的にやりなさいといってやったら、良かったわけです。それから何かそいつを継承しているみたいな感じなんですけれども。金がかかるわけなんですけれどもね。

山 本 護岸作り、漸替えというか、シートパイルで水入れ換えて、要するに下をしっかりととしてということですか。

F そういうやり方に替えたんです。かなり抵抗ありましたけれども。

山 本 どんなどころへ入れたんですか、中流ですか。

F そうですね、中流です、スマトラのですけども。ですから倍金かかると、こうきたわけです。だけど大体壊れている原因というのは皆そこにあるわけです。

B あれは堰の下流のところですね、ああいうところでやりだしたんでしょう。そういうところでは日本の援助で構造物を作りますね。それでその下流側とか、そういうようなところにまず出したんですね。

F ただ長物になりますと、非常に抵抗が多いです。

B そうでしょうね。拠点的に重要構造物に……。

F スポットでやる分には……。

B スポットでやる分には、それはいいでしょうけど。

F 要するに倍、長さが施工でできる、これだと半分だと、こういう言い方です。しかし私の方は壊れたらお終いではないかと言っているんだけど。

藤 田 やはり日本が技術援助した時には基本的にはあれでブロック張りみたいな固い護岸が多いのですか。

F いろんな、蛇籠でやっているところもありますし、それはその重要度に応じて……。

藤 田 それは標準的な使い分けの考え方みたいなものがあるわけですか。

D 標準的にはないですね。

F 経済性とかお金をどうするかとかで決まってしまうね。

B 連中は基本的なやり方というのは、石を半分に割ったやつ練石積みですからね。あれは普通の河川にしたって他の所だって、どこだってやっている。

D 全部あれですね。

B 向こうの壁っていうのはそうやって作るわけですよ。それをただ川に適用しただけの話で。根固めだの基礎だのは考えていない。

G のり面保護に使っているやつと同じ考えだね。

B のり面保護そのものはだけど、かなり急な勾配でやるわけですね。この栗石をゲンノウで半

分に割るんですよ。スパッと半分に割れるんです。割れた面を外側にして、そして間に貧配合のモルタルを詰めて、だから見た目にはきれいですね。

非常に脆弱であるがうえに、完璧に基礎がない。

D 日本でやっている部分で、そういうのは大抵日本の工法をもってきていますけれども、いまの山本さんのお話にもありますように、それぞれプロジェクトによって、決定的に弱いものは作りませんけれども、そういうベネフィットがなかなかあがりにくいと、ある程度経済的に作るというのはありますね。大体は両面張りの水路はなかなか作りませんでしたね。水衝部だけ作って。安全度もその耐久性についてはやっぱり日本とは比べないほうがいいような気もするんですけども、といって向こうの安いもののままでは全然だめだというんではないんです。たとえば、ダムなんかでも日本ではギャラリー作れとかなんとかという話がありますけれども、向こうはなにも作りません。だから日本の安全基準にだけ従うと高いものばかりできてしまうということはあるかも知れません。

G ただわれわれが設計をする時は、やっぱり一応やっぱり、基礎を杭を打って、こういう恰好にするという設計をなさないと。それでお金ははじきますよ。一応。

D 作ってすぐ壊れるようなものはやらないですね。

G やらない。極端な設計はやっぱりね……。

D 日本でやりましていうことになりますとね、ちょっとそれはよくありません。ただ、長さをどのぐらいに短くするとか、また場合によってはいまおっしゃった蛇籠を入れて……。

G だからそれはとても延長できないんです。だからいま現実に僕らはウラルの設計を終わって、工事も終わっているけれども、低水護岸はほとんどないんです。だから実際のところ、あぶなくてしょうがないなというのはあります。

山 本 あまり異形ブロックは、僕は見なかったけれども、異形ブロックは、コンクリートの……。

F それはまったくないですよ。まさに自然の物だけで……。

F 人工的なものは何もないです。

B 一番あの国でいいと思うのは、蛇籠、フトン籠とか言った護岸、まあ水制だかなんだかわからないけどあれはいいと思いますね。これは特性があると言えるし、侵食されれば、ある程度は効果がありますね。僕がよく見るのは道路屋さんがよく使うんです。道路屋さんが道路沿いを侵食されて、道路が危ないという時には、もうフトン籠でがっちり固めますね。それはパチタンの、グリンドゥル川の上は道路側がすごいですね。フトンカゴは前からあったんですね。

G 前からやっていますよ。オランダ時代の構造物の下にね、どっかにも積んである。

F あれはかなり慣れています。作り方が同じですから。慣れています。

G ただ日本と使い方が随分違いますね。法面に使う。斜めに対して並行に使うんです。だから、下が掘れている時に、ずるずると落っこちる……。

藤 田 重ね合わせがどれぐらいなんですか。

F 重ね合わせはそれはないんですよ。



写真6-10 バダンのアイルディンギン川の蛇かご護岸
(写真提供 日本建設コンサルタント)



写真6-11 ふとんかごによる水制
(写真提供 田代順一)

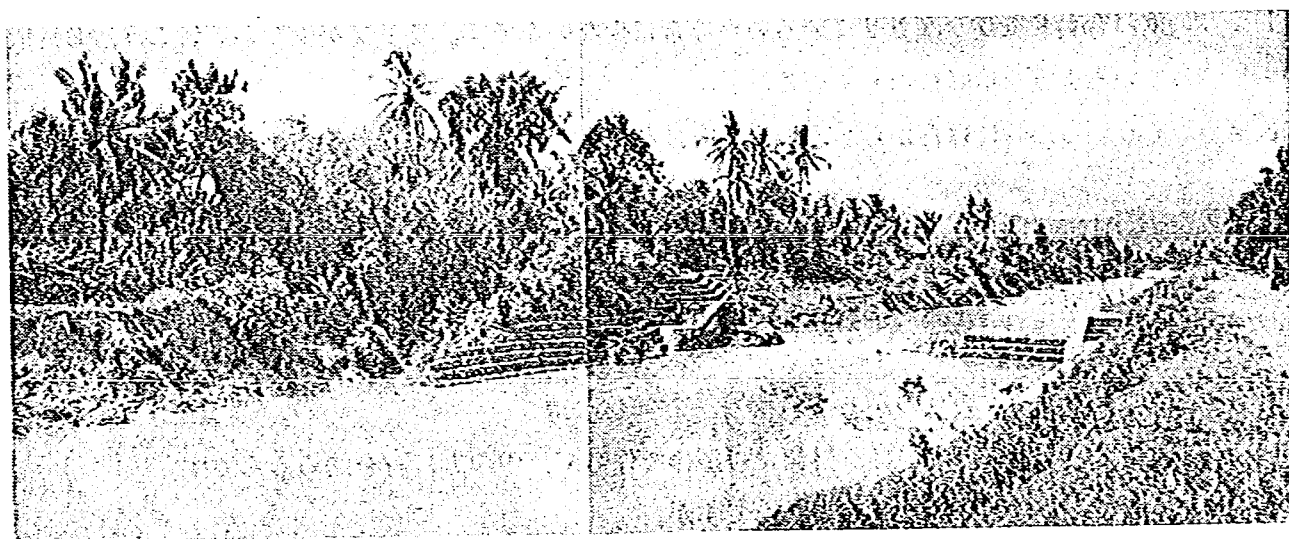


写真 6-12 インドネシア，パダン放水路の落差工及び蛇かご護岸
(写真提供 日本建設コンサルタント)

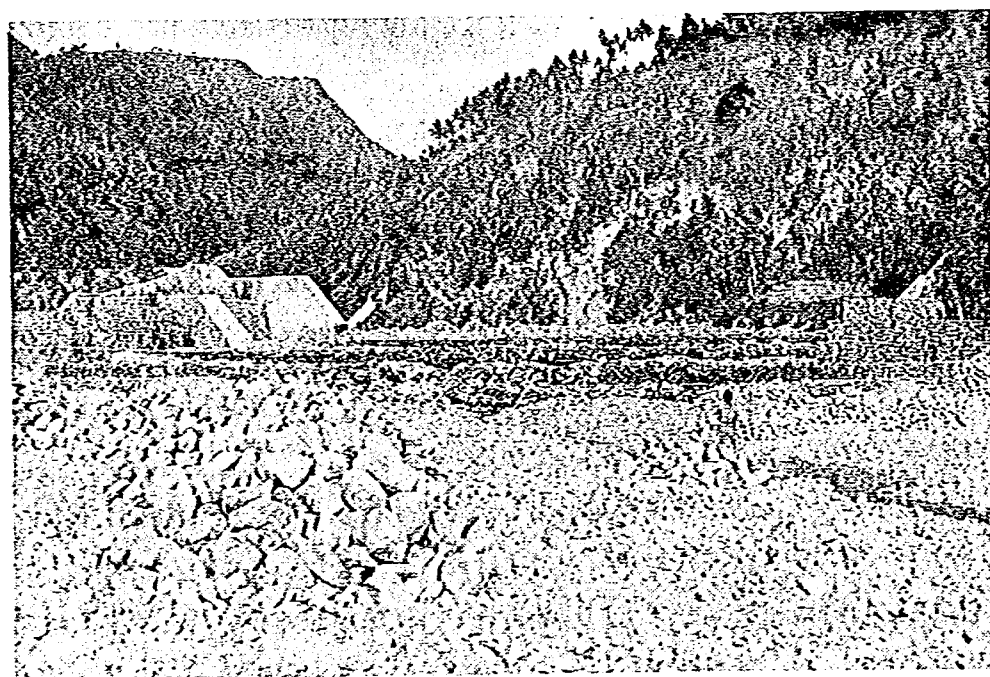


写真 6-13 K. Jengi 砂防ダム Grindulu の支川 West Jawa
(写真提供 田代順一)

- G 内側の長さは2メートルぐらいあるね。
- I 重ね合わせてラップさせているのが非常に少ないんです。ラップが少ない。皆こう、お辞儀しているような恰好になっている。
- F そういった時にはだからへんな崩れ方になっちゃうわけですね。そこからまたちぎれてしまう。
- G それから床固工みたいなものでも、蛇籠を積んで、その上をコンクリートで詰めをする。だから上から見るとコンクリート構造物に見えるけれども、中のあんこは蛇籠を積んだやつという構造物は結構多い。
- B 砂防ダムもそういうのがある。
- I 砂防ダムなんていうのは、外側だけ型枠で作って、中の方に石を詰めるんです。
- 藤 田 裏込なんかはどういう考え方なんですか。
- G 裏込はない。
- F 裏込っていう考えはないですよ。だから吸い出しにひっかかっても、いっばつでアウトですから。
- B 非常に大事なところにはシュロを使いますね。
- F シュロは使います。
- B 非常にいいんだそうです。フィルターとしては。
- G シュロっていうのは椰子のはっぱのような、根本にある……。
- I 網の目になっているのがあるでしょう。日本でも椰子のやつは吸い出し工事やなにかで使っています。
- B 黒いのがあってしょう。非常にいいんですよ椰子のあれも使うし、そういう要するに椰子科の植物の木をもってきたから、それは非常に耐久性があって、5年以上もつという話です。
- 山 本 それは裏に置くんですね。
- B ええ護岸の。
- I 日本の護岸ですと、ブロックの控えが何センチだったら裏込めを何センチとかっていうのは一応ありますよね。でも向こうはそういう考え方はありませんから、そのまま直接積んでいてその間は貧配合のコンクリートで固めている。
- 山 本 いま棕櫚の話がでて、粗朶沈床を思い出したんですけれども、粗朶沈床は日本もオランダとかあのへんからいろいろ学んだと思うんですけれども、全然やっていない。
- B 日本はあれ、オランダから学んで、取り入れて、沈床屋が随分いたんですよ。不思議にいま、まったくないです。オランダはいまでもやっているんですよ。
- G 材料がないのかな。
- I 材料は向こう側、インドネシアの方があると思うんです。
- 山 本 捨石みたいな工法はあるんですか。
- B 向こうは石がないんじゃないですか。

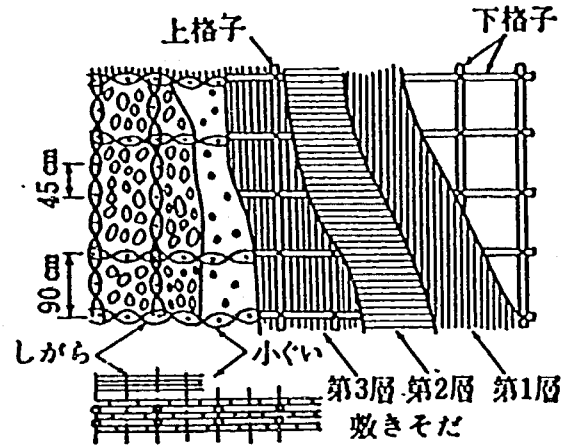


図6-5 粗だ沈床

- I 石が少ないでしょう。
- G 捨石ね、導流堤みたいなかたちで捨石をやっているようなところがあります。
- I 石は少ないでしょう。玉石とか栗石はあまりないね。
- F それは少ないね。
- G 栗石はない。あとはもうかなり丘陵ですから。まだバダンのアイルディングンなんかではこんな大きな石あるけど。
- I それからバダンの海岸でも何かすごく立派な海岸突堤がありますよね。
- 山 本 どんなぐらいの大きさですか。
- I 大きいのは3メートルぐらいの大きさの石が、海岸突堤の材料になっている。
- G 海岸のね。あれは立派だよ。
- 山 本 水制と通常の護岸との使い分けと言うか、そういう基準は何かあるんですか。特にこういうところは水制でやるとか。湾曲部は水制にするとか。
- G 湾曲部の水当たりが大変強いところで、水制工をかなりやっていましたね。古いものがブラントスでもあるんですけども、ただ、大分前にそこでやったものであまり維持されていないですね。木杭の杭水制ですけど。
- 藤 田 水制は、通常の直接的な護岸工法では工費が掛かりすぎると考えられる所に設置する考えていいんですか。それとも別の考えで入れているんですか。
- G そこでは法面の護岸も併用していましたから、やっぱり湾曲で、かなり局所洗掘が大きいためそれを緩和するために使っているんじゃないかな。
- F 木の水制はだめですね。あれは。
- B 何故コンクリートの水制が多いかという、木の方が高いんですね。あの国では。長尺ものの大きいものは、台湾から運んでこないといけない。丸太とか、そんなものなんか、建築材料とかで皆盗まれてしまう。だから駄目なんです。
- F 残らない訳です。

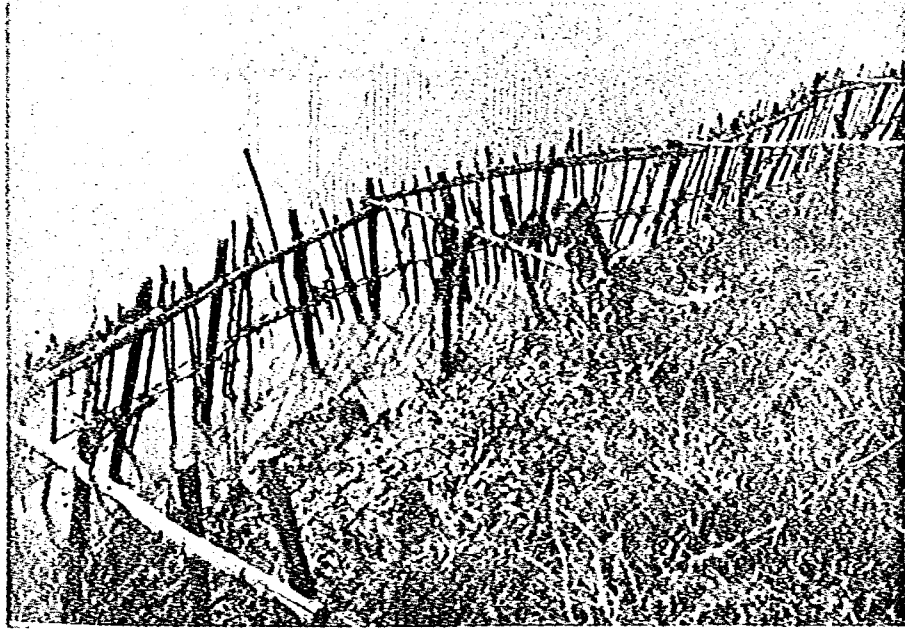


写真6-14 杭掘り

(写真提供 鷗木和夫)

- I グリンドゥルに作ったら皆盗られてました。
- G 椰子の木はだめですか。
- I だめです。やったんですけれども、折れます。弱いんです。こんなのをごらんになりませんでしたか。根固め工っていうんですか、のり面の下の方に竹で編んだもので、籠みみたいに竹を立てて編んでいくんです。マディウンで編みましたけど。
- B シガラと言う。
- G しかしそれはやはりテンポラリーのものじゃないの。
- F テンポラリーなものだと思います。
大きな川じゃだめですね。
- 山 本 簡単な掘りみたいなのでやっていないですか。
- B それは結構ありますね。杭だけを木にしたり。ようするにシガラですね。
- G この間、〇〇〇〇〇〇〇〇に行ってきたら、あそこで水が出て、右岸側の川沿いに道路がおっこちゃっているんです。そこのところを復旧工事をやっていました。コンクリートの法面保護工ですね。普通日本のは枠工があるんですよ。あれと同じ恰好の工法をとっている。枠を作って、コンクリートの厚さのへらーとなったやつを打って、その上に鉄筋を出して、そして、縦のバーをくっつけているんだ。
- B ある意味では水が走るのを防ぐという。
- G 出っばって抵抗をつけて、粗度をつけるという考え方だろうと思うけれども、本来は十字に枠を通して、その底板をきちんと木をいれた枠を作って、そこへコンクリートの平板をダーッ

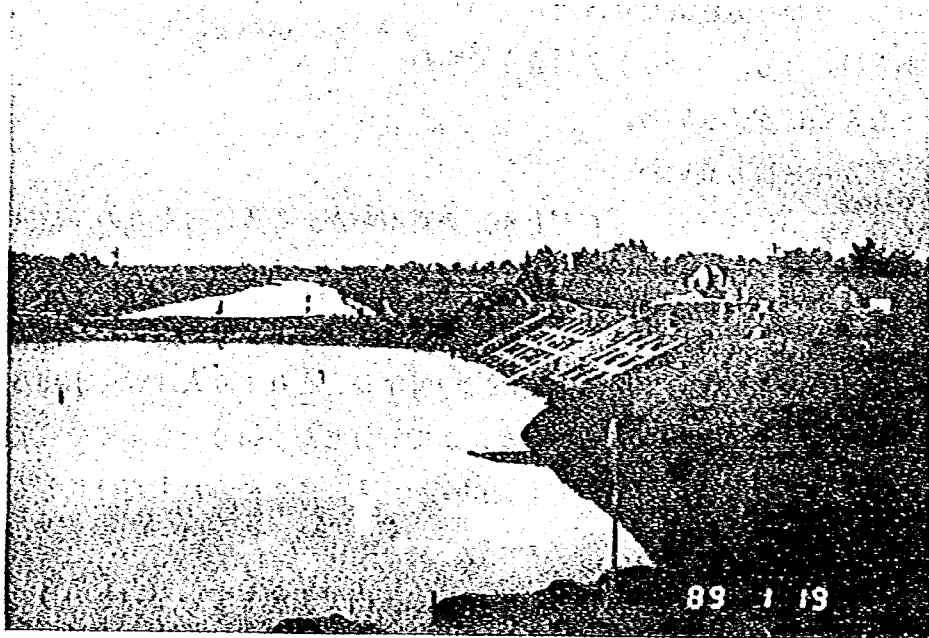


写真6-15 マデューン川の護岸工事

(写真提供 鷗木和夫)

と作って、それからすぐ鉄筋を入れた杭をこうくっつけちゃってる。そういうことをやっているんです。

B 補強と粗度を兼ねている訳だから悪い事じゃないね。

I 平板になったあとに、打つんですか。

G そうそう平板のところに鉄筋が出てるのかな。

I もともと出ているんですか。

G こういうやつに鉄筋を出しておいて、あとはここへ筋をつけるわけだ。

I 差筋がでているわけだ。

G そこへまた鉄筋を組んで、わざわざ、寸法をうっているわけです。

B 単純な平面ではないんだし、強度的にもいいんだろうしね。それはいい考えではあるなあ。

6-2 河川構造物の工費

藤 田 工費的な面では、日本と大体同じような感覚で考えていいんでしょうか。

D 安いんじゃないですかね。今は外国のコントラクトをとらせるような設計をすると高くなりますけれども、大体護岸はローカルな工事ですから、やはり安いですね。いまは。大体インターナショナル推薦というやつが半分以下で落ちて来ますよね。ローカルで。

藤 田 工法、工種別の何かということですか。

D それに関係なく、安くなっている。

I 歩掛かりで違うんです。

- F 歩掛りでしょうね。労賃あたりは随分安いし。
- I 労賃もあるけれども、歩掛りが全然違うですね。
- B セメントなんかは安くないね。
- G ちょっと鉄がやっぱり高いね。
- I それからさっきいいました、玉石だとか、栗石だとか、そういったものが結構高いですね。
- D そう、そういったものですね。
- F それで運搬賃がかかりますので、結構高いものになります。
- I 材料費が比較的高くて、いわゆる労賃は安いですね。それより人件費を求めるための歩掛りが非常に小さいということ。だから日本なんかで計算した歩掛りでもってやっていったら、すごく高くなる。同じ工事をやっても金が全然違う。この前みたんだけど、本当にひどいなと思った。
- 山 本 人件費が安いのに物の値段が高いというのは、国内で生産していないということですか。
- B しているんですけども、してはいても、たとえばセメントなんかですと、あれは50%ぐらい外貨分としてみなすんです。日本が融資する場合、たとえば鉄は8割。それからセメントが。
- D とにかく75%ぐらい外貨分として。
- B 要するに輸入品の値段ぐらいになってしまう訳ですよ。
- 山 本 それは政府がとってしまうわけですか、税金として。
- F いや、円借款の場合、外国から輸入する物だけが円借款の対象となりますから、国内で生産できるけれど、外国から物を買うというかっこうになってしまう訳ですね。
- D 物を作る時に、そのぐらい外国の影響がないとできないですね。ということは国際的な物の値段になってしまうから物が高くなるという事です。
- F やっぱり向こうでも鉄筋、セメントは結構高いです。
- G 国際価格とそんなに変わらないということですね。セメントにしても、鉄材なんかにしても。
- D 機械類は輸入です。そういったものは高くなるんですけども、人件費が安いというので総じて安い。昔はどちらも同じぐらいだったような気がするんです。向こうでやっても労賃は安いけれども、そういった機械類が高いから。
- F ただ機械をよけい使うものは、機械の見方ですよ。たとえばセコハンみたいなものを使う場合であれば、非常に安くなっているとか。だからそこですごく単価が押さえられているというのはあります。
- D そんなボンコツの機械はすぐに動かなくなってしまうんですよ。
- F そう、動かなくなるんだから、安いけれどもだめだという話が出てくるわけです。だから危ないわけです。

第7章 河川管理と社会

7-1 砂利採取

G ソロも一応砂利採取はあるでしょう。

F 支川のデンケン川、アッパーソロ本川もやっていますね。それよりもその上流のウオノギリのあそこのポケットでも採取は大きいですね。というのは適当な粒径のものがあそこでとれるものですから。

I あそこはいい砂利がとれますね。

山 本 砂利混じり砂なんですか。

I そうです。またそれを一生懸命ふるっていましたね。大体 m^3 が2万4000ルピアでやっていますから。1日にトラック3台で運ぶそうです。

G ブランタス川も同じような現象で、支川がもう皆河床低下している。それから本川も…。

山 本 それは自然に掘れたというより、人間が掘削して河床が下がったということですか。自然に掘れたという要因もあるんだと思うんですけども、砂利混じり砂だと自然に河床低下すると、アーマコートとかそういうのは何かできそうな気がするけれども、そういうのは全然見られないですか。

G それは掘ってしまうから、アーマコートなんかにならない。ブランタスもそうですし、それはもちろん火山が普通あれは16年周期か、15年周期でクルド山という山がバーッと吹くわけ。それが山腹へ溜まって、それが自然に流水によって全部ブランタスへ入って、もう河床が上がってどうにもならないという状態だったものが、現在、この前の噴火してから23年たっている。15年で繰り返すというやつがまだ吹かないわけです。だから自然への補給がない。支川にまた砂利屋たちが入っているわけです。だから本川に入ってくる支川の川床が3メートル、4メートル下がっている。それでもうそのところは昔の地盤ではないかというようなところまで、粘土質みたいなものをほじくりかえして、穴がボコボコ開いているんです。河床に。それで皆、トラック持ってきて運んでんですね。

F また本川でも相当に掘っていますので。だから判らないですね、因果関係が。

D ジェネベランも凄いですよ。もの凄く掘っている。インドネシア経済がどんどん発展して、ニーズがあるということですね。

G 日本の昭和30年・40年代の経済成長というような状況だな。

D たまたま土砂の供給量が少なくなっているのもあるし、河床材料を骨材として利用しようとするニーズもある。

G これは全国的なものじゃないか。

I この前、Fさんね、マディウンに行ったんですよ。マディウンでショートカットが終わっていたところですね。廃川になっているんですね。それからとっているんですよ。バリ島の海岸では、珊瑚礁の中のいわゆる礁瑚ですね、その下の方が大体水深が干潮時で1メートルで、満

潮時で1メートル50センチ位、そのところで下の方のコーラルのかたまり、あれをとっているから、だから中にポコポコ穴があるんです。直径が20メートルぐらいの。それを何に使っているのかといったら、皆建築資材です。コーラルの珊瑚ではなくて、コーラルの底ですね。珊瑚礁の礁瑚っていうんですか、底を掘っている。もうポコポコ、サヌールなんかひどいものでして、かなり掘っているから、それを建設資材に使って。ジャワ島の西海岸の方でもそうですね。もう、侵食のスピードと砂利の採取のスピードとどちらが早いんだろうって、前に侵食しなかったところは全部砂を取ってしまった後で、岩がなくなってしまったりなんか、皆砕いて持っていってしまっているんですね。

F ブラントスの下流なんかね、棚を作って川に入れないようにしてますけれどもね。棚を突き破って入ってきて取っていってしまう。もう、橋脚なんか随分洗れていますね。日本と同じような結果になっている。

G ポロン市から河口^{注25)}までと思ったけれども、橋がもうもたないものだから、高さ5メートルぐらいにブロックが積んであるね。橋の桁の上のところに。

I いい収入なんですね。たとえば1日にトラック3台もっていったとして、2万7600ルピアといったら、合計で8万ルピアでしょう。5人ぐらいでやるんですからね。1人1万6000ぐらいの収入になるんですよ。

G とにかくそれで稼ぐしかないわけね。連中は。

山 本 いま話を聞くと、自然な河床低下よりも、人工的なものが大きいということですね。

F いろんなことを計算して河道計画を立てても、要するに予想外のことでね……。

山 本 これがもう少し下流の低平地の河川に何らかの影響を与えるというような話がありますかね。

I 広いですからね、それは取っているところはほんのわずかですらかね。

G いや結構取っているところもありますよ。

D だって水に潜りながらも取ってきているでしょう。

I 大体潜っています。足で上げて……。

F 最初は籠を持って、潜って取っていたのがいまは機械でやっていますね。

G だから凄い量を取っていますよ。

I マディウンもそうですね。大体機械でやっていますね。

F やっぱりそれだけ需要は大きいですね。

G 玉石は子供たちが川からかついできて、道路の傍に山を作っておくんですよ。この山を1ついくらでもっていくわけ。住民が取って来て、それで砂利屋に売るんです。それが盗掘という考えは全然ないね。それは自分らの生活の手段であるという考えでやっているわけだね。

F ほかに金を得る機会はないわけですからね、一番てっとり早いわけですね。今後これが大きな問題になってくるんじゃないかと思いますね。もう本当に、構造物が皆やられてしまっていますね。

G これからインドネシアの川では河床が上がる対策よりは、むしろ河床が低下することに対し

てどう対処するのかということが問題になるということだな。

F クルドの山腹にあんなに砂防工事をやったのはまずかったかなという感じもしないでもないですけれどもね。

山 本 昭和30年から40年代の日本の状況とよく似ているんですね。

F 1960年代というのは河川にとって大変な時代でしたよ。とにかく監視するっていうことばかりを優先してきましたので。

G ですから河川法というよりも、警察権を入れて、それで管理者が取り締まるということによってあれは押さえられたのでしょう。警察権を導入していますよ。皆。

I そうですね、淀川なんかでも水上警察が入ってます。

G 結局砂利組合をなんとか縮小して廃業させて、河川からの砂利採取は辞めさせようと、これはもう河川管理行政の一番重要な仕事だったと思うんですね。

山 本 それでインドネシアの河川も、もう大分人間のインパクトが大きくてそれに見合った河川管理が必要になっているということですね。

F ブランタスなんていうのは、スラバヤを控えていまして、どうしてこんなに多いのかなっていうほど取っていますよね。

D ジェネベランの場合は、まさにそうなんです。ウジュンバンドンの山側の昔河川の流れていたところが、0メートル地帯になってるんです。一番低いところで、だから水も入るわけです。そこをいま都市開発している。そうするとそこへどんどん土をもってきて埋めていますからね、1メートルや2メートル土盛りしますと、えらい量が必要になってきます。だからそういうところがやっぱり都市に隣接している場所というのは都市機能としては非常に有効性があるんです。だから埋め立てに使うということになると思うんです。

G 埋め立てとやっぱり材料、コンクリート材料として使われる。

山 本 採取に適している川っていうんですかね、材料があると思うんですけれども、あまり細かいと駄目ですね。砂利であるところは大体どこでも取っていると思うんですけれども、砂についてはどうなんですか。低平地といわれる……。

F 少し悪くても建築用ですね。粘土で例のブロックですね。ああいうもので使うんですね。ですからそんなに厳密な品質は必要ないわけです。粘土とか。

山 本 何か高水敷の粘土質のやつも、煉瓦焼くために採取するという話をチタルムだったかな。そんな話を聞いたことがあります。

G コンマ1ミリぐらいのものでも取ってるね。

B どこでも採っているという感じですね。

F この頃何か、ブランタスでも河床が下がって困ると、それはどういうことなんだというんで、議論があったようなんですけれども、なかなか因果関係は難しいんじゃないかと気がしますがね。

G この間、私見てきましたけれども、本当に砂利採取の影響がものすごく大きいですね。

I たとえば海岸で砂利を採取しているのを、規制しようとしていますけれども、軍の方へ金がい

んだそうです。砂利業者から。だからジャワ側あたりで砂利をとっているのに対してから、公共事業省が規制してやりますと、軍からクレームが付くんです。という話を聞きましたけど。

F それはブラントスでも多分同じではないですか。

I 川とか海とかいうのは軍がかなり権力をもっているから、水路として使っていますので、その方に金がいって、その海岸でそんな事をやるのに対して、許可をもらっているような恰好になっているので、規制するなというようなことで、手をとられている。西ジャワの方で聞きました。

7-2 氾濫原の土地利用と社会条件

山 本 氾濫原の土地利用というのは、日本の場合ほとんど水田ですけれども、インドネシアもそうですか。

E そうです。

G 必ずしもそうではない。いろいろある。

F インドネシアの土地の所有制度というんですか、いわゆる所有権がなく、利用権ですね。氾濫原、あるいは遊水池と指定しても、それがたとえば上流でダムができて洪水が減りましたという、人が入ってくるんですよ。3年間使いますと、利用権が成立するわけですよ。これを法律で規制するというのは非常に難しい。そういう問題が既にブラントスにも発生しているわけです。

山 本 そうすると、そういう土地所有制度の話とか、社会条件の話を整理しないと、いい河川計画が立てられないということですね。

G そうですね。非常に関係します。

A 地域によっても、ブラントスの中で、改修の進んだ地域、これは非常に豊かなんですけども、それが、改修がまだ行われてない地域の人から見えるわけですね。そういうふうには、改修水準が上がると、近隣の人が、自分の期待水準というんですかね。自動的に上がってくる。これはウラルもそうですね。ウラル川が良くなって、そうしたら周りの川の地域の人が、ウラルと同じにしてくれないと困ると。そういうふうには波及効果が出ましてね。

H 時代で随分変わるように思います。この間チタルム川の治水計画、JICAのやったやつなんですけど、部落へ入ってインタビュー調査をやったんです。何で毎年毎年つかのみに最近になってやっとそういうことをヤイヤイ言うようになったかというようなことを聞いたんです。時代とともに、そういう情報がたくさん入ってきて、地形上明らかに昔から毎年何回となくつかってるところが、最近急にそういう被害が大きくなったというように声を大きくして言うというのは、時代とともに随分変わっていると思うんですよ。ですから、氾濫除去の程度というの、時代によって随分変わってくるだろうと思うんです。

A 大変面白いのは、ジャワ島の家というのは、みんな地面にベタッと床をつけて、床面が地面とほぼ同じなんです。あれもちょっと、昔から使っているんなら高床式の何で考えないのか

なと思ったんですけどね。あそこは、ウジュンパンダンのほうは高床式なんですね。あれだったら、少々洪水でも被害は出ないだろうなと。

I アチェもそうです。アチェも高い。

山 本 特にこれから電化製品とか、いろんなものが、ああいう国にも入ってきますから、なかなか氾濫を許さない社会条件がいろいろ出てくるんじゃないでしょうかね。それで、川の計画が非常に難しくなっているんだと思うんですけどね。

H 比流量が莫大になってきますわね。下流のほうは。

山 本 下流のほうはね。上で氾濫がなくなると、遊水池という計画概念が、当然あると思うんですけども、そういう計画概念で遊水池をつくったとしても、そこには人が入ってくることを、コントロールは、公権力してはできないですか。

E 一応やれることはやれるんです。

山 本 いま、その住民の話とか何か出てきたんですけども、河川改修というか、氾濫防御が、川の計画の目標の中では非常に大きいんですか。インドネシアの場合には。ヨーロッパの河川なんて、もうほとんど治水というか、洪水防御には、もう投資しませんよね。インドネシアの場合には、むしろこれから投資すると考えたほうがよろしいんですかね。河川改修はこれからだと。

H これからなんでしょうね。

G そうですね。まだこれからですね。

A 最近ですね。従来ジャワ島中心だったのが、外領ですね。それ以外の主要都市に、1州1河川ぐらいずつモデル的に河川改修していこうという動きが出てきて、それでバダンとか何とか、アサハンとか、アチェとか、ジェネベランとかですね。逐次進んできた段階で、まだまだそういう改修の恩恵が少ない州というのがたくさんあるわけです。ああいうまだ恩恵の及んでない州でもどこか1河川やるようなことを言っているだけで、まだまだこれからという感じですね。

山 本 日本の近世、江戸時代だと、河川改修の目的は、土地開発の意味が非常に強くて、新田開発みたいなのが目標になってたと思うんですけども、インドネシアの場合は、人口1億4,000万人ぐらいいるんですか。ジャワ島もかなり開発が進んでいる島だと思うんですけども、そういう意味で、新田とか、土地開発という意味が、河川開発の中にあるんでしょうか。

A 一応米に関する需給は達成されたと、1984年ですか、とういことにはなっているんです。ところが、それは瞬間値でして、実は、人口は毎年2.3%と、かなり伸びているわけで、それに見合うだけのお米の生産量が伸びなくちゃいけないのと、それから、近年、85年、86年とか、差し当たって言うと、天候に恵まれたと。だから、あんまり大きな災害がないということから、安定しているんじゃないかと。

現在、積極的に新田開発を進めていこうということには、新田開発というか、灌漑開発ですね。なっていないんだけど、現状を維持するだけでは、いずれ需給がバランスしなくなるだろうと思います。もうちょっと詰めていかなくちゃいけないんじゃないかという動きもあり

ます。

洪水による減産を減らしていこうと。インフラ面だということです。それ以外に、収穫後の処理。そういう話もありましたけれども、インフラ面から言うと、そういう点だと思いますね。

山 本 ひょっとすると、河川の計画の中に、内水排水の問題を、目標にする必要があるのかもしれないけれども、たとえば、北海道なんかでは、減反地の利用転換なんかのために川の水位を上げて、そのためにショートカットするとか、そういう話を聞いたことがありますけど、平常時の水位を下げて。雨季、水位を下げないとはけないからね。そういう意味での水位低下が生じるような河道計画を立てなきゃいかんというような話なんか聞いたことがありますか。

A ギヤムカマンというのがありますね。

D そうですね。あるんですよ。そこまで。

A ギヤムカマンは、ただ、あれですよ。ギヤムカマンの話は、河川自体の目標として、河川自体の雨季の水位を下げるとかいうところまでは行っていない。河川とは縁を切って、それからポンプ排水だけで排水する。そんな感じじゃないですかね。

D だったと思いますね。

A よくわからないけど。どちらかという、灌漑排水のほうの仕事として、そういう雨季の乾田化というんですが、雨季の水位低下を図ると。

H ジャワ島では、洪水で避難する人が非常に多いんですよ。ホワーンとしたジワジワした洪水でも、何千家族というのが避難することがしばしばあるんですよ。この間の洪水では4,000家族が避難しているんですからね。もちろん2万何千戸と浸水するわけです。意外に避難については、避難体制がしっかりしていて、どういうコミュニケーションするのか知りませんが、連絡網がよく、部落長まで情報は伝わるようです。

山 本 河川とは話が変わるんですけども、そういう地域組織みたいなのが、かなり日本と違っていると思うんですけども、たとえば、今水防の話が出てきたけれども水防をやる組織なんていうのはあるんでしょうか。

E ないと思います。見たことないですよ。

H 水防は、カルフォルンか何か、ブラントスのカルフォルンは、あっちのほうはあるようにちらっと聞いたこともあるんだけど。

I ソロではなかった。

C ○○さんが、そういうのもぜひやらそうということで、盛んにレクチャーを書いたと言っていましたから、実際にはないのかもしれないね。それは、水防自体がその効果がどのくらいあるかというほかに、やっぱり河川も高水敷のところに田んぼつくって、だんだん堤防のほうへ、耕作が進んで堤防を崩すとかですね。要するに、河川庇護とか、そんな感じの気持ちを持たせる意味で、水防というのを盛んにPRしてきたと、○○さんが言ってたね。いまのところはないでしょう。

G 現実にはないでしょう。

D いや、ありますよ。

山 本 そうですか。

I ソロあたりもありますか。

E どこでも今、作りつつあるということですね。だけど、ブラントスではもう既にはっきりしたのがありますからね。これは、スラバヤの知事がその長になりましてね。たとえばブラントスのプロジェクトをやっている事務所、それからスラバヤのイリゲーションをやっている事務所など、機械を持っているようなところ、水防のメンバーになっているわけです。それが知事の命令のもとで動くということでやっていますね。

それから、フィリピンのコーディネーション・コミッティーみたいなもの。それが一応できまして、メンバーも全部アサインはされているんですよ。ただ、いかんせん予算が足りないものですからね。たとえば、知事のところにある緊急対策としましては、サンドバックが数十個、多くても100個とかね。そういう状態です。

C それは水防も入っているんですか。災害時に連絡をして避難したりというだけじゃなしに。

E それと、いま言ったサンドバックがですね。そういうのも一応準備はされていることになっているんです。ところが、100個とか200個で河川の水防をやるなんたって、とってもできないです。

G いま作りつつあるという状況ですな。

E そういうふうに言ったほうがいいかもしれませんね。

山 本 ちょうど社会組織の話が出てきたんですがね。河川と特にかかわるセクションで、労働者というか、河川工事をどういうふうにやっているんですかね。古くは、日本では直営でやっていた、地元の農民を集めてきて、働かせて、お金払って働いてもらったんだけど、インドネシアの場合には、どんな形で施工がなされているのか。また、その技術水準はどんなものですか。

E 請負が多いんじゃないですか。

山 本 請負。日本のいまあります請負と全く同じような格好ですか。

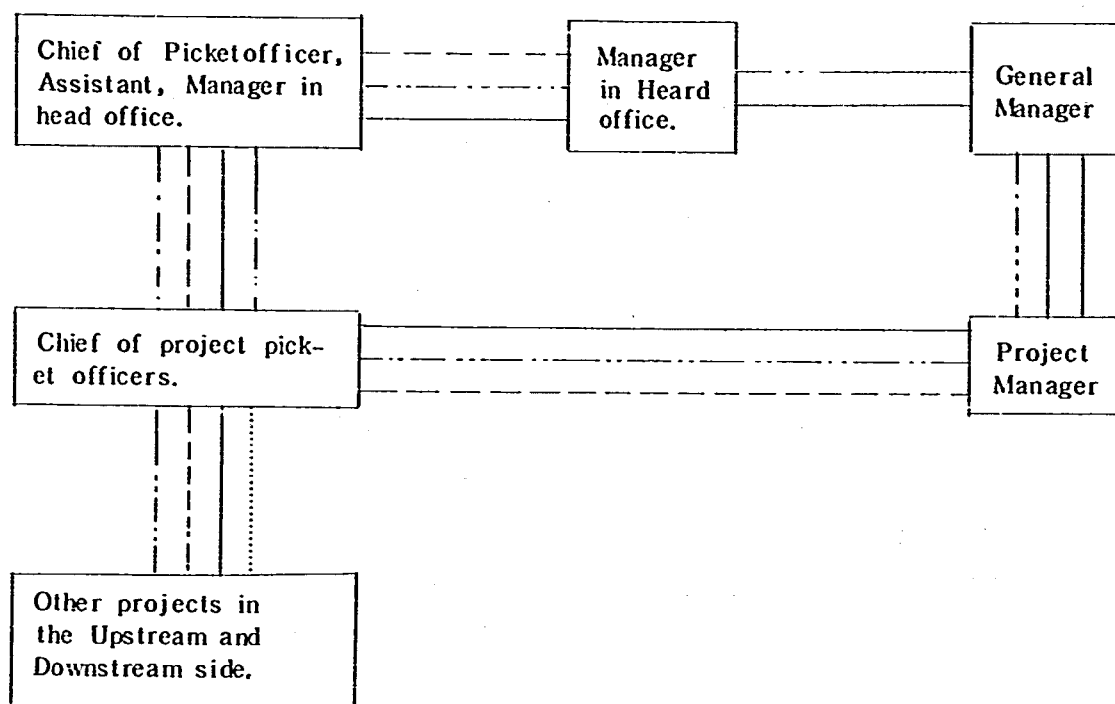
H ローカルでやっているのも、みなコントラクターですよ。小さい工事です。ちょっとした、護岸とか、堤防を修復したり、掘削したりする。あるいはローカルコントラクターがやっているんです。

G 少し前までは、直営がかなり多かったでしょう。

E ブラントスは、ずっと直営でやってきて、部分的にコントラクターシステムですね。いまはコントラクターシステムが多くなってきたですね。

山 本 向こうもかなり機械化されているんじゃないでしょうか。手作業みたいなものが多いんですか。

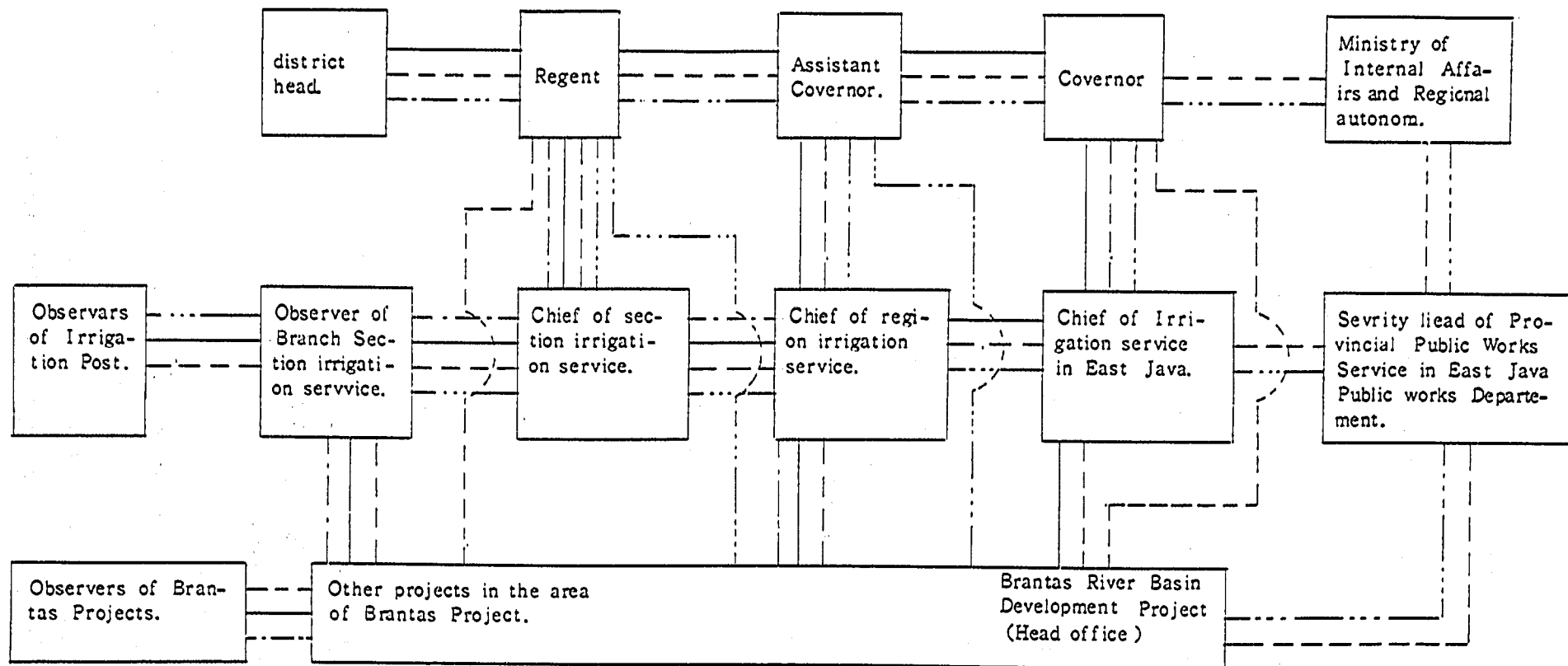
E ブラントスに関しては、やっぱり相当機械を持っていますからね。その機械を利用していますけど、コントラクターの場合は。



Remark :

- : competence line.
- : Information needed for other project in
upstream & downstream side.
- : Warning I
- : Warning II
- : Warning III

図7-1 プラントス河流域開発実施事務所（公共事業省水資源開発総局）
における水防組織（内部）



Remark :

- ```

----- : Warning I
----- : Warning II
----- : Warning III
----- : Competence jine

```

圖 7-2 水 防 組 織 (外部)

- D      それほどじゃないような気も。
- G      もっと担ぎをするようなあれではない。
- H      担ぐの見たことないな。
- A      大工事と小工事の違いもあります。円借款の対象になれば。
- I      パチタンで砂防ダムをつくってたんですよ。その現場に行ったんですけど、竹でやぐらを組んで、高いところまで持って行って、それで、箱の中に砂と砂利を入れて、滑車で上に上げるんですよ。上のほうにだるまが置いてありまして、ミキサーが。その中に入れて、それから長い道を通ってから、下までコンクリートを落として、下に行ったときは分離してしまっているようなやつを。あれは私がいる頃ですから。ひどいことをやっているなと思って見ていたんですけどね。
- G      田舎なんだ。
- I      ええ。あと、熊谷組さんが灌漑の工事なんかやったときのものすごく近代的な工事と、全然状況が違うんですよ。
- G      地域によって大分違うかもしれないですね。予算の問題と。自国の予算だけでやるという、それはあんまり機械を使えないでしょう。メンテナンス工事なんかだったら、なかなか機械は使っていないでしょう。
- B      円借款とか、借款でやる場合、経済比較をやりますと、機械化施工のほうがずっと安いわけなんですね。工期の問題もあるし、それだけじゃなくて、純粋に計算しても、機械化のほうがはるかに安いわけですね。だから、借款でやるときは、ローカル労力を活用しなきゃけしからんと言われながら、だって返さなきゃならん金ですからね。資金を有効に使うということで、どうしても機械が勝ってしまうわけですね。
- それで、直営でやる場合でも、機械を導入してやって、いま、その直営でやった、育った連中が、それではまずいと、直営会社をつくって、それが請負をやるというような、そういう過渡的な状態になっているわけですね。もちろんそうじゃない会社もあるわけですけどね。国営じゃない会社ももちろんあるわけですが。
- I      しかし、バリの海岸辺りから、突堤とか何かつくっているんですけども、あれはみんなマンパワーですね。
- D      昔は、ローンのときに、機械を買うように計画を立てたものですけど、いまは向こうはそう言わないですね。だから、積算してくれば、だから、コントラクターも1台持っていますという話で、いいんですよということですから。
- G      いまは、要するに請負形式ですね。
- D      だから、そういう意味からいくと、機械はある程度インドネシアではあるということなんですね。
- B      かなり導入されたということになっているわけです。
- G      機械をもってこないようなコントラクターだったら、工期に間に合わない。

B だめなんです。間に合わない。

### 7-3 技術移転問題

山 本 河道計画あるいは河川構造物に対しては大体もう話が出尽きたという感じがするんですけども、インドネシアに、日本がいろんな所へ援助していくと思うんですけども、インドネシアにどういうふうによく技術を伝えるか、なんていったら向こうに対して失礼なんですけれども、ストックしていけばいいかなというのが非常に大きな問題のような気もするんです。建設省にも毎年河川工学等の研修等で来ているわけですけども、結局個人的に2ヵ月日本に来て、いたという感じで、どうも組織的にはストックされていないという感じがするんですけども、何かうまい方法みたいなものは。

D 随分向こうのレベルも上がってきているような気もしますけれどもね。でも真剣さが足りないような気もするんです、習う方に。覚える好奇心がいささかない気がするんですけども。僕は思うんですけども、大分プロジェクトが多くなりすぎたせいか、カウンターパートに出ていく、いわゆる技術をこちらからトランスファーする人とかの能力が随分レベルダウンしているような気がするんです。誰でもいいからつけてしまえということで、極端なことをいえば数学がほとんどできない、いわゆる足算、引算はできるという程度に下げないと話が通じないという人がカウンターパートに出てきている。フランス語はしゃべったって、無理じゃないかという気はしないでもないですけどもね。優秀な方もいらっしゃるんですけども、皆さん、行政家になっているなという気もしないでもないですね。だから駄目だというのではなくて、非常にこう、Bさんなんかは一番よくご存知だと思うんですけども。

I いや、僕の感じなんです、たとえば日本だったら大学卒業したら現場から出発して段々積み上げていくでしょう。ところが向こうの技術者というのは大学出てからだんだん偉くなっていくのではなくて、始めから上なんです。1回向こうの課長クラスの人と現場を回ったことがあるんですけども、課長クラスの人には現場を知らないんです。ここに何があるかというのは。現場にその人はついていくんですけども、向こうの出張所かなにかの、出先の方から誰かきてから現場を案内する。どうなっている状態かというのはその人は知らないんです。それでいける組織ですね。日本だったら事務所長であろうと局の課長さんであろうと皆知っていますね。現場がどうなっているか。自分たちが下から積み上げてきて、それだけの知識をもっているから、積み上げられるので、たとえば淀川に長くいたら淀川のことはすみからすみまで知っていますとか、つまり現場を歩いたからよく知っていますよね。ところがインドネシアの場合には、そのプロジェクトにいても、プロジェクトの中身について現場のことを全然知らない。理論的なことで数式がたくさん並んだら非常に喜ぶというか、素晴らしい問題だと思うけど、あとは泥くさいという感じ方をもっているんじゃないですかね、どうもそんな気がしてなかったんです。

F いや、あっているんじゃないですか。組織上の問題は確かにあります。

- D 多分、インドネシアは相当発展しているんだよね。それに行政官の数が追いつかないというところもあるんですよね。一番最初に、ウラルに〇〇さんに連れて行かれた時、〇〇〇大臣がじかにやりましたものね、司会を。それがいまはもう、そんな大臣のところへ行くなんていうのはほとんどあり得ないくらい、プロジェクトの数が増えている訳ですから、それ相応に人も必要になってくる。
- B どうなんですかね、そのへん。日本人の専門家は技術指導でなくて、作業要員としてJ I C Aの専門家を使うとか、そんなような状況であったんですよね。
- D カウンターパートの定義は難しいところですよ。
- F 向こう側の受取方とこちらの受取方が違うわけですね。
- I いつも日本人は5時、6時まで残業しているんですよ。一生懸命、毎晩、毎日ですね。ところが連中はもう2時半くらいになったら帰る用意をして3時になったらさっといなくなってしまふ。残っているのは日本人だけ。だから仕事を覚える気があるのかな、ないのかなっていうことを思いますよね。
- 山 本 そういうことはもう、際限ないですね。
- I だけどどう指導したらいいのかということ。
- B どう指導したらいいのかということより、何かに対処したいという場合、相手側の実状とか能力とかは、それを認めるしかしょうがないことであって、それを日本人が知っていなければならないこととしてまとめておくべきだと思うんです。こういうふうにしてこういうふうにやらせたいということでは駄目なんですね。ほかの国でもやったことがあるんだけれども、洪水の流観というのは日本人でなければ駄目ですね、絶対やらないですよ。どんなにお膳立てして、竹で浮子を作って、火をつけるようにして、何もかも用意しても、たったの1度もやらない。こんなこと言いたしたらきりがありませんよ。
- F 日本人ていうのは几帳面なんですね。
- B だから洪水のピークを押さえるなんていうのはとんでもない話です。絶対できないと思って対処すべきなんです。
- 山 本 そういう状況の中での河川の計画の有り方というのが、またあると思うんですけども、どうなってくるんでしょうね。
- B 流送土砂調査なんてものをやっているけど、たまに行って浮遊土砂濃度を計って、計算式でむりやり土砂量を計算してそれでやっていくとか、しかも年に何度かしか計らず、それと流量の相関をとって、浮遊砂量が流量の何乗かに比例するという式を作ってやっている訳でしょう。それから洪水流量というのはどういうふうにやるかというと、水位をもってきてやる。そういうことしかないですね。永久にこれは改善されないと思ったほうがいいと思うんですよ。それは日本人がそこに住んでいて、B社さんがブラントスにびったり張りついているように、それも人数を増やしていった。それで水防までやるようになったというのはやはり……。
- F だから河川の水文ですから、水文の基礎的なほうもガチッとそういう習慣をつけるという事

が必要なんですよ。

山 本 水位の観測は結構やるじゃないですか。タイに行った時結構まじめにやっていたけど。

D タイの地形はびったりあいますよ。チョウキヤで調べましたけれども、これはわりにゆったり上がっていったり下がる。ループを描かないですよ。だから、そのずっとH-Q自身が……、あまりのりすぎて細工しているんだろーと思いましたが、そうではなくてよくのります。だから感心したことがありますけれどもね。だけど山本さんのおっしゃったことはマレー系では、マレー系っていうか、マレーシアは違うかもしれませんが、マレーシアもあんまりデータはないですね。どうですか、マレーシアをやっている。

F なかったですね。あんまりないですね。基本的にやっぱりその……。

G 行政のことに頭を使っている、技術的な面で何かをしようという考えはあまりないんじゃないか。

F 大体、アドミニストレーションに向こうは力を入れていますから。

G 土木屋と言うよりは行政屋として自分は生きていくという感じです。

F 行っても会議をやっているとかがって会えない事が多い。そんな事ばかりでしょう。

B 技術的なことは何事によらずコンサルにやらせておけばいいという考えで。

G コンサルタントにやらせ、工事は皆工事屋にやるという話でしょう。技術を使うということは、俺たちの仕事じゃないと考えている。どっちかといえば、金をどう使い、そしてそういう技術的な連中をどううまく使っていけばいいかというようなことを考えている気がしますね。うまく使えるというのが自分たちの能力だと、中身は知らなくてもいいという感じでしょう。

F 技術の積み重ねなんているのをやっているやつは、どっちかといったら下の工員なんですよ。

山 本 それは世界的にみてどこでも同じようなもんじゃないですか。

F いや、知った上で物をいってこれればいいんですよ。

G だから耳学問なり、聞いたこと、あるいは読んだこと、そういうものについての知識は、自分としてはよく知っているんだということで、人に負けたくないという気持ちはあるんですよ。だから上の偉くなった連中というのは、新しいこと、つまり日本に来てものを聞いて来る、アメリカにいったものを仕入れてくる。そういうことには非常に熱心です。だけどそれを自分から使ってやってみるとか、技術的に勉強してみるとか、そういう感じの人は非常に少ない。だから若い人でも技術的な面で確かに伸ばして行こうということに気持ちをもっていくという人は少ないんじゃないか。

F だからいまのようなそういう組織であれば、それは何年たっても多分同じじゃないかと思うんです。

山 本 水理の研究所ですか、バンドンとか、ソロにもありますけれども、あとは大学にも土木工学科があって、そこで河川を教えているのか水理学を教えているのかはよくわかりませんが、そういうところと実際の河川の改修をやっている人間というのは、コンタクトの仕方とか、コミュニケーションの仕方というのは、それはどんなものでしょうか。

- G 私がいつている時には〇〇〇さんだったです。何人かが呼ばれるんです。たとえばブラントスに。そういったことでの助言はしているみたいですね。建設省でも日本でもこういう事務所に河川研究室が行くとかあれと同じようなかたちでのやり方というのはあります。それから、研究畑と行政との人事交流が一応あることはあるんです。前はあったんです。だけれども、いまひとつ、行政の人が研究所へ行っていると、こんなところにもいつまでもいられない、戻してくれという話になってしまって。非常にその交流は難しいという話です。
- D いまうちでやっているジェネベランの河道改修の話を聞いていますと、バンドンの水工研究所は、いろんなところへ介入してきているようですね、自分たちの納得するまで。バンドンの方が納得したらOKだというようなかたちにしていますね。そうすると間違ったことでも大変頑張ることでもあるんじゃないですかねバンドンの方は。でも、いまの関係というか、気持ちは行政的なもので、テクニカルはバンドンの方でみていると、こういうような話で分けているような感じも受けています。
- I 海岸はまさしくそうです。いま土研に来ていますけれども、〇〇〇〇〇〇がバンドン水工研の海岸研究室長ですが、彼はインドネシア全部の海岸を見えていますね。
- G 最近バンドンの関係が非常に強くなって来ていると言うか、変わって来てますね。
- B 大臣の指導方針なんですよ。
- G 7、8年前かな、あの頃は河川局というのはバンドンとほとんど没交渉でやったんじゃないですか。ソロの方に水理実験所があったんで、バンドンの方は農業関係の水理実験で、海岸とか、灌漑水路とかはバンドンという感じでやっていたんです。
- I 研究開発庁に組織が変わってから変わって来たんです。
- B その前からも多少変わり始めたんじゃないですか。
- I その後〇〇〇さんなんかも、此頃なんでもかんでもバンドンから経由しなけりゃいけないからいやだと言っている。
- G 河川関係でね、水資源総局が肝入りしたんだと思うんだけど、ハティと言う水理学会みたいなものに行って来ましたけど。この前は……。それは水資源総局長がきてあいさつをした。それで各地の河川事務所の所長さんとか、課長さん連中が研究発表したのかな、日本でいう直轄技術研究会に近いんですけども、年に数回スラバヤでやったり、その他でそういう会を開いてやっています。ただその中身からいうと、やっぱり簡単にコンピューターで計算できるような内容だとか、いろいろ現場の問題もでているけれども、突っ込んでいないわけです。現象は見るんだけど、ここにこういう問題があるというようなことを紹介するという話で、計算を詰めてやっていくとか、そのへんはあまりないです。それだけれども、土壌がないんです。そういうところではあんまりその域を出ないんですけども、そういうものを定期的に開いてやろうという、上の方はそういう意識はあるんです。
- 山本 ちょっと今回の問題と話題が違うので、このへんでやめておきたいと思うんですけども。それでは、お忙しいところ、長々とありがとうございました。

注1) 検討会の資料

座談会のために用意した検討会の資料とは、下記の「低平地河川の改修工法に関する研究（最終成果目次案）」である。

## 低平地河川の改修工法に関する研究（最終成果目次案）

### 第1章 序論

- 1-1 調査の背景
- 1-2 調査の目的
- 1-3 調査組織及びスケジュール
- 1-4 調査の概要
- 1-5 インドネシアと日本の地形、地質、気候の比較

### 第2章 低平地河川の河道特性

- 2-1 低平地河川の定義
- 2-2 縦横断形状と河道特性量との関係
- 2-3 平面形状の特性
- 2-4 河岸侵食形態
- 2-5 局所洗掘の形態と大きさ
- 2-6 デルタの発展形態について

### 第3章 低平地河川における河道改修の考え方

- 3-1 日本とインドネシアにおける河道改修の目的の比較
  - ・河川に関わる災害の実態
  - ・河川利用の実態
  - ・河道改修の最終目的
- 3-2 河道計画全体のフロー
- 3-3 計画対象河川の河道特性の把握
- 3-4 河道の縦横断計画
- 3-5 河道の平面計画
- 3-6 洪水防御施設計画

含 捷水路、放水路

## 第4章 河岸処理工法

### 4-1 河道特性と河岸処理

### 4-2 護岸工

### 4-3 水制工

### 4-4 ベーン工

## 第5章 河床安定化工法

### 5-1 床止め

## 第6章 河口デルタ部の処理工法 (含 放水路)

### 注2) 日本の河川の河道特性

日本の河川の河道特性については、土木研究所資料第2662号「河道特性論」1988で詳述されている。

### 注3) インドネシア国の河川の河道特性

インドネシア国の河川の河道特性については、土木研究所資料第2795号「気候・地形・地質が河道特性に及ぼす影響に関する研究ノート」1989で詳述されている。

### 注4) ラテライト

雨季に続いて気温が高く蒸発のさかんな乾季がくるような熱帯地方では、乾季には土壌水は、植物によって吸いとられるが、供給が続く限り、その消耗を補うべく水は下から上がってくる。雨季に岩石の溶脱によってつくられた薄い溶液は、蒸発によって濃度を増し、溶解物質が沈積する。もっとも溶けにくいものが最初に沈澱する。その生成物は、アルミニウムと鉄の水酸化物であり、シリカおよび各種の炭酸塩や硫酸塩である。これらの大部分は次の雨季の雨で再溶解されるが、鉄とアルミニウムの水酸化物は、非常に不溶性の状態に残る。それらは地表面あるいはその近くに残留し、次第に集積して赤褐色の堆積物となる。それにはラテライト (laterite) という呼び名がつけられている (ラテン語で *later* 煉瓦)。深部では、いろいろな色をもつが、概して淡色で、アルミナが特に濃集する傾向がある。ずっと深部では、岩盤がはげしく分解され、粘土鉱物がたくさん生じていることがある。

出典：アーサー・ホームズ (上田誠也他訳), 1984; 一般地質学Ⅱ (原書第3版), 東京大学出版会

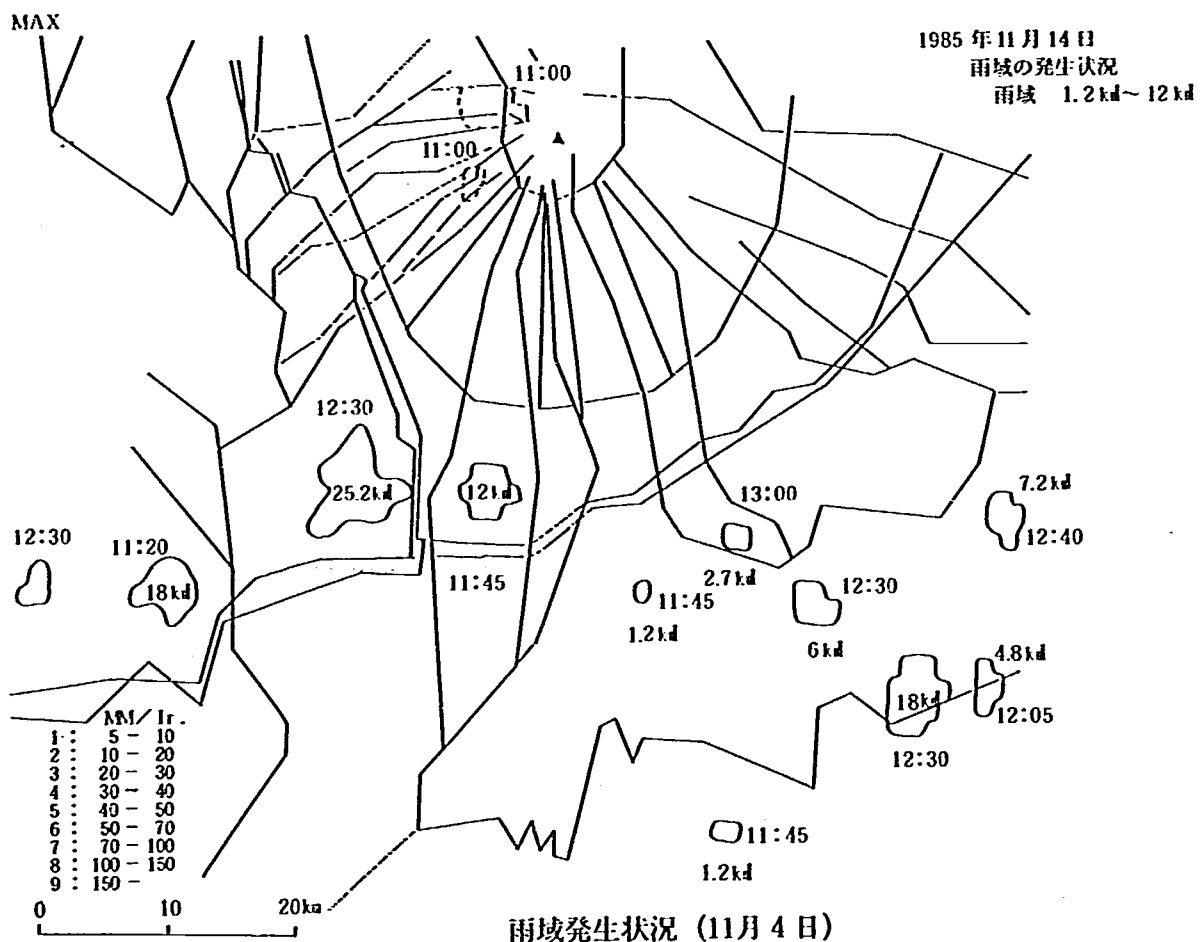
### 注5) 降雨パターンの例 (メラピ山周辺)

ジョクジャカルタの北部に位置するメラピ山周辺の降雨特性をレーダーで観測した結果をまとめると次のごとくである。

- 1) 山腹等で発生する雨域は突然で、発生時の面積も1㎢～10㎢程度と狭い場合が多い。
- 2) 発生する数も1個から数個とまばらである。
- 3) 雨域は分散、集合をくりかえすような形で移動し、移動方面は、発生地によって多少類似するが一定ではない。また、発生地で消滅する場合もある。
- 4) 雨域の中に強雨域が急に出現し、また消滅する。
- 5) 雨域の発生地は山頂付近、山腹、山すそ、西の方向および海の方からと多様である。発生地による発生のひん度、移動方向、降雨等の特性については、数多くのデータを収集整理しなければならない。
- 6) しかしながら、概略は次のようなパターンがある。

- ① 標高の高い山腹（標高1,200付近）で発生した雨域は、大方南西から東方向の間を南へ移動し、下部へ来ると分散して消滅する。
- ② 標高数百メートル付近の山腹で発生する雨域は成長が早く、また群発する。移動方向は東西南北いずれの場合もあり、一定ではない。
- ③ 比較的平野部で発生する雨域は集合、分散しながら大体において山の方へ向かう。
- ④ 海岸からの雨域は、広い形を作りながら山腹へ向っている。
- ⑤ これらの発生が複合する場合もある。

出典：建設省・(財)国際建設技術協会，1986；昭和60年度 海外洪水等予警報技術開発事業報告書



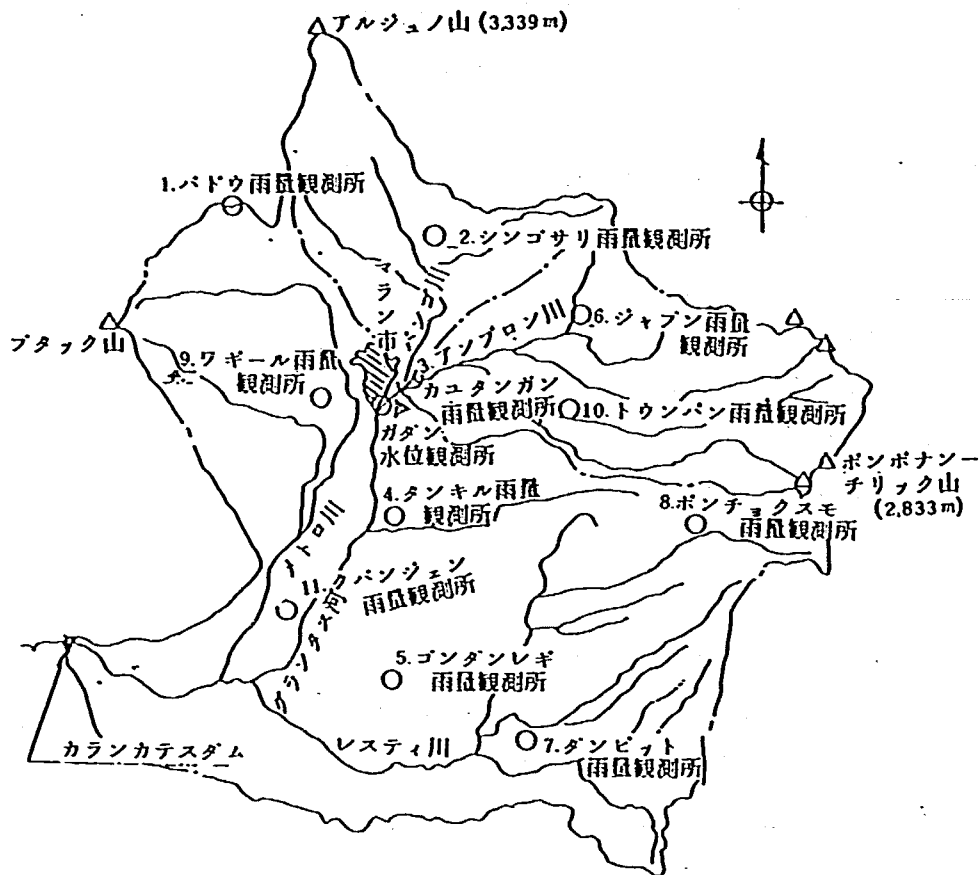
注6) プラントス流域の降雨特性解析

図に示すカランカテスダム上流域 (流域面積2,050km<sup>2</sup>) およびアンブロン川とバンゴ川合流点下流に位置するガダン水位観測所上流域 (流域面積579km<sup>2</sup>) にある11観測所および7観測所の日雨量・時間雨量資料をもとに地点雨量および流域平均雨量の相関解析を行った。

解析結果から判る様に地点雨量間の相関係数は、-0.2から0.4の範囲に分布し、降雨の同時生起性は殆どないと考えられる。また、地点雨量と流域平均雨量との相関係数も0.04から0.55と小さく無相関と考えられる。これから、地点雨量が流域平均雨量に対する流域代表性に乏しいものと判断される。

相 関 係 数 表

| 観測所<br>番 号             | 観 測 所 番 号 |       |       |        |        |        |        |       |        |       |        | 流域<br>平均             |
|------------------------|-----------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|-------|--------|----------------------|
|                        | (1)       | (2)   | (3)   | (4)    | (5)    | (6)    | (7)    | (8)   | (9)    | (10)  | (11)   |                      |
| (1) BATU (PUNTEN)      | 1.0       | 0.110 | 0.121 | -0.007 | 0.012  | 0.147  | 0.114  | 0.173 | 0.180  | 0.332 | 0.087  | 0.218                |
| (2) SINGGSANI          |           | 1.0   | 0.172 | 0.033  | 0.122  | 0.070  | 0.020  | 0.011 | 0.134  | 0.189 | 0.197  | 0.090                |
| (3) KAYU TANGAN        |           |       | 1.0   | 0.307  | -0.212 | -0.024 | 0.122  | 0.003 | 0.270  | 0.202 | -0.032 | 0.234                |
| (4) TANGKIL/BULULALANG |           |       |       | 1.0    | 0.144  | 0.170  | 0.140  | 0.132 | 0.409  | 0.336 | 0.207  | 0.470                |
| (5) GOHOAHGLEGI        |           |       |       |        | 1.0    | 0.343  | 0.244  | 0.204 | -0.012 | 0.044 | 0.349  | 0.270                |
| (6) JATUNG             |           |       |       |        |        | 1.0    | -0.047 | 0.304 | 0.044  | 0.173 | 0.101  | 0.232                |
| (7) (IANI'IT PAHI)TAH  |           |       |       |        |        |        | 1.0    | 0.032 | 0.179  | 0.161 | 0.381  | 0.322                |
| (8)                    |           |       |       |        |        |        |        | 1.0   | -0.017 | 0.401 | 0.243  | 0.471                |
| (9) KALANG/HAGIR       |           |       |       |        |        |        |        |       | 1.0    | 0.337 | 0.023  | 0.427                |
| (10) MALANG/TUMOANG    |           |       |       |        |        |        |        |       |        | 1.0   | 0.177  | 0.347 <sup>最大値</sup> |
| (11)                   |           |       |       |        |        |        |        |       |        |       | 1.0    | 0.627                |
| 流 域 平 均 雨 量            |           |       |       |        |        |        |        |       |        |       |        | 1.0                  |



カラカテスダム上流・流域図および雨量観測所位置図

出典：建設省・(社)国際建設技術協会，1989；昭和60年度 海外洪水等予警報技術開発事業報告書

注7) インドネシア国の河川の洪水比流量と面積の関係

図2-1に示したごとくインドネシアの河川の特徴として、流域面積が大きくなるとCの値が小さくなる傾向にあり、流域面積の増加に対する比流量の減少割合が大きい。なお、図2-1中に・印で示したものは、インドネシアの河川の bankfull 流量<sup>注)</sup>の比流量と面積の関係を示したものである。これも同様に流域面積の増加に対する比流量の減少割合が大きくなっている。この原因もスコール性の降雨のため、降雨の広域的な同時生起確率が小さいためであろう。

インドネシア国の河川については洪水の発生頻度に関する資料が少ないので bankfull 流量の回帰年は明らかでないが、Solo 川の洪水頻度を見ると1962年から1971年の10年間で Upper Solo (Sulakarta) で25回、支川 Madiun 川で27回となっている。はんらんが生じる流量は、河道の平均的な bankfull 流量より小さいと考えられるので、これが bankfull 流量の回帰年とは言えないが、回帰年がかなり小さいことは確かなようである。

以上の例は自然堤防帯を流れる河川の場合であるが、デルタ (inner delta を含む) を流れる河川 (河床材料は細砂あるいはシルト・粘土を持つ緩勾配の河川) の bankfull 流量の回帰年は、自然堤防帯を流れる河川より小さいようである。例えば前述の Solo 川下流の Bojonegolo 地

点では、10年間に67日のはんらんをしている。Czaya, E. は、Volga 川の Kuibyshev では毎春氾らんし30~40km の幅となること、Rio Paraguay 川、Tisza 川（Danube 川の支川）でも同様の氾らんのあることを述べている。

また bankfull 流量と流域面積の関係は、日本の河川の場合、平均年最大流量の比流量と流域面積の関係より大略的に

$$q \propto A^{-0.6 \sim -0.7}$$

であるので、 $Q_B \propto A^{0.3 \sim 0.4}$

カナダの河川の場合、2年確率流量に対して

$$q \propto A^{-0.3 \sim -0.4}$$

であるので、 $Q_B \propto A^{0.6 \sim 0.7}$

インドネシアの河川の場合

$$q \propto A^{-0.8}$$

であるので、 $Q_B \propto A^{0.2}$  となる。

このことは、インドネシアの河川の場合、bankfull 流量は、流域面積が100倍になっても2~3倍程度としかならないことを示している。

出典：土木研究所資料第2795号 気候・地形・地質が河道特性に及ぼす影響” 1989

#### 注8) バダン地区の河川

スラトラ島中部に位置するバダン地区には、克蘭ジ川 (213km<sup>2</sup>)、アラウ川 (172km<sup>2</sup>)、アイルデンギン川 (131km<sup>2</sup>) の川がインドネシア海に流出している。

#### 注9) ブランタス川のハイドログラフ

1981年1月のブランタス川洪水における、ガダン水位観測所およびその下流にあるカランカテスダム (A=2,050km<sup>2</sup>) の洪水ハイドログラフは以下のとおりである。

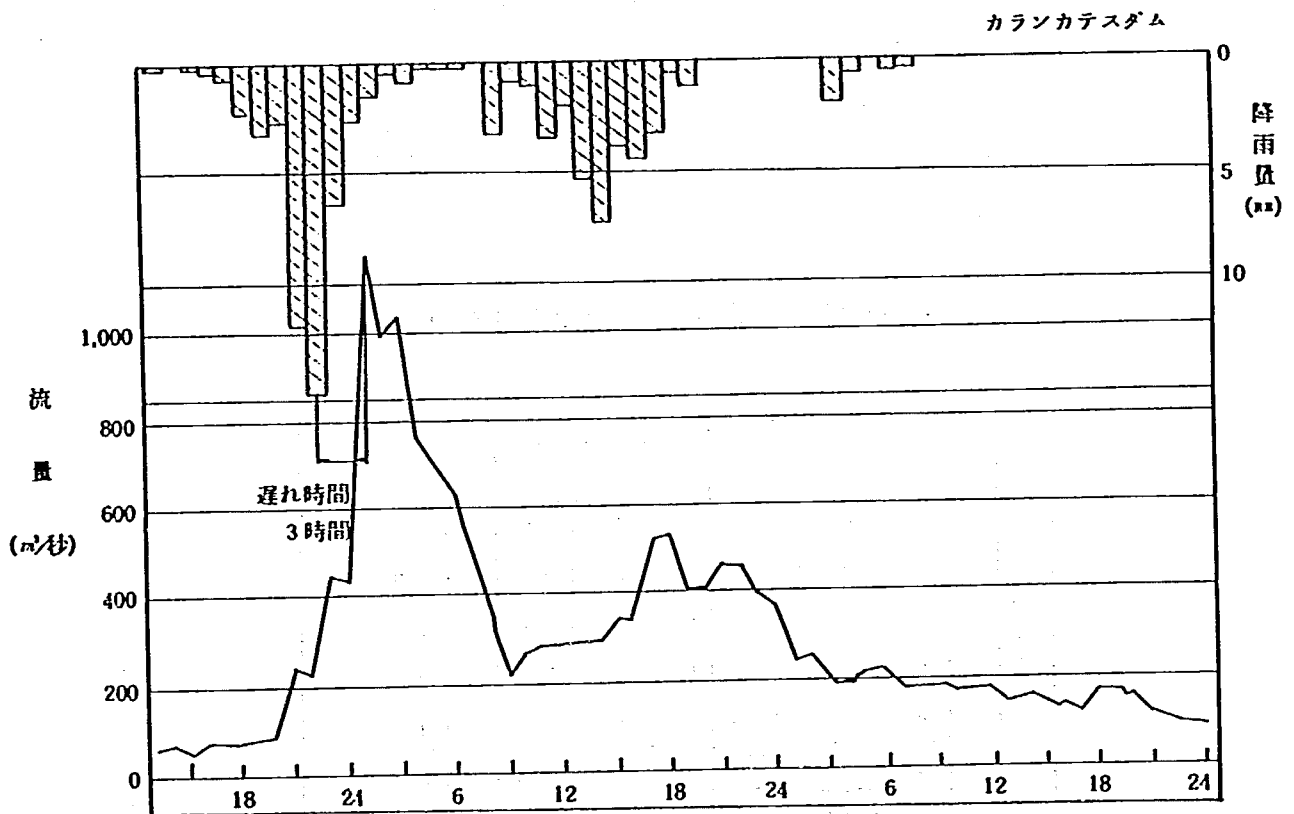
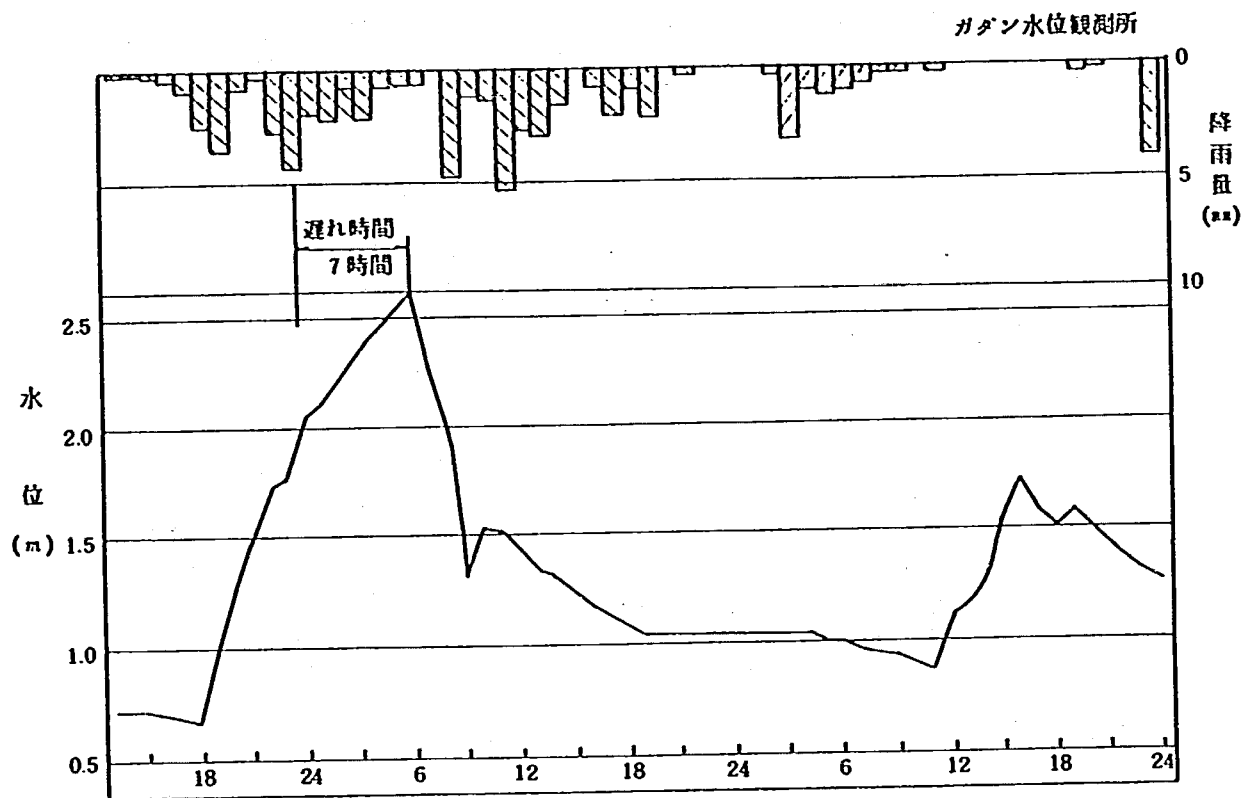
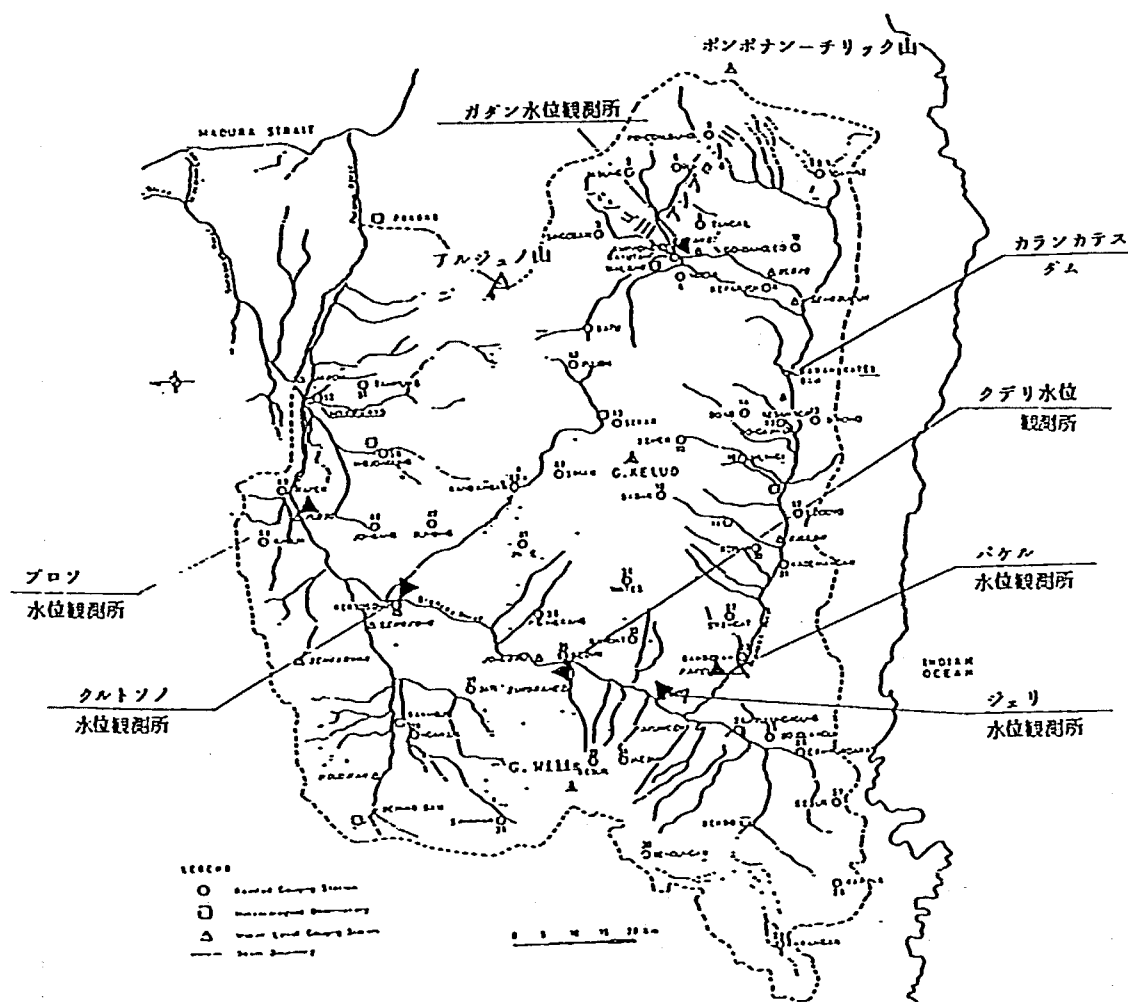


図3-4-1 洪水ハイドログラフ (プランタス川)

なお、ガダン水位観測所・カランカテスダムの位置および1981年1月洪水時におけるカランカテス上流域の雨量観測所の時間最大雨量は下に示すとおりである。



フ란タス川流域内気象および水文観測所位置図

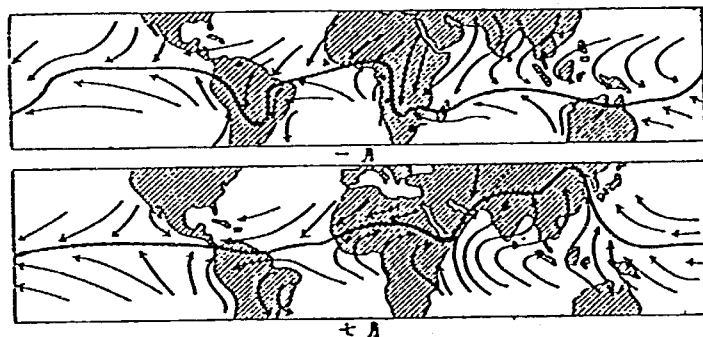
| 気<br>候<br>上<br>の<br>観<br>測<br>所<br>の<br>位<br>置<br>と<br>観<br>測<br>所<br>の<br>名<br>称 | 観測所名      | 時間最大雨量<br>発生時刻 | 雨量 (mm/hr) |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------------|------------|
|                                                                                   | 1 バトウ     | 6日21-22時       | 20.0       |
|                                                                                   | 2 シンゴサリ   | 6日18-19時       | 21.0       |
|                                                                                   | 9 ワギール    | 6日15-16時       | 1.0        |
|                                                                                   | 6 ジャブソ    | 6日22-23時       | 8.3        |
|                                                                                   | 8 ボンチョクスモ | 6日 4- 5時       | 14.4       |
|                                                                                   | 4 タンキル    | 6日19-20時       | 10.0       |
|                                                                                   | 7 ダンキル    | 6日20-21時       | 70.0       |
|                                                                                   | 5 ゴンダンレギ  | 6日20-21時       | 75.0       |

出典:建設省・(社)国際建設技術協会, 1986; 昭和60年度海外洪水等予警報技術開発事業報告書

#### 注10) 熱帯収束帯

南北両半球の気団の境界で夏半球の側にある。南北両半球の中緯度高気圧帯の間にあたる赤道付近は東西に細長くのびる気圧の谷となり、両半球からの貿易風が収<sup>ん</sup>収して上昇気流を生じ、悪天候をとまなう。これは発生地が違う二つの気団の境界ではあるが、密度ないし気温の不連続がない（または極めて小さい）。

熱帯前線の位置は特に太平洋からアジア方面に注目すると、東部太平洋では夏冬の位置があまり変わらず、主として両半球の貿易風の境界となっているが、西部太平洋からアフリカ方面にかけては夏冬で位置が大きく変動していることがわかる。これはユーラシア大陸の影響で、熱帯前線は赤道を超えて他の半球内に吹き込む季節風\*の限界となる。このような所では両側の気温差もかなりのものとなり、前線の性格を帯びている。熱帯前線に収<sup>ん</sup>収する気流はだいたいにおいて貿易風帯でできた気団で、下層は湿っているが上層はいちじるしくかわいている。このような気団は対流不安定\*の状態にあるので、上昇によりいちじるしい積乱雲\*としゅう雨\*を生ずる。その度合は前線に沿う収<sup>ん</sup>収の大きさによるもので、熱帯前線全部に沿って悪天候をとまなっているわけではない。



熱帯収束帯の位置

出典：和達清夫監修，1954，気象学辞典，東京堂

#### 注11) カナダ・アルバータ州の河川の $Q_B$ と $Q_2$ の関係

図2-2は、カナダ・アルバータ州を流れている河川の内、河岸物質が両岸平均で75%以上が沖積堆積物である区間のbankfull流量 $Q_B$ と2年確率洪水 $Q_2$ との関係を示したものである。本図によると河床材料の $d_{65}$ が砂であるものは、例外があるがbankfull流量と $Q_2$ がほぼ等しいが、粗砂、砂利の河川は $Q_B$ が $2 \cdot Q_2$ 以上であるものが多い。図2-2より判断するとbankfull流量の回帰年は10年以上の河川が多く、中には50年を超えるものがあることを示している。これはbankfullの状態を谷の平坦面の高さとしていること、またアルバータ州を流れる河川が最終氷期に氷河で覆われ、氷河の後退期には土砂を出したが、その後は下刻化傾向にあり、谷底面は低い段丘面となりつつあることに原因しよう。

注12) インドネシア国の河川の bankfull 流量時の  $u_*^2$  と  $d_{65}$  の関係

インドネシア国を流れる河川で、河川の縦断方向の河道特性量に関する資料のある Brantas, Lower Solo, Upper Solo, Madiun, Kuranji, Ular, Asahan, Jeneberang, Upper Citarum 川について、segment 区分を行い、その区間の平均的な勾配  $I_b$ 、川幅  $B$ 、水路の平均水深  $H_m$ 、河床材料  $d_{65}$  を求め、 $u_*^2$  を計算した。これより  $u_*^2$  と  $d_{65}$  の関係を図 2-4 のごとく図示した。

なお、Kuranji 川については、2 年確率相当の流量  $300\text{m}^3/\text{s}$  時の水深を

$$H_m = \{Q / (\varphi B \sqrt{g} \sqrt{I_b})\}^{2/3}$$

より求め、これを平均水深とした。また Brantas 川と Jeneberang 川については、水路の平均水深の縦断方向変化図が無いので、最深河床高と河岸肩の差の縦断方向の変化図より、平均的な最深部の水深を求め、それを 0.7~0.8 倍したものを平均的な水路の水深としている。従ってこの三川については多少  $u_*^2$  の評価精度が他の河川より劣っている。

図 2-4 より、インドネシア国の中・粗砂を河床材料を持つ河川の bankfull 流量時の  $u_*^2$  は、日本の河川より大きいものが多い。これらの河川の中・粗砂の大部分はいずれも火山噴出物である火山灰堆積物を供給源としている。特に  $u_*^2$  の大きい Madiun 川、Upper Solo 川、Kuranji 川の 3 つの segment の  $u_*^2$  (図 2-4 において点線で囲んだ 3 点) は、河床材料中に平均粒径 5~8 mm の C 集団を 10~20% 含んでいる。上流からの小礫の供給量が多く、勾配もそれぞれ 1/1000, 1/2150, 1/860 と他の segment の勾配に比し急である。もし小礫の供給量が多くなければ、C 集団が河床材料の main の集団となろう。

Asahan 川の  $u_*^2$  は、ほかのインドネシアの河川に比して約半分程度と評価された。Asahan の流域面積は河口近くで合流する Silau 川を除くと  $5,702\text{km}^2$  であり、その内上流の Toba 湖の流域は  $3,674\text{km}^2$  である。Asahan 川下流の流況は、Toba 湖の影響を受け、同一流域面積を持つ河川より洪水流量は小さく、かつ低水流量が大きく、流況が安定していると考えられる。事実左支川の Silau 川 (流域面積  $1,202\text{km}^2$ ) の河道の流下能力と Asahan 川の Silau 川合流点上流の流下能力は、流域面積が大きく異なるのにほぼ同じような  $200\sim300\text{m}^3/\text{s}$  となっている。流量変動が少なく、Toba 湖によって粘土・シルト分の土砂濃度の小さいことが、bankfull 流量時の  $u_*^2$  の値が他のインドネシアの河川に比し小さくなる理由であろう。

砂利を河床材料に持つ場合の  $u_*^2$  と  $d_{65}$  の関係は資料精度の悪い Kuranji 川しかなく、これをインドネシア国の砂利河川の  $u_*^2$  と  $d_{65}$  の関係とすることはできないので、資料の収集を持つ必要がある。

中・粗砂を持つ河川の  $u_*^2$  が、日本の河川に比して大きな値を持つ原因の一つとしては、化学的風化作用による粘土成分の生産量が多く、これが河岸堆積物の中に含まれる割合が多くなり、河岸の耐侵食力が日本の河川に比して大きくなるということが考えられる。

注13) デルタ河川のはんらん回数

Segment I, Segement II, すなわち、扇状地河川、自然堤防帯を流れる河川は、氾らん原上へ

の浮遊砂, wash load の堆積, 河岸の側方侵食と堆積, 及び河床の堆積・侵食を同時に行っており, 自由蛇行であれば, 多少河床が上昇あるいは低下しても, 河道位置の変動によって bankfull discharge の回帰年は, 一定値から大幅にずれるということは無いと思われる。

しかしながら, デルタ (inner delta を含む) を流れる河川 (河床材料は細砂あるいはシルト・粘土を持つ緩勾配の河川) の bankfull 流量の回帰年は, 自然堤防帯を流れる河川より小さいようである。例えば前述の Solo 川下流の Bojonegolo 地点では, 10年間に67日のはんらんをしている。Czaya, E<sup>6)</sup> は, Volga 川の Kuibyshev では毎春氾らんし30~40km の幅となること, Rio Paraguay 川, Tisza 川 (Danube 川の支川) でも同様の氾らんのあることを述べている。

fine sand あるいはシルトを河床材料に持つデルタの河川では, 側方移動が少ないので, デルタ末端の海水面高の変動, 地盤の昇降 (一般にデルタは堆積盆に形成され, 地盤は沈下傾向にある。また堆積物の圧密沈下によって地盤は下降傾向にある。) の影響を受ける。地盤の沈降速度より, 氾らん水による地表面での堆積速度が小さければ, 湿地 (marsh) の部分が増加し, また bankfull discharge の回帰年が小さくなろう。さらにデルタの成長によって河道距離が長くなると, 水面勾配が緩くなるので, 自然堤防の形成速度が遅くなり, 回帰年は小さくなろう。

一般に fine sand あるいはシルトを河床材料にもつデルタの河川は bankfull discharge の回帰年が小さく, 毎年のように氾らんするのは上記の理由による。

#### 注14) 河川の縦断形とセグメント

河川における segment の数は, 河川によって, また河川を segment に区分する目的 (河道特性の違いを細かく見れば見る程 segment の数は多くなる。) によって異なってくるが, 単純な河川の場合 (山間部から堆積空間に出て, そのまま海に入ってしまう河川で, 大きな支川が入りこまない場合) には, 山間部から出てからは通常次の三つの segment を持つ。

扇状地を持つ河川の場合は, 扇状地上を流下する河道区間に当る segment 1, その下流で粗砂を河床材料に持つ中間地 (自然堤防帯) に対応する segment 2, その下流で細砂を河床材料に持つ segment 3 である。木曽川の河床縦断図及び河床材料縦断図を用いてこれを示す。図2-6は縦軸に河床高, 横軸に河口からの距離を示したものであり, 図2-7は縦軸にある粒径以下のものが河床材料中に占める割合 (%) を採り, 横軸に河口からの距離を採り, 図中に示す数字 (mm) の粒径以下のものが河床材料に占める割合が縦断方向にどのように変わるかを示したものである。これによって木曽川は42km 地点より上流の勾配が急で河床材料の平均粒径が5 cm 程度の segment 1, 10~42km 区間の勾配 1/3,400で粗砂を河床材料に持つ segment 2, 0~10km 区間の勾配が非常に緩く, 細砂を河床材料に持つ segment 3 から成ることが分かる。下表には, 各 segment と地形区分との関係, また各 segment と河床材料, 河岸物質, 勾配, 蛇行程度, 河岸侵食, 水路の深さとの一般的な関係を示した。これによっても segment ごとに種々の河道特性が変化することが良く示されている。

扇状地を持たない河川では, 山間部から出た河川は, 直接自然堤防帯 (中間地帯) に入るが,

河床材料が砂利である segment 2-1, その下流の同じ自然堤防帯でありながら河床材料が粗砂である segment 2-2, その下流で細砂を河床材料に持つ segment 3 を持つ。

ただし、河川によっては、扇状地で segment 1 を 2 つあるいは 3 つに分けた方が良い河川、中間地帯を流下する河川でも大きな支川などが本川などに入ると河床勾配が変わり、segment 2 を 2 つあるいはそれ以上に分けた方が良いこともある。なお日本の河川は内海に流入する場合を除けば segment 3 を持たない例が多く、また外海に面して波浪が強く、前面に海盆がせまるような河川（たとえば大井川、安倍川、富士川、黒部川）では砂分が波浪によって他の場所に運ばれてしまうために segment 2 さえ持たないことがある。”

日本の河川 各セグメントとその特徴（1級河川の場合）

|                 | セグメント 1                            | セグメント 2                        | セグメント 3              |
|-----------------|------------------------------------|--------------------------------|----------------------|
| 地形区分            | 扇状地<br>谷底平野<br>中間地<br>デルタ<br>砂漠    | 自然堤防帯                          |                      |
| 河床材料の平均粒径 $d_m$ | 2 cm 以上                            | 3 cm ~ 0.4 mm                  | 0.3 mm 以下            |
| 河岸物負            | 表層に砂、シルトが乗ることがあるが薄く、河床材料と同一物質が占める。 | 下層は河床材料と同一、粗砂、シルト、粘土の混合物       | シルト・粘土               |
| 勾配              | 1/60 ~ 1/400                       | 1/400 ~ 1/4000                 | 1/5000 ~ 水平          |
| 蛇行程度            | 曲り少ない                              | 蛇行が激しいが、川幅水深比が大きい所では8字蛇行又は島の発生 | 蛇行が大きいものもあるが無いものもある。 |
| 河岸侵食程度          | 非常に激しい                             | 中、河床材料が大きい方が良く水路動く。            | 弱、ほとんど水路位置動かない       |
| 水路の平均深さ         | 0.5 ~ 3 m                          | 1 ~ 5 m                        | 4 ~ 6 m              |

#### 注15) バダン平野クランジ川の河川の縦断形

Kuranji 川は、スマトラ島のインド洋側に流出する流域面積213km<sup>2</sup>の河川である。スマトラ島のインド洋側は、沖から海溝（subduction zone）、外弧である島弧、海盆、火山性の内弧という大地形からなり、Kuranji 川はこの内弧を形成する火山を源流にもち、一気にインド洋に注いでいる。

図2-9にKuranji川の縦断図を示す。またKuranji流域の地形分類を図2-8に示す。これを見ると日本の河川同様明瞭な segment を持ち、その segment と地形との対応も良く似ている。すなわち segment 1-1の河口より8.7~14.5km区間の開析扇状地上を流下する区間、segment 1-2の開析扇状地が新しい扇面にもぐり新しい扇面を作っている区間（5.2~8.7km）、その下流の自然堤防帯に当たる segment 2の区間（0~5.2km）である。前面が外海に面し、fine sandの堆積空間が狭いこともあって、segment 3は見られない。

このように流域が熱帯雨林気候帯に在り、化学的風化作用の激しい地域にあっても背後に急峻

な山 (G. Sikal 1700m) があり、起伏度の大きい場合や火山性の粗粒堆積物が上流部にある場合は日本の河川と同様に扇状地を持ち、また明瞭な segment を持っている。また segment の形成因や土砂の分級機構も日本の河川と良く似ている。

#### 注16) ソロ川付近の大地形

ソロ川が存在するジャワ島東部の大地形を見てみよう。ジャワ島東部は東西に走る4列の山脈が南北に40~50kmの間隔で走っている。南から第三紀の堆積岩 (さんご床起源の石灰岩もある。) からなるあまり標高の高くない山脈 (第一列), 次にコニイデ式の3000mを越すような火山列, 次にその北に存在する三紀層の低い丘陵 (第三列), さらにその北40kmに存在する三紀層から成る低い山脈である。この標高の高い山列の間, 及び第二列の火山と火山の間の低い所をSolo川は流れている。第三列を南北に横切る所では, 河川は山地を下刻して流れbed rockが露出している。すなわち, この三列目のbed rockは, アッパーソロ川に対して侵食基準面となっている。アッパーソロとローソロはこの侵食谷で結ばれている。

地盤の隆起や沈降といった内的な営力の作用, すなわち南北方向に波長40~50kmの波状的地殻変動, 噴火による火山の形成が, ソロ川の縦断形状を基本的に規定している。河川は, この基本的地形形成営力の現れを, 土砂を分級堆積しながら, より小さい地形単位 (segment) を形成し, 今見るような河川縦断形を形作ったものと考えられる。アッパーソロ川のsegmentの結接点は大きな支川の合流点, 基岩の露出点となっている。ローソロは, 日本の河川と同様, 完新世の海水面変動に伴う土砂の分級堆積の結果がsegmentの形成として現れている。

#### 注17) 日本の河川の砂州と蛇行形態

図3-14は, 日本の河川でほぼ直線状の河道で生じる砂州の平均的なスケールを示したものである。交互砂州が発生している場合は, 砂州の長さ $L_s$ は川幅の5倍から15倍程度, 複列砂州の場合は2倍から6倍程度である。これより列数が大きいと砂州幅 $B_s$ は, 砂利河川では平均年最大流量時の平均水深の100倍程度であり,  $L_s$ は $B_s$ の2~5倍程度となる。砂河川では砂州の $B_s$ は水深の100倍程度となろうとするため, 水深の小さい時においても河床材料が動くときれに対応した砂州スケールを形成する。従って, 水深の大きい時と小さい時では砂州のスケールが大きく異なることがある。

河道が蛇行する場合には, 図3-15に示すように蛇行度が1.4倍程度以下で, bankfull流量時の川幅水深比 $B/H_m$ が多列の砂州が発生するほど大きくなければ, 1蛇行長内に2つのpool (淵) を持つ蛇曲河道となり, 同図中のa) に示されるような水路の平面形とpoolの位置関係になる。なお蛇行度 $S$ は, 谷長と水路長の比である (図3-16参照)。蛇行波長 $\lambda$ は, ほぼ砂州のスケールに相当する長さとなり川幅の6~15倍となる。直線河道では砂州の発生しないような水理条件にある場合においても, 蛇行によって生じるpoolの間隔は川幅の5倍程度である。

蛇行度 $S$ が1.4より大きい場合には, 蛇行形状と砂州 (poolの位置) 関係が, この値より小さ

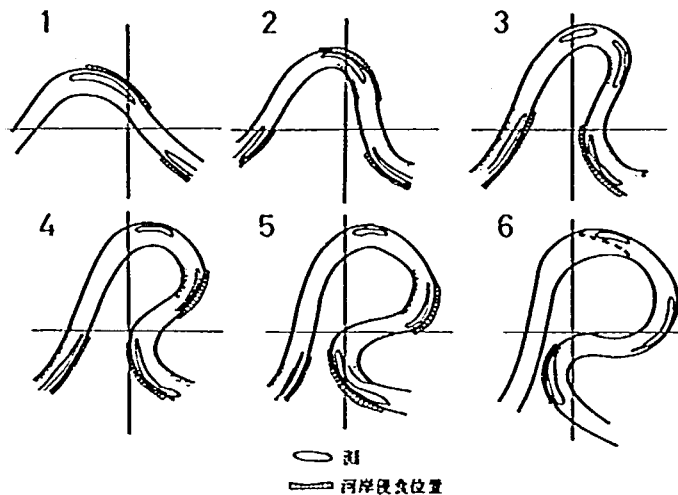


図 蛇行の発達課程 (Kondrat'yev, N.Y.<sup>2)</sup>)

い場合と異なったものとなり、1蛇行長内に3つ以上の pool を持つ迂曲河道となる。つまり蛇行の振幅が増すと、砂州はその長さを保つことができなくなり、図のごとく分裂を始め、木下の言うC型の接続の砂州<sup>1)</sup> (pool と pool が左右側交互に発生するのでは無く、湾曲部で、外湾側に連続して2つの pool が発生する形態) となる。

より蛇行度が増すと、図3-15 c), d) のように、1蛇行長内に4つ、あるいはそれ以上の pool を持つ様になり、河道の平面形状は複雑なもの (compound meander) となる。pool と pool の間隔は、平均値としては川幅の5～6倍程度であり、蛇行の振幅が増し pool と pool との間隔が10倍程度になると新たな pool の発生を見る。

以上の河道の平面形状と砂州あるいは pool の位置関係は、砂州のスケールや pool の間隔が、川幅とか水深に主に規定されるため、気候帯の異なった地域を流れる河川においても普遍的なものと判断される。

#### 参考文献

- 1) 木下良作, 1961 ; 石狩川河道変遷調査, 科学技術庁資源局資料36号.
- 2) Kondrat'yev, N.Y., 1968 ; Hydromorphological principles of computations of meandering, Trans. of the State Hydrologic Institute (Trudy GGI), No.155 pp. Soviet Hydrology に英訳がある。Issue No.4 pp.309-335.

#### 注18) インドネシア国の砂河川の蛇行度に及ぼす勾配の影響

今 bankfull 流量時の川幅水深比  $B/R = 30$  の河川を考える。水深が bankfull 流量時の1/3程度になると、この時の  $B/R$  は 100程度となり複列的な砂州が発生する。この時の無次元掃流力は、bankfull 流量時の1/3程度であり、河床材料は十分に動き得る。すなわち水深が bankfull 流

量時の1/3程度になると、低水路満杯時に生じていたポイントバーあるいは交互砂州とは質の異なった水路内を自由に動けるような複列砂州が発生する。このことは bankfull 流量時に生じた深掘れは、低流量的に発生する多列砂州によって埋められたり、水衝位置を変えさせられたりする可能性があることを示している。水衝位置が変化したり、深掘れが埋められれば蛇行の発達が悪くなろう。実際に日本の河川で勾配1/5000以上の中、粗砂を河床材料に持つ河川では、低水路満杯時の砂州規模に対応した蛇行スケールを持つ阿武隈川下流部、江戸川中流部、鬼怒川下流部、本曾川中流部、利根川中流部では、小流量時に形成された多列砂州が存在している。

流量変化によって砂州のモード（列数）が変化し得る条件にあり、かつモードの大きい砂州を形成させる流量が長いほど蛇行の発達は悪くなろう。すなわち bankfull 流量時の  $B/R$  の値が大きいほど、多列砂州を発生し得る小流量の時間頻度が大きいほど、蛇行度  $S$  が小さくなろう。

さらに勾配  $I$  が大きいほど、また同じ粒径に対して bankfull 流量時の  $u_*^2$  の値が大きくなるほど、蛇行度  $S$  が小さくなろう。以下にその理由を示す。

今  $B/R$ 、 $d_m$  及び  $Q/Q_b$  の頻度分布が同一であるが、勾配  $I_b$  が異なる二つの河川を考えてみる。この条件では、bankfull 流量時の河床に働く掃流力は、注12) で述べたごとく、ほぼ同じような値を持ち、流量  $Q$  時の水深  $H$  は  $H = [Q/\varphi B \sqrt{g} \sqrt{I_b}]^{2/3}$  であるので、bankfull 流量時の水深  $H_b$  に対する流量  $Q$  時の水深  $H$  の比  $H/H_b$  での時間頻度分布、すなわち掃流力の時間頻度分布は、勾配  $I_b$  が異なってもさほど変わらない。ところで、河岸高、水路幅は勾配の逆数  $I$  に比例し、かつ砂州高  $H_s$ 、砂州幅  $B_s$ 、砂州長  $L_s$  も、多列砂州であれば、水深に比例するので、これらのスケールは同様に河床勾配の逆数  $1/I_b$  に比例することになる。ところで砂州の前進速度  $V_s$  と砂州高  $H_s$  の積  $V_s \cdot H_s$  は単位幅当りの流砂量  $q_s$  と比例関係にあると考えられる。ところで  $q_s$  は掃流力の関数であるので、 $d_m$  及び  $Q/Q_b$  の頻度分布がほぼ同一の河川では、ほぼ同じとなる。従って  $V_s$  は  $1/H_s$  に比例する。すなわち  $V_s$  は  $I_b$  に比例する。以上より勾配の急な河川ほど流量の変化に対して砂州のスケールが変化する。

これがインドネシアの河川で bankfull 時の  $B/R$  が同一の河川でも、勾配の急な河川ほど、蛇行度  $S$  が小さくなるおおきな理由であろう。アメリカ中西部の河川では勾配の影響が明確に現れないのは、半乾燥気候の所を流れている河川が多く、また流域面積も、それほど大きくない河川が多いので、洪水の時間頻度分布の内、多列砂州を形成させるような小流量の時間割合が少ないためと考えられる。

また粒径の大きい砂河川ほど、同一  $B/R$ 、 $I_b$  で、蛇行度  $S$  が小さくなる傾向にあるのは、bankfull 流量時の掃流力が、粒径の大きいほど大きな値を持ち、かつほとんどの場合が bankfull 流量時においても小規模河床波は砂堆河床であり、流量の小さい場合でも掃流砂量として影響のある流量の範囲では砂堆であるので、河床材料の A 集団の流砂量は、粒径に関係せず、まさつの速度  $u_*$  の 3 乗に比例するので、多列砂州の形成時間が粒径の大きいほど短くなるためであろう。

#### 注19) 侵食形態

河岸侵食の状況について、定量的な測定を行った例は極めて少ない。長期専門家あるいは JICA の F/S 調査団や、プロジェクトの D/D 等への参加者が現地で観察した経験がある程度である。実際、現地において河岸侵食の測定を実施することは、現状では非常に困難である。出水の前後に横断測量等を細かく実施すればいいのであるが、実際には実施されてなく、データは無い。

現地での観察の一例として、1983年12月27日から同月30日まで、ソロ川流域で大きな出水があった際、現地で観察した結果がある。ソロ川の流域も、特に下流部においては、沖積層の地層上を流路が通っているが、この様な場所では、河岸、特に蛇行部で河岸の侵食が顕著に現れる。出水時に現地で観測した結果を以下に示す。

写真3-3及び写真3-4は、河岸の侵食された状態、および侵食時に河岸（高水敷）に発生するクラックの状況を撮影したものである。観測した場所は、ソロ川下流部 Ngrau 付近（河口より約160km）の右岸である。

河岸の侵食は、始めは縦方向、つまり垂直方向に起こり、それが次第に横方向の侵食へと進行する。蛇行部の凹側の水衝部では、水当たりによって水路の下部から抉られた様な形で河岸の水面下方から侵食されていることが観測された。河岸に衝突した流水は螺旋状の流れになって、河岸を水面の下の方から抉り取る様に侵食する。水面より上部の高水敷の土は下部を侵食されて、自重によって崩落する。

崩落する前の高水敷には、河岸から約1~10m離れた所から、1~2mの間隔において、幅約5~10mmのクラックが発生する。このクラックは次第に幅を大きくしながら、最後は崩落へとつながる。崩落が起きる度に新たなクラックが発生し、同じパターンで次の崩落が進む。横方向への侵食のスピードは、1時間に約5cm程度である。つまり侵食は最初は垂直方向に発生し、高水敷の土が崩落する毎に横方向に進む。

記録；鶴木和夫 1989

#### 注20) 縄文海進

地質学では人類の世紀であるこの100万年間を第四紀と言っている。この間に4回以上の氷河期があり、この氷河の消長によって海水面が変動したと言われてる。最後の氷期をヨーロッパではヴュルム、北アメリカでは Wisconsin と言う。この最終氷期後の海水面は、場所によって（地殻変動の影響を受けるため）多少異なるが、だいたい図4-2のような変化をしたと考えられている。約2万年前の海水面は現在より100~130m位低い所にあり、その後12,000~10,000年前に海水面の停滞および後退を伴いながら年間1~2cm程度上昇し、今から6,000年前ぐらい前に海水面は、現在より5~6m位高くあり（これを縄文海進と言う。）、その後海水面の波動的变化を伴いながら徐々に現在の海水面高になったと推定されている。

注21) レジムセオリー

レジムセオリーは19世紀インドにおいてかんがい水路の建設に当たった英国の技師によって発展されたものである。

彼らは多くの安定したかんがい水路（護岸がなされていない土質の水路で、河岸が侵食されず、また堆積も生じないような水路）の水路幅は、

$$B \propto Q^{1/2}$$

の関係にあるとした。

注22) 低水路のスケール

平均年最大流量  $Q$  の時の低水路のスケール、すなわち川幅  $B$ 、河積  $A$ 、平均水深  $H_m$ 、及び低水路の平均流速  $V_m$ 、フルード数  $F_r$  は、河床勾配  $I_b$ 、河床材料の平均粒径  $d_m$  及び平均年最大流量  $Q$  の三量によって推定可能である。

平均年最大流量時の流速係数  $\varphi$  は、図に示すように平均粒径  $d_m$  及び河床勾配  $I_b$  によって定まるので

$$\varphi = f_1(d_m) \quad (1)$$

と表わせる。また平均年最大流量時の無次元掃流力  $\tau_{*m}$  は図3-1に示すように平均粒径  $d_m$  との関係であるので、

$$\tau_{*m} = f_2(d_m) \quad (2)$$

と表わせる。

ところで

$$\tau_{*m} = H I_b / s d_m \quad (3)$$

であるので

$$H_m = \tau_{*m} \cdot s d_m / I_b = f_2(d_m) \cdot d_m \cdot s / I_b \quad (4)$$

$$F_r = \varphi \sqrt{I_b} = f_1(d_m, I_b) \cdot \sqrt{I_b} \quad (5)$$

$$V_m = \varphi \cdot (\tau_{*m} \cdot s g d_m)^{1/2} = f_1(d_m, I_b) \cdot \sqrt{f_2(d_m) \cdot d_m^{1/2} \cdot (s g)^{1/2}} \quad (6)$$

となり、 $H_m$ 、 $F_r$ 、 $V_m$  は勾配  $I_b$  と平均粒径  $d_m$  より評価することができる。

また低水路の川幅は

$$\begin{aligned} B &= 1/\varphi \cdot (\tau_{*m} \cdot s \cdot d_m)^{-3/2} \cdot g^{-1/2} \cdot I_b \cdot Q \\ &= f_1(d_m, I_b)^{-1} \cdot f_2(d_m)^{-3/2} \cdot d_m^{-3/2} \cdot s^{-3/2} \cdot g^{-1/2} \cdot I_b \cdot Q \end{aligned} \quad (7)$$

であるので、川幅  $B$  は  $I_b$ 、 $d_m$ 、 $Q$  の三量で評価することができる。ただし、長大水制によって人工的に川幅を狭め、低水路満杯流量が、平均年最大流量より大幅に小さくなるような場合には、(7)式によって川幅を評価することはできない。

図5-2は、縦軸に平均年最大流量時の低水路の水深  $H_m$  を、横軸に河床材料の平均粒径  $d_m$  をとり、右上に示した河床勾配の区分ごとに記号を変え、日本の一級河川の資料をプロットしたものである。同図には図3-1の太実線の  $d_m$  と  $\tau_{*}$  の関係線を使って(4)式によって評価した

$H_m$  と  $d_m$  の関係も  $I_b$  を指標として実線で示してある。ほぼ(4)式による推定値に近い実河川の資料は存在する。なお水深  $H_m$  は平均粒径  $d_m$  及び河床勾配  $I_b$  が同じような値を持つ河川間では、平均年最大流量が異なってもほぼ同一の値を持つ。

図5-3には、(6)式及び図3-1の太実線の  $d_m$  と  $\tau_{*m}$  の関係、図の  $d_m$  と  $\varphi$  の関係を使って、平均年最大流量時における低水路の平均流速の推定値を示した。粒径0.2~0.4mmの河床材料を持つ河川は、洪水時河床が平坦河床となることがあるので粒径0.5mm以上の粗砂を持つ河川より平均年最大流量時の流速は速いことがあることを良く示している。

(7)式によると、河床材料がほぼ同じような平均粒径  $d_m$  を持っている河川間では、川幅は  $1/f_1 \cdot QI_b$  に比例することになる。 $d_m$  が1cm以下の場合には、平均年最大流量時の流速係数  $\varphi$  ( $=f_1$ ) がほぼ定まった値になるので川幅は  $QI_b$  に比例する。ただし  $d_m$  が0.02~0.04cmの場合には、平均年最大流量時の小規模河床波が砂堆になるか平坦になるかによって  $\varphi$  の値が異なるため、小規模河床波が平坦である河川は、砂堆である河川に比べて川幅が小さくなる。 $d_m$  が1cm以上の場合には、 $\varphi$  が勾配  $I_b$  にも依存するので、川幅の評価には  $I_b$ 、 $d_m$ 、 $Q$  の三量で評価しなければならないが、 $I_b$  の変化に対する  $\varphi$  の値の変化はそれほど大きくないので、同じような  $d_m$  を持つ河川間では、川幅は大略  $QI_b$  に比例する。

図5-4は、日本の一級河川の資料を使って  $B$  と  $Q \cdot I_b$  の関係を示した。ここでは縦軸は川幅  $B$  を、横軸は平均年最大流量  $Q$  と河床勾配  $I_b$  の積を示す。図中には河床材料の粒径ごとに記号を変えて  $B$  と  $Q \cdot I_b$  の関係がプロットされている。なお同図には図3-1の  $\tau_{*m}$  と  $d_m$  の関係、図の  $d_m$  と  $\varphi$  の関係を用いて(7)式で評価した  $B$  と  $Q \cdot I_b$  の関係を粒径  $d_m = 0.6 \sim 1.0\text{mm}$ 、 $d_m =$

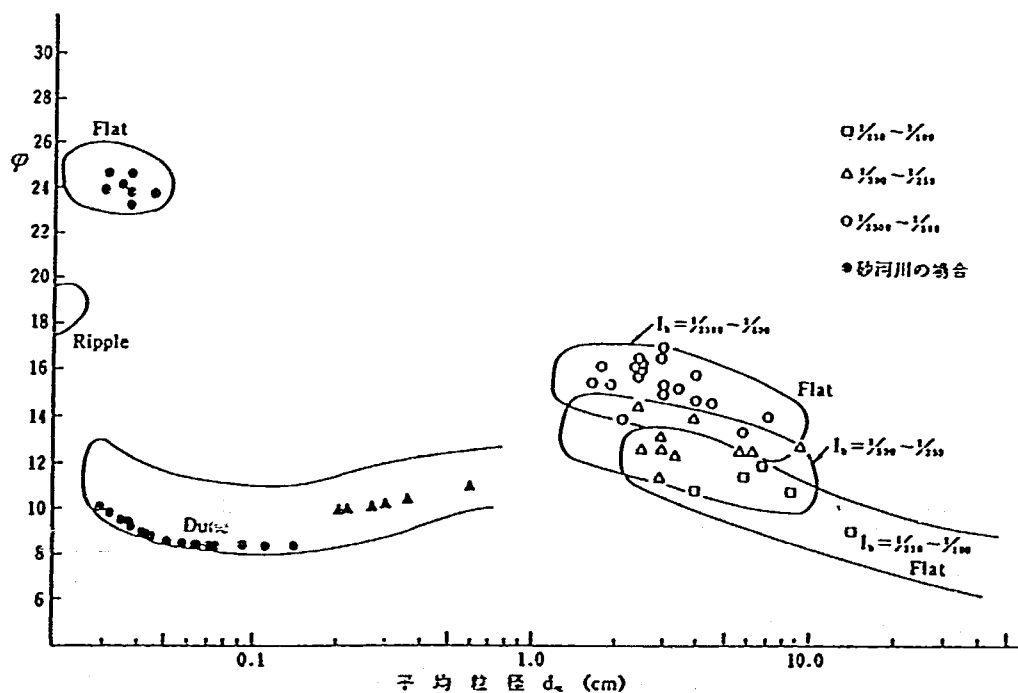


図 平均年最大流量時の  $\varphi$  と  $d_m$  の関係

0.3mm (平坦河床の場合),  $d_m = 2 \sim 4 \text{ cm}$ ,  $d_m = 5 \sim 6 \text{ cm}$  の場合について示した。 $d_m$  が 1 ~ 3 cm を除けば各粒径群ごとに  $B$  がほぼ  $Q \cdot I_b$  に大略比例していること, また評価された直線と近い所にデータがプロットされていることが分かる。なお,  $d_m$  が 1 ~ 3 cm の場合, 勾配の緩い河川 ( $Q \cdot I_b$  の小さい河川) は, 勾配の急な河川に比し, 平均年最大流量時の  $\tau_{*}^2$  が小さく, 粗砂の河川に相当するような値 ( $\tau_{*}$  では 0.04 ~ 0.06 程度となる。) を持つため, 粗砂を河床材料に持つ河川と同程度の川幅となっている。このように  $d_m$  が 1 ~ 3 cm の場合, 勾配の違いによって  $\tau_{*}$  の値が異なることが, 図 5-4 において点がばらつく原因となっている。

#### 注23) 蛇行部の直線化と河道の応答

蛇行河川 (segment2 の河川) のショートカットは河床の勾配を変える。一般にショートカットの上流は河床低下, 下流は河床の上昇と川幅の拡大が生じる。このようなショートカットを連続的に行うと, 迂曲河道の河道距離は, 1/1.5 ~ 1/2.0 に短縮される。この場合, 考えられる河道の応答は次の4つのケースが考えられる。1つはショートカットによって生じた河床勾配をそのまま維持し, 河床材料もあまり変化せず, 掃流力の増大を川幅の増大によって調整するケース, 2つは河床勾配をそのまま維持し, また川幅もそれほど変化せず, 河床材料の粒径が増大し, 掃流力の増大を調整するケース, 3つは, 河岸侵食を生じ, 蛇行度を元の河川と同様な値とすることによって掃流力の増大を調整するケース, 4つは, 河幅や河道位置はそれほど変化せず, 河床低下が進行し, 勾配を緩くすることによって, あるいは河床に耐侵食力のある物質がある場合には, そこが上流側に対して一時的な侵食基準面となり勾配が緩くなり, 下流側に対しては, そこが一種の滝となってそこでエネルギー損失が生じ下流側の勾配が緩くなり, 掃流力の増大を調整するケース。このようにショートカットの連続によって生じる河道の応答は種々のケースが考えられるが, 新河道の河岸が旧河道の河岸物質とほぼ同様な物質である場合には, 河床の低下が急激に起こるということは無いようである。確かに3つ目のケースである再度蛇行を始め, 元の勾配に戻った Mississippi 川の場合のように蛇行度を変化させる傾向にあるが, 河岸侵食を護岸等によって防いでも河床低下は急激には進まないようである。この原因は勾配の変化をケース1に示す川幅の変化によって流れの強さを調節することにある。以上のことを事例を通して詳述する。

肝属川 4 ~ 12km 区間は, 現在60%通過粒径  $d_{60}$  が 0.85mm の粗砂を持つ河川である。この河は改修以前は図に示されるごとく迂曲河道を持つ蛇行河川であったが, 改修によるショートカットの連続によって流路距離が短縮され1937年河床勾配 1/2,000 であったものが 1/1,200 に増加した。このショートカットによる肝属川河道の変化について荒木は次のように報告している。

河床高の低下はほとんど進まず, 安定であったが, 川幅はほぼ勾配の変化に比例して大きくなった。つまり改修後の勾配, 川幅の変化量を  $\Delta I_b$ ,  $\Delta B$  とすると

$$\frac{\Delta I_b}{I_b} = \frac{\Delta B}{B} \quad (1)$$

の関係がほぼ成立した。なお捷水路の掘削後, 戦争のために兩岸を護岸で固めることなく放置さ

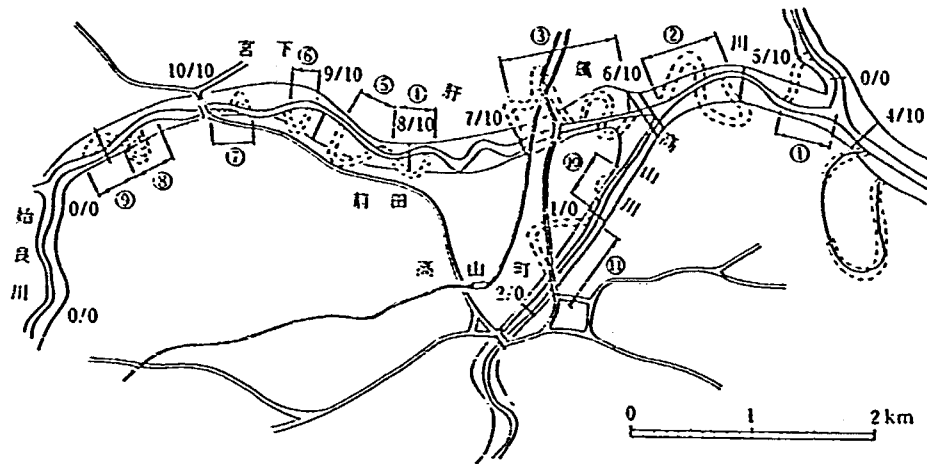


図 肝属川捷水路要図

れ、川幅は自然に調節された。

ところで、河床材料の粒径がほぼ同一の河川間では、平均年最大流量程度の洪水時に働く掃流力は、ほぼ同一となる。改修前と後で、洪水規模及び河床材料も変わらなかったと仮定し、河床に働く掃流力が同一となるように河道を調節したとすると平均粒径が粗砂である河川では注22)で示したように流速係数 $\varphi$ が勾配 $I_b$ の影響を受けないので(7)式より

$$\frac{B + \Delta B}{I_b + \Delta I_b} \div \frac{B}{I_b} \quad (2)$$

つまり

$$\frac{\Delta B}{B} \div \frac{\Delta I_b}{I_b} \quad (3)$$

となる。この結果は肝属川の人工的ショートカット前後の河道の変化と一致している。つまり肝属川は勾配の変化をショートカット前の河床に働く掃流力とほぼ同一の掃流力となるように、川幅を調整したことになる。なお荒木の報告によると1951(昭和26年)年11月の河床材料調査では、4.5~7 kmの河床材料が現在より大きく1~2 mmとなっている。河道整正の前後で粒径が1.5倍程度変化している可能性がある。ただしこの粒径変化の範囲では図3-1に示すように、 $\tau_{*m}$ が $d_m$ にほぼ反比例し、 $u_*^2$ の値はほとんど変わらないので、たとえば粒径が変化したとしても、川幅の変化はほぼ(3)式に従うことになる。

迂曲河道の連続的ショートカットは、このほかにも多くの沖積河川において川幅を増加させる結果となっている。実際に航空写真に写っている旧河道の川幅と現在の川幅を比較してみると、川幅が1.5~2倍程度増加している。例として挙げれば手塩川20~30km、沙流川0~10km、利別川2~10km、雄物川81~88km、阿賀野川15~30km等である。表に航空写真から読み取った迂曲河道のショートカットによって生じた川幅の変化を示した。なお旧河道の典型的な迂曲したループの曲率半径 $r$ も示した。 $r$ と $B$ の比は2~2.5であるので、これからも旧河道の川幅を推定し

得る。

表 河道の直線化による川幅変化

| 河川区間           | 粒径 $d_m$  | 現河道川幅    | 旧河道川幅    | 現河道の平面形 | 旧河道の平面形 | 現河床勾配   | 旧河床平均半径 $R$ |
|----------------|-----------|----------|----------|---------|---------|---------|-------------|
| 新橋川<br>38~45km | 5~10mm    | 50~60m   | 30~40m   | 直線状     | 迂曲      | 1/1,200 | 50~70m      |
| 砂渡川<br>0~10km  | 10~20mm   | 250m     |          | 直線状     | 迂曲      | 1/1,000 | 200~300m    |
| 利根川<br>2~10km  | 2~3mm     | 90~120m  | 50~70m   | 直線状     | 迂曲      | 1/1,400 | 150~200m    |
| 羽物川<br>31~88km | 20mm      | 250m     | 100~120m | 直線状     | 迂曲      | 1/900   | 250m        |
| 河野川<br>15~30km | 20~25mm   | 600~750m | 200~300m | 蛇曲      | 迂曲      | 1/800   | 430~660m    |
| 河野川<br>4~11km  | 0.6~0.8mm | 650m     | 200~250m | 蛇曲      | 迂曲      | 1/4,000 | 450m        |
| 加古川<br>3~8km   | 30~60mm   | 300m     |          | 直線状     | 迂曲      | 1/970   | 250m        |
| 新橋川<br>38~45km | 5~8mm     | 50~65m   | 30~40m   | 直線状     | 迂曲      | 1/1,100 | 60~70m      |

勾配の人工的改变による河道の変化は、新河道の部分の堆積物が、旧河道の河岸物質とある程度似たような材質である場合には、縦侵食よりも側方侵食によって調節され、改变前の平均年最大流量時の  $\tau_{*m}$  と  $d_m$  の関係とほぼ同じ関係になるように川幅を変化させる。

しかし、新河道部の堆積物が、後背湿地やデルタの粘性質の物質あるいは洪積世の堆積物などの場合は、これらの物質が耐侵食力を持ち、川幅が広がらないこともある。このような場合には、河床低下が進むと河床には泥層や洪積層が現われ、そこで河床低下が止まることが多い。一般にこれらの泥層は、床固めと同じ機能を持ち、上流部の侵食を防ぎ勾配を緩くする。また、そこが段落となり下流の勾配も緩くする。このような例は、関東の荒川中流部で、また鬼怒川下流部で見ることができる。

#### 注24) 細砂の河川の河岸侵食量

Brahmaputra<sup>1)</sup> 川 ( $d_m = 0.15 \sim 0.25\text{mm}$  程度と推定される。), 長江<sup>2)</sup> ( $d_m = 0.15 \sim 0.25\text{mm}$ ), 黄河<sup>3)4)</sup> ( $d_m = 0.1 \sim 0.3\text{mm}$ ) では、河岸侵食の程度が激しい。たとえば、長江では年間600m という報告がある。日本の河川の場合とその河岸侵食程度が大きく異なる原因は、河川規模が大きく、洪水継続時間が長いことも一因と考えられるが、地形発達史の差が原因と思われる。すなわち日本の場合、粒径0.3mmの河床材料を持つ河川の segment は縄文海進時には海の底であり、河床の深い所には、この時代の海成堆積物である粘土層があり、横方向の移動を妨げているが、前述の外国の河川の場合には、深い所は河川自身の掃流堆積物（河床材料とほぼ同一の粒径を持つ堆積物）であり、粘着力が無く、容易に深堀れを生じ、河岸の崩壊（河岸物質は浮遊性の堆積物であり粘着力は有る。）が進むものと思われる。

## 参考文献

- 1) Coleman J. M., 1969 ; Brahmaputra River ; Channel processes and sedimentation, *Sedimentary Geology* 3. pp. 129-239.
- 2) Pan Qingsheun, 1984 ; Artificial cutoffs the Middle Changjiang River, Reports for Japan-China by-lateral seminar on river hydraulics and Engineering experiences.
- 3) 福田秀夫, 横田周平, 1941 ; 黄河治水に関する資料, コロナ社.
- 4) Long Yuqian. Chen Zhilin, 1984 ; Analysis of erosion and deposition on the Lower Reaches under the influence of the operation of existing reservoirs along Upper and Middle reaches of the Yellow River, Reports for Japan-China by-lateral seminar on river hydraulics and engineering experiences.

## 注25) ボロン市

ブランタス川の下流は、スラバヤ川とボロン川の2川に分派する。その右派川がボロン川であり、ボロン市はこの分派点の近くに位置する。

あ と が き

本座談会の設営に当たっては、国際建設技術協会、濱守厚氏の手助けを受けた。またテープ起こしや、写真の提供に当って、鶴木和夫氏、田代順一氏の援助を受けた。記して深く感謝したい。

1990年1月

山 本 晃 一

インドネシア国の河川と河川処理

I S S N 0386-5878

土研資料 第2823号

平成2年3月(1990)

河川研究室 山本 晃一

要 旨

本報告書は、インドネシア国の河川計画に関った人達と筆者がインドネシア国の河川の特性和その処理手法について座談会を行った時の記録を基にとりまとめたものである。構成は座談会の内容をより良く理解するためのインドネシア国の概要と座談会の記録を編集したものからなる。

キーワード：インドネシア，熱帯，河道特性，河岸処理，洪水



郵便はがき

四十一円切  
手をはって  
下さい。

305-□□

茨城県つくば市旭一番地

建設省土木研究所

河川部河川研究室 御中

No. \_\_\_\_\_

No. \_\_\_\_\_

土研資料

配布先氏名

配布先住所



土木研究所資料第2823号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名 印

4/2