

土 木 研 究 所 資 料

第20回地質担当者會議資料

昭和62年 4 月

建設省土木研究所
地質化学部地質研究室

Copyright © 1987 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ってはならない。

第20回地質担当者会議資料

地質研究室室長 市 川 慧
東京大学工学部教授 小 島 圭 二
九州地方建設局河川部建設専門官 津 沢 正 晴
地質研究室主任研究員 平 野 勇

要 旨

昭和61年12月12日に開催された第20回地質担当者会議で行われた講演のうち以下のものが収録されている。

1. 特別講演
 - 1-1 地下空間の地質工学的側面
2. 一般講演
 - 2-1 ダム地質調査の実績 — 九州地建での例 —
 - 2-2 岩掘削における岩区分の検討について
 - 2-3 道路のり面台帳作成要領案について
3. 総合討論

キーワード：地下空間・ダム地質・地質調査・岩掘削・岩区分・
のり面

目 次

ま え が き	1
議 事 次 第	3
出 席 者 名 簿	4
開 会 の 挨 拶	6
技術審議官挨拶	7
土木研究所研究調整官挨拶	9
閉 会 の 挨 拶	11

議 事

1. 特 別 講 演

1-1 地下空間の地質工学的側面	15
------------------------	----

2. 一 般 講 演

2-1 ダム地質調査の実績 — 九州地建での例 —	49
---------------------------------	----

2-2 岩掘削における岩区分の検討について	61
-----------------------------	----

2-3 道路のり面台帳作成要領案について	65
----------------------------	----

3. 総 合 討 論	71
------------------	----

ま え が き

地質担当者会議は、昭和42年度より地質調査上の問題点の解明、技術情報の交換および地質調査方法の統一等を課題として、今回で第19回を迎えるに至った。この間、河川砂防基準（案）・道路土工土質調査指針・トンネル技術指針・ルジオンテスト施工指針（案）・リップラップ材の耐久性判定基準（案）・グラウチング指針・ボーリング柱状図作成要領等、地質調査に関連する基準や指針類の作成に貢献し、また、ダム・トンネル・のり面・軟弱地盤の地質工学的問題点の検討、海外の事例紹介を行ってきた。

会議では、「特別講演」が1件、「一般講演」が5件行われた。

「特別講演」は東京大学工学部小島教授より「地下空間の地質工学的側面」と題し、地下空間の利用の地質的な面について外国の例などを基にお話があった。

「一般講演」ではトピックス的な話題として、1986年11月15日に噴火を再開した伊豆大島での地盤災害の状況を速報していただいた。

「九州地建におけるダム地質調査の実績について」では、九州地建管内の直轄ダムでのダムサイトの地質条件と調査の数量との関係などが示された。

残る3件の「一般講演」はいずれも指針・基準等に関係したものである。「ボーリング柱状図作成要領について」は、昭和61年11月に出された「ボーリング柱状図作成要領（案）」を解説したものである。「道路法面台帳作成要領について」では、現在作成中の台帳原案についてのアンケート調査の報告と原案の修正方針が提案された。「岩掘削における岩区分の検討について」は、岩区分の基準作成を目標に検討を行うことが話された。

ここに当日提出された資料と討議内容をまとめて、今後の参考に供しようとするものである。なお、上記講演のうち「伊豆大島火山の噴火による災害の状況」および「ボーリング柱状図作成要領について」は、本資料には掲載されていない（「ボーリング柱状図」は（財）日本建設情報総合センター発行の解説書がある。）

昭和62年4月

地質研究室長 市 川 慧

第20回 地質担当者会議次第

1. 日 時 : 昭和61年12月12日(金) 10~17時

2. 会 場 : 農林年金会館

3. 会議次第 :

(1) 開会挨拶 10:00 ~ 10:05

土木研究所 地質化学部長 桑 原 啓 三

(2) 挨 拶 10:05 ~ 10:20

大臣官房 技術審議官 上 條 俊一郎

(3) 挨 拶 10:20 ~ 10:30

土木研究所 研究調整官 福 井 経 一

(4) 議 事

九州地建におけるダム地質調査の実績について 10:30 ~ 11:15

九州地建 河川部専門官 津 沢 正 晴

ボーリング柱状図作成要領について 11:15 ~ 11:40

土木研究所 地質研究室長 市 川 慧

トピックス「伊豆大島火山の噴火による災害の概況」 11:40 ~ 12:00

土木研究所 急傾斜地崩壊研究室 浅 井 涌太郎

特別講演「地下空間の地質工学的側面」 13:00 ~ 14:15

東大工学部教授 小 島 圭 二

道路法面台帳作成要領について 14:15 ~ 15:15

土木研究所 地質研究室主任研究員 平 野 勇

岩掘削における岩区分の検討について 15:30 ~ 16:00

土木研究所 地質研究室長 市 川 慧

総合討論 16:00 ~ 16:55

(5) 閉会挨拶 16:55 ~ 17:00

土木研究所 地質官 大 木 達 夫

以 上

第20回 地質担当者会議出席者名簿

機 関 名	所 属 ・ 職 名	氏 名
本 省	大臣官房技術審議官	上 條 俊一郎
	〃 技術調査官	西 修二郎
	〃 技術調査室技術管理第一係長	赤 木 宣 威
国 土 地 理 院	河川局開発課長補佐	丸 岡 昇
	地理調査部地理第一課地理第一係長	鈴 木 勝 義
	〃 地理第二課長補佐	熊 木 洋 太
	〃 地理調査技術開発室調査員	丹 羽 俊 二
東 北 地 方 建 設 局	企画部技術管理課長	大 内 英 郎
	河川部河川計画課計画第二係長	小 松 直 文
	道路部道路管理課維持修繕係長	小山内 鉄 哉
関 東 地 方 建 設 局	企画部技術管理課基準第二係長	飛 田 忠 一
	企画部技術管理課	前 田 隆 憲
	道路部道路計画第一課調査係長	笠 井 益 男
	日光砂防工事事務所調査課長	須 田 稔
	宮ヶ瀬ダム工事事務所工務課工務第二係長	武 井 修
	横浜国道工事事務所調査課	磯 部 広
	大宮国道工事事務所調査第二係長	小 林 建 夫
	道路局道路工事課長補佐	浜 本 勲
北 陸 地 方 建 設 局	富山工事事務所副所長	宮 塚 吉 信
	北陸技術事務所副所長	毛 利 弘 一
	企画部技術管理課施工調査係長	天 野 敏 樹
中 部 地 方 建 設 局	道路部道路計画第一課長補佐	大 西 寿 男
	企画部技術管理課長補佐	神 田 安 徳
近 畿 地 方 建 設 局	企画部技術管理課長補佐	沖 本 晃 次
中 国 地 方 建 設 局	企画部技術管理課長補佐	亀 山 忠
四 国 地 方 建 設 局	企画部技術管理課検査係長	国 武 正 光
九 州 地 方 建 設 局	企画部技術管理課検査係長	榎 田 範 男
	企画部技術管理課	津 沢 正 晴
	河川部建設専門官	藤 野 光 明
	河川部河川計画課計画第二係長	鈴 木 哲 也
北 海 道 開 発 局	土木試験所地質研究室主任研究員	

機 関 名	所 属 ・ 職 名	氏 名
沖 縄 総 合 事 務 局	南武国道工事事務所副所長	梅 林 公 人
日 本 道 路 公 団	技術部道路技術課	草 野 成 一
首都高速道路公団	計画部調査課	鹿 島 行 雄
阪神高速道路公団	工務部設計課技術係長	古 池 正 宏
水 資 源 開 発 公 団	第二工務部技術管理室副参事	住 谷 稜 生
本州四国連絡橋公団	工務第一部技術管理課長代理	山 崎 廣 志
	工務第一部技術管理課長代理	田 中 伸 二
	設計部第三課	塚 原 修
土 木 研 究 所	研究調整官	福 井 経 一
	地 質 官	大 木 達 夫
	地質化学部長	桑 原 啓 三
	ダム 部 長	藤 本 成
	砂 防 部 長	藤 田 寿 雄
	ダム計画官	尾 作 悦 男
	地質研究室長	市 川 慧
	主任研究員	平 野 勇
	主任研究員	稲 崎 富 士
	研 究 員	脇 坂 安 彦
		神 保 悟
		阿 部 昌 彦
	ダム構造研究室長	大 藪 勝 美
	地すべり研究室研究員	船 崎 昌 継
	急傾斜地崩壊研究室長	浅 井 涌 太 郎
	土質研究室主任研究員	三 木 博 史
	動土質研究室研究員	伊 藤 良 弘
	基礎研究室研究員	池 田 憲 二
	新潟試験所	横 山 正 一

開 会 の 挨 拶

土木研究所地質化学部長 桑 原 啓 三

皆さん、おはようございます。ことしも、あとわずかばかりを残すことになりましたけれども、大変お忙しいところをお集まりいただきましてありがとうございます。

この会議は、おかげさまをもちまして第20回ということになっております。20回といいますと、人間の年でいきますと二十歳を迎えた、成人を迎えたということになっておりますので、これからが本当の意味でこの会が評価を受けるということになるんじゃないかと思っております。

昨年度からこの会議は基準・指針を審議していただくということで進んでまいりまして、昨年度、きょうの議題にもありますけれどもボーリング柱状図につきまして御審議をいただきました。今年度はそれに続きまして、道路法面台帳の作成要領につきまして御検討いただき、また岩掘削における岩区分の検討についても御検討いただくということになっております。それから午後は、特別講演としまして東京大学の小島先生からお話を伺うことになっております。大変短い時間ですけれども、活発な御議論をいただきまして有意義な1日を過ごしていただきたいと思います。

それでは、ただいまから第20回地質担当者会議を開催いたします。

挨拶

挨拶

大臣官房技術審議官 上 條 俊一郎

皆様、おはようございます。御紹介をいただきました上條でございます。

本日は第20回の地質担当者会議ということでございまして、名簿を拝見いたしますと、全国各地からそうそうたる方々がお見えになりまして、きょう1日会議ということであります。

私は地質という言葉をお聞きしますと、現場の頃、いろいろなことで地質に関与いたしまして、皆さん方の諸先輩からいろいろ御教授いただいた記憶がございます。恵那山トンネルにおきましても、ルートの決定、それから工事の算出等々につきましても大きなファクターを占めたものでございます。そのほか、きょう中部地建からもお見えでございますが、名神国道等の橋梁等の基礎を決めるときにもやはり地質というものがキーポイントでございました。

そういうことで、私たちの担当します公共事業は、ダムであり、道路であり、または河川の堤防であり、トンネルであるということで、そのスタートにおきますいろいろな決定要素、これは地質であり地盤だと思います。そういうときにおきまして、先輩方といろいろなお話をさせていただいたのでございますが、非常に判断に苦しむということもよく申しておられました。土研の方の御指導をいただいたこともございますし、それからOBの方の、いわゆる地質、地盤の専門家の御意見をいただいたわけでございますけれども、そういう方たちがいろいろ全国各地の現場の御経験、それで自己の信念を持たれていろいろな断を下されたということがございます。そういうことで、地質担当者会議といいますのは一つの学問といえますか、かなり行政的な判断を必要とするような場を極める会議でもあろうかと思っております。と申しますのは、皆様方も含めまして私たち技術屋は、最終的には非常に大きなものを作り上げる前の判断が必要でございますけれども、その際にどうしても意見が分かれると思います。求められますものは安全でございますし、それから将来のメンテナンスに関係する維持、管理の容易さがございますし、もう一つはコストでございます。そのときに有能な方たちがおられますと、安全も達成できますし、メンテナンスも容易になりますし、さらに大きなウェイトはコストが非常に安くなるということがございます。設計等におきましても、ルーティング等におきましても、有能な技術者がおりますと、それこそ数百万、数千万、場合によると億の単位で工費が安くなるのでございますが、特に地盤とか地質とか、非常に判定の難しいときに適切な御判断、御処理をいただきますと、それこそ億単位でのコストが下がるというものでございます。

皆さん方は、今までも担当者でございましょうけれども、これからもそういうふうな場に遭遇されまして、非常に難しい御判断を任せられると思いますので、こういう会議を利用しまして、土研の方を中心にしまして御研鑽を積まれることを御要望する次第でございます。

今、私たちの建設省さらに建設業というものに対しまして、いろいろな潮流の変化がございます。よく

言われますのが情報化の時代であるとか、国際化の時代であるとか、さらにいろいろなニーズの変化に対する対応であるとか等々ございますけれども、その一つの国際化ということにつきましては、皆さん、新聞等で御存じのように関西空港に外国の企業が参入したいという問題がございます。そのときに、外国からすぐ来てわかるかどうかという話がありました。と申しますのは、我が国の地質は非常に複雑でございまして、それぞれの国が持つそれぞれの技術というものが数十年培われてまいりまして一つの帯域をなしたのでございますが、そこにそういう状態がわからない人たちが来てもできないだろうということの議論がございました。

そういうこともございましたし、さらに情報化ということで、都市のいろいろな建築の機能が変わってまいってございます。例えばビルにしましても非常に地下深くまで掘りますし、さらに都市の中心部におきましては地下の高層化ということで、これもやはり地質であり、地盤であり、地下水というものの調査、処理、対応が非常に大きなウエートを占めております。

さらにこれからの建設省と申しますか、建設業の方向といたしましては、宇宙であり、海洋であり、地中という方向にこれからの政策を求めるわけでございますけれども、その一つの動きといたしましてニューフロンティア懇談会というものをこの9月に発足いたしました。現在、三菱総研の牧野会長がこの会の会長で、ニューフロンティア懇談会の議長を務めてございますが、その中に地中部会というものがございまして、これは、今まで地中の開発といいますのはせいぜい30メートル、100メートルということでございましたが、これが将来さらに深くなるだろうということでございます。ただ、そこで地質専門家が申されましたのは、地中のことについて余りにも知らな過ぎる、わからな過ぎるということでございました。それでこれからの地中の探査技術の発展に大いに期待する。さらに地中の地図をつくりたいということも申されておきまして、まだまだこれから、きょうお集まりの皆さん方の分野におきましても、探求し、解決すべきものが多いかと思えます。

私は非常に楽しい学問であるし、楽しい技術であると思っております。そういう意味で、きょう1日、盛りだくさんな議事がございますけれども、年1回ということでございますので、土研の方々を中心に有益な会議がこれから行われますことを期待しております。

きょうは3つの議題が中心でございまして、ボーリング柱状図等につきましても非常に高いコストでございまして、これが全国各地で数十万本あるようでございますが、これが1回限りで統一的に利用できていないということもございまして、どうにかこれを情報として利用しようということで統一化が図られまして、きょうここに御披露するようなものがございまして、これも一つのこの会議の成果かと思えます。こういうふうな成果をこれからも生み出されまして、先ほど司会が申されました20年というものがさらに育ちまして、立派な担当者会議であられますように熱望いたしまして、簡単でございましてごあいさついたします。きょうはどうも御苦労さまでございます。

挨拶

土木研究所研究調整官 福井 経一

土木研究所の研究調整官をやっております福井でございます。本来ですと所長が参りましてごあいさつするのが当たり前なのですが、きょうは、所長に都合ができて、さらにまた、次長の都合もつかず私がかかりまして、一言ごあいさつをさせていただく、こういうことでございますので、ひとつよろしくお願いいたします。

本日は第20回の地質担当者会議ということでございまして、先ほど来申し上げておられましたように20回というのは一つの大きな区切りでございます。これまで20回にわたりまして長い間蓄積されてきたものをどういうふうに進展させるかという非常に大きな区切りのときでございまして、これからのますますの御発展をお祈りしたいと考えております。

ところで、最近技術開発の時代であるということを、今さらながら言うわけでもないんですがよく言われていることでございます。この技術開発といいますのは、これまでももちろんいろいろな技術開発をやっていたわけですが、さらに高度な技術が求められる、より効率的な事業の執行というものが求められている、こういう時代でございます。そういったことから、土木研究所では民間との共同研究というようなことで民間技術の導入、あるいは土木研究所本来の技術とを一緒にいたしましていろいろな技術開発を行っております。今年は八十数件ございまして、非常に多くの民間会社と共同研究をやっています。

ところで技術力の向上といいますと、やはりある一つの分野の人たちだけではなかなかできません。ということで、土木研究所などにおきましては土木屋が非常に多いわけなので、そのほかに地質屋さん、あるいはまた化学屋さん、いろいろな分野の方が集まってこの技術力の向上というものに努めているわけでございます。そういうことで、やはりあらゆる分野の方々が集まって初めて技術力が向上していく、いわゆる技術の結晶というものができるわけでございます。そういうことで、いろいろな皆様方のそれなりの技術というものは非常に重要な分野を占めているということでございます。これからも、そういう点につきましてはひとつよろしく皆様方の御協力をお願いしたいというふうに考えているところでございます。

ただいま技術審議官からお話がありましたように、建設省の中でニューフロンティア懇談会というものが昨年の9月からできておりまして、宇宙あるいは海洋、地中といった3つの分野に分かれて分科会が開催されている。これまでのいわゆる地上というものからはずれて宇宙空間、あるいは海洋とか、あるいはまた地下に潜る、こういう3つの分野の技術開発というものをこれから考えていこうというわけでございまして、特に地中については非常に複雑怪奇なものがございまして、そういうことで、地中の技術というものがこれから大いに注目されることかと思います。

ところで、最近非常に話題になっておりますが伊豆大島の三原山が大爆発を起こしました。これはまだ非常に目新しいことでございます。こういった自然災害というものにつきまして非常に大きな関心を持た

れておるわけでございまして、そういうことから防災地図をつくるとか、そういうことにこれから大いに力を入れていかなければいけない、こういう時期に来ているかと思えます。そういうことでも、皆様方のこれからの力というものが非常に重要なものであるわけでございます。

ちょっと余談なんです、先日ある人から、地すべりが起こって10メートルぐらい山が崩れ、この下にどんなものが入ったかちょっとよくわからないんだけれども、一体どのようにしたらこれがよくわかるのかという質問を受けました。私、土木研究所の中でいろいろ聞いたわけでございますが、10メートルの山崩れみたいなものが起こりますと、その下にどんなものが入っているか、あるいはまた車でも一緒に潜り込んでおるんじゃないか、こういった地下探査というものの技術が案外できていない、そういうことを感じたわけでございます。そういう意味で、地下の中がどういふようになっているかというのは案外難しいんだと、つくづく思ったわけでございます。実際には、厳密にやればわかるのかもしれませんが、瞬間的にはなかなかそういうことは、わかりにくいものであるということを感じました。

きょう、これから盛りだくさんのいろいろな行事がございしますが、皆様方にお集まりいただいて、こういう技術の交流というものは非常に重要な意義を持つのではないかというように思います。ひとつ時間の許す限り、限られた時間ですがよろしく願いしたいと思えます。

簡単でございしますが一言、開催に当たりましてごあいさつ申し上げます。どうも本日は御苦労さまです。

閉 会 の 挨拶

土木研究所地質官 大 木 達 夫

きょうは、一日中御熱心に御討議を頂きまして、本当に御苦労様でございました。最後に、閉会のあいさつということでありますが、きょうの議事について、少しばかり振り返らせて頂き挨拶にかえさせて頂きたいと思います。

一番最初には、津沢さんから「九州地建におけるダム地質調査の実績について」ということで、ダムにおける地質調査の数量につきましていろいろの観点からまとめて頂いたわけですが、調査数量の全体的な目安として大いに参考にさせて頂きたいと思います。なおダムの固有名詞は、なかなか出せない点もあったようですが、それぞれのダムの特徴、例えばダムの型式とか規模、基盤の地質状況などから地質調査の質と量について検討を若干つけ加えていただけると更に参考になるかと思えます。また別の機会でもよろしいので、さらに整理をして頂ければありがたいと考えます。

それから、2番目のボーリングに関してでございますが、この件につきましては、調査の現場におきましても、あれだけのお金をかけたボーリングの資料、コアというものを最大限に生かそうという念願があったわけで、今回、コアの取り扱いも含めまして、柱状図として記録の様式を標準的に定めさせて頂いたわけです。こういった標準化の際に常につきまとう問題ではありますが、個々の現場の性格の違いとか、技術的な個々の個性といいますか、そういう点と同一化、統一化するという点では、若干の不都合な点も出てくると思いますが、これを機会に、現場におきましてぜひスムーズに実施していただくようによろしくお願い致します。

小島先生からは、最近建設省においても、前向きに取り組んでいるところの地下空間の問題について非常に貴重なお話を頂きました。一般的な岩盤の調査の非常に重要な要素である亀裂や岩盤内の地下水の調査法について非常に示唆に富んだものがあったと思います。現在我々が対象にしている現場におきましても、応用的に使っていただける手法があるかと思えますので、各現場においても色々とヒントにして頂ければ幸いです。また、今朝の技術審議官の御挨拶にもありましたように、地下空間の開発、利用というようなことを建設省としても取り上げていこうということでございますが、これに関しての調査、研究に対して、体制の充実と合わせて予算面の特段の措置をぜひお願いしたい気持ちでいっぱいでございます。

それから、浅井室長からの先般噴火しました三原山の状況報告、非常にありがとうございました。また、今後の調査資料やニュース等ありましたら、いろいろな機会に御紹介頂ければ幸いです。

次に、道路法面の台帳の件でございますが、これも考えてみますと非常に大事な、また大変な仕事かと思えます。スケジュールにありましたように、今すぐにこれを実施しようということではございませんで、もう少し時間をかけてじっくりと検討したいということであります。やはり現場に使いやすいものでやっていきたいと思えます。そこで私が感じましたのは、1番初めにつくるのももちろん大変でございますけ

れども、それから後のフォローが更に大変で、大事であろうと思います。

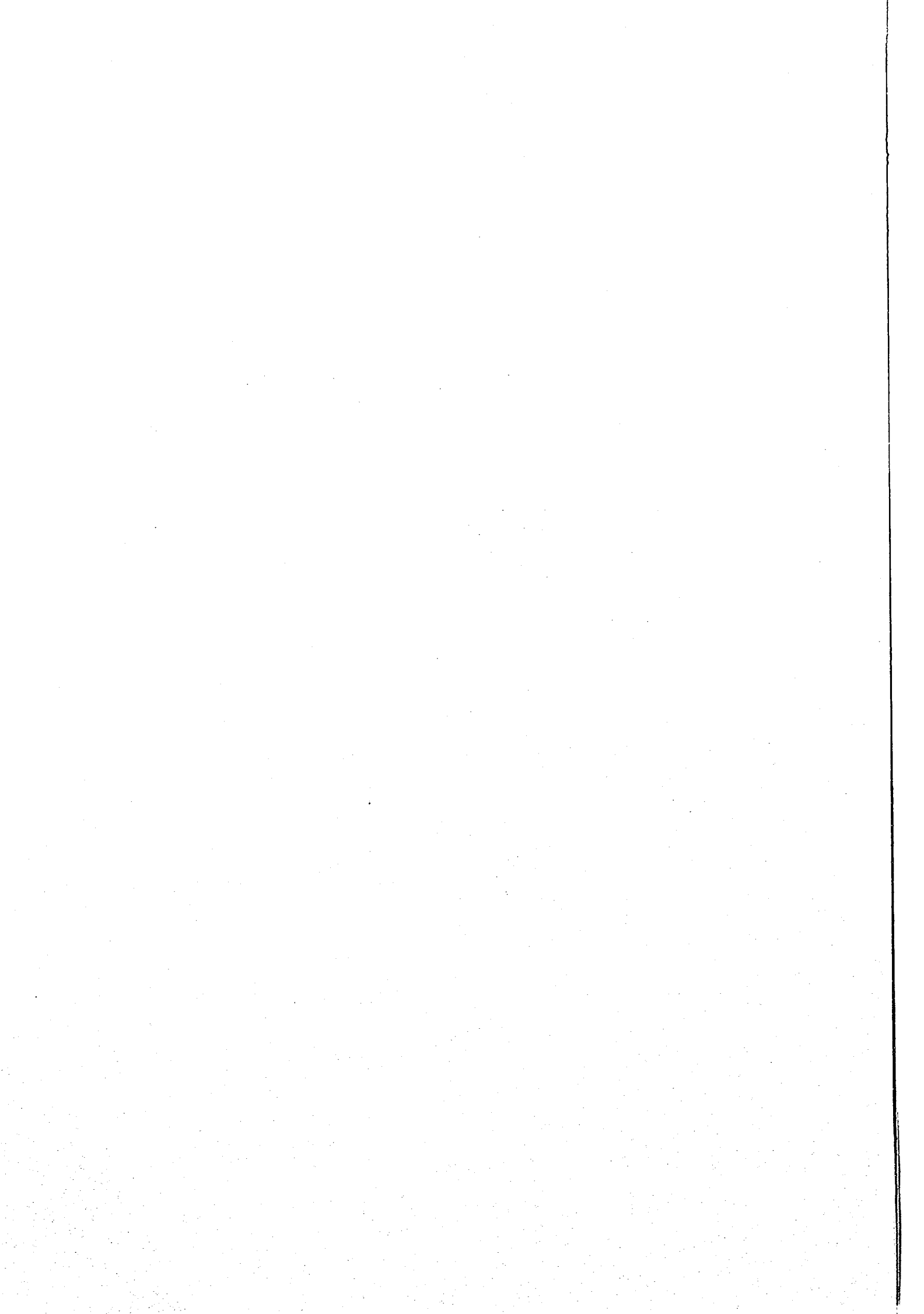
例えばある現場で災害等が起こって地形が変わっていく、それを台帳としてスムーズに引き継いでいく、そして各種のデータ等を積み上げていけるという形でないとなかなか長持ちもしないし、立派なものになっていかないのではないかとということで、その辺を使いやすく、そして作りやすくという形にさらに意を用いてみたいということでございます。又、余り個人的な判断を求めるようなものはなかなか書きにくいと思いますので、この点もさらに検討して整理してみたいと思います。それから、議事の中で外注で全部やるという表現があったんですが、これは今、この場でそういうように決めることではございませんので、これは持ち帰っていただいてまた別の次元でいろいろ検討されることではございますので、よろしくお願いします。

それから、最後でございますが、「岩掘削における岩区分の検討について」、これも先ほどから説明がありましたように、これから始めようということではございますので、また、いろいろ調査についてはよろしくお願いします。この担当者会議で行われておりますものに、地質に関しまして、基準に関係するもの、それから技術的な面で、最近のトピックスを含めての情報交換というテーマがあるわけではございますが、この基準関係につきましては、今回3件ありますけれども、ボーリングについては一応の案を得て実施に入った段階ということです。それから道路法面台帳が、まさに今作業中という形かと思います。そして、この岩掘削のテーマは、これから始めて大体2年ないし3年の、ピリオドをもってある程度の成果を得ていきたいと考えておりますので、ひとつよろしくお願いいたしますと思います。

最後になりますが、きょうは若干時間も早く終わりましたけれども、こちら側の説明が少し多かったのではないかと思います。皆さんの方からの御意見が少なかったのは前もって資料が行ってなかった点もあるかと思いますが、これを機会にひとつ持ち帰りいただきまして、関係のあるところにはよくお伝え願ひぜひ御意見をお聞かせ願ひたいと思います。

きょうの内容について若干コメントさせていただきまして、閉会の挨拶にかえさせていただきます。ありがとうございました。

1 . 特 別 講 演



1-1 地下空間の地質工学的側面

東京大学工学部

教授 小 島 圭 二

東京大学の小島でございます。

今、御紹介がありましたように、地下空間の利用ということが今いろいろ進んでおりますが、それについての地質の方からの見方について少しお話しさせていただこうかと思います。

それでお手元にお配りした資料、一つは地下空間の利用として、どちらかというエネルギー貯蔵という関係を中心に企画したものです。^{*1} これにつきましては、後ほどお読みいただければと思います。

きょうは、こういう地下空間の利用のうちの地面の立場から少しお話をさせていただこうと思ひまして、お手元にもう一つのプリントをお配りいたしました。これは本当に図だけですので、オーバーヘッド、プロジェクターを使いながら少し説明させていただきます。

それでは、ここでお話する内容の大まかな目次を書きます。

1. 地下空間の利用
2. 地下空間の地質工学的要因
3. 地下空間の地質モデル
4. 地下空間としての日本の地質
5. 地下空間利用に関する地質工学の重点
6. 地下空間の試験調査と評価の方向

まず最初に、地下空間の利用についての一般的な解説をちょっとさせていただきます。

2番目といたしまして、いろいろな地下を入れ物として、あるいは地下を材料として使います場合の地質工学的な要因というものについてお話しします。

それから3番目は、そのようなもののまとめとして地質モデルの話。

それから4番目、5番目、6番目と、こんなことをお話しするつもりでございますが、時間がそれほどないと思いますので、多少は概論ぎみになると思います。

1. 地下空間の利用

まず地下の利用ということでございますが、これはただいまプリントでお渡ししましたので、現在、どんな地下空間の利用がされているかという点についてはそちらの方を参考にさせていただきたいと思ひます。

図-1は、1986年8月の末に、地下空間の利用に関する大規模岩盤空洞というシンポジウム(LRC '86)^{*2}が、国際岩の力学学会主催でフィンランドで行われたときのペーパー中の図の一つです。現在我々が、地下をどれくらい利用しているのか、どれくらいのサイズの地下を利用しているのだろうかということで、自然の地下空洞と比較した例です。これはフランスの例ですが図-1の中で一番大きい自然の空洞が図-2に拡大されています。図中に地下発電所のサイズもいれてあります。

なお、図-1の左右のコラムはスケールが違います。左側のコラムは5分の1にして見て下さい。

人間がつくった地下空間というのは、自然に安定に存在している地下空洞よりも、まだかなり小さ目に、安全側にあるというように感じられます。大体今、我々が使っている地下というのは、自然がつくった地下に比べればまだまだ小さいものであって、逆にいうと、工学を駆使していけばもっと大きく地下を利用

^{*1} エネルギーレビューセンタ(1986)特集 もう一つの地球—地下空間の利用。エネルギーレビュー, 6巻3号

^{*2} Large Rock Cavern

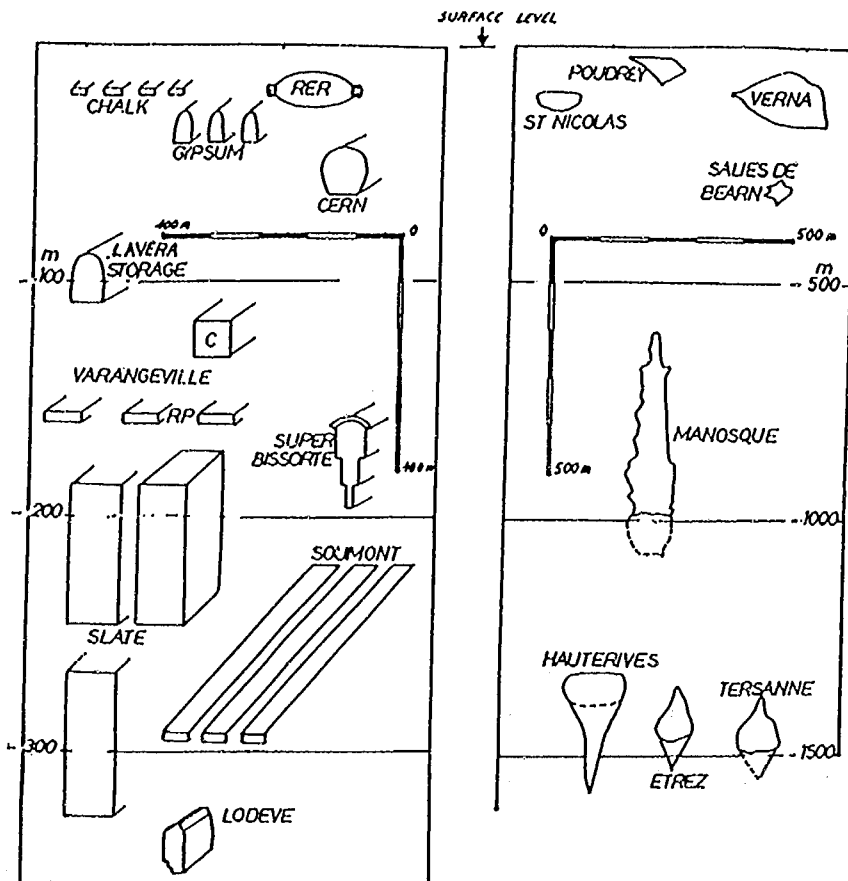


図-1 自然の地下空洞（右上部）と人工の地下空洞の比較

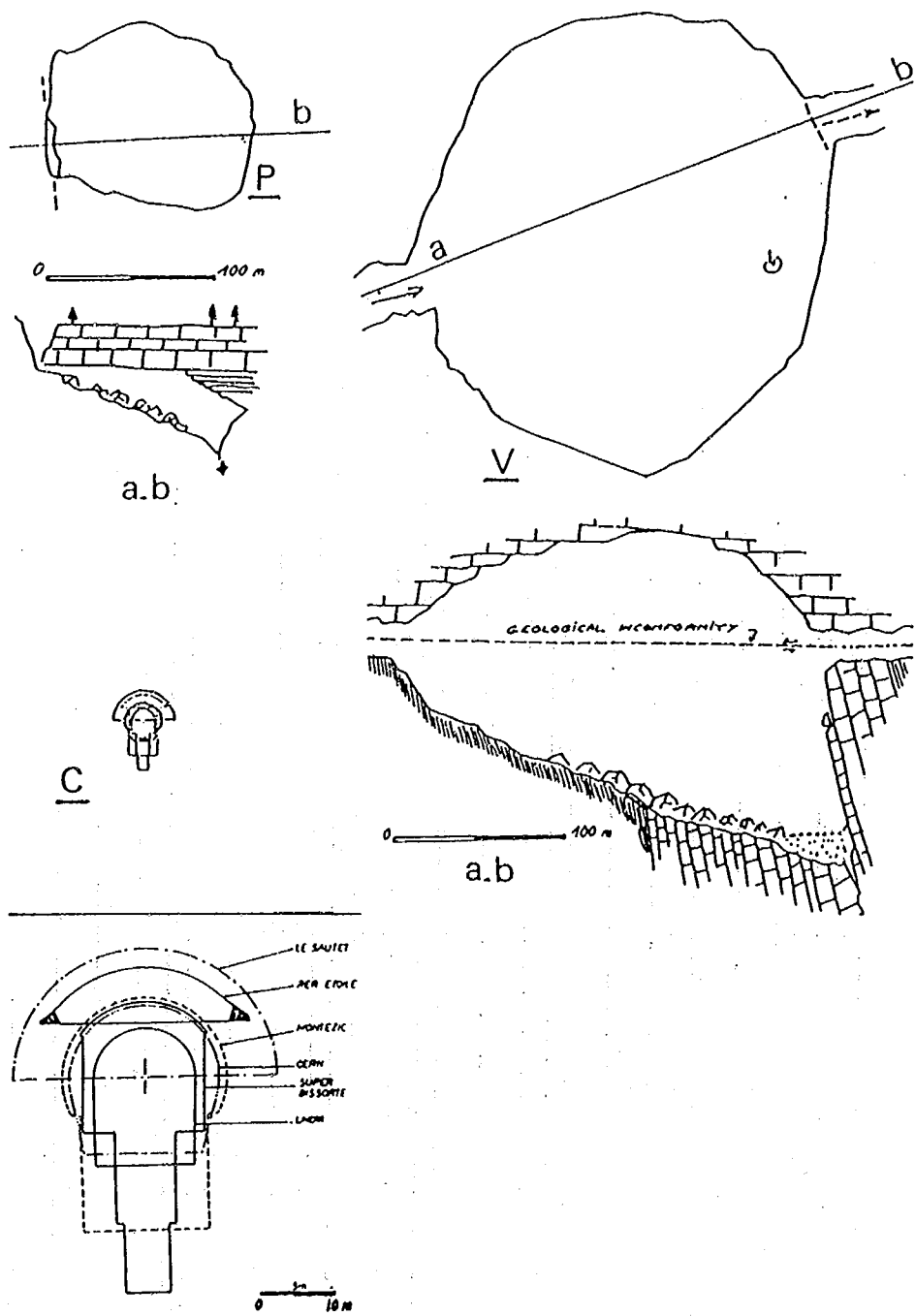
（右下部は岩塩の人工空洞），左のコラムのスケールは右の5倍

できるんじゃないか。この場合の地下利用は岩盤に空洞をあけた利用という意味です。それと同時に、何で自然がこんな大きな空洞をつくれるんだらうかということに関しての地質的な調査、研究というのも、案外進んでいないということを意味しているかと思います。

それでは現在どのような地下の利用がされているかという、いろいろな使い方がります（図-3）。どれくらい深いところまで地下を使っているかという、現在は大体地下100メートル程度のレベル、これはグランドレベルにしてですが、それくらいのところまでしか使っていない。エネルギー貯蔵という点ではLPGというガスのたぐいを入れますと大体200メートルぐらいの地下まで使っている。

それから特殊な例としては、現在いろいろ騒がれております放射性廃棄物を地下に処分しようというものです、現在は500メートルから1,000メートルというところが考えられて、今いろいろ調査が進められています。今後も、いろいろな目的で地下深くまで人工の手が伸びていくということが考えられます。

以上の話には鉱山の例は入っておりません。石炭鉱山ですと1,000メートルぐらいは大体普通に使っていますし、アフリカのダイヤモンド鉱山なんかですともう少し深い、3,000メートル以上というところもございます。



Cの拡大図
(地下発電所)

図-2 自然の大空洞の例 (フランス)

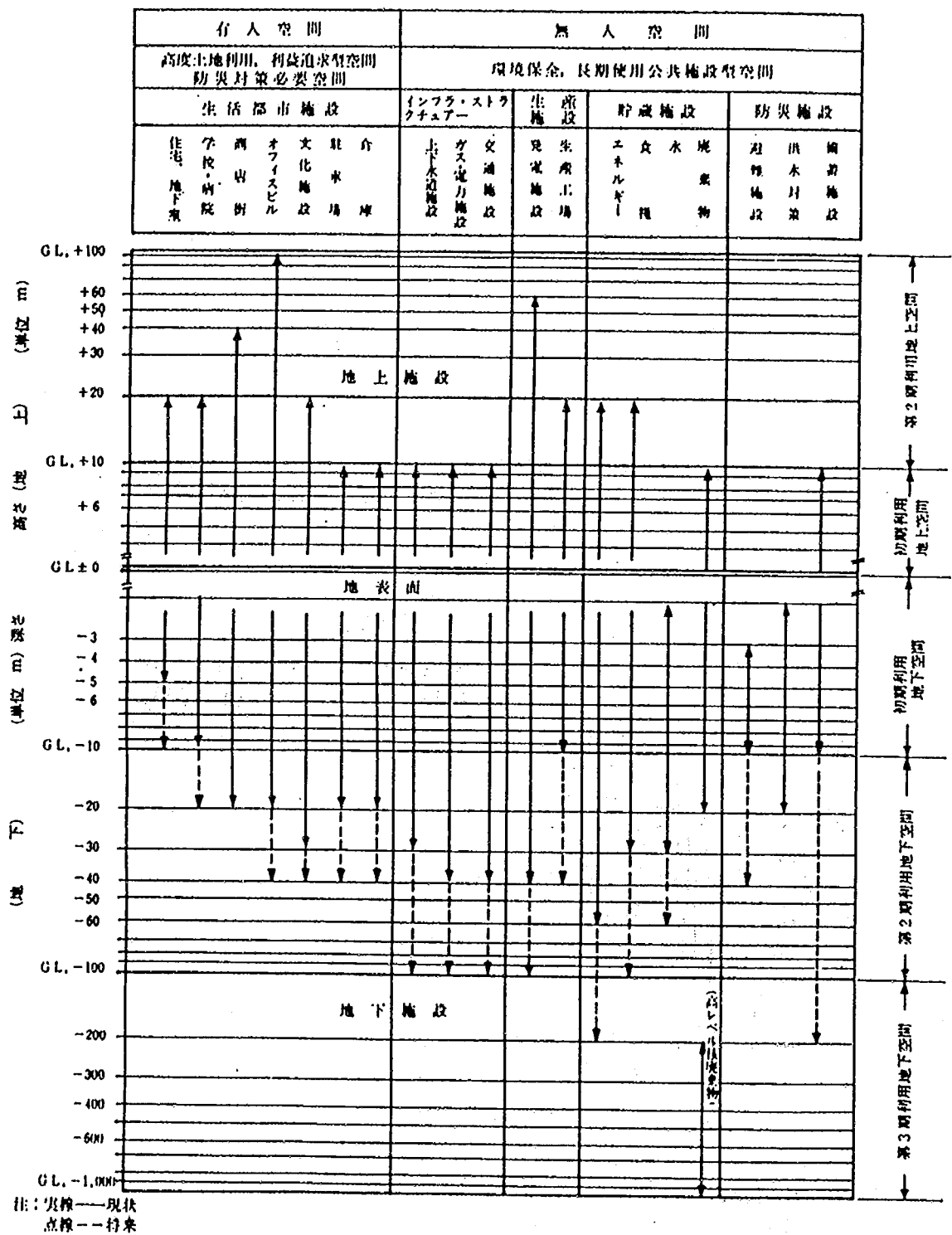
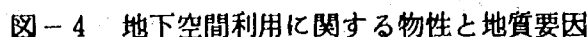


図-3 地上, 地下空間利用分野分布図 (現状と将来)

それからもう一方の使い方は、これは日本は世界的にも進んでいるわけですが、要するに都市の土地盤の地下利用、この場合には土の中にコンクリート構造物を埋めるというような感じになりまして、土の性質そのものよりも構造物の強度、つまり土圧にどう対抗するかというような見方になります。これは地下街ですとか、地下の各種のインフラストラクチャー、それから地下鉄など、こういうものが主として都市地盤ないしは“土の地下”の利用です。これは非常に浅いところ、普通は30メートルよりは浅いというようなところで使われております。

2. 地下空間の地質工学的要因

それぞれの目的に応じまして地下の岩盤の使い方が違ふし、目的に応じて対象とする物性が違ってまい



ります。それらを一まとめにしますと、地下の物性、これは一般論になりますが、図-4に書きましたように大きく分けて4つの要因があります。まず当然、力学的な問題、強度変形性、それから外力としては地圧、その次には熱特性、熱伝導率とか熱応力による破壊とかの問題があります。LPGの貯蔵ですとか、お湯を地下にためておいて地域暖房する、こういう際に問題となります。外力としては温度勾配、発熱するものもありますし、外からのヒートフローというようなものもある。それから一番大きい問題は、地下に穴をあけて利用する場合には水の問題、岩盤の透水性、それに対する外力として水圧、あるいは動水勾配が問題になります。それから物によりましてはもう一つ、例えば廃棄物の処分というような見方からしますと、化学的に物質が水の中に溶け込んで移動する、物質の移動ということが問題になります。水はすっと通りますが、化学物質というのは吸着、脱着作用が伴って水の移動よりはおくれていく。それから、割れ目のある岩盤では割れ目面から流れに対して直行する方向への拡散が起こっていく、こういうような現象で、化学物質は、普通は水よりは遅く動きます。どう遅れるかは物質によって異なりますが、 $\text{pH} \cdot \text{Eh}$ 条件によって変わりますし、温度、圧力条件によっても変わる、この辺が言うならば外力、あるいは外部条件ということになります。

このように地下というものの材料物性や外力を考えるとときには、力学的問題、熱の問題、水の問題、化学的問題と、大体この4つを常に考えていかななくてはならない。ただし目的によって、そのうちのどれかは省略できるという見方をしていただければいいと思います。例えば地下発電所というのは力学的な問題と、それから多少水の問題、地下に石油を貯蔵しようという場合になりますと力学的問題もさることながら透水性、これによって石油やガスが漏れないかということが最も重要な問題となります。

それから、原子力発電所から出た放射性廃棄物の地層処分というようなことで考えますと地下水流れと化学物質の移動。要するに、地下に入れたものが水の流れに従って出る。そのときに核物質も出ていきますから、その予測をするという意味でこの2つが重要な問題になります。

ところがもう一つは、放射性廃棄物ですと、かなり深いところに入れておかないといつ出てくるかわからないので安心できない。そこで500メートルから1,000メートルというような深度が考えられていますので、通常考えられているよりも強度変形性の問題というのがシビアにきいてまいります。当然、それに対する地圧の作用がどうかということもきいてくるので力学的問題も無視できない。さらに放射性物質が発熱しますから、必ず熱が作用してきます。そして、温度が上がれば近傍の岩盤は強度が下がる、それから割れ目ができれば水が流れやすくなる。と同時に温度が上がれば化学作用が活発になるということで、この4つの問題というのは常に多かれ少かれ連成問題として解いていかなければならない。

図-4には、こういう要因が一体地下ではどういうところで問題になるも示してあります。水みち、それから湧水、出水の問題、化学物質の収着、熱伝達及び熱膨張の問題、それから力学的には緩みとか崩落、抗壁の押し出しや山はね、こういうような問題が常に伴っております。こういう要因を抜いて地下にエンジニアリングを行っていくわけです。もう一つは図中に時間と書きましたが、長期でどういう変動をしていくかということ、一番極端な例では、地層処分というものでは1,000年という期間で長期安定性、あるいは水の移動というものを予測していかななくてはならないというような、かなり地質学的なスケールでの

時間、そこでの地質現象として全体を扱っていかねばならない問題もあります。

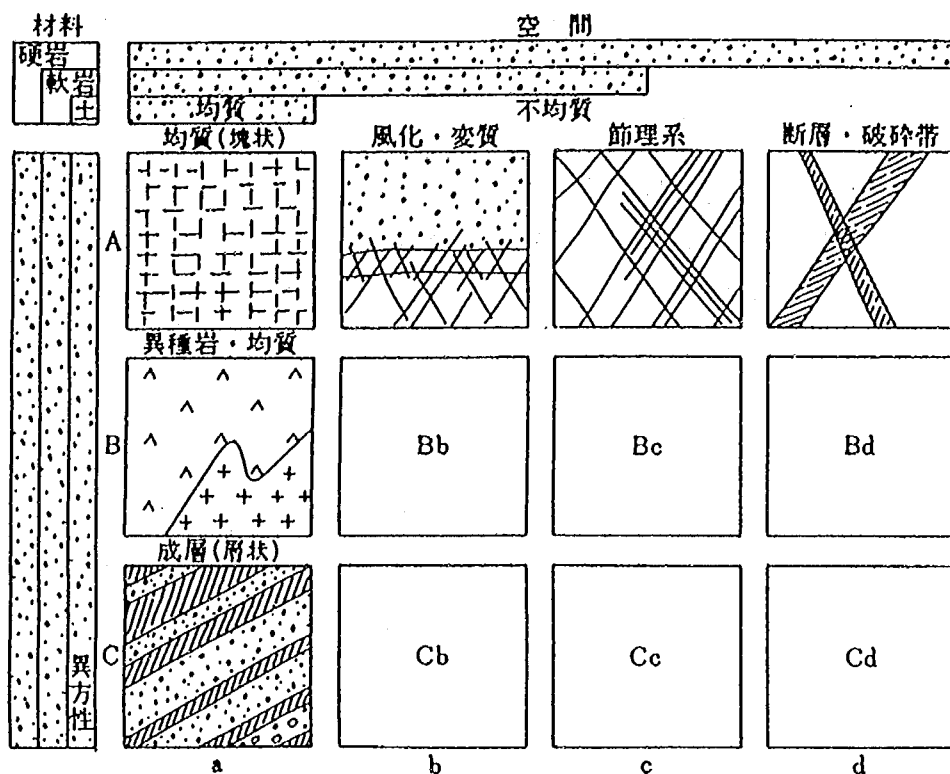
さらに物性といろいろな外部条件との関連があります。特に地下深くなりますと、例えば図中の項目に示したような深度の問題が出てくる。これは深くなるに従って、まず地表面では風化の現象が入ってくる。それから深部へいくと新鮮岩体になるという深度に伴う材料変化がある。軟岩の場合ですと、深くなるに従ってその分だけ強度が増加していくというような深度依存性があります。それからもう一つは寸法・岩盤のどれくらいの寸法を扱うか。これはダムでもトンネルでも同じですが、地下の問題では常に地質の不均質性、異方性という問題がありますからどのくらいの寸法（スケール）を扱うかによって物性の判断が違ってくる。

その際に、地質上一体何を判断要素とするかという、不均質性と異方性こういうものがあるから地質のモデルというものをどういうふうにするかという問題が出てまいります。これはイロハですが、地質構造、岩種、風化、変質、不連続面というような地質要因と、それが時間でどういうふうに変化しているかということが、場合によって非常に大きな問題になってくる。地下空間の利用ということを考えた場合の地質の要因というものを総合的にまとめてみるとこのようになります。

3. 地下空間の地質モデル

その次に、岩盤そのものを構造物として利用するという場合にどんな地質のモデルを考えたらいいか。図-5に地質モデルが画いてあります。これは要するに、硬岩でしたらこういうところ、軟岩でしたらこの辺、それから土だったらこの領域を考えなさい、すなわち図中の外側の模様はそういうふうに見ていただきます。それからもう一つは、均質、不均質、それから異方性というようなものが絡んでまいります。これも外側のスケールに付記してあります。そして地質をどういうふうに分けるかという、非常に均質な一つの地質からできている、岩種が1つのもの、岩種が2つあるいは幾つか複数というもの。それから違った岩種が非常に入り乱れている、こういうような区分ができます。典型的なものは塊状の岩と成層岩ということになります。これらは縦軸に示してあります。また不均質要素が入ってきます。この不均質要素としては風化・変質、それから、不連続面の要素として節理、節理のうちでも寸法によっては断層・破砕帯だけを問題にすればいい。これらの要素を横軸にとると、地質のモデルというのは図中の12個のどれかに入ってくるだろうと考えられます。

このうち地下空間として使う地質を大別してみますと、一つは成層岩盤、一つは塊状岩盤でそれぞれ風化帯から新鮮岩帯まである、こういうタイプに分けられます。これは層状で、材料は粒状体、こちらは塊状であってそれに不連続面、あるいは地表付近では風化という材料物性の変化がある岩と、こんな分かれ方をします。地表から地下の岩体の一般的な使い方としては、風化帯とかその漸移帯を使うものとしては切り取り斜面とかダムとかトンネルというものがあります。それから、地下貯蔵に使う空洞としては新鮮岩体の中を使う。さらに深いところでは地層処分というような問題があるということで、物によってこの岩のどの部分、どの大きさをとるかということでモデルがまた違ってまいります。図-6はその切り取り方、寸法によるモデルの違いを模式的に示したものです。Aa, Ab等は図-5に対応しております。そ



地盤・岩盤
の地質モデル
の基本型

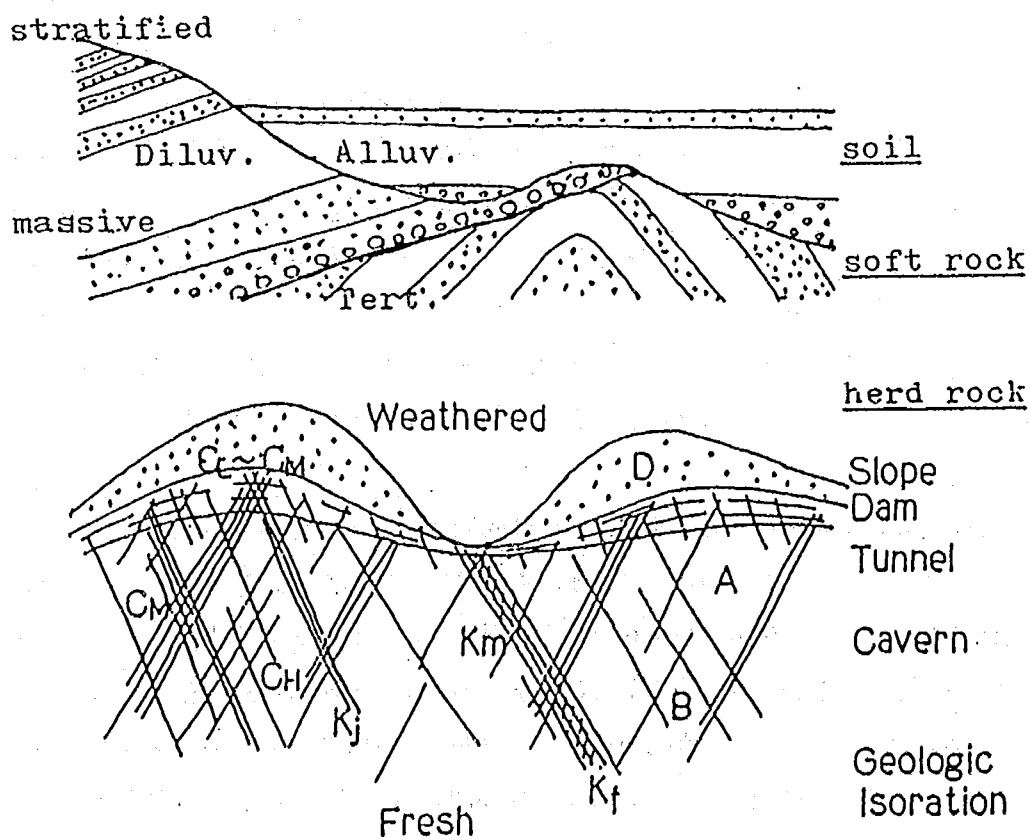


図-5 地質モデルと典型的な岩盤のタイプ (層状軟岩と割れ目系硬岩)

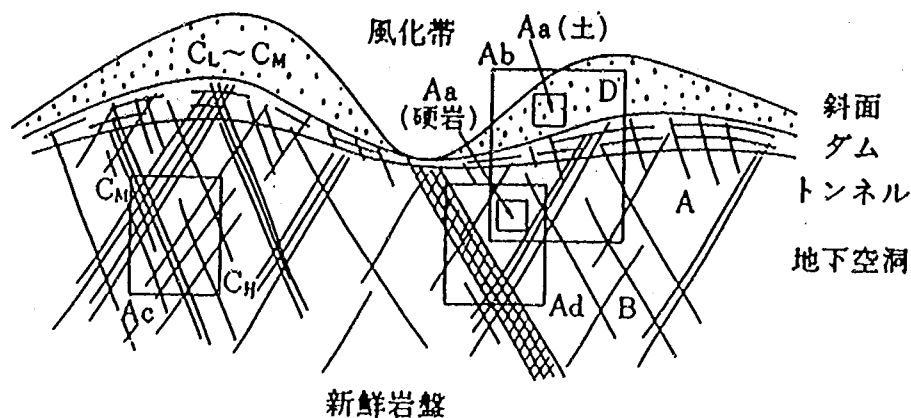


図-6 地盤・岩盤の寸法による地質モデルの違い

(A~Dは岩盤等級, Aa~Adは地質モデル)

れぞれとる場所によりまして同じ岩体でも先ほどの割れ目モデルか、塊状モデルかということが違ってくる。地下空洞の岩盤としてどういうモデルが代表的であるかといいますと、Ac, Adなどが一番典型的なモデルです。それから、空間が大きい場合には当然Abのようなモデルになってまいります。

日本の場合には、一つは割れ目系の硬岩という代表選手で与えられる。それに対してもう一つの代表選手は成層岩盤で、このうち分布の頻度が高いものは軟岩、即ちC_Mに相当します。ですから、割れ目系の硬岩と成層状の軟岩に大別される。地下空間に対する設計施工あるいは調査をやっていくための2つの代表選手としてこういう岩体を頭に描くことができます。

今、空間的なモデルがこのように設定されたわけですが、もう一つモデルをつくるに当たって、長期の安定性を考える場合には時間モデルが必要になります。時間に伴って一体今のモデルがどう変わっていくか。これは代表的には軟岩の例がございます。軟岩というのは、御承知のとおり、掘ってからしばらく置いておきますと急激に風化が進んでいく。それから、条件をちょっと変えるといろいろ変化します。熱が加わるようなところでは粘土鉱物に変化して材料物性が変わっていく。長い間に力が加わるころではクリープ変形をしていろいろな変状が起こってくるということで、時間に対して、だんだん材料物性が変わっていく。切り取り斜面なんかはそのいい例で、だんだん風化が進んでいって材料物性が変わっていくから、時間に対する安定性というものを考えていかななくてはならない。その究極は、地層処分のように1,000年も考えなくてはならない場合で材料物性の変化というのが長期間にどういう規則性で変化しているのだろうかということをよく知る必要が出てまいります。

時間の要因が入ってきた場合のアプローチとして、近ごろナチュラル・アナログという手法が使われています。要するに人間がやりますとせいぜい5年とか10年ぐらいまでの試験です。クリープ試験も、風化試験にしても、それから化学的な物質の移動についてもそうです。そこでもっと長期で、100年とか1,000年という間で一体どういうふうに変化するだろうかということは、現状の調査試験法ではなかなか判定できないものですから、それを何とか“自然が行ってくれた実験”から求めなければならない、こういう思想が今あちこちで出ております。地震の予知もそういうものの一つです。自然が実験をやったもの

を人間が理解する。そのためには非常に高度な自然に対しての観察とか分析が必要になってきます。そういうものをいろいろ集めてみると、もう少し時間に対して精度よく、地質現象がどう変化していくかを予測できるだろう。空洞をつくったときに100年後にはどういう現象があらわれるか、これは防災の面でも、それから空洞の安定という面でも、興味ある問題です。

そこで、自然の時間の経過に対するモデルというものがもう一つ必要でございます。具体的な話はしている暇がありませんので、こういうモデルがありますというところで話をとどめさせていただきます。

4. 地下空間としての日本の地質

実際に日本の地質ではどうなっているかといいますと、それは図-7のように分けることができます。

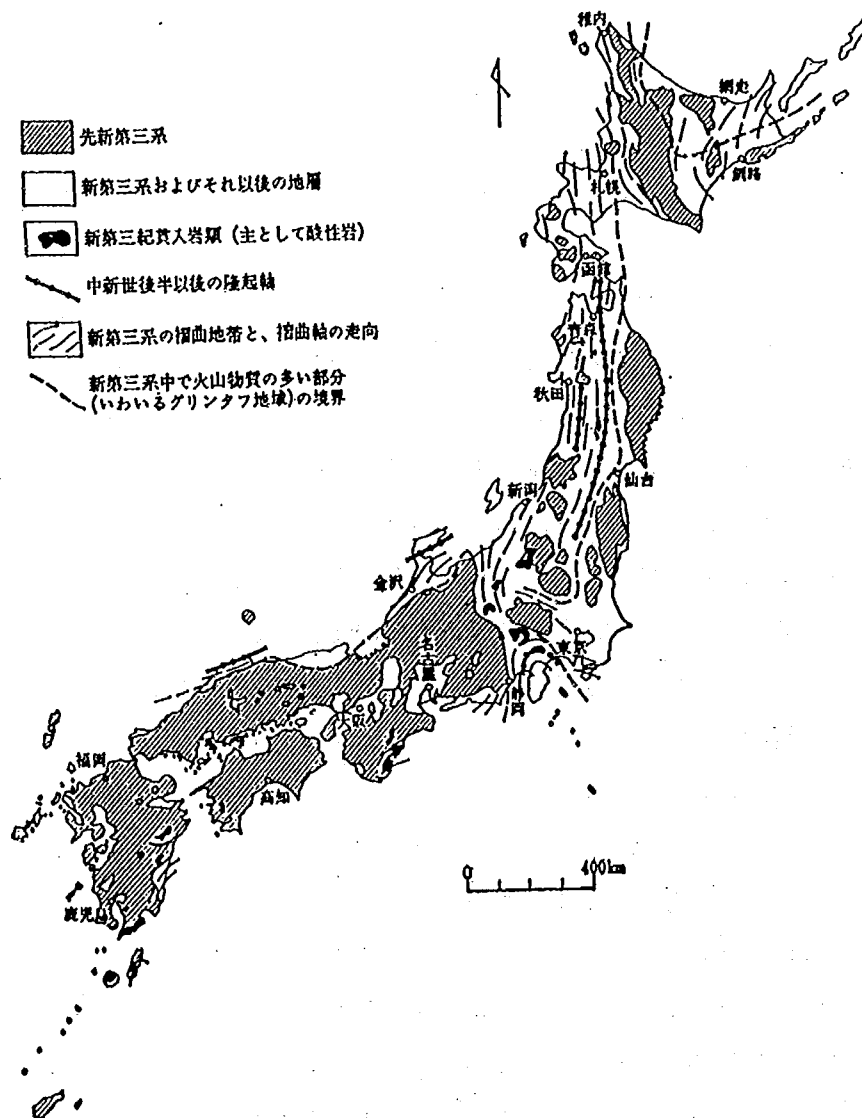


図-7 日本の硬岩と軟岩の分布

乱暴に新第三系以後とそれ以前の地質とに分けてあります。新第三紀層中には火山がありますから、所々に火山岩も含まれておりますが、一般には図中の白抜きであらわした東北日本、北海道を代表するものは、どっちかという層状軟岩というものであり、それから西南日本の方は花こう岩を中心とした割れ目系の硬岩、こんなぐあいに分けることができます。それで日本の岩石を考える場合には、一応このような代表選手でまず地下空間の利用についてのアプローチをしていけばよさそうということになります。

5. 地下空間利用に関する地質工学の重点

まず図-5に示す2つのモデル（割れ目系硬岩と層状軟岩）をつくりましたが、このモデルで同じような構造物を作る場合に一体どのような違いが出てくるかということを考えてみます。先ほど言いました力学的問題、熱の問題、水の問題、化学的問題、この4つを全部総合したいろいろな要因がきいてくるのが先ほどからお話している放射性廃棄物の地層処分という問題です。例えば力学について考えてみますと、図中のaのモデルですと強度は非常に大きい。それですから、かなり深いところに地層処分の空洞をつくることができる。

ところが、bの軟岩は非常にやわらかい岩ですから、深いところにつくりますと盤ぶくれをすとか、長い年月の間にはクリープ変形が起こる、こういう問題があって余り深いところには空洞はつくれない。ですから力学的には、aの硬岩の方が深いところという条件を満たし、有利になります。次に熱の問題ですと、軟岩の方は熱による長期の変化、それから放射性物質を入ると放射化反応が起こって粘土の変化が起こります。それから強度も落ちてまいります。これは何年も放射能を当てておくと、硬岩でもそうですが材料が劣化していく。しかし軟岩の劣化度の方がはるかに大きい。したがって、熱や放射線に対してはやっぱり硬岩の方が有利な条件が出てきます。

ところが、その次に水と化学的な問題を考えてみます。水の面では、軟岩にもいろいろな問題はございますが、地下水はポーラスメディアの中を一樣に平均的に流れていくということで、しかもこっちの岩については、地下水資源などの面で地下水流れに対しての経験が豊富です。それで、どちらかという軟岩の方が解析がしやすい。硬岩の場合ですと、割れ目に沿って水が流れます。ですから、割れ目沿いの水の流れというのは一体どういうものだろうということを詳しく調べなくてはならない。それで、水みちがつかみにくいという欠点が出てまいります。そうしますと、化学物質が移動するという面に対しても、やはり予測がしにくい分だけ不確定要素が残る。

それからもう一つは化学的物質の収着、地下水が移動したとき溶存物質のそれがどれだけおくれるかに関係する。硬岩は割れ目面に沿って移動しますから、割れ目面というのは鉱物やガラスからできていて、どちらかという収着性が小さい。従って化学的物質の移動を阻止するには軟岩の方が有利である。こういう条件を入れてどういうサイト選定をするか、どういう設計をしていくか。要するにこの2つの違った岩体ではそれぞれ違った特徴がありますので、いろいろな構造物に対し違った見方をしていく必要があるということが言えると思います。

以上、地下空間利用に関しての材料特性、外部条件をどう考えていったらいいだろうかという話をまと

めてみました。次に地下に構造物をつくる場合、一体どういう問題が出てくるんだろうかということを幾つかの例を挙げて説明してみたいと思います。

まず一つは、どこに地下空洞をつくるかという問題。当然構造物によっていろいろな問題が出てくるわけですが、例えば今盛んに行われております石油の地下備蓄、それからたびたび例に出します放射性廃棄物の地層処分、こういうものに例をとってみますと、まずサイト選定上で、今世界で大きな話題になっています。トンネルタイプにするか、縦型のサイロ型にするかという問題があります。

横型のトンネルというのは図-8のようなものです。この図は、日本で今つくろうとしている石油タンクで、全体で150万立米ぐらいの空洞をつくるわけですが、大体800m×650mの面積が要ります。1つのトンネルの断面は、巾15メートル、高さ30メートルぐらいの大きさです。だから地下発電所クラスのをのぼして、長さ600～700mにしたものを並行していっぱいつくるというイメージの大空洞です。これが一般に世界各地で作られている方式です。

それに対して、最近考えられているのはいわゆるサイロ型というか縦型の方式です(図-9)。また上戸型のものも考えられています(図-10)。これはあくまでも紙上の案ですが、そうするとまず専有面積が非常に小さくて済むわけです。さらに容量が同じでも油と岩の接する表面積がトンネル型に比べてはるかに小さくなります。

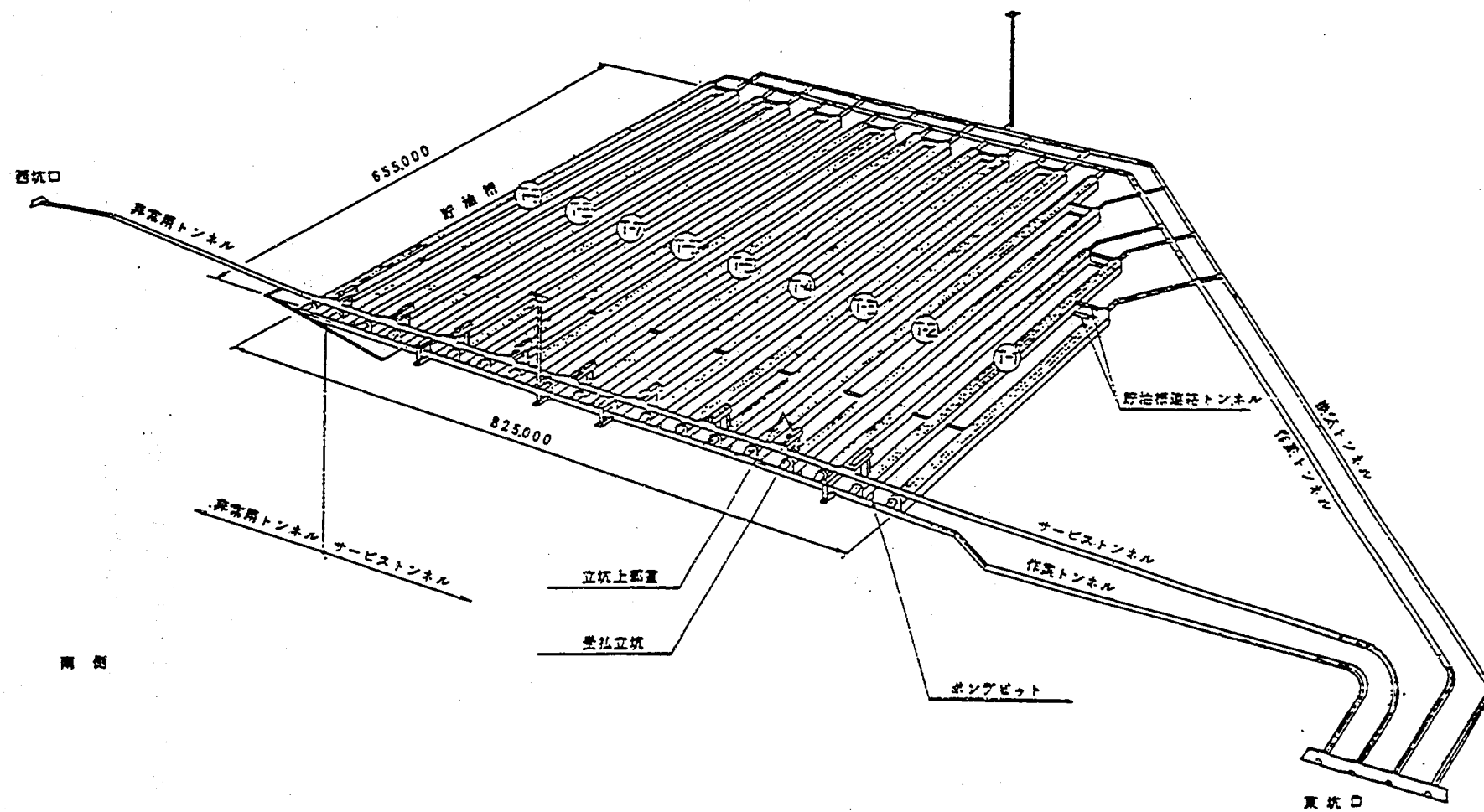
一番問題なのは、地上権と地下権の問題です。地下は地上の持主にどれだけ権利があるのかということで、これは各国によっていろいろ見解が違っておりますが、日本では区分地上権というのがありますが、原則としては地球の中心まで、持主のもののようなのです。先ほどの石油の備蓄でもおよそ1km×1km、かなり広い面積ですが、一応地主の了解を得て、地下を借りる形で処理しております。地下というものはかなり深いところでも地上権者が関与するものになるというふうに考えますと、この面積はできるだけ小さくしておいた方がいい。そうすると縦型の方が非常に有利になってくる。また表面積を非常に小さくできるという点では、岩盤と、中に入れる油との相互作用の影響が極力小さく抑えられる、などメリットも多い。

それで地質的にはどうかといいますと、特に日本みたいなところでは、岩盤の亀裂というのが――断層といってもいいんですが――縦方向、倒斜にして70度から80度というようなものが卓越しています。そういうところでは、断層がどれぐらいの確率で構造物を切るかということで工費が非常に違ってまいります。そこから水が出るような場合では、当然水に対するいろいろな処置をしなくてはならないということを考えますと、施工性に多少難はあっても、縦型というのも今後いろいろ考えていく余地があるなという感じがいたします。

いまのは石油タンクでございますが、放射性廃棄物の地層処分施設も同じぐらいのスケールが必要になってまいります。図-11は今、スイスで考えられているトンネル型の一つの方式ですが地下1,200メートル、1キロ四方ぐらいの大きさになります。スイスは非常に岩がいいのですが、そこでもやっぱり断層がところどころに入ってきて、さらに水の移動というのが非常に問題になってくる。

そこで、この場合にも縦型にできないかという発想があります。図-12はスウェーデンの例ですが、アイデアとしては、貯蔵庫の周りに鳥籠状にボーリング孔を掘ります。要するに水抜きボーリングをい

北 側



注 本図には水封トンネル及び水封ボーリング孔は除いてある。

図-8 地下石油タンク。典型的な横型空洞の例

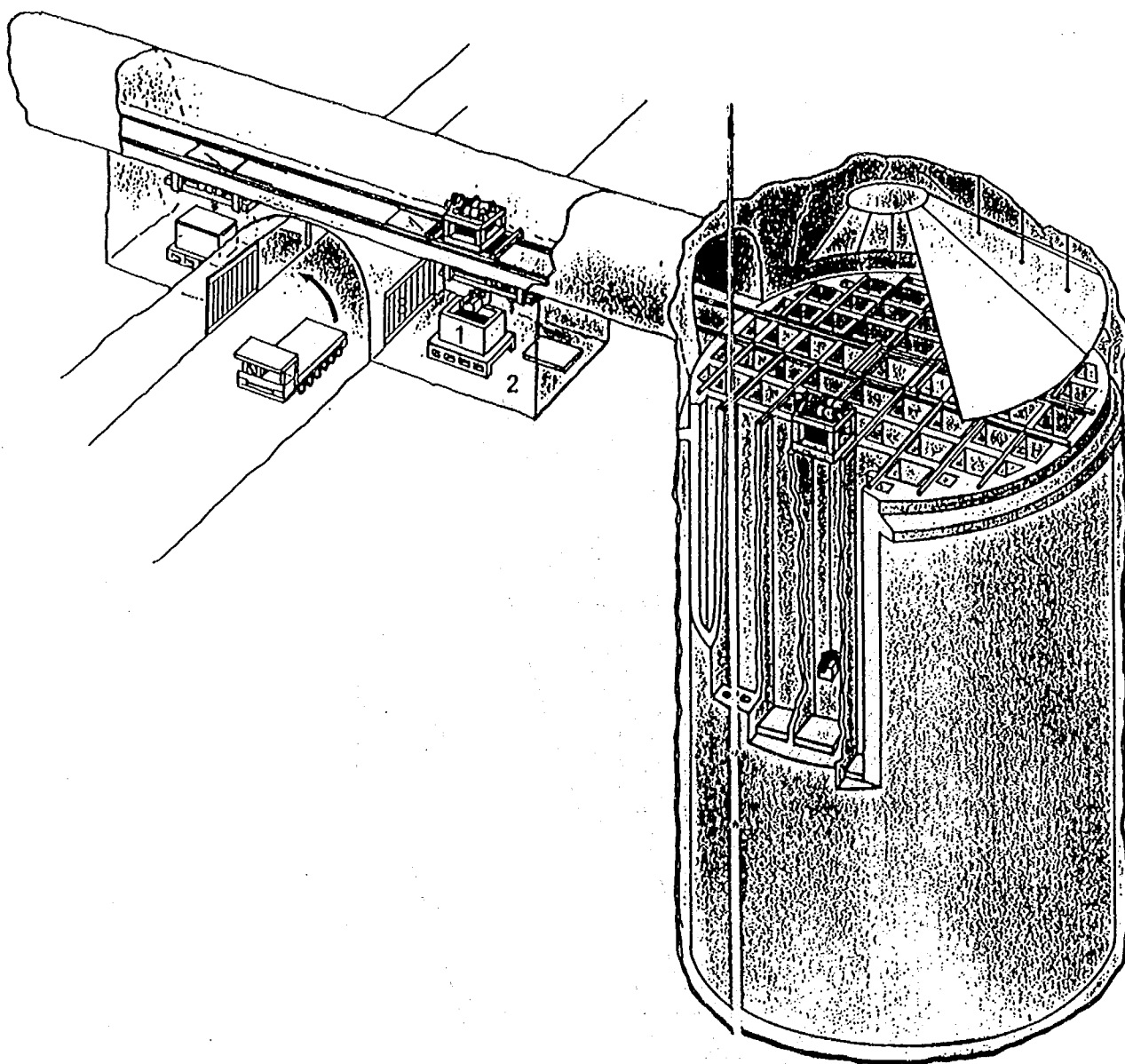
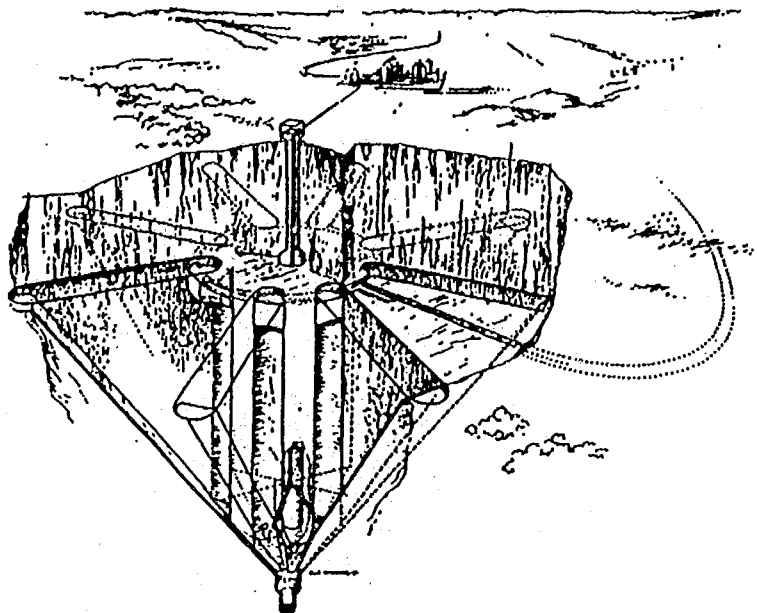
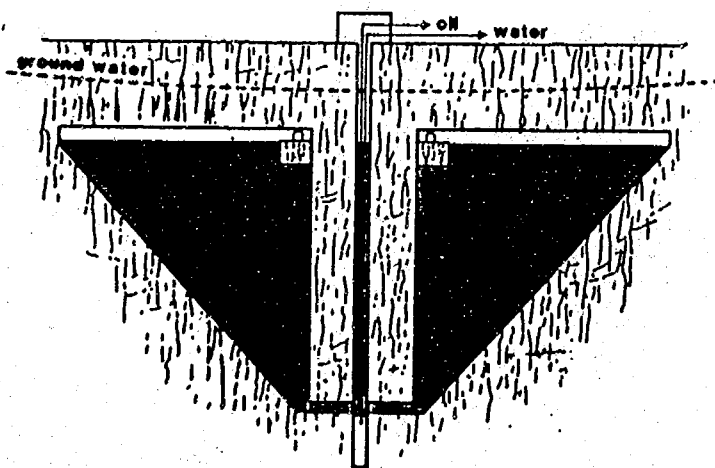


図-9 縦（サイロ）型地下空洞の例

（中レベル放射性廃棄物貯蔵），寸法は径35m×高さ70m



Funnel Store underground storage plant.



Vertical section of Funnel Store with filled caverns.

図-10 縦型空洞上戸型の地下石油タンクの例

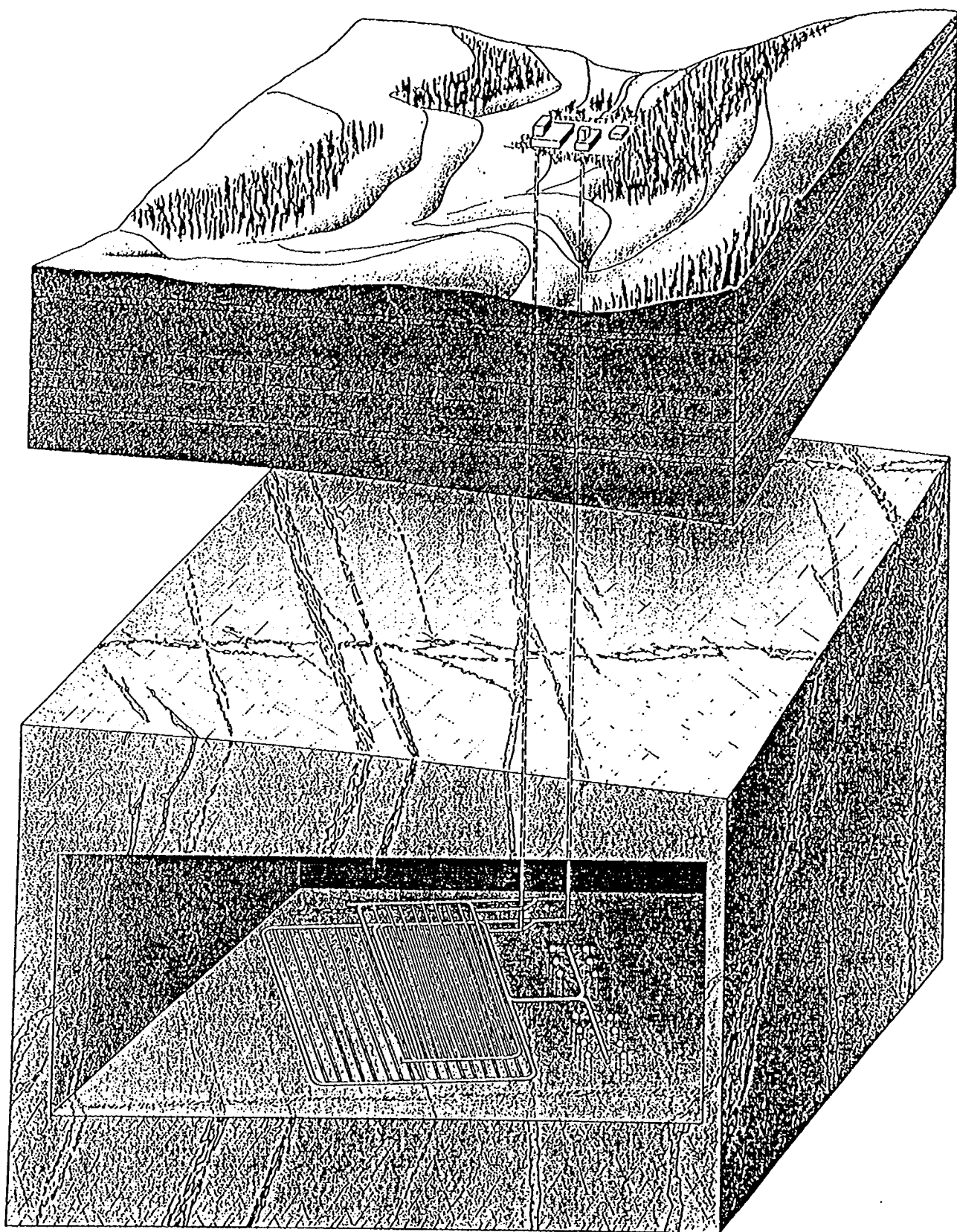
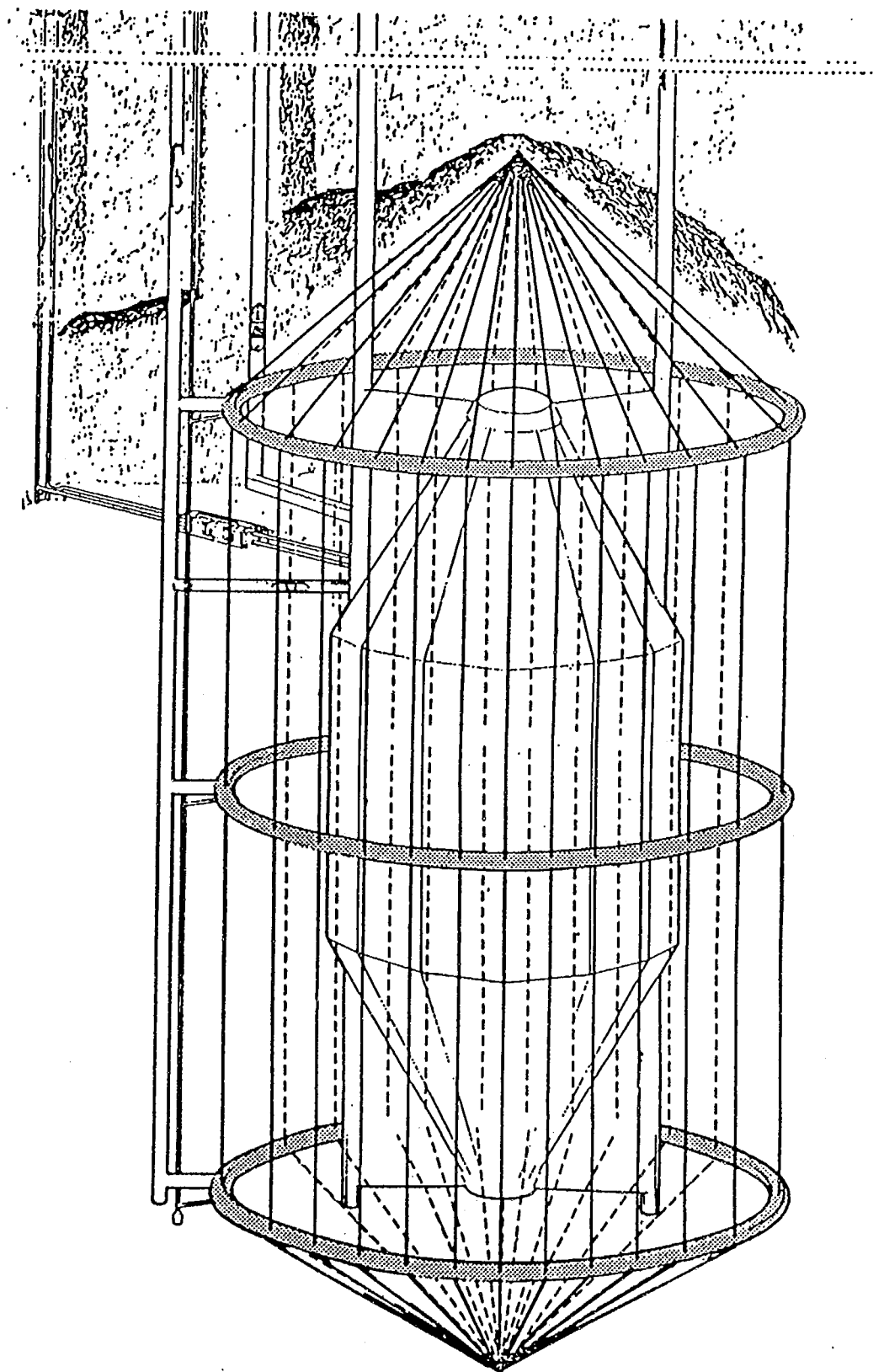


図-11 スイスの地層処分施設の概念図（地下1,200 m）



----- Drillholes in hydraulic cage

Annular tunnels

図-12 貯蔵庫のまわりに鳥籠状に水抜ボーリング孔を配置した縦型空洞の例

っぱい掘って中には水が入らないようにしよう、こういうような発想です。日本の場合は、良好な花崗岩体で巾1メートル以上の断層が出てくる頻度というのは大体数百メートルに1本程度です。幾つかの方向の断層群があって、それらで囲まれた岩盤の中には非常にいい岩盤もあります。自然界の法則では割れ目の頻度がポワソン分布に従っている。当然くしゃくしゃのところの横に非常にいいところが存在するはずで、非常に断層が多くて苦労したトンネルの横に石切り場があるという現象は日本でもしばしば見出されます。地下空洞というのは、今のところは幸いにして、岩のいいところをどこか選んでつくってみようというサイト選定に余裕があります。いかにいいところを選ぶかということは、縦と横の空洞でいろいろ判断が異なりますが、日本でも地質学的には、縦空洞の方がサイトを選びやすいように思われます。

その次が一番大きな問題になるかもしれませんが、地下水の制御という問題です。地下水の制御の仕方として、先ほどは鳥籠を上げました、水抜きによる制御です。それから地下タンクの場合には、地下水位が下がって油の面まで達するとそこからガスが逃げ出すという危険があります。そこで地下水位が下がらないようないろいろな地下水の制御をします。一つは、空洞の直上に注水ボーリングを掘りまして、そこでいわゆる水封ということを行います。例えば図-13ですが、空洞の上にトンネルを掘りまして、そこからくし型に孔を掘ります。そしてそこに圧力水を入れるといいますかヘッドをかけてやると、それ以下には地下水位が下がらない。それからもう一つは、グラウチングがあります。現状では大きな割れ目にインジェクショングラウトをやるというような形で処理しておりますが、本当に水を通さないようにするためには、細かい割れ目のすみずみまでグラウト材が入っていくような方法、例えば、一種の拡水法的な方法でゆっくりかためていく。そういうようなグラウチングが望まれます。地層処分ではそういう材料の開発と、ゆっくりとグラウト材を回して全体をかためていく、いわば自然界に細脈というのがありますが、その自然の細脈を人工でつくっていかう、10年ぐらいかかってもいいからそういう割れ目の目詰めをやって水を制御しよう、ということが考えられつつあります。

さらには地下水の流れに伴っていろいろな物質が溶けて出ていく、溶けていったものが薄まっていけばいいという場合には水をコントロールして、漏れていくところに水を回せばいい。このように自然の水の流れを変えてやるという、地下水の制御技術も重要です。地下水流れに関する地質の不均質性には予測しがたい面がいっぱいあります。問題は山積みされています。

それから、力学的に一番問題なのは緩みの問題でして、発破による緩み、それを除くための地下深所でのTBMによる工法、さらに、TBMのための地盤の評価を一体どういうふうにするか。調査坑を掘るために、発破をかけた時の割れ目と、TBMによる割れ目とはかなり違った見方が必要になってくる。

それから岩盤分類というような点をとってみましても、風化帯を除いた新鮮岩帯の岩盤分類ということをやらなくてはいかんわけです。現在使っている風化帯区分の岩盤分類ですと、適切な評価ができない。現在いろいろなところでやっている評価も、風化帯岩盤の岩盤分類に準拠した使い方をしておりますので、物性が実際よりも小さく評価される、即ちオーバーデザインの傾向が出てきております。そういうことで今の岩盤評価、緩みとか透水性に対する岩盤評価に対しても、地下深所の新鮮岩体を扱う場合には、評価の仕方を少し変えなくてはならないという問題も出てきております。

6. 地下空間の試験調査と評価の方向

当然調査の内容も地表付近の調査法と変わったものが必要になってまいります。そこで、現在行われている幾つかの調査のうち水に関するもの、地下の原位置試験を紹介させていただきます。

特に水の問題については、どちらかという、割れ目系の硬岩の方が予測がしにくい点があります。図-14は、愛媛県の菊間町というところで石油公団が実施した地下石油タンクの実証実験の例です。石油タンクと周辺岩盤中の断層系を入れた図です。大体図のように大きな断層がありまして、これが水みちとなりますから、全体の水の流れというのは局所的に考えるとかなり不均質です。

まず第一に断層を水みちとして水が流れる、その流速は全体平均とは全然違って割れ目中だけツートと流れる。こういう問題を知らうとするには、割れ目が一体どこにあるかということをよく知らなければならない。割れ目を知らうという技術の一例が近ごろはやりのジオトモグラフィです。

図-15はその前段階といいますか、ボアホールの中でいろいろな方法で割れ目を調査した例です。ボーリング孔の長さはそれぞれ300メートル。それからボーリング孔を含む岩盤断面は、一辺100メートルの四角形であると考えてください。図-16はいわゆるボアホールレーダーと言われる電磁波を使った反射波の測定例です。ボーリング孔の中でレーダーの波を出しますと、割れ目面に沿って反射が返ってまいります。それを解析した例で、図中にA B C Dとあるのは図-15中の割れ目に対応しています。

こういうようなことをやりまして、岩盤のいいところでは、大きなフラクチャーがどこにあるかということが検出されます。これはボーリング孔の中に電磁波の発信機と受信アンテナを入れて、反射波を測定したのですが、一方の孔にレーダーの発信機を入れて、隣の孔にアンテナを入れることもできます。そういう孔間計測もおこなえます。この方式では、いわゆるトモグラフィ、要するに医療関係でやっているCTスキャンと同じ方法で岩盤内の画像を得ることもできます。かなりいい像が得られつつあります。

図-17は地震波トモグラフィの例です。これは少し広い地域、400メートル四方ぐらいの地域での計測例です。これは北欧のスウェーデンでやった例です。地表とボーリング孔を使いまして、縦横無尽の測線を引きます。これから、弾性波速度分布図ができ上がります。大きな断層（数十メートルの破碎中の断層）はよく出ているという例です。これは三次元に計測した結果を、各レベルの平面で表示したのですが、上の方は情報が多いですからはっきりと出ていますが、下の方はちょっとぼけています。こういうようなデータをもとにして、割れ目がどこにあるかということを知って水みちのモデルをつくり解析をしていこうというのが一つの方角です。

ただし、割れ目を検出しても割れ目の透水性のような物性は出てまいりませんので、それを知るための方法として幾つか新しい方法が試みられております。その一例を紹介しますと、図-18はサイスマックトモグラフィやボーリング調査で得られた割れ目面（フラクチャードゾーン）に、図のような配置で、リング状に孔を掘る。中心の孔にパッカーをかけて注水し、周囲の観測孔へ割れ目を通った水がどう回るかを試験する、そういう原位置試験です。これは地下700メートルぐらいのスイスの実験施設での実施例です。

図-19はボーリング孔内での多重パッカーによるトレーサ試験の一例です。それぞれのパッカー位置から、種類の違うトレーサーを流します。また、観測孔にも多重パッカーを用いることができます。抗道ま

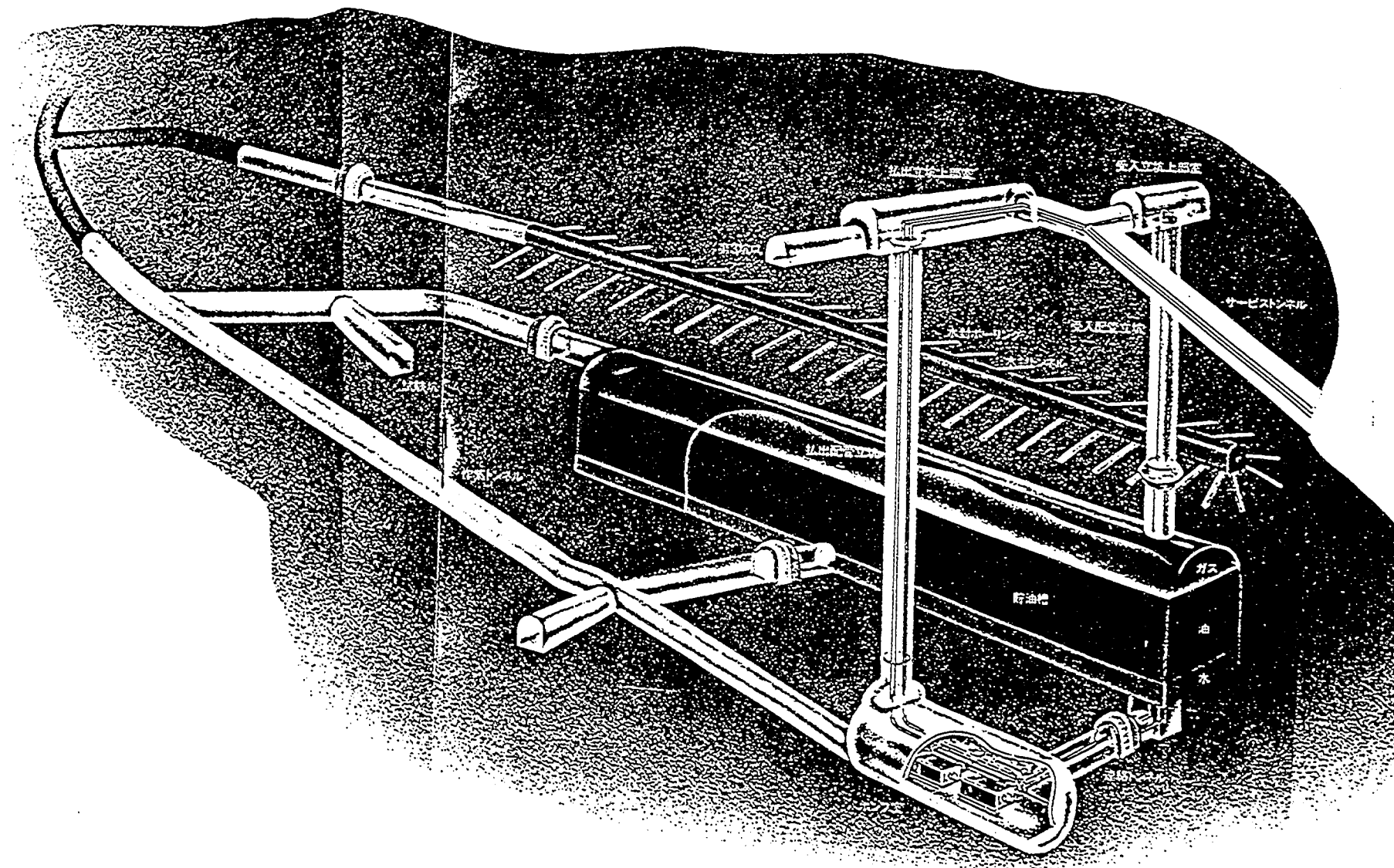
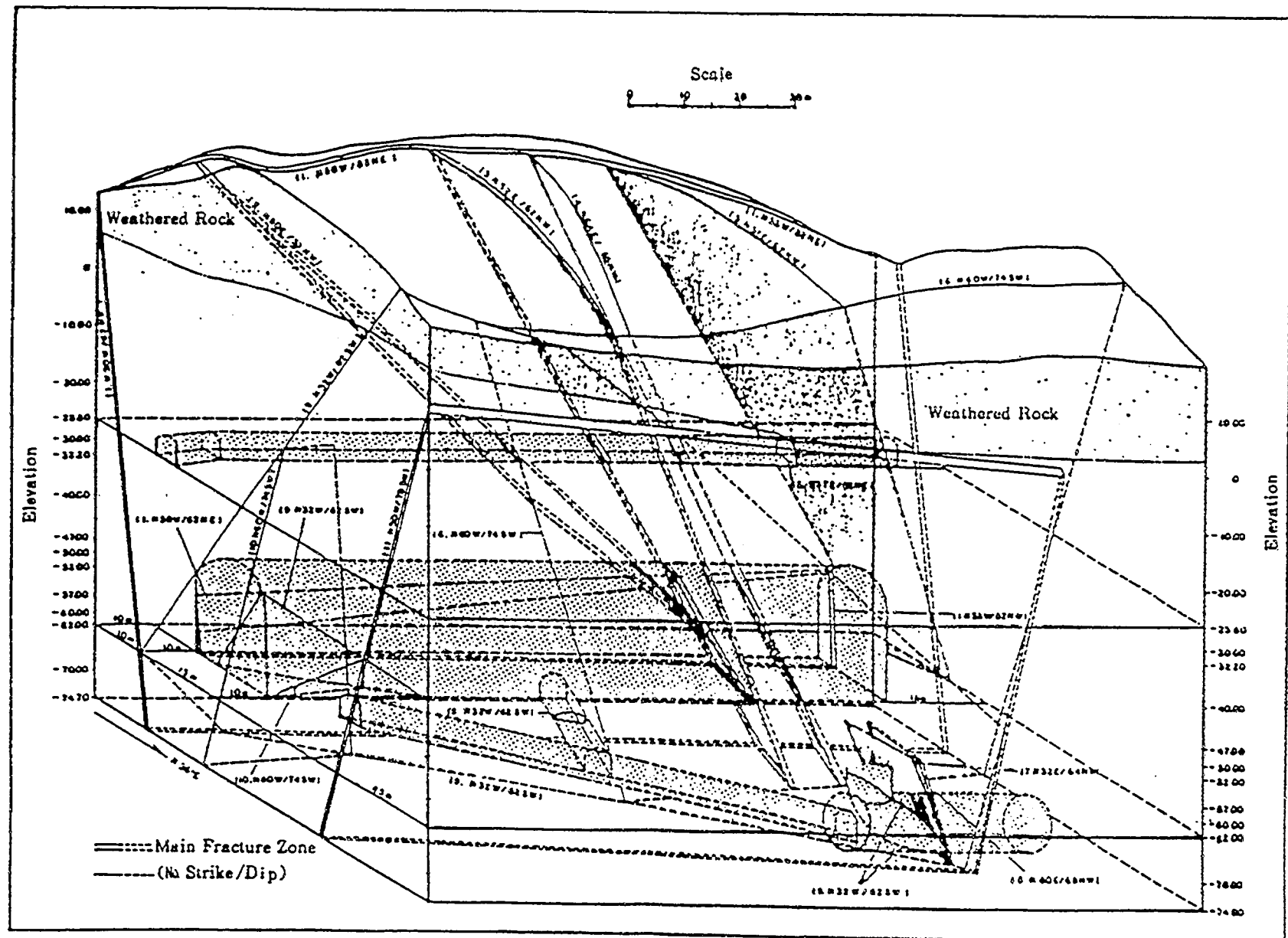
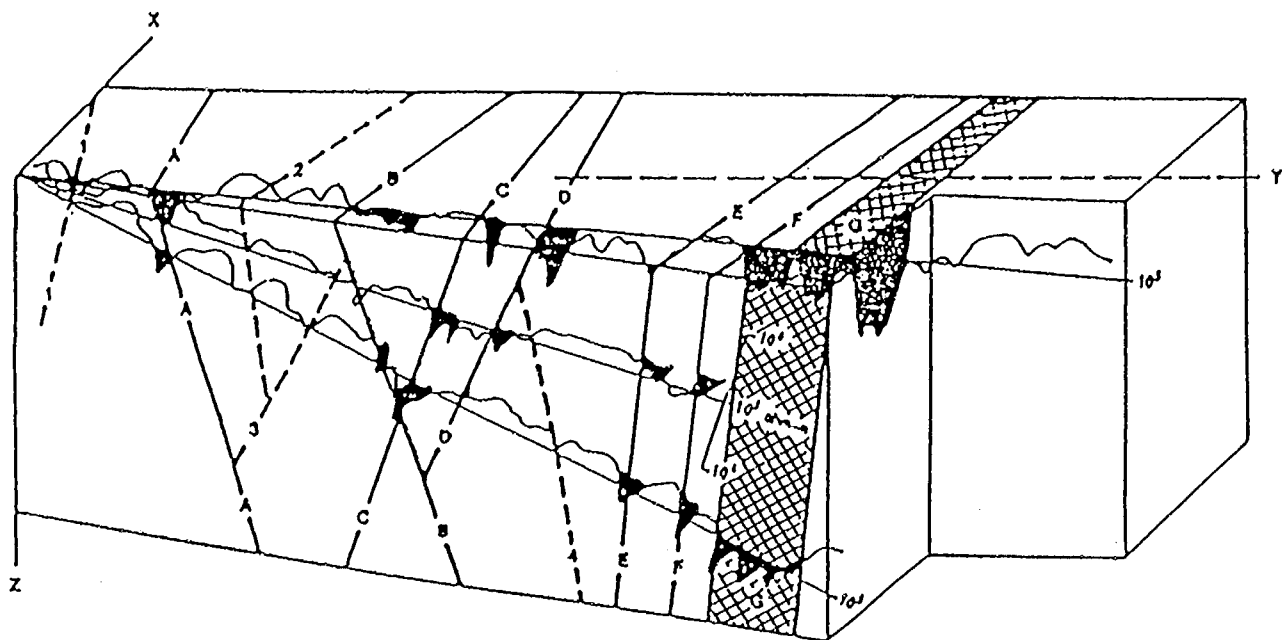


図-13 水封トンネル・ボーリングによる地下水制御の例（地下石油タンク）



Block Diagram of the Main Fracture Zone

図-14 地下石油タンク実証実験施設周辺の断層分布



A blockdiagram of the resistivity variation of the three boreholes (E1, F1 and F2). Major (solid lines) and minor (interrupted lines) units correlated between the boreholes (E1, F1 and F2). X, Y and Z represents the coordinate system of the mine.

図-15 ボーリング孔内での各試験から得られた割れ目の多い部分のブロックダイヤグラム

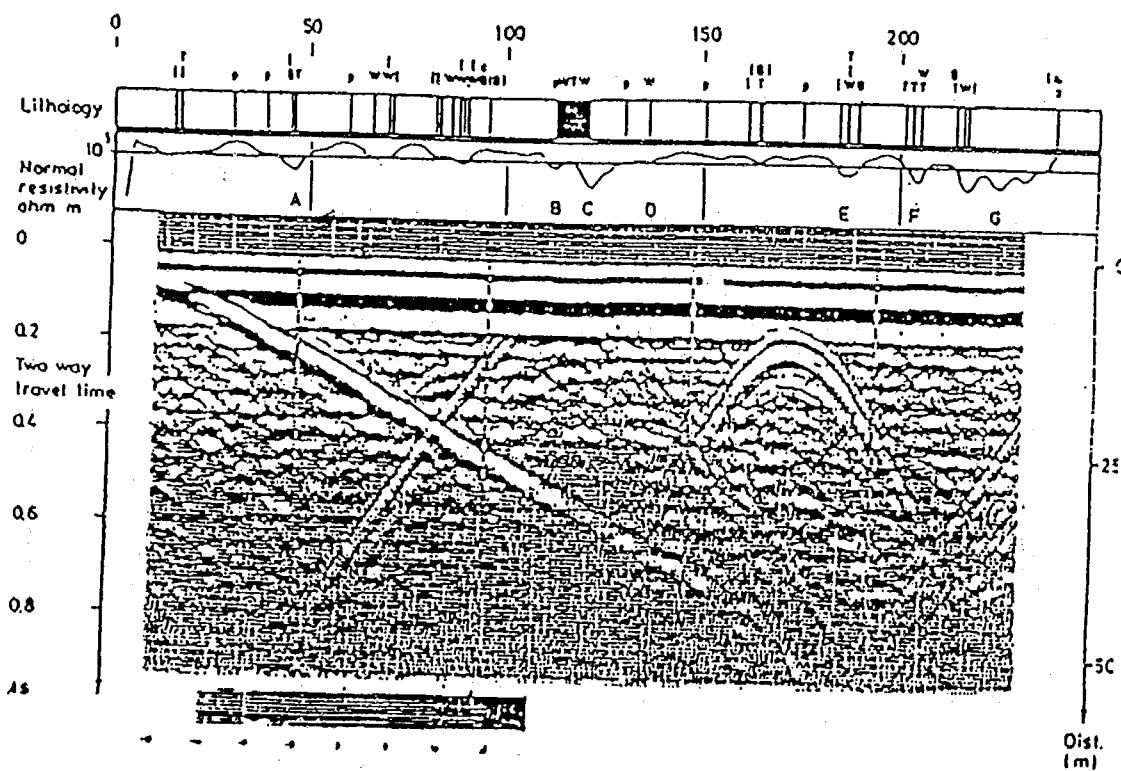
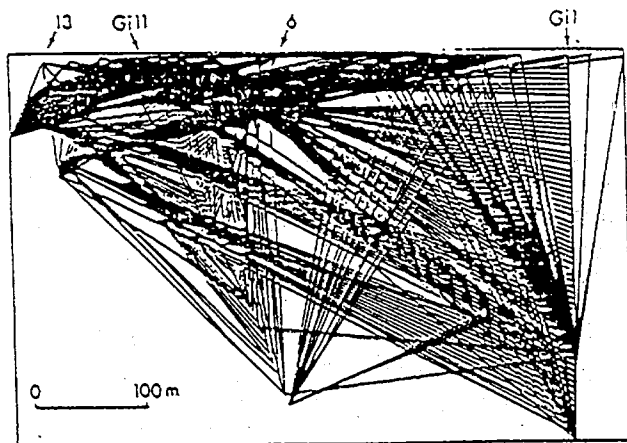


図-16 ボーリング孔内でのレーダー記録

隣接するボーリング孔（太い線）と孔壁付近の顕著な割れ目の画像が得られている。



Projected vertical 2-D section view showing source to receiver ray paths. Arrows indicate borehole positions at the surface.

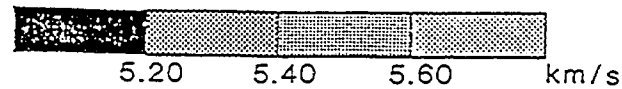
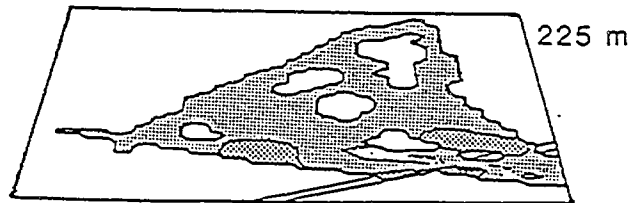
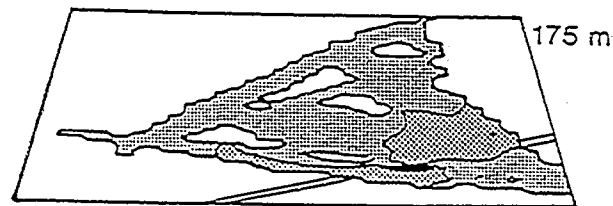
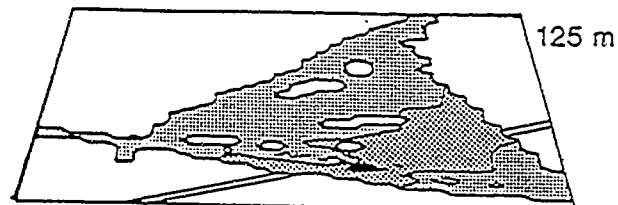
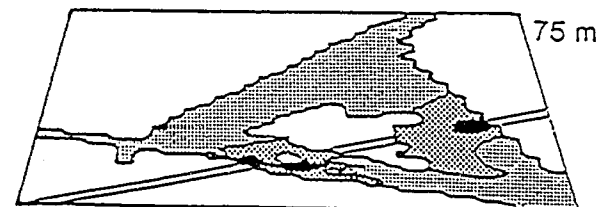
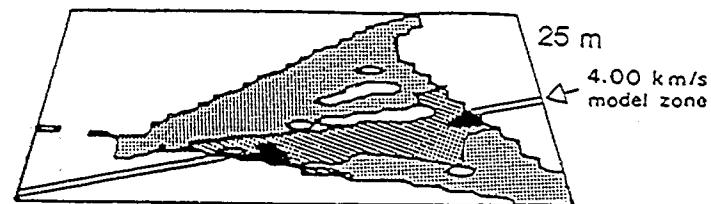
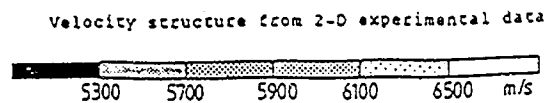
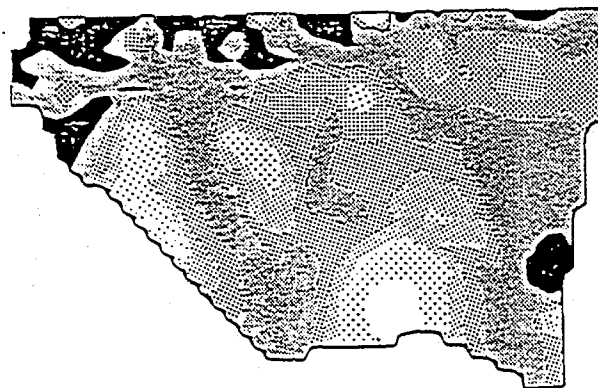
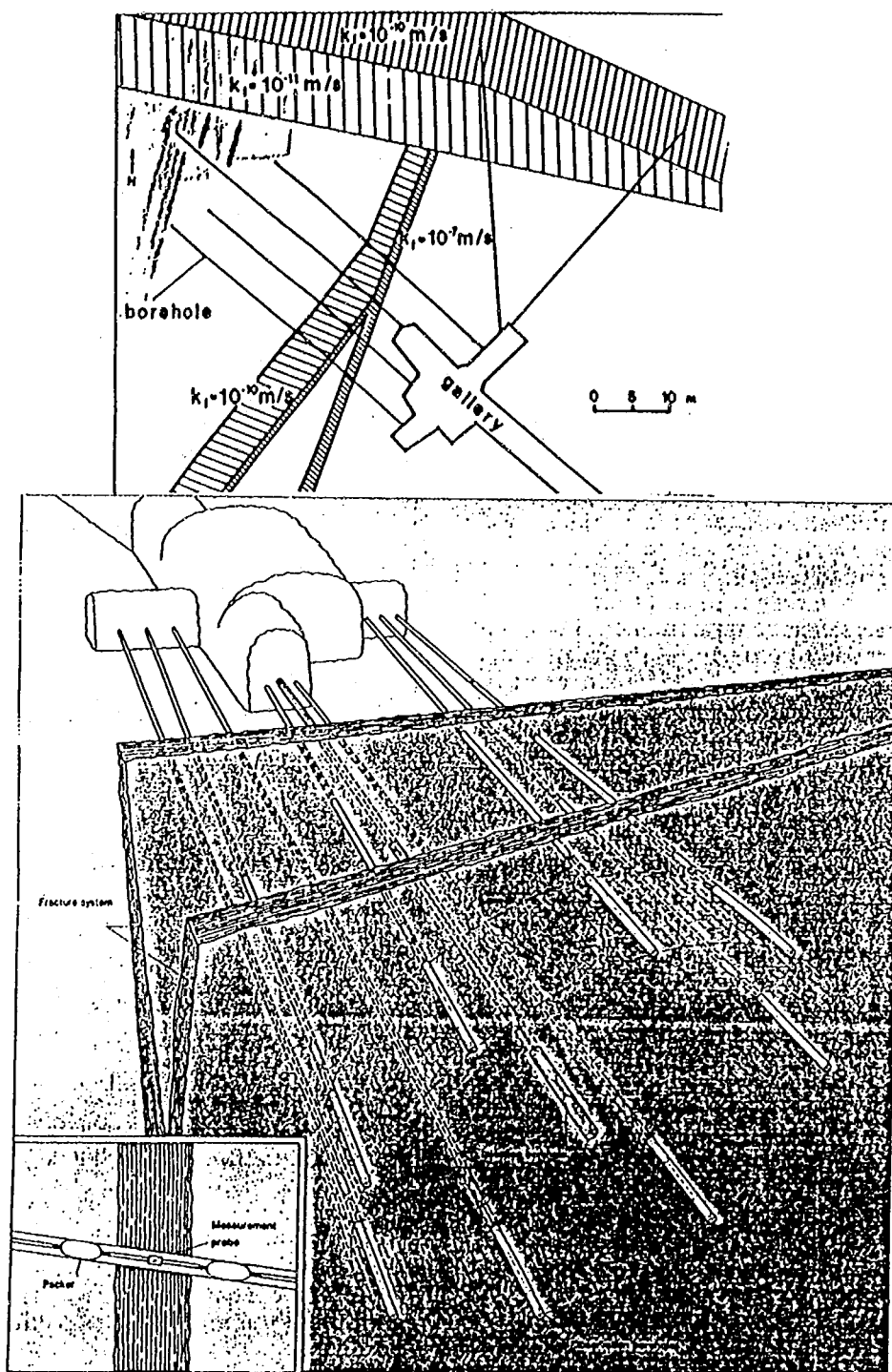


図-17 地震波トモグラフィによる岩盤中の断層検出例



For the fracture system flow test a fan of 10 to 20 boreholes with a length of 50 m is constructed with a central injection borehole. The fissures traversed by the individual boreholes are sealed from one another with packer systems.

図-18 リング状のボーリング孔配置による断層の透水性の計測例

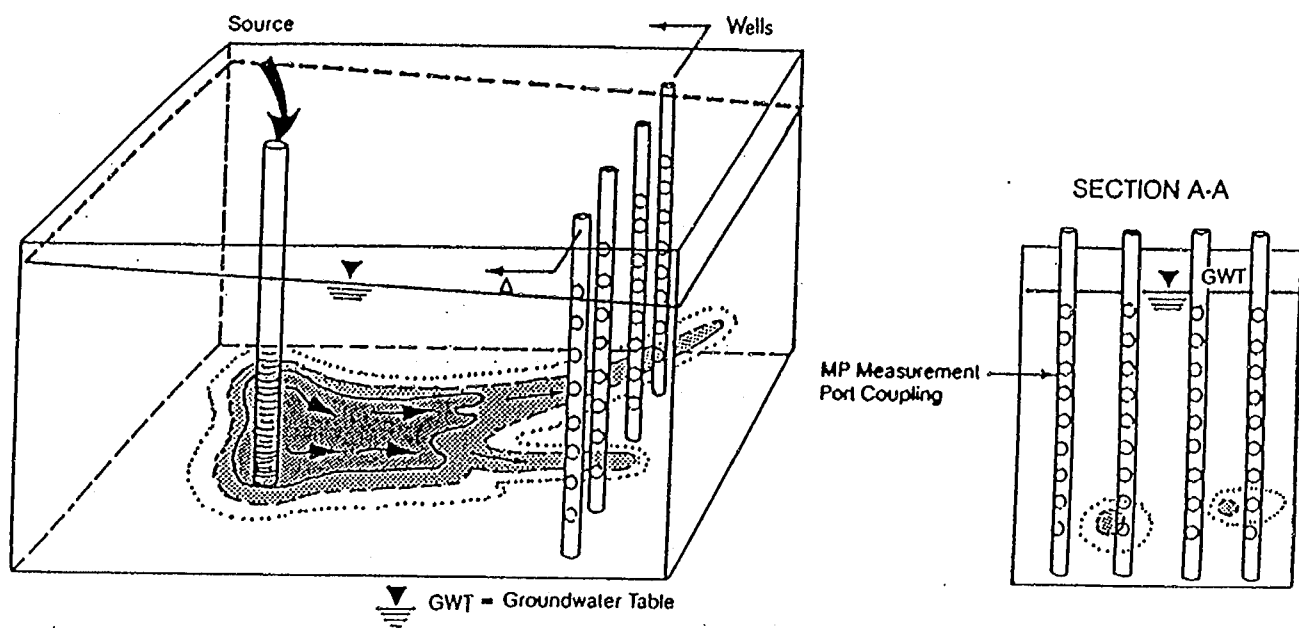


図-19 多重パッカーによる水みち検出のための孔間計測の例

たは観測孔へ到達したトレーサーの解析から、大きな水みちがどこにあるかを知ろうとする一つの例です。

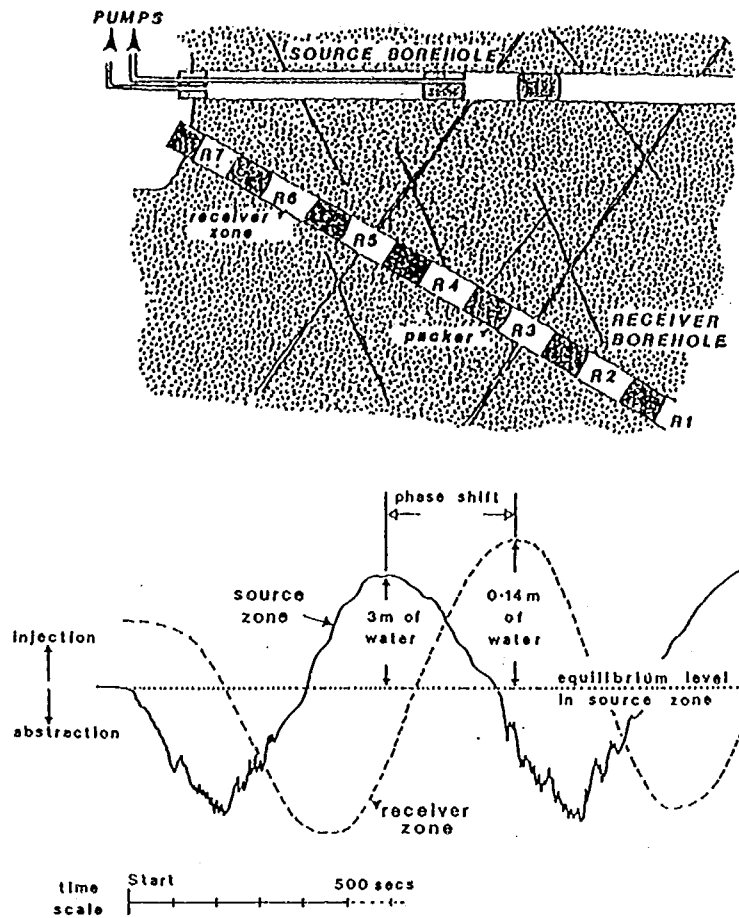
以上の方法はかなり費用と時間がかかりますから、それをもっと簡単にしようというやり方も考えられている。例えばパルステスト、要するに正弦波状の水圧をかけまして、それが水みちをどう伝ったかを計測する。ボアホールテレビ等で確認された顕著な割れ目にパッカーをかけて水圧をかける。一つのボーリング孔内で圧力をかけまして、他のいくつかの孔にハイドロフォン群を設置して、水圧の伝播をとらえる。水圧波形のフェイズのおくれからトランスミシビリティ、要するに透水量係数相当量が得られます。図-20に計測方法の説明と実測例を示します。透水量係数の大きさとその方向が求められ、こういう方向に一つの水みちができていだろう、ということが把握されます。

日本でもこのごろジオトモグラフィをいろいろのところでやっております。現状では岩盤中の弾性波速度の分布を大まかに検出することはできますが、フラクチャー一つ一つを検出しようとすると、まだまだ問題は多いように思われます。

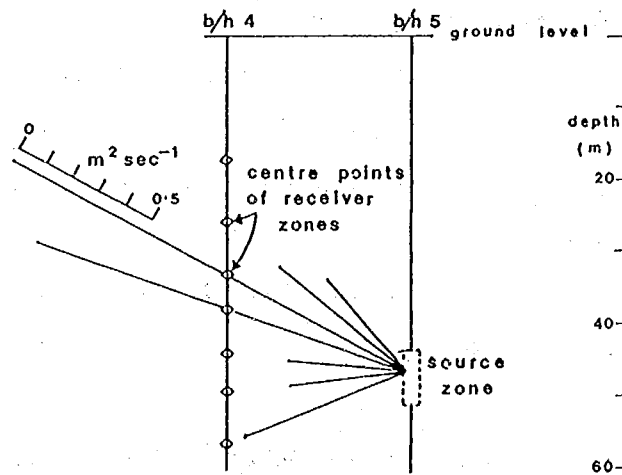
それからもう一つは、こういう新しい技術の飛躍的な発展のためには、大規模な地下での実験といえますか、地下での原位置地験が容易にできる施設が必要です。それで最後に、地下実験施設の重要性という点から、一つの例を挙げてみます。

これはスイスの例ですがハーゲルバッハというところに、チューリッヒから南の方へ100キロぐらい行ったところの山奥でございますが、地下での施工を中心とした地下実験施設をつくっております。発破の

CROSSHOLE HYDRAULICS



Example of source and receiver pressures of the start of a test



Sinusoidal results plotted in terms of directional hydraulic diffusivity (length of the line is proportional to the magnitude of the diffusivity)

図-20 水圧パルスによる透水性の計測

a. 計測方法 b. 観測波形 c. 水みちの解析例

実験、掘削実験、吹き付けですとかロックボルトの試験と、それらの施工機械の性能試験、それからボルトとか吹き付けの効果の試験というようなものをやっている。その他、地下に関するもろもろの試験をやっていますが、この施設の建設と運営には幾つかの企業がお金を出して組合をつくっております。地下の空間利用というものを発展させるためには、地下での原位置テストが定常的にできる場があって、いろいろな方法論を編み出していけるという環境が非常に重要になってくるわけです。吹き付けロボット、この実験施設で実験をやっている一例を図-21に示します。

地下空間の利用に関して、地質の問題がどうあって、現在どんな事例を扱っているかという一端を簡単に紹介させていただきました。

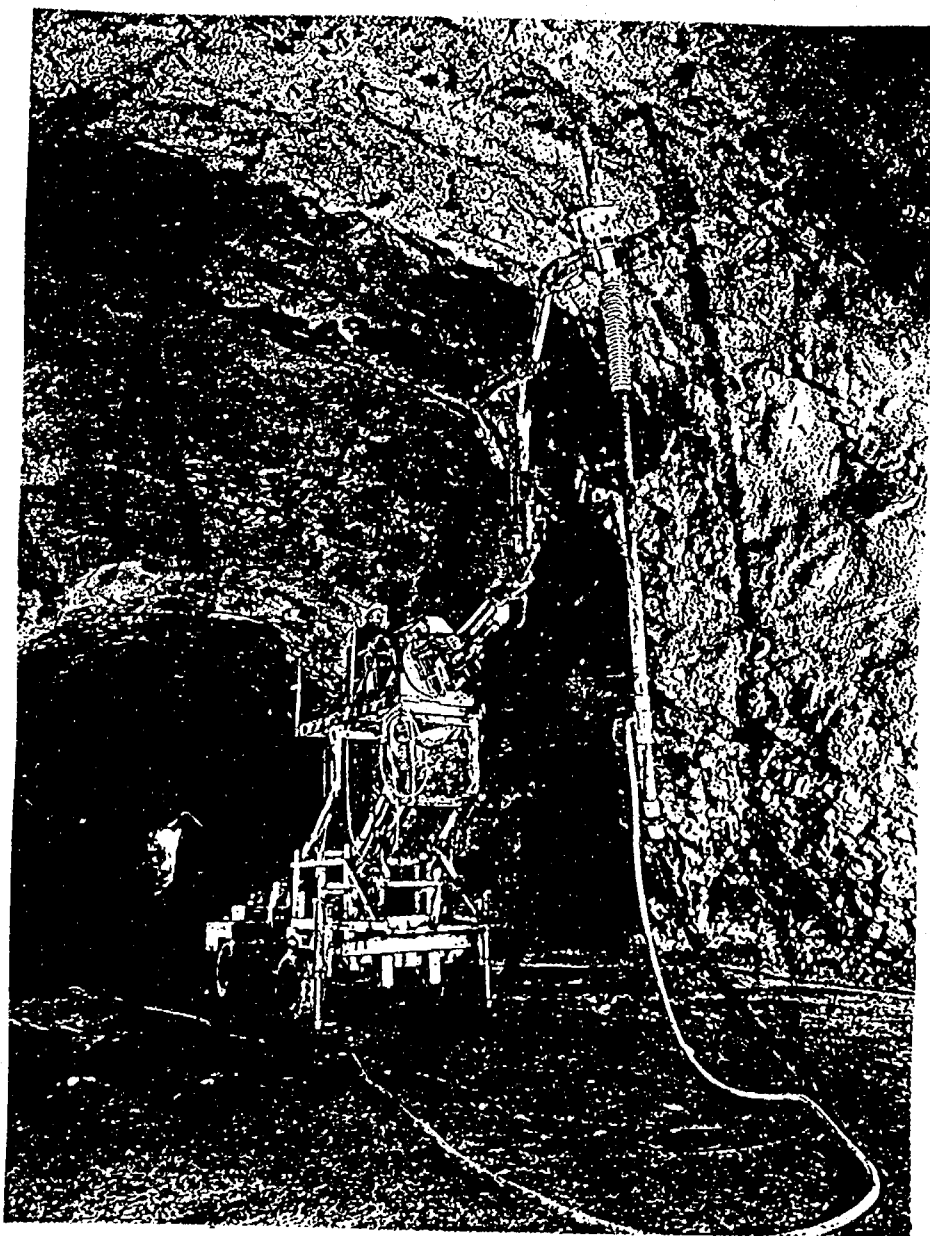


図-21 地下実験施設での吹付ロボットの性能試験

質 疑 応 答

○司会 どうもありがとうございました。

それでは、せっかくお出いただきましたものでございますから、どういうことを考えれば良いか、あるいは今行きつつある方向とか、そういうことで、もし御質問等がありましたらひとつお願いいたします。

○質問 先ほど地下の利用に関する現場での計測実験がスウェーデンとかスイスなどで実施されていたんですが、あのような実験はどういう機関が実行しているのか、それをお教えてください。

○小島 今、御紹介したのはちょっと特殊なんですけど、先ほどから申している放射性廃棄物の地層処分ということで、割れ目の中の水と化学成分がどう動いていくかという、その辺にターゲットを当てた実験をやっているわけです。

実施している機関は、スウェーデンの場合にはスウェーデンの核燃料供給公社というのがあります。そこがやっております。それから、スイスの場合にも同じような機関がありまして、原子力公社みたいなものの中の部門がやっている。それからベルギーの場合もそうです。ベルギーの場合にはむしろ E C、ヨーロッパ共同体が全体でそういうものを行っている。その大元はどこかというところと O E C D の中にネアールというニュークリアエナジーのアソシエーションという部門があります。そこが今のところ全体を統括してやっております。

そういう点では低透水の割れ目の中の、普通我々が土木で考えているよりはもう一段、水通りが悪い中でいろいろな問題を考えておりますが、調査手法とか石油の備蓄というところに関しても同じような共通な問題として扱える。例えばジョートモノグラフィー的なものとか透水試験とか、同様なトレーサー技術とか、こういう問題については共通点がありますので、ちょっと特殊ではありますが、そういうものを含めて紹介させてもらったわけです。

○質問 日本でも同じような地層処分とかをやられるときに、よく外国と日本と大分地質が違うんだというか、岩盤が違うんだということを言われることが多いんですけども、先生は海外の方を見てこられまして、やはり岩や条件が違うものかどうか、そういう点で何かあったら教えていただきたいと思います。

○小島 今のことは時間があつたらと思って、後半にそういうスライドを用意して、日本の石と一つ一つ比べたものが入っているんですが、むしろそっちの御紹介の方がよかったのかもしれない。割れ目系の岩盤の方でいいますと、確かに日本全体とか北欧全体、カナダ全体とかいきますと、はるかに日本の方が割れ目の多い岩石が多いです。ところが北欧とかの、いわゆる安定地塊と言われていたところの中ぐらいのところと、それから日本の中でも探せばいいところがあるというところと比べると大体同じぐらいかなというような感じになります。

ただ一番違うのは何かというと、そういう安定地塊のマッシブな割れ目系の岩というのは、割れ

目面までの充填物ですね、割れ目に入っている変質粘土とか流入粘土というのが日本でよくありますが、あのような変質粘土のたぐいはみんなもうカチカチになっているわけです。ですから割れ目がパンと開くと、そういうものはあるけれども本当の岩と岩の隙間ができたという感じになります。

ところが日本の場合には、今、紹介しているいろいろな地域でもみんなそうなのですが、必ず粘土が入っていて、入っているものは比較的固結していない。ですから、大きな違いはそこにあると思います。だから力学的には日本の方が確かに非常に悪いんですが、水通しからいくと逆に日本の方が始末がいい場合が多いというような点があります。ただこれは、大断層になった場合にはちょっとわかりません。というのは、そういう断層粘土ができていても、断層の回りは割れ目が非常に多いところがありますから、一般には日本でもトンネルを掘っても何をしても断層帯の方がやっぱり水が出てくるわけですね。

だから、その辺をいろいろ組み合わせると、目的に応じて違いはありますが、一番違うのはやっぱり日本のは未固結粘土が非常に割れ目に入っているのが多い。それから向こうのは非常にクリーンジョイントと見ていいと思います。それから、全般には日本の方が割れ目が多いので、日本は非常に割れ目が多いということで設計、施工を始めから考えていかなくちゃならないんだろうという違いがあると思います。

それから粘土質岩については、日本の方がはるかに複雑だと思います。褶曲していたり何かして。ただ粘土質岩の場合には、日本でも房総半島などの表日本の方は非常に素直な、膨潤や何もしない粘土もありますし、そういう点では堆積条件によって決まりますから、新しい時代といえますか、要するに新第三紀より新しいところの堆積岩で比べるとそんなに違いはないのかもしれない。

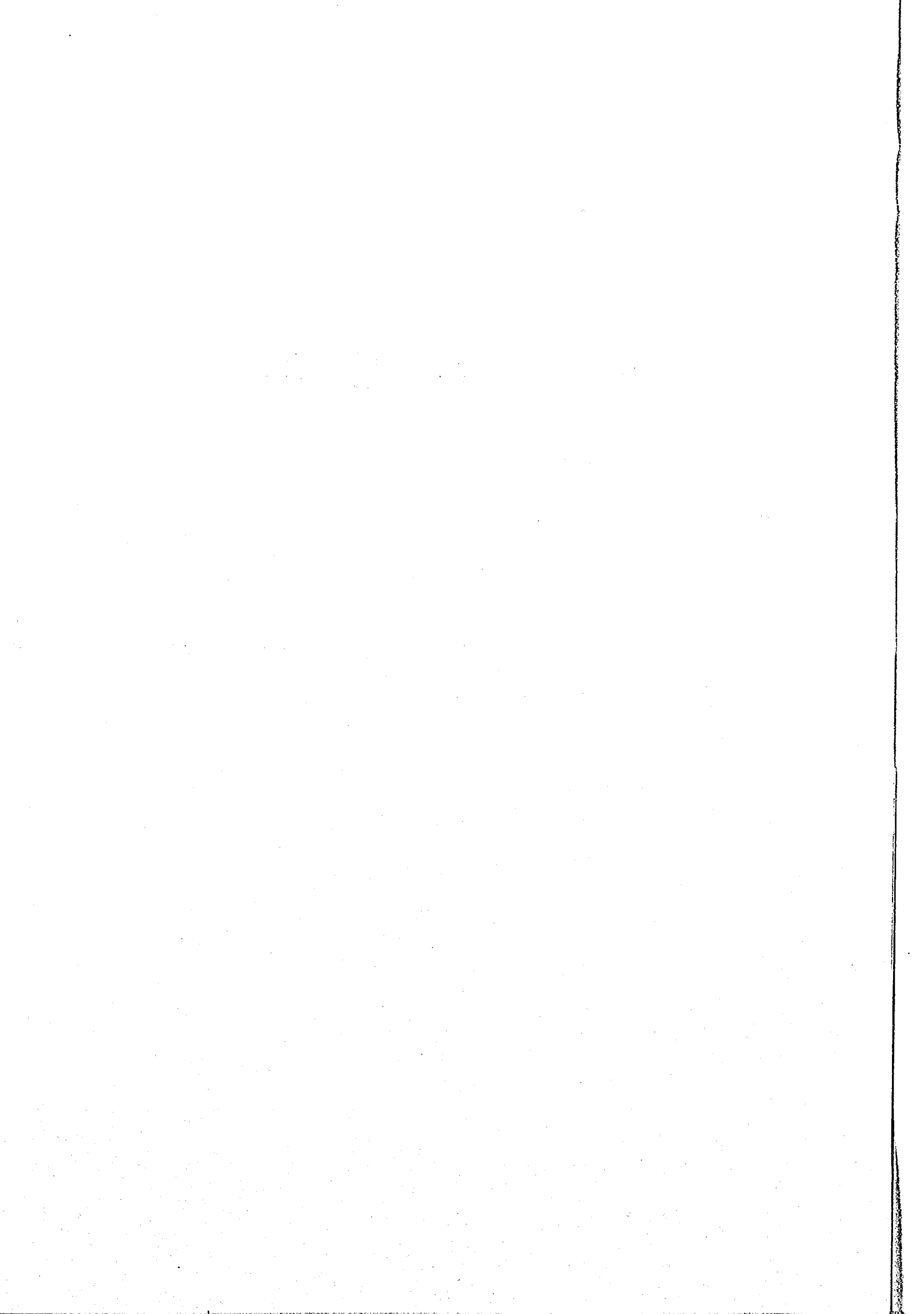
ただ一番の違いは、多分、日本の堆積岩の方が砂と泥の互層の割合が多いことです。だから成層岩として考えなくてはならないけれども、今、御紹介したのはベルギーのボームクレーと言っているんですが、ロンドンクレーと同じようなものです。あの辺はどこで見てもそんなに砂のはさみがなく、ずっと同じようなマッシュな泥岩がある。これがやっぱり日本みたいな変動帯で、しょっちゅう地殻変動して堆積環境が変わっている、そういうところとの大きな違いじゃないか。だから岩層変化ははるかに日本の方が大きいだろう。

ただ、今はヨーロッパと比べただけで、三角州地帯のミシシッピのデルタとかタイのイラージとか、それからアフリカですと一番典型的なのはナイジェリアのナイジャデルタ、ああいうようなデルタの堆積物だと日本よりもはるかに複雑なところがあります。要するにその堆積環境のどれがあったかということですが、日本は比較的砂泥互層で細かい互層が多い。この辺を注意しないと、水の流れ等について複雑な問題はやっぱり多いでしょう、そんな感じがいたします。

○司会 どうもありがとうございました。

けさほど、審議官からお話がありましたけれども、地下空間の利用というようなことを新しい技術開発でやっていこうというようなこともありまして、大変参考になるいろいろな御意見を聞かせていただきまして大変ありがとうございました。

2. 一般講演



2-1 ダム地質調査の実績

—— 九州地建での例 ——

九州地方建設局

河川部 建設専門官 津 沢 正 晴

I はじめに

ダム建設においては、サイト近傍およびその周辺地域にわたって地質調査を行ない、その成果に基づいて安全かつ合理的なダムを設計し、施工されることになっている。

ダム地質調査に際しての標準的な方針、手順、留意事項等についてまとめた報文としては、河川局監修（1977）「多目的ダムの建設、第1巻」の中の「ダムの地質調査」（岡本隆一）の章が代表的なものである。

実際のダム地質調査では、標準的な手順に準拠しながらも、それぞれのダムサイトの個性に応じた調査がなされている。

ダムサイトの個性は、地形・気候などの自然的条件の他に、治水・利水計画上の位置付け、現地住民・自治体等の意向などの人文的条件によって規定されていると考えられる。

ところで、九州地方建設局管内は、気候条件を別にすると、我国に存在する自然的・人文的条件が標準的に備わっている（表-1）。

そこで、今日は九州地建における直轄ダムの地質調査の量的な進展度合について調査し、これらを規制している各種条件・問題点等について考察するものとする。

表-1 九州と全国の地形別面積比と人口密度

地名別	地形別	山地	火山地	丘陵	山麓	火山麓	台地	低地	合計	人口密度
九州 (除、沖縄)		50	5	16	1	3	13	12	100	326 人/km ²
全国		53	7	11	1	3	12	13	100	320 人/km ²

○国土地理院（1972） 全国都道府県市町村地形別面積調から作成

（単位は％）

1. 山地

- 1) 山地：非火山性山地、丘陵に含まれない高山地。
- 2) 火山地：山地のうち原地形が第四紀以後の火山噴出により生じ、かつ火山噴出岩、または、火山砕屑物により特長づけられる地域。
- 3) 丘陵：山地のうち低地との比高約 300 m 以下で、原則として稜線が定高性を示すところ。主として第三紀層から成り、開析の度が大きい。

2. 平地

- 1) 山麓：山麓部の緩斜面で傾斜約 15 度以下。平地のうち、低地、台地のいずれにも属さないもの。
- 2) 火山麓：火山地に続く熔岩、または、火山岩屑の堆積による緩斜面で傾斜は山麓と同じ。
- 3) 台地：地表の平坦な台状、または段丘状の地域で、主として洪積台地である。
開析扇状地、開析三角州、海岸平野、河岸段丘、溶岩流地。
- 4) 低地：主として沖積世に形成された地形面で扇状地、砂丘、砂嘴等の高燥な平野、三角州、泥炭地、干拓等の低湿な平野、潮汐平野、崖高の低い沖積段丘、海蝕台等の低い台地を含む。

○人口は、昭和 60 年度国勢調査による。

II ダム計画の進展と地質調査

「多目的ダムの建設」によると、ダム計画の進展度に応じて次の調査を行うとしている。

(1)概査, (2)設計調査, (3)材料調査, (4)細部調査, (5)特殊調査, (6)完成後調査。

このうち、計画から建設に至るまでのダム堤体基礎岩盤を対象とした調査は、(1), (2), (4)に含まれる。予算上の区分からみると、予備調査段階では(1), 実施計画調査段階では(1), (2), 建設調査段階では(2), (4)が行なわれている。

調査手段としては、文献調査、空中写真判読、現地地表踏査、物理探査、試錐、調査抗、力学試験、透水試験、グラウト試験等があり、各段階における必要な地質情報を得るためにこれらを適宜組合せて実施されている。

地質調査の進展度としては、調査によって得られた情報の有効性によって評価すべきであろう。しかし、これについては数量化が難しいため、本報文では九州地建直轄で実施しているダム地質調査のうち、試錐および調査模抗の延長をダム毎に累計し進展度の一指標として用いることとし、「多目的ダムの建設」に示された標準的な調査数量、地質（区）、ダム高、調査期間等の対比を行った（表-2、図-1、図-2）。

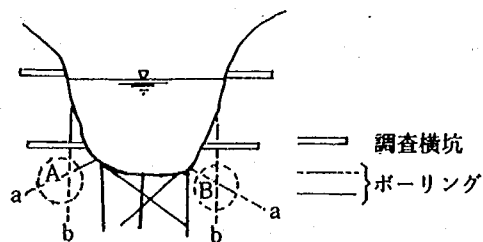


図-1 調査横坑とボーリングの配置例
(岡本, 1977)

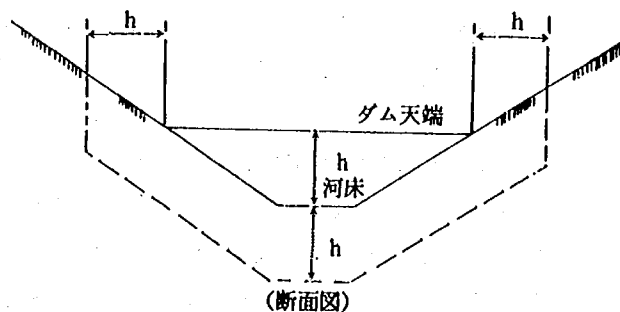
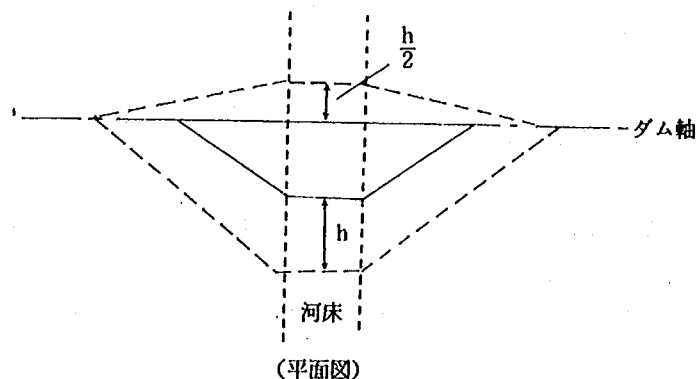


図-2 設計調査における調査範囲
(岡本, 1977 に加筆)

表-2 九州地建直轄のダム地質調査：試錐および横坑の延長

ダムコード	地区	地質	ダム高 h(m)	ダム タイプ	調査 期間 t(年)	試錐延長 d(m)	横坑延長 c(m)	ds (m)	d/t (m/年)	c/t (m/年)	d/ds
Ki-1	N	vg	62		25	975	0	440	39	0	2.2
Ki-2	N	v	95		25	1898	124	1100	76	5	1.7
Ku-2 (予)	S	p			2	0	0	430	0	0	0
" (実)	"	"			4	120	58	1300	30	15	0.1
" (建)	"	"	61	G	21	1270	282	—	60	13	1.0
Ki-3 (予)	N	gv			6	1530	40	1100	225	7	1.4
" (実)	"	"		R	8	3350	425	5500	419	53	0.6
" (建)	"	"	100	GR	22	7462	1248	—	339	57	1.4
Ku-3 (予)	S	s			6	226	1020	1200	38	170	0.2
" (実)	"	"			8	761	1950	7000	95	244	0.1
" (建)	"	"	108	A	22	1661	2824	—	76	128	0.2
Ch-3 (予)	N	vg			7	2420	790	1400	346	113	1.7
" (実)	"	"	125	R	20	10715	1876	11000	536	94	1.0
Ch-4	N	vg	119		20	1468	220	1400	73	11	1.0
Ka-1 (予)	N	g		R	7	1110	105	1100	159	15	1.0
" (実)	"	"	97	G	20	2710	445	5100	136	22	0.5
Ki-4	N	m	70		20	1420	0	490	71	0	2.9
Ch-5	N	v	105		19	290	57	1200	15	3	0.2
Ma-1 (予)	N	mg			5	635	132	1300	127	26	0.5
" (実)	"	"			7	2238	1329	8800	319	189	0.3
" (建)	"	"	117	G	18	3480	1877	—	193	104	0.4
On-1 (予)	N	v			4	1642	35	390	411	9	4.2
" (実)	"	"	56	G	18	1642	35	970	91	2	1.7
On-2	N	pV	70		18	280	0	490	15	0	0.6
Sh-1 (予)	N	vg			10	2609	158	640	261	16	4.1
" (実)	"	"			14	8783	373	4300	627	27	2.0
" (建)	"	"	92	G	17	9809	540	—	577	32	2.3
Go-1	S	v	59		17	545	0	420	32	0	1.3
Ch-6	N	v	123		16	2251	672	1400	141	42	1.6
Oi-1 (予)	N	gv			6	1505	96	1100	251	16	1.4
" (実)	"	"	96	R	16	5411	769	4900	338	48	1.1

ダムコード	地区	地質	ダム高 h(m)	ダム タイプ	調査 期間 t(年)	試錐延長 d(m)	横坑延長 c(m)	ds (m)	d/t (m/年)	c/t (m/年)	d/ds
Oy-1	S	s	88		16	7935	210	620	496	13	13
Sn-2	S	vg	53		16	1139	128	380	71	8	3.0
Ch-7(予)	N	g			8	1405	143	1100	176	18	1.3
“(実)	“	“	98	R	15	1405	143	5200	94	9	0.3
Oi-2	N	vg	78		15	1440	48	550	96	3	2.6
Bn-1	S	p	79		15	50	0	560	3	0	0.1
Go-2	S	s	105		15	650	80	1200	43	5	0.5
Km-1	S	sv	66		15	167	0	470	11	0	0.4
Km-2	S	s	59		15	545	0	420	36	0	1.3
Km-3	S	v	44		14	167	0	250	12	0	0.7
Ch-8	N	m	65		13	1130	190	460	87	15	0.5
Ma-2	N	pv	32		13	210	0	250	16	0	0.8
Mi-2	N	pv	80		13	3068	104	560	236	8	5.5
Mi-3	N	vgq	85		11	55	0	600	49	0	0.9
Oy-2	S	s	90		10	50	0	630	5	0	0.1
Oy-3	S	s	82		8	804	0	580	101	0	1.4
Ch-9	N	g	63		7	0	0	450	0	0	0
Mi-3	N	v	29		7	282	0	250	40	0	1.1
Ch-10	N	mv	130		5	1285	220	1500	257	44	0.9
Bn-2	S	p	65		4	80	0	460	20	0	0.2
Hm-1	N	qv	60		3	225	0	420	75	0	0.5
Hm-2	N	qv	40		3	180	0	250	60	0	0.7

凡 例… (予) … 予備調査終了時まで (実) … 実施計画調査終了時まで

(建) … 1986年現在建設中

調査期間、試錐延長、横坑延長は、現在までの累計。

比較ダムサイトは除外、比較ダム軸は同一サイトとして算入した。

dsは「多目的ダムの建設」に示された標準的調査範囲から概算した、試錐延長

地区：N…臼杵・八代線より北側 S…臼杵・八代線より南側

地質：p…先新第三系堆積岩 s…同左のうち四万十系 m…片岩類

g…花コウ岩類 v…火山岩類 q…第四紀堆積岩類

Ⅲ 九州地建におけるダムサイトの条件と地質調査の進展度

1. ダムサイトの地理的・地質的条件

調査対象としたダムは38で、このうち臼杵・八代線より北部地区には25、南部地区には13となる。北部地区に多いのは、直轄河川が多いこと、流域人口が一般に多いことから、水需要や治水上の要求水準が高いためと考えられる。

地質区分では、火山岩類が分布するサイトが23、このうち火山岩類のみ分布または火山岩類が主要な基礎となるサイトが14、花こう岩類が7、片岩類が4、先新第三系堆積岩が12、そのうち四方系が6となる。

火山地の面積比が全国平均と大差ない九州で、火山岩が分布するダムサイトが過半数を占めている。これは、阿蘇、始良などの大カルデラから噴出した火砕流堆積物が周辺の河谷に沿って分布し、ダムサイトとしてこれを避けることが難しいからである。流域面積の大きい河川ほど、特にこの傾向が著しい。また、表-2に火山岩の表示が無くとも、貯水地内に火山岩が分布しているサイトも少ない。

2. 地質調査の進展度

「多目的ダムの建設」による標準的な調査数量を図-1、図-2をもとに概算すると次のようになる。

概査段階では、

ダム高(h)が50m未満の場合、試錐延長が250m、横坑延長が60m以上、

ダム高が50～100mの場合、試錐延長が7h(m)、横坑延長が120m以上、

ダム高が100～150mの場合、試錐延長が11h(m)、横坑延長が180m以上。

設計調査では、堤頂長がダム高(h)の4倍程度の重力式ダム、谷底幅がダム高程度、グリッド間隔を40mと仮定して試錐延長を概算すると約 $5.5h^3 \times 10^{-3}(m)$ (ただし、 $h \geq 50m$)となる。

これを基に実際のダムサイトにおける調査数量と比較してみると、次のようなことが言える。

① 予備調査が既に終了し実調～建設に移行しているサイトでは、概査としておおむね標準的な数量の調査がなされている。

② しかし、設計調査が十分進まないうちに、建設段階に移行したサイトもある。

③ 調査期間が長期におよび、数量的には十分に調査されているにもかかわらず、次期段階へ移行していないサイトがいくつか存在する。これには、地質的あるいは他の技術的課題が多く、それらを解決しない限り次期段階へ移行できないサイトと、調査が量的にも質的にも十分になされいながら行政的配慮から保留されているサイトとがある。

④ 予備調査段階で保留となっているサイトの中で、概査としてひととおり終了している所は良いが、調査数量が少ないサイトのうちのいくつかは、工事実施基本計画の見直し等行政上の要請に対して、地質の立場からの判断を下し難い場合がある。

⑤ 比較ダム軸が多数在る場合は、実質的な調査成果に対して見かけ上の調査数量が大きくなる。特に、最有力のダム軸が調査途上で移動した場合、新規の軸線付近の情報が著しく不足し手戻り的な調査を余儀なくされることがある。

⑤' 類似のケースとして、サイトの一部に工学的に取扱いが難しい地層が分布していることが明らかになると、その周辺に集中的に試錐や現位置試験等の調査が行われ、全体の調査数量が増大するとともに、その期間は他の部分の調査が手薄になる傾向がある。

⑥ 火山岩が分布するサイトは一般に地質構造が複雑で、他よりも分解能が高い調査成果が期待される。このため、横坑に比べて単価の割に掘進延長を長くとれる試錐の実績が多く、また全体の調査数量も多くなる。

⑦ 試錐調査は一般に実調段階で大幅に進み、建設段階ではベースが落ちる。これに対し、横坑調査は建設段階に入ってからあまりベースが落ちないか、むしろ上がる場合がある。これは、設計調査の最終段階で原位置試験が多数実施されているためである。

⑧ ダム基礎岩盤に対する地質調査が一応完了しているにもかかわらず、貯水地内での課題（例えば地すべり対策）のために時間を要しているサイトがある。

IV ダム地質調査の問題点

この報文で集計対象としたのは、ダム地質調査の中でサイトにおける試錐と調査横坑の数量のみであり、先にも記したように、調査成果はこれらのみをもって評価することは出来ない。

ダム地質調査の最終目的であるダム建設のために必要な成果は、岩盤の物性に関する数値と、必要範囲におけるそれらの3次元的な分布等のデータである。データ獲得の手法や調査範囲の目安は、「多目的ダムの建設」に述べられているとおりで、試錐や横坑は各手法の一部に過ぎない。ところが、試錐や調査横坑が、他の手法に比べてより直接的で実績として解り易いため、事業担当者がこれに頼り過ぎる傾向がないではない。特に地質調査の基本ともいえる地表踏査が往々にして等閑視され、これの主要な成果である地質平面図がいつまでも更新されずに使われていたり、範囲が狭過ぎて地質の全体構造の把握が不十分なサイトが一部にみられる。

また、Ⅲ-⑤にも関連するが、調査の初期の段階で必要な範囲の調査が進んでいないにもかかわらず、早々とダム軸を固定し試錐をその軸線上に集中配列してしまい、結果として全体的な調査精度が低下してしまう例もみられる。

一方、予備調サイトを多数抱える流域では、調査費が各サイトに分散されてしまい、いずれも不十分な調査成果しか得られていないケースもある。このような場合は、相互の技術的・行政的な序列がある程度明らかになった時点で調査対象のしぼり込みが必要であろう。

ダム地質調査は、段階が進むにつれてより個別的・具体的な課題の解決を迫られる。このこと自体は必然であるが、これがいき過ぎると調査内容があまりにも各論に立入り過ぎ、全体像を見失いかけている場合も少なくない。

以上のような事態は、事業担当者が地元との関係を重視するあまり技術的結論を急ごうとする傾向も一因であるが、地質担当者が各サイトあるいは流域に適した調査・方針・手順を提案し得る機会が少いことが大きな原因であろう。

地質担当者と事業担当者とは、常に情報を交換し合い技術～行政のバランスを保つとともに、現在解決を迫られている課題の地質上あるいはダム計画上の位置付けを常に把握し調査計画を見直していくことが必要であろう。

V おわりに

この報文で扱ったダムサイトは、九州地建直轄の調査または建設中のものに限定されている。したがって統計データとしてはサンプル数が少く、一般性のある傾向を見出すまでには至っていない。

九州地方には堤高15m以上のダムは496個在り、そのうち半数以上が今世紀に入ってからのものである。これらの全ての調査～建設記録が残されているとは限らないが、統計対象を九州全体あるいは全地建、さらには日本全体に拡大する毎に新たな傾向が見出されるにちがいない。

文 献

- 平野 勇（1985）：ダムにおける地質調査と岩盤分類，地質と調査，26，土木春秋社，31－40.
- 菊地宏吉・藤枝 誠・岡 信彦・小林隆志（1984）：ダム基礎岩盤の耐荷性に関する地質工学的総合評価．応用地質特別号「岩盤分類」，日本応用地質学会，103－118.
- 国土地理院（1972）：全国都道府県市町村地形別面積調，286 p.
- 国土開発技術研究センター（1984）：全国ダム地図，217 p.
- 岡本隆一（1977）：ダムの地質調査．河川局監修「多目的ダムの建設・第1巻」，第9章，301－398.
- 岡本隆一（1986）：ダムと地質．地学雑誌，95，7，504－515.

質 疑 応 答

○司会 一番最後に平面図がありますが、これの御説明をひとついただきたいと思います。

○津沢 これは、一応匿名のダムサイトでありまして、上の図は現在実調中のサイト、下の図は予備調査をやっている最中のサイトで、ここで白抜き丸で示したものが予備調の時代に掘られたボーリング、それから黒丸の方が実調に入ってから掘られたボーリングということになっております。

上のサイトは、予備調から実調にかけて比較ダムサイトというのがなくて、ずっと同じサイトで推移してきたところ、それから下の方は、予備調の間ですけれども比較サイトがずっと中流、上流、下流ということで、かなり予備調の間に移動したサイトであります。上の方ではサイトが動かないと比較的密度が高く、しかも数量的にも効率よくできるのに対して、予備調時代にかなり比較サイトが動くと、予備調といえども非常に数が多くなってしまうことがあるということをはいたかったわけです。

○司会 どうもありがとうございました。

何か御質問、御意見等ございましたらお願いします。

○質問 5の下から2枚目のページの、調査期間を横軸にとって各数量がありますけれども、火山岩とそれ以外の地質でマークを変えて示していただきたいと思います。お話しでは火山岩類を一本にまとめておられるんですけれども、九州地域は非常に火山岩類としては多い方ではないかと思えます。

特に第三紀の火山岩類のところで、それから第四紀になってからでも非常に初期の段階など大きく分けると、比較的新しい時代の火山岩が3つぐらいに分かれると思うんですが、九州において、特にダムに限ってでいいんですが、調査のやり方に火山岩の違いによって若干違いがあるような感じがするんですが、この点について何か御意見があったらお聞かせ願いたいんですが。

○津沢 全般的な傾向で言いますと、古い火山岩の場合は、火山岩自体がダムサイトの基礎となっている場合が多いわけですし、この表である程度つかめるとしましたら、Vという記号を先の方に書いてあるものが大体基礎岩盤の主要な岩盤の方でありまして、ほかの記号の後ろにVとついているのがダムサイトに分布するというので、中には、掘削除去の対象になっているようなものもあります。

今回は、火山岩の古い新しいに関しては分けた議論はしていないわけですが、新しい火山岩が少し分布するサイトにおきましては、むしろ堆積岩が分布するサイトと同じような傾向にあって、それから基礎岩盤をなしているもの、あるいは基礎岩盤というほどではないけど、かなり多いものに関してはボーリングの数量は多いということで、その辺ははっきり線が引けるかどうかちょっと自信がありませんけれども、堆積岩と火山岩を両端に置いたグラフの中でいろんな場所にプロットされるというような形に出てくるのではないかと考えております。

○質問 ここにはダムの地質調査を余り専門とされていないような方もいらっしゃると思いますので、教えていただきたいんですけれども、一つは、ここで予備調、実調、建設というふうに段階を踏んで

調査されていくわけですが、その段階ごとの地質調査で、こういったことを最低限の調査目的としてやるのかというようなところを教えてくださいたいと思います。

それからもう一つは、具体的なところで、例えば非常にボーリングを多くやっているようなところがあったり、横坑をかなり掘っているようなところもあるわけですが、そういったようなところで地質的にどういったことが問題になっていまして、何を解明するために調査するためにボーリング、横坑掘削がやられたのかということを、例えば堆積構造だとか変質帯の追跡だとか、そういったようなものを具体的に2、3教えてくださいたいんですが。

○津沢 予備調査、実施計画調査、建設調査ということに分けてありまして、そのうち予備調査と申しますのは、そのサイトにダムが建設が可能かどうかということで、先ほど述べました概査に相当する調査であります。予備調査におきまして、ダムがここでは建設が可能であるということがわかりまして、さらに工事実施基本計画との整合性も出てきますと実施計画調査ということで、これはダムの設計を前提にした調査ということになります。実際、実施計画調査と建設段階の調査というのは、これは予算上ではかなりはっきり区分されておりますが、実際の調査の進行度合いから申しますと、実態としては意義のある区分にはなっておりません。実調の間にダムの高さがかなり決まるとかタイプが決まるということが一応前提にはなっておりますけれども、例えば建設段階に入ってからタイプを変更したダムも幾つかございまして、一応実調段階ではダム設計の検討という位置づけになっていて、建設では決定ということになっておりますけれども、むしろ一つの調査の前半と後半という形で推移している場合が多いようです。

それから、先ほどの調査数量が多いダムサイトの具体的な課題は何かと申しますと、まず、火山岩そのものが重力ダムの基礎岩盤になるあるサイトを例に申します。

このダムでは河床部と左岸側に、第三紀かあるいは第四紀の初期だと思われる溶岩がありまして、それから、右岸側にさらに第四紀の後期の溶岩が分布しております。そこでは、溶岩も幾つかに分けられて、それぞれの溶岩もさらに幾つかに分けられておりまして、地層の数が非常に多いということで、それを確認するために、結果的に申しますと、一つの地層を確認するのにそれぞれ1本かそれ以上のボーリングを掘っているという場合もあります。さらに、そのサイトでは溶岩の間に未固結の火砕岩層とか、それから旧河床堆積物などがはさまれておりまして、例えば剪断試験を行うにしても、横坑からさらに縦坑を掘り継いで、さらにずっと下の方に、河床部に横坑を延長して行って、そこで剪断試験を行おうとか、それから、ちょっと横坑では考えられないんですけれども、既存の横坑の中からさらにボーリングを延ばして注水試験を行うとかという場合があります。

次に、第四紀の古い方の火山岩が上の方であって、下の方にほぼ同時代の未固結に近い堆積岩類があるサイトがあります。その溶岩というのは非常に粘性が多分大きかったんだろうと考えられておりまして、その影響かどうかは必ずしも結論が出ていないんですけれども、下の堆積岩層が非常に乱れております。この場合、かなり調査をやっておりますけれども、新しいボーリングを掘るたびに予想もしなかった地層が出てきて、そのたびに課題がふえるという、ある種の悪循環のよ

うなことを繰り返してきたこともあります。さらにその地層の中でも、同じ地層でありながら10メートルも離れると物性が極端に違うとか、そういう場合があります。それを確認するために一種の調査中毒というとおかしいんですけども、足をとられたような形になっているというのも存在しております。ただ、そのサイトでも、先ほど申しましたとおりダム軸とかダムの高さの比率から単純計算で比較しますと、ボーリングの必要量というのは、やっぱり10万メートルを超えるような数値が出てきてしましまして、現在の調査量というのは、それから見ると必ずしも多くはないのだと、調査してみて驚いた経緯がございます。

○司会 ありがとうございます。

いかがでしょうか、このような形で調査数量のあり方を見直されるというのは余りないだろうと思うのですが、実際にダムをなさっていらっしゃる方で、もし御意見、御感想を持たれましたら、例えば大藪室長、いかがでしょうか。

○大藪 非常に興味深い統計といえますか、数量の一覧表を見せてもらいまして、なるほどというように思っております。上物を乗せる立場から申しますと、まず何が欲しいかという観点があります。それを考えますときに、大きく分けまして力学的な性質、どのくらい荷がかかっても大丈夫かというような感覚と、もう一つは、水を貯めるわけなんで水が漏らないかというような両方の観点があります。

実は、この表を見ながらもう少し詳しく分析してもらえとおもしろいなと思ったのは、まず基本的に地質構造がどうなっているかということがある程度わからないと、今言いましたようなことがよくわからないということがありまして、主に地質構造を把握するといえますか、解明するといえますか、そういうのを先に主眼点として調査されるのだろうと思います。その後で大体わかってきますと、今度具体的にそういうものを主眼とした、要するに設計レベルにいくときに、このくらい荷がかかるのでその辺の力学性はどうかという観点、あるいは水を止めようとする、これは当然漏るか漏らないかという感覚がまずあるわけですが、深いところと浅いところの感覚というのは当然違うわけで、深い位置にある岩盤の状況と非常に地表に近いといえますか、ダムの近傍にある付近の岩盤の状況の調査の精度というのは、おのずから精度が違うんだらうと思います。

そういう感じでこの表をもう少し分析していただきまして、そういう地質構造をつかむのにメインとして調べたやつと、いわゆる設計屋さんがどうしても要るんで掘ったボーリングとを簡単に分けれたら、非常に上物をつくる立場から言いますと助かります。

○司会 どうもありがとうございました。

あと、ほかに御意見、御感想等ございましたらお願いしたいんですが……。

どうもありがとうございました。それでは、第一番目の九州地建の津沢専門官の発表をこれで終わらせていただきたいと思います。どうも大変ありがとうございました。

2-2 岩掘削における岩区分の検討について

土木研究所地質研究室

室長 市 川 慧

1. はじめに

道路土工等における岩の掘削区分は、わが国の地質、土質条件の多様性と今日の目覚ましい施工技術の進歩とあいまって、現場における施工体制の区分と釣合がとりにくくなっている。一方、岩盤の区分は岩石の一般的な物性や岩盤の物理的性質に基づいて行われているが、現場での施工のチェックに適用されてはならず、当初の区分およびそこから決定される施工法と、現実に施工に採用される工法との間にずれがあることも事実である。このようなことから、岩の掘削区分の方法とその基準を再検討する必要性が生じて来ている。

今回着手しようとしている検討の内容は、実態調査によって地山状況からみた掘削工法の適用性を明らかにし、掘削の対象となる岩盤の区分のあり方を再検討すると共に、選定指標の項目や調査法などを整理し、ひいては区分基準の作成を目標とするものである。

2. 調査項目

実態調査は、

- (1) 工事一般諸元
- (2) 工事箇所全体についての掘削量、適用掘削工法、施工形態
- (3) 施工法別にみた掘削対象岩の性状および掘削量

について行う。

また、対象岩盤の性状についての調査は、

- (1) 目視およびハンマー打診
- (2) シュミットハンマーテスト
- (3) ポケット式針貫入試験
- (4) 土研式簡易貫入試験
- (5) 簡易弾性波速度測定（リップメータ等）
- (6) 点載荷試験

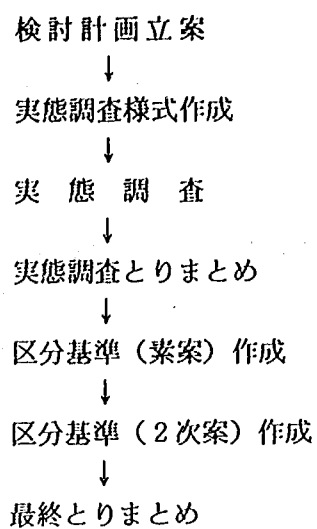
等を用いて行う。

3. ま と め

- (1) 岩区分基準
- (2) 岩区分指標
- (3) 岩状況からみた各掘削工法の適用性

4. 検討計画（案）

当面の調査・検討の内容としては、次のような進め方を予定している。



2-3 道路のり面台帳作成要領案について

土木研究所地質研究室

主任研究員 平 野 勇

I. はじめに

地震や豪雨などの異常気象によって道路のり面・斜面が崩壊し、その対策に予期せぬ多額の費用を要したり、交通に支障を生じ社会経済活動に大きな影響を及ぼす事例は少なくない。

道路、のり面・斜面を健全に維持し、交通に対する道路の安全な供用を行うには、のり面・斜面の安定にかかわる諸状況を日頃より把握しておく必要がある。そして、変状が認められる場合は、その進行度と予想される災害発生形態の見極めを行い、それに応じた対策を行う必要がある。それには、個々ののり面・斜面についての情報を、日常的に台帳として整備しておくことは極めて有意義であると考えらる。

道路のり面台帳整備については、まず、台帳様式の作成ならびに整備計画の策定を行なうことになるが、台帳様式作成については、土木研究所地質官、ならびに地質、土質、動土質、施工、地すべり、急傾斜地崩壊の、道路のり面関係の研究室からなる「のり面研究会」において原案を作成し、道路局道路防災対策室ならびに国道第一課において検討されているところである。さらに原案についてのアンケート調査によって各地方建設局道路管理課ならびに工事事務所において検討された。

今回の会議においてはアンケート調査の報告と原案の修正方針について提案し、これについて検討をお願いするものである。

II. 検討の経過および計画

これまでの経過ならびに今後の当面の計画（案）は次のとおりである。

台帳様式第1次原案を土木研究所にて作成（61. 3）

↓

道路局道路防災対策室、国道第一課にて検討（61. 4／8）

↓

各地建道路管理課、事務所にて検討（アンケート調査）（61. 9～11）

↓

アンケートとりまとめ、修正方針案検討（第20回地質担当者会議）（61. 12）

↓

各地建道路管理課、事務所にて修正方針案検討（61. 12～62. 2）

↓

第2次原案作成（62. 3）

↓

第2次原案検討（1～2年）

↓

試行（1～2ルート／地建）

↓

修正

↓
台帳様式最終案

↓
台帳整備（３～５年）

Ⅲ. アンケート調査

のり面台帳整備についての必要性和問題点、原案の様式構成、内容等について検討を各地建に依頼した。回答数は、道路管理課 8、工事事務所 43 であり、2 地建からは道路管理課より工事事務所の意見をとりまとめて回答があった。これらを踏まえ次のような修正方針をたてた。

1. 基本方針

- (1) 道路管理データベース策定及び一斉防災点検との整合性を図りつつ様式の作成、整備計画の検討を行なう。
- (2) 台帳は既存資料、空中写真判読、現地踏査によって記入し、外注によるものとする。
- (3) 現場で使いやすい、また O A 機器等を利用したファイル方法をとる。

2. 様式の構成

- (1) 台帳様式の構成は、原案に沿ったものとする。

3. 作成対象のり面、斜面

- (1) 原案は、切土のり面、盛土のり面については、高さ 2 m 以上としているが、これを 5 m 以上とし、C-1、C-2～E を作成する。ただし、2～5 m についても様式 A、B に示す。
- (2) 斜面については、過去の被災箇所、変状箇所等、斜面状況を考慮して作成するものとした原案に沿ったものとする。
- (3) 対象区間は、特に通行規制区間のみとはしない。

4. 記入項目数、内容

- (1) 項目数を全体で減らす方向で修正する。
- (2) 既設のり面と新設または復旧のり面とで記入範囲を変える。
- (3) 管理かしを問われる恐れのある項目、記載方法の問題については、充分検討していく。
- (4) 追加する項目は、次のようなものがあるがこれについても、充分検討していく。
 - ① 様式 B の路線図に規制区間、既往被災箇所。
 - ② 様式 C-1 に谷部、溪流部の状況。
 - ③ 様式 C-1、C-2 に小段の構造。
 - ④ 大きなのり面で、代表断面以外の断面。
 - ⑤ のり周辺の土地の権利関係。
 - ⑥ 現在の施工の満足度あるいは安定度判定。なお、定期点検の結果は原案でもいれることにしている。

⑦ 今後必要な対策の判定結果。

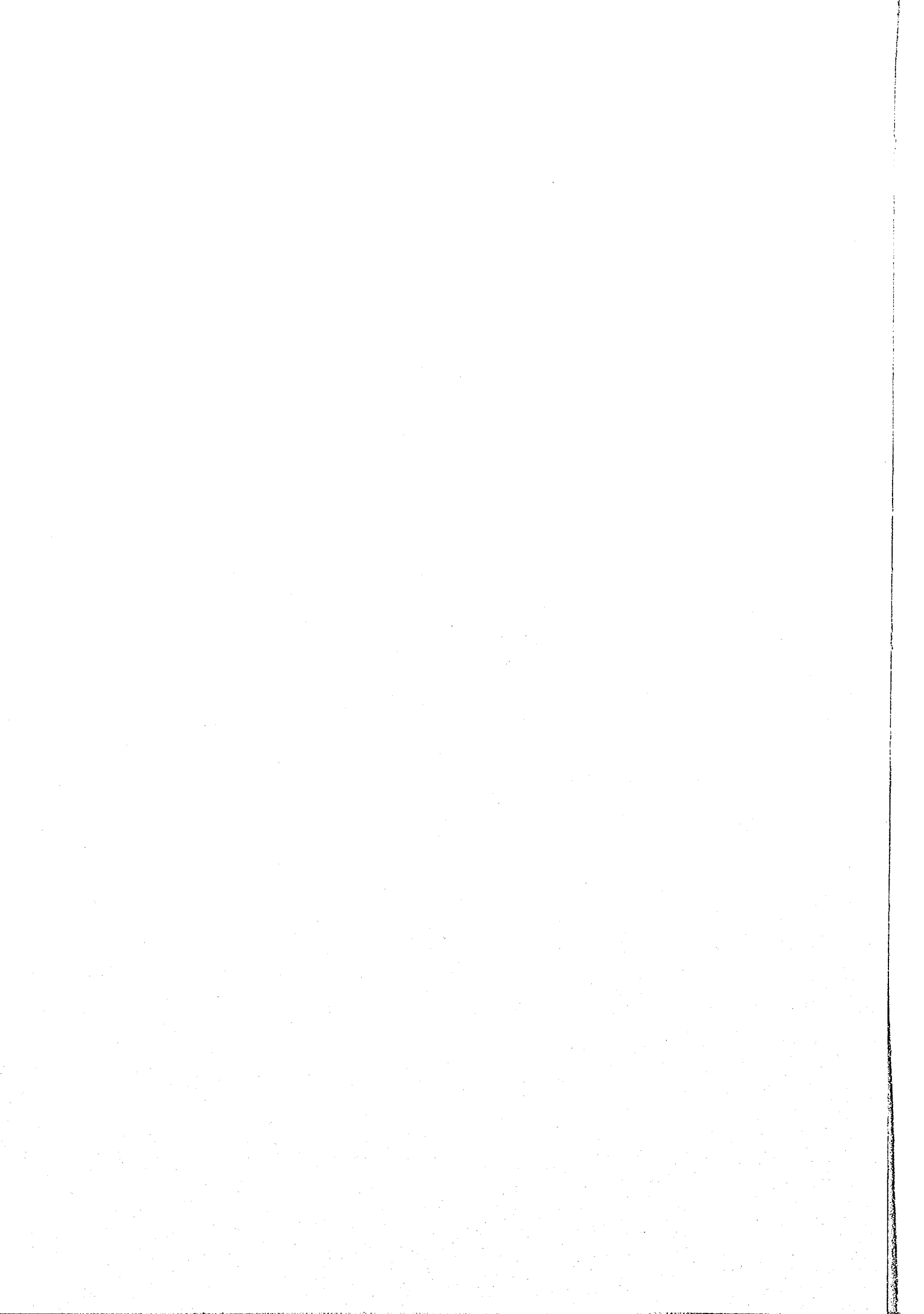
5. 書 式

(1) 項目を減らし，欄を大きくする。

(2) A 3 の用紙サイズとする。

（ここでは，ページ数の制限もあり台帳様式そのものについては示していないが，これについては土木研究所資料第 2524 号にゆずるので，それを参照されたい。）

3. 総 合 討 論



○司会 いままでの御発表、討議につきまして総合討論に入りたいと思いますので、特に何かございましたら御質問等をお願いいたします。

○質問 九州地建の津沢さんにちょっとお伺いしたいんですけれども、調査数量について、いろいろ数量などを検討していただいたんですが、ダムタイプによる何か有意の差が出たかどうかお聞きしたいんですが。

○津沢 当初、ダムタイプもこの表に入れまして検討しようということで、この表を見てもおわかりのとおり欄を1つ空けてあるんですけれども、実は調査段階のダムでは、一応想定タイプはありますけれども、最終的に決定していないものがあるということが1つと、それから、最終決定したものも含めてもタイプによる有意な差というのは、まだざっとしか見てないんですけれども、それほどは出なかったということで一応ここは空欄にしてあります。

ただ、一つだけ言えることは、全体にフィルタイプダムのサイトとしましては、ダムの想定底面積が大きいこともありまして、ボーリングのトータルな長さではなくて、本数が多くなっているということは全体的に言えますけれども、トータルの長さで有意な差は、今のところボーリングに関しては出ておりません。それから横坑に関してもサンプル数が少な過ぎるせいもありますけれども、有意な差は出ておりませんでした。

○司会 ほかにございませんか。

では、私から、浅井室長に質問というかお話を伺いたいんですけれども、大島の南の方ですけれども、そちらの方で地割れが起こったということで、その地割れが火山性か、あるいは地震のようなすべったようなものなのか。それで予知連とかの皆さんは、それが火山性という判断をされたようなんですけれども、それをごらんになられてどちらの方にお考えになったのか、あるいは現地でいろんな意見とか聞かれてどちらの方に判断されたのか、その辺について、まず1点お聞きしたいわけです。

もう一つは、よくテレビなどで報道されておったんですけれども、変色海域がございまして、それについても、ある人は、非常に崖が発達しておって、そこが地震によって崩れて、赤褐色の風化土みたいなものが海に流れて変色域をつくったということをいっております。また、ある人は熱水か何かよくわかりませんが、火山活動によって下から何か出てきて、水の色が変わったという話がございました。後者については、火山活動というかそれに伴ったもので、これまた活発な活動を示すもので危ないという判断になるかもしれませんけれども、この辺について、もし御存じでしたらお教え願いたいと思うんですが。

○浅井 初めの方のクラックの話なんですけれども、少し時間があれば行ってみたいと思ったんですけれども、時間がなくてそこまで行けませんでした。そのクラックについて、道路に数十センチぐらい段差ができていたという話は聞いたんですけれども、残念なことに行かれませんでした。

それから、海の方は、見えた範囲では北側の方は少し赤身を帯びたような色になっておりまして、手前の方がちょっと色が濃くなっておりましてけれども、原因はよくわかりませんでした。

○司会 ありがとうございます。

ほかに何かございませんか。

○質問 阪神公団ですけれども、資料2のボーリング柱状図の、特に岩の方ですけれども、阪神高速道路にも若干こういう岩を対象とする工事がありまして、特にコアの風化区分について、どちらかといいますと α 、 β といった区分のところが非常に少なく、むしろ ϵ からその下ぐらいが出てきます。この α 、 β という記号の使い方については、風化状態が異なり一律に区分ができないということが書いてあるわけですが、例えば、非常に新鮮であるとか、こういう表現はできるだけ統一的な表現で使いたいと思っております、そういう意味でいきますと、 ϵ から下の、現実にはコアにならないというふうなところの記号を、できれば設定したいと思っているわけですが、その辺どうでしょうか。

○市川 これは非常に広い範囲にわたって書けるように、新鮮なものから風化したものまでということで、岩の組織の残っているところまでこれに入れたわけです。欧米などの基準を見ますと、たしかに、 ϵ の下にもう一つありまして、いわゆる風化残留土ということで鉱物が風化して粘土鉱物になりまして、その粘土鉱物がみんな洗い流されてしまって、 ϵ よりもう一つ風化が進みまして完全に、いわゆる花崗岩で言いますと、まさ状化しているという欄を一つつけているところもございます。

今回は一応そこまでは入れなくて、場合によったら、花崗岩なら花崗岩ということではなくて、完全にまさという書き方をする柱状図もあるかもしれないということで、こういう書き方をしてありますけれども、実際に柱状図でまとめられるときにそういう区分を一つ入れていただいて、その区分は全くまさ化してしまっているんだという表現をなさった方が非常に便利であろうと思いますし、そういう区分をむしろされるべきだろうと思っております。

○司会 ほかに御意見等ございますか。

○平野 法面台帳の件の補足でございますけれど、きょうはアンケート結果と修正方針案というのをお話し申し上げましたが、これを現場の方に、局なり事務所なりに持ち帰っていただきまして、特に御意見等ございましたら、電話でも結構ですからお教え願いたいと思いますので、よろしく願いたします。

○司会 それから、もう一つお願いですが、ボーリングの柱状図の作成要領というのをつくりまして各地建に出していただいたのですが、実は、負け請っているコンサルの方から話がきておりますのが、様式が決まっておるからフォーマットみんな埋める必要があるというふうな発注者の話があるということです。これは先ほど申し上げましたように、最終的にはデータとしてかなり長期間保存しまして、最終的に各種の解析や総合的な検討に耐えるだけの資料としての柱状図を残すときのことまで考えておりまして、一過性や非常に小規模なプロジェクトで1回の調査で終わるというものにつきましては、それなりの調査のやり方というのがあるわけでございますので、どの項目についてどういう記載をするかというのは、むしろ発注者ともよく相談をして決めていただくという話でございます。その辺のところを誤解のないようにといたしますか、何が何でも全部埋めなければならないと

いう話ではないということでございます。

それから、この柱状図の様式を JACICの方で出しておりますけれども、これもこういう基準での柱状図でございまして、別に JACICで出しているものを、必ずそのまま使わなければという話もございません。

それから、既に案あるいは解説ということで JACIC から出ておりますが、これに 101とか102などの様式のいろいろな番号がついております。これは30メートル用と60メートル用と2つ作ってありまして、それで番号が違っているだけでして、解説欄を見ますと、様式が二通り使い分けてあってちょっと混乱するかもしれませんが、これはそういうことでございます。

ほかに御意見、御質問ございましょうか。

それでは、本日の議事はこれをもちまして終わりたいと思います。年末のお忙しいところ大変ありがとうございました。

第20回地質担当者会議資料

ISSN 0386-5878
土研資料第2531号
昭和62年4月(1987)
地質研究室

市川 慧二
小島 圭正
津沢 晴勇
平野

要旨 昭和61年12月12日に開催された第20回地質担当者会議で行われた講演のうち
以下のものが収録されている。

- | | |
|--------------------------|---------------|
| 1. 特別講演 | 2-3 道路のり面台帳作成 |
| 1-1 地下空間の地質工学的側面 | 要領について |
| 2. 一般講演 | 3. 総合討論 |
| 2-1 ダム地質調査の実績——九州地建での例—— | |
| 2-2 岩掘削における岩区分の検討について | |

キーワード：地下空間・ダム地質・地質調査・岩掘削・岩区分・のり面

郵便はがき

四十円切手
をはって下
さい。

305-□□

茨城県つくば市大字旭一番地

建設省土木研究所

地質研究室
行

No. 008

No. _____

配布先氏名

配布先住所

○

土木研究所資料第2531号 部

上記のとおり受領しました。

所 属（住所）

氏 名

印