ISSN 0386－5878
土 研 資 料 第2085号

土 木 研 究 所 資 料

# 第17回地質担当者会議資料

昭和59年 3 月

建 設 省 土 木 研 究 所
地質化学部地質研究室

Copyright © 1984 by P.W.R.I.
All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translate 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，複写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。

# ま　え　が　き

今回で第17回を迎えるに至った地質担当者会議は，昭和42年に第1回が持たれて以来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きた。この間，河川砂防技術基準（案），道路土工土質調査指針，トンネル技術基準，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）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，海外の事例紹介をおこなってきた。

今回も，本省萩原技術参事官，土研富永次長をはじめ，本省，各地方建設局，国土地理院，建設大学校北海道開発局，沖縄総合事務局から100名近くの参加を得て盛会となった。

会議では「指針類の改定の現況」と「第四紀変動と土木工事」の2テーマに合わせて7件の報告があり活発な討議がなされた。

「グラウチング技術指針」では，新たにとりまとめられた同指針の概要とその内容の特徴について紹介された。

「ルジオンテスト施工指針（案）」では，改定作業が進められている同指針（案）について，改訂の要点とその技術的背景が報告された。

「落石対策便覧」では，58年7月に策定された同便覧についてその基本的な考え方，利用上の留意点，衝撃荷重の評価と設計方法等が紹介された。

「第四紀変動と土木工事」においては，地質的な概要と最近の災害事例について以下の4つの報告があった。

「第四紀と地形・地質」では，地質年代のうち最も新しく，したがって現在の地形，地質に対しても大きな影響を及ぼしている第四紀について包括的なレビューがなされた。

「第四紀断層」では，土木工事において細心の注意をはらうことの必要な第四紀断層について，その評価の仕方および事例報告がなされた。

「日本海中部地震災害の特徴」では，58年5月26日に発生した日本海中部地震による公共構造物の被害とその特徴について数多くの事例が紹介された。

「島根災害の特徴」では，58年7月23日未明の集中豪雨災害のうち，特に斜面災害について生々しい報告がなされた。

ここに当日提出された資料と討議内容をとりまとめて，今後の参考に供しようとするものである。

昭和59年3月

建設省土木研究所地質研究室長

桑　原　啓　三

# 目　　次

まえがき
議事次第 …… 1
出席者 …… 2
開会の挨拶 …… 6
技術参事官挨拶 …… 7
土木研究所次長挨拶 …… 9
閉会の挨拶 …… 11

議事
1. 指針類の改訂の現況
1－1　グラウチング指針 …… 15
1－2　ルジオンテスト施工指針（案）…… 29
1－3　落石対策便覧 …… 41
2. 第四紀変動と土木工事
2－1　第四紀と地形・地質 …… 57
2－2　第四紀断層 …… 81
2－3　日本海中部地震の災害の特徴 …… 97
2－4　島根災害の特徴 …… 107

# 第17回 地質担当者会議議事次第

1. 日　　時　昭和58年12月9日（金）　10：00 ～ 17：00
2. 場　　所　東京都千代田区神田1－1－12　コープビル
3. 議事次第

1）開会の挨拶　10：00 ～ 10：05
土木研究所　地質化学部長　蒔田　実

2）挨　　拶　10：05 ～ 10：15
大臣官房　技術参事官　萩原　浩

3）挨　　拶　10：15 ～ 10：30
土木研究所　次長　富永正照

4）発表および質疑討論

4－1）指針類の改訂の現況

i）グラウチング指針　10：30 ～ 11：00
土研　ダム計画官　新井田有二

ii）ルジオンテスト施工指針（案）　11：00 ～ 11：30
土研　地質研究室長　桑原啓三

iii）落石対策便覧　11：30 ～ 12：00
土研　砂防部長　安江朝光
〃　動土質研究室長　佐々木　康

4－2）第四紀変動と土木工事

i）第四紀と地形・地質　13：00 ～ 14：05
土研　地質官　大木達夫

ii）第四紀断層　14：05 ～ 14：40
土研　地質研究室長　桑原啓三

iii）日本海中部地震の災害の特徴　15：00 ～ 15：50
土研　動土質研究室長　佐々木　康

iv）島根災害の特徴　15：50 ～ 16：50
土研　急傾斜地崩壊研究室長　土井　功

5）閉会の挨拶　16：50 ～ 17：00
土木研究所　地質官　大木達夫

# 第17回地質担当者会議出席者名簿

| 機関名 | 氏名 | 所属職名 |
|---|---|---|
| 本省 | 萩原　浩 | 大臣官房技術参事官 |
| | 太島和雄 | 〃　技術調査官 |
| | 志水茂明 | 河川局開発課長 |
| | 脇　雅史 | 〃　開発課長補佐 |
| | 藤城泰行 | 道路局道路防災対策室課長補佐 |
| | 長岡正利 | 企画部研究員 |
| 国土地理院 | 江川良武 | 測図部地形課長 |
| | 羽田野誠一 | 地理調査部研究員 |
| | 堀野正勝 | 〃　地理第一課地理第三係長 |
| | 熊木洋太 | 〃　地理第二課調査第二係長 |
| 建設大学校 | 北村律太郎 | 教務部長 |
| | 井組　孝 | 研修調査官 |
| | 草山　晃 | 建設科主任教官 |
| | 加藤高義 | 測量部長 |
| 東北地建 | 丹羽俊二 | 河川部河川計画課建設専門官 |
| | 市川　慧 | 浅瀬石川ダム工事事務所長 |
| 関東地建 | 所　卓秀 | 企画部企画課地方計画係長 |
| | 川口信幸 | 河川部河川計画課計画第二係長 |
| | 浅野晋甫 | 〃　河川管理課長補佐 |
| | 小池君一 | 道路部道路計画第一課計画第二係 |
| | 久保田一郎 | 〃　道路計画第二課計画係長 |
| | 中沢徳安 | 〃　道路工事課舗装係長 |
| | 長谷川　勉 | 〃　交通対策課安全施設係長 |
| | 菊地一正 | 〃　〃　安全施設係 |
| | 松本　修 | 常陸工事事務所道路維持係長 |
| | 吉永格文 | 川治ダム工事事務所調査設計課長 |
| | 入沢　実 | 湯西川ダム工事事務所調査設計課長 |
| | 高野昭雄 | 高崎工事事務所調査係長 |

| 機関名 | 氏名 | 所属職名 |
|---|---|---|
| 関東地建 | 久保田 哲也 | 利根川水系砂防工事事務所調査係長 |
| | 永井 春夫 | 八ツ場ダム工事事務所調査設計課長 |
| | 金尾 建司 | 利根川上流工事事務所調査係 |
| | 丸山 寿一 | 荒川下流工事事務所計画係 |
| | 横内 治久 | 北首都国道工事事務所調査第一係長 |
| | 五反田 悟 | 利根川下流工事事務所計画係長 |
| | 斉木 忠治 | 首都国道工事事務所工務第一係長 |
| | 大塩 俊雄 | 千葉国道工事事務所調査係 |
| | 高木 義和 | 東京国道工事事務所計画係 |
| | 石塚 広史 | 相武国道工事事務所維持係 |
| | 福留 勉 | 京浜工事事務所開発調査係長 |
| | 布村 明彦 | 宮ケ瀬ダム工事事務所調査設計課長 |
| | 村上 光太 | 横浜国道工事事務所建設専門官 |
| | 武井 修 | 利根川ダム統合管理事務所調査係長 |
| | 山岸 重雄 | 二瀬ダム管理所管理係長 |
| | 望月 正 | 関東技術事務所建設専門官 |
| 北陸地建 | 末田 一好 | 道路部道路工事課長 |
| | 角田 量作 | 阿賀川工事事務所副所長 |
| | 江口 正紀 | 湯沢砂防工事事務所長 |
| | 榎本 真 | 三国川ダム工事事務所副所長 |
| 中部地建 | 服部 辰美 | 河川部河川工事課ダム係長 |
| | 仁木 兼二 | 小里川ダム工事事務所調査設計課長 |
| | 伊藤 斉 | 高山国道工事事務所建設監督官 |
| | 小林 卓弥 | 蓮ダム工事事務所設計係長 |
| | 和田 光広 | 〃 設計係 |
| | 赤羽 英俊 | 天竜川上流工事事務所開発調査係長 |
| | 加藤 文夫 | 飯田国道工事事務所建設監督官 |
| 近畿地建 | 藤野 忠 | 大滝ダム工事事務所調査設計第一課長 |
| | 荒川 晟 | 足羽川ダム調査事務所調査設計課長 |
| 中国地建 | 兼好 孝 | 八田原ダム工事事務所調査設計課長 |

| 機関名 | 氏名 | 所属職名 |
|---|---|---|
| 四国地建 | 岡田周三 | 河川部河川工事課ダム係長 |
| | 浜田忠 | 道路部道路管理課管理係長 |
| | 吉川弘 | 細川内ダム調査事務所調査係長 |
| | 湯浅勝則 | 中筋川ダム調査事務所調査係長 |
| 九州地建 | 浜畑九州男 | 企画部建設専門官 |
| | 中村康夫 | 河川部建設専門官 |
| | 村上学 | 〃 河川計画課 |
| 北海道開発局 | 野地正保 | 土木試験所地質研究室長 |
| 沖縄総合事務局 | 矢部正宏 | 企画調整官 |
| | 恩河稔 | 開発建設部工事検査官 |
| | 川人正博 | 北部国道事務所調査設計係 |
| 土木研究所 | 富永正照 | 次長 |
| | 村上順雄 | 研究調整官 |
| | 大木達夫 | 地質官 |
| | 蒔田実 | 地質化学部長 |
| | 城島誠之 | ダム部長 |
| | 安江朝光 | 砂防部長 |
| | 新井田有二 | 企画部ダム計画官 |
| | 武部勝行 | 〃 企画調査係長 |
| | 永山功 | ダム部ダム構造研究室主任研究員 |
| | 瀬尾克美 | 砂防部砂防研究室長 |
| | 水山高久 | 〃 〃 主任研究員 |
| | 藤田寿雄 | 〃 地すべり研究室長 |
| | 土井功 | 〃 急傾斜地崩壊研究室長 |
| | 右近則男 | 〃 〃 研究室 |
| | 堀内浩三郎 | 道路部トンネル研究室研究員 |
| | 嶋津晃臣 | 機械施工部施工研究室長 |
| | 護摩堂満 | 〃 土質研究室研究員 |
| | 佐々木康 | 〃 動土質研究室長 |
| | 大志万和也 | 構造橋梁部基礎研究室長 |
| | 越川裕 | 〃 〃 研究室 |

| 機関名 | 氏名 | 所属 | 職名 |
|---|---|---|---|
| 土木研究所 | 近藤政司 | 新潟試験所主任研究員 | |
| | 本臼茂 | 〃 | |
| | 桑原啓三 | 地質研究室長 | |
| | 稲崎富士 | 〃 | 研究員 |
| | 脇坂安彦 | 〃 | 〃 |
| | 石塚克己 | 〃 | |
| | 阿部昌彦 | 〃 | |
| | 長沢政和 | 〃 | |
| (財)国土開発技術研究センター | 三浦三郎 | 調査第一部参事 | |
| 本四公団 | 山縣守 | 設計部設計第三課長代理 | |
| 国土庁 | 神尾重雄 | 水資源局水資源政策課長補佐 | |

# 開　会　の　挨　拶

地質化学部長　　蒔　田　　実

みなさんおはようございます。

今年もあと20日あまりを残すばかりとなりまして，たいへんお忙しい中を御参集くださいまして誠にありがとうございます。おかげさまをもちまして，地質担当者会議も今年で第17回を迎えることとなりました。ふり返ってみますと，17回というのはたいへんな回数でございまして，この間年々地質担当者会議が盛大になってきております。

今回はまだ一部お見えでない方もございますが，108名の方に御出席をいただく予定になっております。

これも考えてみますと建設事業において地質と関りのある技術的な問題点がいろいろ出てきているのと同時に，その解決に関する要望が高まっているということの反映ではないかと思います。

本日は議題にありますように，グラウチング指針と最近改定作業が進められております指針類の改定の内容について，また「第四紀変動と土木工事」と題して第四紀と地形・地質あるいは断層の関係といった観点から，それから不幸にして今年大きな災害がございましたが，日本海中部地震と島根災害について，特に地質あるいは地盤という観点から話題提供していただき，出席者の方々に御質疑，御討論していただくことになっております。

1日という限られた時間の中ではございますが，有意義かつ有効な御意見交換をしていただきたいと思います。それではただ今から第17回地質担当者会議を開催致します。

# 挨　　拶

大臣官房技術参事官　　萩　原　　浩

おはようございます。大臣官房技術参事官の萩原でございます。

この地質担当者会議，昨年も私，この場で御挨拶を申し上げました。それからまた，1年がめぐってきたわけでございますが，皆様御存じのように現在公共事業等を執行している我々をとりまく環境は非常に厳しいものでございます。

本日1日間，地質関係の技術的な問題について御討議いただくわけですけれども，皆様はある意味での専門家であり，また公務員の一員でもあるわけです。公共事業の執行を一つのテーマと致しまして，その一分野としての地質について今日は御討議いただくわけでして，そう致しますと現在公共事業が直面しております問題についてぜひ広い視野をもって見ていただきたいと思います。自分の専門分野というのは，自分の背骨にあたるものです。背骨だけでは人間は不充分です。それに肉がつきまして，大きな常識というものがあって初めて一人の人間ができるわけです。背骨が必要ですが，それだけではないということについて十分な認識を持っていただきたいと思います。

御存じのように，現在直面しております一番の問題は，何と言っても財政の問題です。公共事業にまわすお金がないということです。御承知のように，現在公共事業は道路事業を除いては全部建設国債でまかなわれております。道路事業は，ガソリン税の特定財源があるために建設国債が発行できず，ガソリン税がそのまま当てられ，その他は全部借金で公共事業をやっているのです。こういう事態というのは決して好ましいとは思いません。確かに社会資本は後世に残すものでございますから，その時期だけで全額を支払うということは非常に不合理です。したがいまして，建設国債でその一部をまかなうことは必要ですけれども，全部が全部建設国債でまかなうというのは，本当に良いのだろうかという疑問が出るわけです。

どうしてこのような事態になったか，それは国の金がないから最初は建設国債をある率で出していたのですが，それがだんだん率が大きくなっていって気がついたら全額になっていたということです。御承知のように国債には利子がつきます。毎年借りていけば元本はどんどんふえていきます。したがいまして年とともに利子もふえていきます。インフレで物価が上がればある程度帳消しになりますけれど，低成長の時代では物価がそれほど上がるとは考えられません。そうなりますと，利子がだんだんかさんできます。

赤字国債と比べるとまだよろしいかと思います。後世に資本がまだ残るからです。しかし，それとてもかなり問題があるということです。このようなことから，今後は公共事業の伸びは多くは期待できないことになるわけです。

そうした場合にどうするか，今いろいろ言われていますのは「民間活力の活用」ということです。この点につきまして，私どもも政策面で研究は致しておりますけれど，技術面ではどうすればよろしいかという問題がございます。民間の建設技術開発のポテンシャルをどのように高めるかということについて研究

しているところです。基礎的な研究を民間に期待することは不可能でしょう。しかしニーズ的な研究，技術開発を民間がした時にその技術に対してしかるべき報酬を払うということによって，なんとか民間技術の開発を緒につかせることができないか考えているところです。皆様，ニーズ的な地質の研究については十分な力がおありだと思います。今後ともその力を養っていただきたいと存じますが，一方におきまして民間活力の導入あるいは民間の技術開発への期待を時代が要請しているという実態をよく認識していただきたい。そして視野を広くして，ニーズ的な研究から更に何か新しい技術，時代にマッチした技術がありえないかどうかということについて，一人一人が認識の場を大きく広げて少しでも新しい技術開発に貢献できるような毎日を送っていただきたいと思います。

地質の問題に限りますと，我国は非常に高密度化してまいりました。昔は地質が悪いからと避けて通った場所に技術を持って臨み，その悪条件を克服し，そこを開発するということが要請されているわけです。

ぜひ古い殻を破って，広い視野に立って自分の専門分野の応用を図っていただきたい。その意味でお互いに何を考えているかということで，いろいろな認識の交換を図る，理解の交換を図るということは非常に有意義なことでございます。

本日１日限りではございますが，ぜひこの１日を有効に御活用いただきまして私が先程から申し上げておりますことの大きな助けになるように御活用いただければと思うわけです。最初にあたりまして，一言御挨拶申し上げました。

# 挨　　拶

土木研究所次長　　富　永　正　照

本日は所長が出席できませんので次長の富永が代りまして一言御挨拶申し上げます。

私共といたしましても全国各地から多数の方々が御参集になり，第17回の地質担当者会議が盛大に行われることは，誠に喜ばしいことであると考えております。

ただ今，技術参事官から公共事業について非常に厳しい状況にあるというお話がございましたが，21世紀に向いまして活力のある安全な国土作り，これはどうしても達成しなければいけない課題でございます。したがいまして，これからも種々の公共事業を適切に実施していかなければならないと思います。そのためには地質の部門に限らず，各分野において技術の向上をはかるよう努力をしていく必要があります。特に今もお話がありましたが，地質の関係では昔ならば避けて通ったような地質の悪い場所にも，最近では構造物を作らなければいけないというような状況に立ち入っているわけで，その点からも皆様の仕事は非常に複雑かつ多岐になってくるのではなかろうかと考える次第です。

本日は年に1回の機会ですけれども，皆様が一同に会しまして情報の交換あるいは新しい知識の吸収が行われることは非常に意味の深いことではなかろうかと考えます。

私はもともと河川とか海岸とかにタッチしてきまして，地質の方は不勉強で御参考になるような技術的なお話というのはしにくいわけでございますけれども，せっかくの機会ですので最近私が関係している分野で地質にも多少関係のある問題につきまして若干お話を申し上げたいと思います。現在は情報化時代と言われておりまして，多量の情報を収集し，これをすばやく処理して利用するというのが重要な時代になっております。特に近い将来に土木関係でも重要な情報源として人工衛星のデータが活用されるのではなかろうかと考えております。53年～54年頃からアメリカの上げておりますランドサット衛星，このデータが日本でも利用できるようになりました。それ以来農林・水産関係あるいは資源関係など色々な分野でこのデータを利用しようという研究がさかんに行われるようになってきております。ただ現在の段階では精度がまだ十分でないという面もございますし，また写真を撮る間隔が長すぎるとかの問題がありまして十分実用化の段階にはいたっておりません。しかし，現在飛んでいるランドサット4号はTMセンサーというものを積んでいます。これは，これまでのものに比べますと格段に解像力がよくなって非常に鮮明な画像が得られます。ただランドサット4号の太陽電池が故障しているということで，アメリカが自分の好きな所だけをとっており，日本の写真は撮っていないということで利用ができないのですが，来年には新衛星が打上げられて解像度の優れた画像が使えるようになる状況のようでございます。また日本におきましても，61年にはMOS1号，これは主として海上のデータを撮る予定だそうです，また，65年には地球資源探査衛星，これは通産省が上げるのですが，グローバルに地形を精密に観測致しまして，これによって地質構造やあるいは資源を探査できるというようなことで，この打上げが計画されておりま

す。また，更にヨーロッパでも衛星を打ち上げる計画が進んでおります。近い将来にはそのような解像度の優れた画像を送ってくる衛星データを土木分野にも応用することが現実的になるであろうと思われます。まだ土研の中でもそのような研究は緒についたばかりでございますが，非常に有力な一つの情報源としてこれを有効に利用できるように今後共努力をしていきたいと考えております。

ちょっと雲の上の話で夢物語のような話を申し上げましたが，本日の議題によりますと，土木研究所の職員がそれぞれ専門分野につきお話をすることになっていますが，これは本当に地に足のついた話でございまして，皆様には十分御参考になるのではなかろうかと考えております。これらの問題につきましては皆様方にも色々と卸意見御批判もあるかと思いますので，御質疑，御討議等いただきまして，本日の会議が有意義なものとなりますようよろしくお願い申し上げます。

最後になりましたが，この地質担当者会議が今後ともますます発展することを御祈りしまして，私の御挨拶に換えさせていただきます。

# 閉 会 の 挨 拶

土木研究所地質官　　大 木 達 夫

本日お集りの皆様，1日大変御苦労様でした。

また，いろいろ話題提供，報告して頂きました方々も本当にありがとうございました。午前中は基準類の現況についての解説ということでございましたが，まもなく出版されるものもありますし，落石対策便覧のようにすでに発刊されたものもあります。現場においては，このような基準だけに則るのではなくて，その本来の趣旨を御理解いただきまして相当の応用を，現場にマッチした方法で仕事をしていただきたいと考えます。

また，午後の分につきましては，私の方から第四紀と土木工事について概括的な御報告をいたしました。それから日本海中部地震について，道路，河川，その他の面からも災害の報告をしていただきまして，たいへん参考になりました。流動化の問題は，相当わかってきている部分が多いかと思います。逆に発生しなかった場所が何故そうだったのかということが話題になっておりましたが，そういった面での対策につながる話が重要かと思われますので，その点での御検討を今後お願いしたいと思います。

また，島根災害についてですが，非常に難しい色々な問題をはらんでいることは，今お話にあった通りでございますけれど，尊い人命を守る立場で様々な観点から集約していただきたいと思います。防災の面でも，我々土研側あるいは皆様もこれからもいろいろな面での地質関係の調査をされる予定があるかと思いますが，本日を契機に土研または地建間，あるいは地理院の方々と顔見知りになっていただきまして，これから1年このような行事ばかりでなく，それぞれいろいろな機会に意見交換等やっていただきまして仕事を進めていっていただきたいと考えます。

今回は土研側だけの話で終わったわけですが，例年2ないし3件は現場の方から話題提供等していただいております。来年は，またそういった面でお願いすることがあるかも知れませんが，よろしくお願い致します。本日は大変御苦労様でした。これをもちまして第17回地質担当者会議を終了させていただきます。

# １．指針類の改定の現況

# 1—1　グラウチング指針

土　木　研　究　所
ダム計画官　　新井田　有　二

# 海洋資源学 I—1

海洋資源学
[illegible] 田北徹　[illegible]

# グラウチング技術指針について

## 1. はじめに

本指針は，建設省技術研究会の河川部門指定課題「ダム基礎岩盤グラウチングに関する研究（S55～S57）」の成果を基に作成されたものである。

グラウチングに関するテキストとしては，これまで土木学会の岩盤力学委員会がS47年に作成した「ダム基礎岩盤グラウチングの施工指針（同解説）」および「ダム基礎岩盤グラウチングの施工実例集」があったが，その後約10年を経過し，グラウチングに対する考え方の変化，グラウチング手法の発展，建設省関係のダムの施工事例の大巾な増加等を踏まえ，建設省としてのダム基礎のグラウチング技術指針を作成しようということで技術研究会のテーマに取り上げたものである。

研究の当初は，できるだけ具体的に，数値等決めることが出来るものは具体的に記述するとともに，マサ，砂礫層，軟岩，破砕帯等グラウチングのむずかしい地盤に対する適確な施工法や，冷却節理の発達した熔結凝灰岩，第四紀の火山岩の様に地山深部まで高透水性を示し，地下水位が低い様なダムサイトにおけるカーテングラウチングの施工範囲の合理的な決定方法等に関しても研究し，その成果を含めて取りまとめたいと考えていた。しかし，

① ダム基礎の性状は様々であり，一律に数値等を決めることは困難であること。

② 研究をおこなったからといって，従来からのむずかしい問題は一朝一夕には解決できなかった。特にキレツ性岩盤や比較的大きな連続する孔隙を有する岩盤の浸透理論の研究は進んでいない。

等の理由により，技術研究会の最終報告としては，これらについては事例の提示にとどまり，具体的な手法を取りまとめるには到らなかった。

従って，その内容は，従来我々が実施してきたグラウチング技術の範囲を越えるものとはならなかったが，以下の事を念頭において取りまとめがおこなわれた。

① グラウチングに関する技術全般を体系的に取りまとめる。

② グラウチングの調査，計画，施工，効果判定に際して，担当者が考慮すべき基本的な考え方及びその理由を述べる。

③ 実際に計画立案，施工等を行うに際して判断材料となる様な事例を示す。

従ってこれを基に作成した本指針の内容は，技術的レベルにおいては，現在のグラウチング技術のレベルのものであり，具体的な手法等で今後の課題として残したものも多くグラウチングに精通している人にとっては，ものたりない面も多いかと思われる。しかし，他の多くの人にとっては，ダム基礎グラウチングに関し，一連の項目に対する考え方が体系的に整理されている本指針は有用なものと考えられる。

なお，本指針は，S58年6月に河川局開発課長より地建，県等に通知されているが，解説編が国土開発技術研究センターよりS58年11月に発行されている。

## 2. グラウチング技術指針（本文）

### 1. 総　　論

#### 1.1 目　　的

ダム基礎のグラウチング（以下「グラウチング」という）は，基礎岩盤および堤体と基礎岩盤の接触部の遮水性を改良し，あわせてダムの安全性を確保することを目的とする。

#### 1.2 種　　類

グラウチングの種類は，目的および施工位置によりコンソリデーショングラウチング，ブランケットグラウチング，カーテングラウチングおよびコンタクトグラウチングとする。

### 2. 調　　査

#### 2.1 調査方針

グラウチングの計画および施工に必要な調査（以下「グラウチングのための調査」という）は，ダムサイトおよびその周辺で実施される諸調査を考慮して調査の段階に応じ，系統的に行う。

#### 2.2 調査計画

グラウチングのための調査にあたっては，ダム基礎の透水性等が，地形・地質特性と密接に関係していることが多いため，これらの特性を十分考慮した計画を策定する。

#### 2.3 調査項目

グラウチングのための調査は，地形，地質，岩盤性状，ダム基礎の透水性，地下水の性状およびグラウチングによる改良特性等の項目について行う。

### 2.4 調査範囲

グラウチングのための調査は，ダム型式・規模，地形・地質，岩盤性状，ダム基礎の透水性および地下水位等を考慮して，必要な範囲に対して実施する。

### 2.5 調査試験の実施

#### 2.5.1 地下水調査

地下水調査は，地形，地質，岩盤性状および貯水位等を考慮し，ボーリング等による地下水位の観測を主体に実施し，必要に応じて流向，流速等の調査を行う。

#### 2.5.2 透水試験

岩盤の透水性および限界圧力等の資料を得るための透水試験としてルジオンテストを行う。なお軟岩，風化岩等均質で多孔質岩と見なせる岩盤では，ルジオンテストと併用して他の透水試験を実施する。

#### 2.5.3 グラウチングテスト

グラウチングによる基礎岩盤の改良特性に関する資料を得るため，必要に応じて現地でグラウチングテストを行う。

## 3. 計　画

### 3.1 計　画

グラウチングの計画は，ダム形式・規模，施工法，地形，地質，岩盤性状，ダム基礎の透水性，地下水位，グラウチングによる改良特性等を総合的に検討して策定する。

### 3.2 設　計

#### 3.2.1 設計の基本

グラウチングの設計は，ダムが所要の効用を発揮するようダム基礎の遮水性の改良およびダムの安全性の確保に対して適切なものでなければならない。

### 3.2.2 材　　料

グラウトの材料は，原則としてセメントを使用する。

### 3.2.3 配　　合

グラウトの配合は，ダム基礎の透水性および岩盤性状等を考慮して，所要の改良効果が得られるよう適切に決定する。

### 3.2.4 配合切替え基準

グラウトの配合切替え基準は，グラウチングを効果的に実施するため，岩盤性状等に応じて適切に設定する。

### 3.2.5 注入圧力

グラウトの注入圧力は，岩盤性状等を考慮し堤体および基礎岩盤に有害な変形や破壊を生じさせない範囲でグラウチングの効果が最大となるように設定する。

## 3.3 コンソリデーショングラウチング

### 3.3.1 目　　的

コンソリデーショングラウチングは，基礎岩盤の変形性の改良を図り，あわせてカーテングラウチングとあいまって堤体の接解部付近の基礎岩盤の遮水性を改良することを目的とする。

### 3.3.2 改良目標

コンソリデーショングラウチングによる改良目標は，岩盤性状等を総合的に考慮し適切に設定する。

### 3.3.3 施工範囲

コンソリデーショングラウチングは，基礎掘削による岩盤のゆるみ等を考慮して，基礎岩盤全面に施工することを原則とする。

### 3.3.4 施工時期

コンソリデーショングラウチングの施工時期は，岩盤性状，注入圧力，ダム工事の全体工程等を総合的に考慮して決定する。

### 3.3.5 孔の配置および深さ

コンソリデーショングラウチングの孔の配置および深さは，ダム型式・規模，岩盤性状，ダム基礎の透水性等を考慮して適切に決定する。

## 3.4 ブランケットグラウチング

### 3.4.1 目　　的

ブランケットグラウチングは，フィルダムの基礎岩盤および遮水ゾーンと基礎岩盤の接触部の遮水性を改良するとともに，カーテングラウチングの効果をより確実にすることを目的とする。

### 3.4.2 改良目標

ブランケットグラウチングの改良目標は，岩盤性状等を総合的に考慮し，適切に設定する。

### 3.4.3 施工範囲

ブランケットグラウチングは，遮水ゾーンと基礎岩盤の接触部付近の遮水の重要性を考慮し，原則として遮水ゾーンと基礎岩盤との接触面の全域に対して行う。

### 3.4.4 施工時期

ブランケットグラウチングは，原則として遮水材料の盛立て前に地表から施工する。

### 3.4.5 孔の配置および深さ

ブランケットグラウチングの孔の配置および深さは，ダム規模，岩盤性状，ダム基礎の透水性等を考慮して適切に決定する。

### 3.5　カーテングラウチング

#### 3.5.1　目　　的

カーテングラウチングは，貯留水が基礎岩盤を通して浸透することを抑制するとともに，コンクリートダムにあっては堤体に作用する揚圧力の軽減を図ることを目的とする。

#### 3.5.2　改良目標

カーテングラウチングの改良目標は，岩盤性状等を総合的に考慮して適切に設定する。

#### 3.5.3　施工範囲

カーテングラウチングの施工範囲は，貯水位，地形，地質，岩盤性状，ダム基礎の透水性および地下水位等を考慮して決定する。

#### 3.5.4　施工位置及び施工時期

カーテングラウチングの施工位置は，ダム型式・規模，岩盤性状，施工性等を考慮して決定する。また施工は注入効果を高めるため，原則として堤体が所定の高さに立ち上った後実施する。

#### 3.5.5　孔の配置および深さ

カーテングラウチングの孔の配置は，岩盤性状，ダム基礎の透水性およびグラウチングテストの結果等を考慮して決定する。孔の深さは，ダムの型式・規模，ダム基礎の透水性等を考慮して決定する。

### 3.6　コンタクトグラウチング

コンタクトグラウチングは，基礎岩盤と堤体あるいはフィルダム監査廊等のコンクリートとの接触部の処理を目的として行う。

## 4. 施　　行

### 4.1 施工計画

グラウチングの施工計画は，延長および作業量等のグラウチングの規模および現場条件等を考慮し，ダム工事の全体工程と十分な整合を図り策定する。

### 4.2 施工設備，機械

#### 4.2.1 プラント

グラウチングのプラントは，グラウチングの施工範囲，現場条件，施工管理等を考慮して選定する。

#### 4.2.2 ボーリングマシン

ボーリングマシンは，グラウチングの目的，種類，岩盤性状，孔の深さ等を考慮して選定する。

#### 4.2.3 注入機械，器具，計器

注入機械，器具は，十分な施工能力を有するものを選定し，計器は，正確でかつ耐久性のあるものを選定する。

### 4.3 施　　工

#### 4.3.1 施工順序

グラウチングの施工は，中央内挿法によることを原則とし，改良の過程の把握できる適切な順序で行う。

#### 4.3.2 ボーリング

ボーリングは，所定の位置に正確に実施するとともに，グラウチングが有効に行えるように適切にせん孔する。またボーリングにより得られる地質等の資料は適切に整理する。

### 4.3.3 注入方式

グラウトの注入方式は，原則としてステージ方式またはパッカー方式によるものとし，岩盤性状等を考慮して適切な方式を選定する。

### 4.3.4 ステージ長

グラウチングのステージ長は，岩盤性状，ダム基礎の透水性，注入圧力，注入効果および経済性等を総合的に考慮して決定する。

### 4.3.5 水押し

水押しは，岩盤の透水性を把握し，グラウトの初期濃度等を決定するため適切な方法により実施する。

### 4.3.6 リーク

グラウトの注入作業に際しては，周辺のリークの発生を監視し，リークを発見した時には適切な処理を行う。

### 4.3.7 岩盤表面処理

グラウチングに当っての岩盤表面処理の方法は，岩盤性状，注入圧力，注入効果等を総合的に考慮して決定する。

### 4.3.8 同時注入規制

近接した孔において同時に注入作業を行う場合には，岩盤変位，グラウチングまたは水押し試験への影響等の支障があるので，グラウチングの作業は適切な間隔をおいて行う。

### 4.3.9 注入完了基準

グラウトの注入完了基準は，所要の注入効果が得られるように適切に定める。

#### 4.3.10 注入管理

グラウトの注入に当っては，所要の注入効果を得るとともに，効率的な施工を行うために注入圧力，注入量，配合，配合切替え等について適切な管理を行う。

#### 4.3.11 変位の監視

グラウチングの作業中は，堤体ならびに基礎岩盤の変位について十分な監視を行う。

#### 4.3.12 グラウトの材料の品質管理

グラウトの主材料であるセメントは，品質が低下することのないよう適切に保管する。

#### 4.3.13 グラウチングの総合管理

グラウチングにあたっては，必要な情報を収集，整理することにより注入効果，工程等について総合的に把握し，適切な管理を行う。

## 5. 効果の判定

### 5.1 資料の整理

グラウチングの効果の判定を行うため，作業中の記録等を整理しルジオンマップ，セメント注入量マップ等必要な資料を作成する。

### 5.2 効果の判定

グラウチングの効果は，原則としてルジオン値およびセメント注入量の変化状況により判定する。

### 5.3 追加グラウチング

改良目標を達成しない場合は，岩盤性状等を考慮した適切な追加基準により，追加グラウチングを行う。

5.4　湛水後の措置

| |
|---|
| 湛水後の漏水の量，濁度，水温等の測定結果により，漏水が貯水池の機能およびダムの安全性に影響を及ぼすおそれがあると判断される場合は，必要に応じて再グラウチング等の措置を講じる。 |

3. グラウチング技術指針の補足説明

a）グラウチングの種類について

従来，コンソリデーショングラウチングとブランケットグラウチングという用語が混同して使用されている場合も見られたが，本指針では，目的に対応してフィルダム遮水材料基礎に対して，主として基礎浅部の遮水性を改良し堤体接触部付近の基礎地盤内の浸透流を抑制し，堤体材料の流出および基礎のパイピングの防止を目的として実施するグラウチングをブランケットグラウチング，基礎掘削等による岩盤のゆるみや破砕帯等に対して，コンクリートダム等の変形に対する基礎の一体化を主目的とし，あわせて基礎浅部の遮水性の改良を目的として実施するグラウチングをコンソリデーショングラウチングと言うことに統一した。

さらにコンクリートと岩盤の接触面の空隙を充填することを目的として行うグラウチングはコンタクトグラウチングと呼ぶこととした。

b）改良目標について

グラウチングの実施に際し，改良目標を定めるべきことを規定した。従来も，カーテングラウチングについては，各ダムにおいて目標を定めて施工してきているが，コンソリデーショングラウチング，ブランケットグラウチングについても，改良目標を定めるものとした。目標としては，ルジオン値，セメント注入量等が考えられるが，具体的な数値は規定せず各ダムにおいて，地質状況を勘案して，合理的に定めるとしている。これは，岩盤の性状，改良特性から目標を一律には決め得るものではないところから来ている。また目標に対する達成率は85～90％程度とするが，目標を大きく上廻るステージや，目標を越える部分がゾーンとして存在する場合には，一律上記の達成率によってはならないとしている。

なお，最近のダムの中には，河床深部まで高透水性であったり，あるいは，アバット部が深部まで高透水性で地下水位が低く一律に小さな改良目標値を設定した場合グラウチングの範囲が非常に広くなったり，あるいは岩盤の改良特性から間隔をつめたグラウチングによっても，ある値以下のルジオン値に地山の透水性を改良することが困難な部分を有するダムが見られる。これらのダムサイトにおけるグラウチング計画については，今後の重要な検討課題であるが，動水勾配の考えの導入により，改良目標を深度とともに変えていく，透水性の改良のむずかしい場合は，グラウトカーテンの厚さで対処する等の面からの検討が必要となってきている。

c）グラウチングの範囲について

コンソリデーショングラウチング，ブランケットグラウチングは従来より堤敷あるいはコア敷全域に対

して実施されているが，基礎浅部の岩盤特性の改良の重要性に鑑み，本指針においても，その様にはっきりと規定することとした。

なお，カーテングラウチングの施工範囲については，本文3.5.3の様な表現とし，従来用いられていた経験式については，補足的に用いる程度の取り扱いとしている。3.5.3の解説では，グラウチング対象範囲の具体的な例として，

① 岩盤のルジオン値が改良目標を上廻る範囲

② 充分な浸透路長が確保できる範囲まで

とされており，改良範囲は改良目標の設定およびパスレングスに対する考え方によって決まってくるものであるが，最近は①に重点を置いたグラウチングがなされている。

しかし，岩盤の性状によっては②の考えを取り入れないとグラウチングの範囲がエンドレスに近くなるダムも出て来ている。グラウチングは本来必要な範囲を，必要とされる改良目標まで改良すれば十分なものと考えられ改良目標に関してb）の後段で述べた考えとともに②の考えをつめていくことが必要である。パスレングスの考えについてはキレツ性岩盤については理論的な検討が遅れており，軟岩，未固結層についても，判断手法の評価が定まっていない。パスレングスは，動水勾配とほぼ同じ意味を持つものであり，改良目標で述べた今後の主要課題の一つであろう。

**d）グラウチングの管理**

合理的なグラウチングの実施のためには，日々の注入データ及び水押しから判定される透水性の改良状況を把握し，次のグラウチングに反映していくことが必要である。

しかし，日々ぼう大な量のデータが出てくるわけで，これを的確に分析，判断していくことは非常に大変である。このため電算の利用が考えられるが，インプットデータを手作業で行うのでは，将来の解析には役立つとしても，日々の管理には不適当である。このため，本指針では「参考」に入力データをカセットテープに記録し，所定のフォーマットにアウトプットする方式を取りあげ，フォーマット様式の例を示している。

**e）効果の判定**

グラウチング効果の判定には，従来から次数毎のルジオン値超過確率図，セメント注入量超過確率図，次数別平均ルジオン値図，次数別平均セメント注入量図等が用いられているが，これらとともに個々の注入データ，先行孔と後行孔との関係がわかる様な，施工データによるルジオンマップ，セメント注入量マップ（ステージ毎のデータを記した図面）が最終的に必要である。なお，最終的な改良状況はチェック孔によるものとしているが，チェック孔の位置，方向は機械的に決めることなく，地質状況，グラウチングの施工実績を考慮して決めることが大切である。またチェック孔によりチェックできる範囲はおのずと限度があるので，最終次数孔のデータも，最終的な改良状況を判断するうえで重要なものである。さらに最終次数孔に対する追加孔あるいはチェック孔の改良状況からチェック孔からはずれた箇所についても改良目標を上廻っているステージに対しては，最終次数孔注入後の状況をある程度推定することは可能であろう。

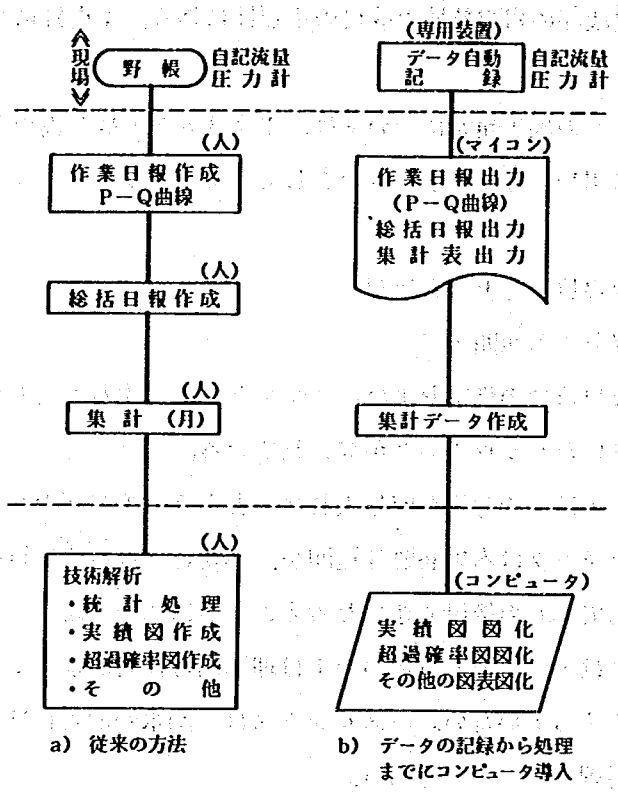
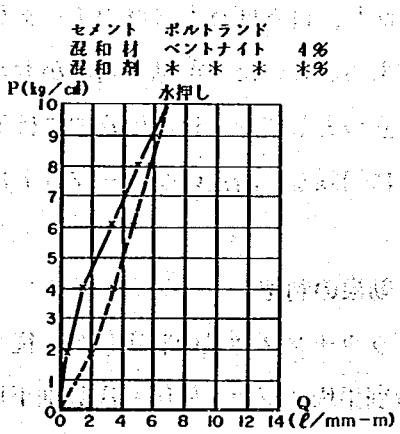


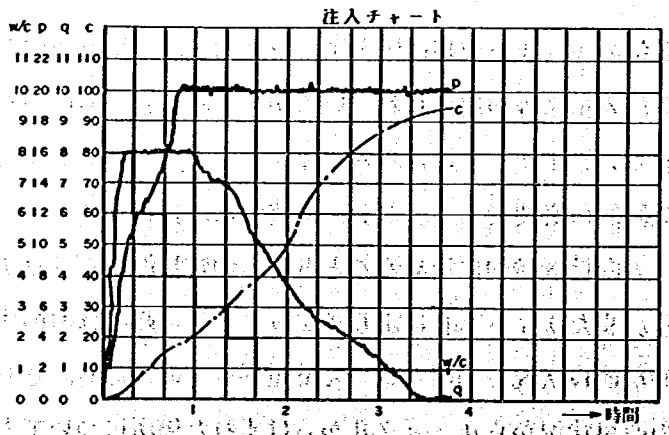

図1　グラウチング作業の施工管理

工　種：カーテングラウチング
施工日：57. 7. 10

| ブロック | 孔番号 | 次数 | ステージ | 上端深度(m) | 区間長(m) | 削孔方法 | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 18B | 221 | 3 | 10 | 45 | 5 | ロータリー | ジョウリュウコウ |

| | | 当該孔 | 上部ステージ孔 | 隣接孔1 | 隣接孔2 | 隣接孔3 | 隣接孔4 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 水押 | ルジオン値(Lu) | 7.0 | 11.2 | 9.8 | 8.5 | * | * |
| | 限界圧力(kg/cm²) | * | * | * | * | * | * |
| 注入 | 注入最大圧力(kg/cm²) | 20 | 20 | 20 | 20 | * | * |
| | 総セメント注入量(kg) | 475.0 | 480.0 | 465.0 | 260.0 | * | * |
| | 単位セメント注入量(kg/m) | 95.0 | 96.0 | 93.0 | 52.0 | * | * |
| | 圧力規制開始時配合(W/C) | 4 | 4 | 4 | 4 | | |




w/c：水セメント比　p：注入圧力(kg/cm²)　q：注入速度(ℓ/min・m)
c：単位セメント注入量(kg/m)

注入中断の有無ナシ
リークの有無ナシ
注入圧力の急減ナシ(　＊kg/cm²→＊kg/cm²)
セメント注入量の異常ナシ(C/Lu＝＊)

各次数孔注入実績平均

| | パイロット | 1次孔 | 2次孔 | 3次孔 | 4次孔 |
|---|---|---|---|---|---|
| ルジオン値(Lu) | 15.3 | 15.2 | 12.3 | * | * |
| 単位注入量(kg/m) | 120.6 | 100.3 | 80.9 | * | * |

当該孔注入実績

| | 改良目標値 | 注入実績 | 判定 |
|---|---|---|---|
| ルジオン値(Lu) | 2.0 | 7.0 | * |
| 単位注入量(kg/m) | 20.0 | 95.0 | * |

図2　グラウチング工事施工管理報告書（例）

# 1—2　ルジオンテスト施工指針(案)

土木研究所　地質研究室
室長　　桑　原　啓　三

# (第)指針工献すべて本ページ　(一)


[illegible]　[illegible]
[illegible]　[illegible]　[illegible]　[illegible]

# ルジオンテスト施工指針（案）の改訂

## はじめに

ダム基礎岩盤の透水性の評価を行い，ひいては遮水性改良のためのグラウチング結果の評価等を行うための透水試験方法として最も良く用いられているのがルジオンテストである。地盤の透水試験方法としては，ピットによる方法，ボーリング孔を利用する方法等各種の方法があるが，地下水位以下の割れ目を流れるような岩盤の透水性，特にダム基礎岩盤のように高い圧力のかかる岩盤の透水性を求めるには，圧力水を注水するルジオンテストが多く実施されている。

ルジオンテストの実施方法については，建設省河川局監修の下に，昭和52年にルジオンテスト施工指針（案）として制定されている。この指針（案）（以下前指針と呼ぶ）は，土木研究所地質研究室が中心となり，各地方建設局，北海道開発局，沖縄総合事務局の協力を得て，ルジオンテストの実態調査を行い，その結果に基づいて一般的な状況を想定して作成されたものである。

前指針は，制定の趣旨を踏えて，建設省関連はもとより農林省，電力関係においても広く使われてきた。しかし，前指針制定後最近の技術の進展により，前指針制定の基礎となったような堅硬な岩盤ばかりでなく，きれつ性の岩盤あるいは軟岩などダム基礎岩盤は多様化し，また統一して試験を行うようになったため，新たに検討すべき問題が生じ，さらに試験方法などに新しい工夫などが行われるようになってきた。

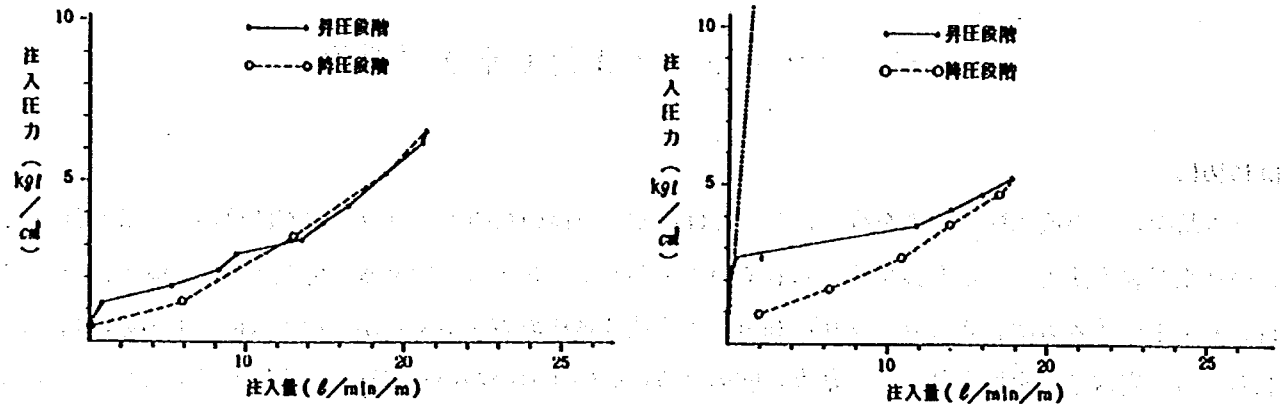
このようなことから，指針制定後6年を経た現在，より適用範囲を拡げ，適正な基準となるように，前指針に技術的検討を加え，改訂したのでここにその概要について報告する。なお，改訂作業は建設省河川局開発課，土木研究所，水資源開発公団，(財)国土開発技術研究センターによって行われた。改訂指針は58年12月頃(財)国土開発技術研究センターにより発刊の予定である。

## 1. 指針の位置づけ

前指針が制定された当時は，フィルダムが計画・施工されているとはいえ，未だコンクリートダムが主体であり，前指針はコンクリートダムの基礎岩盤となるような比較的堅硬な岩盤を対象としていた。このような堅硬で割れ目のみを水が流れるような岩盤では，パイプフローが主体であり，このような岩盤では高圧水を注入するルジオンテストが最も簡便であり，また遮水性改良のためのグラウチングでも同様な高圧注入を行うのが一般的である。

しかし，ダム基礎岩盤として多く選定されるようになってきた軟岩では，岩盤を構成する粒子間を水が流れることもある。また軟岩の一部には限界圧力が極めて低いために限界圧力を超えて試験しているのかあるいは図－1に示すようにルジオン値は大きいのか小さいのか，限界圧力は何 kgf/cm$^2$ なのか判断し難いものがある。このような軟岩岩盤ではルジオンテスト以外の透水試験も実施されたり，小さい圧力で，かつ圧力制御を精度良く行って試験したりしている。

このような軟岩においても，ダム基礎深部における透水性の調査はボーリング孔を用いた透水試験以外




(a) 通常のルジオンテストによる方法　　(b) 精密な圧力制御のもとでの $p-Q$ 曲線

図－1　軟岩での測定例

に適当な試験方法がないので，現在ダム基礎岩盤の透水性の評価はルジオンテストによっている。限界圧力の低い軟岩では，ボーリング孔を利用した透水試験方法以外に，ピット法等により透水係数を求めることも多いが，圧力段階の小さな領域では両者の値は比較的よく対応している。

このようなことから，指針(案)は，硬岩はもとより，きれつ性の岩盤，軟岩などのダム基礎岩盤の透水性の調査に適用する。なお，軟岩における浸透流がダルシーフローの場合もあり，かつ限界圧力が小さい場合が多いので，軟岩の場合は，ルジオンテストと合わせて，ダルシーの法則に基づく透水試験を実施することも検討することが必要と思われる。

## 2. 改訂の要点

以下に改訂の要点とその技術的背景について述べるが，主な改訂点は表－1に示すとおりである。

### 1）調査の範囲

前指針における調査の範囲は，調査初期段階において全ボーリング孔，中期段階で図－2(a)の範囲としていたが，改訂指針では，図－2(b)に示すように，調査の初期段階における標準的なルジオンテストは，概ねダム高相当程度の深さまでとすることとした。

ルジオンテストは，ダムサイトの地質調査において，基礎岩盤の評価をし，それに基づいてダムの位置の選定，掘削線の決定，浸透流の抑制および基礎岩盤の緩みの改良等のためのグラウチングの計画，施工結果の判定等のために行われる。

ルジオンテストによる透水性把握の調査は，ダムサイトの地質調査と平行して行われるが，ルジオンテストによる調査範囲は次のような要素を考慮して決定されるべきである。すなわち，旧河床砂礫等のような基礎岩盤の透水性状と密接な関係を有する地質構造，カーテングラウチングの改良目標ルジオン値以下となる岩盤深度および両岸の地下水位が貯水池の水位と等しくなる範囲を考慮すべきである。

このような点を考慮し，さらに最近のダム基礎岩盤はダム高に比較して好条件の所が少なくなり，前指針の調査深度では改良目標ルジオン値が確認されない場合が多くなっていることを考慮し，図－2(b)に示

表－1　指針の主な改訂点

| 項　目 | 前　指　針 | 改　訂　指　針 |
|---|---|---|
| 調査範囲 | 調査中期段階においてダム高の1/2相当程度 | 調査初期段階においてダム高相当程度 |
| ポンプ | 十分な吐出容量・圧力を持つもの | 吐出容量　150l/min 以上<br>吐出圧力　15kgf/cm² 以上 |
| 圧力計 | 最小目盛 0.5kg/m² 程度 | 容量最大注入圧力の 1.5倍程度，<br>精度 JIS 1.5級 |
| 試験孔の位置 | | （追加）孔口位置の保存 |
| パッカーの設置 | | （追加）注入管内の空気抜き |
| 注入圧力パターン | 昇圧・降圧 4段階以上 | 昇圧 5段階以上，降圧 4段階以上，最大注入圧力は予想される限界圧力の 30～50％増 |
| 注入の測定 | 10分間 | 5分間 |
| 地下水位 | なし | 毎朝の孔内水位を当日の地下水位 |
| 損失水頭係数 | $10^{-4}$min²/l² | $7\times10^{-5}$min²/l² |
| ルジオン値の計算 | | 計算法を削除 |

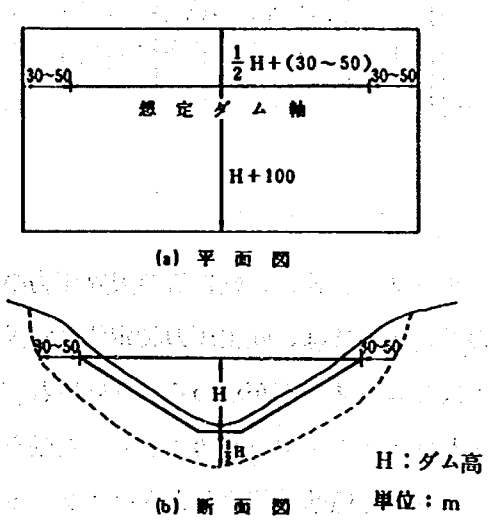
すような調査範囲を調査初期段階における標準的な調査範囲とする。もちろん，地質状況，例えば割れ目の発達具合，岩質，地質構造，浸透路長などから判断して調査範囲を決定する。

2）使用機器

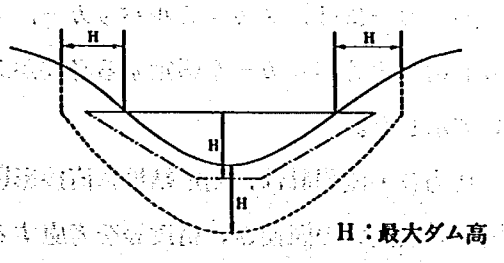
ルジオンテストに用いる主要な機械は，ポンプ，パッカー，圧力計，流量計である。前指針では，ポンプは十分な吐出容量と圧力を持つもの，圧力計は最小目盛0.5kg/cm² 程度としていたが，改訂指針では，ポンプは吐出容量 150l/min以下のもの，圧力計は JIS 規格 1.5級以上のものを使用することとした。

また，パッカーについては解説で新たにパッカーの地質への適合性について加え，流量計は電磁流量計も使うことにした。

ポンプは，試験の結果を決定づける最も重要なものであり，適正な吐出圧力および吐出容量を有するものを使用する必要がある。ルジオン値は，注入圧力 10kgf/cm² における注入量 l/min/mである。前指針では，後述するように，ロッドの中を水が流れる時の管内損失水頭によって有効注



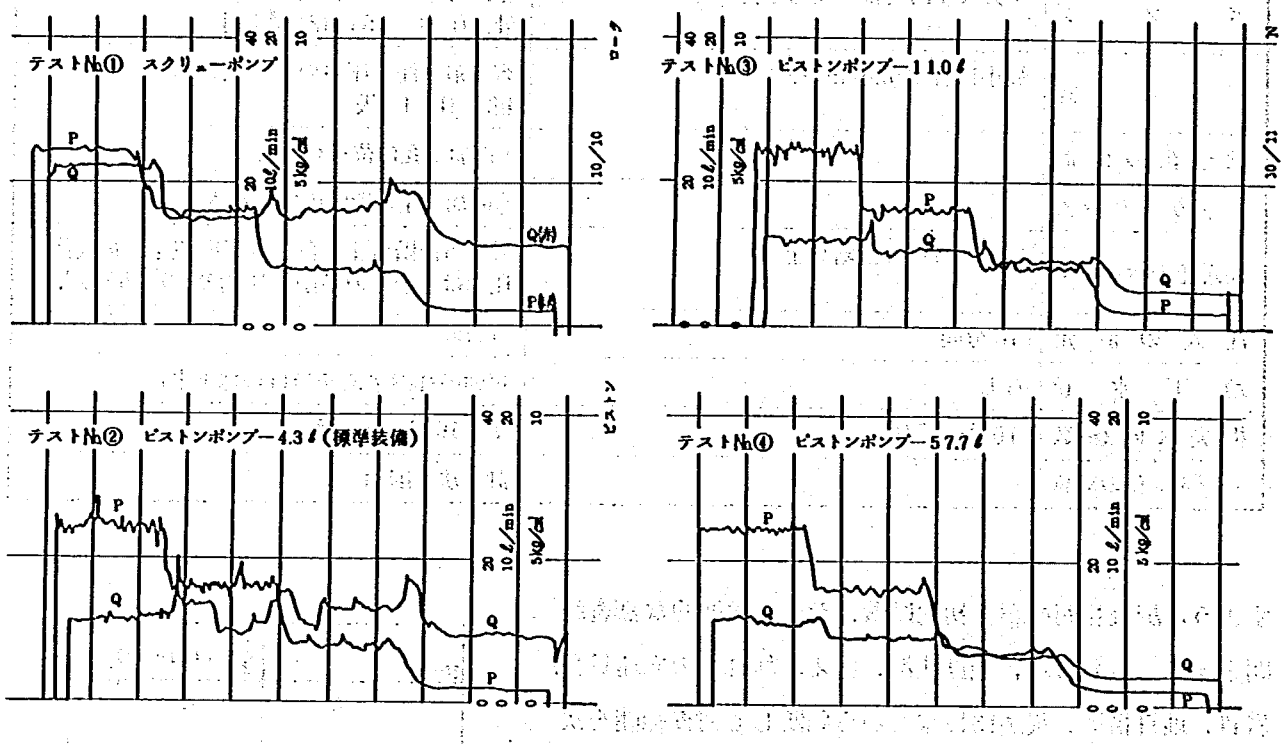

(a)　前指針における中期段階




(b)　改訂指針における初期段階

図－2　標準的な調査範囲

入圧力を求めるようにしている。この管内損失水頭は，ロッドの形状・新旧，ロッドの長さ（継手の数）等によって変わるが，最も影響の大きいのは流量であり，流量の2乗に比例して大きくなる。このことより実用上意味のあるルジオン値は 20～30 Lu までと言われており，注入区間を標準的な 5 m とすると，ポンプの吐出容量は 150 l/min 以上が必要である。




図－3　ポンプの脈動

ポンプの脈動は，軟岩等の限界圧力の低い岩盤では大きな影響を及ぼす。すなわち，軟岩等の限界圧力の低い岩盤では，吐出圧力設定値は限界圧力を超えていなくてもポンプ脈動のピーク値が限界圧力を超え正確なルジオン値が求められない恐れがある。したがって，できるだけ脈動の少ないポンプを用いるか，またはエアチャンバ等によって脈動を少なくするようにする。図－3には，一般に使われているピストンポンプと標準装置より大きいエアチャンバーを取付けた場合およびスクリューポンプの脈動の事例を示す。

パッカー部周辺は，動水勾配が最も急となり，かつ岩盤とパッカーの適合性が悪いと漏水の危険がある。

パッカーには，メカニカルパッカー，エアパッカー，レザーパッカー等多くの種類のパッカーがあるが，最も適合するパッカーを選定する必要があろう。このため改訂指針では各種パッカーの適合する地質について示した。

圧力計・流量計は，測定結果に直接影響を与えるため精度の良いものを用いる必要がある。圧力計は現場での取扱いの簡便さ，精度等を考慮すると，JIS 規格 1.5 級程度以上が望ましい。流量計は，一般に試験区間長 5 m で行われていることを考慮すると，測定精度 1 l のもので十分である。近年，小型の電磁圧力流量計が製作されており，これを用いると試験の解析はもちろん，試験時の管理等にも便利である。

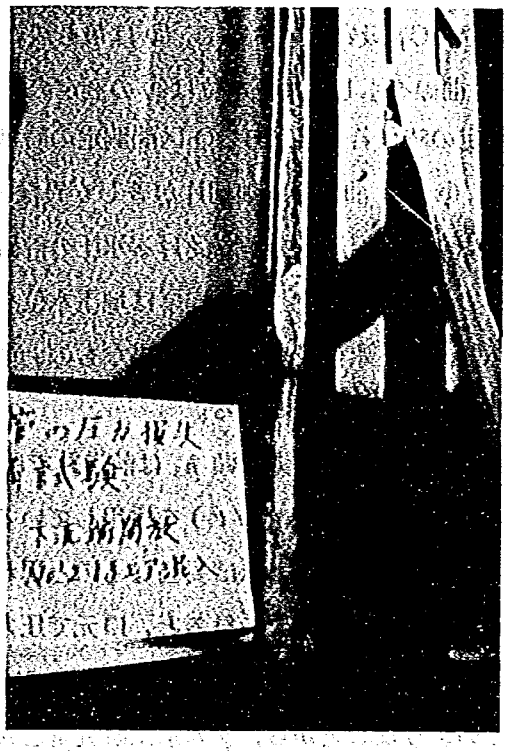
3）測定

測定における注入圧力パターンは，前指針では昇圧，降圧ともに4段階としていたが，改訂指針では昇圧5段階，降圧4段階以上とし，最大注入圧力は，限界圧力の低い岩盤では予想される限界圧力の 30～50％増とすることにした。

試験区間長は原則として5mとし，シングルパッカー法で行う。パッカーのセット前は十分水を流し管内の空気を抜いておく必要がある。室内実験結果（写真－1）によると，管内に空気が残っていると満管流の時に比べて著しく流量は低下し，極端な場合は自由落下のように流れ，ポンプ吐出圧力を高くしてもロッド先端では圧力0となり，流量はほぼ一定になる。

注入圧力パターンは，ルジオン値，限界圧力を正確に求めるために，昇圧は少なくとも5段階以上とし，口元最大注入圧力は有効注入圧力，当該試験前のルジオンテスト結果を参考にして決定する。最大注入圧力は，岩盤に無益な害を与えぬよう限界圧力を大幅に上回らないように決定するが，ポンプの制御能力もあり，限界圧力が低い場合は限界圧力の30～50％増程度であろう。

注入量の測定時間は，注入量が安定しているならば，5分間程度で十分である。



写真－1　管内に空気が残っている時の流況

4）解析

解析に用いる管内損失水頭係数を前指針 $1\times10^{-4}\mathrm{min}^2/l^2$ から $7\times10^{-5}\mathrm{min}^2/l^2$ に変更した。また毎朝作業開始前に孔内水位を測定し，その水位を地下水位とすることとした。

解析に当っては，口元圧力を地下水位，管内抵抗等の補正を行って，式(1)で有効注入圧力を求める（図－4）。

$$P = P_0 + \gamma_w (h_1 - h_2 - h_3) \qquad (1)$$

ここに，$P$ ：有効注入圧力（kgf/cm²）

$P_0$ ：口元圧力（kgf/cm²）

$h_1$ ：圧力計から試験区間の中点までの標高差

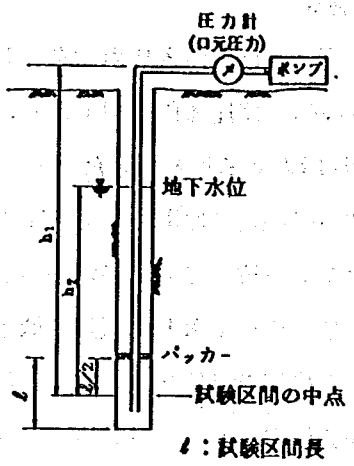
$h_2$ ：地下水位から試験区間中点までの水頭（m）

$h_3$ ：管内抵抗による損失水頭（m）

$\gamma_w$ ：水の単位体積重量（0.1 kgf/cm²/m）

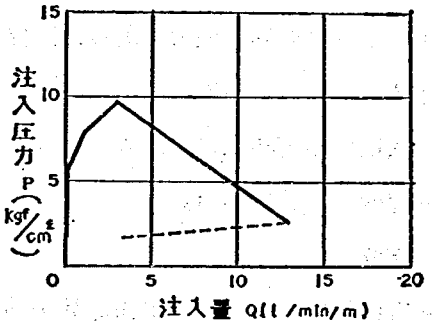
式(1)において，$P_0$ は圧力計で測定し，$h_1$ はボーリング深度によって求められる。$h_2$ を求める地下水位は，本来試験区間に作用する地山からの水圧を考慮しなければならない。このためには，パーカーセット後内管の水位の測定あるいは圧力センサ等によって直接測定するのが望ましい。しかしながら，孔内水

の安定には長時間を要するため，毎朝作業開始前に孔内水位を測定し，これを解析に用いる地下水位とする。なお，作業開始前に水位が高くてもボーリングの進行によって孔内水位が下がる時があり，この場合はその変動を調べて孔内水位が下がった時点以深の解析に当ってはその水位を用いる。さらに，最終的なルジオンマップを描くような場合には1本1本のボーリング孔の水位でなく，全体的な地下水位を考慮して再解析すべきであろう。これは注入圧力，注入量曲線（$P-Q$曲線）において，図－5に示すように，初期の直線部分が原点を通らないことの解釈の仕方の1つの方法である。図－5は，砂岩及び砂岩頁岩互層の $C_M$～$C_H$級岩盤において，ⓐは最も浅い所，ⓒは最も深い所の $p-Q$ 曲線を示し，地下水位はⓐの測定の時は浅い所にあり，ⓑ区間測定の時は若干下がり，ⓒ区間測定の時は大幅に下がった。




図－4　有効注入圧の求め方

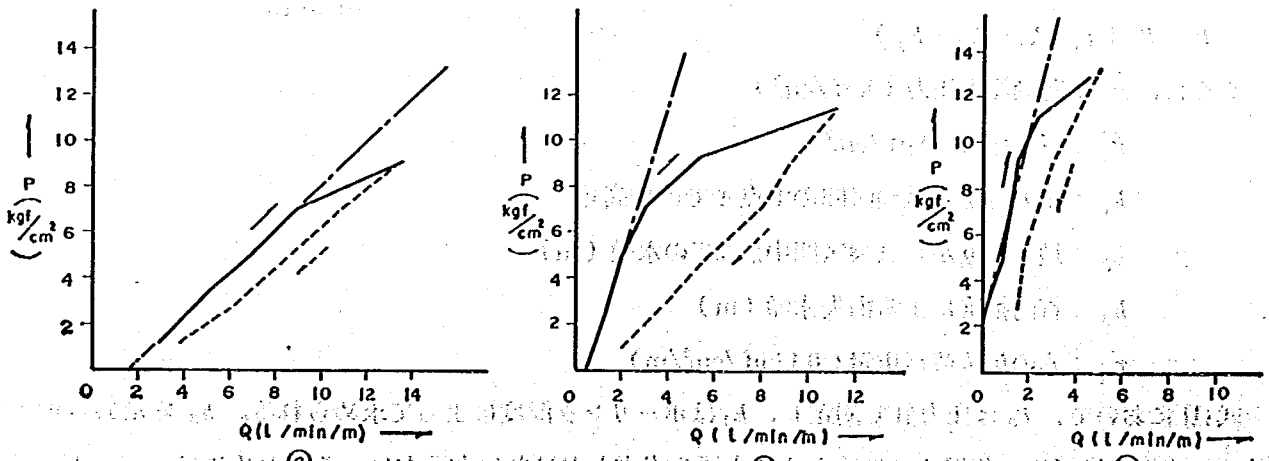
ⓐ，ⓑ，ⓒ曲線の $p$ 軸切片が著しく異なっているのは地下水，すなわち周辺地山から受ける水圧の評価が十分でなかったためと思われる。すなわちⓐは地下水位を高く評価したため，ⓑは地下水位評価がほぼ妥当なもの，ⓒは地下水位を低く評価したためと思われる。




図－6　測定注入圧減少の例

管内抵抗による損失水頭 $h_3$ は前指針では，1m当りの損失係数として $10^{-4}(\mathrm{min}^2/l^2)$ を採用している。この値は実験で求めたものであり，ほぼ妥当なものと思われるが，数多くルジオンテストの結果を見ると，口元で圧力を上げ，注入量は増加したにもかかわらず，$p-Q$ 曲線では有効注入圧力は下がる傾向が見られることがある(図－6)。

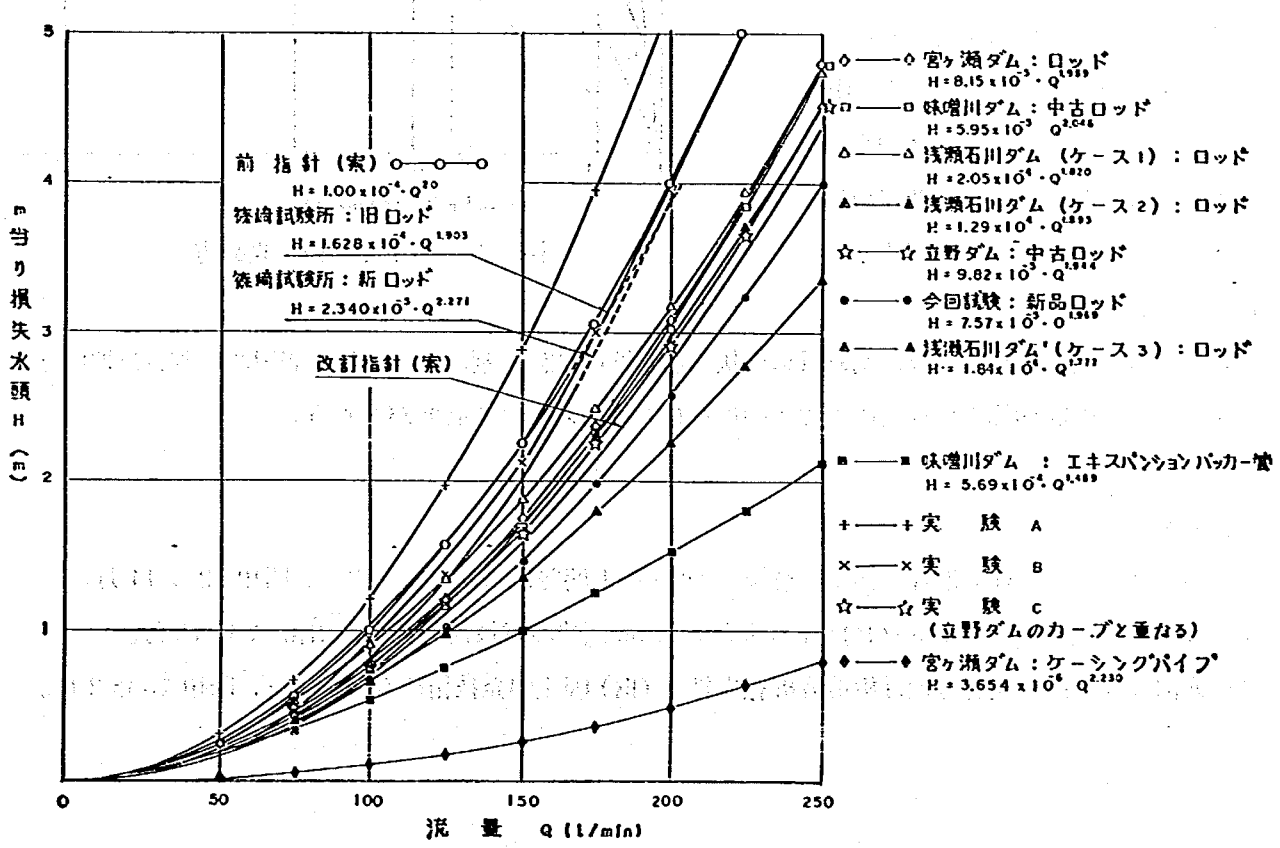
このようなことから，ダム水工研究室と共同で再度管内損失抵抗を求める実験を実施した。実験の詳細




図－5　$p-Q$ パターン例

については別報にゆずるが，前述のように管内に空気が残っていると管内損失は著しく大きくなること，流量が大きくなると，試験区間部で著しい圧力低下を生ずること，ロッドの継手の数が最も管内抵抗に影響があることが判った。

さらに今日まで行われた同様の試験結果を収集し，これらの試験結果から判断すると，現場において管内抵抗による損失水頭を求める試験を行わない場合には，継手間隔3mのロッドを使用する時は図－7に示すように，損失水頭係数として $7\times10^{-5}(\mathrm{min}^2/l^2)$ 程度が妥当であると思われる。




図－7　ルジオンテストにおける管内抵抗試験例

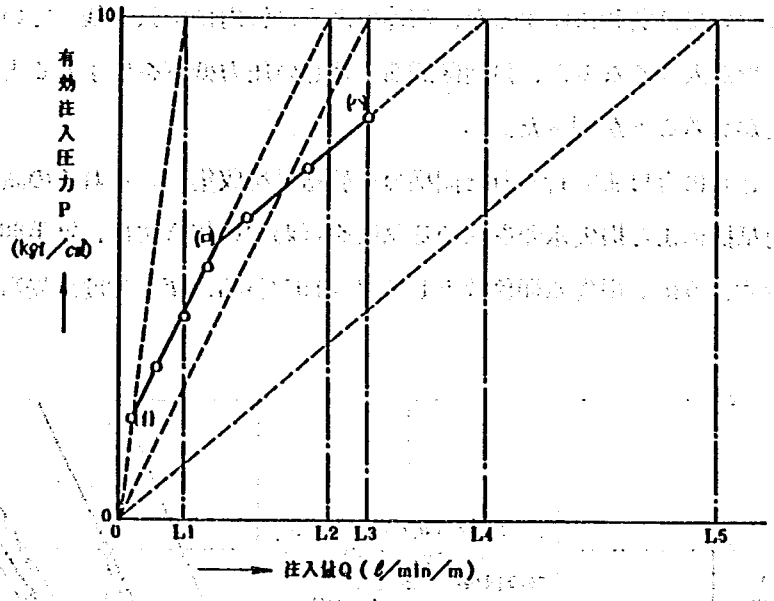
以上のような補正を行って図－8に示すような $p-Q$ 曲線を得たとすると，ルジオン値は0－(イ)を伸ばして求める方法（$L_1$），(イ)－(ロ)を伸ばして求める方法（$L_2$），原点を通り(イ)－(ロ)に平行なもの（$L_3$），(ロ)－(ハ)を伸ばして求める方法（$L_4$），原点を通り(ロ)－(ハ)に平行なもの（$L_5$）の5ケースが考えられるが，最初の直線部分(イ)－(ロ)を結び，その延長と有効注入圧力 10kgf/cm² との交点の注入量（$L_2$）をルジオン値とする。

## おわりに

ルジオンテストは，ダム基礎岩盤の透水性を評価する主要な方法であり，また簡便な方法である。そのため多くの現場で使われ，多くの創意工夫がなされている。前指針が硬岩主体であったため，基礎岩盤が

多様化している現在不都合な面もあり，改訂を行った。改訂指針は適用範囲を拡げるよう使用機器，昇圧段階等に検討を加え，さらに地下水位のとり方を決め，管内損失水頭について検討を加えた。

ルジオンテストで求めた $p-Q$ 曲線は岩盤中の割れ目の性状を表わしていると思われる。しかし，岩盤中の割れ目を通しての浸透流に関する研究は進んでおらず，$p-Q$ 曲線の形による透水性の違いも十分理解することができない。




図－8　ルジオン値の求め方

このような点を踏えて，今後割れ目の性状と透水性の関係，割れ目の性状の表現法，割れ目性状とグラウタビリティの問題等を理論的にも実験的にも検討を加えていく必要があろう。

参考文献


1）ルジオンテスト施工指針（案）同解説：（財）国土開発技術研究センター，昭和52年11月。

2）ダム基礎岩盤グラウチングに関する研究：第36回建設省技術研究会，昭和57年10月。

3）寒河江ダム貯水池周辺地質構造解析報告書：（財）国土開発技術研究センター，昭和56年2月。

# 質　疑　応　答

**質問（永山）**　一点お聞きしたいのですが。図の8でルジオン値を求める方法として，直線部分を延長して10kgf/cm$^2$ のラインとぶつかった所を採ると，こういうふうな形であらためられたとお聞き致しました。現場でいろいろルジオンテストしてこまったことは，図の5の様に原点を通らないということがありまして，この原因として地下水の補正がまちがっているんじゃないかと，そういうことが考えられるのです。例えば図の5でそのまま作業した場合図5の@だとか©とかいうのは，地下水の補正がまちがっていたと考えますと，ルジオン値はあやまって判断する様なことになるのではないかと思うのです。この地下水の補正と，それから初期の勾配を取って10 kgf/cm$^2$ とぶつかった所でルジオン値を求めるという，今回きめられたやり方との関係をもう少し説明していただきたいと思います。すなわち，その原点を通るということが本質だとすると，$L_2$ よりも $L_3$ の方がいいんじゃないかという気がするんですが，その辺の所について，御説明できれば，お願い致します。

**桑原**　本来ならば，地下水の補正等様々なことが，この原点を通らないことに関連した誤差として考えられるのですが，一番大きいのは確かに地下水の補正と言えると思います。地下水位を十分につかむことができない状況で，とりあえずルジオン値を求めるときは，図－8で示す最初の直線部分を採用する。もう1つOと(イ)を結んだ線が最初の直線部分になる様な感じを受けるんですが，その部分でなく(イ)と(ロ)を結んだ線を最初の直線部分としてとりあえず取っておこうということです。その後，データがたくさん集まってくると問題が明確になり，先程説明しました様に最終的なルジオンマップを描く場合，再解析をして，もう一度全体の地下水位を考えて，それで再評価をする。それで最終的なルジオンマップを作成しようというのが主旨でございます。

これは一つのボーリング孔というようなことを前提として頭においているものですから，一つのボーリング孔では，なかなか地下水位の補正が十分できないので，そのまま孔内水位でとりあえず計算しようというのが主旨でございます。

# 1—3 落石対策便覧

土木研究所

砂防部長　安江朝光

動土質研究室長　佐々木　康

# 被申請人準備書面 第一

被申請人日本国

代表者法務大臣　[illegible]

指定代理人　[illegible]

# 落石対策便覧について

## 1－1　便覧発行のいきさつ

自然現象を対象とする防災対策，特に道路災害上頻度の高い落石対策については，工学的に未解明の点が多く，その設計，施工の手引となるようなものの刊行が道路管理を担当する第一線の技術者から強く望まれていた。

日本道路協会道路土工委員会では，数年前から「雪および落石等の防護施設小委員会」を設け，過去の落石事例の検討，落石対策の実態の把握，落石現象に関する実験などの調査研究成果の検討をすすめ，このほど「落石対策便覧」の発刊に至った。

この便覧は，落石対策のための調査および設計について，主として既往の資料や文献等をもとに，できる限り体系的に整理したもので，現場の技術者が処理判断を行う際の参考となるよう，事例も含めてとりまとめている。

落石対策に関する技術はいまだ調査研究の途上にあるため，研究段階のものもあえて収録しているが，これは幅広い情報を提供するとともに，今後の技術開発に役立てようと試みたものである。

〔参　考〕　技術基準等の日本道路協会刊行図書の名称について

(1)　技術基準・同解説

調査，計画，設計，施工等に関する事項で，政省令，通達等で，一般的技術基準として定められているものの内容の理解に資するため，本協会において，当該技術基準の解説を取りまとめたもの（示方書を含む）。

(2)　要綱・指針

調査，計画，設計，施工等に関する事項で，当該事項が日進月歩が予想されるため，又は理論が未だ確立されていないため，画一的な遵守事項とすることは不適合であるが，現段階ではそれによることが最も適当であると考えられる事項を取りまとめたもの。

なお，特定の限定されたテーマに関するものには，「指針」，広い範囲のテーマに関するものには，「要綱」と附す。

(3)　便　覧

調査，計画，設計，施工等の日常業務の参考に資するために，文献，資料等を取りまとめたもの。

## 1－2　適用上の留意事項

本便覧の適用に当たっては，次のような事項に配慮することが必要である。

(1)　落石現象は複雑な自然現象であり，一様なものではない。

したがって，本便覧で述べる落石現象は一般的なものにとどまらざるを得ず，過去の経験等を超える条件となる場合などには，特に多方面からの検討が必要となる場合も生じる。

(2) 大規模な落石，崩土現象についてはふれていない。

大規模な落石や崩土現象は，通常規模の落石現象以上に不明なため，本便覧に収録できるほど知識，経験が蓄積されていない。

(3) 落石対策の内容は現地の状況に応じた対応が必要である。

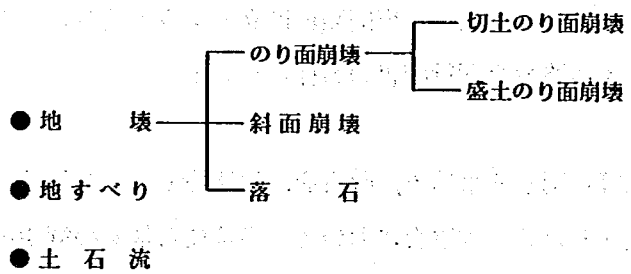
本便覧で扱った落石危険度の判定や落石対策工の計画は，過去の経験等に基づいた成果をいわば集約したものであるが，それぞれ現地の条件に応じて左右される要素が大きいことを忘れてはならない。本便覧の内容は決して「基準」ではないことを理解し，適切な応用動作によって本便覧の内容をメニュー的な参考として，現地の状況に応じた対策を講ずることが必要である。

## 1－3 用語の解説

(1) 斜面およびのり面

斜面とは，大量の土工を施工していない地山そのものの形態を有している自然斜面をいい，のり面とは，自然斜面から土工によって生じた人工斜面である切取のり面，盛土のり面をいう。

(2) 崩壊，地すべり，土石流，落石




崩壊，地すべり，土石流の特徴

| 崩　壊（広義） | 地 す べ り | 土 石 流（広義） |
|---|---|---|
| 移動速度が急速である。<br>落石を除く崩壊（狭義）では，移動土（岩）塊の擾乱が激しい。 | 移動速度が緩慢である。<br>移動土塊が原形を保っている場合が多い。<br>すべり面が存在する。 | 移動速度が急速である。<br>流体の運動に近い土砂流，泥流と，流体の運動と土(岩)塊の移動との中間的な土石流（狭義）に分けられることが多い。<br>沢部の堆積物が，礫を主体とする時はその移動は落石に近いものになることがある。 |

(3) 落石および斜面崩壊

落石とは，岩盤の岩目（岩盤中に発達する節理，片理，層理等の割れ目）が拡大し，岩塊や礫がはく離したり，表層堆積物，火山噴出物，固結度の悪い砂礫層の中の岩塊，玉石，礫が表面に浮き出して斜面より落下する現象をいう。落下した岩塊等も落石ということが多い。

斜面崩壊とは，一般に大量の土砂および岩石が斜面より崩壊する現象をいう。斜面より崩壊した土砂を崩土という。

岩石を主とする崩壊は，落石と類似しており，確たる区分はないが，落石とは，個数で表現できる少量

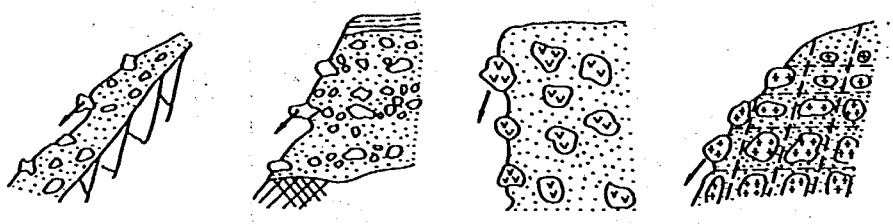
のものをいい，岩石崩壊とは，体積で表現される大量のものをいう。

しかし，小規模な岩石崩壊はその対策を考えた場合，落石と同じように取扱われることが多い。

### 1－4　落石の発生機構

落石の発生機構により，落石の発生形態を次の二種類に分ける。

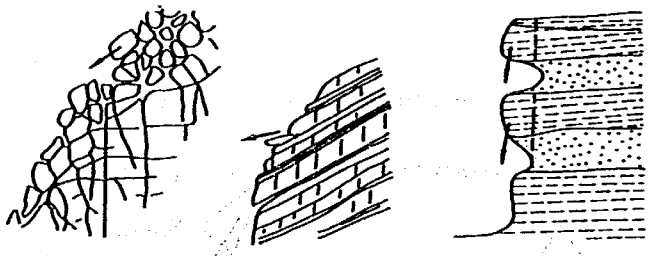
(1)　抜け落ち型落石（転石型落石）



(a) 崖すい性堆積物（落石の形状，亜角礫～角礫）　(b) 段丘礫層（落石の形状，円礫～亜円礫）　(c) 火山砕せつ物（落石の形状，円礫～角礫）　(d) 風化花こう岩類（落石の形状，円礫～亜円礫）

抜け落ち型落石の発生形態

(2)　はく離型落石（浮石型落石）

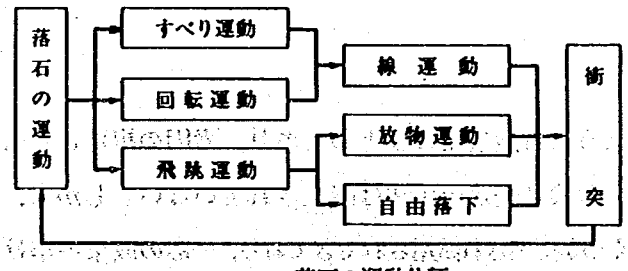


(a) 節理・き裂の発達している岩　(b) 層理・き裂の発達している岩　(c) 硬軟著しい差のある岩の互層

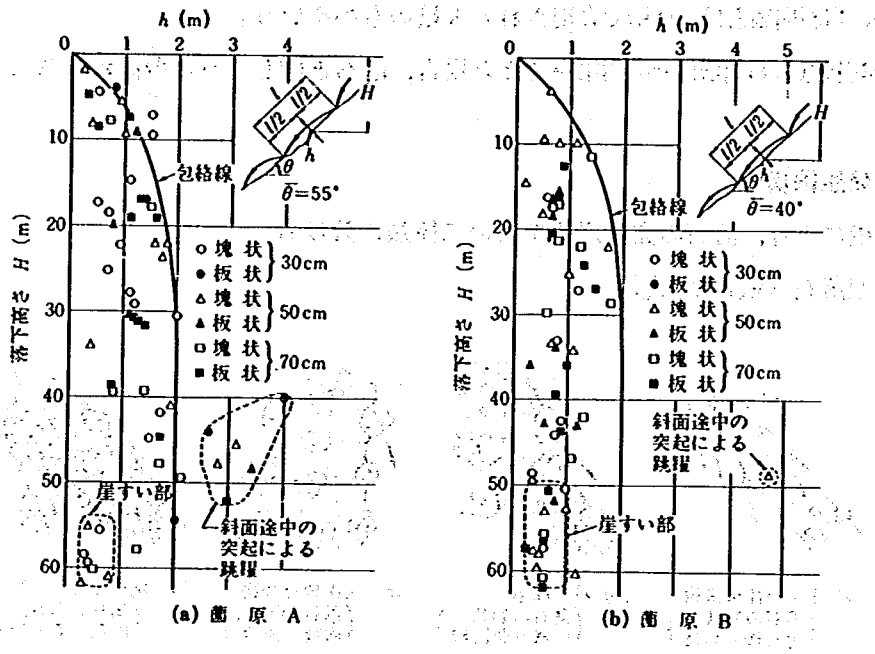
はく離型落石の発生形態

### 1－5　落石の運動形機構

落石の運動を次の表に，また，落下高さと跳躍量の関係を次の図に示す。



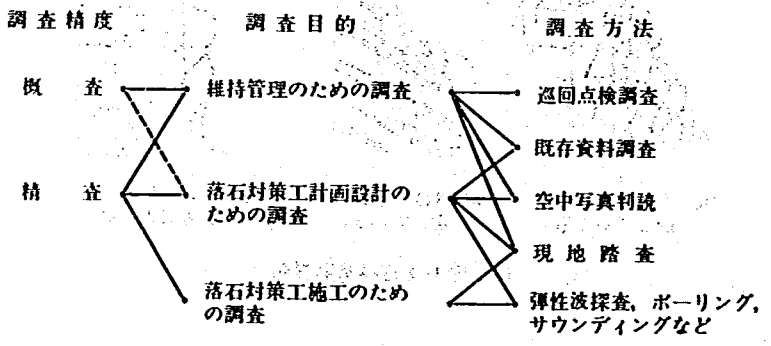

落石の運動分類




落石の跳躍量と落下高さ

## 2－1　調査の目的と手順

調査の目的と手順を次にまとめる。




## 2－2　土質・地質の調査

道路土工指針と重複する部分が多いので便覧では落石に焦点をしぼって述べている。

## 2－3　落石の危険度判定

落石現象は，1－2で述べたように自然現象のひとつであり，素因の複雑さと誘因の多様さにより画一的な取扱いが困難なため，落石の危険度判定の手法は確立されていない。しかし，既往の落石事例の検討に基づいた危険度判定手法がいくつか提案され試用されてきており，一応の成果を挙げつつある。ここに紹介する落石の危険度判定手法は，このような現状を踏まえて一応のガイドラインを示すものであるが，落石の危険度判定に当たっては以下の事項に留意することが必要である。

① 何時の時点あるいはどのようなための危険度判定か ― 判定結果の用途，精度。

② 判定時の調査手段はどのようなものが使えるか ― 経費，時間にどれだけ費やされるか。

③ 誘因の対象範囲 ― ここで一番問題となるのは地震を考慮するか否かということである。

④ 既往および他の判定法との整合性。

危険度判定と調査方法

| 危険度判定の種類 | 危険度判定時の調査の精度 | 調査方法*2 |
|---|---|---|
| ルート全体に対する総括的な危険度判定 | 概査 | 既征資料，空中写真，現地踏査，交通量データ |
| 現地踏査による危険度判定*1 | | 現地踏査，空中写真 |
| 特に詳細な調査に基づく危険度判定 | 精査 | 現地踏査，物理探査，ボーリング，サウンディング，岩石試験，変状調査（クラック，浮石の移動など） |

＊1. 日常の巡回点検も含まれる。
＊2. 各方法が必ずしもすべて用いられることはない。むしろ，すべて用いられるのは現状ではまれである。

また，落石が発生した場合，交通障害や施設被災に結びつく危険度についても検討しなければならない。

## 3－1 落石対策の基本的な考え方

### 3－1－1 概説

落石対策工には，落石の発生が予測される斜面内の浮石や転石をとり除いたり，斜面に固定する落石予防工と，斜面から転落あるいは落下してくる落石を，道路際あるいは，道路上に設置した施設で防護する落石防護工とがある。また，地形や道路状況によっては，トンネルや部分的に迂回する方策を検討する必要がある場合もある。

通行規制による落石対策は，落石の発生により交通が危険であると認められる場合に，区間を定めて道路の通行を禁止し，また制限することにより災害を防除しようとするものである。

落石対策を計画するにあたっては，落石の発生の予測がむずかしいことに加え，万一の落石の発生に備えてすべての道路を落石予防工や落石防護工だけで防御することは，社会的，経済的にも得策であるとは言い難いし，用地条件等により，道路管理者の側で対応できない場合もあり，また，落石対策工によって，落石による災害を完全に防止し得ない場合もあることに留意する必要がある。

したがって，落石対策の基本的な考え方としては，路線の性格や予想される落石の規模，落石の発生確率，被災の頻度やその状況等を考慮して，落石予防工や落石防護工を設置して落石による災害を最小限におさえるよう努めるとともに，通行規制等の手段も活用し，道路交通の安全確保に努めることが重要であると考えられる。

### 3－1－2 施設対策

落石予防工や落石防護工などの施設による落石対策を計画するにあたっては，第2章に述べた調査の結果に基づき，浮石の安定性，落石の規模，落下経路，運動形態などを推定し，必要箇所に有効な工法を選定するのが望ましい。

落石対策工には，落石の発生が予想される斜面内の浮石や転石をとり除いたり，斜面に固定するなどの発生源における対策と，斜面から転落あるいは落下してくる落石の運動エネルギーを減少させるために行う斜面途中における対策，ならびに道路際における対策とがある。斜面の特性や，万一の落石の発生時に予想される被害の程度に応じて，これらの方法を組み合せたり選択して用いることとなる。

落石対策としては発生源における対策，すなわち，落石予防工が効果的であると考えられるが，落石斜面が長大急峻であったり，道路敷に含まれない場合など落石予防工を計画することが必ずしも適切とはいい難い場合もある。また道路沿の落石斜面に対しては鉄道と異なり，通行規制を実施しつつ道路際の落石防護工を設置することも可能な場合が多いので，施工条件をも考慮して工種の選定を行うことが必要である。

落石防護工に生じた被害の実態調査結果によれば，落石防護工が設置されているにもかかわらず路面まで落石が到達した事例もみられる。このような事例が生じる原因には次のようなことが挙げられる。

落石防護工が落石エネルギーに対して降伏する場合と落石防護工を飛び越えたり，落石防護工の設置延長が短すぎて路面に到達する場合とがある。

落石防護工が落石エネルギーに対して抵抗できる限界は，工種や規模によって異なるが，図3－2に示されるように，一般に用いられる程度の規模の落石防止柵では約10t・mを超えるような落石エネルギーには耐えることができない事例が多い。

また，斜面を転落する落石は第1章に述べたように，一般に斜面に垂直な方向に2m以上跳躍することは少ないが，斜面途中にジャンプ台状の突起があったり，凹凸のある斜面ではこれを上回って跳躍するため，通常規模の落石防止柵では落石が飛び越えてしまうことも起こり得る。

したがって，落石防護工や落石予防工などの施設の計画にあたっては，各工種のもつこのような構造的な機能限界を十分認識して工種の選定や配置計画をたてることが必要である。

施設計画に際しては，単独の工法によるよりも，いくつかの工種を組み合せることが有利な場合も多い。

前述の実態調査結果においても落石防止網のみでは路面に到達する落石の事例が多いが，落石防止柵と落石防止網を組み合わせることによって路面に到達する事例が減少する傾向を読みとることができる。

なお，右図は上述の実態調査対象箇所となった地点で用いられた落石防護工の工種を示したものであるが，対象地点の約半数はいくつかの工種を組み合わせたものを設置していることが判る。

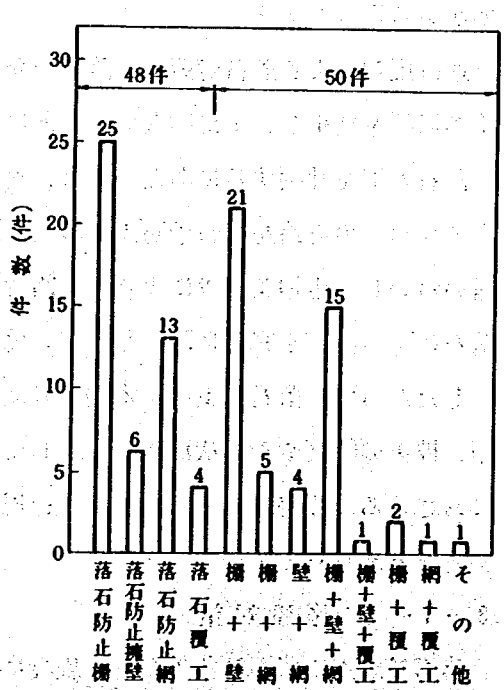



図3－1　実態調査地点の落石防護工の種類

## 3－2　落石対策工の計画と工種の選定

### 3－2－1　概　　説

落石対策工の計画は，予想される落石の規模や斜面の状態に応じてなされなければならない。また，道路構造，交通状況等の条件と合わせて，落石対策工の施工箇所の地盤等もこの際考慮する必要がある。

本節では，計画の策定にあたって考慮すべきこれらの記述に加えて，発生した落石の到達位置や，これによって生ずる防護施設の被害の特性，また落石予防工，落石防護工の種類と特性について述べる。さらに落石対策工の選定上の留意事項を説明する。

### 3－2－2　落石の到達位置と被害

落石対策を計画するにあたっては，2－3落石の危険度判定に述べたところにしたがって，起こり得る落石現象を推定することが必要であるが，同時に，斜面を落下した落石がどの程度の位置まで到達することがあるのか，また，それによってどのような被害を生じ得るのかについて理解を深めておくことも重要である。

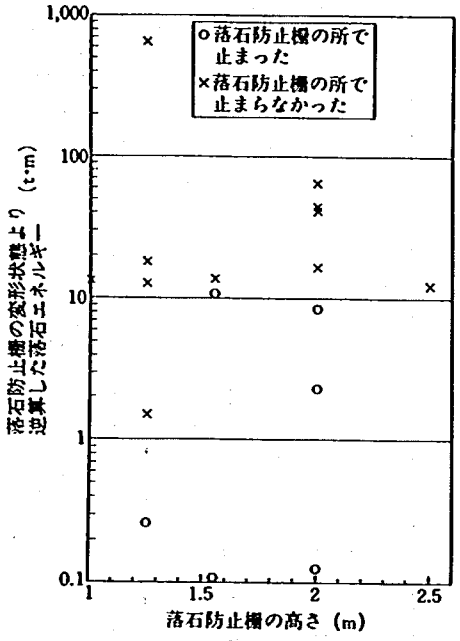



図3－2　落石防止柵により防ぎ得る落石のエネルギー

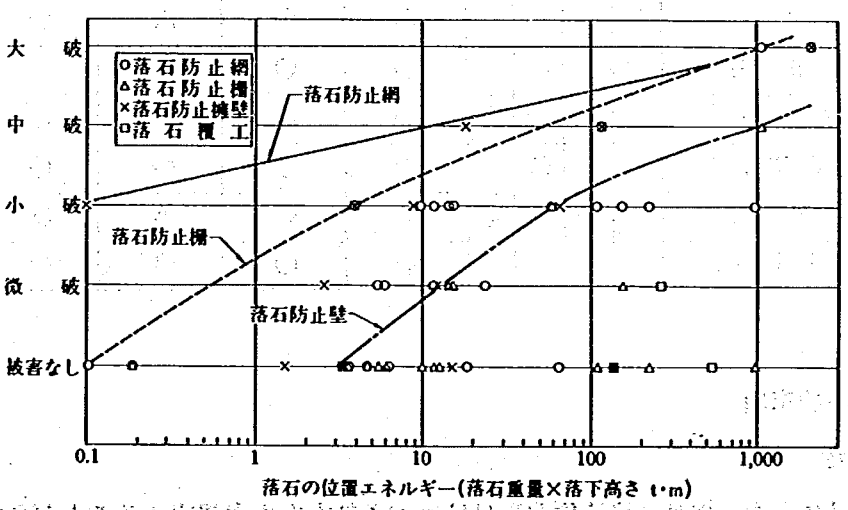



図3－3　落石の位置エネルギーと落石防護工の被害程度

上図は調査により求めた各種の落石防護工の被害の程度と落石の位置エネルギーとの関係である。

落石対策の適用に関する参考表

（国鉄「落石対策の手引き」に加筆修正）

| 分類 | 工種 ＼ 特徴 凡例 | 落石対策工の効果 風化浸食防止 | 発生防止 | 方向変更 | エネルギー吸収 | 衝撃に抵抗 | 耐久性 | 維持管理 | 施工の難易 | 信頼性 | 経済性 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ◎ | 非常によい | | | | | 非常によい | 手がかからない | 容易 | 非常によい | 安い |
| | ○ | よい | | | | | よい | やや手がかかる | やや容易 | よい | 場合によりよい |
| | △ | 場合によりよい | | | | | 落石で破損 | 手がかかる | むずかしい | 場合によりよい | 高い |
| 落石予防工 | 切土工 | | ◎ | | | | ◎ | ○ | △ | ◎ | ○ |
| | 浮石除去工 | ◎ | ◎ | | | | ○ | ○ | △ | ○ | ○ |
| | 排水工 | | ◎ | | | | ○ | ○ | ○ | ○ | ◎ |
| | 吹付工 | ◎ | ○ | | | | ○ | ◎ | ◎ | ○ | ◎ |
| | 編柵工 | ○ | ○ | | | | ○ | ○ | ◎ | △ | ◎ |
| | 植生工 | ○ | ○ | | | | ○ | ◎ | ◎ | △ | ◎ |
| | 根固工 | ○ | ◎ | | | | ◎ | ○ | ○ | ◎ | ○ |
| | コンクリート張工 | ◎ | ○ | | | | ◎ | ◎ | ◎ | ○ | ◎ |
| | 現場打ちコンクリートわく工 | ○ | ◎ | | | | ◎ | ◎ | ○ | ◎ | ○ |
| | ロックアンカー工 | | ◎ | | | | ○ | ◎ | ○ | ◎ | ○ |
| | ワイヤーロープ掛工 | | ○ | | | | ○ | ○ | △ | ○ | ◎ |
| 落石防護工 | 落石防止網 | | ○ | | ○ | | ○ | ○ | ◎ | ○ | ◎ |
| | 落石防止柵 | | | △ | ◎ | ○ | ○ | ○ | ◎ | ○ | ◎ |
| | 落石防止擁壁 | | | | ○ | ◎ | ◎ | ○ | ◎ | ○ | ◎ |
| | 落石覆工 | | | ◎ | | ◎ | ◎ | ◎ | △ | ◎ | △ |
| | 落石防止土堤 | | | △ | | ◎ | ◎ | ○ | ◎ | ○ | ○ |

## 5－1　設計の一般的事項

### (1)　設計外力の推定

落石防護工の設計にあたっては，構造物が受け持つべき外力をまず想定することが必要となる。この場合，予想される落石等の重量，落下速度および落石防護工への作用方向，作用位置等は各現場ごとの地形，地質，斜面の風化度，植生および他の落石予防工または落石防護工との併用の有無等によって著しく異なる。したがって，落石防護工の設計にあたっては，現場における調査や過去の落石等の経験を基に最も妥当と思われるこれらの値を推定しなければならない。また，落石以外の荷重たとえば積雪，なだれ等につ

いても必要に応じて考慮しておく必要がある。

しかしながら，落石現象には，前にも述べたようにまだ明らかにされていない点も多く，外力を正確に推定することは現実的には不可能に近い。本章では，既往の実験例や設計例から比較的信頼性が高いと思われる推定方法を標準的なものとして紹介しているが，現場の状況によっては，ここに示した方法の前提条件と大きく異なり，必ずしも最適な答を得ることができるとは限らない場合もある。

(2) 設計計算方法

落石防護工の種類は様々であり，統一された設計手法がないのが実状である。従来の考え方を大別するとエネルギー計算によるものと静的な強度計算によるものとがあり，落石防護工の設計は当面これらの考え方を踏襲することになるが，その際，防護工には適度の安全性を見込まなければならない。

適度の安全性は落石防護工の種類ごとに，路線の性格，落石の発生確率，および経済性等を勘案して定めるべきものであるが，ここでは落石防護工の設計の統一を図る意味から各節に目安としての標準的な数値を示すことをできる範囲で試みた。ただし，それらはあくまでも参考値的なものであり，現場に応じて特別に考慮すべき要件がある場合は，大きめの荷重を想定するなどして設計を進めるべきである。

## 5－2 荷　　重

### 5－2－1 荷重の種類

落石防護工の設計にあたり考慮すべき荷重の範囲は落石防護工の種類によっても異なるが，基本的なものを示すと下表のとおりである。

荷重の種類

| | | | |
|---|---|---|---|
| 主荷重 | 1. 死荷重 | 主荷重に相当する特殊荷重 | 1. 落石 |
| | 2. 堆積土 | | 2. 崩土 |
| | 3. 積雪 | | 3. なだれ |
| | 4. 土圧 | 従荷重 | 1. 風 |
| | 5. その他 | | 2. 温度変化 |
| 特殊荷重 | 1. 自動車衝突 | | 3. 地震 |
| | 2. 施工時 | | |

### 5－2－2 荷重の組合わせ

落石防護工の設計にあたっては，5－2－1に示した荷重の中から考慮すべき荷重を抽出し，考えられる組み合わせのうち原則として落石防護工に最も不利な組み合わせを選ぶ。

基本的な組み合わせのみを示すと下表のとおりである。

荷重の組合わせの例

| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 死荷重 | 土　圧 | 落　石 | 崩　土 | 積　雪 | なだれ | 地　震 |
| 落石防止網 | 衝撃的荷重作用時 | 一般地域 | | | ○ | | | | |
| | | 積雪地域 | | | ○ | | △ | | |
| 落石防止柵 | 〃 | 一般地域 | | | ○ | | | | |
| | | 積雪地域 | | | ○ | | △ | △ | |
| コンクリート製落石防止擁壁 | 常　時 | | ○ | △ | | | | | |
| | 衝撃的荷重作用時 | 一般地域 | ○ | △ | ○ | △ | | | |
| | | 積雪地域 | ○ | △ | ○ | | | △ | |
| | 地震等 | | ○ | △ | | | | | ○ |

（注）△印は必要に応じて考慮する荷重を示す。

### 5－2－3　衝撃荷重に対する設計方法

落石防護工の設計は，落石防止網，落石防止柵および落石防止擁壁などのように，落石の運動エネルギーに基づいて行う場合と，落石覆工のような静的荷重に置き換えて行う場合とがあるが，これは設計の対象となる落石防護工の規模，構造系の複雑さなどの違いから，それぞれに適した設計方法を採り入れているためである。また，同じ落石の運動エネルギーに基づいて設計を行う落石防護工であっても，エネルギーの吸収機構はそれぞれ異なるため，5－3以降に示されるように形式ごとに設計方法が異なっている。いずれの場合でも1－5に述べた落石の運動機構等について十分理解しておくことが大切である。

### 5－2－4　崩土荷重

崩土荷重については，不明な事項が多いので，崩土を考慮した設計を行う場合には，荷重の設定を十分慎重に行わなければならない。また，大規模な崩土については，通常の落石防護工では防護し得ない場合が多いので，可能な限り他の方法（路線の変更等）により対処するのが望ましい。

# 質疑応答

**質問**　3ページに落石の運動形機構ということで図が載せてありますが，これは実際に現場を調査されたものだと思うのですが，この調査地点とか，対策工法，データ数，それから(a)と(b)の違いを教えていただきたいのと，それと2mで一応包括線を書いていますが，それ以上4mとか5mぐらいまで跳び出ているものも見られます。その原因として斜面途中の突起があげられていますが，これは一体どんなものか教えていただきたいのですが。

**安江部長**　まずこの(a)と(b)の違いですが，これは斜面の傾斜が違っている訳です。また，データは実際に現場を調査したものではなく，現地実験で得られたものです。それともう一つは突起と言いましても，これは落石の大きさと相対的なもので，同じ突起に落石が当ってもその効果は異なります。すなわち，小さな落石だとちょっとした突起でもエネルギーの割には大きく飛び上り，大きな落石ではあまり飛び上りません。そして落石の防護にあたっては，落下高さ，石の重量すなわち大きさといった落石のエネルギーだけでなく，斜面の凹凸形状と落石の飛跡との関係で，適切な位置への防止柵の配置が重要であります。実際の問題として難しいのは斜面形との関係で，突起がちょうどフェンスのそばの上部に近い部分にあることが一番問題になります。斜面の途中に突起があっても，そこでは確かに2m以上跳ね上ることがあるわけですけれども，斜面末端ではだいたいは2m以下になりますので，擁壁に設置した柵で防止できる，というように変ってくるわけです。

**佐々木室長**　先ほどの被害調査の落石の跳躍量について少し補足致します。

落石で，フェンスにぶつかったこん跡のあるもの，オーバしたもので軌跡をおよそ推定いたしますと，フェンスの高さをベースにしてどのくらいとび上ったかがわかるわけですが，そのデータからみますと直轄のケースで2mをとび越えたケースというのは非常に少なくなっています。このデータだけでははなはだ心もとないものですから，3年ほど前に四国の高松で四国技術事務所と協力しまして実大の落石実験を屋外でやりました。（スライド）この落石実験は斜面が30mほどの高さで勾配が60°弱あったと思います。そこにクレーンでカゴを吊りまして，その中から石を投下して落石の跳躍の変化を調査したものです。

その中で跳躍量を実際に調査しました。（スライド）これが落下途中の状態で，落石はここにあります。斜面に沿ってロープが張ってあり，それにポールをぶら下げてあります。そして高速度カメラで飛跡を追跡して斜面からの高さを求めました。実験斜面は裸地で切土した後の斜面で凹凸があるわけですが，このケースでは2mを越えるものがかなりありました。全部で200～300ケース位投石実験をいたしましたが，そのうち約8割ぐらいは2mをオーバーしていました。

こういった実験から考えてみますと，現場で対策をたてられるときは落下高さ，石の重量，落石のエネルギーあるいはさきほどの斜面の凹凸と適切な位置への防止柵の配置等が重要になってきます。

# 2．第四期変動と土木工事

# 2—1　第四紀と地形・地質

土　木　研　究　所

地質官　　大　木　達　夫

# 第四紀と地形・地質

内　　容

1. 主　　旨
2. 地質調査の考え方
3. 全体地史と第四紀
4. 第四紀の特徴
5. 第四紀と地形
6. 土木分野との関連と問題点

## 1. 主　　旨

国土の開発，保全，防災事業を進めるうえでの，土木構造物の建設にあたっては，その対象となる地盤の地質状況を適確に知ることが必要である。そのためには地質の成り立ちを考えて調査することは勿論であるが，その中でも注意したい点は，例えば古い時代の地層や地質構造であっても新しい時代から現在にかけての地質現象の影響を受けているということである。このため，新しい時代，いまこの時代を第四紀としておくが，この時代の特徴をよく念頭において調査にあたることが必要であろうと考えられ，又このことは，現在の地形と深く関係しており，地形からのアプローチが有効であろうと考えられるのである。

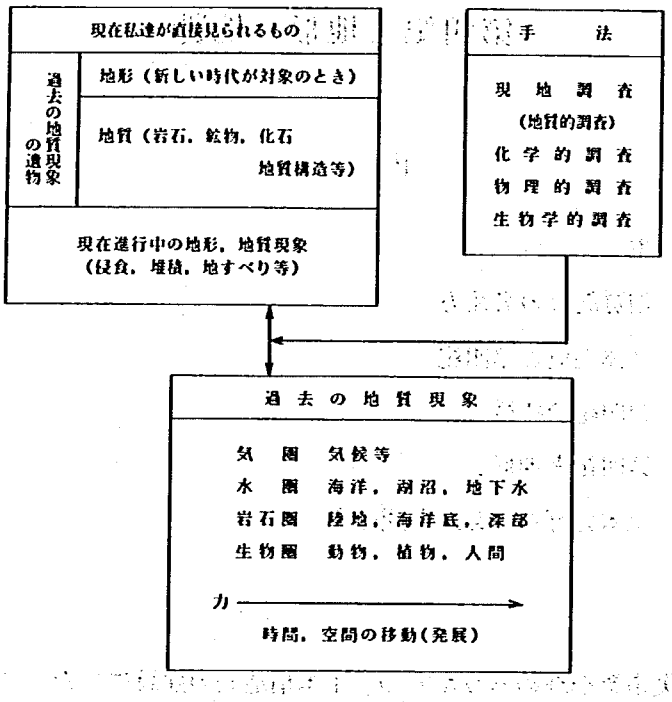
そこで第四紀という時代と地形の成り立ちとを概観し，私達の現場での仕事に役立つことの一助として頂きたいわけであるが，このことは大変なことであり簡単にはいかないが，少しでも認識を深めて頂ければ幸いである。

## 2. 地質調査の考え方

地質調査の考え方の中で，地形調査の位置付けはどうなるか，簡単に図示すると図－1のようである。これはあくまでも地質調査のひとつの側面として地形をみた考え方である。地質調査の目的は過去の地質現象を時系的に空間的に歴史的現象として把握し認識することが最終的目的である。その手法としては，現実的に私達が認識できる対象物件を頼りに推測を発展させなければならない。その対象物件にはマクロなもの，ミクロなものと種々沢山あるが地形は直接目に触れるものであり，現在進行中として認識できる地質現象としての把握もできる物件である。

## 3. 全体地史と第四紀

全体の地史の中で第四紀の位置付けといったものは，まだまだ未解決な問題が多いようであるが，概観的には次のようになる。地質時代といわれる時代の中で最も新しい時代を新生代といい，その中に第三紀




図－1　地質調査の概念図

と第四紀とがあり，最も新しい第四紀は，今から約200万年前から現在までの時代である。現在に連がる時代ということで，それ以前の時代の研究内容より，相当詳細な研究が進められており，古気象の面から，古生物の面から，堆積のあり方から，そして地殻変動の歴史の面まで，現在の社会的影響度合までの範囲にわたり，研究が進められている。

これらの中で日本列島の地殻変動の面を概観してみる。図－3に示すように現在の阿武隈山地，北上山地，秩父山地，中央日本から西南日本にかけて，いわゆる日本列島の背骨を作った本州造山運動の産物が分布しており，

| 相対年代 | | | | | 絶対年代 |
|---|---|---|---|---|---|
| 新生代 | 第四紀 | 現世（沖積世） | 新第三紀 | 後アルプス造山運動 | 0.01 |
| | | 更新世（洪積世） | | | 約2 |
| | | 鮮新世 | | | 7 |
| | | 中新世 | | | 26 |
| | 第三紀 | 漸新世 | 古第三紀 | アルプス造山運動 | 38 |
| | | 始新世 | | | 54 |
| | | 暁新世 | | | 65 |
| 中生代 | 白亜紀 | | | | 136 |
| | ジュラ紀 | | | | 190 |
| | トリアス紀 | | | | 225 |
| 古生代 | ペルム紀 | | | ヴァリスカン造山運動 | 280 |
| | 石炭紀 | | | | 345 |
| | デボン紀 | | | カレドニア造山運動 | 395 |
| | シルル紀 | | | | 430 |
| | オルドビス紀 | | | | 500 |
| | カンブリア紀 | | | | 570 |
| 原生代 | | | | アシント造山運動 | 850 |
| 始生代 | | | | | 4500± |

図－2　地質年代と世界の造山運動

この運動の最盛期は古生代末と考えられている。次には中生代に活動したと考えられている北海道の日高及び西南日本の太平洋側に発達するいわゆる四万十層と呼ばれる地層を生んだ造山運動がある。次に新生代の第三紀になって特に東北地方の日本海側及び中部から九州にかけての日本海側に独特の新しい堆積物を多量に生成した地殻変動である。このように日本列島の生成には3つの地向斜造山運動と呼ばれる地殻変動が関与したとされている。一方最近になって，急速に大洋底の調査技術が進歩し，海底の様子がわか

りその変動の様子がかなりわかってきている。もうひとつは微化石といわれるもの，これは植物性のもの，動物性のものがあるが，これらの識別技術，鑑定技術が急速に進歩し，地層等の時代同定，及び地質構造の基本的考え方までも，色々変化してきている。地殻変動を考える上での最近の考え方のひとつにプレートテクトニクスといったものがあり，地球上の地質構造の単元として変動帯，大陸塊，大洋底，大洋中央海嶺の4つに区分されている。これまでの地向斜造山運動というものが，固定した場において供給物，堆積状況が一元的に考えられていたものが，最近では陸地側からの供給と海洋側からの供給といった二元的な考え方がある。これらの考え方は，先程の

<table>
<tr><th colspan="2">区域<br>年代</th><th></th><th>本州区</th><th>日高区・四万十区</th><th>グリーンタフ地域</th></tr>
<tr><td rowspan="2">新生代</td><td rowspan="2">第四紀<br>第三紀</td><td>新</td><td>解体時代</td><td>隆起時代</td><td>グリーンタフ時代</td></tr>
<tr><td>古</td><td rowspan="4">本州地背斜時代</td><td>日高造山</td><td rowspan="9">（本州区・飛騨区などの基盤岩）</td></tr>
<tr><td rowspan="3">中生代</td><td>白亜紀</td><td rowspan="2">日高地向斜時代<br>四万十地向斜時代</td></tr>
<tr><td>ジュラ紀</td></tr>
<tr><td>三畳紀</td><td rowspan="2">本州造山時代</td><td rowspan="8">？</td></tr>
<tr><td rowspan="6">古生代</td><td>二畳紀</td><td rowspan="3">本州地向斜時代</td></tr>
<tr><td>石炭紀</td></tr>
<tr><td>デボン紀</td></tr>
<tr><td>シルル紀</td><td rowspan="3">（飛騨変成岩？）<br>（寺野変成岩？）<br>（河守変成岩？）</td></tr>
<tr><td>オルドビス紀</td></tr>
<tr><td>カンブリア紀</td></tr>
<tr><td colspan="2">先カンブリア紀</td></tr>
</table>

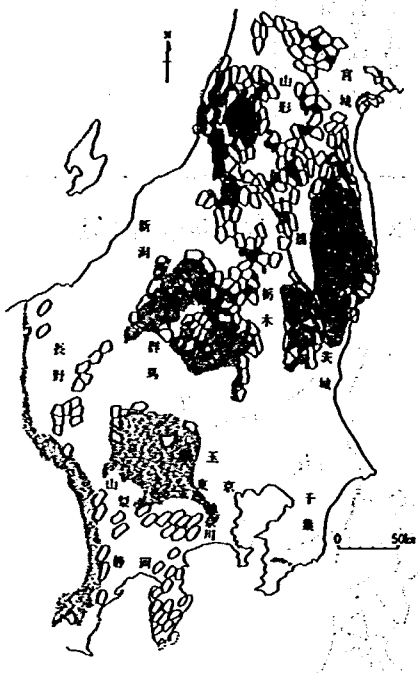
図－3　日本の地向斜造山運動[9']

Ⅶ・1図　日本列島の地質構造区分
大区分　Hd：飛騨区　Ⅰ—Ⅶ：本州区　S：四万十区　Hk 日高区（北海道地域）　F：フォッサ・マグナ
本州区の細分　Ⅰ：中国帯　Ⅱ：舞鶴地帯　Ⅲ：丹波帯　Ⅲ'：東北日本中西部（未区分）　Ⅳ：本州中軸深成変成帯　Ⅳ—1：領家帯　Ⅳ—2：肥後変成帯　Ⅳ—3：阿武隈変成帯（阿武隈高原主部）　Ⅴ：三波川帯　Ⅵ：秩父累帯　Ⅶ—1：北部北上山地　Ⅶ—2：南部北上山地
主な構造線　1：飛騨外縁構造帯　2：末武川構造線　3：中央構造線（鹿塩構造帯）　4：御荷鉾（みかぶ）構造帯　5：仏像—糸川線　6：糸魚川—静岡線　7：利根川構造線　8：棚倉破砕帯　9：阿武隈東縁（双葉）破砕帯　10：早池峯—五葉山線

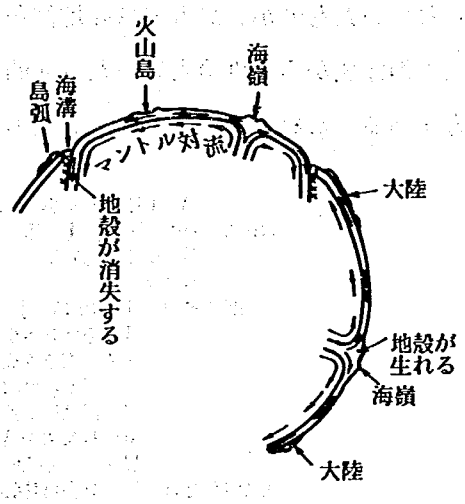
図－4　日本列島地質構造区分[9']

本州地向斜造山運動や日高，四万十地向斜造山運動のように日本列島の背骨を作った造山運動に関係しているわけであるが，グリーンタフ造山とも呼ばれている新生代の地殻変動はそれまでとは異なった形がとられているのではないかという見方がある。図－6はグリーンタフ変動時の堆積環境の見方のひとつの例であり，10㎞大きくても数10㎞ オーダーの堆積盆の積み重ねの形とされているものである。積み重ねというのは，平面的な意味も強いものであるが，それぞれ堆積環境が少しづつ異なっているとみるのも大事な点である。

この第三紀変動に引き続いて第四紀の変動がおきているわけであるが，最近の色々な地殻変動の調査，実測結果によると，グリーンタフ変動とはまた異なった変動の形であるという考え方がある。このことを第四紀変動とかネオテクトニクスとか呼んでいる。




図－5　前期中新世の陥没盆地の模式分布図[10]




図－6　プレートテクトニクス

## 4. 第四紀の特徴

### 4－1 概　要

第四紀の特徴は氷河の時代であり，人類の始まりの時代と言える。氷河の時代の始まりは言い換えれば気候の寒冷化に向う時とも言える。世界的にも，日本においてもこの気候の変化を基準にして第四紀の時代区分の対比が行なわれている。氷河の拡大の原因は，地球の運動に関する周期的変化による日射量の変化説（ミランコヴィッチ説）が有力であるが，その他火山作用（火山灰の影響）による気象変化説等がある。氷河の拡大と縮少とは海水準面に変化をもたらし，陸地に影響を与える。ここで大事なことは地殻の変動をみるときに，この海面の変動とが相対的運動となってどちらかを固定しないと相手の変動が読み取れないと

表－1　第四紀の区分[2]

| 地史年代 | | | | | | | | アルプス氷河 | | 地中海海成第四系 | 古地磁気 | 放射年代 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 国際第四紀研究連合 | | | | ソ連† | | | | | | | | |
| 第四紀 | 完新世 | | | 人類紀 | 後更新世 | | | 後氷期 | | Nizza | ブリューヌ正磁極期 | 年前 -1×10⁴ |
| | 更新世 | 後期 | | | 更新世 | 後期 | | 氷河更新世 | ヴュルム氷期 | モナスチル階 Monastirian (Tyrrh. 2) | | -13 |
| | | 中期 | | | | 中期 | | | リス氷期 | チレニア階 Tyrrhenian 1 | | -20 |
| | | | | | | | | | ミンデル氷期 | ミラッツォ階 Milazzian | | -30 |
| | | | | | | 前期 | | | ギュンツ氷期 | シチリア階 Sicilian | | -40 |
| | | 前期 | | | 古期更新世 (Villafranchian) | | | | ドナウ氷期 | エミリア階 Emilian | マツヤマ逆磁極期 | -70 |
| | | | | | | | | 先氷河更新世 | | カラブリア階 Calabrian | | -100 |
| | | | | | | | | | | | | -180 |

† Krasnov & Nikiforova (1975*)

表－2　氷河の分布[2]

氷河地域ごとの現在(T)，氷期(G)氷河の分布面積・体積(Flint, 1971*)(Gは最大拡大期の値)

| 氷河地域 | 時代 | 面積 (×10⁶ km²) | 厚さ (km) | 体積(×10⁶ km³) 氷 | 体積(×10⁶ km³) 水 |
|---|---|---|---|---|---|
| 南極大陸 | T | 12.53 | 1.88 | 23.45 | 21.50 |
| | G | 13.81 | | 26.00 | 23.84 |
| グリーンランド | T | 1.73 | 1.52 | 2.60 | 2.38 |
| | G | 2.30 | 1.52 | 3.50 | 4.01 |
| ローレンタイド | G | 13.39 | 2.20 | 29.46 | 27.01 |
| コルディレラ | T | ng† | | | |
| | G | 2.37 | 1.50 | 3.55 | 3.25 |
| スカンジナビア | T | ng† | | | |
| | G | 6.66 | 2.00 | 13.32 | 12.21 |
| その他 | T | 0.64 | | 0.20 | 0.18 |
| | G | 5.20 | | 1.14 | 1.04 |
| 計 | T | 14.90 | | 26.25 | 24.06 |
| | G | 43.73 | | 76.97 | 71.36 |

† negligible

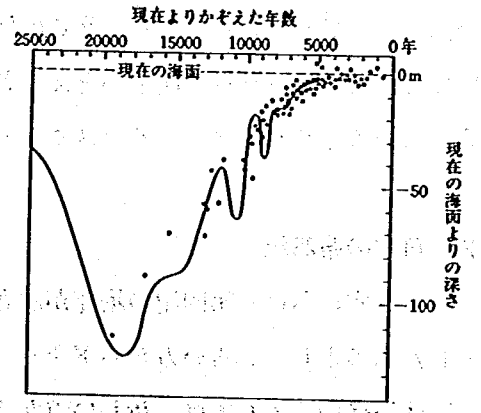
表－3　氷河の量と海面変化[2]

最終氷期の陸氷量と海面低下量(井関, 1977*に追加)

| 計算者 (年度) | 面積 (×10⁶ km²) | 体積 (×10⁶ km³) | 海面低下量 (m) |
|---|---|---|---|
| Antevs (1928) | — | 36.85 | 90 |
| Daly (1934) | 33.50 | 34.30 | 85 |
| Flint (1947) | 40.72 | 49.62 | 102 |
| Donn *et al.* (1962) | — | 70.85 | 106 |
| | | 84.25 | 123 |
| 戸谷 (1966) | 44.31 | 78.67 | 135 |
| Flint (1971)† | 43.73 | 76.97 | 132 |

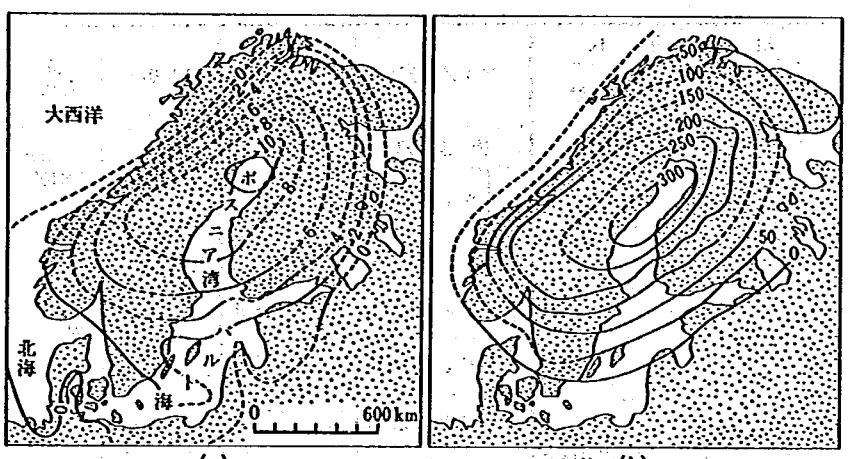
† 最大氷期の値.

いう関係になっており非常に難しい問題となっている。一様な海面変化をユースタシィといい，その原因には氷河性，その他の原因による海水量の変化によるもの，海底の隆起又は沈降によるもの，その他重力の変化によるもの等がある。図－7には最近の2万5千年前以降の代表的といわれる海水面の変化のパターンを示している。この中にみられるように今から2万年位前に相当大きな海水面




2万5000年前以後の海面変化．点はF.P.シェパード，1961，曲線はJ.R.カリイ，1965による。

図－7　海面変化[16]




フェノスカンジアの後氷期曲隆運動(Schmidt-Thomé, 1972*による) (a)現在の隆起(mm/年). (b) Yoldia 期以降の隆起量(m)

図－8　後氷河期曲隆運動[2]

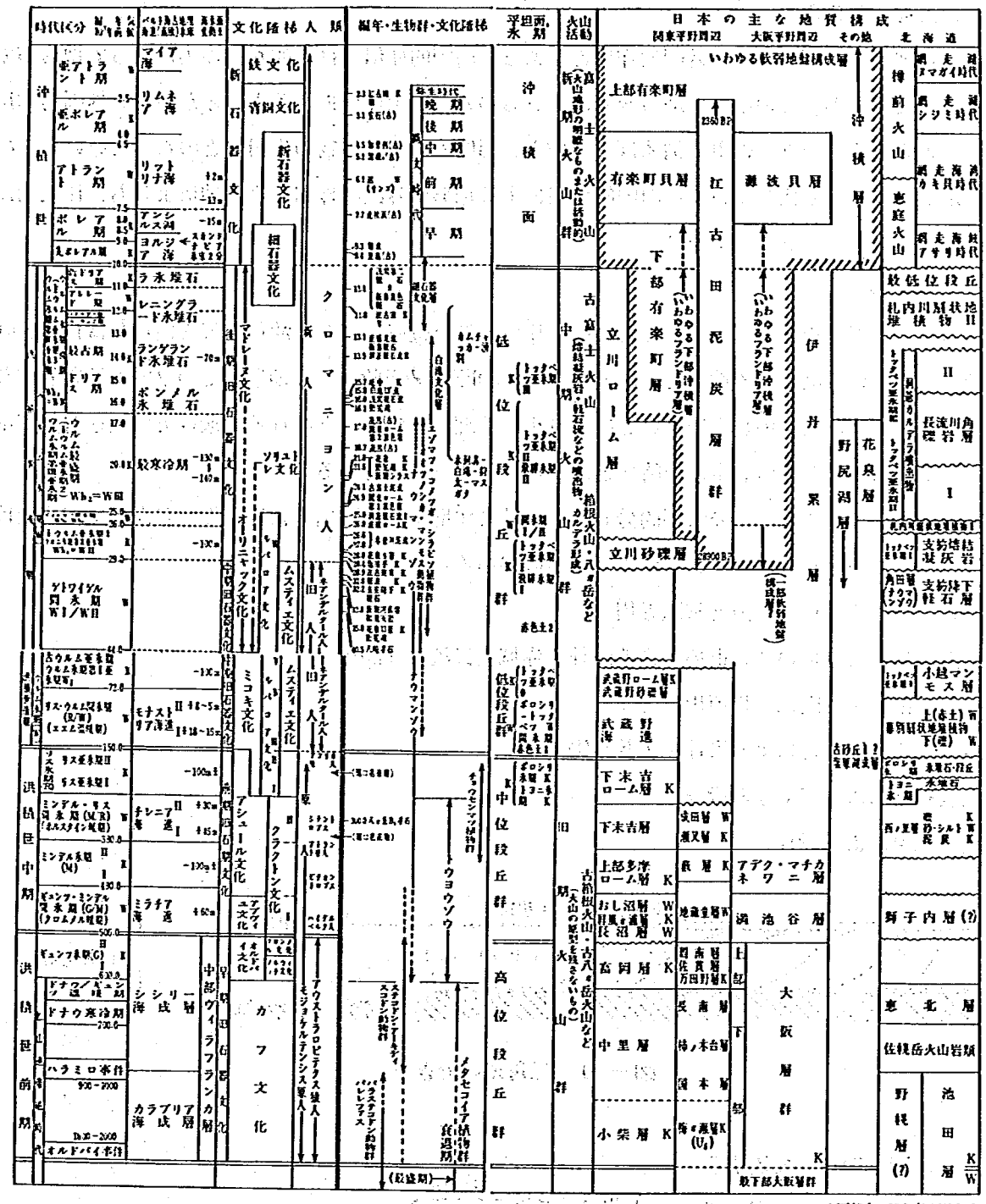
の低下があったということが示されている。この意味はよく解釈されていないが，この時点から海水面は徐々に上昇してきており，完新世に至るタイミングが今から約1万年前といわれていることに連がるものである。これは更新世の氷期が終って温暖化に向ったポイントになっている。

なお表－1に第四紀の世界的編年を示しているが，第四紀は更新世と完新世に分けられる。従来洪積世とか沖積世とか呼ばれてきているが，本来の意味は洪積層，沖積層として堆積物の性質を示す名前として使われてきており，厳密な意味では異なったものであり，時代名としては更新世，完新世が望ましいと考えられる。

次に第四紀における地殻変動として代表的とされているものに図－8がある。北ヨーロッパのフェノスカンジアにおいて，後氷期から現在に至る間に相当の隆起をしているもので完新世になって氷河が溶けたあとの陸地がドーム状に隆起しておりアイソスタシー現象とされている。その値は1年に10㎜から30㎜と相当大きな数値となっている。又この他，海水面の変動によって起こる地殻変動の原因として海水が陸地にのることによる陸地の沈下が考えられ，計算によれば100mの海面上昇によって水深140m位の海となる。このことをハイドロアイソスタシーという。

## 4－2　日本の第四紀

図－9に日本における第四紀の編年が示されている。氷期については，世界の編年特にアルプス地方を中心にしたものとして，古い方からドナウ，ギュンツ，ミンデル，リス，ウルムという名前が付けられている。時代の区切りとしては，新しい方から完新世の初まりが1万年を示し，中期と後期の境が15万年となっている。また地磁気の調査結果によると第三紀からの流れとして把えられており，松山逆帯磁気期が第四紀の初めにわたっている。逆帯磁は現在の南北の磁気が反対になっていたとするもので，このような大きな変化の流れの中には事件と呼ばれる短期の変化が認められている。次に地形的にみた場合，段丘



図－9　第四紀対比表[18]

の研究というのが第四紀には欠かせないものであるが地域的には相当の研究，対比がなされているが，全国的にはまだ充分な対比が行なわれていない。

## 5. 第四紀と地形

### 5－1　地形を作る作用

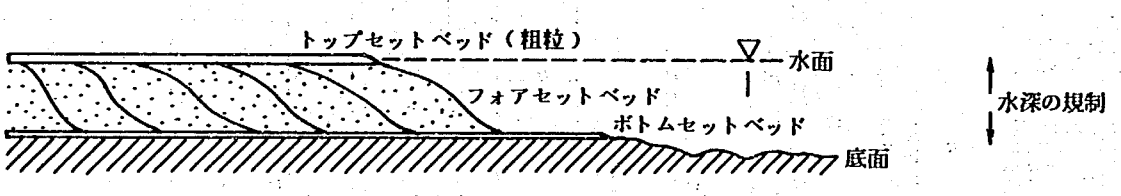
地形を作る要因は内因的作用と外因的作用とがある。内因的作用とは内側からの力によって地形ができるということであるが，この中には地殻変動によるものと，火山作用によるものとがある。外因的作用とは地表又は地表近くの色々な作用，例えば水の作用，温度の作用，生物の作用などのことをいい，この作用により地形が段々と変化していく。内因的作用による地形は外因的作用による地形よりも，比較的には大きな地形を構成していることが多い。

### 5－2　平　　野

山地に対して平野と呼ばれているところには，比較的低い位置に広がる沖積平野と段丘又は丘陵と呼ばれる比較的やや高い標高をなす地形とがある。ひとつの平野をみる時，その地形はその平野の地質的成り立ちの結果であり，深い所の地質を知ることにより正しく理解されることになる。最近では大きな平野部での深い所の地層についてその層序とか時代とかがかなり解ってきている。

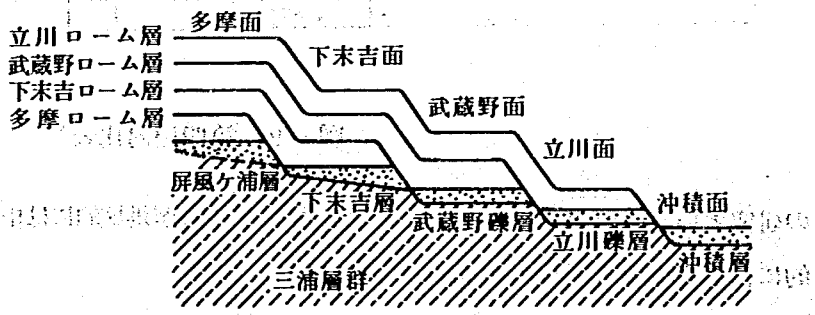
段丘を例にとってみると，その成因的分類としてはまず堆積環境で出来た段丘と浸食環境で出来た段丘とがあるが，更に細かく分類すると次のようなものがある。

- 土石流の作る段丘（立山と常願寺川）
- 火山活動による川のせき止めが作る段丘（赤城火砕流と片品川）
- 海面変化による段丘（相模川など）
- 海食崖の後退などによる段丘（十勝平野）
- 地殻変動によってできる段丘
- 複合作用による段丘




図－10　三角州のでき方

図－11 に関東地方に発達する段丘の模式図を示す。次に図－12には最も一般的と考えられる段丘の出来る原因としての海水面の変動において，海水面の変動を直接受ける範囲には限界があること，その他の原因によってかならずしも段丘が標高的に整合していない

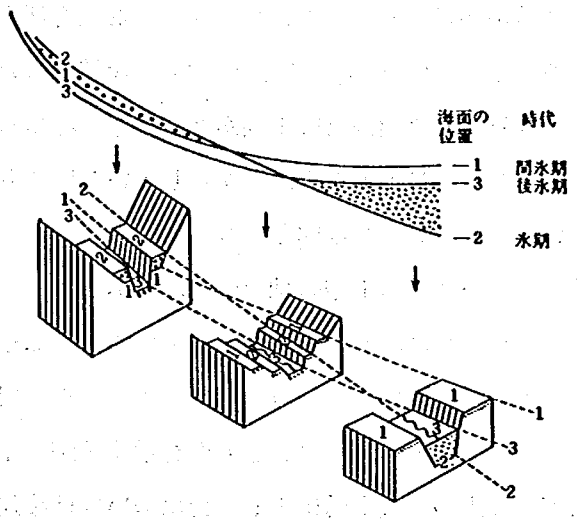



図－11　関東地方の段丘模式図

ことがあることを示している。この原因としては湖水面などの浸食基準面の影響を受けていること，氷期に河川の流下能力の減少や山地の隆起による山地での堆積作用が起ることが予想されることなどがあり，地域毎に詳細に調査をする必要がある。

丘陵は段丘と似ている点があり，次の2種類に分けられる。第一種丘陵は段丘の浸食をうけたもので狭山や多摩丘陵などがこれにあたる。第二種丘陵は隆起準平原を原因とするもので千里山丘陵がこれにあたる。

沖積平野とされる平地の中には，扇状地地帯，自然堤防地帯，三角州地帯がある。




間氷期・氷期・後氷期における河川の堆積・侵食による河成段丘形成モデル（貝塚，1977*）

図－12　段丘のでき方[16]

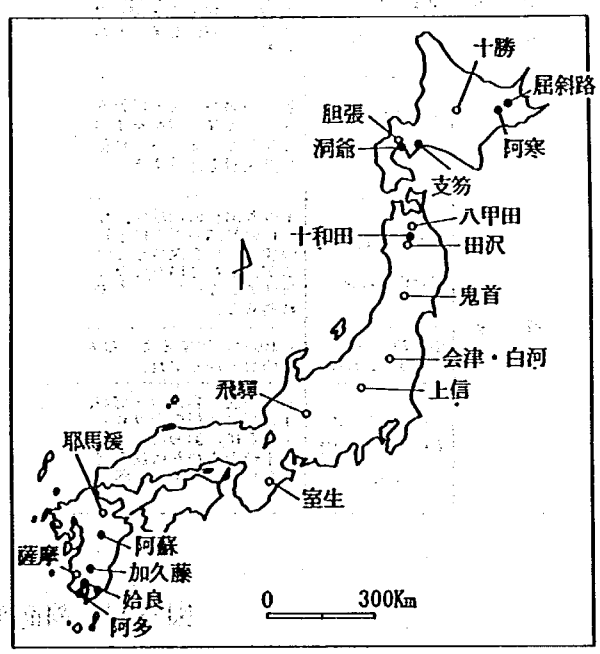
## 5－3　山　　地

山地を作る要因としては，内因的作用と呼ばれるものとして，火山作用によるもの，曲隆運動や断層運動のような地殻変動によるものがある。外因的作用によるものとしては水食や氷食によるものがある。

又浸食作用の進み方の程度による山地の呼び方には幼年山地，早壮年山地，満壮年山地，晩壮年山地，老年山地がある。

日本には火山が多いが火山地形は火山性堆積物がその時の複雑な地形の影響をそのまま反映して堆積するので，非常に複雑でわかりにくいものとなっている。火山の原型としては，熔岩台地（屋島，耶馬渓など）楯状火山（アスピーテ），鐘状火山（トロイデ，小浅間など），熔岩柱（ベロニーテ，有珠，昭和新山など），円錐火山（コニーデ，富士山など），カルデラなどがある。現在活動中のものはほぼその原型をとどめているが更新世の火山などは非常にわかりにくくなっている。第四紀を通して火山の活動様式の変遷をみてみると次のようなことが言えるとされている。

更新世の初期にはサブボルケノ型であり，中期（ギュンツ頃）は板状節理に富む厚い




第四紀末の大カルデラ火山（黒丸）と第四紀前半の火砕流台地（白丸）の分布。

図－13　第四紀の代表的火山[27]

安山岩流に特徴づけられ，末期にはカルデラ形成を伴う軽石噴出物に特徴づけられる。完新世にはいわゆる火山体をなす。又図－13には第四紀でも非常に古い時代の火山の位置を示している。これらの火山ではいわゆる火砕流や火山砕屑降下物が非常に厚く堆積しており，部分的には溶結凝灰岩を形成しており，現在では地形的にはほとんど火山体をなしていないにもかかわらず現在の火山と同じような地質的問題を内在しているため，しばしば問題となる。

次に外因的作用による山地の地形の問題であるが，この種の山地の見方のひとつとして斜面をみることがあり，いいかえれば斜面が山を構成しているわけでその斜面をみることによって山を形成した原因とか過程とかが表現されているということである。そこで斜面の形を動的に変化していく一断面とみた場合，マスウェスティングとしてその分類の例を示す（図－14）。

なお内因的作用の地殻変動による場合については後述する。

| 移動形式 | 名称 | 説明 |
|---|---|---|
| 落下 Falling | 落盤 Rock-fall | 懸がい・どう穴・自然橋などの岩盤の一部が分離し，落下する． |
| | 落石 Debris-fall | 懸がい・どう穴・自然橋などから岩せつが落下する． |
| 滑動 Sliding | 地すべり Landslide | 比較的水分を含まない岩せつ層や岩盤の一部が，すべり面に沿って斜面をすべり落ちる現象の総称． |
| | 盤すべり Rock-slide | 岩盤の一部が，成層面・節理・断層・へき開などに沿って斜面をすべり落ちる． |
| | 土石すべり Debris-slide | 岩せつ層が，後方回転を伴うことなく斜面をすべり落ちる．モレーンに似た堆積層を形成する． |
| 滑動 Sliding | 土砂くずれ Earth-slide | すべり出しの初期は，なだれの初期のように土砂の塊は原形を保持しているが，やがて粉々になり流体のようになってくずれ落ちる． |
| | 山津波 Yamatsunami | 数10km³に達するような大規模な土砂くずれ． |
| | スランプ（スランピング） Slump | 岩せつ層や岩盤の一部が，1または数単位のブロックごとに，斜面に平行な水平軸のまわりに後方回転をしながらすべり落ちる． |
| 比較的速い流動 | 土石流 Debris-avalanche | 長雨または豪雨のため，水で飽和した岩せつが突然に急斜面を流れ下る． |
| | 土砂流 Earth-flow | それほど急でない斜面上にのる土砂が，水で飽和して流れ下る． |
| | 泥流 Mud-flow | 多量の水分を含んだ不均質な岩せつが，谷の流路をたどって流れ下る． |
| | 火山泥流 Volcanic mud-flow | 火山の斜面に起こる，水で飽和した火山砕せつ物からなる泥流． |
| | 雨洗 Rain-wash | 地表に降った雨水が土の表面の細粒物を洗い流す． |
| | 面状洗 Sheet-wash | 細粒物を運搬する雨水が，斜面全体を泥水の薄層でおおうように流れる． |
| | 細流洗 Rill-wash | 降った雨水が集まり，一時的な細流をなして土砂を洗い流す． |
| 比較的遅い流動 | 岩石氷河 Rock glacier | 氷河に似た高地の岩せつ流．ふつうカールに源を発し，氷河に移り変わる． |
| | 土壌流 Soil-flow | 水で飽和した土砂が，土砂流よりも遅い速度で斜面を流れ下る． |
| | がいすい（崖錐）クリープ（テーラスクリープ） Talus-creep | がいすい全体または一部が，ゆるやかに斜面を流下する． |
| | 土壌クリープ Soil-creep | 土壌が丘陵斜面をゆるやかに流れ下る．木の根曲がりや，さく（柵）の傾斜でわかる． |
| | 岩盤クリープ Rock-creep | 岩せつとともに岩盤の一部もゆるやかに斜面を流れ下る． |

図－14　斜面崩壊の分類[12]

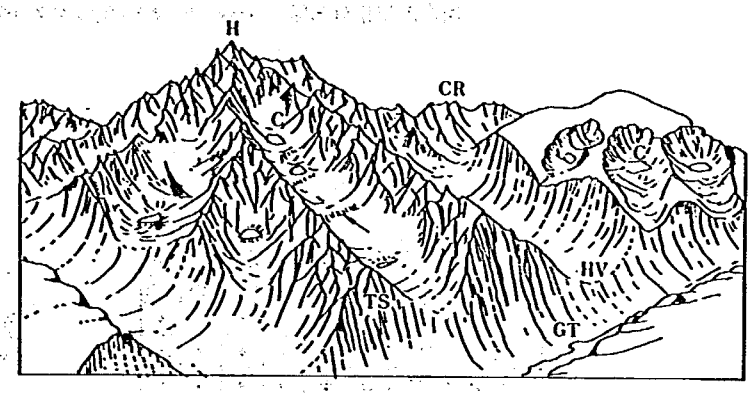
## 5－4　氷河地形と鍾乳洞

第四紀の前半である更新世は氷河時代と言えるが，日本では現在の日本アルプスと北海道の日高地方の一部に氷河があった痕跡がある。しかし気候が非常に寒くなったための色々な影響の痕跡は相当広い地域に発達している。氷河による地形やその名称について図－15～18に示す。日本における氷河の発達した

痕跡として日本アルプスではカールのある標高が約2,600m，末端地形が約2,000m，日高においてはカールの標高が1,600m，末端地形のある標高が1,400mとされている。図には示していない名称として次の2項を付記しておく。岩塊地形とは「最終氷期前の温暖期に深層風化したものが，氷期に細粒物質により滑動し，その後細粒物質は洗い出されたもの」である。寒冷ペジメントとは「寒冷期において土中の水の凍結融解によってできたとされる緩斜面」のことをいう。

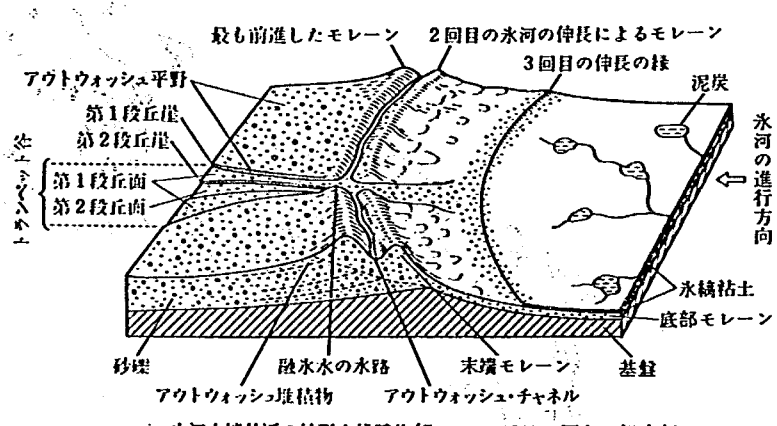
図－19には日本における周氷河現象分布図を示す。

次に石灰岩と鐘乳洞がよく問題になるが，氷河地形とは直接関係ないが，氷期における溶食基準面の変動との関連において，調査された例を図－20に示す。




山地氷河地域の地形（A. N. Strahler, 1951 より）
C：圏　谷　CR：櫛形山稜　GT：氷 河 渠
HV：懸　谷　H：氷食尖峯　TS：切断山稜

図－15　氷河地形[3]




氷河末端付近の地形と堆積物(German, 1968 の図を一部改変)

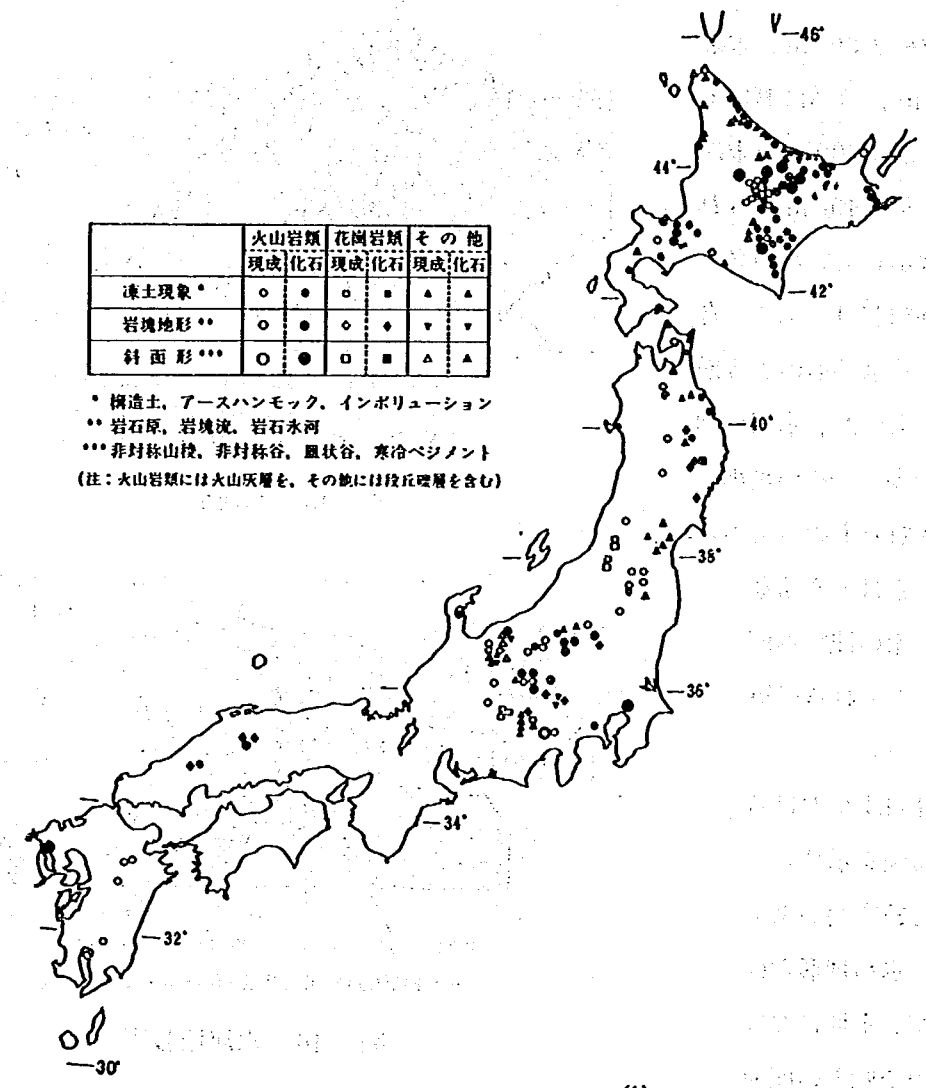
図－16　氷河地形[2]

氷成堆積物と氷河地形の分類(吉川, 1968 a*; Bloom, 1978* にもとづく)

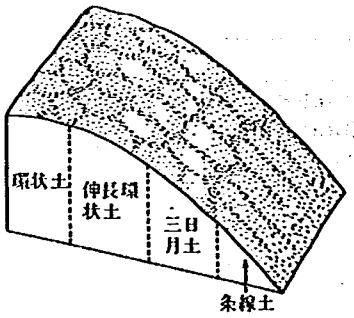
| | 氷成堆積物(glacial drift) | 氷河地形(drift landform) |
|---|---|---|
| 氷河成 | 氷礫土(till) | モレーン(moraine)：終モレーン(end moraine)：末端モレーン(terminal moraine)，側方モレーン(lateral moraine)；底部モレーン(ground moraine)<br>氷礫土平野(till plain)<br>ドラムリン(drumlin) |
| 融氷水成 | アウトウォッシュ堆積物(outwash deposit)<br>氷縞粘土(varve, glacial laminite) | エスカー(eskar)<br>ケーム(kame)<br>アウトウォッシュ平野(outwash plain) |

図－17　氷河地形[2]

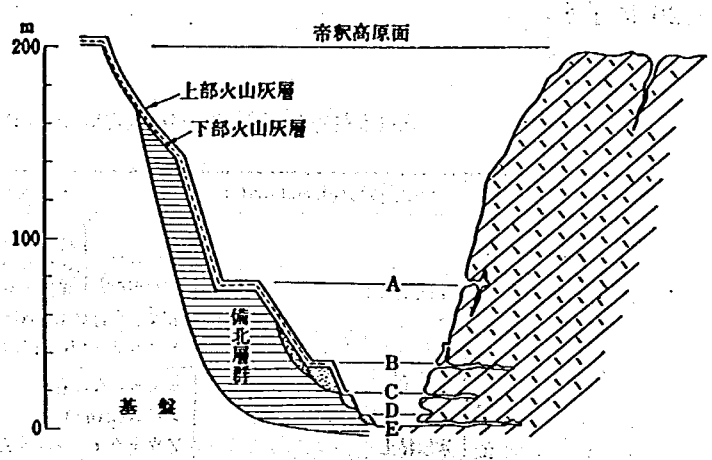
周氷河現象分布図　(小疇，日本地理学会予稿集 2，1972)




図－19　周氷河現象分布図[1]




図－18　構造土[2]




帝釈峡付近の鐘乳洞と段丘の高度比較図（北備後台地団研グループ，1969）

図－20　鐘乳洞と段丘の関係[3]

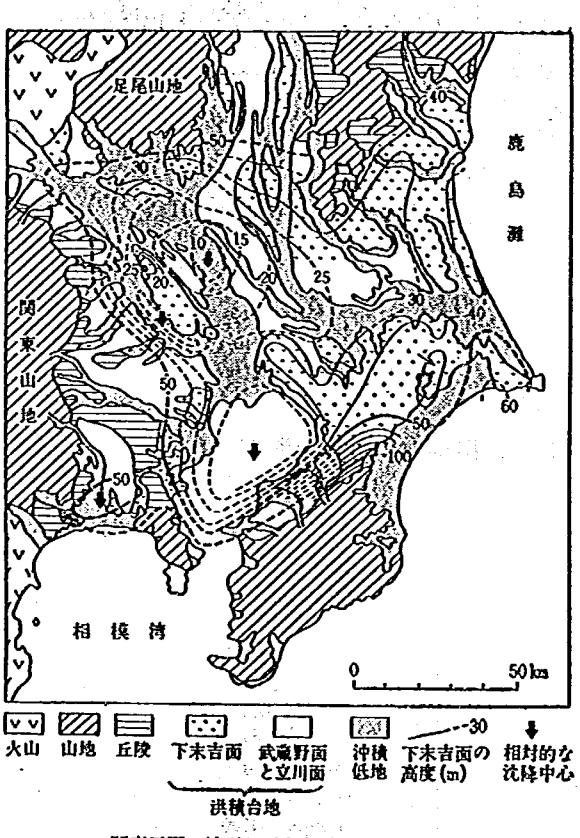
## 5－5　日本の地殻変動

第四紀における日本の地殻変動について最近よくいわれる4つの型について紹介する。

一番目は関東平野を作った運動として曲隆曲降運動である。第四紀最下部層の上総層群は深さ－1,300mに達しており，沈降の早さは200万年で1,000mとすると0.5m/$10^3$年である。当時の海水面と同水準であった下末吉段丘面を調査すると関東構造盆地の周辺部は中心部に対して過去12～13万年間に最大，100mあまり隆起したとされている。このように第四紀になって相当量の曲隆曲降が起っているのである（図－21）。

二番目は褶曲という用語を用いているが波長が短い数km程度の褶曲によって地形が波状に変動しているということで，新第三紀層の褶曲軸上の河成段丘面が褶曲構造と同じ方向に変位している。この形の動きは最上川流域新庄盆地，出羽山地，庄内平野東縁地帯で詳しく調査研究されている。

三番目は断層による地形で断層地形として地塁，地溝，傾動地塊などがあるが，近畿地方の地形は主として第四紀に形成されたものであり，その形式は約100万年前以降の傾動地塊（1ブロックの一辺30～100km）であるとされている（図－23）。

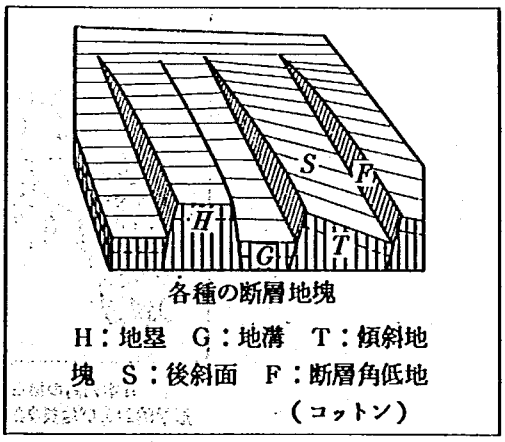



関東平野の地形と下末吉面の高度分布(貝塚，1974)

図－21　関東造盆地運動[16]

四番目は地震性地殻変動というもので，地震の際，地盤が沈下又は隆起，傾動することで，太平洋岸の半島部で常時は海洋側に傾き下り，大地震のとき陸側に傾き下る運動が知られている。このヒンジラインより南側を地震性地殻変動区と呼んでいる（図－24）。

最後に日本全体について最近までの地殻変動量を地形学的，地質学的方法により求めたものを図－25～26に示す。例えば日本アルプス附近では1,500mという隆起量が示されており，日本の尾根は第四紀になって形成されたものと言える。

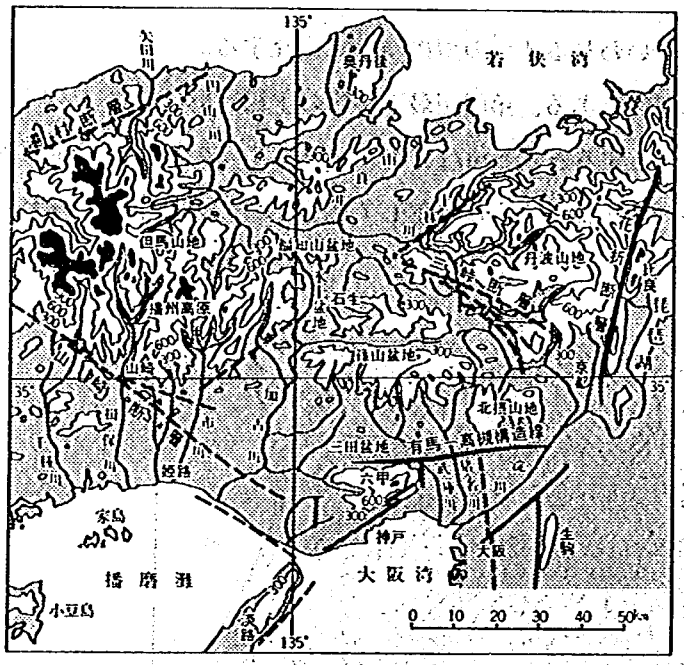



各種の断層地塊

H：地塁　G：地溝　T：傾斜地塊　S：後斜面　F：断層角低地

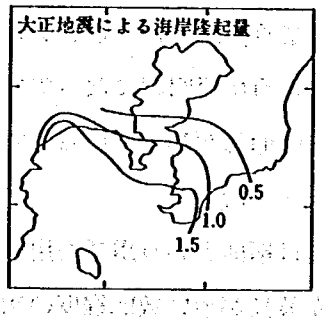
（コットン）

図－22　断層地塊[7]

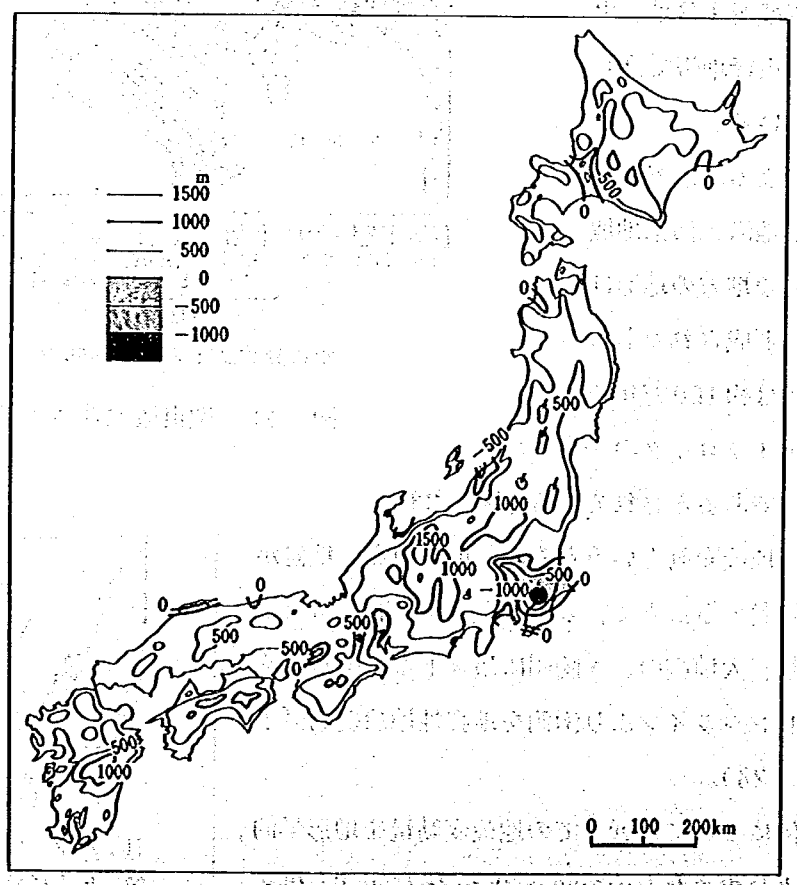



近畿北西部の地形と断層（灰白部は海抜0-300m，白色部は300-900m，黒色部は900m以上）.

図－23　近畿地方の地形と断層[5]

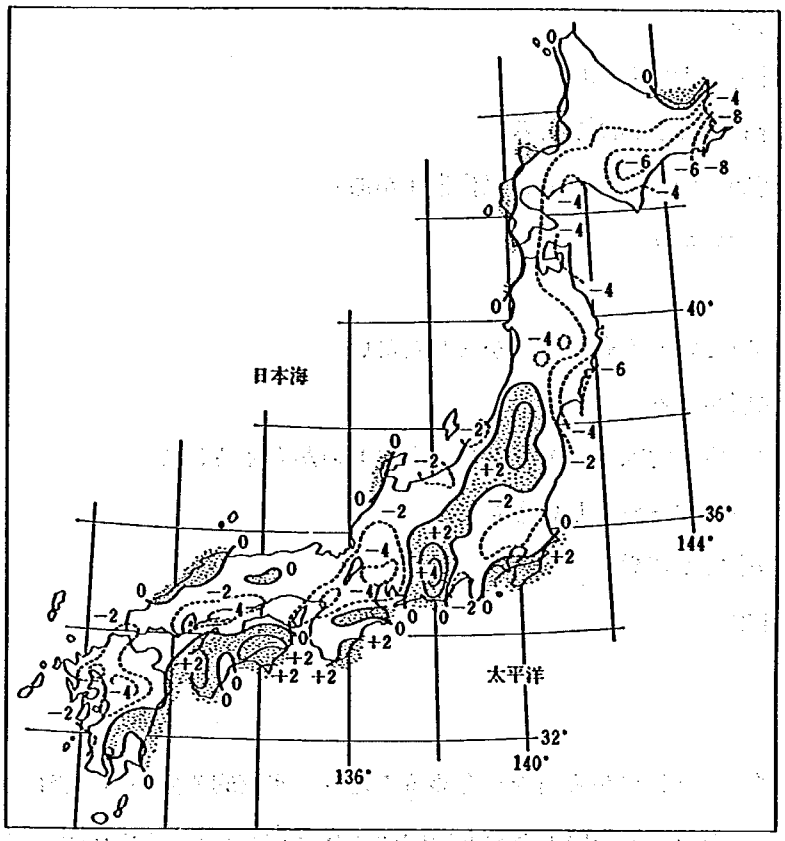



図－24　地震と隆起[2]
数字は現在の海面に対する高度（m）




日本列島の第四紀隆起・沈降量図(Res. Group Quat. Tect. Map, 1973*による)　地形学的および地質学的方法(本文参照)にもとづく.

図－25　日本列島の変動[2]




水準測量から求めた最近70年間(1895年前後～1965年前後)の垂直変動(上下変動)の等速度線(増原,1971*)　図4.10および図4.8と比較してみるとよい．単位：mm/年，実線：隆起，点線：沈降．

図－26　日本列島の変動[2]

## 6. 土木分野との関連と問題点

私達の仕事は，地盤を対象とする場合が多い。この時にはかならず地形の改変が行なわれ，そこの地質がどのようであるかが問題となる。そこで全体の地質の構成を調べることは勿論であるが，特に問題となることは地盤としての弱点（弱線，弱面）があるかないか，あるとしたらどの程度のものかを知ることがポイントになる。

対象となる地盤を地形的に平野と山地に分けてみると，道路事業は平野と山地，河川・海岸事業は平野，ダムや砂防事業は山地を主な対象とする。

平野（浅海部を含む）と山地の弱点と地質，地形との関連を羅列すると次のようなものがある。

〔平野を見る場合〕

道路，河川構造物の基礎として，静的にも動的にも弱い地盤はどこに分布しているかがポイントとなる。弱い地盤とは有機物を含むような軟弱地盤であったりルーズな砂地盤である場合もある。これらについてはその平野の発達史を考えることによってある程度の推定が可能となり調査を効率的に進める一助になる。

〔山地をみる場合〕

山地をみる場合，現地で実際にみられる土木地質的弱点（線又は面）には次のようなものがある。

- 風化帯がとても厚い。
- きれつの多い部分がとても厚い。
- 深いところにきれつの多い所がある。
- 深いところに弱層（低角度シーム，風化帯）がある。
- 大断層がある（断層系）。
- 変質帯がある。
- 山（斜面）が動いている（動いた）かもしれない。
- 河床に厚い砂礫層がある。

又これらを作り出す地質的要因としては次のようなものが考えられる。

a. 構造線（帯）（古きず → 新しいきず）

b. 山地侵食輪廻の中での認識

c. 火山，後火山作用

d. 氷河作用

e. 古気候

これらの地質的要因を考慮しながら調査を進めることは，本質的で効率的調査に役立つものとなる。

山地の場合は，いずれの事業においても斜面の問題と基礎岩盤としての性状の問題に集約されてくると言っても過言でない。又地質的要因の中ではd，eはbに含まれるものであり，更にaもcも広い意味での輪廻bの中に輪廻の複雑化として把えていくことが必要である場合がある。

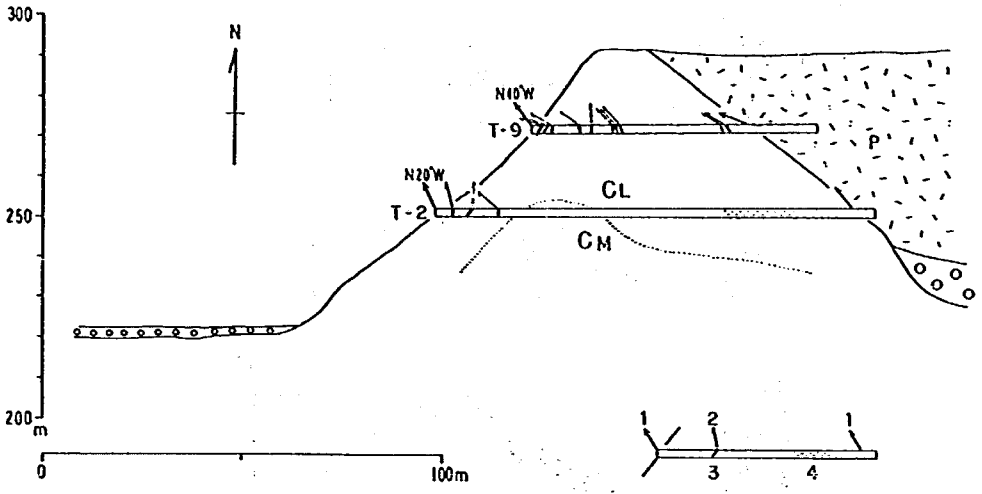
- 要約すると斜面の問題は広い意味での侵食輪廻の過程の中で把えることが必要であるし，このためには形の分析からはじめなければならない。
- 基礎地盤の問題は地質的構造線（帯）との関係が重要であると考えられる。
- 前二者いずれの場合も第四紀地殻変動に関係するケースが多いと思われる。
- 地質的要因のスケール（空間的・時間的）と現場でみられる土木地質的問題点のスケールとを合わせて考えるには慎重な検討が必要である。

以上，整理未熟なまま，思いつきのようなことを記したが，私達の土木建設の現場では多くの地質的問題点，疑問点をかかえている。今後，それぞれの分野における問題点についてまとめたいと考えているが，最後に既にこのような観点に立って研究した例を示す。

例1. 開口節理の成因等について[23]

〔主な内容〕

- 開口節理はシーティングの一種とみなすべきである。
- シーティングは化学的風化及び応力解放による岩石の膨張により形成されるものではない。
- 開口節理になるには応力解放による膨張差の大きな岩石が接していることが必要。




青森県荒川上流における開口節理

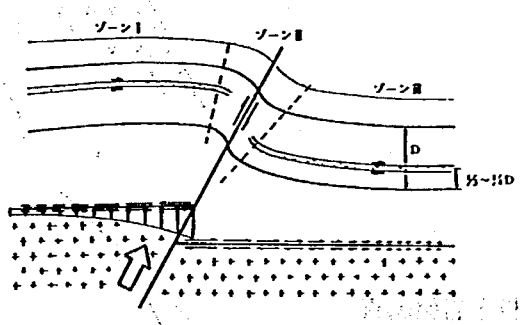
P：軽石流堆積物　$C_M$, $C_L$：岩級区分

1：地表面及び埋没地形面の走向　2：開口節理の走向　3：開口節理の傾斜　4：走向，傾斜の不明瞭な開口節理　T-2, 7：横坑番号

例－2　新生代層にみられる層状破砕帯[26]

〔主な内容〕

- 大阪層群の泥岩中にみられる厚さ 10～25 cm の鱗片状の層状破砕帯のできるしくみ。
- 過圧密比が高い粘性岩が脆性破かいを起す。

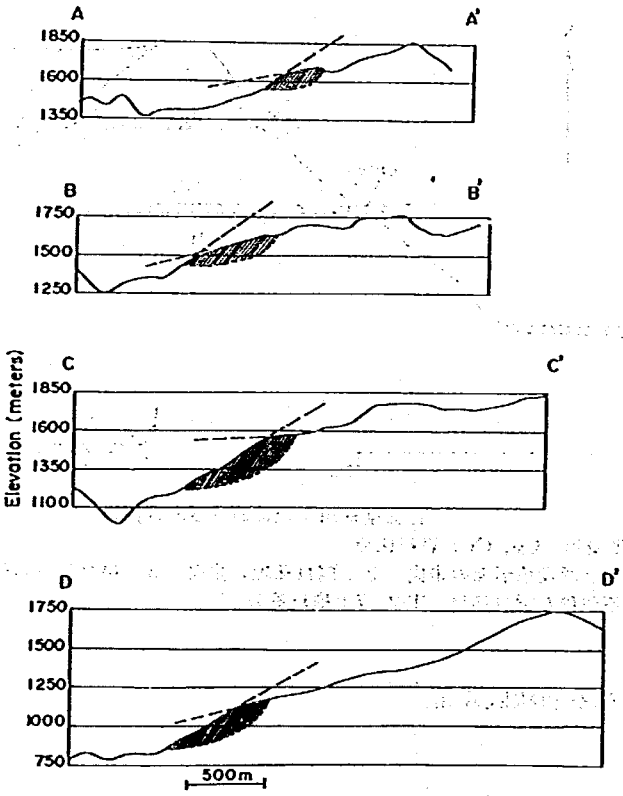



断層と層状破砕帯生成の模式図

例－3　遷急線附近の大規模岩盤クリープ[25]

〔主な内容〕

- 大井川上流，南アルプス赤石岳南方，第四紀地殻変動の最も大きいところでの大規模岩盤クリープ。




例－4　各種遷急線と岩盤規制[24]

〔主な内容〕

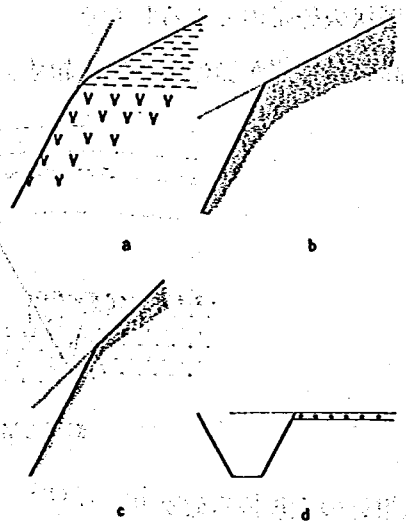
a．岩種の差による

b．削剥作用（風化厚）

c．削剥作用（風化薄）

d．段丘面

ある地域内の詳細な地形分析と岩盤調査結果に基づくもの。




引用参考資料

1. 日本第四紀学会編「日本の第四紀研究」東大出版会 1977
2. 成瀬　洋　「第四紀」岩波書店　1982
3. 羽鳥謙三・柴崎達雄　「第四紀」共立出版　1971
4. 湊　正雄　「日本の第四系」築地書舘　1974
5. 藤田和夫　「日本の山地形成論」蒼樹書房　1983
6. 三野興吉　「地形入門」古今書院　1961

7. 渡辺　光　「新版地形学」　古今書院　1975
8. 吉川虎雄ほか　「新編日本地形論」　東大出版会　1973
9. 湊　正雄　「氷河時代の世界」　築地書舘　1970
9. 地球科学刊行会　「地球科学序説」　築地書舘　1959
10. 藤田至則　「日本列島の成立」　築地書舘　1973
11. 江川良武　「地形による山地地盤調査法」　東北地建　1979
12. 「地学辞典」　Ⅲ　古今書院　1973
13. 藤田和夫　「近畿の地形と第四紀地殻変動」　応用地質学の最近の研究　1982
14. 藤田和夫　「大阪地盤と地殻変動」　応用地質学の最近の研究　1982
15. 第四紀地殻変動研究グループ　「第四紀地殻変動図」　第四紀研究 7－4　1968
16. 貝塚爽平　「日本の地形」　岩波新書　1977
17. 中野尊正・小林国夫　「日本の自然」　岩波新書　1959
18. 湊　正雄・井尻正二　「日本列島」　岩波新書　1976
19. 上田誠也　「新しい地球観」　岩波新書　1971
20. 糸魚川淳二　「日本列島の歴史」　講談社現代新書　1973
21. 星野由尚　「地すべり地形の形成作用と地盤変形」　土研資料 1769 号　1982
22. 江川良武　「山形県白川中流部におけるシーティング節理」　地学雑誌 91－1　1982
23. 江川良武　「開口節理の成因とシーティング節理の地理的出現頻度」　地学雑誌 91－3　1982
24. 江川良武　「山地地形における岩盤規制の研究」　地球科学 34－2　1980
25. 久田健一郎・新藤静夫　「岩盤クリープと崩壊・二重山稜の成因に関する考察」　筑波大学　1982
26. 西垣好彦　「大阪近傍の新生代層に見られる層状破砕の生成」　応用地質 24－2　1983
27. 守屋以智雄　「日本の火山地形」　東大出版会　1983

## 質疑応答

**質問（佐々木）** 200万年とか，2万年とか，たいへん雄大なスケールのお話で，わかりやすく説明していただいてありがたかったんですが，最後に地質官自身も御指摘になっておられましたけど，いわゆる土方というか，土木の仕事の上で通常，我々が扱うのは，例えば平野なんかで見ますと，せいぜい20mとか30m。先程の海水面変動とてらしあわせてみると，せいぜい1千年ぐらい前の，いわゆる沖積世にあたり，そのような新しい時代の地質学的な分類とか解釈とかいうような話が，200万年の中のほんの1ページみたいな形でしか御説明がされなくて，最後に御説明になったのは，いわゆる時間のスケールと空間のスケールとはバランスとしていろんな解釈がされるべきだというふうに理解したいと思うのですが，その時に時間のスケールが千年というオーダーでなくて，我々が堤防を作ったり道路を作ったりするときには，空間の方のスケールでいくと，非常に短かい，あるいは狭い，それに対応するような時間のスケールを考えた地質学的な整理というものに，新しい発展があるのかないのか，それからもう一つ気がつきますのは，その時間をスケールにとるのではなく，むしろ地形をものさしにとって，地質を解釈したらというふうな最後の御提案を理解していいのかどうか，この辺についてもう少し御説明がいただけたらありがたいのですが。

**大木** 私はこう考えているのですけれど，新しい時代といっても，第四紀でも200万年と言われているものの中でも，一つの区切りとして50万年とか10数万年，1万年または5千年というような同じ第四紀の中でもまた幅があると思っているわけです。その見方も二つありまして，その一つは，第四紀より古い時代，例えば第三紀からもっと古い方の話にもなるのですけれど，いわゆる古い時代の地質現象・地質構造あるいは地質に影響をうけた新しい動きがあるのではないか，古キズの上に新しい地層がのっていて新しい地層をいためている，それはなかなかわかりにくいのですが，やはり古いものをみてそういうふうな新しいものの変化がないのか，というのが一つあると思います。

もう一つは現在でも動いている，いわゆる第四紀断層，第四紀褶曲といったようなものがあるわけですけれど，これについては微妙な問題がありまして，ある時間スケールを持った将来において，現実に動くか動かないかという話になるわけですけれど，先程から説明が悪かったと思いますが，そういう弱層，弱面をみるという見方と，今動いているものをどう見るかというのとは静的な見方と動的な見方，そういう二つの見方があるんではないかということで，これは区別して考えなくてはならないと考えているわけです。

もう一つ地形と時間のスケールの問題ですが，例えば平野の話でも，関東平野の場合では層厚が1,000mとか，もっと厚いわけですけど，その他の平野，盆地においてはそんなに厚くないわけで，逆に地質的な見方をすれば，それが今段丘または丘陵地をなしているかどうか，それが洪積の時代であるかどうかということで，対象になるものがはっきり識別できると思うのです。ところが沖積層のなかの100年あるいは1,000年オーダーの話はまだ調査というものは進んでいない，沖積層それ自体を分けていくというもの

については地史的には，それ程解析は進んでいないというふうに考えています。今後の問題と思います。

**質問（土井）**　私どもは地球上に生活しておるわけで，生活環境を良くしていく上で，どうしても地表をいじる必要があります。

そのような観点からみますと，例えば基礎選定時とかに合理的な技術を開発するということは重要であると思います。

我々は技術的に地球を改変していくわけですけども，地形とか地質の立場でこれはやっちゃいけないんだというようなことがあるんでしょうか。地形・地質的に規制をうけるのはどういう場合なのでしょうか。

**大木**　非常に難しい質問で，それはやっちゃいけないといういわゆる絶対的な話としては，非常に難しい話ですね。一つ言えますことは，ある構造物を作る場合に非常に悪い悪いと苦労しておるわけですけど，例えばの話ですけれど，選んで悪い所で仕事をやっているんじゃないかというようなことがあるのではないかと思うのです。

それはスケールの問題もありますが，いろいろな構造物に対して，その場所を面的に広くみていろんな観点から，ここが最適だというふうに選べるプロセスを取るべきであるし，またbetterだと思うんですネ。何か一カ所を，そこだけをやってそこで苦労すると，ものすごく悪いわけです。逆にいうと，悪い所を何か先程から言っているいわゆる地質的な構造的な弱線部，いいかえればきずをこうむっておるような場所を万が一ですよ，そういうことはないと思いますけれど，固執してやっていると，やっぱりまずいということだと思います。

# 2—2 第四紀断層

土木研究所　地質研究室
室長　　桑　原　啓　三

# 第四紀断層

## 1. はじめに

近年，いわゆる“活断層”と呼ばれる「最近の地質時代」に活動し，「近い将来」活動する恐れのある断層が，問題になってきている。その原因としては，伊豆半島沖地震，伊豆大島近海地震，日本海中部地震等の地震時に地震断層が現われたこと，最近空中写真判読を主体にして日本全国の活断層分布図が公刊されたことなどによるものと思われる。

“活断層”ということばには，活火山のイメージがあり，“活断層”即動きつつあるもの，すなわち日常的に動いているものという印象を受けがちである。しかし，日本では日常的に動いている断層は未だ発見されておらず，また将来の活動性についても，地質学的な時間尺度と工学的な時間尺度の相違があり両者の間で認識は異なっているものと思われる。

このようなことから，「最近の地質時代に活動し，将来も活動する恐れのある断層」について正しく認識しておくことが必要であると思われる。

## 2. “活断層”とは

「最近の地質時代に活動し，近い将来活動する恐れのある断層」は，一般に“活断層”と呼ばれているが，“活断層”の定義は人によって違っており，例えば，

『地学辞典』（古今書院，旧版）：活動の記録のある断層。

『　〃　』（　〃　，新版）：第四紀においても活動している，または活動したことのある断層。

『地学事典』（平凡社）：最近に運動したことのある断層。

この場合，最近という時代は明瞭に限定されていない。場合により第四紀に動いたことのある断層総てを包括することもあるし，明治以降に運動した断層に限ることもある。

『日本の活断層』（東京大学出版会）：最近の地質時代に活動し，将来も活動することが推定される断層を活断層という。（中略）毎年動いている断層というようなものは，日本にはほとんど存在しない。いつか再び動くであろうと判断されるものを呼ぶのであって，現実に活動しつつある訳ではない。その判断の目安になる第一のことは，近い過去に活動したかどうかである。（中略）地質時代の区切りである第四紀，つまり約200万年前から現在までの間に，動いたとみなされる断層を活断層として扱った。

Glossary of Geology : A fault along which there is recurrent movement, which is usually indicated by small, periodic displacements or seismic activity.

とされている。

すなわち，“活断層”は，最近の地質時代に活動し，近い将来活動する断層ということになるが，最近の地質時代については第四紀（約200万年前～現在）とするのが多いようであるが定説がない。また近い

将来についても同様に定説がない。

一方，工学的な意味で"活断層"を扱っている例として，

米原子力委員会（1962）では，Capable fault として：

① 35,000年間に少くとも1回活動したもの。または50万年間にくり返し活動したもの。

② 断層と直接関係あることがかなりの確度で決められた広域の記録のあるもの。

③ 上記①，②に付ずいしたもの。

Bonilla（1969）：① 10,000年前以降に活動したもの。

② かなりの確度で地震が発生したことが認められるもの。

③ 地表の破断や撓曲が10,000年前以降にも認められるもの。

④ 計器によって歪の確認のできるもの。

⑤ 他の活断層や活構造運動に伴うもの。

大ロスアンゼルス市（1970）：活動時期と構造物の規模，重要度によって指導。

① 時代不明

② 完新世

③ 第四紀後期（数10年前まで）

④ 新生代後期（1,200万年前まで）

⑤ 新生代以前（1,200万年前以前）

A.E.C.10CFR. RART 100 Appendix A の改訂案（1971）

① 35,000年前以降に1回または50万年前以降に2回以上活動したもの。確たる証拠がない場合には地表断層や地表たわみ，あるいは地形的に切られていることが明確なもの。

② ロッキー山脈以西の北米大陸，アラスカ，ハワイ，プエリトリコでは計測的に地震活動が良く確認できるもの。

③ ①，②に付ずいするもの。

国際原子力委員会

① クリープしているもの。

② 後期第四紀に活動した証拠のあるもの。

③ 地表破断，地表たわみ，あるいは地形的に切られていることが地質的に地形的にはっきりしているもの。

④ 活断層に付ずいするもの。

ニュージーランド：

表－1　ニュージーランドの基準

| | | 最近5000年 | | |
|---|---|---|---|---|
| | | くり返し | 1回 | なし |
| 5,000 | くり返し | I | I | II |
| ～ | 1回 | I | II | III |
| 50,000年 | なし | I | III | — |
| 50,000 | くり返し | I | II | III |
| ～ | 1回 | I | III | Not active |
| 500,000年 | なし | I | III | — |

日本原子力委員会

設計用最強地震　$S_1$ 断層　1万年以内

設計用限界地震　$S_2$ 断層　5万年以内

等がある。

これらはいずれも第四紀後期，それも極く最近の過去（例えば35,000～50,000年）に絞っているようである。

このように，地質学でいう"活断層"と工学でいう"活断層"では，最近の地質時代といってもその認識は大きく異なり，また地質学における将来の活動性については，その判断が極めて難かしいために，再び動くであろうという判断の目安として，近い過去に活動したかどうかで判断している。すなわち，理学では近い過去に活動したものは近い将来活動する可能性が高いとしている。

しかしながら，最近活動した断層でも，火山活動に伴う断層は再活動性は低いと思われ，また近い過去（200万年前以降）に活動していても，極く最近（数10万年～数万年前以降）に活動していない断層があり，これらの極く近い将来の活動性は近いと思われる。

このようなことから，「最近の地質時代に活動し，近い将来活動する懸念のある断層」を"活断層"と呼ぶのは適当ではないと思われるので，第四紀に活動した証拠のある断層は「第四紀断層」と呼ぶのが適当であると思われる。

## 3. 線状模様と第四紀断層

第四紀断層の発見の第1の手がかりとなるのは，空中写真判読である。空中写真映像（衛星写真を含む）上で見える線状の模様は，線状模様と呼ばれている。線状模様は，空中写真上または地形図上で，直線的な谷，鞍部の連続，崖の連続，人工構造物の連続，植生の連続，色調階調の不連続等何らかの原因で線状に見えるものをいう。

地質構造を反映していると思われる線状模様としては，（図－1参照）

① 断層線崖の存在

② 直線的な谷の存在

③ ケルンコル，ケルンバットの存在

④ 特定方向に平行する地形の存在

⑤ 稜線や川の流路にずれがある場合

⑥ 山腹斜面の傾斜変換線が直線的に連続する場合

⑦ 河川の流路が著しく直線状を示す場合

⑧ 水系が格子状または直線状を示す場合

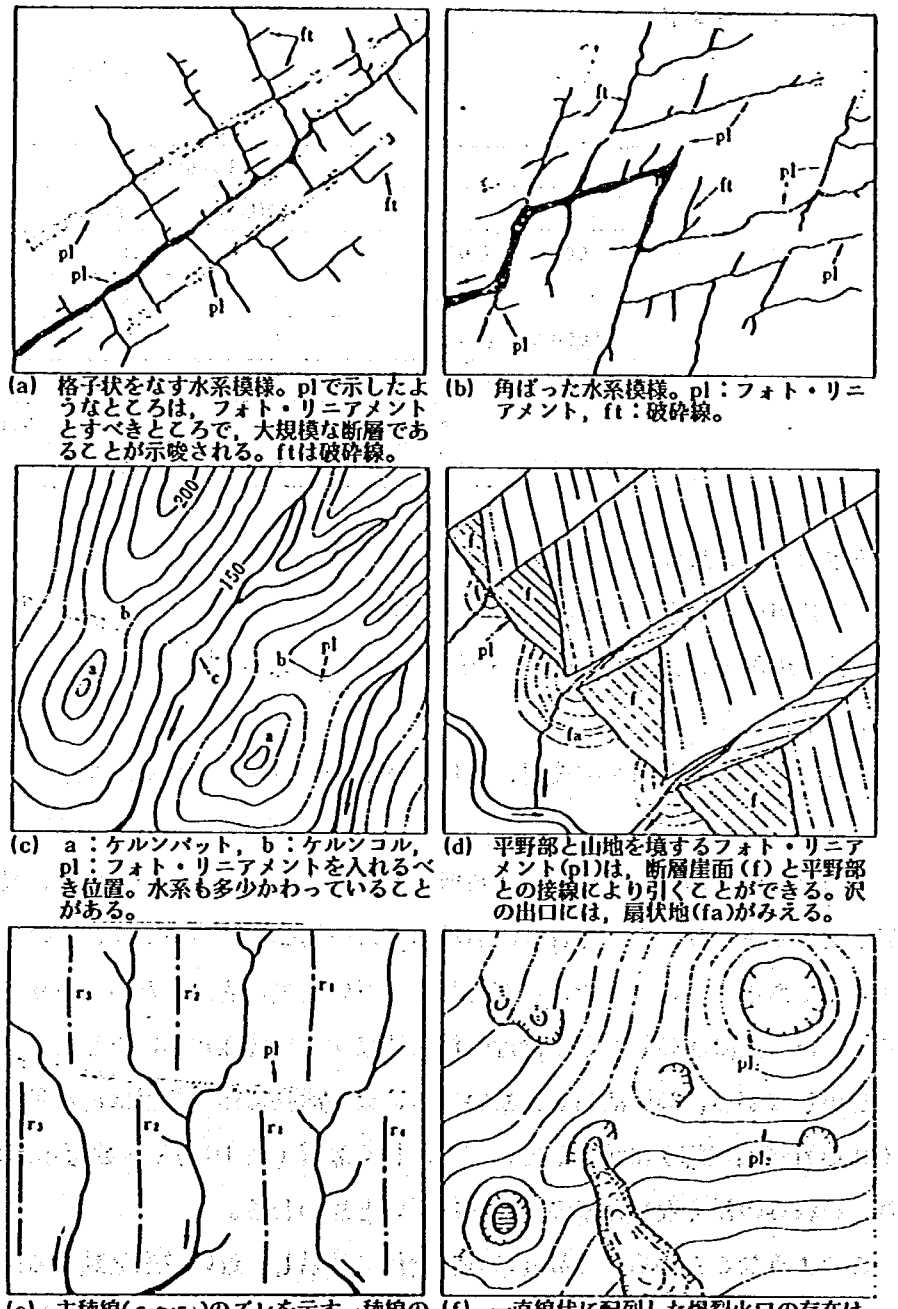
⑨ 水系異常

⑩ 地形的急変部

⑪ 湖沼，火口，温泉，崩壊地等が直線上に配列している場合

⑫ 扇状地等の新しい地形がずれている場合

等があり，これらは断層，地層境界，強い節理，割目の密集している所，地層の傾斜等を示している。




(a) 格子状をなす水系模様。plで示したようなところは，フォト・リニアメントとすべきところで，大規模な断層であることが示唆される。ftは破砕線。

(b) 角ばった水系模様。pl：フォト・リニアメント，ft：破砕線。

(c) a：ケルンバット，b：ケルンコル，pl：フォト・リニアメントを入れるべき位置。水系も多少かわっていることがある。

(d) 平野部と山地を境するフォト・リニアメント(pl)は，断層崖面(f)と平野部との接線により引くことができる。沢の出口には，扇状地(fa)がみえる。

(e) 主稜線($r_1$～$r_4$)のズレを示す。稜線のズレと同時に，流路のズレも認められる。pl：フォト・リニアメント。

(f) 一直線状に配列した爆裂火口の存在は，構造線($pl_1$)の存在を示唆する。これとは別に，$pl_2$のような方向の構造線も考えられる。

図－1　フォト・リニアメント（断層）の判読方法を示す模式図（今村原図）

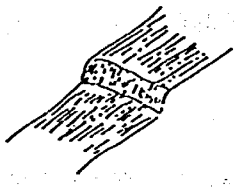
これらの地質構造を反映した線状模様のうち，比較的最近の地質時代（第四紀程度）に活動した断層（撓曲を含む）を示す変動地形としては，図－2に示すような，崖地形，凹地形，凸地形，横ずれ地形がある。これらの変形地形は，必ず第四紀断層を示すものではないが，以下に示すように，連続性の大きいもの，地形上明確に認められるもの，1種だけでなく，いろいろな情報が断層の存在を示しているもの，すなわち系統的なものほど第四紀断層の存在は高いといえる。

**線状模様の分類**

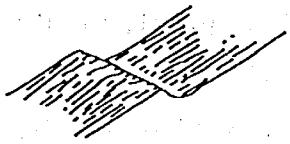
$L_1$：地質構造を反映していると思われる線状模様のうち，極く最近（第四紀程度）の変位地形である

崖　地　形

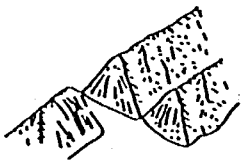
S：崖　（＞10m）
a：低崖（＜10m）



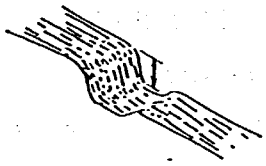
rs：逆向き崖
ra：逆向き低崖



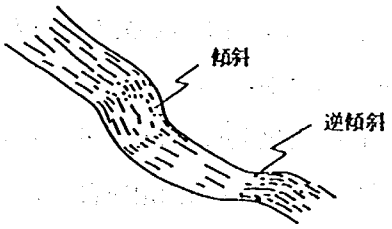
t：三角末端面



d：高度不連続

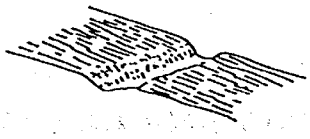


p：　傾斜



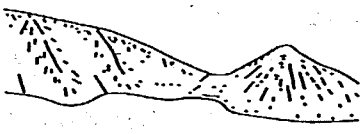

凹　地　形

r：直線状の谷



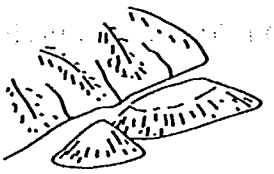
g：溝　状　地

c：鞍　　部



凸　地　形

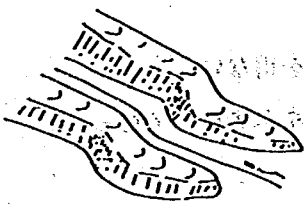
b：孤　立　丘



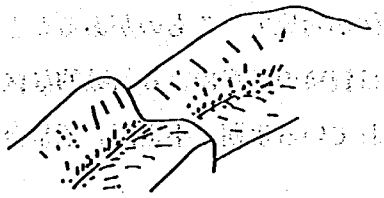
m：直線的な高まり

横ずれ地形

o：屈　　曲



w：ウインドギャップ（　頸谷）



図－2　変位地形の地形形態

確からしさの最も高いもの，具体的には，変位の基準となる地形が明確なもの。すなわち，線状模様の両側の尾根，谷，地形面が極く最近までひと続きであったことが明らかに判り，それが線状模様によって系統的に変位（変位の向き，変位量等がほぼ同じようになっていること）しているもの，したがって系統的でないもの，例えば，同時代に形成された地形が所によって変位したり，しなかったりするものはここには含めない。

$L_2$：$L_1$ に準じ，変位地形である確からしさのやや高いもの。すなわち，段丘などの明瞭な変位基準地形がないために，確実度は低いが，尾根や谷が横ずれ様に配列していたり，直線的な低断層崖と思われる地形があって，変位の向きは推定できるが，両側の地形面の時代が異なるなど，極く最近の変位地形であることが不明瞭な線状模様。

$L_3$：$L_2$ に準じ，変位地形である確からしさの最も低いもの，すなわち最も不明確なもので，変位地形はあるが，変位の向きが不明確であったり，他の原因も考えられるもの。

以上をまとめて，線状模様と第四紀断層との関係を図示すると，図－3のようになる。すなわち，線状模様の一部が変動地形を有し，断層の一部が第四紀断層であり，変動地形を有する線状模様と第四紀断層とは1対1に対応しない。また，将来活動する恐れのある断層（土木的な意味も含めて）は第四紀断層中の極く一部である。

## 4. 第四紀断層の分類

従来"活断層"と呼ばれていたものは，空中写真判読を主体にして抽出され，現地確認がないものも活断層と呼ばれていた。したがって"活断層"は存在の確からしさで確実度という分類が行われていた。しかし前述のように，変動地形を示す線状模様が必ず第四紀断層を示すものではないこと，第四紀断層の中でも後期に活動していないものは将来の活動性は低いと見られること等の理由により確実度の分類は不適当と思われ，時代区分による方法がより適切であると思われる。

したがって，第四紀（約200万年前～現在）に活動した断層を，以下のように $H_1$, $H_2$, $P_1$, $P_2$, $P_3$, $P_4$ に区分するのが良いと思われる。

区分にあたっては，

① ある時を境にして地殻応力場が変わっていること。これは傾斜不整合等が存在すれば，応力場は変っていると見なせる。

② 海水準の大巾な変動など広域にわたって対比できるものがあること。

③ テフラ等広域的に時代が対比できるものがあること。

④ 地質時代の判定区分は資料の多寡により対数的な区分にならざるを得ないこと。

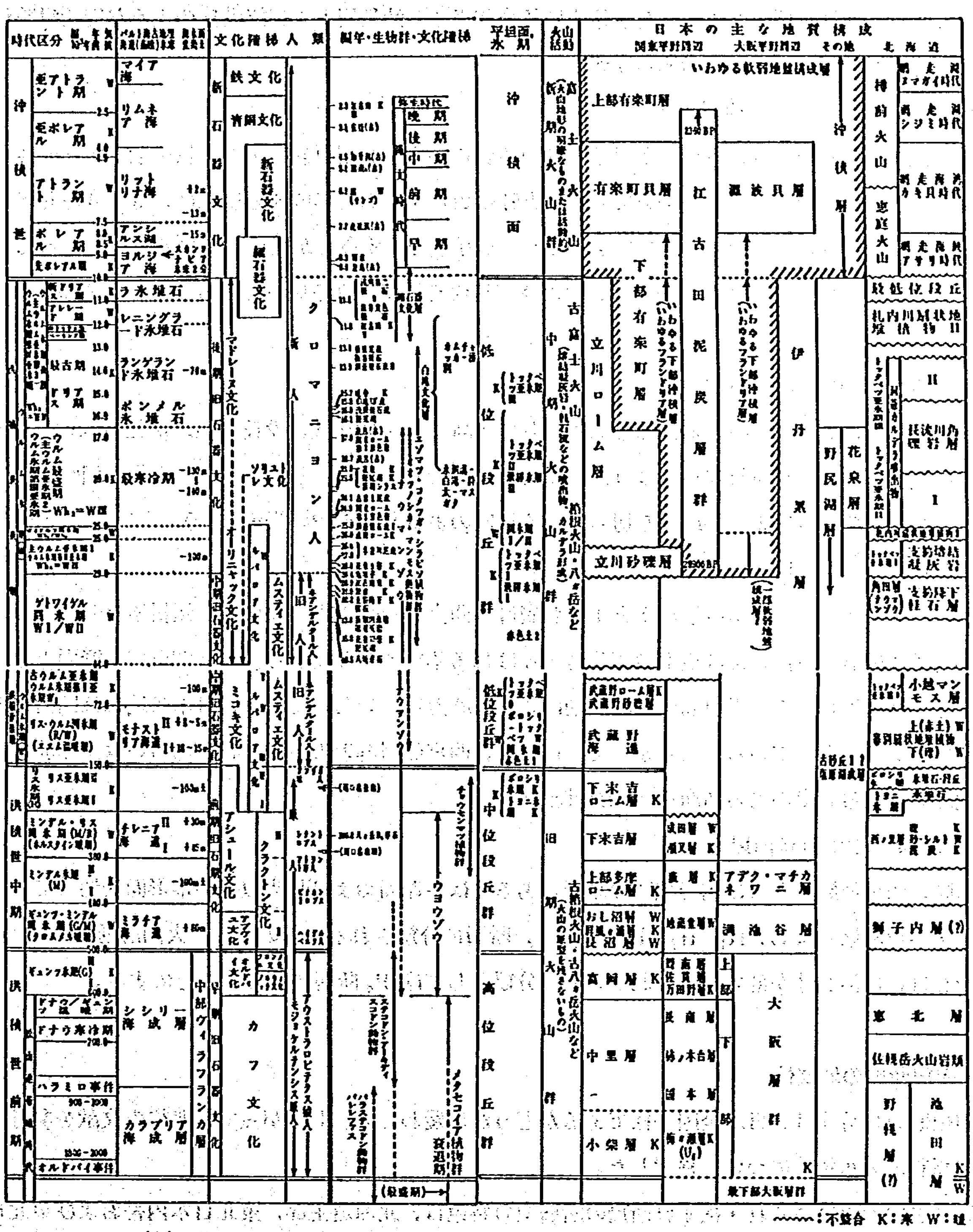
等を考慮し，表－2に示されている氷期，平坦面，不整合，火山活動等を参考にして行った。

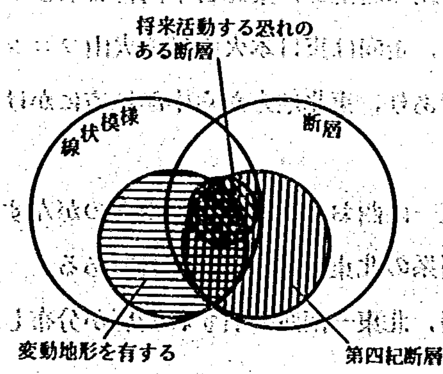
### 1）$H_1$ 断層

歴史地震によって変位が生じたことが確認されている断層。

### 2）$H_2$ 断層（$10 \times 10^3$ 年前以降）

表－2　第四紀対比表（湊・井尻，日本列島第3版，岩波書店，1974）




図－3　線状模様と断層の関係

完新世（沖積世）に地殻応力によって活動した断層，すなわち関東では有楽町層，濃尾平野では南陽層，大阪平野では梅田粘土層，九州では有明粘土層等に相当する沖積層および沼段丘のような完新世時代に形成された地形を切っている証拠のある断層。

3）$P_1$断層（ $30 \times 10^3$ 年前以降）

日本にはいくつかの高さの段丘群が発達している。このうち後期更新世（洪積世後期）に形成された段丘群が見られる。この段丘群中，関東で立川面と呼ばれる平坦面を形成する段丘は，3～4万年を示す。

同様に，大阪平野，室戸岬，喜界島でも 3.5～4.5万年を示す段丘が発達している。このようなことから，これらと同時代に形成された地形面，および同時代を示す地質を切っている証拠のある断層を $P_1$ 断層という。

4）$P_2$断層（ $150 \times 10^3$ 年前以降）

日本各地には，関東地方の下末吉面を始めとして比高 30～100 m に段丘の発達が見られ，一般にS面と呼ばれている。このS面形成時代は 12～13万年といわれている。したがって，S面と同時代に形成された地形面および同時代を示す地質を切っている証拠のある断層を $P_2$ 断層という。

5）$P_3$断層（ $500 \times 10^3$ 年前以降）

大阪層群中部亜層群（千里亜層群）と上部亜層群（西宮亜層群）との間には，傾斜不整合があり，関東でも同時期に長沼不整合，又は東京湾不整合と呼ばれる不整合が存在する。また関東で多摩面と呼ばれる高位段丘面が発達し，この平坦面の形成時期は 30～50 万年といわれており，日本各地には同時期の平坦面（段丘面）が存在している。したがって，長沼層，西宮亜層群および相当層，あるいは多摩面および相当の地形面を切る証拠のある断層を $P_3$ 断層という。

6）$P_4$断層（ 200万年前以降）

長沼層，西宮亜層群および相当以降の地層，あるいは多摩面および相当以降の地形面を切っている証拠のない第四紀断層。なお，$H_1$，$H_2$，$P_1$，$P_2$，$P_3$ 断層に分類される断層のうち，火山活動に伴って形成された断層は，再活動性が低いと思われるので，分類としては $P_4$ 断層に含めることにする。

## 5. 第四紀断層の地域性

第四紀断層の分布は，日本全国一様であるかどうかは疑わしい。したがって，既往の文献を参考にして第四紀断層の分布特性について検討した。

断層の走向および縦ずれ・横ずれ断層の断層型の特色は，北海道主部，東北日本内帯および東北日本外帯に分布する第四紀断層はほとんど縦ずれ（逆）断層であり，走向は東日本火山帯の火山フロントの方向と平行である。関東北縁の縦ずれ断層の走向は北西一南東であり，東北地方から中部地方にかけての縦ずれ断層の一般的方向が北東一南西であるのと異なっている。

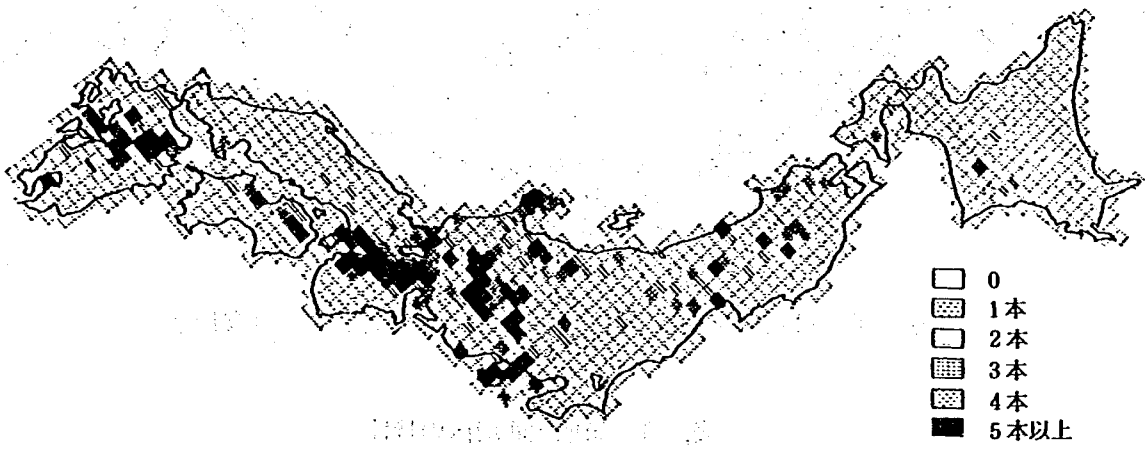
伊豆半島の横ずれ断層は，北西一南東系統が右ずれ，北東一南西および南北方向のものが左ずれを示す。

中部地方は阿寺断層系の北西一南東が左ずれ，跡津川断層系の北東一南西が右ずれである。

近畿地方は南北系の逆断層，北西一南東方向の左ずれ断層，北東一南西の右ずれ断層が分布している。

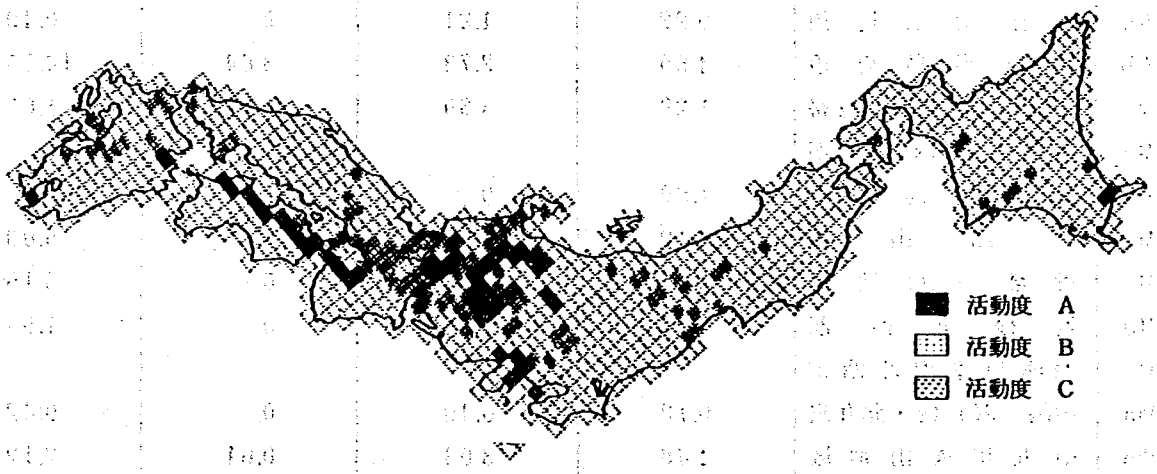
中国，瀬戸内，九州は分布密度は低いが，北東一南西が右ずれ，北西一南東が左ずれである。

図－4は，日本全国を1/5万地形図のメッシュに区切り，メッシュ内に含まれる第四紀断層の数を示したものである。第四紀断層が密に分布する地域は，伊豆半島周辺，フォッサマグナ，能登半島，近畿三角地域，中九州地域，中央構造線主部である。




図－4　メッシュ内に分布する第四紀断層の数

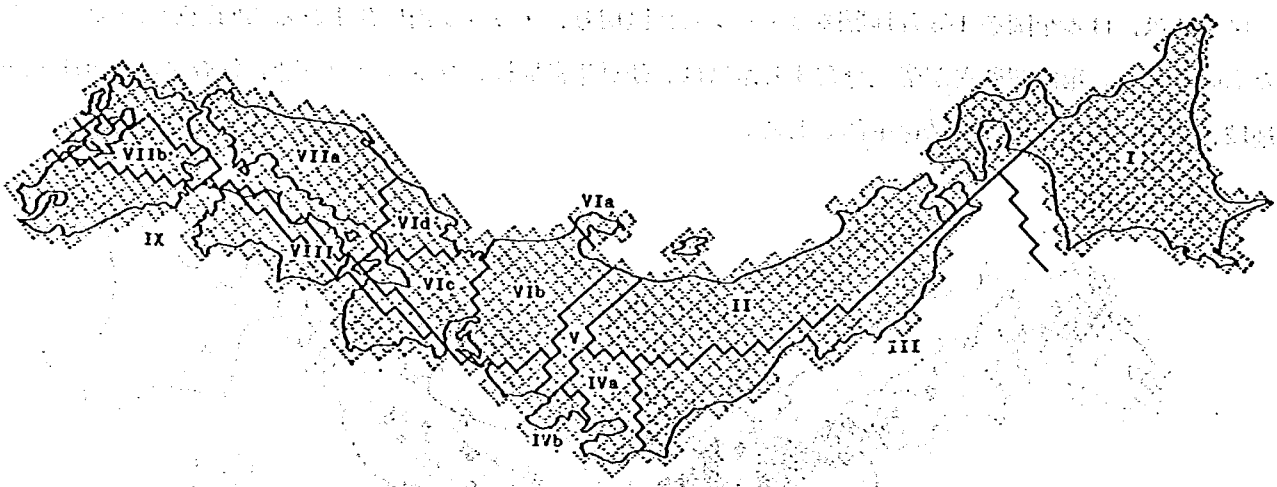
図－5は，メッシュ内に存在する長さ10km以上の第四紀断層の活動度を示したものである。ここで活動度Aとは変位量が1000年につき1～10mのもの，Bとは0.1～1m，Cとは0.01～0.1mのものである。活動度の高い地域は伊豆半島周辺，中部山岳地，中央構造線主部である。




図－5　長き10km以上の第四紀断層の活動度

このような第四紀断層の走向，断層型，密度，長さ，活動度等を考慮して，日本全国をいくつかに区分すると図－6のようになる。また，それぞれの第四紀断層区の特性を示すと表－3のようになる。

一般に断層の巾は堅岩と堅岩とに挟まれた破砕帯の巾であるが，断層は枝分れしたり，雁行したりする。




図－6　第四紀断層区（各区の名称および特性は表－3参照）

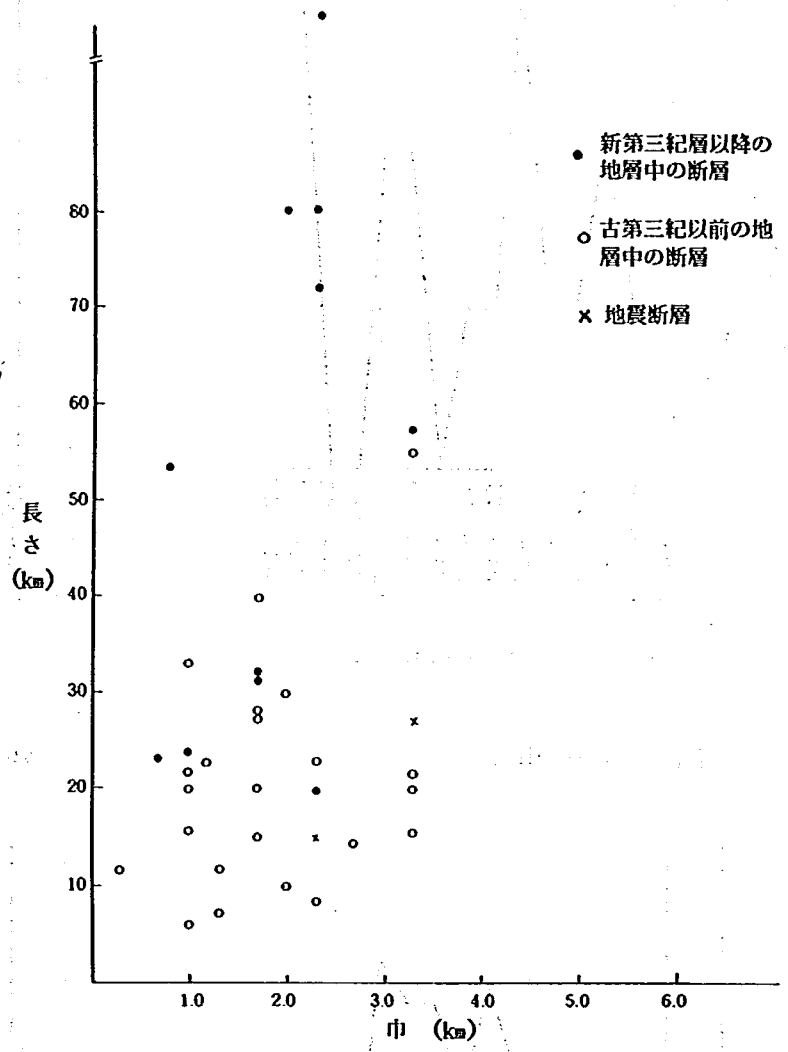
表－3　第四紀断層区の特性

| 記号 | 活断層区名 | 全活断層密度（本/メッシュ） | 長さ 10km以上の活断層密度（×10⁻¹本/メッシュ） | A級活断層の密度（×10⁻¹本/メッシュ） | 横ずれ成分をもつ活断層密度（×10⁻¹本/メッシュ） |
|---|---|---|---|---|---|
| I | 北海道主部 | 0.12 | 0.34 | 0.19 | 0.10 |
| II | 東北日本内帯 | 0.59 | 0.68 | 0.60 | 0.04 |
| III | 東北日本外帯 | 0.06 | 0.19 | 0 | 0.09 |
| IV | 伊豆小笠原弧先端部 | | | | |
| IVa | 関東山地周辺 | 0.22 | 1.21 | 0 | 0.49 |
| IVb | 伊豆半島周辺 | 4.55 | 2.73 | 3.64 | 14.55 |
| V | フォッサマグナ地帯 | 1.28 | 3.60 | 5.20 | 1.60 |
| VI | 西南日本内帯東部 | | | | |
| VIa | 能登半島周辺 | 1.80 | 0 | 0 | 0 |
| VIb | 中部山地 | 1.19 | 6.67 | 1.67 | 5.00 |
| VIc | 近畿三角地域 | 2.95 | 8.46 | 0 | 6.15 |
| VId | 近畿北西部 | 0.22 | 1.88 | 0 | 1.56 |
| VII | 西南日本内帯西部 | | | | |
| VIIa | 中国・瀬戸内・北九州 | 0.12 | 0.49 | 0 | 0.42 |
| VIIb | 中九州火山地域 | 4.48 | 3.03 | 0.61 | 2.12 |
| VIII | 中央構造線主部 | 1.70 | 7.50 | 7.00 | 8.00 |
| IX | 西南日本外帯 | 0.18 | 0.14 | 0.42 | 0.14 |

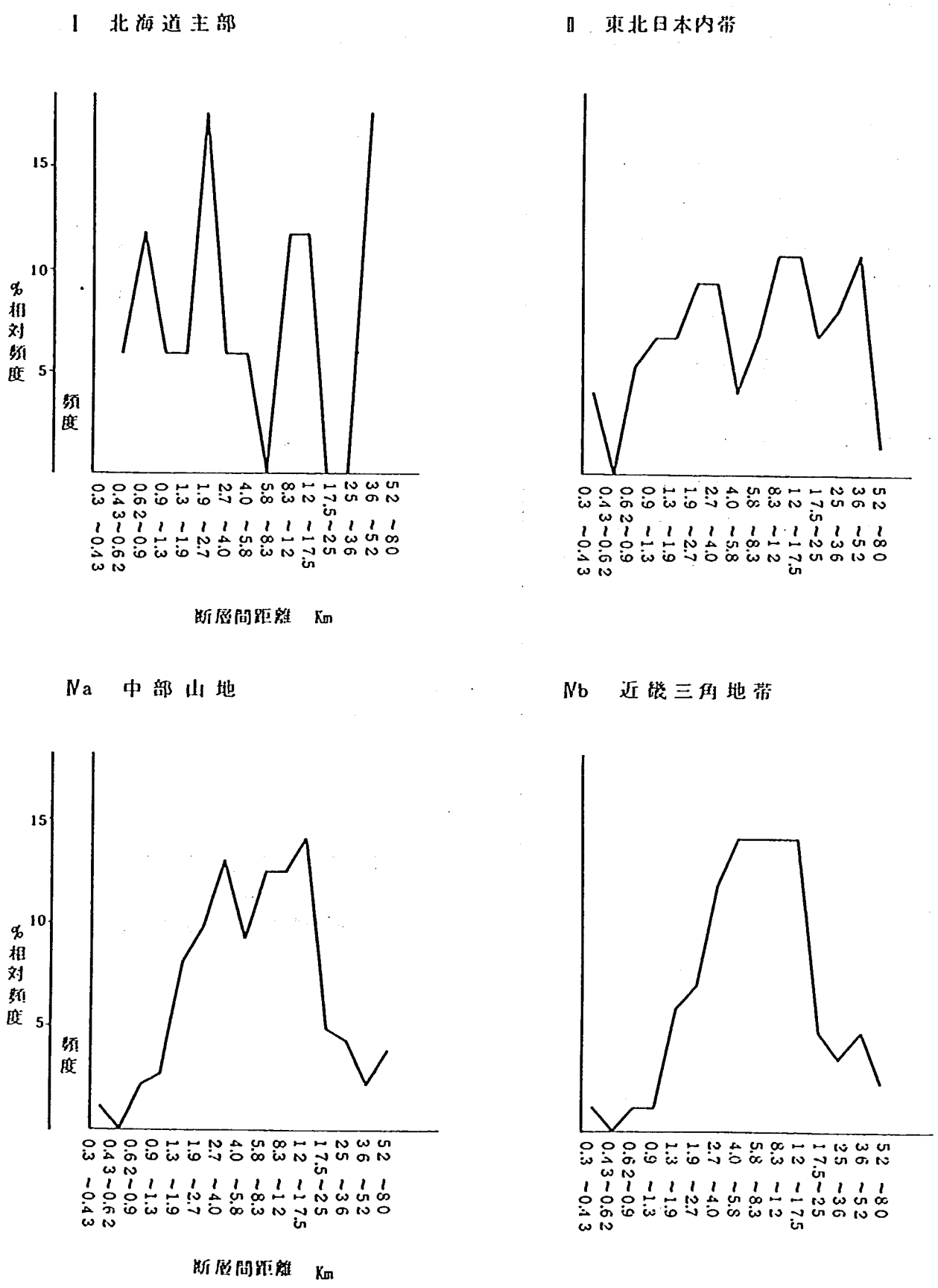
第四紀断層を考慮する場合は，個々の断層の巾とするより，大局的に見て断層ゾーンのような考え方，すなわち，ある断層ゾーンでは密な調査，断層ゾーン間では粗い調査のような考え方もあると思われる。

図－7は，このような観点から，1つの断層群と思われる巾と長さとの関係を新第三紀以前と以後の地層に分けて示したものである。

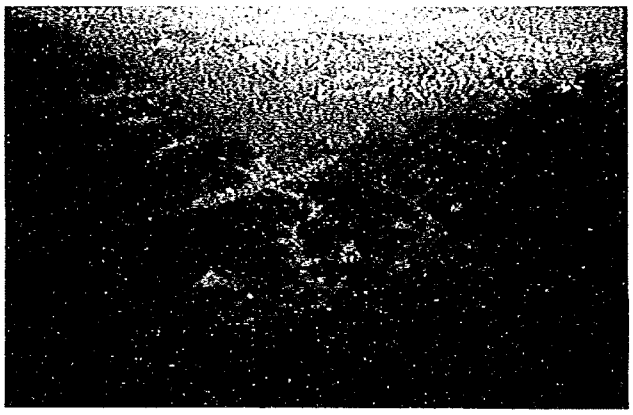
また図－8は，前述の第四紀断層区の一部地域について，東西断面における断層距離の頻度スペクトルを示したものである。これらの図から断層ゾーンとしてはほゞ3km程度と考えて良く，また各地域区分毎に断層の分布周期には特徴があるようである。巨視的に見れば，大きな第四紀断層の周期はほゞ40km程度であり，次いで20km，10kmの間隔で存在しているように見うけられる。




図－7　断層群の巾と長さの関係

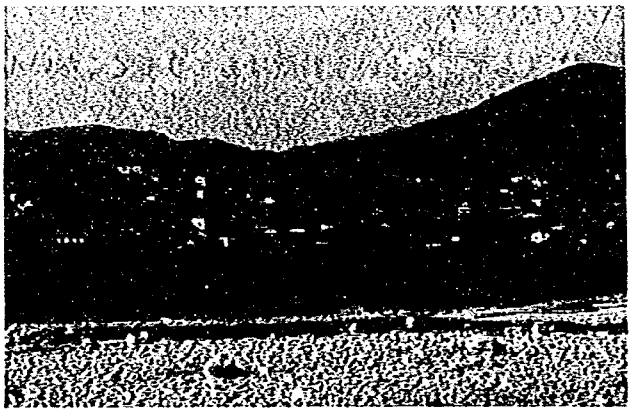



図－8 東西断面における第四紀断層の断層間距離の頻度スペクトル



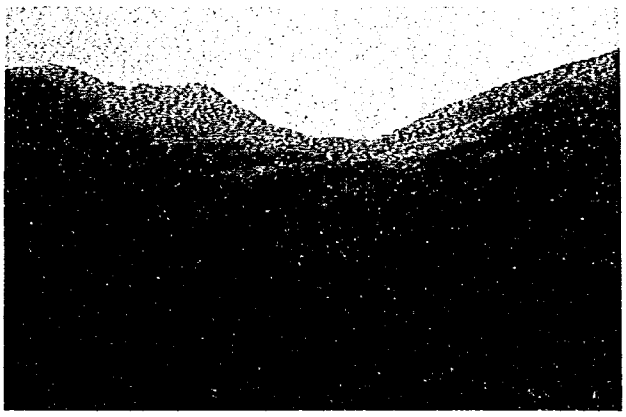
写真－1　山崎断層
断層は左上より右下に走っている。

写真－2　跡津川断層
右側は後期更新世の礫層，左側は中生代末期の破砕された花崗岩。



写真－3　阿寺断層
断層は写真中央を上下に走っている。写真中央の小さな林とその左側の人家の間の段差が断層崖。

写真－4　北向山断層
○印を結んだ方向に断層はのびている。



写真－5　北向山断層
断層は写真中央やゝ右を走っている。

# 質　疑　応　答

**質問（加藤）**　建大の加藤でございますけど，ちょっと御伺いしたいのですけど，最後の4ページで断層間の距離というのが最初の方は0.13kmでまん中へんだと1.8kmで一番最後ですと28kmぐらいというふうな間隔になっているんですけど，これはどういう考え方でこういう区間なんですか。

**桑原**　これは地震の加速度のスペクトルを取ると同じような考え方で，先程の日本の活断層をはり合せまして，それを緯線の方で切ってやって，それの間隔を対数でとったということです。縦軸の辺がその1つの地域を全部100としまして，それの中で，それの頻度分布をパーセントになおして示したというわけです。ですから1つのある周期があるんじゃないかと，うしろの方が大きな周期で，前の方が小さな周期で，その周期をだしてやろうと，そういうふうな感じでだしたのです。

**加藤**　これ等間隔できったら意味がないんですか。答がでないとか。

**桑原**　等間隔できりますと，前の方へぐっとかたまってしまって，こういう特徴はあまりでてこないんで，そういうことで対数目盛できってあります。

**加藤**　工学的に意味があるわけではなくて，特徴をつかもうというわけでだしたんですね。わかりました。

# 2—3　日本海中部地震の災害の特徴

土木研究所　動土質研究室
佐々木　　康

# 日本海中部地震の災害の特徴

## Ⅰ　地震の概要

・発生日時　昭和５８年５月２６日　午後０時００分

・地震規模　Ｍ（マグニチュード）7.7

・位　　置　秋田，青森県境沖　約９０㎞，北緯４0.４度，東経１３8.９度，深さ５㎞

・震　　度　震度Ⅴ（強震）　秋田，むつ，深浦

Ⅳ（中震）　盛岡，青森，八戸，酒田，森，江差

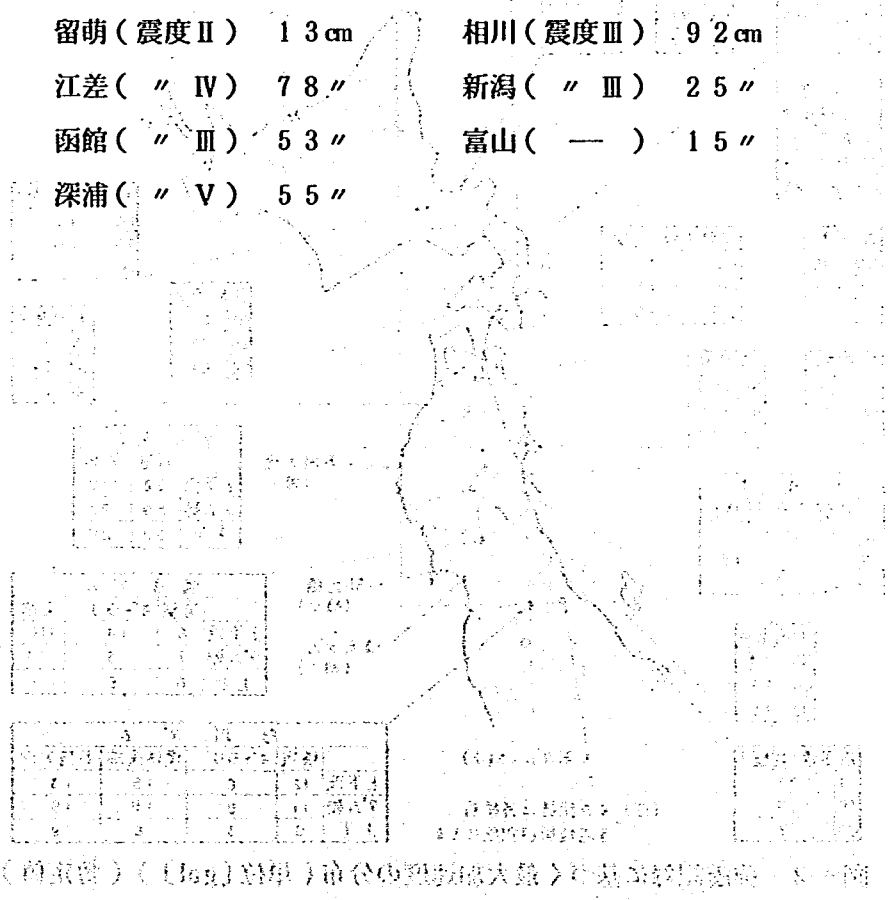
Ⅲ（弱震）　室蘭，福島，宮古，仙台，大船渡，倶知安，輪島，山形，函館，帯広，新潟，新庄，相川，高田

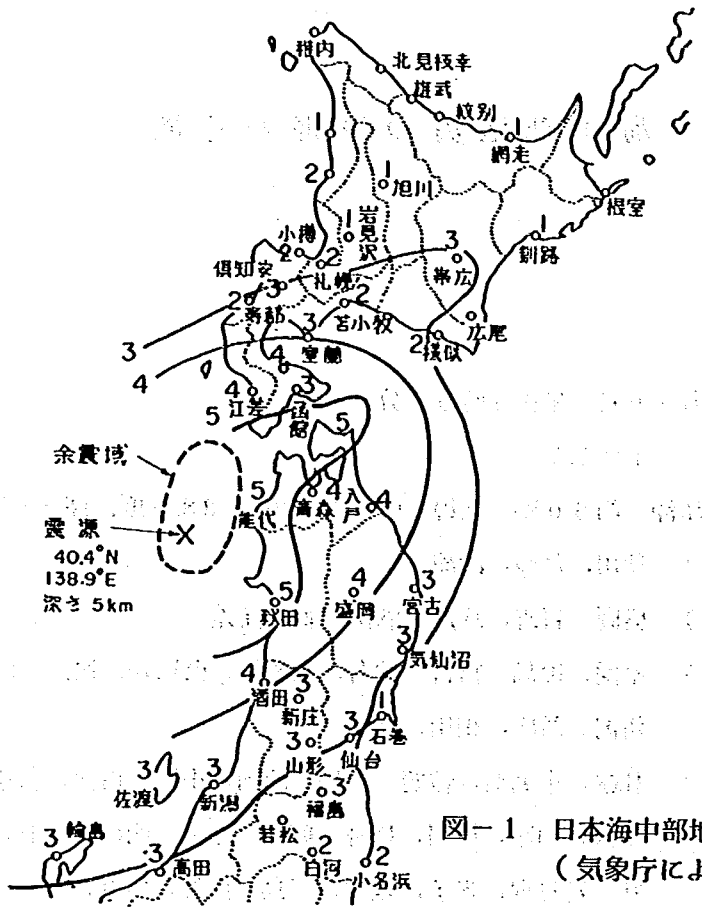
Ⅱ（軽震）　札幌，小名浜，留萌，前橋，浦河，小樽，白河，苫小牧，寿都

Ⅰ（微震）　金沢，釧路，旭川，長野，網走，館山，西郷，石巻，豊岡，水戸，福井，岩見沢，米子，敦賀，三島，熊谷，横浜，諏訪，広尾，父島，羽幌，佐賀

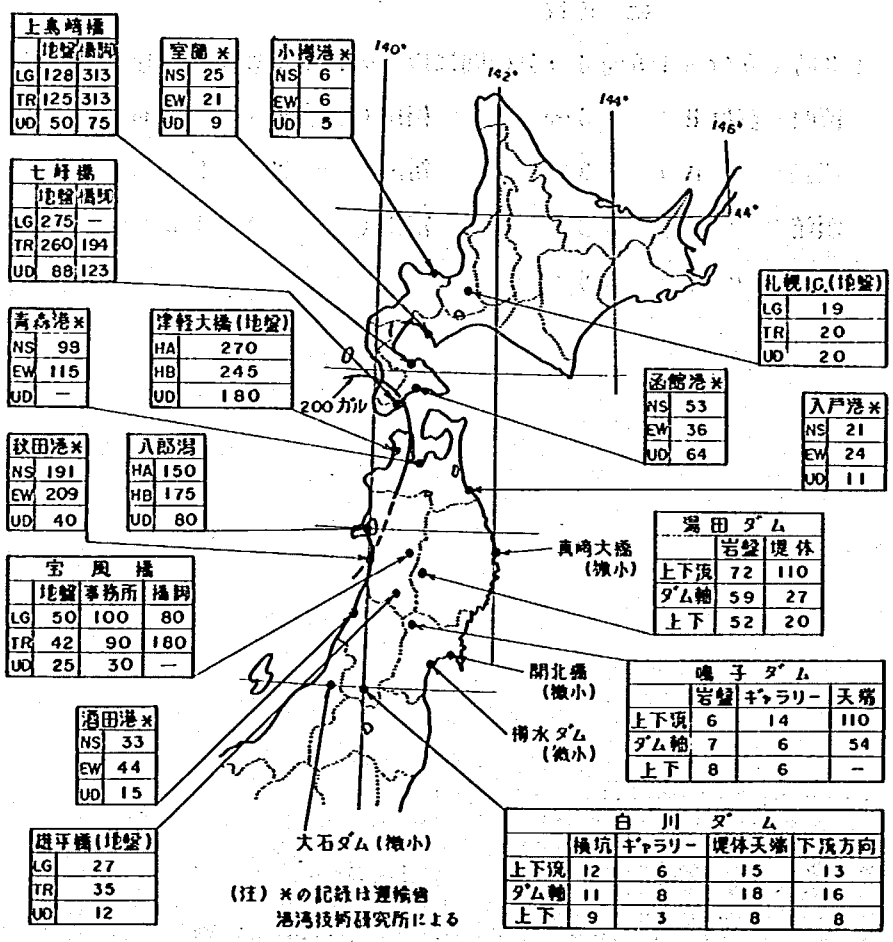
・津　　波　１３時１０分～１５時４０分の間に以下の各地で観測（日経5/27朝刊による）

| | | | |
|---|---|---|---|
| 留萌（震度Ⅱ） | １３㎝ | 相川（震度Ⅲ） | ９２㎝ |
| 江差（〃 Ⅳ） | ７８〃 | 新潟（〃 Ⅲ） | ２５〃 |
| 函館（〃 Ⅲ） | ５３〃 | 富山（ — ） | １５〃 |
| 深浦（〃 Ⅴ） | ５５〃 | | |






図－1　日本海中部地震震度分布
（気象庁による）




図－2　強震記録に基づく最大加速度の分布（単位〔gal〕）（暫定値）

## Ⅱ　土木関係の被害

### (1)　被害状況の概要

1－1）被害箇所数（建設省所管・公共土木施設）　（58.6.13現在，防災課調べ）

| | 直轄 | 補助 | 計 |
|---|---|---|---|
| 河川 | 77 | 383 | 460 |
| ダム | — | — | — |
| 砂防 | — | 18 | 18 |
| 海岸 | 9 | 46 | 55 |
| 道路 | 24 | 1,483 | 1,507 |
| 橋梁 | — | 134 | 134 |
| 計 | 110 | 2,064 | 2,174 箇所 |

| | | |
|---|---|---|
| 他に | 都市施設 | 88 箇所 |
| | 地すべり | 3 |
| | 急傾斜地崩壊 | 24 |
| | 道路公団管理施設 | — |
| | 計 | 115 |

総　2,289 箇所

1－2）被害概要

今回の地震による被害は，北海道から島根県に至る日本海沿岸の1道4県（北海道，青森，秋田，石川，島根の各道県）で報告されているが，特に被害の大きかったと思われる青森，秋田両県の被害概要は次のとおりである。

今回の地震による被害の特徴は，津波による死者が多かった事，ならびに沖積低平地の各所で地盤液状化に因る噴砂現象が観察され，特に盛土等の土構造物に大きな被害を生じたことである。これに対して，橋梁等の重要構造物自体の被害は比較的軽微であった。

津波の発生は，青森県深浦港で記録された検潮記録によれば，地震発生後7分で引き波が始まり，第1波の谷は約28㎝，山は38㎝であった。深浦港における津波の高さは午後1時36分に最高となり，最大波高1.1mが記録されている。また津波の周期は約10分であった。

この津波により秋田，青森両県下で99名の人命が失なわれたほか，多数の漁船が破壊され，また陸上部に遡上した津波によって秋田県八森（はちもり）町周辺ほかの海岸で多数の家屋を破壊し，海岸施設としての消波堤の異形ブロックを散乱させるなどの被害をもたらした。

橋梁等のコンクリートまたは鋼構造物の大きな被害は見受けられなかったのに対し，橋梁の取付盛土部の沈下をはじめとして，盛土の陥没や亀裂などの被害が秋田，青森両県の西部地域で発生した。

これらの被害は概ね震央距離140㎞以内の沖積低平地のうち旧河道や湖沼跡で多く発生している。なかでも八郎潟では堤防に亀裂や沈下などの大きな被害を生じ，八郎潟堤防全周51㎞の約6割にあたる延長

３０kmの堤防に損傷を与え，堤防天端の沈下量はもっとも大きな箇所では1.5ｍ～２ｍ近くに達すると思われる。

このほか，岩木川，米代川，雄物川，最上川，赤川，高瀬川，馬渕川などの１級河川の堤防や樋管，国道７号昭和バイパス，能代南バイパスなどをはじめ堤防や道路盛土に亀裂や陥没の被害を生じた。

これらの土構造物の被害箇所の多くは周辺の地盤で噴砂が観察され，地盤の液状化と密接な関係を持っているように思われた。しかし一方で，明らかに周辺地盤で噴砂や亀裂を生じているにも拘らず，土構造物自体にはほとんど損傷の見られない箇所もあり今後一層の調査研究が必要と思われる。

また地盤の液状化は，田畑の盛り上りや住家の破損をもたらしており，秋田市内，能代市内，青森県車力村等では多くの住家被害を生じたほか，上下水道に損傷を与え，各所でコンクリート製の電柱が沈下したり，浄化槽等の地下埋設物の浮上りなどの被害をもたらしている。

なお，図－３におもな被害箇所を示した。

(2) 施設毎の被害

２－１）津波の被害

日本海中部地震では大きな津波が発生し，秋田県，青森県では大きな被害を被った。

津波の遡上高は男鹿半島以北，深浦以南で大きく，平均５～６ｍであった。特に峰浜海岸では最大で14.9mという遡上高が記録されている。

津波による災害は多数の人命が失われたこと，多くの漁船が破壊されたこと，陸上部に遡上した津波により家屋が倒壊，流出したこと，漁網が散乱したことなどの様々な形態となった。津波災害の最も大きいのは八森町の八森海岸，八森・岩館漁港周辺である。

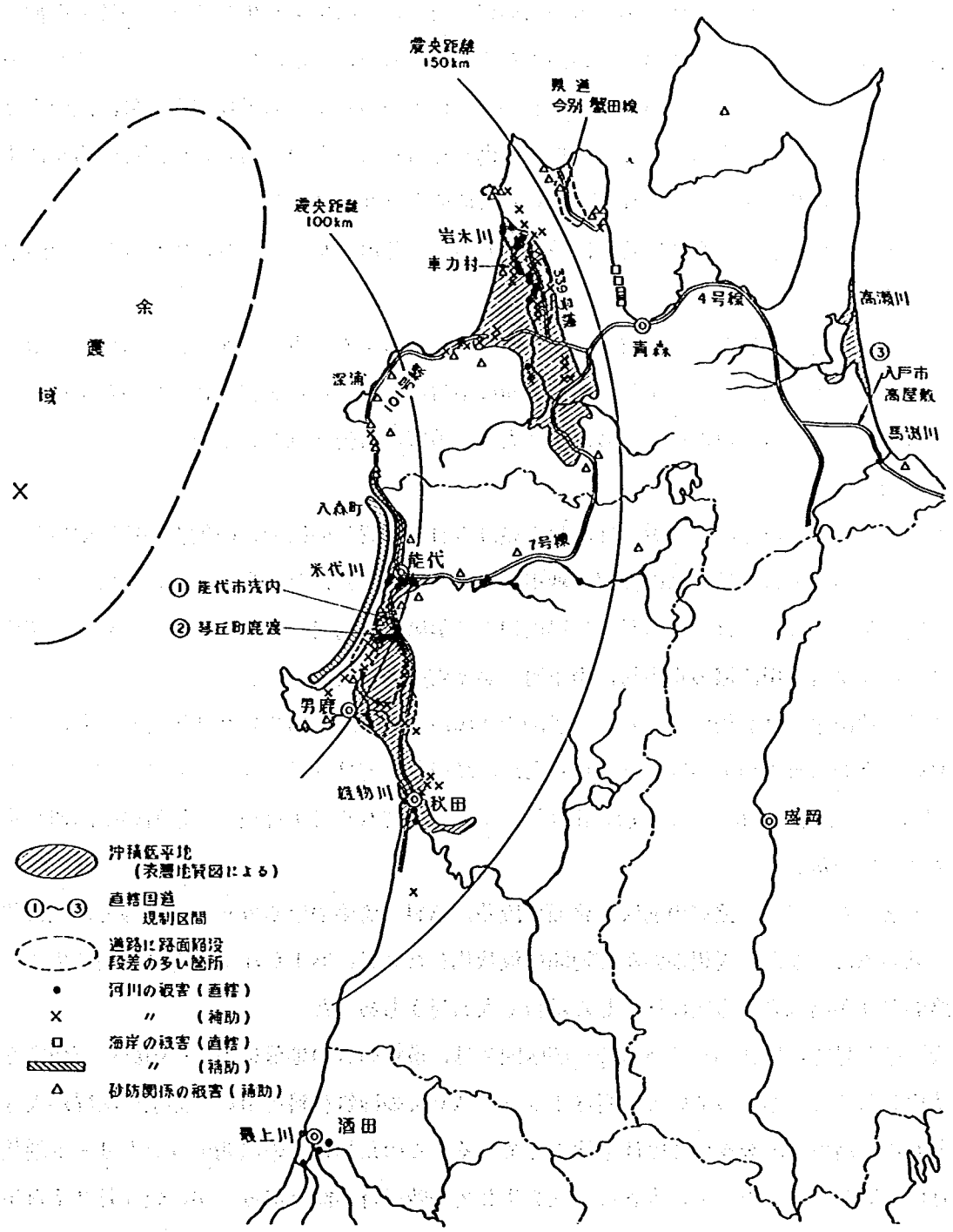
海岸へ流入する中小河川の河口からの津波遡上も著しく，遡上した津波は河川護岸，道路，鉄道，橋，田畑等を破壊した。被害が特に著しいのは，泊川，水沢川，塙川，竹生川などである。これらの地域では海岸線より内陸へ800～1,000ｍも津波が浸入した。

海岸には異形ブロックで造られた消波堤が設置されている箇所も多かったが，異形ブロックが大量に散乱した。

なお，八森海岸では津波来襲時に津波の状況が写真に記録されていた。これによれば，津波は海岸線に直角方向から進入するのではなく，砕波しつつ沿岸方向に津波が進行していることがわかり，海岸線はほぼ南北方向なので，この津波（第３波）は著しく南寄りの入射方向であったことになる。

２－２）河川関係の被害

日本海中部地震によって河川施設にも少なからぬ被害が生じた。なかでも最も大きな被害を受けたのは八郎潟干拓地を取り巻く堤防に生じた亀裂と沈下であり，全長51.176kmのうち29.12km（56.9%に相当）に被害を生じている。被害の形態は堤体ならびに法尻周辺に堤防法線に平行な幾条もの亀裂を生じ堤防天端が沈下する形態のものが大部分である。このような変形にともなって表法面の法覆工にも亀裂や段差，ずり落ちなどの被害が生じ，表法尻に打設されている矢板（コンクリート製，鋼製）も傾斜するとともに樋管等の取水施設にも被害を生じている。




図－3　日本海中部地震による主な被害地点

これらの被害地点では，周辺地盤や亀裂部分に噴砂が多量に見られることから基礎地盤または地下水位下の堤体材料の一部で液状化したことが明らかで，一部の箇所では木杭や合成樹脂製の止水板の抜け上りが観察されている。

直轄河川では，米代川河口部左岸（中島築堤）で三面張り護岸が大破し，堤防天端が沈下したのをはじめ，米代川，岩木川，雄物川，最上川，赤川，などで堤防天端，小段ならびに法尻に縦断亀裂や堤防天端に沈下を生じたほか護岸の破損などを生じた。また一部の樋管では函体に縦断亀裂（雄物川）や継手の開

き（高瀬川）などの被害を生じ，樋管のある箇所の堤防天端に横断亀裂が生じるなどの被害を被っている。

また県管理の河川においても同様の形態の被害が生じているが，直轄，補助の別なく，これらの多くの箇所では周辺地盤に噴砂が見られている。しかし一方では雄物川右岸・旧雄物川との分派点のように高水敷には亀裂や噴砂が見られるものの堤防本体には損傷が見られないものもあり，原因を明らかにすることにより今後の地盤液状化対策に参考になると思われる箇所も存在している。

これらの被害箇所のうち特に直轄堤防では被災後直ちに応急復旧が実施され，亀裂等からの雨水等の浸透を防止する手段が講じられている。

なお，砂防施設（補助）にも一部で被害を生じたが，一部のダム施設では横継目からの漏水量が増えたと報告されており（素波理ダム），また天端や法面に亀裂の生じたことが報告されているアースダム（湯の沢ダム，八面沢ダム，新小戸六ダム）のほかは大きな被害は報告されていない。

２－３）道路関係の被害

日本海中部地震による道路関係の被害は，耐震設計された橋梁等の構造物の被害が比較的少ないのに対し，盛土の陥没，亀裂等の土構造物の被害が秋田，青森の両県にまたがる広範囲な地域に生じた。

なかでも被害が多かったのは，秋田県八郎潟周辺の若美町，大潟村，天王町，昭和町および能代市南部の浅内地区，青森県岩木川流域の車力村，中里町，金木町の各町村である。

地震後には，秋田県で２２箇所（うち，一般国道４箇所），青森県内では２３箇所（うち，一般国道７箇所）において全面通行止めの規制が行なわれたが，秋田県内では５月２８日１８時までに一部区間で片側通行止めの規制は残るものの概ね開通し，青森県内でも６月１日現在４箇所の全面通行止め区間を残して開通している。

道路盛土の被害としては，路肩の崩壊，路面の段差，亀裂，橋梁や横断カルバート等との取付部の沈下，段差が多く見られた。また，周辺地盤が広範囲に液状化した結果，盛土が沈下したり亀裂を生じ，場合によっては路盤自体が路線直角方向に移動した場合（大潟村）もあった。

特に一般国道７号線，能代南バイパスの一部区間では，道路周辺の地盤に多数の噴砂跡が観察され，広範囲に液状化したことを物語っていて，高さ1.5ｍ～2.0ｍの砂質材料を用いた盛土は法尻が大きくはらみ出すとともに，路肩に亀裂を生じ路体も沈下している。このため，この区間のコンクリート舗装版は目地部で相互に衝突したり沈下して，大きな不陸を生じて一時通行不能となったが，翌５月２７日午前４時には応急復旧により全面開通している。

橋梁に生じた被害は，支承，オイルダンパー損傷，高欄抜け出し（男鹿大橋），橋脚や橋台の破損（竜馬橋，羽黒橋，保安橋），沓座の破壊（鳴沢橋，新山田橋）などである。

秋田県若美町の五明光橋（３径間単純ＰＣ床版橋）では取付盛土に著しい沈下，亀裂を生じた。盛土の法尻付近には噴砂跡が認められ，この橋周辺が広範囲に液状化したことを示しているが，ＲＣ製杭を用いたパイルベント式橋脚の頭部に小さな亀裂が生じたほかは橋本体に被害を受けておらず，液状化地盤中における橋梁の耐震設計法の開発に関し，貴重な資料を残した。

2－4）都市施設等の被害

住民生活に関連の深い都市施設のうち，上水道は秋田県男鹿市で送水管および配水本管に被害を受け，9,600戸が断水した。

また，能代市でも埋設管の破損が生じ一部断水している。

青森県下では深浦町，車力村で合計3,000戸が断水しており，復旧には長時間を要した。

下水道に関しては，秋田市，能代市，男鹿市，大潟村において被害が著しく，第一次調査団の現地調査時点で必ずしも被害の全容が十分把握されてはいないが，管路の沈下や亀裂，マンホール，浄化槽の浮上りなどの被害が生じている。

電力に関しては，秋田，青森両県で合計37,403戸が停電したが，5月28日までに応急復旧されている。

電話は秋田県下で622件，青森県下で250件の故障を生じたが青森県では，地震発生当日の5月26日中に応急復旧されている。

(3) 今回の地震調査からの所見

3－1）被害の把握と情報の伝達について

① 地震による被害の把握を適確かつ迅速に行い，速かに情報を伝達することが大切である。

3－2）被害の実態分析について

② 今回の地震動は継続時間が長いことが特徴の1つと考えられるが，その実態について明らかにしておくことが必要である。

③ 津波に関する検潮器の記録や陸上部への遡上痕跡に基づき，今回地震による津波の実態を明らかにしておくことが必要である。

④ 地盤液状化の発生の実態と，砂質丘陵地の崩壊ならびに土木構造物の被害の関連等について明らかにしておくことが必要である。

⑤ 斜面崩壊や落石等の斜面災害について被害実態を明らかにしておくことが必要である。

⑥ 上下水道等の都市施設の破損状況や，道路通行規制の実態など，ライフライン施設の被害の実態を明らかにしておくことが必要である。

⑦ 今回の地震は，人口密集度の低い地域で，しかも地震前に降雨のない状態で生じているが，これらの被害程度に及ぼす影響について明らかにしておくことが必要である。

3－3）地震による被害の軽減対策について

⑧ 従来，耐震設計が行われていない盛土等の土構造物についても，特に重要な基幹的機能を有するものについては，今後地震対策を実施することが必要である。

⑨ このため，地盤液状化にともなう土構造物の耐震工法の開発について一層調査研究を推進することが必要である。

⑩ 今回は軽微な被害しか生じていない橋梁等の構造物についても，より大きな地震に対しての安定性等，現行の耐震設計法についてもさらに検討を進めることが必要である。

⑪　津波の来襲のおそれのある海岸施設や河口近くの河川施設では，津波の外力としての取扱い方について明らかにしておくことが望まれる。

⑫　橋梁取付部盛土，横断カルバートのある盛土，樋管周辺の堤防等についてはこれらの土構造物を横断する構造物の基礎処理や埋戻しなどの適切な設計・施工方法について，調査研究を推進することが望まれる。

3－4）震後対策その他

⑬　地震による被害箇所や被害程度を把握する手法の開発を促進することが必要である。

⑭　特に地中に埋設された管路の調査方法や，広域的な被害概況を迅速に調査する手法の開発が望まれる。

⑮　被災後の応急復旧の円滑，迅速な実施のためには，資機材の確保が不可欠である。

# 2—4　島根災害の特徴

土木研究所　急傾斜地崩壊研究室
室長　土　井　　功

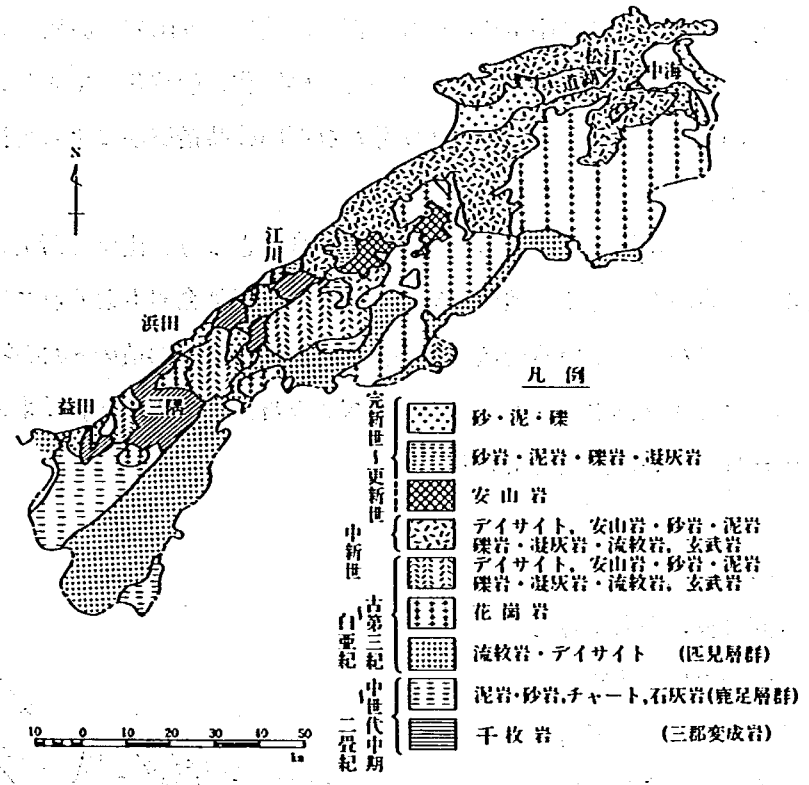
# 海外の計測機器　ｐ－９

[illegible]
[illegible]

# 島根災害の特徴

## はじめに

昭和58年7月23日（土）早朝のラジオニュースで島根県西部に崖崩れが発生して，数名が生き埋めになったという報道があった。その後，ニュースが報道されるたびに死者，行方不明者の数が増え，100余名にも達していた。昨年の長崎災害の合同慰霊祭が現地で挙行されていた一周忌に，島根県に戦後最大と思われる災害が発生し，防災に身を委ねる者にとって，より一層の心痛を受けた。




図－1　島根県の地質

このために，災害の実態を把握し，原因を究明することによって今後の災害対策を講ずるために緊急に現地に入る予定であったが，広範囲にわたって壊滅的な被害を生じていたので，現地の状況を掌握できず，また，調査に入る道路も各所で被害を受けているらしいので，現地の実情が小康を得てから調査に入ることにした。被災の10日後にようやく急傾斜地崩壊研究室・土井功，右近則男，砂防研究室・万膳英彦が現地入りをした。調査は広範囲な地域を，8月3日から7日までの数日間であり，とうてい災害の全容を明らかにすることも出来ず現地を概観したにすぎない。この点を御理解のうえ，緊急報告として読んでいただければ幸いです。

## 1. 地形，地質等

このたびの災害を受けた島根県西部は石見地方と呼ばれ，岩石の多い山国，あるいは，石海のように岩石が海のようになっていることから名付けられたと言われている。県境は中国山地により分水され，山地は著しく侵食された石見高原を形成している。地形は全体として日本海に向って，比較的急な傾斜をなしている。県境には西から平家岳（1,066m），冠山（1,389m），恐羅漢山（1,346m），大佐山（1,069m），阿佐山（1,218m）など標高1000m内外の山がそびえている。海岸線は一般に単調であり，第三紀層からなる丘陵地になっている。

河川は一般に短小急流であり，県西部から一級水系の高津川，二級水系の益田川，三隅川，折居川，周布川，浜田川，一級水系の江川などがあって，いずれも幅の狭い谷をつくり，平野は少ない。

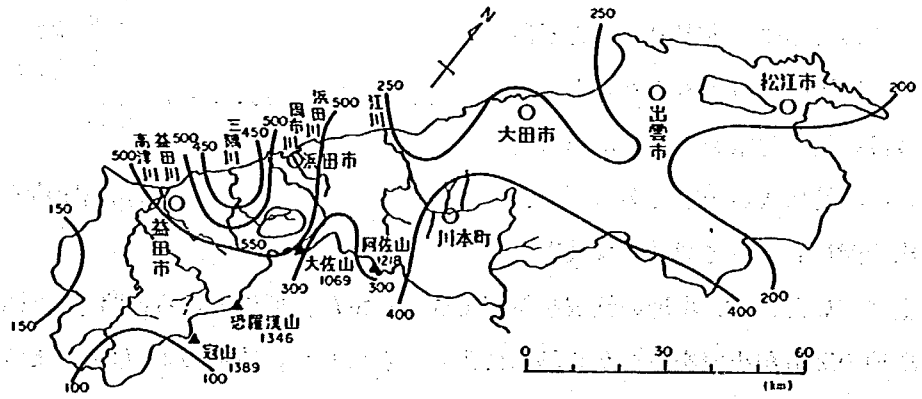
地質は図－1に示すように，江川の以西の海岸側は益田市近辺まで古生代の三郡変成岩（泥質片岩，砂質片岩），益田市以西は古生代から中生代にかけた鹿足層群（砂岩，頁岩）となっていて，これに接して県境をなす中国山地は中生代の匹見層群（流紋岩，安山岩，凝灰岩）が広く分布している。

これらの地層は著しく風化されていて，砕屑化，砂状化しており，その上に赤色土層が厚くかぶっている。この土層は特殊土壌地帯災害防除及び振興臨時措置法によって指定を受けた特殊土壌であり，侵食を受けやすい性状の土壌である。

石見地方の山地は，山間の盆地や氾濫原はもとより，山々の頂上まで段々畑として利用されている。また重要な資源も乏しく，地理的条件も恵まれず経済発展もおくれていて，就業人口の30％が農林漁業であり，過疎が進んでいる地域である。林野面積は県総面積の80％を占めるが，樹林地の80％が在来の天然林（アカマツ群落，クリ，ブナ，ミズナラ群落）であるが，従来の薪炭が不況の上に，用材ブームにより山林はしだいに荒廃している。

## 2. 降雨状況

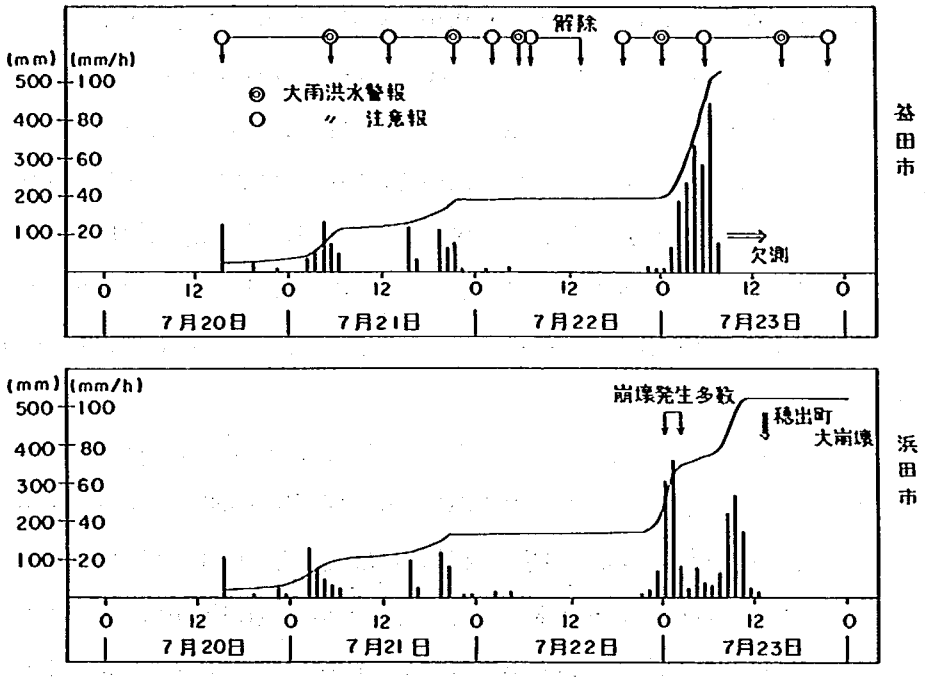
今回の被害をもたらした集中豪雨は，非常に強い雨雲を伴った梅雨前線が山陰沖に停滞し，20日から前線上を低気圧が次々と東上し県西部を中心に強い雨を断続的に降らした。しかも梅雨末期に特有の大量の水分を含んだ湿舌が県西部へ集中的に流れこんだため三隅町




図－2　島根県雨量分布図（連続雨量）

を中心に浜田市から益田市まで30㎞を底辺に匹見町を頂点とする高さ20㎞の三角形地域に20日から23日までに年間降水量（1600～2000㎜）の1/3にあたる500㎜以上の雨をもたらした。雨のパターンは，20日午後から降り始めた第1波（約100㎜），21日に第2波（約100㎜）と23日の第3波（約300㎜）によりなり，22日には雨はすっかり上り，13時30分には注意報も解除され，随所に晴間が見え始め，梅雨前線が北上したかの様相を示していたが，23日になって急激な大気のじょうらんにより，再度梅雨前線が活発化して，益田市において，23日午前6時から7時までに90㎜という，県内観測史上中国管区最高の激しい雨を記録したほか，各地で50㎜以上の雨となった。この豪雨は長崎豪雨の原因パターンと同じ型であった。ただ島根豪雨は長崎と違って，湿舌が22日夕までの観測では明確でなく，23日未明に

急速な気象変化が起き，局地的なゲリラ豪雨となった。このことが気象警報や避難警報を遅らせ，災害体制に大きな混乱をもたらした遠因になっていた。




図－3　益田，浜田の時間雨量

## 3. 被害の状況

### 3.1 概　況

島根県発表による8月2日現在の被害状況は，死者行方不明者107人，住家の被害，全壊671棟，半壊，一部破損1514棟，床上浸水9266棟，　床下浸水7470棟，罹災者56000人，土木被害15618カ所，土木被害額918億円，総被害額1898億円となっている。被災地域は雨域の分布と類似して，とくに三隅町，益田市，浜田市の被害は大きく，ついで桜江町，江津市，川本町など22市町村に及び，罹災者は県人口の1割弱になっている。この被害のなかで土砂害による被害状況は表－1のとおりであるが，今後の調査によって被害件数は相当に多くなるものと予想さ

表－1. 島根県における土砂災害被害状況

島根県砂防課調べ

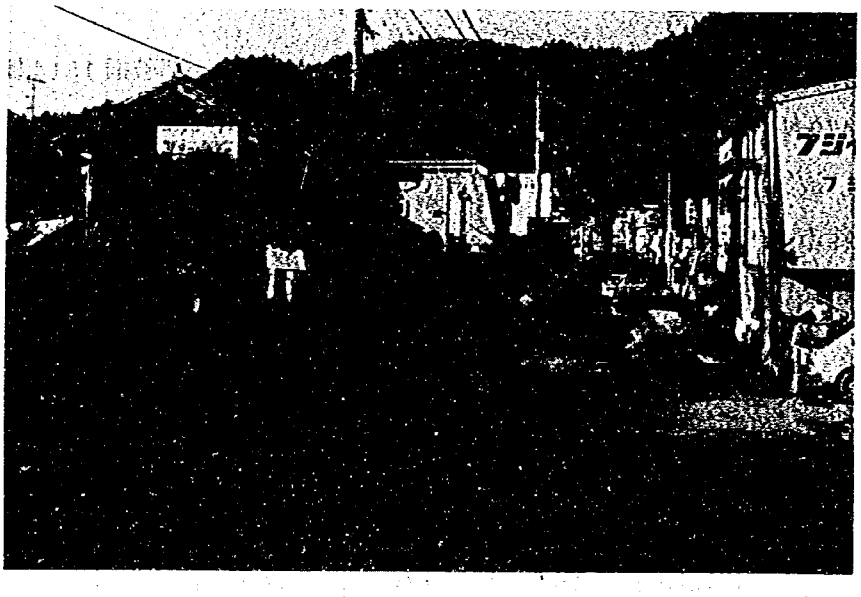
| 被害区分＼市町村名 | | 浜田市 | 三隅町 | 益田市 | 桜江町 | 美都町 | その他 | 全　体 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 発生箇所（箇所） | 土石流 | 28 | 83 | 54 | 25 | 27 | 68 | 285 |
| | がけ崩れ | 164 | 120 | 280 | 16 | 62 | 132 | 774 |
| | 地すべり | 1 | 2 | 3 | 1 | 0 | 0 | 7 |
| | 計 | 193 | 205 | 337 | 42 | 89 | 200 | 1,066 |
| 死者（人） | 土石流 | 0 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 5 |
| | がけ崩れ | 7 | 23 | 22 | 0 | 8 | 5 | 65 |
| | 地すべり | 15 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 17 |
| | 計 | 22 | 28 | 23 | 1 | 8 | 5 | 87 |
| 全半壊戸数（戸） | 土石流 | 11 | 84 | 38 | 9 | 10 | 27 | 179 |
| | がけ崩れ | 91 | 134 | 225 | 7 | 37 | 61 | 555 |
| | 地すべり | 8 | 2 | 5 | 2 | 0 | 0 | 17 |
| | 計 | 110 | 220 | 268 | 18 | 47 | 88 | 751 |

（昭和58年8月10日　現在）

れる。この表をみると浜田市，三隅町，益田市に死者，行方不明者が多く，土砂害によるもの88名に達し，水害を含めた県全体107人の約85％になっていて，がけ崩れによる被害が非常に多かった。この災害は昭和39年7月山陰北陸豪雨に匹敵，あるいは戦後最大の災害と言われている。雨域の範囲は狭く，数日前から断続して降雨があり，さらに益田市では時間雨量90㎜という観測史上最大の降雨であった。しかし局地的な豪雨であったために，大流域をもっている一級水系高津川，江川は氾濫しなかったが，500㎜以上の降雨のあった小流域の二級水系，三隅川，益田川，浜田川等においては氾濫した。短時間に集中的に雨が降ったために水位は急激に上昇し，未明であったことも災いして，被害を大きくしたものと思われる。

とくに三隅町においては，流木と泥土による被害が顕著にみられ，被災10日後においても瓦礫の山々があり，悪臭が漂っていた。三隅町の中心部は三隅川右岸の曲流部にあり，町内には小さい渓流が本川に流れている。23日午前8時半には役場の2階へ水は上がり，同11時頃に本川にある三隅大橋が森のような流木によりせき止められ堤防を越水した濁流と流木が一気に町の中心部に流れ込み，民家が次々に流されていった。さらに町内を流れている小渓流は土石流を発生させ被害を大きくしたものと推察される。

今回の被害の特色として，流木や泥土の流出により洪水氾濫を激化させたこと，人口の過密地帯の長崎災害と違って，農林漁村の過疎地で死傷者を多く出していること，土砂害の中で崖崩れの被害が突出していることである。



写真－1　三隅町被害状況

### 3.2　土砂害

国道9号線を西下して江川を渡ると中小河川に土砂が堆積し，流木が散在しているのが眼につくようになる。遠望する山々に山崩れがみられ，被害の中心部に入るに従い，その様相が顕著になる。三隅町の山は至るところ爪で掻いたような山崩れが起きていた。谷によっては斜面がほとんどといってよいくらい崩壊しており，その土砂が下流に薄く堆積していた。

#### 3.2.1　山腹崩壊の状況

この地方の山々は特殊土壌と言われて，雨水にもろくアカマツ，ブナ，コナラ，シイなどの天然林で大部分が被覆されている。所々にスギ，ヒノキ，サワラの人工林もみられる。

この地方の産業として，赤ガワラ，玉鋼を作るために，アカマツなどの天然林を燃料として利用してい

たが，林業経営の不振により，植林に対する関心も薄く，伐採跡地や幼齢林の山腹には崩壊地が多数みられた。

山腹崩壊には

(1) 細長い崩壊が数本重なりあって脈状になっているもの。

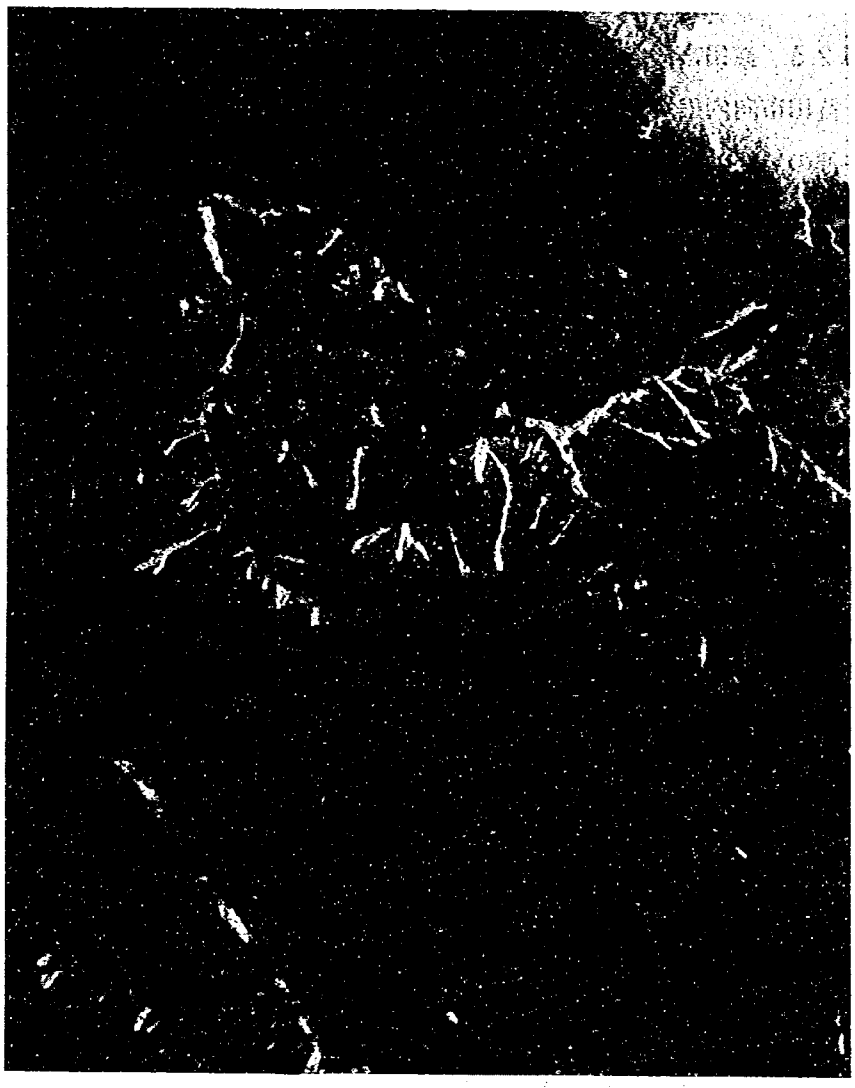
(2) 細長い崩壊が樹枝状に連結しているもの。

(3) 細長い崩壊が斜面に沿って櫛の歯状になっているもの。

(4) 崩壊が点状になっているもの。

以上の4種類の崩壊形態がみられ，それぞれ植生の繁茂状況に関係がありそうである。

伐採跡地，幼齢林において多数の崩壊地が見られるのは，古い樹根が腐って地盤が空洞化していることと，天然更新の植生の根が充分に発達していないために，雨水は地中に浸透して，基岩と風化している面からせん断を起して崩壊したものであろう。また一つ一つの崩壊をみてみると，基岩の浅いものは表層が剝離して表層型の崩落をしており，風化が深層まで続いているものは崩壊面が谷型となり崩壊が深部に及んでいる。崩崩れについてみると，植生と崩壊との関連が明確でない。人家の裏山は，人為的に何かが加わっているため，たとえば斜面の法尻をカットしていることなどがあって，植生と崩崩れの関係は判然としなかった。



写真－2　山地崩壊状況

### 3.2.2　浜田市黒川町の崩崩れ

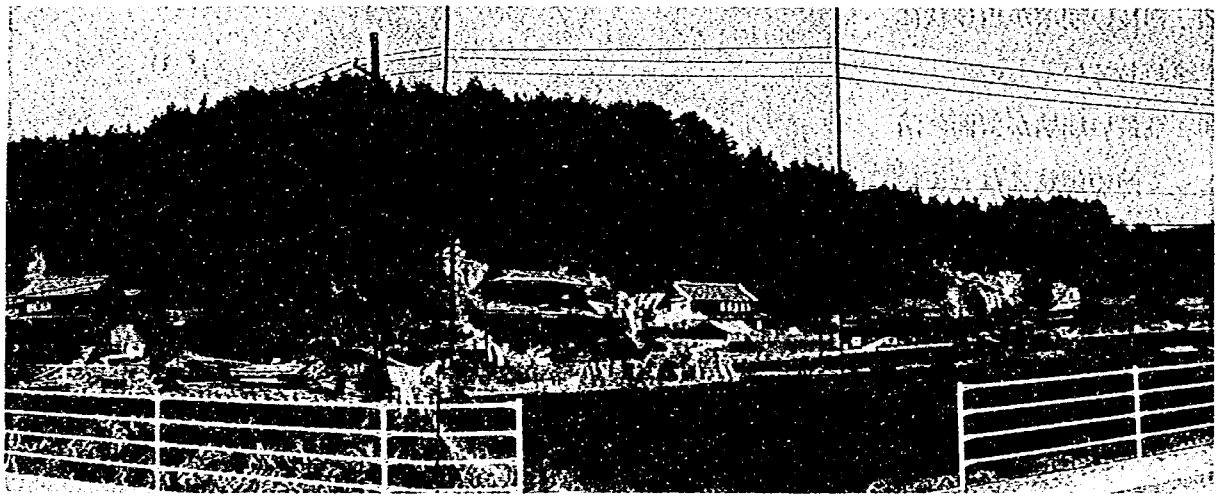
崩崩れについてみると，浜田市黒川町の森橋宅の裏山は安山岩が露岩している40°の斜面の中腹，高さ6mのところで数m³の風化土が23日午前1時半に滑落して，崩と直近していた建物を直撃して3人死者を出した。裏山はうっそうとした樹木でおおわれ，よく見ないと崩崩れが発生したとは思われない。地元の人達も崩れるとは予想もしていなかった。

またこの近くの崩壊した所では，屋根にパラパラと小石の当る音で戸外に飛び出した瞬間に崩落があり，

間一髪に助かった人もいた。

### 3.2.3　益田市向内田地区の崖崩れ

益田市向内田地区は急傾斜地崩壊危険区域に指定されており，山すそに人家が30戸ほど並んでいた。一連の斜面のところどころに防止対策（落石防止工をもった擁壁工）が施工されていたが，施設のないところでは23日午前6時半頃に台形状の崩壊があり，30～40年生の赤松林が崩れていた。施設のあったところでは表層土が泥状となって流下していたが，落石防護フェンスによってくいとめられ，人家には被害がなかった。



写真－3　益田市向内田のがけ崩れ

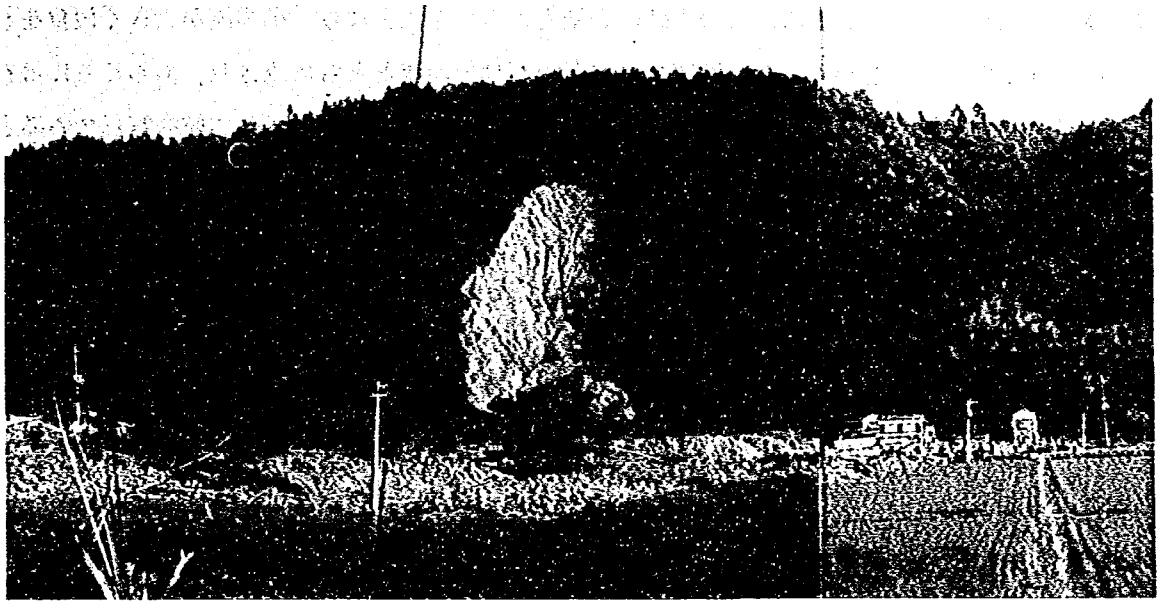
### 3.2.4　三隅町須津地区の崖崩れ

三隅町須津地区は，23日午前6時頃，高さ30 m，幅40 m，深さ3～4 m，土量4,000 m³の強風化岩の大規模崩壊が発生し，13人の死者と全壊5戸の大惨事をおこした。当地は須津漁港から200m入った丘陵の谷間の土地で，幅2 mの道の両側に人家が密集している。周囲の高台には墓地が点在していて，斜面は赤松や竹林となっている。

この崩壊を見ると台地の墓地から崩れており，斜面を流下する雨水と，台地上から浸透した地下水とにより風化層が浸潤し，それに伴うせん断抵抗力の低下により風化層が一気に崩壊したものと推察される。

### 3.2.5　浜田市穂出の大崩壊

浜田市穂出町中場では23日午後1時頃に高さ100 m，幅50 m，土量15,000 m³に及ぶ大規模な地すべり性の崩壊が発生し，死者15人，全壊7戸という大きな被害が生じた。この地区では，周布川の増水で堤防決壊のおそれがあるため，住民や，消防団員が作業にあたっていたが，水位が下ったために今まで崩壊の心配のない家で休憩をとっていたら，裏山が突然くずれた。崩壊面を見ると泥質片岩，流紋岩，閃緑岩が広く分布していて，崩壊中央部から地下水が湧水していた。林相は竹，シイ，アカマツとなっていて，崩壊の高いところまで竹が侵入していた。竹は親水性のもので，地下水が流れているところに適しており，



写真－4　浜田市穂出町中場の地すべり

岩の風化とともに斜面の高いところまで侵入していったのであろう。今まで危険でない所でも風化が進んでいるところでは，今回のような豪雨によって大崩壊を起す可能性が高いと思われる。

3.2.6　室谷の土石流

土石流についてみると人的被害が少なく，巨礫を含まない泥流型，土砂型の土石流であった。折居川上流の三隅町室谷地区は谷あいの高い所まで段々畑になっていて，用水も兼ねた幅2～3mの小渓流が流れていた。周囲の林相はツツジ－アカマツ群落となっている。水源部にゆくと渓流の勾配も30～40°と急になり，渓岸の山腹斜面は渓流の横侵食によって，ほとんど滑落していて，岩が露出していた。段々畑は，以前の土

写真－5　室谷土石流

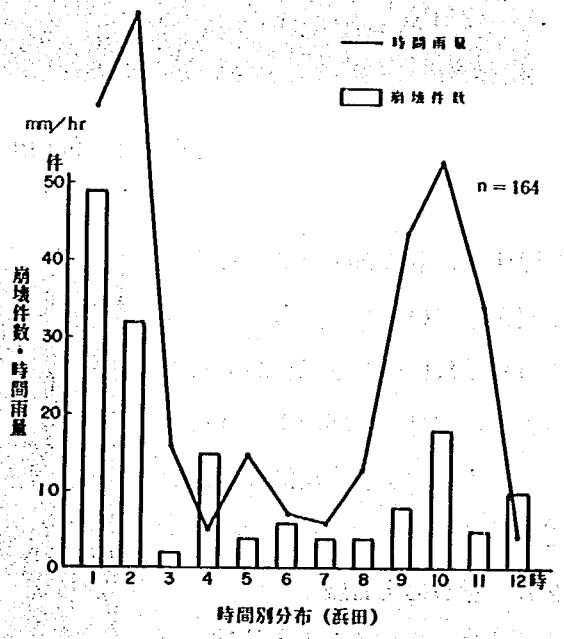
石流の堆積あるいは崖錐と思われる数10㎝の礫が堆積していた所を利用していた。土石流の発生過程は異常な出水で渓流が氾濫して，上流からの土砂の崩壊とともに泥流となり，小渓流が大きく侵食をうけ，幅5ｍ，高さ5ｍのガリーをつくった。堆積していた土石は，泥流とともに流され，あちこちに散在していた。土砂は下流まで流され，広いところでは河幅100ｍまで薄く堆積していた。航空写真でみると河幅が広くなってみえるのは，これらの土砂が薄くのっているためであろう。

### 3.2.7　がけ崩れ規模等

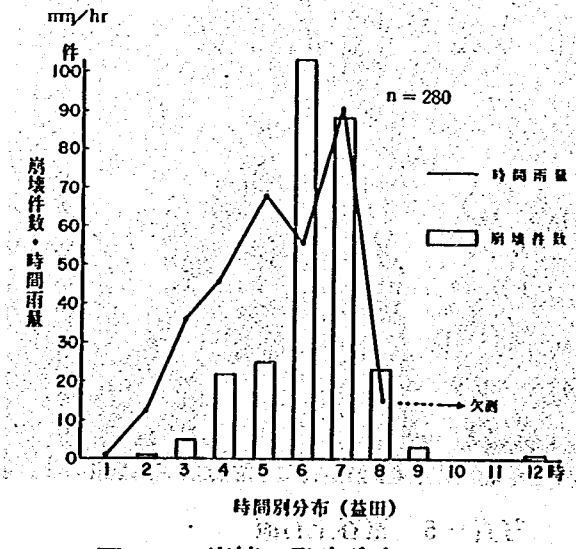
がけ崩れの実態調査は昭和47年から実施しているが，その調査内容は斜面の構成から被害の状況に至る約30数種の項目について調査している。今回は全国の崩壊件数3158箇所（長崎，島根災害を除く），長崎災害552箇所，島根災害775箇所について降雨状況と発生件数，斜面の傾斜の高さ，斜面の崩壊幅，崩壊土量について，比較検討してみた。

1.　崩壊発生状況

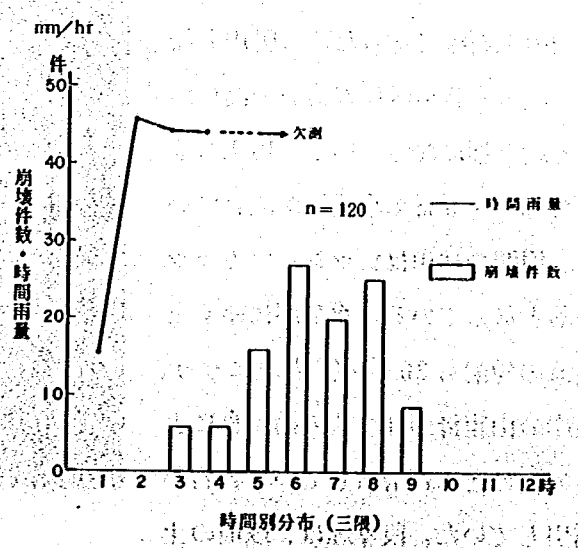
図－4，5，6に崩壊の発生時刻と時間量分布との関係を示す。この図から浜田，益田，三隅とも降雨パターンと崩壊発生件数パターンとが相似形になっている。即ち時間雨量と発生件数が関連していることがわかる。長崎災害においても，最大時間雨量を記録した連続する一山降雨において，時間雨量と崩壊件数とがほぼ一致している。既往最大時間雨量を発生する一山の降雨に至るまでに必ず，前期雨量があり崩壊する下地が充分に醸成されているところに降雨強度が土壌に大きなインパクトを与える。インパクトの大きさが崩壊発生の件数に比例することになっているらしい。




図－4　崩壊の発生分布



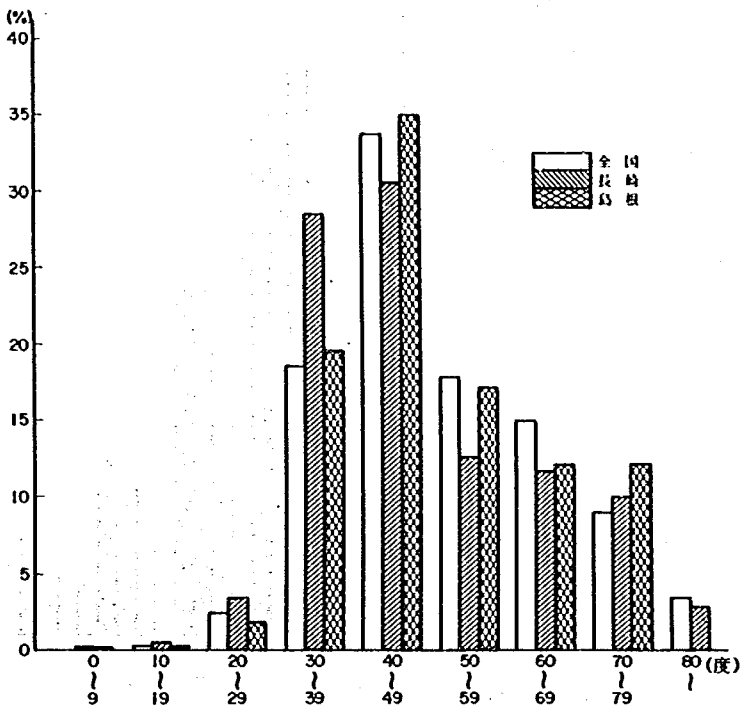

図－5　崩壊の発生分布




図－6　崩壊の発生分布

2. 斜面の傾斜

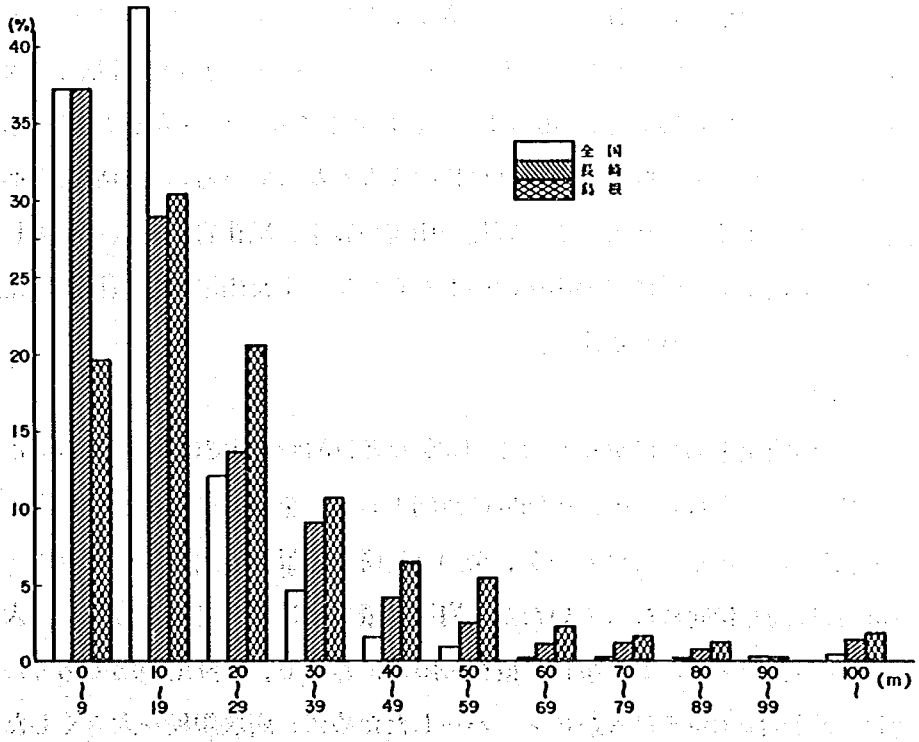
図－7に崩壊斜面の傾斜角度の頻度を示す。全国，長崎，島根とも崩壊頻度の第1位は40～49度の斜面で34％，31％，35％を占めている。第2位はともに30～39度の斜面であるがとくに長崎の頻度は29％となっていて，他の地区に比べ10％も頻度が高くなっている。この事は，長崎の驚異的な豪雨により今まで発生しにくいと思われていた傾斜のゆるい斜面にも崩壊が多数発生した。島根については，その傾向が表われていない。




図－7　斜面傾斜

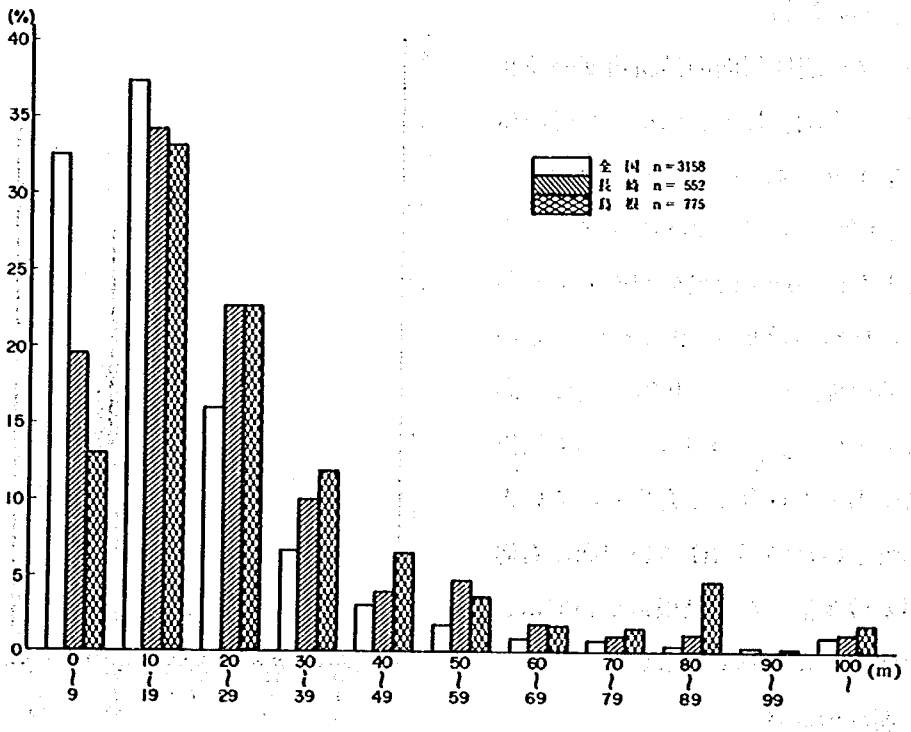
3. 崩壊の高さ

図－8に崩壊の高さの頻度を示す。頻度の第1位は，全国，島根で10～19m，42％，30％となり，長崎では0～9m，37％を占めている。崩壊の高さの全体の頻度の状況は長崎において，高さが高くなるに従い，頻度は漸減しているが，全国，島根では10～19mでピークとなり，それ以降漸減している。しかし漸減の仕方は，全国では急激に降下するが，長崎，島根では緩やかに漸減している。崩壊の高さの区分内において，その頻度は島根，長崎，全国の順になっている。とくに100m以上になると島根において頻度が大きくなっている。この事は，島根では遷急点の上部の尾根




図－8　崩壊高さ

部にのっている風化した赤色土壌の崩壊が非常に多く見られたことにうかがえる。一般に，勾配の急な地点にある風化土層は崩壊しやすいが，数日前から降り続いた雨により，上部の土層が充分に保水して，流動化状になり，既往最大時間雨量により，土層を急激にたたいたために，一気に崩落したものと推察される。




図－9　崩壊幅

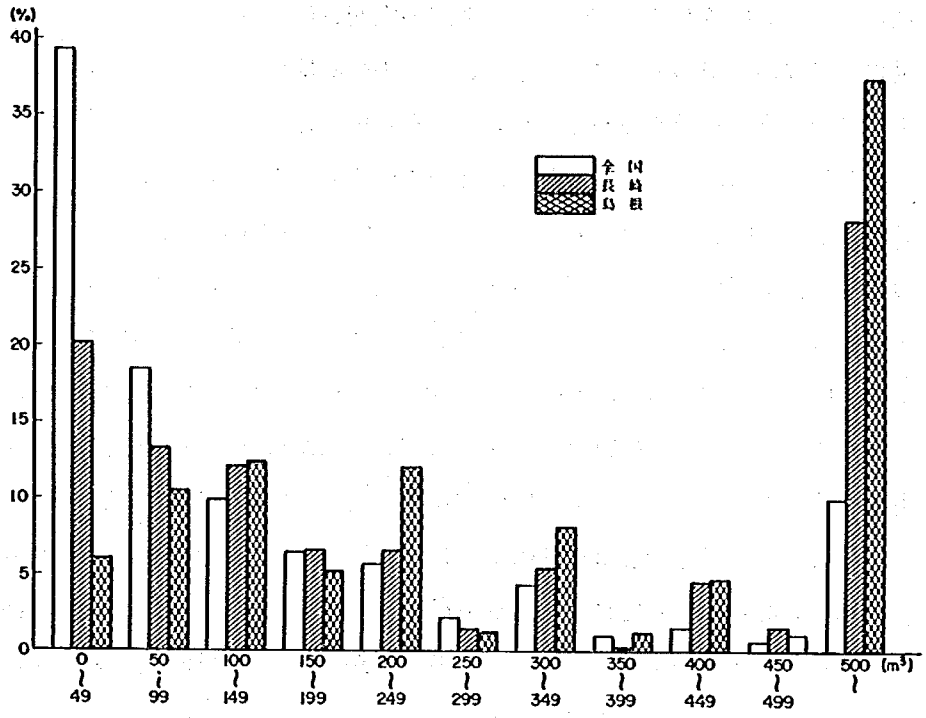
4. 崩壊幅

図－9に崩壊の幅の頻度分布を示す。第1位の頻度は10～19 mであり，全国37％，長崎34％，島根33％になっている。第2位は，全国では0～9 m，32％，長崎，島根では20～29 m，ともに22％になっている。とくに島根では，80～89 mで頻度が5％という大きな値を示していて，崩壊幅が大きくなるに従い，島根の頻度が他の地区に比べ大きくなっている。この事な三郡変成岩地帯において，表層の滑落型崩壊が多く，例えば三隅町岡見の山腹の表土，風化岩が幅広く滑落していること，また，花崗岩のマサ化した地帯で，急傾斜の山腹の頭部から発生，また山裾の急傾斜面で発生した広幅滑落型崩壊が多く見うけられたことにうかがえる。

5. 崩壊土量

図－10に崩壊土量の頻度分布を示す。頻度の第1位は全国では0～49 m³，39％，長崎，島根では500 m³以上，28％，37％となり，全体の頻度の傾向として，全国では土量規模が大きくなるに従い小さくなり，長崎，島根では逆になっているのが，全国と長崎，島根との大きな相違点になっている。崩壊の高さ，崩壊の幅はほぼ同じ傾向になっていたが，崩壊土量では長崎，島根において，大規模崩壊が多く，全国では小規模崩壊が多かった。この事は，既往の降雨において，耐降雨斜面であったが，今回の異常豪雨によりその斜面の限界降雨量をはるかにオーバーしたために，崩壊規模を大きくしたものと推察される。

島根災害の大規模な崩壊例として，浜田市穂出町中場，三隅町須津，益田市種町川下があげられる。これらの崩壊の原因としては，三郡変成岩地帯の深層風化岩により形成されている斜面において地下水により風化岩のせん断強度を著しく減少したためのものや，滑落面が節理面にそって発生したり，風化岩と地質構造に起因したものが多いためと推察された。




図－10　崩壊土量

### 3.2.8　土砂害の特質

以上のことから簡単に今回の土砂害の特質をまとめてみると次のとおりである。

1. 特殊土壌地帯において伐採跡地や幼齢林地に山腹崩壊が多いこと。
2. 崖崩れは数m³から数万m³の範囲で人的被害があったこと。
3. 広域地域において点在する人家にもかかわらず被害が多かったこと。
4. 急傾斜地崩壊危険区域外での崖崩れが多いこと。
5. 急傾斜地崩壊防止施設は効果を発揮していること。
6. 崖崩れの前駆現象から本崩壊まで瞬時であること。
7. 崩壊の時刻は小崩壊については雨のピークに，大崩壊はピークよりも数時間おくれること。
8. 土石流は土砂流，泥流型の流れが多いこと。
9. 土石流による人的被害が少なかったこと。
10. 土砂流，泥流型であったために渓流の堆積物の移動によるものが少ないこと。
11. 木材の流出が下流の被害を大きくしたこと。

## 4.　警戒避難

23日午前2時，浜田市黒川町で土砂崩れがあり，3人ほど生き埋めになったらしい，という島根県警への第一報があった。

黒川町の近くの杉戸町でも被害があり，隣近所に連絡して，避難体制に入っていった。浜田市穂出町中場地区の被災は，水害の避難先で山崩れが起きるという実に不運な事故であった。ところが住民の誰もが山崩れが起ることは予想もしていなかった。昭和18年の水害以来，水から逃れることだけを考えていた。益田市下種町寺廻地先では，神田川が増水して対岸の避難場所である寺院に行けず，県道の法面を吹きつけした所に止むなく避難して過したとか，三隅町の浄蓮寺では付近の人達が危険を感じて避難してき

たが，そこでも裏山が抜けて，本堂を一部破壊するなど，今まで安全と思われた寺院仏閣まで被害にあっていた。川と山に狭まれた土地に生活しているため，前門の水と後門の山崩れにより逃げ場を失ったケースが多かった。また今までの災害の経験から川の増水に注意を払い，裏山の崩壊は少ないことから注意をはらっていなかった。川本町上三島では立木が動くのを見て知らせようと思ったが，あっという間に崩落して被害を起すなど避難できていたなら災害にあわなかったものとつくづく考えさせられた。

松江気象台発表の大雨洪水警報は7月21日5時，同日21時30分，22日5時45分に発令され，同日13時30分に解除，22日は雨もやみ，晴間がのぞき梅雨前線が北上したように思われ，地域の人達も雨から解放されて一安心したことであろう。しかし7月23日0時35分に再度大雨洪水警報が発令された。地域によっては，浜田市では時間雨量70㎜，桜江町では63㎜を記録している。すでに前期降雨として200㎜もあり，山崩れ，崖崩れが発生していた。島根県は災害対策基本計画に基づき地域防災計画を策定して，避難の目安となる危険雨量を連続雨量で200㎜，時間雨量50㎜と決め，これを超えた時は避難命令を出すことになっている。これにもとづき避難命令は桜江町で一番早く，2～3時，益田市6時29分，浜田市9時40分，三隅町5時18分，であるが，すでにその時点では崖崩れが頻発していた。有線放送が少ない浜田市の警報は，4カ所に設置したサイレンを吹鳴させている。しかし警報は8種類もあり，市民にわかりにくく，広域にわたって人家が点在している過疎地において，情報をいかに迅速に流すかが，今後の大きな課題になるであろう。

## 5. 今後の課題

今回の豪雨災害は，時間雨量90㎜という中国地方の観測史上最高の豪雨，山間に民家が点在している地域の風化した崩れやすい土壌，それに避難の遅れの三要素が重なり山崩れ，崖崩れを誘発したのが原因とみられる。このことから次の三項目について検討する必要がある。

(イ) 災害の原因調査

(ロ) 危険区域の見直し

(ハ) 避難体制の見直し

斜面の土砂の移動は地形，地質，土壌，植生などの素因とそれに刺激を与える雨などの誘因により起るものである。地域，地域によって素因も違うし，また雨の降り方も違うが，現在の斜面は既往の雨などによって形成されてきた。既往の豪雨で崩れたことがない斜面であっても，今回のような豪雨で崩れてしまう。時間雨量90㎜という豪雨はいままでの崩壊パターンを変えているように思われる。災害の誘因がどのように結びつき，崩壊にいたったのかは，今後の詳細な原因調査をまたなければならない。

また，急傾斜地崩壊危険区域外の崖崩れが多数見られ，数㎥の崩落で人命を失っている例もあり，予想もしていなかった崖が崩れていたり，今までの経験をくつがえす状態が多数みうけられた。このことから災害の原因調査を行うと共に，危険区域の見直しを行う必要がある。

また，広域地に点在する人家に被害があり，多数の人命を失った。適切な避難命令を出すことができたならば，これほどまでの惨事にならなかったものと思われる。全国には72000カ所の崖の危険箇所があり，

今までに約13％の整備を達しているが，今後，これらの工事を完成するのに相当な期間を必要とするので，豪雨には避難第一と心がけなければならない。しかし，機関銃を打つような豪雨の中では避難する気持にならないとか，避難する場所がないといったこともあり，またいままでの経験から避難は洪水氾濫を主体に考えられていた面もあり，実際に崖が崩れてから避難するというケースが多かった。

ゲリラ豪雨の予測は現時点で不可能にちかいので，避難命令が遅れがちになる。また避難の情報をいかにして迅速に伝達するかなど，多くの問題をかかえている。このような現状から，常日頃地域住民に崖くずれに対する認識をもたせるなど，避難体制の確立が望まれる。

## おわりに

昨年の長崎災害，今回の島根災害で崖崩れによる多数の死傷者を出している。せめて人命だけでも守らなければと思いながら，毎年，崖崩れによる被害が突出するのにやるせない。今後に詳細な災害実態調査を行い，原因を究明することによって，犠牲者の御冥福を祈りたい。また，この速報を作成するにあたり，島根県砂防課の皆様方の援助に感謝申し上げます。

参考資料

島根県地質図編集委員会　20万分の1島根県地質図

地質調査所　昭和58年7月豪雨による島根県西部の山崩れと土石流

# 第17回地質担当者会議資料

ISSN 0386−5878
土研資料 第2085号
昭和59年3月（1984）
地質研究室

キーワード

要旨 第17回地質担当者会議において発表された研究，報告，講演内容とその討論内容をとりまとめたものである。

1. 指針類の改訂の現況
   - 1－1 グラウチング指針
   - 1－2 ルジオンテスト施工指針(案)
   - 1－3 落石対策便覧
2. 第四紀変動と土木工事
   - 2－1 第四紀と地形・地質
   - 2－2 第四紀断層
   - 2－3 日本海中部地震の災害の特徴
   - 2－4 島根災害の特徴

郵便はがき

40円切手をはって下さい

3 0 5 - □□

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地

建設省土木研究所

地質研究室 御中

No. 54

No.

配布先氏名

配布先住所

土木研究所資料第　2085号　　部

上記のとおり受領しました。

所　　属（住所）

氏　名　　印