

本資料は 年 月 日付けで登録区分、  
変更する。

2002. 2. 28

[技術情報室]

## 広域地下水流動評価に関する研究（その3）

（動力炉・核燃料開発事業団 委託研究成果報告書）

1991年4月

株式会社 大林組  
大成建設株式会社  
鹿島建設株式会社  
清水建設株式会社  
アジア航測株式会社



## 広域地下水流動評価に関する研究（その3）

（動力炉・核燃料開発事業団 委託研究成果報告書）

1991年4月

株式会社 大林組  
大成建設株式会社  
鹿島建設株式会社  
清水建設株式会社  
アジア航測株式会社



広域地下水流動評価に関する研究（その3）

丸山 誠\*      下茂 道人\*\*      青木 謙治\*\*\*  
堀田 政國\*\*\*\*      村田 正敏\*\*\*\*\*

要 旨

本研究では、我が国の地下数100m以深の地下水流動特性（流量、流速、流れの方向等）を評価するために、代表的な広域地下水流動モデルを作成することを目的とする。今年度はその第1歩として、日本全国を対象とした地形、地質構造、水理地質特性、水収支についての広範囲な調査を実施し、我が国の代表的な地形・水理地質構造モデルの作成手順の検討を行い、そのモデルを作成した。

今回作成した地形・水理地質構造モデルは、日本列島を大地形と大地質構造に区分し、地形・地質構造モデルの代表的な断面図を作成して、地質体ごとの透水性をあてはめている。また、日本全国を対象とした水収支の検討を行い、我が国の最大涵養量の分布図を作成した。さらに、今回のモデル作成にあたっての問題点と、今後の課題について示し、広域地下水流動解析で考えておかねばならない諸点について明らかにすることができた。

---

本報告書は株式会社大林組、大成建設株式会社、鹿島建設株式会社、清水建設株式会社、アジア航測株式会社が動力炉・核燃料開発事業団の委託により実施した研究の成果である。

契約番号：020D0165

事業団担当部課室および担当者：環境技術開発推進本部 処分研究グループ

（増田 純男）

- \*      株式会社 大 林 組    技術研究所
- \*\*     大成建設 株式会社    技術研究所
- \*\*\*   鹿島建設 株式会社    技術研究所
- \*\*\*\*   清水建設 株式会社    原子力本部
- \*\*\*\*\* 777航測   株式会社    防災・地質部



OFFICIAL USE ONLY

PNC EJ1449 91-015

APRIL 1991

# STUDY REGARDING EVALUATION OF UNDERGROUND WATER FLOW IN WIDE AREA (3)

M.Maruyama\* M.Shimo\*\*

K.Aoki\*\*\* M.Horita\*\*\*\*

M.Murata\*\*\*\*\*

## —ABSTRACT—

The purpose of the present study is to make a typical model of underground water flow over a wide area for evaluating characteristics of underground water flow, such as flow quantity, flow velocity, the direction of flow, etc., at greater depth more than a few hundred metres below ground in Japan. As the first step for the study, wide area investigations concerning topographic features, geological structures, hydrogeological characters and hydrologic balance all over Japan were carried out. Then, processes for making a typical topographic and hydrogeological structure model of Japan were thought over and the model was proposed.

The proposed model focuses on broad topographic features and broad geological structures of the Islands of Japan. In the model, typical topographic and geological cross-sections of Japan are drawn and, according to the geological divisions, permeabilities are given. In the study, hydrologic balance all over Japan was also examined, and a distribution chart showing maximum recharge quantities in Japan was accomplished. Moreover, in this report, some problems which occurred to have made this model are presented and future themes for modeling are also suggested.

These clarify the subjects which shall be considered in underground water flow analysis in wide area.

---

This report presents the fruits of research conducted by the joint study of Obayashi Corporation, Taisei Corporation, Kajima Corporation, Shimizu Corporation, and Asia Air Survey Co. Ltd under the contract with Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation (PNC).

PNC Liaison : Isolation System Research Program Radioactive Waste Management Project. (S.Masuda)

\* Obayashi Corp., Technical Research Institute  
\*\* Taisei Corp., Technology Research Center  
\*\*\* Kajima Corp., Institute of Construction Technology  
\*\*\*\* Shimizu Corp., Nuclear Power Division  
\*\*\*\*\* Asia Air Survey Co. Ltd., Department of Enviromental Geology



## 「広域地下水流動評価に関する研究（その３）」担当者一覧

大 林 組    大成建設    鹿島建設    清水建設    アジア航測

|        |       |      |      |       |      |
|--------|-------|------|------|-------|------|
| 実施責任者  | 村井喜一  | 飯星 茂 | 岩城 良 | 飯塚友之助 | 村田正敏 |
| 実施担当者  | 丸山 誠  | 下茂道人 | 青木謙治 | 堀田政國  | 角南基亮 |
| 研究業務担当 | 須藤 賢  | 井尻裕二 | 古市光昭 |       | 山井忠世 |
|        | 深谷正明  |      | 社本芳明 |       | 安野雅満 |
|        | 大野 完  |      |      |       | 若松尚則 |
|        | 玉井昭雄  |      |      |       | 小野田敏 |
|        | 桑原 徹  |      |      |       | 鹿野浩司 |
|        | 鈴木健一郎 |      |      |       | 小林公一 |



## 目 次

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 1. はじめに .....                  | 1  |
| 1.1 広域地下水流動評価に関する研究の現状 .....   | 2  |
| 1.2 本年度の研究の目的 .....            | 4  |
| 2. 本年度の実施内容の概要 .....           | 6  |
| 3. 地形、地質および水理地質構造のモデル化 .....   | 9  |
| 3.1 地形モデル作成作業 .....            | 9  |
| 3.1.1 地形モデル作成について .....        | 9  |
| 3.1.2 地形モデル作成手順 .....          | 9  |
| 3.1.3 日本の大地形特性モデルについて .....    | 21 |
| 3.2 地質構造モデル作成作業 .....          | 30 |
| 3.2.1 地質構造モデル作成について .....      | 30 |
| 3.2.2 地質構造モデル作成手順 .....        | 38 |
| 3.2.3 日本の大地質構造モデルについて .....    | 50 |
| 3.3 地形・地質構造モデル作成作業 .....       | 51 |
| 3.3.1 地形・地質構造モデル作成について .....   | 51 |
| 3.3.2 地形・地質構造モデル作成手順 .....     | 59 |
| 3.3.3 地形・地質構造モデルの例 .....       | 72 |
| 3.4 地形・水理地質構造モデル作成作業 .....     | 76 |
| 3.4.1 地形・水理地質構造モデル作成について ..... | 76 |
| 3.4.2 地形・水理地質構造モデル作成手順 .....   | 77 |
| 3.4.3 地形・水理地質構造モデルの例 .....     | 80 |

|                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| 4. 水収支の検討 .....                      | 96  |
| 4.1 水収支の検討について .....                 | 96  |
| 4.1.1 水収支の基本的考え方 .....               | 96  |
| 4.1.2 水収支に係わる項目 .....                | 98  |
| 4.2 我が国の最大涵養量 .....                  | 111 |
| 4.2.1 最大涵養量の作成手順について .....           | 111 |
| 4.2.2 我が国の最大涵養量 .....                | 118 |
| 5. 本年度の研究の問題点および今後の課題 .....          | 122 |
| 5.1 検討課題の分類 .....                    | 122 |
| 5.2 解析対象領域の設定 .....                  | 122 |
| 5.3 地形・水理地質構造モデル .....               | 123 |
| 5.3.1 地形・水理地質構造モデル作成における問題点と課題 ..... | 123 |
| 5.3.2 我が国の地形・地質構造の体系的分類と海外との比較 ..... | 128 |
| 5.4 境界条件の設定 .....                    | 129 |
| 5.4.1 境界条件の分類と今後の課題 .....            | 129 |
| 5.4.2 水収支に関する検討課題 .....              | 129 |
| 5.5 数値解析を行う上での問題点 .....              | 130 |
| 5.6 次年度の研究計画について .....               | 131 |

## 図 目 次

## 第2章

|         |           |   |
|---------|-----------|---|
| 図-2.1.1 | 実施内容のフロー図 | 8 |
|---------|-----------|---|

## 第3章

|          |                           |    |
|----------|---------------------------|----|
| 図-3.1.1  | 地形の五大区分とその特徴              | 11 |
| 図-3.1.2  | 大地形特性図（東北日本）              | 15 |
| 図-3.1.3  | 大地形特性図（中央日本）              | 17 |
| 図-3.1.4  | 大地形特性図（西南日本）              | 19 |
| 図-3.1.5  | 日本の大地形区分                  | 23 |
| 図-3.2.1  | 付加体形成の概念図                 | 31 |
| 図-3.2.2  | 日本列島の地質構造体                | 32 |
| 図-3.2.3  | 日本列島の地質構造図                | 33 |
| 図-3.2.4  | 付加体の形成と構造                 | 37 |
| 図-3.2.5  | 基盤構造図（東北日本）               | 43 |
| 図-3.2.6  | 基盤構造図（中央日本）               | 45 |
| 図-3.2.7  | 基盤構造図（西南日本）               | 47 |
| 図-3.2.8  | 地質構造図（東北日本）               | 53 |
| 図-3.2.9  | 地質構造図（中央日本）               | 55 |
| 図-3.2.10 | 地質構造図（西南日本）               | 57 |
| 図-3.3.1  | ブロック区分と断面の位置              | 60 |
| 図-3.3.2  | 地形断面の描き方                  | 62 |
| 図-3.3.3  | 堆積盆の描き方                   | 63 |
| 図-3.3.4  | 火山岩の分布の描き方                | 64 |
| 図-3.3.5  | 北海道～東部ブロックの地形・地質構造断面図     | 65 |
| 図-3.3.6  | 北海道西部～東北北部ブロックの地形・地質構造断面図 | 66 |
| 図-3.3.7  | 東北主部ブロックの地形・地質構造断面図       | 67 |
| 図-3.3.8  | 関東ブロックの地形・地質構造断面図         | 68 |
| 図-3.3.9  | 中部・近畿ブロックの地形・地質構造断面図      | 69 |
| 図-3.3.10 | 中国ブロック・四国ブロックの地質・地形構造断面図  | 70 |



|          |                            |     |
|----------|----------------------------|-----|
| 図-3.3.11 | 九州ブロックの地形・地質構造断面図          | 71  |
| 図-3.4.1  | 北海道中～東部ブロックの地形・水理地質構造断面図   | 81  |
| 図-3.4.2  | 東北主部ブロックの地形・水理地質構造断面図      | 82  |
| 図-3.4.3  | 関東ブロックの地形・水理地質構造断面図        | 83  |
| 図-3.4.4  | 中部・近畿ブロックの地形・水理地質構造図       | 84  |
| 図-3.4.5  | 中国ブロック・四国ブロックの地形・水理地質構造断面図 | 85  |
| 図-3.4.6  | 九州ブロックの地形・水理地質構造断面図        | 86  |
| 図-3.4.7  | 九州ブロックの地形・水理地質構造断面図        | 87  |
| 第4章      |                            |     |
| 図-4.1.1  | 水収支の相互関係                   | 96  |
| 図-4.1.2  | 対象区域における水収支                | 96  |
| 図-4.1.3  | 我が国の年降水量の分布                | 101 |
| 図-4.1.4  | 月別降水量の分布                   | 103 |
| 図-4.1.5  | 水収支の構成                     | 105 |
| 図-4.1.6  | ベルマン法                      | 106 |
| 図-4.1.7  | 補完法                        | 106 |
| 図-4.1.8  | 主な河川の流量変化                  | 109 |
| 図-4.1.9  | 年平均流量と流域面積                 | 107 |
| 図-4.2.1  | 最大涵養量の作成手順                 | 111 |
| 図-4.2.2  | 年降水量分布のメッシュ分割図             | 113 |
| 図-4.2.3  | 年実発散量の読み値                  | 114 |
| 図-4.2.4  | 年降水量の読み値                   | 115 |
| 図-4.2.5  | 年実蒸発散量の読み値                 | 116 |
| 図-4.2.6  | 年最大涵養量の算定値                 | 117 |
| 図-4.2.7  | 日本の最大涵養分布図                 | 119 |

表 目 次

第3章

|         |                         |    |
|---------|-------------------------|----|
| 表-3.1.1 | 各地形の特徴 .....            | 14 |
| 表-3.1.2 | 日本の地形地域区分 .....         | 22 |
| 表-3.2.1 | 地質年代表 .....             | 34 |
| 表-3.2.2 | 岩体の分類 .....             | 41 |
| 表-3.4.1 | 日本地形アトラスの水理地質図の凡例 ..... | 78 |
| 表-3.4.2 | 本モデルにおける岩体の透水性の設定 ..... | 79 |

## 1. はじめに

広域（数10km～数100km程度範囲）を対象とする水理地質環境を把らえるための一連の地下水流動評価研究は地層処分研究において、主要な課題の一つである。この研究では、いままで広域を対象として種々の課題を取り上げ、その地下水流動評価に関するきめ細かな研究を進めてきた。それぞれの研究過程では各社の総合力を発揮しつつ、特徴ある地下水流動に関する研究実績を挙げることができた。

ここで過去の研究経緯について振り返ってみる。昭和62年度までは、国内3ヶ所の結晶質岩系の調査研究フィールドを対象として主に文献資料をもとに、水理地質モデルを作成し、予備的な概略地下水流動解析を実施した。解析では、広域的な二次元鉛直断面を対象とした。昭和63年度では、広域地下水流動評価の手法確立のために、国内外の調査事例や建設工事で用いられる解析手法、解析条件、検証方法の取上げ、そのシステム化を構築することができた。さらに、国内4ヶ所の調査フィールドを対象とした調査計画上の留意点などについて検討を加えてみた。平成元年度は、実際の東濃地区での立坑掘削影響試験モデルサイトを対象に前年度の構築システムを稼働させてみた。地下水流動評価システムの調査、解析、将来の地下水挙動について検討を加えてみたところ、今後の立坑掘削掘削影響試験に役立つ数々の知見を得ることができた。

今までの研究経過を振り返ると、広域的な地下水流動評価にフィードバックできる有益な研究成果を挙げることができ、一步一步着実に進めるべき研究の位置づけは今後も変わらない。

## 1.1 広域地下水流動評価に関する研究の現状

今までの研究成果のうち、本年度の研究に関連する二、三の内容について検討してみる。

昭和62年度の断面2次元モデルによる地下水流動パターンの違いについて概略把握する解析では、地形分布、地質構造、透水係数を変えて行った。広域的な地下水流動現象はサイトの地形、地質、水文条件によって複雑に影響を受け、また岩盤の割れ目系の場合その挙動は3次元的な様子を示すと考えられている。ここでは、国内での代表的サイト3ヶ所を対象とした。

解析結果では、均質地層モデル、二層地層モデル、断層モデル及び現地地質モデルの4つのケースでそれぞれ有益な知見が得られた。これらの解析モデルでは平均30～50km範囲の深度2kmを対象断面とし、透水係数については可能な限りの文献資料より調査を行った。

地層の不均質性や不連続性あるいは地形分布による影響がどの程度なのかを検討することができた。例えば地形勾配や透水係数や断層の存在による地下水流動について概略把握することができたが、地形分布や透水係数どれ一つを考えても我が国であり得るかどうかは疑問となる点である。

我が国のような複雑な地形では、詳細な3次元な地下水解析を実施することが必要となり、さらに、十分な地質データや透水係数データなどの取得が前提となる。特に地下水流動を支配する諸条件は、極めてサイトに特有なものである以上、その特性を評価するためのデータは必須条件である。

この研究ではかなりの量の地質情報や地盤情報をもとに地下深部のモデルを作成することができた。ただ、研究展開として、これらのデータの裏づけとして我が国を代表するモデルデータセットとしての比較検討が今後の課題として考えられる。つまり、特定サイトのモデルの妥当性、整合性をチェックする必要性はある。予備解析を通して広域地下水流動評価研究の第一歩としては貴重な成果を得ることができた。

ついで、昭和63年度ではいままでの経験を踏まえて広域地下水流動評価システムを構築することができた。このシステムでは、地下水流動系を概略評価するための調査サブシステム、解析条件の設定と地下水流動モデルの検証を行う解析サブシステム、さらに将来を予測する地下水挙動評価サブシステムより構成される。

既存の評価技術を集大成することにより、地下水流動評価技術のポテンシャルを挙

げることができる一方、データの評価にあたっても統一的な見方で判断できるようになる。このシステムが地層処分技術の評価する上で十分適用性の認められることが今後の課題と考えられる。さらに、実際のモデルサイトでのシステムの検証が急がれるところであり、長期計画でシステム内容の見直しを進めていく必要はある。この研究では、国内4ヶ所の調査研究フィールドを対象として、全体調査計画する上での留意事項をまとめた。つまり個別サイト特有の留意点を抽出することによって、考えられる地域特性項目の妥当性について、検討することが課題と考えられる。結論的には代表的なモデルサイトがあれば、重点的に研究を進めることができることが判明し、次年度以降は具体的なモデルサイトの提案を行った経緯がある。

本研究に先立ち、今までの広域地下水流動評価研究の内容や成果などについて検討を加えてみた。

## 1.2 研究の目的

高レベル放射性廃棄物（HLW）の処分施設は、地下数百メートル以深に地層処分することを基本とされている。高レベル廃棄物は、ガラス固化体のまわりをステンレス製のキャニスターで覆い、さらにベントナイトで密封するというような人工バリアで長年月にわたって密封・保持するという案が提案されている。しかしながら、1万年以上の期間を想定した場合、人工的な工作物を破壊・変質を受けずに保持するという技術は人類史上未曾有のものであり、安全からさらに一步踏み込んで安心を得るために、人工バリアに加えて天然バリアを組み込んだ多重バリアシステムが計画されている。天然バリアについては、ガボン共和国のオクロ鉱床、国内東濃地区のウラン鉱床等が数百万から十数億年の間、放射性物質を保持してきた事実から地層条件さえ整えば、高レベルの放射性廃棄物を安全に処分することが可能であることを示している。

ここでいう地層条件とは、化学的・力学的な安定など種々あげられるが、その中でも放射性核種を移行させる原動力となる地下水の動きは、最も重要な条件の1つである。また、地下水流動系を考慮するとき、処分場が地下数百メートル以深の地層中に計画されることから、このような深部の地下水の流れを評価する場合には、広域的なスケールで地下水流動の評価で行う必要がある。そして処分地をふくむ広域の地下水流動系を明らかにするためには、大スケールでの地形・地質構造から水文地質学的な場を理解することが必要となる。

対象領域が広域となると、その中に含まれる地形・地質やその他の情報は多大なものとなる。しかし、ここでは岩盤の中のヘアークラックがどうであるとか、地質構造が褶曲しているとかいうことよりも、大きなスケールで見たときの岩石の分布やその岩体としての水文地質的な性質を考慮することが大切である。ある程度の大きなスケールで地形・地質を見た場合には、適当な分類さえ行えば、それぞれの分類の中で均質なものとして扱いモデルを作成することが可能となる。また作成されたモデルの解析から、処分場から地表（河川・海底も含む）に流出するまでの地下水流動が十分に少量でかつ遅いものであり、さらに流出までに十分な時間と距離を経ることにより、残存放射能のレベルがその間に十分低いものとなれば、万が一にも漏出が生じた場合にも、十分な安全性が確保されることが証明される。逆に許容量以上の放射性核種が環境に放出されるようであれば、解析モデル中の処分予定地は適当でないことが明らかとなる。

本研究では、日本列島全体を対象とした広域的な地下水流動モデルを作成し、評価することを目的として研究を行う。ここでは、実際の日本列島の地形・地質をモデルに取り込み、日本列島の大地形と大地質構造について考え、広域地下水流動シミュレーションをおこなうための日本列島の地形・水理地質構造モデルを作成する。これは、日本の広域的な地下水の流れを評価する第一歩として位置付けることができる。

なお、日本列島全域を対象にこの種の研究が行われた前例はなく、まず日本列島の地形・地質を簡略なモデルで表現することを心掛け、今後この種のモデルを発展させるうえでの問題点を探り、モデル自体をステップアップさせていく予定である。また、本研究でのモデルは、地形モデルと地質構造モデルの精度との整合性を保ちながら作成するものであり、今後透水性のような水理地質学的な観点からの地質構造が地下数キロメートルまである程度の精度で判明した場合、あるいは範囲を絞り込み詳細な検討を必要とする場合には、より小スケールの地形・地質単位が反映されるモデルを作成することになる。

## 2. 本年度の実施内容の概要

前章で述べた考え方に基づいた広域地下水流動評価のための作業のフローを図-2.1.

1 に示す。本年度の実施内容を以下に示す。

### (1) 地形、地質および水理地質構造のモデル化

地下水流動系は地形条件および地質条件によって支配されるので、この2つの要素に関する日本全国スケールでの特性を把らえることから、地形・水理地質構造モデルの作成までを行う。

#### ① 地形モデルの作成

日本の大地形特性を踏まえた地形モデルを作成するために、既存の接峰面図(1/100万)をベースに地形区分をよく表現する標高を選定し、その高さのコンターラインを引くことによって大地形特性を表現できる地形モデルを平面図上に表わす。

#### ② 地質構造モデルの作成

日本列島を構成する岩体をいくつかの種類にタイプ分けし、これらの岩体の平面的分布と累重関係を、既存の地質図(1/100万)その他の地質資料をもとに日本地図上に示す。この図中には地表での断層の位置も入れる。

#### ③ 地形・地質構造モデルの作成

地形モデルと地質構造モデルを合わせて地形・地質構造モデルを作成する。モデルの表現上、便宜的に全国を複数のブロックに分け、それぞれの中の代表的な地域における断面をとって表示する。深さ10kmまでを対象とし、地下の地質情報(地質体の厚さや断層等)を文献で調査または推定して盛り込む。

#### ④ 地形・水理地質構造モデルの作成

岩体の透水性について既存資料に基づいて設定する。この透水性の情報を地形・地質構造モデルに加えて、地形・水理地質構造モデルを作成する。ここでは、③で作成した断面を用いて表示する。



## (2) 水収支の検討

日本全国を対象とした水収支特性の検討を行う。日本の降水量分布と実蒸発散量分布の資料を用い、これより最大涵養量（地表流出を0としたときの涵養量）の分布を表わす。

また、日本全国のおもな河川流量の概要を、流量年表等の資料を用いて表わす。

以上の研究においては、モデル作成や選定などの判断根拠を明確にするために、その出典を明らかにするとともに、大学の先生、専門家の意見を反映できるように考慮してまとめた。

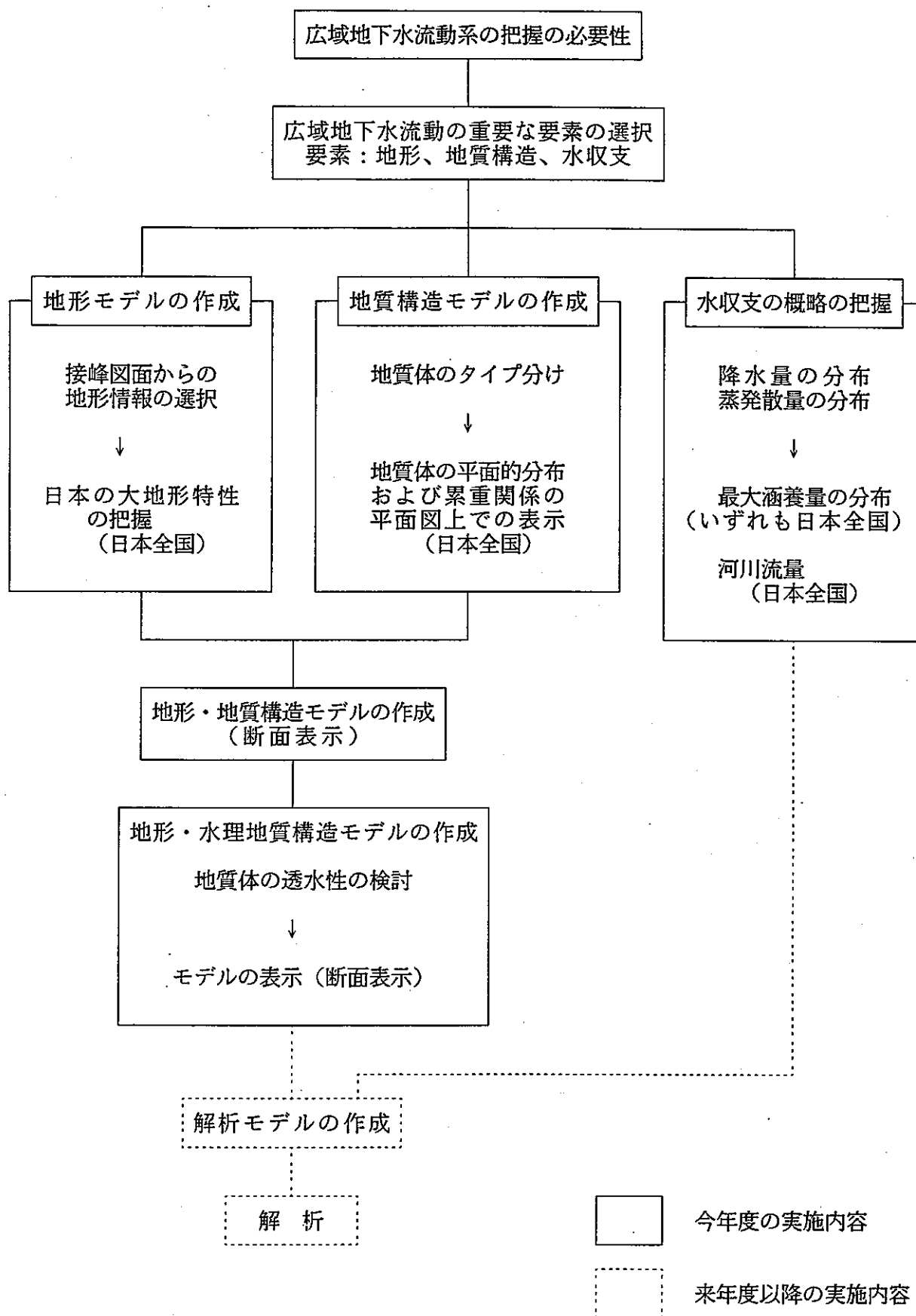


図-2.1.1 実施内容のフロー

### 3. 地形、地質および水理地質構造のモデル化

#### 3.1 地形モデルの作成

##### 3.1.1 地形モデル作成について

本研究では、実際の日本列島の地形をモデルに取り込み、日本の広域的な地下水の流れを評価する第一歩として、日本列島が大地形として山地（火山と非火山に分類）・丘陵地・台地・低地の4分類されることを念頭におき、その分類が反映される形の広域地下水流動シミュレーションをおこなうための日本列島の地形モデルを作成することを目的とする。

なお、日本列島全域を対象に、この種の研究が行われた前例はなく、着手段階のモデルとして日本列島の地形を簡略なモデルで表現することを心掛け、今後この種のモデルを発展させるうえでの技術的な問題点を探り、モデルをステップアップさせていく予定である。また、本論でのモデルは地質構造モデルの精度と整合性を保ちつつ作成されたものであり、今後地質構造が地下数キロメートルまで、ある程度の精度で判明した場合、あるいは範囲を絞り込み詳細な検討を必要とする場合には、より小スケールの地形単位が反映されるモデルが作成されることになる。

##### 3.1.2 地形モデル作成手順

地形は、その形成過程や形態的な違いに基づき、大地形から微地形までそのスケールに応じた種々の分類・区分がなされる。本論のモデル作成においては、大地形が表現されるようにモデル化を行った。作成においては、既存の接峰面図<sup>11) 2)</sup>を基図とし、日本の大略的な地形が山地・丘陵地・台地・低地といった地形分類が反映されるような形でモデルが作成されるように配慮し、以下の手法で作業をおこなった。

なお、地下水の広域的な流動を評価するとともに、今後は将来的な流動変動の可能性や地層の安定性を検討することを勘案し、流出域として重要な地形となる可能性のある断層等による構造的な谷や破壊的な活動の生ずる可能性のある火山の中で第四紀に活動

したもの等について反映されるモデルとするため、例外的な基準を一部に適応することを許した。

### (1) 地形区分（地形分類）

日本の地形を区分する上で最も大きな分類を試みようとするれば、山地（火山地域・非火山地域・丘陵地）と平野（台地・低地）に分類されよう。本論では、火山、台地が多い日本の地形の特質を考慮するとともに、地下水流動の観点からも地形・地質の相違から流動が異なることが想定される山地、火山、丘陵、台地、低地の5種類の地形に区分することにした。

各地形の特徴および本論での地形モデルの概念<sup>2)</sup>は、図-3.1.1に示す。

各地形の境界線については、岡山<sup>1) 2)</sup>による接峰面等高線図（以下単に岡山接峰面図とよぶ）を基図とし、これから地形の分類をおおむね反映することのできる適当な高度の等高線を選択して示した。具体的な手順については以下に述べる。

#### I 山地

標高500m以上の地域を原則として山地とした。1000m, 2000mの等高線を表示し、主な山頂高度を記入した。1000m以下の山は低山、2000m以上の山は高山とみなせよう。各々の地形学的な意味を表-3.1.1にまとめる。

#### II 火山

守屋<sup>4)</sup>により第四紀円錐火山として分類されたもの（中期更新世以降の火山）のうち、岡山接峰面図に同心円上の高まりとして表現されているものを表示した。

具体的には、山頂の位置と高度を表示するとともに、同心円状の等高線のなかで最も高さの低いものをその高度とともに記入（イタリックで示した）することで火山体の広がり表現した。

|              |                                            |   |                         |   |                                     |   |                                           |   |                                            |   |
|--------------|--------------------------------------------|---|-------------------------|---|-------------------------------------|---|-------------------------------------------|---|--------------------------------------------|---|
| 地形の五大区分      | 本論での地形・地質モデルの概念的断面図                        |   |                         |   |                                     |   |                                           |   |                                            |   |
|              | 地形・地質の概念的断面図                               |   |                         |   |                                     |   |                                           |   |                                            |   |
| 名称           | 山                                          | 地 | 火                       | 山 | 丘                                   | 陵 | 台                                         | 地 | 低                                          | 地 |
| 地形の特徴        | 標高約500m以上。傾斜20度以上の急斜面が多い。谷底には平地がほとんどない。    |   | 山頂を中心に対称的な形、寄生火山もある。火口。 |   | 標高約500m以下、尾根の高さはそろっている。谷底にせまい低地がある。 |   | 周りを崖に囲まれた高台または階段状の平坦地。数段に分れ、谷で分離したものもある。  |   | 河川とほぼ同じ高さで、下流ほど勾配の小さい平坦地。海岸線にその砂丘列。        |   |
| 地表付近の地盤の特徴   | 【かたい岩石】<br>第三紀以古の堆積岩、変成岩、火成岩、小起伏面には風化層、崩土。 |   | 溶岩、岩塊、火砕岩、火山灰。          |   | 【やわらかい岩石】<br>第三紀の堆積岩、火山岩、風化花崗岩・礫層。  |   | 【固まっていない地層】<br>洪積世の砂・礫・粘土・風化火山灰（赤土）シラスなど。 |   | 【固まっていない地層】<br>沖積世の砂・礫・シルト・粘土・泥炭。          |   |
| 基礎地盤として危険な地質 | 断層破碎帯、風化岩、崩土、ケツ岩、蛇紋岩。                      |   | 温泉余土、断層破碎帯、風化岩。         |   | 風化層、崩土、ケツ岩、蛇紋岩、断層破碎帯。               |   | 台地をきざむ谷底の軟弱な地層。                           |   | 軟弱地盤（泥炭、粘土）。                               |   |
| 起こりやすい災害     | 山崩れ、地すべり、ナダレ、活断層、土石流。                      |   | 噴火・降灰・硫化作用、他山地と同じ。      |   | 山地と同じ。炭田地域では落盤、陥没。                  |   | 崖崩れ、活断層、酸欠、地下水涸。都市では一部で水害。                |   | 水害、地盤沈下、風害、酸欠、塩害、高潮、津波、噴砂（流砂）、飛砂、構造物の不同沈下。 |   |
| 震害の程度        | 小                                          |   | 中～小                     |   | 小                                   |   | 中                                         |   | 大～中                                        |   |
| 主な土地利用       | 林地、荒地、草地。                                  |   | 林地、荒地、草地。               |   | 林地、果樹園、畑。                           |   | 畑、果樹園、草地、水田。                              |   | 水田、畑、松林、果樹園。                               |   |
| 地下水          | 裂隙水、洞穴水、地表での発見は困難。断層ぞいに多い。                 |   | 山地と同じ。                  |   | 主に被圧水。深・浅にあるが、少ない。                  |   | 主に自由水・被圧水、まれに宙水。深いが多い。                    |   | 主に自由水・被圧水。浅くて豊富。                           |   |

図中凡例 V : 火山岩、Gr : 深成岩、P : 古生界、M : 中生界、T : 第三系、Q : 洪積統、f : 断層

測量 1977年 6月号、鈴木隆介に加筆

図-3.1.1 地形の五大区分とその特徴

### Ⅲ 丘陵地

200m（一部100m）から500mの範囲を丘陵地として区分した。

一般に丘陵地の起源は、以下の2つが考えられその水文的位置付けも異なる。

①山地の開析が進みその高さや起伏が減少し、なだらかな地形に至る場合。

②低地がある時期をさかいに隆起を開始し台地となり、更に台地が開析を受けて原面を消失し、丘陵地になる場合

山地と丘陵地の違いは相対的なものであり、低平な国土の広がるイギリスでは、山地に区分されるべき高度、起伏、傾斜をもつ地形が、急峻な地形が広く分布する日本においては丘陵地として区分されることも多い。従って山地と丘陵地の境界については、ある程度相対的なものとして理解されるべきであろう。

### Ⅳ 台地

主に海成段丘、河成段丘からなる。日本列島は第四紀において、活発な隆起運動のため、かつて低地であったところが隆起を開始し台地を形成し、その台地が開析を受けて段丘化している地域が多い。

このように日本の台地のほとんどは、かつての侵食基準面に対応して形成されたものである。したがってその分布高度は大局的には海岸部で低く、山間部で高くなっている。さらに段丘形成後の地殻変動の強弱も分布高度の地域差を生むため、台地の分布高度を全国的にある高度をもって代表させることは不可能である。

台地の区分は、第四紀地図<sup>5)</sup>に示された段丘面の分布範囲をやや簡略化して用いた。台地と丘陵地を区分する高度は100-200mが多く、図中には採用した高度を地域毎に記入してある。なお本論では、扱う地形のスケールを考慮し山間の小さな台地は省略している。

### Ⅴ 低地

現在の地形で堆積の場にある唯一の地域である。台地と低地を区分する高度は、20-100mになるものが多く、図中には採用した高度を地域毎に記入してある。なお谷底平野については小規模なため殆ど示されていない。

今回のスケールモデルにおいては、台地と低地の区分は大きな意味を持たないも

のと考えてもよさそうである。

地形の特徴については表-3.1.1 に示す。

#### ▼ 盆地

日本の山地は地塊状に細かく分断されており、山間には多くの盆地が分布する。盆地については、地下水の流出域になる可能性が想定されるため、着目しておく必要があると考えた。そこで本論では、岡山接峰面図にある凹地を示す閉曲線（図では破線）のうち、最も高度の高いものを盆地の境界線とし、これに囲まれる盆地域について、さらに丘陵地、台地、低地に区分した。なお、各境界線は岡山接峰面の等高線をそのまま用いた。

#### (2) 等高線の簡略化

標高500m以上の等高線については、幅5km以下の谷を埋めて平滑化することを基準とした。

ただし、構造線谷や断層谷などの地質構造を反映する谷が基図とした接峰面図に表現される場合については、地下水の流動を制約する要因になり得ると考えられるため、幅5kmを基準とする谷埋めによる平滑化は行わず、谷地形が表現されるように等高線を書き込んだ。

200, 100mの等高線については、原則として岡山接峰面図のものを原形のまま用いた。

表-3.1.1 に示すように山地に関しては等高線の間隔が広く区分がおおまかであり、台地、低地となるほど指数関数的に細かく地形をみていることになる。

このようにして作成した大地形特性図を図-3.1.2 ~4 に示す。

表-3.1.1 各地形の特徴

(3,000m)

|                  |            |                                                                       |
|------------------|------------|-----------------------------------------------------------------------|
| 2,000m           | 高山         | 隆起，浸食が激しく山頂高度がかなり低下している可能性が高い。最終氷期には一部で氷河に覆われた。斜面崩壊が頻発する。動水勾配大。       |
| 1,000m           | 山地<br>低山   | 準平原遺物が残存し，平坦な尾根をもつ山が多い。尾根上は厚い風化残存物に覆われる。西南日本内帯に多く分布し高原状の山容を呈する。動水勾配大。 |
| 500m<br>(一部400m) | 丘陵地        | 山地と平野の境界に多くみられる比較的なだらかな地形。北海道，九州に分布する火砕流台地も含む。動水勾配中。                  |
| 200m<br>(一部100m) | 台地<br>(段丘) | 主に海成，河成段丘からなる。<br>段丘の分布高度は一定ではない。動水勾配中～小。                             |
| 20-100m          | 平野<br>低地   | 扇状地，自然堤防帯，三角州にわけられる。扇状地は礫質，他は，砂-粘土質である。地下水豊富。                         |
| 0 m              |            | 本分類中唯一の堆積域である。動水勾配小。                                                  |



**この頁は PDF 化されていません。**  
**内容の閲覧が必要な場合は、技術資料管理**  
**担当箇所では原本冊子を参照して下さい。**

### 3.1.3 日本の大地形特性モデルについて

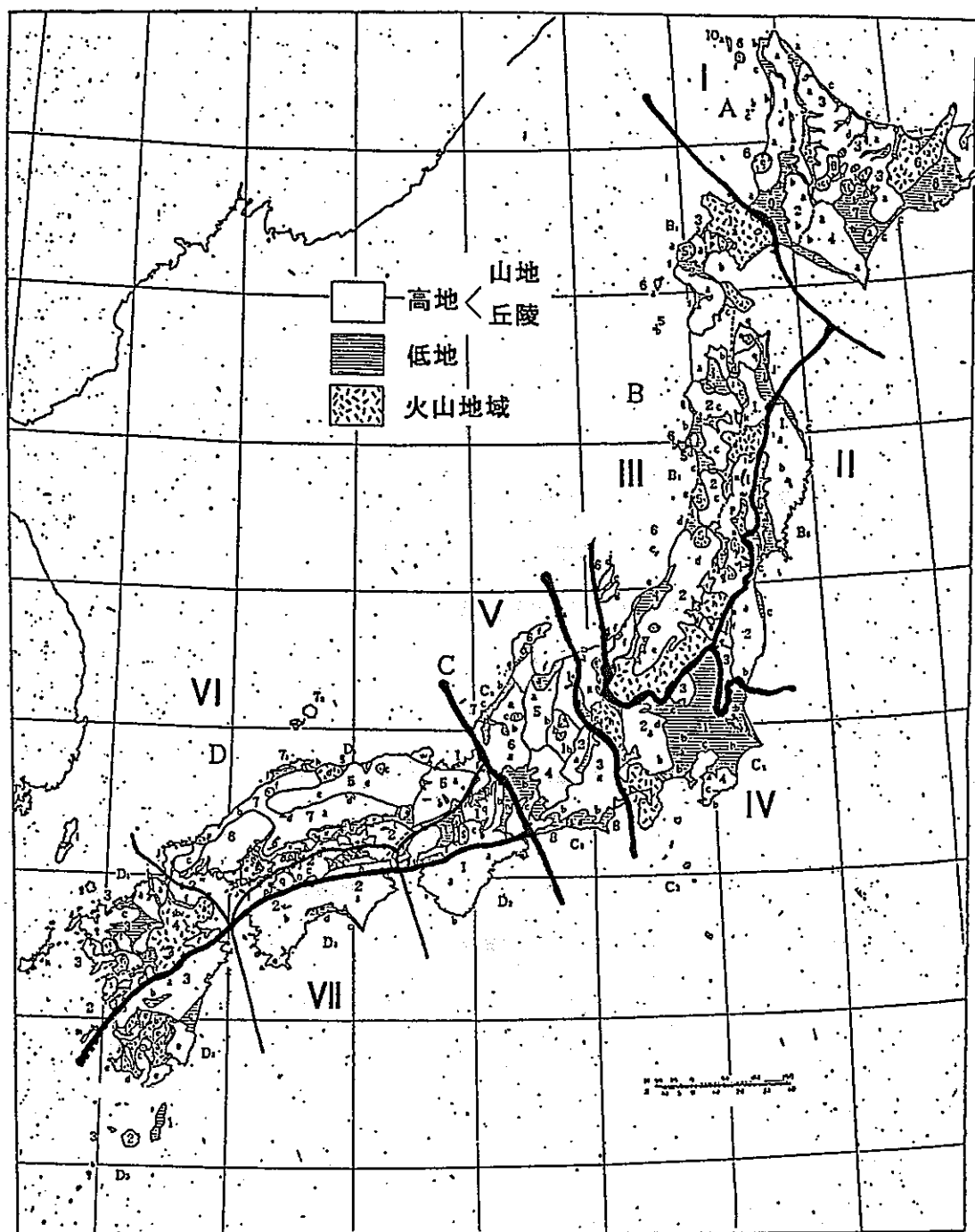
日本列島は変動帯に属するために、地殻変動、火山活動、地震活動が極めて活発である。同時に、中緯度の湿潤温帯に属することから世界的にも降水が多い地域に当たっている。このため、日本列島は第四紀を通じて、激しい隆起と侵食の場におかれてきた。その結果、起伏、谷密度共に大きい険しい山地が形成され、山地から運搬されてきた土砂が海岸を埋め立て、軟弱な地盤を持つ平野が発達してきた。このように日本列島は、地域差はあるものの世界的にも地形変動の激しい地域であるといえる。

日本の地形地域区分を扱ったものとしては、渡辺<sup>6)</sup>によるものが一般的である。また岡山<sup>7)</sup>も日本の大地形の地域区分を行っている。これとは別に阪口<sup>8)</sup>によって、流域内高度分布の型による日本列島の流域区分がなされている。渡辺<sup>6)</sup>、岡山<sup>7)</sup>は、接峰面図に表現されるような地形の高度の急変線に注目し、いわば陸地の塊ごとに地域区分を行っているのに対し、阪口<sup>8)</sup>は、谷地形の集合体としての河川流域に注目して地域区分を行っている。しかし今回は、対象とする地形のスケールが大きいこと、岡山<sup>1)</sup>の接峰面図を基図として作業を行ってきたこと、山地、丘陵、段丘、低地、火山といったよく知られている地形を読み取るには、河川侵食による開析を受ける前の地形がある程度復元できる接峰面図が便利であることなどを鑑み、渡辺<sup>6)</sup>、岡山<sup>7)</sup>の研究を踏まえて、日本の大地形の区分と各地形区の地形の特徴を論ずることにする。

日本の大地形を以下のように区分した（表-3.1.2，表-3.1.5）。

表-3.1.2 日本の地形地域区分

- I 北海道胴体部
- II 東北日本外帯-北上, 阿武隈, 八溝・筑波
- III 東北日本内帯-奥羽山脈, 出羽丘陵, 盆地列
- IV 中部日本 -フォッサマグナ以東-関東盆地, 関東山地, 東部フォッサマグナ
- V 中部日本 -中部山岳地域-飛騨, 木曽, 赤石, 加賀美濃, 三河
- VI 西南日本内帯-近畿トライアングル, 中国山地, 北九州
- VII 西南日本外帯-紀伊, 四国, 南九州



渡辺 光 (1952) に加筆

図-3.1.5 日本の大地形区分

## I 北海道胴体部

低地は、函館、斜里、釧路の各平野および石狩低地帯、サロベツ原野などの高度20～50mに分布する。また、北海道中央部に南北に配列する名寄、旭川、富良野の各盆地にも比較的広い低地が認められる。これらの分布高度は、それぞれ北より、100m、150～200m、250～300mとなっており、南に向かうほどその高度を増していく。以上の低地の分布が良好な地域のほとんどが、地質構造上の沈降部（向斜部）に対応する（例えば、石狩低地帯やサロベツ原野など）。

海岸段丘を主とする台地は北海道沿岸部をとりまくように分布し、とりわけ日高地方西部、道東地方、日本海北部沿岸およびオホーツク海沿岸に発達が良い。それらの分布高度はおおむね20～200mであるが、地域ごとに差異が認められる。すなわち、それはオホーツク海沿岸～日本海沿岸では高度20～100mに分布するのに対して、日高地方や渡島半島においてはそれより若干高い、高度20～200mに分布する。さらに奥尻島では、高度500m付近まで海岸段丘が分布する。以上のような海岸段丘を主とする台地の分布高度は、第四紀以降の地殻変動の傾向と一致する。

河岸段丘を主とする台地は十勝平野および前述の盆地群に分布が良好であり、おおむね100～300mの高度を有する。これらの地域はいずれも日高山脈や石狩山地などの周囲の山地とは明瞭な高度の変換線によって境される。そして、これらの山地を流下した河川は、その山麓に多くの開析扇状地を形成している。

火砕流台地は、洞爺湖、支笏湖および屈斜路湖などの周囲に広く分布する。しかし、その分布高度には地域間の差が大きく、さらに地質構造との対応も不明確である。したがって、便宜的に、火砕流台地のうち高度100mないし200m以下の部分を台地として、またそれ以上の高度の部分を丘陵地として図示した。

丘陵地の分布は、道東および道北地方に顕著である。その分布高度は、道北の宗谷丘陵で100～400m、道東の白糠丘陵で100～500m、豊頃丘陵で100～300mである。石狩低地帯周辺や渡島半島では、丘陵地は低地および台地と山地との間を埋めるように分布し、その高度は100～500mである。以上の丘陵地の大半は中生代中・後期～新第三紀の堆積岩類から構成されている。

山地は、火山を除けば、その高度は一般に500～2000mである。山地の平面分布や高度分布は、石狩低地帯を境にそれ以东と以西では特徴を異にする。

幅の大きな山体を持つ。北上山地は高度500～1500mで、地質構造上、北部北上帯と南部北上帯に大きく二分されている。山地中央部には高度1914mの早池峰山が残丘状にそびえる。阿武隈山地は高度1000mほどで、図で示されるように北上山地よりも定高性が著しい。阿武隈山地はほぼ地質構造上の阿武隈帯に対応する。なお、図によって知られる高度分布の特徴と地質構造の間には明瞭な対応関係は見られない。

### Ⅲ 東北日本一内帯（内弧）

東北日本内帯では、南北方向の走向を持つ山地列と東西方向の走向を持つ山地列が碁盤の目状に交差し、その目の間の凹所（沈降域）が横手、山形などの盆地や津軽、能代、庄内、新潟などの各平野となっている。南北方向の山地列には、東から恐山山地－奥羽山脈、出羽山地－朝日山地－越後山脈－三国山脈の2列が、東西方向の山地列には、北から白神山地、大平山地、<sup>ひるがし</sup>丁岳山地、飯豊山地がある。各山地の高度は一般に500～2000mである。しかし、1500m以上の高度を持つ火山を除けば、北部で1000～1500m、南部で1500～2500mと、山地高度は南へ向かうほど増加していく。

低地および台地は、海岸付近の高度0～200mに小規模に分布する、海岸段丘を主とするものを除けば、いずれも上記の各平野や盆地を埋積する第四紀の厚い沖積層からなる。その分布高度には各堆積盆によって差があるが、低地では高度0～300mの範囲であり、台地では20～300mの範囲である。また、横手・会津盆地などでは低地が、一方、鷹巣・新庄盆地では台地が卓越するというように、低地と台地の分布状況には各盆地、あるいは平野間で差が認められる。

丘陵地は、およそ高度200～500mに、平野や盆地と山地との間を埋めるようにして分布する。これらの丘陵地の大半は新第三紀の堆積岩類（中新統～鮮新統）から構成される。

#### IV 中部日本ーフォッサマグナ以東

東北日本の奥羽山脈より浅間火山付近まで、北東ー南西方向の地形的な高まりが連続する。この北東ー南西方向の地形列は、長野・上田・佐久の各盆地と関東盆地によって構成される凹地帯を境に終る。この凹地帯を東北日本と中部日本の境界とする。これより西方では、関東山地、丹沢山地、伊豆半島の南北方向につらなる高まりがみられる。関東山地は中生代の古い基盤山地である。他の山地は新第三紀の新しい地層からできているが、これらの地層は日本の中でも特に激しい変形を受けている。

関東山地の東縁から三浦半島、房総半島にかけては丘陵地が広がっている。これらの丘陵は主に新第三紀の堆積岩類が細かい谷によって侵食されてできたものである。丘陵地の標高は海からの距離によって異なり、海岸付近では標高50-100m 以高500m未満、内陸部では200m以高500m未満とみてよい。

関東平野は、北海道の十勝平野と共に日本でもっとも面積の広い平野である。関東平野の場合、標高約20m を境に台地と低地に分かれる。台地は最終間氷期に形成された海成段丘（下末吉面と呼ばれている）により、その大半が占められている。

盆地や低地は、かなりの厚さで火山灰を含む火山噴出物に埋め立てられており、火山活動が活発であることを物語っている。

#### V 中部山岳地域

糸魚川静岡線と敦賀伊勢湾線に挟まれた地域を中部山岳地域と呼ぶことにする。当地域の西部には飛騨、木曽、赤石の3000m 級の山地（山脈）が分布し、日本の屋根と呼ばれている。各山地は、高山、伊那、松本、諏訪などの構造的盆地により分断され、逆ミの字に雁行している。雁行する各山地を西南方向に追ってみると、飛騨山脈は飛騨美濃高原へ、木曽山脈は東濃山地へ、赤石山地は三河高原南部へと、それぞれ山体の幅を増しつつ、高度を下げていく。ところで中央構造線は伊勢湾付近より糸静線へ近づくとつれて、走向を東西から南北へと変えながら延びているが、前述した雁行する地形の高まりの方向はちょうど中央構造線の延びる方向と平行している。当地域ではこれとは別に北西ー南東方向の顕著な地形の高度の不連続線が複数存在する。例えば図中の木曽山脈西方の直線的に延びる1000m の等高線は不連続線の一つであり、阿寺断層に沿うものである。濃尾平野の北東側の境界や、敦賀伊勢湾線も同じ方向の地

形の不連続線にあたっている。

当地域には御岳山、白山などの火山が分布するがいずれも標高1500m前後の高原状の山地の上にそびえている。

日本海、太平洋の外海に面した平野は概して小さく、扇状地の発達が良い。これは急勾配河川によって運ばれてくる砂礫が大量に堆積しつづけるためである。一方伊勢湾の奥にひろがる濃尾平野は規模が大きく、大部分が低地で占められており、砂や泥の堆積している所も多い。濃尾平野の西縁は活断層によって境されており、沖積層の厚さは平野の西へ行くほど厚くなっている。愛知県側の平野は海成段丘（台地）や開析三角州が多い。台地と低地の境界は約20mと低くなっている。

## VI 西南日本—内帯

フォッサマグナより西方、中央構造線より北方の地域は西南日本内帯と呼ばれている。本章では敦賀伊勢湾線より西方の西南日本内帯について、近畿トライアングル、中国（丹波高地含む）、北九州の3地域にわけ、述べていくことにする。

### ・近畿トライアングル

敦賀湾を頂点とし、淡路島—伊勢湾間の中央構造線を底辺とする三角地帯は、岡山<sup>7)</sup>らにより、近畿トライアングルと呼ばれてきた。この地方は、図にもよく表れているように、小規模な山地と平野とが直線的な境界をもって、積木細工の様に入り組んで分布している。各山地は逆断層地塊である。中期更新世以後、東西圧縮の応力場のもとで、逆断層運動が活発化し、山地と平野の分化が進んできたと考えられている。各山地の規模が小さいこともあって、この地域の山地と丘陵地との境界高度は300mまたは400mで代表させてあるところもある。布引、鈴鹿、比良、生駒の各山地や大和高原には、平坦な面が山頂部に広く残されており、隆起準平原遺物と考えられている。

### ・中国地方

中国山地は全体としてなだらかな山容を示し、東西方向の延長は400km以上におよぶ。中国山地の東方に位置する丹波高地もよく似た地形をしている。中国山地は、変動帯に属する日本島にあってもっとも大陸的な地域であるともいわれている。また隆起準平原面の発達が顕著な山地であり、準平原面は高度の不連続から、中国山



地脊梁面（または道後山面）と吉備高原面とに区分されてきた。図の1000m の等高線で囲まれた地域が、脊梁面にあたり、500mと1000m の線で囲まれた地域が吉備高原面にあたるとみてよい。脊梁面と吉備高原面との境界付近には、三次、新見、津山の各盆地が位置している。これらの盆地には丘陵と低地が発達する。中国山地の南側は、緩やかに高度を減じ、瀬戸内海へ至る。瀬戸内海は多島海として有名である。加古川流域を除くと台地の発達は不良で、湾奥を埋めるように沖積低地が分布するのみである。本地域の場合、丘陵地と山地との境界は不明瞭であり、標高500mから1000m の地域は、谷は山地、準平原を残す尾根は丘陵地というように山地と丘陵の地形的な特徴をあわせもつと理解されよう。

#### ・北九州地方

福岡北部、筑紫山地、筑紫山地西部は背振山地ともよばれ、南縁を活断層でえられる花崗岩のブロックである。筑紫平野は九州で最も広い平野で、北部は低地が分布し遠浅の有明海へ至る。一方南部は台地が多くなっている。熊本平野も台地が多い。中部九州には多良、雲仙、阿蘇、久重の火山が分布する。阿蘇カルデラをつくった火砕流がこの地域を広く覆う。火砕流台地と呼ばれるが、海成河成段丘よりも起伏、勾配ともに大きく、むしろ山地に近い。しかし堆積原面を残し、接峰面図には平坦な面として表現されることが多い。そこで200-500mの高度に分布する火砕流台地は、丘陵として区分した。第四紀の火山岩類を除くと地形は低く、山地でも1000-1200m程度の高さしかない。

### VII 西南日本－外帯

紀伊半島、四国島、南九州の順に述べる。

#### ・紀伊半島

紀伊山地によって占められる。低地、台地、丘陵地の発達は不良である。海岸部をも含む半島全体が曲隆運動をおこし、激しい河川侵食にあって険しい山地が形成されてきたと考えられる。このため、後述する四国山地とともに紀伊山地については丘陵地を設けないことにした。なお山地内部に凹地（閉曲点線で示される）がみられるが、堆積盆ではなく、新宮川の侵食によるものである。

- 四国島

中央構造線より北側の讃岐山地を含む地域は、近畿トライアングルの延長とみることができる（厳密には内帯に属するので中国地方と共に述べるか、近畿トライアングルに含めて論ずべきかもしれない）。中央構造線を流れる吉野川の谷をへだてた南側は四国山地である。地形は険しい。仏像構造線など東西に延びる構造線を反映した構造谷が発達することが等高線の屈曲から読み取れる。紀伊山地同様、山地が海まで迫っている。台地は、足摺、室戸岬周辺に海成段丘がみられる。まとまった低地は高知市、徳島市、中村市周辺にみられるのみである。

- 南九州

中央構造線の南には、九州山地が塊状に広がる。極めて急峻な山地であり、山の高さや面積など、四国、紀伊山地とよく似ている。東北東－西南西方向に延びる地質構造線と斜交して、阿蘇、霧島、桜島、開聞岳、の各火山が南北に列をなして分布する。鹿児島県を中心として、シラスと呼ばれる火砕流台地が広がっている。都城、人吉、小林の各盆地には台地が発達し、火砕流も流入している。宮崎平野は、海成段丘の発達が顕著である。

### 3. 2 地質構造モデルの作成

#### 3.2.1 地質構造モデル作成について

現在の地質構造は、地質時代を通じて続いてきた構造運動の結果である。このため日本列島の地質構造モデルを作成する際には、その構造発達史について知っておく必要がある。

現在のプレートテクトニクスの考え方によると、日本列島の骨格を形づくっているのは太平洋側からプレートにのって運ばれてきた外来岩体である。元来海洋底や陸近くの海域でたまった堆積物がプレートにのって陸側に運ばれ、それが大陸の縁にぶつかると、下のプレートそのものは地下にもぐりこむがその上の堆積物は削ぎ取られて大陸の縁に次々と付け加わってゆく。この付け加わる作用を「付加」といい、付け加わったものを「付加体」という。日本列島はこうしてできた付加体の集合であるとされている（図-3.2.1 参照）。

日本列島の現在の岩体分布をもとに同じような岩種や年代の岩石を整理すると、ある範囲をもった地帯が識別される。このような大きな地質構造上の1つ1つの地帯は「地質構造帯」と呼ばれる。日本列島は、図-3.2.2 に示すような地質構造帯に分けられている。地質構造帯は日本列島を縦方向に走る帯状に配列しており、海洋側から付加してきた岩体とその形を現在も表しているといえる。

地質構造帯がいくつか集まったより大きな地質構造上の区域を、ここでは「地質構造区」と呼ぶ。地質構造区は地質構造発達史を考慮して識別されるもので、普通は大規模な断層によって境される。日本列島は、構造発達史の上で図-3.2.3 に示すような地質構造区に分けられる。

以下に、付加体を含めた日本列島の地質構造の形成史を簡単に述べる。（文中に出てくる地質年代については表-3.2.1 に示す。）

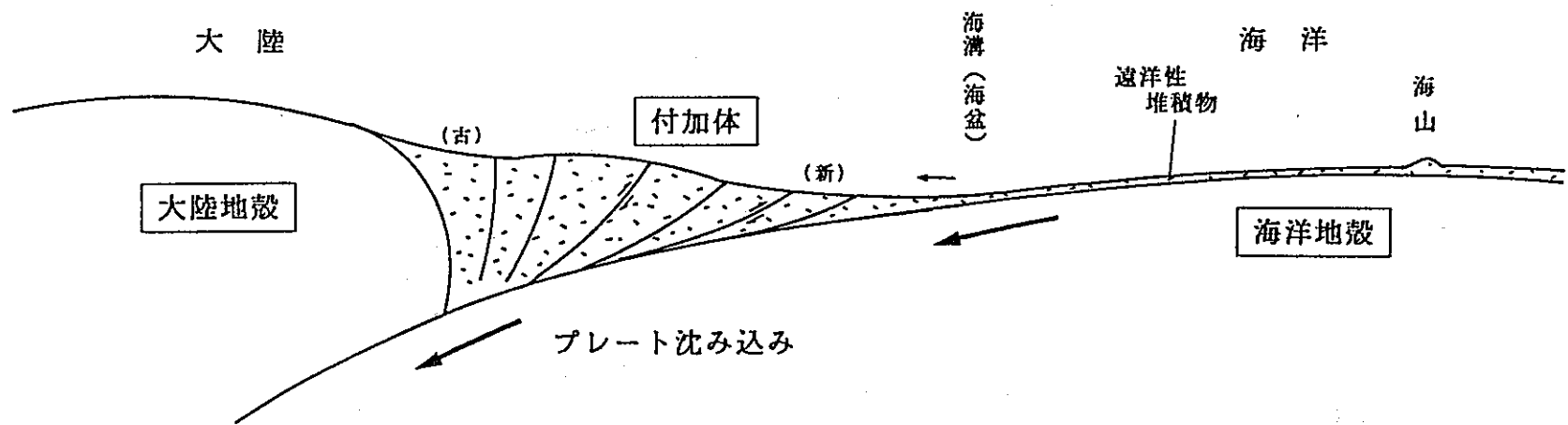


図-3.2.1 付加体形成の概念図

1: 飛騨変成帯(大陸の一部?), 2: 三都変成帯(変成をうけたペルム紀付加体), 2': 上越変成岩, 3: 山口帯(ペルム紀付加体), 4: 舞鶴帯(ペルム紀-三疊紀陸棚相・夜久野オフィオライト), 4': 上越帯の先白垩紀陸棚相, 5: 丹波・美濃帯(ジュラ紀付加体), 5': 足尾・八溝帯(ジュラ紀付加体), 6: 北部北上帯(ジュラ紀付加体), 7: 領家帯(変成をうけたジュラ紀付加体), 8: 三波川帯(変成をうけたジュラ紀付加体), 8': 西後杵帯(変成をうけたジュラ紀付加体), 9: 秩父帯(ジュラ紀付加体), 10: 三宝山帯(ジュラ紀付加体), 11: 四万十帯(白垩紀-第三紀付加体), 12: 阿武隈帯(先白垩紀陸棚相, 変成をうけた付加体を含む), 13: 南部北上帯(先白垩紀陸棚相), 14: カムイコタン帯(変成をうけたジュラ紀付加体), 15: 樺加内オフィオライト(ジュラ紀末海洋底), 16: エゾ層群(白垩紀陸棚相), 17: 日高帯(白垩紀付加体), 18: 湧別帯(白垩紀付加体), 19: 日高変成帯(第三紀に衝突した島弧地殻), 20: 常呂帯(ジュラ紀付加体), 21: 根室帯(白垩紀末-第三紀初頭前弧海盆・火山弧), 22: 伊豆・南部フォッサマグナ新生代衝突・付加体(島弧地殻を含む), A: 飛騨外縁構造帯, B: 長門構造帯, C: 中央構造線, D: 黒瀬川構造帯, E: 糸魚川・静岡構造線, F: 樹倉構造帯, G: 双葉構造線, H: 早池峰構造帯(A-Hは主要横ずれ構造帯).

[平 朝彦 "科学" (1985) 55巻, 2P]

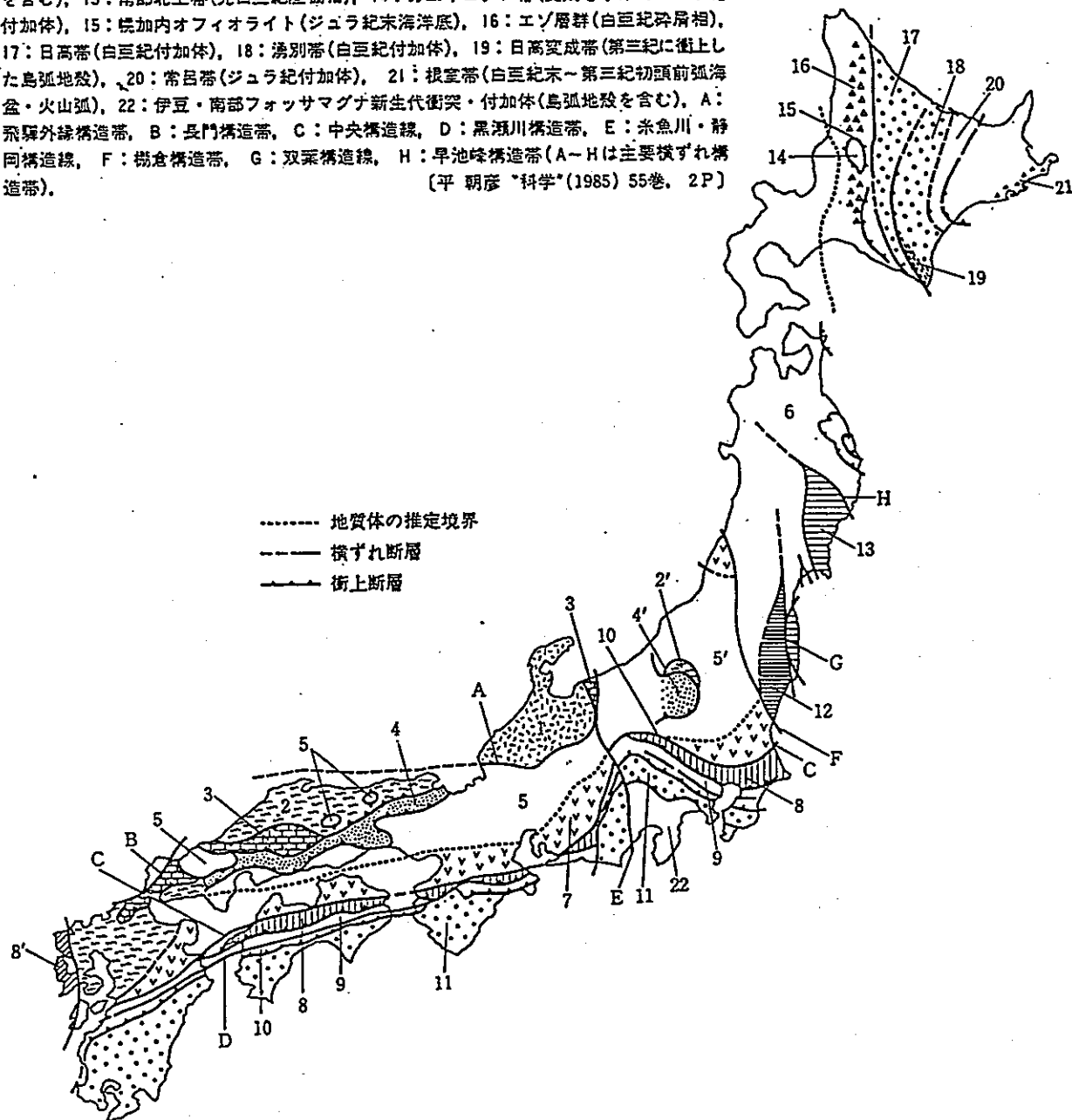


図-3.2.2 日本列島の地質構造帯<sup>9)</sup>  
 原図は平<sup>11)</sup>による.

① ジュラ紀～白亜紀付加体、  
白亜紀陸棚相、島弧地殻など

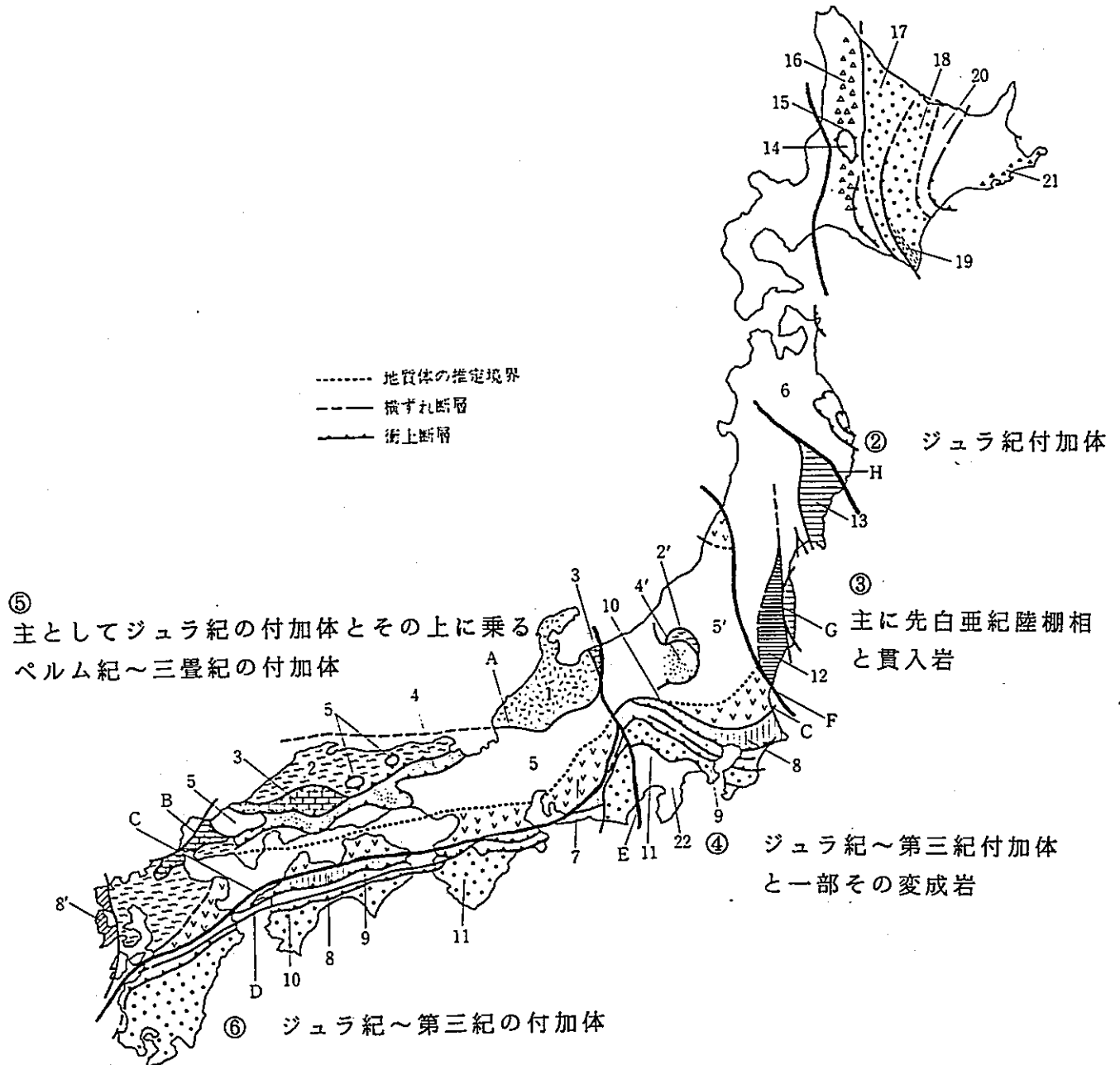


図-3.2.3 日本列島の地質構造区  
 平<sup>11)</sup> の原図に加筆.

表-3.2.1 地質年代表

| 地質時代 |          |       | 放射年代    | 日本の化石             | 日本列島の形成に関連した出来事                                                      |                     |
|------|----------|-------|---------|-------------------|----------------------------------------------------------------------|---------------------|
| 新生代  | 第四紀      | 完新世   | (単位百万年) | ナウマン象             | 平野の形成<br>日本海側の褶曲帯の形成<br>丹沢の衝突、沖縄トラフの形成<br>日本海の拡大<br>四国海盆の拡大<br>炭田の形成 |                     |
|      |          | 更新世   | 0.01    |                   |                                                                      |                     |
|      | 第三紀      | 新第三紀  | 鮮新世     | 1.8               |                                                                      | ビカリヤ(巻貝)            |
|      |          | 中新世   |         |                   |                                                                      |                     |
|      |          | 古第三紀  | 漸新世     | 24                |                                                                      | 貨幣石(大型有孔虫)          |
|      |          |       | 始新世     |                   |                                                                      |                     |
|      |          |       | 暁新世     |                   |                                                                      |                     |
| 中生代  | 白亜紀      |       | 65      | アンモナイト<br>フタバスズキ竜 | 四万十帯・日高帯・常呂(ところ)帯の付加、花崗岩の貫入、横ずれ運動<br><br>付加体の形成(伊吹海山列の付加)            |                     |
|      | ジュラ紀     |       | 143     | 魚 竜               |                                                                      |                     |
|      | 三疊紀      |       | 212     | コノドント             |                                                                      |                     |
| 古生代  | ペルム(二疊)紀 |       | 247     | 紡錘虫               | 西南日本内帯の付加体の形成(秋吉海山列の付加)                                              |                     |
|      | 石炭紀      |       | 289     | サング               | 秋吉石灰岩をいただく秋吉海山列が赤道付近で誕生                                              |                     |
|      | デボン紀     |       | 367     | 鱗 木               | 飛騨外縁帯・南部北上帯・黒瀬川構造帯の岩石が南半球ゴンドワナ大陸の一部として誕生                             |                     |
|      | シルル紀     |       | 416     | クサリサング・三葉虫        |                                                                      |                     |
|      | オルドビス紀   |       | 446     |                   |                                                                      |                     |
|      | カンブリア紀   |       | 509     |                   |                                                                      |                     |
|      | 先カンブリア時代 |       |         | 575               |                                                                      | 飛騨変成岩の原岩の形成(20億年前?) |
|      |          | 約4600 |         |                   |                                                                      |                     |

### ① 古生代末～白亜紀の付加体の形成

古生代末～白亜紀には、海洋側からプレートによって運ばれてきた深海の堆積物や海洋地殻の一部が陸側に次々と付加した（図-3.2.1）。これらの付加体を構成する岩石は、深海の海洋底堆積物起源のチャート・頁岩、陸側からの碎屑物起源の砂岩・泥岩・凝灰岩であり、これに海山を構成していた玄武岩・石灰岩なども含まれる。美濃・丹波帯（北九州～中部地方）、その東方延長の足尾帯（関東～東北西部）、三波川帯・秩父帯・四万十帯（九州～四国～紀伊半島～関東）、三群・山口帯（北九州～中国）、北部北上帯（東北～西部北海道）といった多くの地質構造帯がこの付加体によりできている。一部には、付加年代が第三紀におよぶものもある（四万十帯の南部、中・東部北海道の日高帯・常呂帯）。それぞれの岩体の生成年代は付加年代よりも古く、最も古いものとしてはオルドビス紀の地層が知られている。これらの付加体を核として、その周辺は付加時に陸近くで堆積した地層がとりまいている。このような付加体およびそれをとりまく岩石の中には、後の火成活動等により変成岩となっている部分もある。

中部地方の日本海側の飛騨帯とよばれる地質構造帯は、他の地帯に比べて極端に古い岩石を含むため（20億年前の変成岩の礫を含む）、他の地帯が付加する前にすでに大陸の一部だった地帯と考えられている。

### ② 三畳紀～白亜紀の浅海～陸成層の堆積

付加体による土台が形成されつつある時期に、すでに土台となった部分の上に堆積した地層群がある。これらの地層群は他の付加体を構成する岩体にくらべて鉛直方向の広がりが小さい、いわゆる“根なし”の岩体である。飛騨地方の手取層群や四国～紀伊半島の和泉層群などがこれにあたる。

### ③ 白亜紀末～古第三紀の火成活動

この時期には付加体の形成はひきつづき行われているが、同時に火成岩の大規模な貫入・噴出がおこった。領家帯の花崗岩・広島花崗岩（貫入岩）、中部地方の濃飛流紋岩（噴出岩）などである。



④ 白亜紀～古第三紀の陸源物質の堆積

大陸や島弧の縁辺部に、主として砂岩・泥岩からなる厚い地層が堆積した。北海道のエゾ層群などがこれにあたる。これらの岩体は、日本列島の他の地域と異なり中新世まではほぼ連続して堆積している。白亜紀～古第三紀の堆積物は、九州北～西部にも分布する。

⑤ 新第三紀～第四紀の地層の堆積

日本列島の土台がほぼできあがった後、新第三紀になると現在の日本列島は大陸から離れ、その間に日本海が形成された。これにともなって日本海側を中心として大量の火山噴出物が噴出した（東北西部～山陰の広範囲に分布するグリーンタフ）。この時期およびその後に、土台上やその周辺の堆積盆に、主として砂岩・泥岩からなる地層が堆積した（九州の宮崎層群、近畿地方の大阪層群、中部地方の瑞浪層群・瀬戸層群、関東地方の上総層群、東北地方のグリーンタフをおおう新第三系～第四系、北海道の石狩層群など）。これらの岩体は土台の形成がほぼ終わった後に形成されたものであるので、土台となる古い岩体にくらべて構造や分布が乱されていない。

⑥ 新第三紀後期～第四紀の火山岩類の噴出

①～⑤で述べた岩体の上に（またはそれらと時代的に一部重なって）、火山岩類が噴出した。九州地方の表面を広くおおっている火山岩をはじめ、日本各地で現在活動している火山からもたらされた火山岩がこれにあたる。

日本列島の土台は①～④の時期に形成され、その上に⑤～⑥の時期の岩体が分布しているといえる。

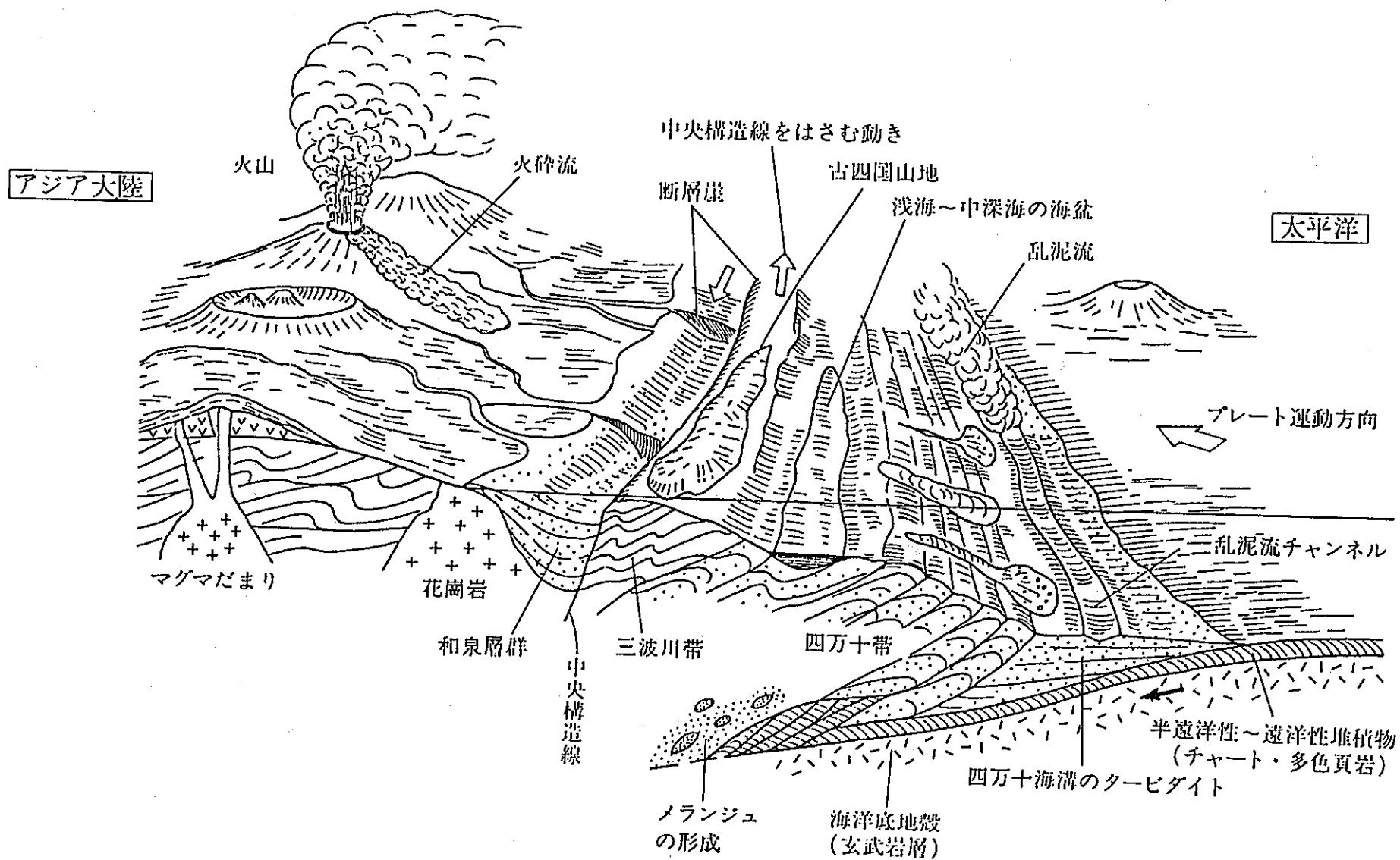


図-3.2.4 付加体の形成と構造  
白亜紀の西南日本の例<sup>11)</sup>

### 3.2.2 地質構造モデル作成手順

#### (1) 岩体の分類

以下で作成する地質構造モデルにおいて基本となる単位を、「岩体」と呼ぶこととする。ここでいう岩体は、必ずしも1種類の岩石からなるわけではなく、複数の異なる岩石や地層の集合体までも含めて考える。また未固結の堆積物であっても、固結の岩石の場合同様、岩体と呼ぶこととする。

日本列島を構成する岩体の構成岩類、地質年代、成因に基づき、さらに後に水理地質モデルとするため透水性も参考にして、次の8種類に区分した。

中・上部更新統～完新統

鮮新統～下部更新統

中新統（中新世の火山岩を含む）

鮮新世～第四紀の火山岩

白亜紀～古第三紀の（陸成）火山岩

古生界～古第三系（同時代の海底火山噴出物を含む）

深成岩

変成岩

それぞれの岩体の特徴は次のようである。

#### ・中・上部更新統～完新統 （図中の略号 Q）

現在の堆積物に続く最も新しい堆積物で、おもに砂、泥（シルト・粘土）、砂礫からなり、ほとんどが未固結または半固結である。沖積層・洪積層や段丘堆積物といった現在の平野部や盆地の表層近くの部分を形成する地層がこれにあたる。

#### ・鮮新統～下部更新統 （Plio）

これらは半固結～固結の堆積物で、砂岩、泥岩、礫岩、凝灰岩などからなる。現在の比較的大きな平野を埋めて分布する。一般に上記の中・上部更新統～完新統より厚い。上総層群（千葉）や大阪層群（大阪周辺）など鮮新世から更新世初め

にかけて連続して堆積した地層が多いので、鮮新統～下部更新統としてまとめて扱う。

- 中新統（中新世の火山岩類を含む）（Mio）

日本の中新世の地層、とくに日本海側の中新統は、砂岩や泥岩などの碎屑岩だけでなく火山岩を多量に含んでいる（グリーンタフとよばれる海底火山噴出物）。これらの碎屑岩と火山岩は、時代的にも分布域においても区分しがたいので、ここではまとめて扱うことにする。

- 鮮新世～第四紀の火山岩（V）

多くが第四紀の火山岩である。火山岩にともなって分布する火砕岩も含む。西南北海道や九州には鮮新世の火山岩が分布するが、第四紀の火山岩と密接に関係して分布するため、鮮新世～第四紀の火山岩として一括して扱う。

- 白亜紀～古第三紀の陸成火山岩（Vp）

これらの岩体は時代的には古第三紀以前であるものの、以下で述べる基盤岩の上に噴出したもので、地下深部までは分布がおよんでいない。

- 古生界～古第三系（同時代の海底火山噴出物を含む）（PM）

古生代（日本ではオルドビス紀）から古第三紀の堆積岩類をすべて含む。岩種はおもに、砂岩、泥岩、礫岩、チャート、石灰岩、凝灰岩である。同時代の海底火山噴出物である塩基性火山岩（玄武岩など）は堆積岩類に伴って分布するため、この中に含めることとする。なお、石灰岩は中に洞穴があると透水性のうえで他の堆積岩と大きく異なることがあるので、分けて表示する（略号 Ls）。

- 深成岩（G）

花崗岩、閃緑岩、はんれい岩などの深成岩に加えて、花崗斑岩のようないわゆる半深成岩や火山岩の貫入岩体も含み、噴出した火山岩以外の火成岩のすべてをさす。

- 変成岩（Me）

結晶片岩、片麻岩、ホルンフェルスなどをさす。堆積岩のうち弱い変成作用を受けたものも厳密には変成岩であるが、ここでは 100 万分の 1 地質図に変成岩として示されているもののみを扱う。

これらの岩体を、前節で述べた①～⑥の構造発達史上の位置で表すと、次のようになる（略号で述べる）。

- ① PMの大部分, Gの一部, Me
- ② PMの一部
- ③ Gの大部分, Vp
- ④ PMの一部
- ⑤ Mio, Plio, Q
- ⑥ V

①の中の岩体は日本列島の土台の骨格を形成するものである。②の岩体はその上に堆積した地層であるが、岩相的に①の古生代～古第三紀の堆積岩（PM）と違いはないので土台の一部と考えてよい。③の深成岩（G）は地下深部より貫入した岩体であるため土台として考えられる。④の岩体はその上部の年代が中新世にまでおよぶが、全体として①の古生界～古第三系（PM）と同様に扱うことができる。

③の白亜紀～古第三紀の火山岩（Vp）は、土台となっている古い岩体の上に噴出したものであるが、岩相的には（緻密な結晶質岩という点においては）深成岩に近い。

⑤の中新統（Mio）, 鮮新統～下部更新統（Plio）, 中・上部更新統～完新統（Q）および⑥の鮮新世～第四紀の火山岩（V）は、①～④のものの上に分布する新しい岩体である。

大まかに見て、①～④の岩体を日本列島の「基盤」、⑤～⑥の時期のものをその上に乗る「新しい岩体」と呼ぶことができる。

表-3.2.2 岩体の分類

| 岩 体                   |                                  | 記 号  | おもな構成岩石                           |
|-----------------------|----------------------------------|------|-----------------------------------|
| 新<br>し<br>い<br>岩<br>体 | 中・上部更新統<br>～完新統                  | Q    | 礫、砂、泥<br>(未固結～半固結)                |
|                       | 鮮新統～下部更新統                        | Plio | 砂岩、泥岩、礫岩<br>(未固結～固結)              |
|                       | 中新統<br>(中新世の火山岩<br>を含む)          | Mio  | 砂岩、泥岩、礫岩、<br>凝灰岩、火山岩              |
|                       | 鮮新世～第四紀火山岩                       | V    | 安山岩など                             |
| 基<br><br><br><br>盤    | 白亜紀～古第三紀<br>の火山岩 (陸成)            | Vp   | 流紋岩、<br>石英斑岩                      |
|                       | 古生界～古第三系<br>(同時代の海底火山<br>噴出物を含む) | PM   | 砂岩、泥岩、チャート、<br>塩基性火山岩 (玄武岩な<br>ど) |
|                       |                                  | Ls   | 石灰岩                               |
|                       | 深成岩                              | G    | 花崗岩、閃緑岩など                         |
|                       | 変成岩                              | Me   | 結晶片岩、片麻岩<br>ホルンフェルス               |

## (2) 基盤構造図の作成

前に述べたように、日本列島の大きな地質構造は基盤である古第三紀までの岩体の構造といえることができるので、ここではまず基盤の平面分布図を作る。これを「基盤構造図」とよぶ。基盤構造図は、新第三紀以降の新しい岩体を剥がして基盤だけをみたときの分布図ということになる。

作業は、次のようにおこなう。

- ① 100万分の1地質図を用いて、基盤の岩体のみに関する分布の境界を記入する。
- ② 新しい堆積物等でおおわれて基盤が地表に現れていないところでは、その地点を含む地質構造帯の基盤露出部において最も分布の大きな岩体が分布していると仮定する。（例えば、領家帯は深成岩と変成岩からなるが、露出域では深成岩のほうが広く分布するので、堆積物で覆われている部分にはすべて深成岩が存在するとする。）ただし、帯状配列のような構造的な規則性がある場合推定可能なところではこの限りではない。
- ③ 岩体の分布の形は簡略化して図示する。その方法は(3)①で述べる方法にしたがう。
- ④ 100万分の1地質図で地質構造帯を分けている断層を記入する。地表を他の堆積物がおおっているところでは、破線で表す。
- ⑤ 古生界～古第三系の中で古い岩体の上に堆積した地層群（手取層群、和泉層群などのいわゆる“根なし”の岩体）や変成岩体などは、今回対象とする10kmの深さまでは達していないと考えられるため、基盤構造図上は分布を破線または一点鎖線で囲んで表し、その下の岩体を含めた累重関係を記号（後述(3)③）で示す。
- ⑥ 白亜紀～古第三紀の火山岩の分布は示さない。

結果を図-3.2.5～7に示す。

**この頁は PDF 化されていません。**  
**内容の閲覧が必要な場合は、技術資料管理**  
**担当箇所では原本冊子を参照して下さい。**



### (3) 地質構造図の作成

新第三紀以降の新しい堆積岩や火山岩まで含めた地質構造を表すため、岩体の地表での分布と地下での重なりを表す図を作成する。この図をここでは地質構造図とよぶ。作成方法を以下に示す。

① 100万分の1地質図をもとに、岩体の地表での分布を示す。岩体の境界はなめらかな曲線で表し、細かく屈曲する境界は5kmを越えない程度に位置を修正して平均的な位置を通るようにする。分布範囲が5×5km以下の小岩体は無視するが、地下の地質構造を考えると重要であると判断されるものは表示する。例えば基盤と中・上部更新統～完新統では、地表で同じ面積で露出しているにもかかわらず三次元的分布のうえでは大きく異なるので、このような場合基盤の分布を優先した境界の引き方になる。

② 新第三紀以降の堆積物については、

i) これらの地層の堆積した地域（堆積盆）は、現在の分布域と基本的に違いない

ii) 現在の平野や盆地の周辺に分布がみられる場合は、他の岩体によっておおわれていても平野や盆地の下に存在する

という2つの仮定に基づいて分布を推定する。

③ 地下の岩体の累重関係を推定し、岩体の組合わせの同じ部分のみを1つのブロックとして区分けする。これは①で引いた地表での岩体の分布による区分よりも細かな区分となる。

累重関係の推定は、(2)で作成した基盤構造図、地質図に示されている岩体の年代、および②の  
で用いた仮定、の3つに基づいて行う。

例) 
$$\begin{array}{c} Q \\ \hline \text{Plio} \\ \hline \text{Me} \end{array}$$

累重関係を平面図に表現するために、図中に右のような記号で表示する。下部に分布する岩体より順に、下から書く。

④ 断層は、地質構造帯を分けるものでそれらが地表に現れている場合のみ太い実線で表す。地表に現れていない岩体境界の断層はふつうの実線で表す。

⑤ 断層以外の岩体内の構造（地層の走向・傾斜など）は表示しない。

作成された地質構造図を図-3.2.8～10に示す。

### 3.2.3 日本の地質構造モデルについて

各岩体の深度分布（厚さ）までを含めた構造は次節で説明することとして、ここでは岩体の水平方向の分布と累重関係について述べる。

基盤構造図に基づいて、日本列島の基盤の帯状構造を基盤の3種類の岩体（古生界～古第三系、深成岩、変成岩）で表すと次のようである。

棚倉構造線以西の西南日本では日本海側より、深成岩・変成岩を中心とする地帯 — 古生界～古第三系を中心とする地帯 — 深成岩を中心とする地帯 — （中央構造線） — 変成岩を中心とする地帯 — 古生界～古第三系を中心とする地帯、の順に配列する。また、棚倉構造線以东の東北日本の地帯配列は、深成岩を中心とする地帯 — 古生界～古第三系を中心とする地帯 — 古生界～古第三系および変成岩を中心とする地帯 — 古生界～古第三系を中心とする地帯の順である。東北日本においては、南西部（阿武隈帯）以外の大部分を古生界～古第三系が占める。

基盤の上に乗る新しい岩体については、新第三紀以降の堆積物の大きな分布域は、北海道南東部、北海道中・西部（石狩低地帯）、東京湾周辺、東北～中国にかけての日本海側の広い（長い）地域、伊勢湾周辺、琵琶湖周辺、大阪湾周辺にみられる。東北～中国にかけての日本海側では、中新統が福井県南部をのぞいてほぼ連続的に分布する。

白亜紀～古第三紀の火山岩類は、中部地方の中～北部（岐阜県）および中国地方のほぼ全域に分布する。鮮新世～第四紀の火山岩は、九州の南部・北部および中部山岳地帯にまとまった分布があり、伊豆、本州中央部～北海道南西部、北海道中～北東部に断続的に分布する。

### 3. 3 地形・地質構造モデルの作成

#### 3.3.1 地形・地質構造モデル作成について

前2節で作成した地形モデルと地質構造モデルを合わせて、地形・地質構造モデルを作る。

地形モデル、地質構造モデルのいずれも、平面図に表示されているものの、そこには鉛直方向の情報も示されているので、日本全国を対象とした三次元モデルである。これらの2つのモデルを合わせて作る地形・地質構造モデルも三次元モデルとなる。

しかし、日本全国にわたる地形と地質構造の三次元情報を1枚の平面図上に合わせて表すことは難しい。そのためここでは、日本列島を便宜上いくつかのブロックに分け、ブロックごとに三次元的に地形・地質構造を表現することとする。なお、ブロック区分はあくまで表現上の手段であり、地形・地質構造モデル自体はどのようなブロック区分をしようとも日本全体での内容に変わりはない。

それぞれのブロックの中で代表的な位置に断面をとり、地形・地質の鉛直方向の構造を表すこととする。断面表示をすることで、モデルの地質構造を定量的に表現することができる。

この地形・地質構造モデルでは地下10km（海水準より10kmの深さ）までを対象とするものとする。10kmとしたことの必然的な理由はないが、一般に日本の陸域での堆積盆のうち深さが10kmを越えるものはないと考えられていることや、後に地下水流動解析をおこなう際のモデル領域として水平方向の広がり（日本列島を横断するほどのスケール；100km以上）に対する鉛直方向の広がりとしてのつりあいを考慮して、この深さを選んだ。

**この頁は PDF 化されていません。**  
**内容の閲覧が必要な場合は、技術資料管理**  
**担当箇所で原本冊子を参照して下さい。**

### 3.3.2 地形・地質構造モデルの作成手順

#### (1) ブロックの分割と断面の位置の選定

モデルの表現上日本列島をブロックに分割するが、ここでは、対象範囲の大半を占める基盤の区分である地質構造区分（図-3.2.3）を基本に分けることとする。

地質構造区分では日本全国が7区域に分けられているが、このうち糸魚川-静岡構造線以西の西南日本を中央構造線によって分けると、内帯（日本海側）・外帯（太平洋側）ともに海域をはさんだ細切れの狭長なブロックとなるため、モデルの表現上も地下水流動を考える上でも都合がよい。そこで、九州と四国はそれぞれ独立したブロックとし、中部～中国地方は日本海側から太平洋側までをまとめたものを陸地の幅が狭くなる若狭湾-大阪湾を結ぶ線で便宜的に2つに分けて、西南日本を4ブロックに区分するものとする。こうして全国を以下の8ブロックに区分した（図-3.3.1）。

1. 北海道中～東部ブロック
2. 北海道西部～東北東部ブロック
3. 東北主部ブロック
4. 関東ブロック
5. 中部・近畿ブロック
6. 中国ブロック
7. 四国ブロック
8. 九州ブロック

地形および地質構造を表すためには、これらのブロック内でなるべく多くの断面をとるほうがよいが、現在までに得られている地下の地質情報の不足や地域差のために、必ずしも日本全国一様に十分な数の断面がとれない。このためここでは、地域と方向を選定して断面表示することになる。断面をとる位置・方向は、

- a) それぞれの地域の地形上の特徴が現れている場所であること
- b) 地形上の最大傾斜方向であること

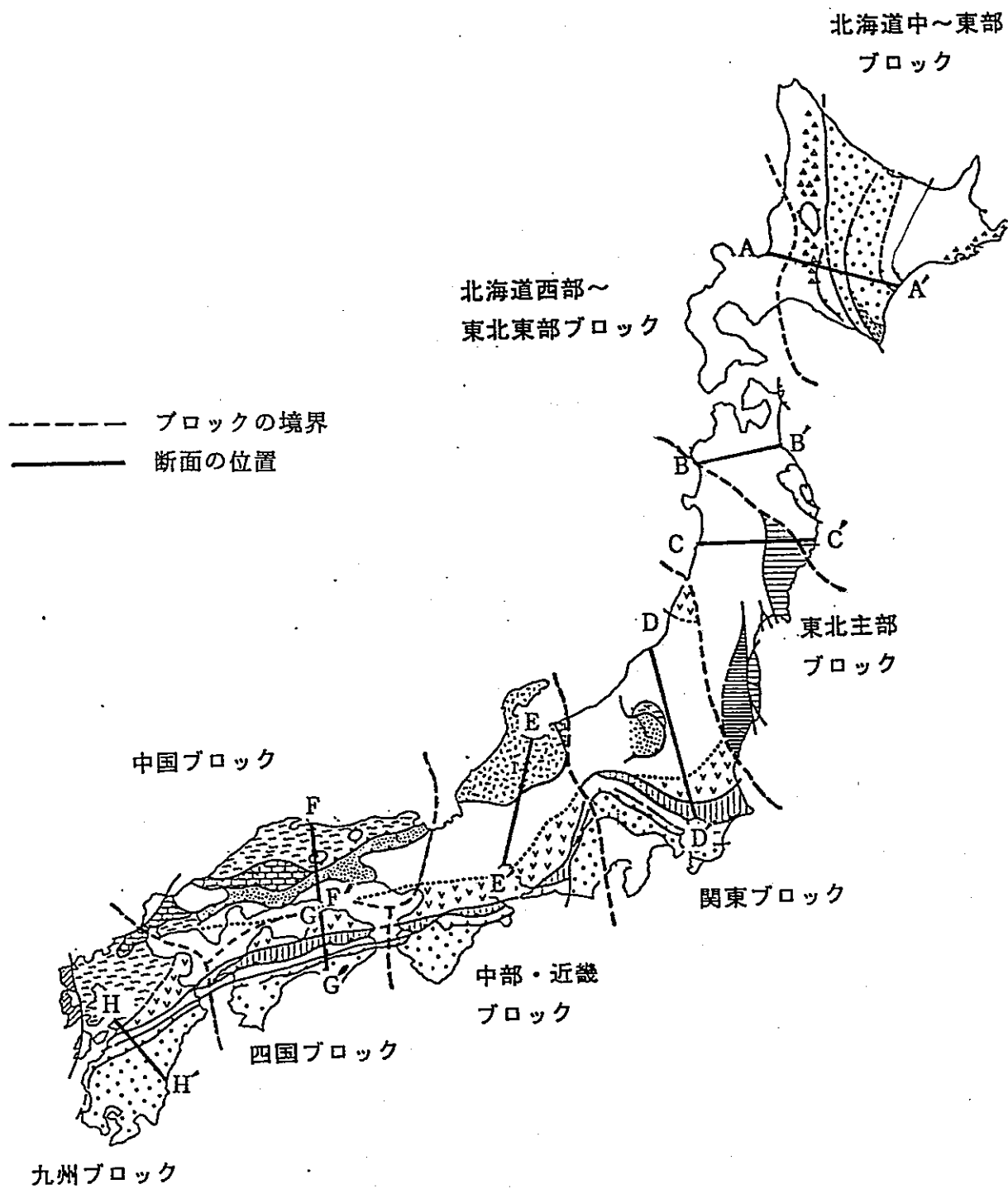


図-3.3.1 ブロック区分と断面の位置  
平<sup>1)</sup>の原図に加筆.

- c) 各地域の地質構造上の特徴が現れている位置であること
- d) ブロック内の地質構造帯の帯状配列のすべてを横切る方向であること
- e) 地下の地質情報が多く得られている地域であること
- f) 陸地を横断する方向と位置（海から海まで）であること

という点に基づいて、以下の地域を選定した（図-3.3.1）。

- A-A' 北海道中～南部（石狩平野～十勝平野）
- B-B' 北海道南西部～東北地方東部（秋田県北部～八戸）
- C-C' 東北地方主部（本荘平野～釜石南方）
- D-D' 関東地方（新潟平野～関東平野）
- E-E' 中部地方（富山平野～濃尾平野）
- F-F' 中国地方（鳥取県西部～岡山平野）
- G-G' 四国地方（丸亀平野～安芸）
- H-H' 九州（熊本平野～宮崎平野）

ただし1本の断面で a)～f)のすべての条件を満たすような場所はない。

下表のように、条件の満足度は断面により差がある。

| 選定条件<br>断面（ブロック） | a) | b) | c) | d) | e) | f) |
|------------------|----|----|----|----|----|----|
| A-A' 北海道中～南部     | ○  | ○  | ◎  | △  | ○  | ◎  |
| B-B' 北海道南西部～東北東部 | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ◎  |
| C-C' 東北主部        | ◎  | △  | ◎  | ◎  | ○  | ◎  |
| D-D' 関東          | ○  | ◎  | ○  | ○  | △  | ◎  |
| E-E' 中部          | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ◎  |
| F-F' 中国          | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ◎  |
| G-G' 四国          | ○  | △  | ○  | ◎  | ○  | ◎  |
| H-H' 九州          | ○  | ○  | ○  | ○  | △  | ◎  |

◎ 満足    ○ ある程度満足    △ 満足しない点あり

## (2) 断面図の作成方法

実際の断面図の作成作業は次のような手順でおこなった。

- ① 測線に沿った地形を写しとる。このとき用いるのは、地形モデルとして作成した簡略化された接峰面図である。この接峰面図で等高線として現れている標高のみをプロットし、それらを直線で結んで地形断面とする。
- ② 図-3.3.2 に示すように、等高線の位置と標高をプロットしたときに同じ高さの等高線が結ばれる場合は、その間の尾根や谷が表現されない。これは選択した標高が少ないためにその間の高さにあるピークや谷についての情報は消えているからである。これらの地形を表現するために、断面図を作成するうえでは、同じ高さの2点の間の最高点および最低点の位置と標高を 100万分の1 接峰面図（岡山接峰面図）から読取りプロットすることとする。ただし2点の間が5 km未満のときはそのまま2点を結ぶ。
- ③ 測線に沿った地表での岩体の境界を、断面図の地表の位置に記入する。ここで用いるのは、地質構造モデルとして作成した地質構造図である。

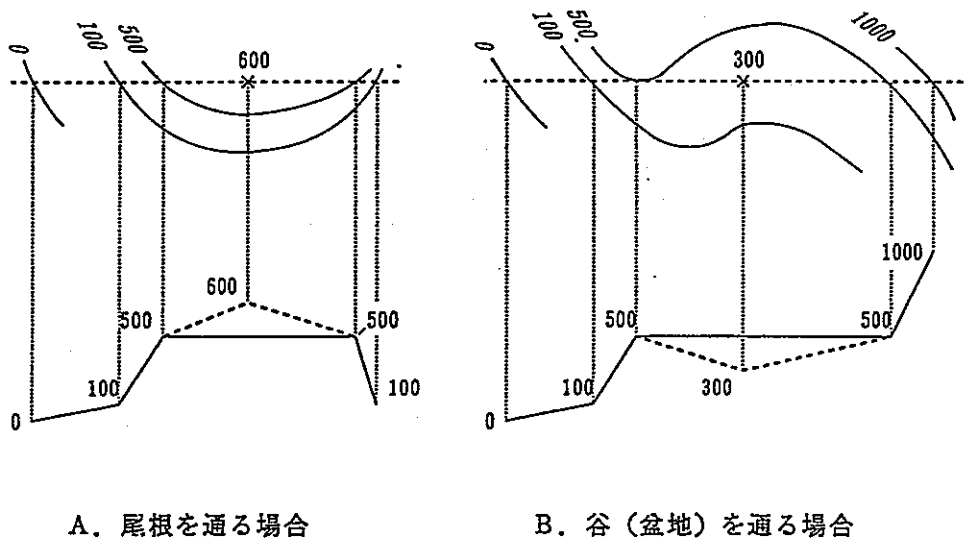


図-3.3.2 地形断面の描き方



④ 地質構造図には地下での岩体の累重関係は示されているが、断面表示するためにはそれぞれの岩体の厚さを知る必要がある。そこで、次の方法によって岩体の厚さを設定する。

- i) 基盤の岩体（古生界～古第三系の大部分、深成岩、変成岩）は、地下10kmまで鉛直に分布が続いているものとする。
- ii) 白亜紀～古第三紀火山岩および古生界～古第三系のうち“根なし”の岩体は、文献資料により最大の厚さを調べ、各分布域ごとに一律に与える。実際にはこれらの岩体の厚さは場所によりかなり変化するが、その変化は不規則であり推定することが難しいので、モデル上は同じ厚さの岩体とみなして1つの厚さを与えることとする。
- iii) 新第三紀以降の新しい堆積物については、内陸に分布する場合は分布の中心に堆積盆の最深部があるとし、断面図上ではこの点と分布の縁とを結んだ直線が堆積盆の下底を表すものとする（図-3.3.3 A）。海岸に面して分布する場合は、海岸線の真下に最大深があるとし、この点と内陸側の分布の縁とを結んだ直線を分布の下限とする（図-3.3.3 B）。断面が堆積盆の中心を通らない場合は、中心からの距離によって補間して断面上の最大深度を求める。

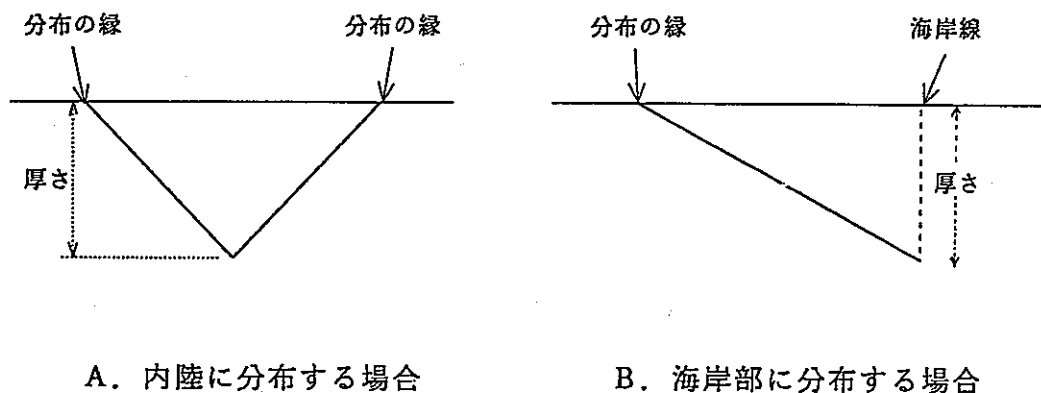


図-3.3.3 堆積盆の描き方

このような方法で堆積盆の形を設定したのは、新第三紀以降の新しい堆積物は日本列島の土台ができあがった後に堆積したものであるので、現在でも堆積盆の形が残されていると考えられるからである。岩体の境界の深度に関するデータは、文献資料により分布域ごとに調査する。今回の断面図を作成するのに使用した文献は巻末の資料にあげておく。

- ⑤ 鮮新世～第四紀の火山体については、火山岩の分布域の最高点と最低点の標高差を岩体の厚さとし、水平な下部境界を引く（図-3.3.4 A）。この下部境界によって規定された地表での分布域が地質構造図上の分布域より広くなる場合は、地質構造図上の分布域の範囲を側方の分布の境界とする（図-3.3.4 B）。
- ⑥ 断層は地質構造帯を分けるもののみを示し、方向はすべて鉛直と仮定する。地質構造モデルの節でも述べたように、断層の向きを地下数kmにおいて知ることは現在ではほとんど不可能だからである。

以上の手順で8つの断面図を作成した。

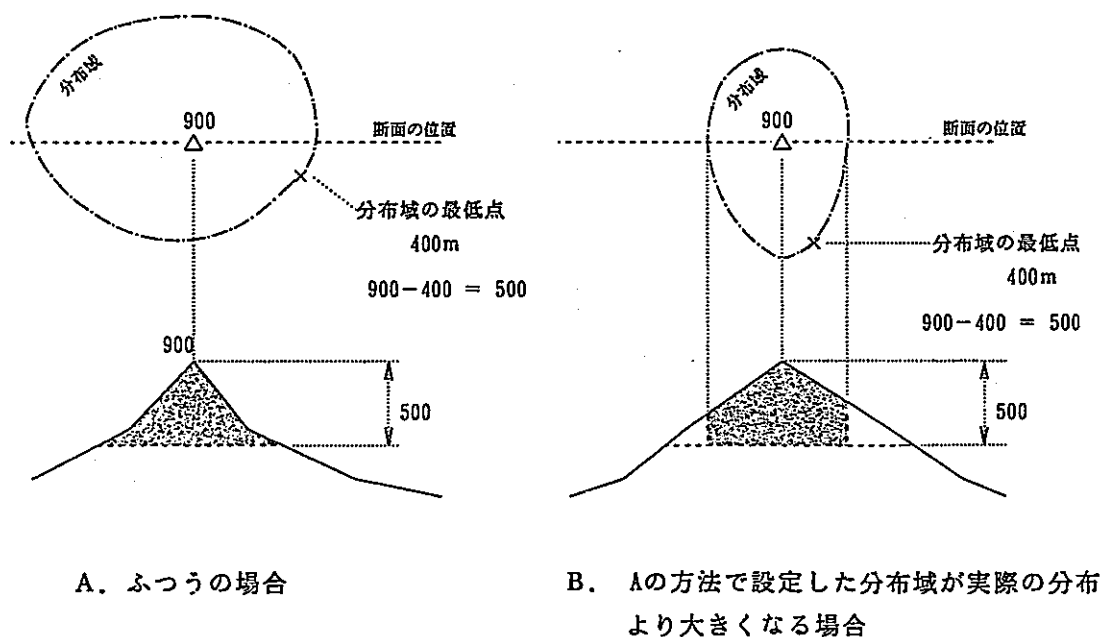


図-3.3.4 火山岩の分布の描き方

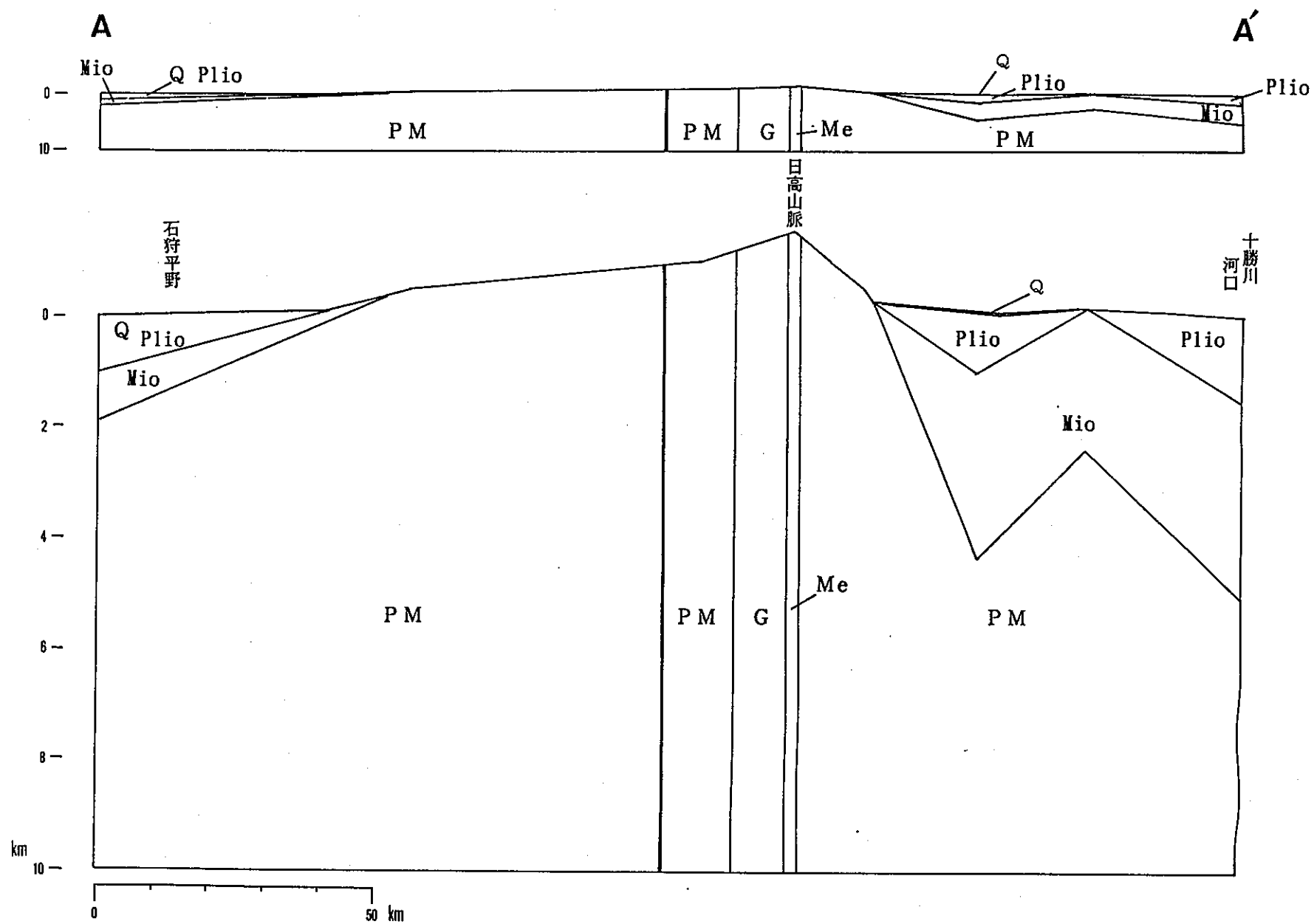


図-3.3.5 北海道中～東部ブロックの地形・地質構造断面図

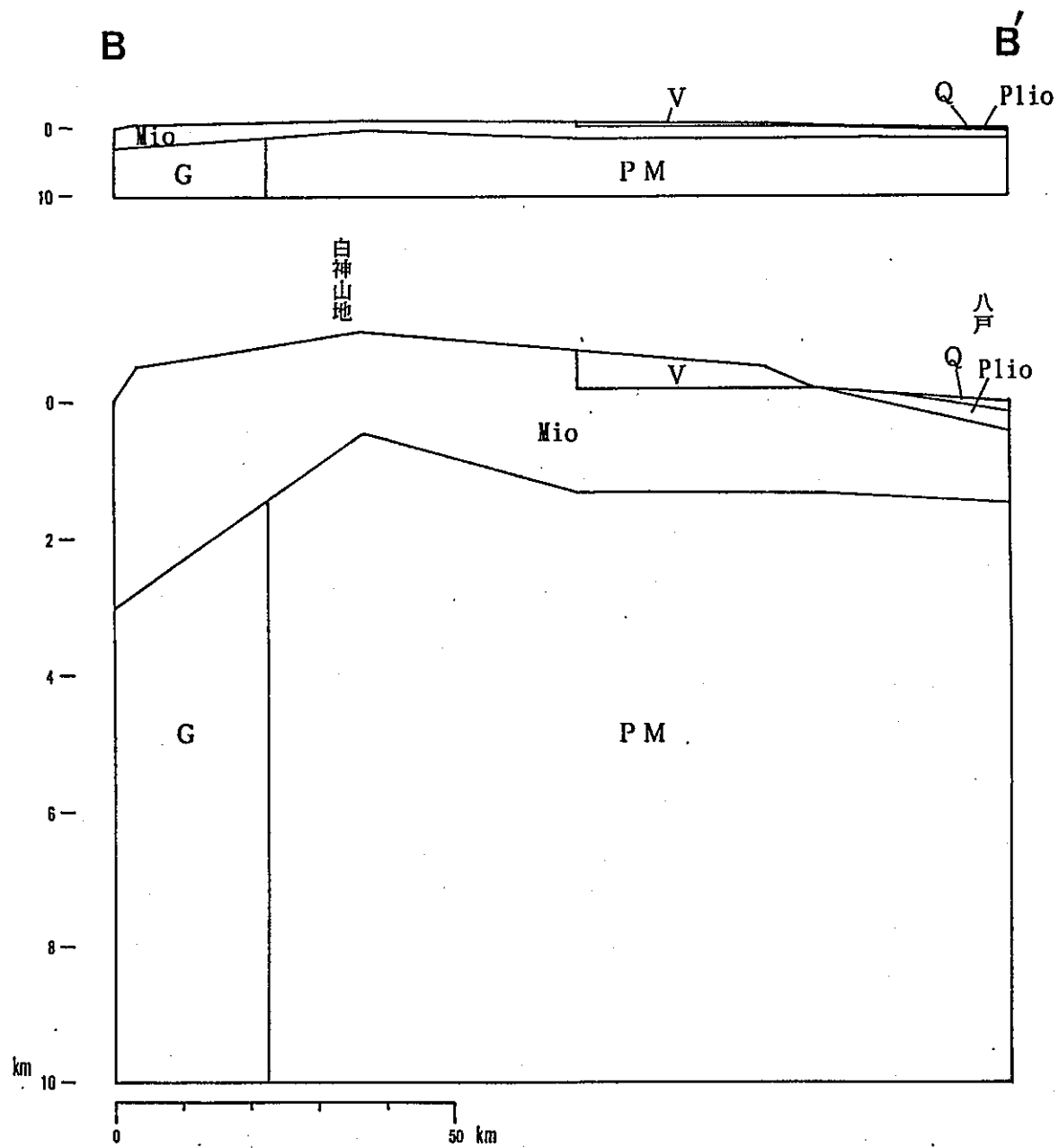


図-3.3.6 北海道西部～東北東部ブロックの地形・地質構造断面図

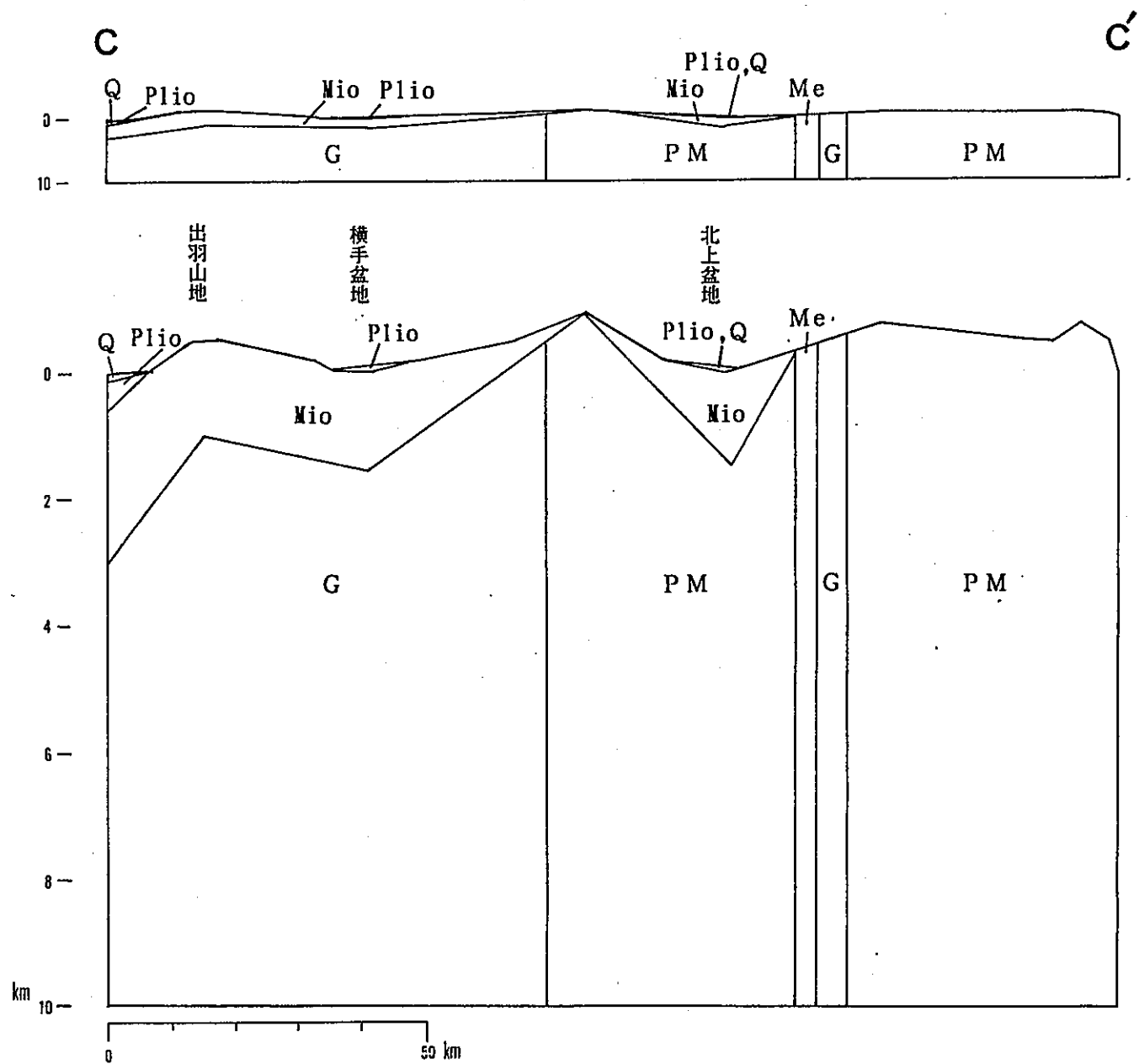


図-3.3.7 東北主部ブロックの地形・地質構造断面図

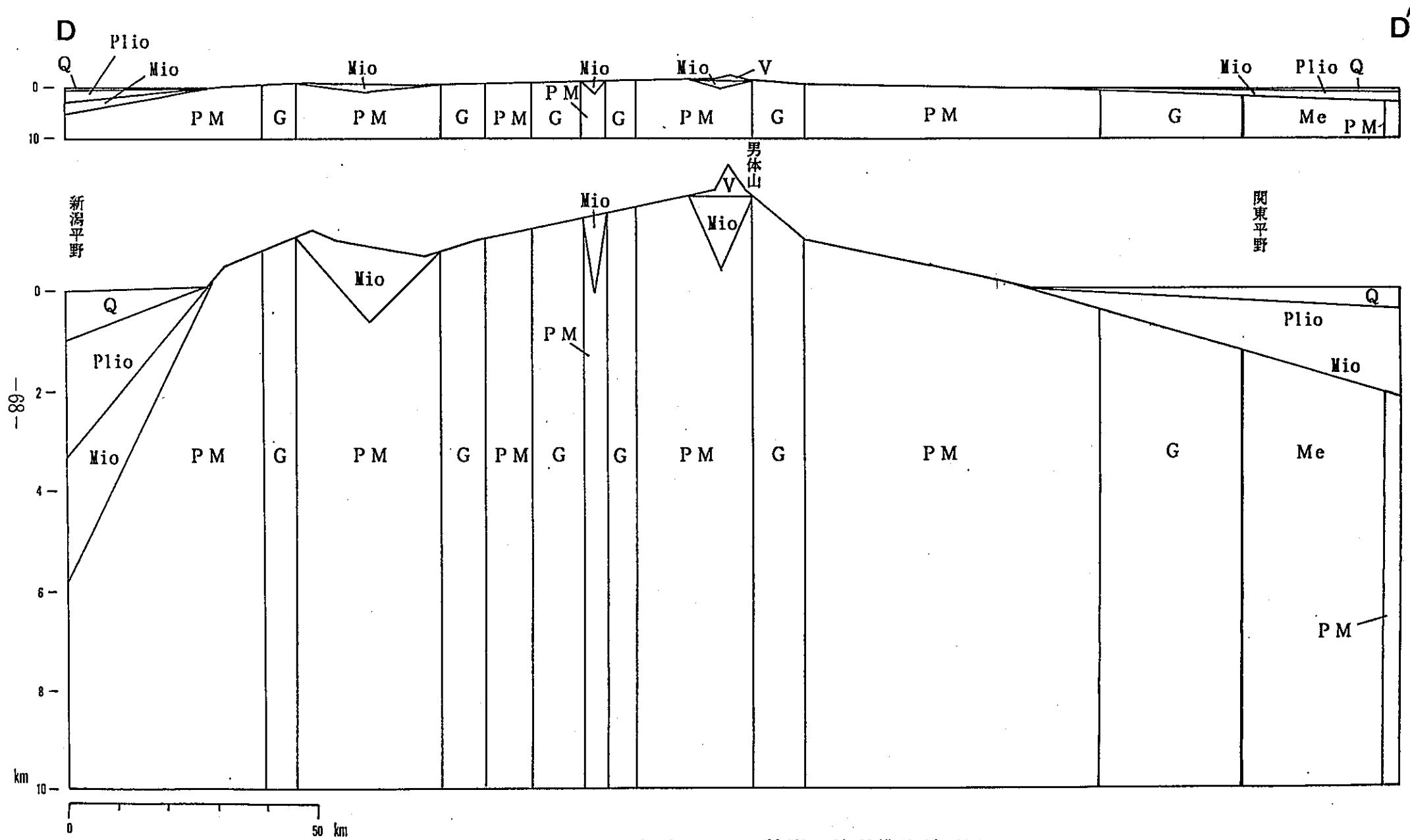


図-3.3.8 関東ブロックの地形・地質構造断面図

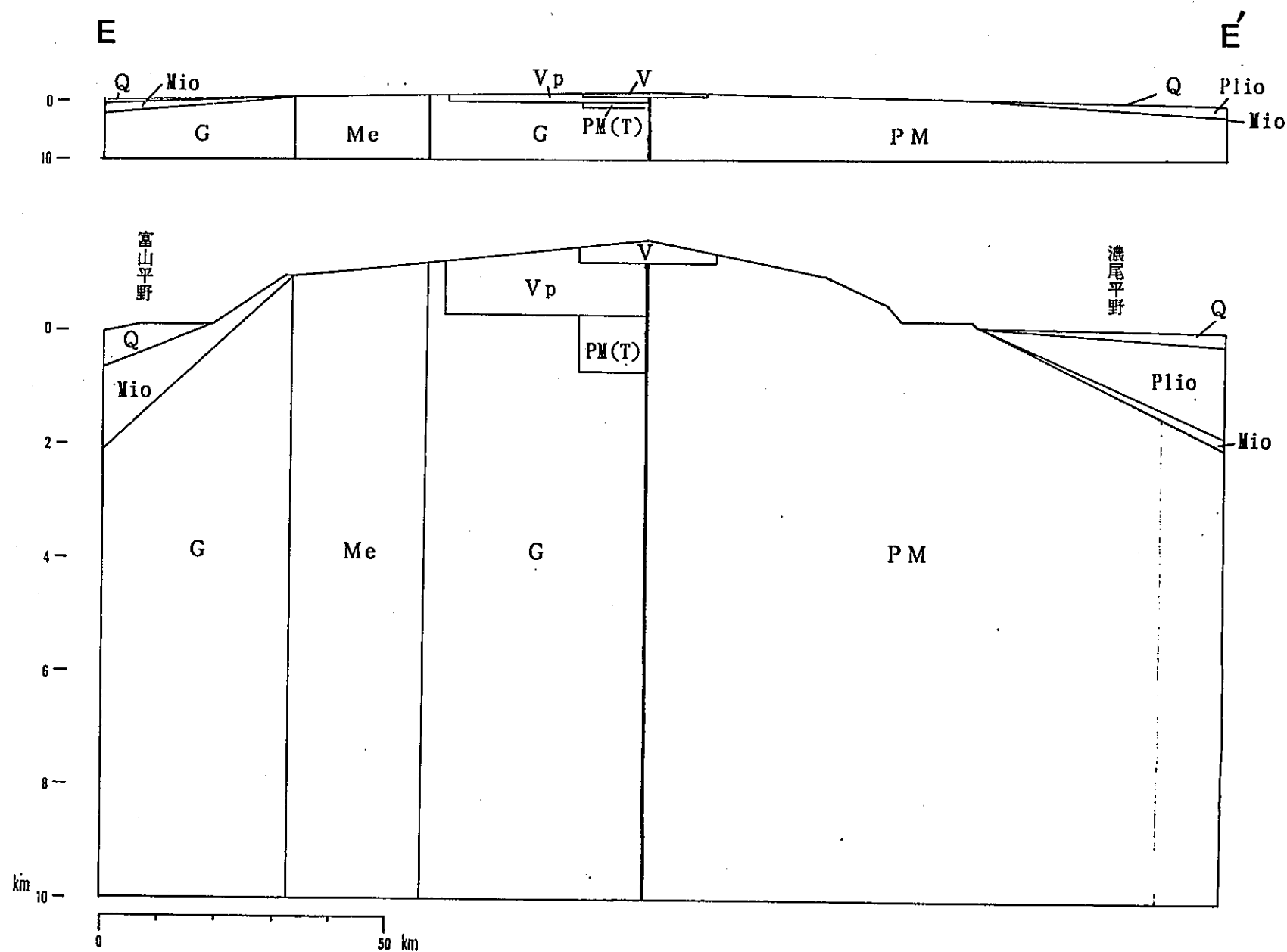


図-3.3.9 中部・近畿ブロックの地形・地質構造断面図

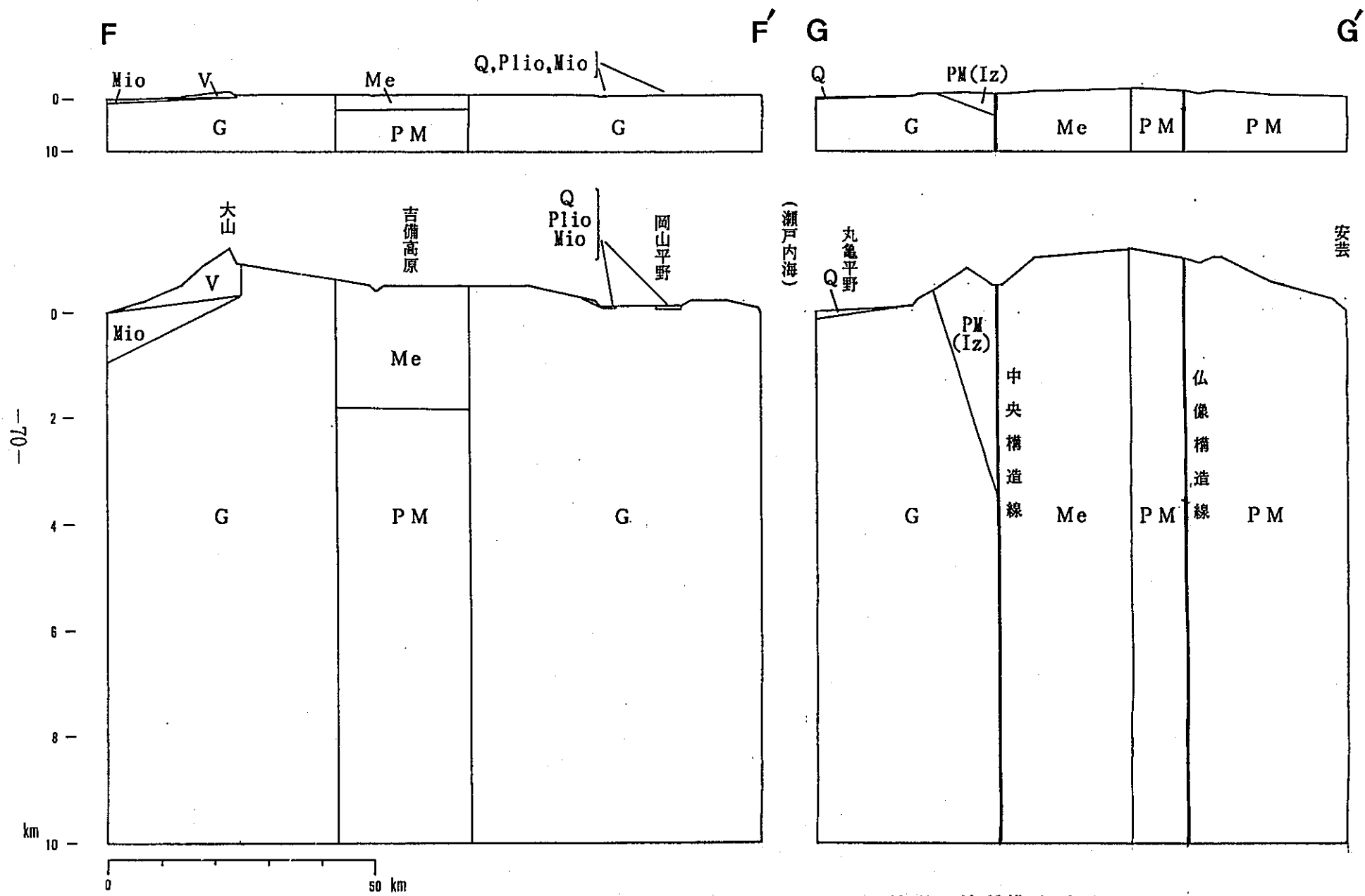


図-3.3.10 中国ブロック・四国ブロックの地形・地質構造断面図.



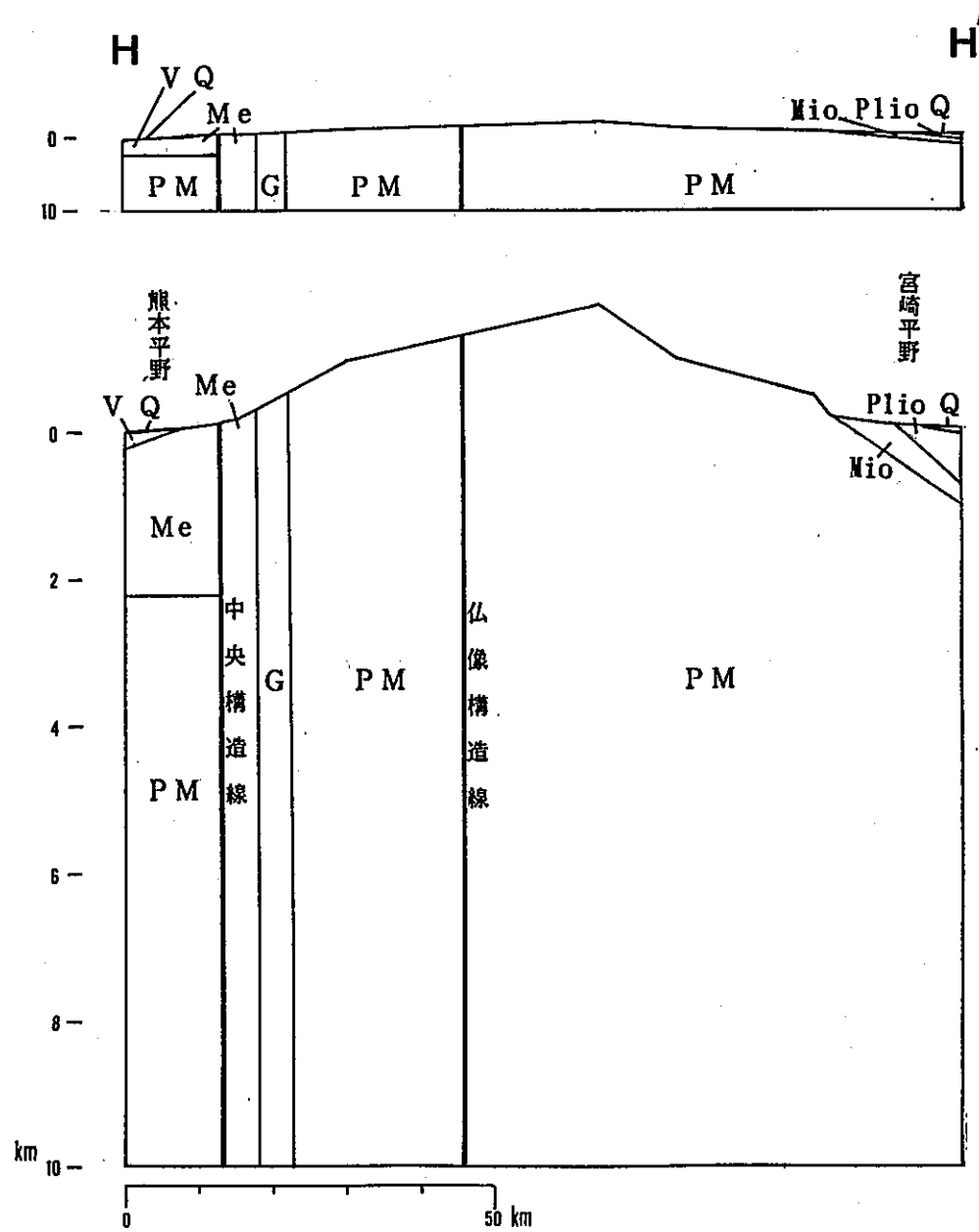


図-3.3.11 九州ブロックの地形・地質構造断面図

### 3.3.3 地形・地質構造モデルについて

ここでは、作成した地形・地質構造モデルをもとに、地域ごとの地形・地質構造の特性を述べる。断面図は図-3.3.5～11に示す。

#### ① 北海道中～東部ブロック (断面 A-A')

中央部を南北に山脈がとおり、北半ではそれに沿う盆地がある。東部および南東部には比較的広い平野(低地・台地)がある。ブロック西端にも平野がある。

基盤は大部分が古第三紀までの堆積岩からなる。中央部の山脈には深成岩があり、その中軸部には変成岩もみられる。これらの基盤をおおって、ブロック東部では中・上部更新統～完新統が、ブロック東南部では中新統～完新統が大きく分布する。このうち東南部(十勝平野)の中新統～完新統はとくに厚く、海岸部では5000mの深度まで分布する。ブロック西端の石狩平野では、2000m近い厚さの堆積物がのっている。

#### ② 北海道西部～東北東部ブロック (B-B')

このブロックは海域(津軽海峡)をはさんで南北に分かれている。

範囲北東端の石狩平野以外に大きな平野はない。

基盤は、大部分が古生代～古第三紀の堆積岩からなる。これに貫入した深成岩体がはさまれる。ブロック南東部にあたる東北地方の太平洋側には新第三紀以降の新しい地質体が少なく、基盤の堆積岩が露出する。北海道西部～東北北部の中央には新第三紀以降の堆積物が厚く分布する。その上は鮮新世～第四紀の火山岩体が広くおおっている。

グリーンタフを中心とする中新統は、東北地方の内陸部では1000～2000mの厚さを有することが多いので(北村編<sup>13)</sup>の断面図など)、本モデルでは東北～関東の内陸に分布する中新統の最大の厚さを1500mと設定してある。日本海側のグリーンタフを中心とする中新統は、海側に向かってこれよりも厚くなることが多いので、それぞれの地域での厚さを与えることとする。

B-B'の断面図では、中新統の厚さは日本海沿岸部で3000mとし、西部の山地

(白神山地) 以東では厚さ1500mを与えてある。

### ③ 東北主部ブロック (C-C')

地形的には南北に連なる3列の山地とその間の2列の盆地列が特徴である。これは現在の太平洋側と日本海側の海岸線にほぼ平行である。

基盤は、西半の深成岩(阿武隈帯)と東半の古生代～古第三紀の堆積岩(南部北上帯)からなる。花崗岩の上には、中新統(主にグリーンタフよりなる)が厚く分布し、その最大の厚さは日本海側では3000mを越える。太平洋側では第三系の分布は小さい。中央部には新しい火山が分布する。

C-C'の断面図上では、中央部の脊梁山脈では基盤の深成岩・古生代～古第三紀の堆積岩が地表に露出することがあることから、ここでの新第三紀以降の堆積物の厚さを0とし、西側の盆地(横手盆地)の中心部で厚さ1500mを与え、さらに西の山地(出羽山地)以西では、海岸部に向かって堆積物は厚化し約3000mの厚さになるとしてある。仙台湾以北では基盤の古生代～古第三紀の堆積岩が、南部の阿武隈山地では花崗岩が露出している。

### ④ 関東ブロック (D-D')

ブロックの東部には広大な平野(関東平野)がある。また北部にも平野(新潟平野)がある。ブロックの西部および中部の山地は、おもに火山からなる。西端の境界は断層(糸魚川-静岡構造線)に沿った凹地である。

基盤は、北半は古第三紀までの堆積岩を主としこれに深成岩が入り組んで分布する地帯(足尾帯、美濃-丹波帯)が大きく占め、その南に変成岩(三波川帯)、古第三紀までの堆積岩(秩父帯、四万十帯)がある。関東平野は、厚さ最大2000m以上の新第三紀以降の堆積物が浅部を占める。新潟平野は平面的には関東平野ほど大きくないが、厚さ5000mを越える新第三紀以降の堆積物が分布し、このうち鮮新世以降の堆積物が3000mの厚さをもつ。日本海側および内陸部にはグリーンタフを中心とする中新統が見られる。南部(丹沢～伊豆、房総半島南部)には、中新世以降の厚い堆積物が分布するが、その基盤となっている岩体についてはよくわかっていない。

⑤ 中部・近畿ブロック (E-E')

ブロックの東部には2000mを越える山地が存在し、全体に西または南西に向かって傾斜する。この末端には平野（濃尾平野）がある。ブロック西部は、東西に走る中央構造線沿いの谷より北側では南北方向に分断された地塊群からなる複雑な地帯（近畿トライアングル）で、南側は単純な山地である。

基盤の岩体は、北から、深成岩・変成岩（飛騨帯）、古生代～古第三紀の堆積岩（美濃帯）、主に深成岩変成岩（領家帯）、古生代～古第三紀の堆積岩（秩父帯、四万十帯）の順に配列している。中～北部の飛騨山地には基盤の上に堆積した三畳紀～白亜紀の地層や陸成火山岩が1000mの厚さで分布する。日本海側には中新世の地層が厚く堆積し、海側へ厚さを増す（最大層厚3000m以上）。その上には海岸沿いに鮮新世～第四紀の堆積物がある。太平洋側では新第三紀以降の地層の大きな分布域は、伊勢湾周辺（厚さ2000m）、大阪湾周辺（厚さ1200m）にある。琵琶湖周辺にも厚さ1000m以上の新第三紀以降の堆積物がある。

⑥ 中国ブロック (F-F')

他の地域に比べて地形はなだらかで、高い山地はない。岡山北方に比較的広い丘陵地（吉備高原）がある。まとまった平野はない。

基盤の岩体については、本モデルでは平<sup>12)</sup>の考えにしたがい、中国地方全体の下に美濃－丹波帯の古生代～古第三紀の堆積岩が潜り込んでおり、三群帯の変成岩（Me(S)）や秋吉帯の古生代～古第三紀の堆積岩（PM(A)）はその上に乗った根なしの岩体としてある。断面図では、変成岩の岩体の厚さを1000mと考えて分布域全体に一様に与えてある。深成岩はこれらの岩体を貫くものであり、ブロック全体での分布は他の岩体と複雑に入り組んでいる。また、白亜紀～古第三紀の陸成火山岩が中～西部の表面を覆っており、海岸部では1000m近い厚さがある。新第三紀以降の地層はおもに日本海側の平野～丘陵部に分布し、厚さは1000m以上に達する。

⑦ 四国ブロック (G-G')

地質構造を反映して東西に山地がのび、北東部には中央構造線に沿う明瞭な谷が、中央部の少し南には仏像構造線の南に沿う東西方向の弱い谷がある。大きな平野はない。新第三紀以降の新しい堆積物がきわめて少なく、基盤の岩体が地表に露出するため、平面的にみると西南日本の帯状構造が明瞭に現れている。北部には深成岩（領家帯）、その南に変成岩（三波川帯）、ブロックの南半には古第三紀までの堆積岩類（秩父帯、四万十帯）が現われている。中央構造線の北側に隣接して、根なしの岩体である堆積岩類（和泉層群；PM(Iz)）が分布する。

⑧ 九州ブロック (H-H')

ブロックの中央部に高い部分（九州山地）があり、大きな平野は北東部にのみ見られる（筑紫平野）。北西部の基盤は古生代～古第三紀の堆積岩、深成岩および変成岩からなり、これらの分布は細かく入り込む。中～南部の基盤は古生代～古第三紀の堆積岩である（四万十帯）。新第三紀以降の堆積物のまとまったものは、北西部（筑紫平野）と南東部の海岸部（宮崎平野）にある。北部および南部は、大規模に第四紀の火山岩がおおう。

### 3. 4 地形・水理地質構造モデルの作成

#### 3.4.1 地形・水理地質構造モデル作成について

地形・水理地質構造モデルは、地形・地質構造モデルに岩体の透水性についての情報を加えることによって作られる。

岩体の透水性に関しては多くの研究があるが、今回作成した地形・地質構造モデルに既存の透水性のデータそのままあてはめて地形・水理地質構造モデルとすることは現状では難しい。その理由として、

- a) 岩石の透水性についての原位置データが少なく、日本列島に分布するさまざまな岩石について十分に透水性が知られていないこと
- b) 各岩体は透水性に関して不均質であり（割れ目系の発達による透水性の変化や異方性、風化の程度による透水性の変化、透水性の深度依存性、など）、それについてのデータが不十分なこと
- c) 今回の地形・地質構造モデルの岩体が累層・層群、あるいはそれ以上の単位でありその中に種々の岩石を含むため、原位置試験で得られた岩種別の透水性データを単純に適用できないこと

などが挙げられる。

また、岩石の透水性に関しては、現在動燃事業団による文献調査が実施中で、今後の調査結果を待つ状態にある。

このような理由から、本研究においては岩種別の透水性データは直接用いず、岩体の透水性を大まかにとらえた資料を用いることとする。

### 3.4.2 地形・水理地質構造モデルの作成手順

#### (1) 岩体の透水性の設定

岩体の透水性に関して大まかにまとめた資料として、日本地質アトラス<sup>14)</sup>の水理地質図がある。今回の地形・水理地質構造モデルの作成においてはこの水理地質図の透水性区分にしたがう。表-3.4.1に、この水理地質図の凡例を示す。この図においては、岩石の相対的な透水性を年代（固結の程度）と岩種によって、ごく小さい～きわめて大の5段階に区分してある。

表-3.4.1を見てわかるように、通常各々の岩体は透水性の異なる複数の岩石より構成されており、岩体内全体の透水性を1つの透水性で表すことは難しい。同様に地形・地質構造モデルにおける岩体の各々についても、1つの透水性で表現することは難しい。

そこで、ここでは次のような基準で岩体の透水性を設定することにする；

- 1) 個々の岩石の透水性はこの水理地質図の区分にしたがう（すなわち、図の右端にある各岩石の透水性はそのまま採用する）。
- 2) 岩体全体の透水性についてはその中にある岩石の示す最も大きな透水性で表させることとする。これは、水は岩体の中で最も透水性の大きな部分を流れるとする考え方で、岩体の透水性を大きめに見積もった設定である。

ここで、前節の b) で述べたように岩体内の透水性の不均一さの問題は残されている。岩体内の透水性の不均一さに関わる地質条件は、断層の存在、割れ目系、風化の状態、層状構造（地層）による透水性の異方性などである。しかし、これらの条件を岩体内で正確に把握することは、とくに深部においては難しい。よって、今回は、

- 3) これら透水性の不均質さについての情報はモデルの中には入れず、各岩体は等方均質であると仮定する

こうして設定された岩体の透水性をまとめると表-3.4.2 のようになる。

表-3.4.1 日本地質アトラス<sup>14)</sup>の水理地質図の凡例

| 図示単位 | 記号                   | 地質時代*          | 岩相の特徴*               | 固結度         | 地下水の賦存状態 | 地形      | 構成岩石・地層                | 透水性   |
|------|----------------------|----------------|----------------------|-------------|----------|---------|------------------------|-------|
|      | Q <sub>1</sub> -Hmag | 後期更新世<br>～完新世  | 非海成～浅海成堆積物           | 未固結         | 層状水      | 沖積低地    | 粘土・シルト・砂・礫             | 大     |
|      |                      |                |                      |             |          | 砂丘      | 風成砂                    | 大     |
|      |                      |                |                      |             |          | 河成扇状地   | 礫・砂                    | きわめて大 |
|      |                      |                |                      |             |          | 堆積      | 礫・角礫・粘土                | 大     |
|      | Q <sub>ls</sub>      | 第四紀            | 礫石灰岩                 | 硬岩～軟岩       | 洞穴水      | 海岸段丘    | 石灰岩                    | きわめて大 |
|      | Q <sub>v</sub>       | 第四紀            | 火山岩～火山性砕屑物           | 硬岩          | 裂隙水      | 成層火山    | 溶岩                     | きわめて大 |
|      |                      |                |                      | 未固結         | 層状水      | 凝灰角礫岩   | 凝灰角礫岩                  | きわめて大 |
|      | Q <sub>p</sub>       | 第四紀            | 火山性砕屑物               | 未固結         | 層状水      | 火山山麓地   | 角礫・礫・粘土                | きわめて大 |
|      |                      |                |                      |             |          | 火山性台地   | 火山灰                    | 中程度   |
|      |                      |                |                      | 硬岩          | 裂隙水      | 降下軽石堆積物 | 降下軽石堆積物                | きわめて大 |
|      |                      |                |                      |             |          | 軽石流地堆積物 | 軽石流地堆積物                | きわめて大 |
|      | Q <sub>tg</sub>      | 第四紀            | 段丘堆積物                | 未固結         | 層状水      | 河岸段丘    | 礫・砂・粘土                 | きわめて大 |
|      |                      |                |                      |             |          | 海岸段丘    | 砂・シルト・粘土               | 大     |
|      | Q <sub>mag</sub>     | 第四紀            | 非海成～浅海成堆積物           | 未固結～<br>半固結 | 層状水      | 台地      | 砂・シルト・粘土               | 大     |
|      |                      |                |                      |             |          | 丘陵地     | 礫・砂・粘土                 | 中程度   |
|      | N-Qvp                | 鮮新世～更新世        | 陸成火山岩                | 硬岩～<br>未固結  | 裂隙水      | 溶岩台地    | 溶岩・凝灰角礫岩・<br>凝灰岩・溶結凝灰岩 | 大きい   |
|      | N <sub>ms</sub>      | 新第三紀           | 海成堆積物                | 固結～軟岩       | 層状水      | 丘陵地     | 硬岩・砂岩                  | 小さい   |
|      |                      |                |                      |             |          |         | シルト岩・泥岩・頁岩             | ごく小さい |
|      | N <sub>vp</sub>      | 新第三紀           | 主として海底火山噴出岩          | 硬岩          | 裂隙水      | 山地      | 溶岩・凝灰角礫岩               | 小さい   |
|      | PG-N <sub>mag</sub>  | 古第三紀～中新世       | 非海成～浅海成堆積物           | 軟岩          | 裂隙水      | 丘陵地     | 砂岩泥岩<br>サイクロセム型互層      | ごく小さい |
|      | K-PG <sub>vp</sub>   | 白堊紀～古第三紀       | 陸成火山岩                | 硬岩          | 裂隙水      | 山地      | 溶岩・凝灰角礫岩・<br>凝灰岩       | 小さい   |
|      | K <sub>ms</sub>      | 後期中生代<br>～古第三紀 | 低地向斜相及び<br>フリッシュ相堆積物 | 硬岩          | 裂隙水      | 山地      | 砂岩・頁岩                  | 小さい   |
|      |                      | 白堊紀            | 海成乱堆積相堆積物            | 硬岩          | 裂隙水      | 山地      | 砂岩・頁岩                  | 小さい   |
|      | P-M <sub>mscvp</sub> | 古生代<br>～前期中生代  | 低地向斜相堆積物<br>(非～弱変成)  | 硬岩          | 裂隙水      | 山地      | 泥質岩(頁岩・粘板岩)            | 中程度   |
|      |                      |                |                      |             |          |         | 砂質岩(砂岩)                | 小さい   |
|      |                      |                |                      |             |          |         | 珪質岩(チャート)              | 中程度   |
|      |                      |                |                      |             |          |         | 火山性岩                   | ごく小さい |
|      | P-M <sub>ls</sub>    |                |                      | 硬岩          | 洞穴水      | 山地      | 炭酸塩岩(石灰岩)              | 大きい   |
|      | P-M <sub>sch</sub>   | 古生代<br>～前期中生代  | 低地向斜相堆積物<br>(変成)     | 硬岩          | 裂隙水      | 山地      | 結晶片岩                   | 小さい   |
|      | sp                   | 先第四紀           | 超苦鉄質・苦鉄質貫入岩          | 硬岩          | 裂隙水      | 山地      | 蛇紋岩・かんらん岩              | ごく小さい |
|      | gr                   | 先第四紀           | 酸性貫入岩・片麻岩            | 硬岩          | 裂隙水      | 山地      | 花崗岩・閃緑岩・片麻岩            | 中程度   |

(図示単位の英文説明は裏面)

English explanations of each map unit are shown in p. 104

※地質時代および岩相上の特徴は、図示単位を構成する代表的なものを示し、必ずしも厳密なものではない。

地質調査所(1982)



表-3.4.2 本モデルにおける岩体の透水性の設定

| 岩 体                   |                            | 記号   | 構成岩の透水性       | 代表的透水性 |
|-----------------------|----------------------------|------|---------------|--------|
| 新<br>し<br>い<br>岩<br>体 | 上部更新統<br>～完新統              | Q    | 中程度～<br>きわめて大 | きわめて大  |
|                       | 鮮新統～<br>下部更新統              | Plio | 中程度～<br>きわめて大 | きわめて大  |
|                       | 中新統<br>(グリンタフ等の<br>火山岩を含む) | Mio  | ごく小さい<br>～小さい | 小さい    |
|                       | 鮮新世～第四紀<br>火山岩             | V    | 中程度～<br>きわめて大 | きわめて大  |
| 基<br><br><br><br>盤    | 白亜紀～古第三紀<br>火山岩            | Vp   | 小さい           | 小さい    |
|                       | 古生界～<br>古第三系               | PM   | ごく小さい<br>～小さい | 小さい    |
|                       | (石灰岩)                      | Ls   | 大きい           | 大きい    |
|                       | 深成岩                        | G    | ごく小さい<br>～中程度 | 中程度    |
|                       | 変成岩                        | Me   | ごく小さい<br>～中程度 | 中程度    |

## (2) 断層（破碎帯）の透水性

今回の地質構造モデルで識別したような大きなスケールの岩体では、異なる岩体の間は断層関係であることが多い。

大規模な断層は、多かれ少なかれ破碎帯をともなっている。断層破碎帯の透水性については、破碎により間隙ができるために母岩の透水性よりも大きくなるという考えと、断層粘土ができるために逆に小さくなるという考えとがある。このいずれであるか、また、どの程度透水性が変化するかは、現在の原位置透水試験の知識では結論は出せない。おそらく母岩の種類、固結度、断層の年代など様々な条件によって変化するものと考えられる。

そこで、今回の地形・水理地質構造モデルで断層破碎帯の透水性を1つに決めることは適当でないと考え、断層（破碎帯）の位置のみを表示することにする。後の解析過程において断層に何段階かの異なる透水性を与えて計算をおこない、それぞれの場合ごとに結果を検討した方が適切であろう。

## (3) モデルの表示方法と断面の選定

広域地下水流動解析は三次元モデルに基づいて行われるべきであることは自明であるが、前節でものべたように、三次元モデルを平面図上に表現することは難しいので、ここでも二次元断面によってモデルを表すこととする。

地形・地質モデルとして描いた8断面を利用し、これに(1)で検討した岩体の透水性をあてはめて、地形・水理地質構造モデルとする。

### 3.4.3 地形・水理地質構造モデルについて

作成された地形・水理地質モデルを、図-3.4.1～7に示す。

以下、ブロックごとに地形・水理地質構造を述べる。

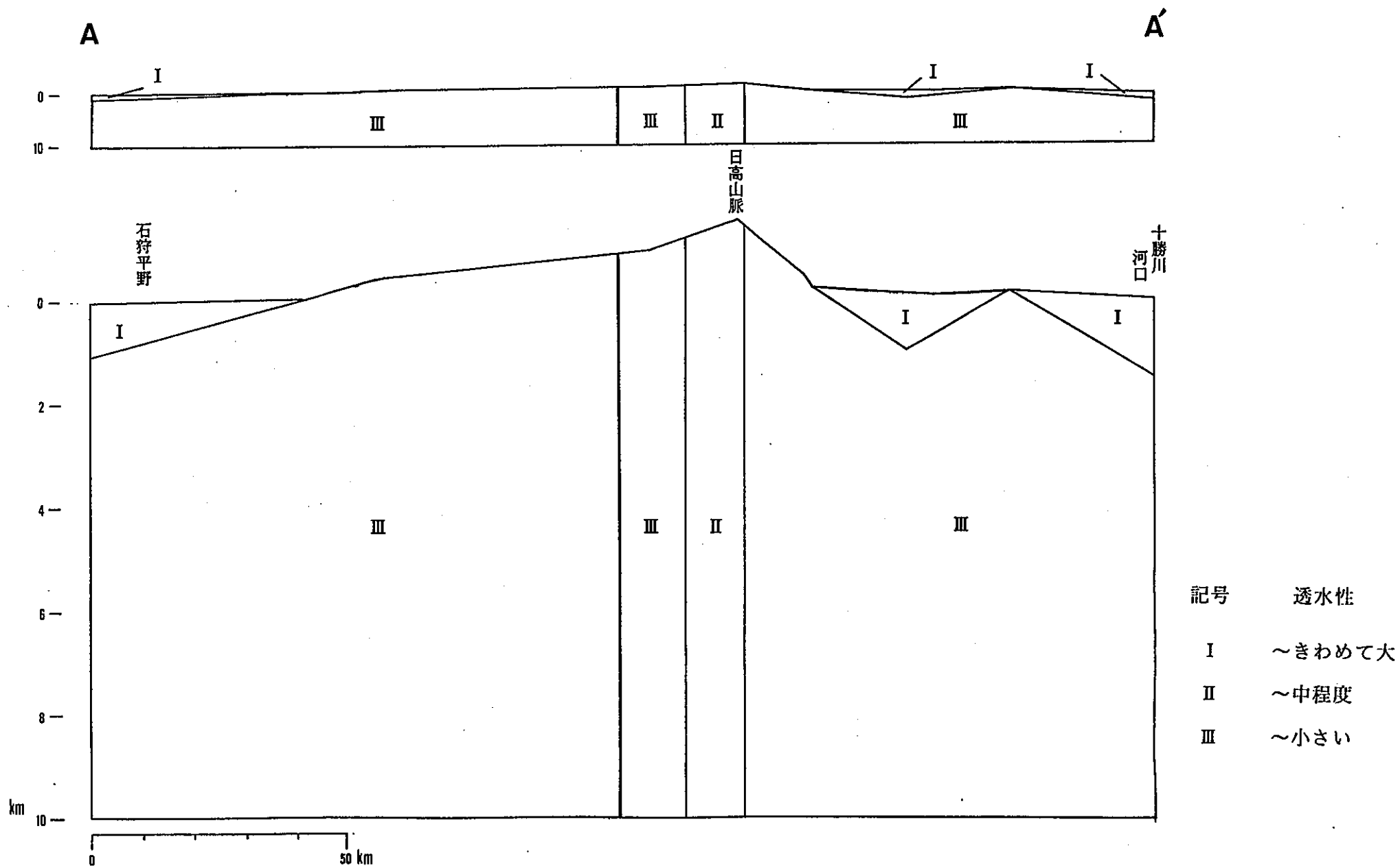


図-3.4.1 北海道中～東部ブロックの地形・水理地質構造断面図

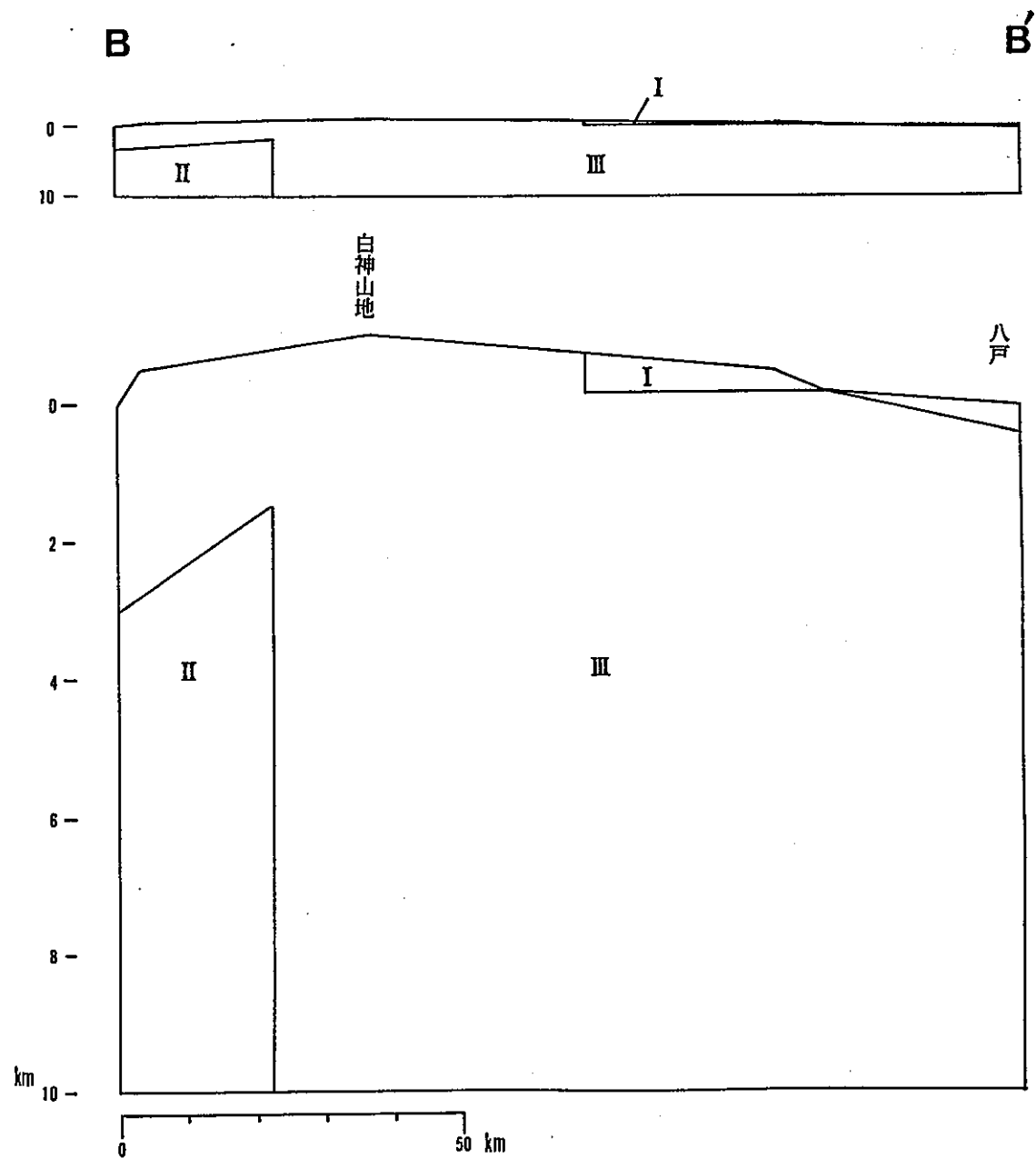


図-3.4.2 北海道西部～東北東部ブロックの地形・水理地質構造断面図

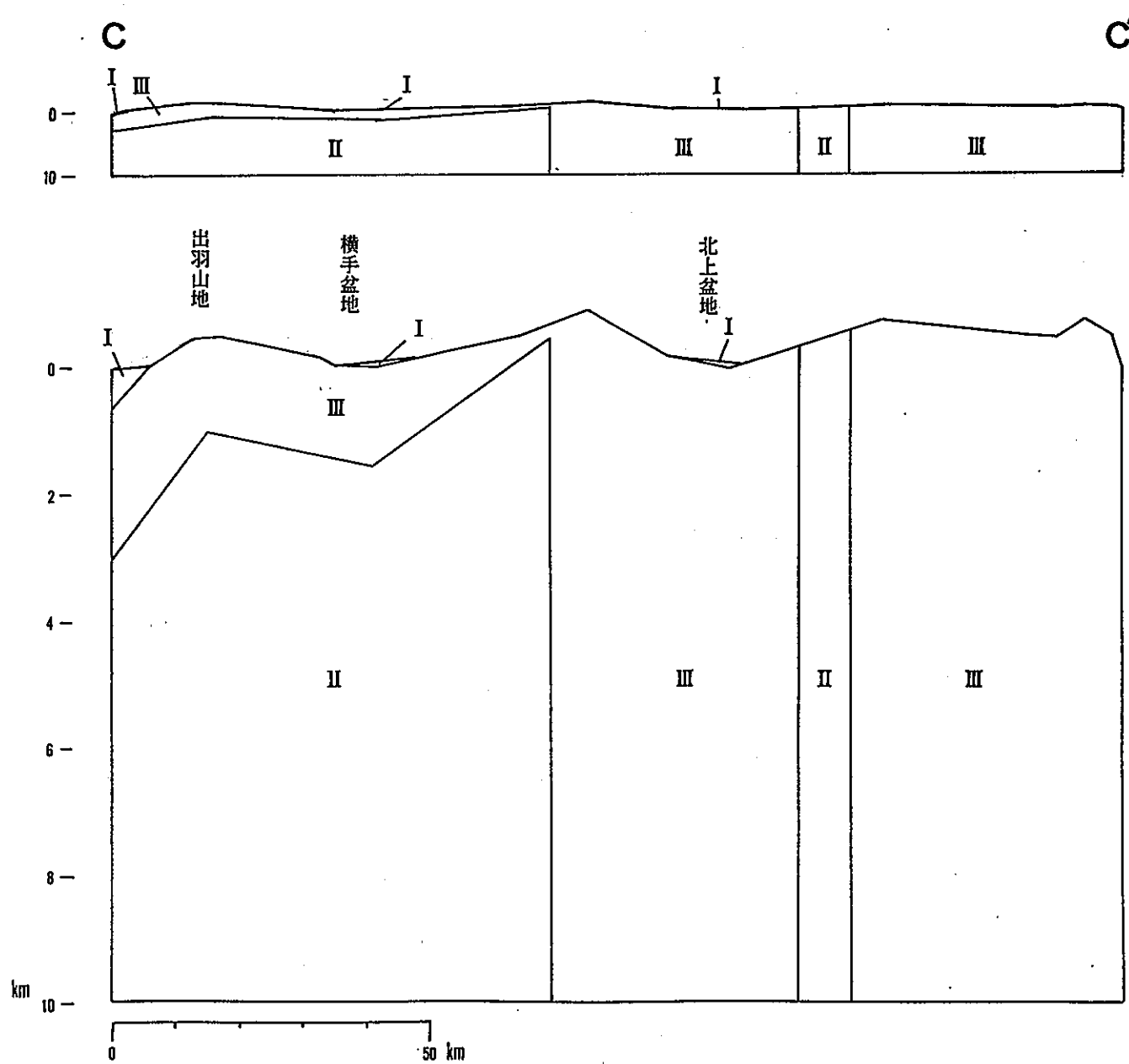
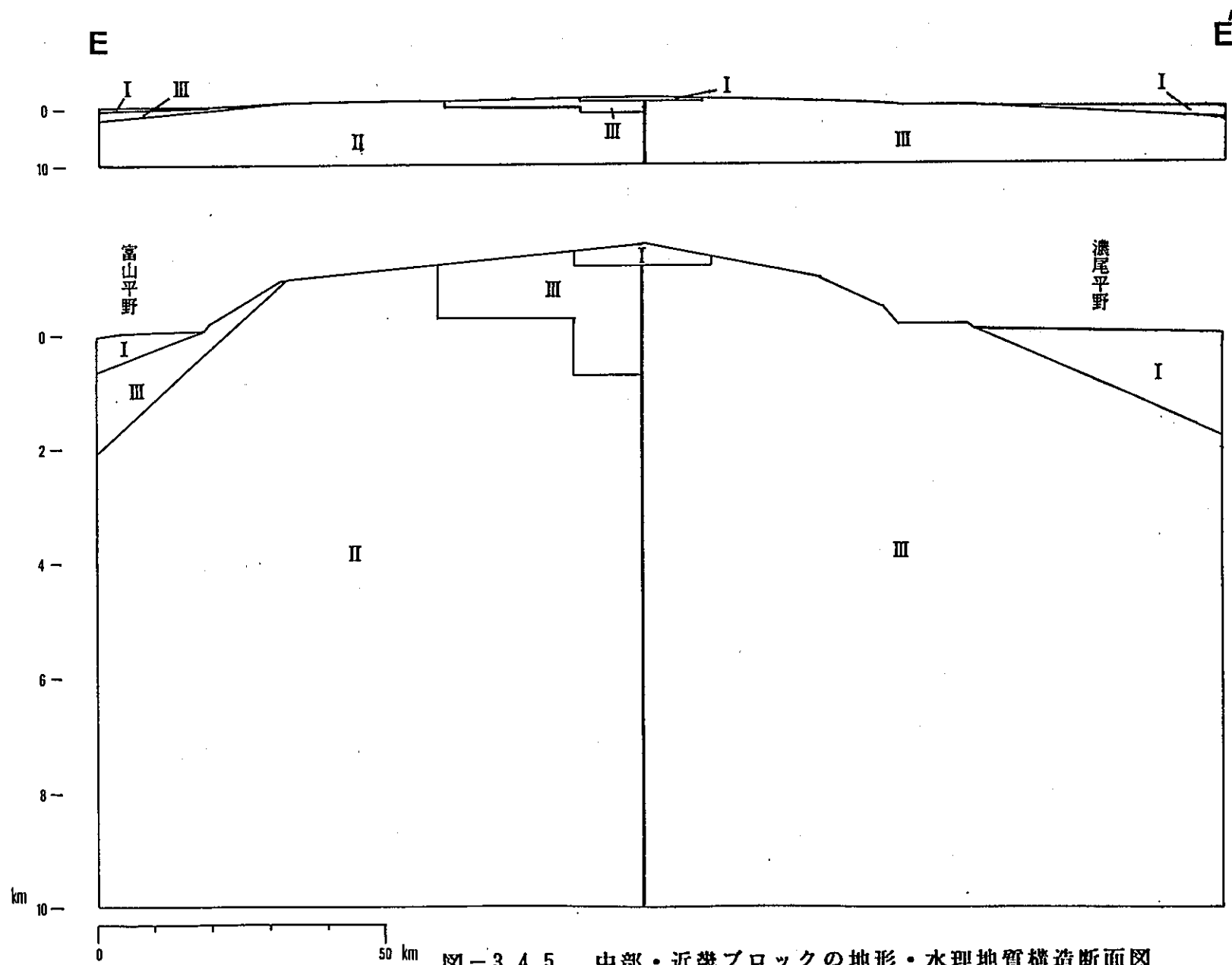


図-3.4.3 東北主部ブロックの地形・水理地質構造断面図





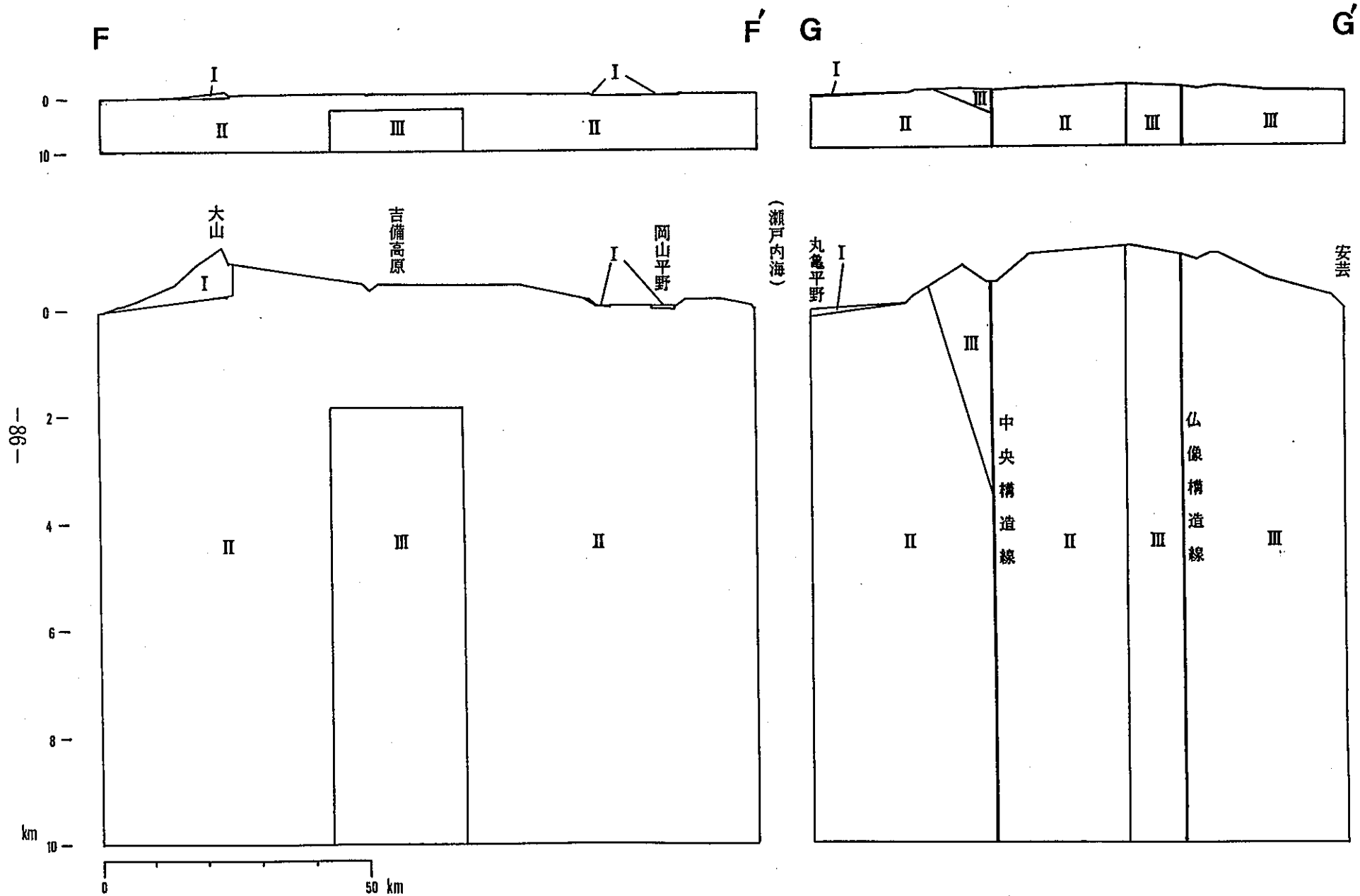


図-3.4.6 中国ブロック・四国ブロックの地形・水理地質構造断面図



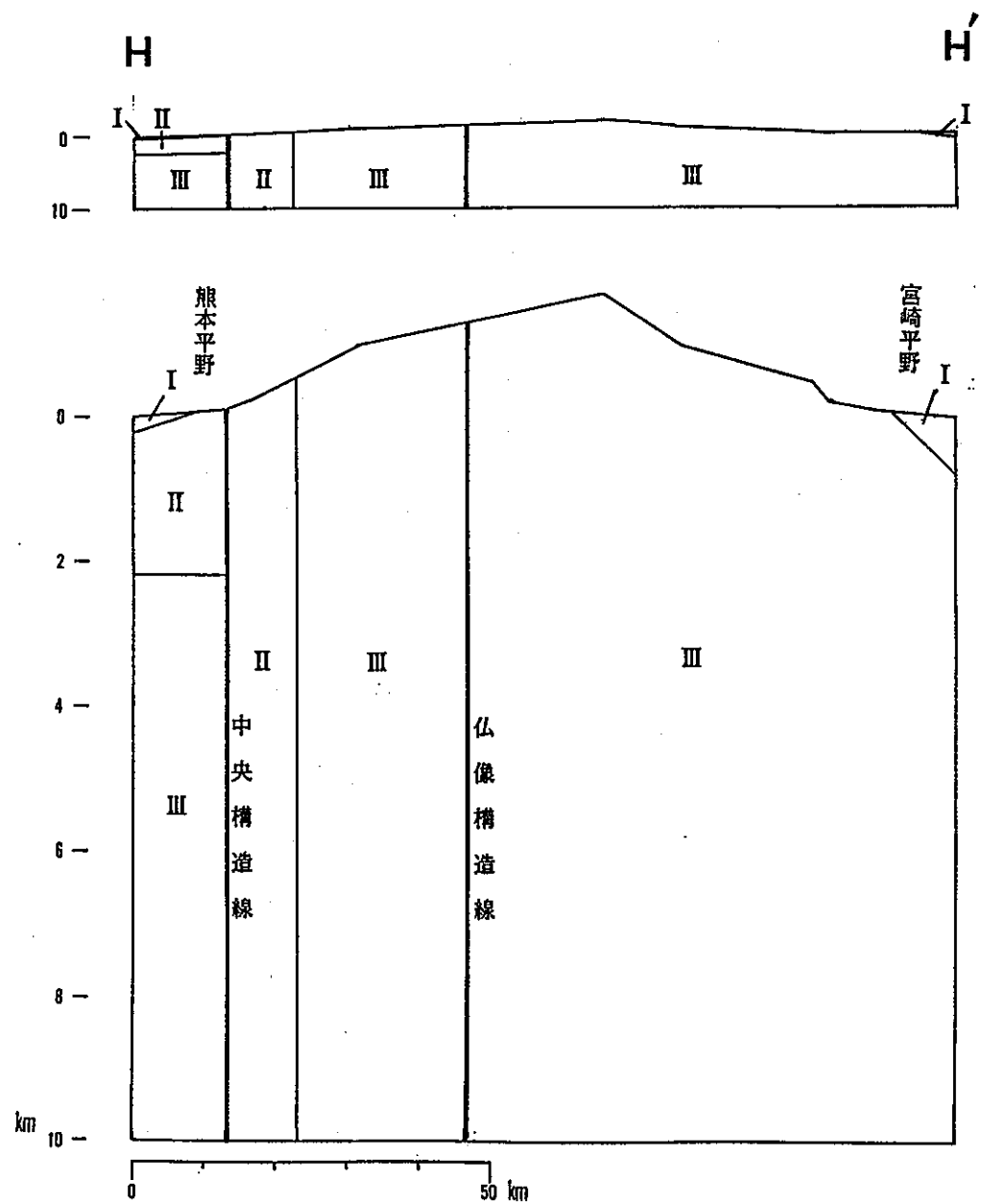


図-3.4.7 九州ブロックの地形・水理地質構造断面図

① 北海道中～東部ブロック (断面 A-A')

このブロックは大部分が古生界～古第三系からなるため、透水性が小さな部分(Ⅲ)が大半を占める。中央部の山脈(日高山脈)は、透水性が中程度(Ⅱ)の深成岩・変成岩からなる。透水性の大きな部分(Ⅰ)は、南東部の平野(十勝平野)では地表から最大1500mの深さまでおよぶが、西部の石狩平野では900m程度の深さまでである。

② 北海道西部～東北主部ブロック (B-B')

北海道中～東部ブロック同様、基盤の大部分が古生界～古第三系からなり上部は中新統が覆うので、全体の透水性は小さい。断面の位置では、日本海側の深部に貫入した深成岩があり、この部分で透水性は中程度である。鮮新世以降の堆積物が少ないので透水性の大きな部分は少ない。断面では、太平洋側の平野部と中央部の火山地帯の浅部のみに透水性の大きな部分が見られる。

③ 東北主部ブロック (C-C')

基盤が西半部の深成岩と東半部の古生代～古第三紀の堆積岩に分かれるので、透水性は西半でおもに中程度、東半で小さい。東半の一部は中程度の部分(貫入した深成岩)もある。西半部の上部は中新統がおおうので、透水性の小さな部分が上部に存在する。断面に表されているように、透水性の大きな部分は内陸の2列の盆地(この位置では横手盆地と北上盆地)と日本海側の平野の表層部のみに小規模に分布する。

④ 関東ブロック (D-D')

ブロックの北半部は主に古生界～古第三系よりなり、これに深成岩が多数貫入するので、透水性の小さい部分と中程度の部分が入り組んで分布する。透水性の小さな部分は、中央山地の南側の丘陵の下で比較的大きく分布する。その南側の関東平野の地下では透水性は中程度で、断面の範囲より南側は古生界～古第三系の基盤で透水性は小さい。新潟平野は、透水性の大きな部分が3000m深まで続く。

関東平野は面積は広いが、透水性の大きな部分は2000m深までで、その下は透水性が小さい。

⑤ 中部・近畿ブロック (E-E')

断面の位置では、北半部の基盤は深成岩・変成岩よりなり中程度の透水性、南半部は古生界～古第三系からなる透水性の小さい地域である。断面には現れていないが、その南には透水性が中程度の部分（領家帯、三波川帯）があり、さらにブロック南部（紀伊半島）では古生界～古第三系が地表部まで分布するため、透水性が小さい。

日本海側の平野部は透水性の大きな部分は少ないが、太平洋側の平野（断面では濃尾平野）は鮮新世以降の堆積物が厚く、透水性の大きな部分が2000m近くの深さまで分布する。

⑥ 中国ブロック (F-F')

地質の主体をなすのは古生界～古第三系であるが、深成岩の貫入が多いので透水性が中程度の部分がブロックの多くを占める。大きな平野がなく、新しい堆積物の分布が小さいので、透水性の大きな部分は極めて少ない。わずかに日本海側の火山地帯にのみ透水性の大きな部分は分布する。

⑦ 四国ブロック (G-G')

中国ブロック同様、大きな平野がなく新しい堆積物の分布が小さいので、透水性の大きな部分は非常に少ない。地表の起伏は中国ブロックよりも大きい。基盤は、透水性が中程度の北半部と、透水性の小さな南半部とに分けられる。それぞれの中に大きな断層（中央構造線と仏像構造線）がある。北半部の上部には古生界～古第三系の透水性の小さな部分がある。

⑧ 九州ブロック (H-H')

南半部では基盤の大部分が古生界～古第三系であるため、全体の透水性は小さい。北半部は深成岩の分布や古生界～古第三系の上にある変成岩の分布（深度約

2500mまで)があるため、透水性が中程度の部分も多い。

断面図の位置には現れていないが、ブロック北部と南部で透水性の大きな部分(火山岩)が浅部を広く占める。

### 第3章 参考文献

- 1) 岡山俊雄, 日本列島の接峰面, 古今書院, 東京 (1988)
- 2) 岡山俊雄, 「接峰面図」1:2,000,000, 第四紀地殻変動図, No.6, 国立防災科学技術センター (1969)
- 3) 鈴木隆介, 現場技術者のための地形図読図入門 2 読図の手順と図上作業, 測量, 1977-6, pp.47-55 (1977)
- 4) 守屋以智雄, 日本の火山地形, 東京大学出版会, 東京 (1982)
- 5) 第四紀学会編, 日本第四紀地図および解説書, 東京大学出版会, 東京 (1987)
- 6) 渡辺 光, 日本の地形区: 地学雑誌, No.61, pp.1-7 (1952)
- 7) 岡山俊雄, 日本の地形構造-地形誌の出発点として-, 駿台史学, No.3, pp.28-38 (1953)
- 8) 阪口 豊, 流域の発達と日本島流域の特性: 地理学評論, No.38, pp.74-91 (1965)
- 9) 水谷伸治郎・斎藤靖二・勘米良亀齡, 日本の堆積岩, 岩波書店, 東京 (1987)
- 10) 平 朝彦・中村一明編, 日本列島の形成, 岩波書店, 東京 (1986)
- 11) 平 朝彦, 科学, Vol.55, 2p. (1985)
- 12) 平 朝彦, 日本列島の誕生, 岩波書店, 東京 (1990)
- 13) 北村 信編, 新生代東北本州弧地質資料集, 宝文堂, 東京 (1986)
- 14) 地質調査所, 日本地質アトラス (1982)
- 15) 農業用地下水研究グループ・「日本の地下水編集委員会」編, 日本の地下水, 地球社, 東京 (1986)
- 16) 地下水要覧編集委員会編, 地下水要覧, 山海堂, 東京 (1988)
- 17) 佐藤博之・秦 光男編, 日本地質図体系 北海道, 朝倉書店, 東京 (1990)
- 18) 加藤 誠ほか編, 日本の地質 1 北海道地方, 朝倉書店, 東京 (1990)
- 19) 生出慶司ほか編, 日本の地質 2 東北地方, 朝倉書店, 東京 (1989)
- 20) 大森昌衛ほか編, 日本の地質 3 関東地方, 朝倉書店, 東京 (1986)
- 21) 植村 武ほか編, 日本の地質 4 中部地方 I, 朝倉書店, 東京 (1988)
- 22) 三梨 昂ほか編, 関東堆積盆および東京湾周辺地域の地質断面図: 地質学論集, No.34, 付図 (1990)
- 23) 山下 昇ほか編, 日本の地質 5 中部地方 II, 朝倉書店, 東京 (1988)
- 24) 中沢圭二ほか編, 日本の地質 6 近畿地方, 朝倉書店 (1987)
- 25) 猪木幸男ほか編, 日本の地質 7 中国地方, 朝倉書店, 東京 (1987)
- 26) 鈴木秀明, 宮崎層群の層序学的研究: 東北大学地質学古生物学教室研究報告, No.90, pp.1-24 (1987)
- 27) 宮崎県, 宮崎県地質図説明書 (1961)

資料 地下の地質構造推定に用いた文献資料

| ブロック<br>(断面)             | 地 域                    | 岩体の境界の<br>深度 (km)                                                                                           | 文 献                                   | 備 考<br>(資料の種類等)                  |
|--------------------------|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|
| 北海道中部<br>～東部<br>(A-A')   | 石狩平野                   | $\frac{Q}{\text{Plio}}$ 0.05<br>$\frac{\text{Plio}}{\text{Mio}}$ 1.0?<br>$\frac{\text{Mio}}{\text{PM}}$ 1.8 | 日本の地下水<br>p. 73<br>地下水要覧<br>p. 120    | 積算層厚                             |
|                          | 十勝平野<br>(内陸部)          | $\frac{Q}{\text{Plio}}$ 0.03<br>$\frac{\text{Plio}}{\text{Mio}}$ 0.7<br>$\frac{\text{Mio}}{\text{PM}}$ 4.5  | 日本の地下水<br>p. 68-69<br>地質図体系<br>p. 107 | 記述、断面図<br>断面図                    |
|                          | (海岸部)                  | $\frac{\text{Plio}}{\text{Mio}}$ 1.5<br>$\frac{\text{Mio}}{\text{PM}}$ 5.0                                  | 「北海道地方」<br>p. 113                     | 記述                               |
| 北海道西部<br>～東北東部<br>(B-B') | 秋田県北部<br>(能代北)<br>の海岸部 | $\frac{\text{Mio}}{G}$ 3.0                                                                                  | 「東北地方」<br>p. 163<br>東北本州弧<br>第2集付録    | 能代市付近のボー<br>リングデータおよ<br>び断面図より推定 |
|                          | 八戸～三沢<br>付近            | $\frac{Q}{\text{Plio}}$ 0.15<br>$\frac{\text{Plio}}{\text{Mio}}$ 0.4<br>$\frac{\text{Mio}}{\text{PM}}$ 0.8  | 東北本州弧<br>No. 11                       | 断面図                              |
| 東北主部<br>(C-C')           | 本荘平野                   | $\frac{Q}{\text{Mio}}$ 0.6<br>$\frac{\text{Mio}}{G}$ 3.5                                                    | 東北本州弧<br>No. 18                       | 断面図                              |
|                          | 北上市付近                  | $\frac{Q}{\text{Plio}}$ 0.05<br>$\frac{\text{Plio}}{\text{Mio}}$ 0.3<br>$\frac{\text{Mio}}{G}$ 1.0?         | 東北本州弧<br>No. 18                       | 断面図                              |

| ブロック<br>(断面)    | 地 域           | 地質体の重なり<br>と深度 (km)                                                          | 文 献                                       | 備 考                                    |
|-----------------|---------------|------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------|
| 関 東<br>(D-D')   | 新潟平野          | $\frac{Q}{Plio}$ 1.0<br>$\frac{Mio}{PM}$ 3.3<br>$\frac{Mio}{PM}$ 5.8         | 「中部地方Ⅰ」<br>p. 66                          | 断面図                                    |
|                 | 群馬県北部<br>～新潟県 | $\frac{Mio}{PM}$ 1.5                                                         | 「関東地方」<br>p. 121～125                      | 多くの地域で中新統の層厚は1000～2000m。モデル上は1500mとする。 |
|                 | 関東平野          | $\frac{Q}{Plio}$ 0.4<br>$\frac{Mio}{PM, Me}$ 2.3<br>$\frac{Mio}{PM, Me}$ 2.5 | 日本の地下水<br>p. 240, 241<br>「関東堆積盆地<br>質断面図」 | Mio の厚さは断面図における船橋付近での三浦層群の厚さ。          |
| 中部・近畿<br>(E-E') | 富山平野          | $\frac{Q}{Mio}$ 0.6<br>$\frac{Mio}{G}$ 2.0?                                  | 日本の地下水<br>p. 399<br>「中部地方Ⅱ」<br>p. 108     | 黒部地域の断面図により推定                          |
|                 | 濃尾平野          | $\frac{Q}{Plio}$ 0.6<br>$\frac{Mio}{PM, G}$ 1.6<br>$\frac{Mio}{PM, G}$ 2.0   | 「中部地方Ⅱ」<br>p. 164                         | 断面図                                    |
|                 | 飛騨地方          | $\frac{PM(T)}{PM}$ 1.0                                                       | 「中部地方Ⅱ」<br>p. 35                          | 断面図での手取層群の厚さ (約1km) を分布の全域に与える。        |
|                 |               | $\frac{Vp}{PM}$ 1.0                                                          | 「中部地方Ⅱ」<br>p. 79                          | 濃飛流紋岩の1枚の厚さ最大数百m。これが数枚重なるので、1kmとする。    |

| ブロック<br>(断面)    | 地 域        | 地質体の重なり<br>と深度 (km)                                  | 文 献                                  | 備 考                                    |
|-----------------|------------|------------------------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------|
| 中 国<br>(F - F') | 大山の北方      | $\frac{Mio}{G}$ 1.0                                  | 「中国地方」<br>p. 114                     | “鳥取県中部の<br>中新統は層厚<br>750m”より推定         |
|                 | 岡山県<br>北西部 | $\frac{Me}{G}$ 2.5                                   | 日本列島の誕生<br>p. 87                     | 断面図上の三群変<br>成帯の厚さより                    |
|                 | 岡山平野       | $\frac{Q}{PM}$ 0.02<br>$\frac{Mio}{PM}$ 0.07         | 日本の地下水<br>p. 580                     | 記述                                     |
| 四 国<br>(G - G') | 丸亀平野       | $\frac{Q}{G}$ 0.12                                   | 日本の地下水<br>p. 656                     | 記述                                     |
|                 | 徳島北部       | $\frac{PM(Iz)}{G}$ 4.0                               | 日本列島の誕生<br>p. 87                     | 断面図上の和泉層<br>群の厚さより                     |
| 九 州<br>(H - H') | 熊本平野       | $\frac{Q}{V}$ 0.03<br>$\frac{Me}{PM}$ 2.5            | 日本の地下水<br>p. 840<br>日本列島の誕生<br>p. 87 | 中国地方の断面図<br>での三群変成岩の<br>厚さより           |
|                 | 宮崎平野       | $\frac{Q}{Plio}$ 0.08<br>$\frac{Mio}{PM}$ 0.8<br>1.0 | 日本の地下水<br>p. 763                     | 沖積層の基底図                                |
|                 |            |                                                      | 鈴木 (1987)<br>宮崎県地質説明書<br>p. 26       | 中新統と鮮新統の<br>層厚の比と中新統<br>の基底の深度より<br>記述 |



表中の略称：

文 献 名

日本の地下水：

- 15) 農業用地下水研究グループ・「日本の地下水編集委員会」編，日本の地下水，地球社(1986)

地下水要覧：

- 16) 地下水要覧編集委員会編，地下水要覧，山海堂(1988)

地質図体系北海道：

- 17) 佐藤博之・秦 光男編，日本地質図体系 北海道，朝倉書店(1990)

「北海道地方」：

- 18) 加藤 誠ほか編，日本の地質 1 北海道地方，朝倉書店(1990)

「東北地方」：

- 19) 生出慶司ほか編，日本の地質 2 東北地方，朝倉書店(1989)

「関東地方」：

- 20) 大森昌衛ほか編，日本の地質 3 関東地方，朝倉書店(1986)

「中部地方Ⅰ」：

- 21) 植村 武ほか編，日本の地質 4 中部地方Ⅰ，朝倉書店(1988)

「関東堆積盆地地質断面図」：

- 22) 三梨 昂ほか編，関東堆積盆および東京湾周辺地域の地質断面図，地質学論集，No. 34，付図(1990)

「中部地方Ⅱ」：

- 23) 山下 昇ほか編，日本の地質 5 中部地方Ⅱ，朝倉書店(1988)

「近畿地方」：

- 24) 中沢圭二ほか編，日本の地質 6 近畿地方，朝倉書店(1987)

「中国地方」：

- 25) 猪木幸男ほか編，日本の地質 7 中国地方，朝倉書店(1987)

東北本州弧：

- 13) 北村 信編，新生代東北本州弧地質資料集，宝文堂(1986)

日本列島の誕生：

- 12) 平 朝彦，日本列島の誕生，岩波書店(1990)

鈴木(1987)：

- 26) 鈴木秀明，宮崎層群の層序学的研究，東北大学地質学古生物学教室研究報告，No. 90，p. 1-24，(1987)

宮崎県地質説明書：

- 27) 宮崎県，宮崎県地質図説明書(1961)

#### 4. 水収支の検討

##### 4.1 水収支の検討について

##### 4.1.1 水収支の基本的な考え方

地下水の水収支は、図-4.1.1 に示すように、大気、地表水、土壌水の水収支と関係している<sup>1)</sup>。地下水の水収支は、多くが地中で生じているために、現象の把握が難しく、地質条件に支配されて場所によって異なり、また時間的にも変化するため、現在でも、水収支を予測することは困難な場合が多い。地下水の水収支を単独に調べるよりも、図-4.1.1 に示す水収支と組み合わせて考えることで水収支式を単純化できる場合もある。

図-4.1.2 に示す1点鎖線の間を対象区域とした場合の水収支を考えると、この区域への流入は、降水量(P)、地表水流入量(R<sub>i</sub>)、地下水流入量(G<sub>i</sub>)、また流出は蒸発散量(E)、地表水流出量(R<sub>o</sub>)、地下水流出量(G<sub>o</sub>)である。

この区域の貯留量変化を $\Delta S$ とすると、次の水収支式が成立する。

$$P = (R_o - R_i) + E + (G_o - G_i) + \Delta S \quad \text{----- (4.1.1)}$$

$$\Delta S = \Delta W_s + \Delta M + \mu \Delta H \quad \text{----- (4.1.2)}$$

$$G_r = (G_o - G_i) + \mu \Delta H \quad \text{----- (4.1.3)}$$

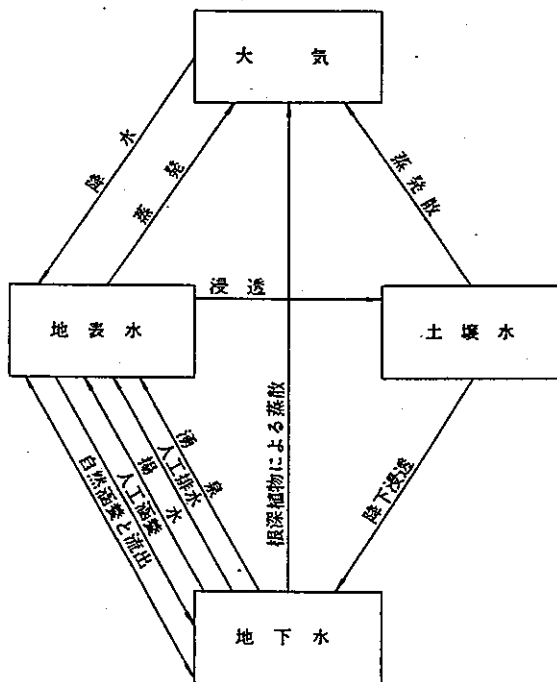


図-4.1.1 水収支の相互関係<sup>1)</sup>

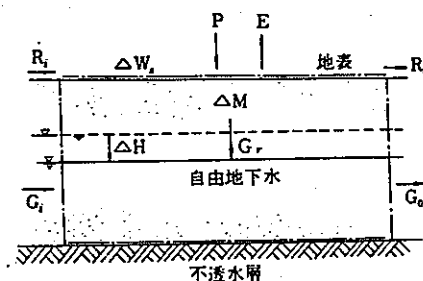


図-4.1.2 対象区域における水収支<sup>1)</sup>

ここに、 $\Delta W_s$  : 地表における貯留量変化、 $\Delta M$  : 不飽和帯の土質変化、 $\mu$  : 地下水位変化部分の含水量変化、 $G_r$  : 地下水補給量

土壌水の水平方向からの流入は、地下水面の傾斜が大きくしかも毛管帯の良く発達している土壌中で考慮しなければならないが、一般には無視するほど小さい値である<sup>1)</sup>。また、多くの場合、 $(G_o - G_i)$  は式(4.1.1)の残差として求められ、 $(G_o - G_i) > 0$  は対象区域無いにおいて地表水が地下水に転化していることを、 $(G_o - G_i) < 0$  は地下水が地表面へ流出していることを各々意味している。

水収支の精度を高めるための基本的な条件は、水収支領域と水収支期間を適切に選定して、できるだけ単純な水収支式にすることである。例えば、分水界を水収支領域の境界に選定することにより、水収支式から地表水の流入項( $R_i$ )を省略でき、地下水流入を無視できるような水収支領域を設定することにより地下水流入項( $G_i$ )を省略することが可能となる( $P = R_o + E + G_o + \Delta S$ )。水収支期間の設定においても、降雨がない時期を選定すれば降雨量 $P$ を省略でき、また、貯留量 $\Delta S$ が0となる期間を選定することも可能である( $P = R_o + R + G_o$ )。

$\Delta S$ が0となる期間として通常1年程度の長期間がとられる<sup>2)</sup>。このように、水収支の検討にあたっては、式(4.1.1)に示す不明確な項目をできる限り省略できるように、領域、期間を選定することで、より精度の高い予測を行うことが可能となる。

以上のような、水収支に係わる要因としては、地形・地質的に係わる地域的なものを除くと、以下の項目が上げられる。

- ・降水量
- ・蒸発散量
- ・流出量(河川流出量、地下流出量)

次に、これらの項目について、我が国で調査されている現状について述べることにする。

#### 4.1.2 水収支に係わる項目

ここでは、水収支に関連する降水量、蒸発散量及び河川流出量について述べる。まず、概要として1988年の設計委託研究のうち、処分場の建設に係わる設計条件の整備（その1）—— PNC SJ 4449 88-001 Vol.1——より抜粋する。これは、本文中の処分場の概念要素に関する研究（その1）のうち、“我が国の立地特性の分析と評価”に相当する部分である。

この中では我が国の立地特性を把握するために、100余の調査項目より自然環境特性と社会環境特性に分類し、その分析と評価を試みた。以下に各項目毎に述べていく。なお、引用文献等は、後でまとめて示した。

##### (1) 降水量分布

降水とは、空気中の水蒸気が凝結して雨、雪、あられ、ひょうなどとなって地上に落ちてくるものをまとめて呼び、降水量はこれらを水の状態にしたときの量である。

我が国の降水量分布（年平均、月平均）を示したのが図-4.1.3～図-4.1.4である<sup>3)</sup>。一般に降水現象は上昇気流と下降気流の発生に伴い、地域差が大きく著しい局地性の伴う現象である。また、降水量の年ごとの変化は変動が大きく、平年値は目安として利用されるにすぎない。図-4.1.3～図-4.1.4は全国約1,200地点の気象観測所の平年値を用いて作図されたものである。しかし、観測点の大部分は平野や盆地にあり、降水量の多い山地にはほとんどないのが現状であり、山地降水量、特に雪や台風時の雨については未知な地域が多く、日本の正確な雨量はわかってないのが現状である<sup>4)</sup>。降水量を推定する手段として、河川流出量があるが、降水量と河川流出量+蒸発散量を比較すると少ない地域があり、両者のいずれかに誤りがあることになり、現在のところ、河川流量にも疑問があるが、山地雨量、特に降雪量には正確な資料がないので、ともに重大な疑問とされている<sup>4)</sup>。

我が国の149の観測視点での年平均降水量<sup>5)</sup>は1762mmと多く、世界の平均値(973mm)の1.8倍の降水量である。日本列島と同緯度地域の平均値(600～800mm)よりも多く、我が国の多雨湿潤の特徴を示している。

我が国の降水特性の特徴として、日降水量の大きいことが挙げることができる。気象官署153地点の日降水量の極値<sup>7)</sup>を平均すると285mm、最大は1114mm(徳島県1976年)を記録<sup>6)</sup>している。また、日最大10分間降水量の最大値は49mm(高知県1946年)<sup>7)</sup>であり、降雨強度で換算すると、294mm/hrの激しい雨量を記録し

ており、地域的にみると西南日本の太平洋側や北陸地方に多い。つまり我が国では、短時間に多量の降水のあることが特徴的である。

全般的に見ると、6、7月（梅雨）と9、10月（秋雨）が多いことになる。また、地域差も大きく、西南日本の太平洋側では6～8月の降水量が多く、日本側は12～2月の雪による降水が集中している。一方、北海道東部から関東北部の一部や瀬戸内地域は降水量は少ないなどの特徴がある。

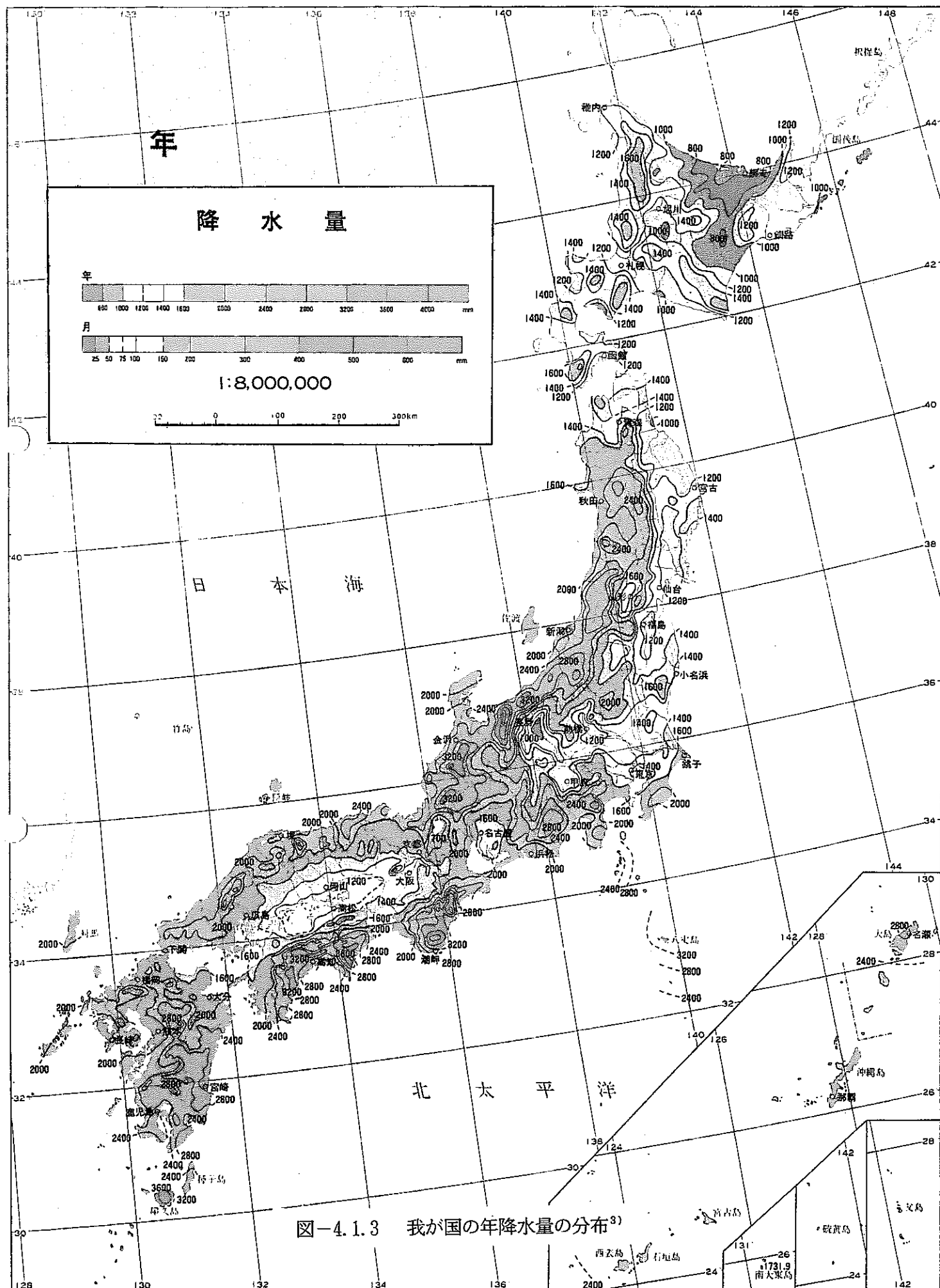


図-4.1.3 我が国の年降水量の分布<sup>3)</sup>

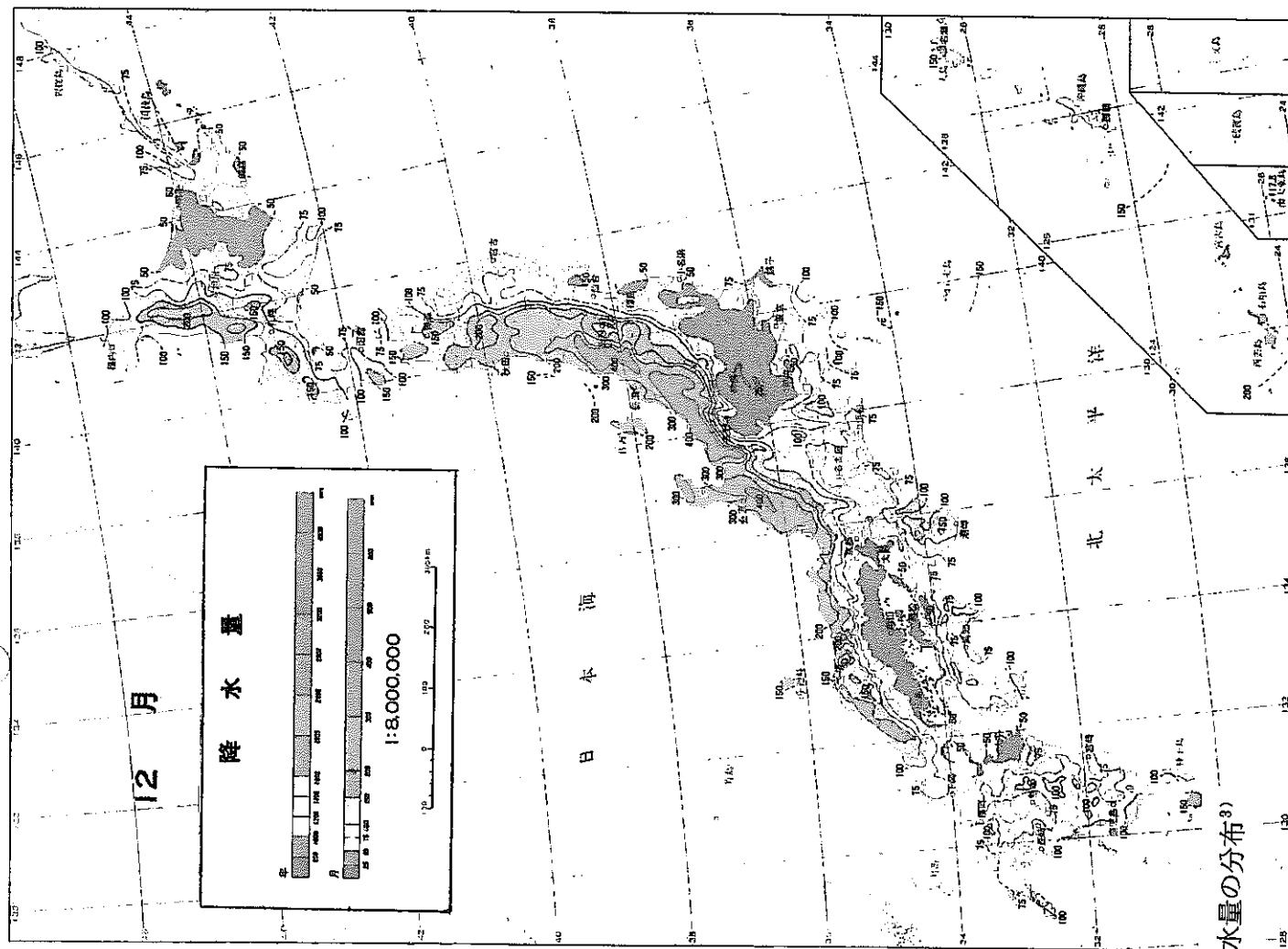
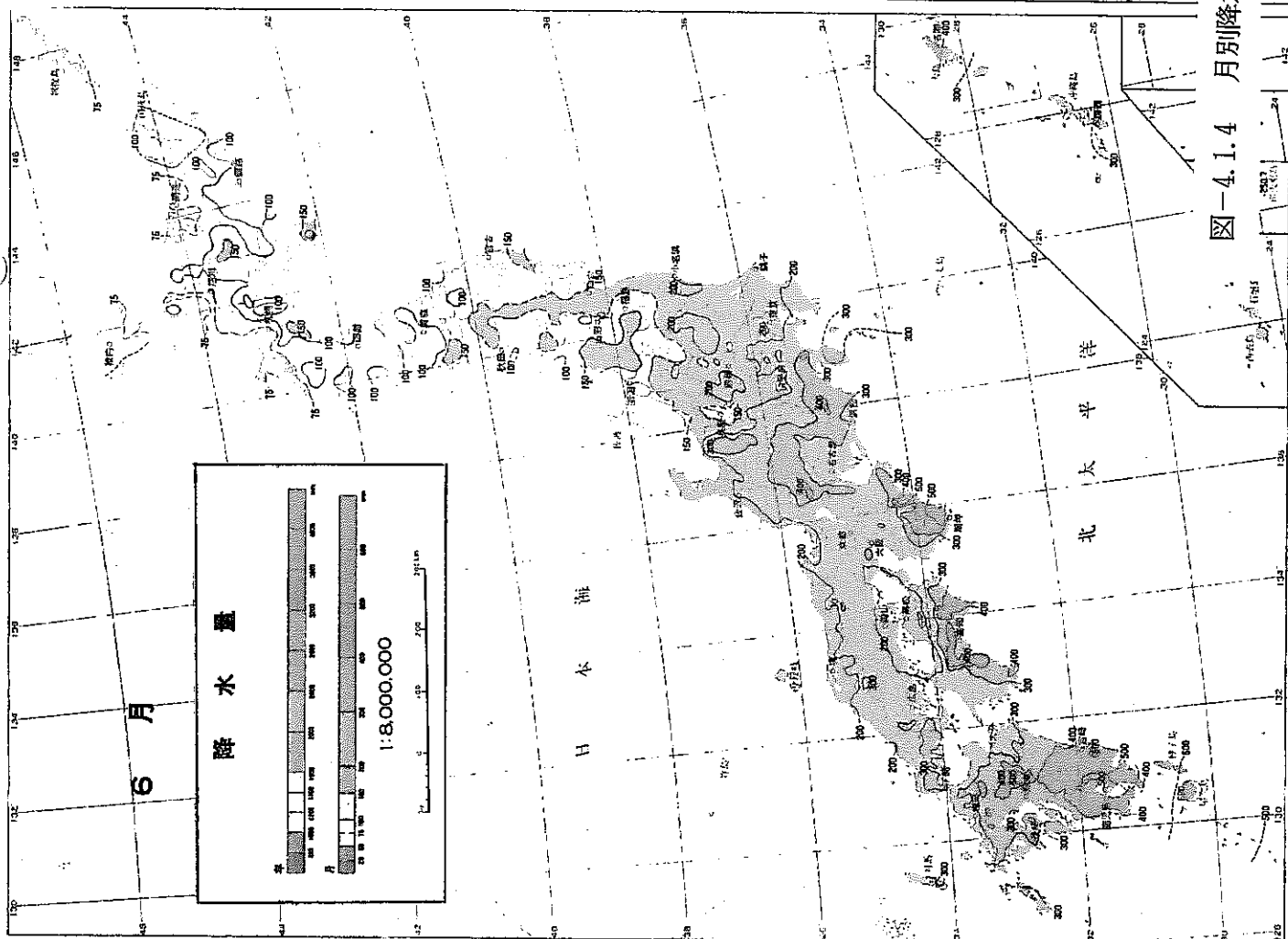


図-4.1.4 月別降水量の分布<sup>3)</sup>

## (2) 蒸発散量

蒸発(Evaporation)とは水がその表面において、水蒸気になる現象のことで、植物体を通して起こる場合を蒸散(Transpiration)と区別しているが、ある広がりのある空間内では区別することが困難で合わせて蒸発散として扱っている。その他に、蒸発散位(可能蒸発散量)、蒸発位(可能蒸発量)なども定義されており、その推定方法に種々の方法が提案されている。

ここで、蒸発散量の測定方法と推定法についてまとめてみる<sup>2)</sup>。

(測定法)・空気力学的方法(傾度法)

・熱収支法

・渦相関法(乱流変動法)

・水収支法

流域水収支法

土壌水分減少法

ライシメータ法

チャンバー法

その他(ヒートパルス法、トレーサ法)

この中の水収支法では式4.1.4 で表わされ、種々の条件下で各数値を測定することによって、蒸発散量が測定できる。(図-4.1.5 参照)

$$P - E + R_i - R_o + G_i - G_o = \Delta S \quad \text{-----} \quad (4.1.4)$$

ここで P : 降水量、 E : 蒸発散量、  $R_i$  : 地表流入量、  $R_o$  : 地表流出量、  $G_i$  : 地下水流入量、  $G_o$  : 地下水流出量、  $\Delta S$  : 貯留量増分である。

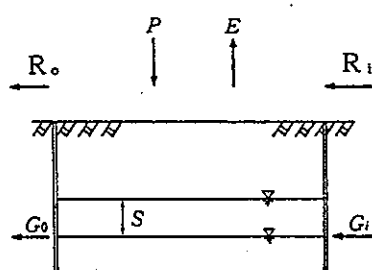


図-4.1.5 水収支の構成



(推定法)・蒸発計法(小型蒸発計)

・ソーンスウェイト法(月平均蒸発散位～月平均気温)

・ハーモニ法(蒸発散位～可照時間、飽和絶対湿度)

・平衡蒸発量法

・ペンマン法(混合法:熱収支法+空気力学的方法)

・補完法(実蒸発散量)

モートン法、ブルーツェルト&スリッカー法

・その他 SPACモデル、プラニー・クリドル法

この中のほとんどが蒸発散位や蒸発位の推定法で、これに係数をかけて実蒸発散量を推定することになる。それに対して補完法は、実蒸発散量と蒸発散位の補完関係を経験的に利用して直接実蒸発散量を求めることができる。補完の関係式は次のようになる。

$$E_T + E_{TP} = 2 E_{TW} \quad \text{-----} \quad (4.1.5)$$

ここに、 $E_T$ : 実蒸発散量、 $E_{TP}$ : 蒸発散位、 $E_{TW}$ :  $E_T = E_{TP}$ 時の蒸発散量である。ペンマン法による年間蒸発散位分布を図-4.1.6に、補完法による年実蒸発散量の推定結果を図-4.1.7に示す。大槻ら<sup>8)</sup>は水収支観測が実用上十分高い精度で行われていると思われる試験流域において検討し、図-4.1.7に示す補完法による実蒸発散量分布図は妥当な値を示すという結論を得ている。

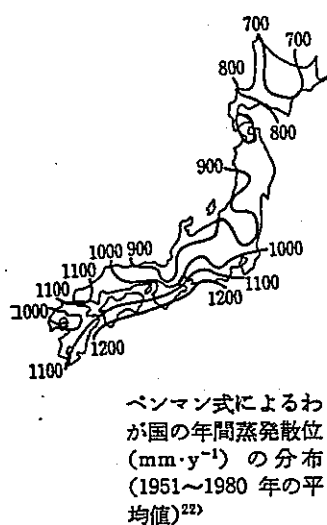


図-4.1.6 ペンマン法<sup>2)</sup>

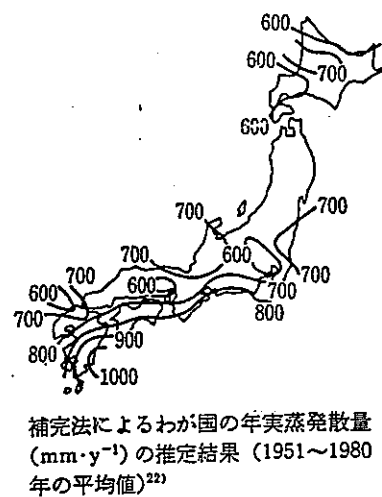


図-4.1.7 補完法<sup>2)</sup>

### (3) 河川流量について

我が国の代表河川における特徴をまとめると次のようになる。

- ① 年平均流量は小さく、平均的には $100 \sim 150 \text{ m}^3/\text{s}$  程度で年変動も小さい。流域面積 $A$ 、流量 $Q$ には次のような一定の関係が認められる。

$$Q = \alpha \cdot A^m \quad (\alpha, m: \text{定数}) \quad \text{-----} \quad (4.1.6)$$

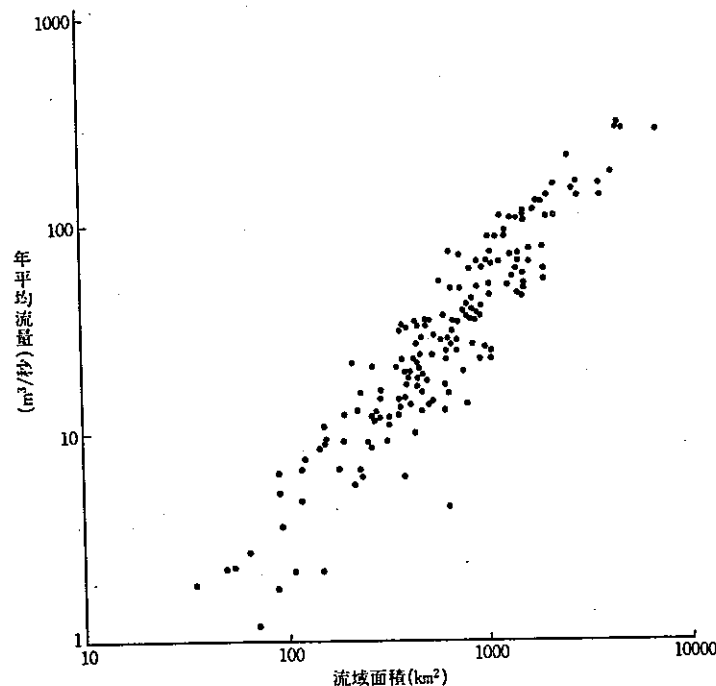
- ② 河川延長が平均 $100 \text{ km}$ 程度でかなり短く、流域面積も最大 $17,000 \text{ km}^2$  (利根川) 程度と狭い。

- ③ 河川の縦断面曲線 (河口からの距離と標高を示す曲線) では、勾配が急で短い区間で屈曲を繰り返し、標高差が大きい。

- ④ 河況係数 (最大流量/最小流量) は大きく、乾燥地域のそれに類似している。つまり、流量の変動が大きく制御しにくいことになる。

- ⑤ 比流量 (単位流域面積当りの流量) は、利根川の最大 $4.8 (\text{m}^3/\text{s}/100 \text{ km}^2)$ 、大部分が $2.0 (\text{m}^3/\text{s}/100 \text{ km}^2)$ 以上と大きく分布している。比流量には季節的変動があり、かつ降水量との間に相関性がある。

ここでは、参考のために主な河川の年平均流量を図-4.1.8 に流域面積との関連図を図-4.1.9 に示す。



流域面積と流量との関係 全国的に雨の多い日本では、流域面積が大きいと流量も大きくなる。伏流したり、蒸発の激しい地域の河川では、流域面積と流量とはあまり関係しない。(昭和54年度流量年表(建設省)により、木曾川以西の河川をとる)

図-4.1.9 年平均流量と流域面積<sup>9)</sup>

性能評価において、重要核種選別の際の潜在的危険度指数下限値の選定については、前提条件の1つとして、“地表へ運ばれた水は地表河川で希釈され、それを人が摂取し被爆する”という条件で検討されている<sup>12)</sup>。その地表河川での希釈水量として、IAEAは、小規模な河川に対する平均的な流量として $3 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{y}$ を選択しているが、“地層処分研究開発の現状 (PNC N4410 90-001)”では2桁低い $3 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{y}$ を用いている<sup>12)</sup>。河川に対する平均的な流量としての希釈水量の選定方法については不明であるため単純な比較はできないが、上述した代表河川における①の年平均流量 $100 \sim 150 \text{ m}^3/\text{s}$ とした場合、 $3 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{y} \sim 4.7 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{y}$ であり、図-4.1.9 に示す流域面積 $100 \text{ km}^2$ 以下での年平均流量 $1 \text{ m}^3/\text{y}$ とした場合で $3 \times 10^7 \text{ m}^3/\text{y}$ となり、“地層処分研究開発の現状”で用いられた希釈水量 $3 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{y}$ より、いずれの場合も1桁以上大きい値である。

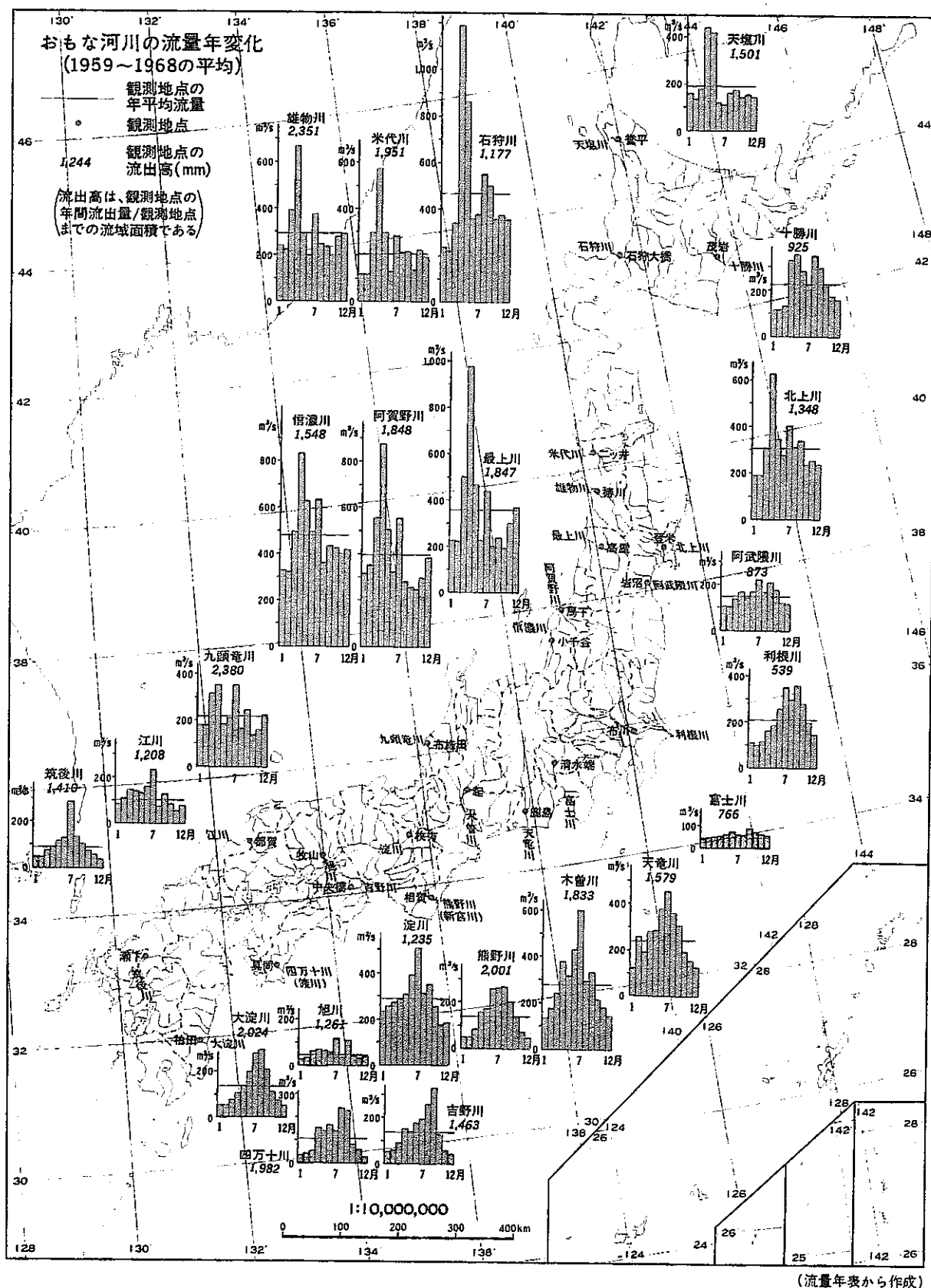


図-4.1.8 おもな河川の流量変化<sup>3)</sup>

## 4.2 日本の最大涵養量の概要

### 4.2.1 最大涵養量の作成手順

本年度は、日本全国を対象とした概略の水収支を知ることが最大の目的として、4.1 節で述べた日本の年降水量分布（図-4.1.3）、年間の実蒸発散量分布（図-4.1.7）を使用し、（降水量）－（実蒸発散量）の値を涵養量の最大値（最大涵養量と仮称）として、日本全国についての最大涵養量をコンターラインで表した図を作成する。

作成手順のフローを図-4.2.1 に示す。

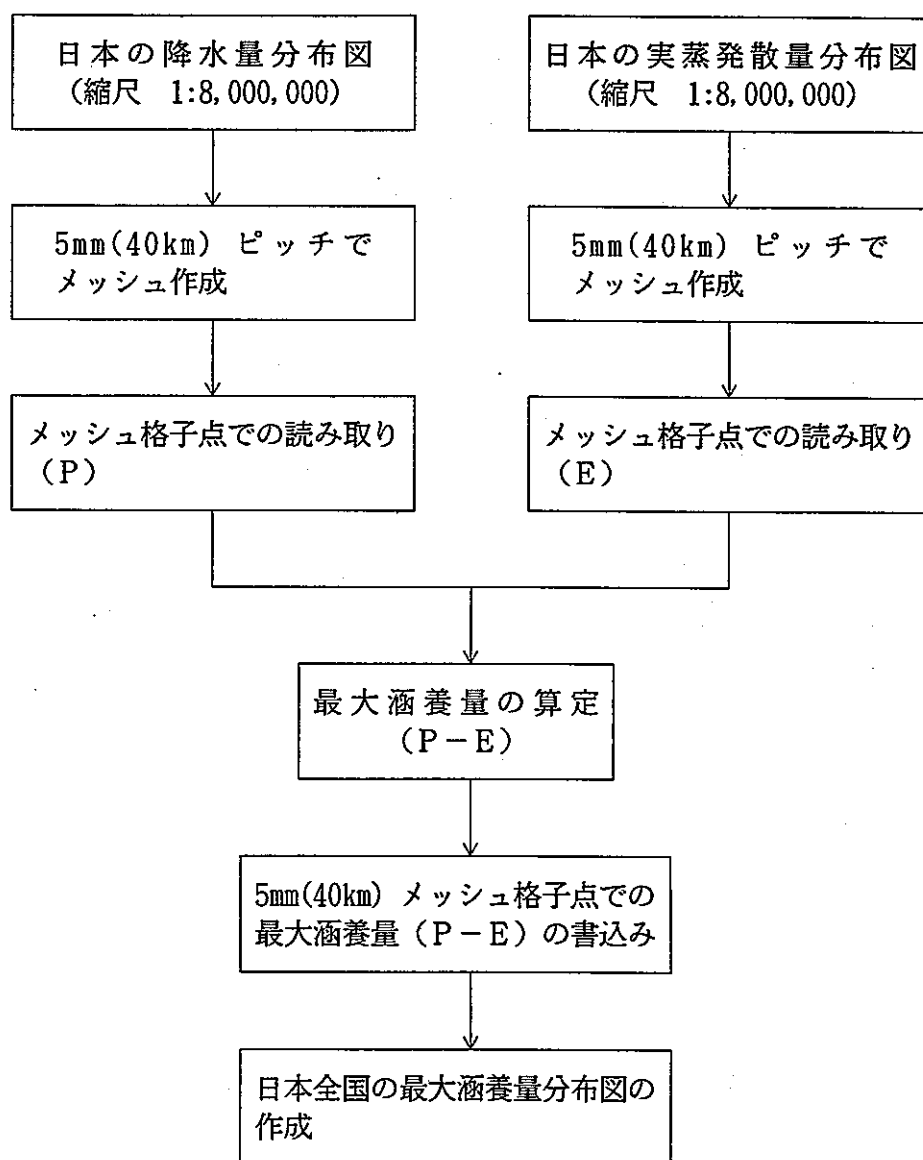


図-4.2.1 最大涵養量の作成手順

図-4.2.1 のフロー図の作成手順に従って、作成方法について説明する。

- ① 日本の降水量分布図は縮尺1 : 8,000,000 で示されているので、日本の実蒸発散量分布図を同一の縮尺とするために原図を拡大する。

- ② 各々の分布図上に、5mm(実寸では40km) ピッチでメッシュを作成する。

(図-4.2.2, 図-4.2.3)

- ③ メッシュの格子点での降水量、蒸発散量をそれぞれ読み取る。

読み取りは、資料図の精度で、格子点がコンター上にある場合にはそのコンターの数字を読み、格子点がコンター間にある場合には、次のように設定した値を読み取った。

| 降 水 量         |            | 実 蒸 発 散 量     |            |
|---------------|------------|---------------|------------|
| コンターライン       | 読 み 値      | コンターライン       | 読 み 値      |
| 800mm未満       | P = 600mm  | 600mm未満       | E = 500mm  |
| 800～1000mm未満  | P = 800mm  | 600～700mm未満   | E = 600mm  |
| 1000～1200mm未満 | P = 1000mm | 700～800mm未満   | E = 700mm  |
| 1200～1400mm未満 | P = 1200mm | 800～900mm未満   | E = 800mm  |
| 1400～2000mm未満 | P = 1600mm | 900～1000mm未満  | E = 900mm  |
| 2000～2400mm未満 | P = 2000mm | 1000～1100mm未満 | E = 1000mm |
| 2400～2800mm未満 | P = 2400mm |               |            |
| 2800～3200mm未満 | P = 2800mm |               |            |
| 3200～3600mm未満 | P = 3200mm |               |            |
| 3600～4000mm未満 | P = 3600mm |               |            |

図-4.2.4 に年降水量分布図からの読み値を、図-4.2.5 に年実蒸発散量分布図からの読み値を示している。

- ④ 最大涵養量は、各格子点で③の方法で読み取った降水量から同様にして読み取った実蒸発散量を差し引いた値とする。
- ⑤ そのように算出した最大涵養量を5mm(40km) メッシュ格子点に図-4.2.6 に示すように書き込む。
- ⑥ 図-4.2.6 から、最大涵養量の分布図として、400mm のコンターラインを始めとして、コンターラインのピッチを400mm ごとで示す分布図を作成した。

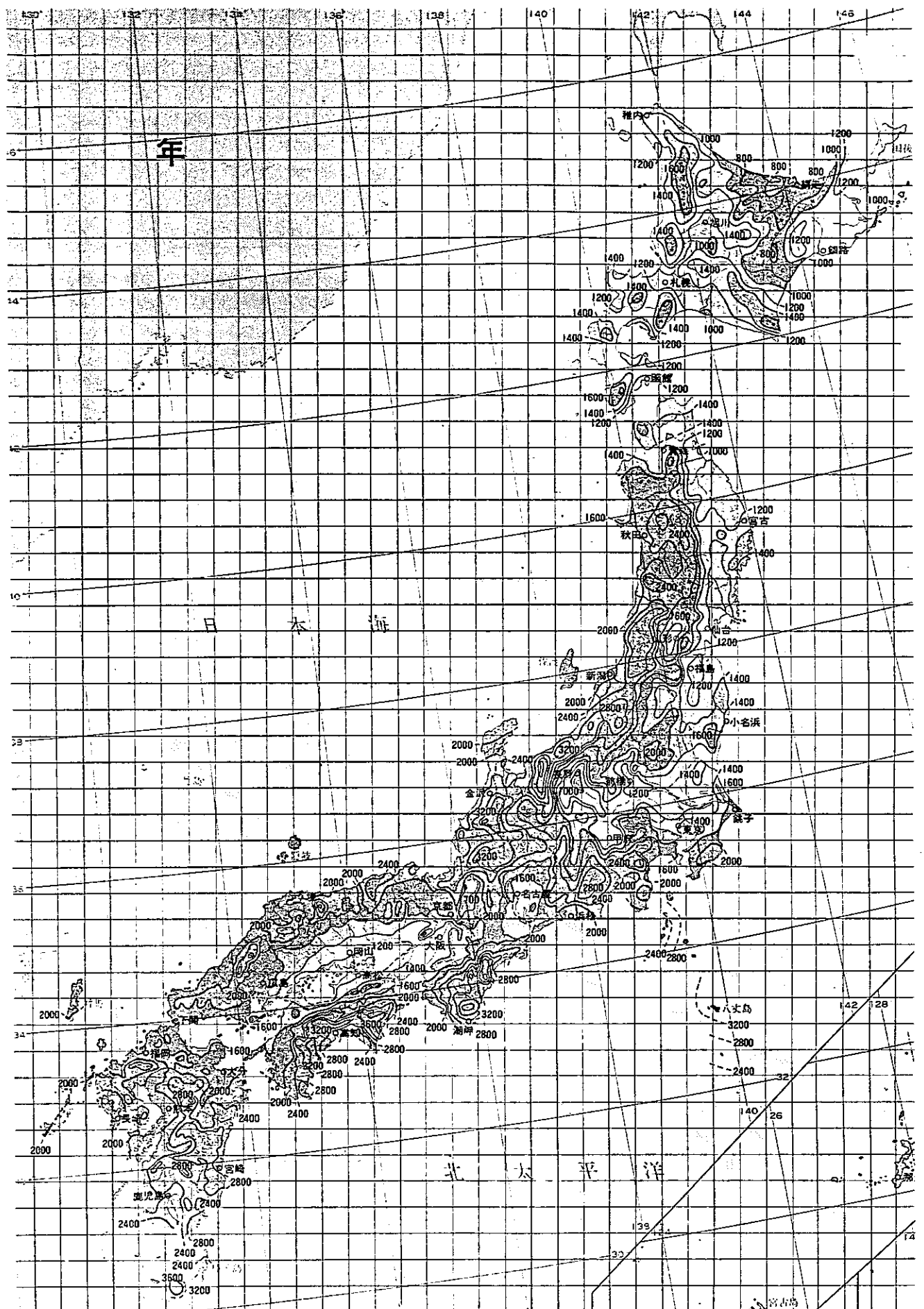


図-4.2.2 年降水量分布図のメッシュ分割図

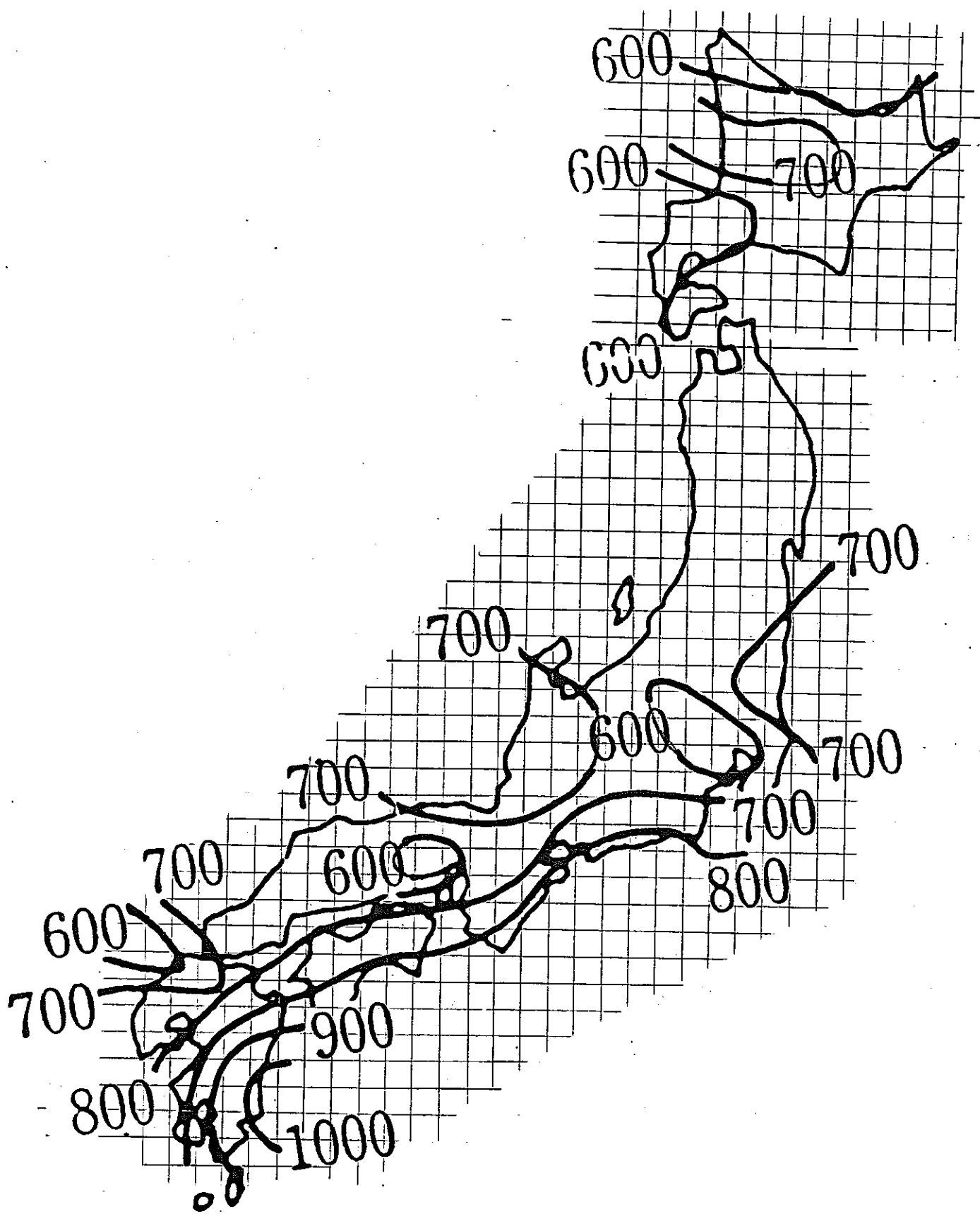


図-4.2.3 年実蒸発散量分布図のメッシュ分割図



# 降水量

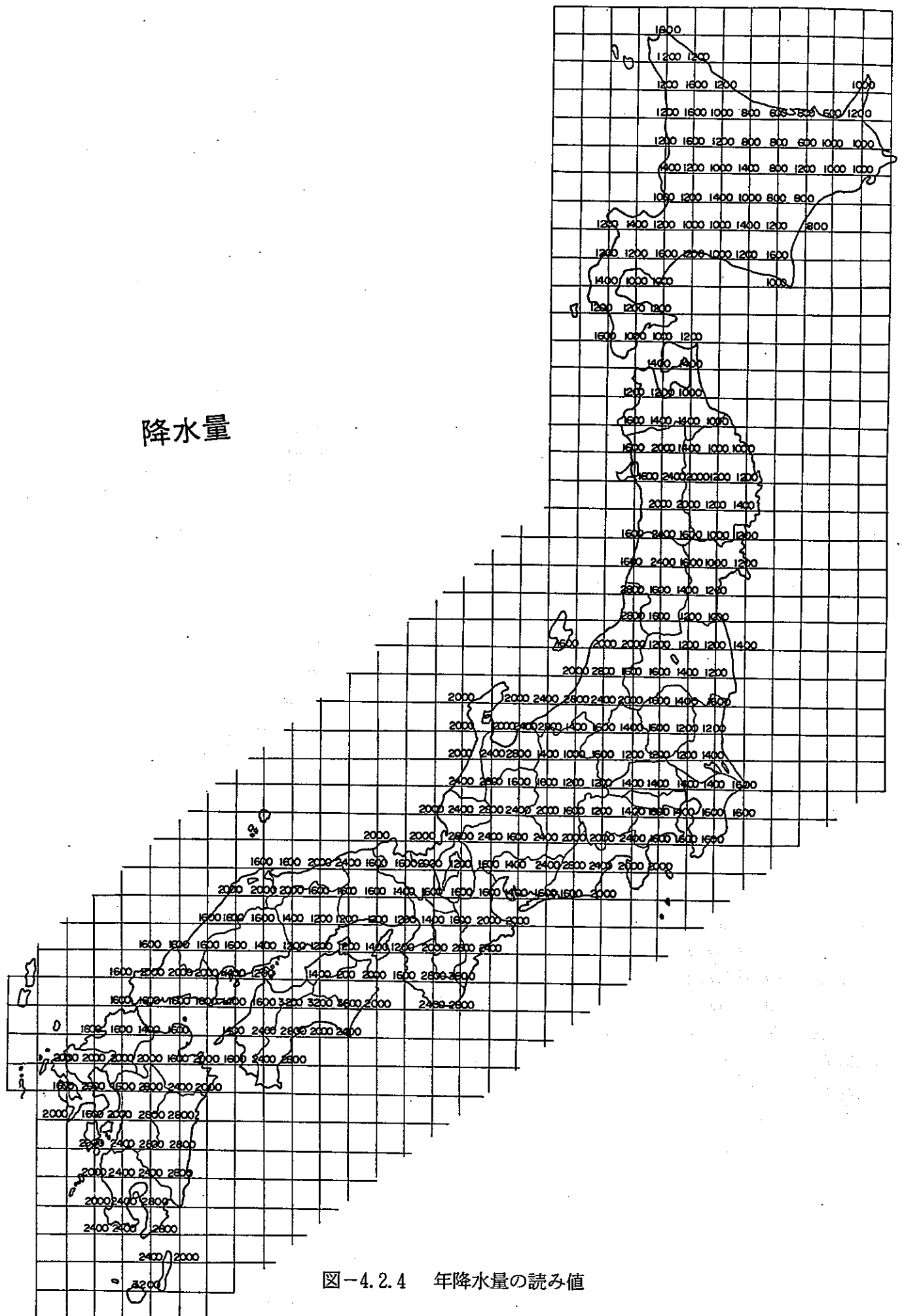


図-4.2.4 年降水量の読み値

## 蒸発散量

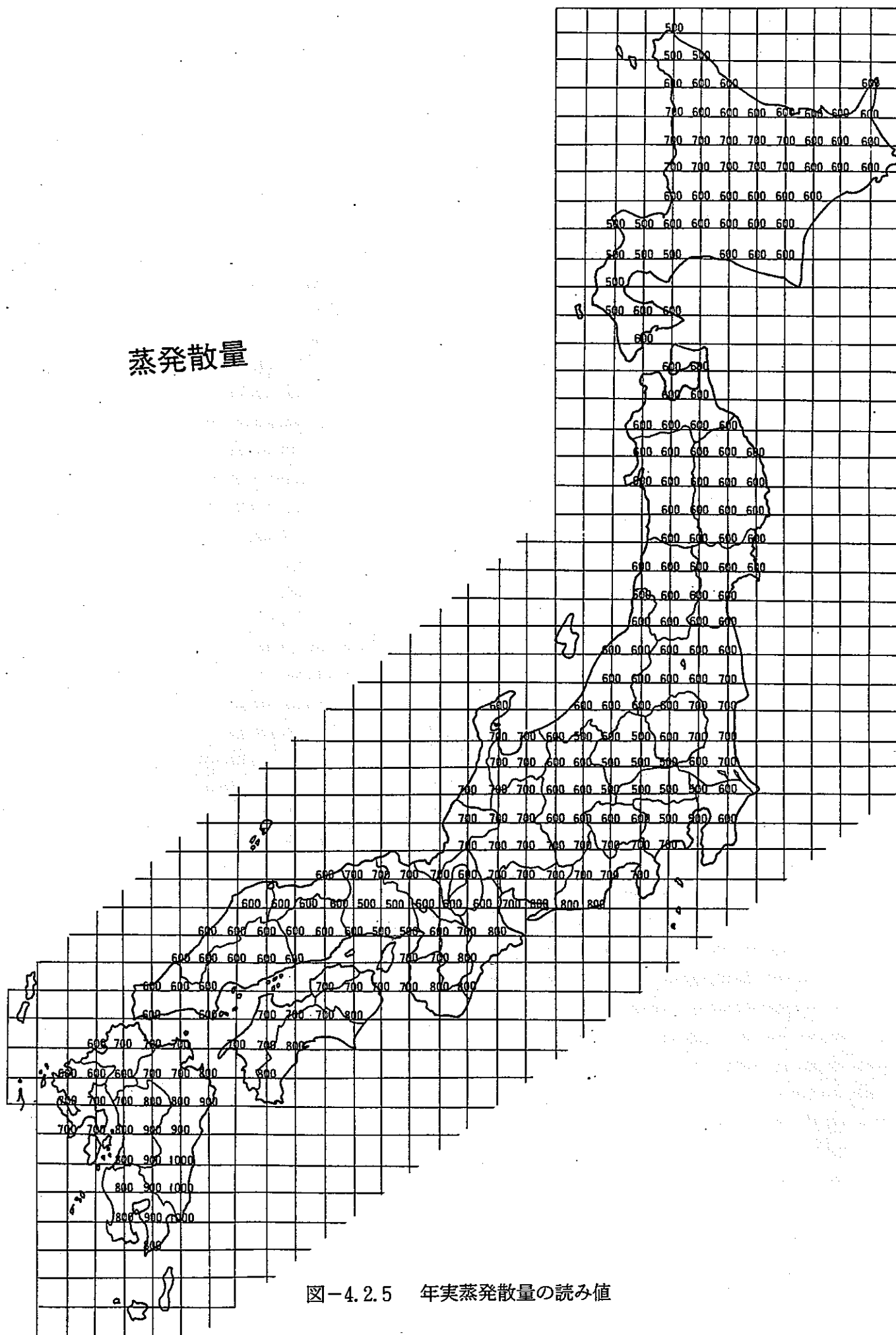


図-4.2.5 年実蒸発散量の読み値

最大涵養量  
(=降水量-蒸発散量)

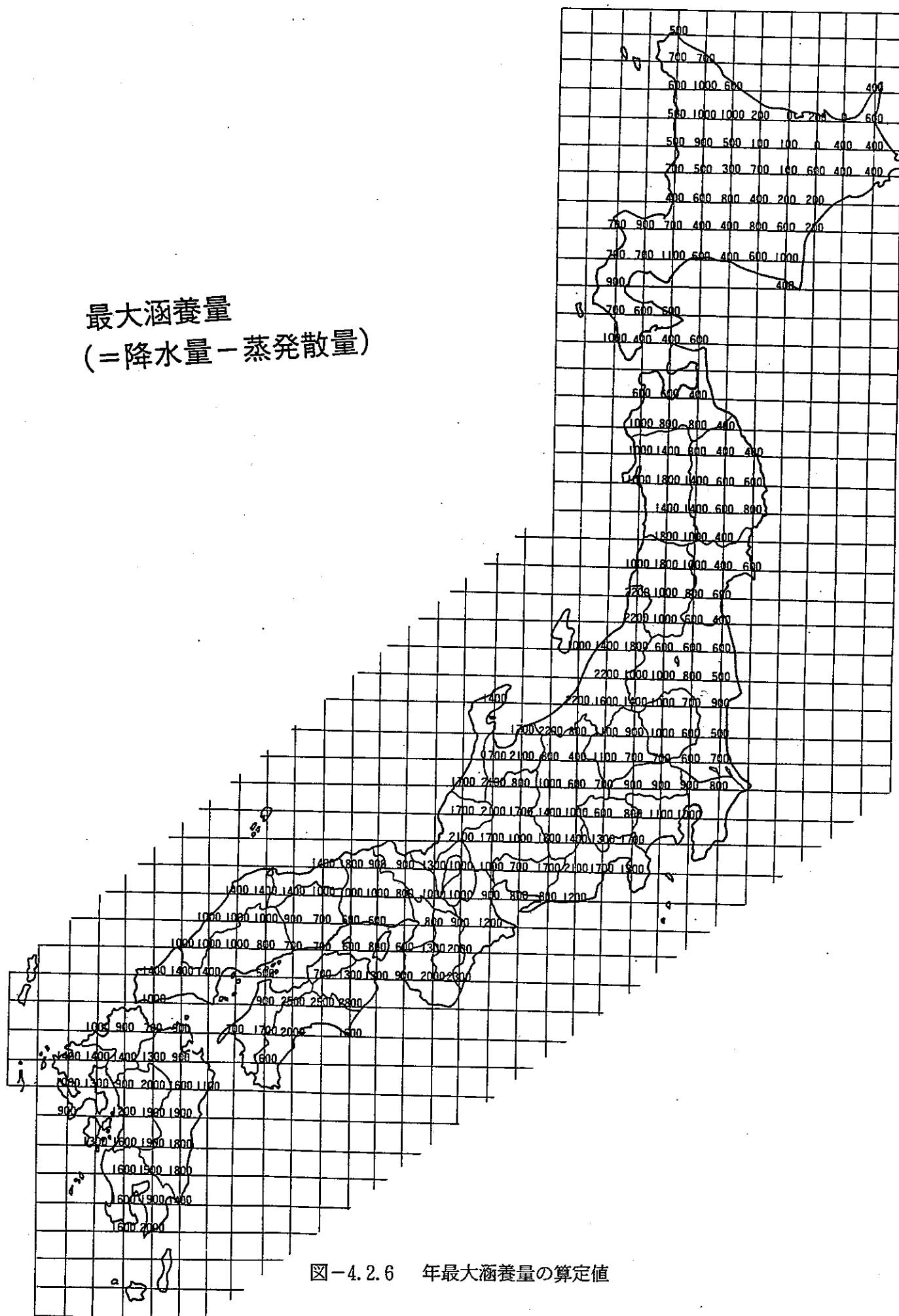


図-4.2.6 年最大涵養量の算定値

#### 4.2.2 日本の最大涵養量分について

4.2.1 の作成手順に従って、作成した日本の最大涵養量分布図を図-4.2.7 に示す。

最大涵養量の分布から、2,000mm 以上の分布を示しているのは、中越から北陸にかけての海岸線から少し内陸に入ったところのほか、太平洋側の紀伊半島南東部、四国南東部、九州中部に見うけられる。北海道、本州、四国における最大涵養量の分布傾向としては、年間の実蒸発散量分布での最大と最小との差が200mm～300mm程度であり、年降水量分布の変動に比べて小さいために、年降水量分布とほぼ同様の傾向を示している。また、最大涵養量が800mm 以下となるのは、北海道の北部の内陸と南部沿岸地域を除く地域と、東北地方の太平洋側地域、瀬戸内海に面した四国北部と山陽地域、九州の北部である。

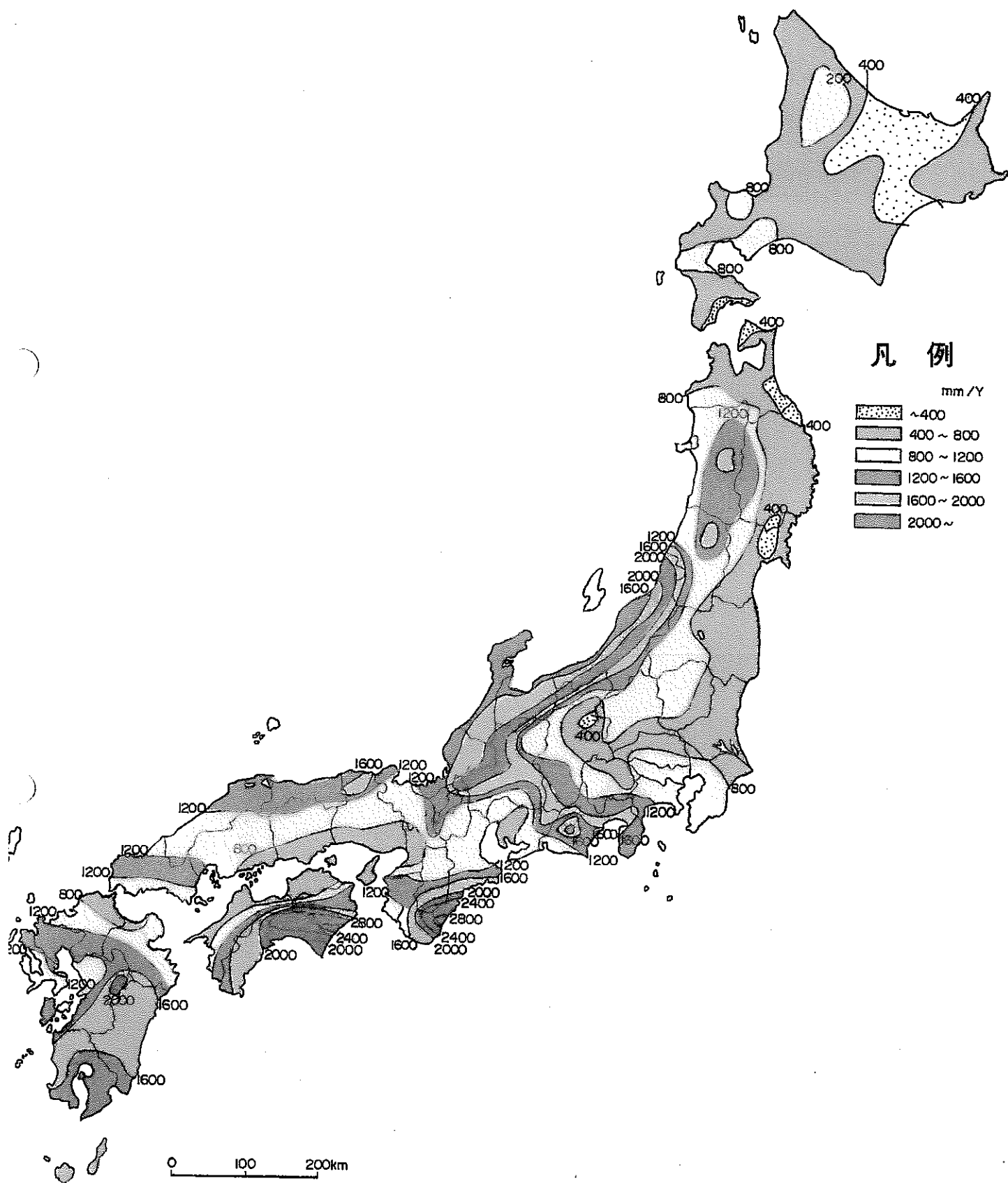


図-4.2.7 日本の最大涵養量分布図

#### 参考文献

- 1) 地下水ハンドブック編集委員会編：地下水ハンドブック、(株)建設産業調査会、PP. 19～53(1989)
- 2) 社) 農業土木学会：農業土木ハンドブック、丸善(株)、PP. 842～853(1989)
- 3) 建設省国土地理院：日本国勢地図帳、(財)日本地図センター、東京(1977)
- 4) 福井英一郎、吉野正敏他：日本・世界の気候図、東京堂出版、東京(1985)
- 5) 気象庁：日本気候表その2 地点別月別平年値 (財)：日本気象協会、東京(1982)
- 6) 高棹琢馬：気象災害に関する極値・集中豪雨、土木学会誌 Vol. 68 No. 10, PP. 7～11(1983)
- 7) 気象庁：日本気候表その3 主な気象要素についての極値と順位、(財)日本気象協会、東京(1982)
- 8) 大槻恭一、三野徹、丸山利輔：気象資料から推定した我が国の蒸発散量、農業土木学会論文集第112号、PP. 25～32(1984)
- 9) 阪口豊、高橋裕、大森博雄：日本の川、日本の自然第3巻、岩波書店、東京(1986)
- 10) 国土庁長官官房水資源部：'85年水資源便覧、山海堂、東京(1985)

## 5. 本年度の研究の問題点と今後の課題

### 5. 1 検討課題の分類

本研究では、日本全国を対象とした、サイトジェネリックな広域地下水流動評価を行う事を最終的な目的としている。これまで、地下水流動評価の観点から、我が国の地質環境の体系的分類を行った事例は殆どないため、本年度は、大地形および大地質構造を対象とした日本全国の地形・地質図の作成を行い、それを基にした水理地質モデルを作成した。

しかし、これらの成果は、そのまま広域地下水流動解析に用いるには、未だ不十分であり、今後の改良が必要である。

そこで、本節では、今回の作業を行う過程で明らかになった問題点や、今後実施すべき検討項目を、次年度以降の研究課題としてまとめる。

なお、研究課題のとりまとめにあたっては、地形・水理地質モデルだけに限らず、広域地下水流動解析の流れに沿って、以下の4項目に分けてまとめる。

- ①解析対象領域の設定
- ②地形・水理地質構造モデル
- ③境界条件の設定
- ④数値解析を行う上での問題点

### 5. 2 解析対象領域の設定

地下水流動解析を行うにあたっては、まず解析対象とする領域の平面的な広がりや深度を設定する必要がある。これらの領域は、処分場が想定される深度における地下水流動を評価するのに十分な大きさを有している必要がある。領域の大きさを決定する要因としては地形や透水性等いくつか挙げられるが、なかでも地形は、深部の地下水流動に少なからず影響を及ぼすファクターである。しかし、大小のスケールの地表面形状が、どの程度の深部の地下水流動に影響を及ぼすかについては、十分な情報が得られていないのが実状である。そこで、処分場レベルの地下水流動に影響するパラメータ（地表面勾配、凹凸のスケール、透水係数

の深度依存性等)を抽出した後、数値解析的な検討を行い、各パラメータの影響を評価しておく必要があると思われる。

### 5. 3 地形・水理地質構造モデル

本年度は、日本全体を対象とした、大地形および大地質構造モデルを作成したが、さらにモデルの改良が必要である。今後の研究の方向は、以下の二つに分けられる。

(7) 今回の成果をもとにしたモデルの精度向上

(4) 我国の地形・地質構造の体系的分類と海外との比較

(7)は、広域地下水流動評価の観点から見た、信頼性の高い地形地質モデルの構築を目指すものであり、(4)は、よりサイトジェネリックなモデルを作成するために必要とされる研究である。(4)の成果は、我国のおかれた水理地質環境を海外と比較する客観的な資料となる。

(7)、(4)の研究は、並行して実施されるべきものである。

以下においては、本年度の研究を通じて明らかになったモデル作成上の問題点と今後の課題をまとめる。

#### 5. 3. 1 地形・水理地質構造モデル作成における問題点と課題

##### (1) 地形モデル

##### ① 地形分類の表現

日本の概略的な地形をモデル化するのに、山地・丘陵地・台地・低地といった地形分類の境界となるような標高のコンターラインを選んだ(表-3.1.1)。

しかし、そもそも山地・丘陵地・台地・低地といった地形の定義があいまいであり、山地と丘陵地、丘陵地と台地、台地と低地の境界が必ずしも一つの標高で明瞭に決められるものでなく、境界の高度には地域的な違いもある。このため、選んだコンターラインが従来の地形分類上の境界とは異なる場合が生ずる



ので、それぞれの標高は単に地形モデルの傾斜の変換点として考えるべきである。あえて地形分類を試みるならば、この程度の縮尺モデルでは山地、丘陵地・平地の3分類程度にするべきであろう。

## ② 接谷図面の使用について

今回のモデル作成では基図として接峰図面を使用しているため、地下水の流出域に相当する谷地形が消去され尾根地形が強調されている。接谷面は地下水面に近似されると言われており、地下水面が得られていないときの地下水シミュレーションでは接谷面を地下水面として使用する場合がある。本研究においても、地下水流動のためのモデルという点から、接谷図面を用いて日本列島の地形のモデル化を行うことも考えられる。

## ③ 地形モデルの表現方法

地形分類を考慮した上で日本列島の地形をモデル化するという観点から必要最小限のコンターラインのみを用いたが、この方法ではコンター標高間にある屋根や谷は表われない。今回二次元の断面では、同じ高さの地点間の最高点または最低点の標高を補助的に記入したが、平面図における三次元モデルでは一義的に決まらない。この問題は選定した標高の少なさによるもので、今後詳細なモデルを作成する際は、コンターラインの刻みを細かくすることにより多くの地形情報を表わすことも必要となる。

## ④ モデルの基礎となる地形データの選択

今後の地質構造モデルの詳細化に伴って、それと整合性のとれる地形モデルを作成する場合、必要であれば接峰図面ではなく国土数値情報等の現地データを使用することも考えられる。

長年月の地下水流動についてのシミュレーションを行う場合は、そのタイムスケールに合わせて地形の改変についても考慮する必要がある。

# (2) 地質構造モデル

## ① 岩体の分類

今回のモデルでは、我が国に分布する岩体を8種類に分類した。今回は地下水流動の解明のため、岩体の分類は透水性に基づくべきである。そのためには、個々の岩体についてのみならず、今回扱ったような岩体レベルでの透水性に関するデータを求められる。

もし水理地質構造モデルを作成する段階において不合理な点が生じた場合は、岩体の分類に立ちもどり、分類方法を見直すことも必要となる。

## ② 構造の簡略化とモデルの精度

今回モデルを簡略化するために  $5 \times 5$  km 以下の規模の岩体は表現しなかったが、この精度でモデルを表わしたのは便宜的なものである。ただ、少なくとも地質モデルの精度がシミュレーションに用いられる解析モデルのそれよりも粗いものであってはならない。このため、解析モデルの精度を明らかにしたうえで、地質構造モデルで必要とされる精度を再検討することが必要となる。

## ③ 断層の表示

ここでは地質構造帯を区分する断層のみを表わしたが、これ以外にも地下水流動を左右すると考えられる大規模な断層は多数存在する。今後の詳細なモデルにおいてはこれらの断層も加え、より現実に近い地質構造を表わすようにすべきである。

## ④ 斜めの構造の表現

今回のモデルでは岩体の境界や断層については地表での位置のみが示され、これらは鉛直方向に延長してある。実際の岩体の境界や断層は一般に傾斜している。それらが地下でどの向きに延長するかを目安として、地表付近での方向だけでも示すべきである。

# (3) 地形・地質構造モデル

## ① 三次元的モデルの作成

今回の地形・地質構造モデルで鉛直方向の構造が定量的に表現されているのは断面の位置のみで、他の部分については岩体の累積関係しか示されていない。そこで、すべての部分について岩体の厚さを与え、日本全域の地下10kmまでの空間での岩体の分布を表現する必要がある。このためには地質構造モデルで表わした岩体の水平分布の累積関係を表す図（基盤構造図、地質構造図）の上に、それぞれの厚さに関する情報を与えればよい。

新しい堆積物の堆積盆のように岩体の下部境界が水平面でない場合は、今回の二次元断面では、平面的分布の範囲と堆積盆の最大深度から岩体の下部境界を設定した。同様に堆積盆の三次元的な形状についても、堆積盆の下部境界を決める何らかの方法を設定すれば、平面図上に岩体の最大深度と下部境界の形

状パターン（水平面、傾斜した平面、中心が最も深い角錐状など）を与えることによって、一義的に表現することができる。

今回のモデルでは基盤の岩体間のすべて鉛直としたが、貫入岩等においては少なくとも地表付近では斜めの境界をもって分布することは、多くの露頭観察やボーリングデータにより明らかにされている。また、付加体の形成モデル（図-3.2.4参照）では、付加した個々のブロックが陸側に傾斜した断層によって接していることが示されており、大規模な地質構造上の境界は一般には傾斜していると考えられている。

このような三次元的地質構造を地表での地質学的データから知ることにには限界があり、地震探査、音波探査、電気探査、磁気探査などの物理探査の結果を用いて地下構造を推定することが必要である。また、数km以深までの深層ボーリングにより地下の地質構造を直接確認することが望まれる。

## ② 断層の規模、形状、活動史

断層は多くの場合破碎帯を伴い、その規模は断層によって異なる。また、1本の断層がどのような形状（平面か曲面かなど）で地下のどこまで連続するかは明確でない。今回は、地表で見られる大きな断層はすべて地下10kmまで続くとしたが、その中には対象領域の途中で消滅するものもあり得る。また、断層の活動の歴史（形成年代やその後の活動）によって破碎帯の風化・変質の状態は変化すると考えられる。このように各々の断層に関する基本的な特性を把握しておくことが重要である。

## ③ 岩体内の構造

堆積岩の層理や岩石の割れ目の方向の偏りは、透水性の異方性の大きな原因である。今回は各岩体は均質であるとして扱ったが、それぞれの岩体の内部の地質構造（層理面の向き・割れ目系など）を実際の構造により近い形で表わすことが必要である。

# （4）地形・水理地質構造モデル

## ① 透水性からみた岩体の分類

地形・水理地質構造モデルは、各々の岩体内の透水性が一様であるとして作成した。

しかし、同じ岩体内でも岩相は必ずしも均質でなく、また、風化や変形の程

度あるいは固結度によって透水性は大きく変わってくる。たとえば花崗岩（深成岩）は、新鮮な部分と風化部（マサ）とで大きく透水性が異なる。鮮新統～完新統といった新しい堆積物では、未固結の砂質部・礫質部と泥質部とで透水性の差が大きい。また、中新世～鮮新世の連続堆積物では、今回の透水性の設定によると中新世と鮮新世の境界で透水性が小さい（Ⅲ）から大きい（Ⅰ）に急変することになるが、実際の透水性は連続的に変化すると予想される。

このような問題点を解決するには、地質構造モデルを作成する段階から透水性に注目し、透水性を表現するのに適した岩体の分類をおこなう必要がある。具体的には、風化部・変質部を分けて表現することや、新しい堆積物を単に年代だけでなく岩相や固結度によって分類することが考えられる。

## ② 岩体の透水性の表現

岩体の透水性に関する問題として、

- i) 今回相対的に分けた透水性の定量化
- ii) 透水性の深度依存性を明らかにすること
- iii) 透水性の異方性を知ること

があげられる。いずれも透水試験の結果を必要とする。iii)の透水性の異方性を表わすためには、今回のモデルのような表現法では不十分であり、透水性の方向別の表現などが必要となる。

## ③ 断層の表示

地質構造モデルの問題点としてもあげたが、今回は大規模な断層のみを表示しており、実際にはこれ以外の断層が地下水流動に大きな影響を与えている可能性もある。また、地質構造上の規模が大きい断層ほど地下水流動に与える影響が大きいと言う確証もない。断層の透水性は、断層の規模のみならず、年代や母岩の種類・破碎帯の状態など様々な条件によって変わってくると考えられるので、各断層についてのこれらの属性を調査する必要がある。

## （５）モデル作成全体に関して

### ① 深度方向の対象範囲

今回のモデルでは地下10 kmまでを対象としたが、この範囲が妥当なものかどうかを判断する材料は現在のところない。今後、深層での透水試験結果や解析シミュレーションの結果により、適当な対象範囲を選んでゆく必要がある。

## ② ブロックの分割

地形・水理地質構造モデルを表現するのに日本列島を便宜的に8つのブロックに分割したが、この境界が必ずしも地下水流動上の境界になるとは考えられない。地下水流動上の境界については、解析シミュレーションを行った後に再検討すべきである。

対象範囲の取り方が解析シミュレーションの結果に影響することがあるため、今回便宜的に分割したブロックごとのモデルを使って解析する際には、それぞれのブロックの範囲を互いにオーバーラップさせて解析を行う必要がある。

## ③ 地下水流動を支配する要素の選択について

本モデルでは地下水流動を支配する要因として地形および地質構造をとりあげた。この2つの条件以外にも、地下での温度分布や圧力分布（岩盤の圧力分布）などが地下水流動に関与することが考えられる。

## ④ 本モデルの限界

今回作成したのは、日本列島全域の地下10 kmまでの広い範囲を対象とするモデルである。よって、細部にわたる特性までを表わしきれものではない。例えば、微地形や小規模の透水性の分布は、局地的な地下水流動の上では重要な要素となるものであるが、本モデルでは表現されていない。このため、本モデルを用いた解析の結果には、局地的に見られる動水勾配の極大値などは現れてこない。しかし、大きなスケールで見たときの地下水流動の傾向は、おおむね妥当なものになると思われる。すなわち、本モデルは、日本列島全域の広域的な地下水流動系を把らえるためのものとして位置づけられる。

## 5. 3. 2 我国の地形・地質構造の体系的分類と海外との比較

非常に多様な我国の地形・地質構造をすべてにわたって網羅する事は、本来不可能である。そこで、一連の地形・水理地質構造モデルの作成と並行して、我国の水理地質構造にみられる特徴や傾向および各特性間の相関等を抽出し、サイトジェネリックなモデルの構築のための体系化を行う必要がある。

これらの体系化にあたっては、例えば、まず結晶質岩、堆積岩（または、8岩種）といった大分類のもとに、広域（数10 km～数100 km）、準広域（10 km程度）、サイトスケール（1～数 km）などを対象に、地形、水理地質、水系、断裂系、気象、

透水性といった特性を分類する方法が考えられる。

これらの成果と海外での事例との比較を行う事により、広域地下水流動の観点から、我国のおかれた地質環境を客観的に把らえる事ができる。

## 5. 4 境界条件の設定

### 5. 4. 1 境界条件の分類と今後の課題

境界条件は、地表境界、側方境界、底部境界および内部境界（注水、揚水等）に分類される。この他、特殊なものとして海岸付近における淡塩境界面がある。これらの境界条件の設定の仕方によって、解析結果は大きく左右される。限られた領域を対象とした地下水流動解析においては、原位置で得られた測定結果をもとにこれらの条件を設定することも可能であるが、広域を対象とする場合には、このようなデータを十分取得する事は困難である。

そこで、大局的な地下水流動（特に、処分場へのFluxの予測、主要流動方向、希釈水量の推定）を評価するという立場に立った、合理的な境界条件の設定法についてさらに検討を進める必要がある。これらの境界条件の設定を行う上で貴重なデータとして、水収支データおよび地下水位データがある。今後は、これらのデータを継続的に取得していく必要がある。

また、地層処分に関連して実施される地下水流動解析には、異なるスケールを対象とした複数のモデル（例えば、広域スケール、準広域スケール、サイトスケール）が用いられる事が多い。この時の各モデル間での境界条件の整合性についてはこれまであまり検討されておらず、今後の課題として残されている。

本年度は、我国の水収支についての基本的な調査を行ったが、以下においては、その過程で明らかになったいくつかの課題を挙げる。

### 5. 4. 2 水収支に関する検討課題

今年度の検討については、概略の水収支を知ることを目的に、既存の資料をもとにして、（年降水量－年実蒸発散量）の値を最大涵養量と仮称し、日本全国についての最大涵養利用分布図を作成した。また、水収支に係わる項目として、降

水量、蒸発散量、河川流量についての我が国の特徴について検討した。ここでは、水収支で検討した問題点と課題について以下に述べる。

#### (1) 水収支について

水収支式により、降雨量、河川流量、蒸発散量から涵養量を考えた場合、涵養量として負の値が生じる地域がある。この原因としては、河川流量、山地の降雨量、特に降雪量等の正確な資料がない為であると考えられる。したがって、より精度の高い水収支の検討を行うためには、不明確な項目をできる限り省略できるように領域、期間の選定や、正確な資料の入手が必要となる。また、領域の選定においては、地形・地質の特性を踏まえた検討が必要となる。

今回、河川流量については、既存資料より性能評価における希釈水量についての比較を実施したが、今後、希釈水量としての平均的な河川流量の推定方法を明らかにした上で検討していく必要がある。

#### (2) 最大涵養利用について

既存の降水量分布図と実蒸発散量分布図から、5 mm (40 km) メッシュ格子点から読み取った値の差から最大涵養量分布を作成した。このメッシュ間隔は便宜的なものであり、解析モデルの要素分割を踏まえて、必要とされるメッシュ間隔を再検討する事も必要と考えられる。また、降水量、実蒸発散量の読み値は、今回、等高線範囲の低値をとっており、この値の取り方の違いによる検討も必要と思われる。

### 5. 5 数値解析を行う上での問題点

近年、数値解析手法の進展はめざましいが、広域地下水流動解析については、解析事例も少なく、未だ解決されるべき課題が残されている。

特に、地下水流動を正確に把らえるためには、3次元解析が不可欠となっているが、解析コードの仕様(内挿関数、収束法、不飽和パラメータの取扱い、数値積分、マトリクスの解法等)やモデル化の仕方(薄層要素の影響等)によっては、

解析結果に違いが見られることも十分考えられる。そこで、複数の解析コードにより同じサイト（実データまたは代表データ）を対象とした解析を実施し、解析コードの精度評価を行うことも考えられる。

また、解析手法以外にも、地下水流動のモデル化にあたっては、大深度における水温や粘性の変化、Darcy則の適用性といった基本的な検討も行う必要がある。

## 5. 6 次年度の研究計画について

前節までに、地下水流動評価を行う上での問題点及び今後の課題を挙げたが、これらは短期間に解決されるものではない。

そこで、次年度以降においては、これらのうち重要度が高いもの、比較的早急に対応が可能であると思われる課題について取り組むことが考えられる。これらの研究課題としては以下のようなものが挙げられる。

### (1) 地表形状が地下深部の地下水流動に与える影響に関する数値解析的検討。

- ・ 理論的検討（既存文献資料による）
- ・ 2次元、3次元モデルによる検討

### (2) 本年度作成した地形・水理地質モデルの改良

- ・ 5. 3. 1 に記述
- ・ 我国における地形、水理地質環境の分類と体系化

### (3) 上記モデルを用いた全国を対象とした地下水流動解析

- ・ 中部地区については、一部実施済。
- ・ 同様の解析を日本全体を対象として実施し、我国の広域地下水流動の概要を明らかにする。

### (4) 水収支データの収集

- ・ 降雨量、蒸発量データの収集



- ・ 検証データとしてのトンネル恒常湧水量、河川流量、表面流出量データの収集

(5) 複数コードによる解析精度の比較、検討

- ・ 解析モデルの選定
- ・ 解析コードの選定
- ・ 解析結果の比較

これらの課題のうち、次年度において、どこに重点を置いて研究を行うかについては改めて討議する必要がある。