

JNC TJ7440 2002-007

# 地質環境の不均一性評価における 統計解析手法の適用性調査（その3）

（核燃料サイクル開発機構 契約業務報告書）

2002年3月

鹿島建設株式会社

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせください。

〒319-1184 茨城県那珂群東海村大字村松 4-49  
核燃料サイクル開発機構  
技術展開部 技術協力課

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:  
Technical Cooperation Section,  
Technology Management Division,  
Japan Nuclear Cycle Development Institute,  
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaragi-ken, 319-1184  
Japan

© 核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)  
2002

JNC TJ7440 2002-007

# 地質環境の不均一性評価における 統計解析手法の適用性調査（その3）

（核燃料サイクル開発機構 契約業務報告書）

2002年3月

鹿島建設株式会社

地質環境の不均一性評価における統計解析手法の適用性調査（その3）

（核燃料サイクル開発機構 契約業務報告書）

戸井田 克\*      須山 泰宏\*      塩釜 幸弘\*      升元 一彦\*  
阿部 泰典\*      古市 光昭\*\*

要 旨

東濃地科学センターにおける地層科学研究では、地質環境特性の調査・解析・評価手法を開発することを目的として、広域地下水流動研究、超深地層研究計画を進めている。これらの計画では、地表から地下深部に至る花崗岩中の地下水の流れを把握することが重要となる。そのための大きな課題は、できるだけ少ない調査量で高精度に地質環境を把握するための合理的な調査手法を確立することである。

本業務は、統計解析手法を用い、上記の合理的調査手法を確立するのに必要な定量的地質環境モデル構築方法の開発を目的としている。

平成13年度は、平成12年度の成果を受け、本手法の実用化を目指し、これまで東濃鉾山周辺で行われてきた調査結果を基に、一般的に想定される調査シナリオに沿って調査量と不確実性の関係を2次元地下水流動解析までを行い確認した。

1. ファジーメンバーシップを用い情報の信頼性を評価することにより、これまでの地質環境モデル構築方法では評価できなかった不確実性を示すことができた。
2. 本手法は、調査が進展し、地質構造に対する理解が進んでいることを、不確実性の低減という形で示すことができた。

---

本報告書は、鹿島建設株式会社が核燃料サイクル開発機構との契約により実施した業務成果に関するものである。

機構担当課室：東濃地科学センター 地層科学研究情報化グループ

\* 鹿島建設（株）技術研究所

\*\* 鹿島建設（株）建設総事業本部 原子力部

Application of Geostatistical Techniques to Spatial Heterogeneity  
Modeling of Geological Environment (Part III) ;  
A Technical Review

Masaru Toida\* , Yasuhiro Suyama \* , Yukihiro Shiogama \* ,  
Kazuhiko Masumoto \* , Yasunori Abe\* , and Mitsuaki Furuichi\*\*

Abstract

“Regional hydrogeological study” and “Mizunami Underground Research Laboratory” are conducted in “Geoscience studies” at Tono to develop site investigation techniques in geological environment. They study groundwater flow in granite from surface to deep underground. One of their important themes is to establish rational methodology to understand accurate geological conditions in required investigation quantity.

Objective of the study is to develop methodology of quantitative geological modeling with the geostatistical technique.

The author applied geostatistical techniques to evaluate the relationship between investigation quantity and uncertainty on common investigation scenario.

The following results have been obtained within the fiscal year 2001:

1. It is possible to estimate uncertainty of geological environment, which usual geological modeling can't do, by using fuzzy membership based on the reliability of information.
2. This method can estimate a decrease of uncertainty based on an increase of understanding of geology by the progress of investigation.

---

This work was performed by Kajima Corporation under contract with Japan Nuclear Cycle Development Institute.

JNC Liaison : Geoscience Research Integration and Dissemination Group, Tono  
Geoscience Center

\* : Kajima Technical Research Institute, Kajima Corporation

\*\* : Nuclear Power Department , Kajima Corporation

## 目 次

1. はじめに	1
2. 業務計画	2
2.1 件名	2
2.2 実施期間	2
2.3 実施機関	2
2.4 業務体制	2
3. 業務内容	3
3.1 地層科学研究の成果からの目的指向型プロジェクトの再構成	3
3.2 不確実性の評価	4
3.3 本研究における例題	5
3.4 検討の手順	6
3.4.1 当該領域の詳細な地下水流動に関する知識を得るために必要な情報	6
3.4.2 解析の手順及び不確実性の評価方法	9
4. 既存資料の整理及びデータセットの構築	11
4.1 業務対象領域	11
4.2 解析領域の設定	17
4.3 調査シナリオの構	19
4.4 データセットの構築	19
5. 地質構造及び水理地質構造モデルの構築	21
5.1 不確実性評価のためのインタビュー結果	21
5.1.1 広域	21
5.1.2 中域	23
5.1.3 小域	39

5.2	地質構造モデルの構築	43
5.3	水理地質構造モデルの構築	66
6.	地下水流動解析の実施	114
6.1	中域の解析	114
6.2	小域の解析	160
7.	本手法の適用性の評価及び課題の抽出	205
7.1	不確実性検討	205
7.2	本手法の適用性の評価	240
7.3	課題の抽出	241
8.	まとめ	242

巻末資料

## 表 目 次

表 2-1	担当者一覧
表 4-1-1	地質構造及び水理地質構造モデル構築に関連する既存情報
表 5.1.2-1	中域第一段階のインタビュー結果
表 5.1.2-2	中域第二段階のインタビュー結果
表 5.1.2-3	中域第三段階のインタビュー結果
表 5.1.2-4	中域第四段階のインタビュー結果
表 5.1.3-1	試錐孔 (TH - 4, 6, 7) 位置における各標高
表 5.1.3-2	新第三紀層の透水試験結果 (TH - 4, 6, 7)
表 6.1-1	変数一覧
表 6.1-2	小域の平均流速 (m/s log) の平均と分布
表 6.2-1	小域の平均流速 (m/s)、方向、到達時間の平均と標準偏差
表 7-1	変数の全体及び各事例の平均値



## 図 目 次

- 図 3.1-1 調査フローのイメージ図
- 図 3.2-1 不確実性の低減イメージ図
- 図 3.4-1 当該領域の詳細な地下水流動の知識を得るための情報フロー
- 図 3.4-2 ファジーメンバーシップを用いた不確実性評価イメージ
- 図 3.4-3 不確実性評価結果イメージ
- 図 4.1-1 本業務の対象領域（小域、中域、及び広域）
- 図 4.3-1 「領域・段階及び使用データ」と「表現する地質構造要素」
- 図 5.1.1-1 地形が地下水流動パターンに与える影響
- 図 5.1.2-1 中域対象領域（断面）図
- 図 5.1.2-2 中域イメージ図
- 図 5.1.3-1 断層の不確実性イメージ図
- 図 5.2-1 ファジーメンバーシップ $\mu$ とは？
- 図 5.2-2 中域第一段階、第四紀層の不確実性
- 図 5.2-3 中域第一段階、第四紀層最小の場合の第三紀層の不確実性
- 図 5.2-4 中域第一段階、第四紀層最大の場合の第三紀層の不確実性
- 図 5.2-5 中域第二段階、第四紀層の不確実性
- 図 5.2-6 中域第二段階、第三紀層の不確実性 ( $\mu=1$ )
- 図 5.2-7 中域第二段階、第三紀層最小の場合の基底礫層と風化花崗岩の不確実性 ( $\mu=1$ )
- 図 5.2-8 中域第二段階、第三紀層最大の場合の基底礫層と風化花崗岩の不確実性 ( $\mu=1$ )
- 図 5.2-9 中域第二段階、第三紀層の不確実性 ( $\mu=0$ )
- 図 5.2-10 中域第二段階、第三紀層最小の場合の基底礫層と風化花崗岩の不確実性 ( $\mu=0$ )
- 図 5.2-11 中域第二段階、第三紀層最大の場合の基底礫層と風化花崗岩の不確実性 ( $\mu=0$ )
- 図 5.2-12 中域第三段階、第四紀層の不確実性
- 図 5.2-13 中域第三段階、第三紀層の不確実性 ( $\mu=1$ )
- 図 5.2-14 中域第三段階、基底礫層と風化花崗岩の不確実性 ( $\mu=1$ )
- 図 5.2-15 中域第二段階、第三紀層の不確実性 ( $\mu=0$ )
- 図 5.2-16 中域第三段階、基底礫層と風化花崗岩の不確実性 ( $\mu=0$ )
- 図 5.3-1.1 中域第一段階の変数の分布 (1)
- 図 5.3-1.1 中域第一段階の変数の分布 (2)

図 5.3-1.1	中域第一段階の変数の分布 (3)
図 5.3-1.1	中域第一段階の変数の分布 (4)
図 5.3-1.1	中域第一段階の変数の分布 (5)
図 5.3-1.1	中域第一段階の変数の分布 (6)
図 5.3-1.1	中域第一段階の変数の分布 (7)
図 5.3-1.1	中域第一段階の変数の分布 (8)
図 5.3-1.1	中域第一段階の変数の分布 (9)
図 5.3-1.2	中域第二段階の変数の分布 (1)
図 5.3-1.2	中域第二段階の変数の分布 (2)
図 5.3-1.2	中域第二段階の変数の分布 (3)
図 5.3-1.2	中域第二段階の変数の分布 (4)
図 5.3-1.2	中域第二段階の変数の分布 (5)
図 5.3-1.2	中域第二段階の変数の分布 (6)
図 5.3-1.2	中域第二段階の変数の分布 (7)
図 5.3-1.2	中域第二段階の変数の分布 (8)
図 5.3-1.2	中域第二段階の変数の分布 (9)
図 5.3-1.2	中域第二段階の変数の分布 (10)
図 5.3-1.2	中域第二段階の変数の分布 (11)
図 5.3-1.3	中域第三段階の変数の分布 (1)
図 5.3-1.3	中域第三段階の変数の分布 (2)
図 5.3-1.3	中域第三段階の変数の分布 (3)
図 5.3-1.3	中域第三段階の変数の分布 (4)
図 5.3-1.3	中域第三段階の変数の分布 (5)
図 5.3-1.3	中域第三段階の変数の分布 (6)
図 5.3-1.3	中域第三段階の変数の分布 (7)
図 5.3-1.3	中域第三段階の変数の分布 (8)
図 5.3-1.3	中域第三段階の変数の分布 (9)
図 5.3-1.3	中域第三段階の変数の分布 (10)
図 5.3-1.3	中域第三段階の変数の分布 (11)
図 5.3-1.4	中域第四段階の変数の分布 (1)
図 5.3-1.4	中域第四段階の変数の分布 (2)
図 5.3-1.4	中域第四段階の変数の分布 (3)
図 5.3-1.4	中域第四段階の変数の分布 (4)
図 5.3-1.4	中域第四段階の変数の分布 (5)
図 5.3-1.4	中域第四段階の変数の分布 (6)

図 5.3-1.4	中域第四段階の変数の分布 (7)
図 5.3-1.4	中域第四段階の変数の分布 (8)
図 5.3-1.4	中域第四段階の変数の分布 (9)
図 5.3-1.4	中域第四段階の変数の分布 (10)
図 5.3-1.4	中域第四段階の変数の分布 (11)
図 5.3-2.1	新第三紀層の測定孔と断層の位置関係
図 5.3-2.2	断層による変位をもとの状態に修正
図 5.3-2.3	縦横比の変更
図 5.3-2.4	Experimental variogram の生成
図 5.3-2.5	フラクタルの生成
図 5.3-2.7	Kriging によるフラクタルの補正
図 5.3-2.8	縦横比の回復
図 5.3-2.8	断層による変位の再現
図 6.1-1.1	平均流速最小事例 (1)
図 6.1-1.1	平均流速最小事例 (2)
図 6.1-1.1	平均流速最小事例 (3)
図 6.1-1.2	平均流速最大事例 (1)
図 6.1-1.2	平均流速最大事例 (2)
図 6.1-1.2	平均流速最大事例 (3)
図 6.1-1.3	南方向への移動事例 (1)
図 6.1-1.3	南方向への移動事例 (2)
図 6.1-1.3	南方向への移動事例 (3)
図 6.1-1.4	下方向への移動事例 (1)
図 6.1-1.4	下方向への移動事例 (2)
図 6.1-1.4	下方向への移動事例 (3)
図 6.1-1.5	北方向への移動事例 (1)
図 6.1-1.5	北方向への移動事例 (2)
図 6.1-1.5	北方向への移動事例 (3)
図 6.1-1.6	上方向への移動事例 (1)
図 6.1-1.6	上方向への移動事例 (2)
図 6.1-1.6	上方向への移動事例 (3)
図 6.1-1.7	小域解析適用事例 (1)
図 6.1-1.7	小域解析適用事例 (2)
図 6.1-1.7	小域解析適用事例 (3)
図 6.1-2.1	第一段階、小域の平均流速 (m/s)

図 6.1-2.2	第二段階、小域の平均流速 (m/s)
図 6.1-2.3	第三段階、小域の平均流速 (m/s)
図 6.1-2.4	第四段階、小域の平均流速 (m/s)
図 6.1-3.1	中域第一段階 ( $\mu=1$ )、左到達度数、右到達範囲
図 6.1-3.2	中域第一段階 ( $\mu=0.5$ )、左到達度数、右到達範囲
図 6.1-3.3	中域第一段階 ( $\mu=0$ )、左到達度数、右到達範囲
図 6.1-3.4	中域第二段階 ( $\mu=1$ )、左到達度数、右到達範囲
図 6.1-3.5	中域第二段階 ( $\mu=0.5$ )、左到達度数、右到達範囲
図 6.1-3.6	中域第二段階 ( $\mu=0$ )、左到達度数、右到達範囲
図 6.1-3.7	中域第三段階 ( $\mu=1$ )、左到達度数、右到達範囲
図 6.1-3.8	中域第三段階 ( $\mu=0.5$ )、左到達度数、右到達範囲
図 6.1-3.9	中域第三段階 ( $\mu=0$ )、左到達度数、右到達範囲
図 6.1-3.10	中域第四段階 ( $\mu=1$ )、左到達度数、右到達範囲
図 6.1-3.11	中域第四段階 ( $\mu=0.5$ )、左到達度数、右到達範囲
図 6.1-3.12	中域第四段階 ( $\mu=0$ )、左到達度数、右到達範囲
図 6.1-4.1	中域第一段階方向別度数
図 6.1-4.2	中域第二段階方向別度数
図 6.1-4.3	中域第三段階方向別度数
図 6.1-4.4	中域第四段階方向別度
図 6.1-5.1	南側不透水境界、北側不透水境界(1)
図 6.1-5.1	南側不透水境界、北側不透水境界(2)
図 6.1-5.1	南側不透水境界、北側不透水境界(3)
図 6.1-5.2	南側不透水境界、北側固定水頭境界(1)
図 6.1-5.2	南側不透水境界、北側固定水頭境界(2)
図 6.1-5.2	南側不透水境界、北側固定水頭境界(3)
図 6.1-5.3	南側固定水頭境界、北側不透水境界(1)
図 6.1-5.3	南側固定水頭境界、北側不透水境界(2)
図 6.1-5.3	南側固定水頭境界、北側不透水境界(3)
図 6.1-5.4	南側固定水頭境界、北側固定水頭境界(1)
図 6.1-5.4	南側固定水頭境界、北側固定水頭境界(2)
図 6.1-5.4	南側固定水頭境界、北側固定水頭境界(3)
図 6.2-1.1	もとのモデル (縦横比 1:1、断層変位量 0m、均一透水場) (1)
図 6.2-1.1	もとのモデル (縦横比 1:1、断層変位量 0m、均一透水場) (2)
図 6.2-1.2	小域解析結果 (縦横比 1:2、断層変位量 0m、フラクタル透水場) (1)

- 図 6.2-1.2 小域解析結果 (縦横比 1:2、断層変位量 0m、フラクタル透水場)  
(2)
- 図 6.2-1.3 小域解析結果 (縦横比 1:2、断層変位量 30m、フラクタル透水場)  
(1)
- 図 6.2-1.3 小域解析結果 (縦横比 1:2、断層変位量 30m、フラクタル透水場)  
(2)
- 図 6.2-1.4 小域解析結果 (縦横比 1:10、断層変位量 0m、フラクタル透水場)  
(1)
- 図 6.2-1.4 小域解析結果 (縦横比 1:10、断層変位量 0m、フラクタル透水場)  
(2)
- 図 6.2-1.5 小域解析結果 (縦横比 1:10、断層変位量 30m、フラクタル透水場)  
(1)
- 図 6.2-1.5 小域解析結果 (縦横比 1:10、断層変位量 30m、フラクタル透水場)  
(2)
- 図 6.2-2 小域平均流速 (m/s) のヒストグラム
- 図 6.2-3.1 もとのモデル (縦横比 1:1、断層変位量 0m、均一透水場)
- 図 6.2-3.2 小域解析結果 (縦横比 1:2、断層変位量 0m、フラクタル透水場)
- 図 6.2-3.3 小域解析結果 (縦横比 1:2、断層変位量 30m、フラクタル透水場)
- 図 6.2-3.4 小域解析結果 (縦横比 1:10、断層変位量 0m、フラクタル透水場)
- 図 6.2-3.5 小域解析結果 (縦横比 1:10、断層変位量 30m、フラクタル透水場)
- 図 6.2-4 小域移動時間ヒストグラム
- 図 6.2-5.1 経過時間による到達範囲 (縦横比 1:2、断層変位量 0m) (1)
- 図 6.2-5.1 経過時間による到達範囲 (縦横比 1:2、断層変位量 0m) (2)
- 図 6.2-5.1 経過時間による到達範囲 (縦横比 1:2、断層変位量 0m) (3)
- 図 6.2-5.1 経過時間による到達範囲 (縦横比 1:2、断層変位量 0m) (4)
- 図 6.2-5.1 経過時間による到達範囲 (縦横比 1:2、断層変位量 0m) (5)
- 図 6.2-5.1 経過時間による到達範囲 (縦横比 1:2、断層変位量 0m) (6)
- 図 6.2-5.2 経過時間による到達範囲 (縦横比 1:2、断層変位量 30m) (1)
- 図 6.2-5.2 経過時間による到達範囲 (縦横比 1:2、断層変位量 30m) (2)
- 図 6.2-5.2 経過時間による到達範囲 (縦横比 1:2、断層変位量 30m) (3)
- 図 6.2-5.2 経過時間による到達範囲 (縦横比 1:2、断層変位量 30m) (4)
- 図 6.2-5.2 経過時間による到達範囲 (縦横比 1:2、断層変位量 30m) (5)
- 図 6.2-5.2 経過時間による到達範囲 (縦横比 1:2、断層変位量 30m) (6)
- 図 6.2-5.3 経過時間による到達範囲 (縦横比 1:10、断層変位量 0m) (1)
- 図 6.2-5.3 経過時間による到達範囲 (縦横比 1:10、断層変位量 0m) (2)

図 6.2-5.3	経過時間による到達範囲 (縦横比 1:10、断層変位量 0m) (3)
図 6.2-5.3	経過時間による到達範囲 (縦横比 1:10、断層変位量 0m) (4)
図 6.2-5.3	経過時間による到達範囲 (縦横比 1:10、断層変位量 0m) (5)
図 6.2-5.3	経過時間による到達範囲 (縦横比 1:10、断層変位量 0m) (6)
図 6.2-5.4	経過時間による到達範囲 (縦横比 1:10、断層変位量 30m) (1)
図 6.2-5.4	経過時間による到達範囲 (縦横比 1:10、断層変位量 30m) (2)
図 6.2-5.4	経過時間による到達範囲 (縦横比 1:10、断層変位量 30m) (3)
図 6.2-5.4	経過時間による到達範囲 (縦横比 1:10、断層変位量 30m) (4)
図 6.2-5.4	経過時間による到達範囲 (縦横比 1:10、断層変位量 30m) (5)
図 6.2-5.4	経過時間による到達範囲 (縦横比 1:10、断層変位量 30m) (6)
図 7-1.1	平均流速と各変数の相関 (1)
図 7-1.1	平均流速と各変数の相関 (2)
図 7-1.1	平均流速と各変数の相関 (3)
図 7-1.1	平均流速と各変数の相関 (4)
図 7-1.1	平均流速と各変数の相関 (5)
図 7-1.1	平均流速と各変数の相関 (6)
図 7-1.1	平均流速と各変数の相関 (7)
図 7-1.1	平均流速と各変数の相関 (8)
図 7-1.1	平均流速と各変数の相関 (9)
図 7-1.1	平均流速と各変数の相関 (10)
図 7-1.1	平均流速と各変数の相関 (11)
図 7-1.1	平均流速と各変数の相関 (12)
図 7-1.1	平均流速と各変数の相関 (13)
図 7-1.1	平均流速と各変数の相関 (14)
図 7-1.2	移動方向と各変数の相関 (1)
図 7-1.2	移動方向と各変数の相関 (2)
図 7-1.2	移動方向と各変数の相関 (3)
図 7-1.2	移動方向と各変数の相関 (4)
図 7-1.2	移動方向と各変数の相関 (5)
図 7-1.2	移動方向と各変数の相関 (6)
図 7-1.2	移動方向と各変数の相関 (7)
図 7-1.2	移動方向と各変数の相関 (8)
図 7-1.2	移動方向と各変数の相関 (9)
図 7-1.2	移動方向と各変数の相関 (10)
図 7-1.2	移動方向と各変数の相関 (11)

- 図 7-1.2 移動方向と各変数の相関 (12)
- 図 7-1.2 移動方向と各変数の相関 (13)
- 図 7-2 各事例の変数平均と母集団の変数平均の有意差
- 図 7-3 調査段階と第四紀層の断面積との関係
- 図 7-4 調査段階と新第三紀層の断面積との関係
- 図 7-5 調査段階と花崗岩（あるいは風化花崗岩）の上端深度との関係
- 図 7-6 調査段階と平均流速（平均及び標準偏差）との関係
- 図 7-7 調査段階と移動方向（平均及び標準偏差）との関係

## 1. はじめに

東濃地科学センターでは、土岐花崗岩およびそれを覆う瑞浪層群を対象に、地表から地下深部までの水理特性や地下水の地球化学特性を規制する地質構造を把握するために、各種の調査・検討を行っている。

これらの研究では、できるだけ少ない調査量で高精度に地質環境を把握するための合理的な手法を確立することを一つの大きな目標としている。一般に、岩盤のような不均一な媒体を動く地下水の挙動評価においては、それに従う不確実性が均質な媒体と比べて大きく、試錐の数などの調査量と調査結果の不確実性との関係の評価することが極めて重要である。この両者の関係を数学的に解析するための1つの方法に、統計的評価手法があり、これは地下に埋蔵する資源量の評価など他の分野において用いられてきている実績がある。

平成12年度、「地質環境の不均一性評価における統計解析手法の適用性調査（その2）」においては、2次元の地質環境の不均一性の具体的評価手法や手順を明確にするため、実際に東濃鉦山周辺の地質環境データによる例題演習を試みた。その結果、以下に示すとおり、概ね統計解析手法の理論体系を構築することができた。

- ① ハードデータ（実測で得られた透水係数）とソフトデータ（地質調査結果などに対するインタビュー結果）を用いて、ファジー理論を組み込んだ統計解析を行うことにより、地質環境の不均一性に付随した不確実性の大きさを定量的に示すことが可能である。
- ② 不確実性に関しては、ファジー変動幅とクリギング標準偏差を用いて定量化することが可能であり、今後の調査計画立案において、ファジー変動幅は調査手法の選定に、クリギング標準偏差は調査位置の選定に適用が可能である。

平成13年度は、平成12年度の成果を受け、本手法の実用化を目指し、これまで東濃鉦山周辺で行われてきた調査（衛星画像判読、空中写真判読、空中物理探査、地上物理探査、地表調査、試錐孔を用いた調査、東濃鉦山における調査試験研究など）を対象にデータセットを構築する。このデータセットを用いて、一般的に想定される調査シナリオに基づき、これまで構築された統計解析手法を適用し、調査量と不確実性の関係を把握する。平成13年度は、2次元地下水流動解析までを行って不確実性を確認する。



## 2. 業務計画

### 2.1 件名

「地質環境の不均一性評価における統計解析手法の適用性調査（その3）」

### 2.2 実施期間

平成13年11月5日～平成14年3月8日

### 2.3 実施機関

鹿島建設株式会社 技術研究所 土木技術研究部

〒182-0036 東京都調布市飛田給2-19-1 (TEL.0424-89-7081)

### 2.4 業務体制

業務の担当者を表2-1に示す。

表 2-1 担当者一覧

会社名	鹿島建設（株）
実施責任者	戸井田 克
実施担当者	須山 泰宏
研究業務担当	塩釜 幸弘
	升元 一彦
	阿部 泰典
	古市 光昭

### 3. 業務内容

#### 3.1 地層科学研究の成果からの目的指向型プロジェクトの再構成（手順の最適化の問題）

これまで東濃地域で実施されてきた地層科学研究は基盤研究としての位置づけを与えられてきたものである。したがって、ここで収集されたデータや情報は様々な目的に応じて取得されたものであり、極めて広範かつ多様なデータや情報（以下、地層科学研究による基盤的知識・情報ベースと呼ぶ）が得られている（図 3.1-1 左図参照）。

このことは、個別のデータや情報（他のサイトにおけるこれら個別成果の直接的な活用には限界がある場合も多い）のみを用いた場合よりも、より高い次元で、地層科学研究による基盤的知識・情報ベースを種々の応用分野において活用する可能性を示唆するものと考えられる。つまり、この基盤的知識・情報ベースを新たな観点から見直すことにより、別の目的を指向したプロジェクトを行っていたとすれば得られていたであろう情報や知識を網羅することが可能となっている（図 3.1-1 右図参照）。

例えば、地層科学研究による基盤的知識・情報ベースによって既に得られている「堆積岩中の古チャンネルの配置に関する知識」は、一般の環境汚染に対する評価や地層処分における性能評価では、高透水性領域を通じた物質移動のクリティカルパスの特定に関連して高い重要性を持つ。そこで、これらの分野におけるプロジェクトで、今後、空間的不均一性の把握という特定の目的を指向して調査を行う場合には、「どのようなデータをどのような順序で得ることが最も合理的なのか」を明らかにすることが重要な課題となる。そこで、このような観点から地層科学研究による基盤的知識・情報ベースに含まれる関連情報を見直して、必要な項目を明確化し、これらを取得するための調査あるいは試験行為を実際の時間的順序を入れ替えて再構成することによって、「もしも初めからこの目的の調査を行っていたとしたら、どのような調査フローが最適であったのか」を示すことによって、上記の問題に対する解答を見出すことができる。

はじめに述べたように、地層科学研究は基盤的研究である。しかしながら、多年にわたって積み上げられた情報は、その多様さと豊富さのために、いくつかの目的指向型のプロジェクトの今後の調査計画に関する上記のような重要課題への「答え」を既に含んでいるものと考えられる。つまり、具体的なプロジェクトを想定しつつ、地層科学研究による基盤的知識・情報ベースをレトロスペクティブに見つめなおすことによって、より高次の活用性の可能性が広がることが期待される。

地層科学研究における過去の調査フロー

目的指向プロジェクトのために

再構成された最適な調査フロー

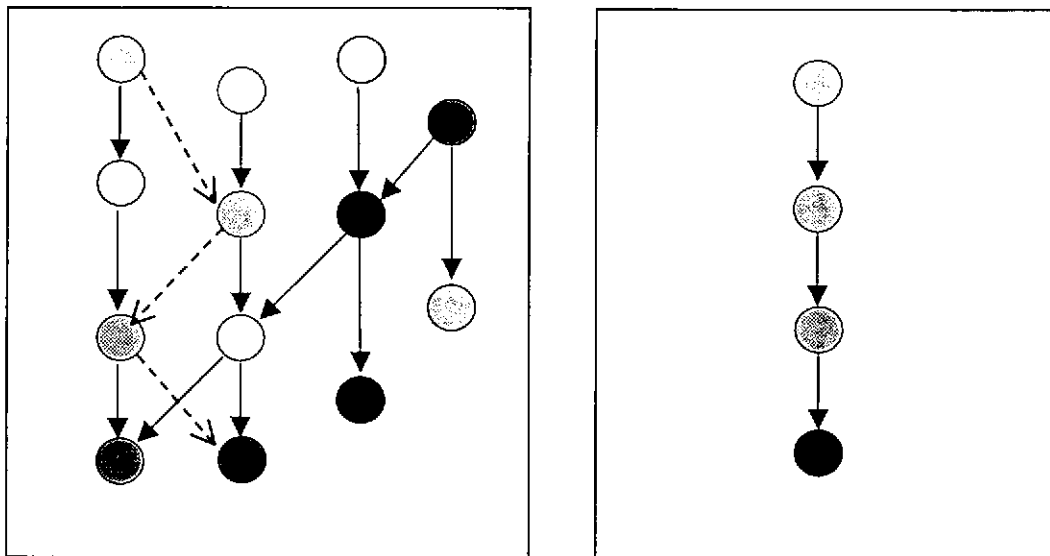


図 3.1-1 調査フローのイメージ図

### 3.2 不確実性の評価（質と量の最適化の問題）

地層科学研究による基盤的知識・情報ベースを活用するためのもう一つの重要な方向性が、不確実性の評価である。個々の目的指向型プロジェクトでは、目的に照らして最適な調査の手順を明確化することに加えて、「各段階でどの程度まで調査を行っておけば要求される基準を満足することができるのか」という課題に答えることも重要である。つまり、調査の手順に加えて、それぞれの段階で得るべきデータや情報の質と量についての最適化の指針が求められることとなる。この観点においても、地層科学研究による基盤的知識・情報ベースの中に答えを見出すことができる。例えば、岩盤透水性に関して言えば、多年にわたる地層科学研究の結果、東濃地域においては、種々のプロジェクトを実施する新たなサイトとは比較にならないほど多数のボアホールが存在しており、豊富な透水試験データに加えて、電気検層等によるソフトデータも充実している。また、堆積盆の形成過程等についての地史的な知見も十分に存在している。そこで、地層科学研究による基盤的知識・情報ベースによる現在の「不均一透水係数場中での地下水流動に関する詳細な知識」を得るために最低限必要な質と量のデータは何かという問題を設定し、再び、地層科学研究による基盤的知識・情報ベースを見つめなおしてやることによって、データの質と量という意味での最適化を試みる事が可能となる（図 3.2-1 参

照)。このような検討を行うにあたって、目標とする「知識」の価値を測る尺度が、そこに含まれる不確実性である。つまり、この観点においては、新たに取得するデータや情報の価値は、これらが「どの程度不確実性を低減させるか」という引き算によって評価されることとなる。

地層科学研究における実際の調査の進展と不確実性の低減

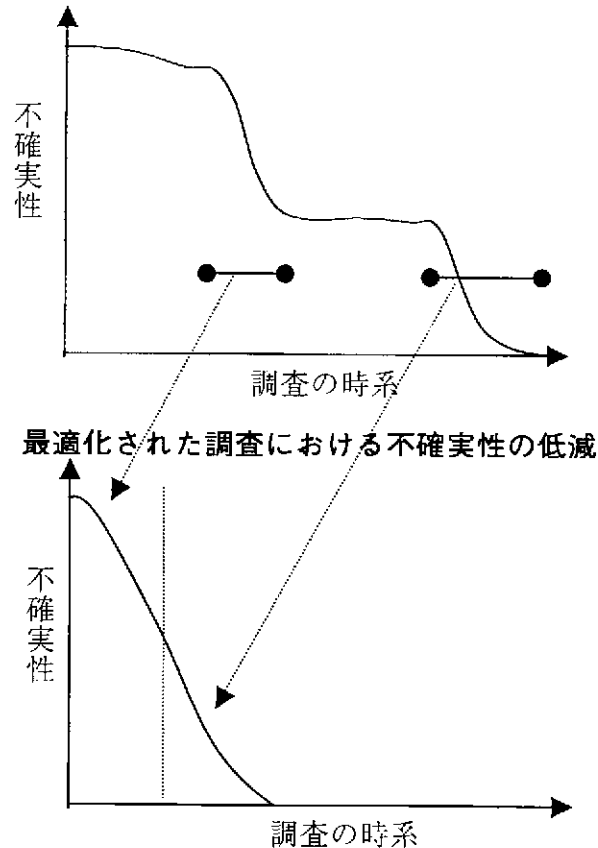


図 3.2-1 不確実性の低減イメージ図

### 3.3 本研究における例題

本研究では、例題として、東濃鉦山周辺の南北約 300 m x 鉛直約 300 m (TH-7, -4, -6 孔を含む断面、設定理由は 4.2 節参照) における詳細な地下水流動に関する知識を得ることを目的として設定し、この目的のために

- ① 必要なデータや情報を抽出し、
- ② これらのデータや情報を得るために最適と考えられる調査・試験の手順を明確化し、
- ③ 各段階での不確実性評価を通じて、個々のデータや情報の価値を定量化する

ことによって質及び量の観点からの調査計画の最適化を試みる。

なお、一般の汚染物質移動評価や地層処分性能評価においては、地下水の平均的流量とクリティカルパスにおける地下水流速・流向が重要であることから、詳細な地下水流動に関する知識として、具体的には

- ・ 領域内の地下水流量（算術平均）
- ・ 領域内での地下水最短移行時間
- ・ 最短経路の流動方向

を取り上げることとする。

### 3.4 検討の手順

#### 3.4.1 当該領域の詳細な地下水流動に関する知識を得るために必要な情報

当該領域における地下水平均流量、最短移行時間及び流動方向を知るためには、

- ・ 不均一透水係数場
- ・ 水理学的な境界条件（領域境界上での水頭分布）

についての情報が必要である。

まず、当該領域の不均一透水係数場については、

- ・ ボアホールにおける透水試験結果
- ・ 電気検層による比抵抗値及び透水係数との相関
- ・ 地史の理解、及び（探鉱用ボーリングも含めた）複数のボーリング孔におけるコア観察から推定される古チャンネル構造等

に基づき推定を行うことができるが、これらはそれぞれ用途と精度が異なることに注意を要する。

次に、水理学的な境界条件を特定するためには、当該領域を含む地下水循環系の自然な境界（山地の尾根部や河川、等）によって囲まれた広域の地下水流動状況を把握することが必要である。また、広域の地下水流動状況は、

- ・ 地形（DEM データ）
- ・ 基盤と堆積岩との不整合面の位置（地表で得られる情報の外挿、地史の理解、地表からの電磁探査、コア観察）
- ・ 大規模不連続構造（断層）の有無及び位置・方向（地表で得られる情報の外

挿、地史の理解、地表からの電磁探査、コア観察)

- ・ 堆積岩平均透水係数 (文献値全体の変動幅、透水試験結果、電気検層結果)
- ・ 基盤岩平均透水係数 (文献値全体の変動幅、透水試験結果)
- ・ 不整合面近傍 (基底礫及び風化部) 透水係数 (文献値全体の変動幅、地史の理解、透水試験結果、電気検層結果)
- ・ 断層透水あるいは遮水性 (文献値全体の変動幅、透水試験結果)

に依存するものと考えられる。ただし、括弧内は情報やデータソースである。

また、こうして推定される詳細な地下水流動状況については、

- ・ 地下水年代測定結果

との比較を行うことによって、さらに不確実性を低減することが可能と考えられる。

前述した当該領域の詳細な地下水流動に関する知識を得るために必要な情報を整理すると、図 3.4-1 のようになる。

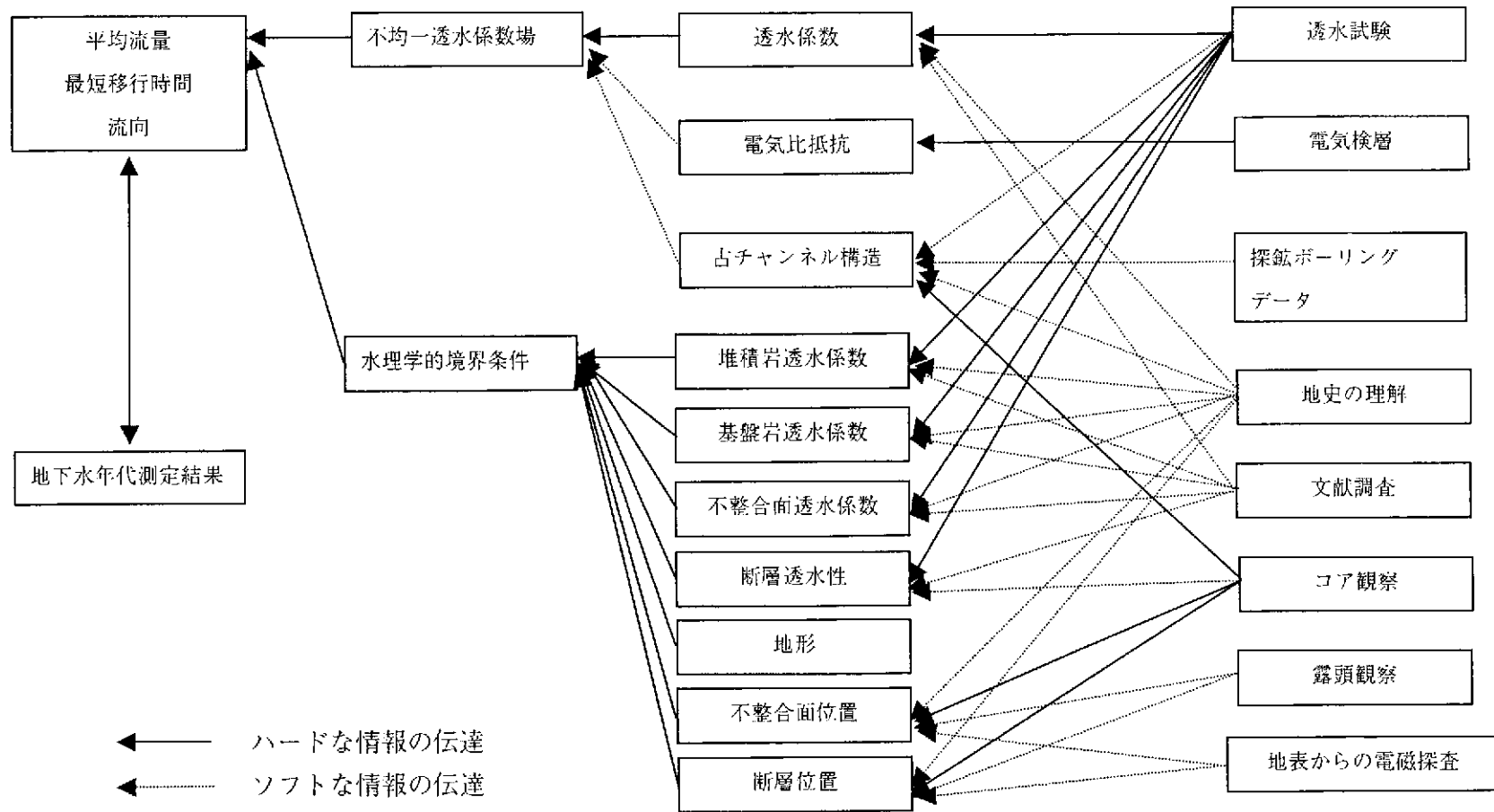


図 3.4-1 当該領域の詳細な地下水流動の知識を得るための情報フロー

### 3.4.2 解析の手順及び不確実性の評価方法

解析にあたっては、4章で示す中域の地下水流動解析（南北 6km 程度の鉛直断面により代表）を行った後に、この解析結果に基づき、該当する小領域（南北 300m 程度の鉛直断面）の水理学的な境界条件を設定することとする。また、中域及び小域における地質調査の進展に応じて、それぞれ段階を区分し、各段階において地下水流動解析及び不確実性解析を実施することとする。ただし、各段階における不確実性の程度を同じ尺度で比較することができるように、中域の地下水流動解析においても、当該小域における平均流量、最短移行時間及び流向を算出する。

中域の地下水流動解析においては、

- ・ 地質構造上の各境界位置
- ・ 各地質構造単位の平均透水係数

が主要な不確実性要因となる。これらは、不均一性に起因する統計的な性質のものではなく、いずれも本来は決定論的に定まるが、我々の知識の不足により不確かとなるものであるために、図 3.4-2 に示すように確率分布ではなくファジーメンバーシップ等の認知論的な方法で取り扱うことが必要である。

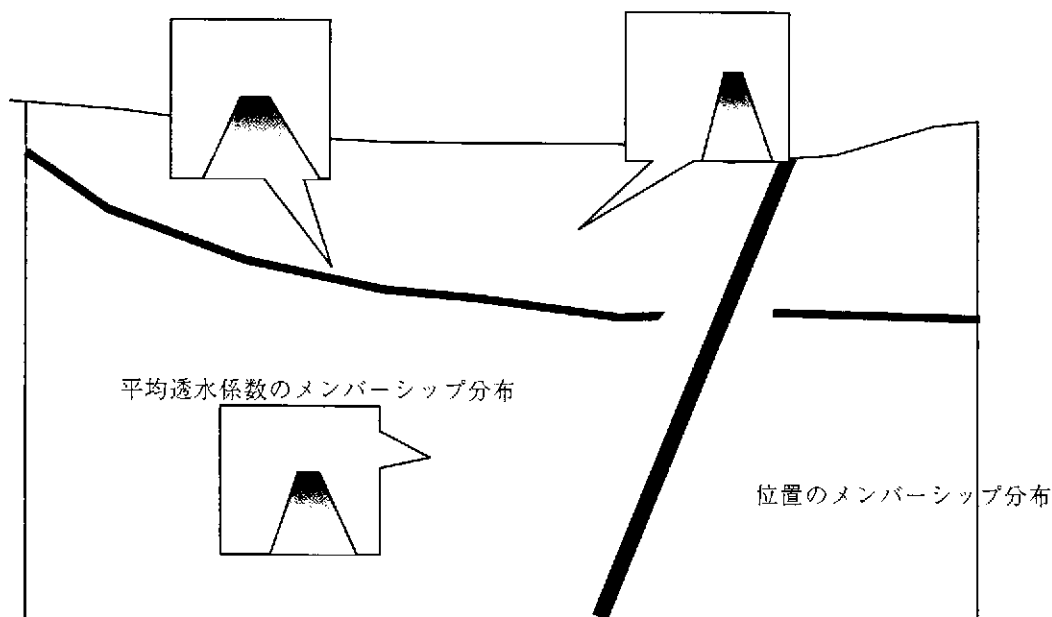


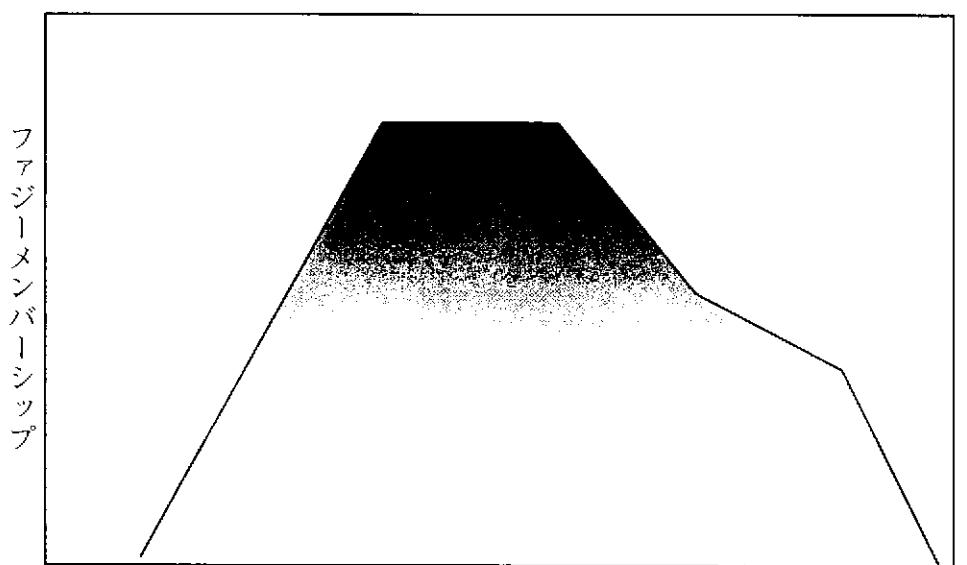
図 3.4-2 ファジーメンバーシップを用いた不確実性評価イメージ

他方、小域では、以下のような不確実性要因を考えることが必要となる。



- ・ 水理学的境界条件（中域解析の結果としてファジーメンバーシップとして与えられる）
- ・ 不均一透水係数

不均一透水係数に関する不確実性は、①地層自体の持つ不均一性という現象のランダムさによる要因と、②これを推定する際に必要な情報が限られていることに起因する認識論的な不確実性の両者を含むものである。そこで、後者②については、不均一性を表現する地球統計学的なバリオグラムモデルのパラメータ（例えば、自己アファインフラクタルモデルにおけるフラクタル次元や自己共分散、等）をファジーメンバーシップ分布として定義することにより表現し、前者①については、地球統計学的なシミュレーションにおいて多数のリアライゼーションを作成し、リアライゼーションのアンサンブル統計によって表現することとする。このため、この領域における詳細な地下水流動解析についての不確実性は全体として、統計的指標とファジー的な指標の両者を組み合わせた形で図 3.4-3 のようなイメージとして算出される。



解析対象量（平均流量、最短移行時間あるいは流向）の 90%信頼性区間

図 3.4-3 不確実性評価結果イメージ

#### 4. 既存資料の整理及びデータセットの構築

例えば、陸域活断層調査では、一般的に既存資料調査、空中写真判読、現地調査の手順で実施されており、このような一般的に想定される調査シナリオに基づき、東濃鉾山周辺において調査量と地下水流動に係わる不確実性の関係を把握するために、①既存資料の整備、②解析領域の設定、③調査シナリオの構築、及び④データセットの構築を実施した。これらの結果は、5章で実施する地質構造及び水理地質構造モデル構築に資する情報となる。

##### 4.1 既存資料の整備

既存資料の整備は、JNC 東濃地科学センターの研究実施領域を主対象に、既存文献(地質図、地形図等)やこれまで東濃鉾山周辺で行われてきた調査(リモートセンシング判読、空中写真判読、空中物理探査、地表地質踏査、地上物理探査、水文調査、ボーリング調査等)について情報収集し、地質構造及び水理地質構造モデル構築に関連する既存情報を表 4.1-1 に整理した。情報の収集・整理に関しては、以下に示す考えに基づいて実施した。

- (1) 一般的に想定される調査シナリオ(既存資料調査、空中写真判読、現地調査等)に基づいて行うため、既存資料については全国各地で取得できそうなものを含んでいる。
- (2) 調査シナリオにおける原位置調査結果については、実際に JNC 東濃地科学センターが取得した生データを含む情報(JNC 資料)を用いることとした。
- (3) 3.3 節で示したとおり、本研究では、例題として東濃鉾山周辺の南北約 300 m x 鉛直約 300 m (TH-7, -4, -6 孔を含む断面)における詳細な地下水流動に関する知識を得ることを目的として設定したため、同断面に含まれない地下深部の情報を有する 1,000m 級試錐孔については、対象外とした。

また、表 4.1-1 には 4.2 節で検討した対象領域も示した。

表4.1-1 地質構造及び水理地質構造モデル構築に関連する既存情報

No.	年	対象領域	JNC資料番号	タイトル	実施会社	地質構造・水理地質構造等に関する主な成果
1	1970	広域	-	岐阜県地質産図 縮尺1/150,000	岐阜県	岐阜県全域を対象として、主に地質分布と鉱山の位置について図示。活断層も示されている。
2	1972	広域	-	1/20万地質図「豊橋」	地質調査所	「豊橋」における地質図。
3	1974	広域	-	中部地方領家帯地質図 縮尺1/200,000	地質調査所	「領家帯」の地質分布を表すための地質図であり、花崗岩・濃飛流紋岩・変成岩類の分布についての比較的新しい地質図。
4	1977	広域	-	可児盆地の地質図	吉田	可児盆地の宅地開発に伴う調査の結果から、主として盆地南部の中新統の分布を対象に図示。
5	1980	広域	-	瑞浪地域の地質、瑞浪市化石博物館専報、No.1 縮尺1/25,000	糸魚川淳二	今回の対象領域の東部をカバーする比較的詳細な地質図。
6	1989	小域	PNC TJ7449 89-001	立坑掘削影響試験のための水理事前調査(Ⅰ)	清水建設株式会社 鹿島建設株式会社 大成建設株式会社 株式会社大林組	東濃鉱山周辺の各地層の透水性を把握。
7	1990	小域	PNC TJ7449 90-002	立坑掘削影響試験のための水理事前調査(Ⅱ)	清水建設株式会社 鹿島建設株式会社 大成建設株式会社 株式会社大林組	東濃鉱山周辺の各地層の透水性を把握。
8	1990	広域	-	1/20万地質図「飯田」	地質調査所	「飯田」における地質。改訂版であり、最新の地質解釈に基づいて図示。
9	1990	広域	JNC TJ7440 2000-028	中部地方における広域地質環境評価のための断裂系調査	アジア航測(株)	東濃地域50×50kmを含む広域のリニアメント判読。1/4万の航空写真を使用し、地形的な断層変位地形の識別により活断層・地質断層にあたるリニアメントを図示。
10	1991	中域	JNC TJ7440 2000-029	表層水理現地調査に基づく水理地質構造の解析	アジア航測(株)	既存文献と探鉱ボーリング資料等に基づく、当地域の地質概要整理と鉱山周辺(1×2km)の断面図、4km四方の地質構造モデル図作成。
11	1992	中域	PNC TN7410 92-001	多変量統計解析手法を用いた結晶質岩盤の割れ目解析	動力炉・核燃料開発事業団 中部事業所 尾方伸久 大澤英昭 仙波 毅 柳澤孝一	多変量解析手法を用い、各割れ目特性とその透水係数との関係を明示。
12	1992	広域 中域 小域	PNC TN7410 92-015	我が国における地盤の透水性に関する調査・研究(その1)	動力炉・核燃料開発事業団 中部事業所 柳澤孝一 古屋和夫 大澤英昭 若松尚則 梅田浩司	地表から深度1,000m付近までの地盤における透水係数についての文献調査結果。
13	1992	小域	PNC TN7410 92-052	立坑掘削影響試験ワークショップ -発表論文集-	動力炉・核燃料開発事業団 中部事業所	岐阜県土岐市にある東濃鉱山を対象にした、①新第三系の堆積岩中での立坑掘削に伴う地質環境に対する定量的影響評価結果、②掘削影響評価についての既存計測・解析手法の有効性評価結果。
14	1993	中域	PNC TJ7361 93-001	広域地下水流動に関する研究(その5)	アジア航測(株)	10×10km範囲内の花崗岩露頭における詳細割れ目調査。小流域単位の地質調査(水文調査対象流域として)。
15	1994	広域	PNC TJ7361 94-002	東濃地域を対象としたリニアメント調査(その1)	アジア航測(株)	従来の判読調査結果に、SPOT衛星画像のリニアメント判読を追加し、画像間の抽出結果を比較。対象エリアは断層に囲まれた20×20km。その中を、既知の断層やリニアメント特性(方向・密度)・地形等に基づき、10のブロックに細分。
16	1994	中域	PNC TJ7361 94-003	東濃地域を対象とした表層水理調査(その1)	アジア航測(株)	鉱山・正馬周辺の7×8km範囲での地質情報整理と、不整合面のデジタル(コンター)表示にデータ作成。
17	1995	中域	JNC TJ7440 2001-004	東濃地域を対象とした表層水理調査(その2)	アジア航測(株)	従来の7×8km範囲に北東側も追加し、日吉川流域をカバーするエリアでの地表踏査・詳細割れ目調査を実施。1/10,000地質図作成。
18	1997	広域	PNC TJ7361 97-002	東濃地域を対象とした地質文献調査	アジア航測(株)	東濃および周辺エリアの地形・地質・水理地質等の既存文献を収集・整理。2種の地質図(鉱産資源図(1/15万)と糸魚川地質図(1/5万))をコンパイルし、約25×25km範囲の1/5万地質図を作成。約35×35kmのリニアメント判読図コンパイルも。
19	1997	中域	JNC TJ7440 2000-027	概査領域を対象とした地質構造調査	アジア航測(株)	土岐花崗岩の分布エリア(10×10km)を対象に、分布範囲の把握と岩体内の岩質変化・割れ目特性等の記載のために現地踏査。1/10,000の地質図にとりまとめ。

No.	年	対象領域	JNC資料番号	タイトル	実施会社	地質構造・水理地質構造等に関する主な成果
20	1998	中域	JNC TJ7440 2000-001	地表地質および水圧調査	アジア航測㈱	上記「概査領域～」の追加調査として、土岐花崗岩体内の割れ目構造調査(露頭レベルの割れ目記載、その推定断層との比較など)や、岩質区分など。
21	1998	広域	PNC TJ7718 98-001	固定翼機を用いた空中磁気調査	日鉄鉱コンサルタント株式会社	空中磁気探査を実施。対象となる地質間の磁化率のコントラストが全体的に乏しいが、概ね表層地質を反映した結果を取得。
22	1999	広域	-	1:1,000,000日本重力図(ブーゲー異常)	産業技術総合研究所 地質調査総合センター	日本の重力図(ブーゲー異常)。
23	1999	広域	-	1:2,000,000日本の磁気図	産業技術総合研究所 地質調査総合センター	日本の磁気図。
24	1999	中域	JNC TJ7420 99-008	ヘリコプターによる空中物理探査	株式会社エースヘリコプター	空中磁気探査、空中電磁探査、空中自然放射線探査を実施。空中電磁探査結果より、花崗岩上面の古河川跡(チャンネル構造)を把握。
25	1999	中域	JNC TJ7420 99-007	電磁法による地上物理探査	地熱技術開発株式会社	地上電磁探査を実施することにより、基盤岩である花崗岩を覆っている第四紀の堆積層の構造を把握。
26	2000	中域	JNC TN7400 2000-014	広域地下水流動研究の現状 平成4年度～平成11年度	核燃料サイクル開発機構 東濃地科学センター	岐阜県土岐市にある東濃鉱山及びその周辺域を研究開発の場とした「広域地下水流動研究」の現状
27	2001	中域	JNC TN7400 2001-001	超深地層研究所計画の現状 平成8年度～平成11年度	核燃料サイクル開発機構 東濃地科学センター	①地質環境の総合的な調査技術を確立すること、②深部の地質環境に関する情報を取得すること。及び③深地層における工学的技術の基礎を開発することを目標とした「超深地層研究所計画」の現状

## 4.2 解析領域の設定

既存資料の整備結果を基に、解析領域の設定を行った。基本的な考え方は、先ず、評価対象領域として小域を設定した。次に、不均一透水係数場中での地下水流動に関する詳細な知識を得るために、その評価対象領域である小域の水理学的境界条件を設定できる領域として中域を選定した。最後に、中域の設定の妥当性を確認するために広域を設定した。4.3 節で述べるが調査シナリオにおいては、小域を評価するために広い領域から順にスケールダウンすることを想定している。

小域は、3.3 節に示したとおり、例題として「東濃鉦山周辺の南北約 300 m x 鉛直約 300 m (TH-7, -4, -6 孔を含む断面)」とした。東濃鉦山周辺を評価対象領域（堆積岩が評価主体母岩）として選定した理由は、以下の 2 点である。

- (1) 本研究は、調査量と不確実性の関係を把握することが目的であるため、評価対象領域には、多くの情報が存在することが要求されている。
- (2) 平成 12 年度までの研究で構築した本統計解析手法は、堆積岩において適用性が確認されている。

中域は、小域を含んだ 1 つの地下水流動系であることが望まれる。既存資料（東濃地科学センター、2000、表 4.1-1、26）からは、小域を含む地下水流動系として、北側（尾根部）が涵養域で、南側（土岐川）が流出域となる一つの地下水流動系（南北約 6km 程度）があることが示されている。この領域を用いれば、水理学的境界条件を設定することができる。よって、この領域を中域とした。

広域は、中域の①水理境界条件の設定及び②地質学的区分の評価に寄与できる領域とした。既存資料（東濃地科学センター、2000、表 4.1-1、26）から、中域を包括する約 30km 四方の領域は、①地下水流動解析が実施されている、②リニアメント判読の結果から地質構造発達史においても同一視できる領域である。よって、この領域を広域とした。

東濃鉦山周辺を対象とした小域（約 300m 四方）、小域を含む尾根と河川により囲まれた中域（約 6km×4km）、中域を包括する広域（約 30km 四方）を、図 4.1-1 に示す。



図 4.1-1 本業務の対象領域（小域、中域、及び広域）

### 4.3 調査シナリオの構築

本研究においては、既存資料に基づき、一般的に想定される調査シナリオ（既存資料調査、空中写真判読、現地調査等）と各調査のステップ（概査、詳査等）の設定を行う。調査シナリオと各調査のステップの設定においては、実際に行われた調査項目及び調査順序にこだわらずに、一般的に想定されるものとする。これらは、4.2 節で設定した領域に基づき行うものとする。

#### (1) 広域

広域は、中域の妥当性を確認するため文献調査とし、次段階である中域の①水理境界条件の設定及び②地質学的区分の評価に寄与する情報を整理することとした。

#### (2) 中域

中域は、次の考えに基づき、4段階を考慮することとした。まず、既存資料調査の観点で第一段階は、①文献調査とする。次に、地質構造の把握という観点で、第二段階は、現地調査として②地表地質踏査とする。そして、第三段階は、詳細な現地調査として試錐孔（1本）を用いた調査の③地質学的情報のみとし、第四段階は、試錐孔（1本）を用いた調査の④水理学的情報の付加とした。

#### (3) 小域

小域は、より詳細な現地調査として試錐孔（2本）を用いた調査（地質学的情報及び水理学的情報）とした。

上記のように設定した調査シナリオと各調査のステップで具体的に適用する情報を整理した結果を図 4.3-1 に示す。同図には、合わせて表現する地質構造要素も示した。

### 4.4 データセットの構築

データセットの構築は、上記の調査シナリオ、各調査のステップ及び解析の領域に応じて、情報を厳選し実施した。このデータセット（水理学的情報、地質学的情報(幾何学形状)）は、巻末に載せた。ただし、地質学的情報(幾何学形状)に関するデータセットは、地質図がベースとなるため、不確実性のインタビュー結果を中心に整理した。

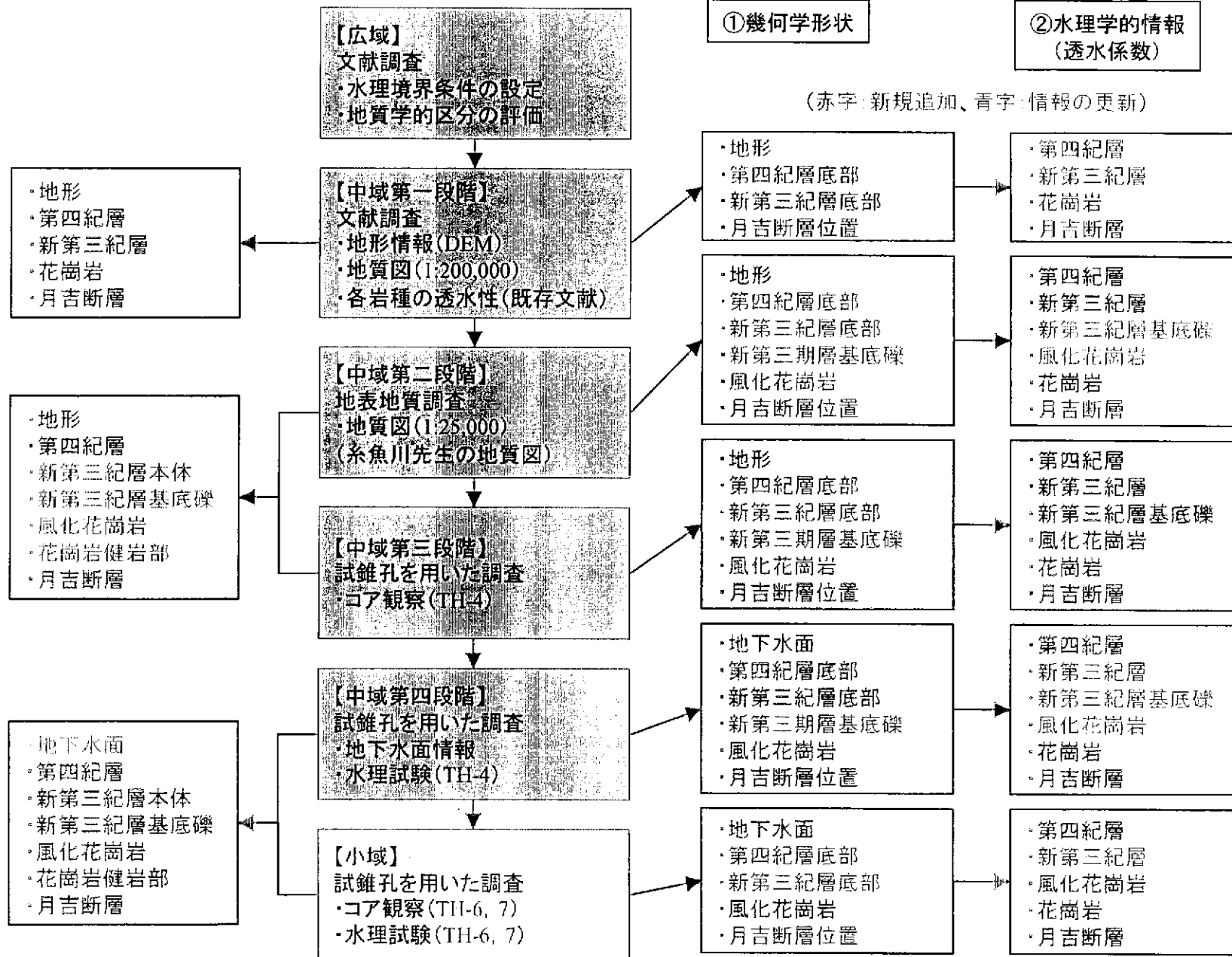


図4.3-1 「領域・段階及び使用データ」と「表現する地質構造要素」



## 5. 地質構造及び水理地質構造モデルの構築

本章では、取得している情報の量・質に基づき、地質図のコンセプトや測定誤差等、想定される様々な不確実性を考慮した形で地質構造モデル及び水理地質構造モデルを構築した。具体的に広域では、地質構造及び水理地質構造モデルを評価し中域に寄与するデータを整理した。中域及び小域では、地質構造及び水理地質構造モデルを構築し、地下水流動解析に資する情報を整備した。構築した各モデルの不確実性評価は、ファジー理論により行うため、それぞれに含まれる不確実性については、メンバーシップを用い評価することとした。

### 5.1 不確実性評価のためのインタビュー結果

4章で想定した各調査のステップにおいて、想定される様々な不確実性を考慮した形で地質構造及び水理地質構造モデルを構築するためには、それらに含まれる不確実性を事前に評価しておく必要がある。不確実性については、ファジー理論を用いるため、メンバーシップの形状で定義する。メンバーシップの設定は、専門家にインタビューをして行った。特に、メンバーシップ設定時には、設定根拠を明らかにし、その内容を記述した。詳細な設定根拠については、巻末資料に載せた。

#### 5.1.1 広域段階

広域（約30km四方）の役割は、次段階である中域の①水理境界条件の設定及び②地質学的区分の評価に寄与することである。よって、①②に対する既存情報の整理結果を以下に示す。

##### (1) 水理境界条件の設定

既存情報である東濃地域を対象とした広域地下水流動解析（東濃地科学センター、2000、表 4.1-1、26）において中域は、北側（尾根部）が涵養域で、南側（土岐川）が流出域となる一つの地下水流動系であることが示されている。よって、中域の地下水流動解析において、この流動系（図 5.1.1-1 の A 参照）を模擬するためには、中域の北側、南側及び底部を不透水境界に設定することが望ましい。ただし、既存情報が有する不確実性を評価するために、中域の北側及び南側両方が地下水面（静水圧）に応じた透水（固定水頭）境界のケース（図 5.1.1-1 の C 参照）と、中域の片側が不透水境界、もう片側が地下水面（静水圧）に応じた透水（固定水頭）境界のケース（図 5.1.1-1 の B,D 参照）も考慮することとした。

(南)

(北)

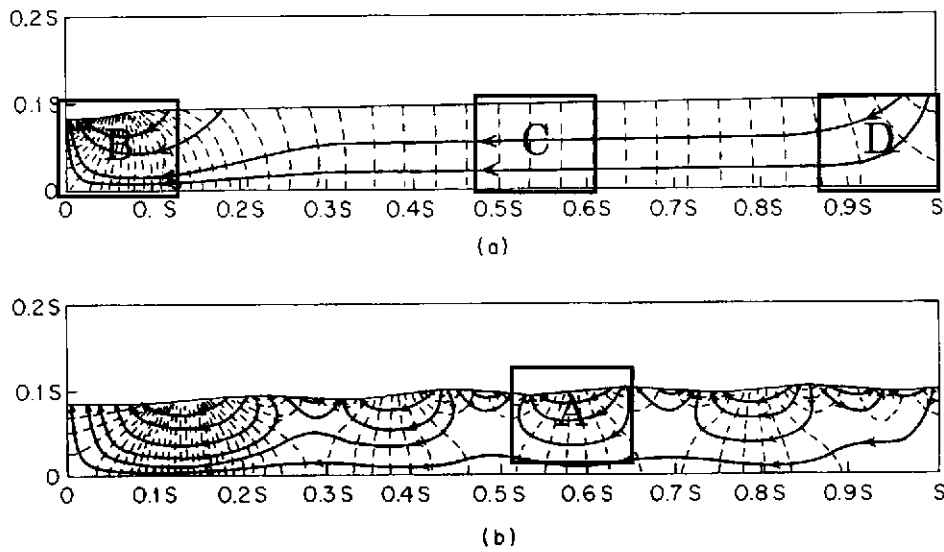


Figure 6.2 Effect of topography on regional groundwater flow patterns (after Freeze and Witherspoon, 1967).

図 5.1.1-1 地形が地下水流動パターンに与える影響

(R. Freeze and J. Cherry、1979 に加筆)

## (2) 地質学的区分の評価

東濃地域のリニアメント判読を行い、活断層によって区分された領域ごとに判読されたリニアメントの分布特性を比較し、それぞれの領域ごとにリニアメントの卓越方向などの分布特性が異なっていることが明らかになっている（東濃地科学センター、2000、表 4.1-1、26）。リニアメントが断層や割れ目などの不連続構造を反映していると仮定すれば、活断層に囲まれる領域ごとに広域的な応力状態が異なる可能性があるため、地質構造発達史などを考える上で、これらの領域が1つの評価単位に成りえるものと考えられる。今回対象とする広域は、この検討において対象となっている一つの領域に含まれているため、地質構造発達史においても同一視できる領域であると考えた。

### 5.1.2 中域

中域においては、調査手順を考慮し4段階に区分している。以下、それぞれに関し示す。

#### (1) 領域（断面）

中域の領域（断面）は、以下のものを用いた。

- ・南北 5200m（基点は国家第Ⅶ系で-70660m）  
（実際は、地質構造要素との関係を考慮し 5950m までとした。）
- ・東西は東濃鉦山を通る断面（国家第Ⅶ系で 4910m）
- ・北側は尾根、南側は河川（土岐川）
- ・深度 GL-3000m程度まで

中域対象領域（断面）図を図 5.1.2-1 に、インタビューに用いた中域イメージ図を図 5.1.2-2 に示す。

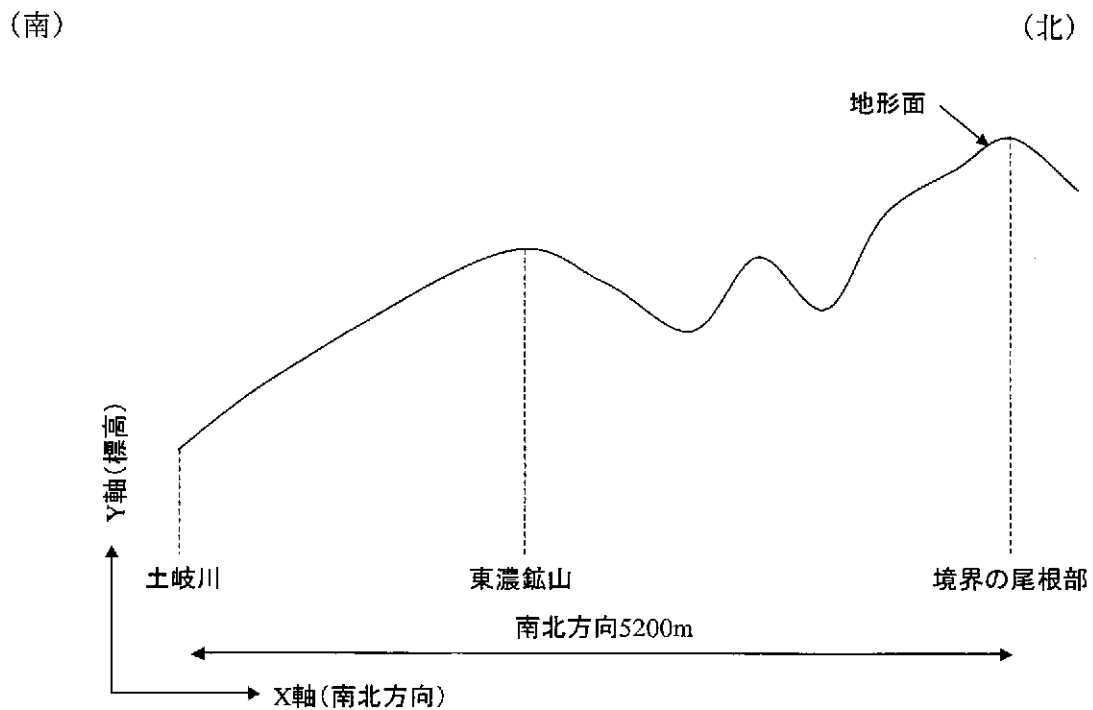


図 5.1.2-1 中域対象領域（断面）図

## (2) 中域第一段階

### ① 表現する地質構造要素

中域の第一段階では、以下の地質構造要素を表現した。

- ・地形
- ・第四紀層：Q
- ・新第三紀層：T (TB を含む)
- ・花崗岩：Gr (GW を含む)
- ・月吉断層

### ② インタビュー項目及び結果（幾何学形状）

幾何学形状のインタビュー項目及び結果を、以下と表 5.1.2-1 に示す。

- ・地形（地下水面と同じ）：DEM（50m ピッチ）情報にて線形補間
- ・第四紀層底部：4点での区分線形近似
- ・新第三紀層底部：3点を繋ぐ放物線近似
- ・断層位置：傾斜直線近似

### ③ インタビュー項目（水理学的情報）

水理学的情報のインタビュー項目及び結果を、以下と表 5.1.2-1 に示す。

- ・第四紀層の透水係数
  - ・新第三紀層の透水係数
  - ・花崗岩の透水係数
  - ・月吉断層の透水係数
- ：新第三紀層と花崗岩内で区分、断層の透水性はテンソルで
- ・境界条件：5.1.1 の①で示したとおり、4ケース考慮

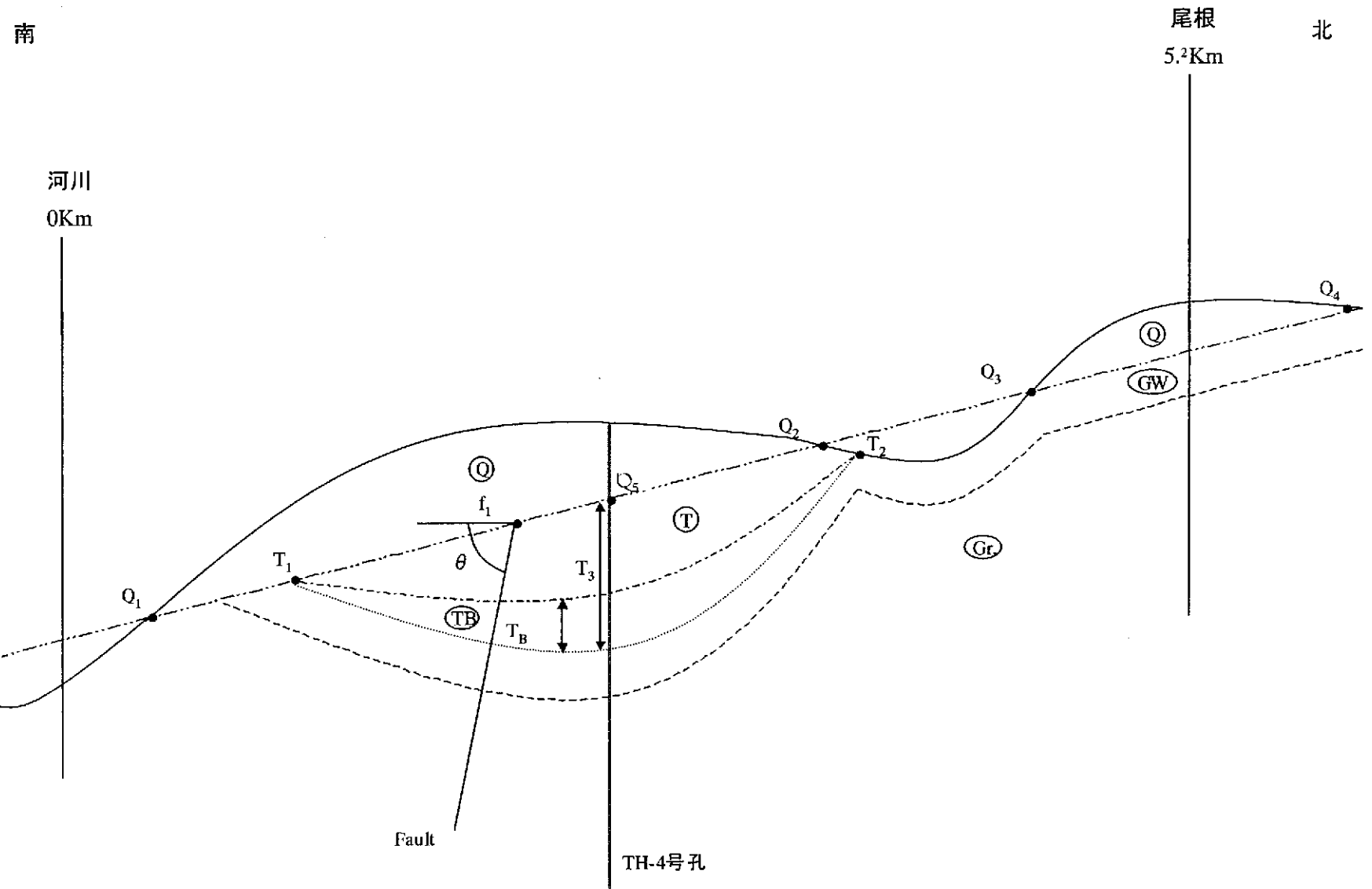


図 5.1.2-2 中域イメージ図

### (3) 中域第二段階

#### ① 表現する地質構造要素

中域の第二段階では、以下の地質構造要素を表現した。

- ・ 地形
- ・ 第四紀層：Q
- ・ 新第三紀層本体：T
- ・ 新第三紀層基底礫：TB
- ・ 風化花崗岩：GW
- ・ 花崗岩健岩部：Gr
- ・ 月吉断層

#### ② インタビュー項目及び結果（幾何学形状）

幾何学形状のインタビュー項目及び結果を、以下と表 5.1.2-2 に示す。

- ・ 地形（地下水面と同じ）：DEM（50m ピッチ）情報にて線形補間
- ・ 第四紀層底部：4点での区分線形近似
- ・ 新第三紀層底部：3点を繋ぐ放物線近似
- ・ 新第三紀層基底礫：三日月形状近似
- ・ 風化花崗岩：一定厚
- ・ 断層位置：傾斜直線近似

#### ③ インタビュー項目（水理学的情報）

水理学的情報のインタビュー項目及び結果を、以下と表 5.1.2-2 に示す。

- ・ 第四紀層の透水係数
- ・ 新第三紀層本体の透水係数
- ・ 新第三紀層基底礫の透水係数
- ・ 風化花崗岩の透水係数
- ・ 花崗岩健岩部の透水係数
- ・ 月吉断層の透水係数

：新第三紀層と花崗岩内で区分、断層の透水性はテンソルで

- ・ 境界条件：5.1.1の①で示したとおり、4ケース考慮

#### (4) 中域第三段階

##### ① 表現する地質構造要素

中域の第三段階では、以下の地質構造要素を表現した。

- ・ 地形
- ・ 第四紀層：Q
- ・ 新第三紀層本体：T
- ・ 新第三紀層基底礫：TB
- ・ 風化花崗岩：GW
- ・ 花崗岩健岩部：Gr
- ・ 月吉断層

##### ② インタビュー項目及び結果（幾何学形状）

幾何学形状のインタビュー項目及び結果を、以下と表 5.1.2-3 に示す。

- ・ 地形（地下水面と同じ）：DEM（50m ピッチ）情報にて線形補間
- ・ 第四紀層底部：5点での区分線形近似、Q5 固定
- ・ 新第三紀層底部：3点を繋ぐ放物線近似、TH-4 で厚さ固定
- ・ 新第三紀層基底礫：三日月形状近似
- ・ 風化花崗岩：一定厚
- ・ 断層位置：傾斜直線近似

##### ③ インタビュー項目（水理学的情報）

水理学的情報のインタビュー項目及び結果を、以下と表 5.1.2-3 に示す。

- ・ 第四紀層の透水係数
- ・ 新第三紀層本体の透水係数
- ・ 新第三紀層基底礫の透水係数
- ・ 風化花崗岩の透水係数
- ・ 花崗岩健岩部の透水係数
- ・ 月吉断層の透水係数
- ：新第三紀層と花崗岩内で区分、断層の透水性はテンソルで
- ・ 境界条件：5.1.1 の①で示したとおり、4 ケース考慮

## (5) 中域第四段階

### ① 表現する地質構造要素

中域の第四段階では、以下の地質構造要素を表現した。

- ・ 地下水面
- ・ 第四紀層：Q
- ・ 新第三紀層本体：T
- ・ 新第三紀層基底礫：TB
- ・ 風化花崗岩：GW
- ・ 花崗岩健岩部：Gr
- ・ 月吉断層

### ② インタビュー項目及び結果（幾何学形状）

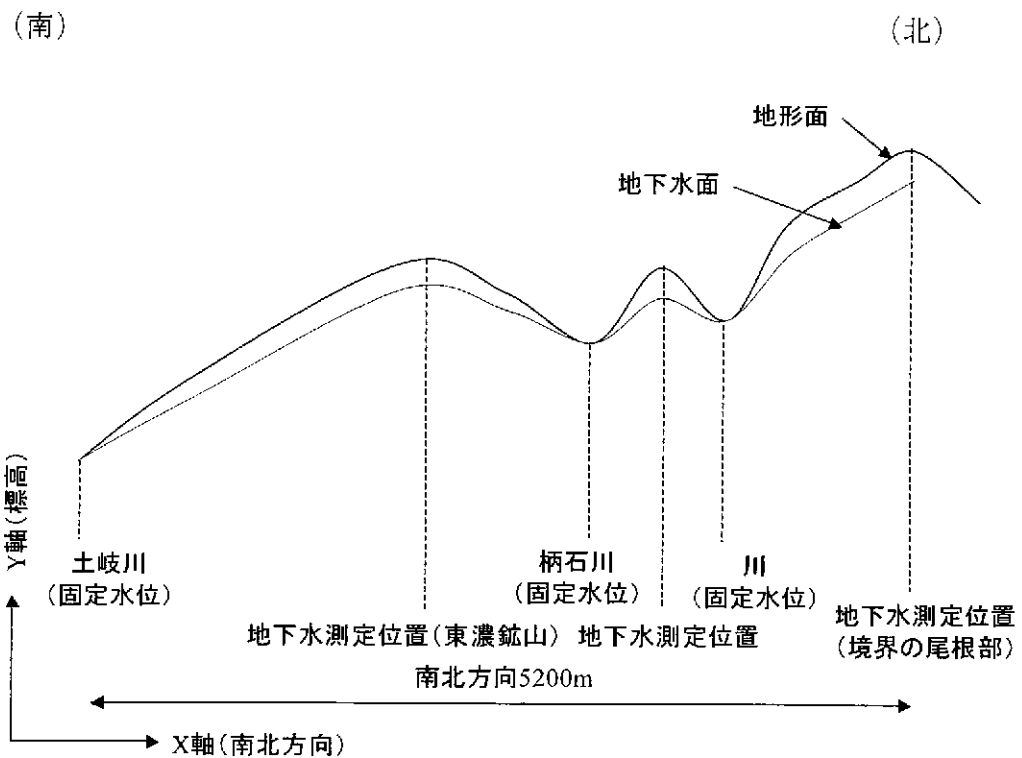
幾何学形状のインタビュー項目及び結果を、以下と表 5.1.2-4 に示す。

- ・ 地下水面
    - ：DEM（50m ピッチ）情報を基準に以下のコンセプトで作成
    - 一般に地下水は河川水とつながっていると考えられているため、
  - ・ 恒常河川（水が常時流れている河川）では地下水位が河川水位に一致する
  - ・ 尾根部ではボーリング孔等での地下水位測定結果を用いる
- という方法が考えられる。

土岐川や柄石川（およびその北の川）における河川水位の季節変動は、高々1～2mオーダーであるので、中域スケールでは固定とみなす。尾根部（下図の地下水測定位置と示している3点）での変動は、東濃鉾山の浅井戸での実測値に基づきメンバーシップをGL-15m、-12m、-8m、-5mとする。

最終的に適用する地下水面は、地形（DEM）に対応するものとし、尾根部でのGL マイナスの値を各河川までの距離に応じて配分して算定した。各河川では、地下水面＝地形となる。





- ・ 第四紀層底部：5点での区分線形近似、Q5 固定
- ・ 新第三紀層底部：3点を繋ぐ放物線近似、TH-4 で厚さ固定
- ・ 新第三紀層基底礫：三日月形状近似
- ・ 風化花崗岩：一定厚
- ・ 断層位置：傾斜直線近似

③ インタビュー項目 (水理学的情報)

水理学的情報のインタビュー項目及び結果を、以下と表 5.1.2-4 に示す。

- ・ 第四紀層の透水係数
- ・ 新第三紀層本体の透水係数
- ・ 新第三紀層基底礫の透水係数
- ・ 風化花崗岩の透水係数
- ・ 花崗岩健岩部の透水係数
- ・ 月吉断層の透水係数
  - ：新第三紀層と花崗岩内で区分、断層の透水性はテンソルで
- ・ 境界条件

: 5.1.1 の①で示したとおり、4種類考慮する。ただし、地下水面が GL-5m  
~-15m まで変動するので、地下水面（静水圧）に応じた透水境界を設定  
する場合は、複数のケースが存在する。

表5.1.2-1 中域第一段階のインタビュー結果

①幾何学形状	概要	記号	X座標(m)	Z座標(m)	その他	左下	左上	右上	右下	左下	左上	右上	右下
・地形(地下水面と同じ)	DEM情報					地質図の概念誤差(鉛直方向での記述)				読み取り誤差(平面位置)*			
・第四紀層底部	Q1~Q4での区分線形近似	Q1	1450	260		-20	-20	20	20	-200	-100	100	200
		Q2	3200	310		-20	-20	20	20	*全てに共通			
		Q3	3650	310		-20	-20	20	20				
		Q4	5580	350		-20	-20	20	20				
・新第三紀層底部	T1~T3とを繋ぐ放物線近似	T1	1950	Qの底部面		地質図の概念誤差(平面位置)							
	放物線形状	T2	3450	270		-50=Q1	-300	200	300				
		T3	T1とT2の midpoint	放物線上	高さ(m)	-250=Q2	-50	50	100				
						地質図の概念誤差(高さ)							
						10	30	200	400				
・断層位置	傾斜	f1	2450	Q1とQ2のライン上	角度(°)	地質図の概念誤差(平面位置)							
					90	-100	-100	100	100				
						地質図の概念誤差(角度)							
						-45	-45	45	45				

②水理学的情報	概要	記号	情報1	情報2	情報3	透水係数の不確実性(m/s、対数表示)							
・第四紀層の透水係数						-11	-11	-3	-3				
・新第三紀層の透水係数						-10	-10	-4	-4				
・花崗岩の透水係数						-10.5	-10.5	-3.5	-3.5				
・月吉断層の透水係数	幅(長さより関係式で)					幅の不確実性(m)							
						1.2	12	69	690				
	断層面に平行方向(水理試験)	kf1				透水係数の不確実性(m/s、対数表示)							
	・新第三紀層内					-10	-9	-6.5	-5.5				
	・花崗岩内					-9.5	-9.5	-5	-5				
	断層面に垂直方向	kf2				kf1*-4	kf1*-2	kf1	kf1				
・境界条件						境界条件の不確実性							
						別紙参照							

- ・メンバーシップの台形の値については、左下、左上、右上、右下の順で記述
- ・メンバーシップにおいて、「誤差」と記述した場合は、設定値に対する±で記述
- ・メンバーシップにおいて、「不確実性」と記述した場合は、想定される範囲で提示

表5.1.2-2 中域第二段階のインタビュー結果

①幾何学形状	概要	記号	X座標(m)	Z座標(m)	その他	左下	左上	右上	右下	左下	左上	右上	右下
・地形(地下水面と同じ)	DEM情報												
・第四紀層底部	Q1~Q4での区分線形近似	Q1	1440	260		地質図の概念誤差(平面位置)				読み取り誤差(平面位置)*			
		Q2	3105	300		-100	-50	50	100	-20	10	-10	-20
		Q3	3630	310		-100	-50	50	100	*全てに共通			
		Q4	5830	360		-100	-50	50	100				
・新第三紀層底部	T1~T3とを繋ぐ放物線近似	T1	1900	Qの底部面		地質図の概念誤差(平面位置)							
	放物線形状	T2	3430	260		-250	-100	100	250				
		T3	T1とT2の中点		放物線上	地質図の不確実性(厚さ)							
						10	30	200	400				
・新第三紀層基底礫	三日月形状	TB				地質図の概念の不確実性(厚さ)							
						0	0	T3厚さ/2	T3厚さ/2				
・風化花崗岩	一定厚					地質概念の不確実性(厚さ)							
						0	0	50	100				
・断層位置	傾斜	f1	2510	Q1とQ2のライン上		地質図の概念誤差(平面位置)							
					角度(°)	-100	-50	50	100				
					90	-45	-45	45	45				

②水理学的情報	概要	記号	情報1	情報2	情報3							
・第四紀層の透水係数						透水係数の不確実性(m/s、対数表示)						
						-11	-11	-3	-3			
・新第三紀層の透水係数						-10	-10	-4	-4			
・新第三紀層基底礫の透水係数						-7	-7	-4.5	-4.5			
・風化花崗岩の透水係数						-9	-9	-3.5	-3.5			
・花崗岩の透水係数						-10.5	-10.5	-3.5	-3.5			
・月吉断層の透水係数	幅(長さより関係式で)					幅の不確実性(m)						
	断層面に直交方向のkf1					1.2	12	69	100			
	断層面に平行方向のkf2					透水係数の不確実性(m/s、対数表示)						
						母岩*-2	母岩*-1	0	0			
						kf1*-4	kf1*-2	kf1	kf1			
・境界条件						境界条件の不確実性						
						別紙参照						

- ・メンバーシップの台形の値については、左下、左上、右上、右下の順で記述
- ・メンバーシップにおいて、「誤差」と記述した場合は、設定値に対する±で記述
- ・メンバーシップにおいて、「不確実性」と記述した場合は、想定される範囲で提示

表5.1.2-3 中域第三段階のインタビュー結果

①幾何学形状	概要	記号	X座標(m)	Z座標(m)	その他	左下	左上	右上	右下	左下	左上	右上	右下
・地形(地下水面と同じ)	DEM情報					地質図の概念誤差(平面位置)				読み取り誤差(平面位置)*			
・第四紀層底部	Q1~Q5での区分線形近似	Q1	1440	260		-100	-50	50	100	-20	10	-10	-20
		Q2	3105	300		-100	-50	50	100	*全てに共通			
		Q3	3630	310		-100	-50	50	100				
		Q4	5830	360		-100	-50	50	100				
		Q5	2411	272		0	0	0	0				
	Q5固定												
・新第三紀層底部	T1~T3とを繋ぐ放物線近似	T1	1900	Qの底部面		地質図の概念誤差(平面位置)							
		T2	3430	260		-250	-100	100	250				
	放物線形状	T3	TH4孔で固定	高さ(m)	137(高さ)	地質図の概念誤差(高さ)							
						0	0	0	0				
・新第三紀層基底礫	三日月形状	TB				地質図の概念の不確実性(高さ)							
						0	9.6	15.4	58.4				
・風化花崗岩	一定厚					地質概念の不確実性(高さ)							
						0	20	40	100				
・断層位置	傾斜	f1	2510	Q1とQ2のライン上	角度(°)	地質図の概念誤差(平面位置)							
					90	-100	-50	50	100				
						地質図の概念誤差(角度)							
						-45	-45	45	45				

②水理学的情報	概要	記号	情報1	情報2	情報3	透水係数の不確実性(m/s、対数表示)							
・第四紀層の透水係数						-11	-11	-3	-3				
・新第三紀層の透水係数						-10	-10	-4	-4				
・新第三紀層基底礫の透水係数						-7	-7	-4.5	-4.5				
・風化花崗岩の透水係数						-9	-9	-3.5	-3.5				
・花崗岩の透水係数						-10.5	-10.5	-3.5	-3.5				
・月吉断層の透水係数	幅(長さより関係式で)					幅の不確実性(m)							
						1.2	12	69	100				
	断層面に直交方向のkf1					透水係数の不確実性(m/s、対数表示)							
						母岩*-2	母岩*-1	0	0				
	断層面に平行方向のkf2					kf1*-4	kf1*-2	kf1	kf1				
・境界条件						境界条件の不確実性							
						別紙参照							

- ・メンバーシップの台形の値については、左下、左上、右上、右下の順で記述
- ・メンバーシップにおいて、「誤差」と記述した場合は、設定値に対する±で記述
- ・メンバーシップにおいて、「不確実性」と記述した場合は、想定される範囲で提示

表5.1.2-4 中域第四段階のインタビュー結果

①幾何学形状	概要	記号	X座標(m)	Z座標(m)	その他	左下	左上	右上	右下	左下	左上	右上	右下
・地下水面	別紙参照				不確実性	GL-15m	GL-12m	GL-8m	GL-5m				
・第四紀層底部	Q1~Q5での区分線形近似					地質図の概念誤差(平面位置)				読み取り誤差(平面位置)*			
		Q1	1440	260		-100	-50	50	100	-20	10	-10	-20
		Q2	3105	300		-100	-50	50	100	*全てに共通			
		Q3	3630	310		-100	-50	50	100				
		Q4	5830	360		-100	-50	50	100				
	Q5固定	Q5	2411	272		0	0	0	0				
・新第三紀層底部	T1~T3とを繋ぐ放物線近似					地質図の概念誤差(平面位置)							
		T1	1900	Qの底部面		-250	-100	100	250				
	放物線形状	T2	3430	260		-100	-50	50	100				
		T3	TH4孔で固定		厚さ(m) 137(厚さ)	地質図の概念誤差(厚さ)							
						0	0	0	0				
・新第三紀層基底礫	三日月形状					地質図の概念の不確実性(厚さ)							
		TB				9.6	9.6	15.4	20.4				
・風化花崗岩	一定厚					地質概念の不確実性(厚さ)							
						0	20	40	100				
・断層位置	傾斜					地質図の概念誤差(平面位置)							
		f1	2510	Q1とQ2のライン上	角度(°)	-100	-50	50	100				
					90	-45	-45	45	45				

②水理学的情報	概要	記号	情報1	情報2	情報3								
・第四紀層の透水係数						透水係数の不確実性(m/s, 対数表示)							
						-11	-11	-3	-3				
・新第三紀層の透水係数						-10	-9.7	-7.1	-4				
・新第三紀層基底礫の透水係数						-8	-8	-6	-4.5				
・風化花崗岩の透水係数						-8.7	-7.7	-5.7	-4.7				
・花崗岩の透水係数						-10.5	-10.5	-3.5	-3.5				
・月吉断層の透水係数	幅(長さより関係式で)					幅の不確実性(m)							
						1.2	12	69	100				
	断層面に直交方向のkf1					透水係数の不確実性(m/s, 対数表示)							
	断層面に平行方向のkf2					母岩*-2	母岩*-1	0	0				
						kf1*-4	kf1*-2	kf1	kf1				
・境界条件						境界条件の不確実性							
						別紙参照							

- ・メンバーシップの台形の値については、左下、左上、右上、右下の順で記述
- ・メンバーシップにおいて、「誤差」と記述した場合は、設定値に対する±で記述
- ・メンバーシップにおいて、「不確実性」と記述した場合は、想定される範囲で提示

### 5.1.3 小域

小域については、以下に示す。

#### (1) 領域（断面）

小域の領域（断面）は、以下のものを用いた。

- ・ TH-7 及び TH-6 間（260m）に影響を与えない程度の幅、南北約 400m 程度
- ・ おおよそ TH-4,6,7 孔を通る断面（国家第Ⅶ系で 4910m）
- ・ 深度 GL-300m 程度まで

#### ① 表現する地質構造要素

小域では、以下の地質構造要素を表現した。

- ・ 地下水面
- ・ 第四紀層：Q
- ・ 新第三紀層：T（TB を含む）
- ・ 風化花崗岩：GW
- ・ 花崗岩健岩部：G r
- ・ 月吉断層

#### ② インタビュー項目及び結果（幾何学形状）

幾何学形状のインタビュー項目及び結果を以下と表 5.1.3-1 に示す。

- ・ 地下水面：中域の第四段階と同じデータを使用
- ・ 第四紀層底部：試錐孔 3 点での区分線形近似、全点固定
- ・ 新第三紀層底部：試錐孔 3 点での区分線形近似、全点固定
- ・ 断層位置
  - ： TH-4 及び TH-6 孔間で直線近似、TH-4 及び TH-6 において断層は確認されていないため、位置の不確実性は下図に示すよう試錐孔に交差しない範囲とする（イメージを図 5.1.3-1 に示す）
- ・ 断層変位（TH-4 と TH-6 孔間での断層落差）
  - ：メンバーシップ（台形）0、0、30、80m（南傾斜の逆断層のため、現在この値分南側が上昇している）

表 5.1.3-1 試錐孔(TH-4, 6, 7)位置における各標高

位置	北側	中央	南側	備考
試錐孔	TH-6	TH-4	TH-7	
東西座標(m)	4906.59	4913.51	4912.29	国家第Ⅶ系座標
南北座標(m)	-68120.55	-68249.10	-68380.8	国家第Ⅶ系座標
孔口標高(m)	314.484	309.890	308.702	
地下水位(m)				
第四紀層底部標高(m)	271.58	271.84	268.70	瀬戸層群と瑞浪層群の境界
不整合面標高(m)	151.48	134.49	172.70	
孔底標高(m)				

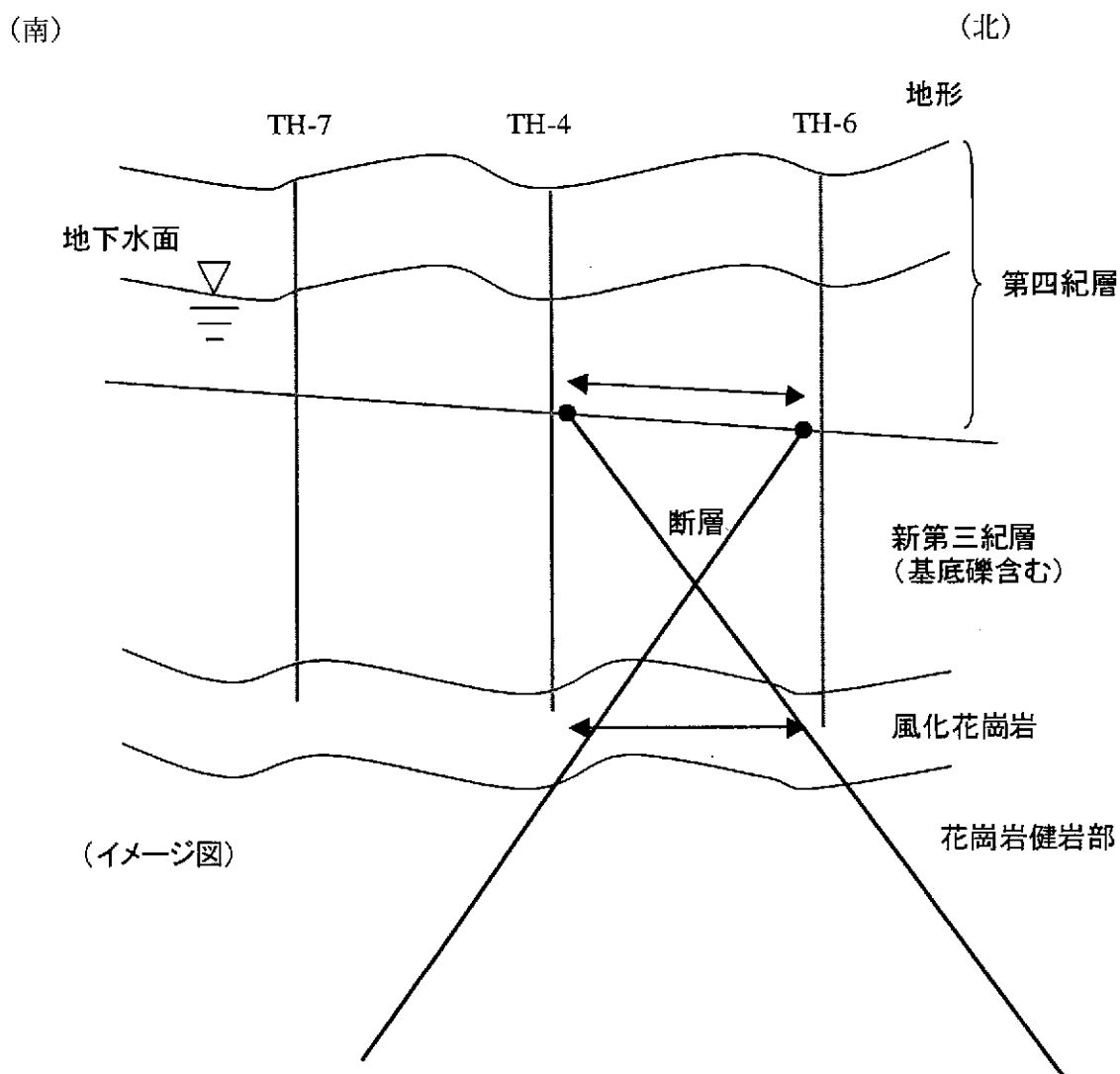


図 5.1.3-1 断層の不確実性イメージ図



③ インタビュー項目（水理学的情報、新第三紀層以外）

水理学的情報（新第三紀層以外）のインタビュー項目及び結果を以下に示す。

- ・ 第四紀層の透水係数：中域第四段階と同じ
- ・ 風化花崗岩の透水係数：中域第四段階と同じ
- ・ 花崗岩健岩部の透水係数：中域第四段階と同じ
- ・ 月吉断層の透水係数  
：新第三紀層と花崗岩内で区分、断層の透水性はテンソルで、中域第四段階と同じ（層の幅も同じ、ただし、断層の幅を考慮しても TH-4 及び TH-6 に交差しないことが条件となる）

④ インタビュー項目（新第三紀層の透水係数）

水理学的情報（新第三紀層）のインタビュー項目及び結果を以下と表 5.1.3-2 に示す。場の推定は、ファジー・クリッキング/シミュレーションにて実施する。

- ・ ハードデータ：水理試験結果の透水係数
- ・ ソフトデータ：地質構造要素にて考慮
- ・ 水理地質構造の縦横比：メンバーシップ 1:1、1:2、1:10、1:50

⑤ インタビュー項目（境界条件）

水理学的情報（境界条件）のインタビュー項目及び結果を以下に示す。

- ・ 北側、南側及び底部：透水境界
- ・ 透水境界に用いる値は中域第四段階の結果を適用（複数の結果からメンバーシップとして）

表 5.1.3-2 新第三紀層の透水試験結果(TH-4, 6, 7)

試錐孔名	上端標高 (m)	下端標高 (m)	値	単位	地質等
TH-4	230.0	224.9	2.11E-10	m/s	明世／土岐境界・砂質凝灰岩
	219.0	213.9	7.41E-08	m/s	土岐上部・レキ・電検異常
	205.0	199.9	3.24E-10	m/s	” ・ ” (一般)
	194.0	188.9	2.49E-10	m/s	” ・ ” ・低 R・Q・D・電検異常
	188.0	182.9	4.96E-10	m/s	土岐上部／下部境界・電検異常
	170.0	164.9	3.60E-10	m/s	土岐下部・砂層・良好層
	148.0	142.9	1.17E-07	m/s	” ・ コア無し・電検異常
TH-6	257.0	251.9	3.20E-10	m/s	生俵・シルト・低 R・Q・D
	246.0	240.9	3.16E-08	m/s	” ・細粒砂岩
	233.0	227.9	2.81E-08	m/s	コア流失部(生俵基底レキ?)
	227.0	221.9	6.81E-08	m/s	生俵／明世・基底レキ・電検異常
	202.0	196.9	4.60E-10	m/s	明世／土岐境界・凝灰質砂岩
	185.0	179.9	2.08E-10	m/s	土岐・割れ目帯(崩壊部)
	179.0	173.9	2.23E-09	m/s	” ・ ”
	155.0	149.9	1.80E-09	m/s	不整合直上・レキ
TH-7	224.0	218.9	4.17E-08	m/s	明世／土岐境界
	206.0	200.9	1.31E-09	m/s	土岐上部・レキ・電検異常
	195.0	189.9	4.78E-09	m/s	” /下部境界
	184.0	178.9	5.78E-09	m/s	土岐下部・レキ・電検異常
	179.0	173.9	1.73E-08	m/s	不整合直上・割れ目部

(参考文献)

R. Allan Freeze and John A Cherry (1979) : Groundwater, Prentice Hall, Inc., ISBN 0-13-365312-9

## 5.2 地層構造モデルの構築

中域第一段階、第二段階、第三段階、第四段階の各段階において、5.1 節のインタビューにおけるファジーメンバーシップ [以下、 $\mu$ (図中は  $m$ ) 図 5.2-1 参照] により表現された変数の不確実性を考慮した地質構造モデルを作成した。

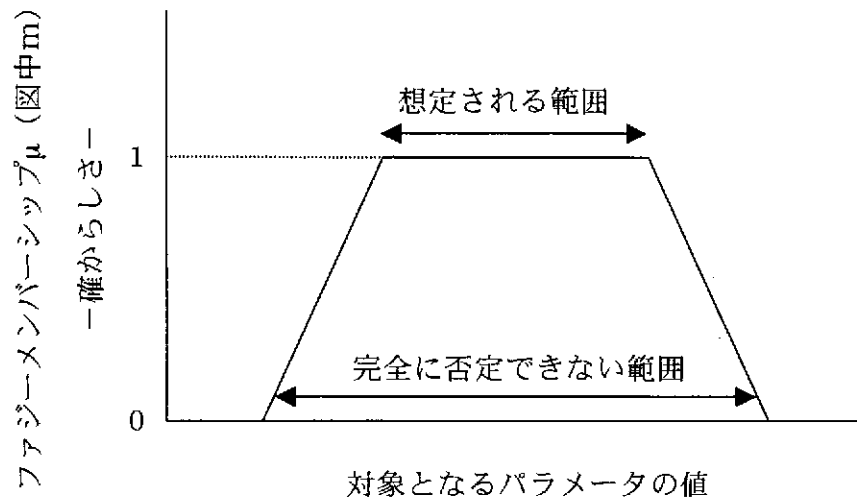


図 5.2-1 ファジーメンバーシップ $\mu$ とは？

### (1) 中域第一段階

中域第一段階で表現している幾何学形状は

- 地形
- 第四紀層底部
- 新第三紀層底部
- 断層位置

である。これらの情報をもとに構築される地質構造モデルは次の通りである。

第四紀層の始点及び終点  $Q_1$ 、 $Q_2$ 、 $Q_3$ 、 $Q_4$  の不確実性により規定される第四紀層の不確実性を図 5.2-2 に示す。「最小」は第四紀層の南端が最も北より、北端が最も南よりとした場合の第四紀層の領域であり、すなわち、すべての変数の組み合わせで第四紀層となる領域である。「最大」は第四紀層の南端が最も南より、北端が最も北よりとした場合の第四紀層の領域であり、すなわち、変数の組み合わせによって第四紀層と成り得る領域である。それ以外の領域は第四紀層にはならない領域である。

第四紀層が「最小」とであると仮定した場合、第四紀層の形状、新第三紀層の始点及び終点 T1、T2 と新第三紀層の深さ T3 の不確実性により規定される新第三紀層の不確実性を図 5.2-3 に示す。「最小」は同様にすべての変数の組み合わせで新第三紀層となる領域、「最大」は同様に変数の組み合わせによって新第三紀層と成り得る領域、それ以外の領域は新第三紀層にはならない領域である。

第四紀層が「最大」とであると仮定した場合、第四紀層の形状、新第三紀層の始点及び終点 T1、T2 と新第三紀層の深さ T3 の不確実性により規定される新第三紀層の不確実性を同様に図 5.2-4 に示す。

## (2) 中域第二段階

中域第一段階で表現している幾何学形状は

- 地形
- 第四紀層底部
- 新第三紀層底部
- 新第三紀層基底礫
- 風化花崗岩
- 断層位置

である。これらの情報をもとに構築される地質構造モデルは次の通りである。

第四紀層の始点及び終点 Q1、Q2、Q3、Q4 の不確実性により規定される第四紀層の不確実性を図 5.2-5 に示す。「 $\mu=0$ 、最小」は $\mu=0$  を含むすべての範囲で、第四紀層の南端が最も北より、北端が最も南よりとした場合の第四紀層の領域であり、すなわち、すべての変数の組み合わせで第四紀層となる領域である。「 $\mu=0$ 、最小」と「 $\mu=1$ 、最小」を足し合わせた領域は $\mu=1$  の範囲で、第四紀層の南端が最も北より、北端が最も南よりとした場合の第四紀層の領域であり、すなわち、 $\mu=1$  の範囲でのすべて変数の組み合わせで第四紀層となる領域である。「 $\mu=1$ 、最大」は $\mu=1$  の範囲で、第四紀層の南端が最も南より、北端が最も北よりとした場合の第四紀層の領域であり、すなわち、 $\mu=1$  の範囲で第四紀層と成り得る領域である。「 $\mu=1$ 、最大」と「 $\mu=0$ 、最大」を足し合わせた領域は $\mu=0$  を含めた範囲で第四紀層の南端が最も南より、北端が最も北よりとした場合の第四紀層の領域であり、すなわち、 $\mu=0$  を含めたすべての南端と北端の組み合わせで第四紀層と成り得る領域である。

不確実性パラメータを $\mu=1$  として第四紀層が「最大」とであると仮定した場合、第四

紀層の形状、新第三紀層の始点及び終点 T1、T2 と新第三紀層の深さ T3 の不確実性により規定される新第三紀層の不確実性を図 5.2-6 に示す。「最小」は同様に $\mu=1$ の範囲でのすべての変数の組み合わせで新第三紀層となる領域、「最大」は同様に $\mu=1$ の範囲での変数の組み合わせによって新第三紀層と成り得る領域、それ以外の領域は新第三紀層にはならない領域である。

図 5.2-6 において新第三紀層が「最小」であると仮定した場合、新第三紀層基底礫の厚みと風化花崗岩の厚みの不確実性により規定される新第三紀層基底礫と風化花崗岩の不確実性を図 5.2-7 に示す。新第三紀層「 $\mu=1$ 、最小」は $\mu=1$ の範囲でのすべての変数の組み合わせで新第三紀層である領域、新第三紀層基底礫「 $\mu=1$ 、最大」は変数の組み合わせによって新第三紀層基底礫あるいは新第三紀層となる領域、風化花崗岩「 $\mu=1$ 、最大」は変数の組み合わせによって風化花崗岩あるいは花崗岩となる領域である。図 5.2-6 において新第三紀層が「最大」であると仮定した場合の、新第三紀層基底礫の厚みと風化花崗岩の厚みの不確実性により規定される新第三紀層基底礫と風化花崗岩の不確実性を同様に図 5.2-8 に示す。

不確実性パラメータを $\mu=0$ として第四紀層が「最大」であると仮定した場合、第四紀層の形状、新第三紀層の始点及び終点 T1、T2 と新第三紀層の深さ T3 の不確実性により規定される新第三紀層の不確実性を同様に図 5.2-9 に示す。図 5.2-9 において新第三紀層が「最小」であると仮定した場合、新第三紀層基底礫の厚みと風化花崗岩の厚みの不確実性により規定される新第三紀層基底礫と風化花崗岩の不確実性を同様に図 5.2-10 に示す。また、図 5.2-10 において新第三紀層が「最大」であると仮定した場合の、新第三紀層基底礫の厚みと風化花崗岩の厚みの不確実性により規定される新第三紀層基底礫と風化花崗岩の不確実性を同様に図 5.2-11 に示す。

### (3) 中域第三段階

中域第三段階で表現している地質構造要素は中域第二段階と同じである。中域第三段階の地質構造要素の情報をもとに構築される地質構造モデルは次の通りである。

第四紀層の始点及び終点 Q1、Q2、Q3、Q4 の不確実性により規定される第四紀層の不確実性を図 5.2-12 に示す。第四紀層が $\mu=1$ で「最大」であると仮定した場合、第四紀層の形状、新第三紀層の始点及び終点 T1、T2 と新第三紀層の深さ T3 の不確実性により規定される新第三紀層の不確実性を図 5.2-13 に示す。図 5.2-13 において $\mu=1$ で新第三紀層が「最大」であると仮定した場合、新第三紀層基底礫の厚みと風化花崗

岩の厚みの不確実性により規定される新第三紀層基底礫と風化花崗岩の不確実性を図 5.2-14 に示す。新第三紀層基底礫「 $\mu=1$ 、最小」は必ず新第三紀層基底礫である領域、新第三紀層基底礫「 $\mu=1$ 、最大」は新第三紀層基底礫と成り得る領域である。同様に風化花崗岩「 $\mu=1$ 、最小」は必ず風化花崗岩である領域、風化花崗岩「 $\mu=1$ 、最大」は風化花崗岩と成り得る領域である。さらに図 5.2-15 において $\mu=0$  で新第三紀層が「最大」であると仮定した場合、新第三紀層基底礫の厚みと風化花崗岩の厚みの不確実性により規定される新第三紀層基底礫と風化花崗岩の不確実性を図 5.2-16 に示す。

#### (4) 中域第四段階

中域第四段階で表現している地質構造要素及びその内容は中域第三段階と同じである。ただし、中域第一段階から中域第三段階では地下水面が地表面としているのに対して、中域第四段階では別に地下水面を定義している。

なお、図 5.2-2~16 の拡大図を縮小図の後に添付した。

中域第一段階では第四紀層、新第三紀層の領域と断層位置が規定される。この段階では不確実性が大きいため、「最小」は最も小さく、「最大」は最も大きく、したがってその差も最大である。

中域第二段階では第四紀層、新第三紀層、断層位置に加え新第三紀層基底礫、風化花崗岩が規定される。第四紀層、新第三紀層、断層位置は不確実性が低減するため、この段階での「最小」は第一段階よりも大きく、「最大」は小さくなっている、したがってその差も減少している。断層については始点の位置の不確実性が低減している。

中域第三段階では地質構造要素は中域第二段階と同じである。断層位置に関する定義は第二段階と同じである。第四紀層及び新第三紀層については TH4 孔により、その位置での厚みがひとつの値に決定されるため、不確実性が大幅に低減する。このことは、試錐孔を用いた調査が地質構造モデルの不確実性低減に有効であることを改めて示している。また、新第三紀層基底礫、風化花崗岩の不確実性も第二段階よりも低減する。

中域第四段階で表現している地質構造要素及びその内容は中域第三段階と同じである。ただし、中域第一段階から中域第三段階では地下水面が地表面としているのに対して、中域第四段階では別に不確実性をもって定義している。したがって、変動の範囲という意味では第三段階よりむしろ大きくなっている。

中域第一段階

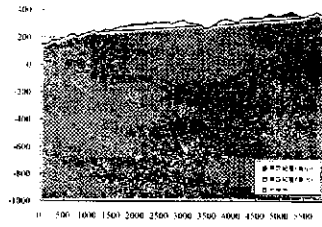
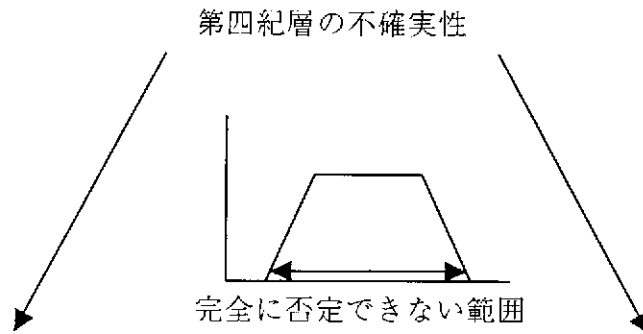


図 5.2-2



第四紀層最小のケース

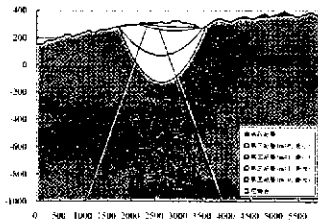


図 5.2-3

新第三紀層と断層の不確実性

第四紀層最大のケース

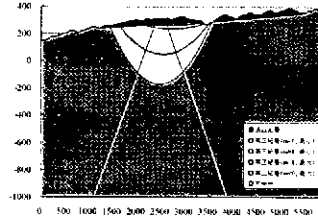


図 5.2-4

新第三紀層と断層の不確実性

中域第二段階

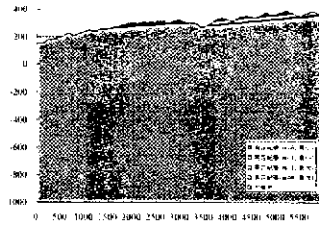
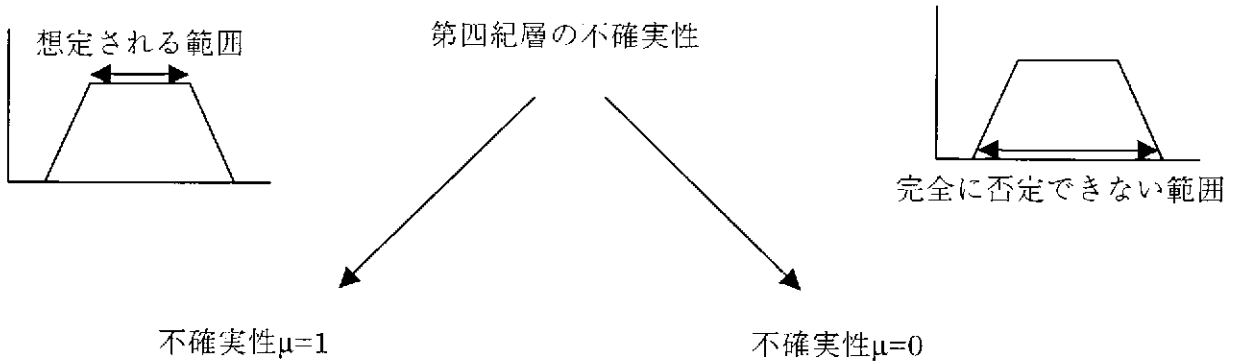


図 5.2-5



第四紀層最大のケース

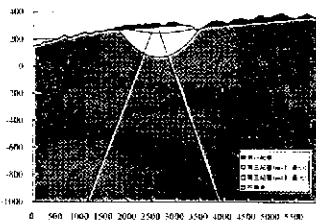


図 5.2-6

第四紀層最大のケース

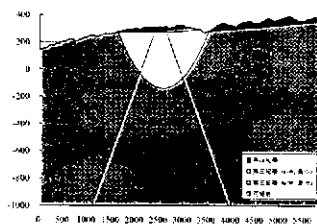


図 5.2-9

第三紀層と断層の不確実性

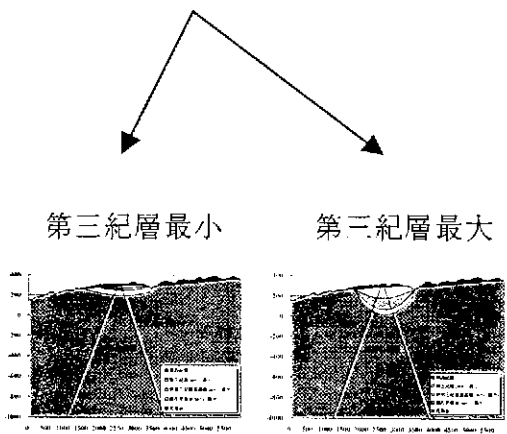


図 5.2-7

図 5.2-8

第三紀層と断層の不確実性

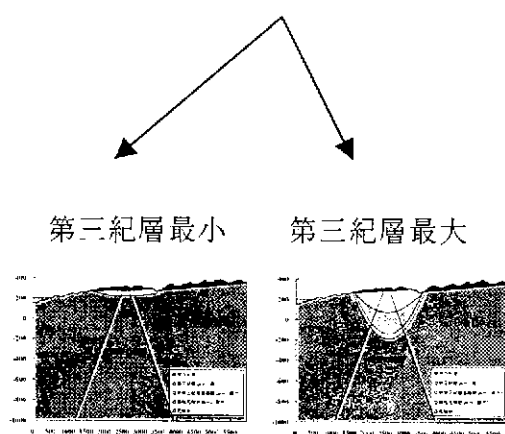


図 5.2-10

図 5.2-11

各第三紀層に対する新第三紀層基底礫と風化花崗岩の不確実性



中域第三段階

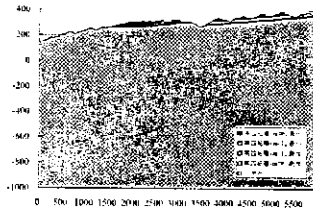


図 5.2-12

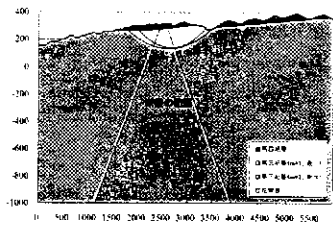
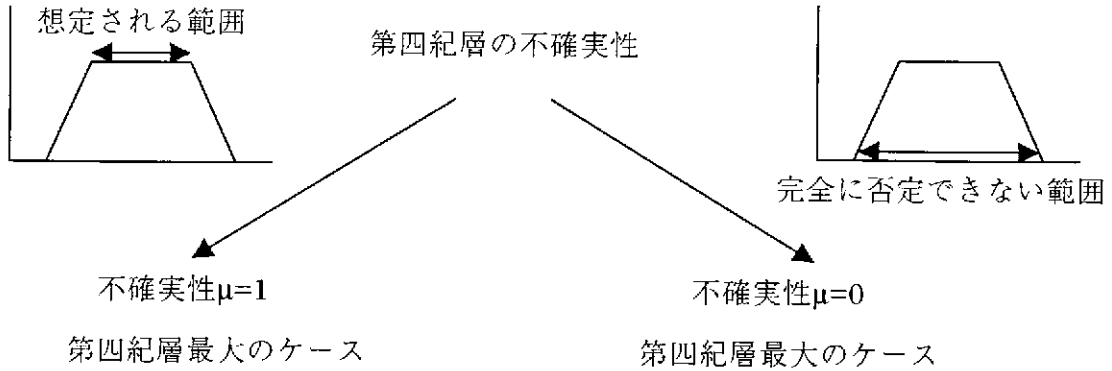


図 5.2-13

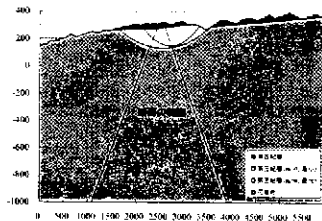


図 5.2-15

第三紀層と断層の不確実性

第三紀層と断層の不確実性

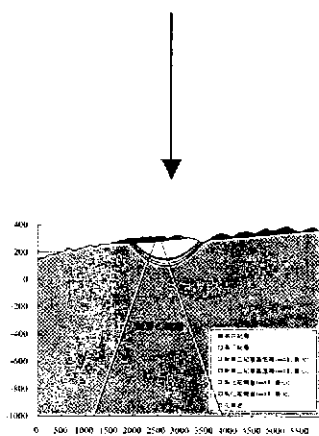


図 5.2-14

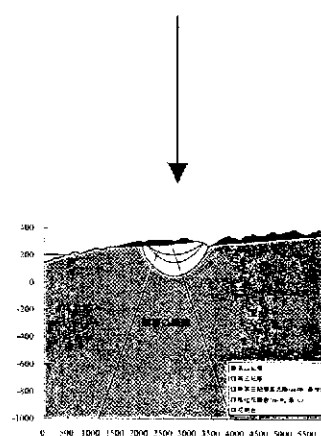


図 5.2-16

各第三紀層に対する新第三紀層基底礫と風化花崗岩の不確実性

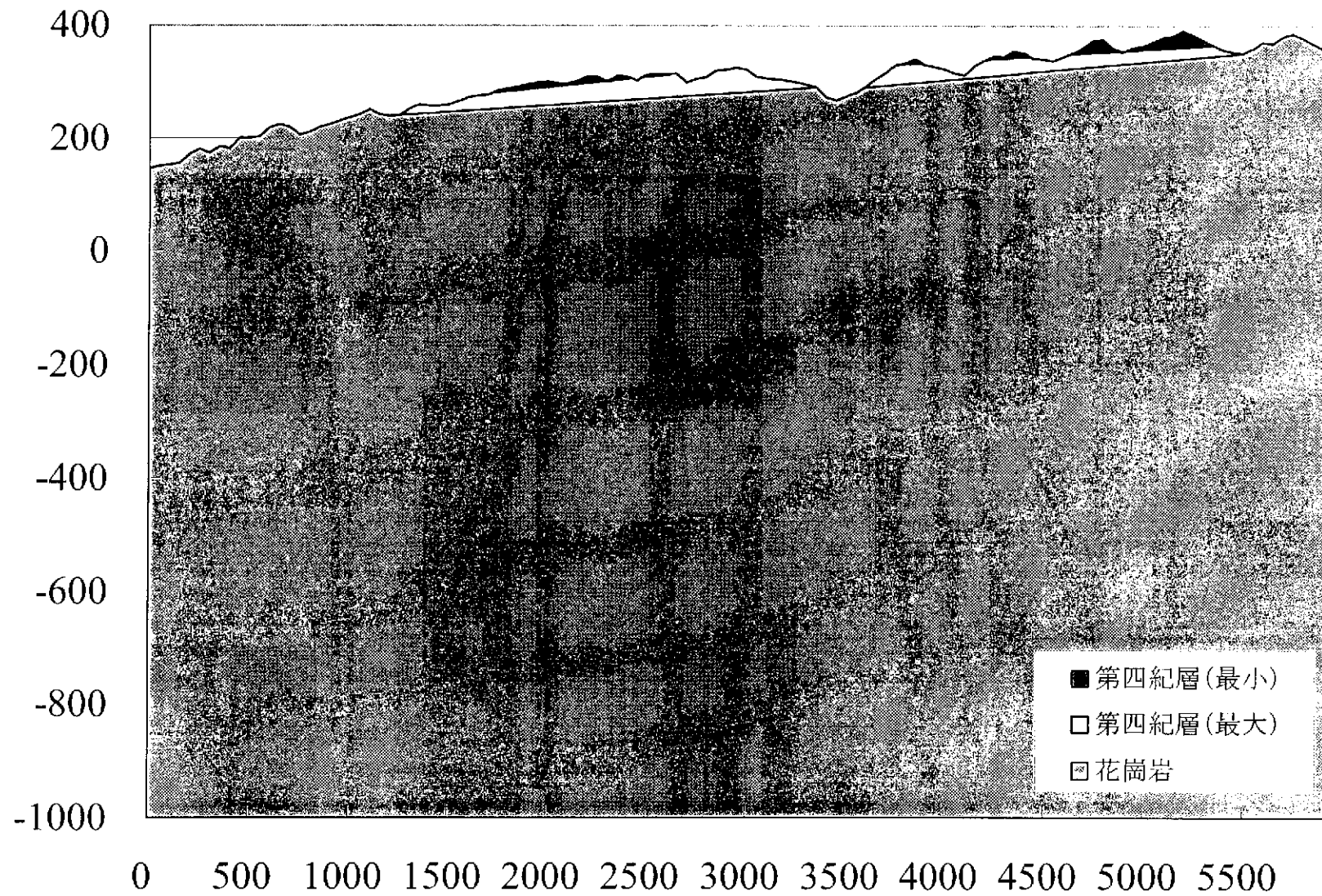


図 5.2-2 中域第一段階、第四紀層の不確実性

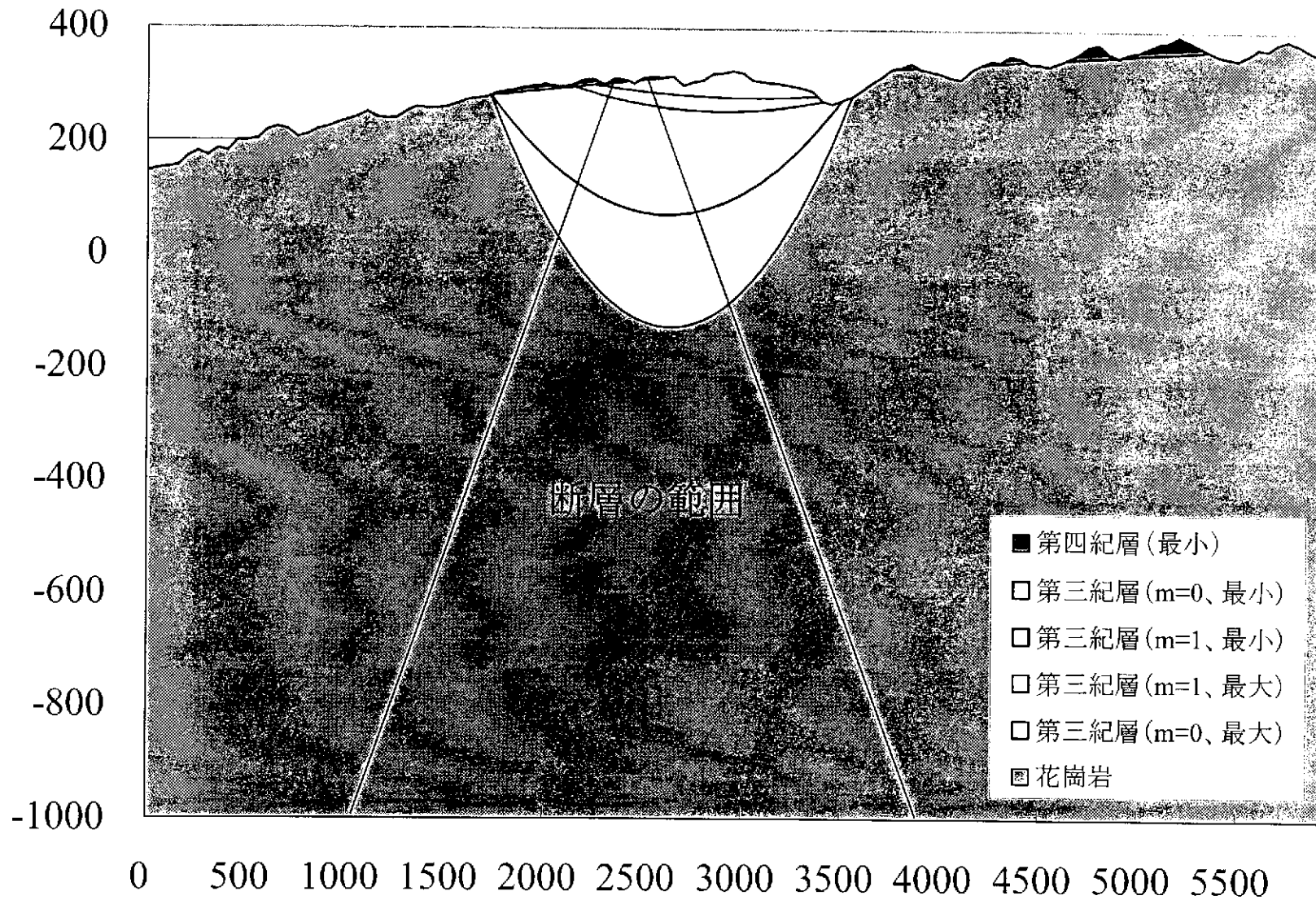


図 5.2-3 中域第一段階、第四紀層最小の場合の第三紀層の不確実性

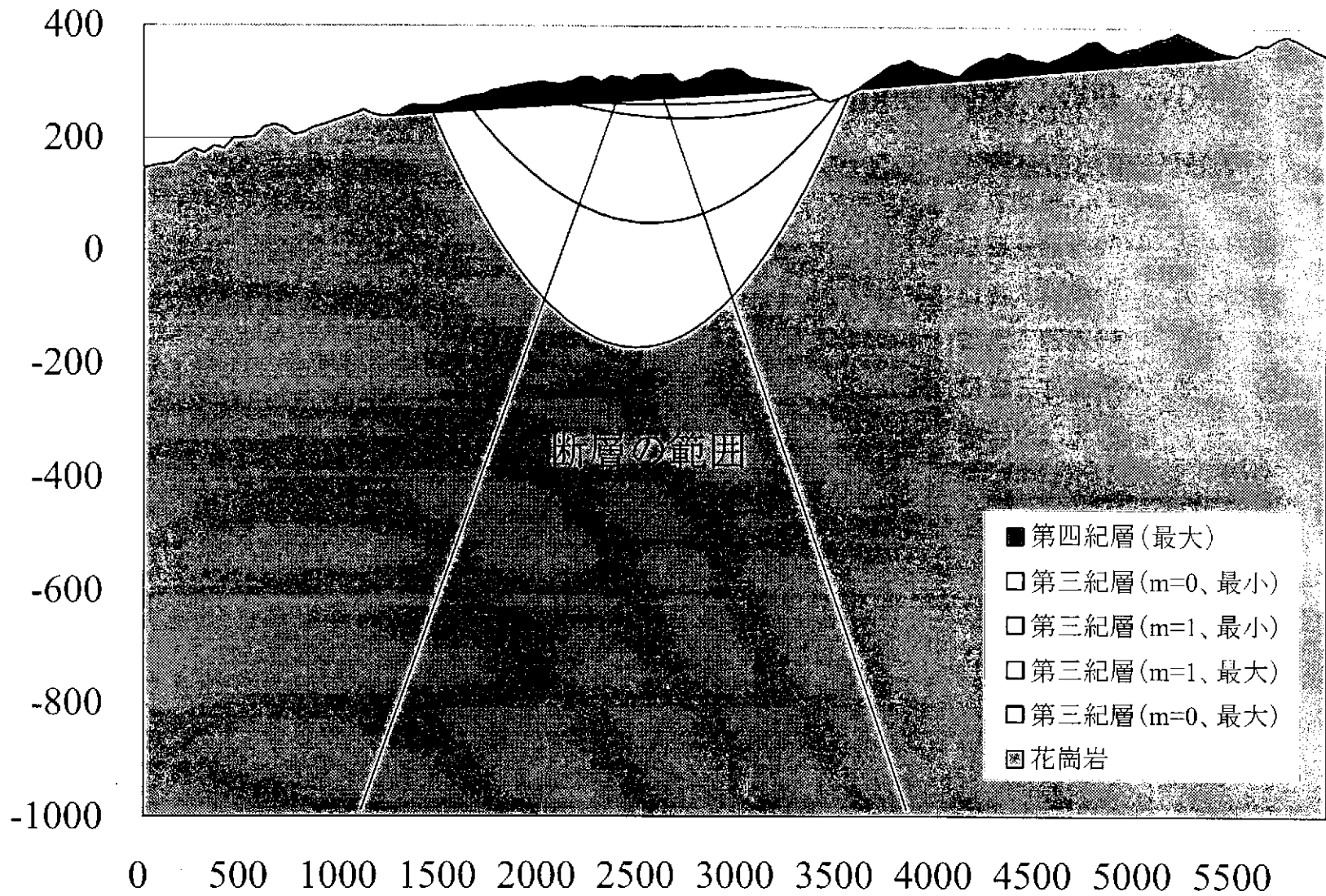


図 5.2-4 中域第一段階、第四紀層最大の場合の第三紀層の不確実性

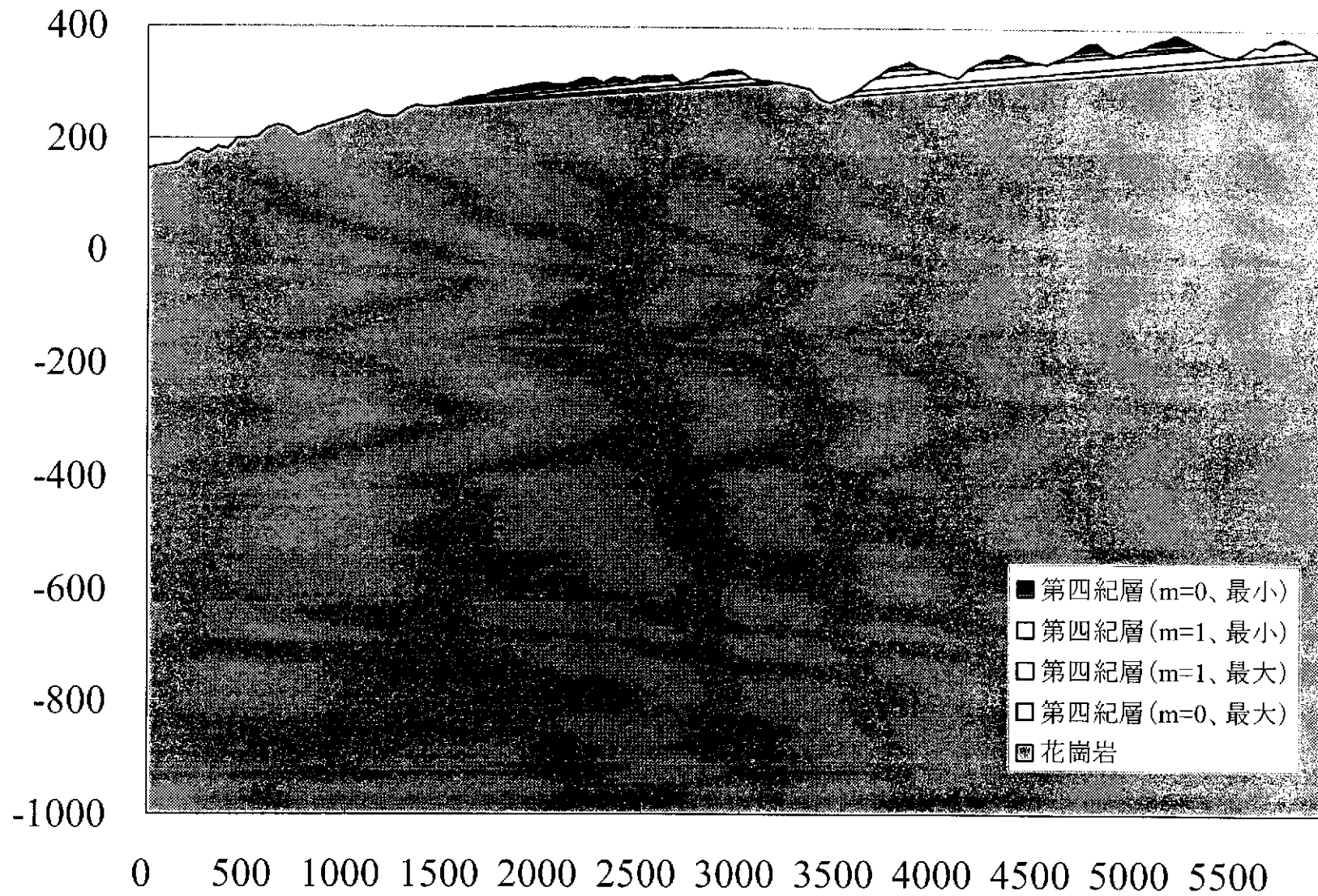


図 5.2-5 中域第二段階、第四紀層の不確実性

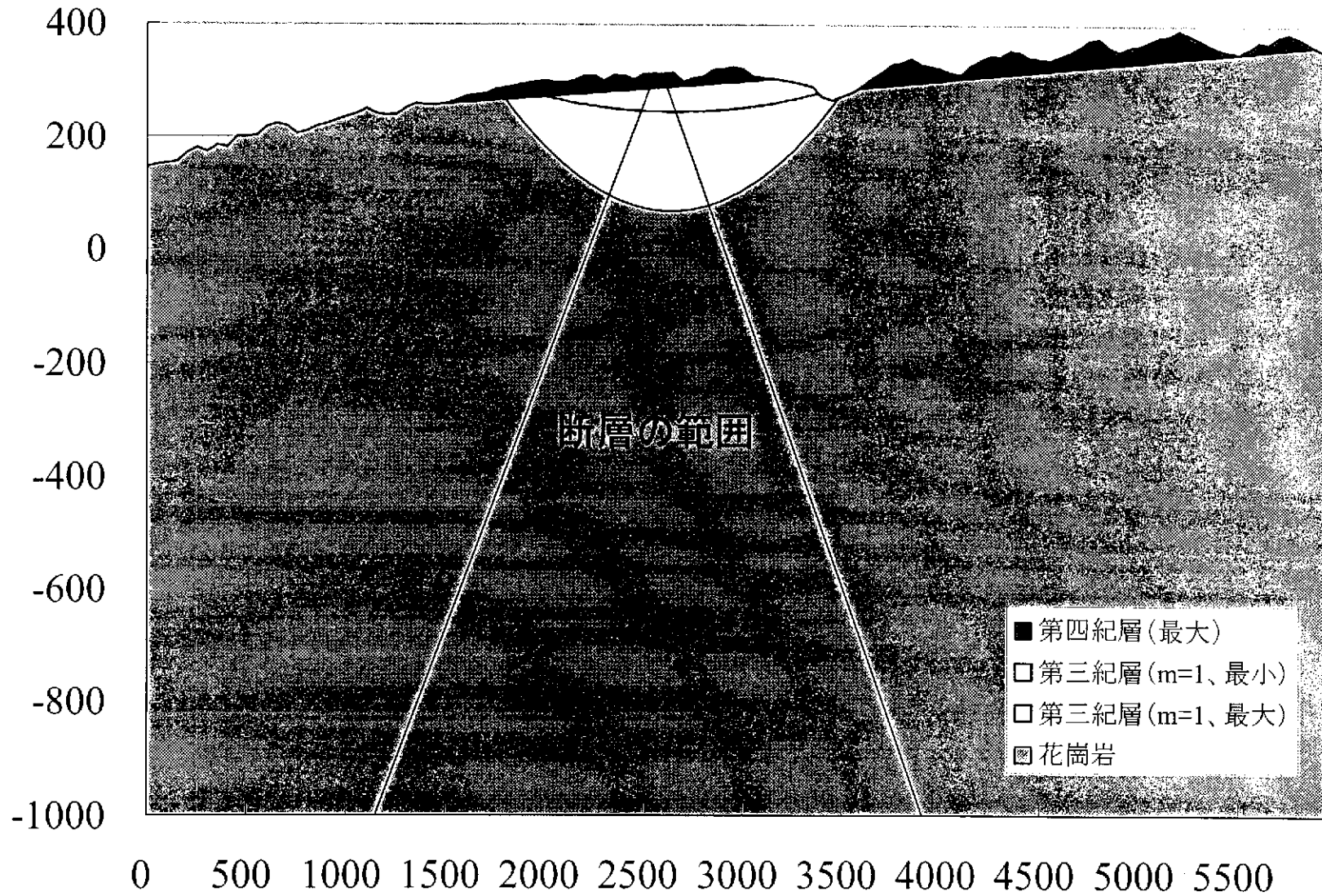


図 5.2-6 中域第二段階、第三紀層の不確実性 ( $\mu=1$ )

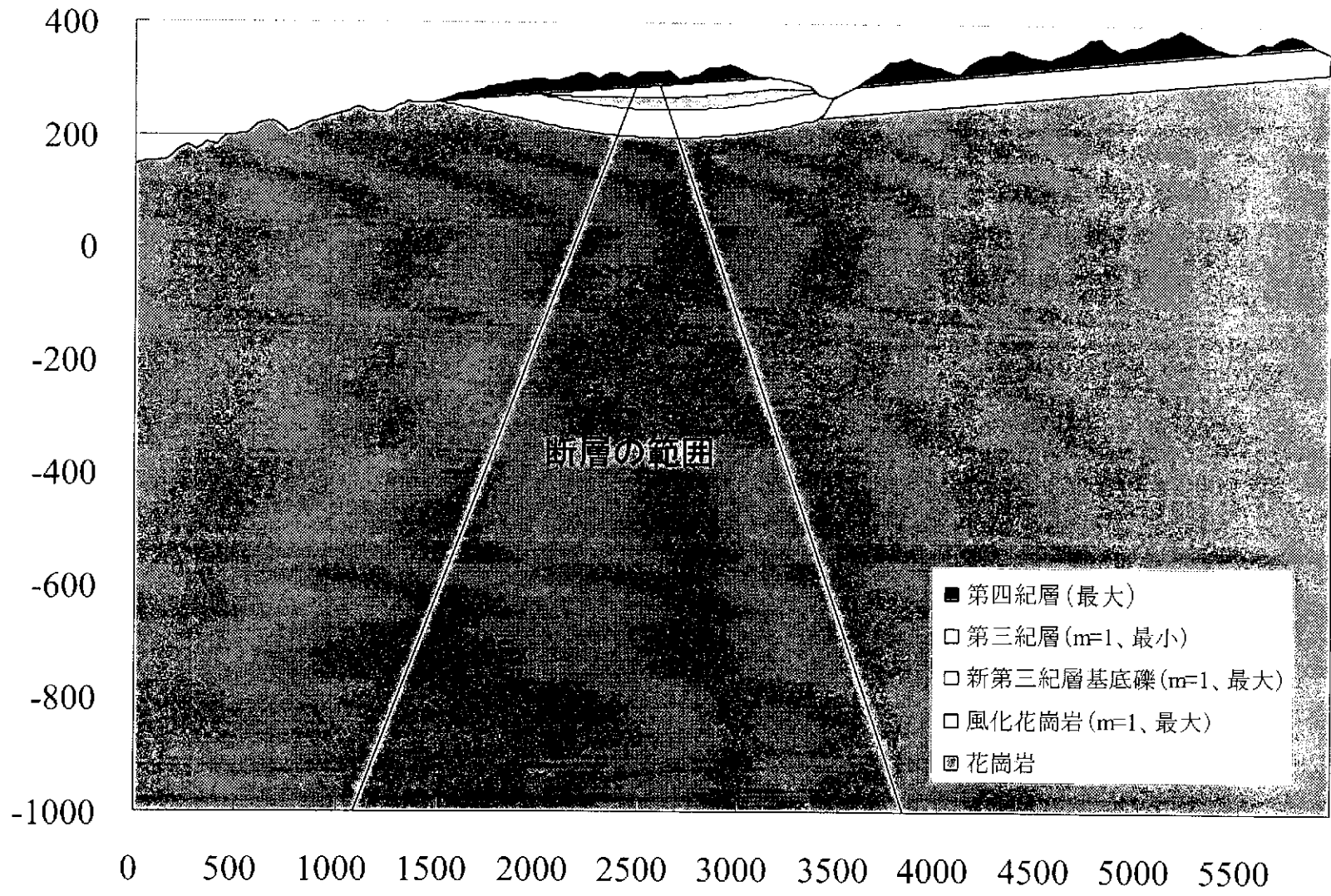


図 5.2-7 中域第二段階、第三紀層最小の場合の基底礫層と風化花崗岩の不確実性 ( $\mu=1$ )

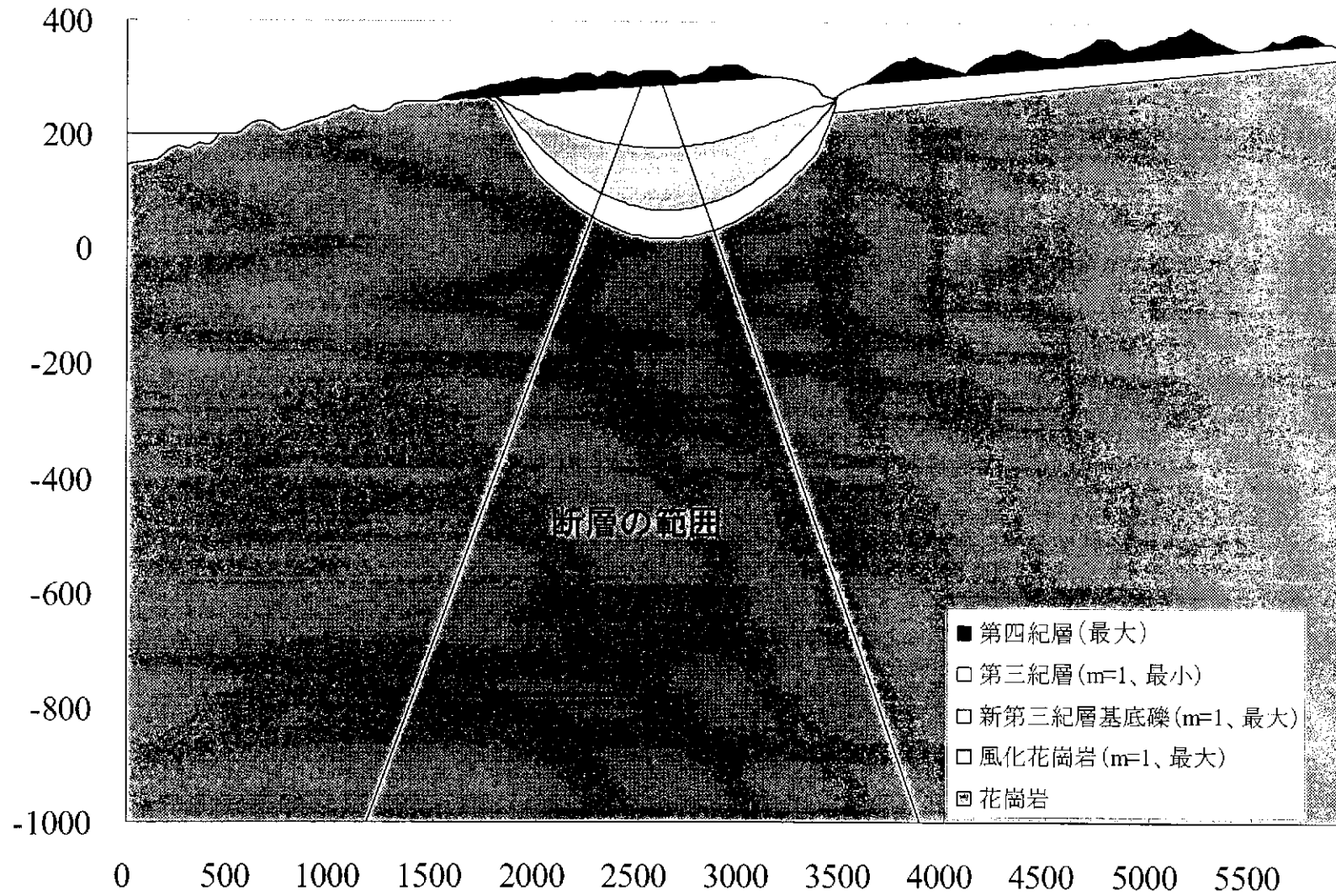


図 5.2-8 中域第二段階、第三紀層最大の場合の基底礫層と風化花崗岩の不確実性 ( $\mu=1$ )



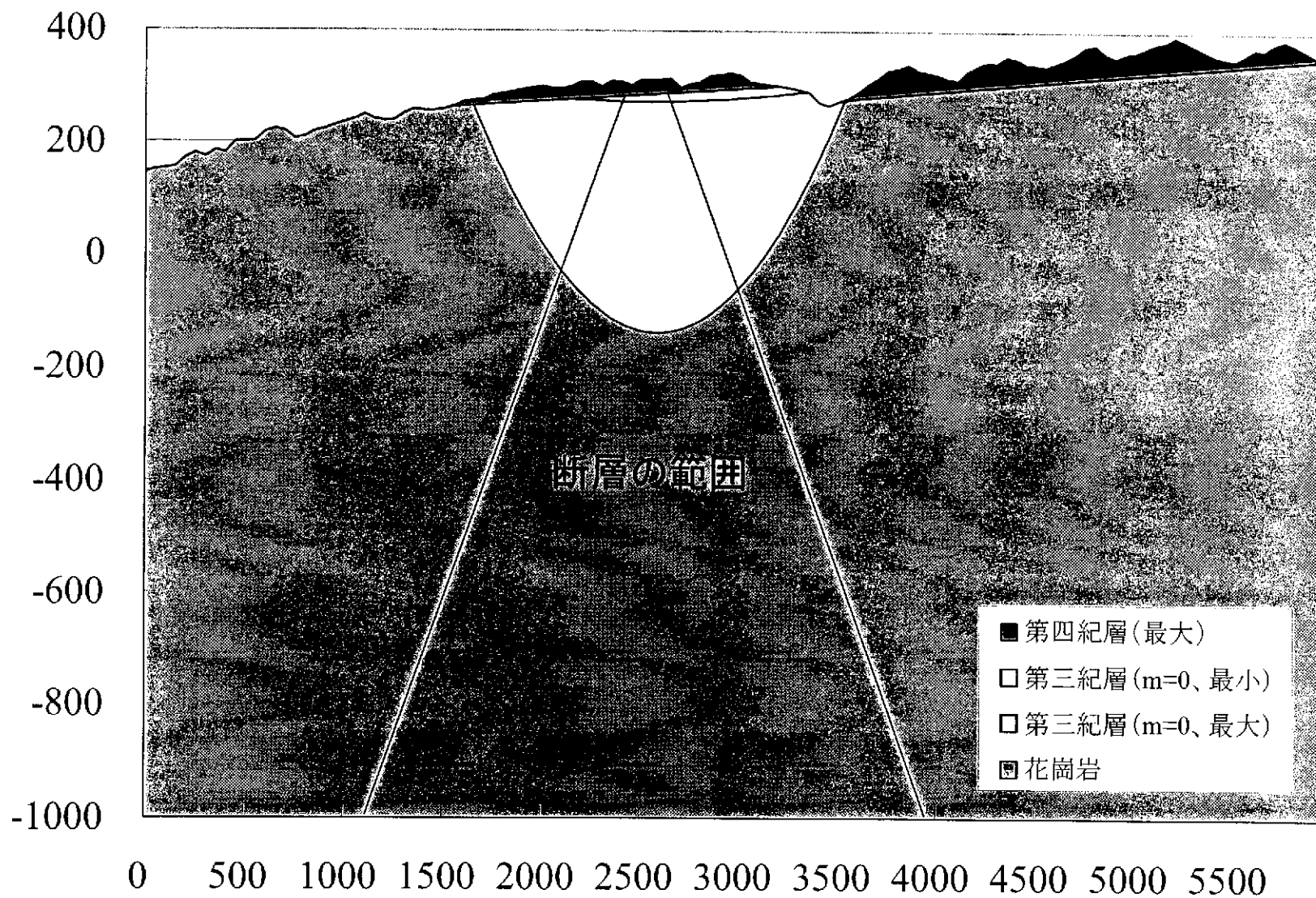


図 5.2-9 中域第二段階、第三紀層の不確実性 ( $\mu=0$ )

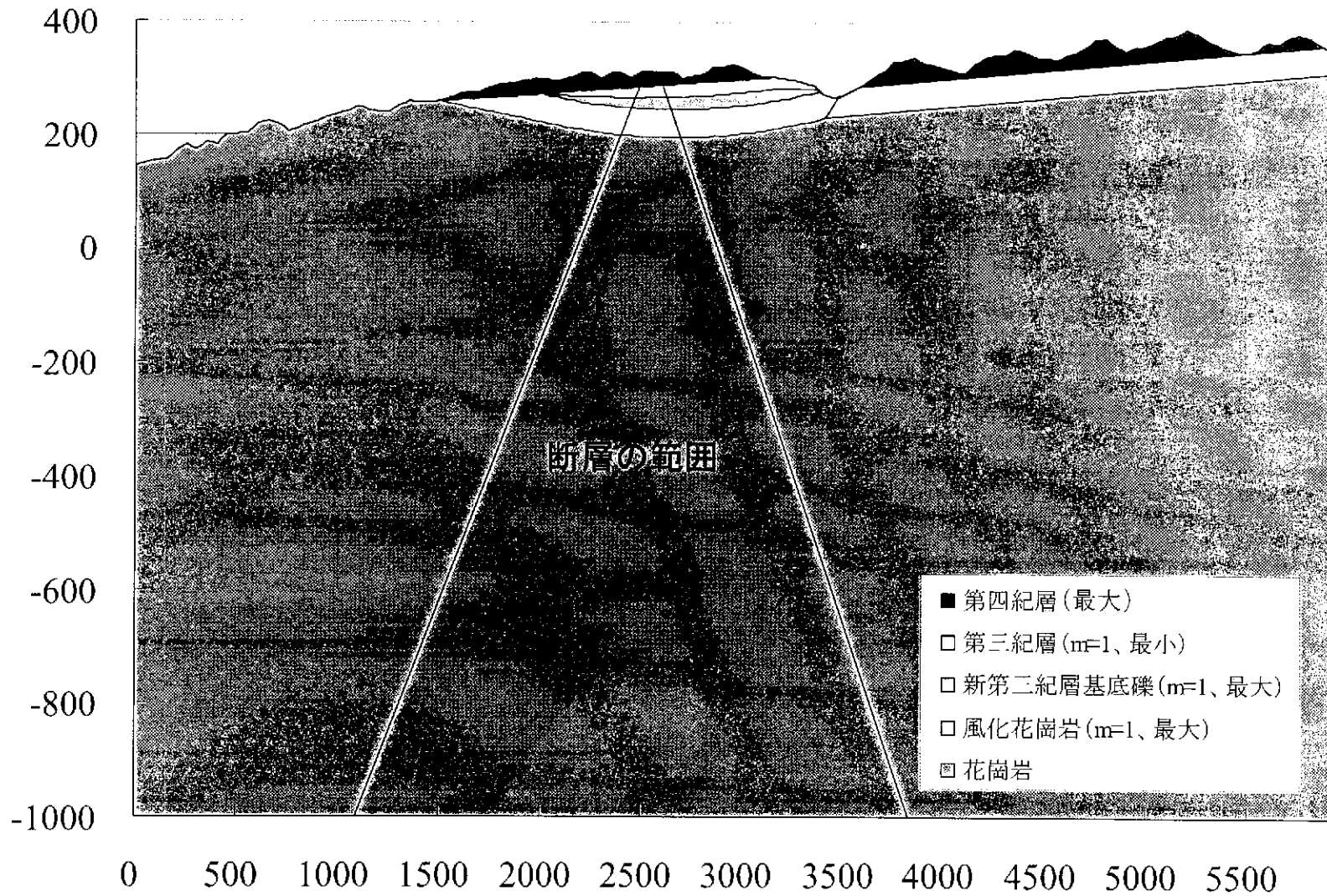


図 5.2-10 中域第二段階、第三紀層最小の場合の基底礫層と風化花崗岩の不確実性 ( $\mu=0$ )

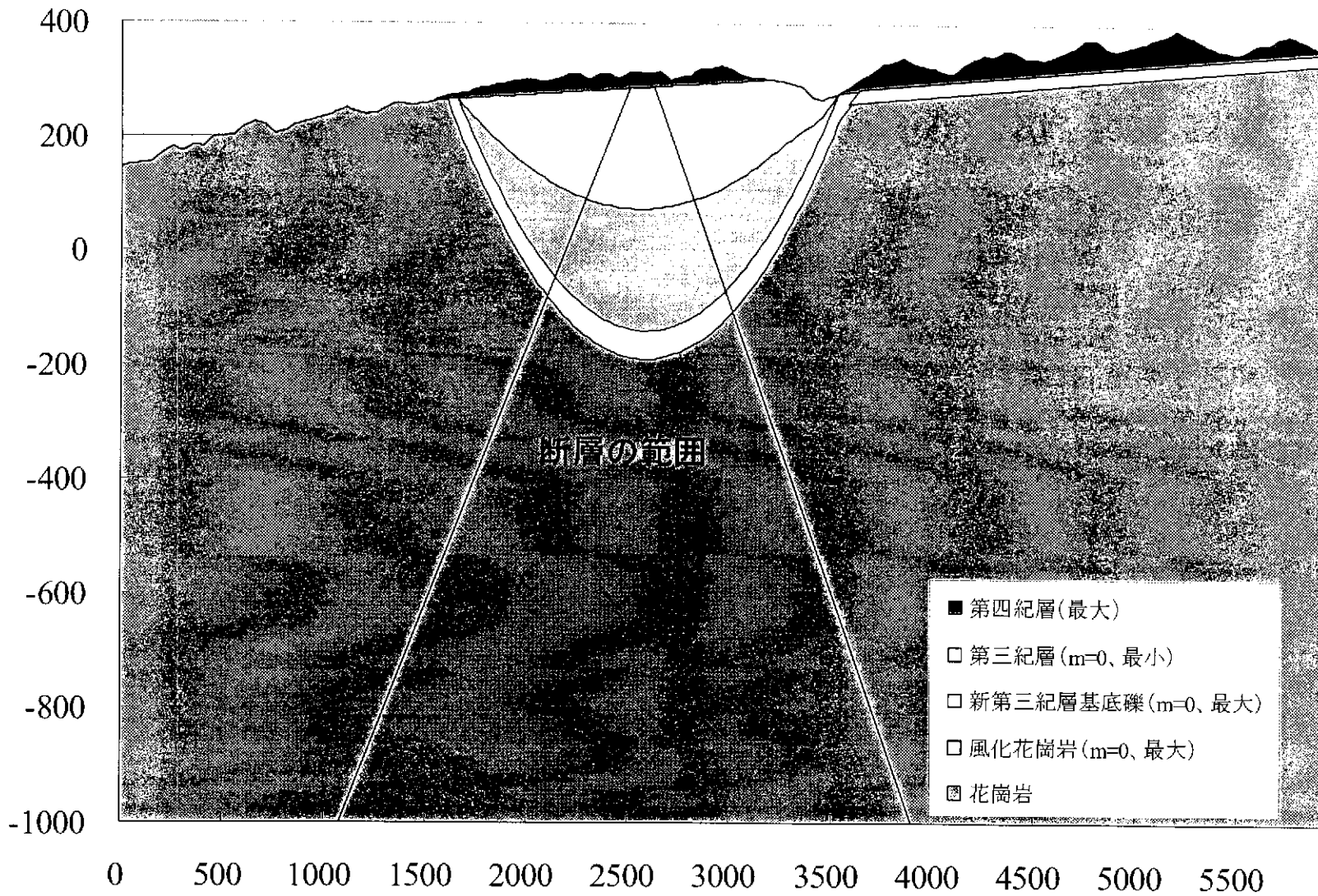


図 5.2-11 中域第二段階、第三紀層最大の場合の基底礫層と風化花崗岩の不確実性 ( $\mu=0$ )

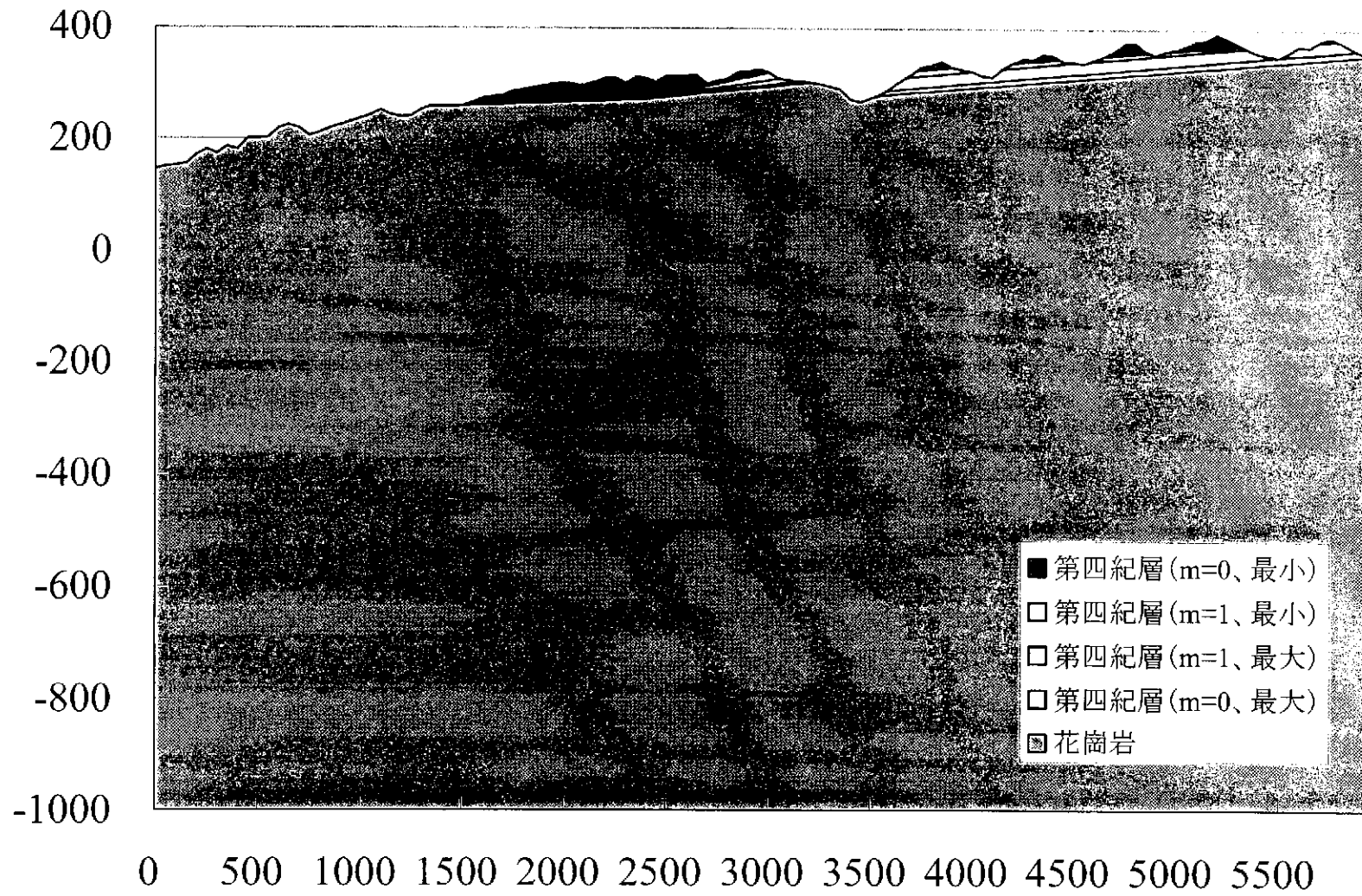


図 5.2-12 中域第三段階、第四紀層の不確実性

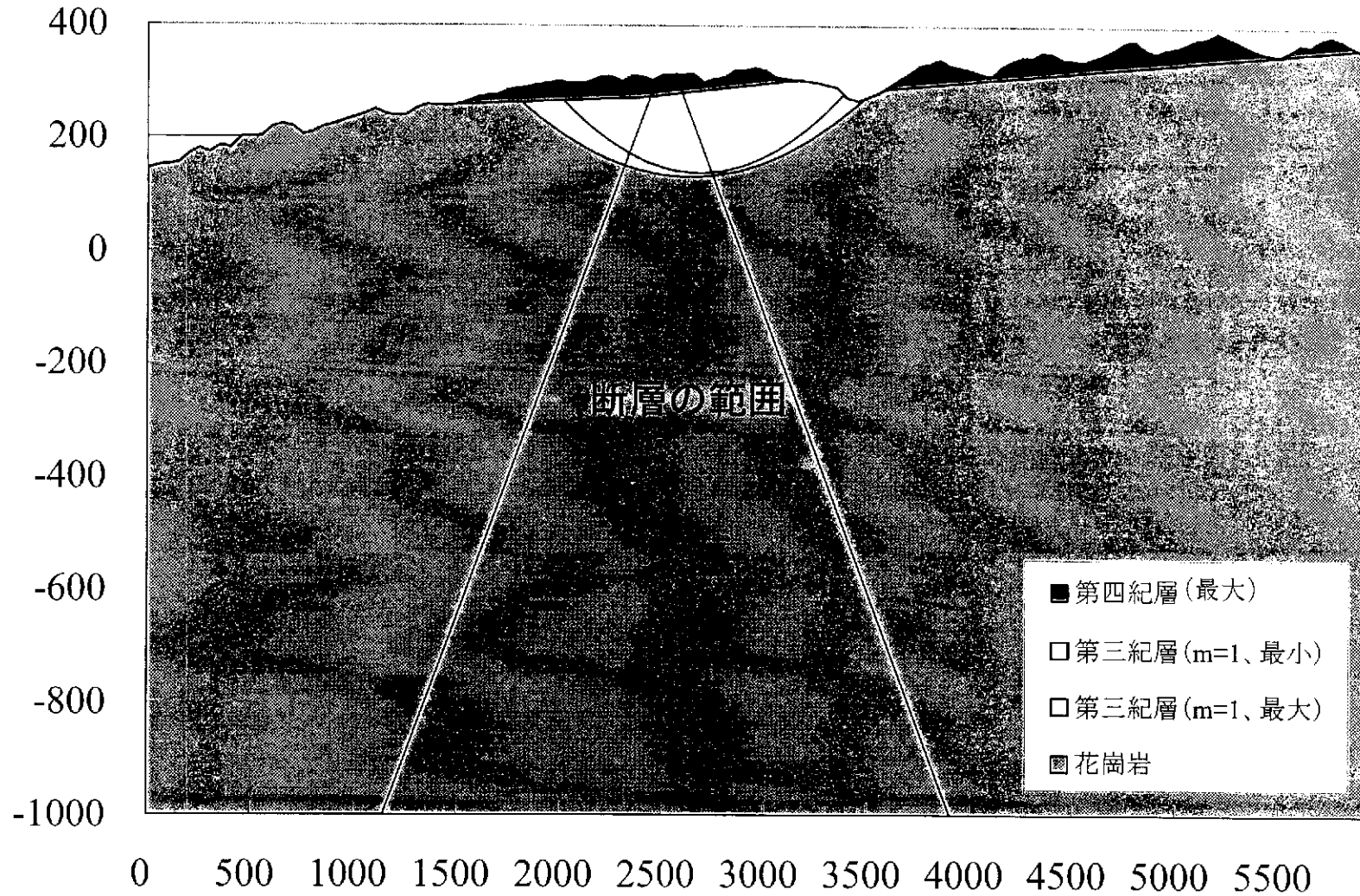


図 5.2-13 中域第三段階、第三紀層の不確実性 ( $\mu=1$ )

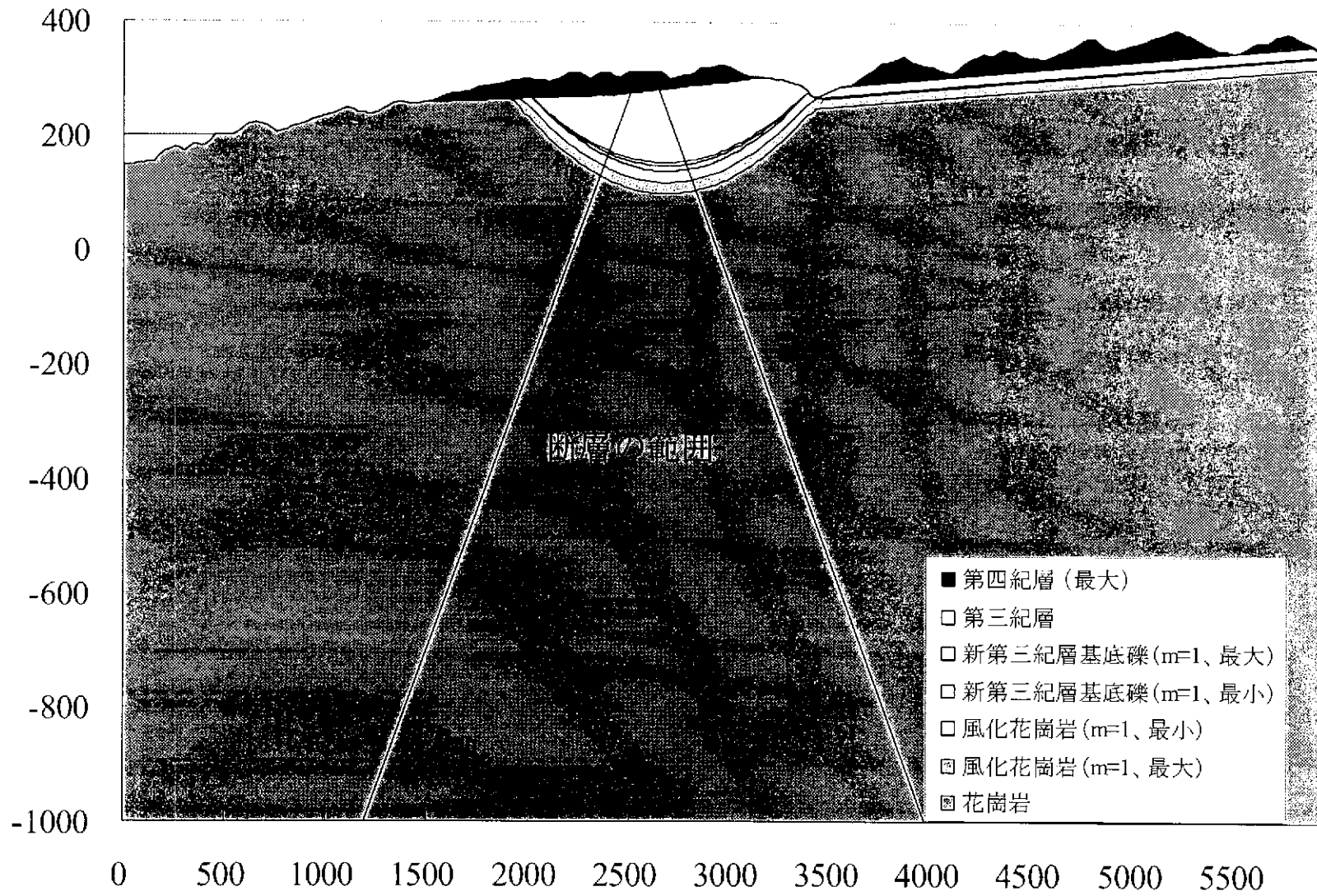


図 5.2-14 中域第三段階、基底礫層と風化花崗岩の不確実性 ( $\mu=1$ )

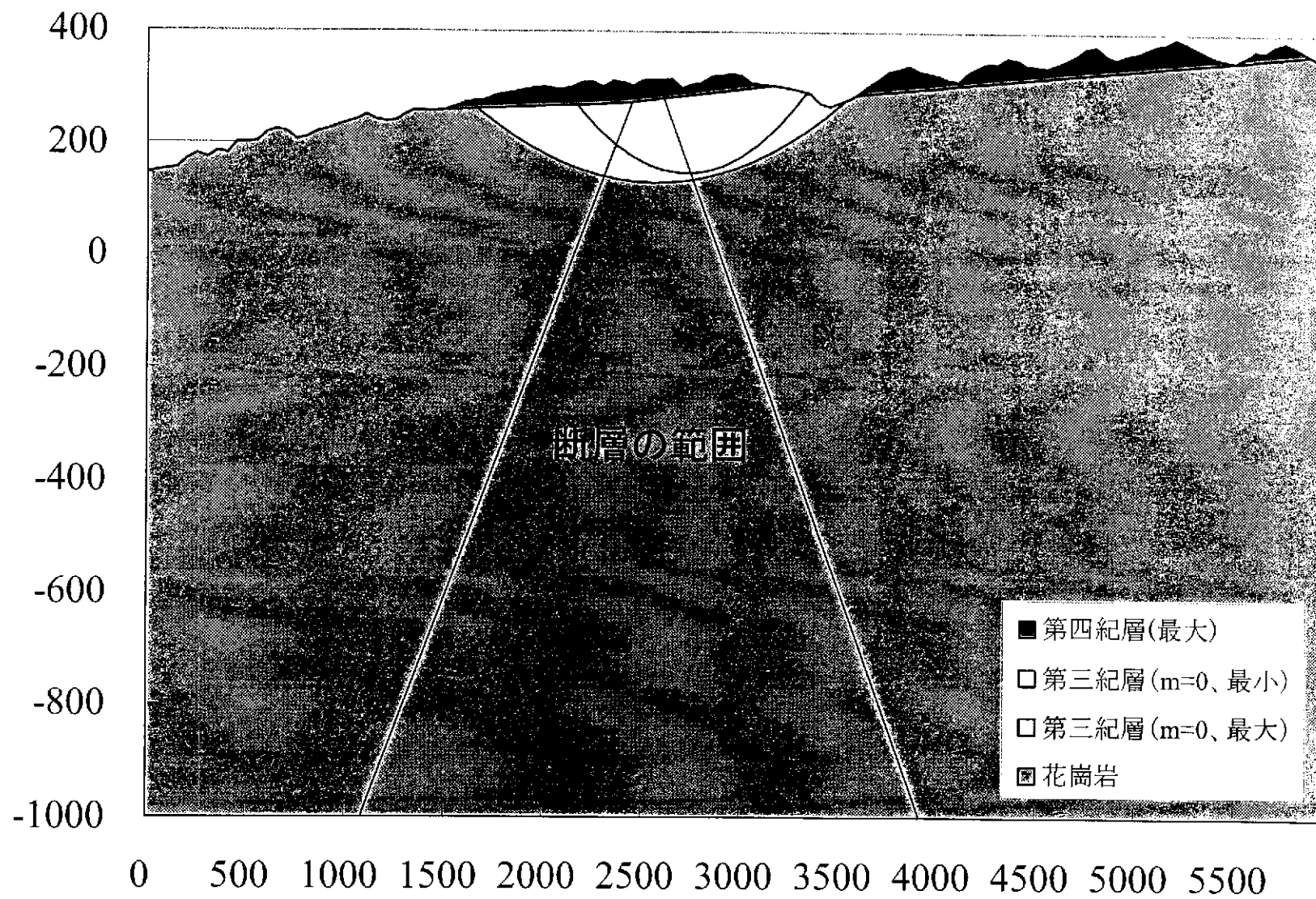


図 5.2-15 中域第二段階、第三紀層の不確実性 ( $\mu=0$ )

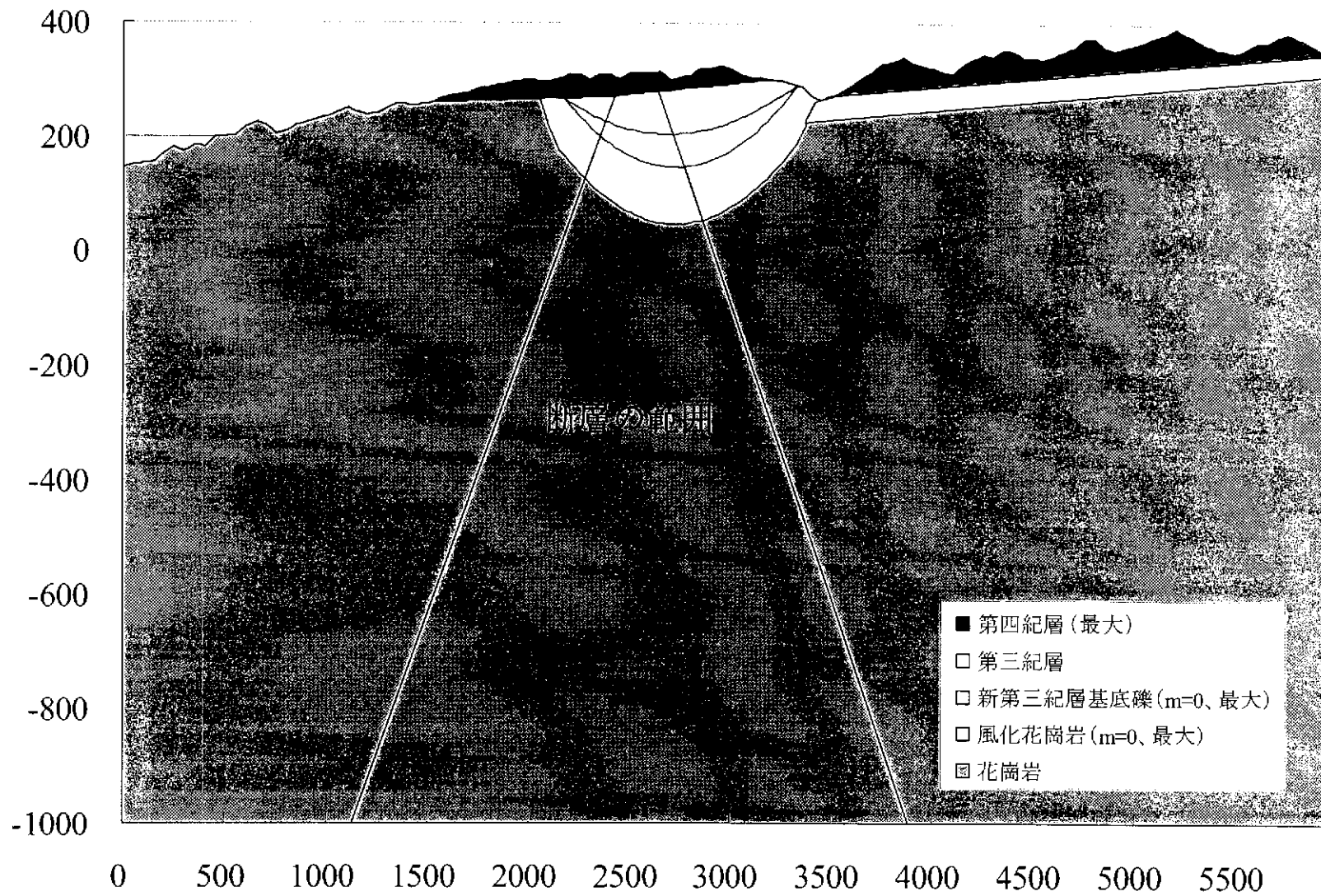


図 5.2-16 中域第三段階、基底礫層と風化花崗岩の不確実性 ( $\mu=0$ )



(4) 小域

小域は、中域の地下水流動解析結果を水理境界条件として適用するため、小域の地質構造及び水理地質構造モデルに対応する中域の地質構造及び水理地質構造モデルの解析結果が必要となる。今回、手法の構築に重点を置いているため、小域においては、中域において最も代表的な値（中心値）の変数を有する中域の地質構造モデルを取り上げ、それから小域の地質構造モデルを構築した。図 5.2-16 に小域の地質構造モデルを示す。

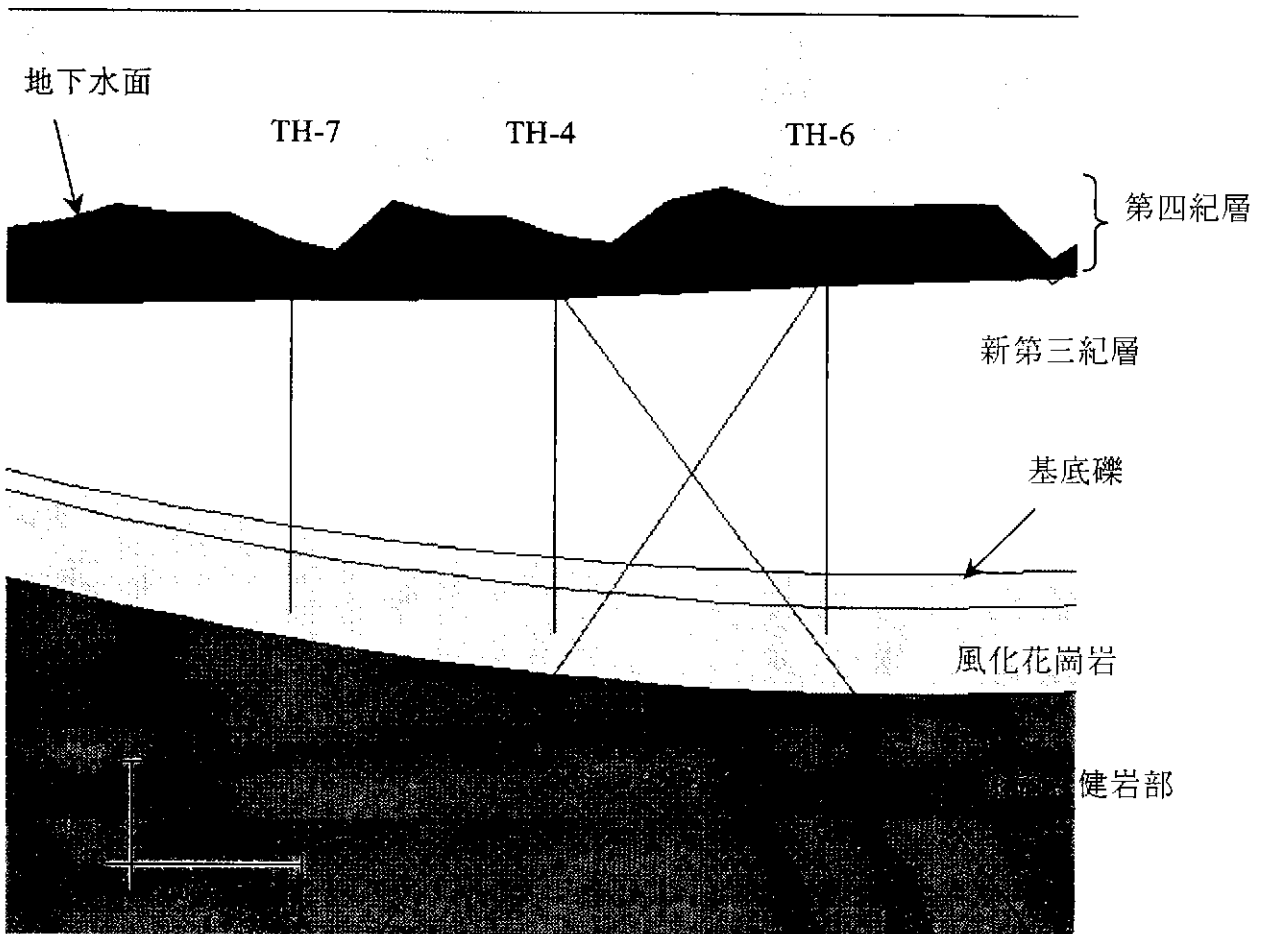


図 5.2-17 小域の地質構造モデル

### 5.3 水理地質構造モデルの構築

5.2 節で述べた各段階での地質構造モデルの不確実性に、5.1 節でファジーメンバーシップとして定義した各地質構造の透水係数の不確実性を加え、多数の統計的地下水流動解析を行うことにより、解析結果（着目する小域の平均流速及び流向等）の不確実性を評価した。

中域解析モデルは上下方向には標高-1000m から+400m の範囲、水平方向には土岐川から尾根までの 5950m を 2次元モデルとして 200 個 x 200 個の等間隔メッシュに分割して地下水流動解析を行った。境界条件は北側、南側の端、及び下面は不透水境界、上面は地下水面にあわせて、標高に応じた固定水頭境界とした。中域第一段階から第三段階では地下水面は地表面とした。中域第四段階では地下水面を別途設定した。既存情報が有する境界条件による影響検討は別途第 6 章で実施した。

中域第一段階から第四段階で定義されている水理学的情報は各地層の透水係数ならびに断層の平行および垂直透水係数と断層の幅である。中域第一段階、第二段階、第三段階、第四段階の各段階に対して、ファジーメンバーシップ $\mu$ を選択し、これにより決まる地形および透水係数の各不確実性変数の範囲内で乱数を用いてその値を決定して、これに基づいて解析モデルのパラメータを決定した。このような手順により各段階に対して不確実性パラメータ $\mu=1$ 、 $\mu=0.5$ 、 $\mu=0.0$  の 3 通りについて各 100 個のモデルについて解析を行って、各段階、各ファジーメンバーシップレベルにおける解析結果の分布を調べた。各段階、各ファジーメンバーシップレベルを用いた場合のすべての変数の分布を図 5.3-1.1~4 に示す。

各地層の透水係数は第一段階から第三段階までは同じで、第四紀層及び花崗岩については第四段階まで同じである。新第三紀層及び風化花崗岩の透水係数の不確実性は第四段階で小さくなっているが、新第三紀層基底礫の透水係数の不確実性は第四段階で逆に大きくなっている。断層の平行透水係数は第一段階では母岩よりも透水とも遮水ともなり得るが、第二段階から第四段階までは同じ規定で、遮水となる。断層の垂直透水係数は平行透水係数との比で規定され、第一段階から第四段階まで同じである。

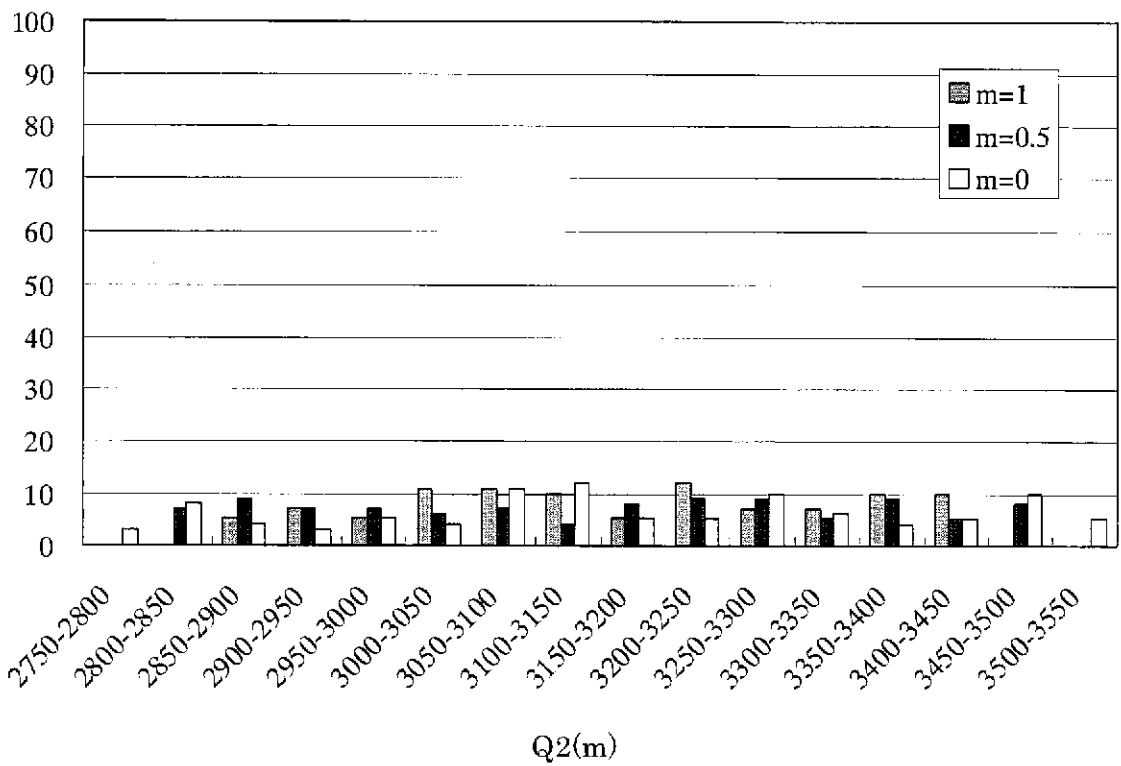
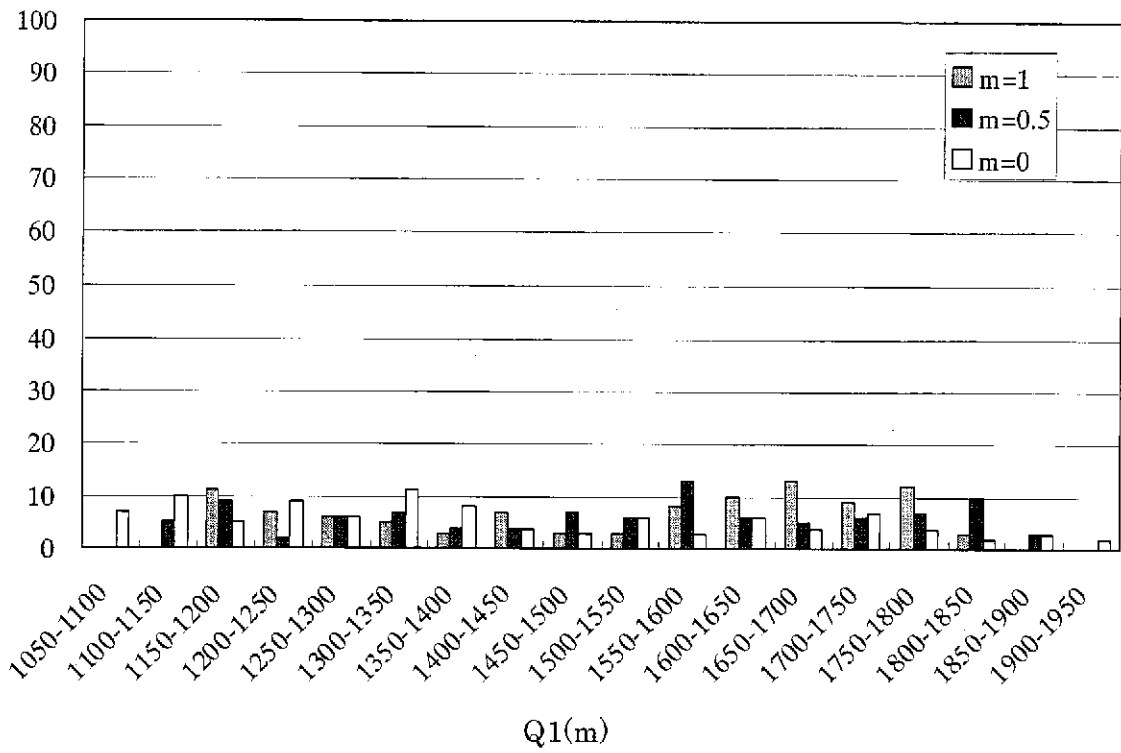


図 5.3-1.1 中域第一段階の変数の分布(1)

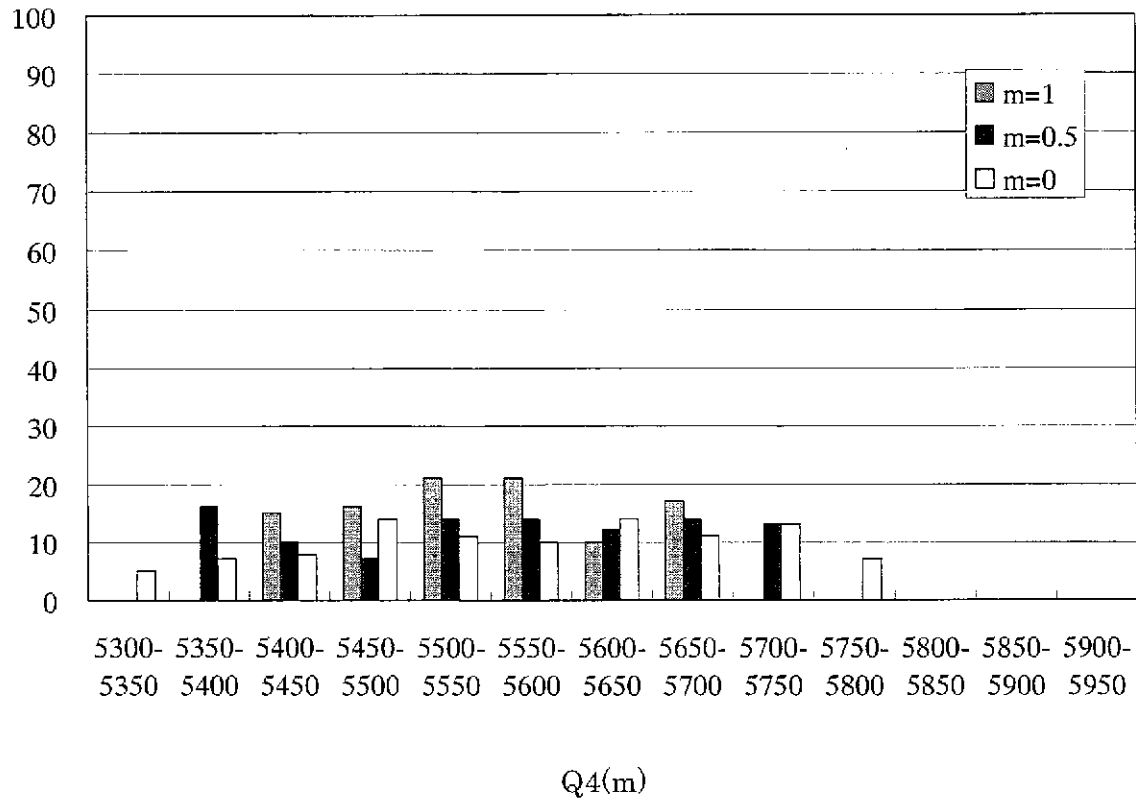
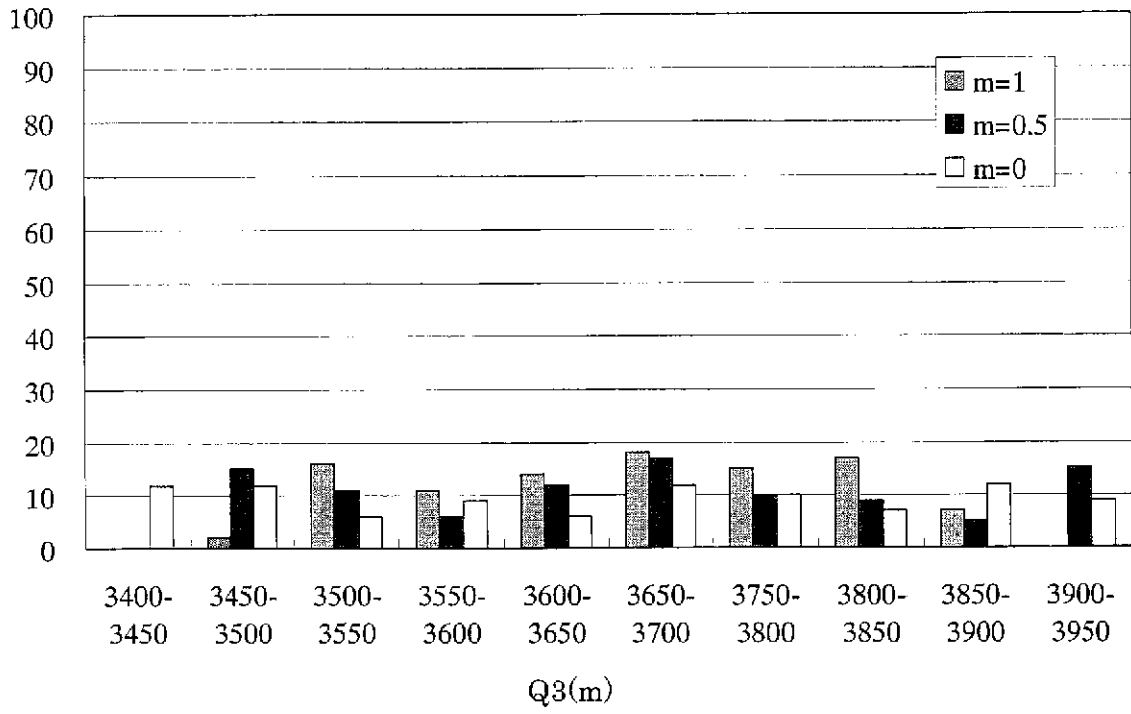


図 5.3-1.1 中域第一段階の変数の分布(2)

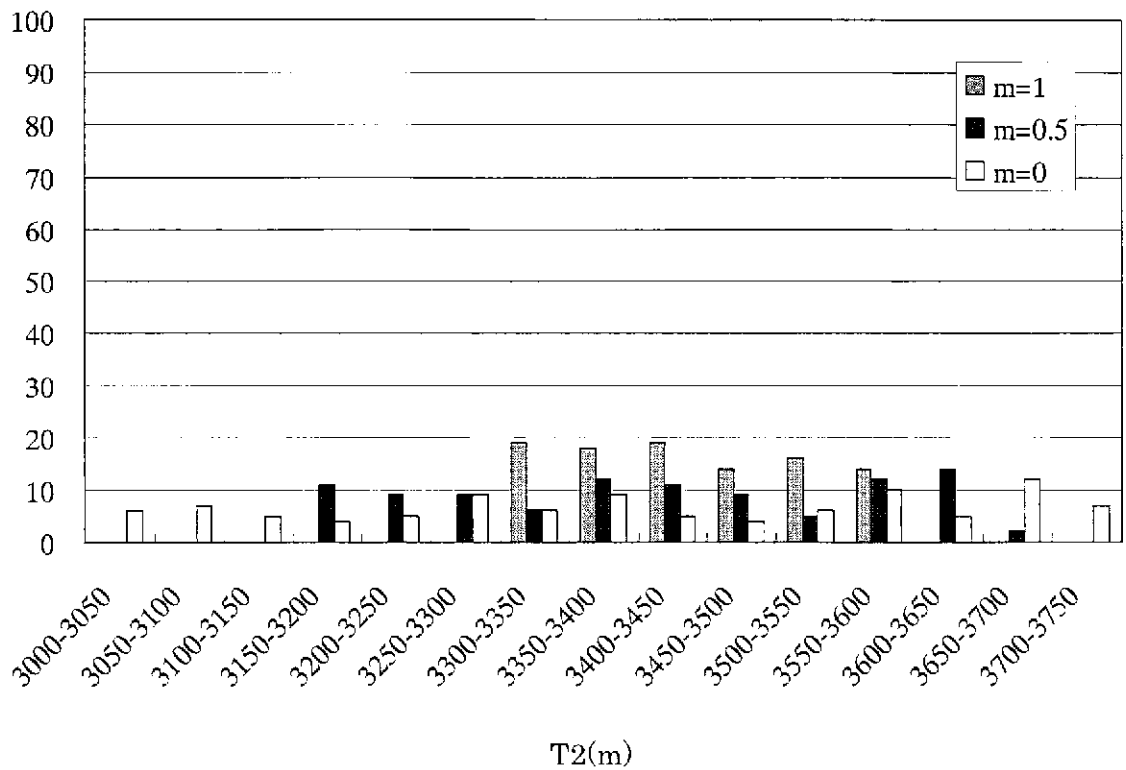
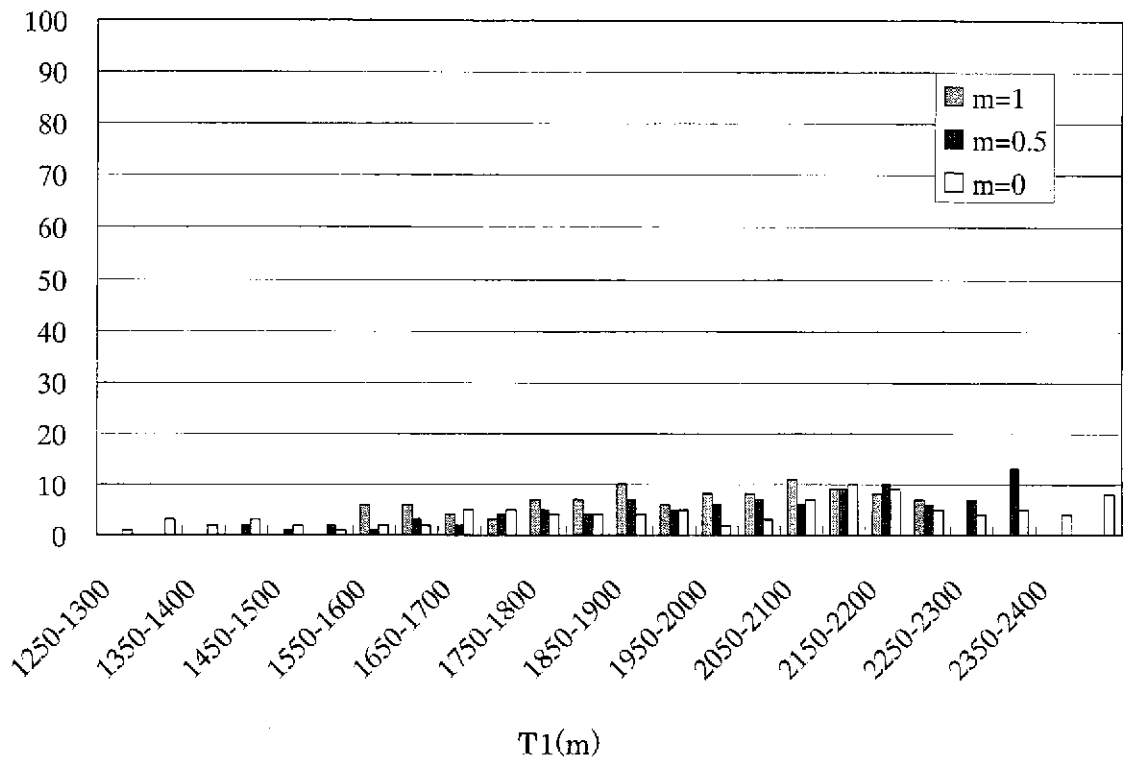


図 5.3-1.1 中域第一段階の変数の分布(3)

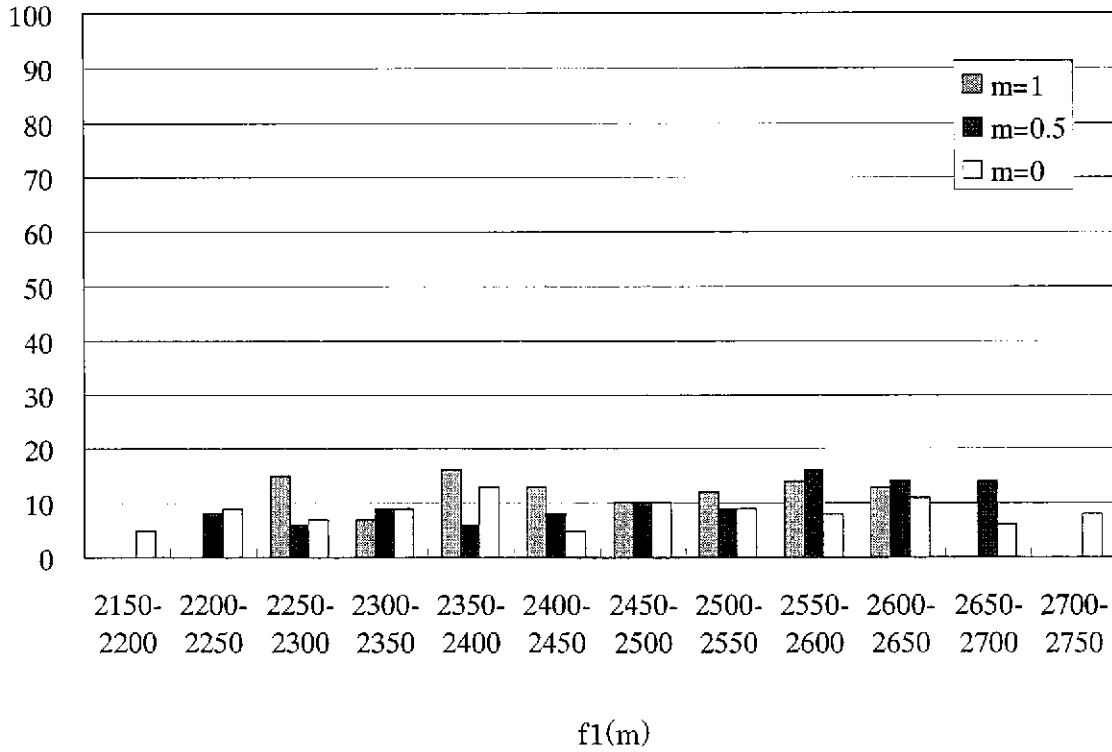
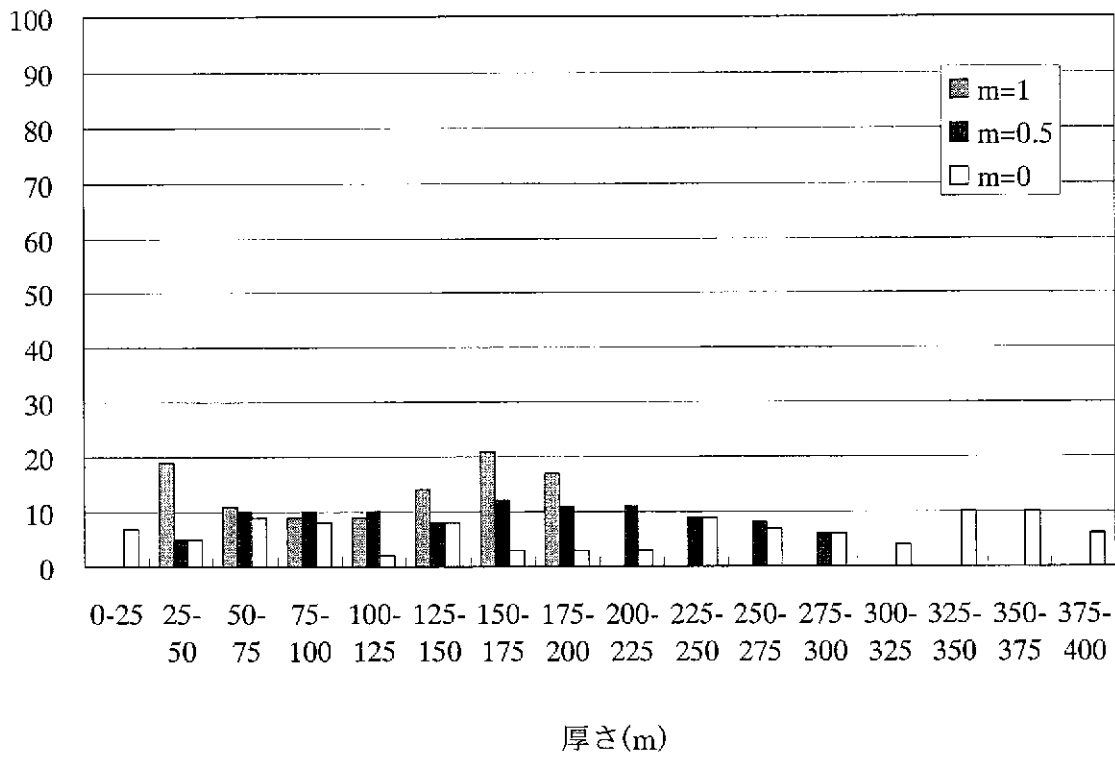


図 5.3-1.1 中域第一段階の変数の分布(4)

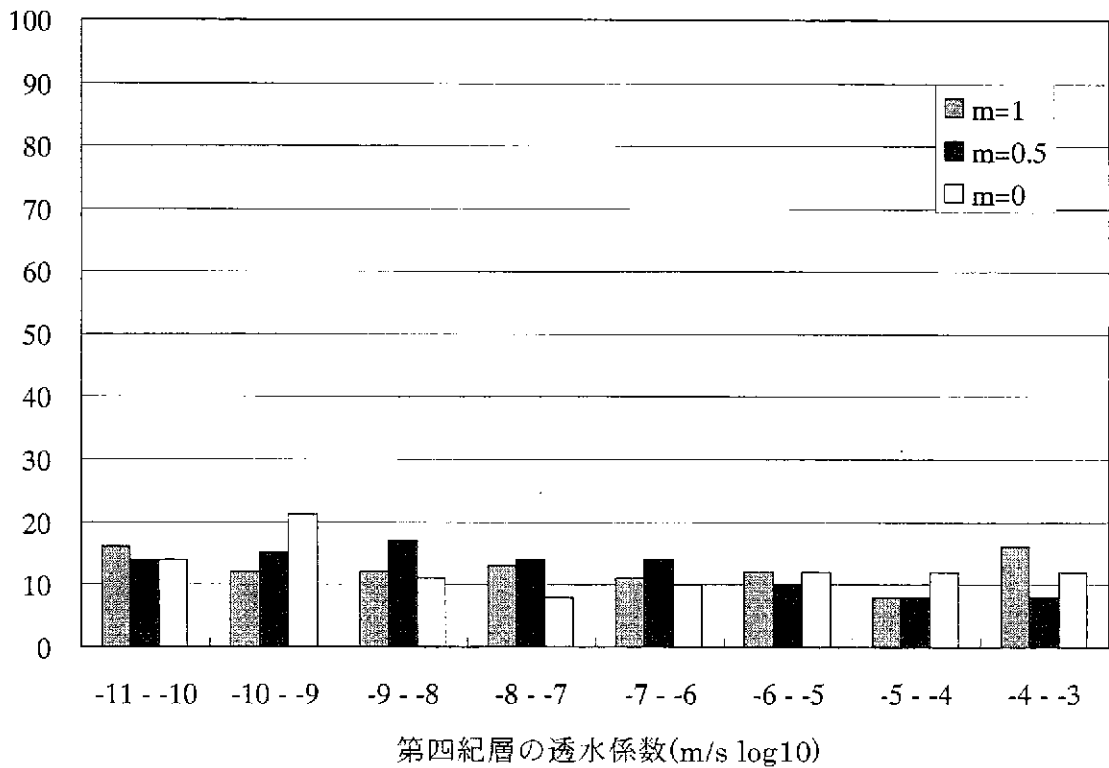
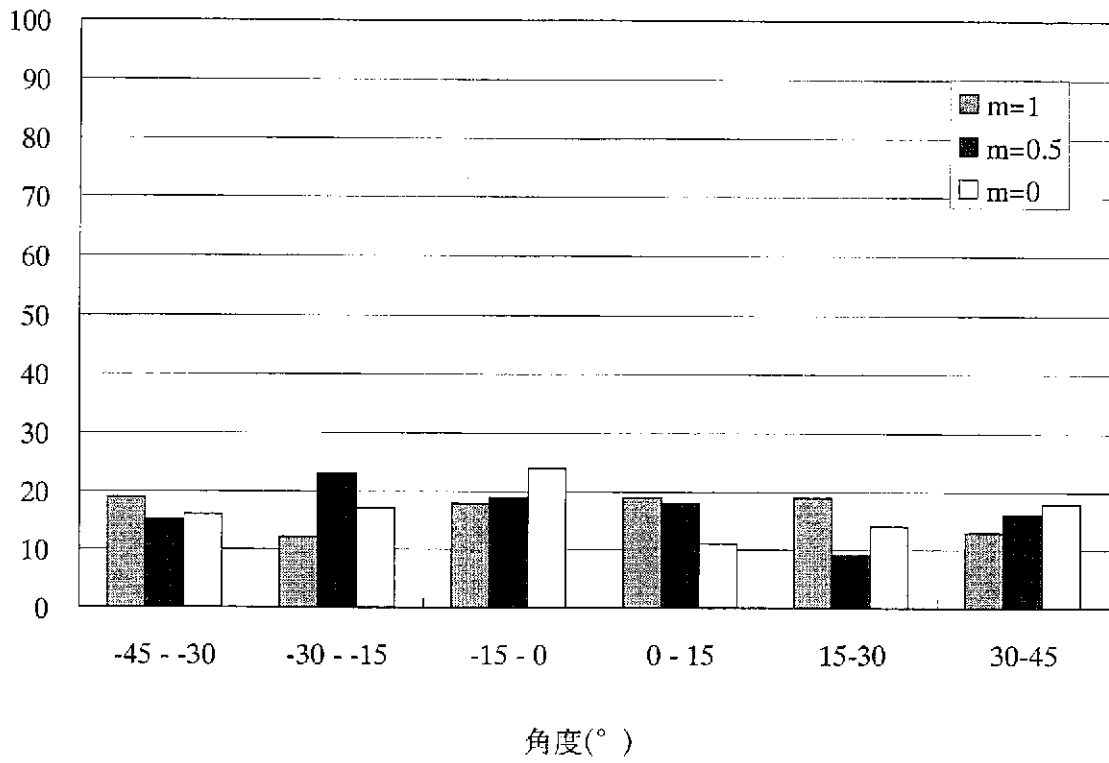
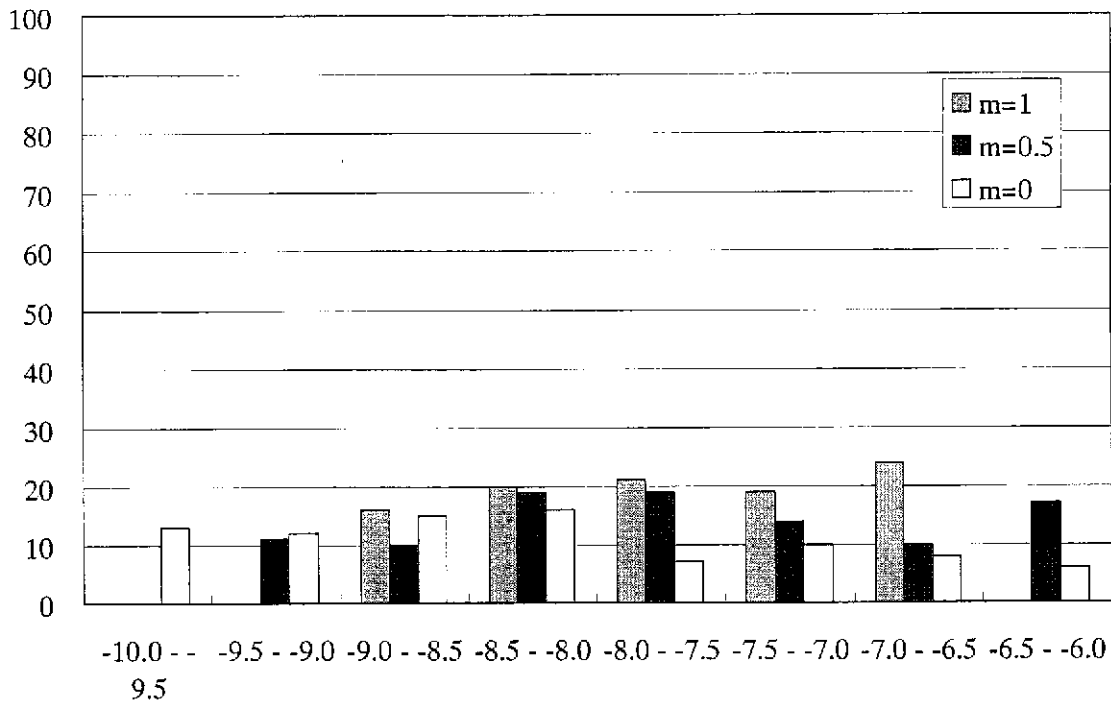
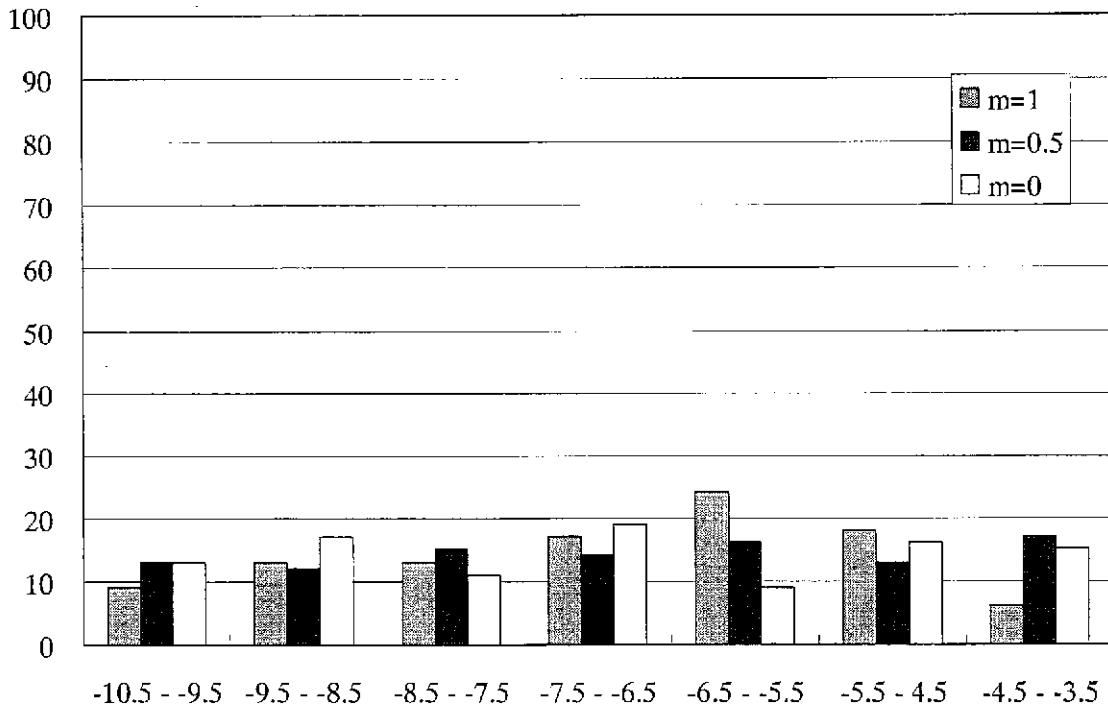


図 5.3-1.1 中域第一段階の変数の分布(5)



新第三紀層の透水係数(m/s log10)



花崗岩の透水係数(m/s log10)

図 5.3-1.1 中域第一段階の変数の分布(6)



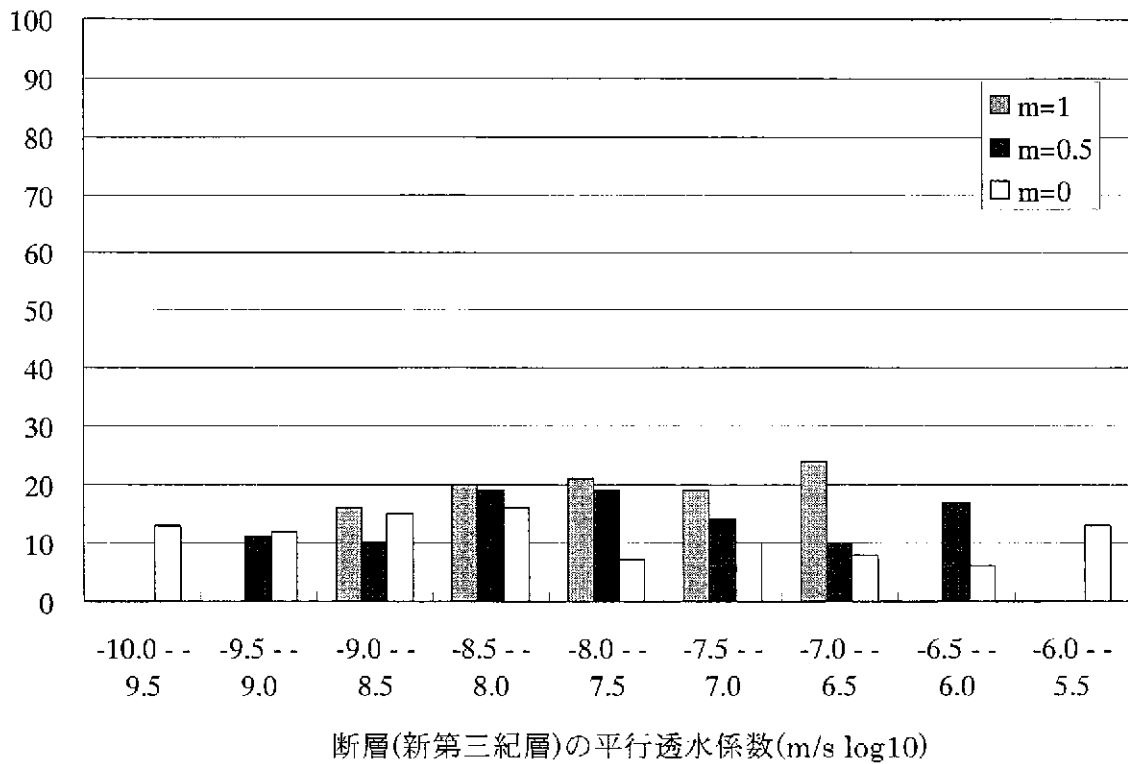
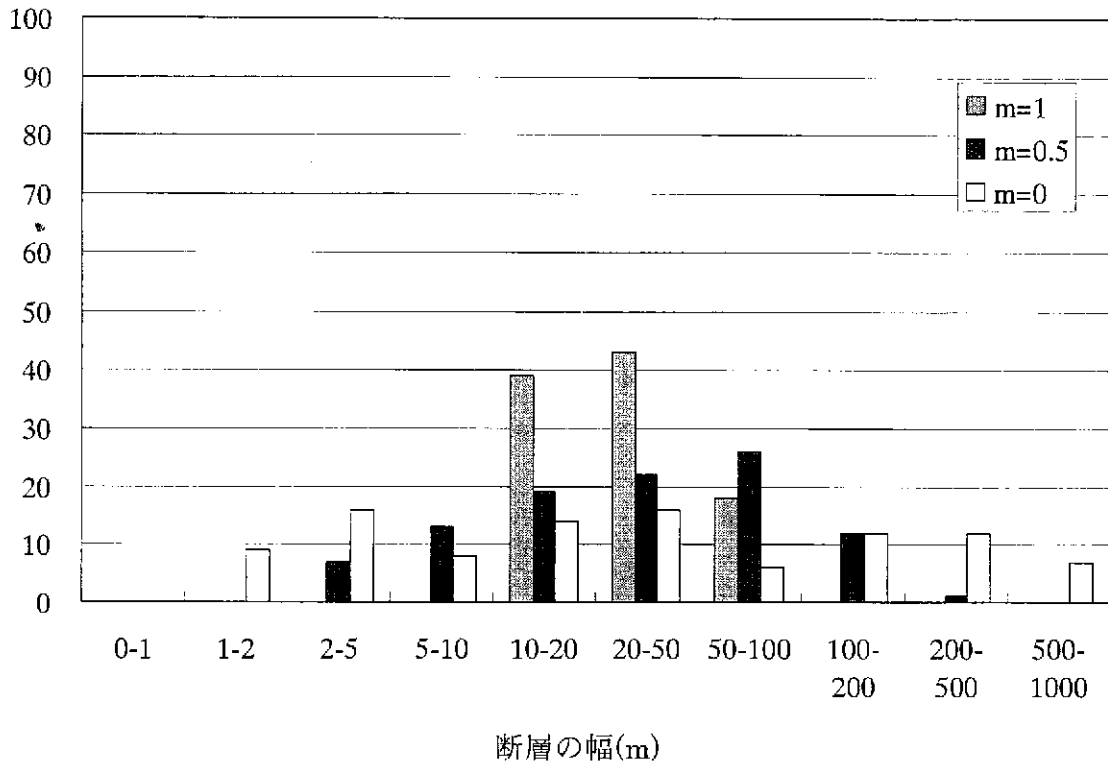


図 5.3-1.1 中域第一段階の変数の分布(7)

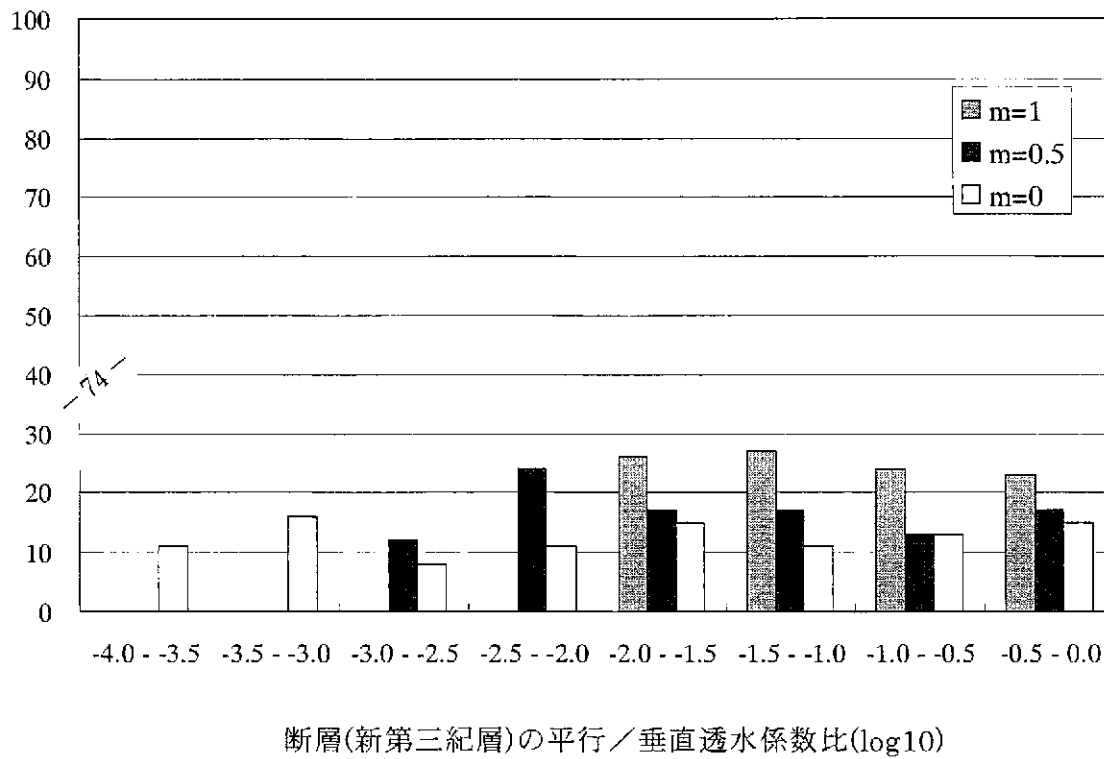
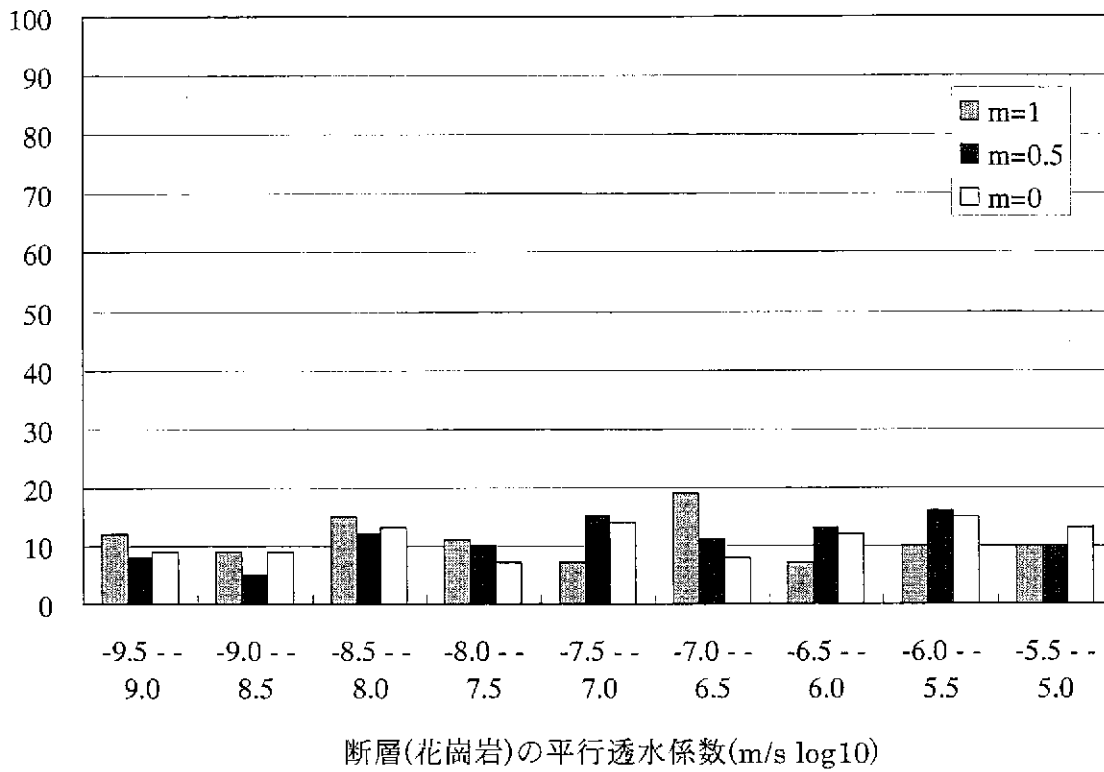
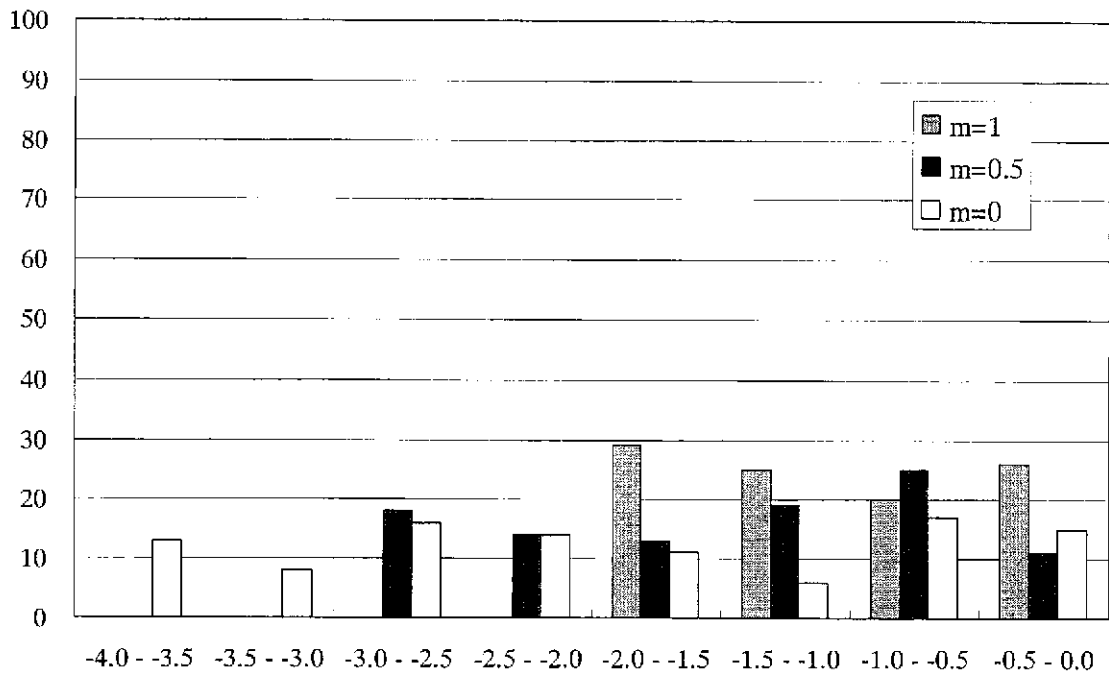


図 5.3-1.1 中域第一段階の変数の分布(8)



断層(花崗岩)の平行／垂直透水係数比(log10)

図 5.3-1.1 中域第一段階の変数の分布(9)

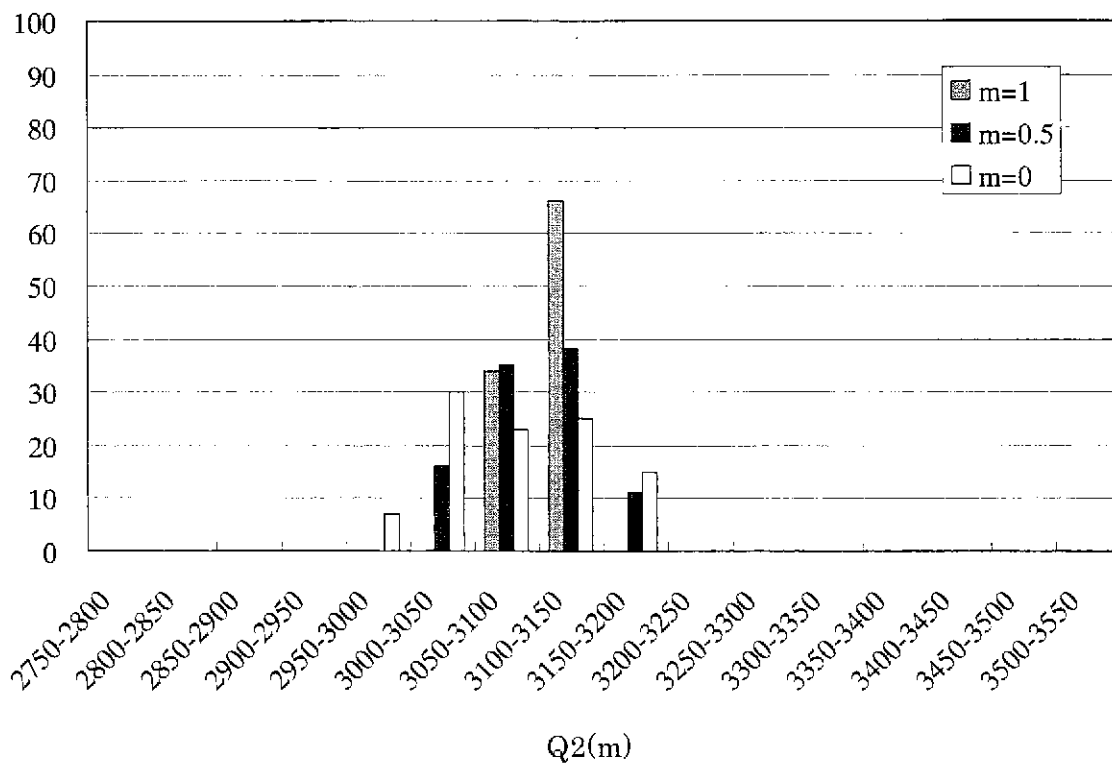
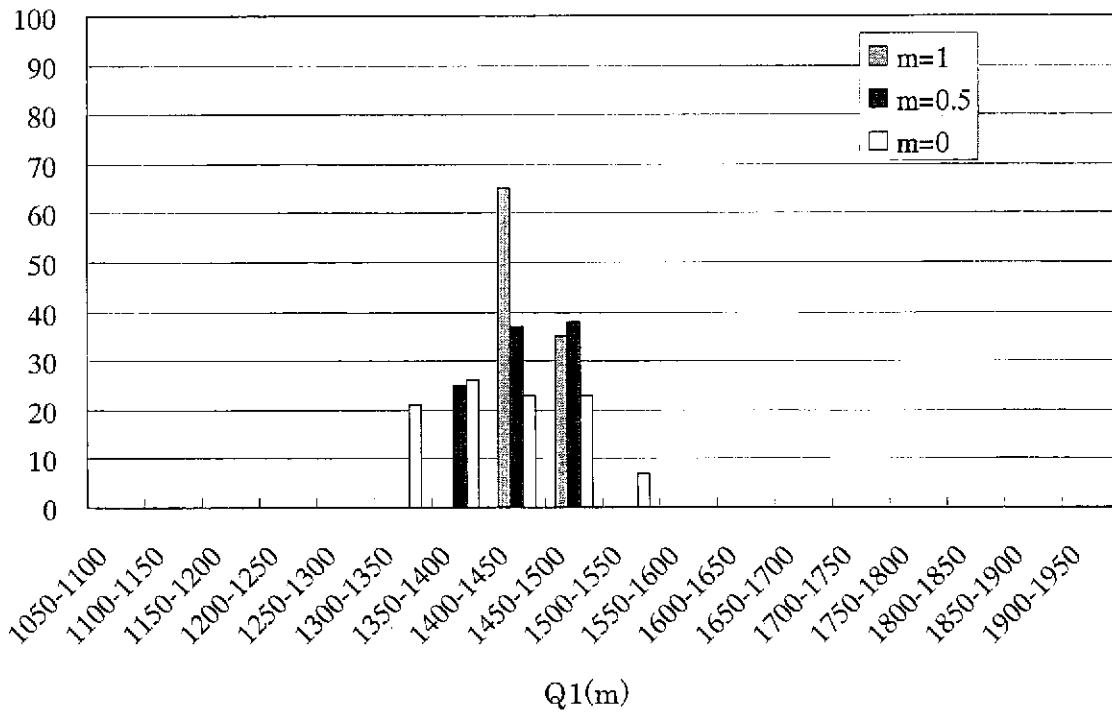


図 5.3-1.2 中域第二段階の変数の分布(1)

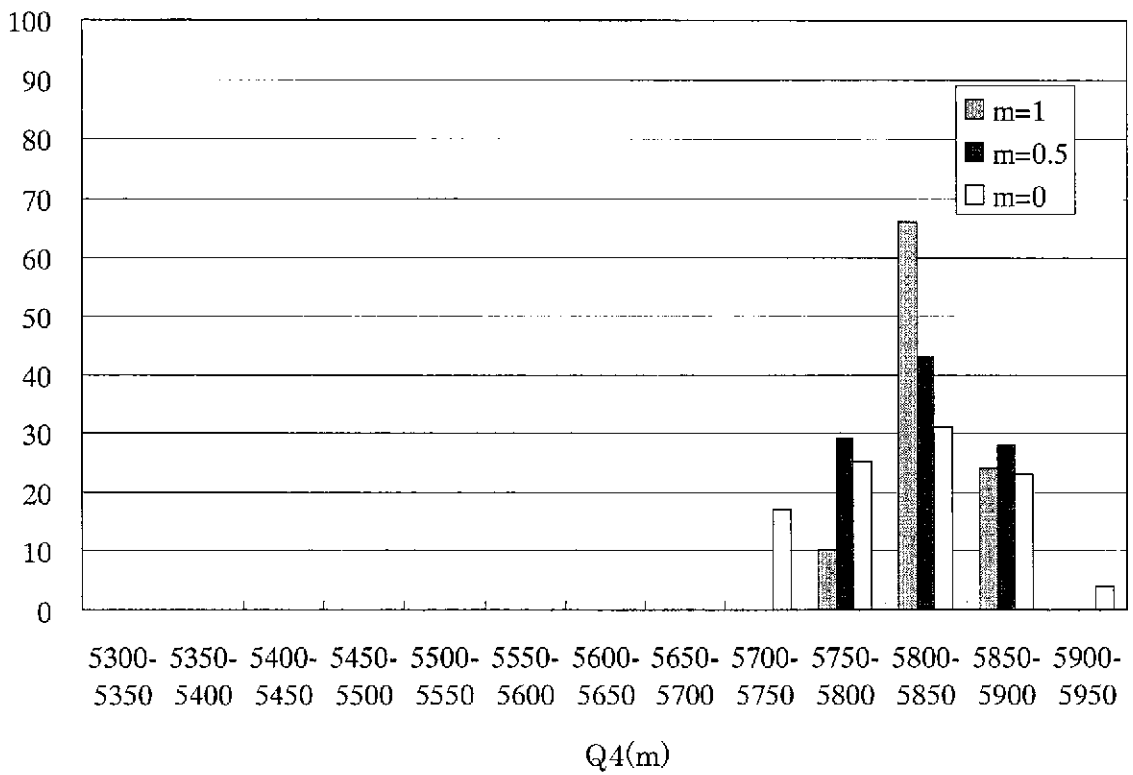
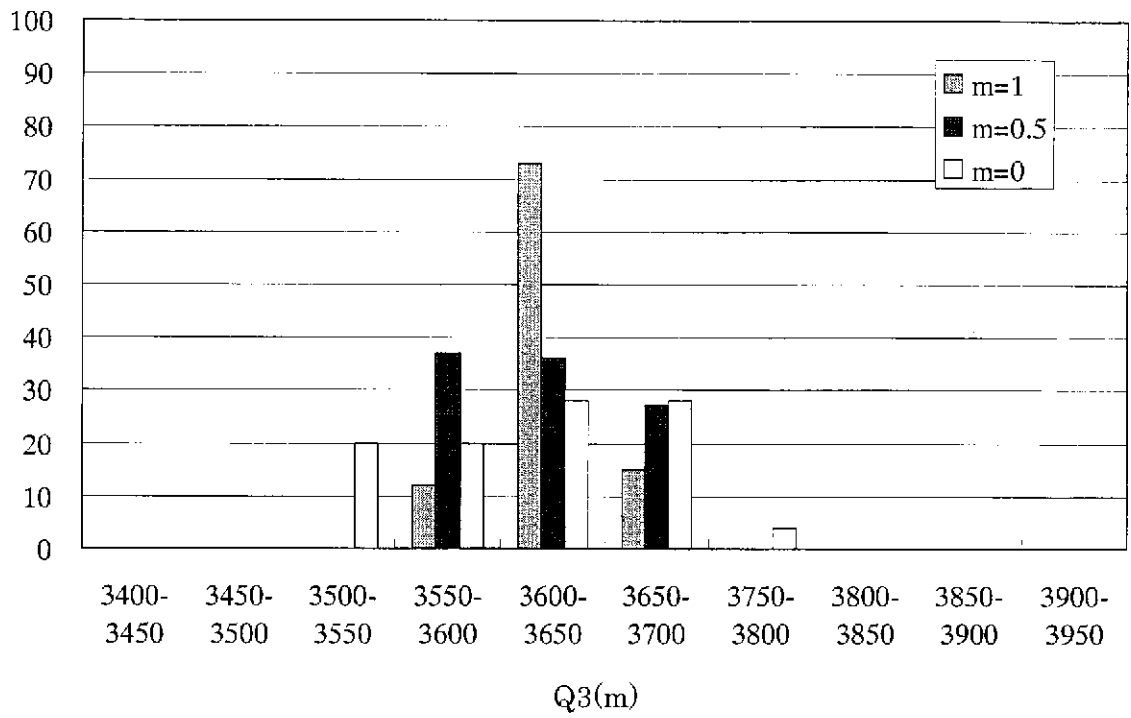


図 5.3-1.2 中域第二段階の変数の分布(2)

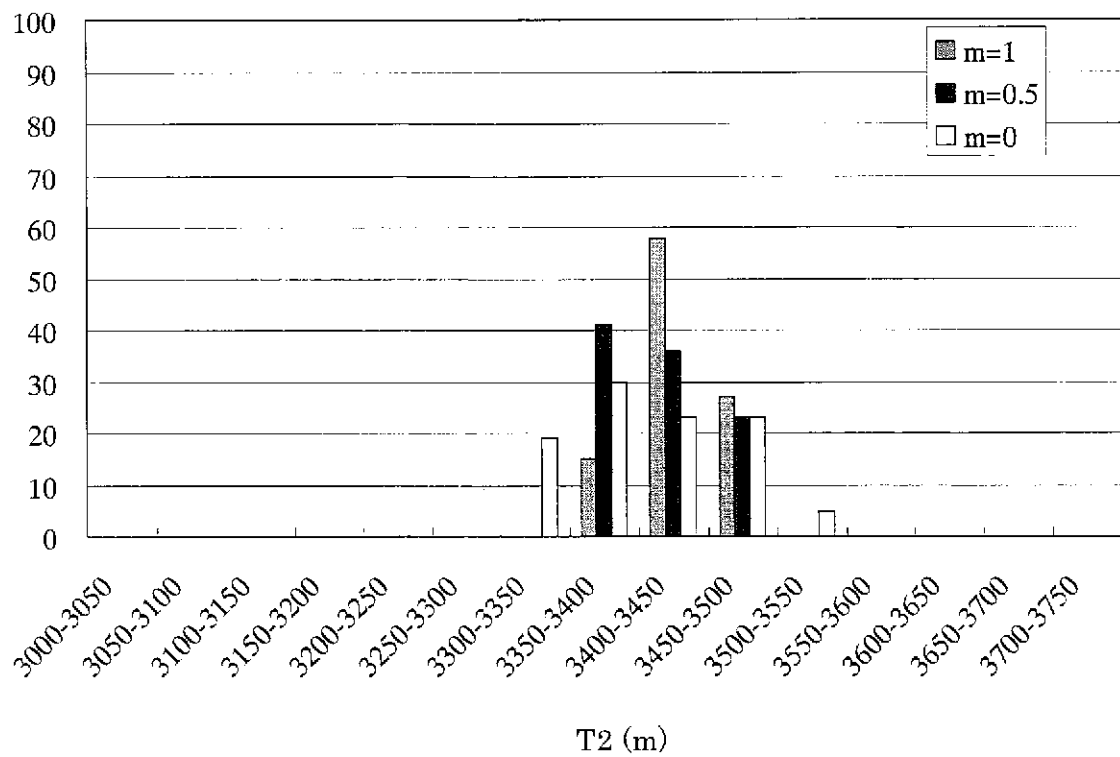
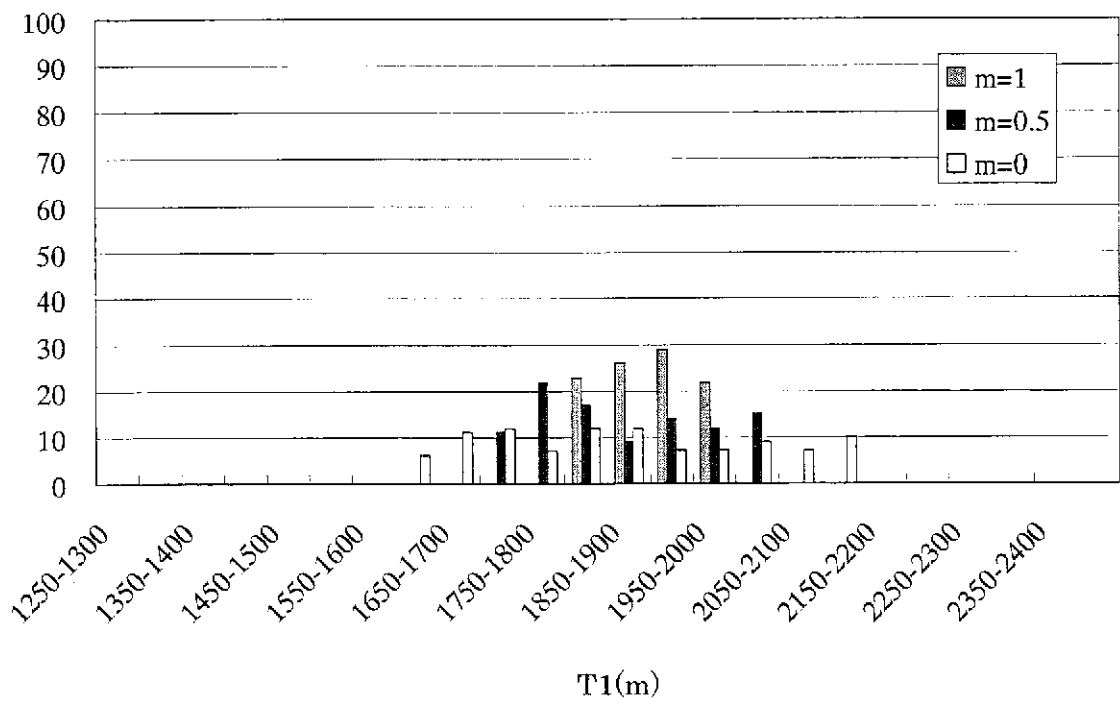


図 5.3-1.2 中域第二段階の変数の分布(3)

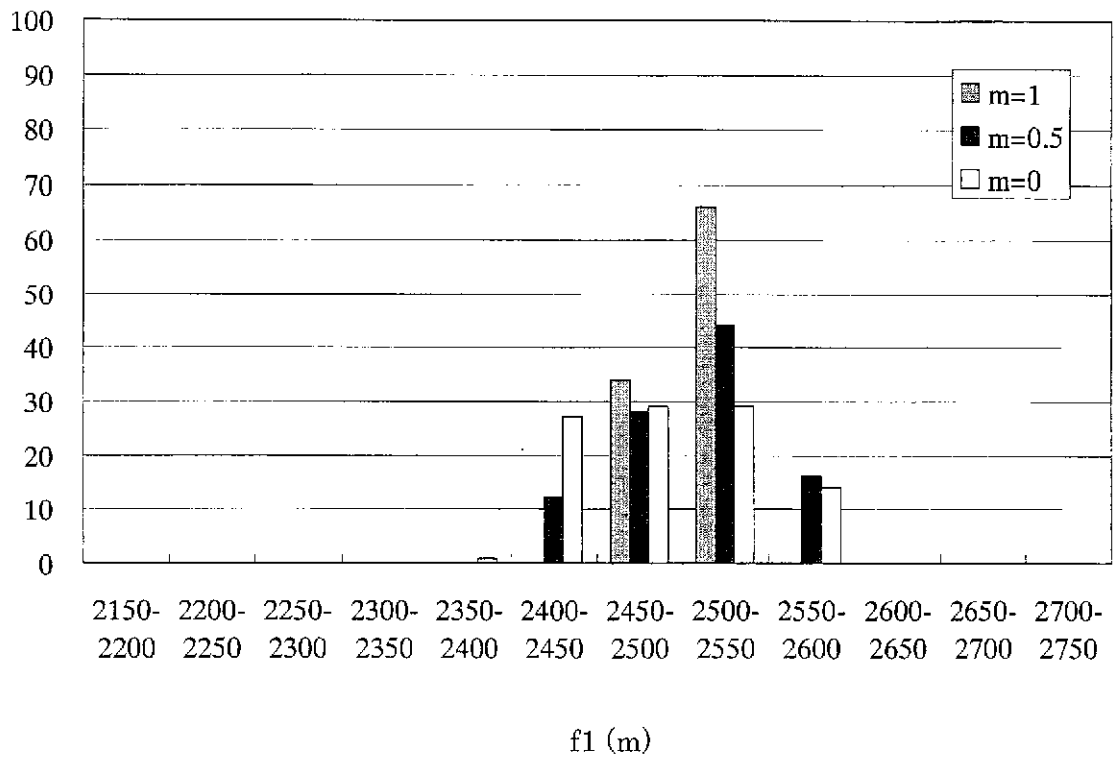
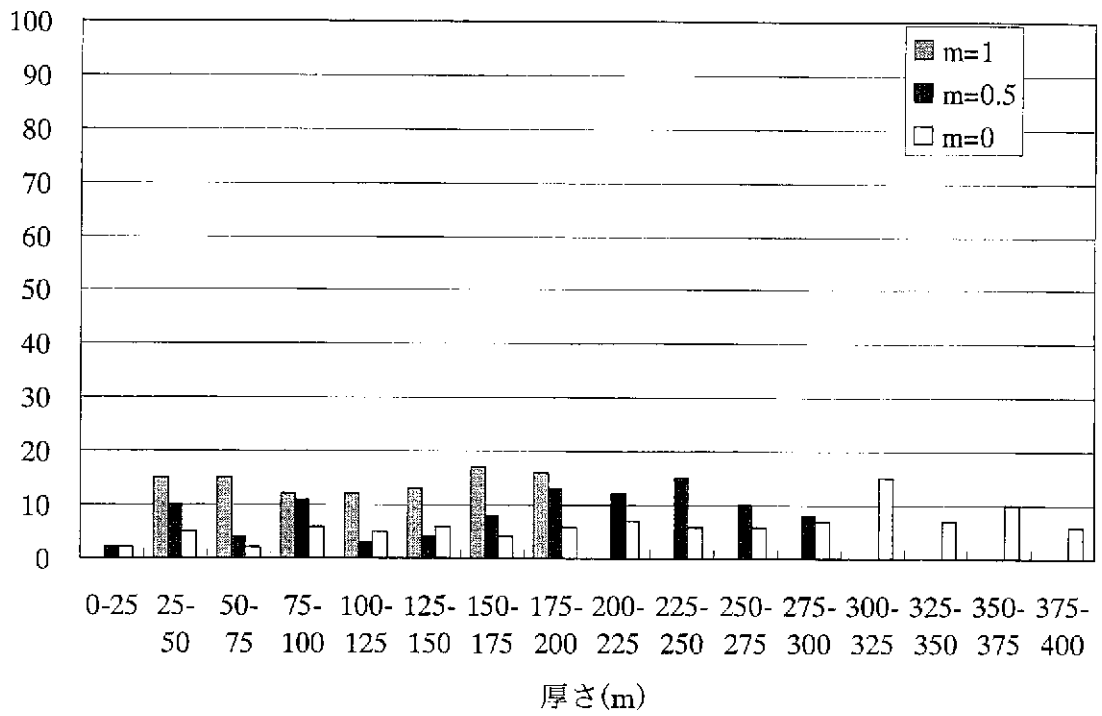


図 5.3-1.2 中域第二段階の変数の分布(4)

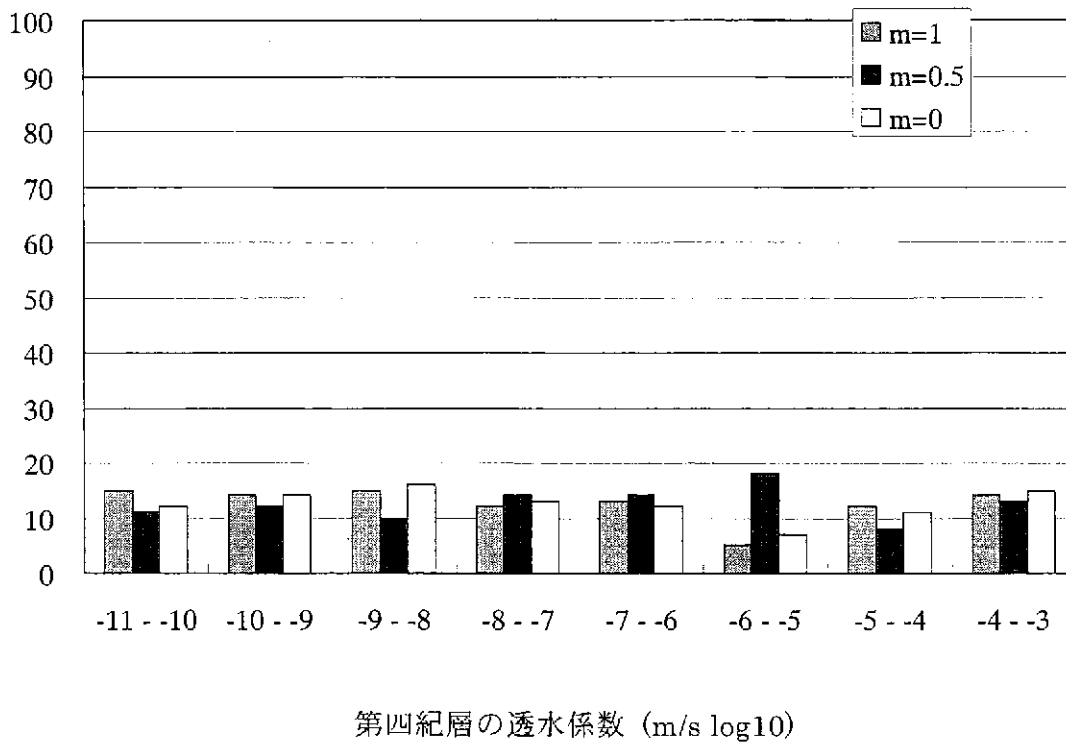
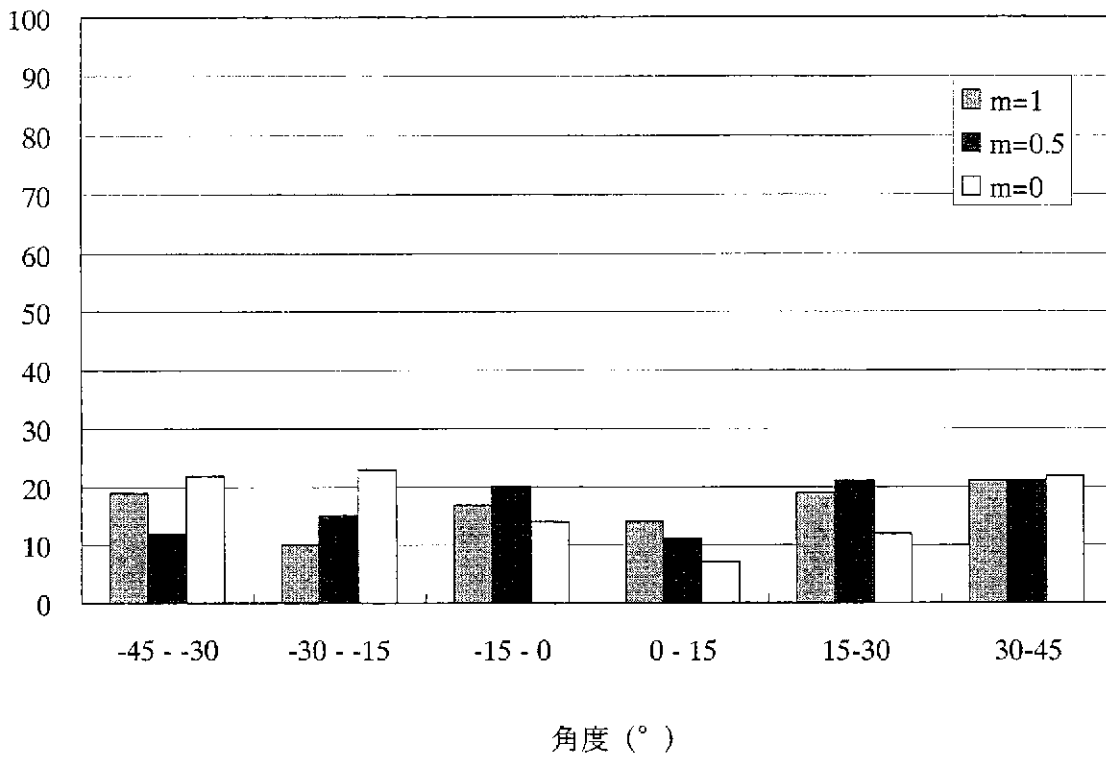
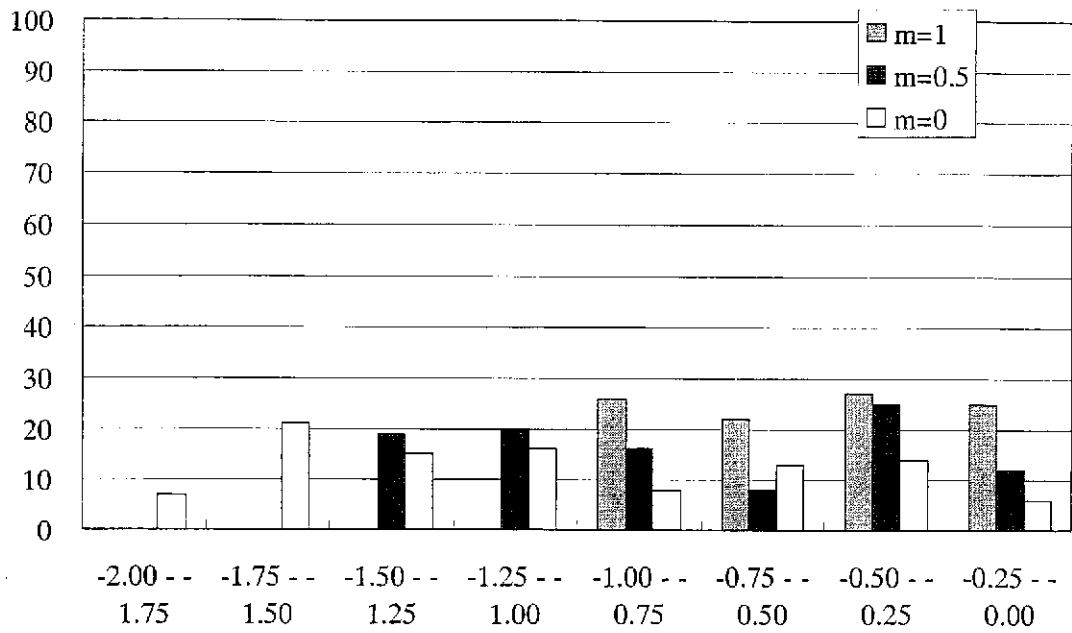
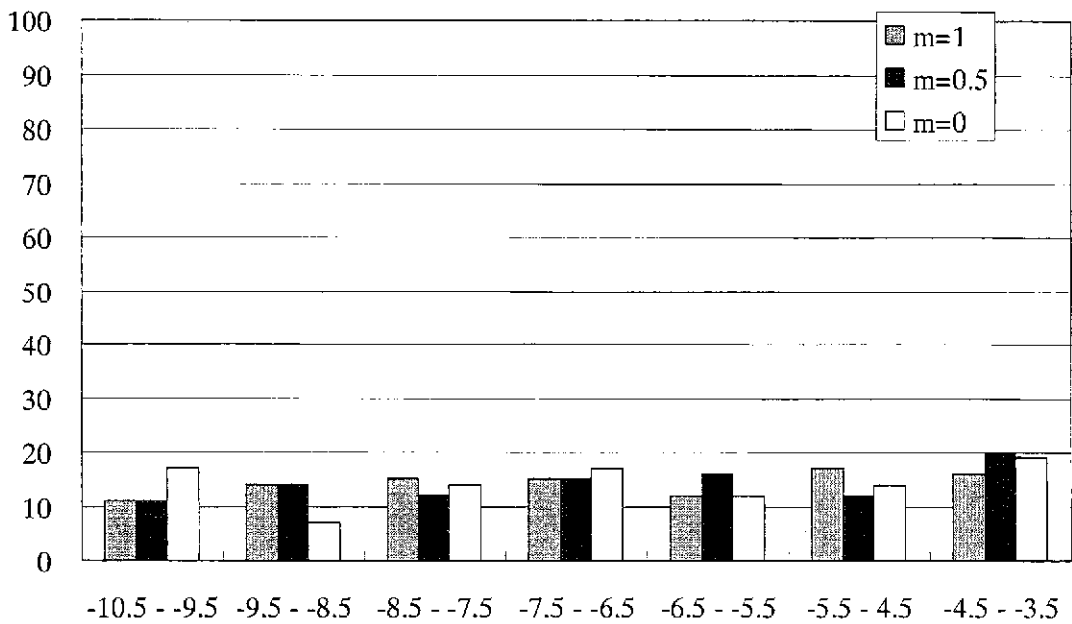


図 5.3-1.2 中域第二段階の変数の分布(5)





新第三紀層の透水係数 (m/s log10)



花崗岩の透水係数 (m/s log10)

図 5.3-1.2 中域第二段階の変数の分布(6)

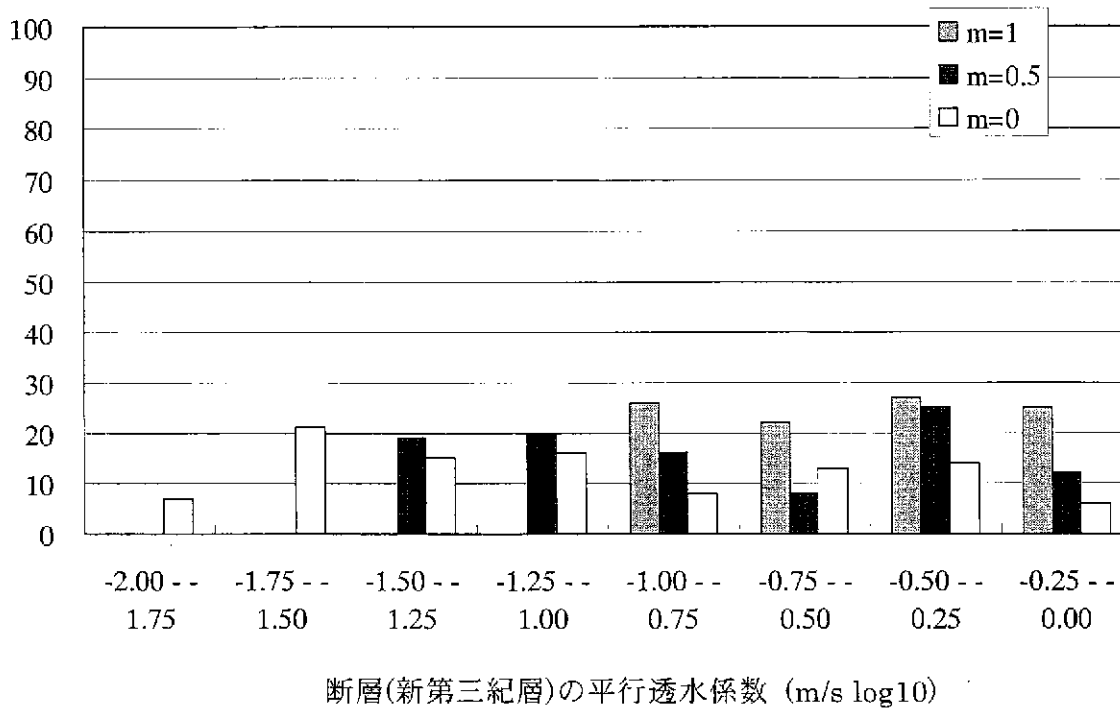
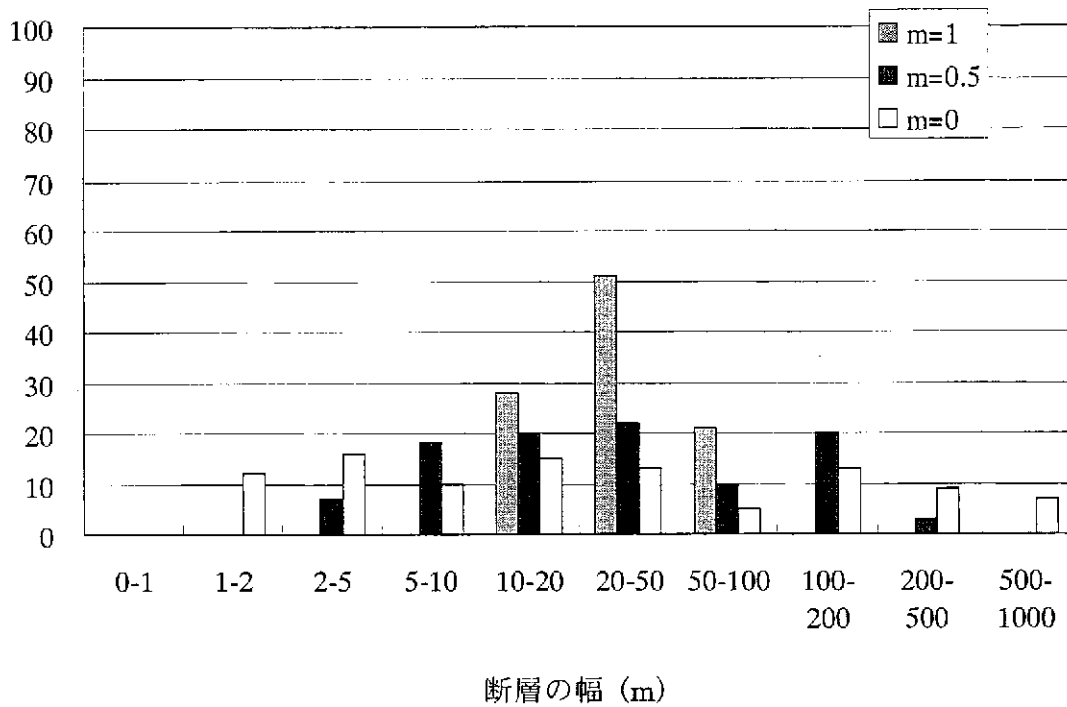
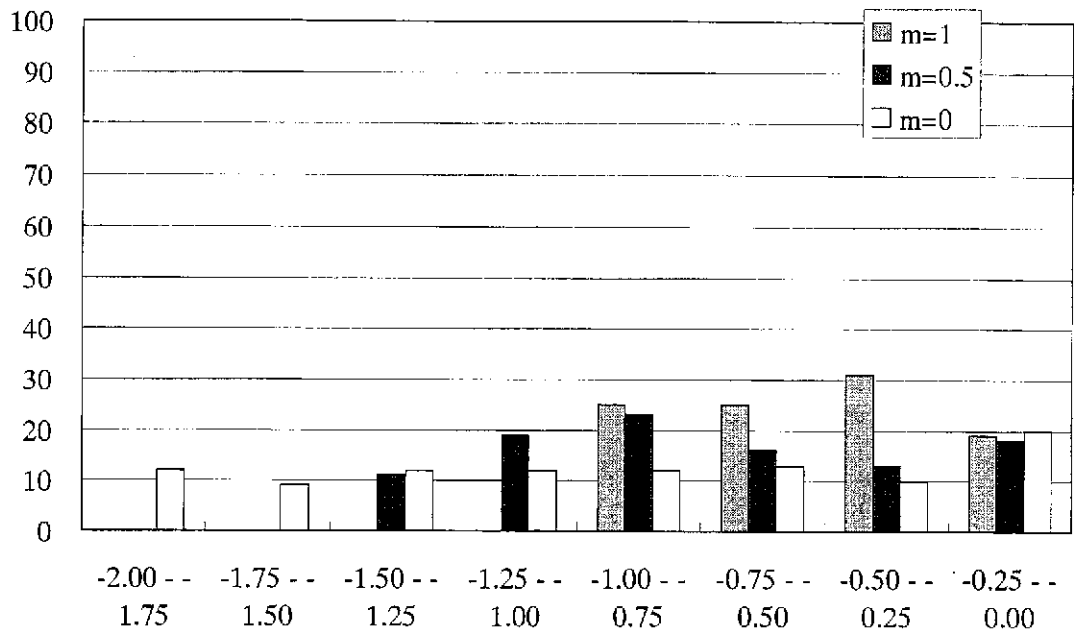
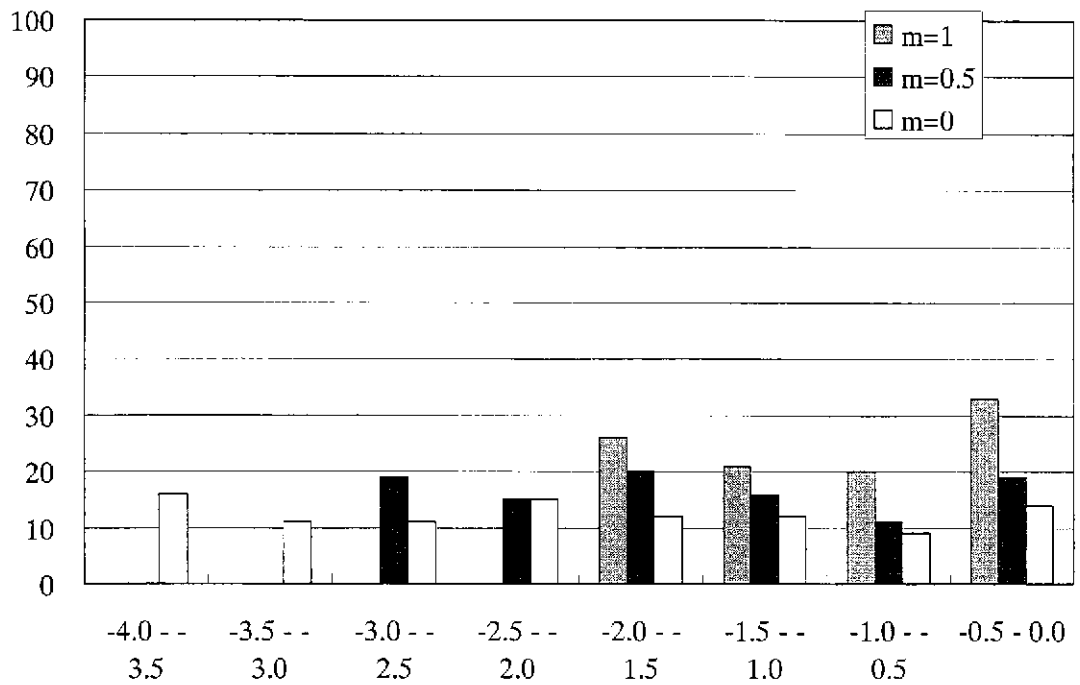


図 5.3-1.2 中域第二段階の変数の分布(7)



断層(花崗岩)の平行透水係数 (m/s log10)



断層(新第三紀層)の平行/垂直透水係数比 (log10)

図 5.3-1.2 中城第二段階の変数の分布(8)

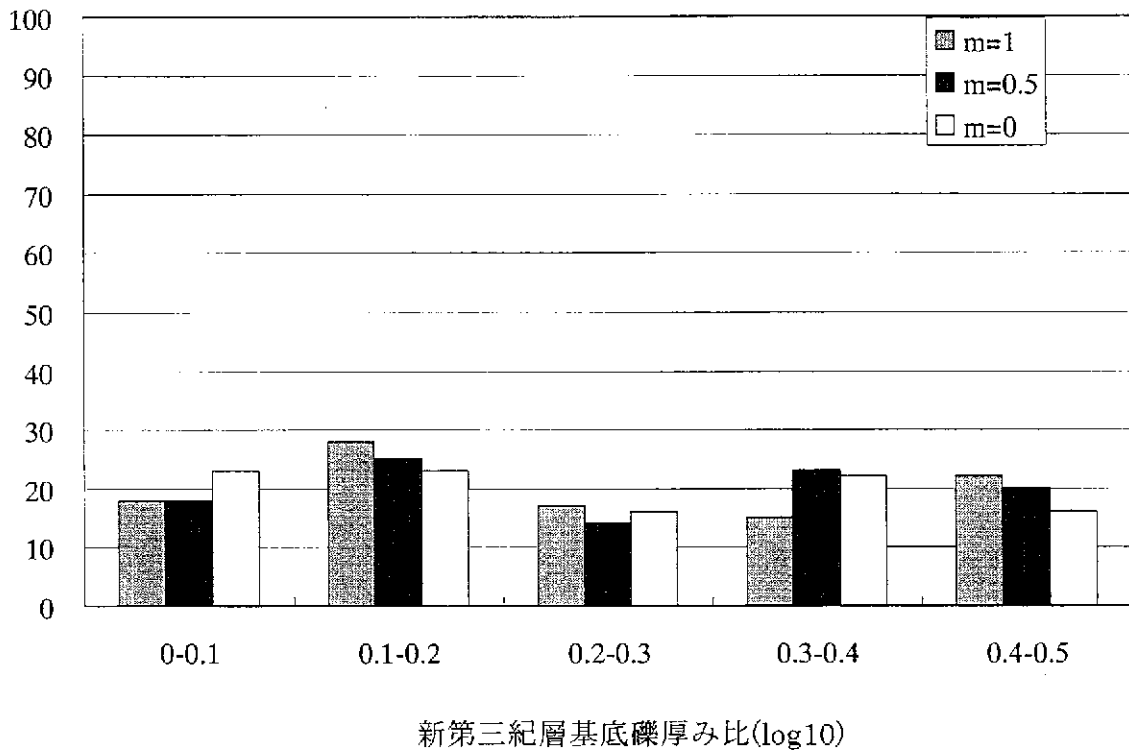
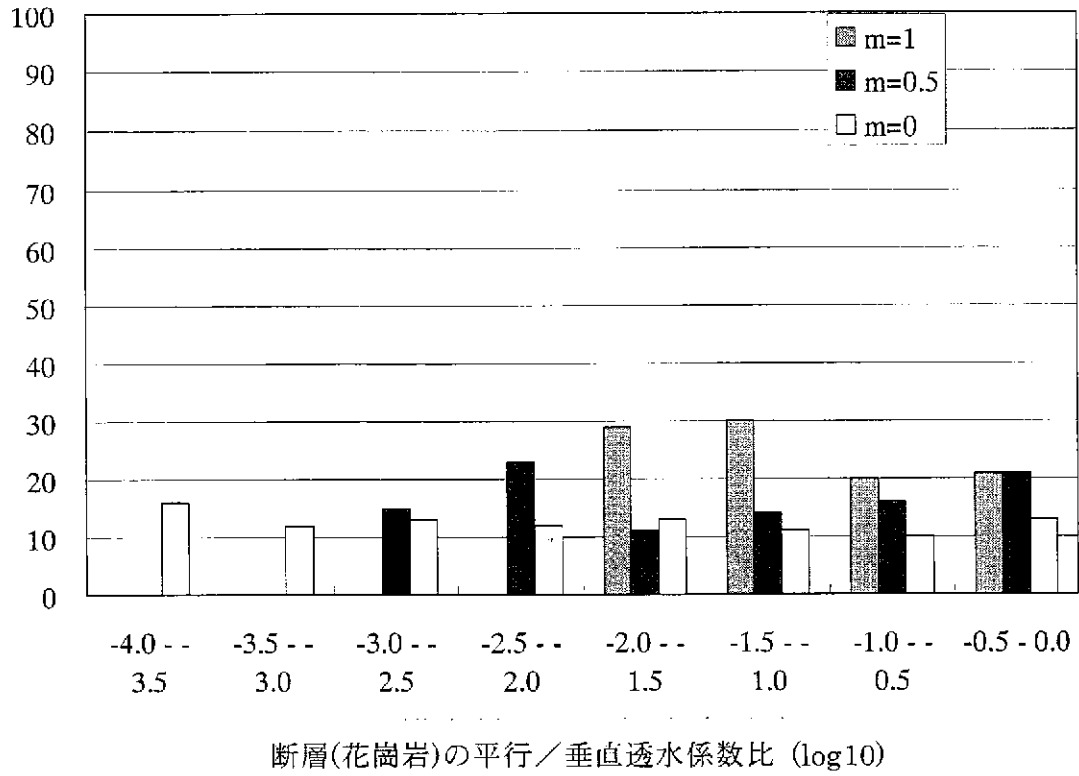


図 5.3-1.2 中域第二段階の変数の分布(9)

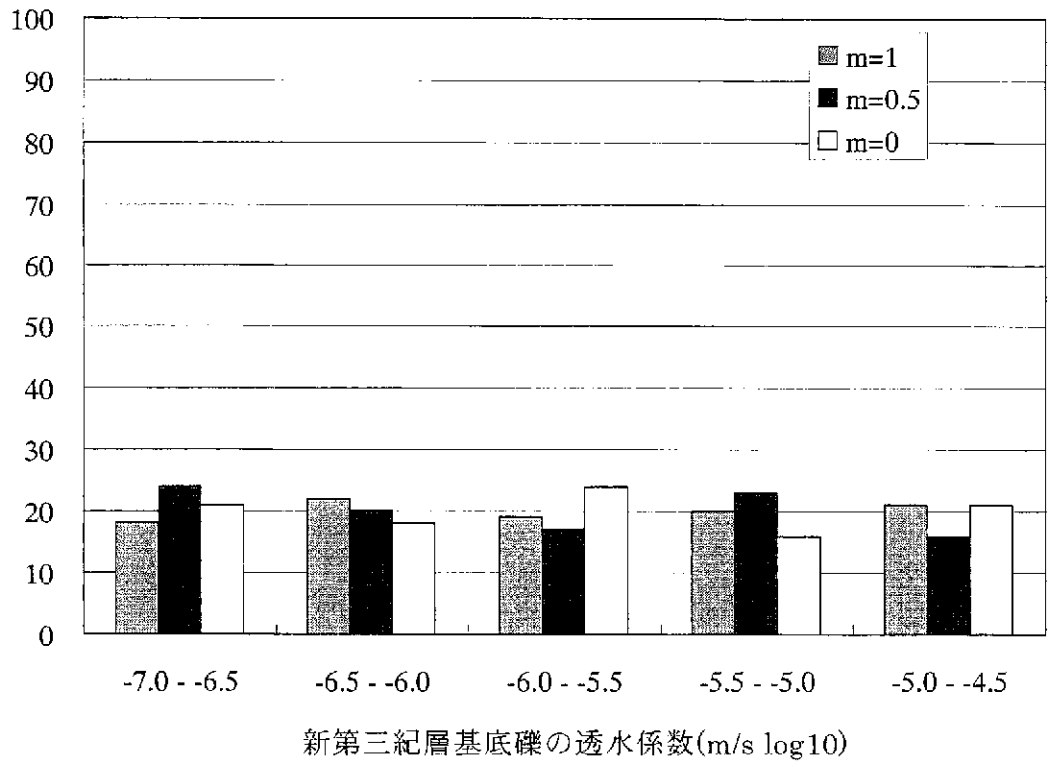
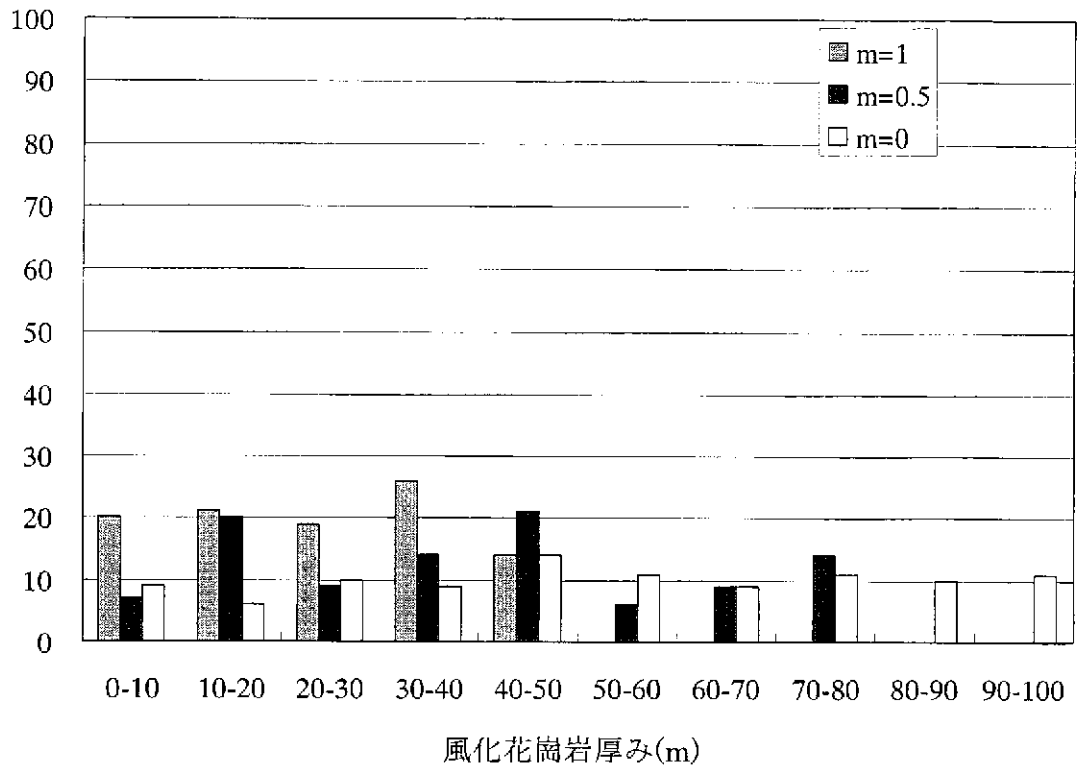
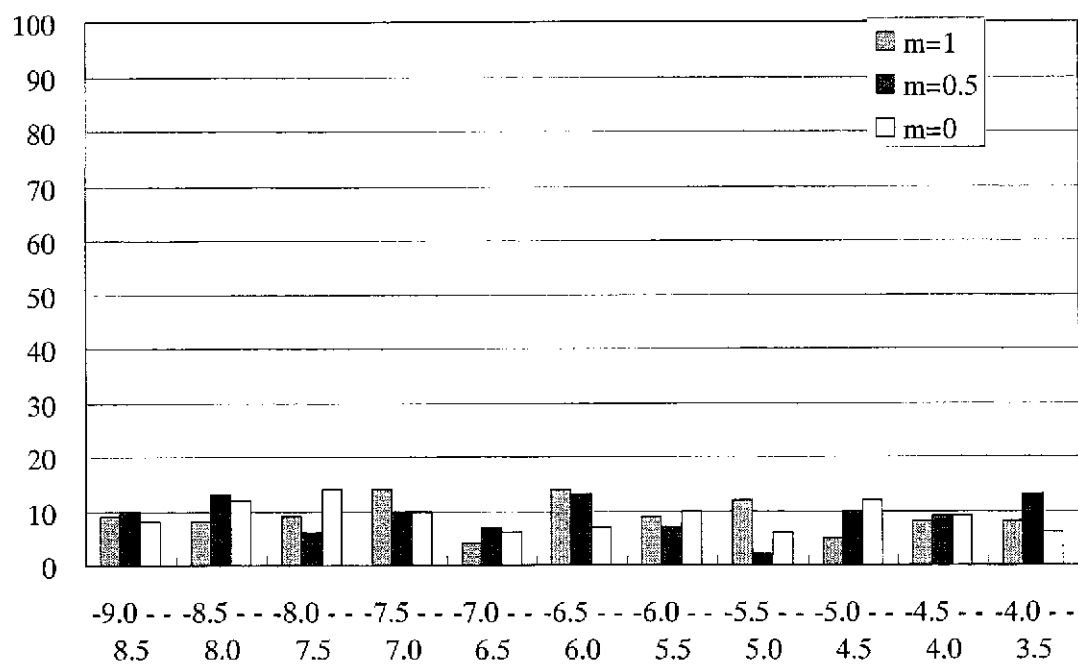


図 5.3-1.2 中域第二段階の変数の分布(10)



風化花崗岩の透水係数(m/s log10)

図 5.3-1.2 中域第二段階の変数の分布(11)

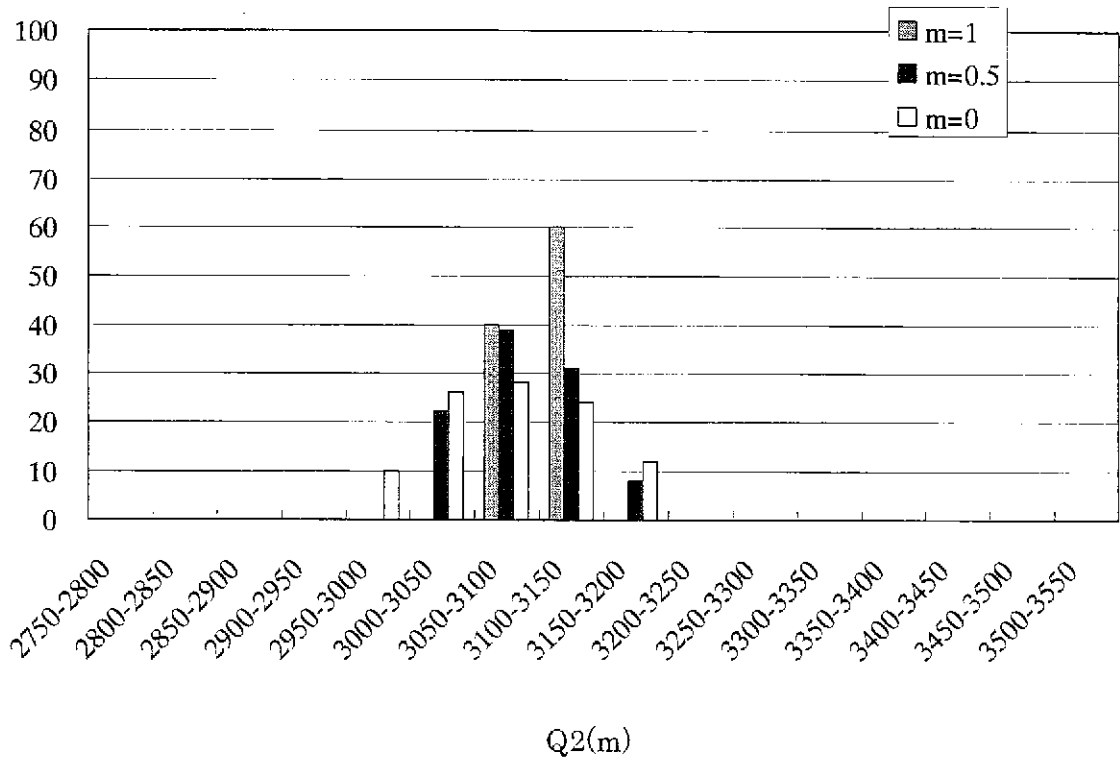
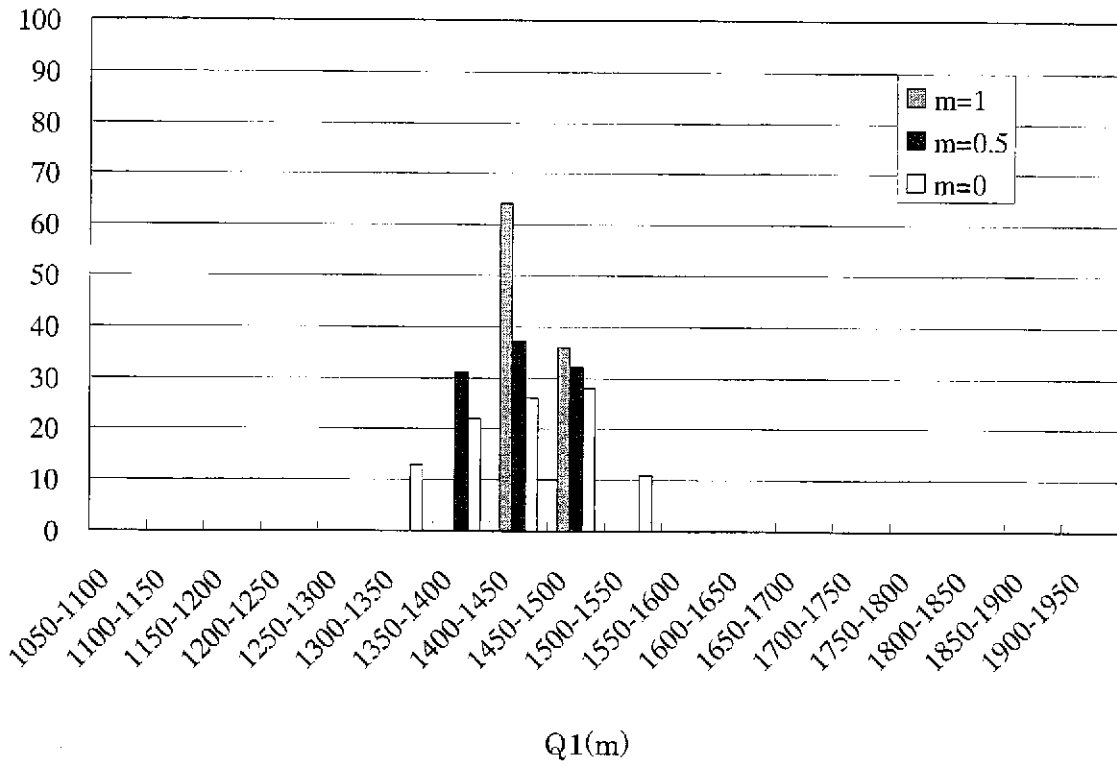


図 5.3-1.3 中域第三段階の変数の分布(1)

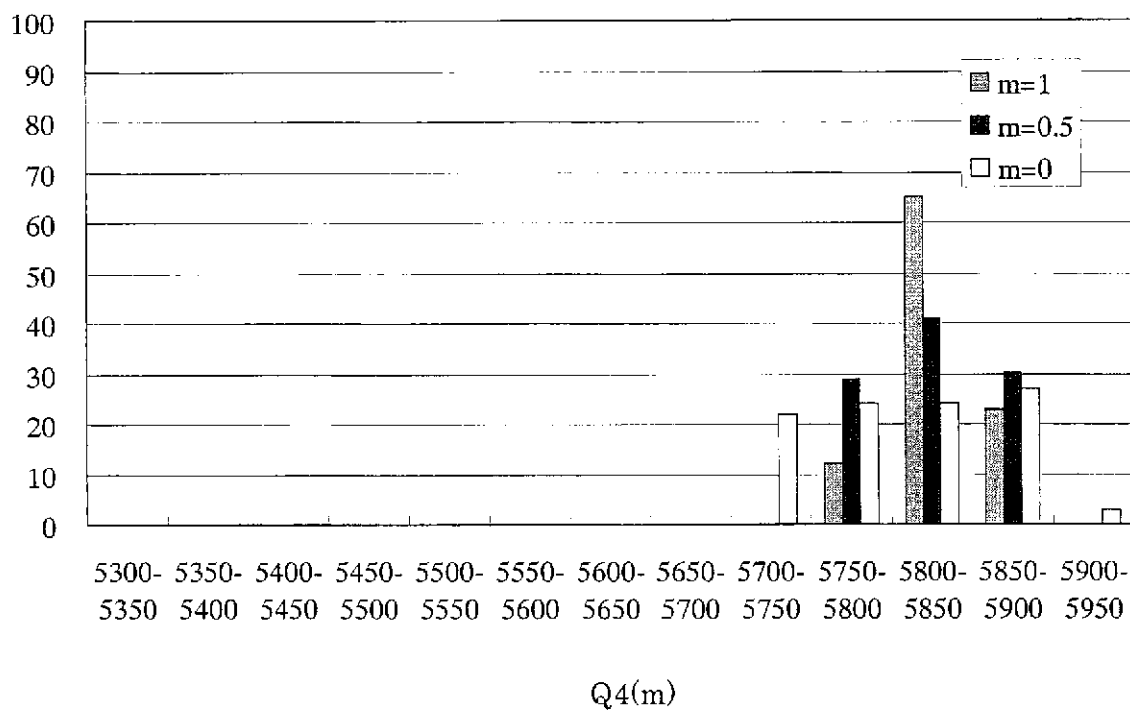
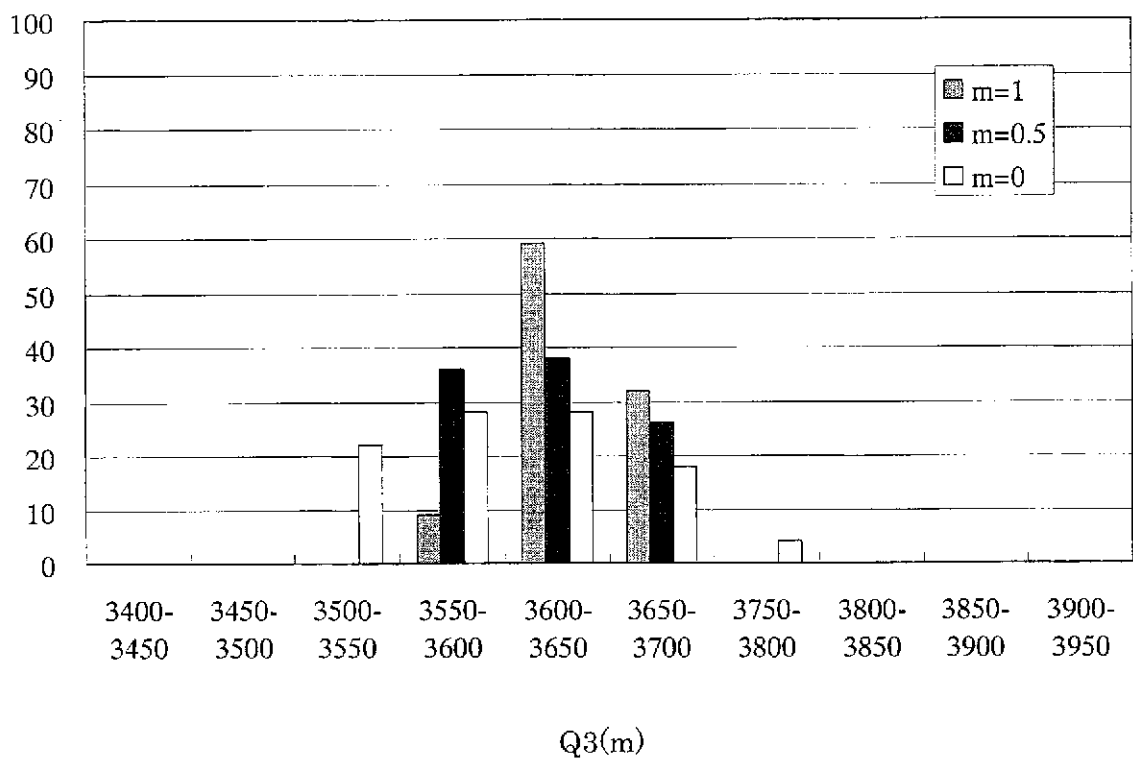


図 5.3-1.3 中域第三段階の変数の分布(2)



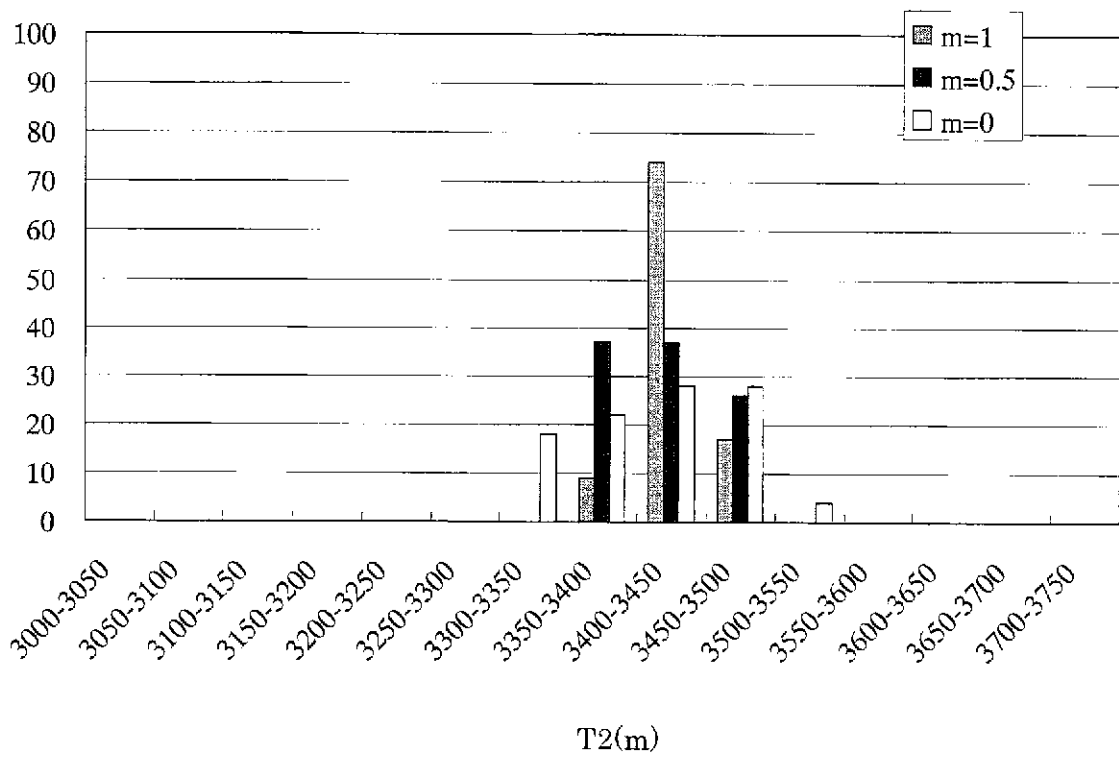
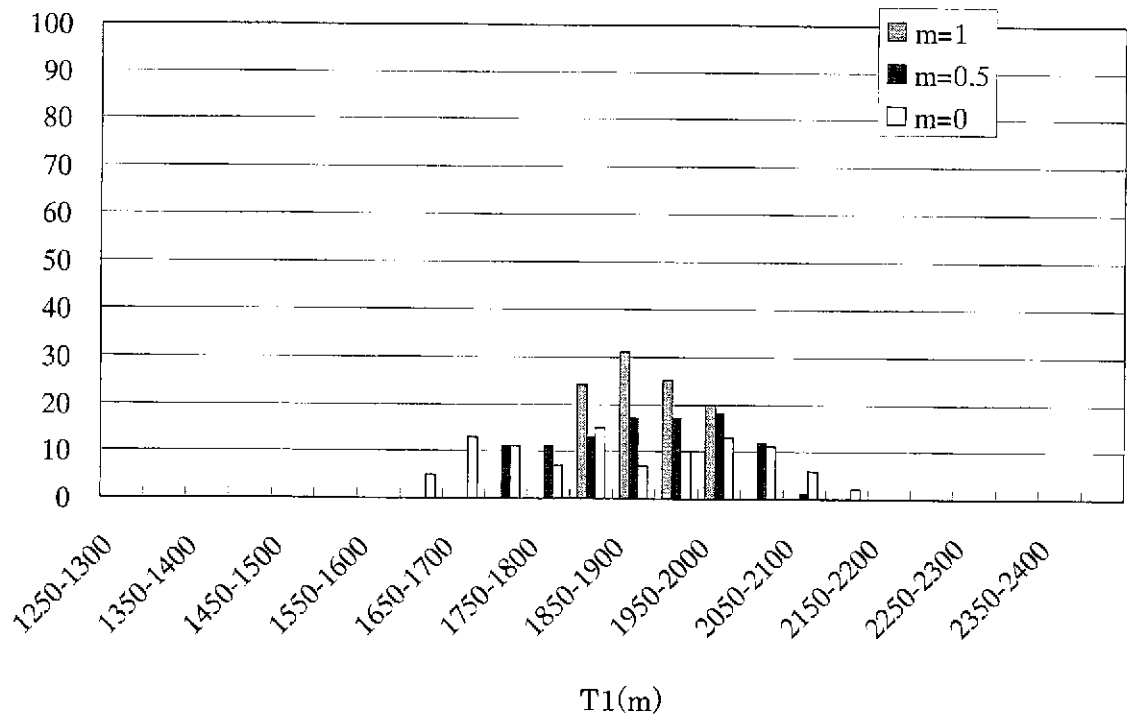


図 5.3-1.3 中域第三段階の変数の分布(3)

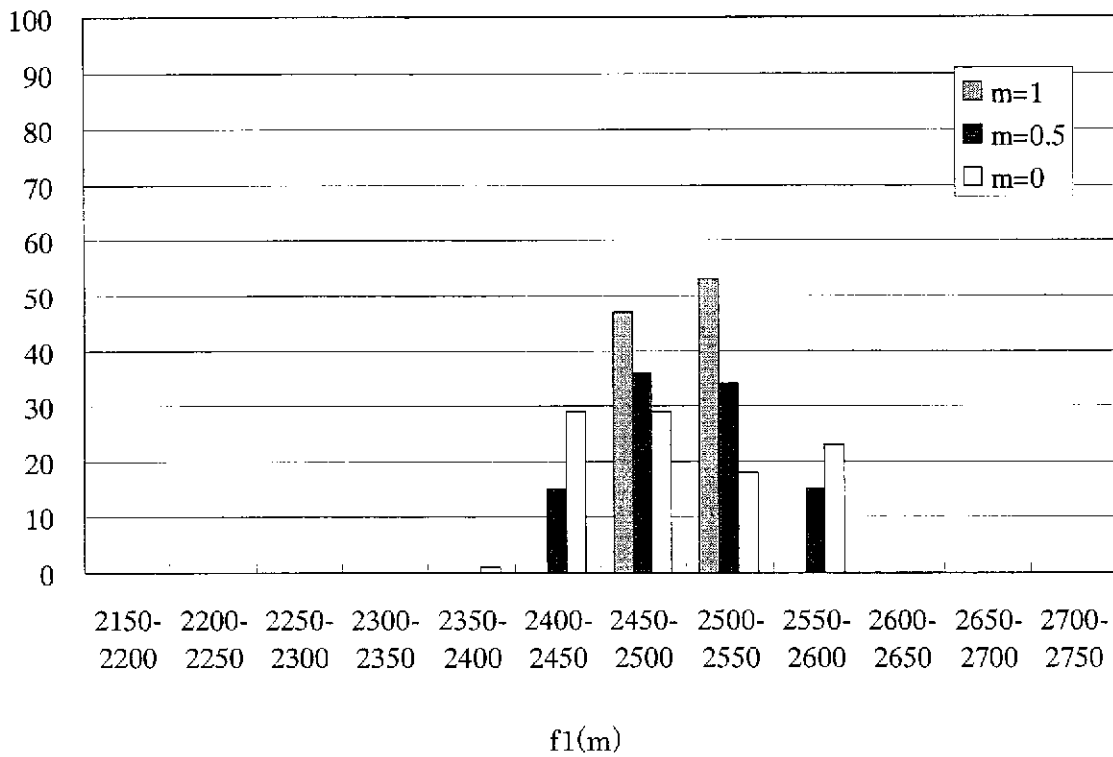
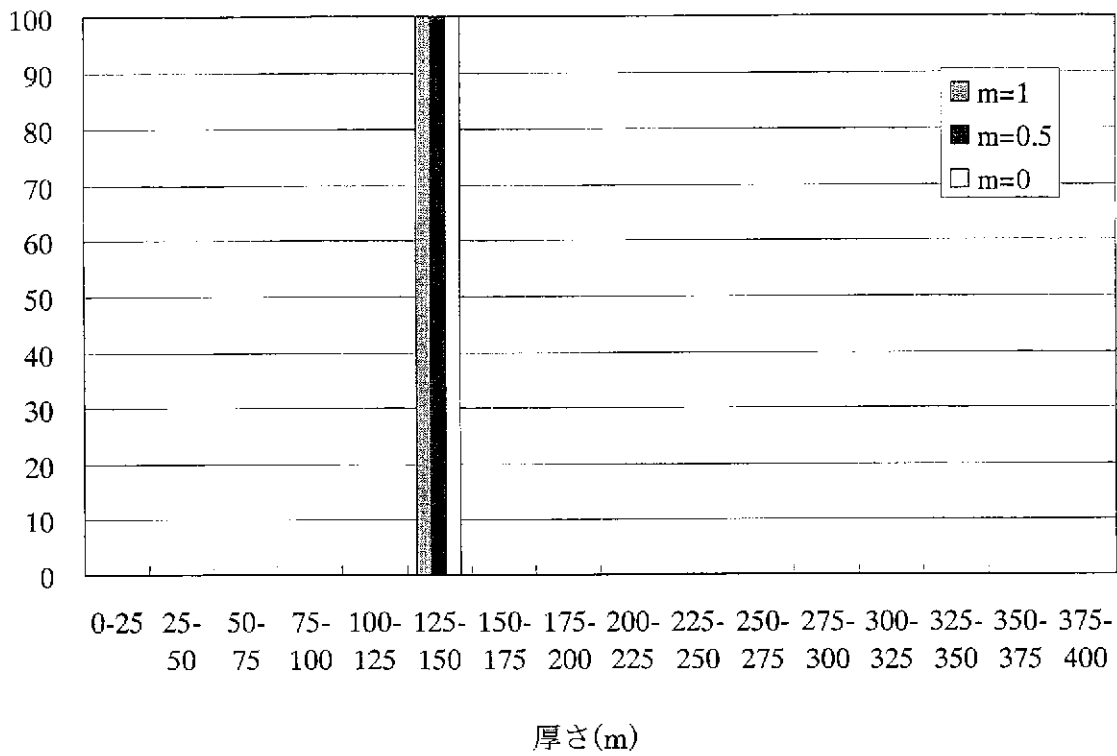


図 5.3-1.3 中域第三段階の変数の分布(4)

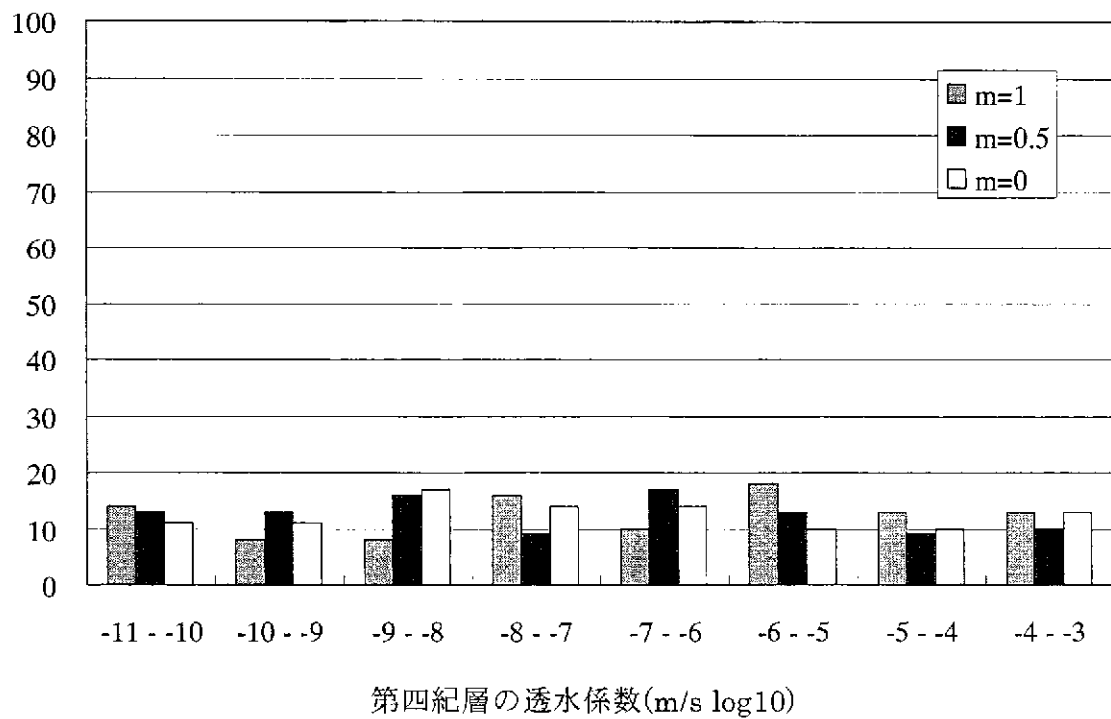
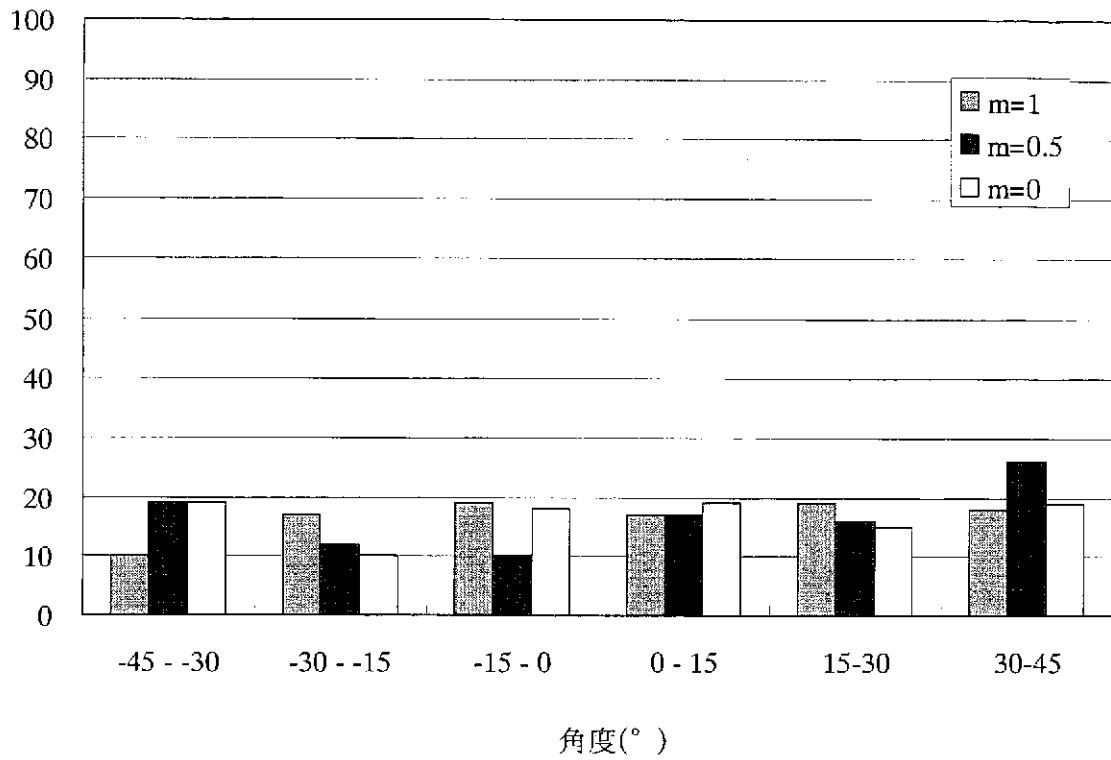


図 5.3-1.3 中域第三段階の変数の分布(5)

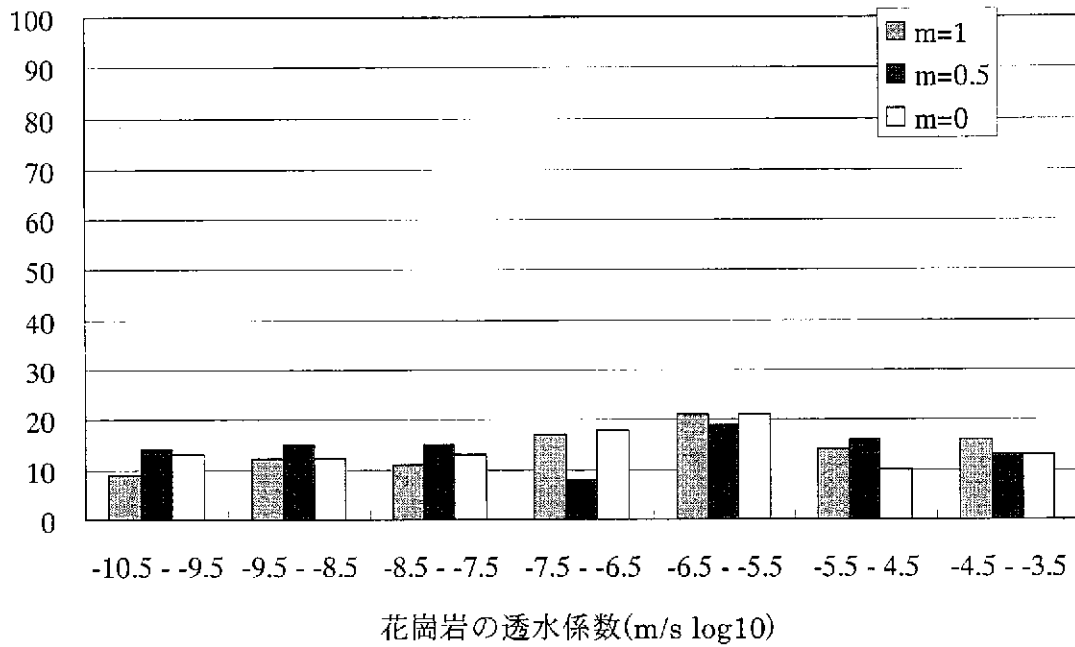
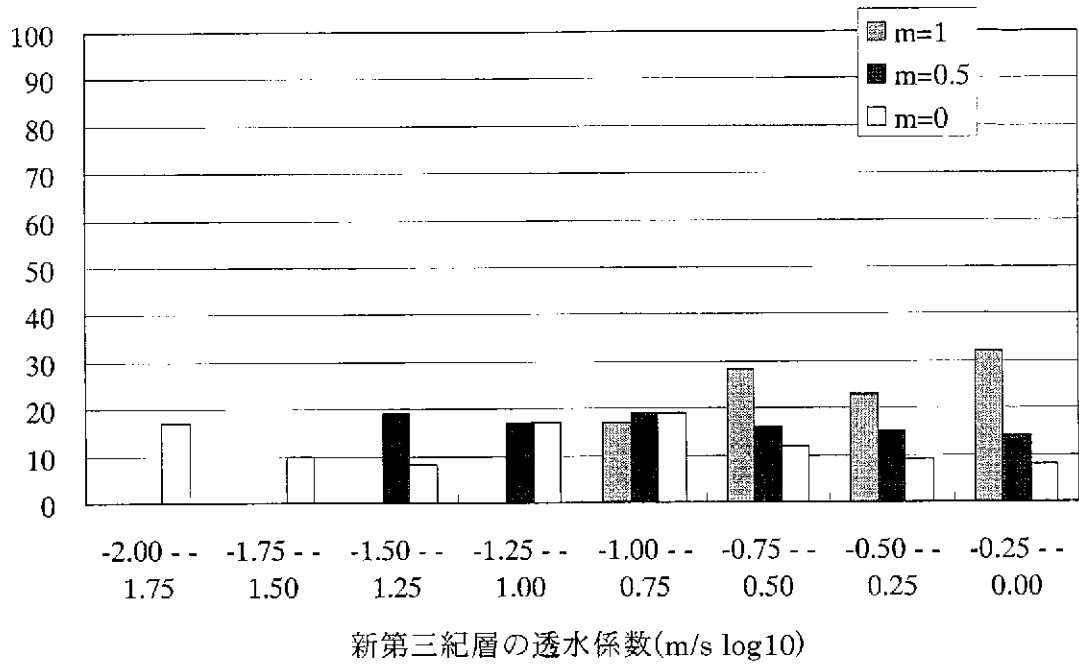


図 5.3-1.3 中域第三段階の変数の分布(6)

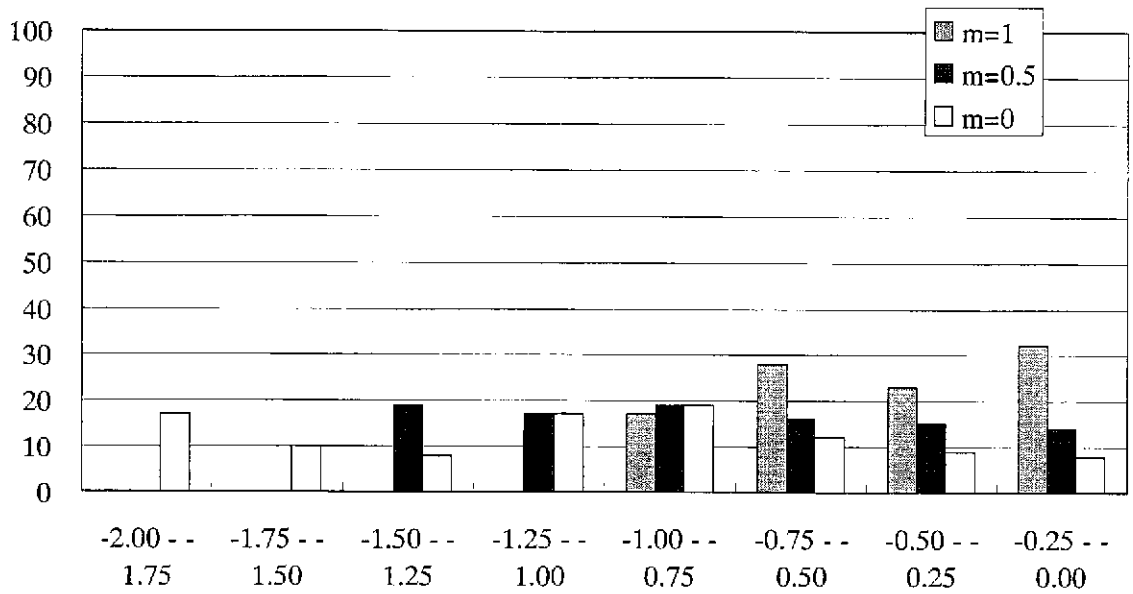
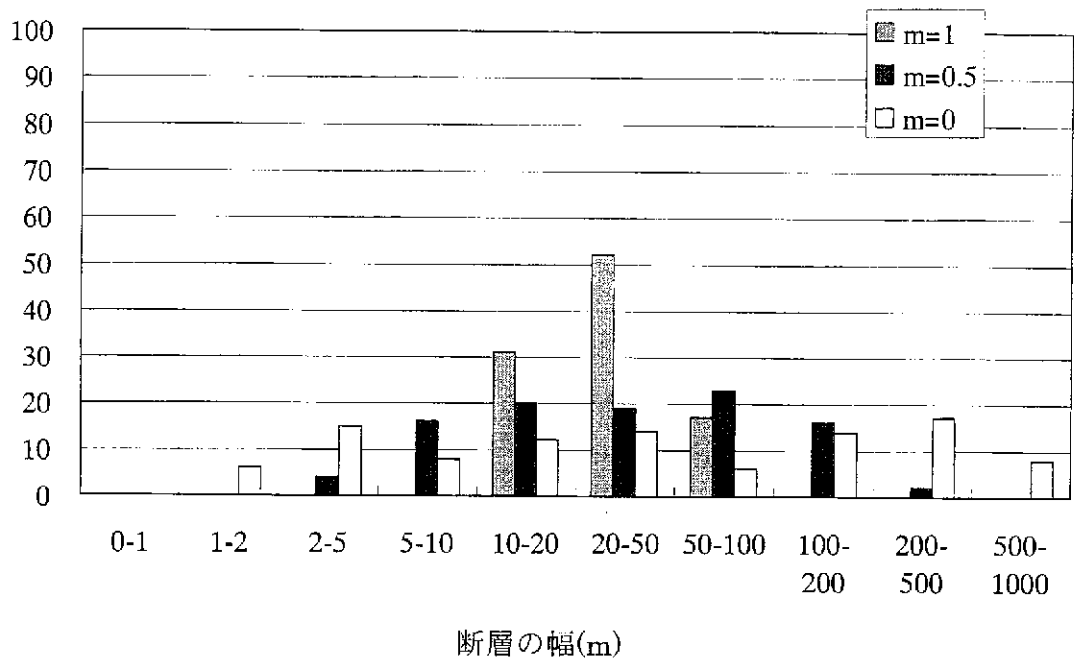


図 5.3-1.3 中域第三段階の変数の分布(7)

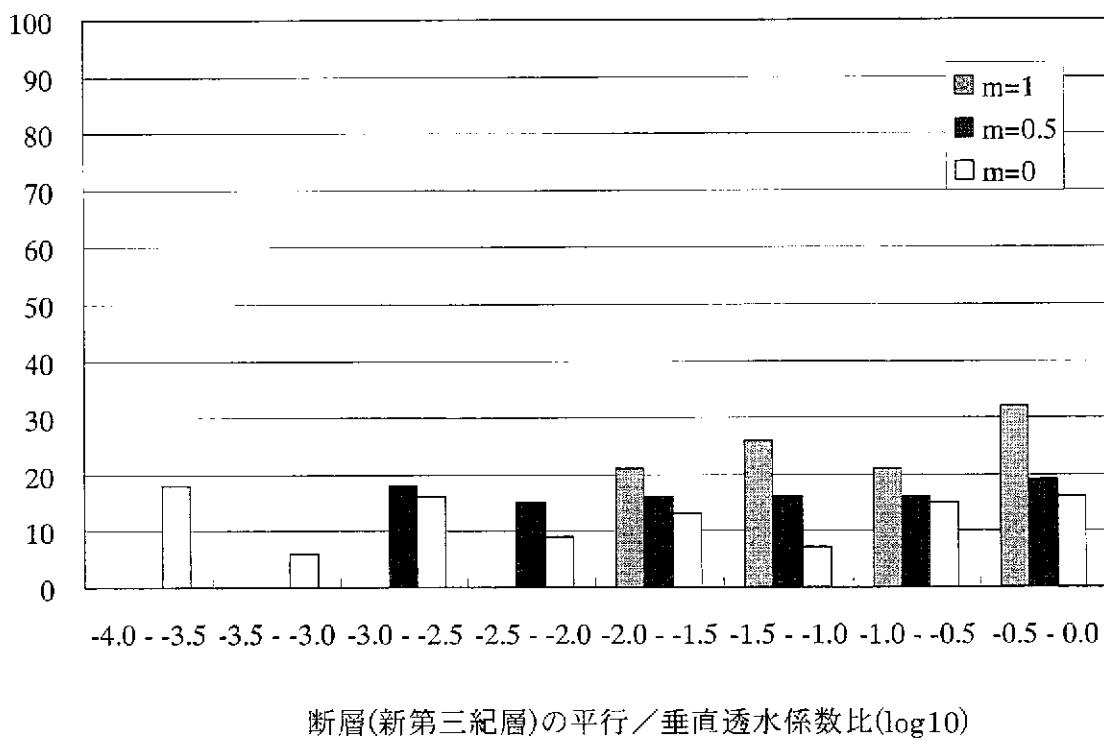
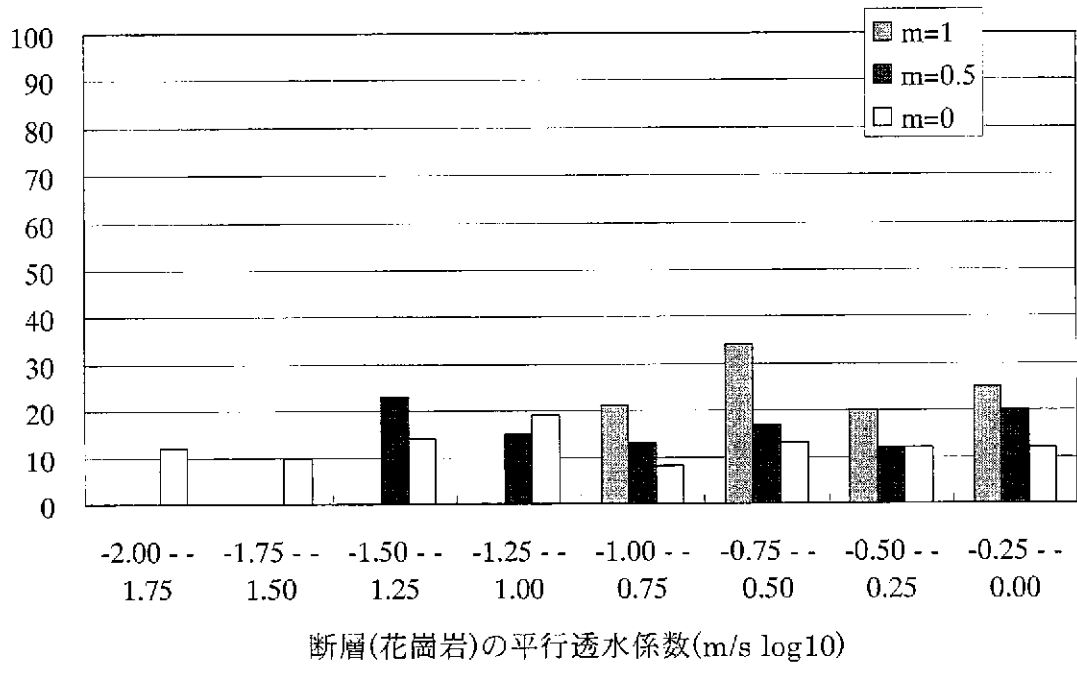
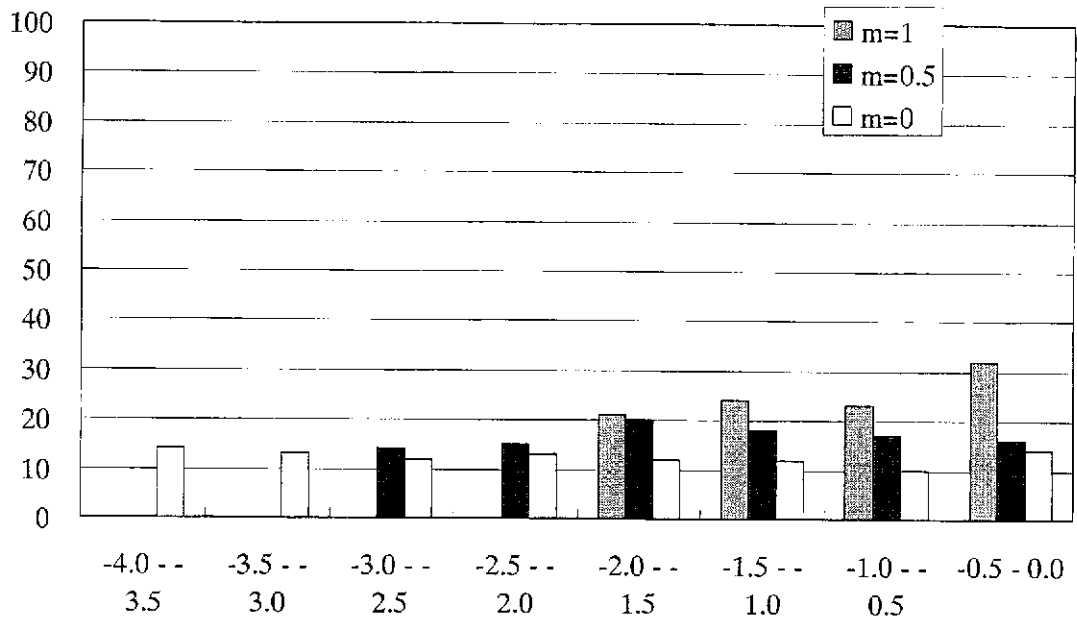


図 5.3-1.3 中域第三段階の変数の分布(8)



断層の(花崗岩)の平行/垂直透水係数比(log10)

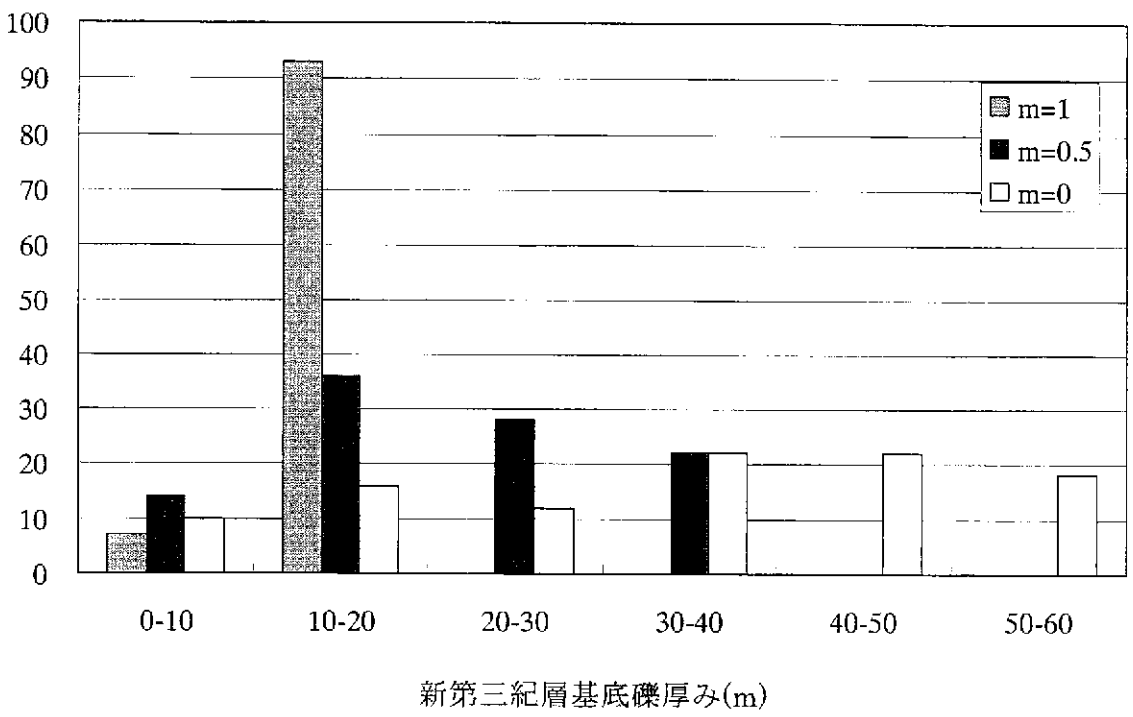
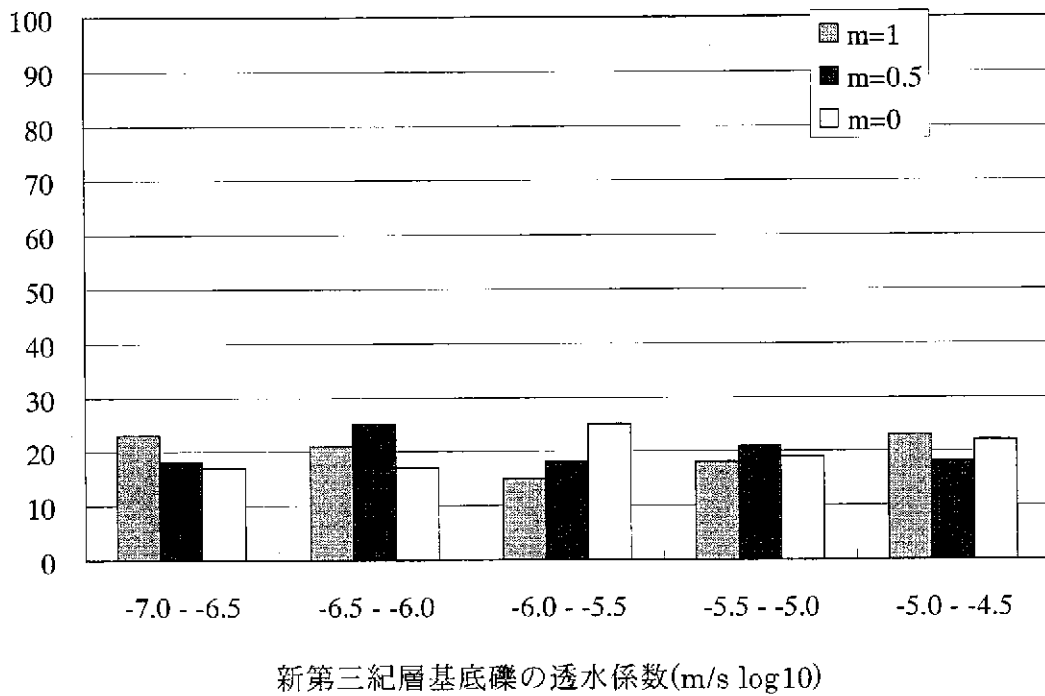
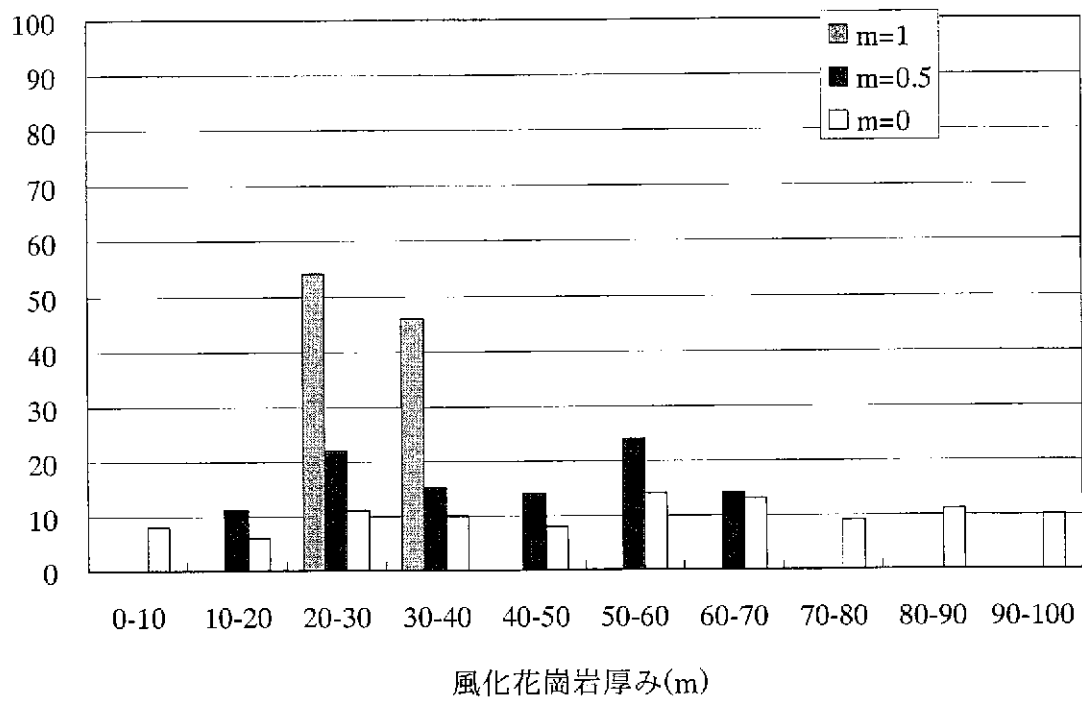
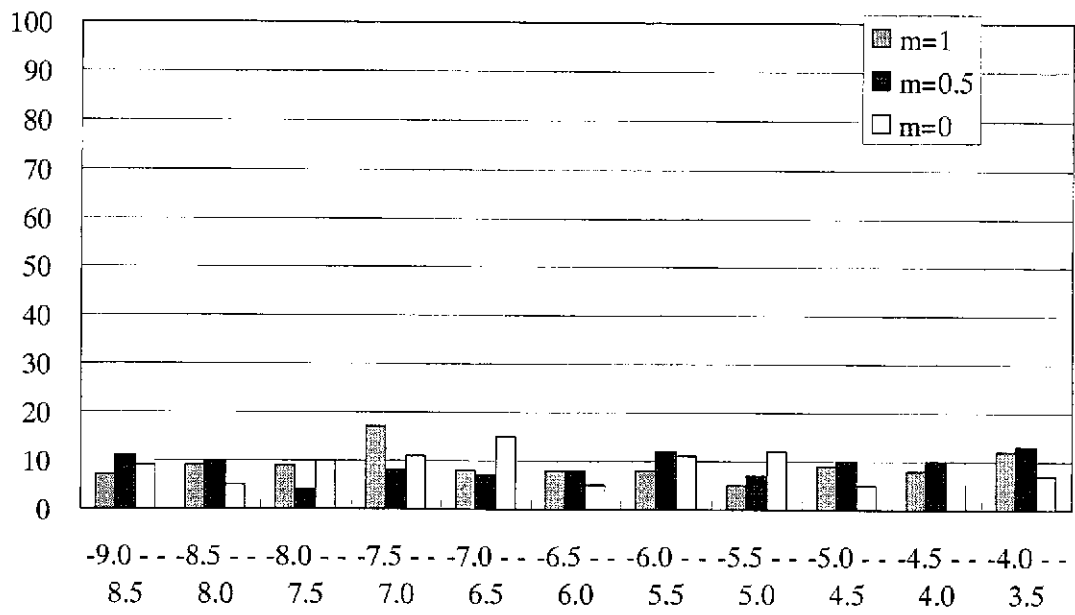


図 5.3-1.3 中域第三段階の変数の分布(9)



- 96 -  
 図 5.3-1.3 中域第三段階の変数の分布(10)





風化花崗岩の透水係数(m/s log10)

図 5.3-1.3 中域第三段階の変数の分布(11)

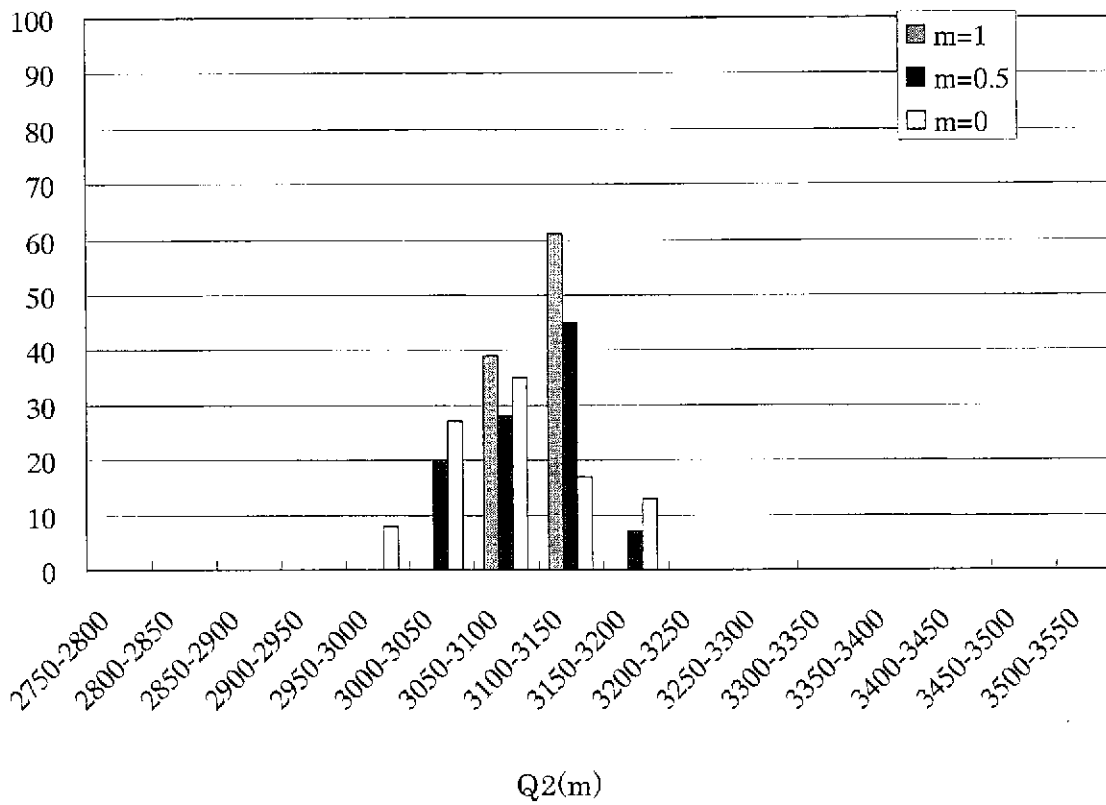
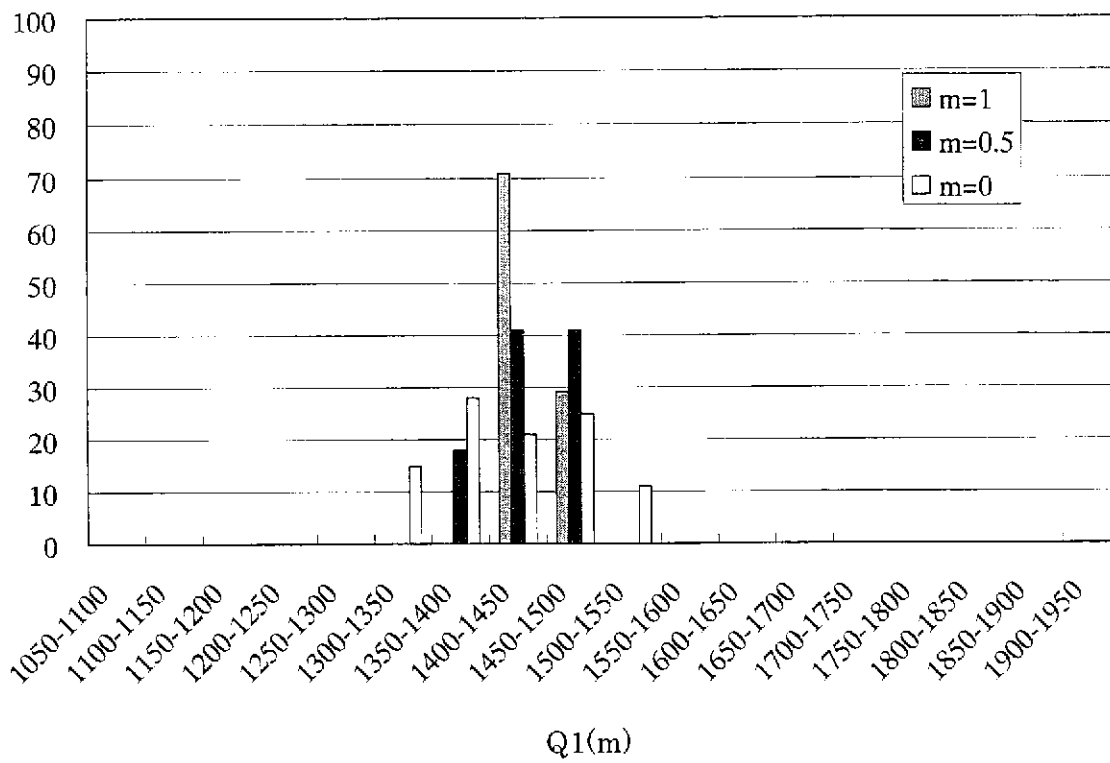


図 5.3-1.4 中域第四段階の変数の分布(1)

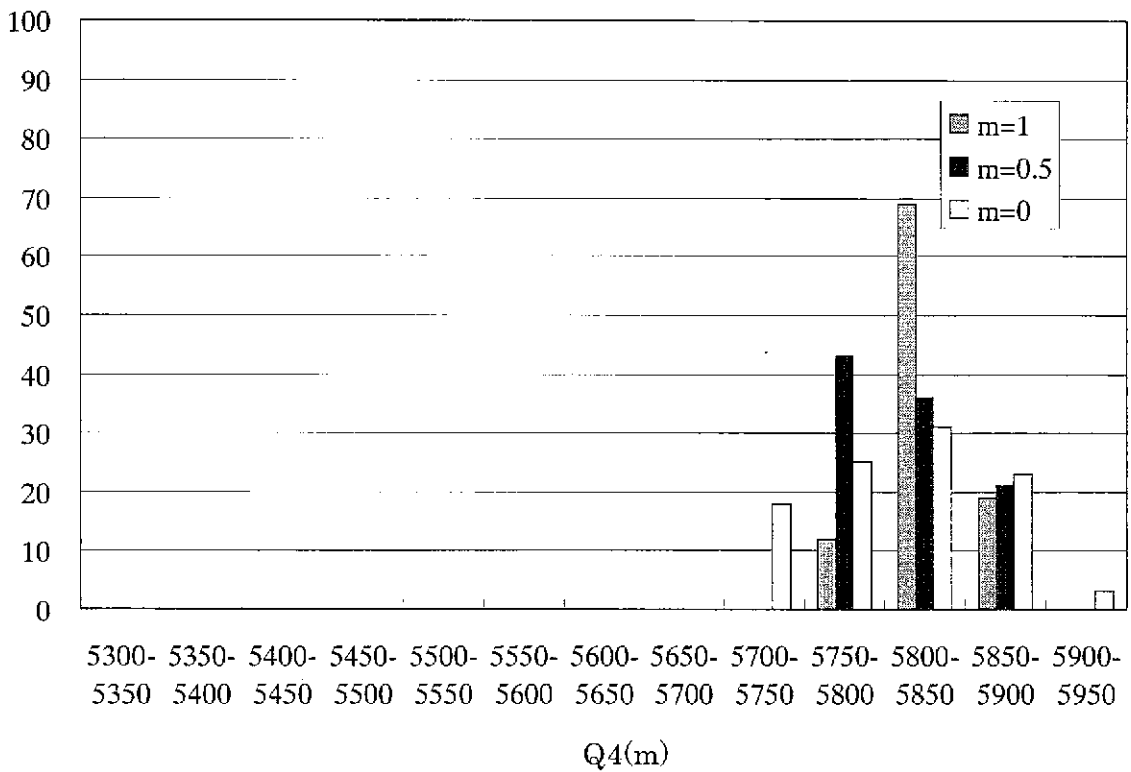
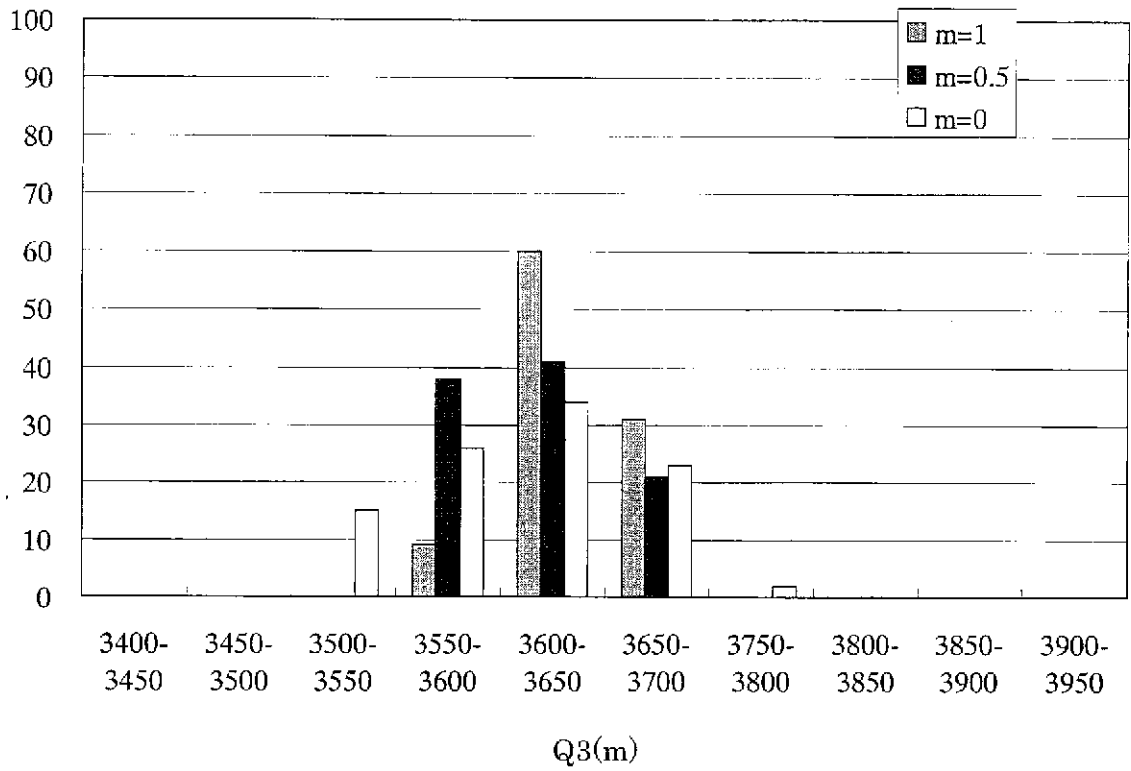


図 5.3-1.4 中域第四段階の変数の分布(2)

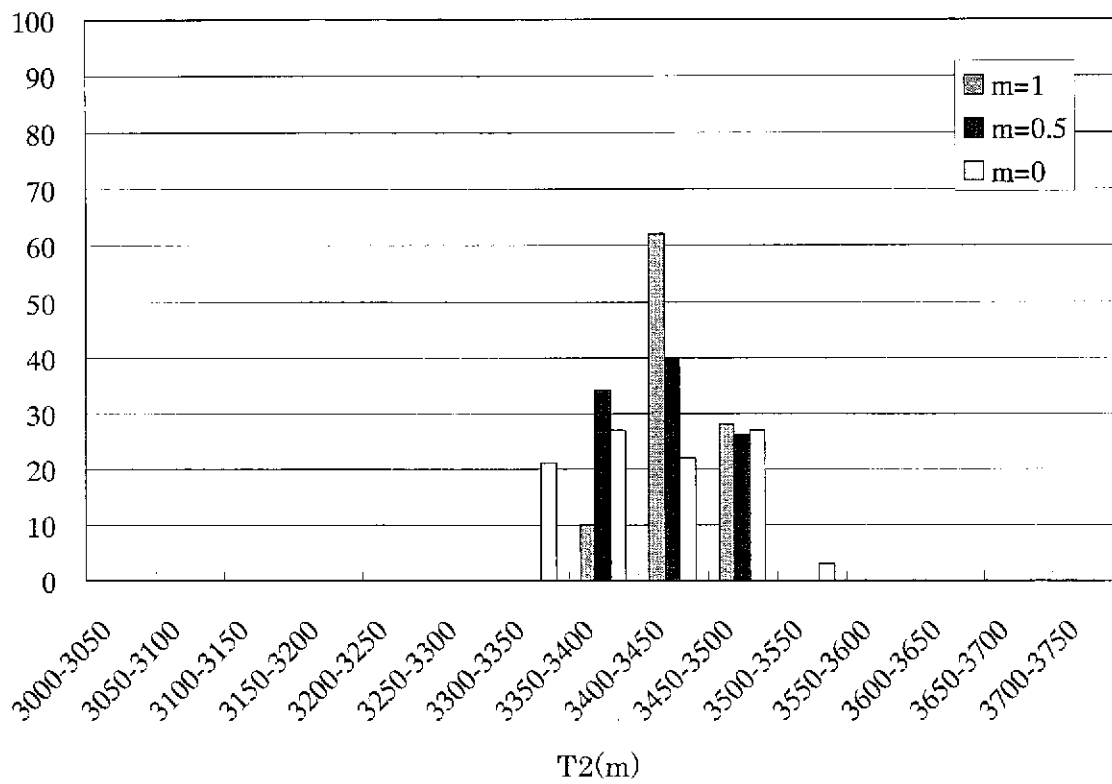
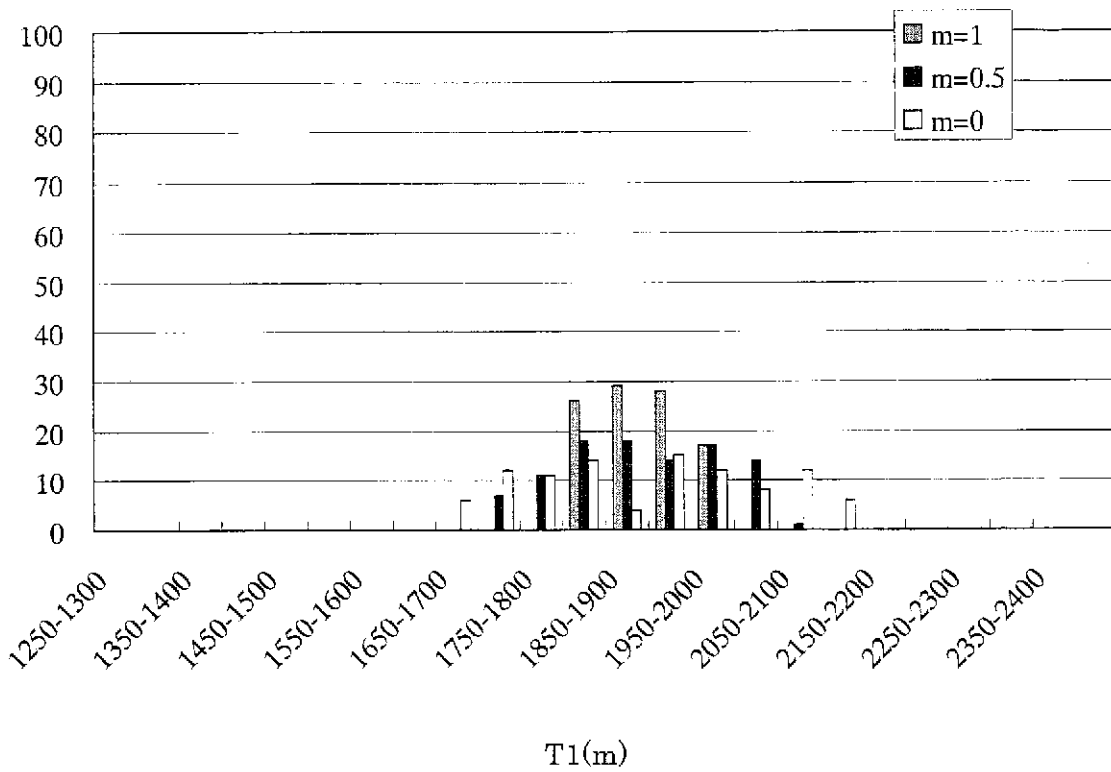


図 5.3-1.4 中域第四段階の変数の分布(3)

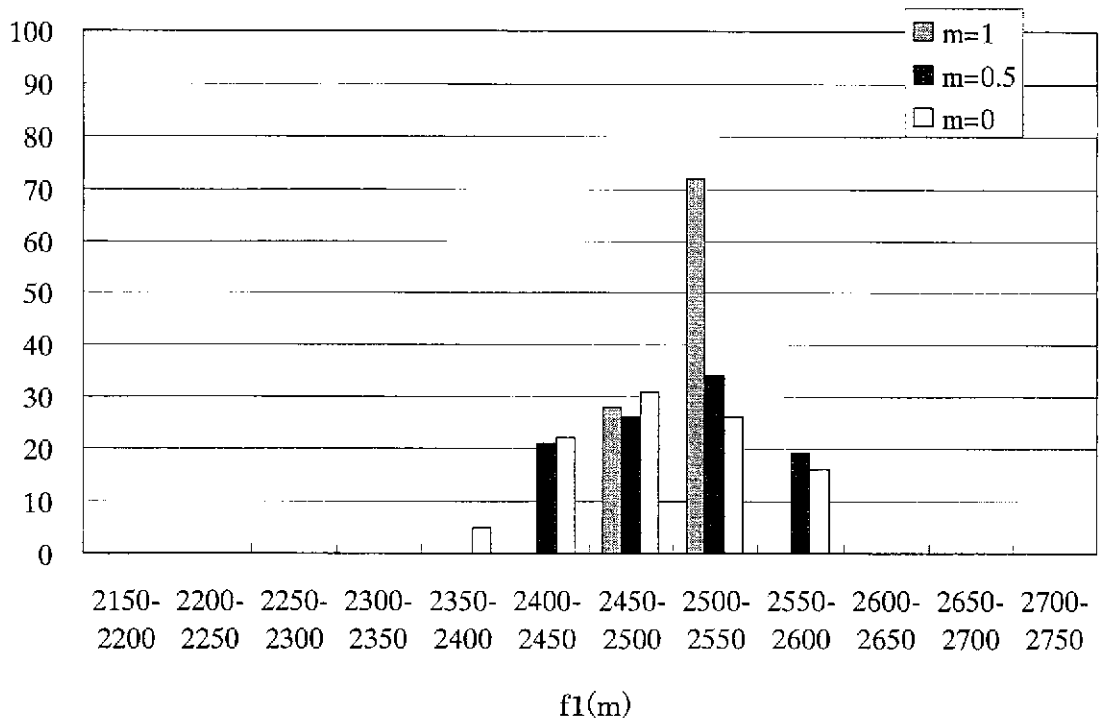
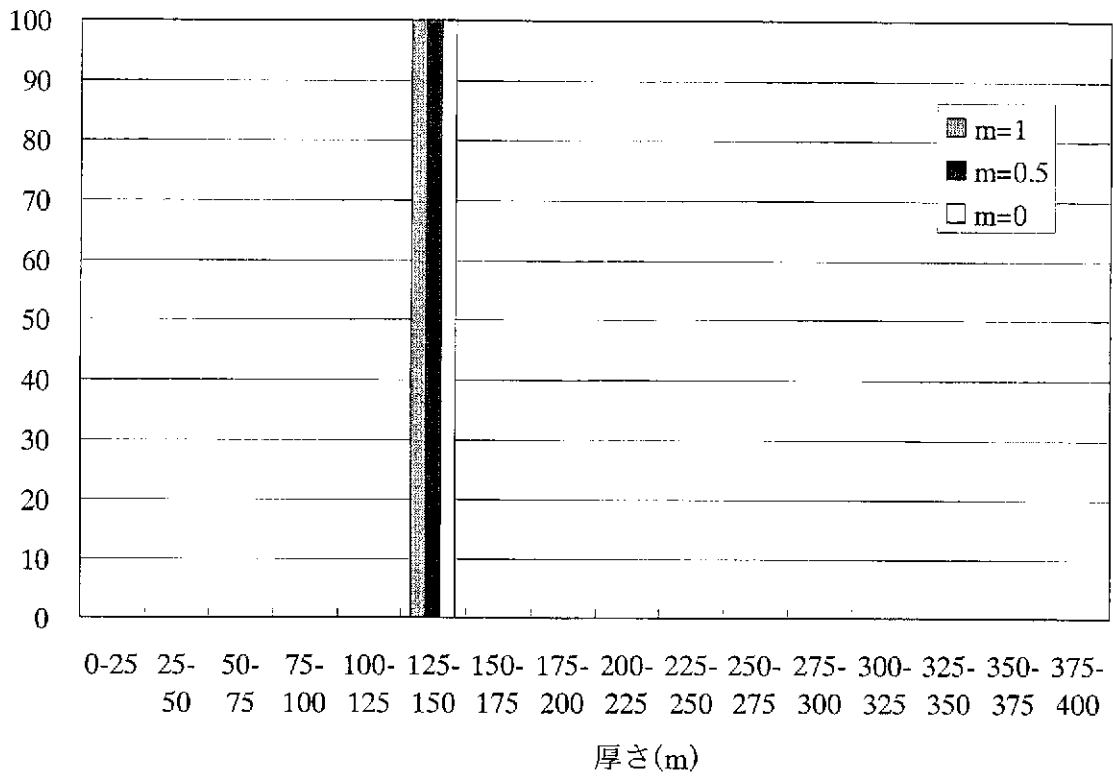


図 5.3-1.4 中域第四段階の変数の分布(4)

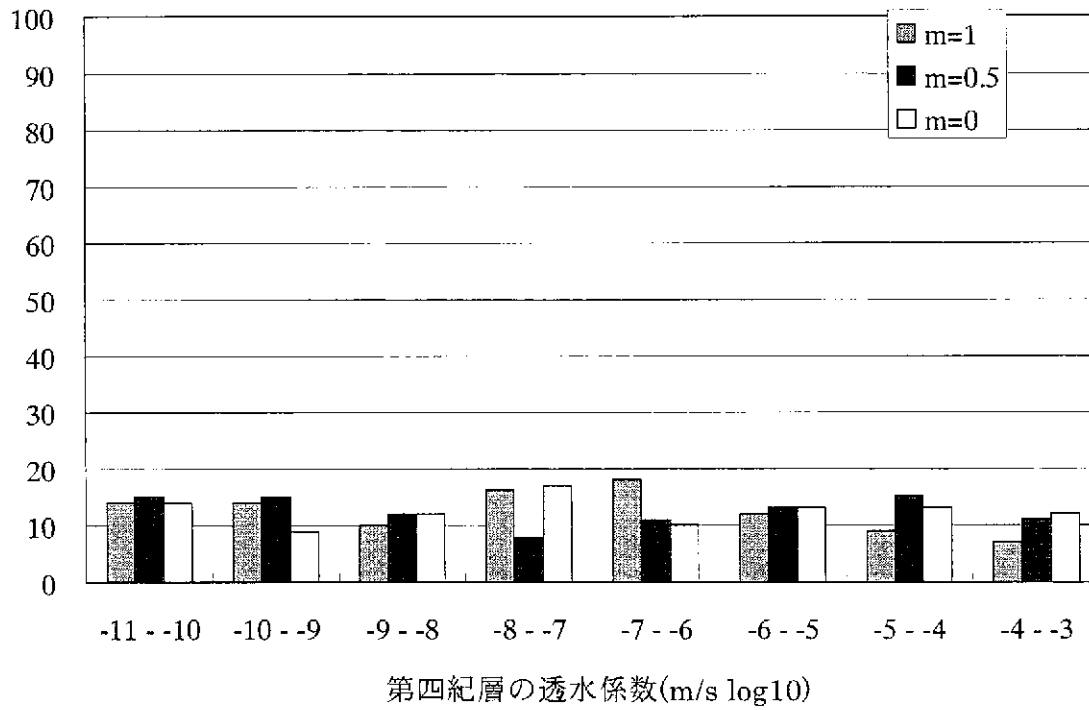
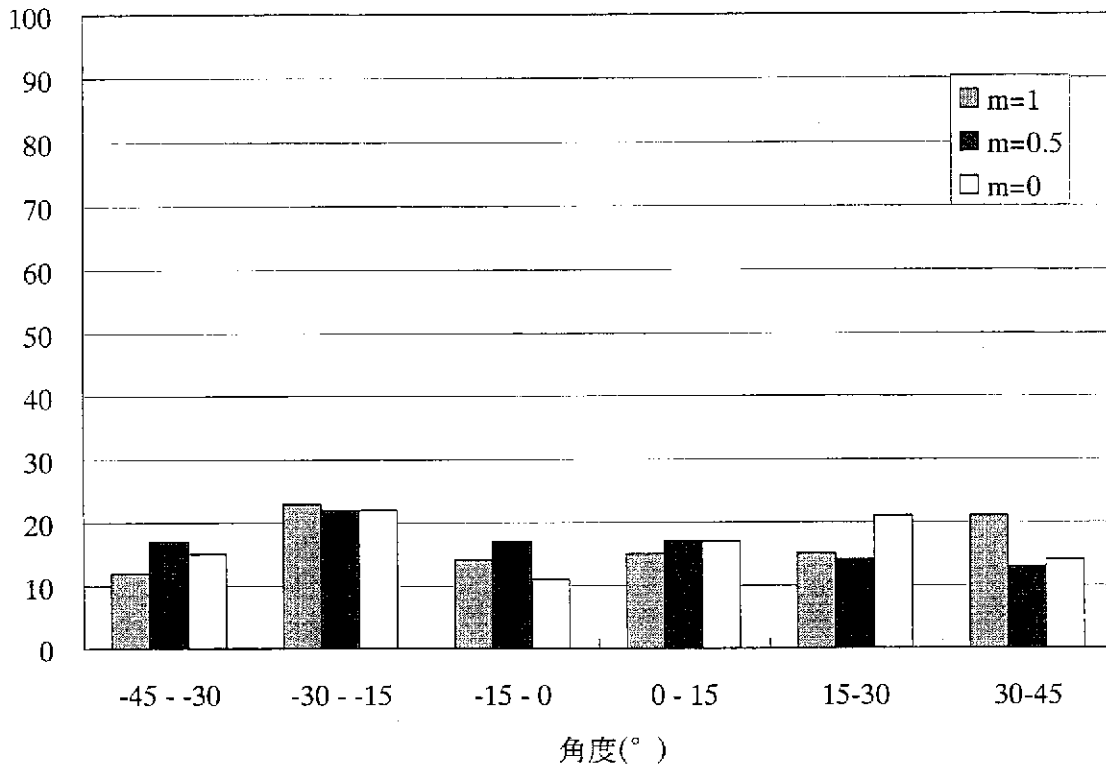


図 5.3-1.4 中域第四段階の変数の分布(5)

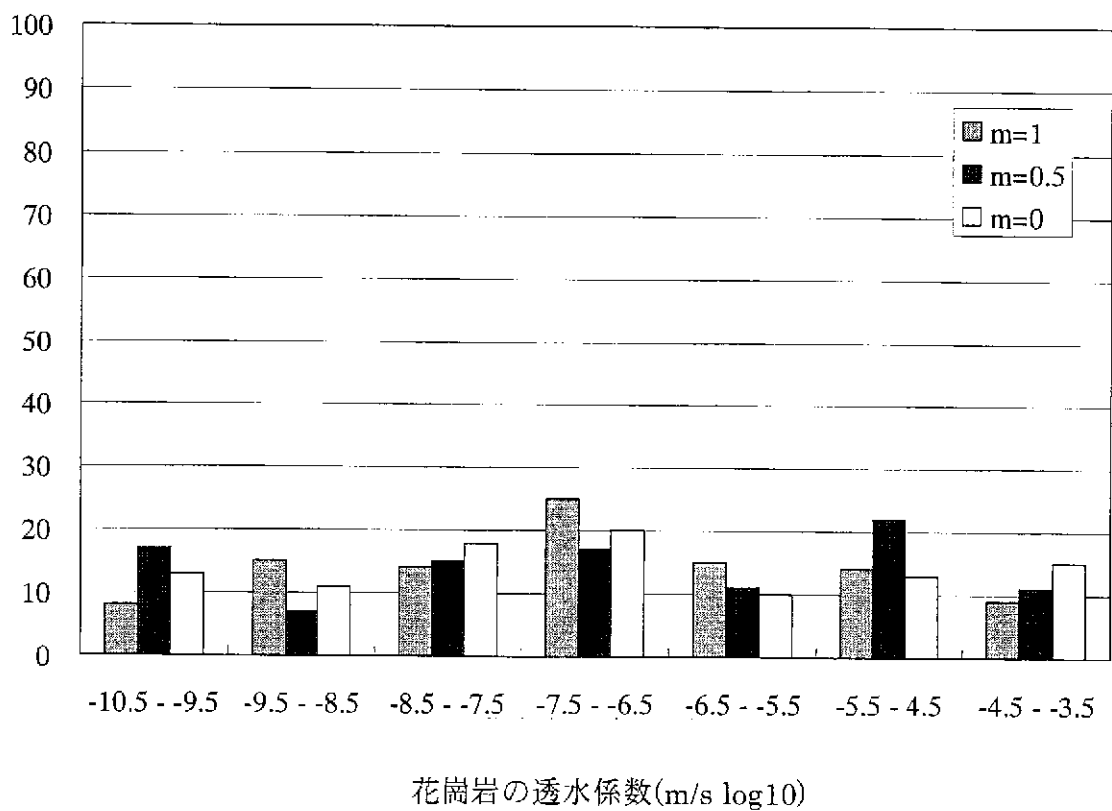
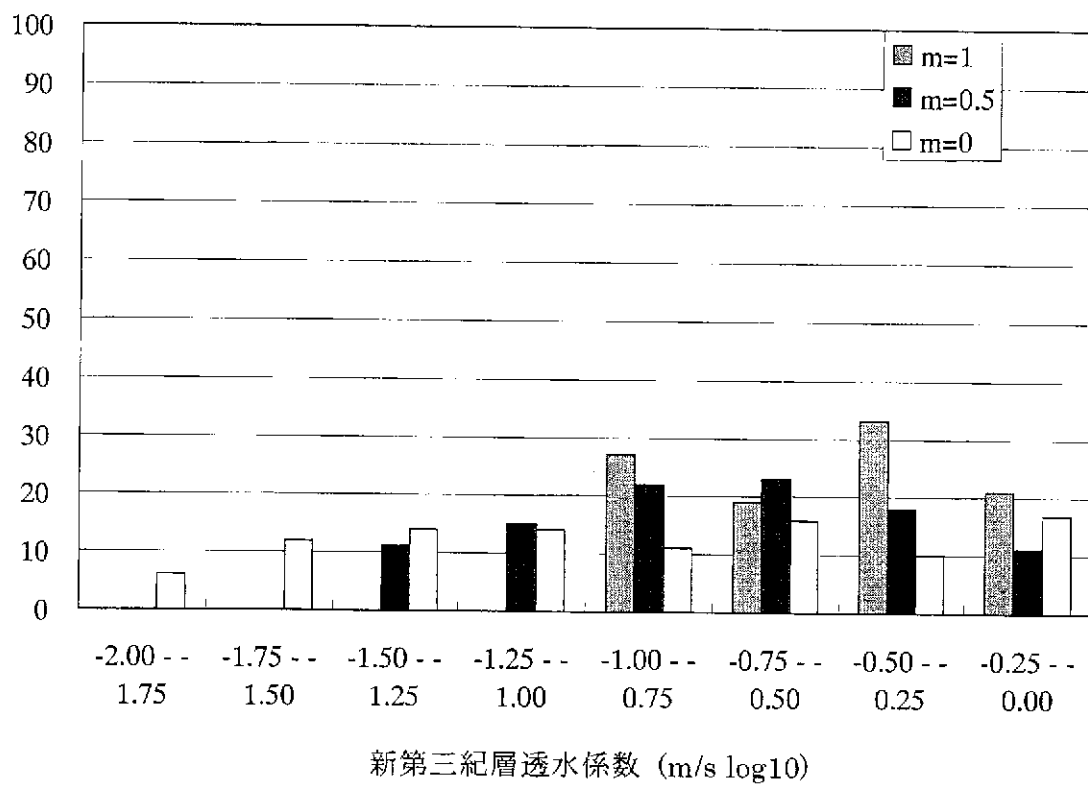


図 5.3-1.4 中域第四段階の変数の分布(6)

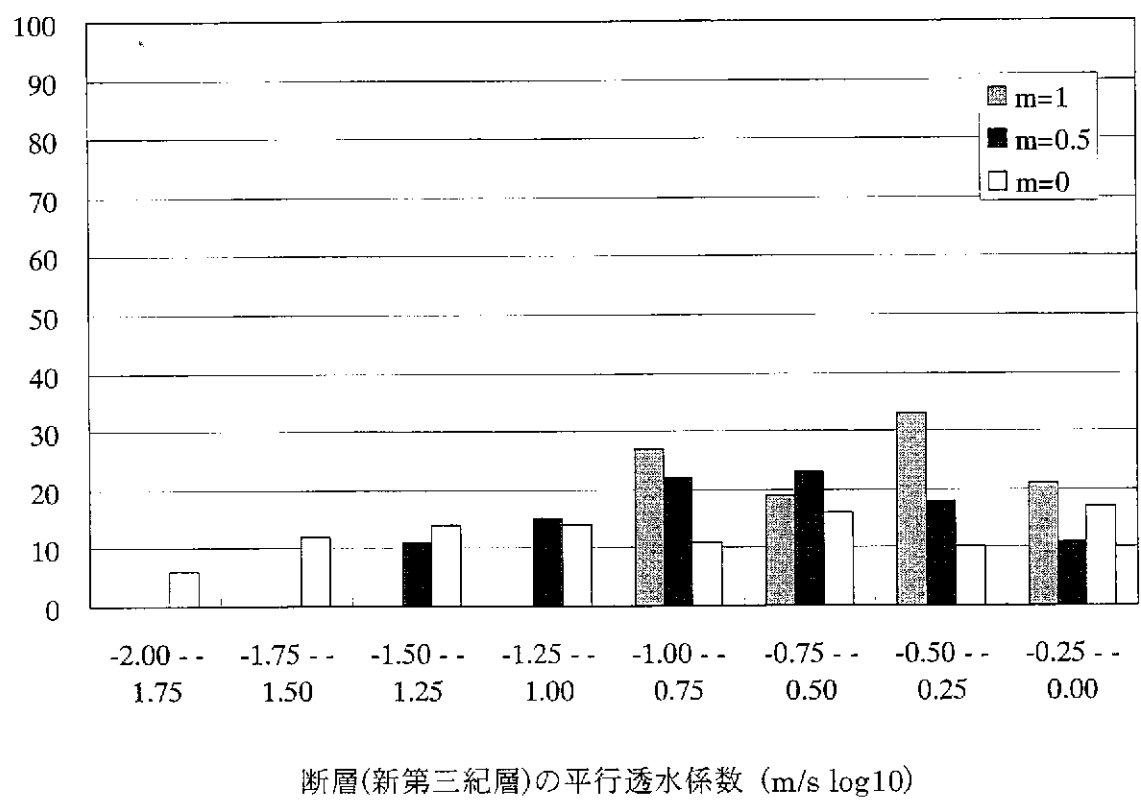
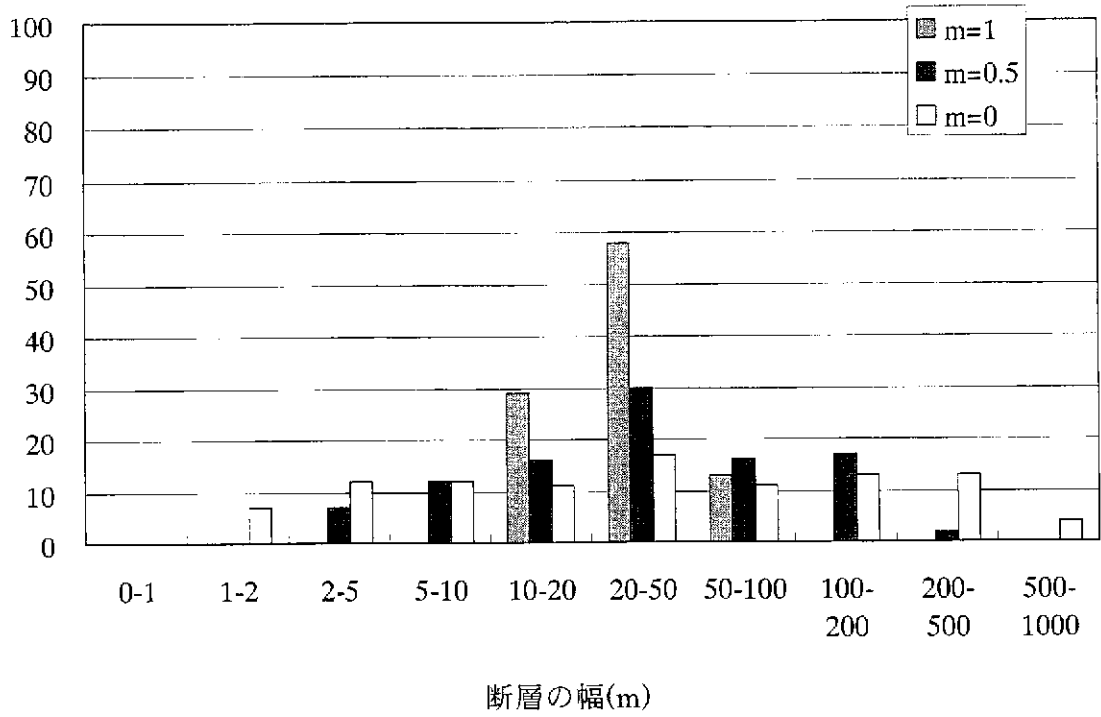


図 5.3-1.4 中域第四段階の変数の分布(7)



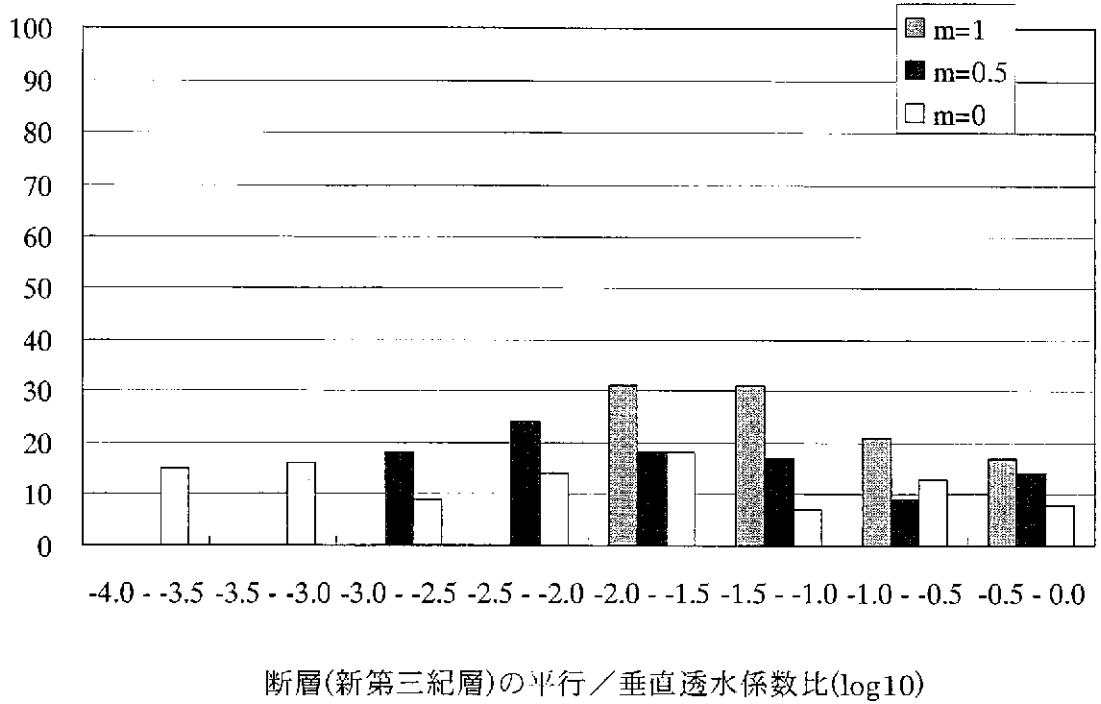
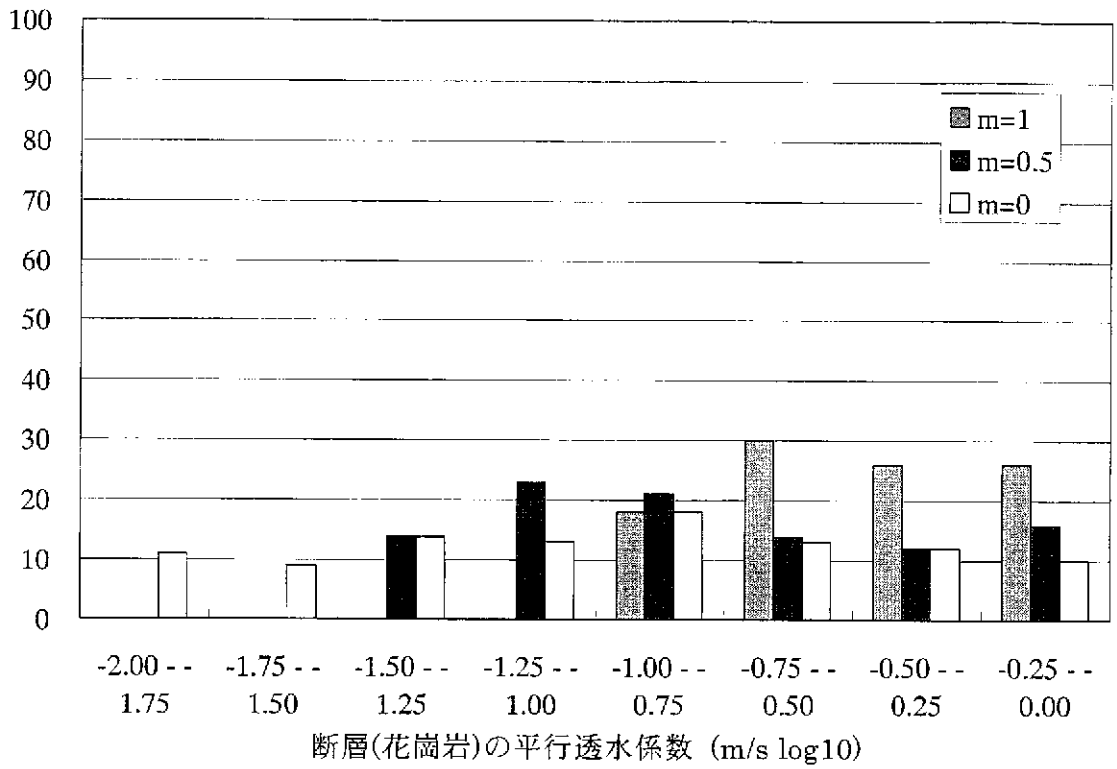
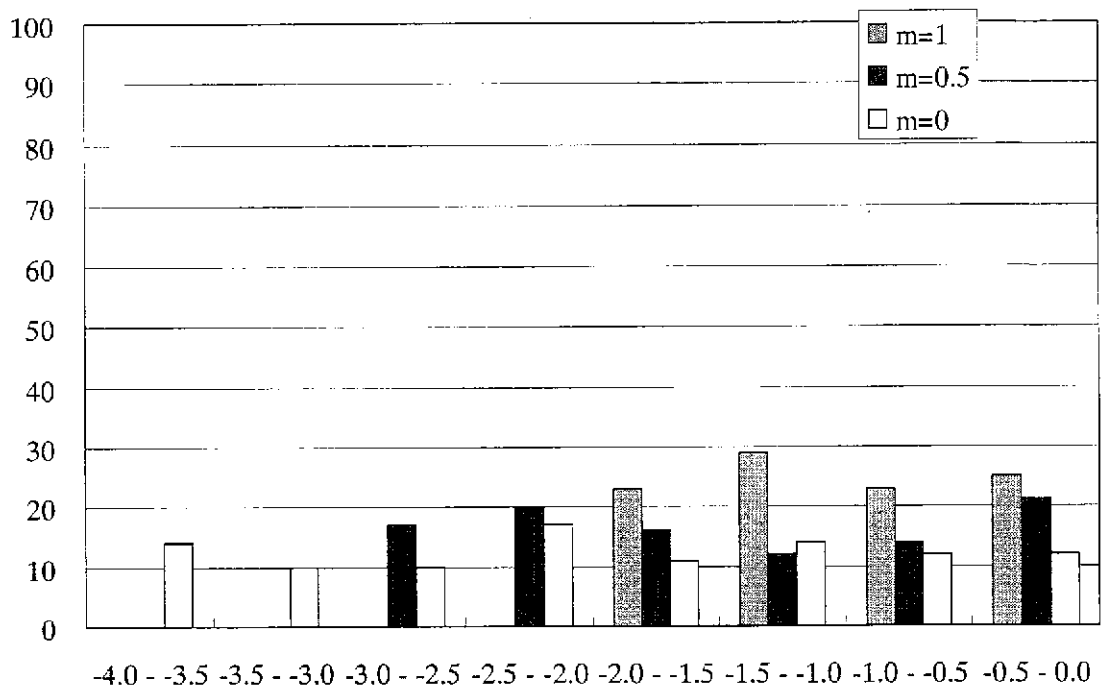


図 5.3-1.4 中域第四段階の変数の分布(8)



断層(花崗岩)の平行/垂直透水係数比 (log10)

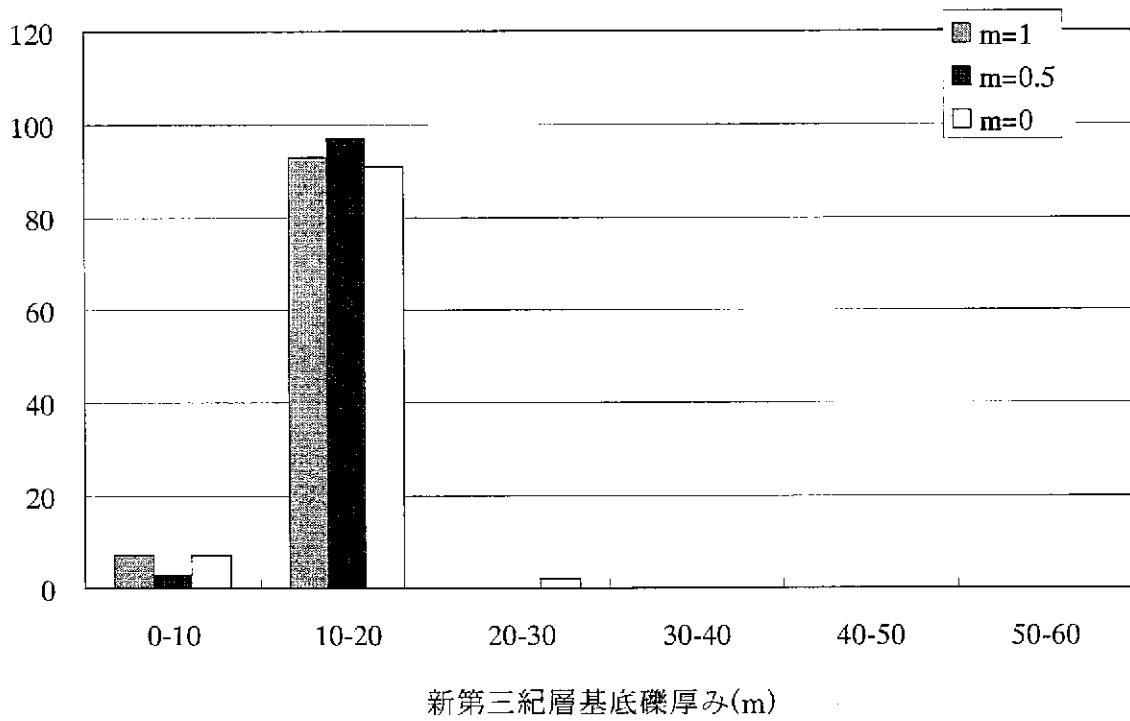


図 5.3-1.4 中域第四段階の変数の分布(9)

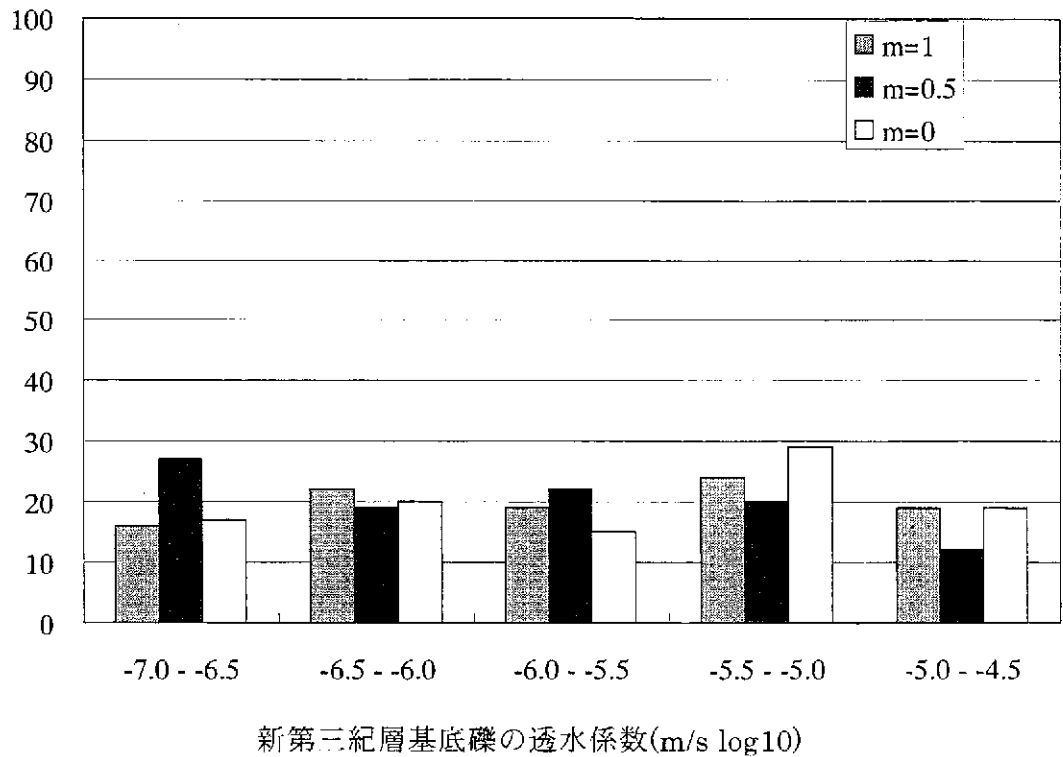
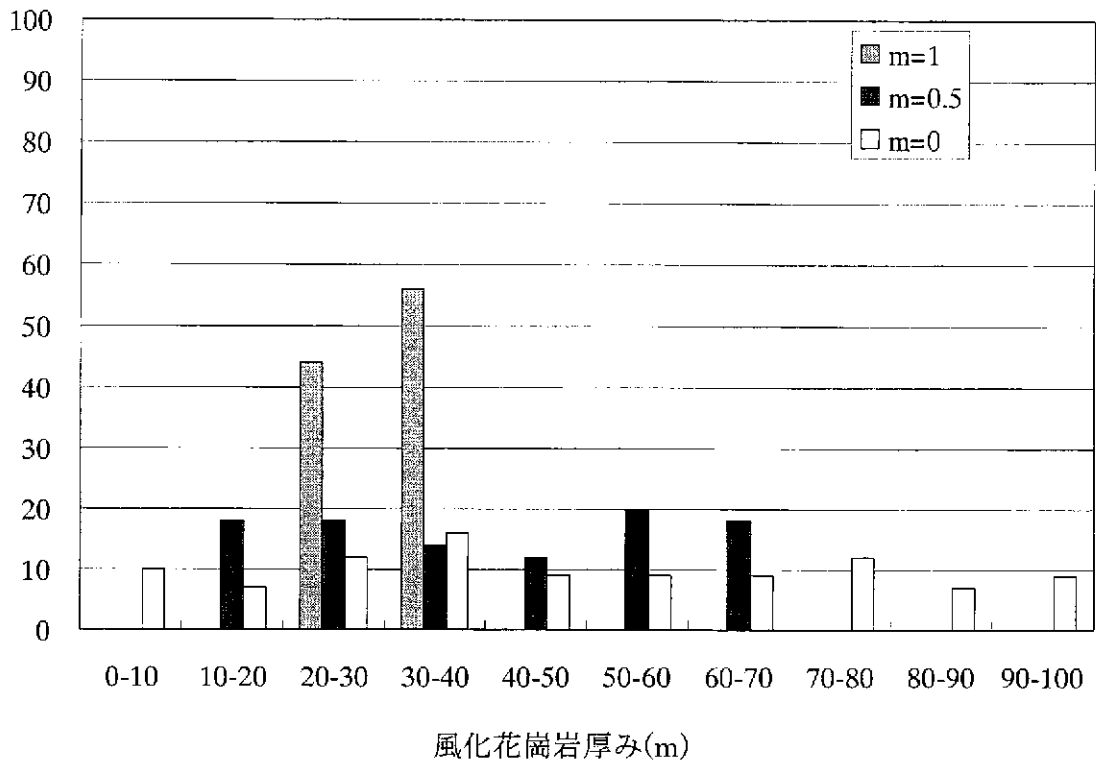
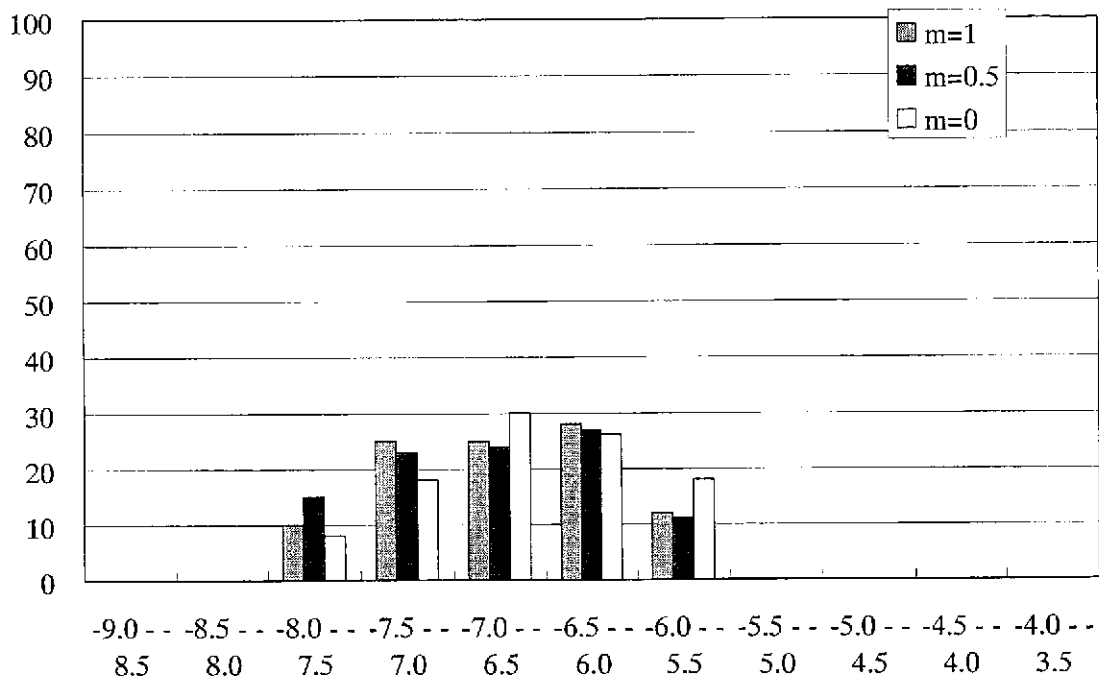


図 5.3-1.4 中域第四段階の変数の分布(10)



風化花崗岩の透水係数( $m/s \log_{10}$ )

図 5.3-1.4 中域第四段階の変数の分布(11)

また、小域解析モデルは標高-20m から+400m（地表面からおよそ-300m）の範囲、水平方向には土岐川を原点として約 2082.5m から 2677.5m の範囲を 2次元モデルとして 200 個 x 180 個の等間隔メッシュに分割して地下水流動解析を行った。境界条件は北側、南側の端、及び下面は中域の解析結果として得られた水頭を境界条件として与えた。上面は地下水面にあわせて、標高に応じた固定水頭境界とした。第四紀層、新第三紀層基底礫、風化花崗岩、花崗岩の透水係数は中域のモデルと同じものを用いた。新第三紀層の透水係数は次の手順により決定したフラクタル場を用いた。

- ① 新第三紀層の測定孔と断層の位置関係（図 5.3-2.1）
- ② 断層による変位をもとの状態に修正（図 5.3-2.2）
- ③ 縦横比の変更（図 5.3-2.3）
- ④ Experimental Variogram の生成（図 5.3-2.4）
- ⑤ フラクタルの生成（図 5.3-2.5）
- ⑥ Kringing によるフラクタルの補正（図 5.3-2.6）
- ⑦ 縦横比の回復（図 5.3-2.7）
- ⑧ 断層による変位の再現（図 5.3-2.8）

小域の解析は中域のひとつの事例に対して、インタビュー結果に基づき、縦横比 1:2 または 1:10（堆積構造を模擬するため横長に）、断層変位量 0m または 30m の 4通りの組み合わせについて、上記手法によって各 100 個フラクタル場を生成して解析を行った。

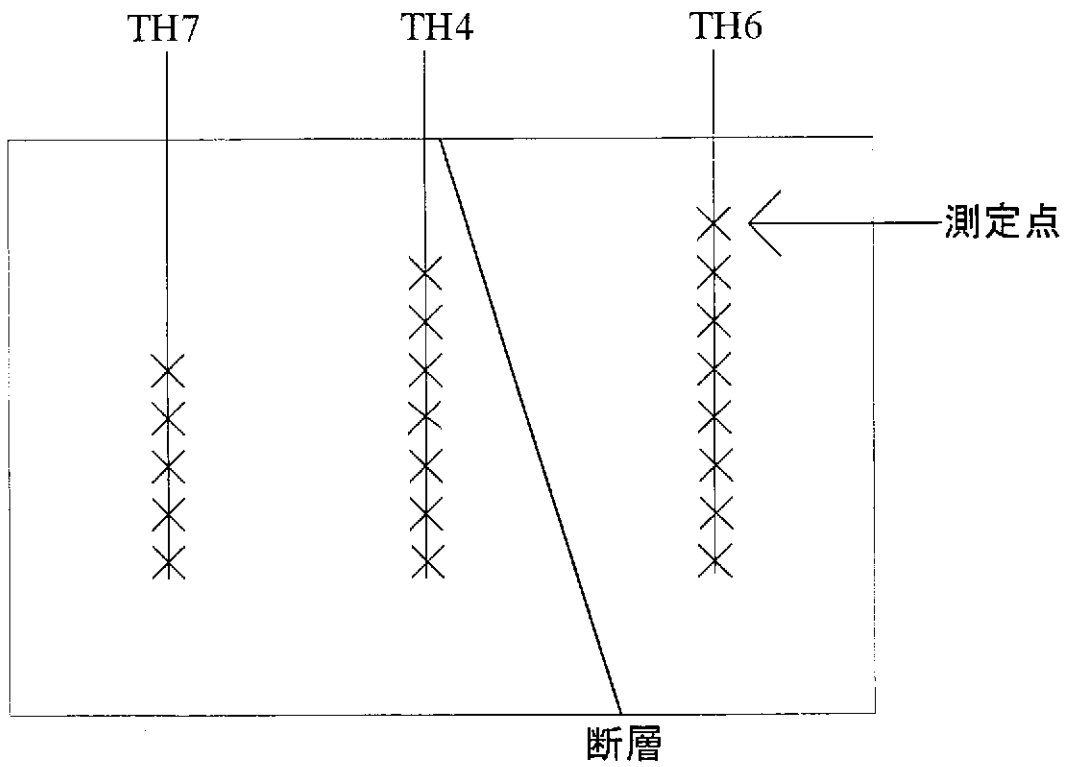


図 5.3-2.1 新第三紀層の測定孔と断層の位置関係

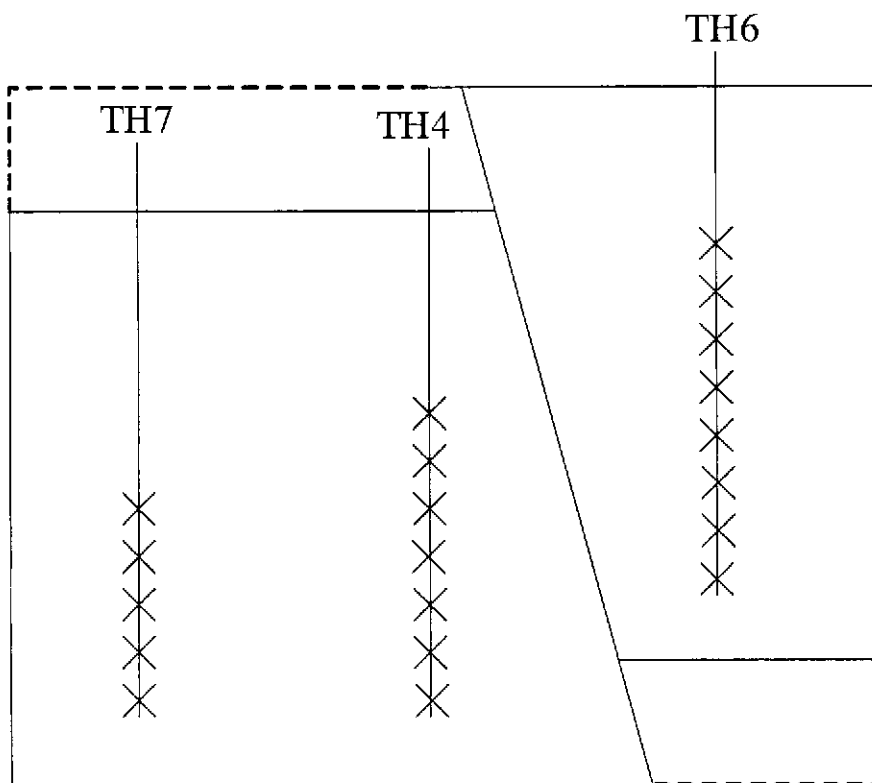


図 5.3-2.2 断層による変位をもとの状態に修正

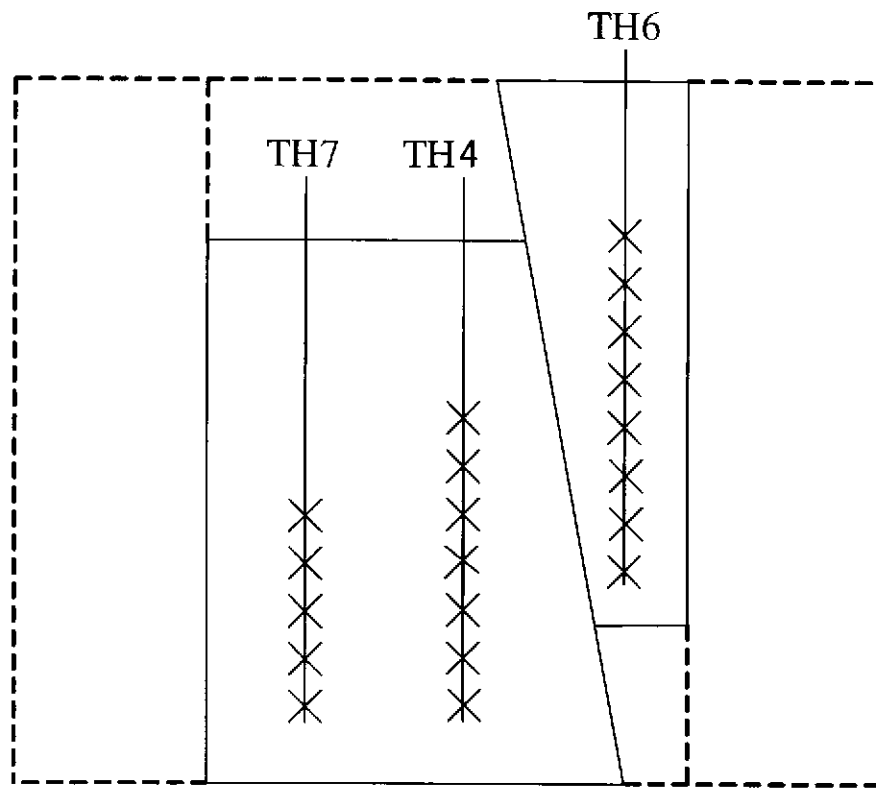


図 5.3-2.3 縦横比の変更

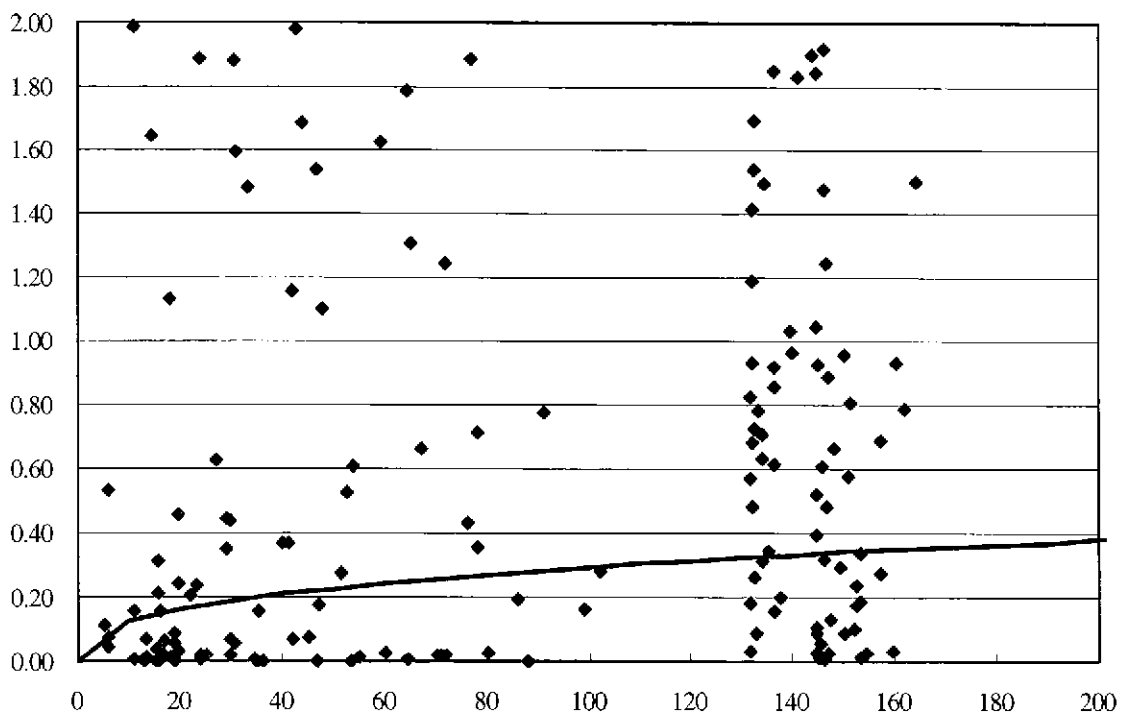


図 5.3-2.4 Experimental variogram の生成

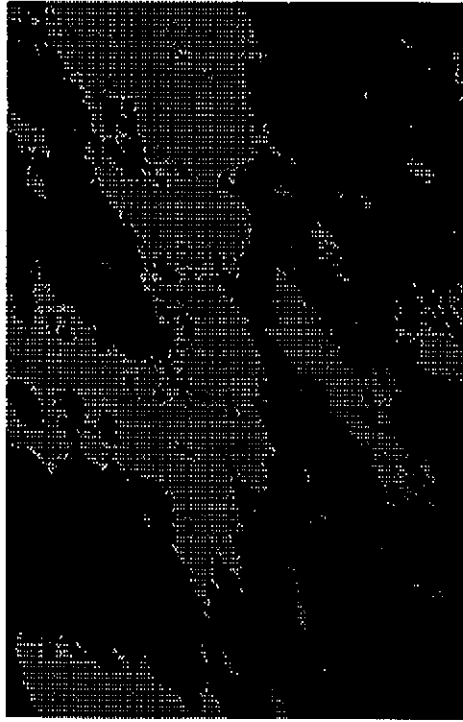


図 5.3・2.5 フラクタルの生成

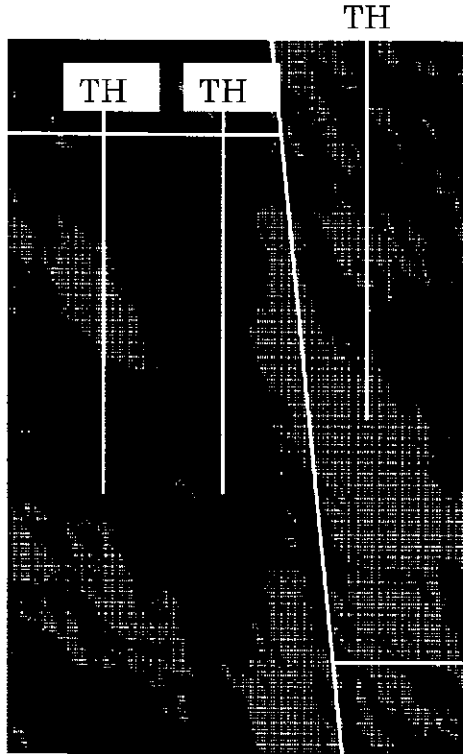


図 5.3・2.6 Kringing によるフラクタルの補正



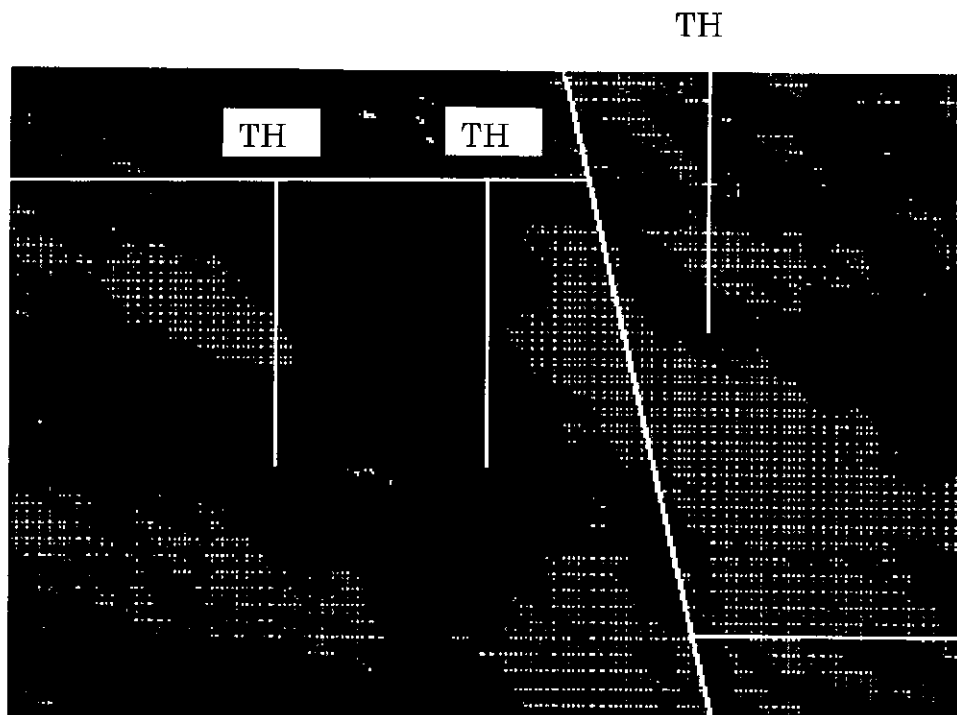


図 5.3-2.7 縦横比の回復

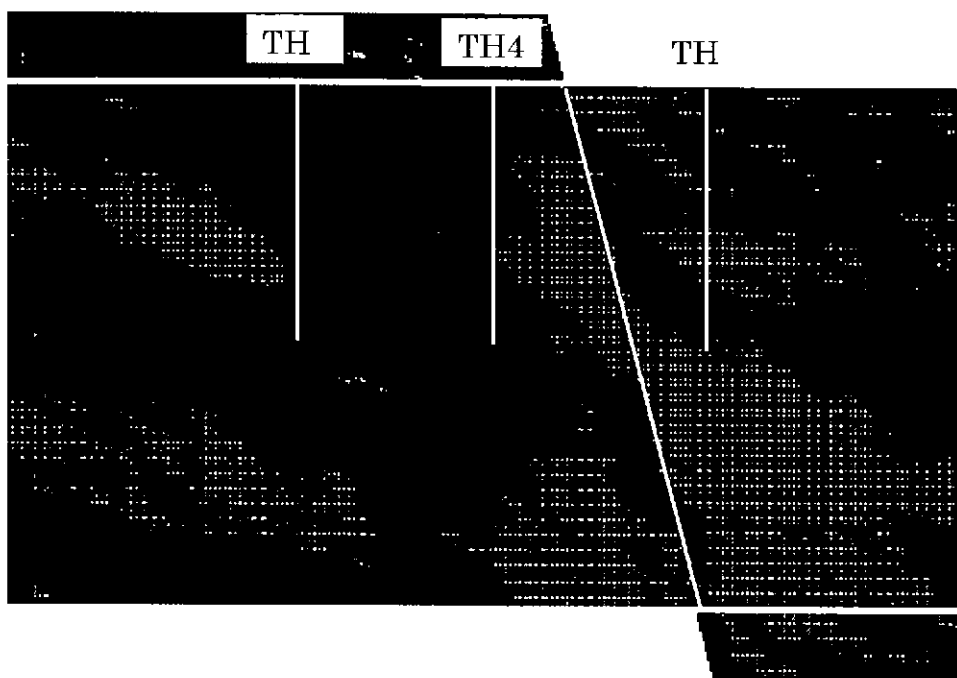


図 5.3-2.8 断層による変位の再現

## 6. 地下水流動解析の実施

### 6.1 中域の解析

中域の解析には Quintessa UK の Steven Benbow 博士が開発した水理解析コード MaTADoR を用いた。MaTADoR の特徴は以下の通りである。

- ① 2次元多孔質媒体中の水理解析コード。
- ② 混合有限要素法による高精度な解析が可能。
- ③ 複数の種類の岩盤により構成される場の解析が可能。
- ④ フラクタル場の発生と解析が可能。
- ⑤ 非等方性透水係数場の解析が可能。

解析は中域第一段階から第四段階まで、各段階についてファジーメンバーシップ  $\mu=1.0$ 、 $\mu=0.5$ 、 $\mu=0.0$  についてそれぞれ乱数を用いて 100 個の地質構造モデルを作成して解析を行った。したがって、解析を行ったモデルの総数は 1200 個 (4 段階×3 ファジーメンバーシップ×100 個) となった。

図 6.1-1.1~7 の各(a)の中域透水係数分布中に図示した南北に 595m、上下に 420m の領域を小域として、小域から流出する(小域に流入する)水の平均速度を小域の平均流速とした。また、小域の中心から最も流れの速い方向に沿った流れを小域中心からの移動方向とした。

図 6.1-1.1 に平均流速が最小となった事例の(a)中域透水係数分布、(b)中域圧力分布、(c)中域流速分布、(d)小域透水係数分布、(e)小域圧力分布及び(f)小域流速分布を示す。

図 6.1-1.2 に平均流速が最大となった事例の(a)中域透水係数分布、(b)中域圧力分布、(c)中域流速分布、(d)小域透水係数分布、(e)小域圧力分布及び(f)小域流速分布を示す。

図 6.1-1.3 に小域中心からの移動方向が南になった事例の(a)中域透水係数分布、(b)中域圧力分布、(c)中域流速分布、(d)小域透水係数分布、(e)小域圧力分布及び(f)小域流速分布を示す。

図 6.1-1.4 に小域中心からの移動方向が下方向になった事例の(a)中域透水係数分布、(b)中域圧力分布、(c)中域流速分布、(d)小域透水係数分布、(e)小域圧力分布及び(f)小域

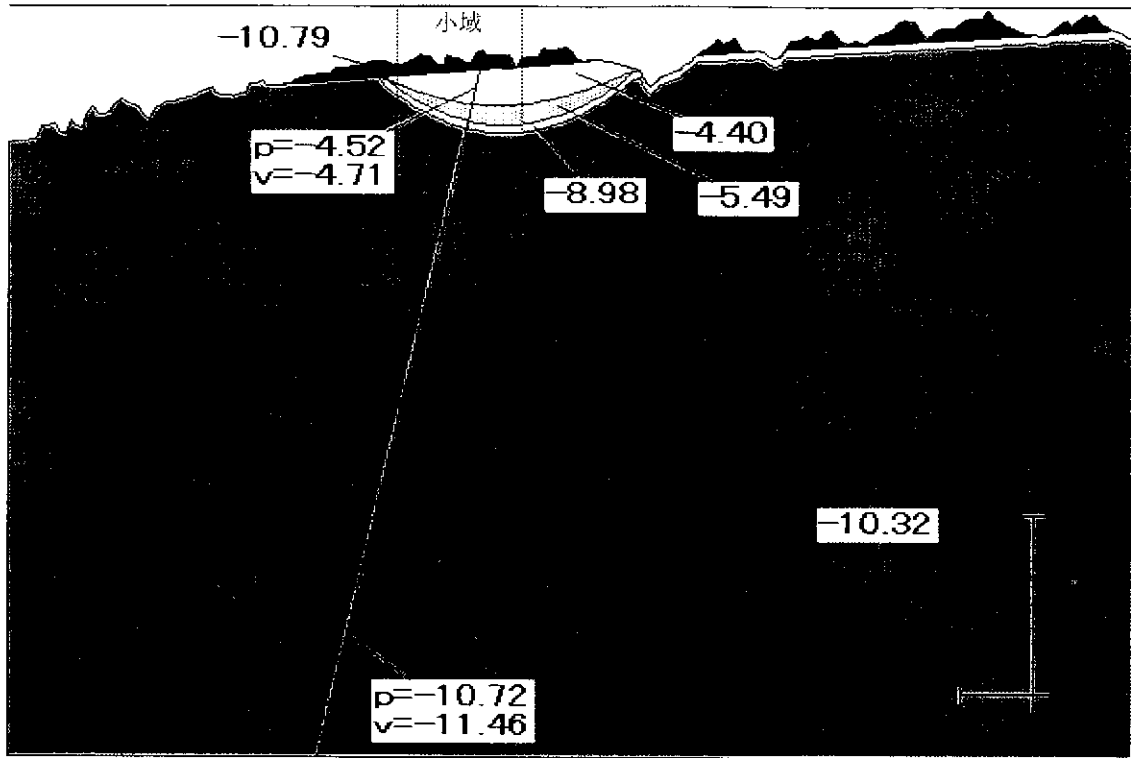
流速分布を示す。

図 6.1-1.5 に小域中心からの移動方向が北方向になった事例の(a)中域透水係数分布、(b)中域圧力分布、(c)中域流速分布、(d)小域透水係数分布、(e)小域圧力分布及び(f)小域流速分布を示す。

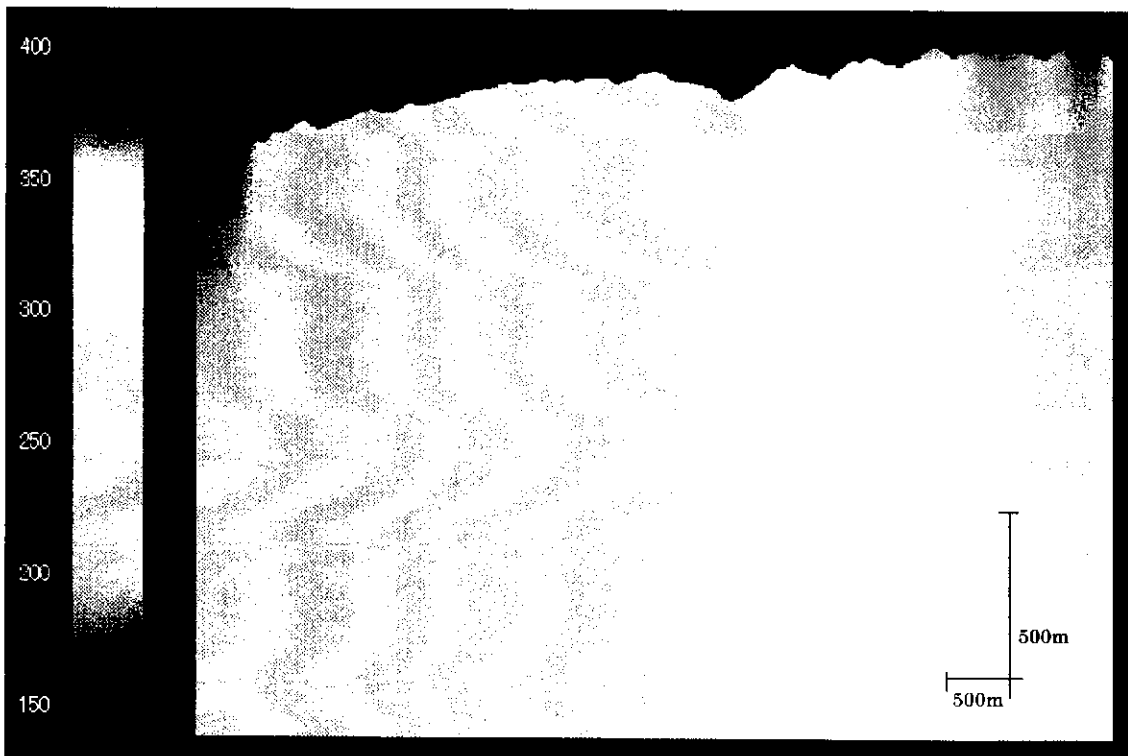
図 6.1-1.6 に小域中心からの移動方向が上になった事例の(a)中域透水係数分布、(b)中域圧力分布、(c)中域流速分布、(d)小域透水係数分布、(e)小域圧力分布及び(f)小域流速分布を示す。

図 6.1-1.7 に小域の解析のベースとなるモデルの(a)中域透水係数分布、(b)中域圧力分布、(c)中域流速分布、(d)小域透水係数分布、(e)小域圧力分布及び(f)小域流速分布を示す。次段階の小域の解析は各変数について最も代表的な値（中心値など）を持つこのモデルから水理境界条件を適用した。

図 6.1-1.1～7 に示した事例に用いた変数を表 6.1-1 に示す。

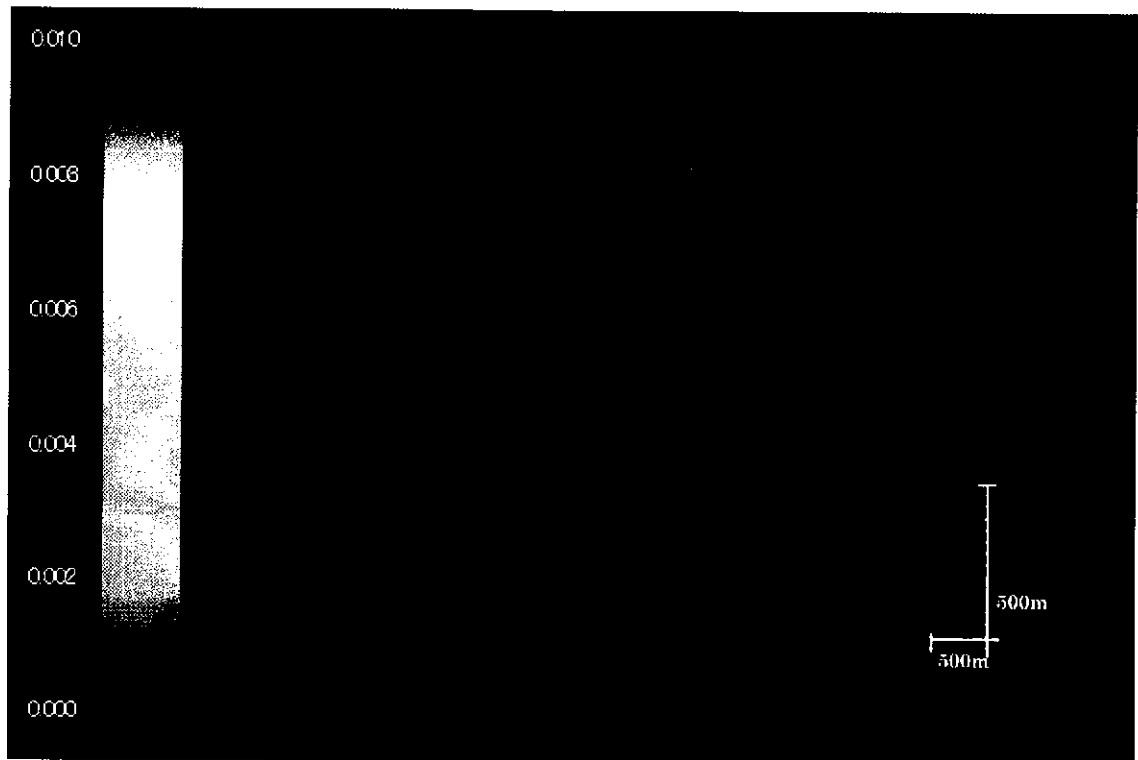


(a) 中域地質構造と透水係数 (m/s log10)

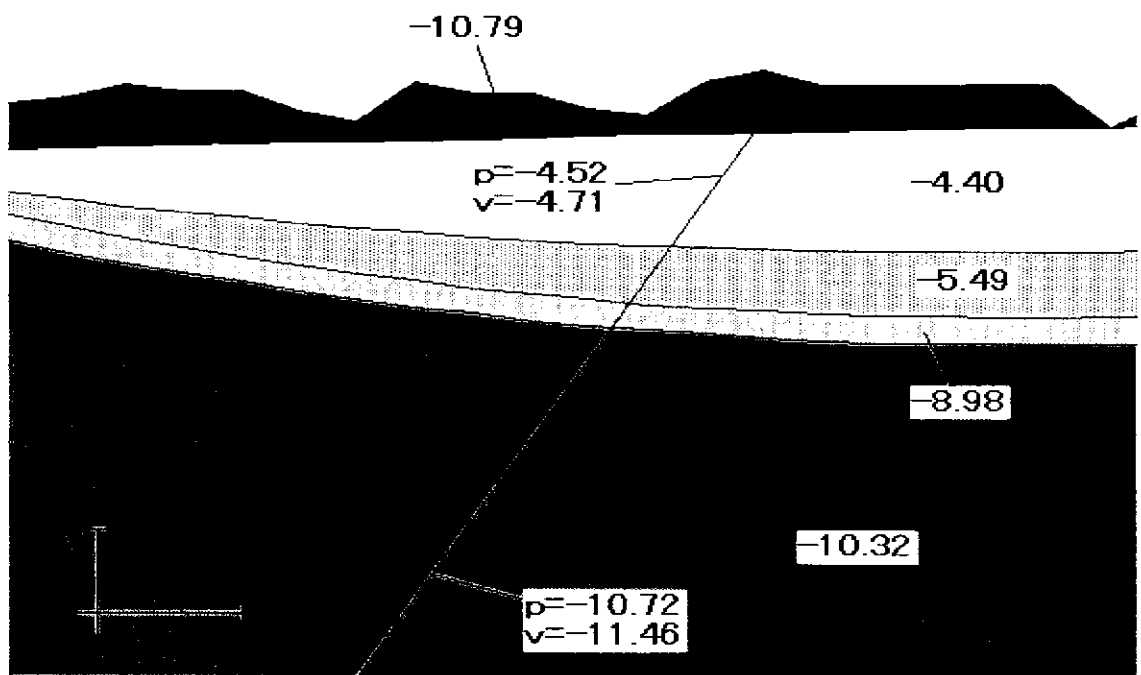


(b) 中域圧力分布(m)

図 6.1-1.1 平均流速最小事例(1)

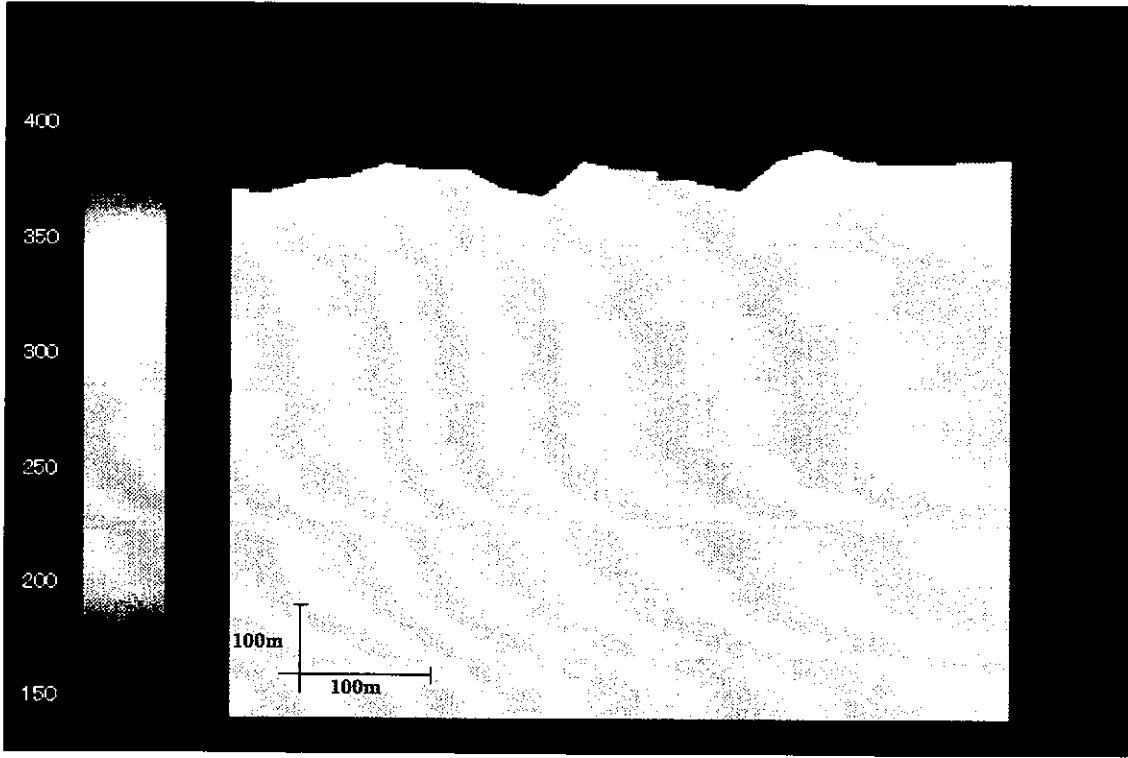


(c)中域流速分布(m/s)

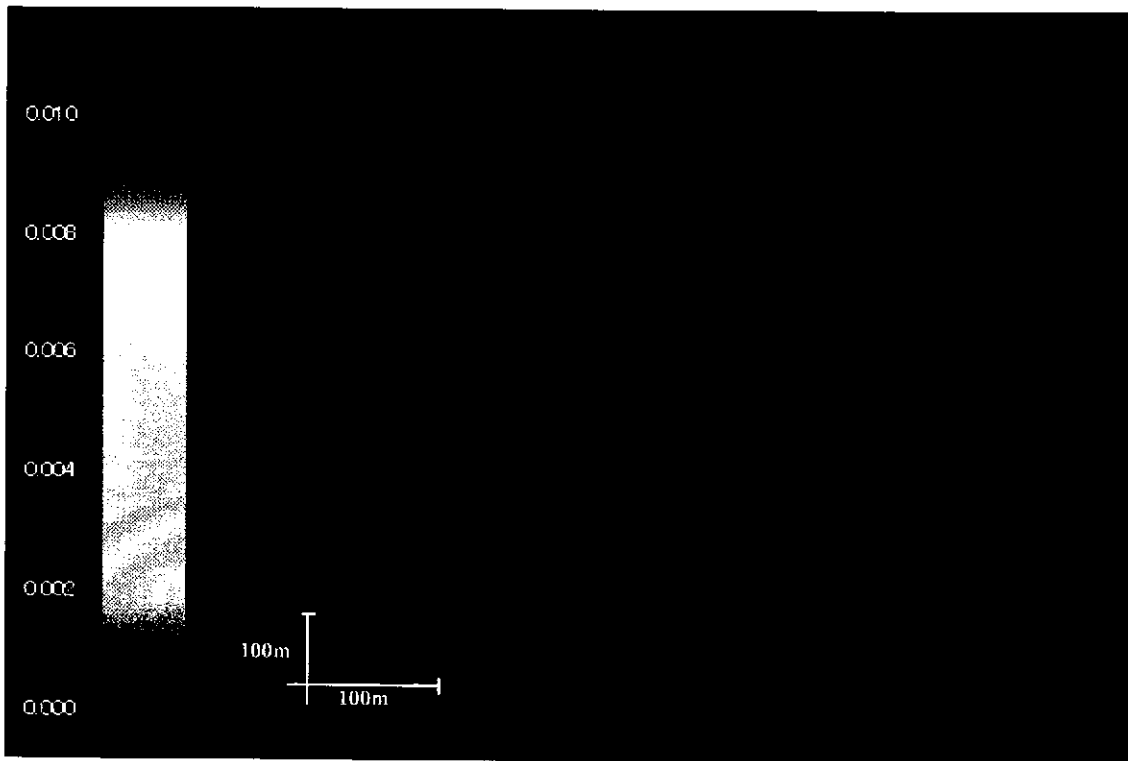


(d)小域地質構造と透水係数 (m/s log10)

図 6.1-1.1 平均流速最小事例(2)

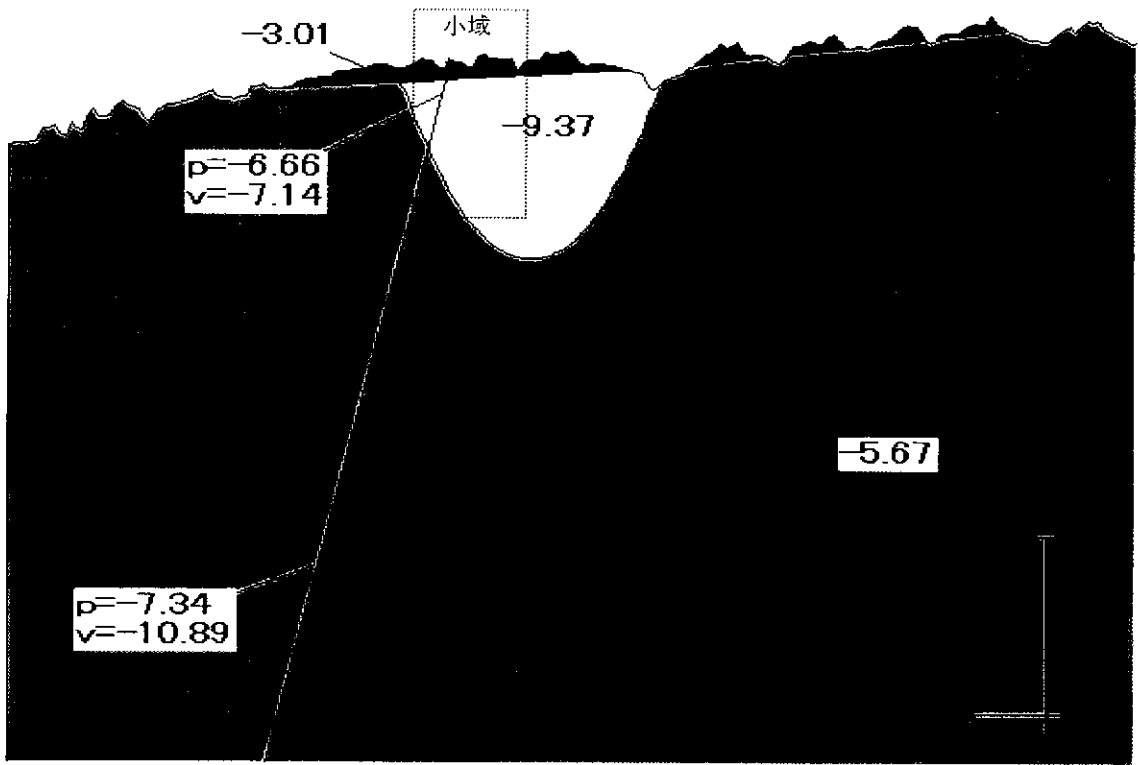


(e)小域压力分布(m)

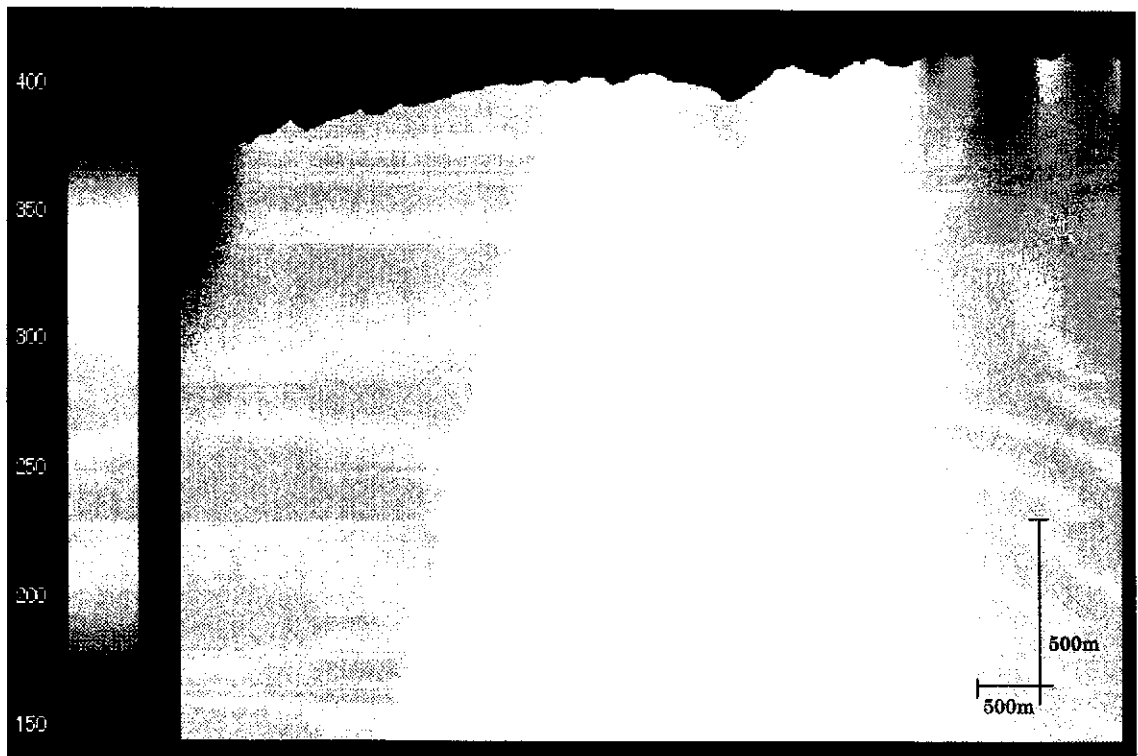


(f)小域流速分布(m/s)

图 6.1-1.1 平均流速最小事例(3)

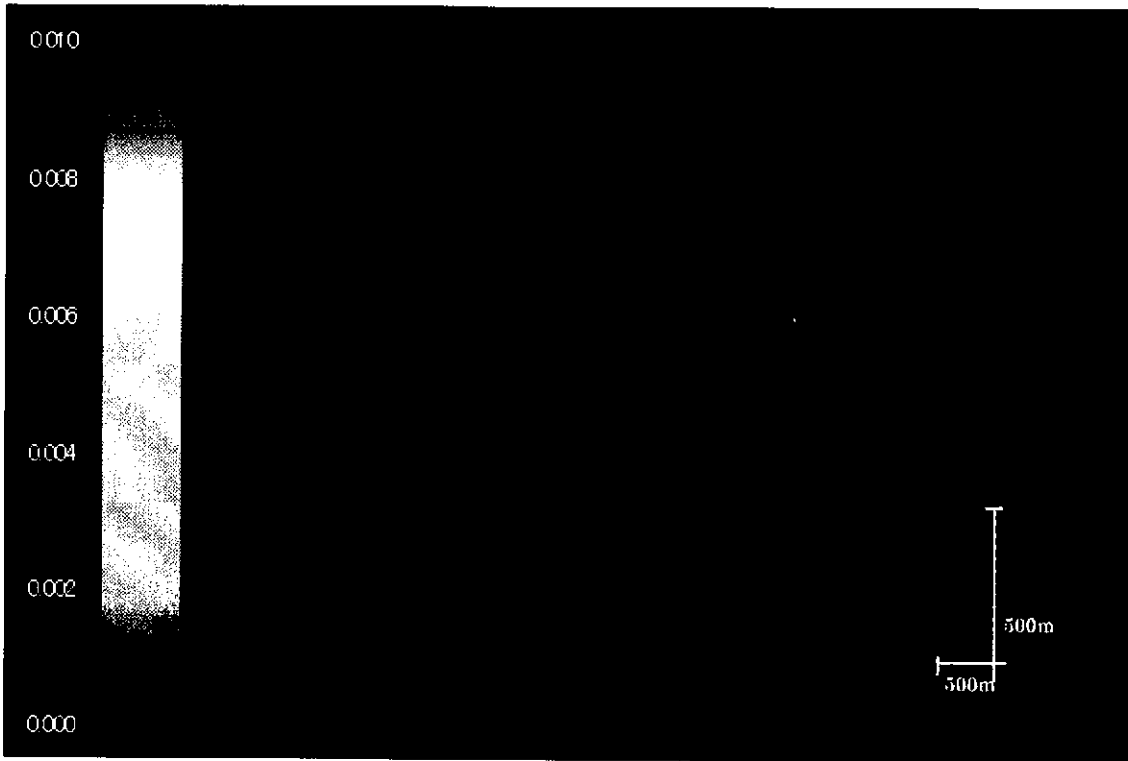


(a)中域地質構造と透水係数 (m/s log10)

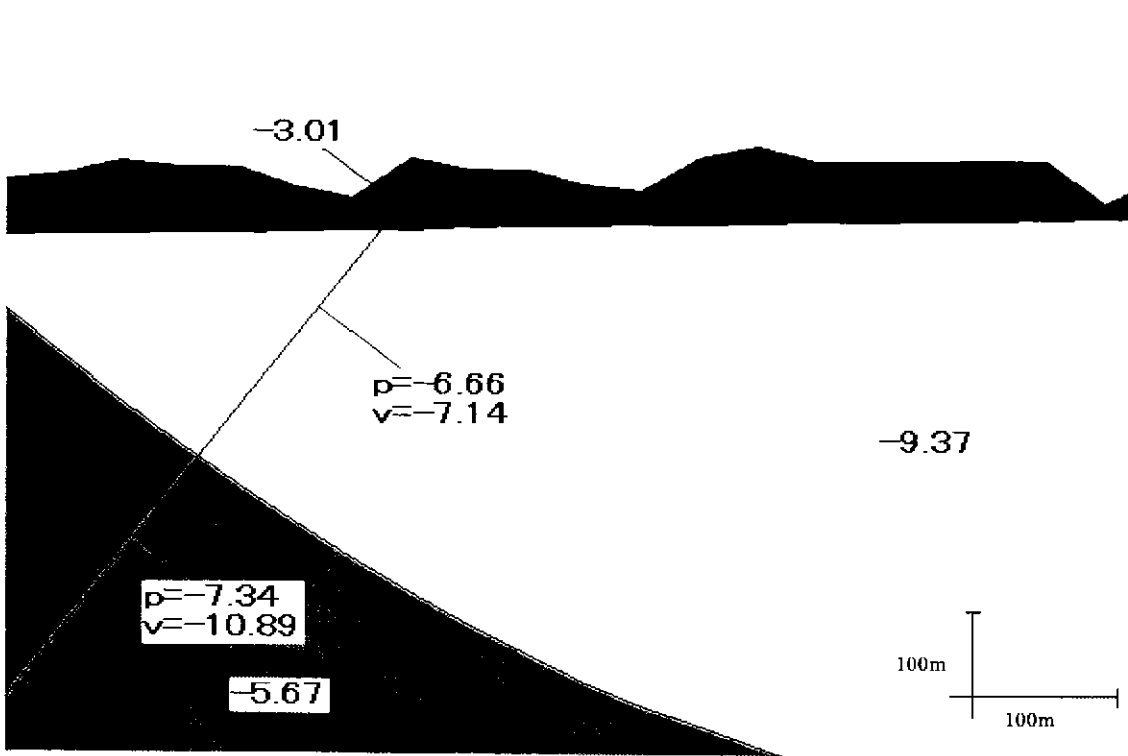


(b)中域压力分布(m)

図 6.1-1.2 平均流速最大事例(1)



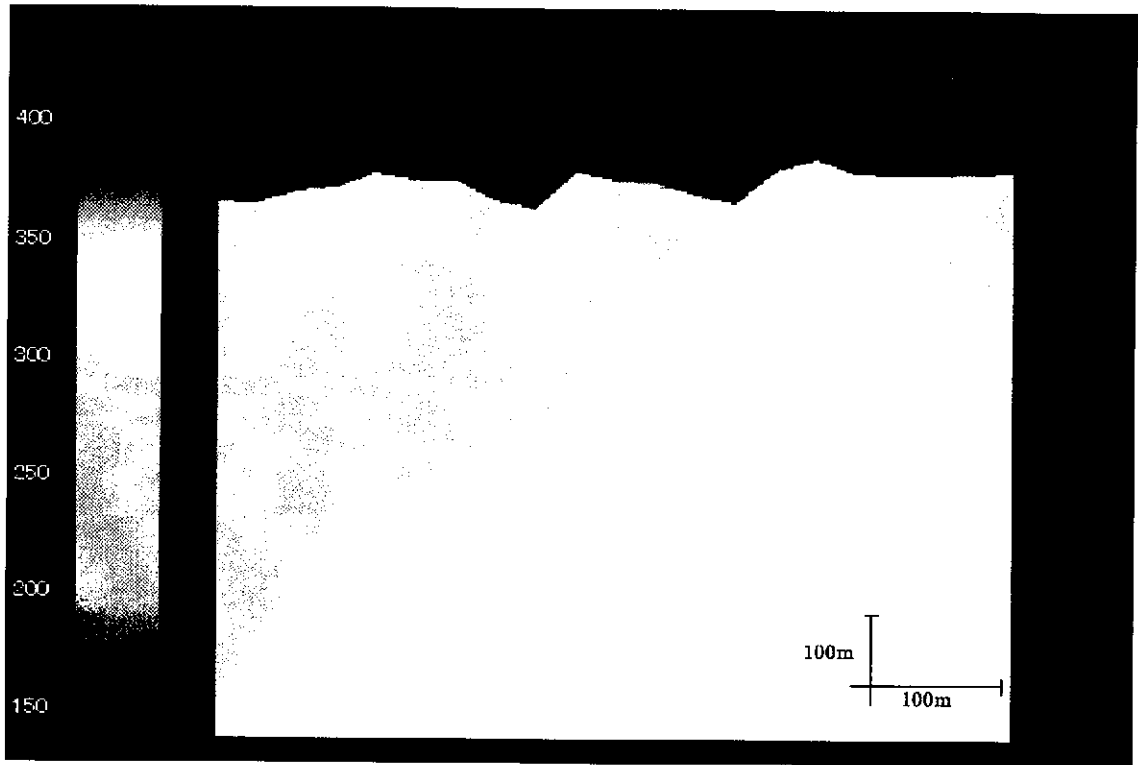
(c)流速分布(m/s)



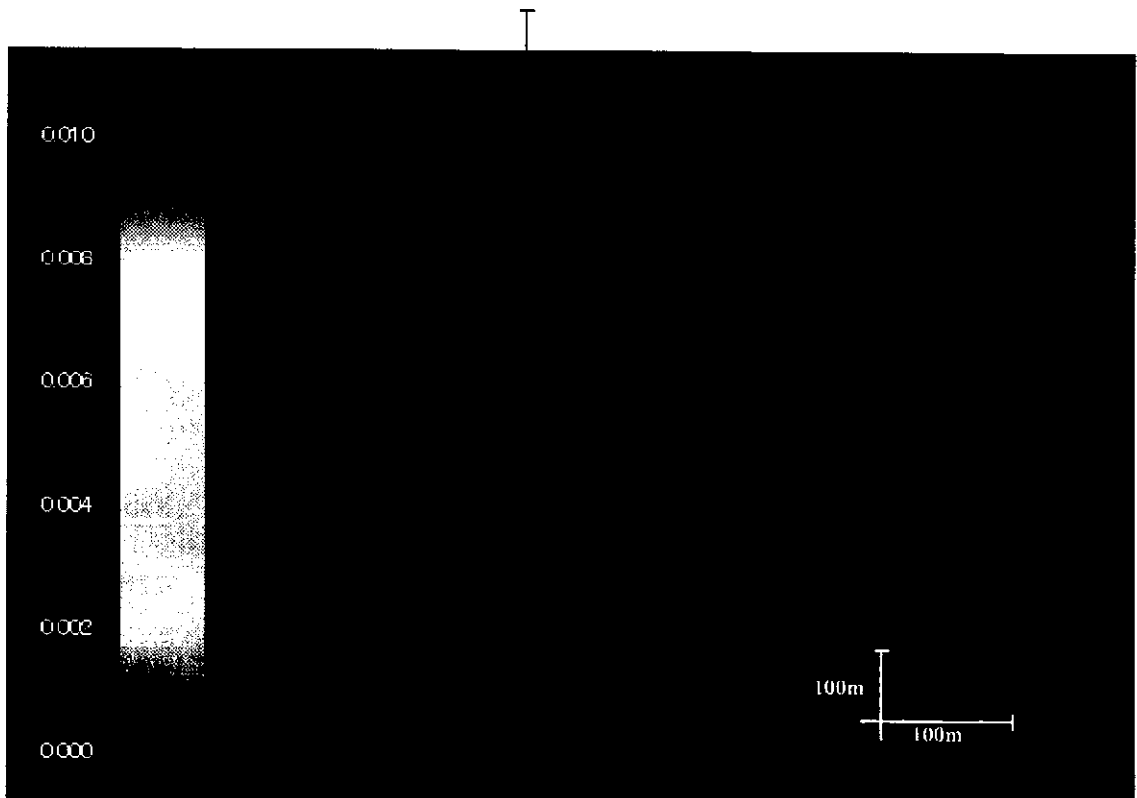
(d)小域地質構造と透水係数 (m/s log10)

図 6.1-1.2 平均流速最大事例(2)



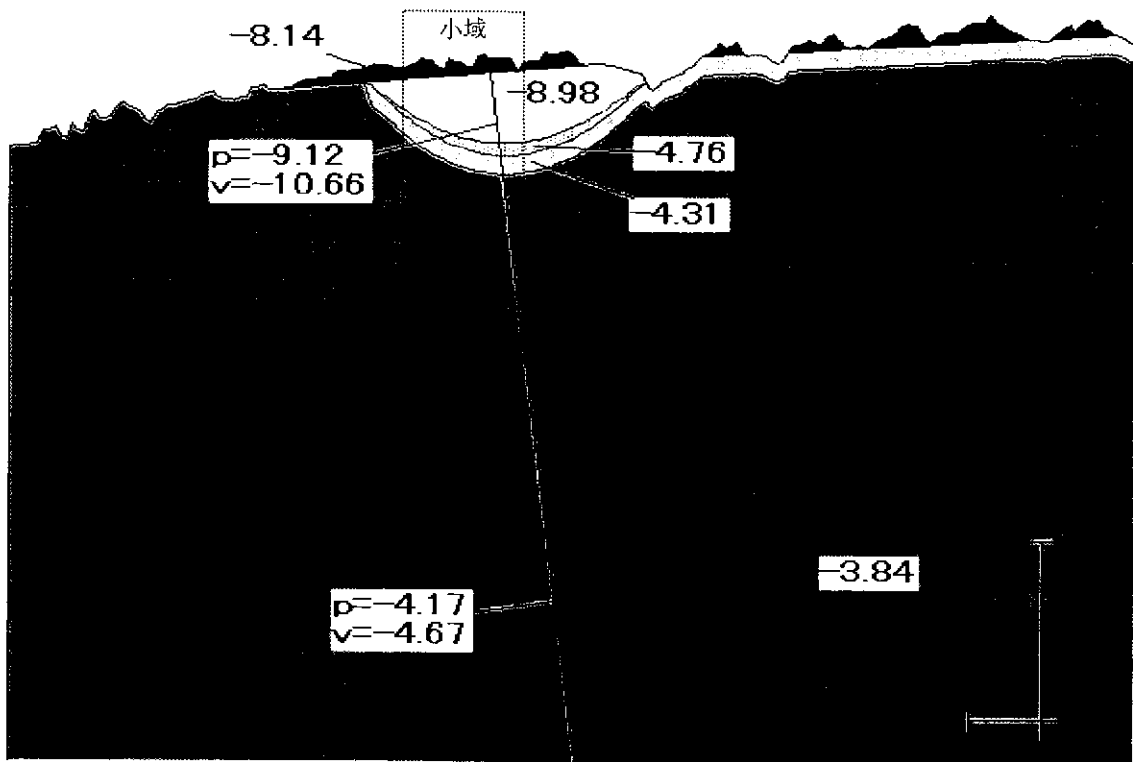


(e)小域压力分布(m)

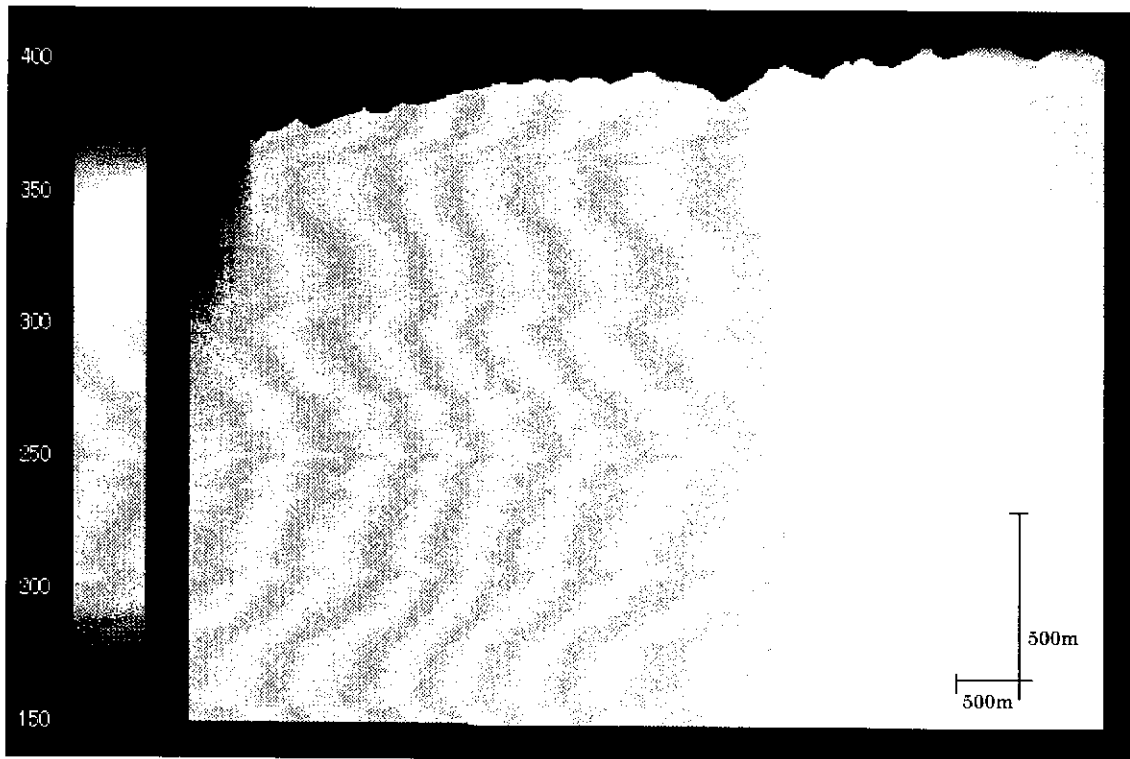


(f)小域流速分布(m/s)

图 6.1-1.2 平均流速最大事例(3)

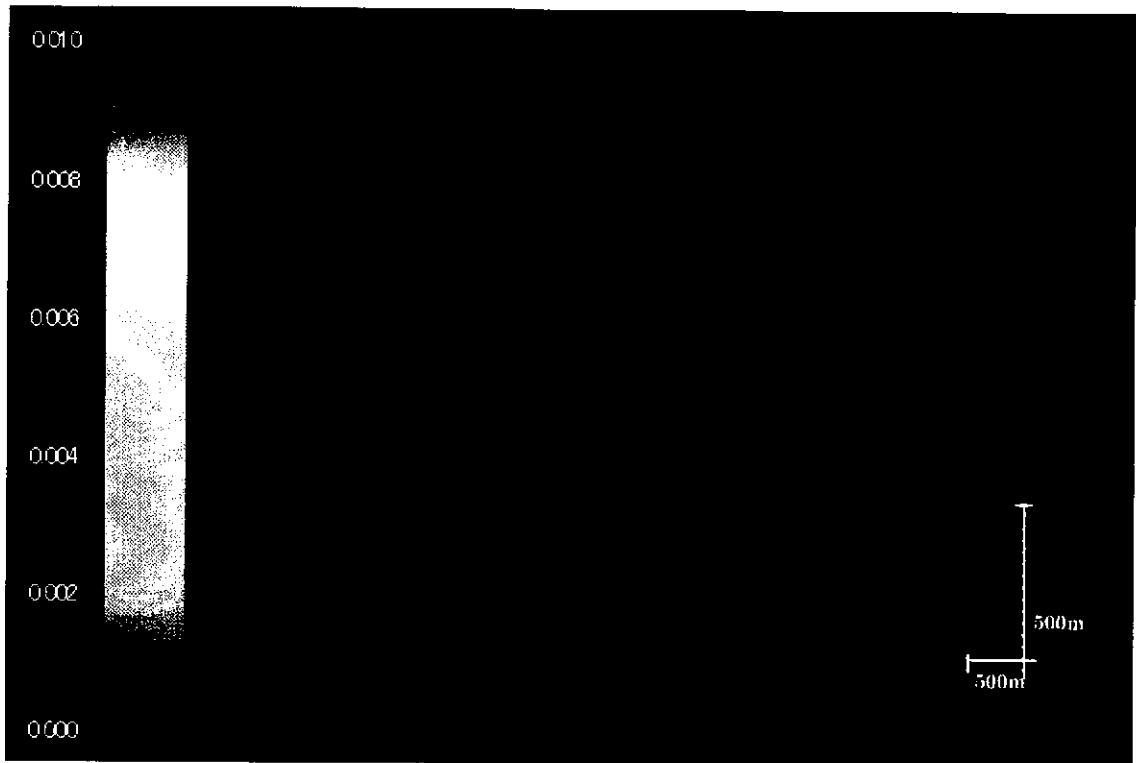


(a)中域地質構造と透水係数 (m/s log10)

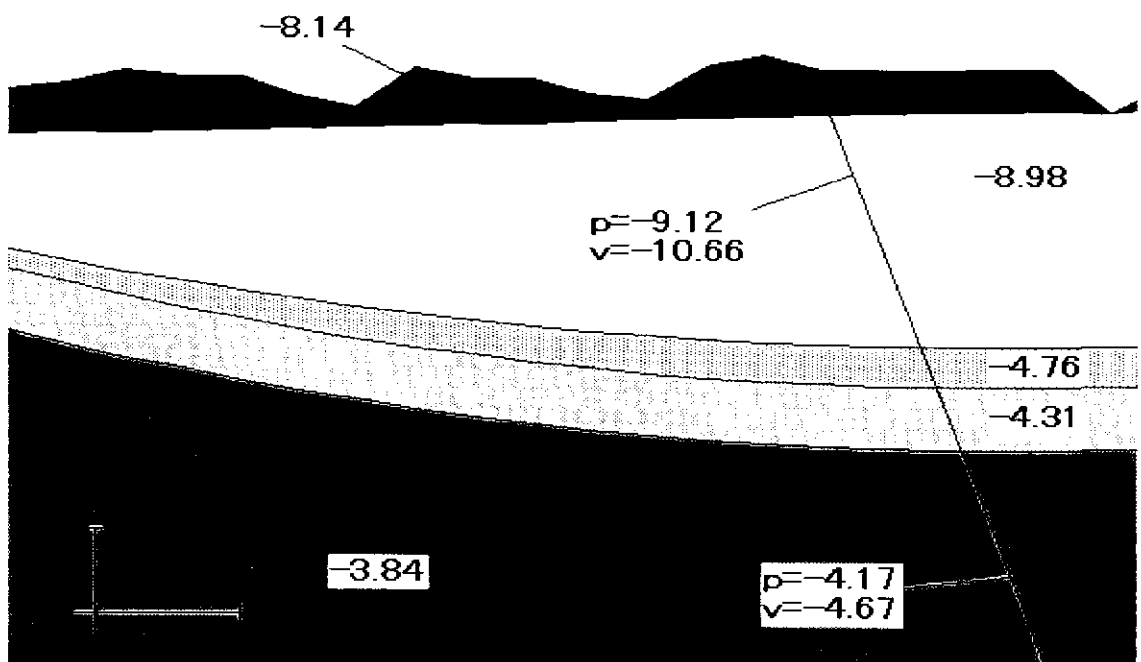


(b)中域圧力分布(m)

図 6.1-1.3 南方向への移動事例(1)

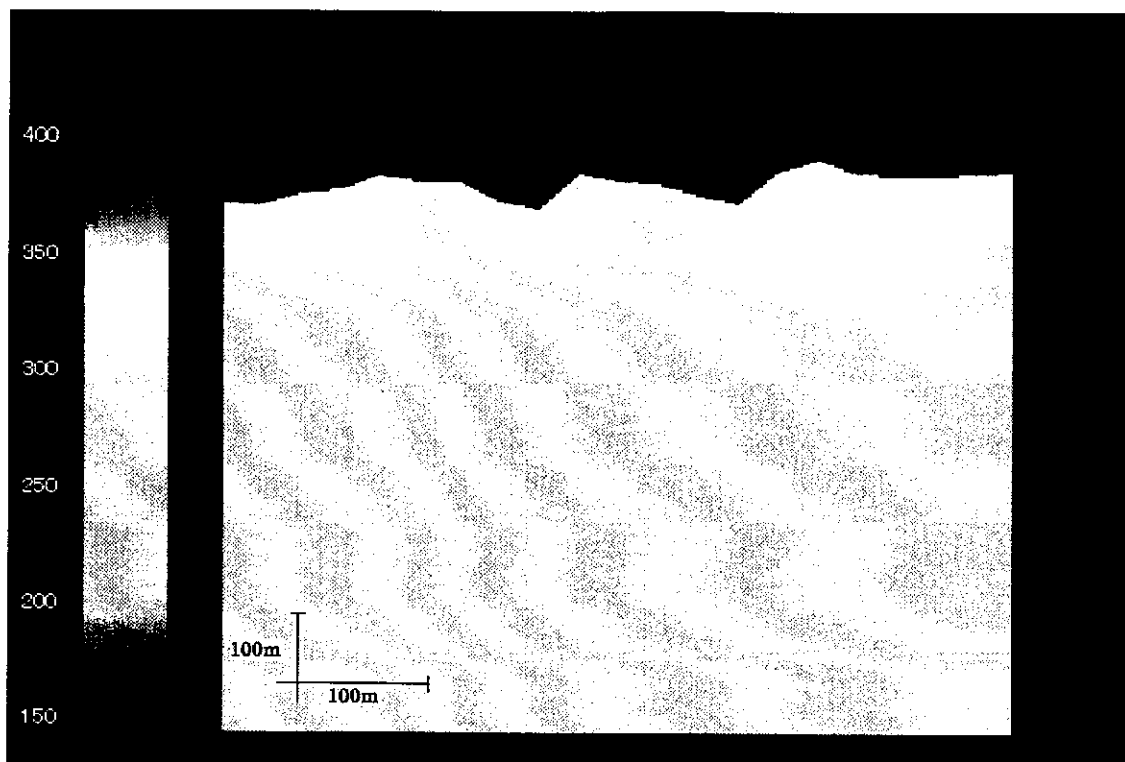


(c)中域流速分布(m/s)

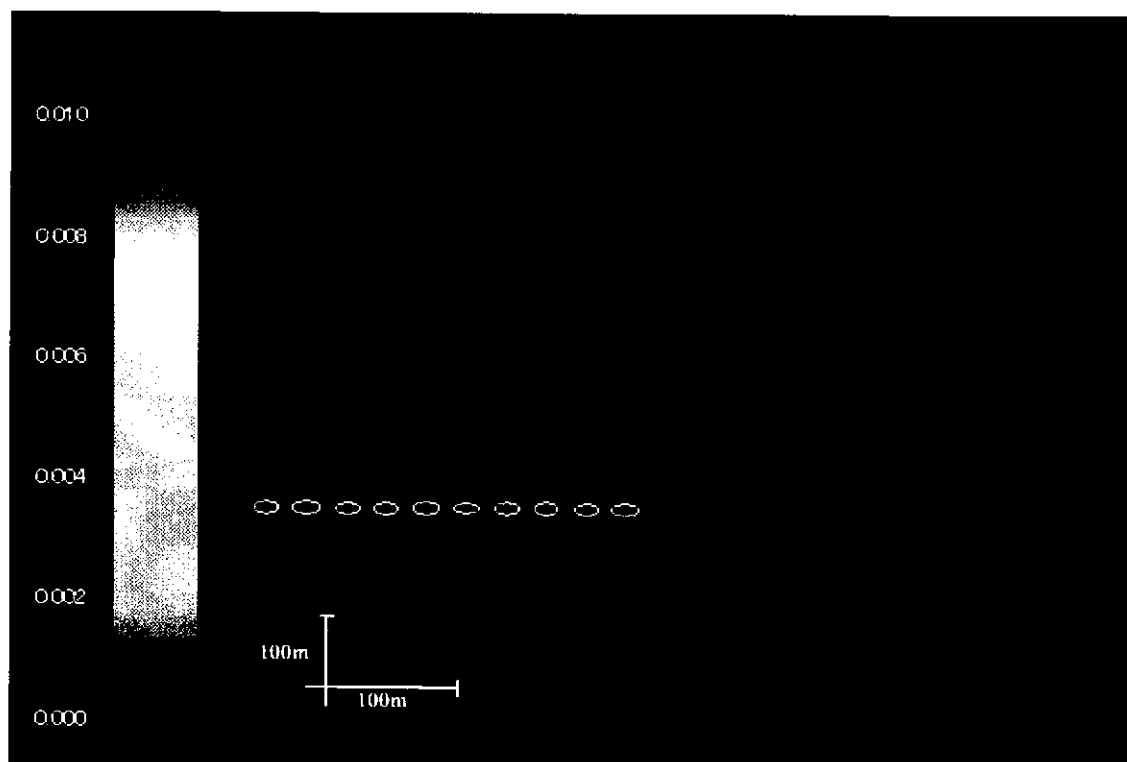


(d)小域地質構造と透水係数 (m/s log10)

図 6.1-1.3 南方向への移動事例(2)

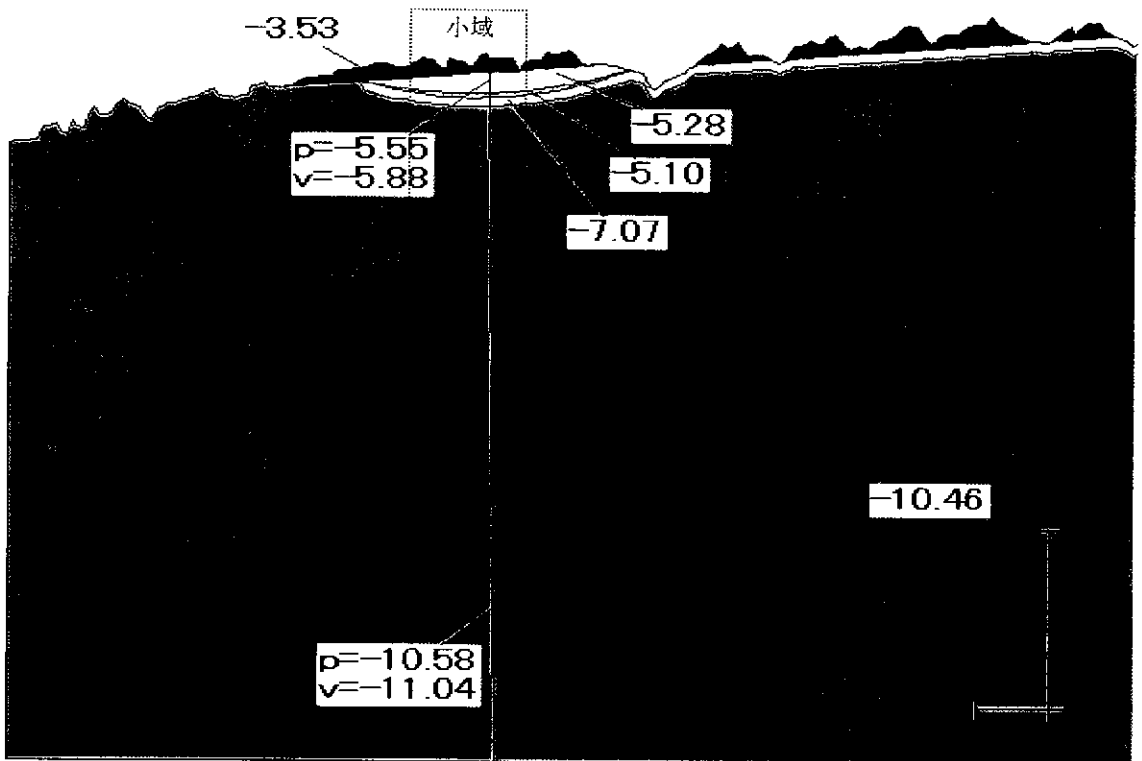


(e)小域圧力分布(m)

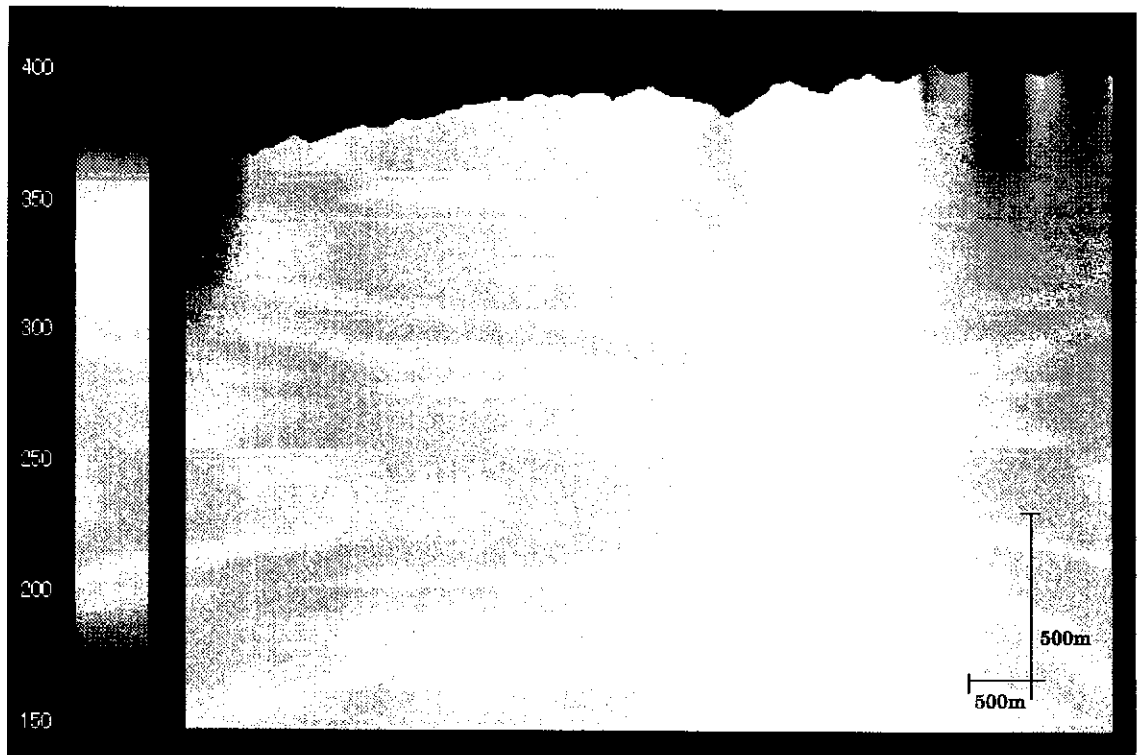


(f)小域流速分布(m/s)

図 6.1-1.3 南方向への移動事例(3)



(a)中域地質構造と透水係数 (m/s log10)

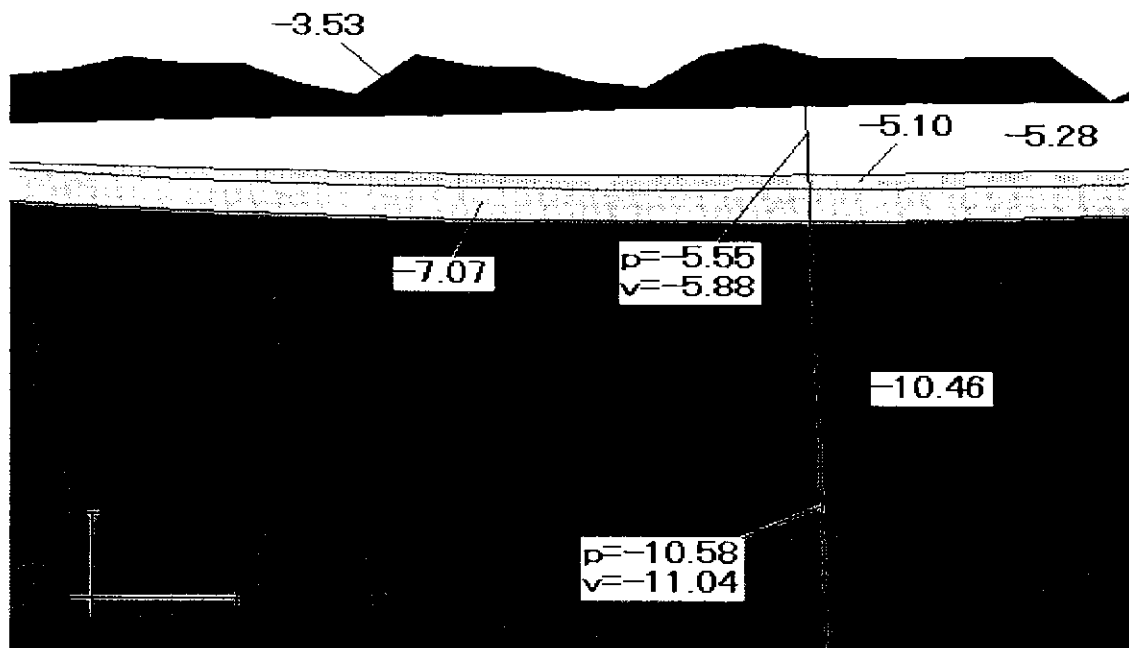


(b)中域圧力分布(m)

図 6.1-1.4 下方向への移動事例(1)

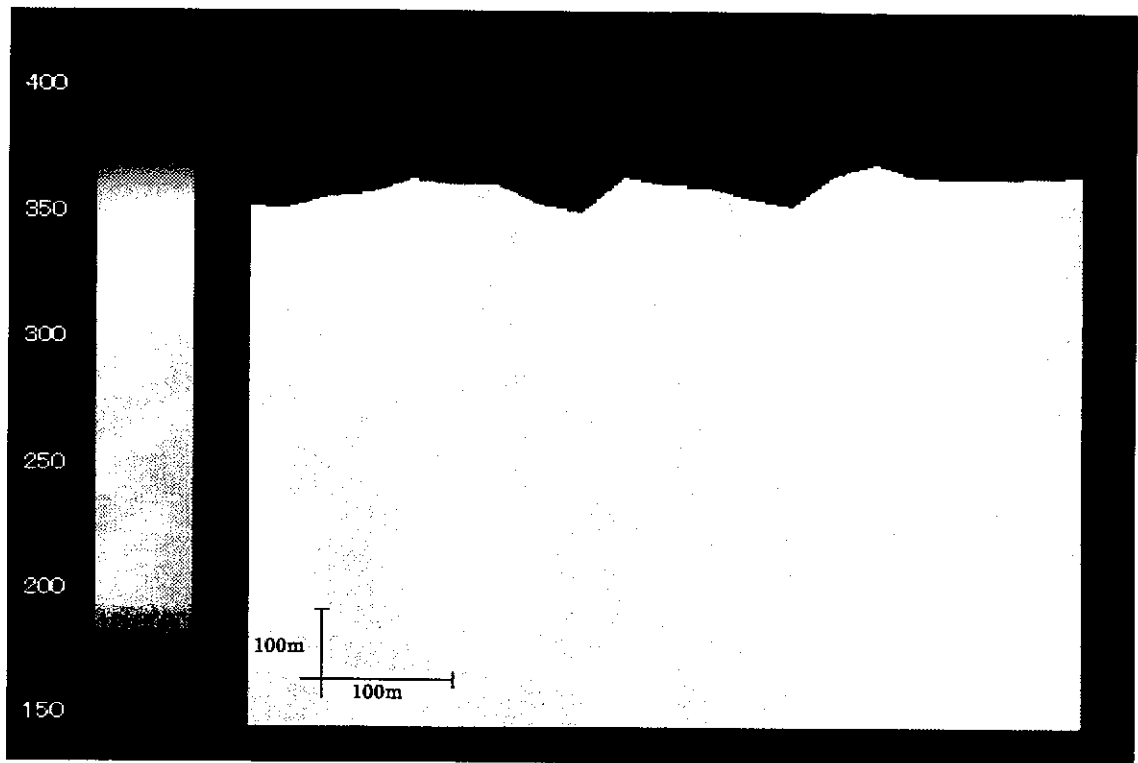


(c)中域流速分布(m/s)

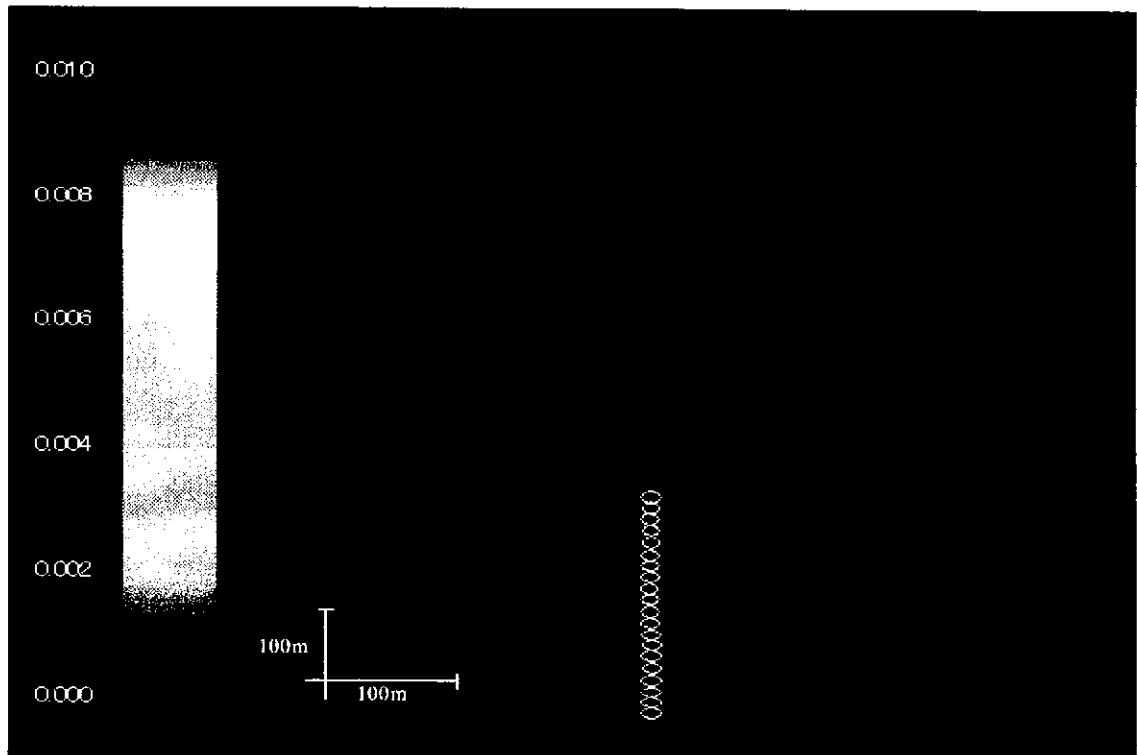


(d)小域地質構造と透水係数 (m/s log10)

図 6.1-1.4 下方向への移動事例(2)

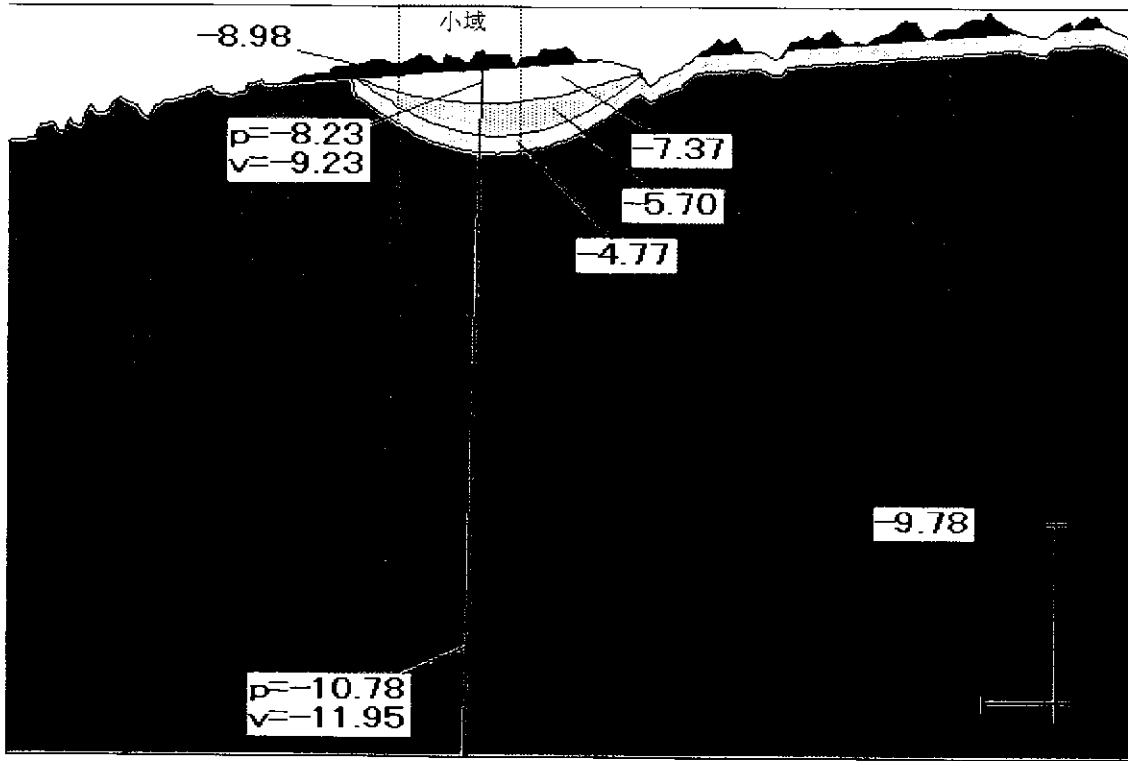


(e)小域圧力分布(m)

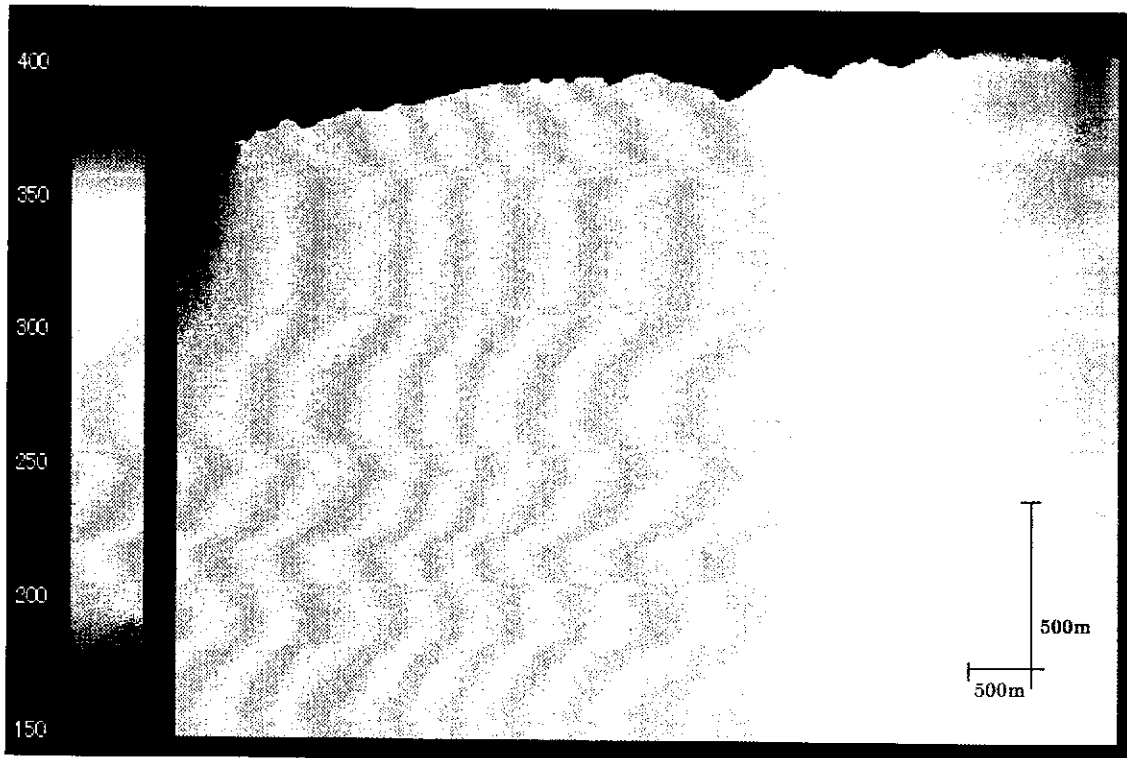


(f)小域流速分布(m/s)

図 6.1-1.4 下方向への移動事例(3)



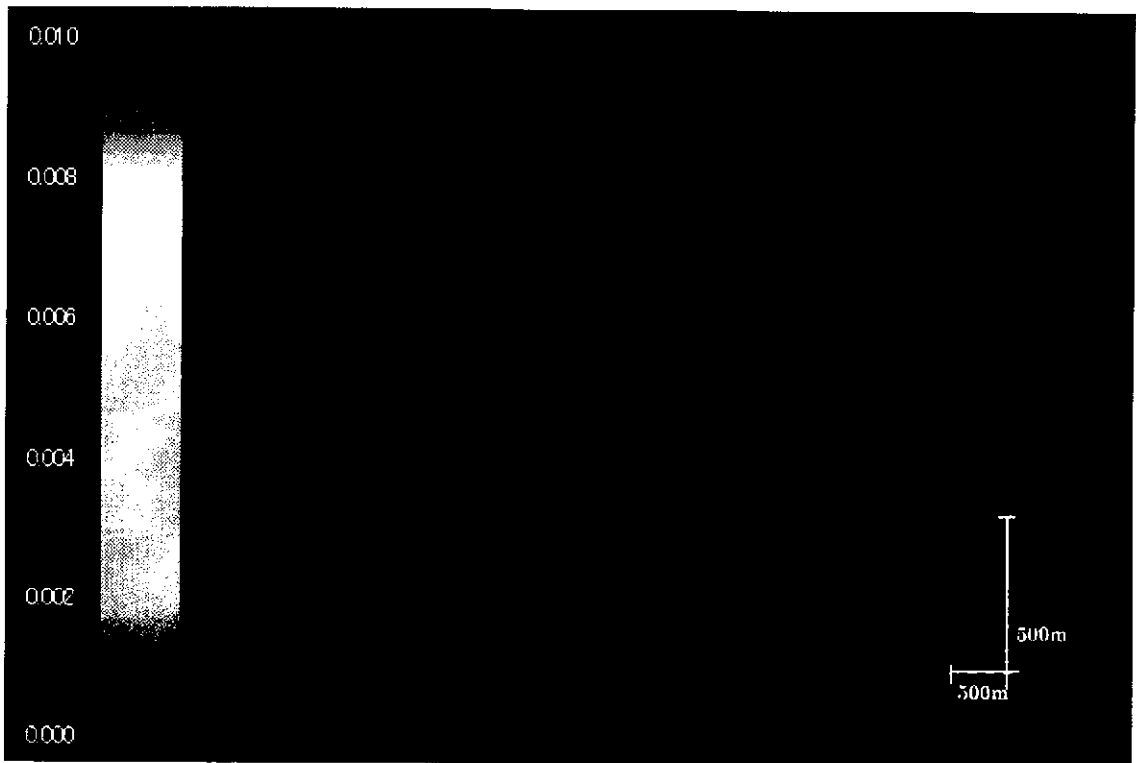
(a)中域地質構造と透水係数 (m/s log10)



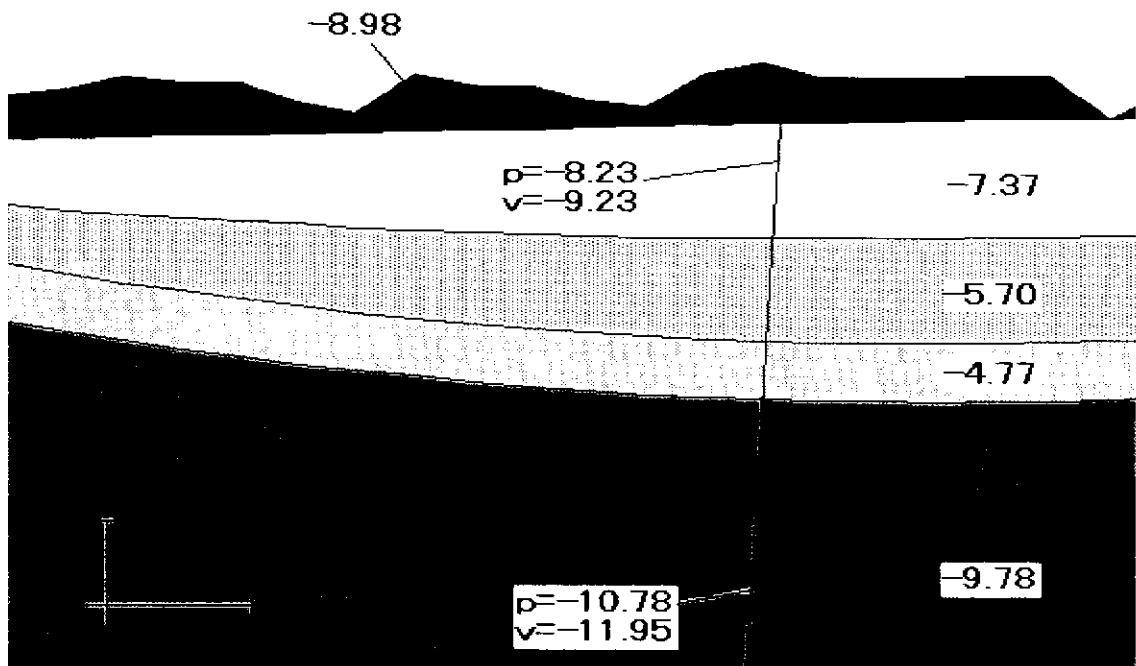
(b)中域圧力分布(m)

図 6.1-1.5 北方向への移動事例(1)



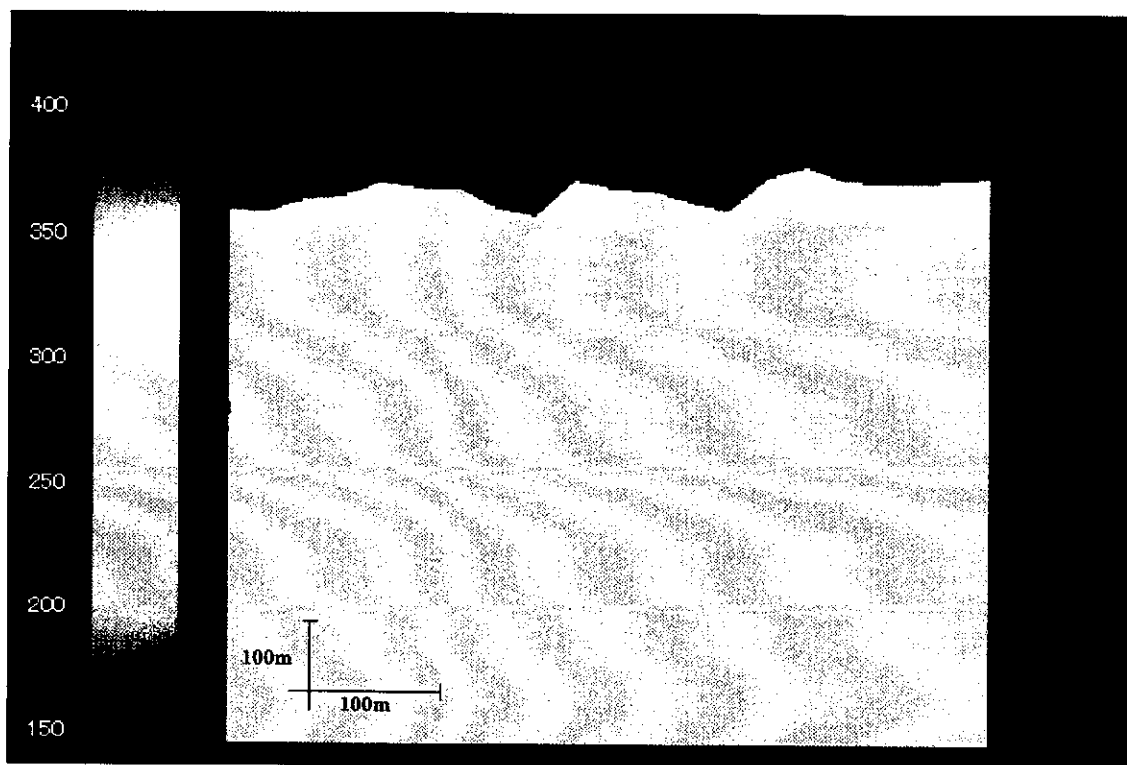


(c)中域流速分布(m/s)

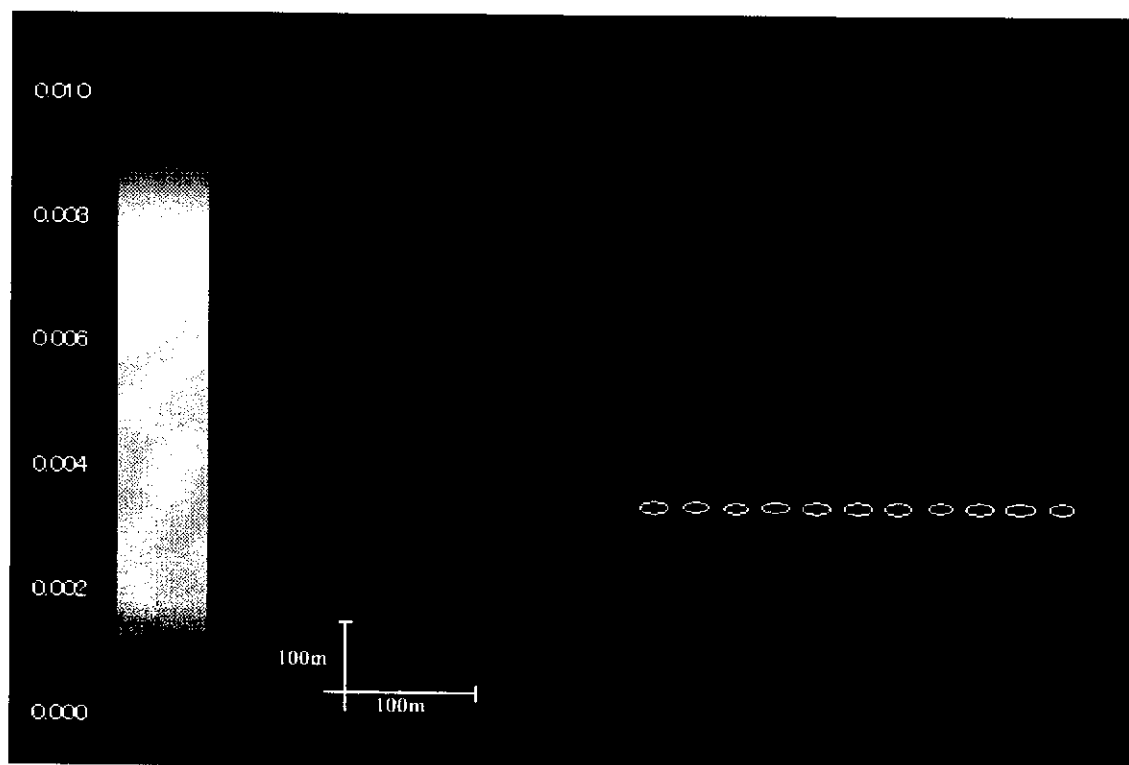


(d)小域地質構造と透水係数 (m/s log10)

図 6.1-1.5 北方向への移動事例(2)

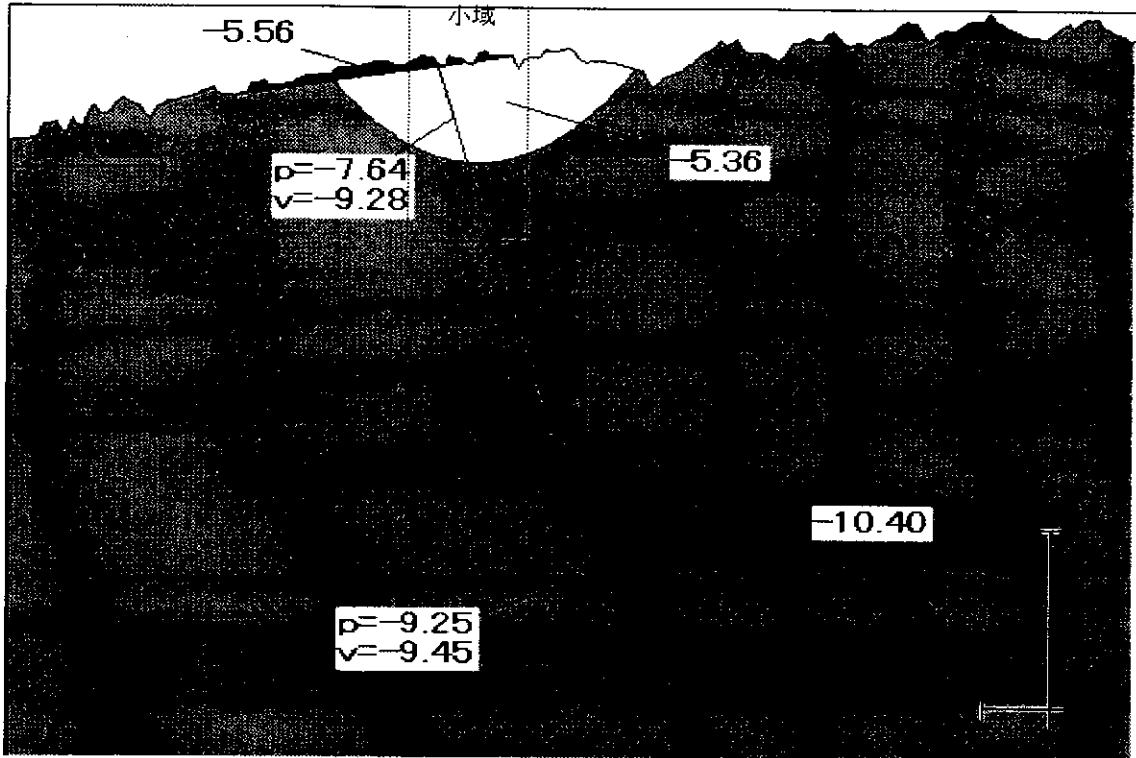


(e)小域圧力分布(m)

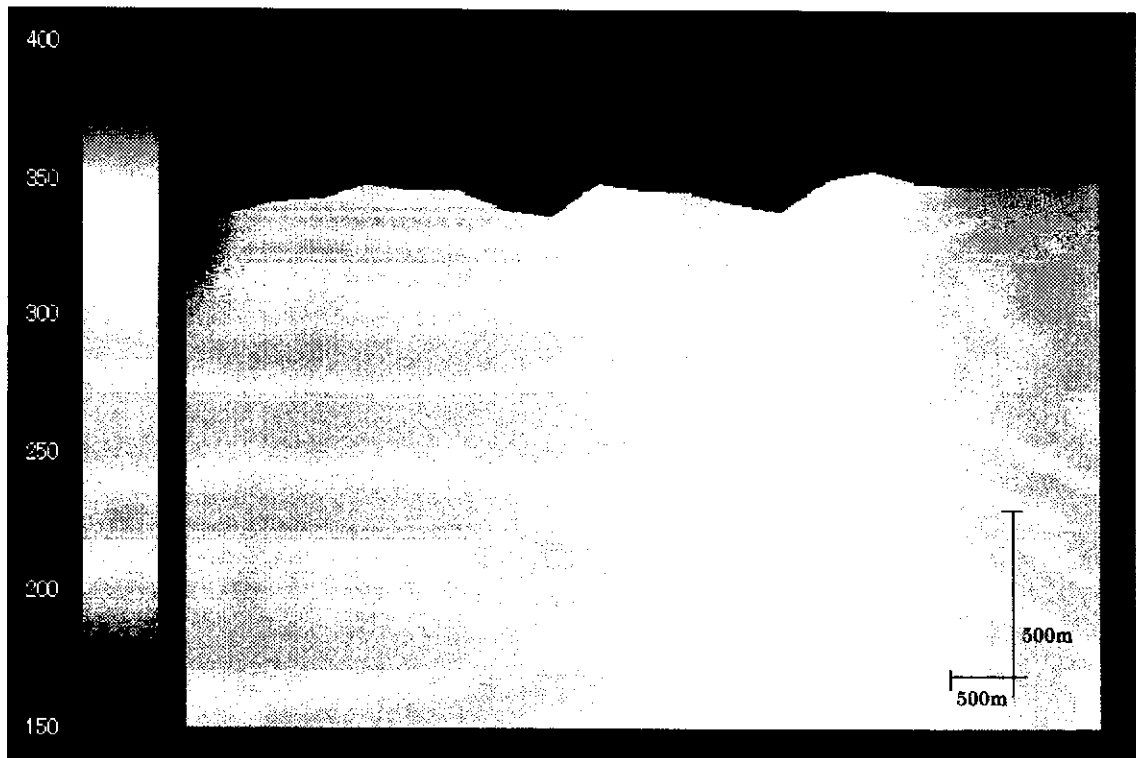


(f)小域流速分布(m/s)

図 6.1-1.5 北方向への移動事例(3)

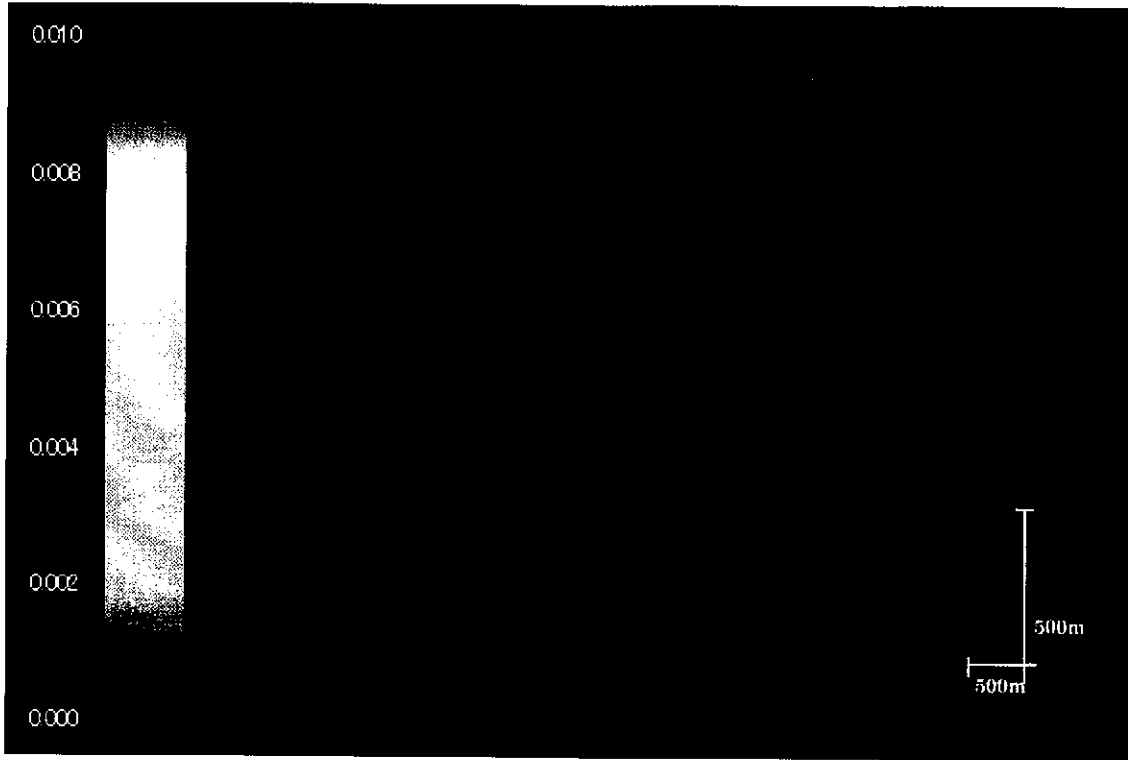


(a)中域地質構造と透水係数 (m/s log10)

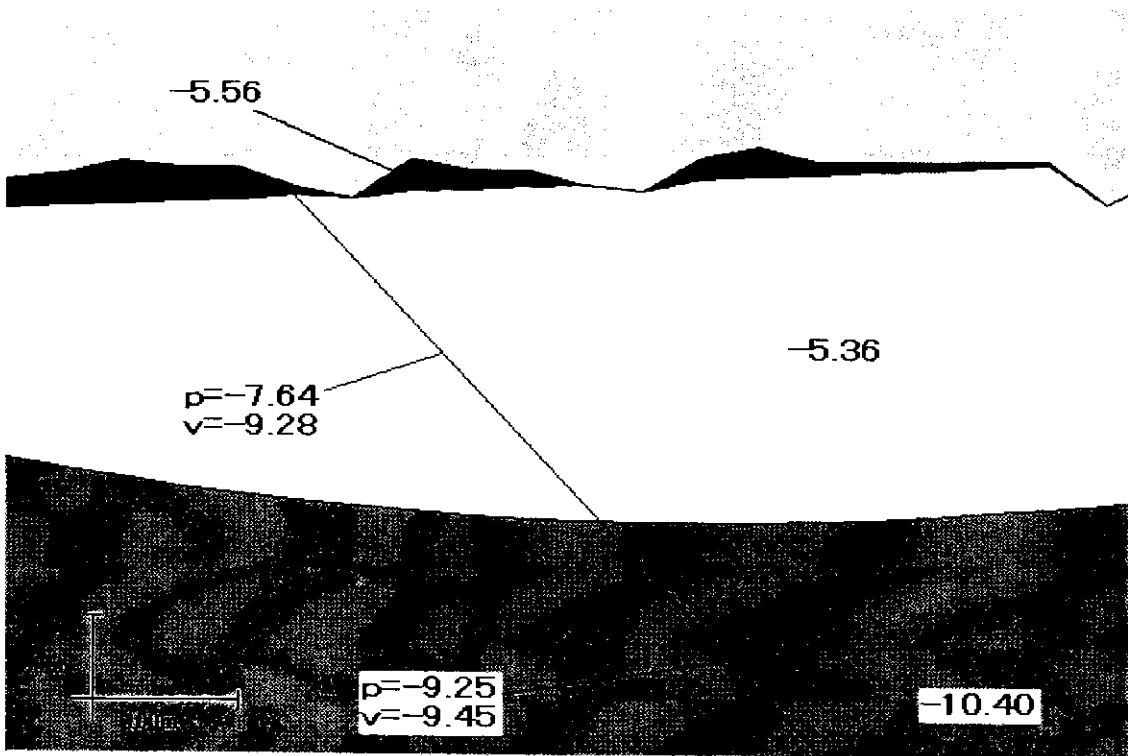


(b)中域圧力分布(m)

図 6.1-1.6 上方向への移動事例(1)

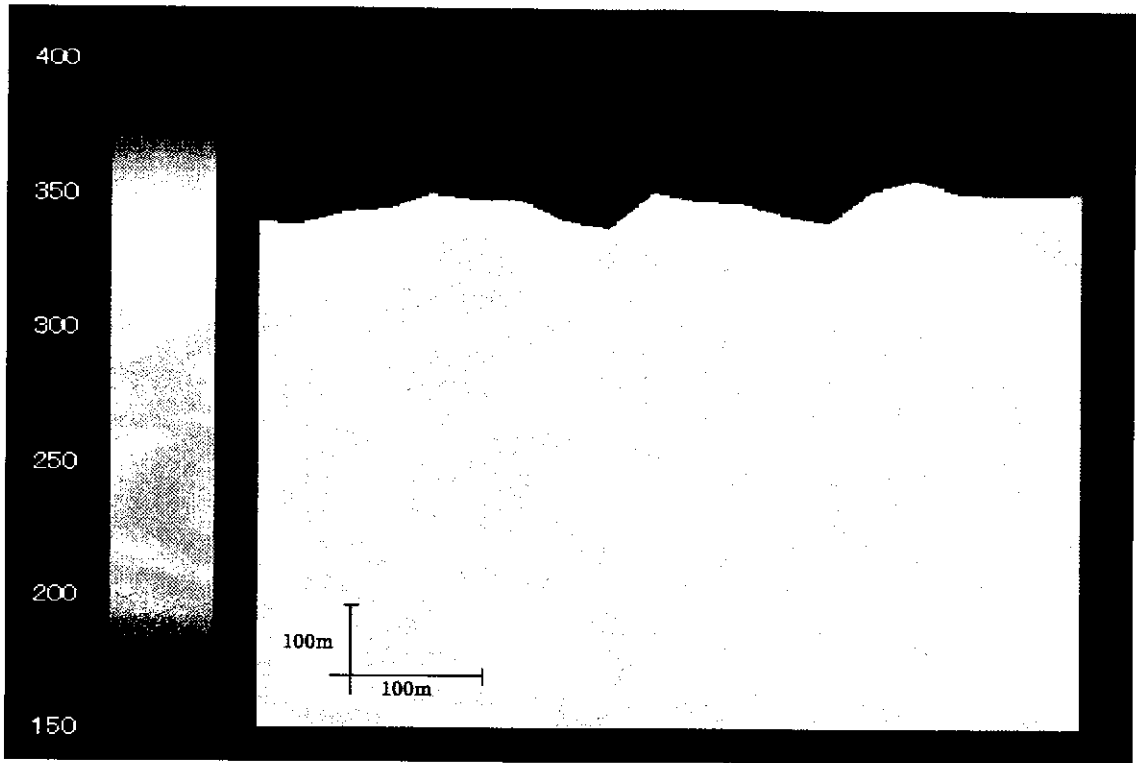


(c)中域流速分布(m/s)

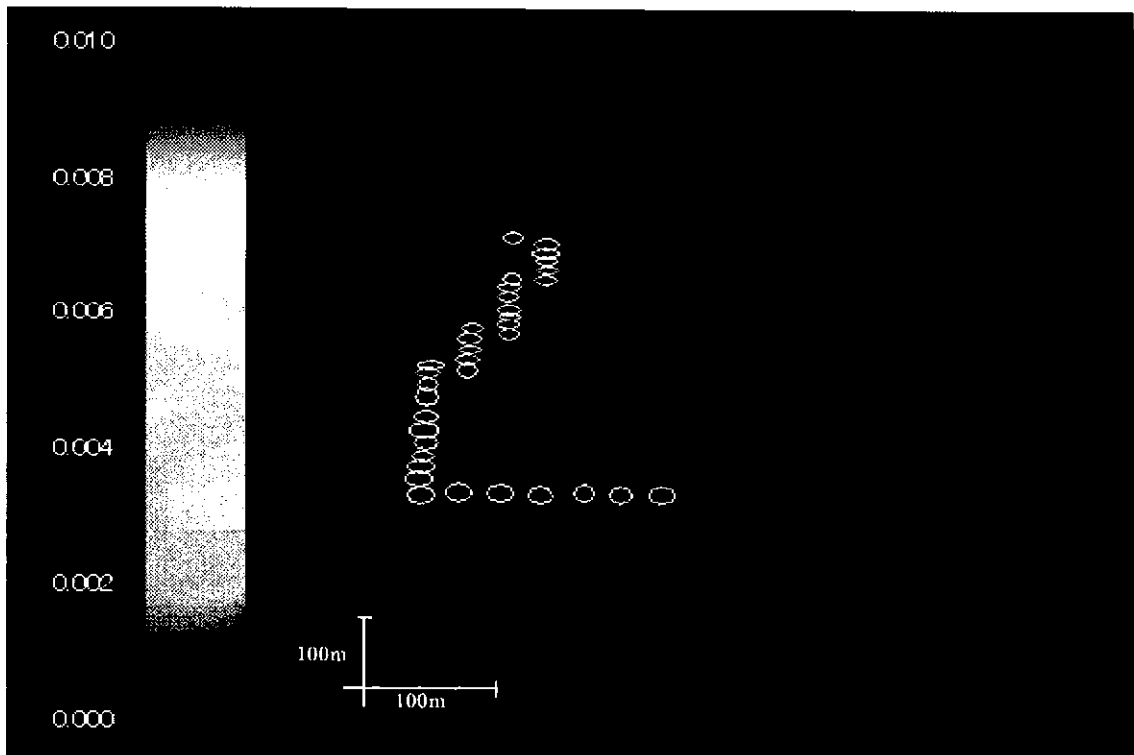


(d)小域地質構造と透水係数 (m/s log10)

図 6.1-1.6 上方向への移動事例(2)

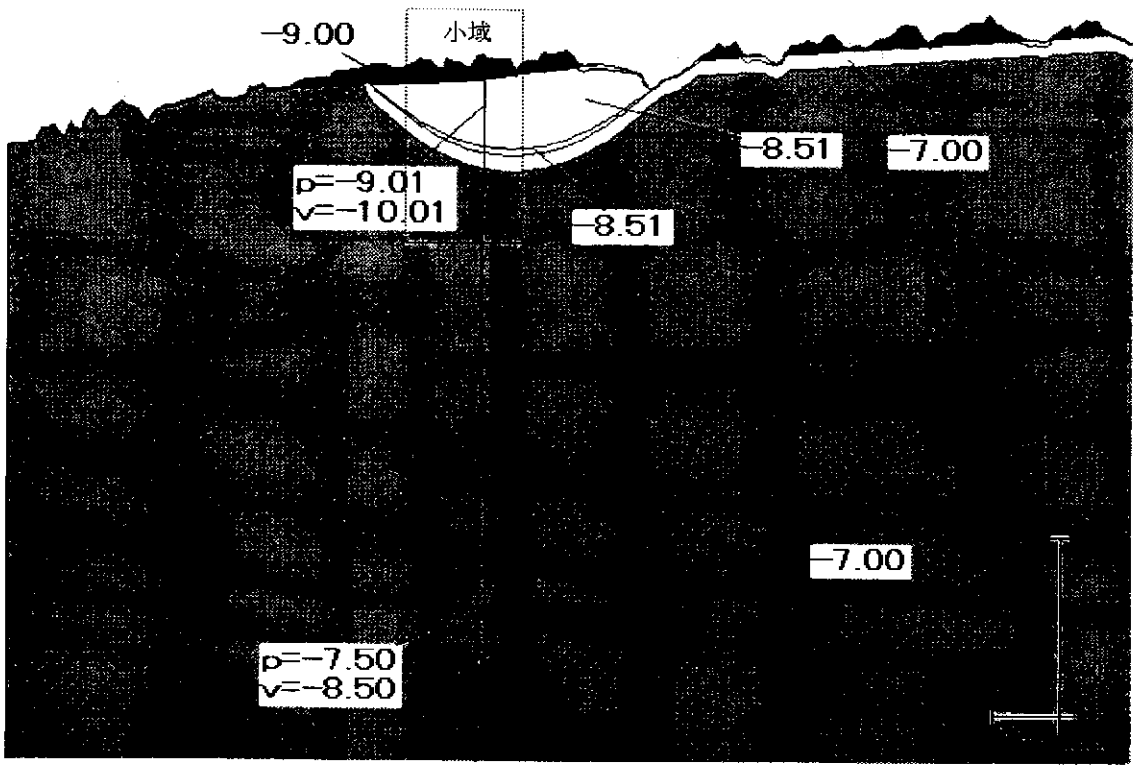


(e)小域圧力分布(m)

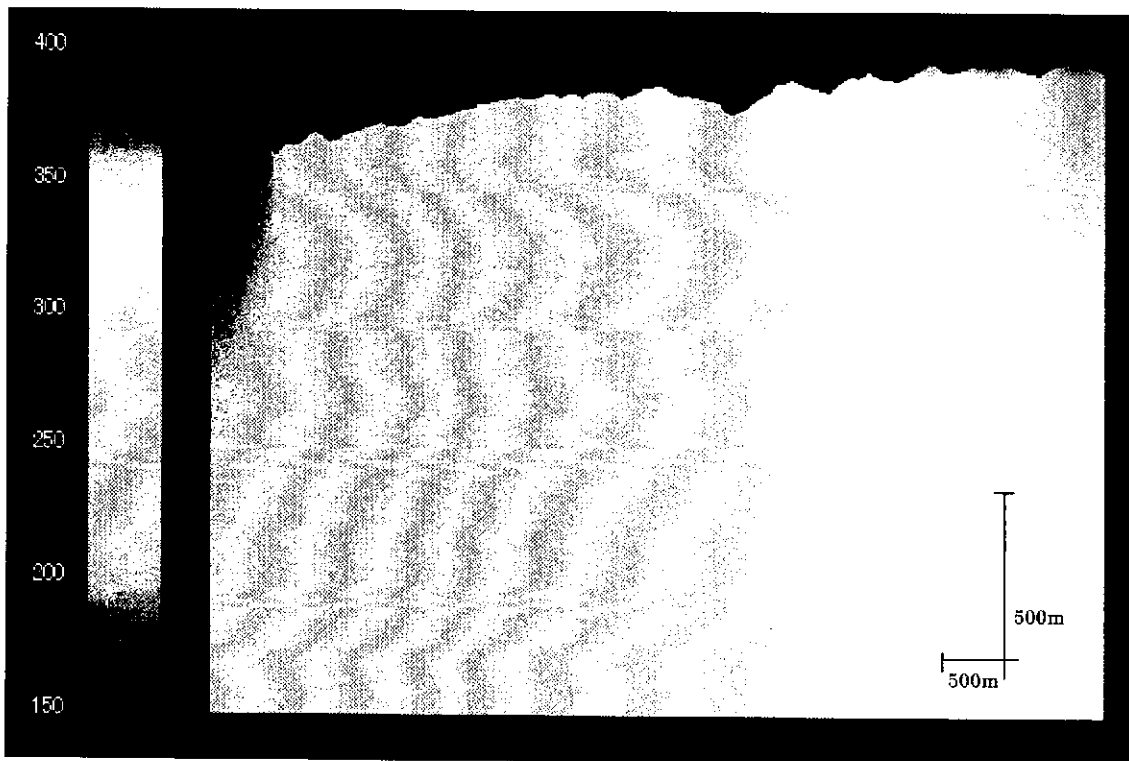


(f)小域流速分布(m/s)

図 6.1-1.6 上方向への移動事例(3)

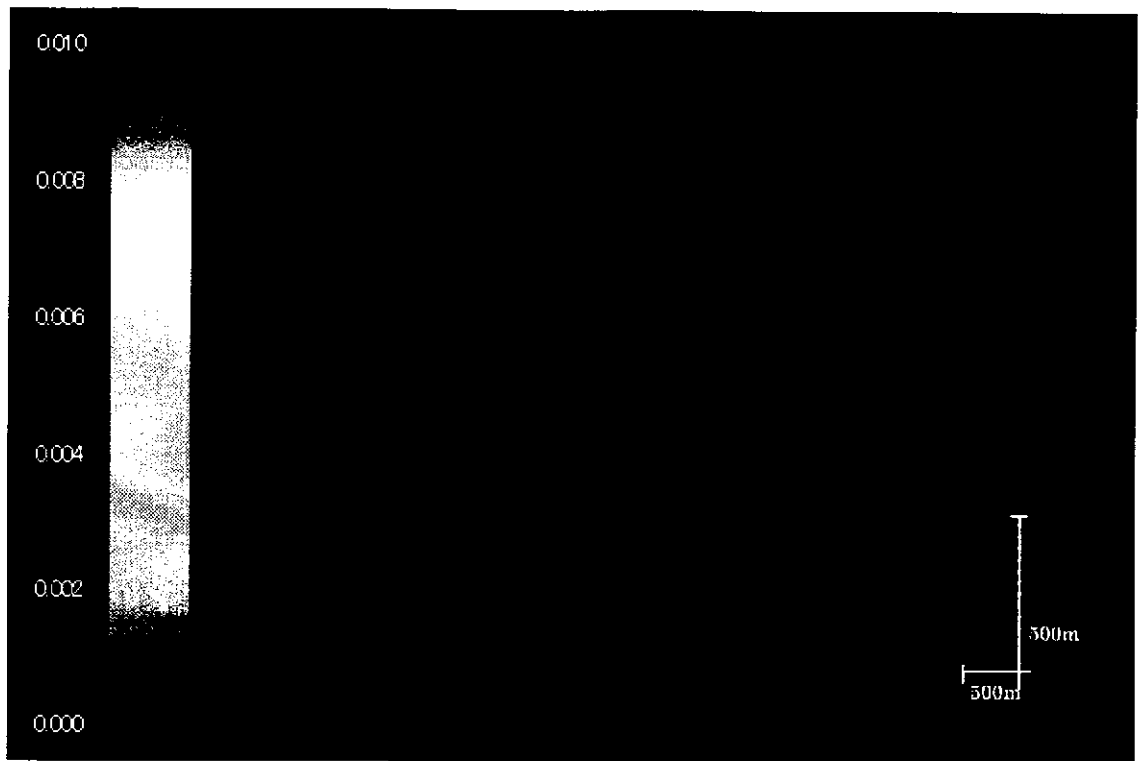


(a)中域地質構造と透水係数 (m/s log10)

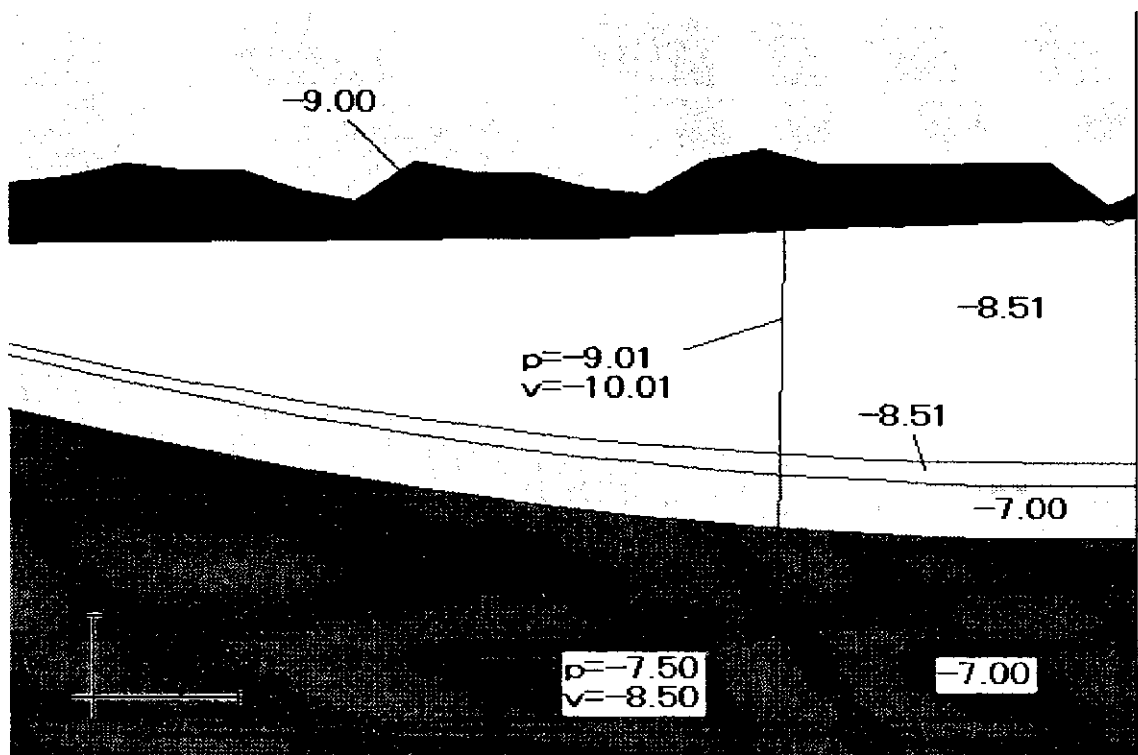


(b)中域圧力分布(m)

図 6.1-1.7 小域解析適用事例(1)

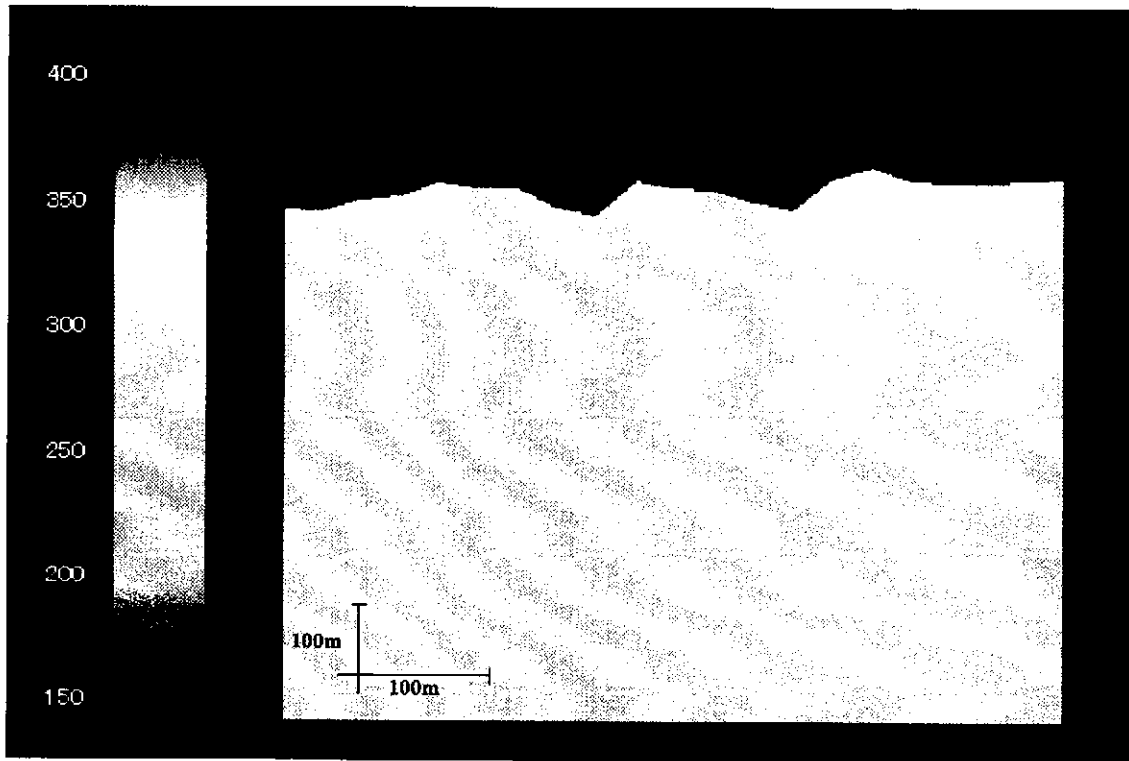


(c)中域流速分布(m/s)

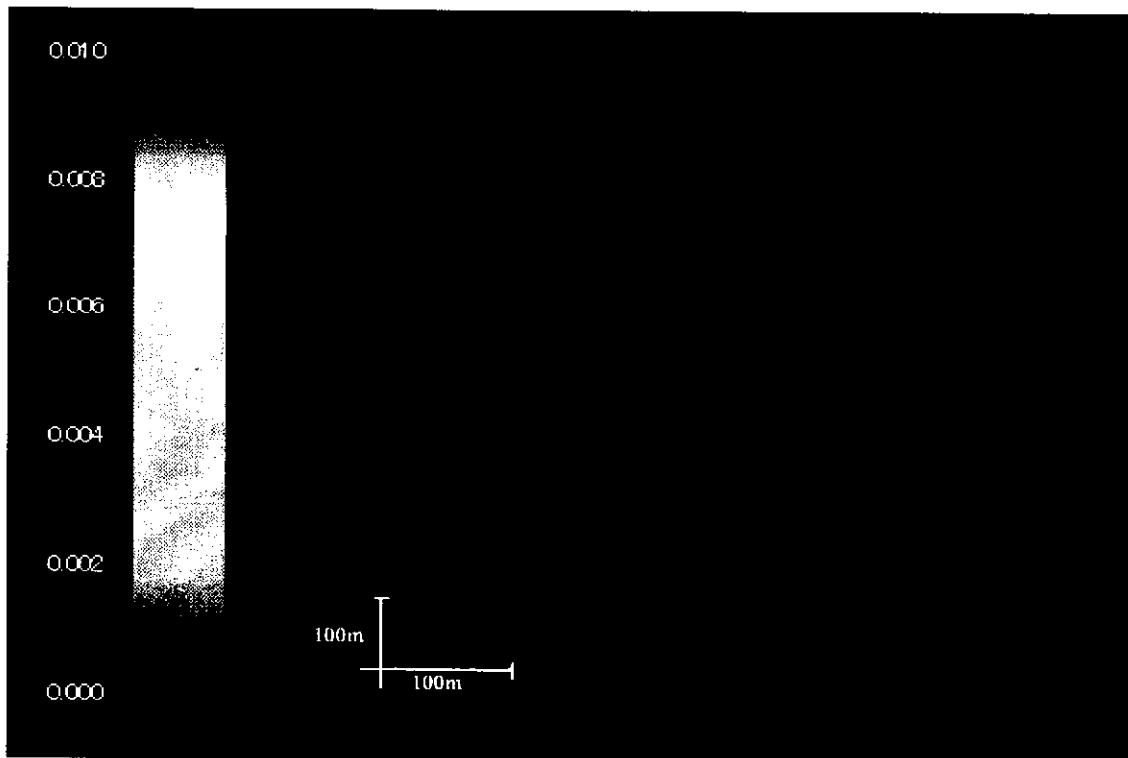


(d)小域地質構造と透水係数 (m/s log10)

図 6.1-1.7 小域解析適用事例(2)



(e)小域压力分布(m)



(f)小域流速分布(m/s)

图 6.1-1.7 小域解析適用事例(3)



表 6.1-1 変数一覧

	最小	最大	南方向	下方向	北方向	上方向	小域解析
図番号	6.2-1.1	6.2-1.2	6.2-1.3	6.2-1.4	6.2-1.5	6.2-1.6	6.2-1.7
Q1	1420	1416	1406	1206	1464	1425	1440
Q2	3095	3263	3078	3495	3108	3098	3105
Q3	3640	3599	3663	3669	3632	3602	3630
Q4	5841	5672	5835	5533	5790	5826	5830
T1	1980	2069	1894	2184	1843	1858	1900
T2	3395	3463	3453	3656	3452	3394	3430
T3	108	344	156	74	127	47	137
TB (比)	0.34	—	0.15		0.47	0.17	—
TB (値)	—	—	—		—		12.5
風化花崗岩厚み	15	—	34		32	18	30
f1	2494	2305	2533	2201	2508	2521	2510
断層角度	124	54	70	132	93	88	980
第四紀層透水係数 (log10)	-10.79	-3.02	-8.14	-5.09	-8.98	-3.53	-9.00
新第三紀層透水係数 (log10)	-4.40	-9.37	-8.98	-6.28	-7.37	-5.28	-8.51
新第三紀層基底礫透水係数 (log10)	-5.49		-4.76		-5.70	-5.10	-8.51
風化花崗岩透水係数 (log10)	-8.98		-4.31		-4.77	-7.07	-7.00
花崗岩透水係数 (log10)	-10.32	-5.67	-3.84	-5.58	-9.78	-10.46	-7.00
断層幅	26	63	20	245	27	31	40
断層平行透水係数 (第三紀) (log10)	—	-6.66	—	-9.25	—		—
断層平行透水係数 (花崗岩) (log10)	—	-7.34	—	-5.18	—		—
断層平行透水係数比 (第三紀) (log10)	-0.12	—	-0.13		-0.86	-0.27	-0.50
断層平行透水係数比 (花崗岩) (log10)	-0.40	—	-0.33		-1.00	-0.12	-0.50
断層垂直透水係数比 (第三紀) (log10)	-0.20	-0.48	-1.54	-0.73	-1.01	-0.32	-1.00
断層垂直透水係数比 (花崗岩) (log10)	-0.74	-3.54	-0.50	-2.88	-1.18	-0.47	-1.00

図 6.1-2 に各段階、各不確実性パラメータに対する小域の平均流速の分布を示す。

表 6.1-2 に平均流速 (m/s) の常用対数の平均と分散を示す。

図 6.1-3 に各段階、各不確実性パラメータの 100 個の解析結果について小域中心部からの到達経路を調べたものを示す。左側の到達度数は到達経路に頻度に応じた重みをつけて図示したもの、右側の到達範囲はすべての到達経路（到達可能な範囲）を図示したものである。図 6.1-4 にその方向別のヒストグラムを示す。

次に境界条件による違いについて検討を行った。上記の解析は南端、北端を不透水境界として解析を行ったが、固定水頭境界とした場合について検討を行った。図 6.1-5.1 に再度、南端、北端を不透水境界とした場合の解析結果を、図 6.1-5.2 に南端を不透水境界、北端を固定水頭境界とした場合の解析結果を、図 6.1-5.3 に南端を固定水頭境界、北端を不透水境界とした場合の解析結果を、図 6.1-5.4 に南端、北端ともに固定水頭境界とした場合の解析結果を示す。全体の流れ、及び小域内の流れに大きな違いはなく、小域内の平均流速は両端ともに固定水頭境界とした場合が最大で、両端ともに不透水境界とした場合より約 7%程度大きくなった。また、小域中心からの到達経路はすべての場合で同じになった。

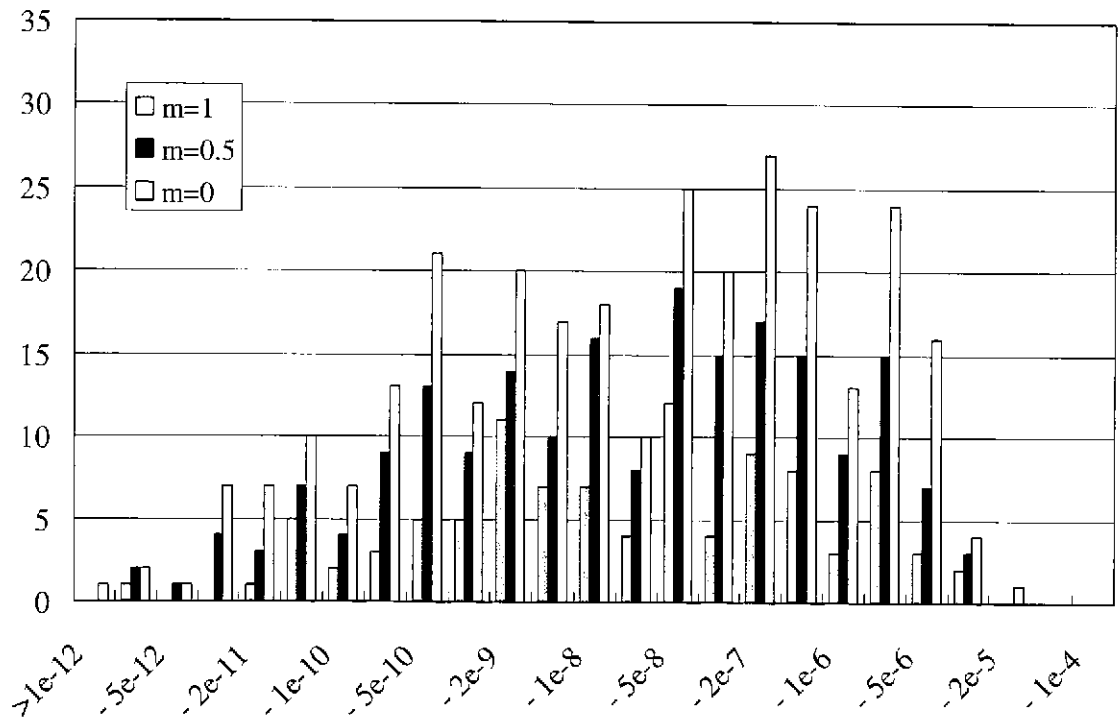


図 6.1-2.1 第一段階、小域の平均流速 (m/s)

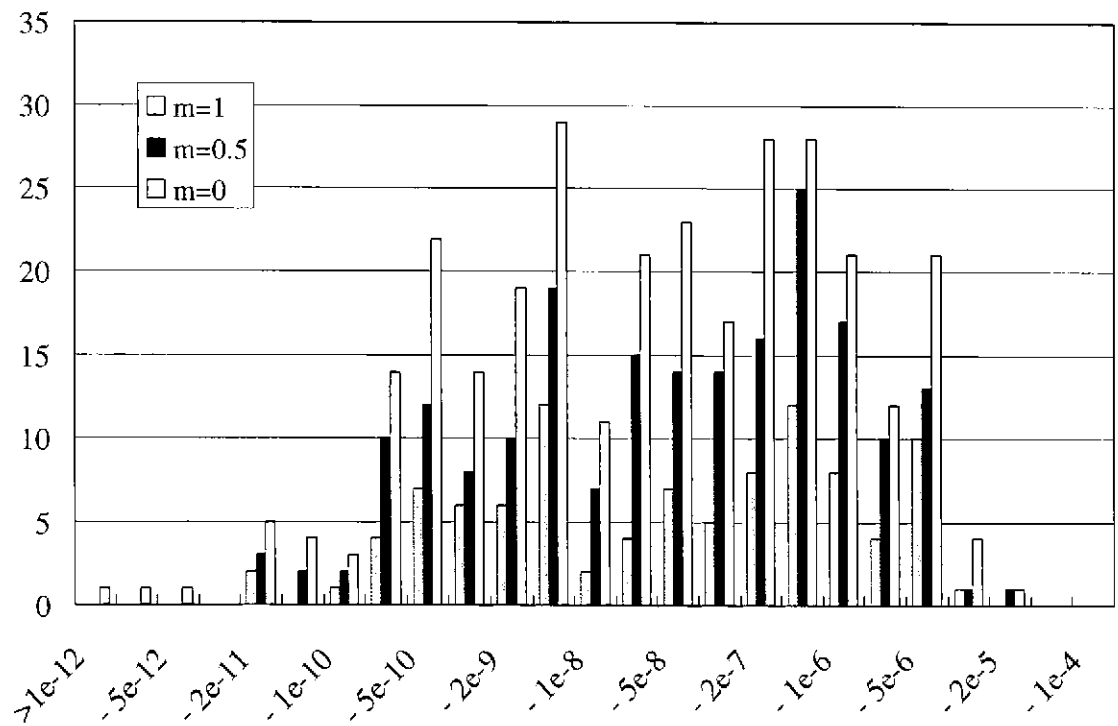


図 6.1-2.2 第二段階、小域の平均流速 (m/s)

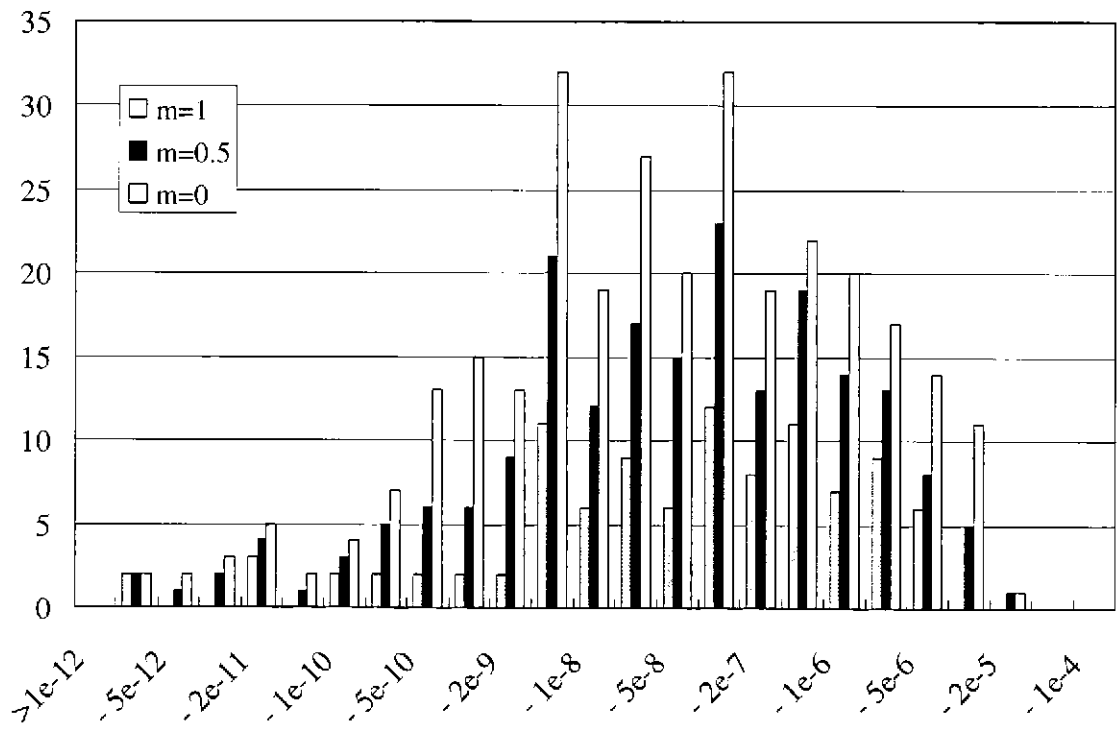


図 6.1-2.3 第三段階、小域の平均流速 (m/s)

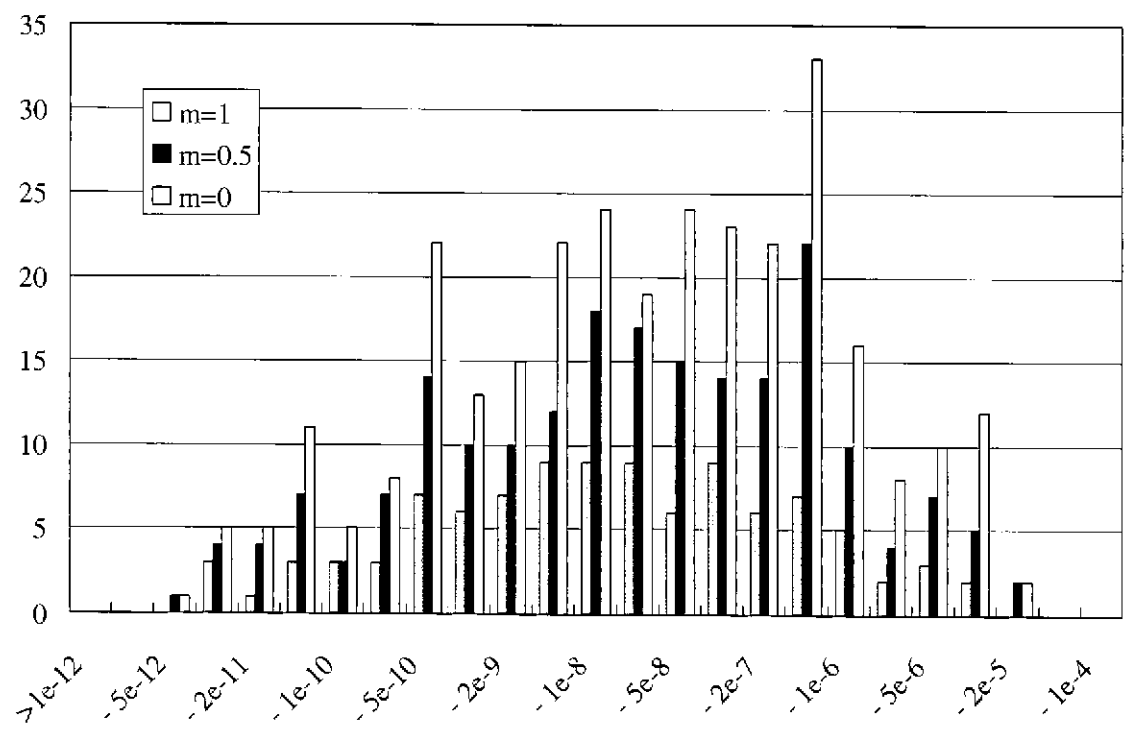


図 6.1-2.4 第四段階、小域の平均流速 (m/s)

表 6.1-2 小域の平均流速 (m/s log) の平均と分布

	$\mu$	最大	最小	平均	分散
第一段階	1.0	-5.14	-11.73	-7.89	1.47
第一段階	0.5	-5.12	-11.79	-7.96	1.64
第一段階	0.0	-4.78	-12.08	-7.82	1.78
第二段階	1.0	-5.23	-12.23	-7.62	1.49
第二段階	0.5	-4.92	-10.92	-7.57	1.35
第二段階	0.0	-5.20	-11.71	-7.95	1.54
第三段階	1.0	-5.31	-11.99	-7.49	1.45
第三段階	0.5	-4.89	-11.53	-7.69	1.45
第三段階	0.0	-5.03	-11.65	-7.75	1.49
第四段階	1.0	-5.03	-11.15	-8.04	1.43
第四段階	0.5	-4.91	-11.51	-7.73	1.56
第四段階	0.0	-5.03	-11.17	-7.62	1.50

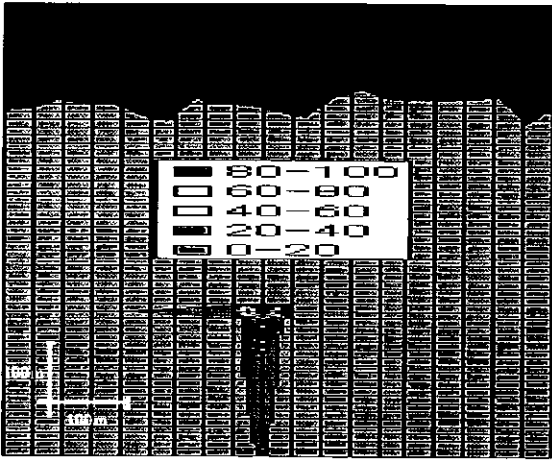


图 6.1-3.1 中域第一阶段 ( $\mu=1$ )、左到达度数、右到达范围

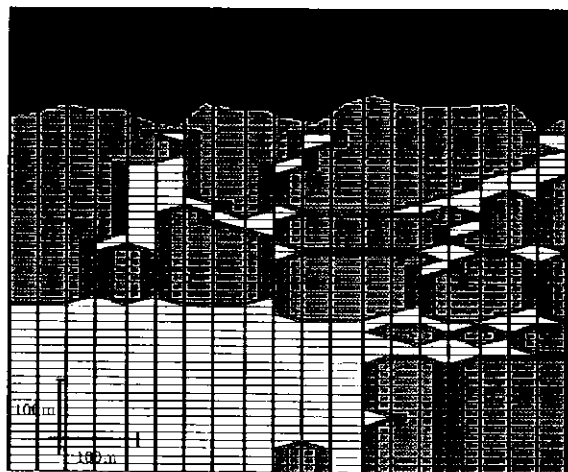
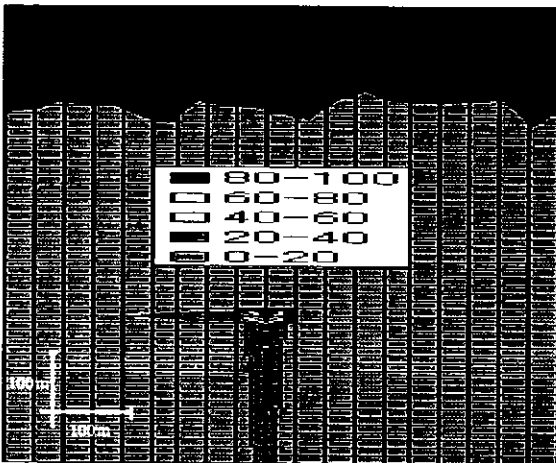


图 6.1-3.2 中域第一阶段 ( $\mu=0.5$ )、左到达度数、右到达范围

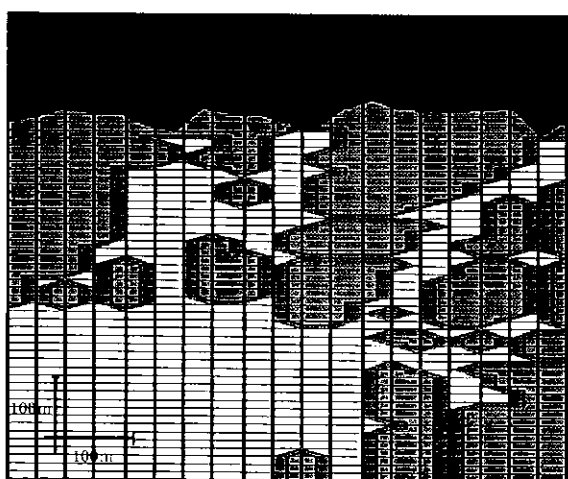
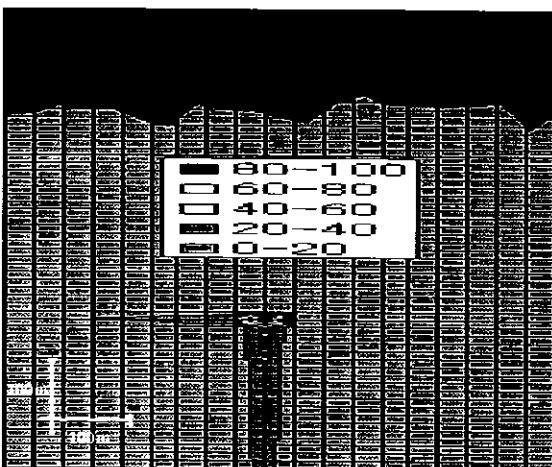


图 6.1-3.3 中域第一阶段 ( $\mu=0$ )、左到达度数、右到达范围

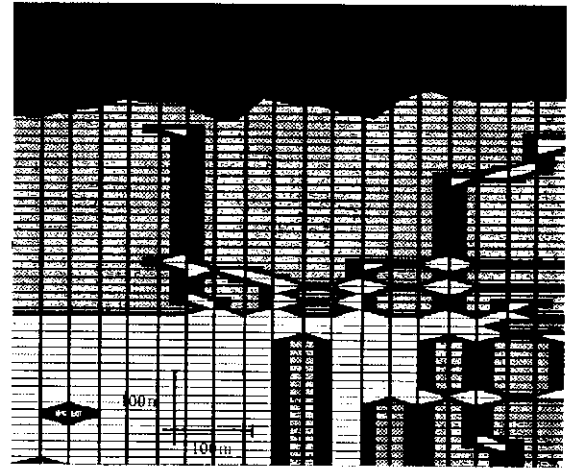
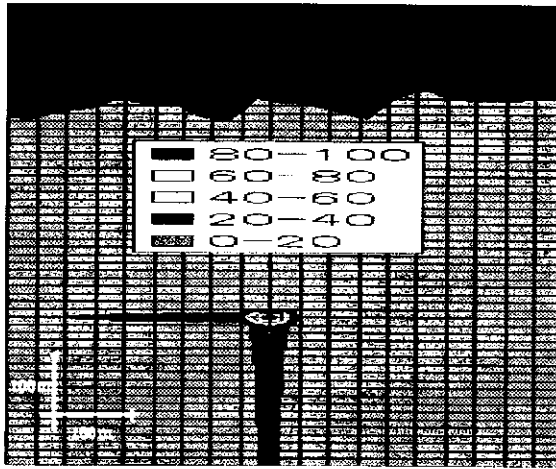


图 6.1-3.4 中域第二段階 ( $\mu=1$ )、左到達度数、右到達範圍

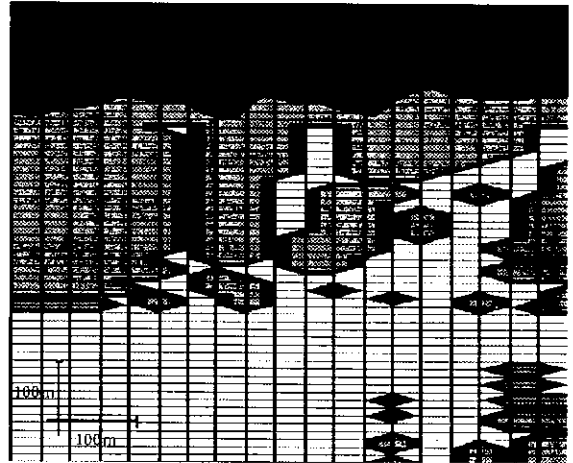
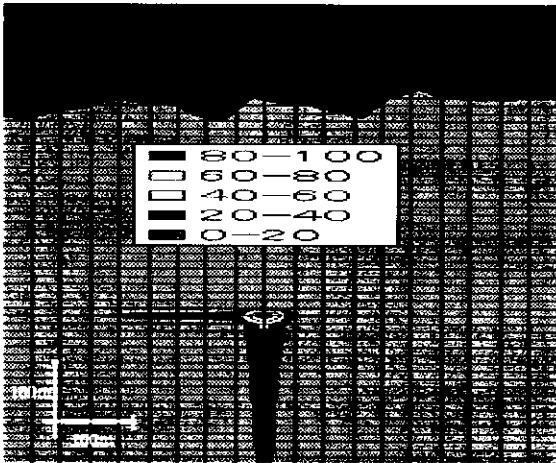


图 6.1-3.5 中域第二段階 ( $\mu=0.5$ )、左到達度数、右到達範圍

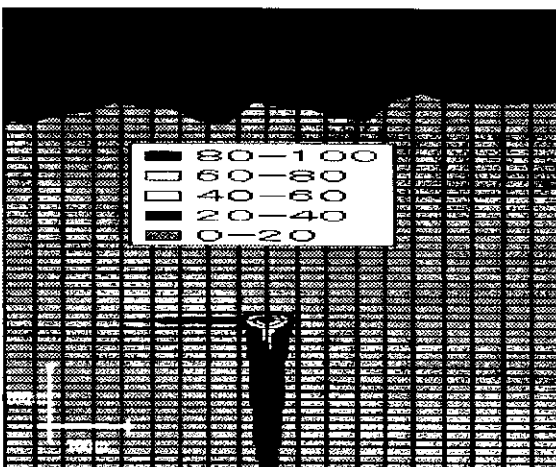


图 6.1-3.6 中域第二段階 ( $\mu=0$ )、左到達度数、右到達範圍

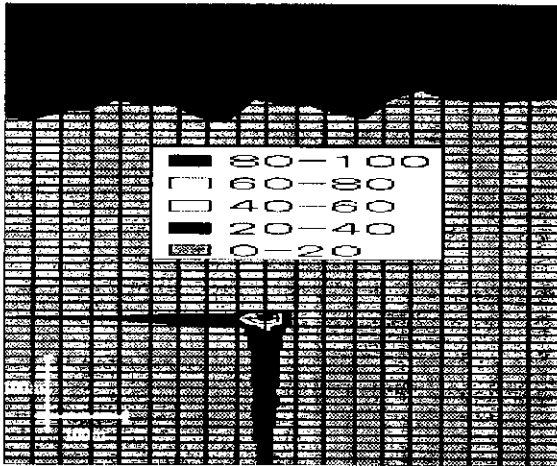


图 6.1-3.7 中域第三阶段 ( $\mu=1$ )、左到达度数、右到达范围

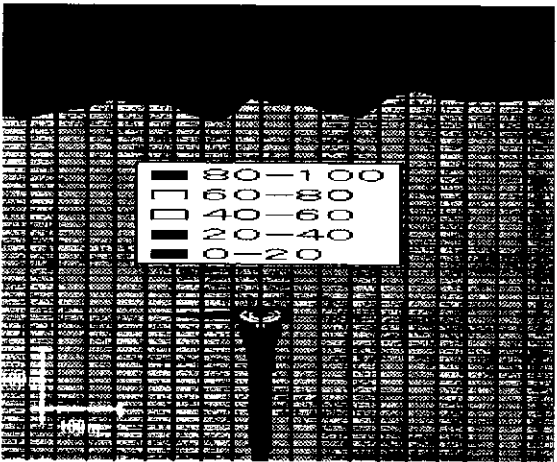


图 6.1-3.8 中域第三阶段 ( $\mu=0.5$ )、左到达度数、右到达范围

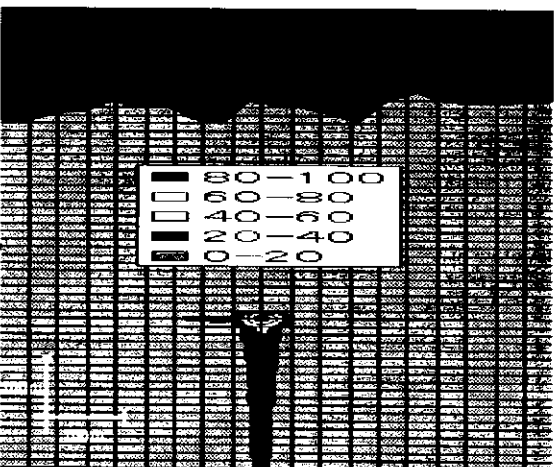
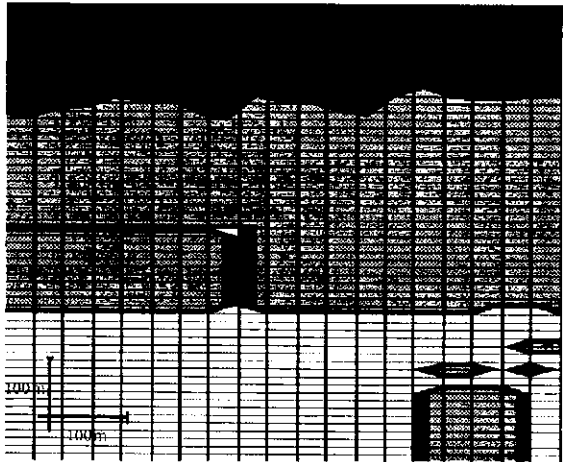


图 6.1-3.9 中域第三阶段 ( $\mu=0$ )、左到达度数、右到达范围





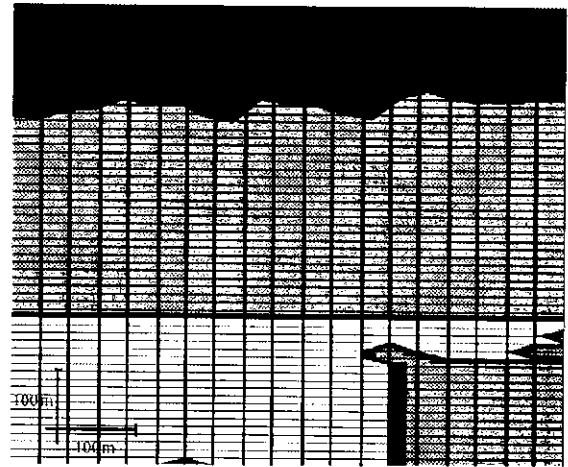
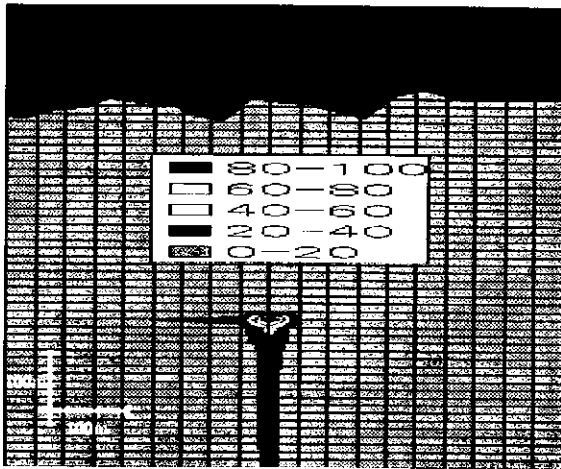


图 6.1-3.10 中域第四阶段 ( $\mu=1$ )、左到达度数、右到达范围

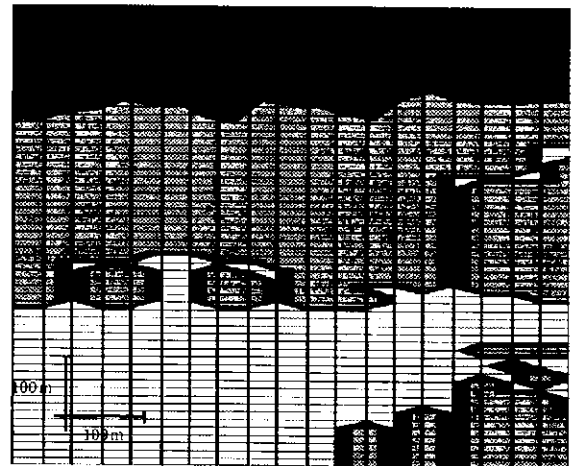
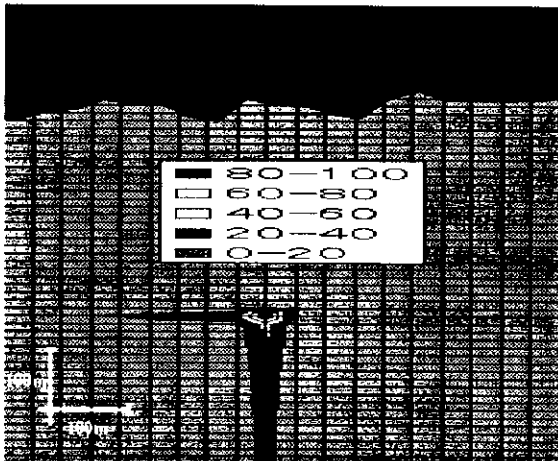


图 6.1-3.11 中域第四阶段 ( $\mu=0.5$ )、左到达度数、右到达范围

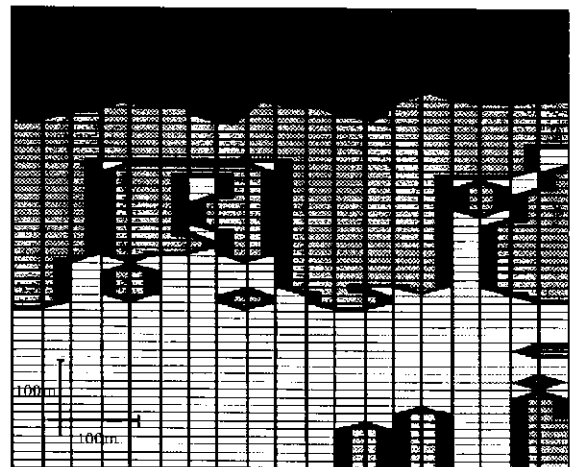
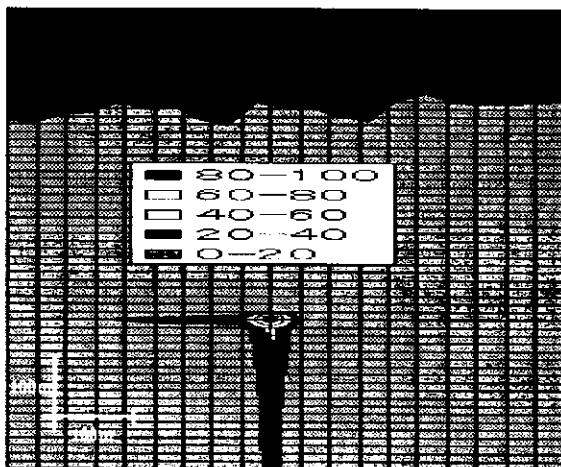


图 6.1-3.12 中域第四阶段 ( $\mu=0$ )、左到达度数、右到达范围

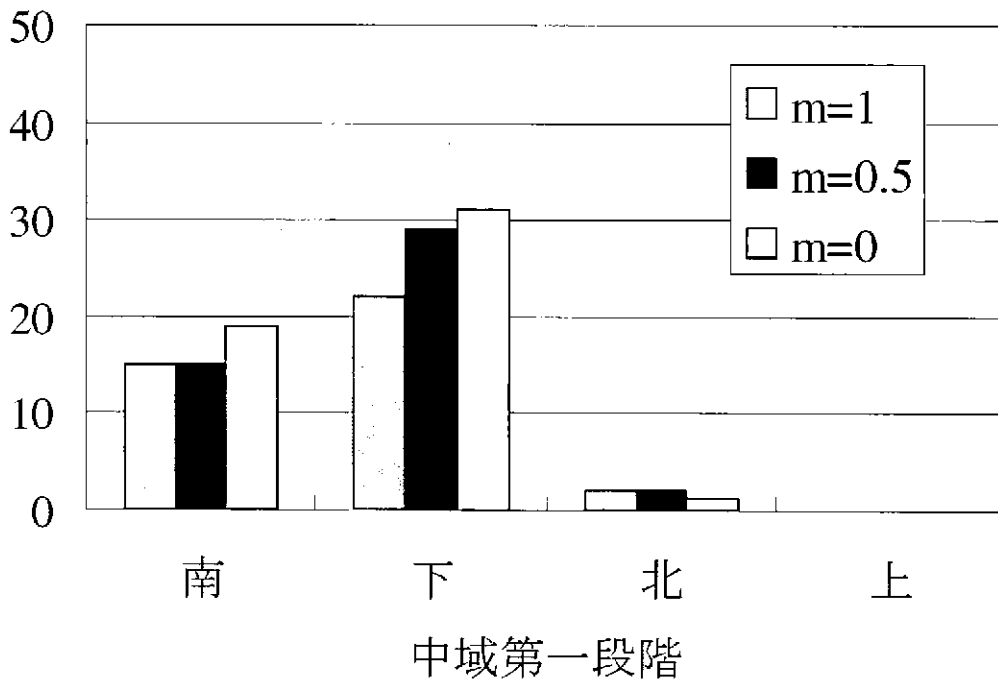


图 6.1-4.1 中域第一段階方向別度数

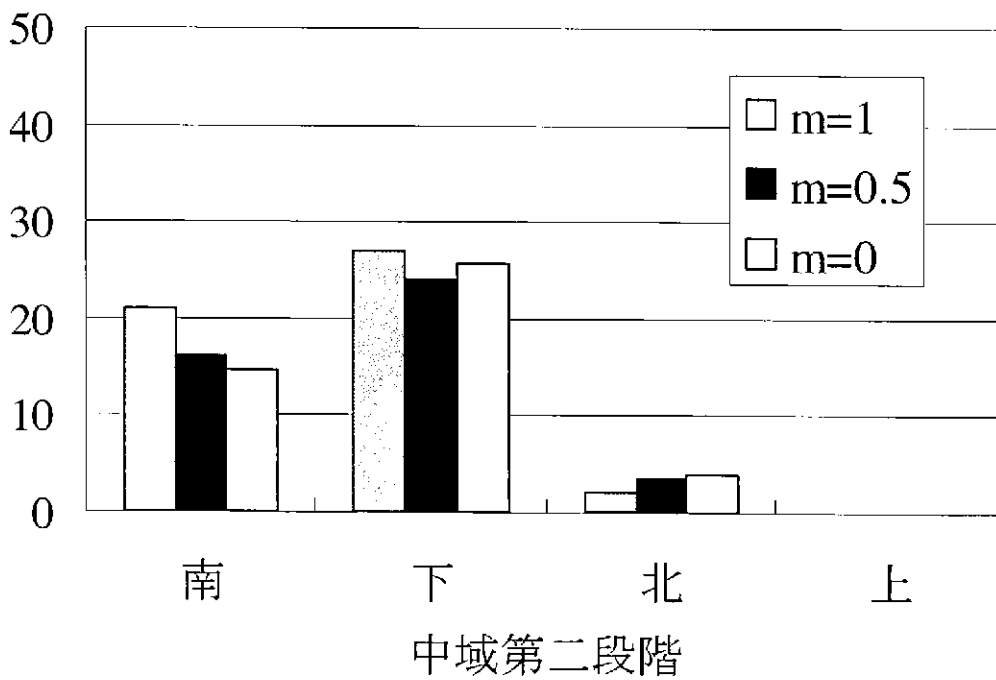


图 6.1-4.2 中域第二段階方向別度数

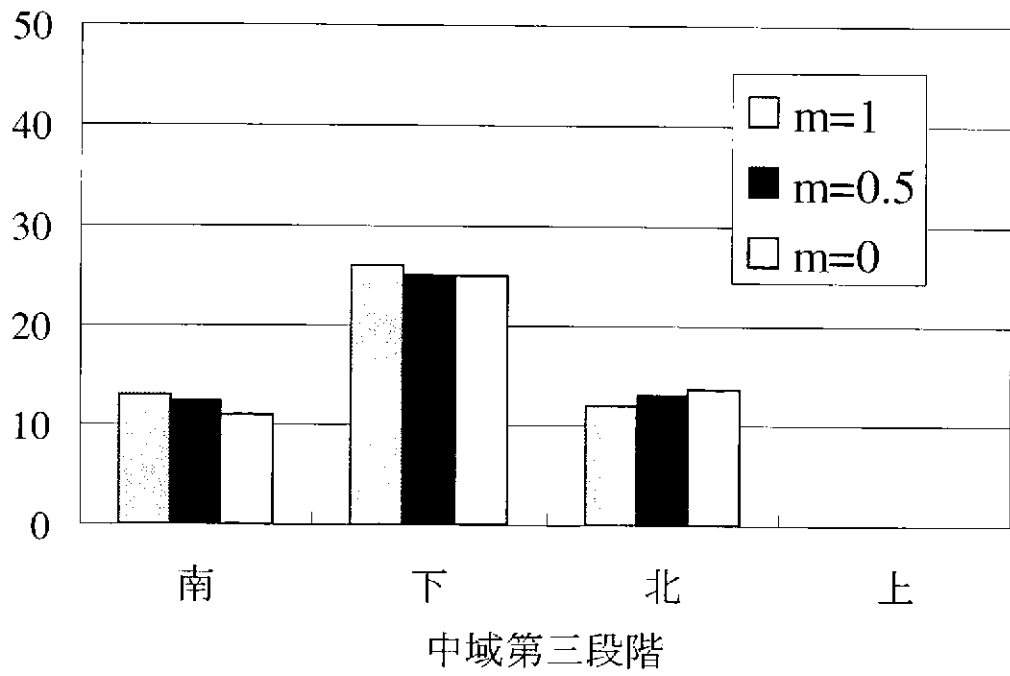


图 6.1-4.3 中域第三段階方向別度数

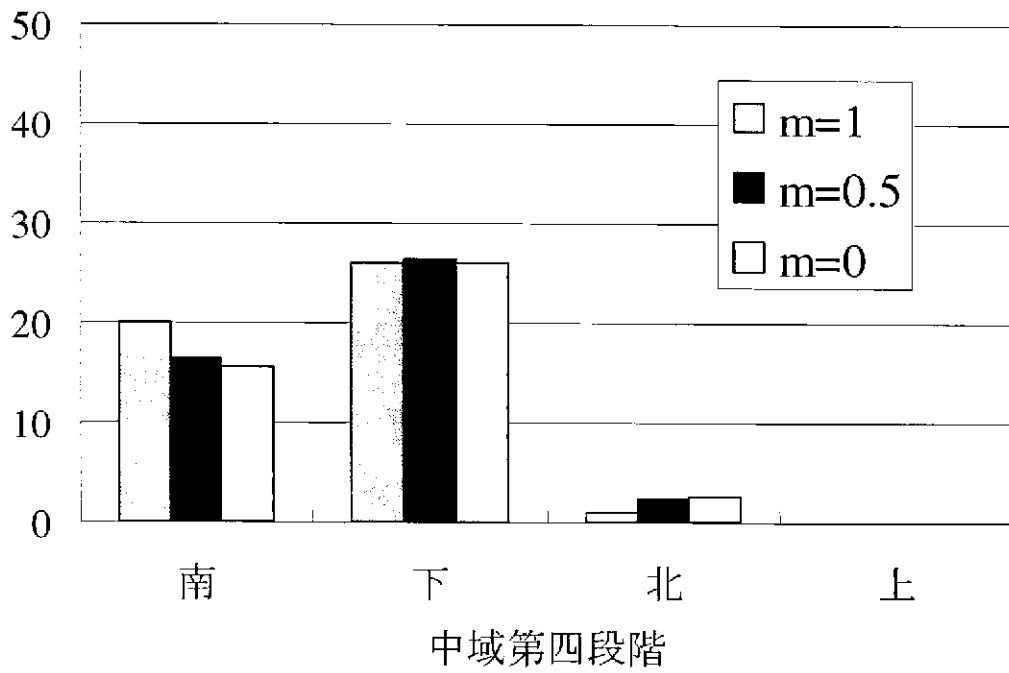
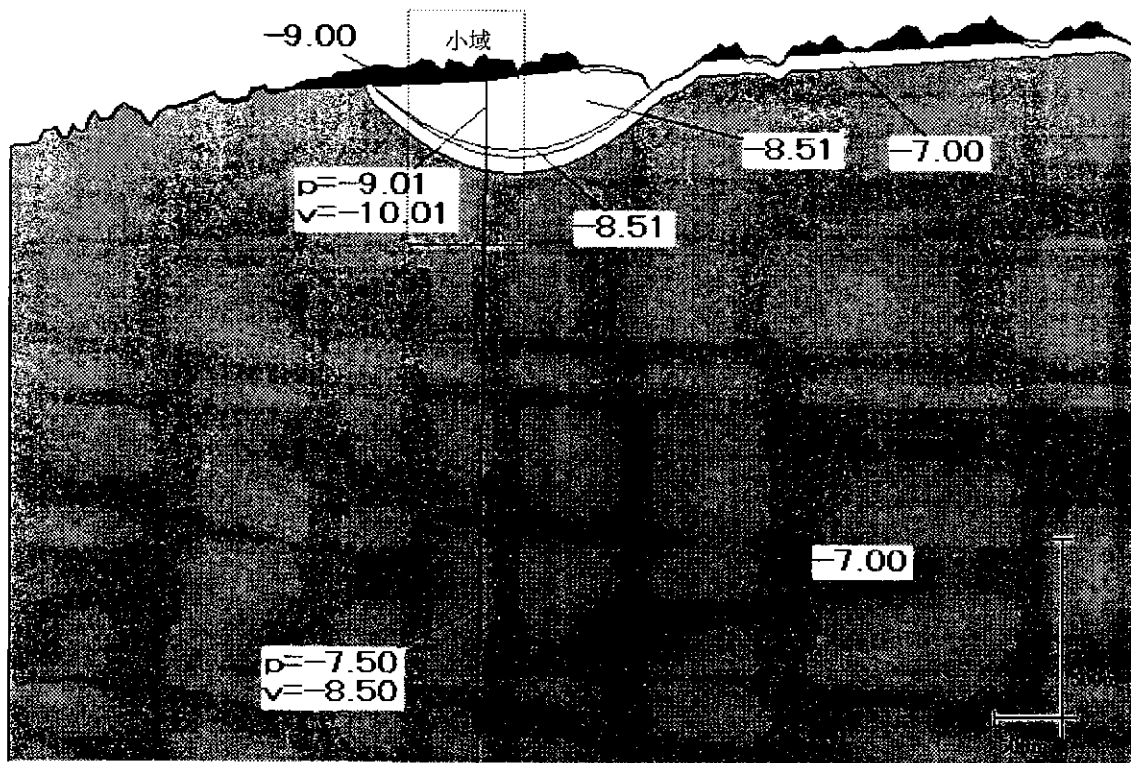
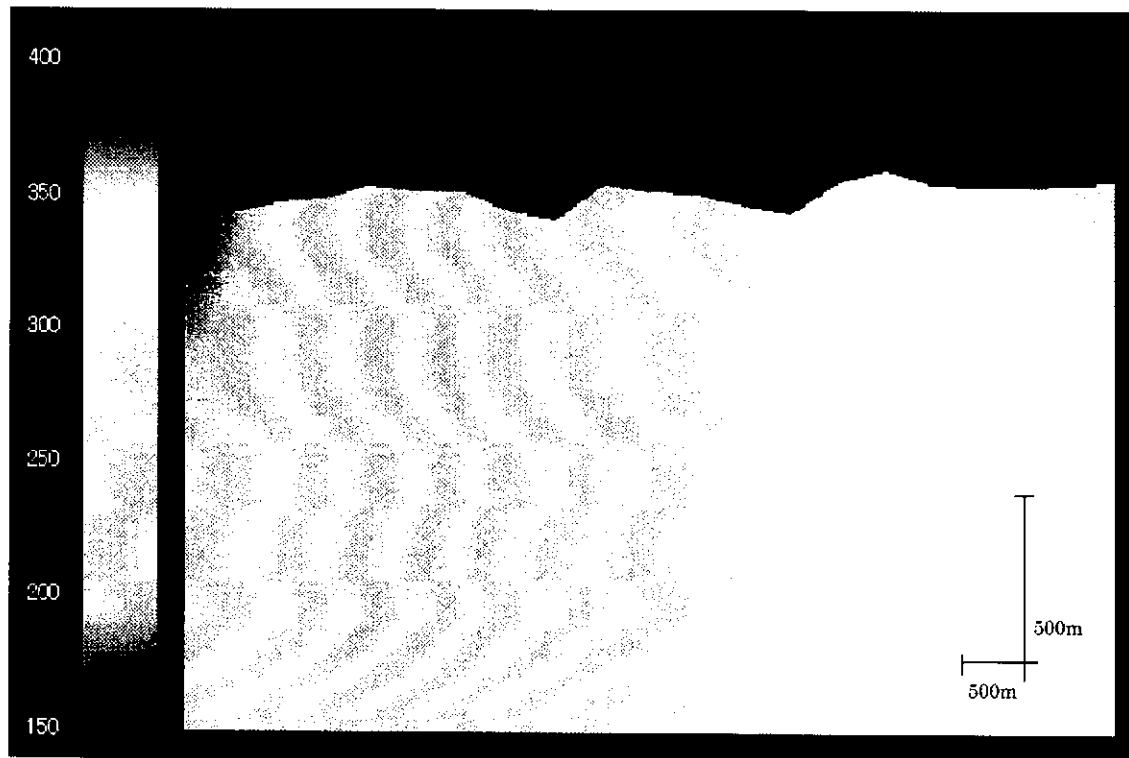


图 6.1-4.4 中域第四段階方向別度数



(a) 中域地質構造と透水係数 (m/s log10)

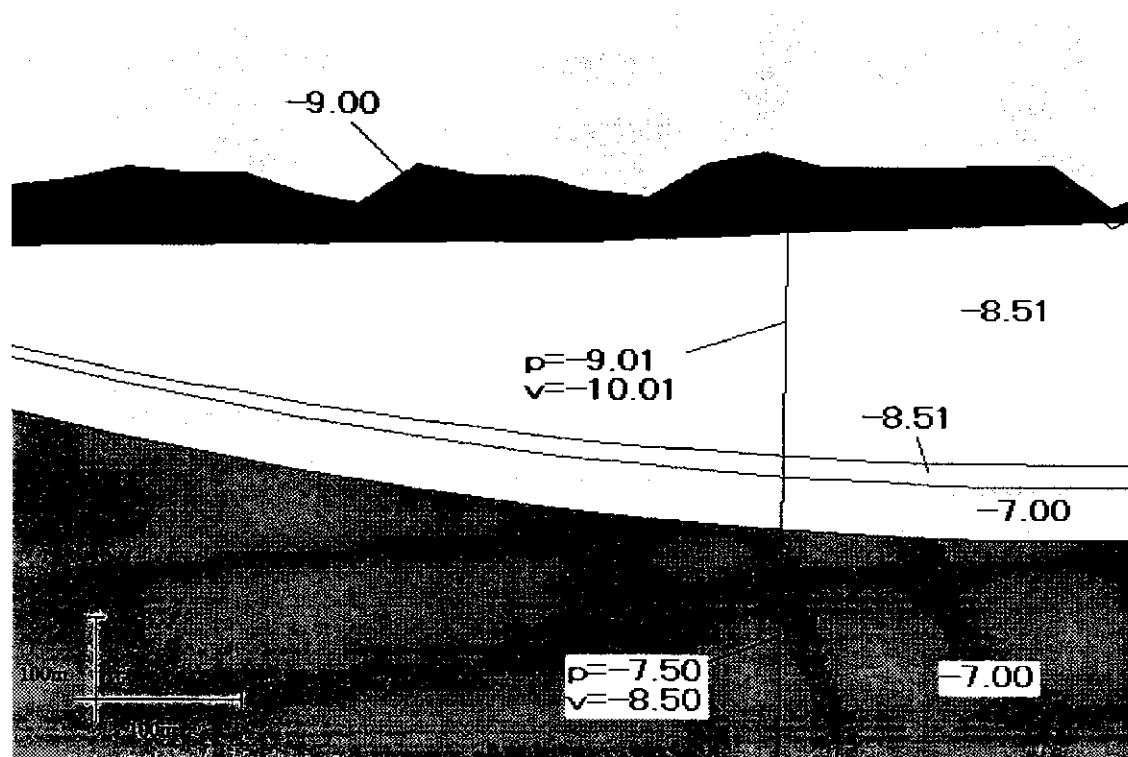


(b) 中域压力分布(m)

图 6.1-5.1 南侧不透水境界、北侧不透水境界(1)

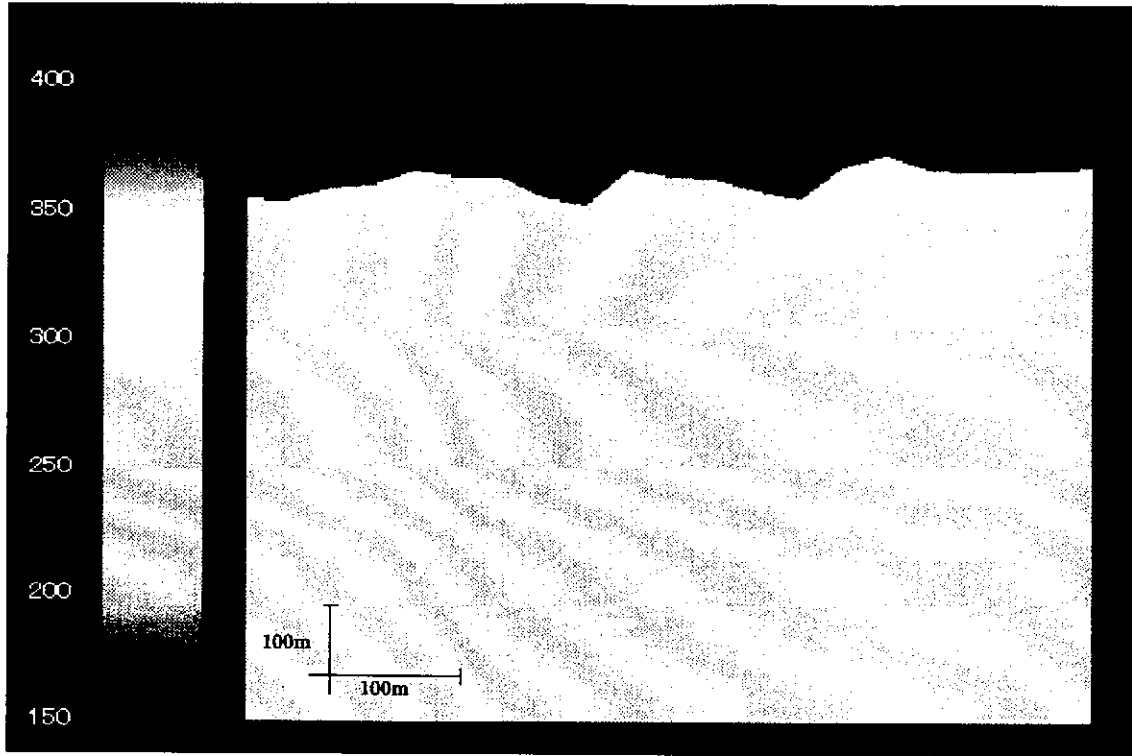


(c)中域流速分布(m/s)

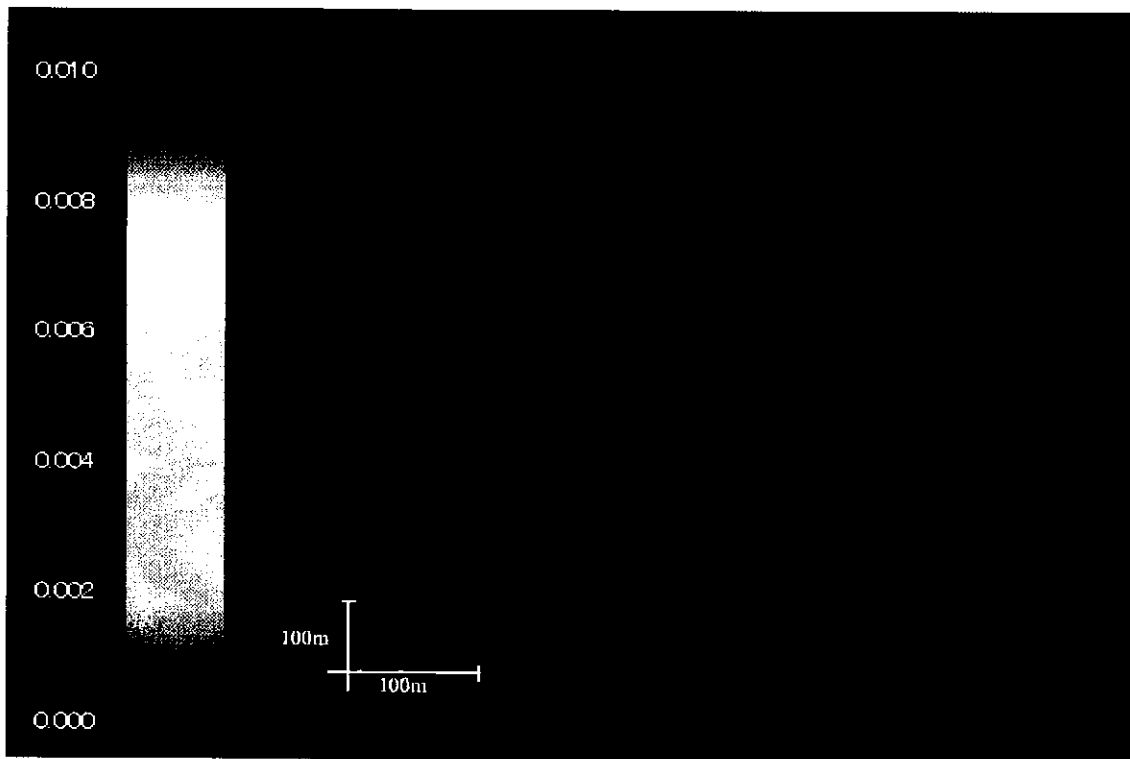


(d)小域地質構造と透水係数 (m/s log10)

図 6.1-5.1 南側不透水境界、北側不透水境界(2)

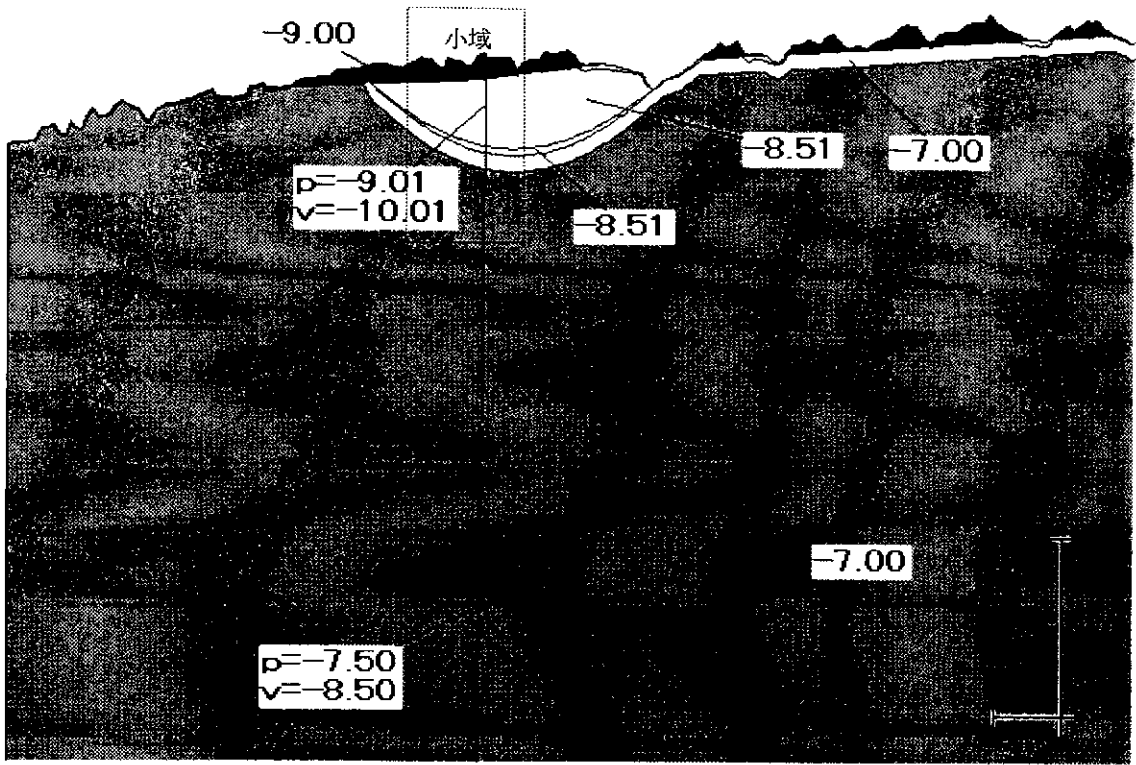


(e)小域压力分布(m)



(f)小域流速分布(m/s)

图 6.1-5.1 南侧不透水境界、北侧不透水境界(3)



(a)中域地質構造と透水係数 (m/s log10)

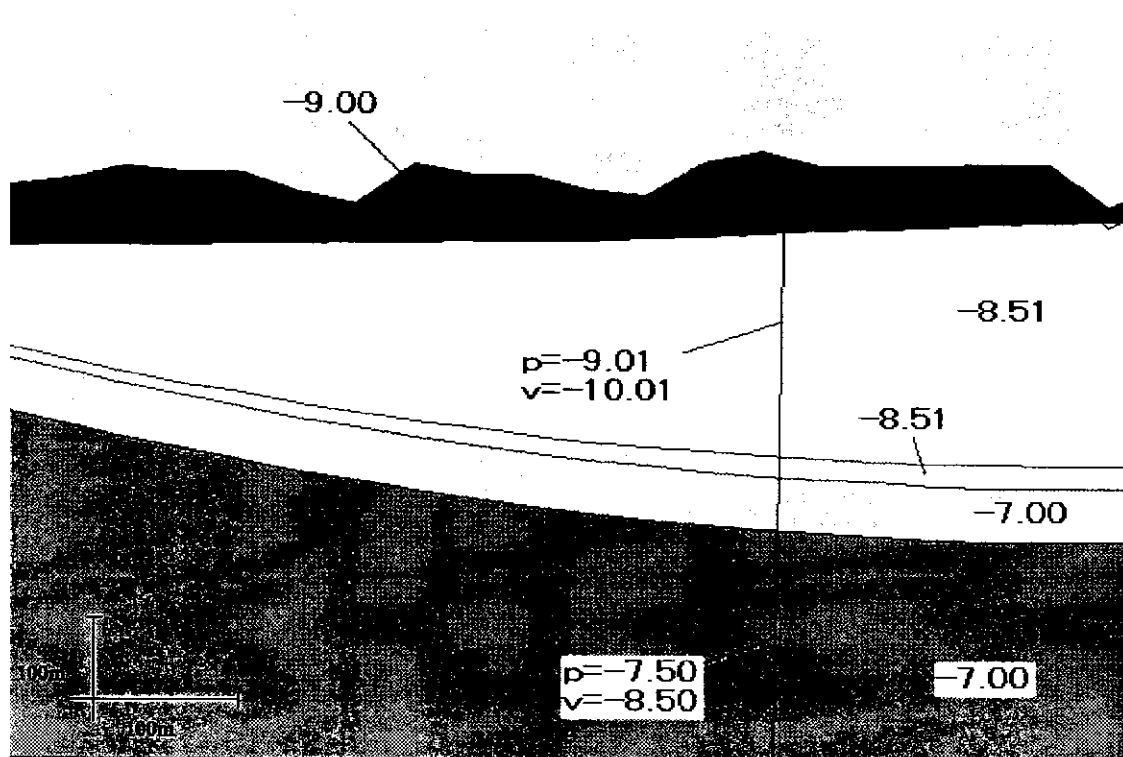


(b)中域压力分布(m)

图 6.1-5.2 南侧不透水境界、北侧固定水頭境界(1)



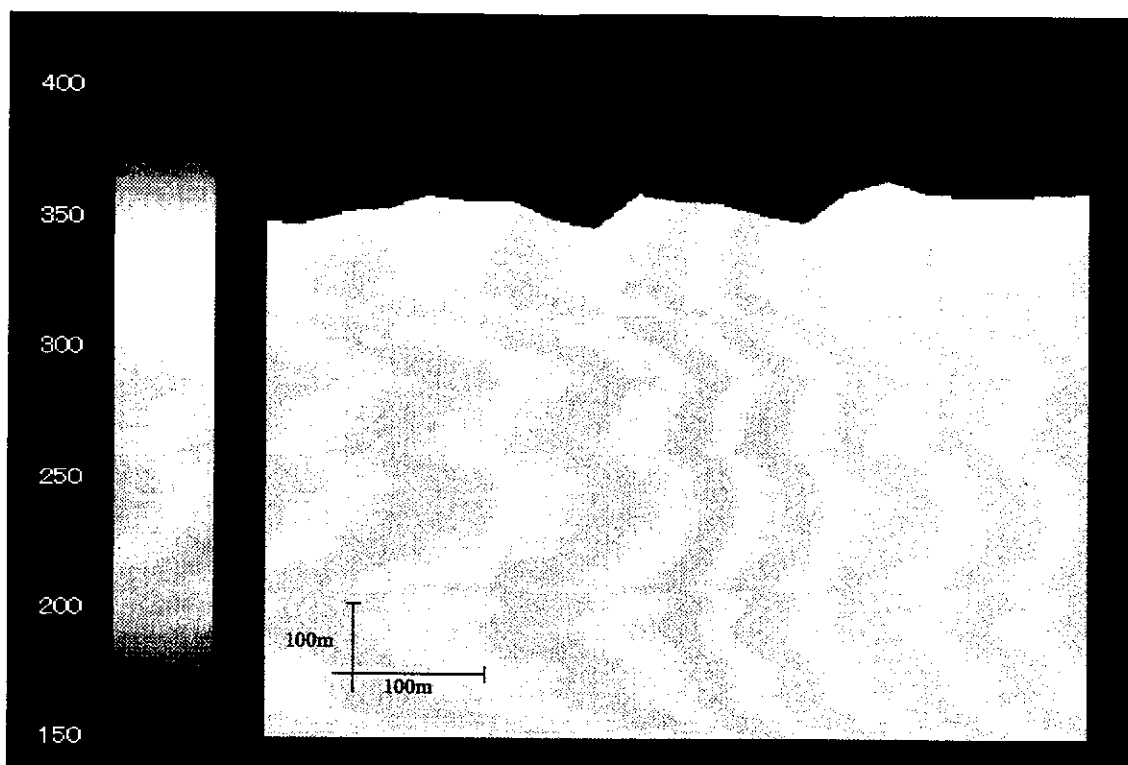
(c)中域流速分布(m/s)



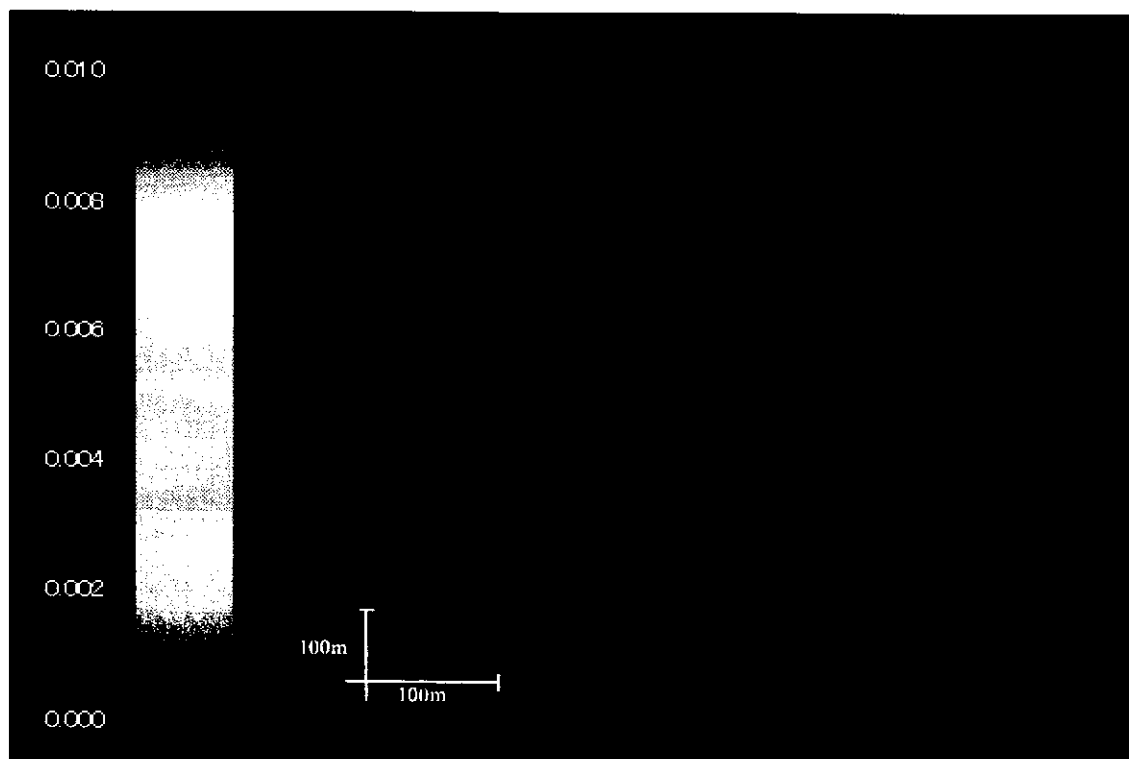
(d)小域地質構造と透水係数 (m/s log10)

図 6.1-5.2 南側不透水境界、北側固定水頭境界(2)



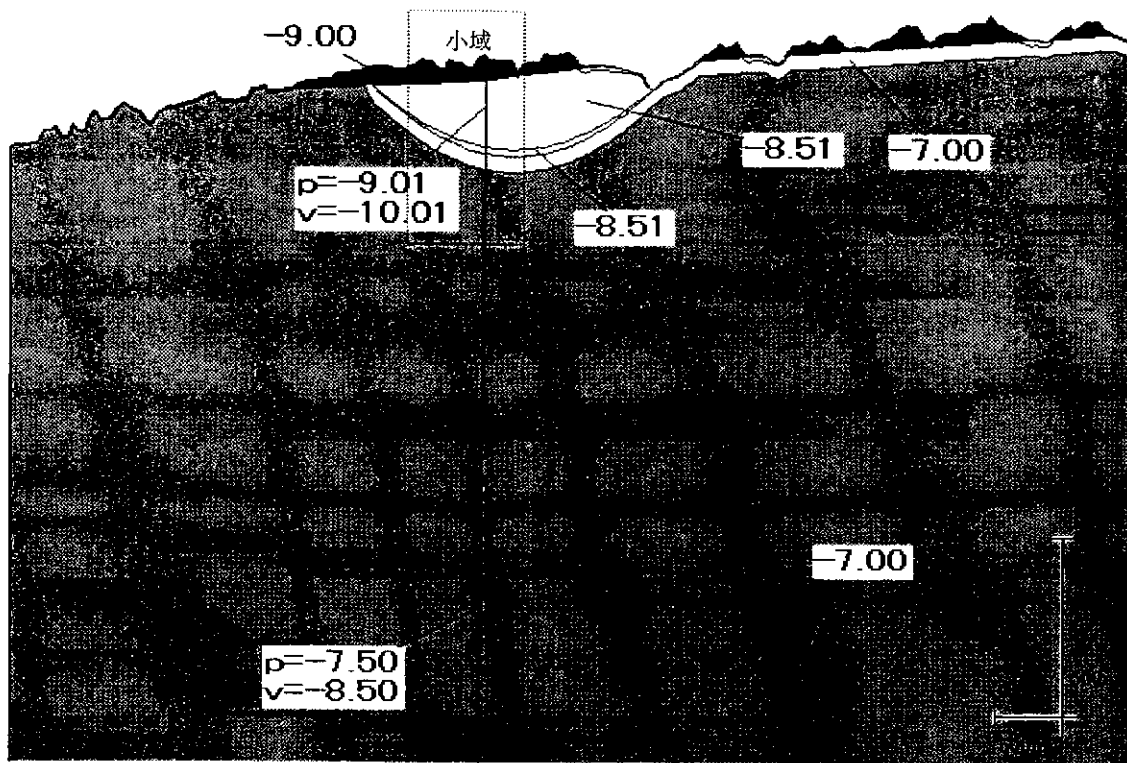


(e)小域压力分布(m)

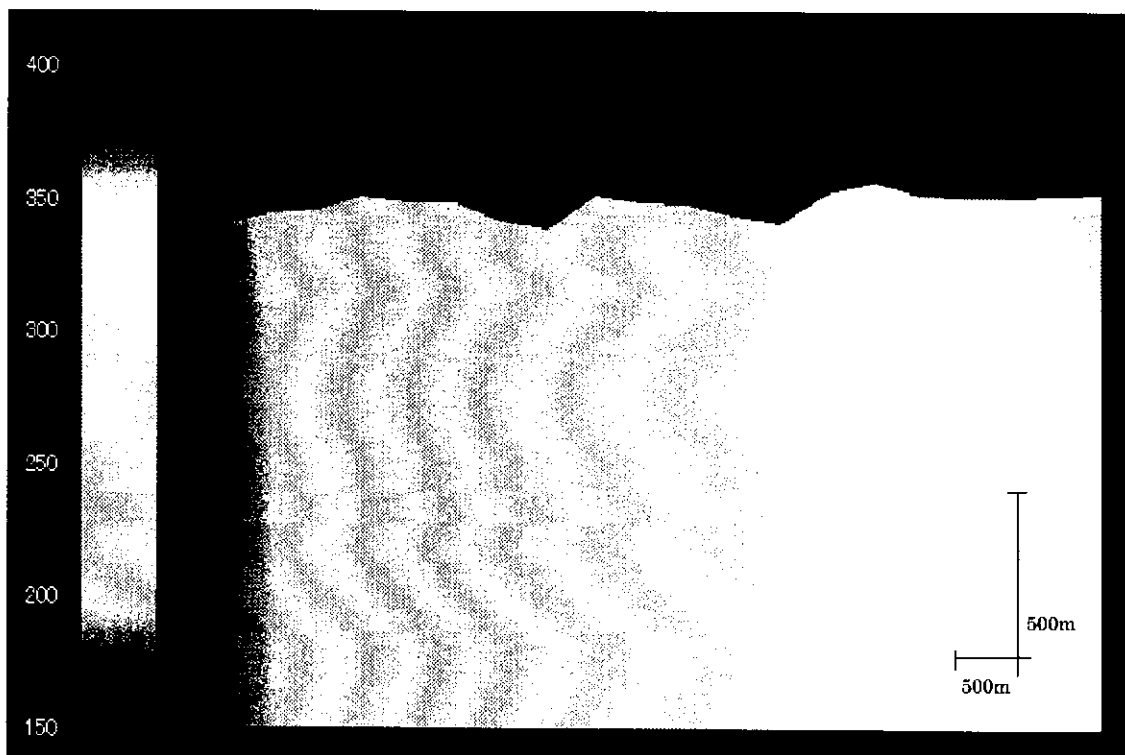


(f)小域流速分布(m/s)

图 6.1-5.2 南侧不透水境界、北侧固定水头境界(3)

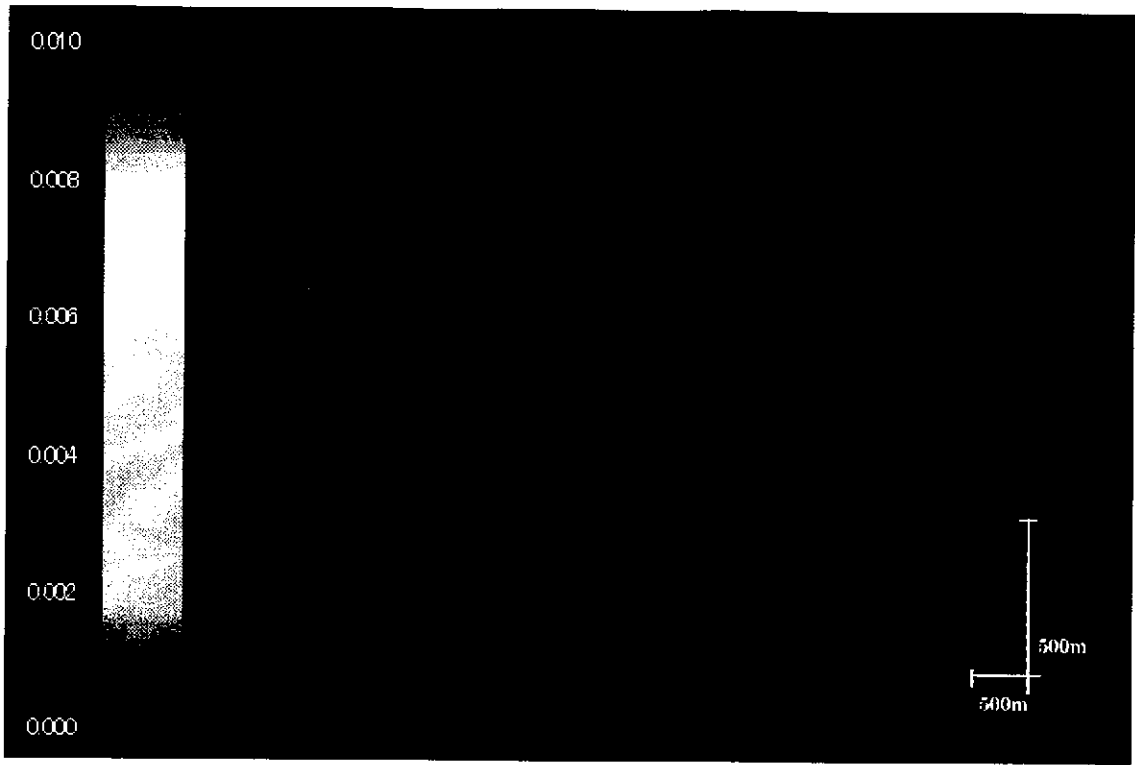


(a)中域地質構造と透水係数 (m/s log10)

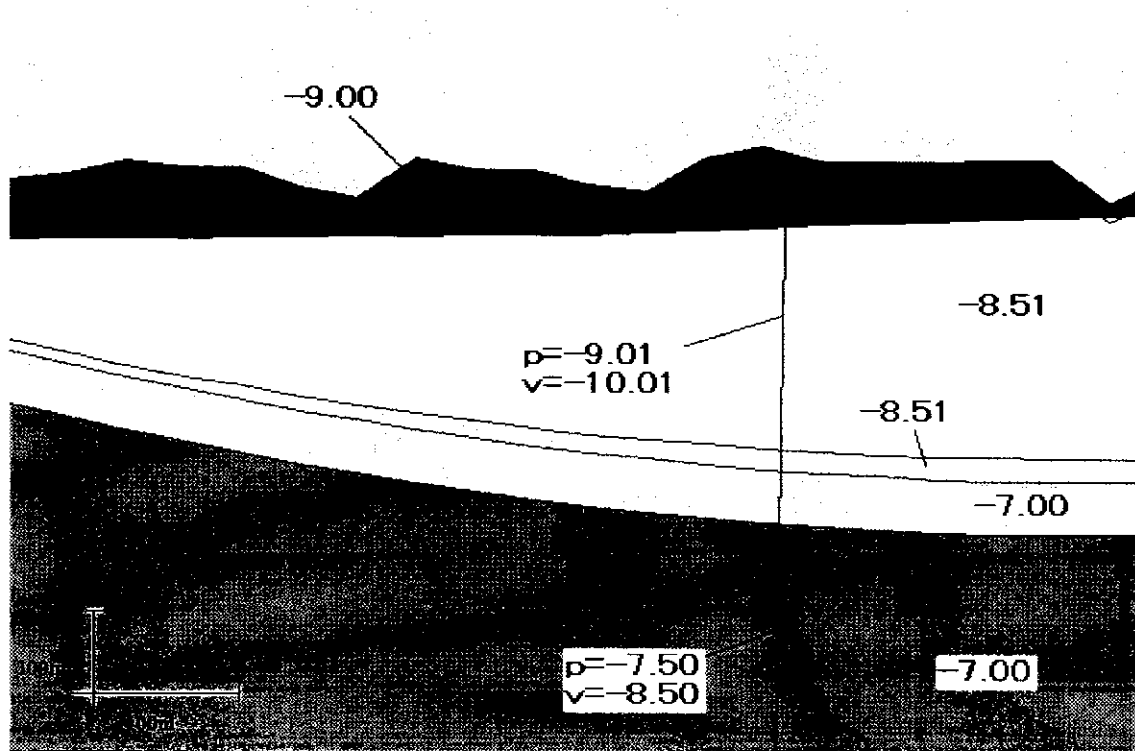


(b)中域压力分布(m)

図 6.1-5.3 南側固定水頭境界、北側不透水境界(1)

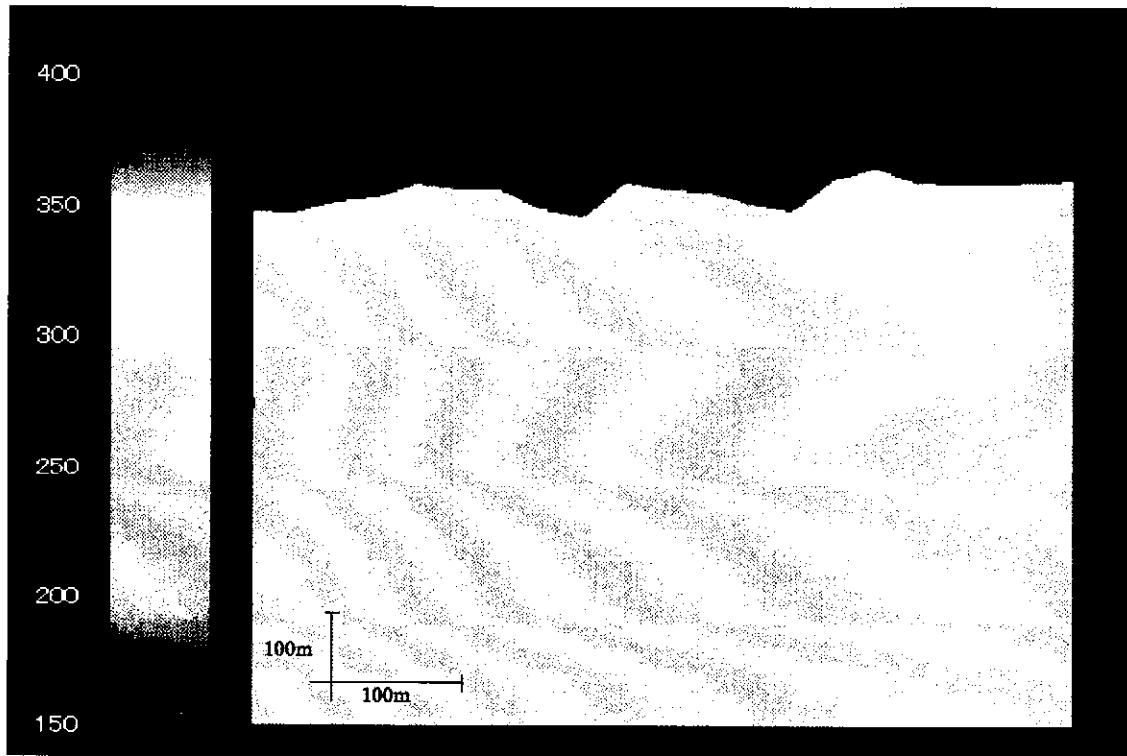


(c)中域流速分布(m/s)



(d)小域地質構造と透水係数 (m/s log10)

図 6.1-5.3 南側固定水頭境界、北側不透水境界(2)

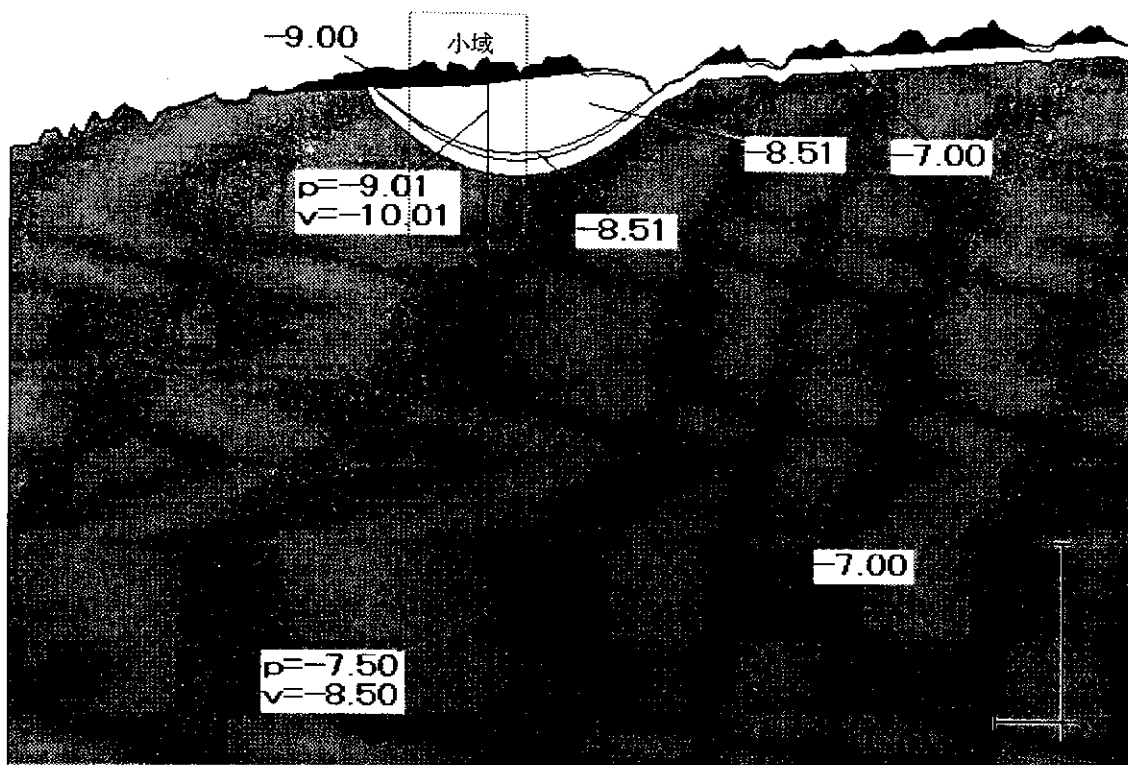


(e)小域压力分布(m)

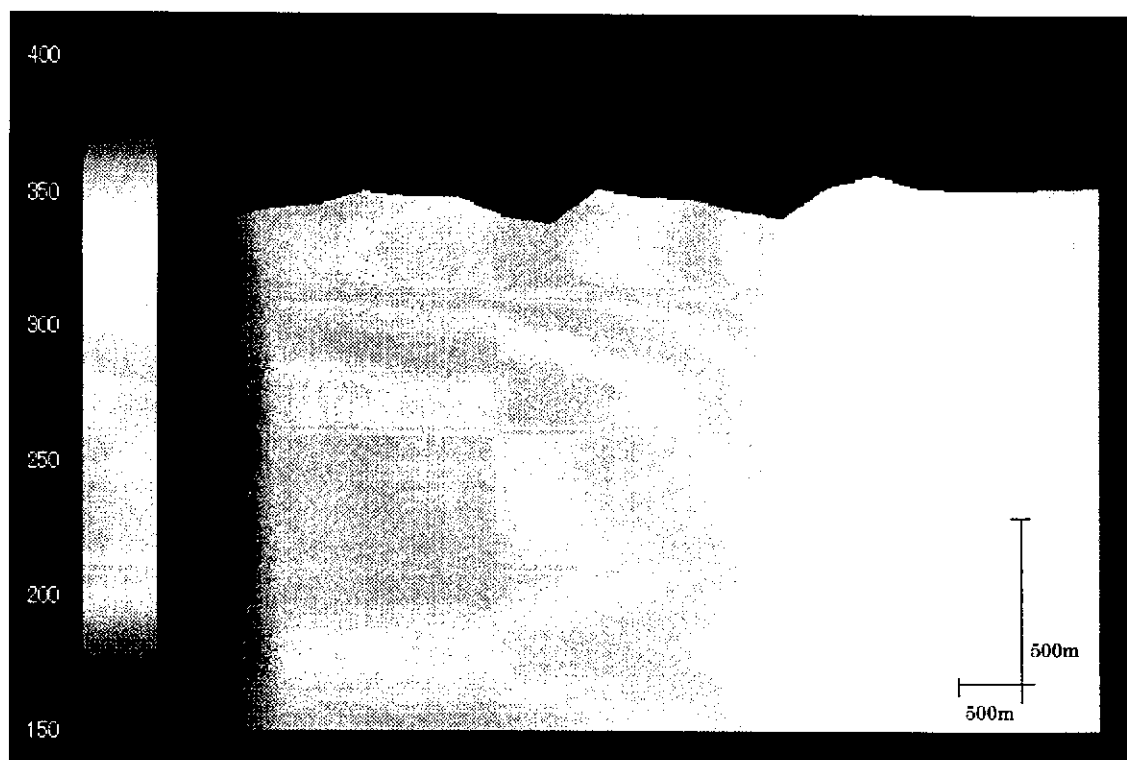


(f)小域流速分布(m/s)

图 6.1-5.3 南侧固定水头境界、北侧不透水境界(3)



(a)中域地質構造と透水係数 (m/s log10)

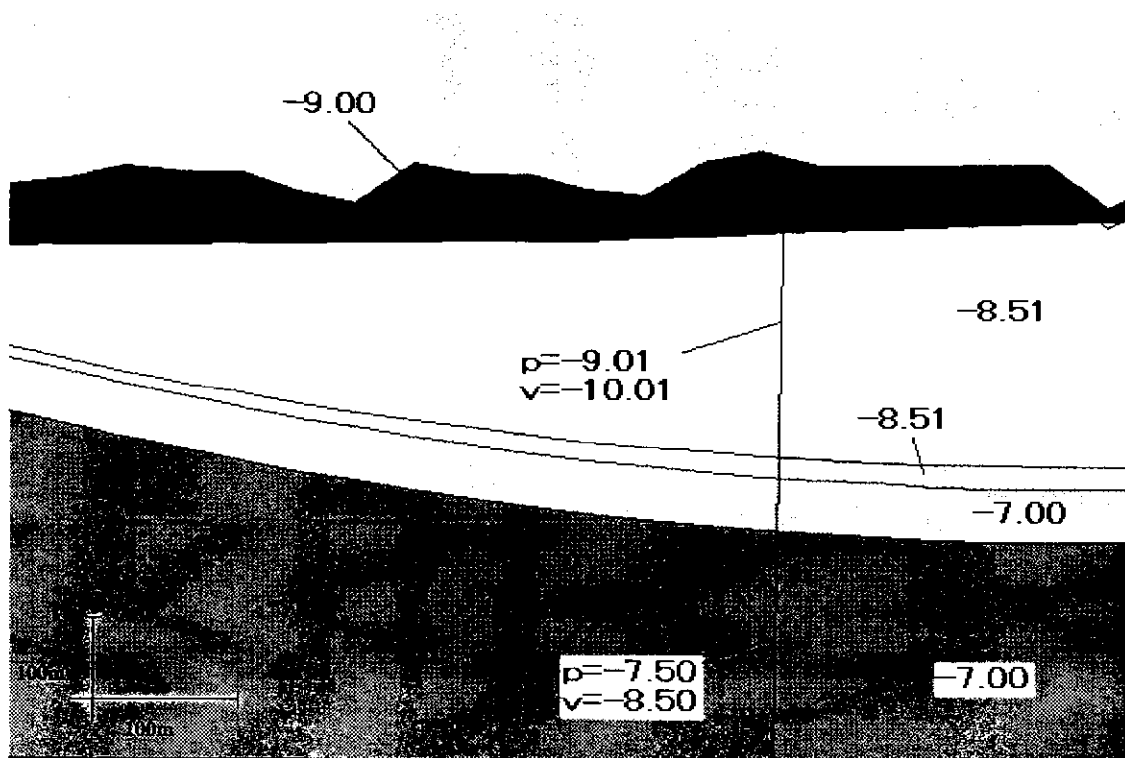


(b)中域压力分布(m)

图 6.1-5.4 南侧固定水頭境界、北侧固定水頭境界(1)

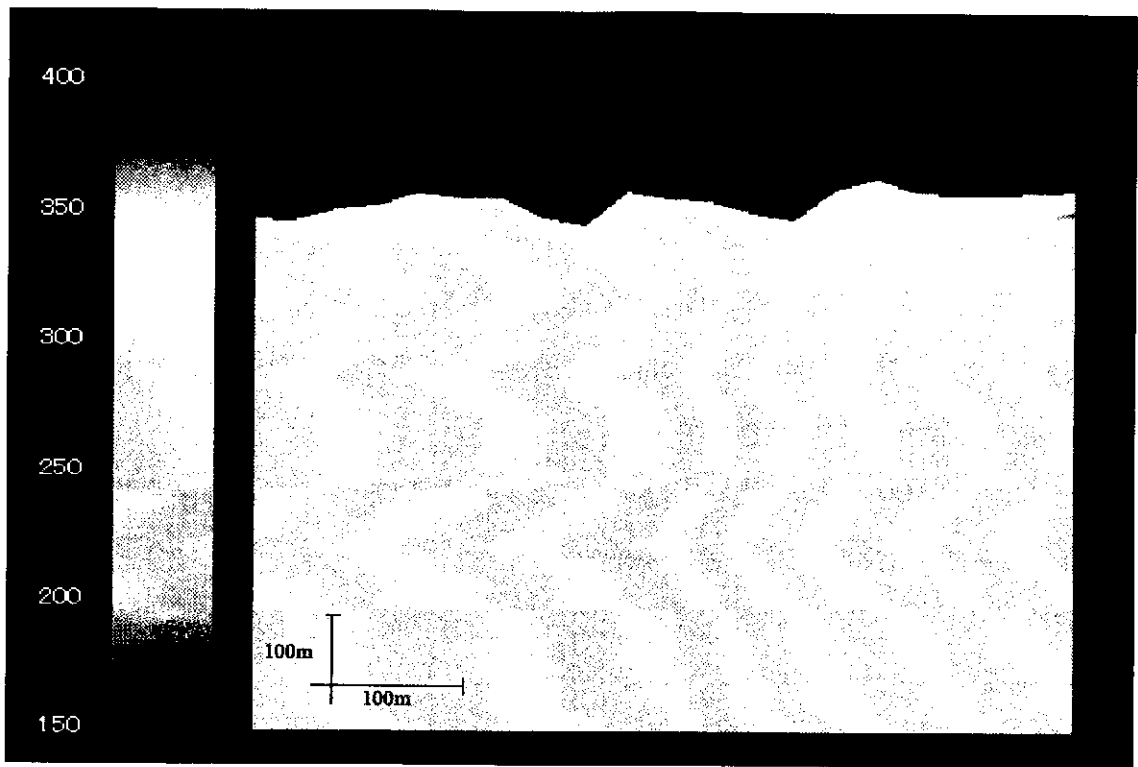


(c)中域流速分布(m/s)

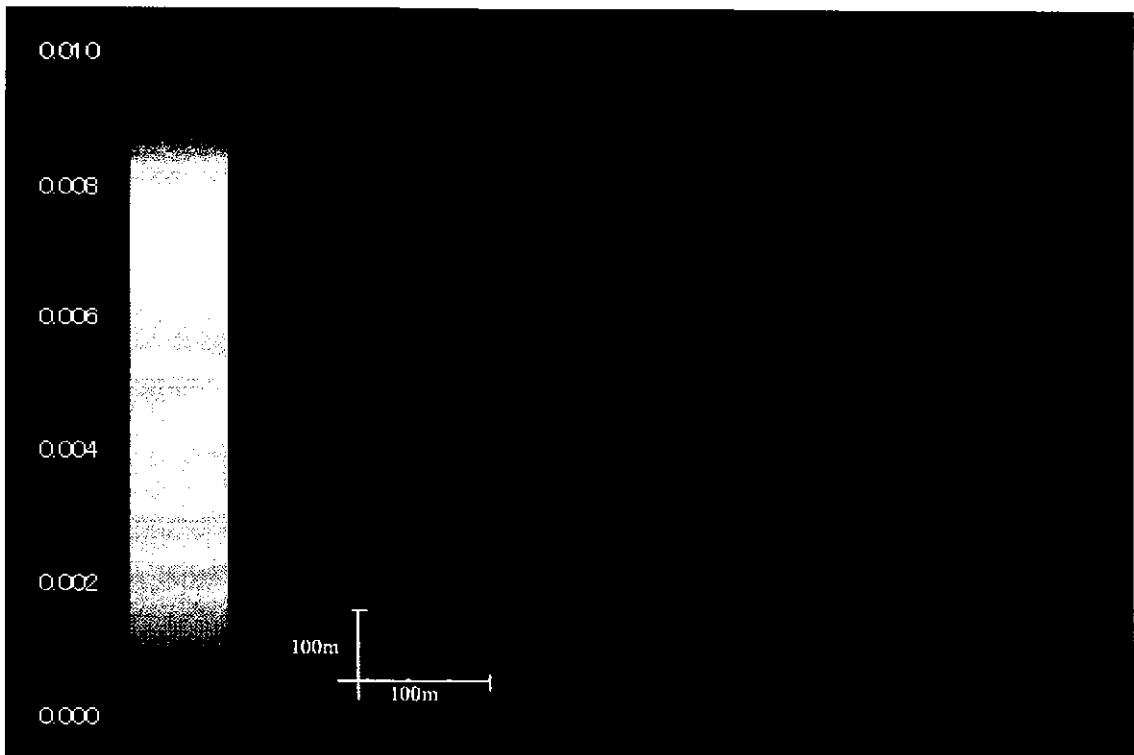


(d)小域地質構造と透水係数 (m/s log10)

図 6.1-5.4 南側固定水頭境界、北側固定水頭境界(2)



(e)小域压力分布(m)



(f)小域流速分布(m/s)

图 6.1-5.4 南侧固定水头境界、北侧固定水头境界(3)

## 6.2 小域の解析

小域の解析は各変数について最も代表的な値（中心値など）を用いた中域モデルの解析結果に基づいて行った。小域の解析における境界上の圧力は中域の解析結果として得られる圧力を、また、第三紀層及び新第三紀層基底礫には MaTADoR により発生したフラクタルを用いた。水理解析には同様に MaTADoR を用いた。

図 6.2-1.1 にフラクタル場を用いない、もとのモデルの(a)小域透水係数分布、(b)小域圧力分布及び(c)小域流速分布を示す。

図 6.2-1.2 に縦横比 1:2、断層ずれ量 0m とした場合の (a)小域透水係数分布、(b)小域圧力分布及び(c)小域流速分布の一例を示す。

図 6.2-1.3 に縦横比 1:2、断層ずれ量 30m とした場合の (a)小域透水係数分布、(b)小域圧力分布及び(c)小域流速分布の一例を示す。

図 6.2-1.4 に縦横比 1:10、断層ずれ量 0m とした場合の (a)小域透水係数分布、(b)小域圧力分布及び(c)小域流速分布の一例を示す。

図 6.2-1.5 に縦横比 1:10、断層ずれ量 30m とした場合の (a)小域透水係数分布、(b)小域圧力分布及び(c)小域流速分布の一例を示す。

表 6.2-1 に各ケースの 100 個のリアライゼーションの平均流速、中心からの移動方向、中心から小域端部までの移動に要する時間の平均及び標準偏差を示す。中心からの移動方向は下方向を $-90^{\circ}$ 、南方向を $-180$ 度として数値化した。

図 6.2-2 に各ケースの 100 個のリアライゼーションの小域平均流速のヒストグラムを示す。

図 6.2-3.1 にフラクタル場を用いない、もとのモデルでの到達経路を示す。中心から新第三紀層及び基底礫中を下方向移動した後、花崗岩に達して、南方向に移動する。小域端部までの移動時間は約 9,200 年である。

図 6.2-3.2 に縦横比 1:2、断層ずれ量 0m とした場合の 100 個の解析結果について小域中心部からの到達経路を重ねて描いたものを示す。

同様に図 6.2-3.3 に縦横比 1:2、断層ずれ量 30m とした場合の到達経路を示す。

同様に図 6.2-3.4 に縦横比 1:10、断層ずれ量 0m とした場合の到達経路を示す。

同様に図 6.2-3.5 に縦横比 1:10、断層ずれ量 30m とした場合の到達経路を示す。

次に、図 6.2-4 に小域中心から小域端部までの移動に要する時間のヒストグラムを示す。



図 6.2-5.1 に縦横比 1:2、断層ずれ量 0m とした場合の 100 個のリアライゼーションの、10,000 年後までの 1,000 年ごとの到達範囲、及び、10,000 年後から 15,000 年後、15,000 年後から 20,000 年後の到達範囲を示す。また、図中の中心の赤丸は小域の中心、すなわち到達経路の始点であり、2 個の赤丸と矢印で示されている移動はもとのモデル（均一透水場）での各時間における移動である。このケースでの小域端部までの最短の到達時間は約 8,800 年である。

図 6.2-5.2 に縦横比 1:2、断層ずれ 30m とした場合の 10,000 年後までの 1,000 年ごとの到達範囲、及び、10,000 年後から 15,000 年後、15,000 年後から 20,000 年後の到達範囲を示す。このケースでの小域端部までの最短の到達時間は約 7,600 年である。

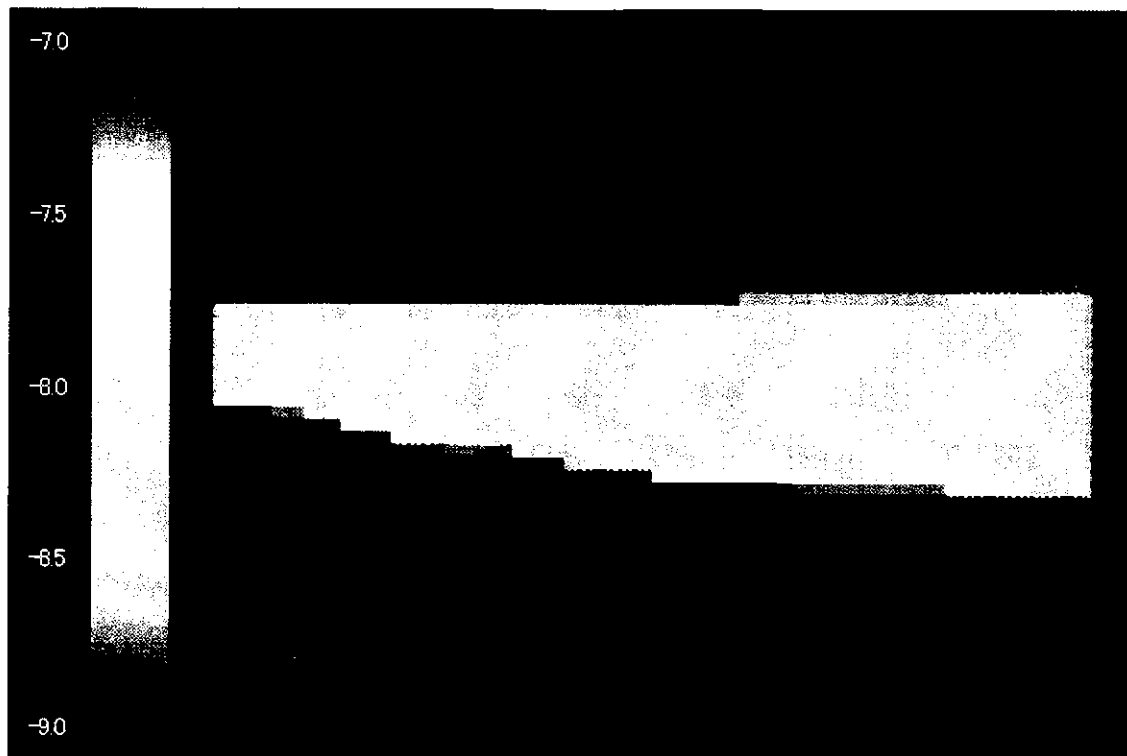
図 6.2-5.3 に 1:10、断層ずれ量 0m とした場合の 10,000 年後までの 1,000 年ごとの到達範囲、及び、10,000 年後から 15,000 年後、15,000 年後から 20,000 年後の到達範囲を示す。このケースでの小域端部までの最短の到達時間は約 11,400 年である。

図 6.2-5.4 に縦横比 1:10、断層ずれ量 30m とした場合の 10,000 年後までの 1,000 年ごとの到達範囲、及び、10,000 年後から 15,000 年後、15,000 年後から 20,000 年後の到達範囲を示す。このケースでの小域端部までの最短の到達時間は約 10,800 年である。

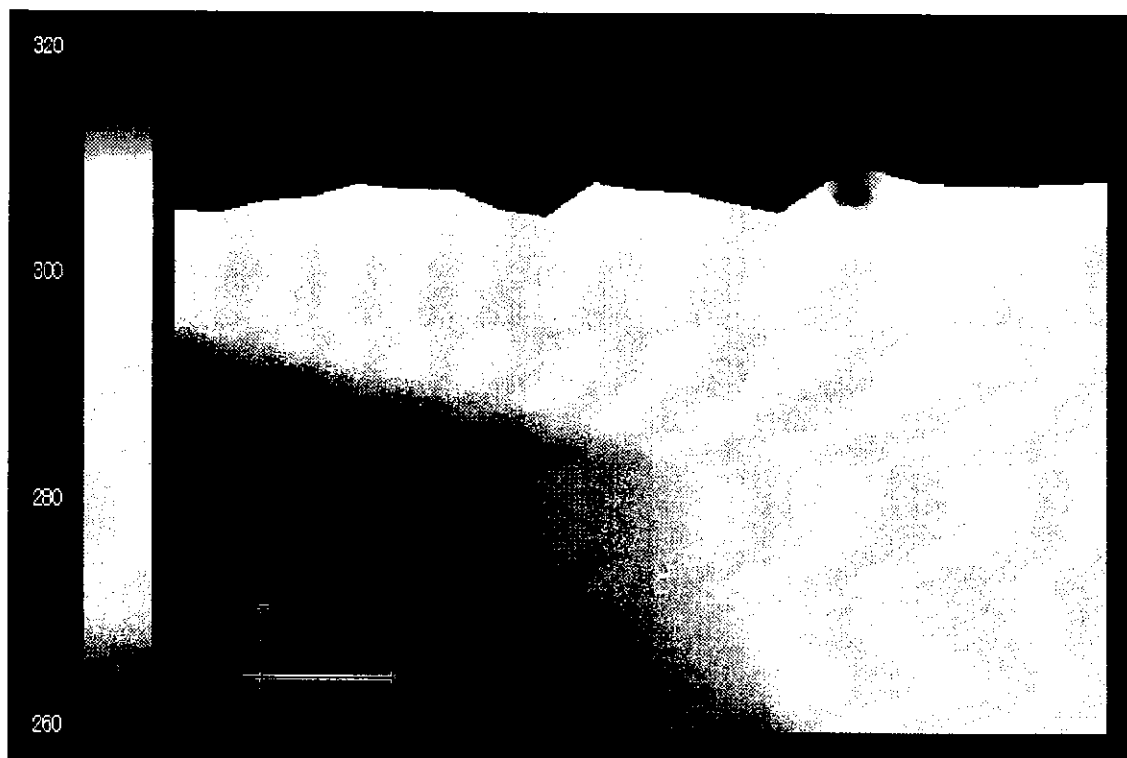
同様に、これらの図中の中心の赤丸は小域の中心、すなわち到達経路の始点であり、2 個の赤丸と矢印で示されている移動はもとのモデル（均一透水場）での各時間における移動である。

縦横比と断層変位量をパラメータにした上記 4 ケースにおいて、小域端部までの最短到達時間は、約 7,600 年～約 11,400 年であり、大きな違いが生じなかった。原因としてはリアライゼーション時の平均透水係数を合わせていることが考えられる。

このことは、特に対象領域の平均透水係数を調査することが全体としての不確実性低減に大きく寄与していることを示している。

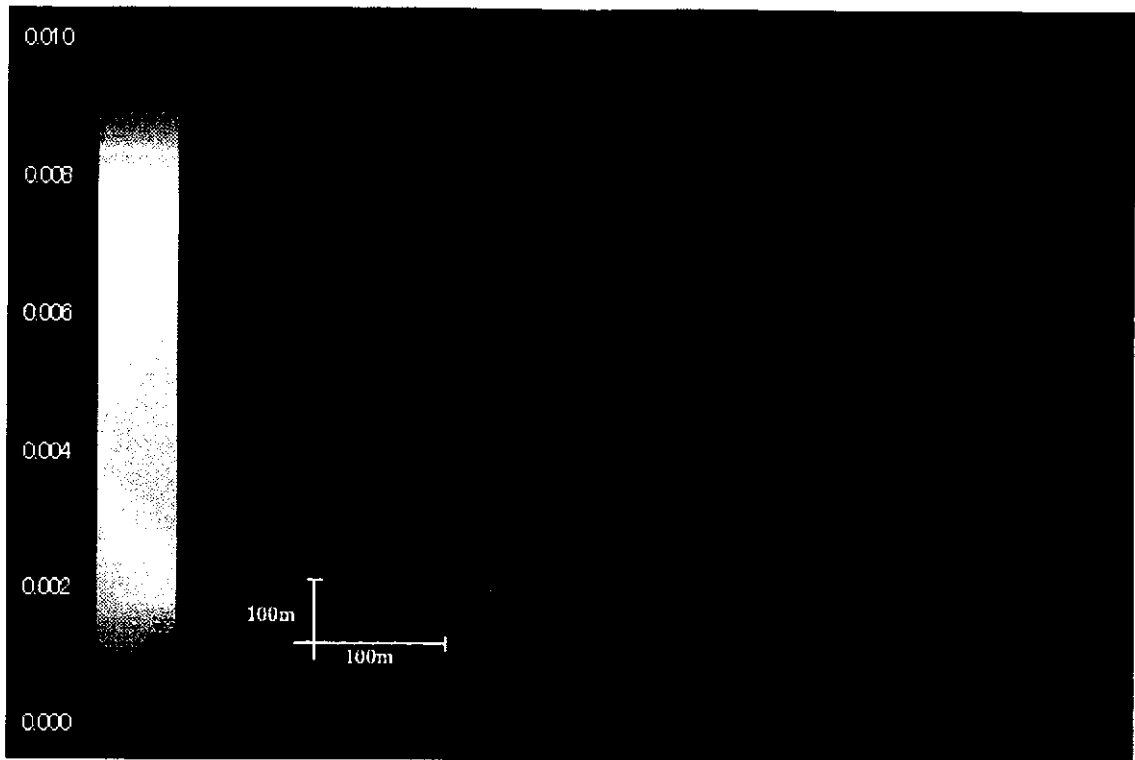


透水係数分布 (m/s log10)



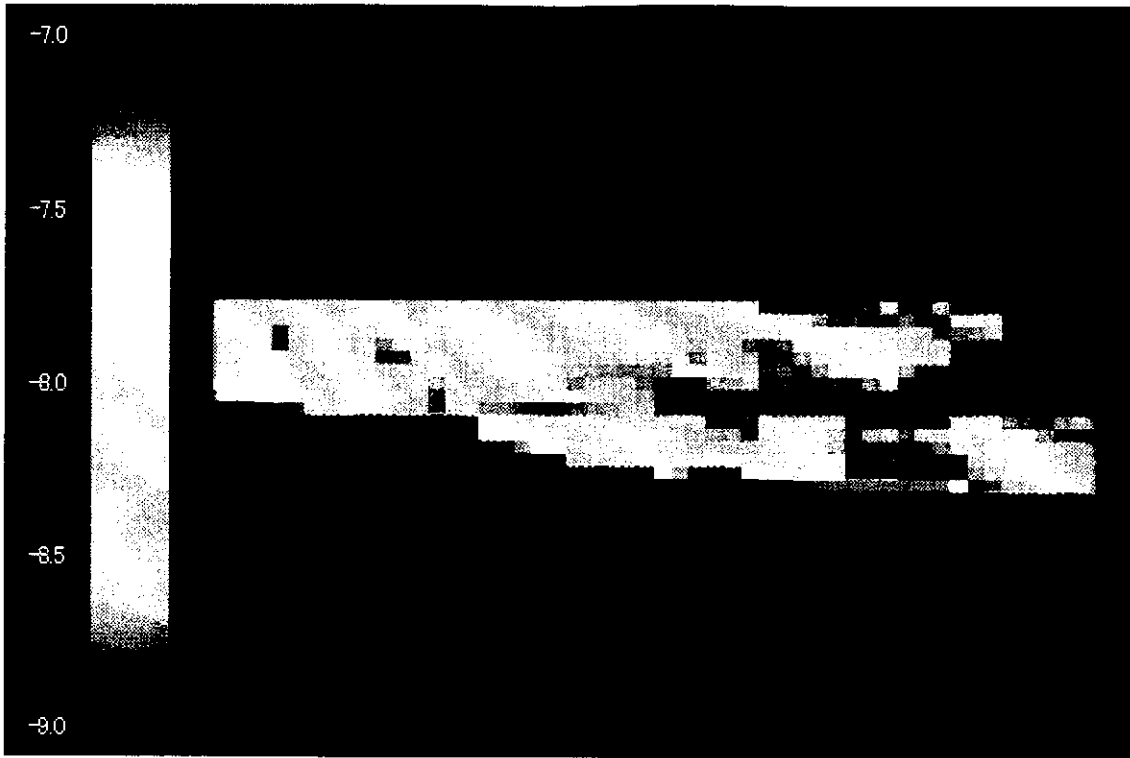
圧力分布(m)

図 6.2-1.1 もとのモデル (縦横比 1:1、断層変位量 0m、均一透水場) (1)

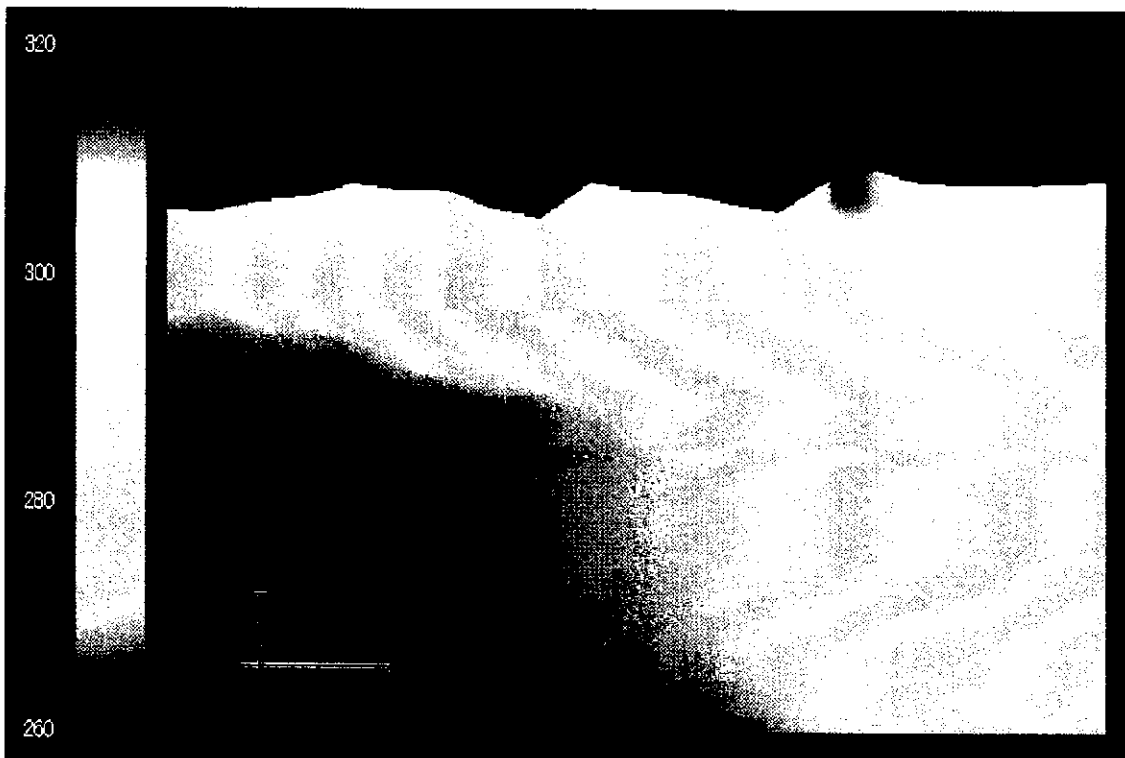


流速図(m/s)

図 6.2-1.1 もとのモデル (縦横比 1:1、断層変位量 0m、均一透水場) (2)

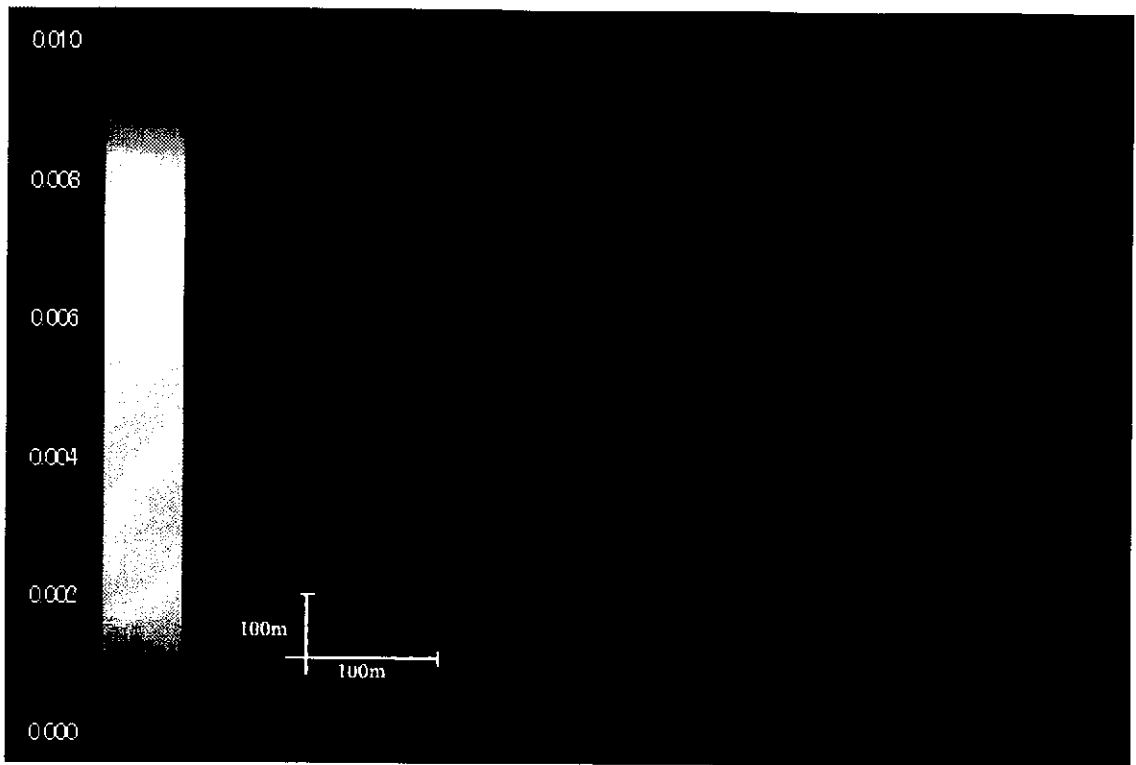


透水係数分布 (m/s log10)



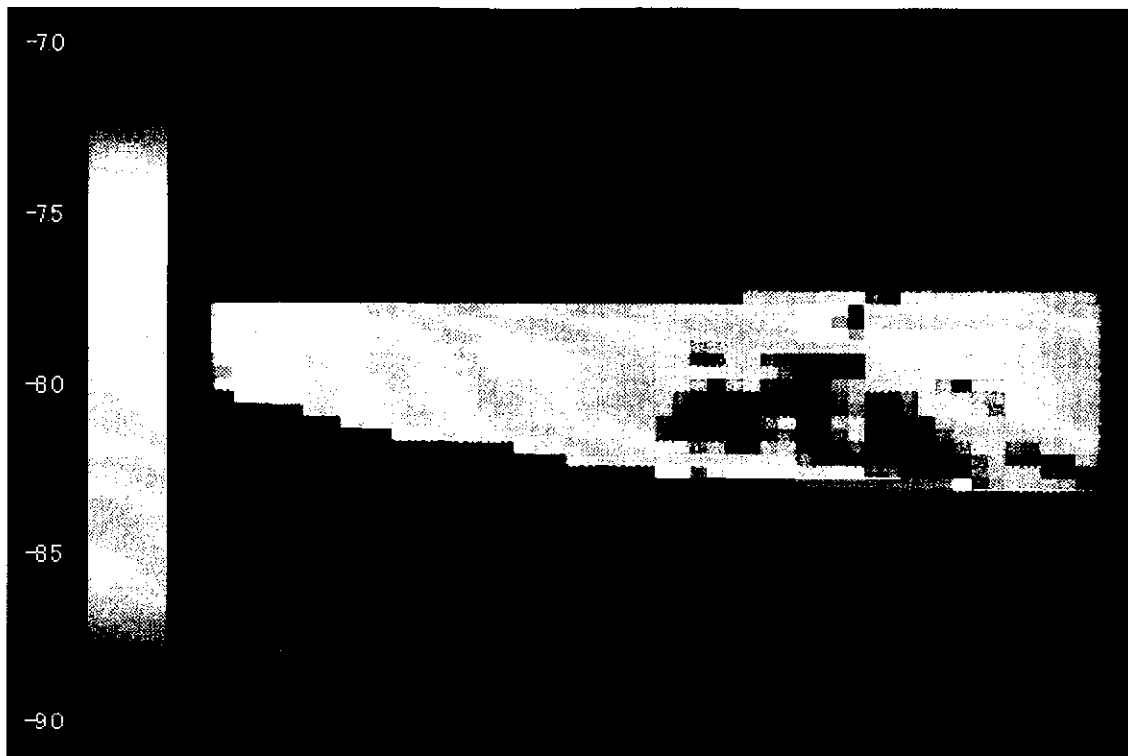
圧力分布(m)

図 6.2-1.2 小域解析結果 (縦横比 1:2、断層変位量 0m、フラクタル透水場) (1)



流速図(m/s)

図 6.2-1.2 小域解析結果（縦横比 1:2、断層変位量 0m、フラクタル透水場）(2)

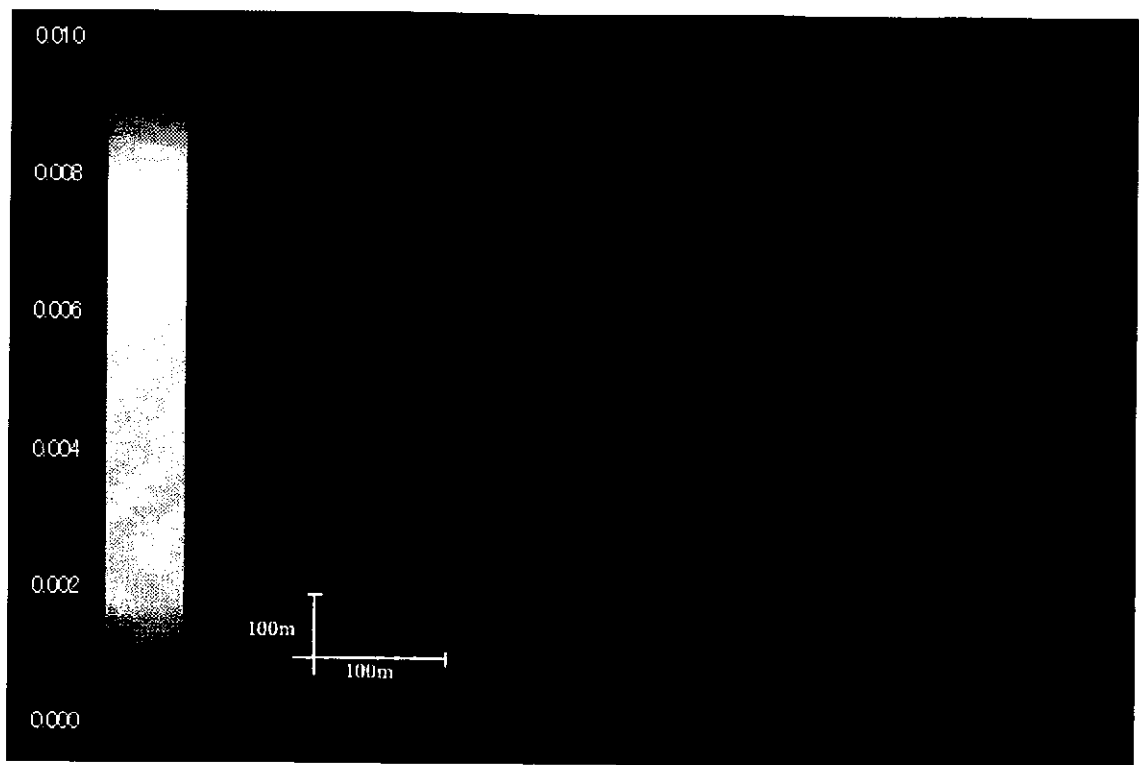


透水係数分布 (m/s log10)



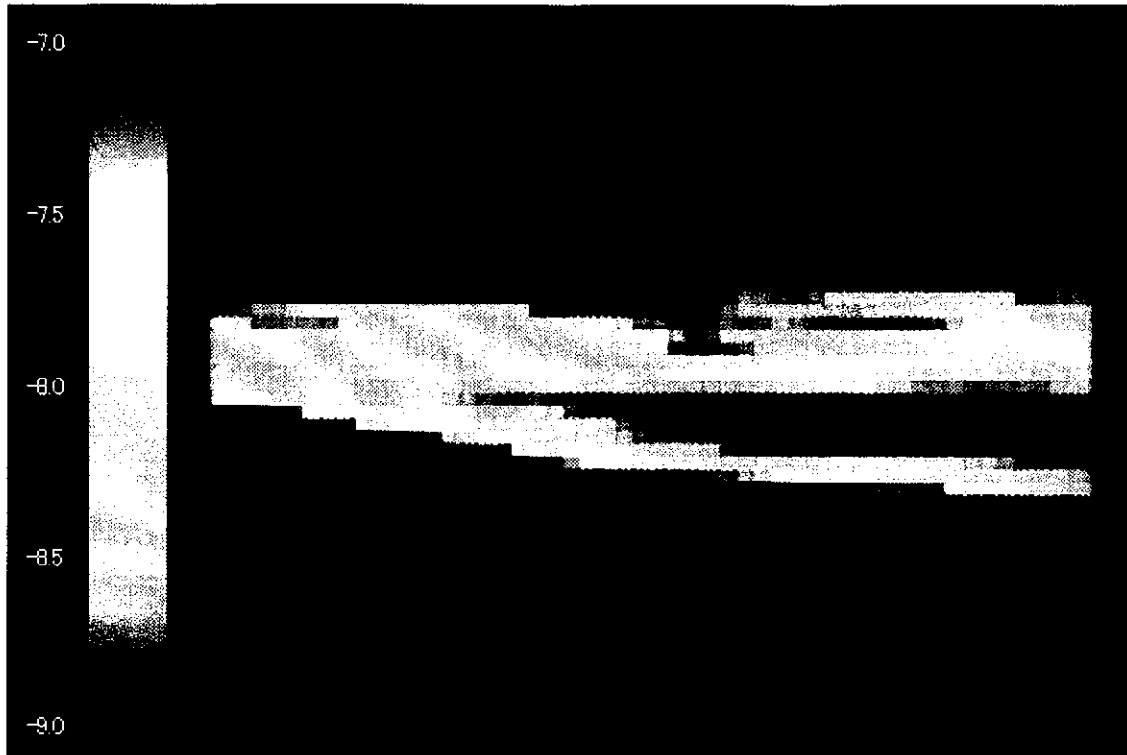
圧力分布(m)

図 6.2-1.3 小域解析結果 (縦横比 1:2、断層変位量 30m、フラクタル透水場) (1)

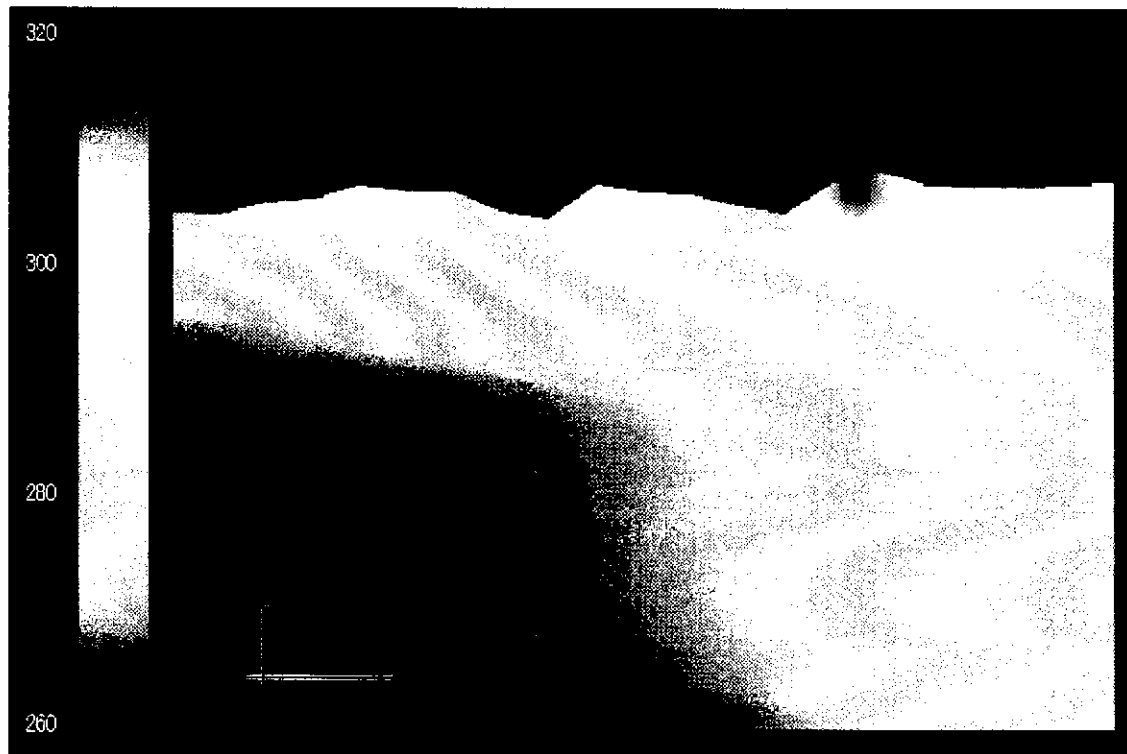


流速図(m/s)

図 6.2-1.3 小域解析結果（縦横比 1:2、断層変位量 30m、フラクタル透水場）(2)



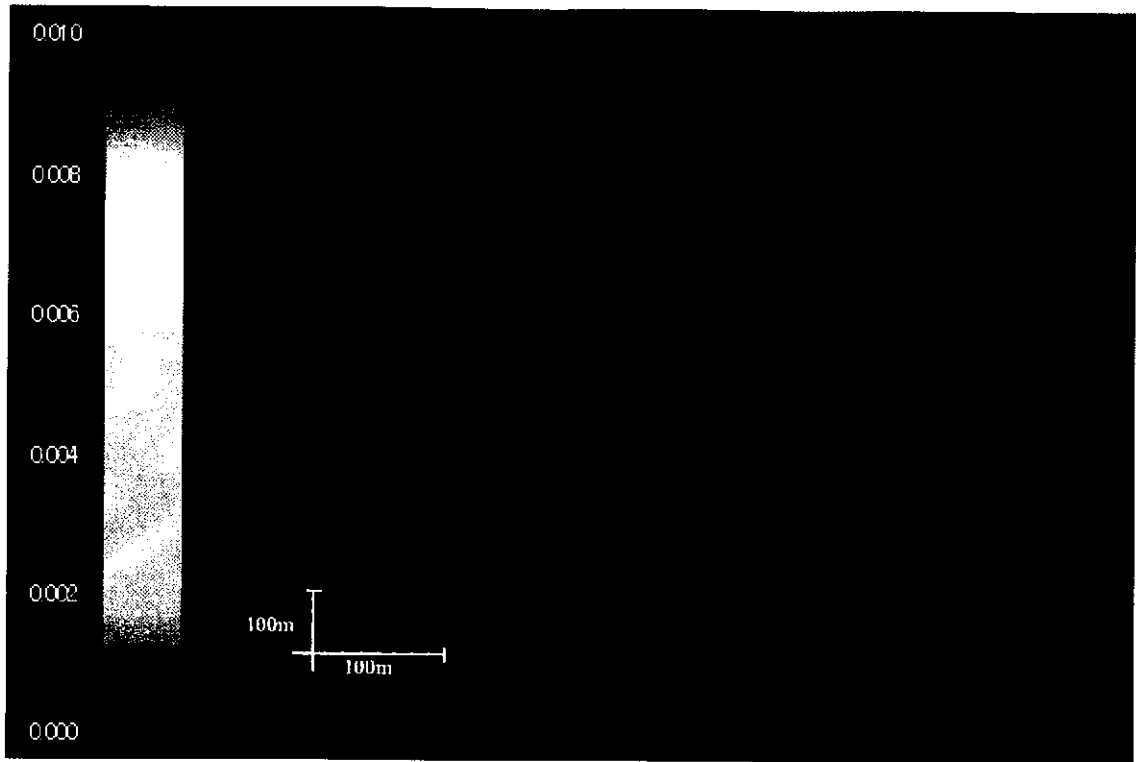
透水係数分布 (m/s log10)



圧力分布(m)

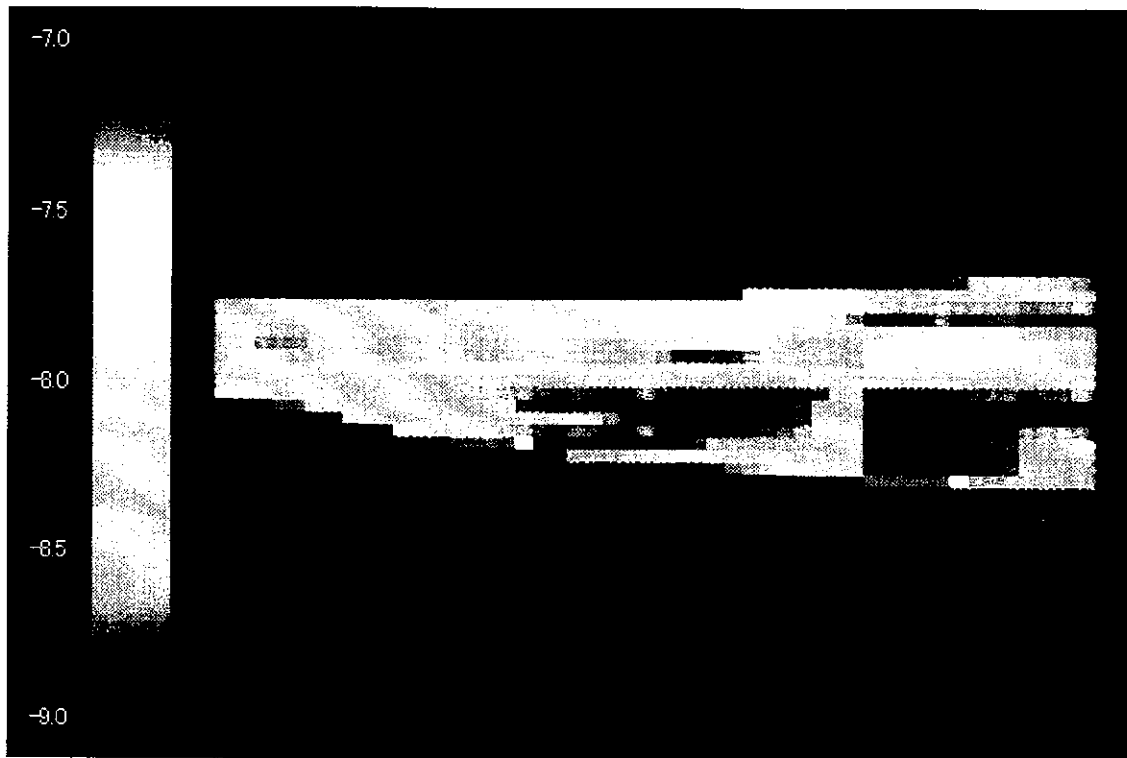
図 6.2-1.4 小域解析結果 (縦横比 1:10、断層変位量 0m、フラクタル透水場) (1)



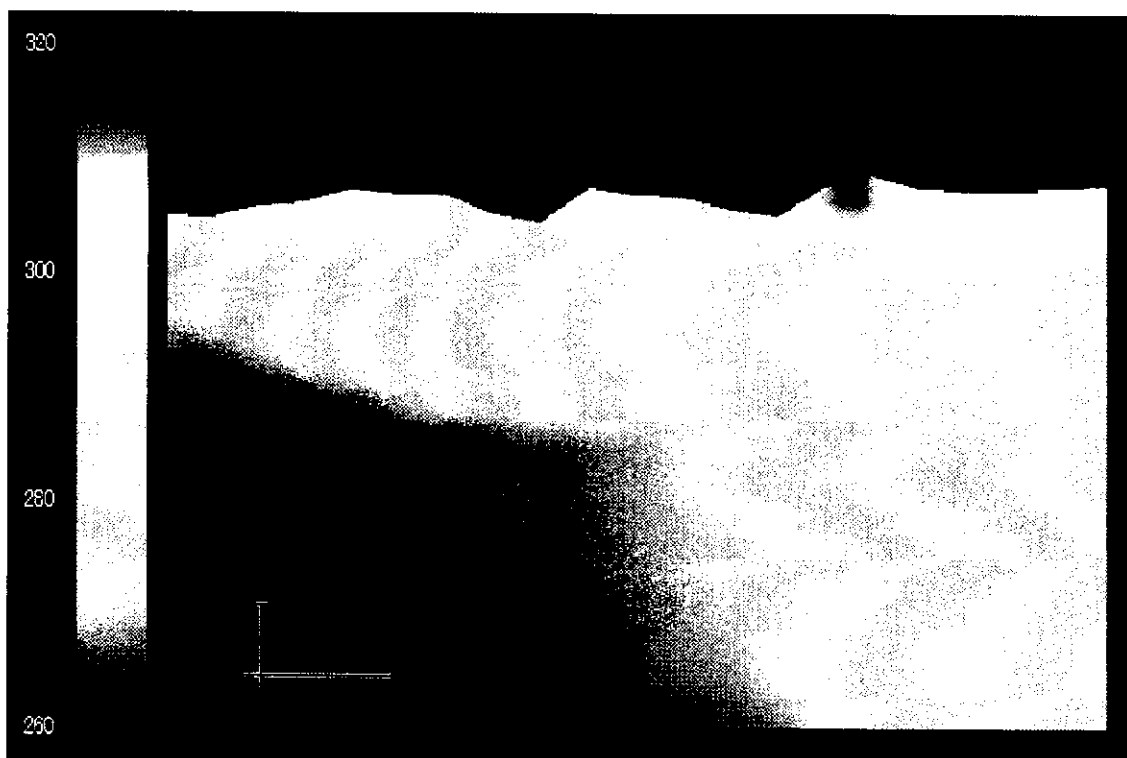


流速図(m/s)

図 6.2-1.4 小域解析結果（縦横比 1:10、断層変位量 0m、フラクタル透水場）(2)

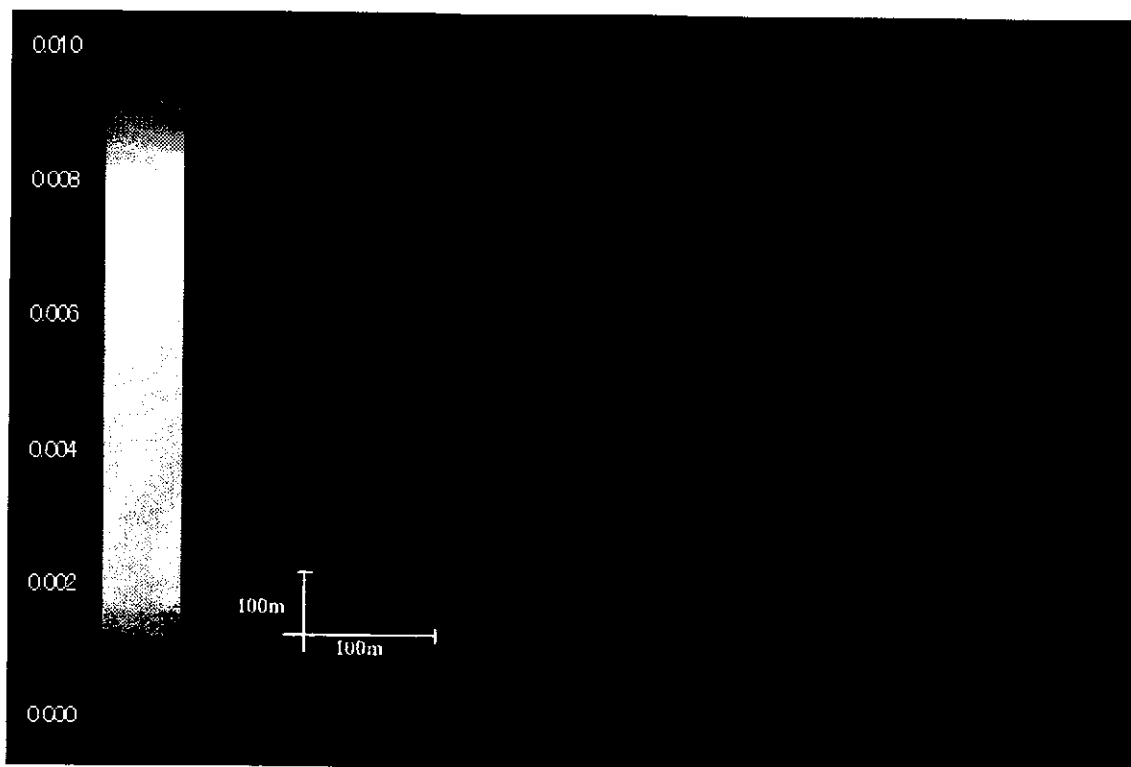


透水係数分布 (m/s log10)



圧力分布(m)

図 6.2-1.5 小域解析結果 (縦横比 1:10、断層変位量 30m、フラクタル透水場) (1)



流速図(m/s)

図 6.2-1.5 小域解析結果 (縦横比 1:10、断層変位量 30m、フラクタル透水場) (2)

表 6.2-1 小域の平均流速 (m/s)、方向、到達時間の平均と標準偏差

縦横比	断層	平均流量 m/s		方向		到達時間 x1000 年	
		平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
1:2	0 m	$2.02 \times 10^{-8}$	$1.74 \times 10^{-9}$	-147	4.94	12.8	5.69
1:2	30 m	$2.08 \times 10^{-8}$	$1.60 \times 10^{-9}$	-148	7.08	11.8	5.61
1:10	0 m	$2.00 \times 10^{-8}$	$5.05 \times 10^{-10}$	-150	3.83	13.3	1.01
1:10	30 m	$1.98 \times 10^{-8}$	$5.45 \times 10^{-10}$	-149	4.13	17.0	6.68

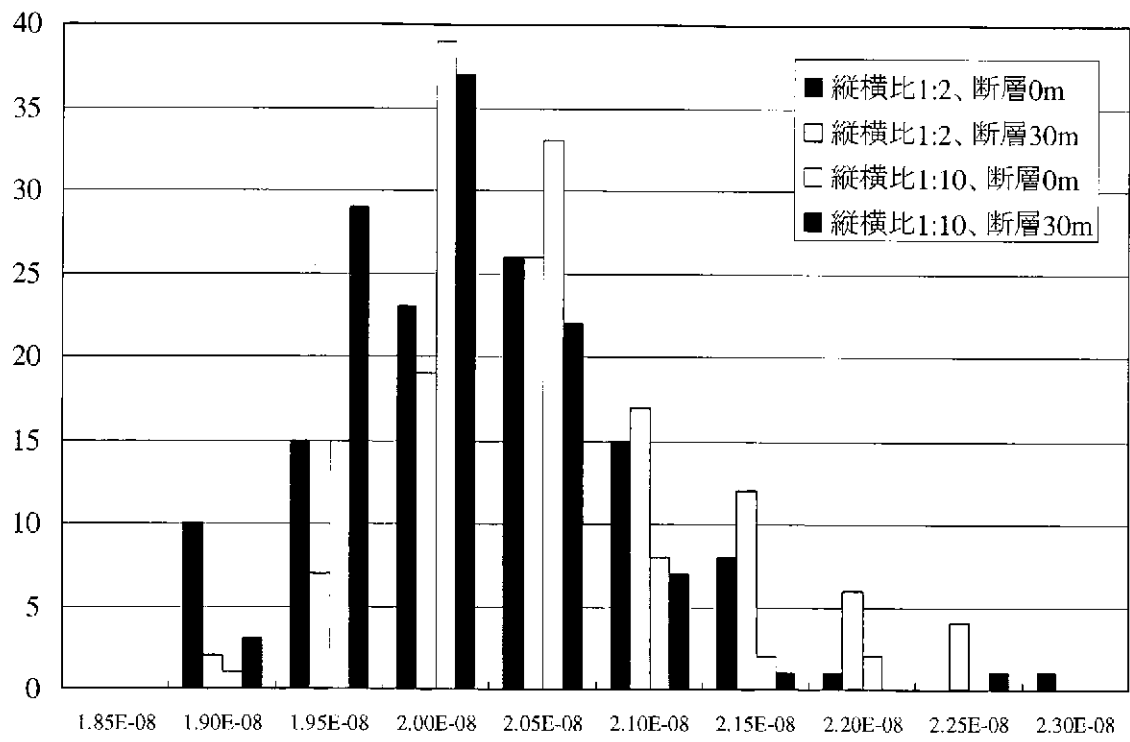
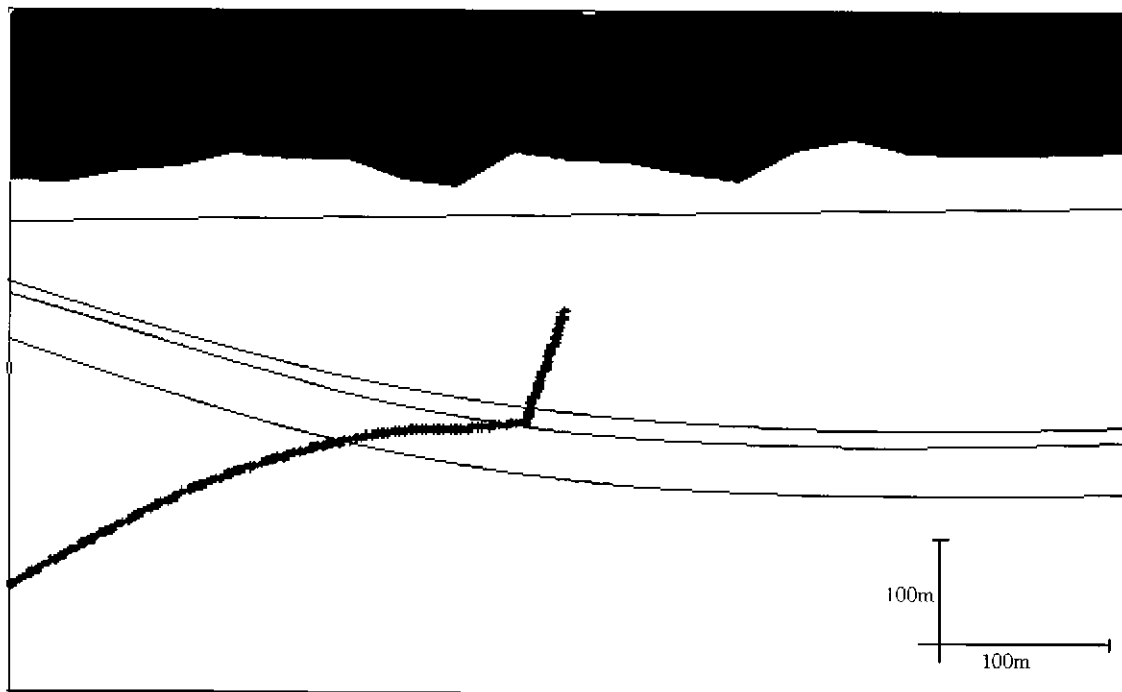
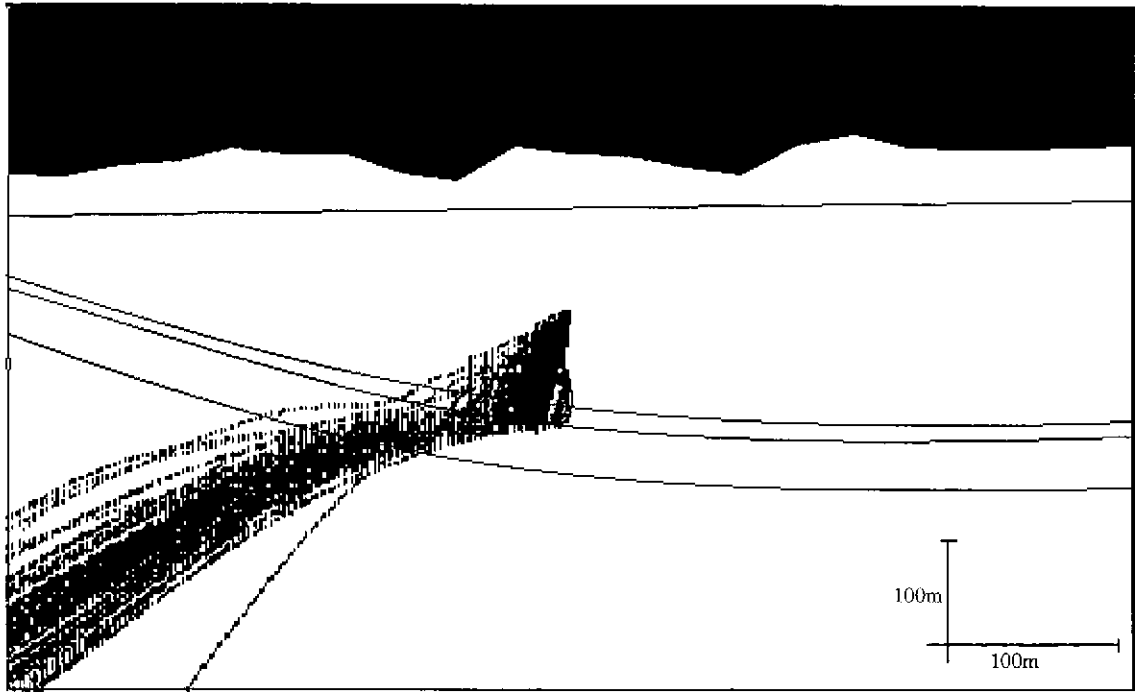


図 6.2-2 小域平均流速(m/s)のヒストグラム



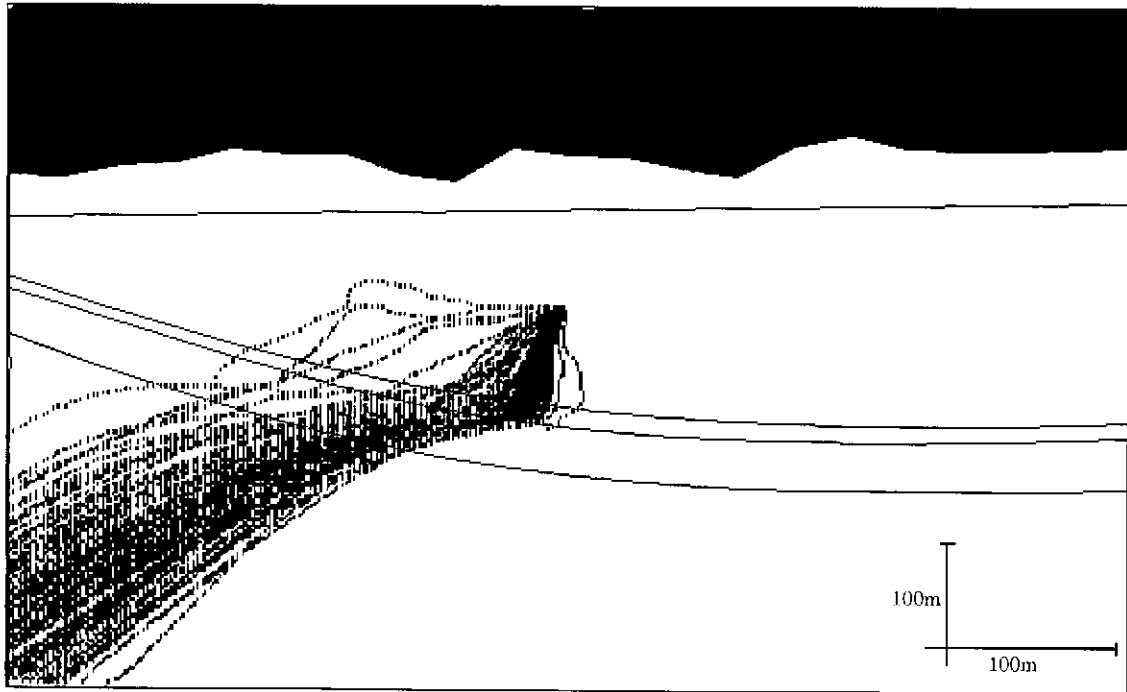
到達経路

図 6.2-3.1 もとのモデル（縦横比 1:1、断層変位量 0m、均一透水場）



到達経路

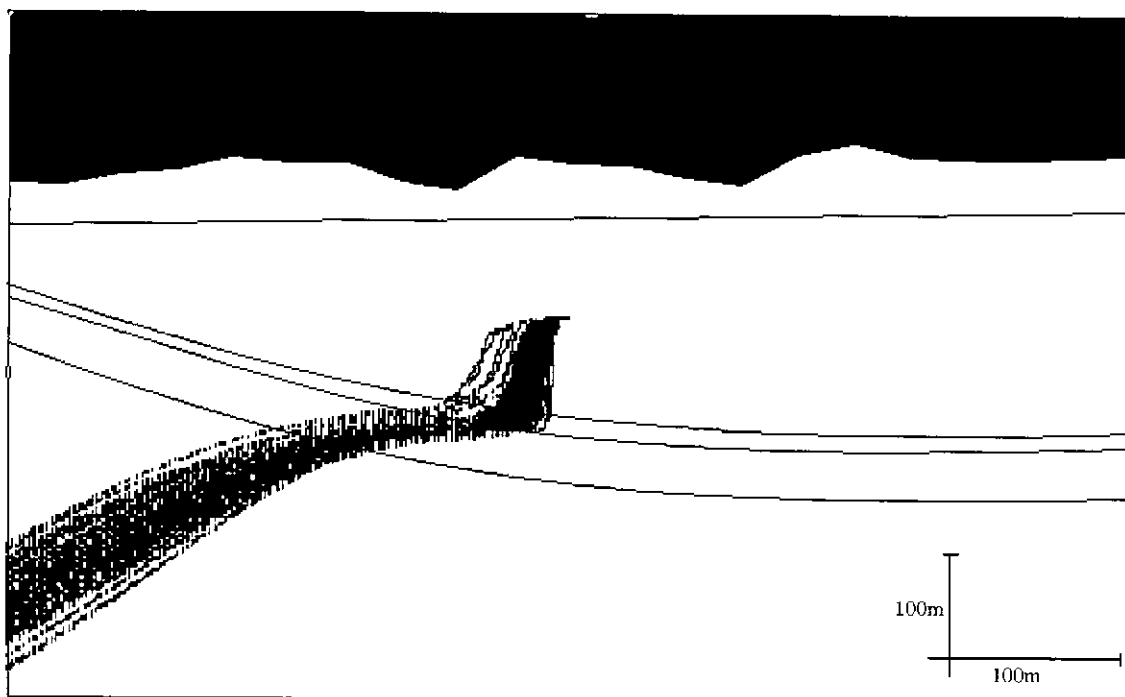
図 6.2-3.2 小域解析結果（縦横比 1:2、断層変位量 0m、フラクタル透水場）



到達経路

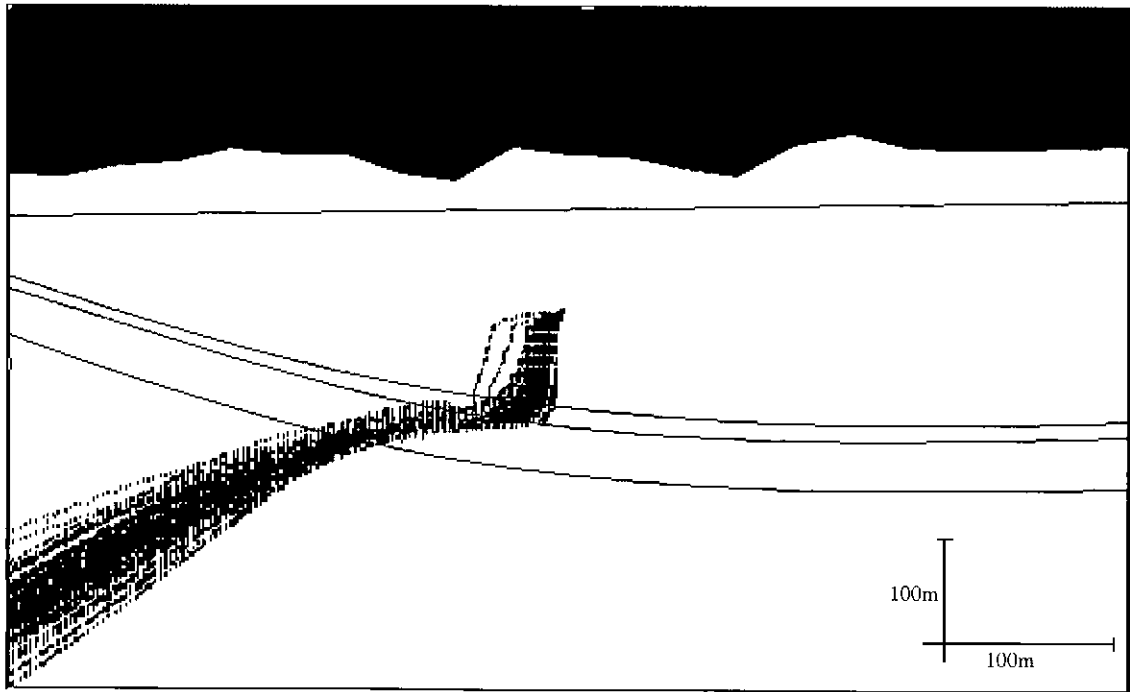
図 6.2・3.2 小域解析結果（縦横比 1:2、断層変位量 30m、フラクタル透水場）





到達経路

図 6.2-3.3 小域解析結果（縦横比 1:10、断層変位量 0m、フラクタル透水場）



到達経路

図 6.2-3.4 小域解析結果（縦横比 1:10、断層変位量 30m、フラクタル透水場）

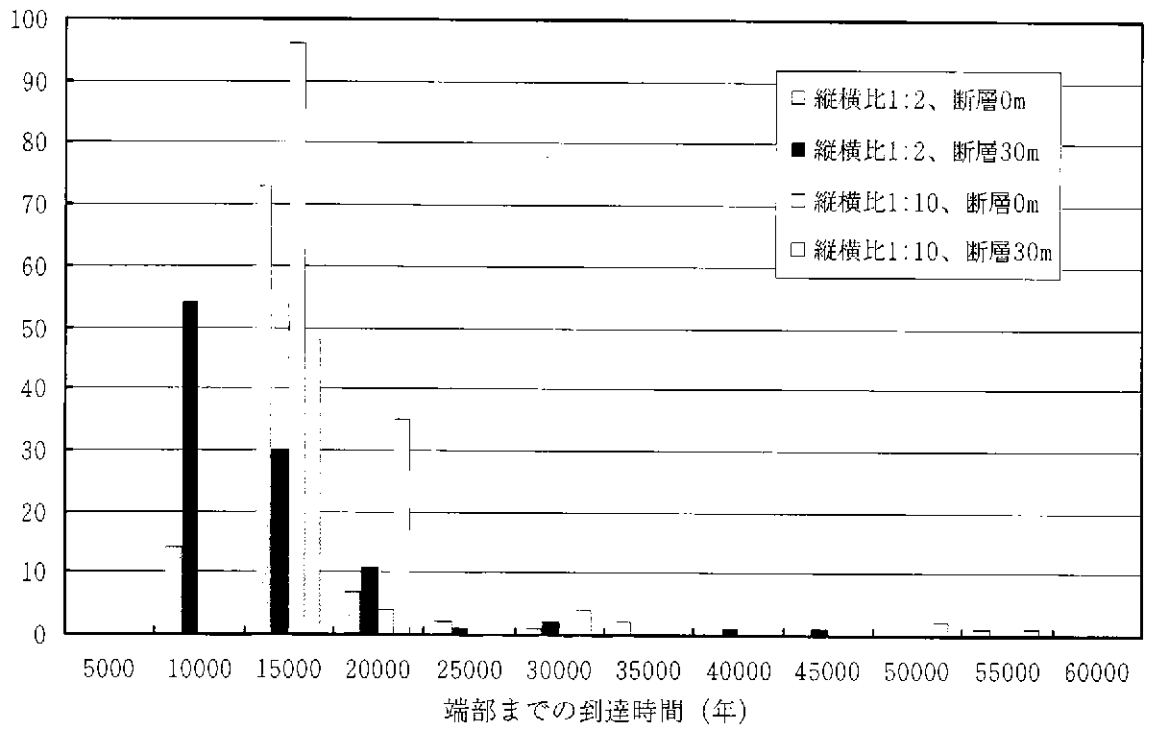
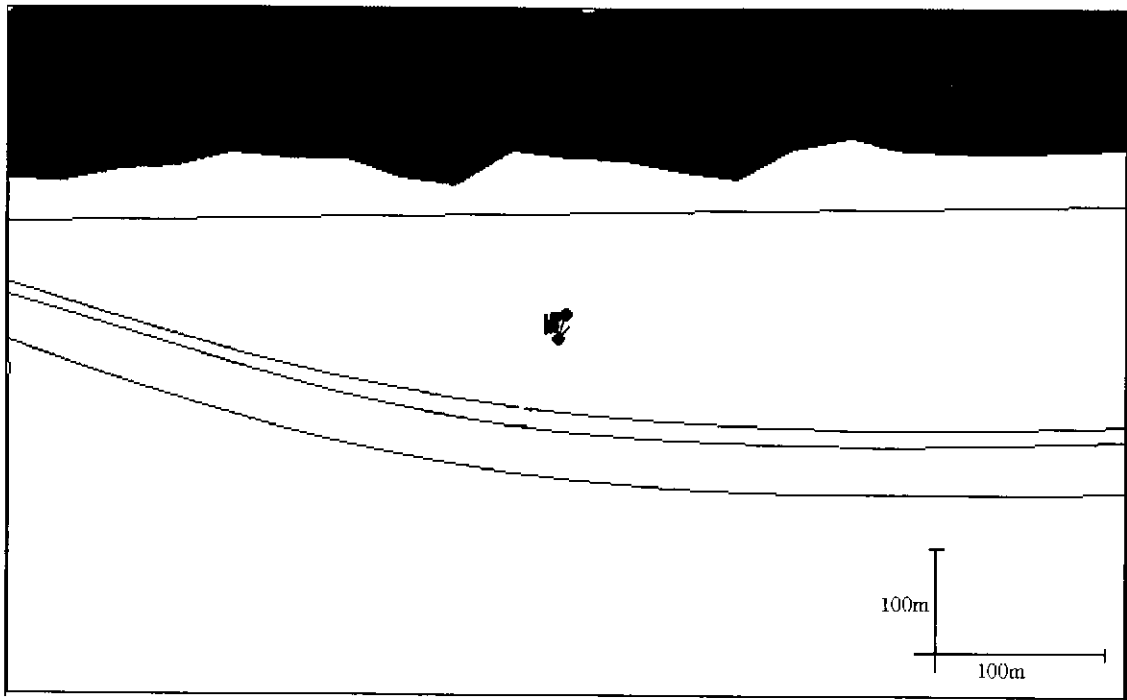
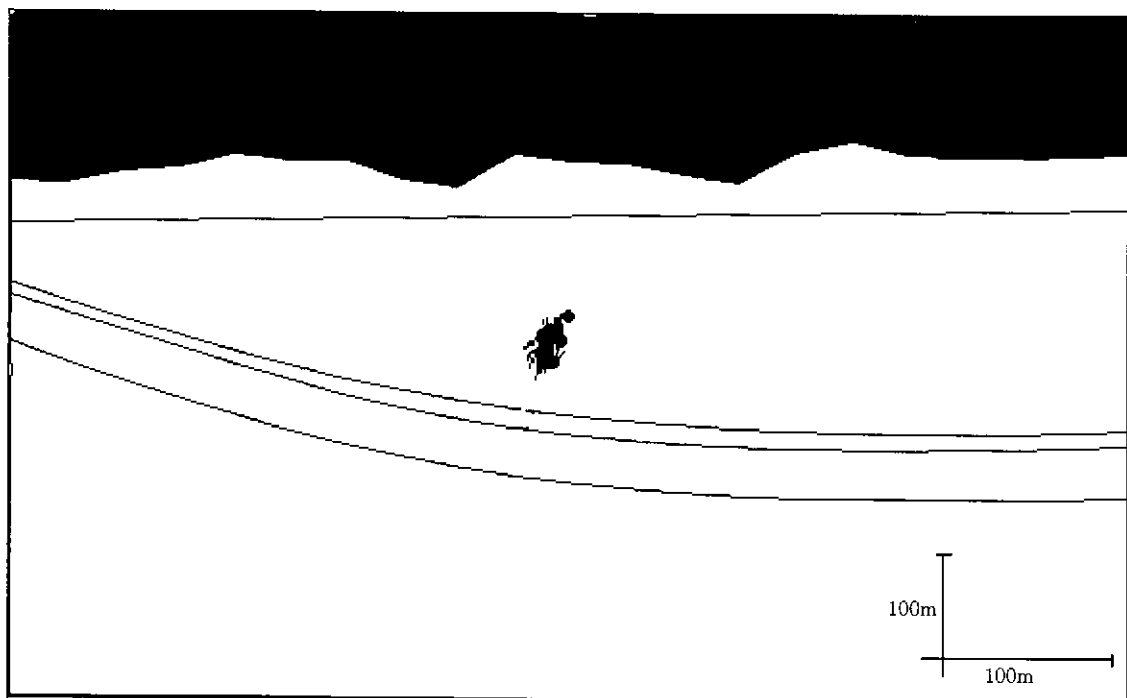


図 6.2-4 小域移動時間ヒストグラム

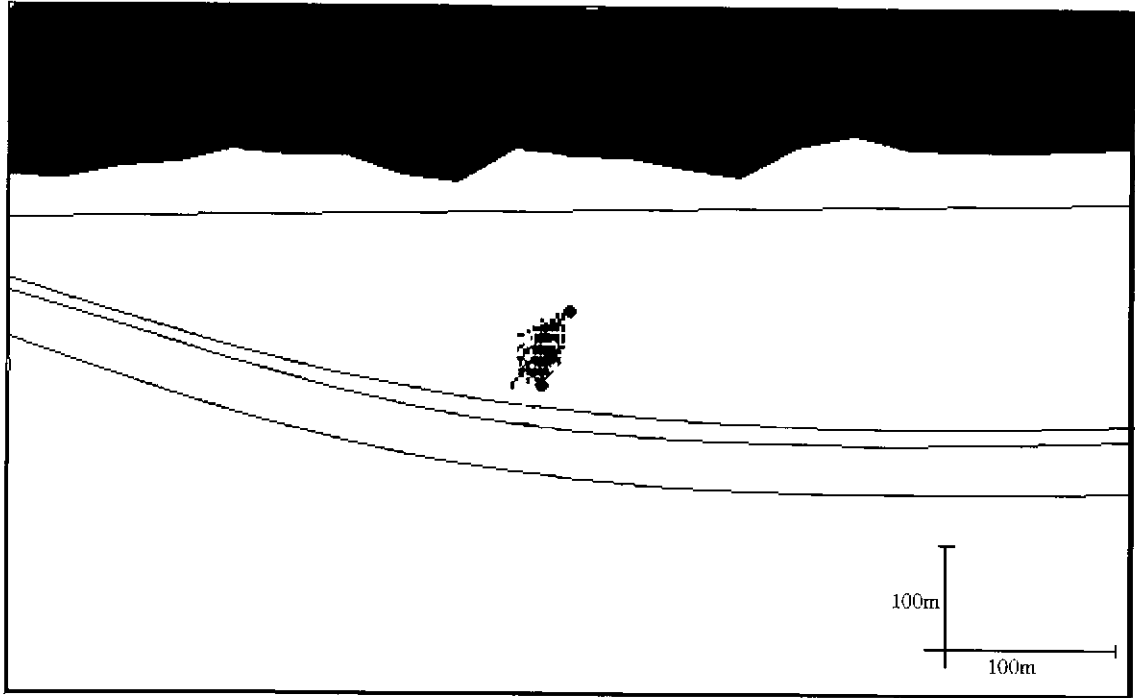


0・1,000 年後到達範囲（縦横比 1:2、断層 0m）

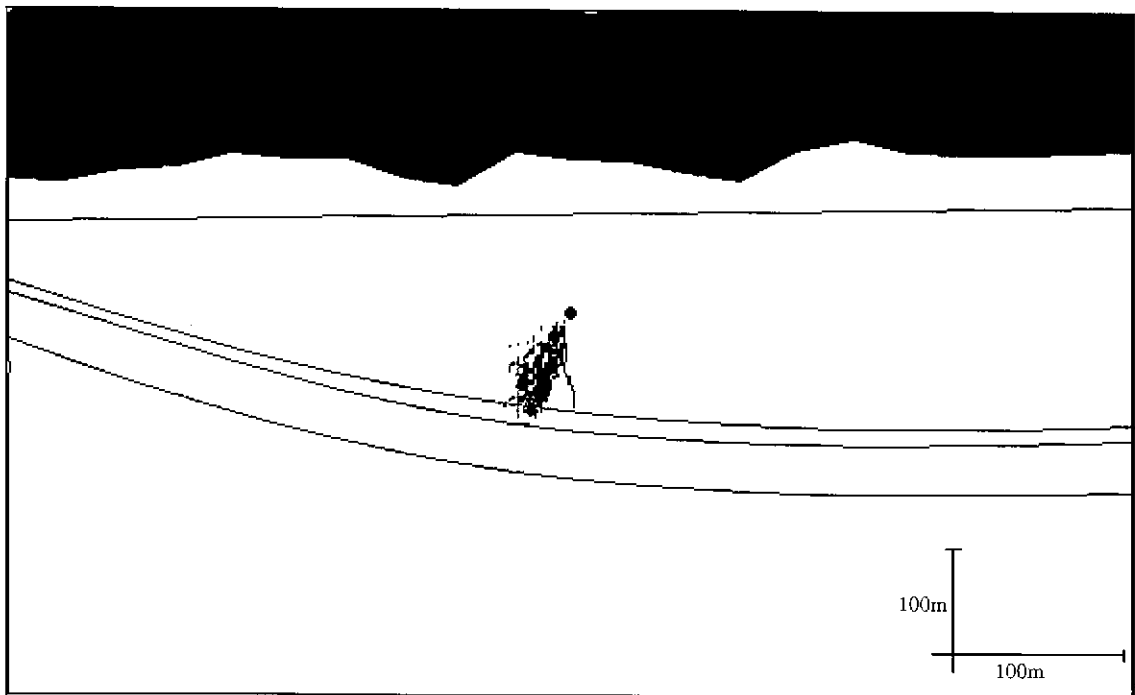


1,000・2,000 年後到達範囲（縦横比 1:2、断層 0m）

図 6.2-5.1 経過時間による到達範囲（縦横比 1:2、断層 0m）(1)  
 中心の●は始点、●と→で示された経路はその時間における均一透水係数場での移動を表す

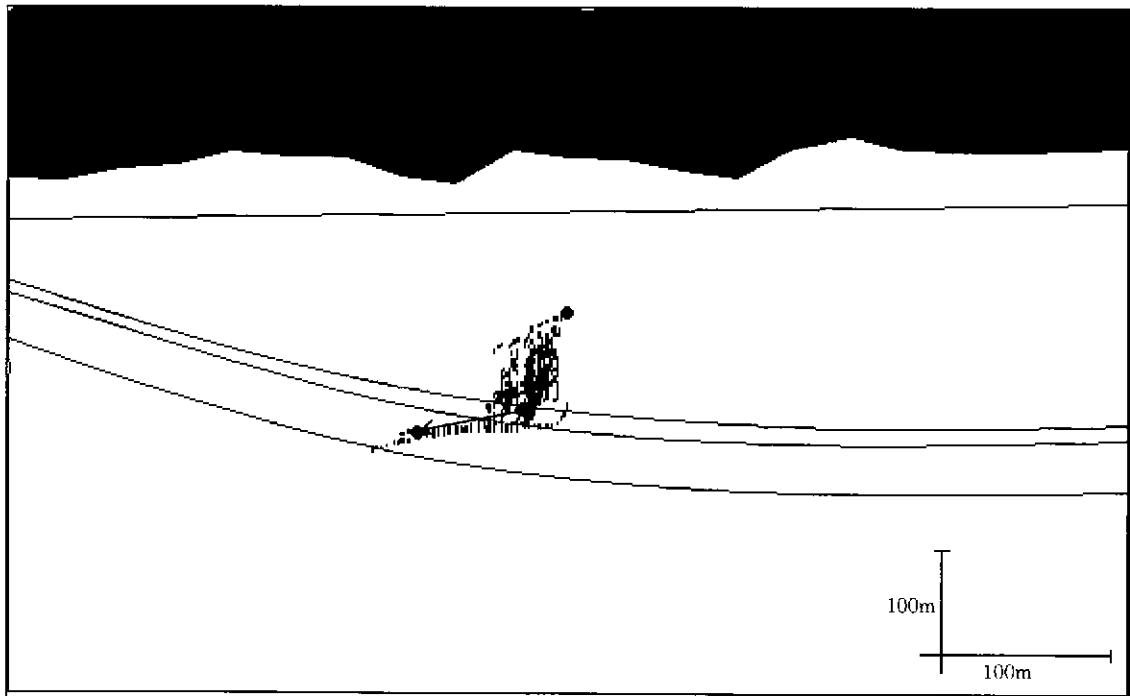


2,000-3,000 年後到達範囲（縦横比 1:2、断層 0m）

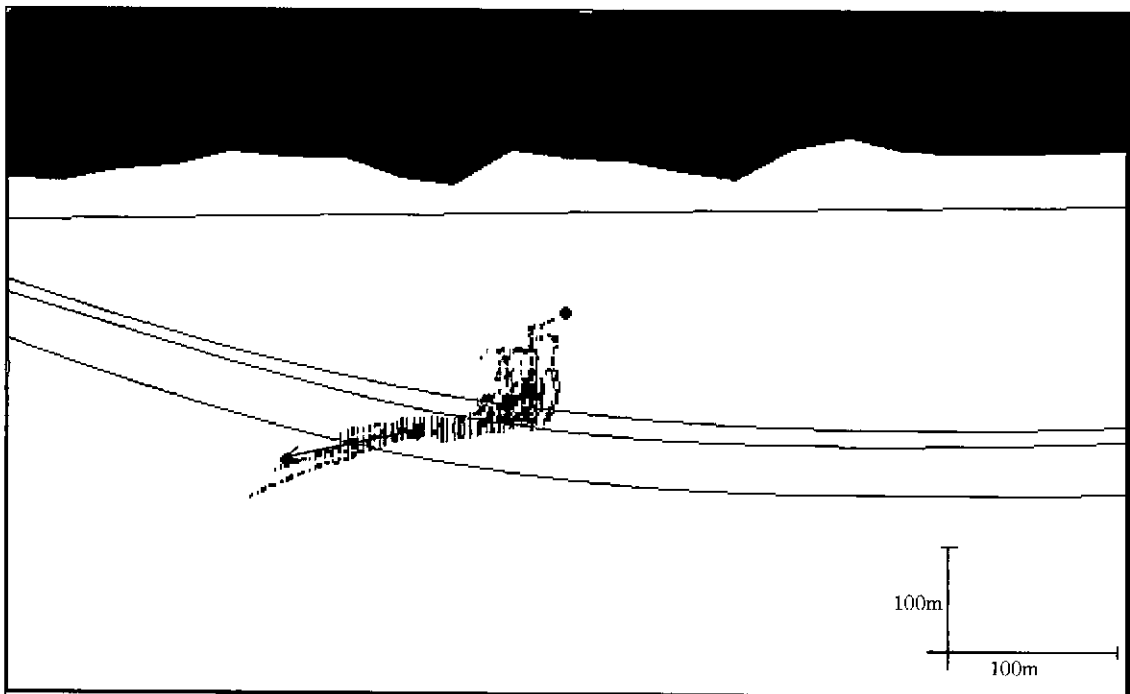


3,000-4,000 年後到達範囲（縦横比 1:2、断層 0m）

図 6.2-5.1 経過時間による到達範囲（縦横比 1:2、断層 0m）(2)  
 中心の●は始点、●と→で示された経路はその時間における均一透水係数場での移動を表す



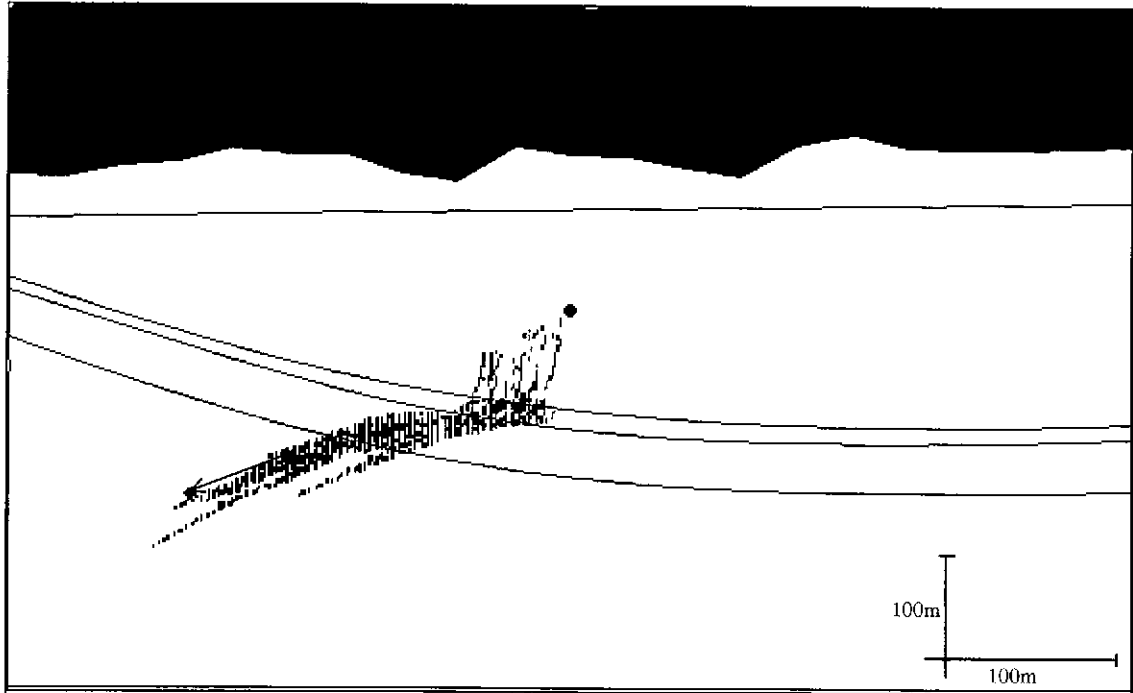
4,000・5,000 年後到達範囲（縦横比 1:2、断層 0m）



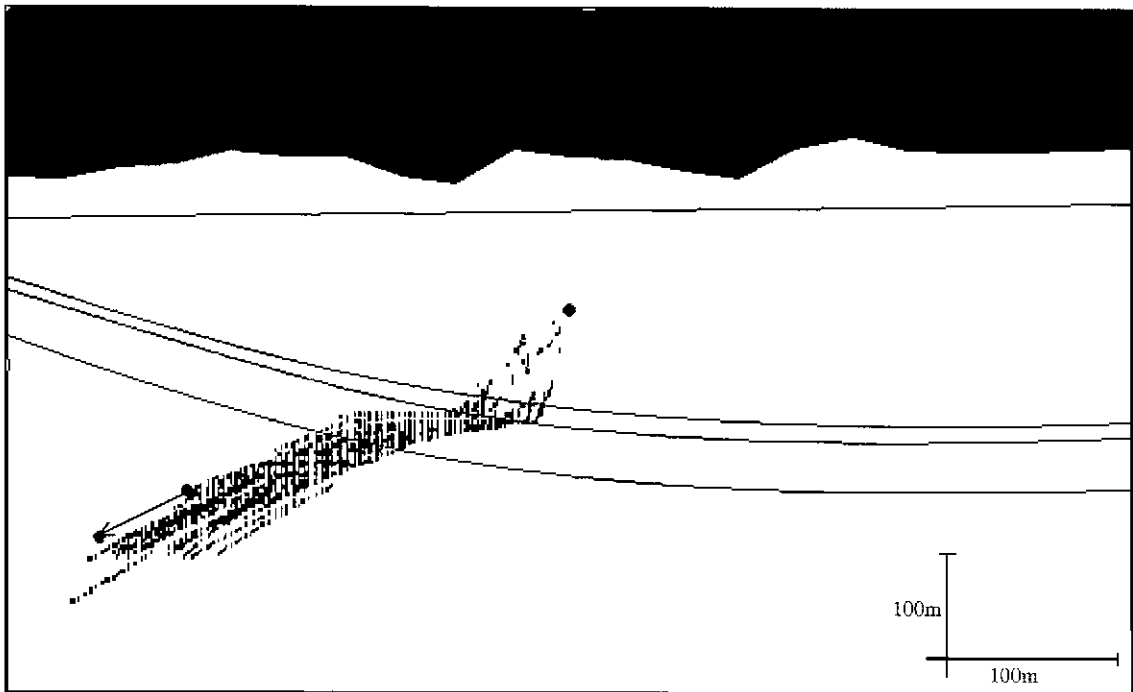
5,000・6,000 年後到達範囲（縦横比 1:2、断層 0m）

図 6.2-5.1 経過時間による到達範囲（縦横比 1:2、断層 0m）(3)

中心の●は始点、●と→で示された経路はその時間における均一透水係数場での移動を表す



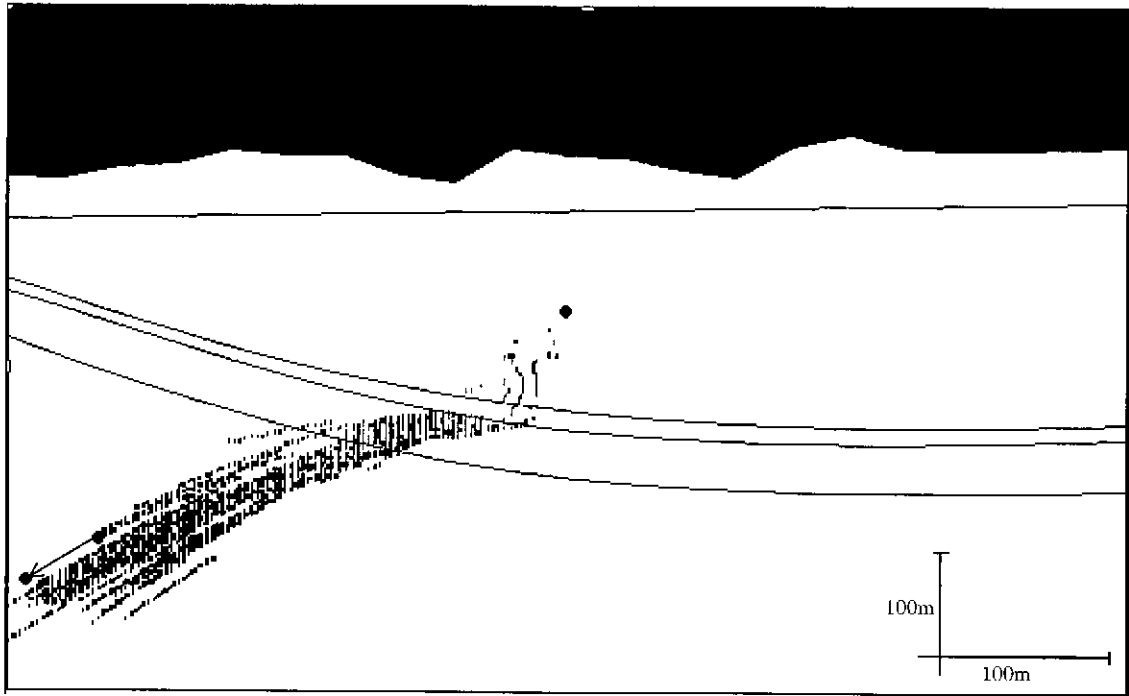
6,000-7,000 年後到達範囲（縦横比 1:2、断層 0m）



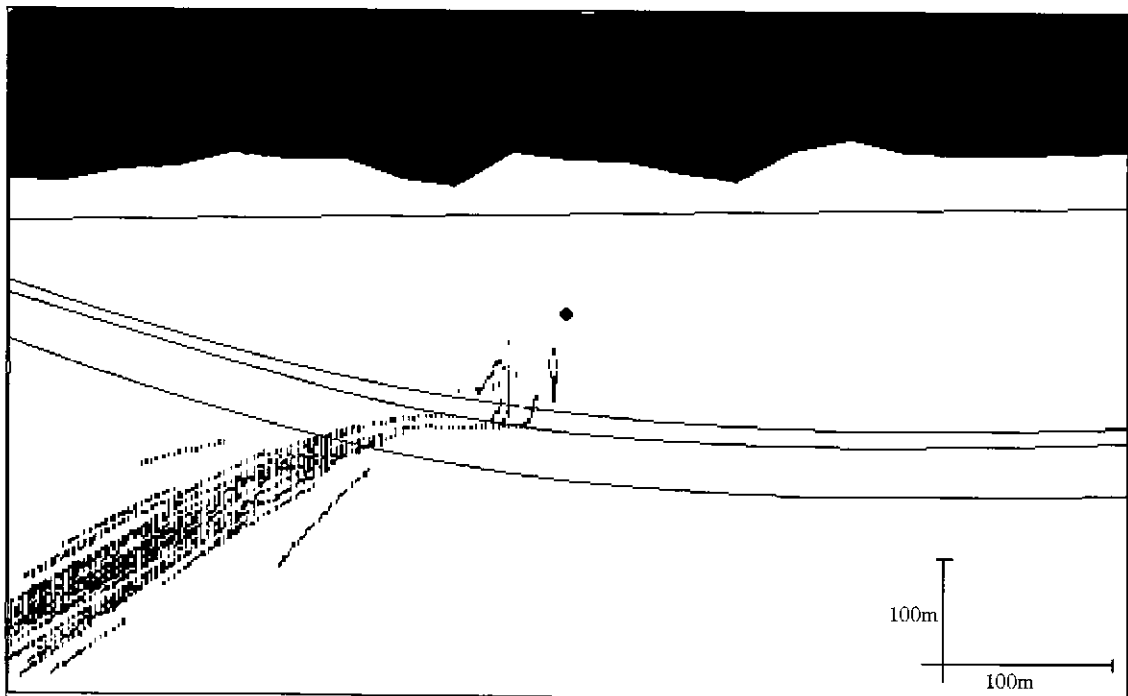
7,000-8,000 年後到達範囲（縦横比 1:2、断層 0m）

図 6.2-5.1 経過時間による到達範囲（縦横比 1:2、断層 0m）(4)

中心の●は始点、●と→で示された経路はその時間における均一透水係数場での移動を表す



8,000-9,000 年後到達範囲（縦横比 1:2、断層 0m）

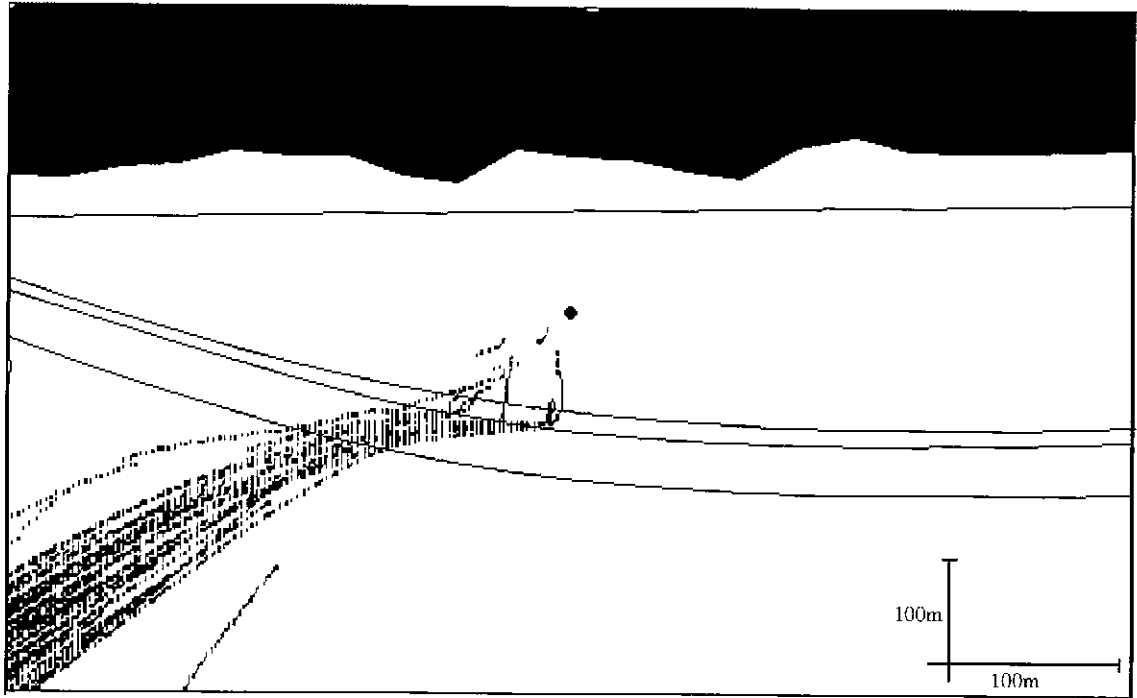


9,000-10,000 年後到達範囲（縦横比 1:2、断層 0m）

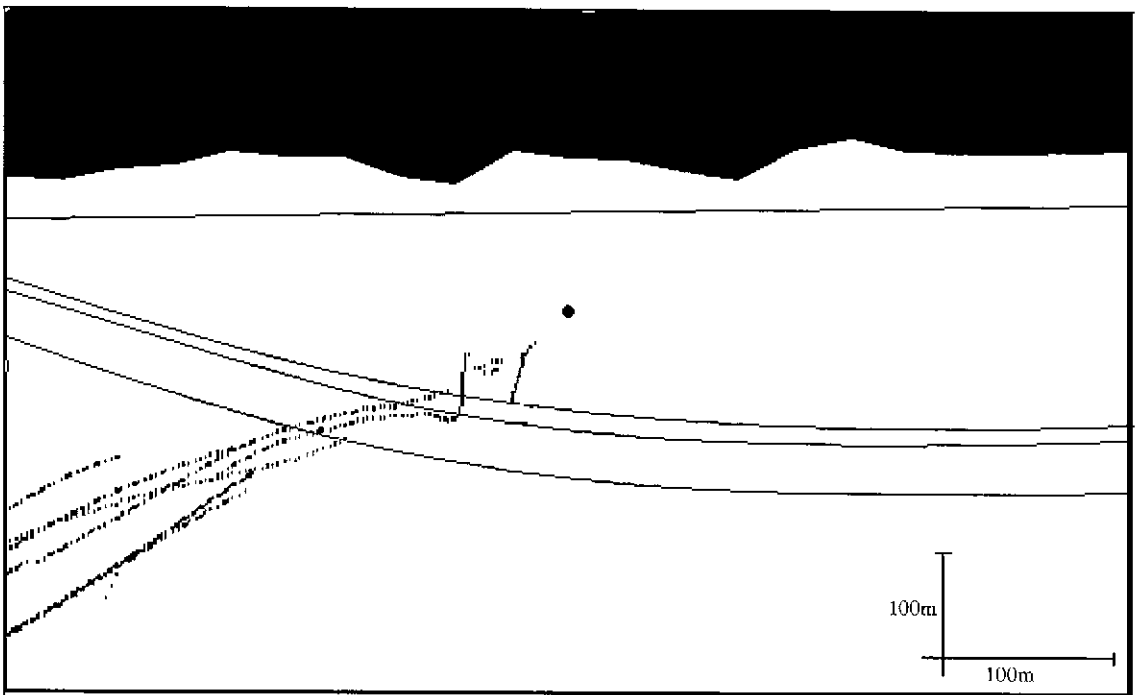
図 6.2-5.1 経過時間による到達範囲（縦横比 1:2、断層 0m）(5)

中心の●は始点、●と→で示された経路はその時間における均一透水係数場での移動を表す



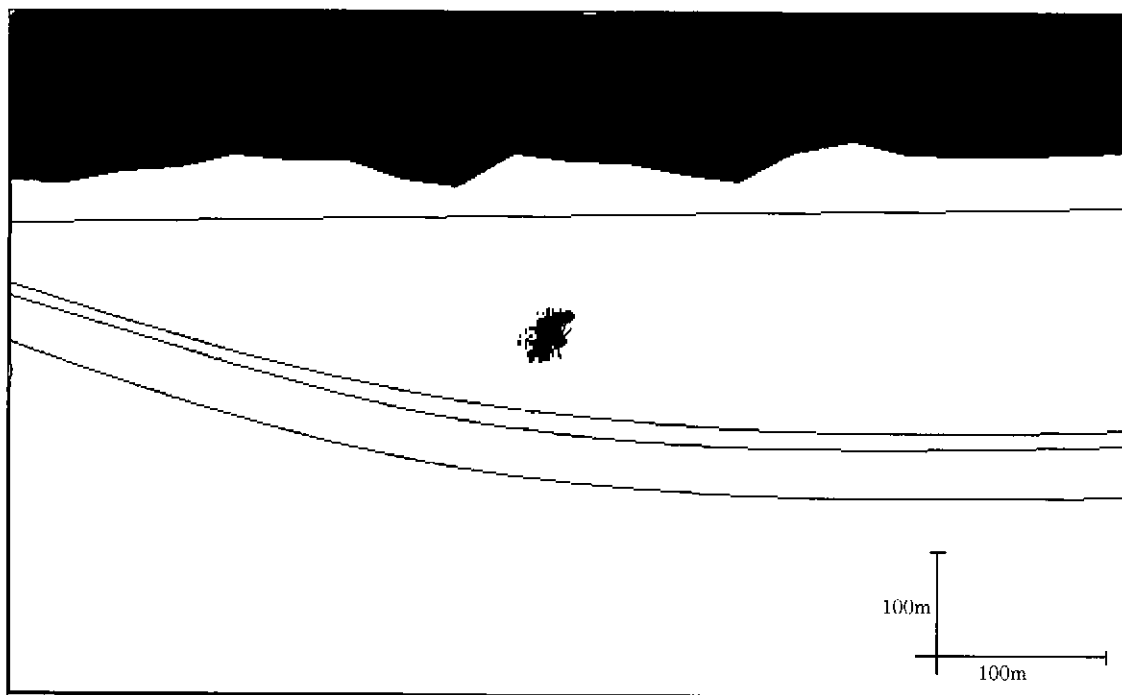


10,000-15,000 年後到達範囲 (縦横比 1:2、断層 0m)

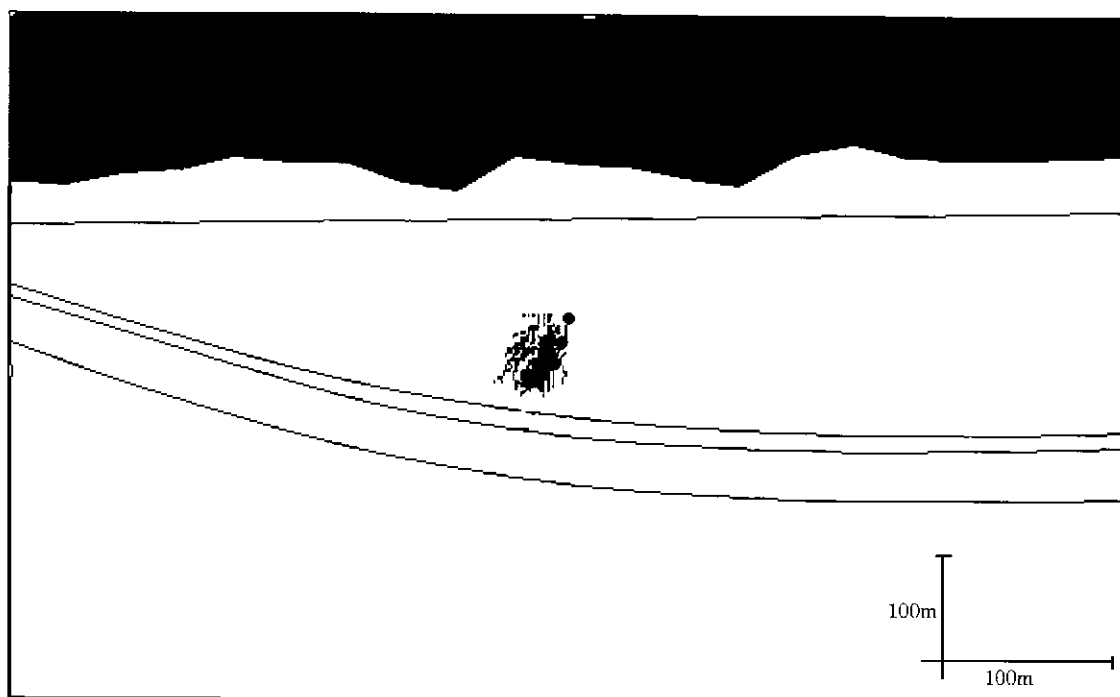


15,000-20,000 年後到達範囲 (縦横比 1:2、断層 0m)

図 6.2-5.1 経過時間による到達範囲 (縦横比 1:2、断層 0m) (6)  
 中心の●は始点、●と→で示された経路はその時間における均一透水系数場での移動を表す

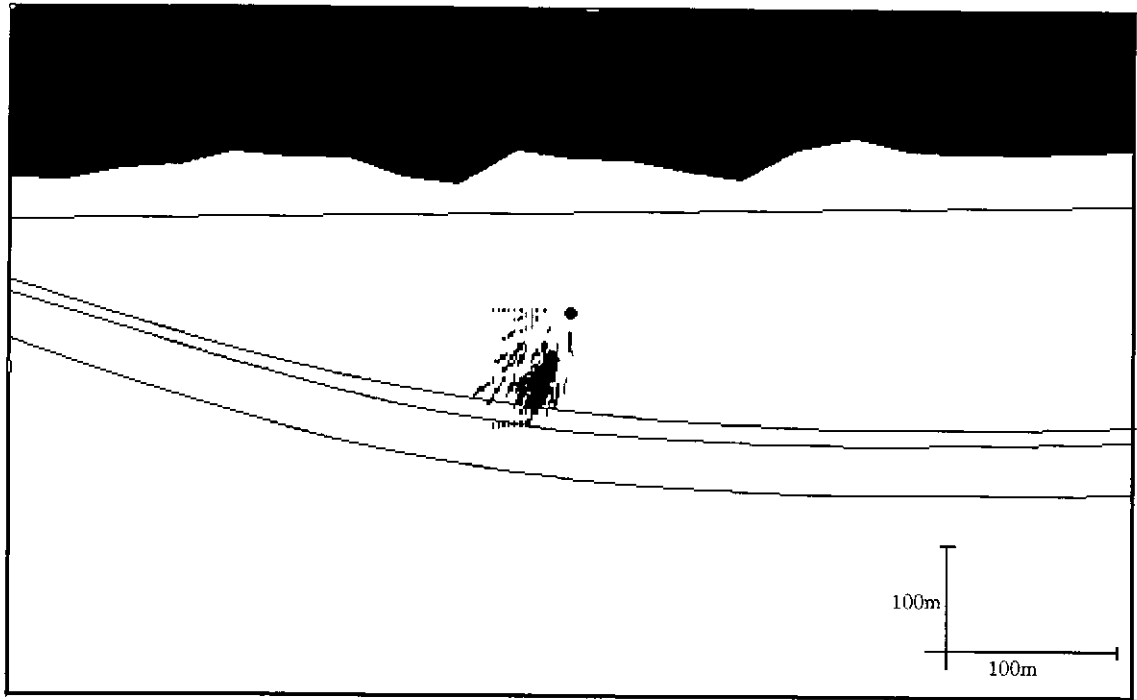


0・1,000 年後到達範囲（縦横比 1:2、断層 30m）

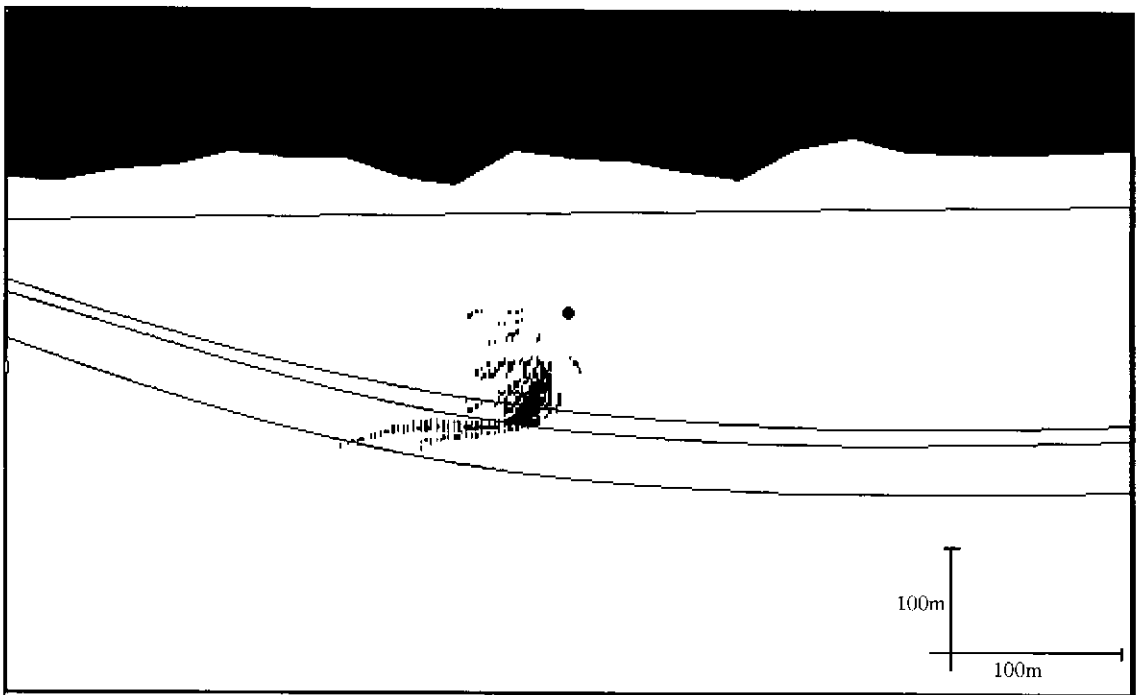


1,000・2,000 年後到達範囲（縦横比 1:2、断層 30m）

図 6.2-5.2 経過時間による到達範囲（縦横比 1:2、断層 30m）(1)  
 中心の●は始点、●と→で示された経路はその時間における均一透水係数場での移動を表す



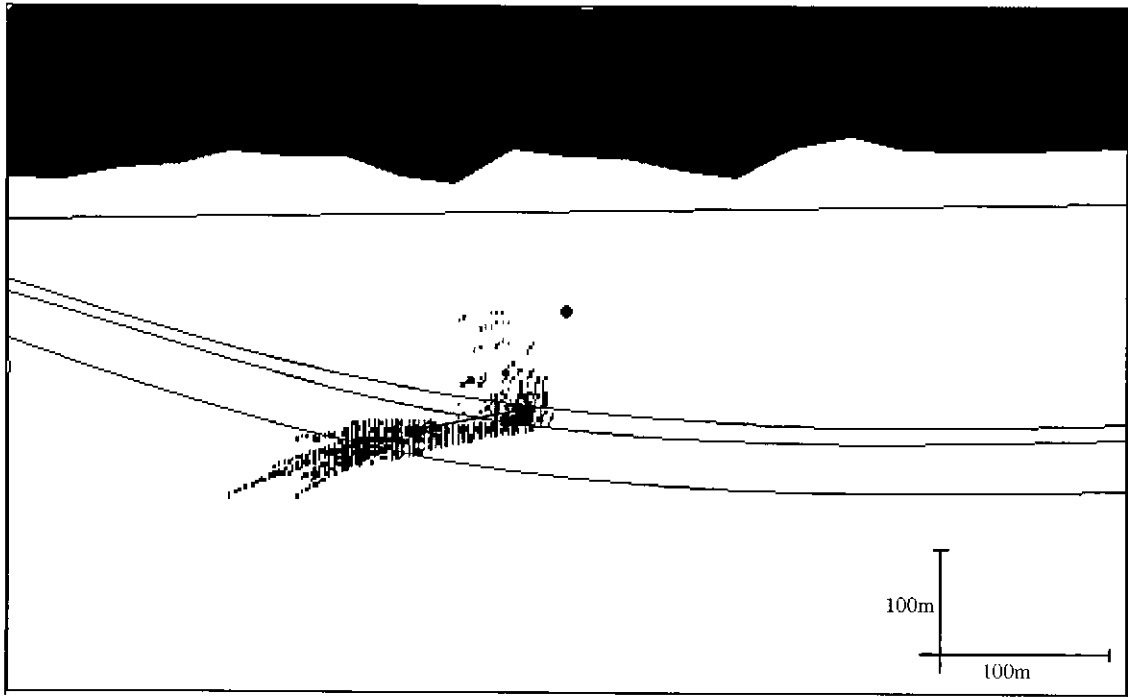
2,000-3,000 年後到達範囲（縦横比 1:2、断層 30m）



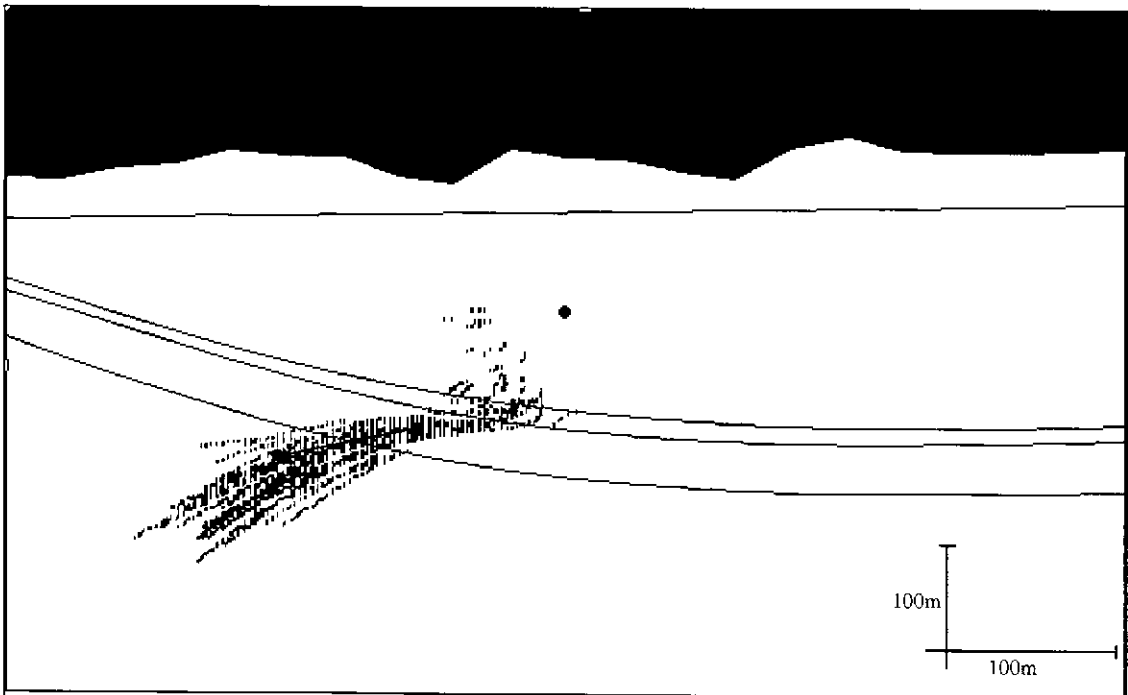
3,000-4,000 年後到達範囲（縦横比 1:2、断層 30m）

図 6.2-5.2 経過時間による到達範囲（縦横比 1:2、断層 30m）(2)

中心の●は始点、●と→で示された経路はその時間における均一透水係数場での移動を表す

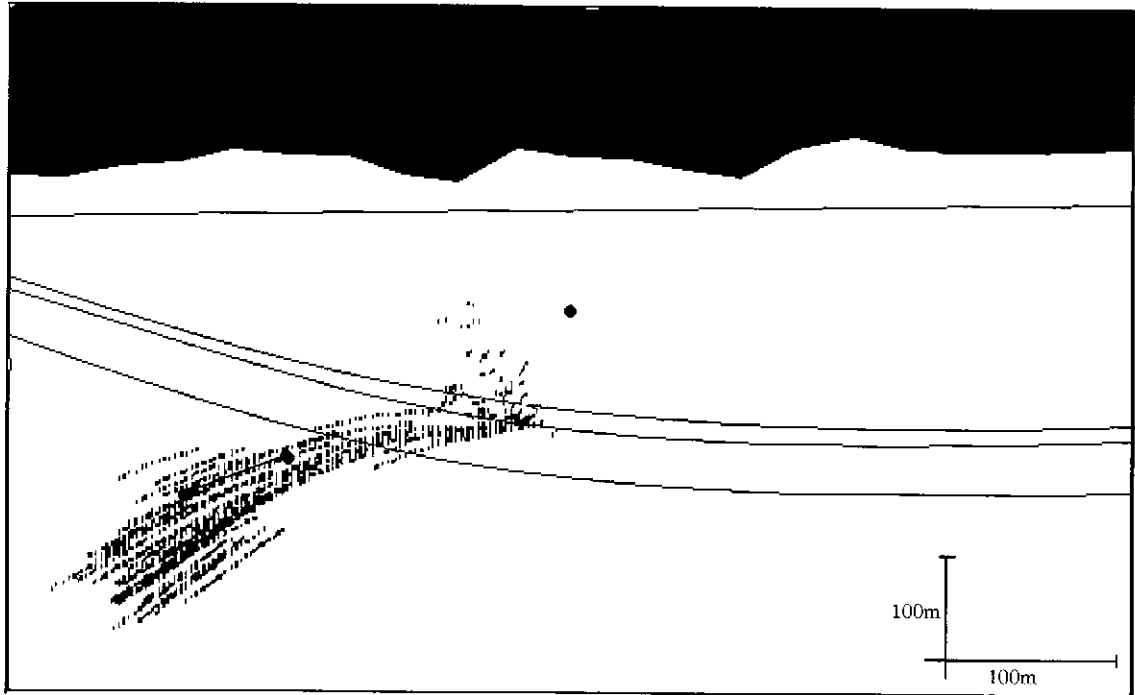


4,000-5,000 年後到達範囲 (縦横比 1:2、断層 30m)

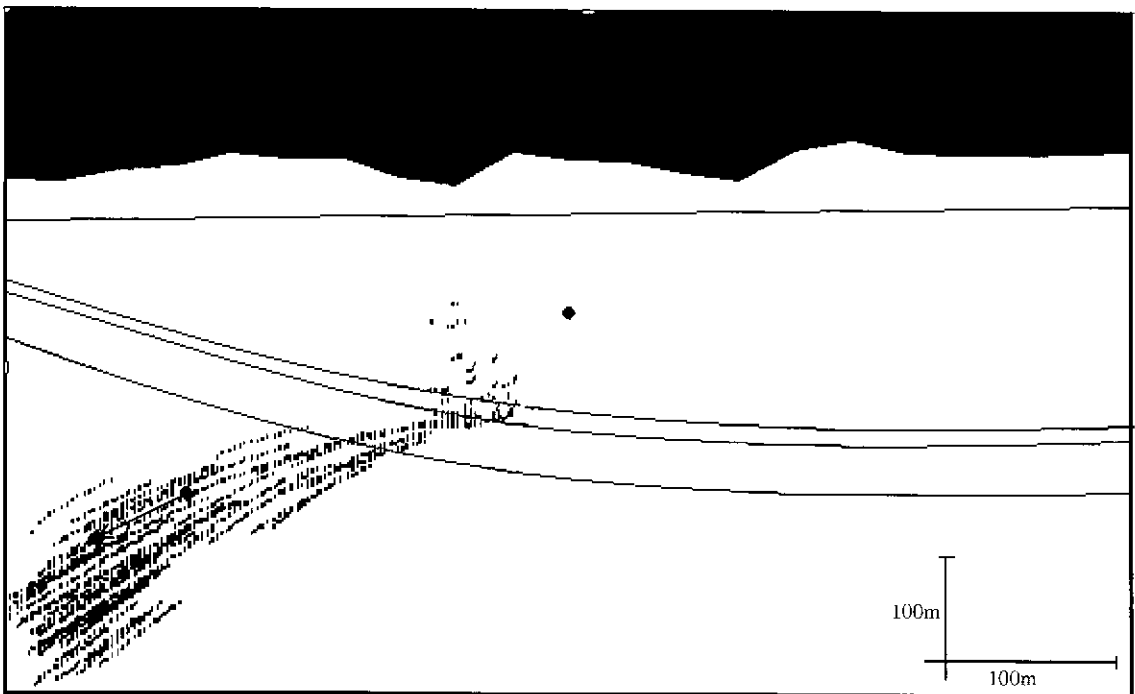


5,000-6,000 年後到達範囲 (縦横比 1:2、断層 30m)

図 6.2-5.2 経過時間による到達範囲 (縦横比 1:2、断層 30m) (3)  
 中心の●は始点、●と→で示された経路はその時間における均一透水係数場での移動を表す

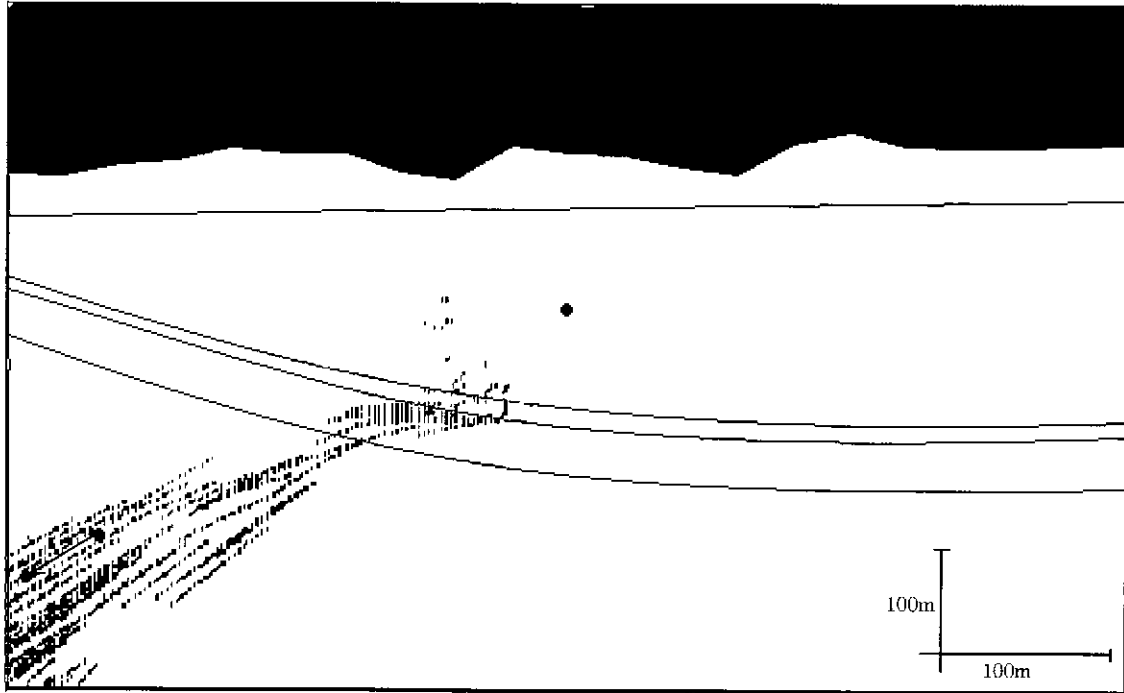


6,000-7,000 年後到達範囲（縦横比 1:2、断層 30m）

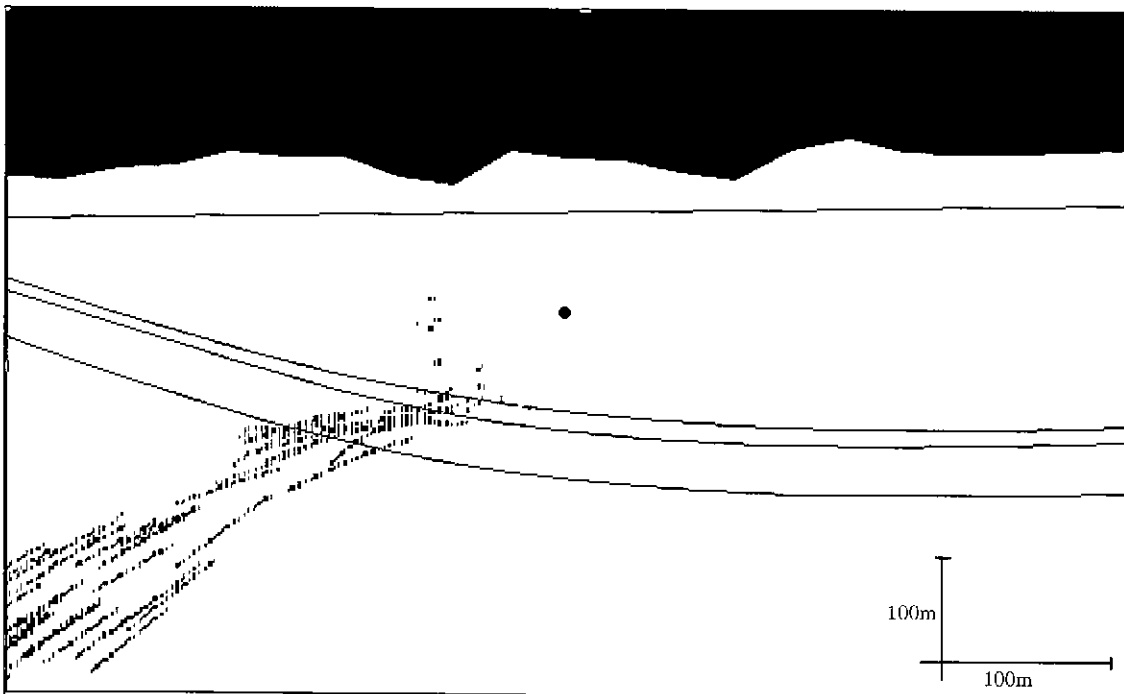


7,000-8,000 年後到達範囲（縦横比 1:2、断層 30m）

図 6.2-5.2 経過時間による到達範囲（縦横比 1:2、断層 30m）(4)  
 中心の●は始点、●と→で示された経路はその時間における均一透水係数場での移動を表す

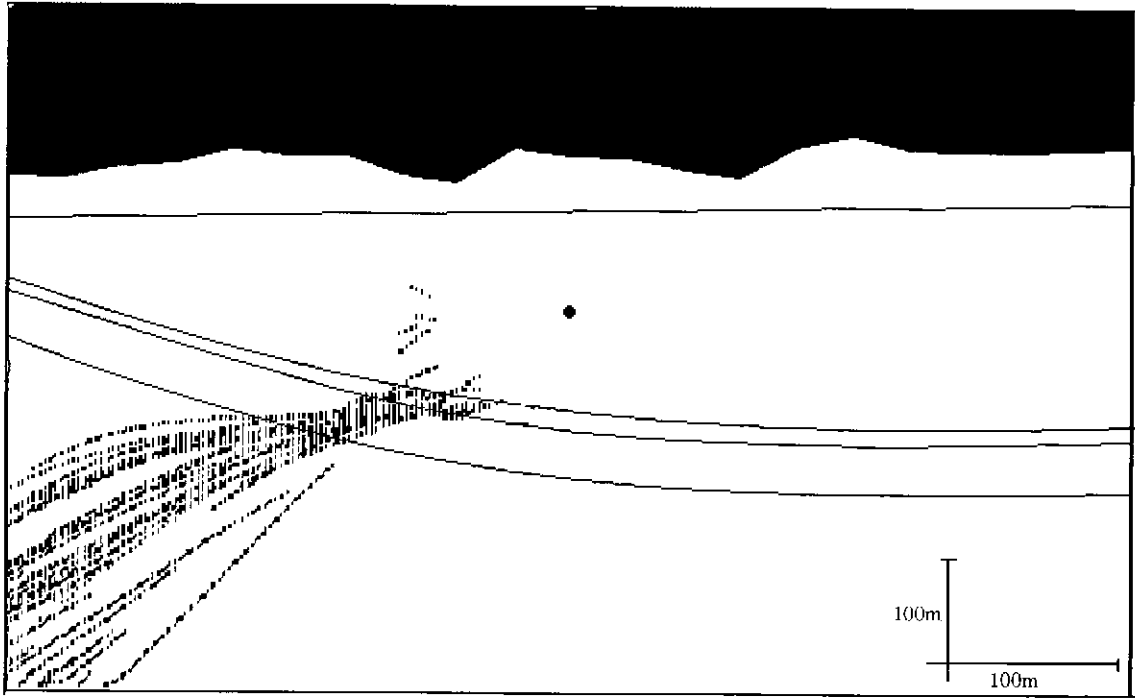


8,000-9,000 年後到達範囲 (縦横比 1:2、断層 30m)

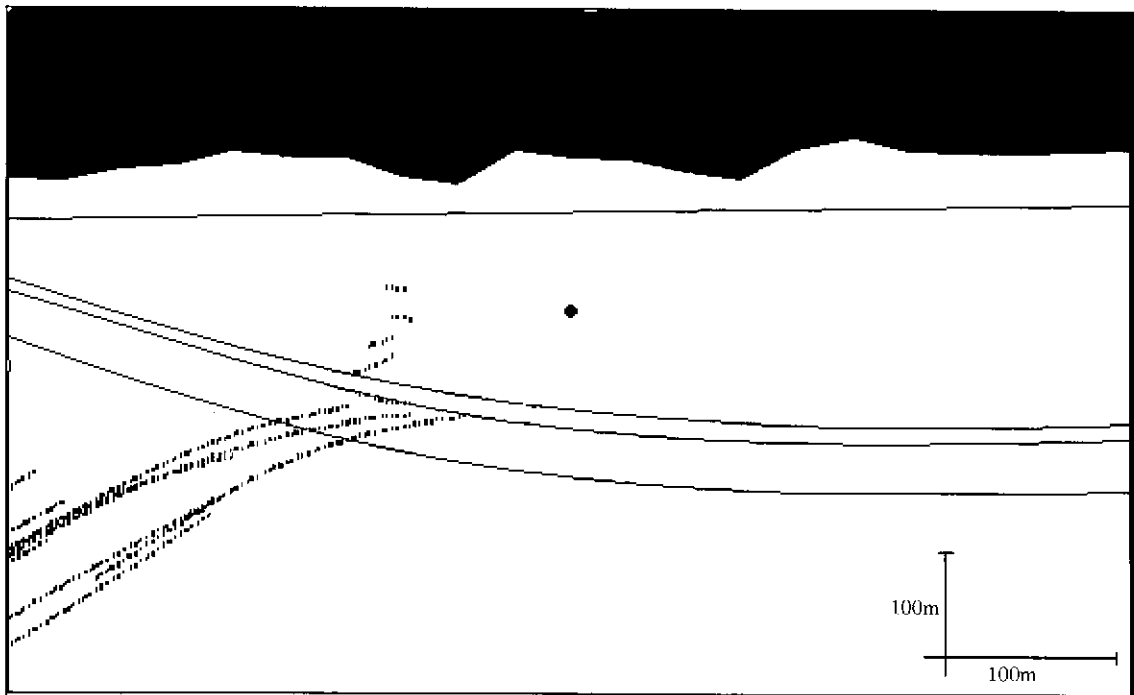


9,000-10,000 年後到達範囲 (縦横比 1:2、断層 30m)

図 6.2-5.2 経過時間による到達範囲 (縦横比 1:2、断層 30m) (5)  
 中心の●は始点、●と→で示された経路はその時間における均一透水係数場での移動を表す

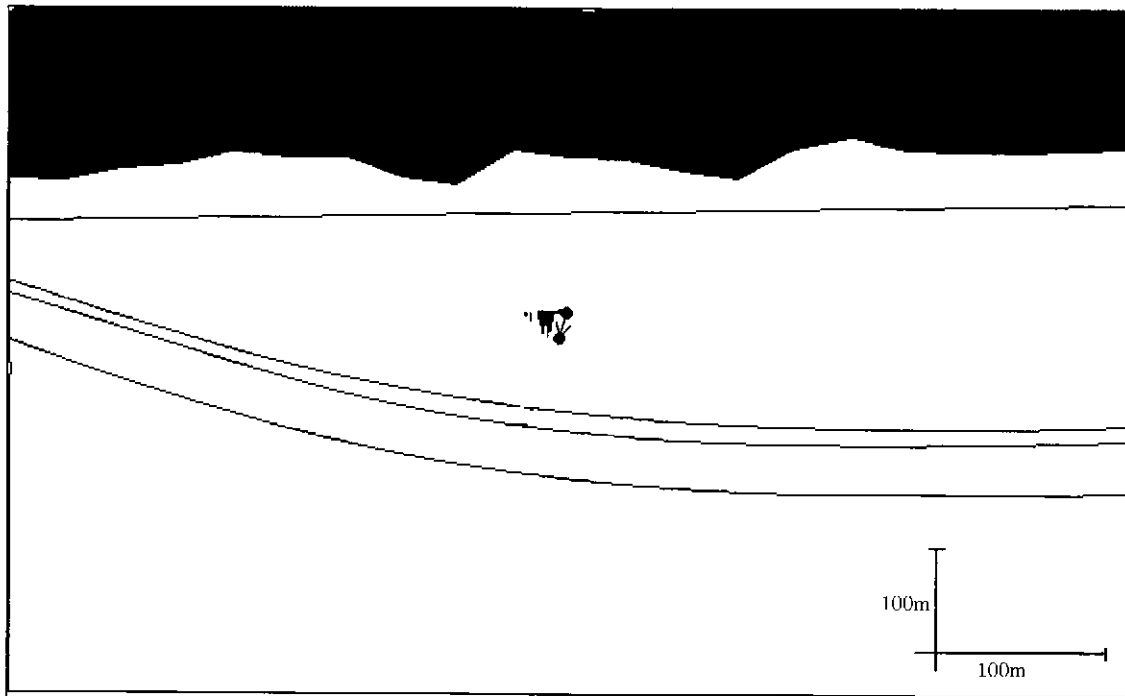


10,000-15,000 年後到達範囲 (縦横比 1:2、断層 30m)

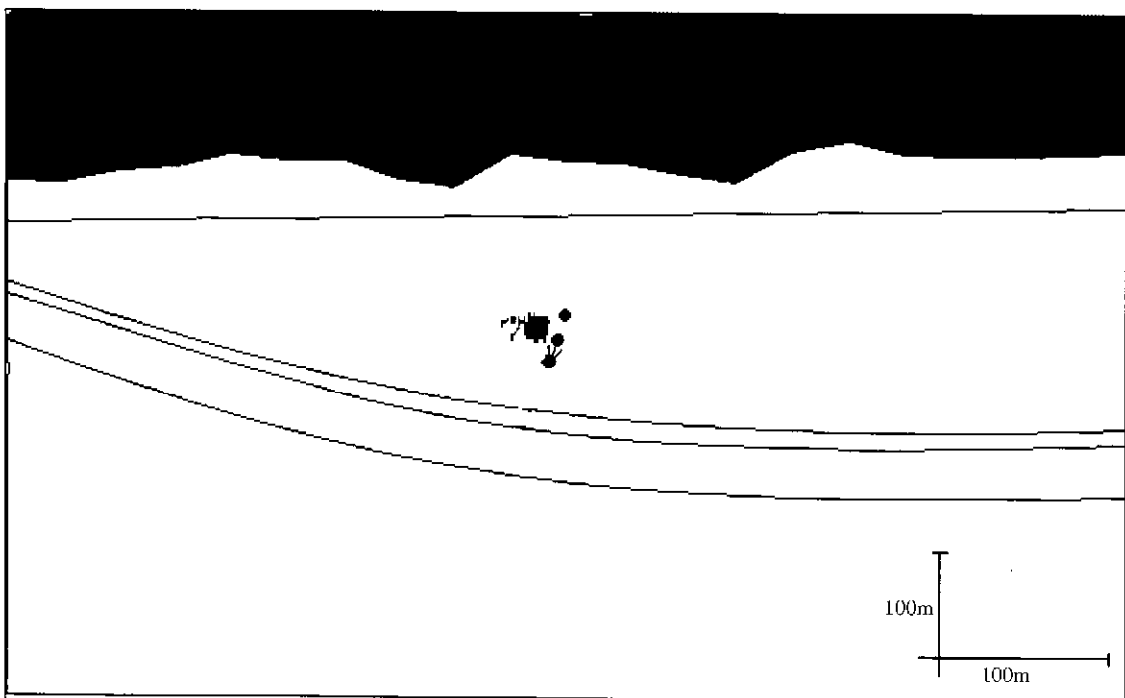


15,000-20,000 年後到達範囲 (縦横比 1:2、断層 30m)

図 6.2-5.2 経過時間による到達範囲 (縦横比 1:2、断層 30m) (6)  
 中心の●は始点、●と→で示された経路はその時間における平均透水係数場での移動を表す



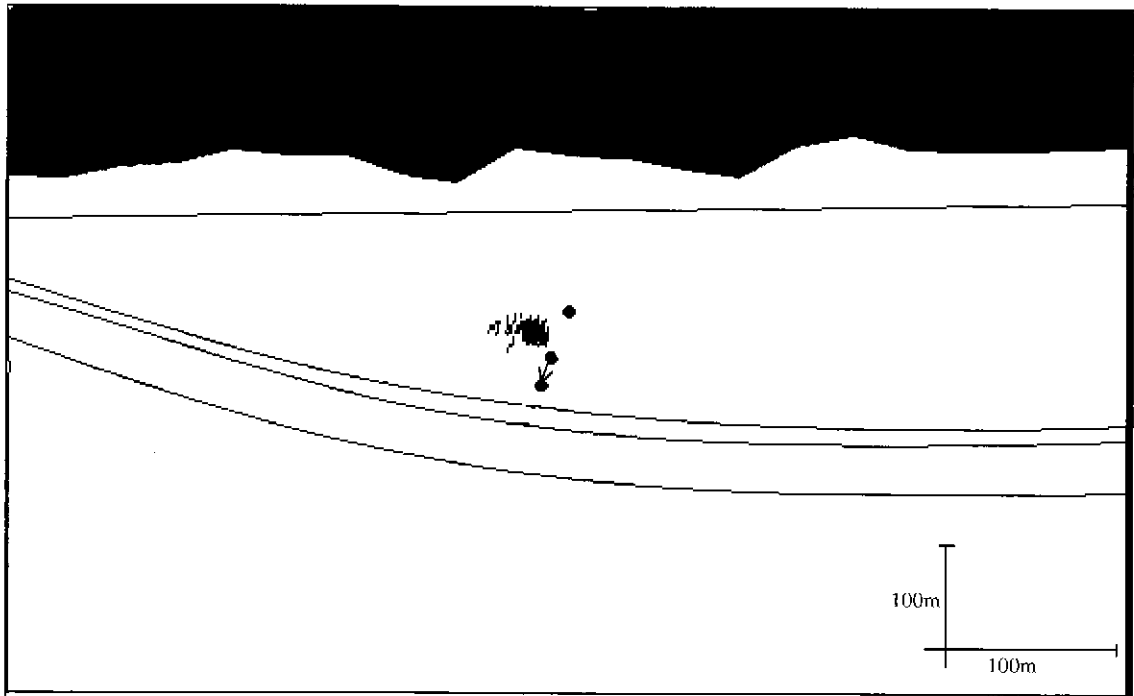
0・1,000 年後到達範囲（縦横比 1:10、断層 0m）



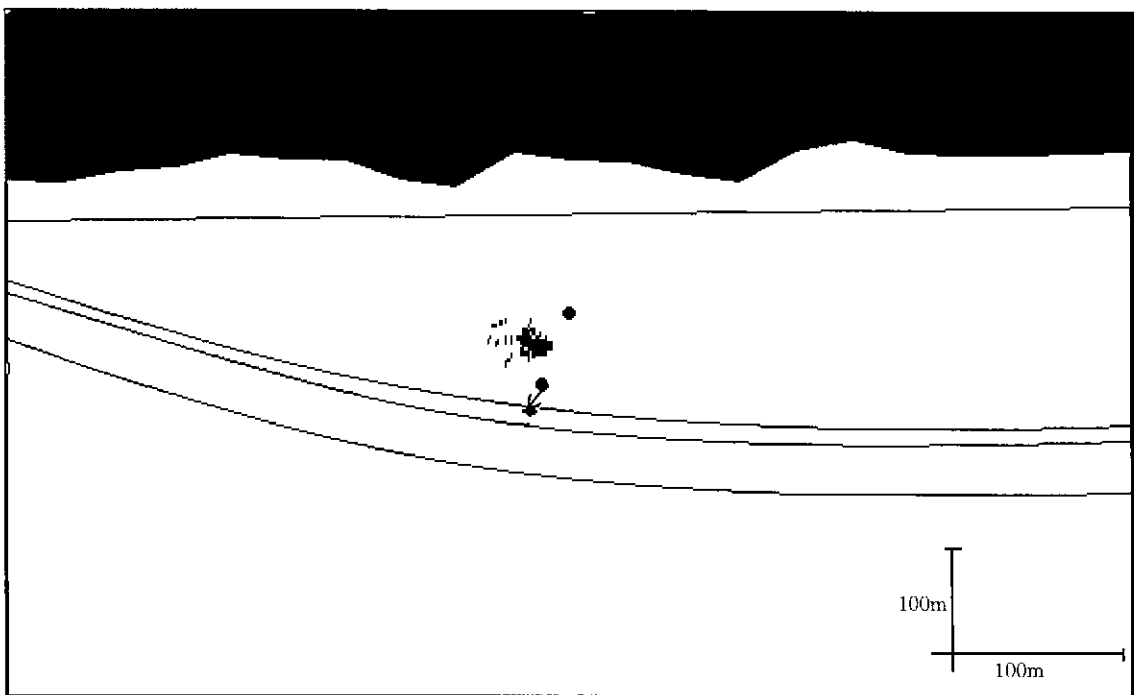
1,000・2,000 年後到達範囲（縦横比 1:10、断層 0m）

図 6.2-5.3 経過時間による到達範囲（縦横比 1:10、断層 0m）(1)  
 中心の●は始点、●と→で示された経路はその時間における均一透水係数場での移動を表す





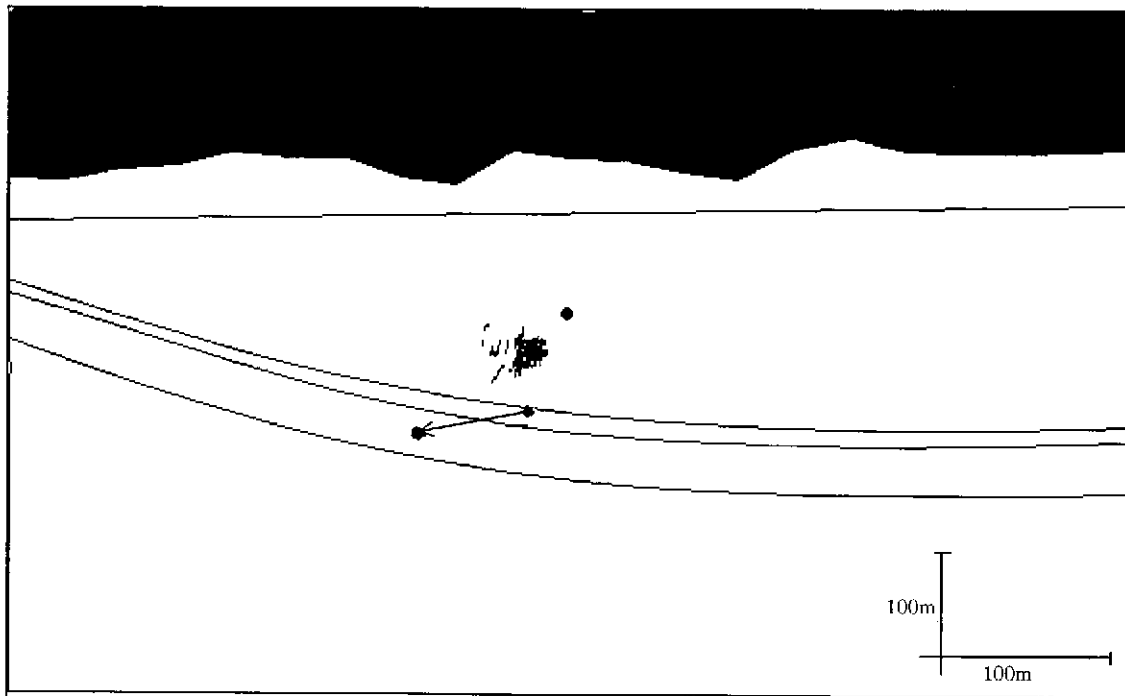
2,000-3,000 年後到達範囲（縦横比 1:10、断層 0m）



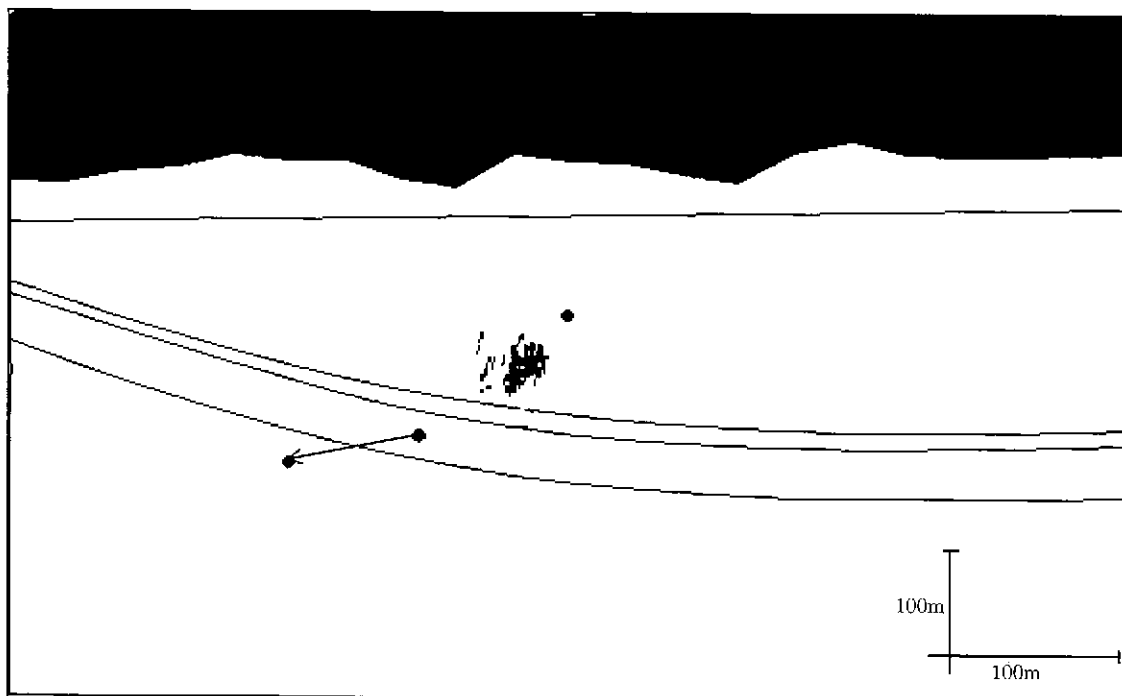
3,000-4,000 年後到達範囲（縦横比 1:10、断層 0m）

図 6.2-5.3 経過時間による到達範囲（縦横比 1:10、断層 0m）(2)

中心の●は始点、●と→で示された経路はその時間における均一透水係数場での移動を表す

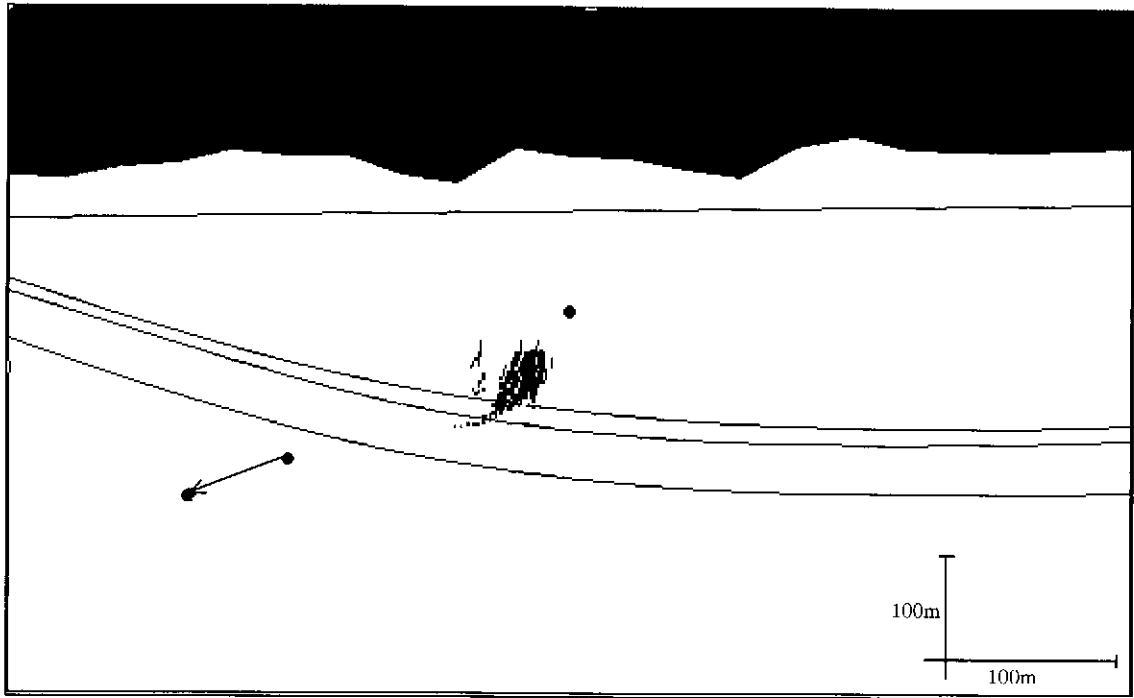


4,000-5,000 年後到達範囲 (縦横比 1:10、断層 0m)

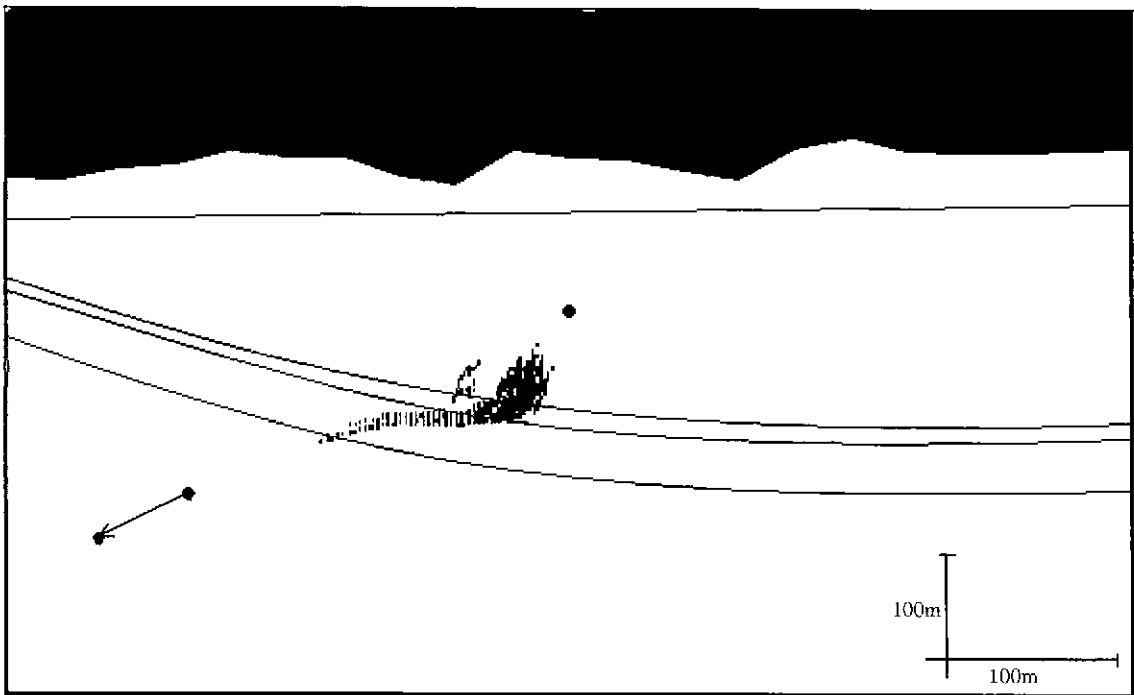


5,000-6,000 年後到達範囲 (縦横比 1:10、断層 0m)

図 6.2-5.3 経過時間による到達範囲 (縦横比 1:10、断層 0m) (3)  
 中心の●は始点、●と→で示された経路はその時間における均一透水係数場での移動を表す

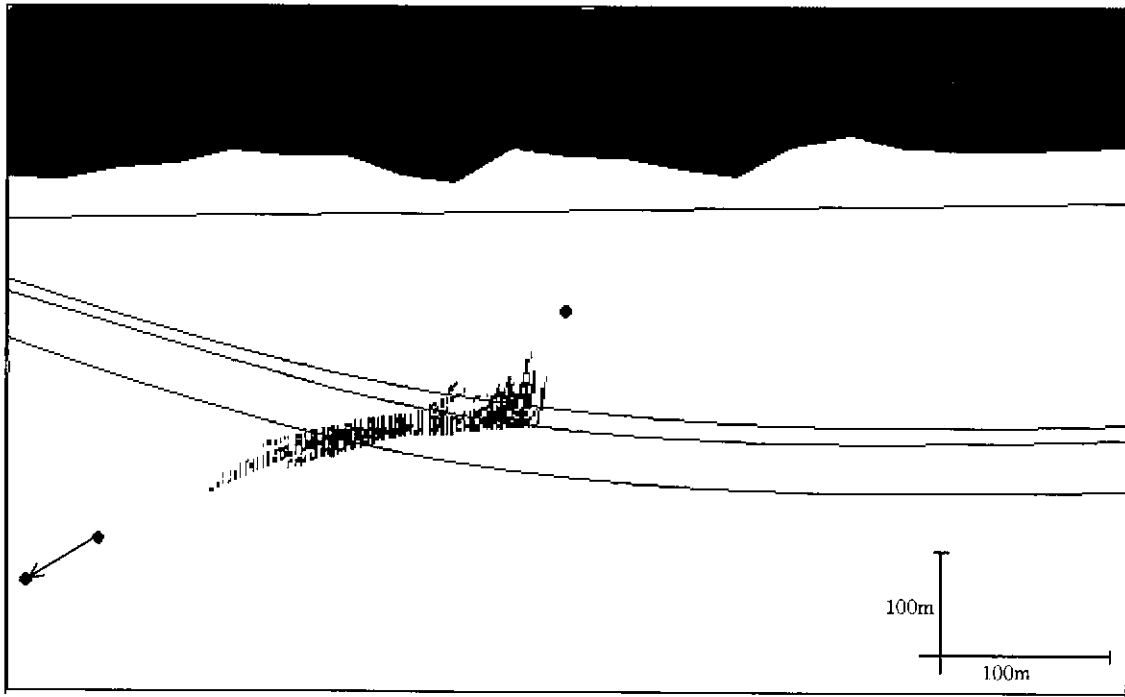


6,000-7,000 年後到達範囲（縦横比 1:10、断層 0m）

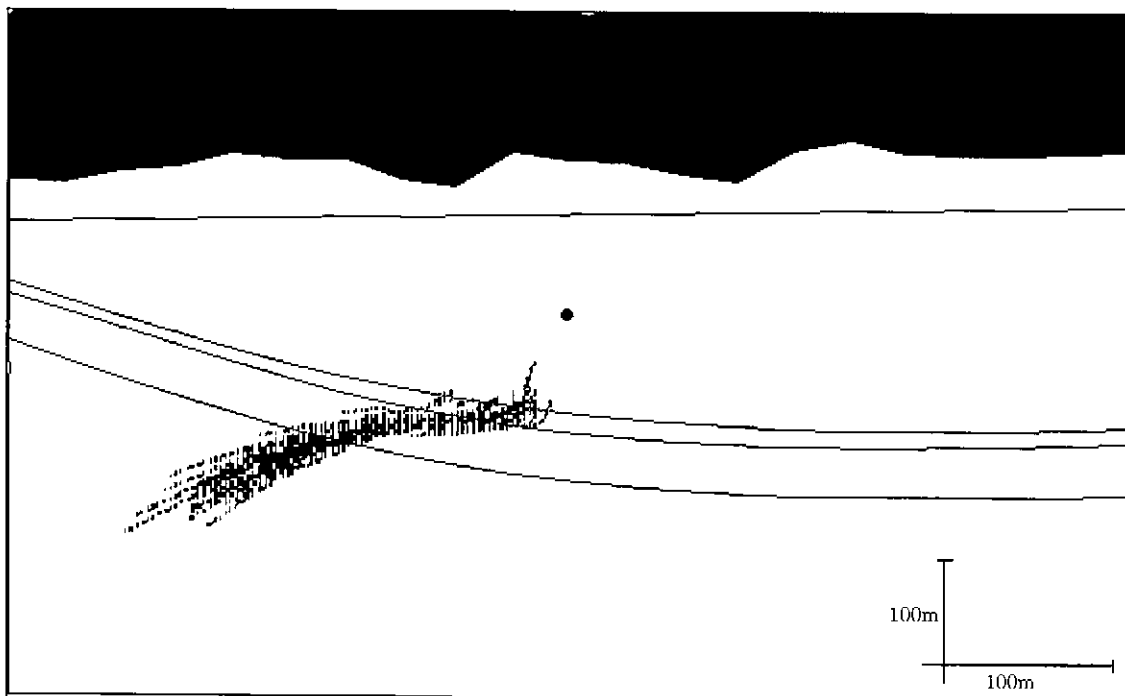


7,000-8,000 年後到達範囲（縦横比 1:10、断層 0m）

図 6.2-5.3 経過時間による到達範囲（縦横比 1:10、断層 0m）(4)  
 中心の●は始点、●→で示された経路はその時間における均一透水係数場での移動を表す

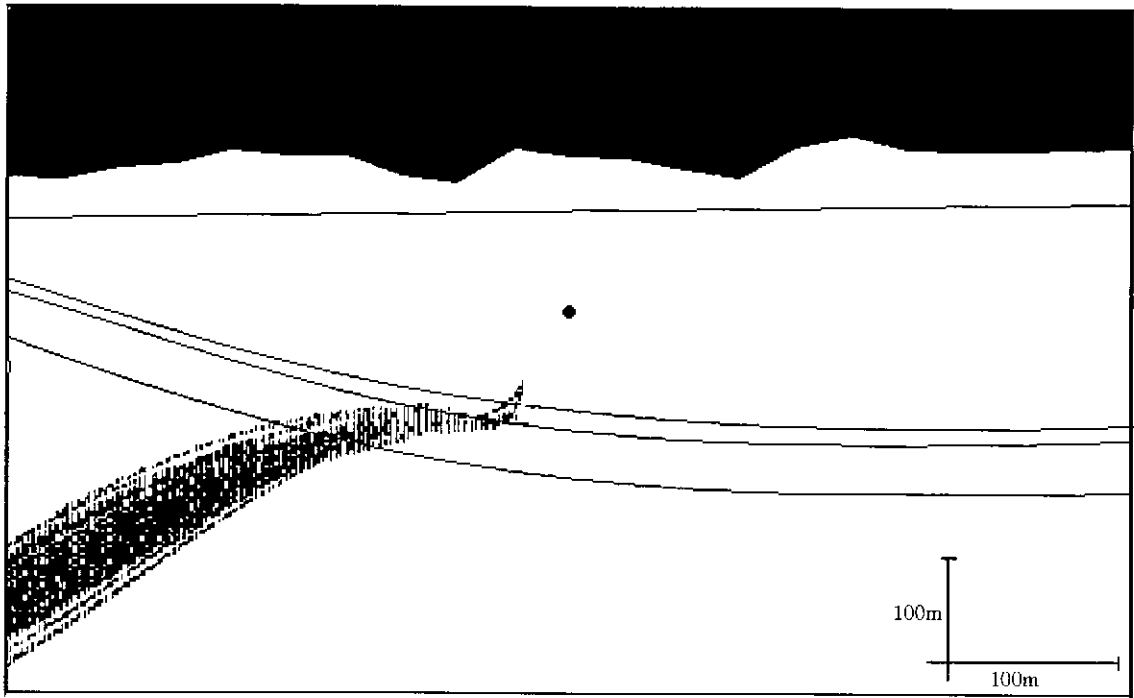


8,000-9,000 年後到達範囲（縦横比 1:10、断層 0m）

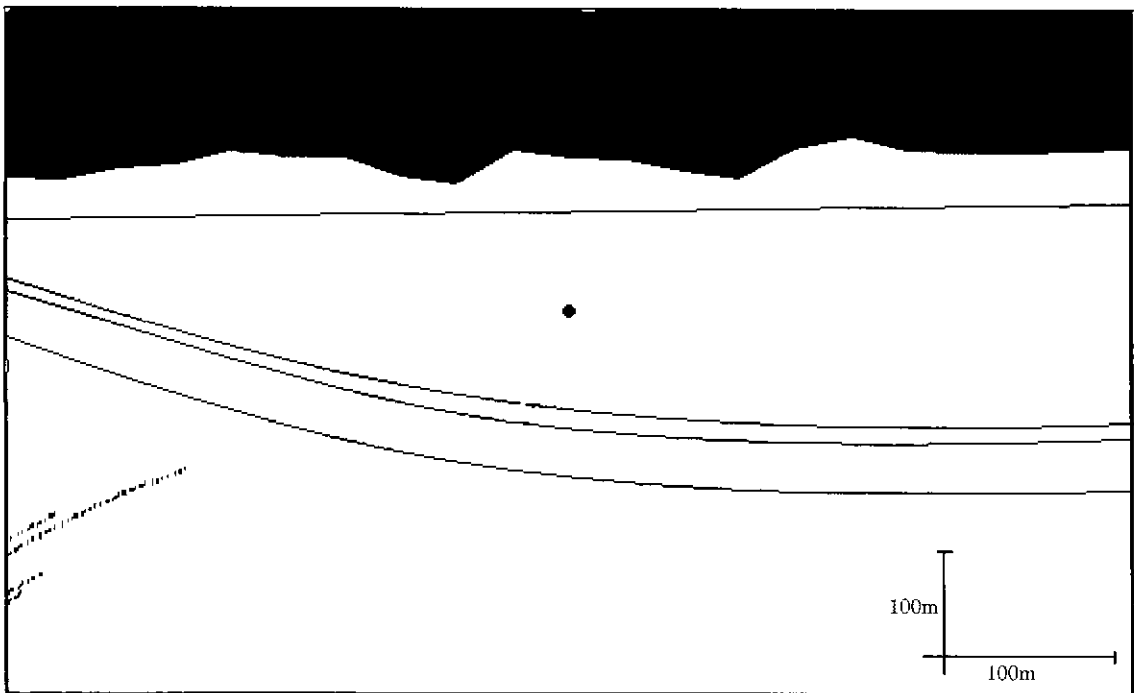


9,000-10,000 年後到達範囲（縦横比 1:10、断層 0m）

図 6.2-5.3 経過時間による到達範囲（縦横比 1:10、断層 0m）(5)  
 中心の●は始点、●と→で示された経路はその時間における均一透水係数場での移動を表す



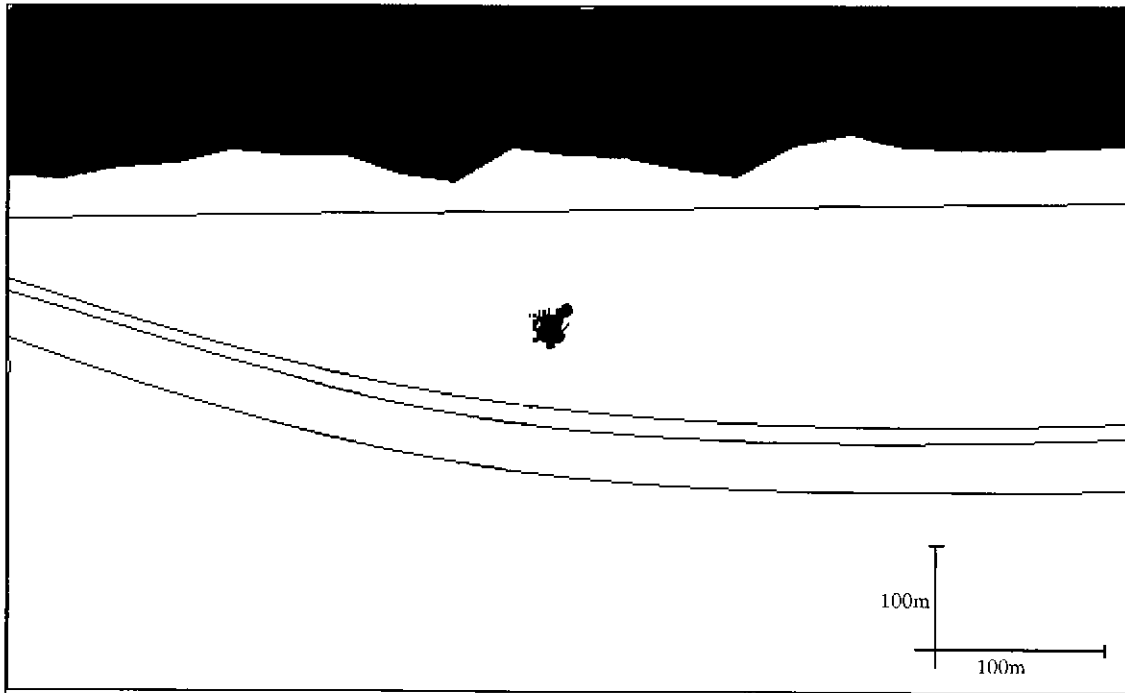
10,000-15,000 年後到達範囲 (縦横比 1:10、断層 0m)



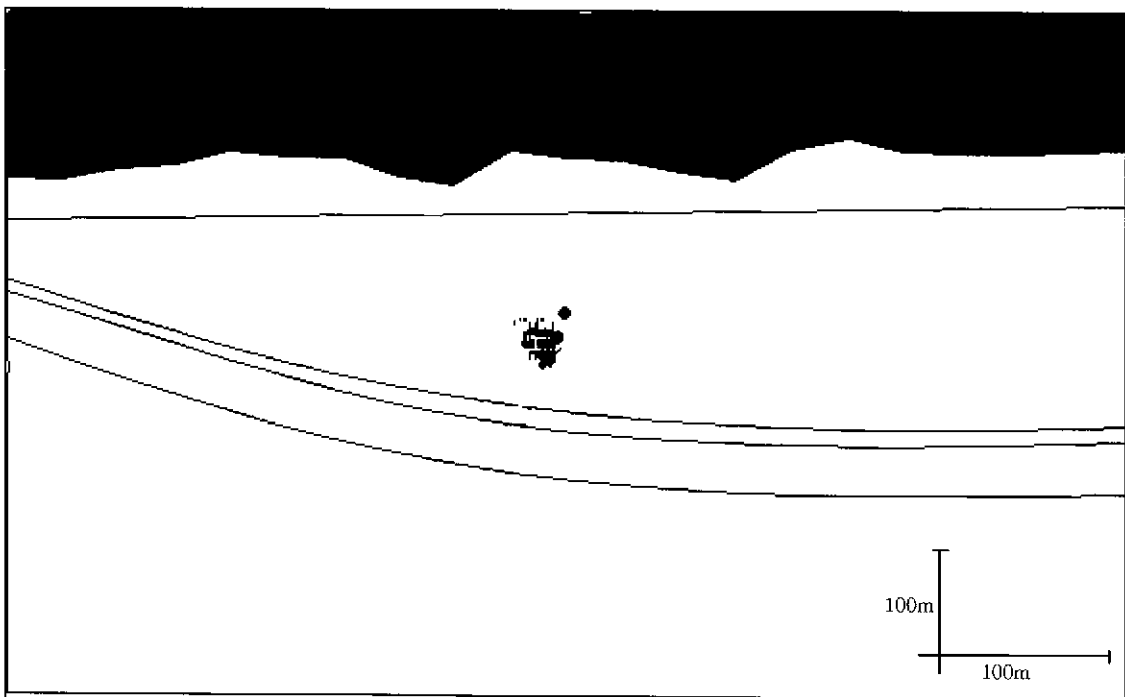
15,000-20,000 年後到達範囲 (縦横比 1:10、断層 0m)

図 6.2-5.3 経過時間による到達範囲 (縦横比 1:10、断層 0m) (6)

中心の●は始点、●と→で示された経路はその時間における均一透水係数場での移動を表す

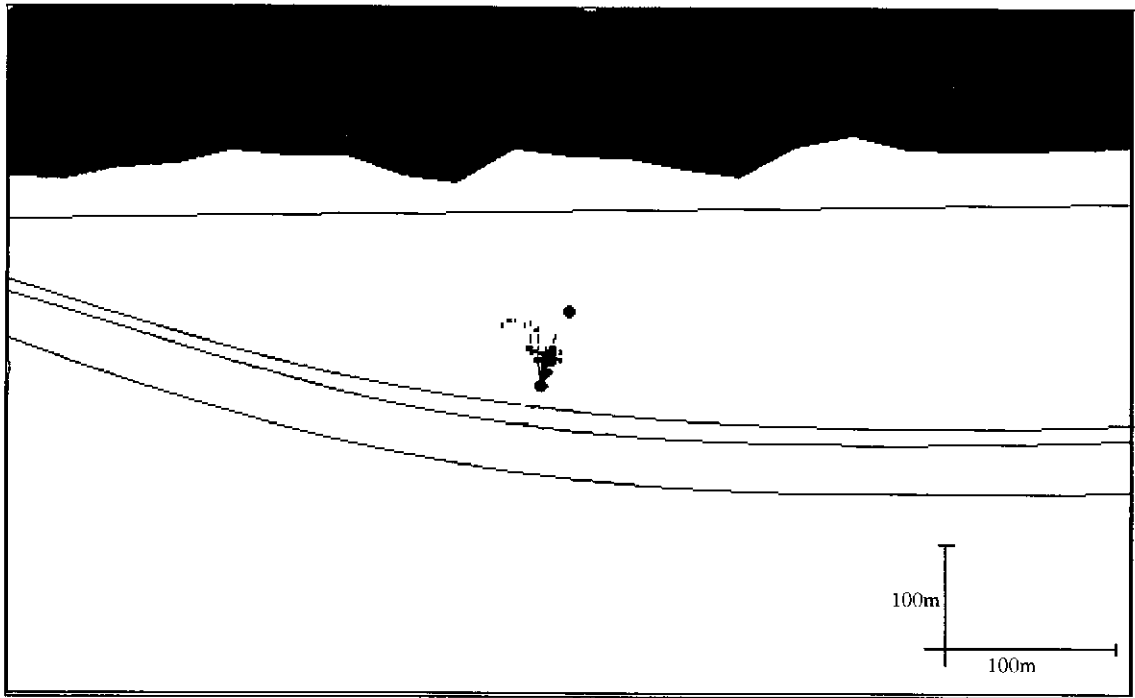


0-1,000 年後到達範囲（縦横比 1:10、断層 30m）

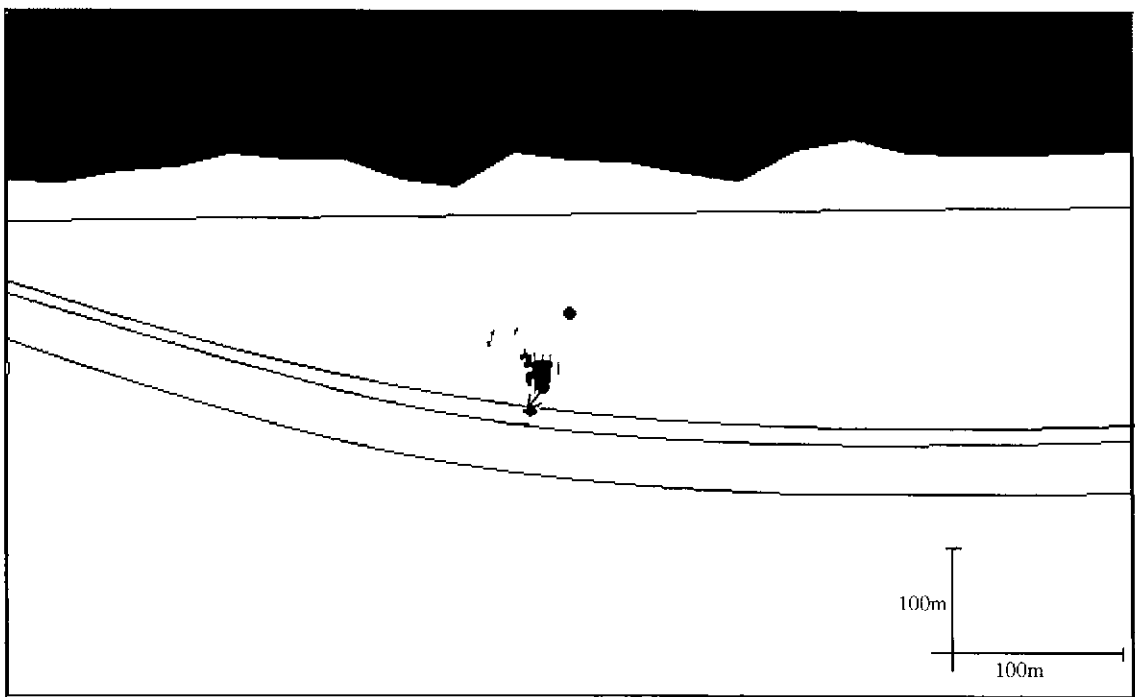


1,000-2,000 年後到達範囲（縦横比 1:10、断層 30m）

図 6.2-5.4 経過時間による到達範囲（縦横比 1:10、断層 30m）(1)  
 中心の●は始点、●と→で示された経路はその時間における均一透水係数場での移動を表す



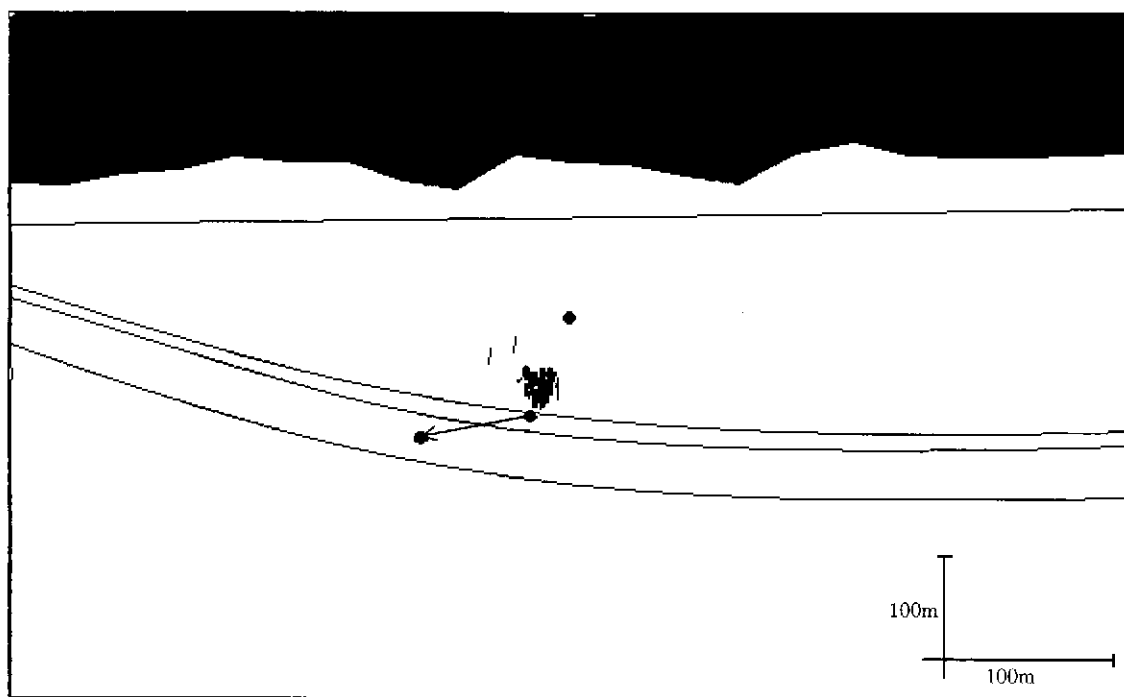
2,000-3,000年後到達範囲（縦横比 1:10、断層 30m）



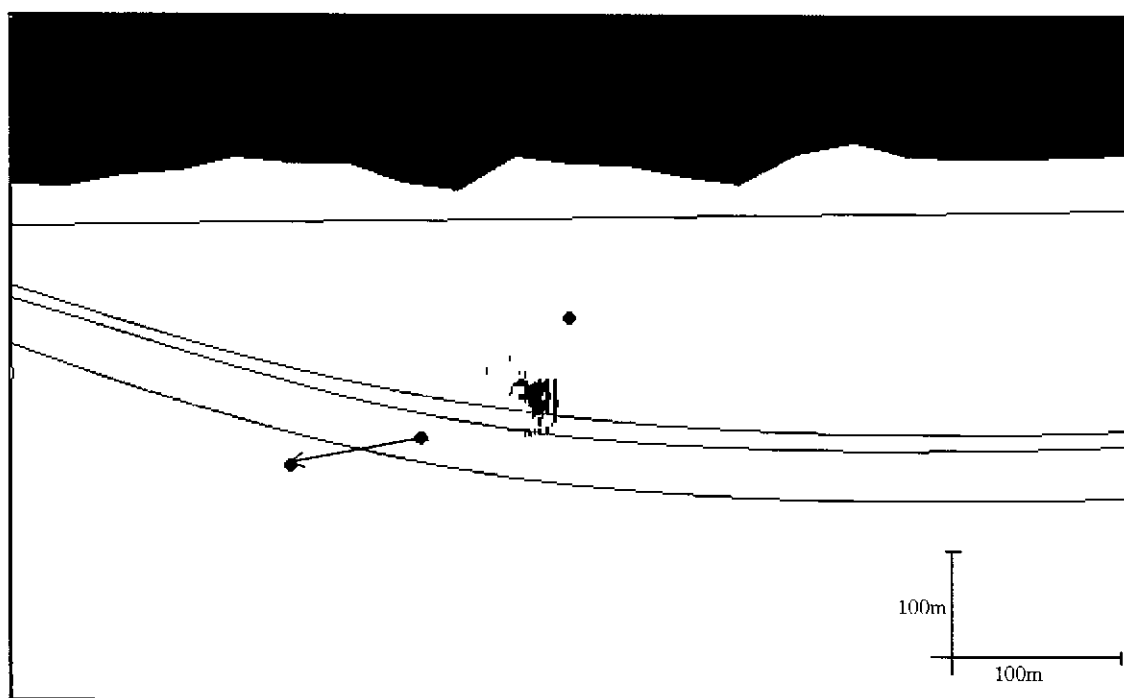
3,000-4,000年後到達範囲（縦横比 1:10、断層 30m）

図 6.2-5.4 経過時間による到達範囲（縦横比 1:10、断層 30m）(2)

中心の●は始点、●と→で示された経路はその時間における均一透水係数場での移動を表す



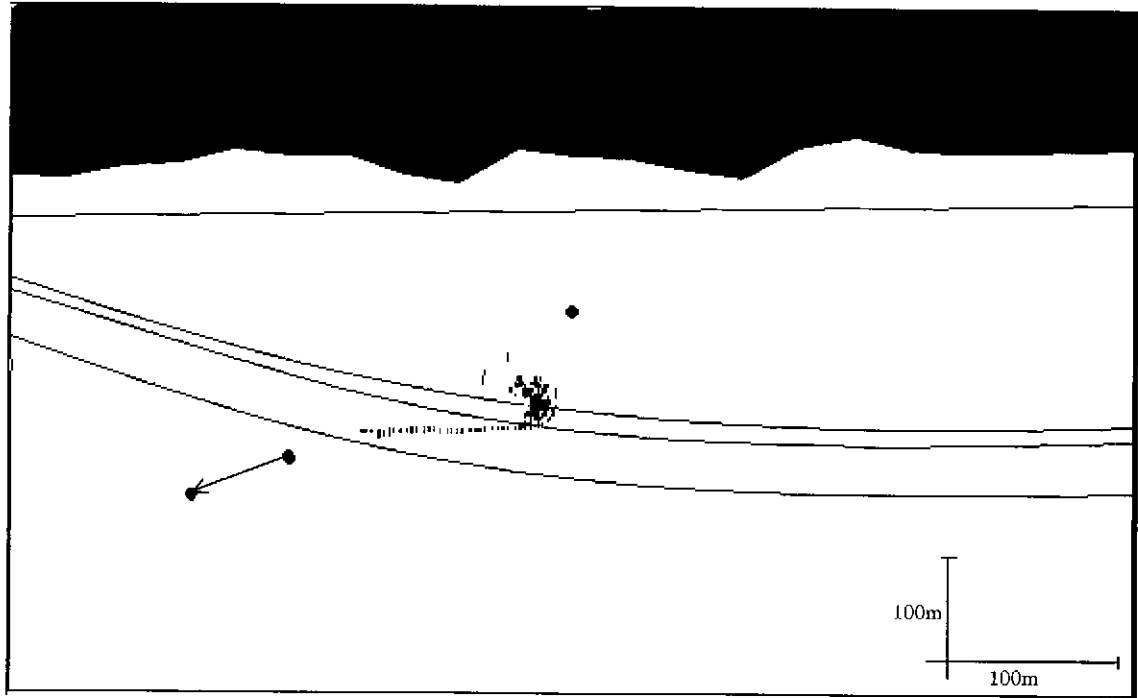
4,000・5,000 年後到達範囲（縦横比 1:10、断層 30m）



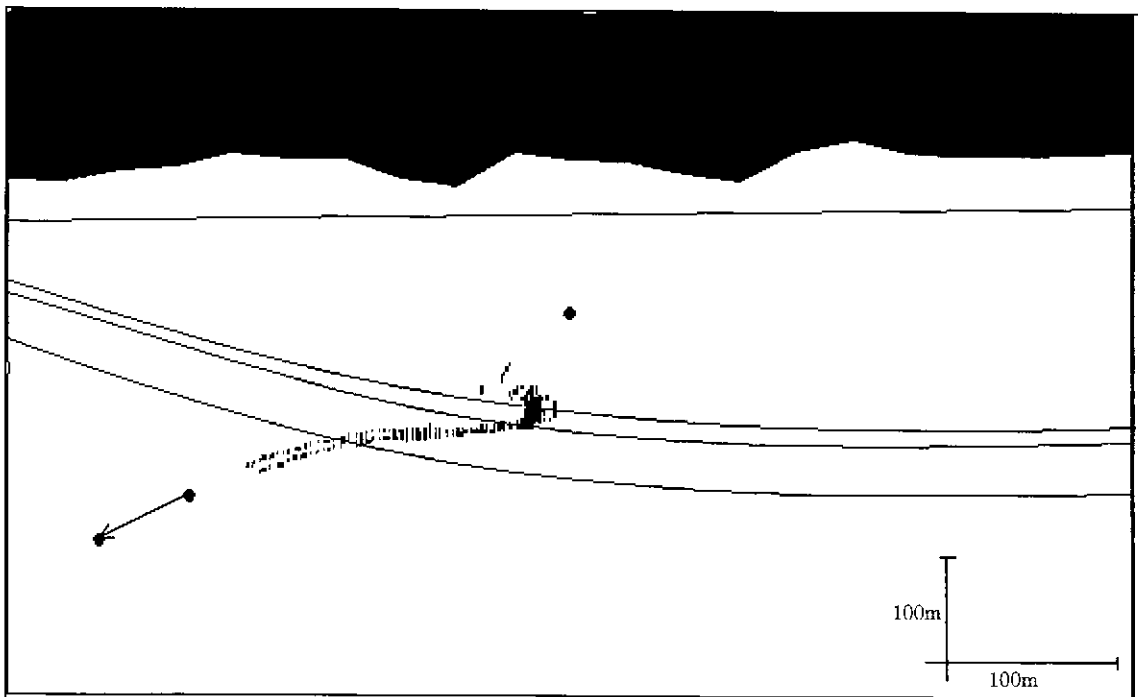
5,000・6,000 年後到達範囲（縦横比 1:10、断層 30m）

図 6.2-5.4 経過時間による到達範囲（縦横比 1:10、断層 30m）(3)  
 中心の●は始点、●と→で示された経路はその時間における均一透水係数場での移動を表す





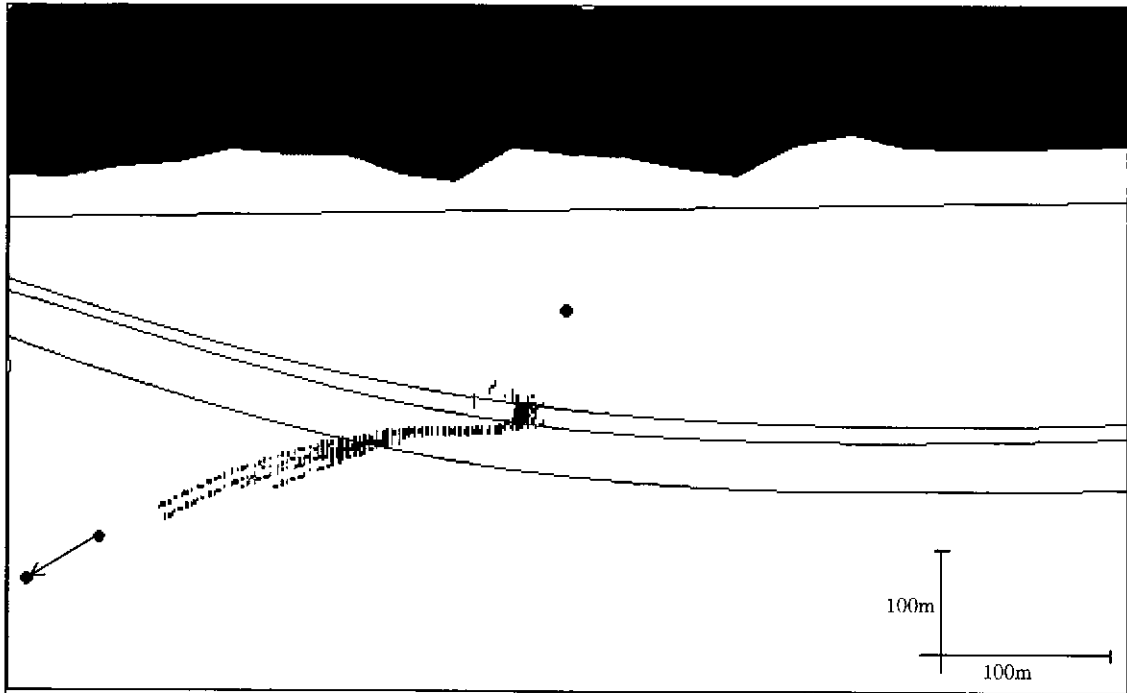
6,000-7,000 年後到達範囲（縦横比 1:10、断層 30m）



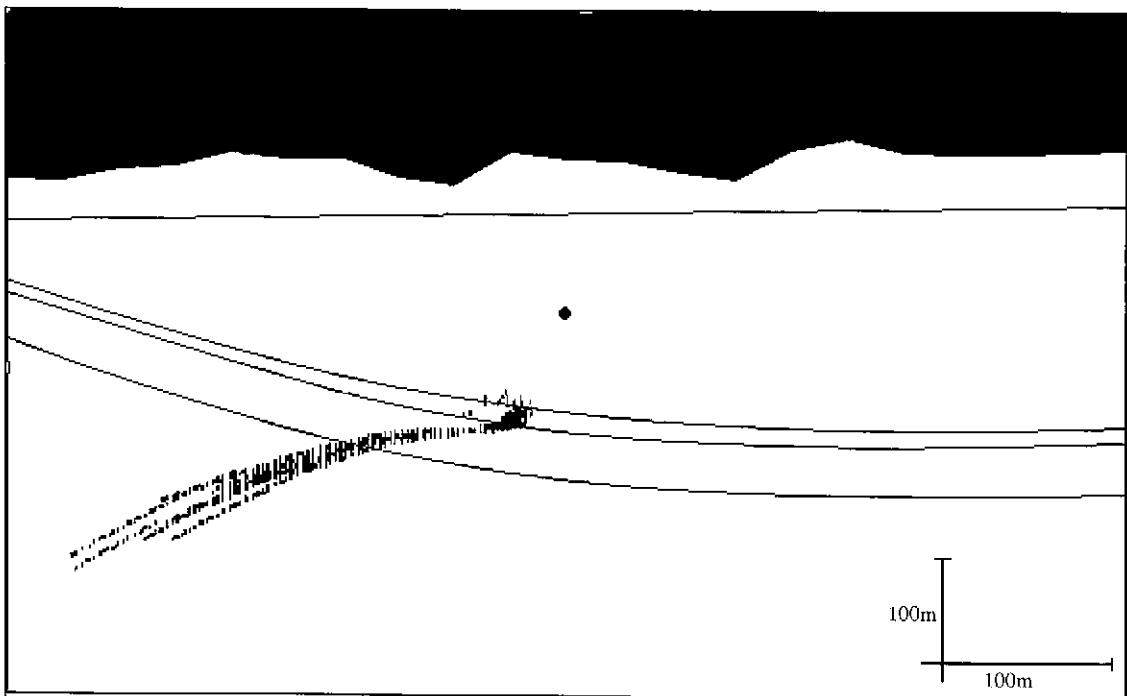
7,000-8,000 年後到達範囲（縦横比 1:10、断層 30m）

図 6.2-5.4 経過時間による到達範囲（縦横比 1:10、断層 30m）(4)

中心の●は始点、●と→で示された経路はその時間における均一透水係数場での移動を表す

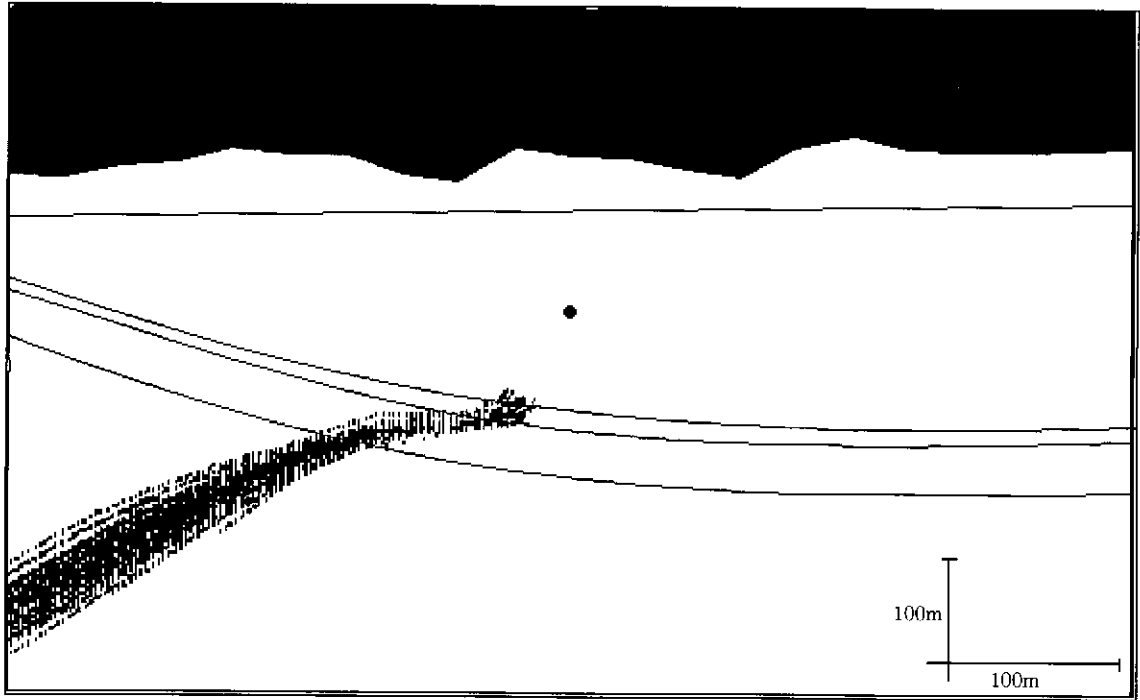


8,000-9,000 年後到達範囲（縦横比 1:10、断層 30m）

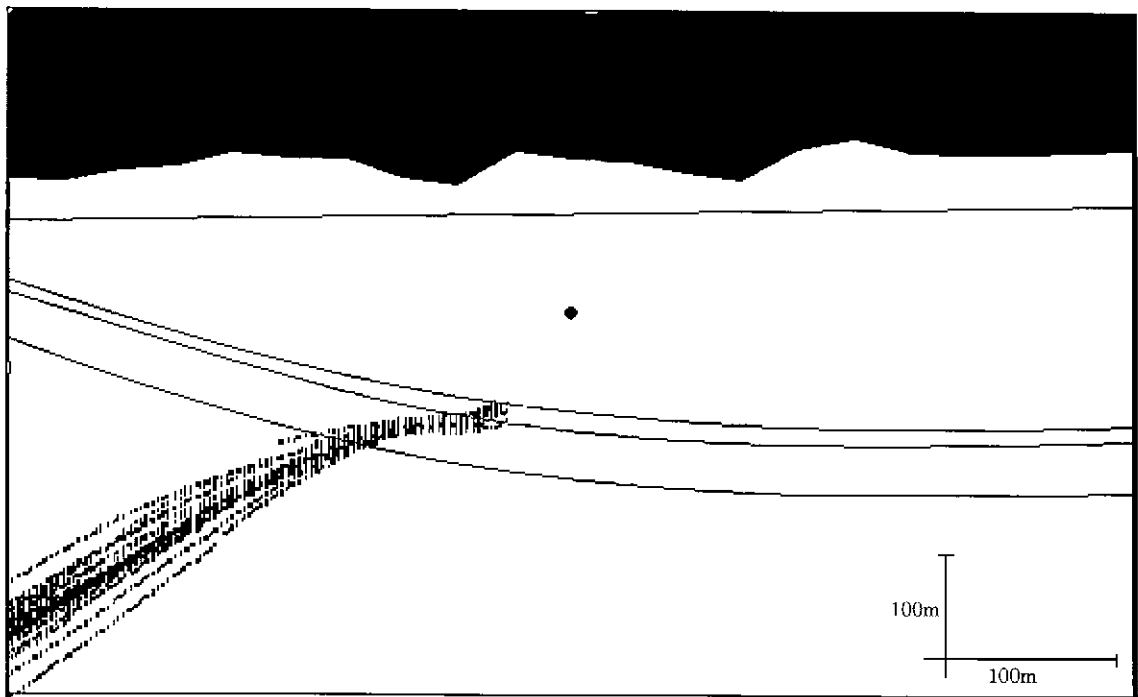


9,000-10,000 年後到達範囲（縦横比 1:10、断層 30m）

図 6.2-5.4 経過時間による到達範囲（縦横比 1:10、断層 30m）(5)  
 中心の●は始点、●と→で示された経路はその時間における均一透水係数場での移動を表す



10,000-15,000 年後到達範囲 (縦横比 1:10、断層 30m)



15,000-20,000 年後到達範囲 (縦横比 1:10、断層 30m)

図 6.2-5.4 経過時間による到達範囲 (縦横比 1:10、断層 30m) (6)  
 中心の●は始点、●と→で示された経路はその時間における均一透水係数場での移動を表す



## 7. 本手法の適用性の評価及び課題の抽出

### 7.1 不確実性検討

#### 7.1.1 平均流速・移動方向と各変数との関係

中域の解析では不確実性をもつ変数の変動範囲をファジーメンバーシップにより定義し、乱数によって多数のリアライゼーションを生成して地下水流動解析を行った。中域全解析事例における小域平均流速、小域中心からの移動方向と変数との相関を図 7-1 に示す。同図より、小域の平均流速と相関関係があるのは、第四紀層の透水係数（相関係数 0.64）、花崗岩の透水係数（相関係数 0.54）、風化花崗岩の透水係数（相関係数 0.18）である。主に涵養域と想定される北側の地表面近傍に存在する第四紀層及び風化花崗岩の透水係数は地中への水の涵養量に、また、地中の大部分を占める花崗岩の透水係数は全体の流量にそれぞれ大きな影響を及ぼすため、小域における平均流量に対しても比較的大きな正の相関を有すると考えられる。小域中心部からの流れの方向（移動方向）については明確な相関関係（絶対値 0.1 以上の相関関係）をもつものは存在しなかった。

次に、南方向に流れる事例、下方向に流れる事例、北方向に流れる事例、上方向に流れる事例をそれぞれ取り出して、統計的手法によって各変数の平均値が母集団の平均値と異なる可能性を調べた。各変数の

$$t_0 = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sigma \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \quad (7-1)$$

をプロットしたものを図 7-2 に示す。ただし、 $\bar{x}_1$ 、 $\bar{x}_2$  は母集団及びサンプルした集団の平均値、 $\sigma$  は母集団の分散、 $n_1$ 、 $n_2$  は母集団及びサンプルした集団の標本数である。 $t_0$  の値が 1.66、1.98、2.62 以上であれば、危険率 0.10、0.05、0.01 で平均に有意の差があると統計的に判断することができるものである。変数の中で  $t_0$  が比較的大きいのは南側第四紀層始点 Q1、北側第四紀層終点 Q4、新第三紀層始点 T1、新第三紀層深さ T3、第四紀層透水係数 e2、新第三紀層透水係数 e1、花崗岩透水係数透水係数 e0、風化花崗岩透水係数 e4、断層幅 w、断層平行透水係数比 kf1b、基底礫層厚み比 tbh(rat)、値 tbh(val)、風化花崗岩厚み tbc である。これらの変数の全体平均、南方向に流れる集団、下方向に

流れる集団、北方向に流れる集団、上方向に流れる集団の平均値を表 7-1 に示す。大きな文字でかかっているものが母集団の平均と有意に差があるもので、赤字は母集団の平均より大きい場合、青字は母集団の平均よりも小さい場合である。

上記の統計的手法による検討の結果を取りまとめると、以下のようになる。

- ① 南向きの流れが卓越する水理地質構造モデル群は、第四紀層の透水係数が小さく、花崗岩の透水係数が大きく、また、断層の幅が小さいため、ゆるやかに南に傾斜した大域的な地形に支配された水平に近い南向きの流れが小域内においても阻害されることなく存在しているという特徴をもつ。
- ② 下向きの流れが卓越する水理地質構造モデル群は、第四紀層及び新第三紀層の透水係数が大きく、花崗岩の透水係数が小さいため、小域の上部にある丘陵から涵養される下向きの流れが深部に及びやすいこと、また、断層の幅が大きいため上流からの流れがせき止められやすいことが特徴になっている。

上記に示すように、本手法を用いることにより、地質環境特性の不確実性の変動が地下水の流れに対して及ぼす影響を定性的に把握することができた。

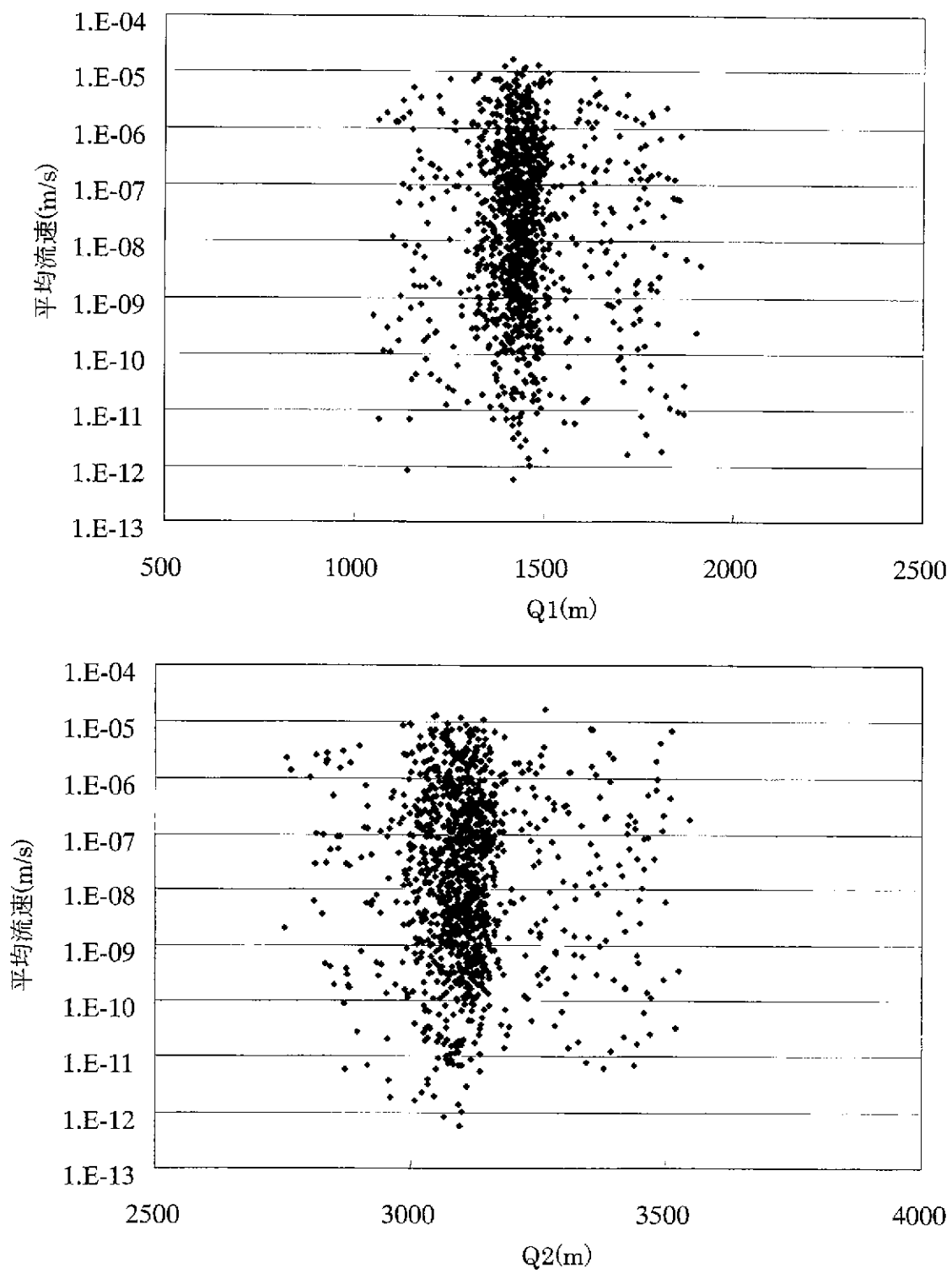


図 7-1.1 平均流速と各変数の相関(1)

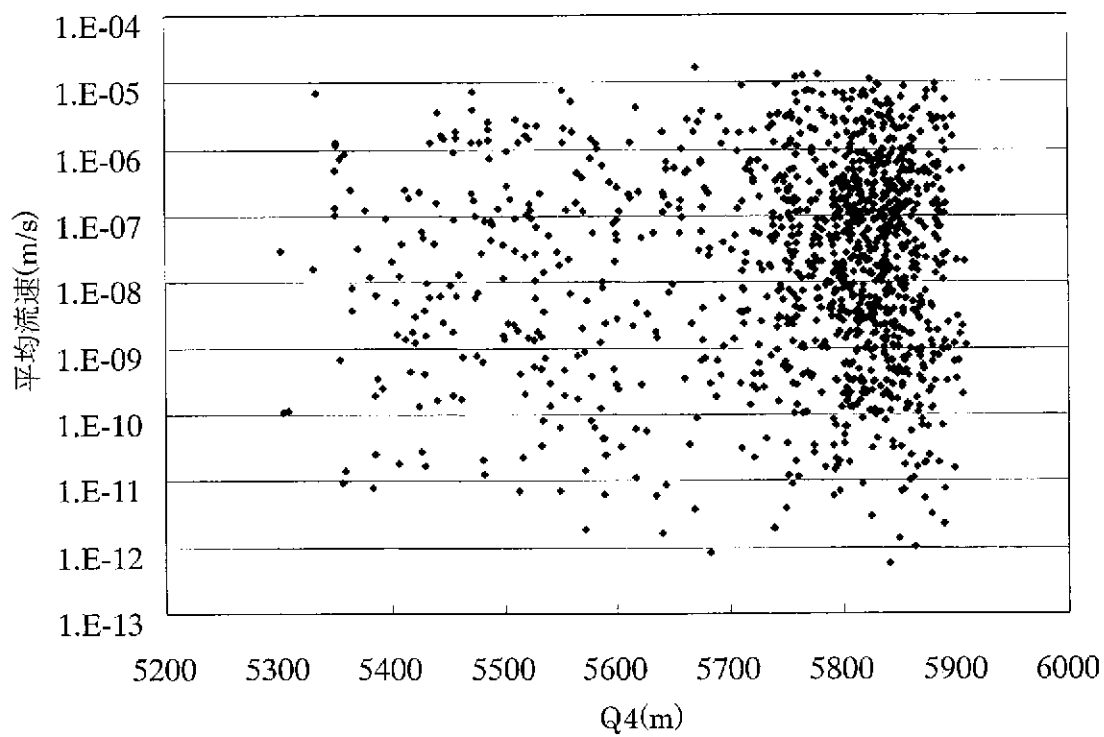
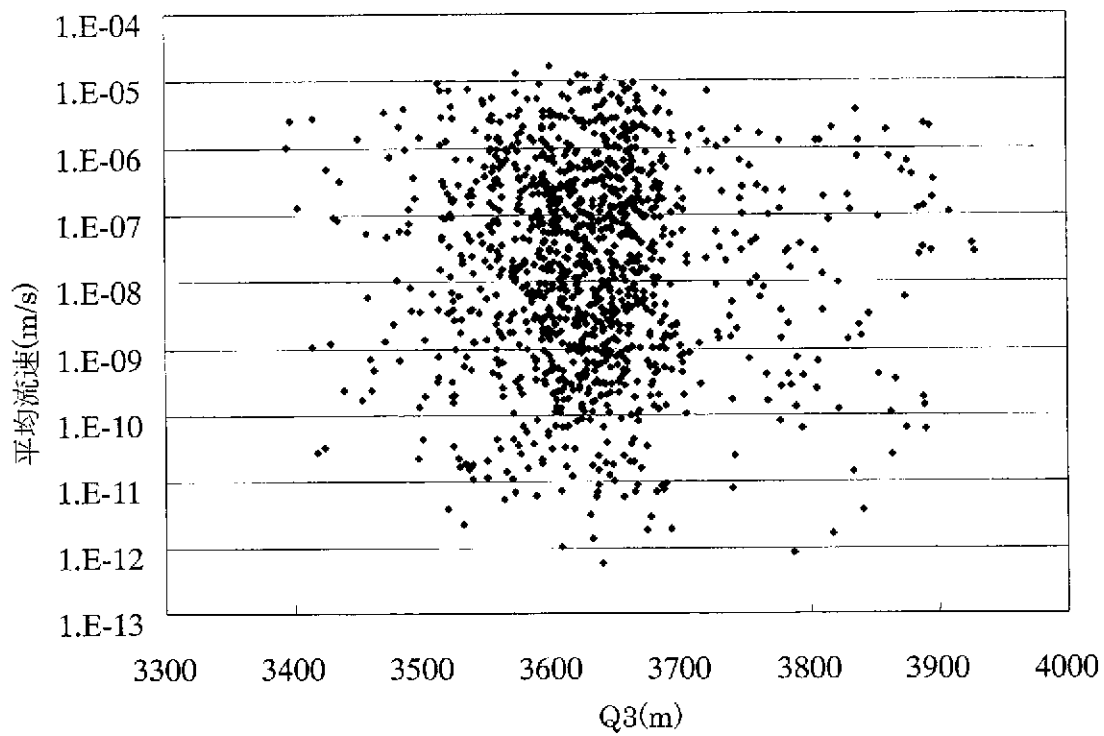


図 7-1.1 平均流速と各変数の相関(2)



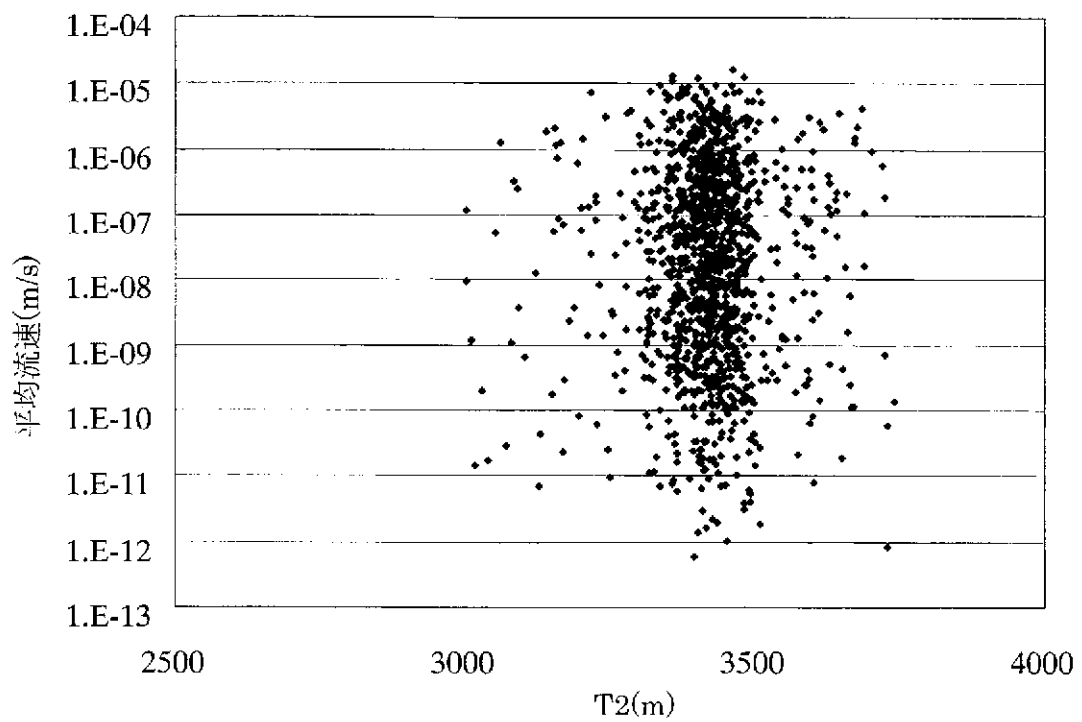
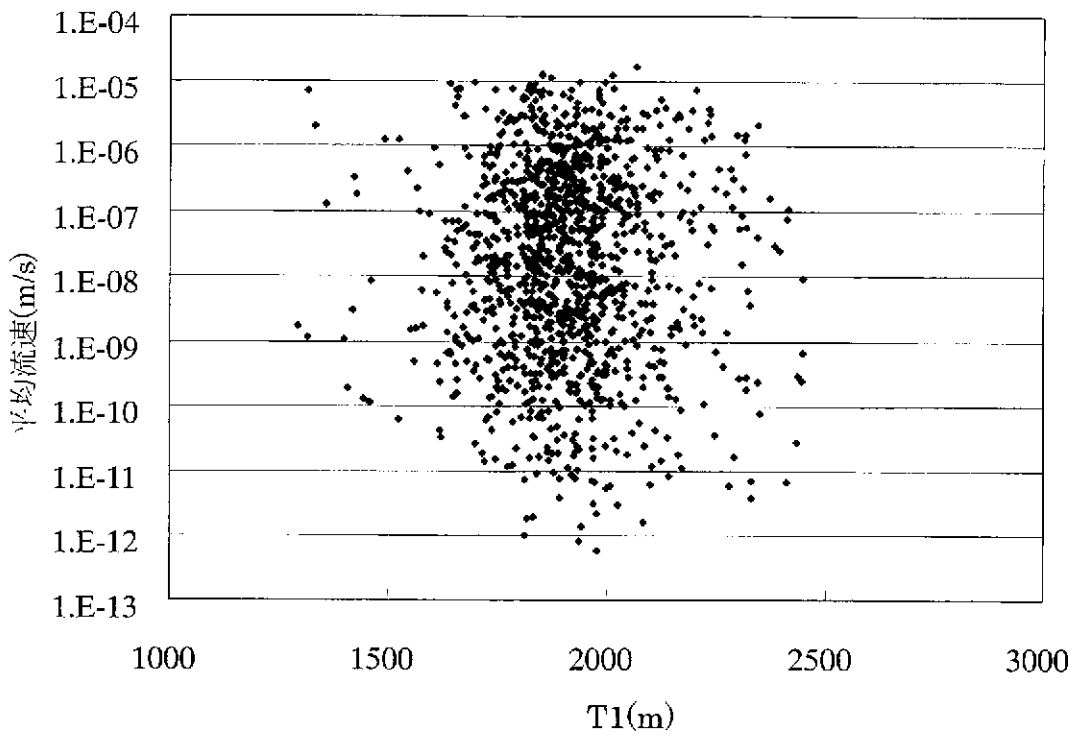


図 7-1.1 平均流速と各変数の相関(3)

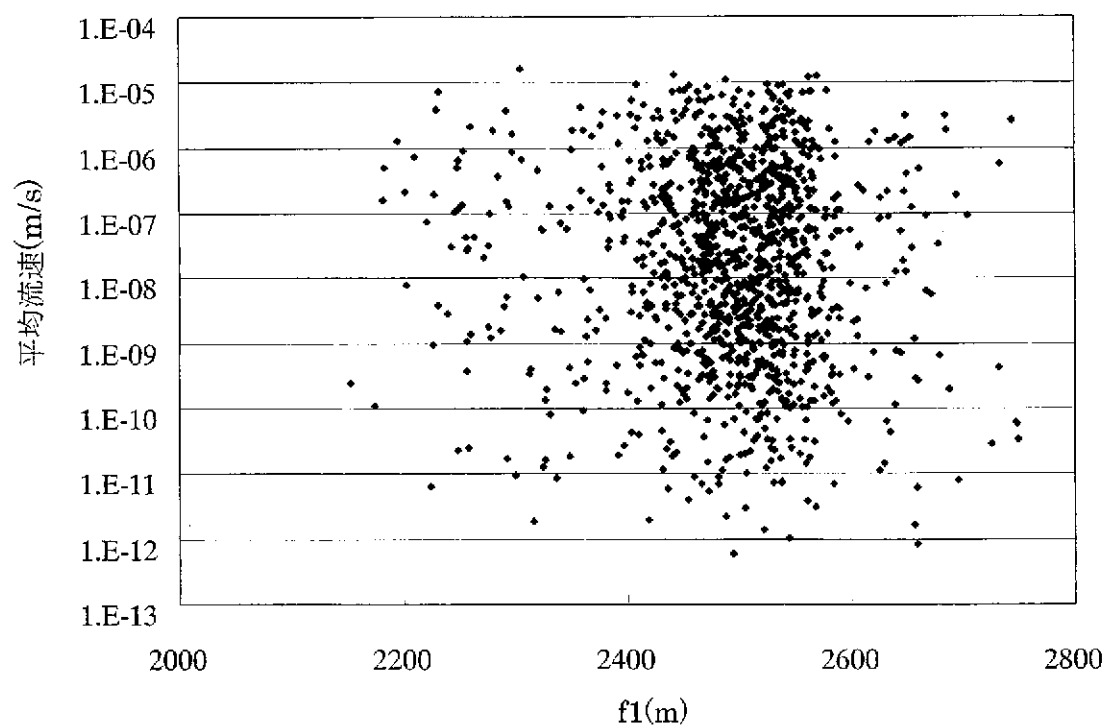
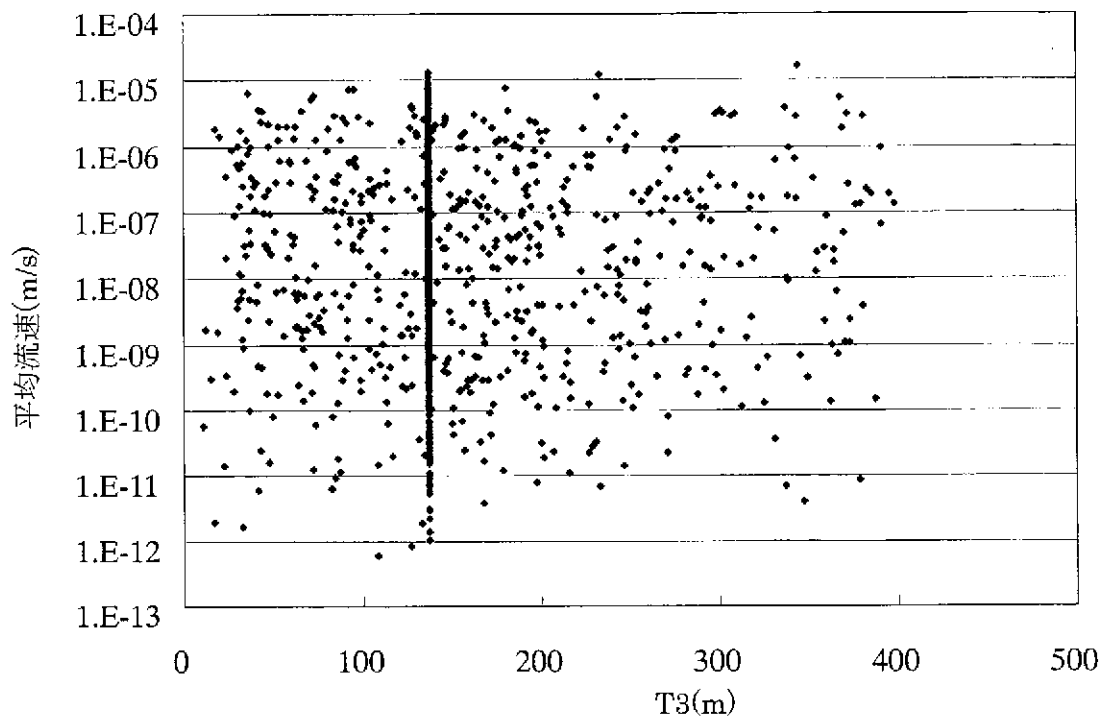


図 7-1.1 平均流速と各変数の相関(4)

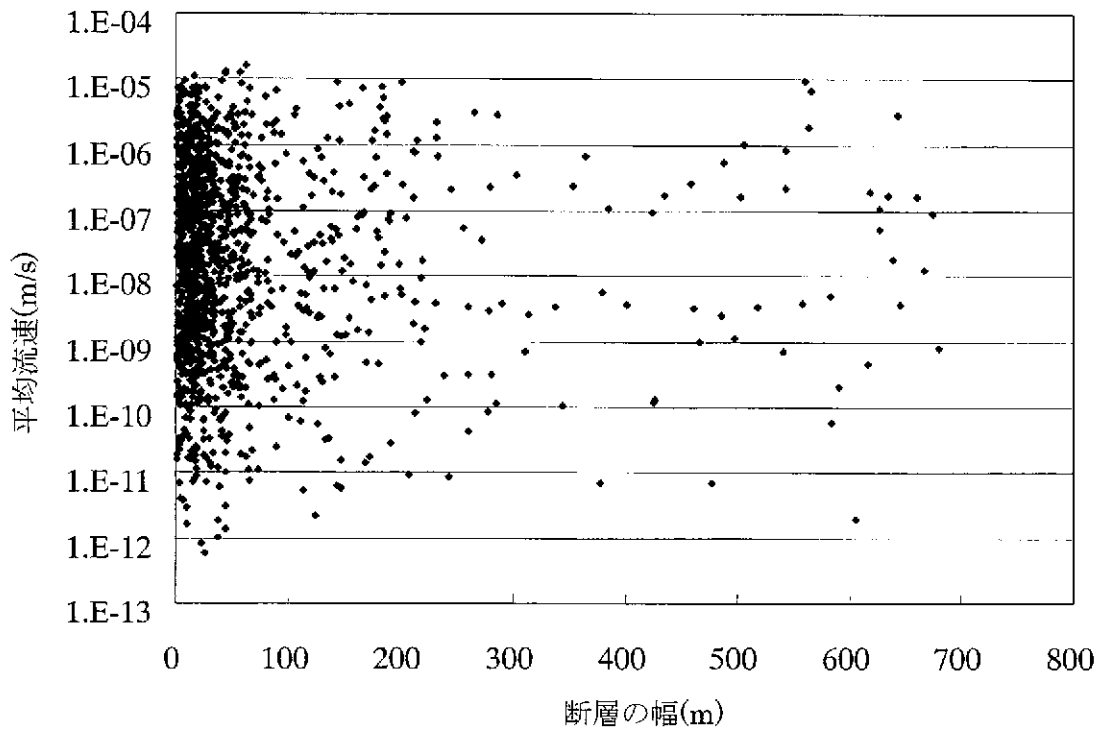
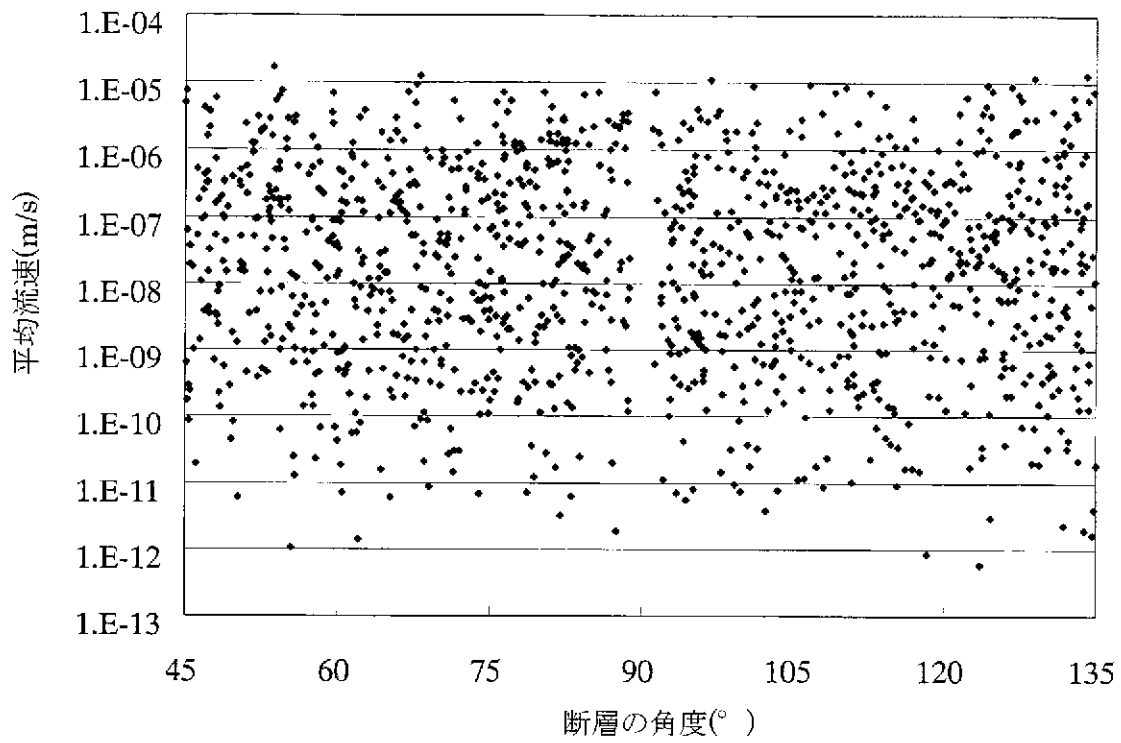


図 7-1.1 平均流速と各変数の相関(5)

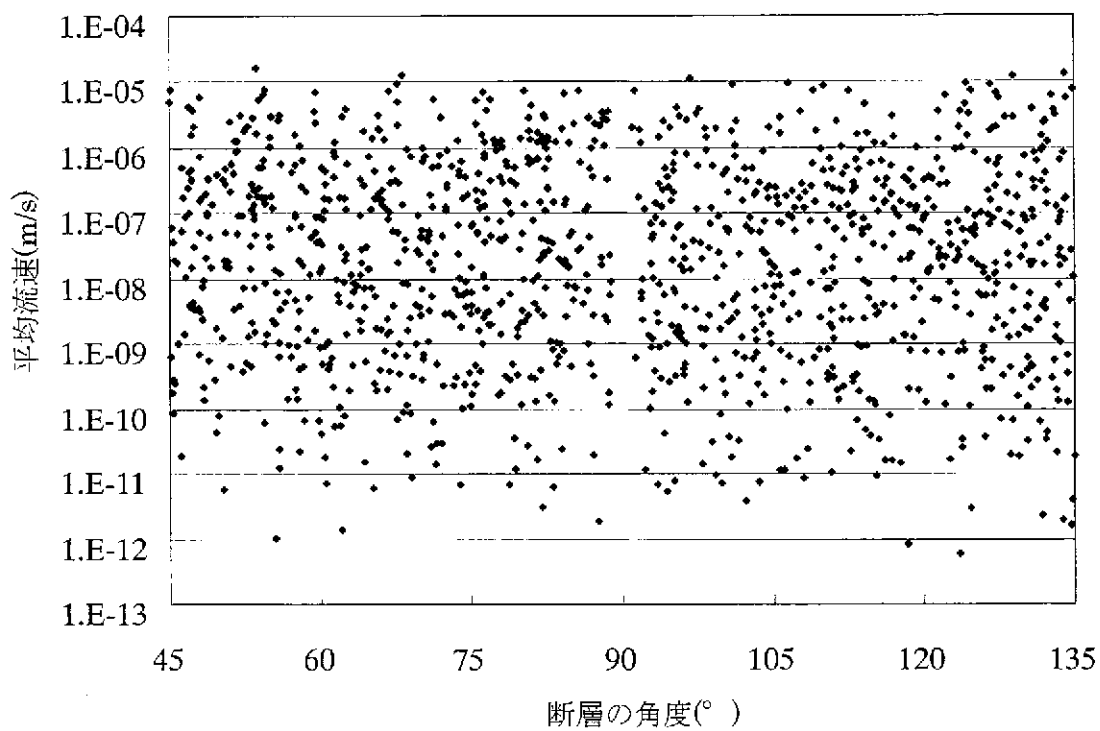
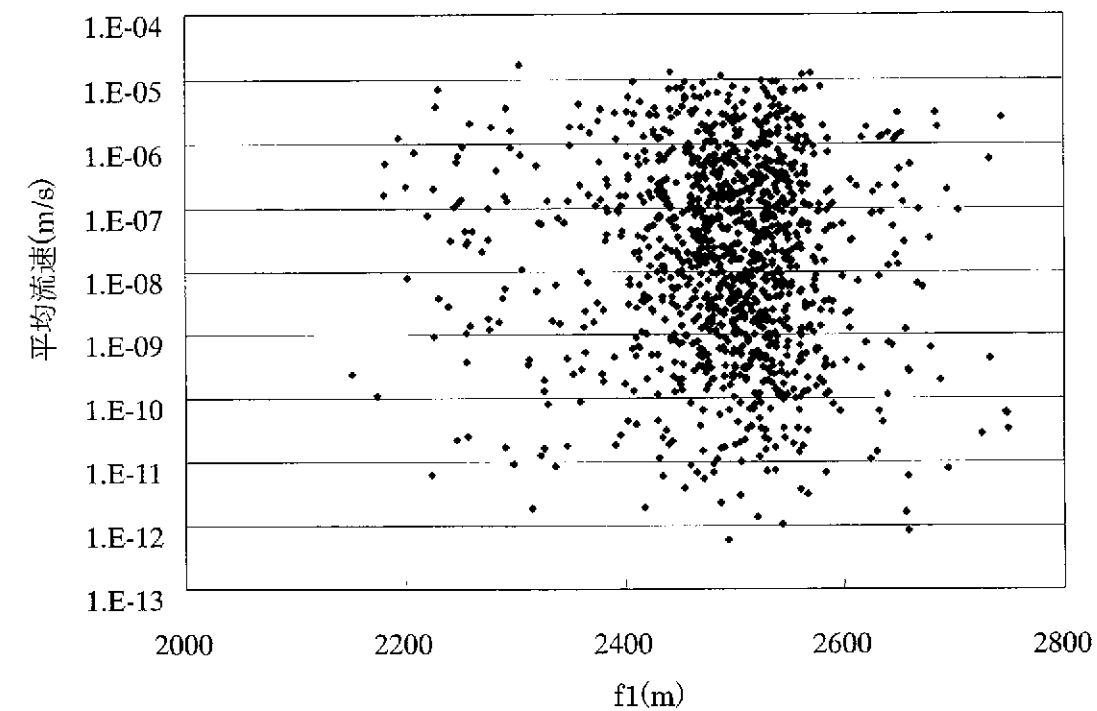


図 7-1.1 平均流速と各変数の相関(6)

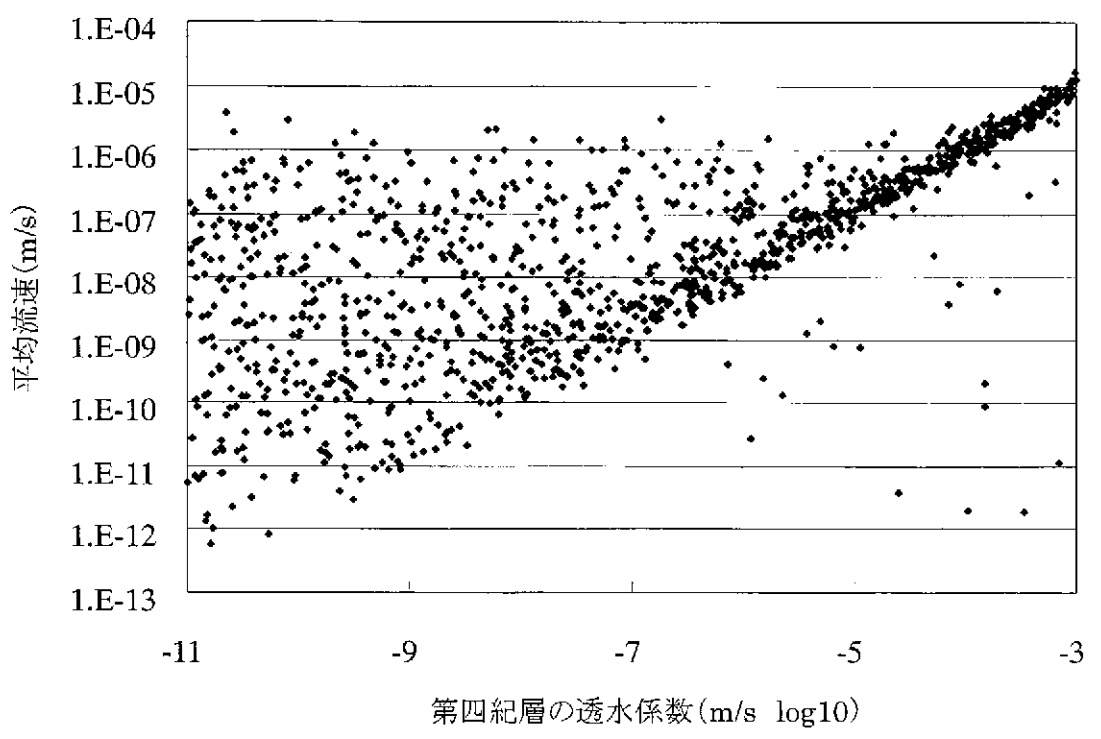
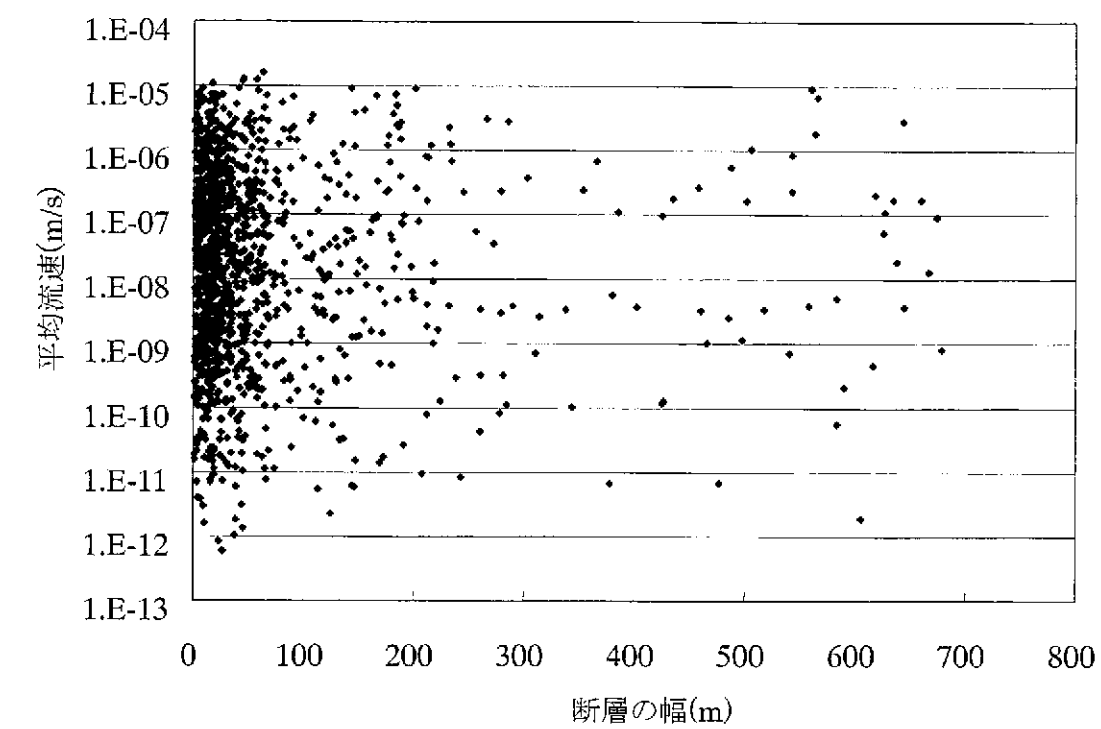


図 7-1.1 平均流速と各変数の相関(7)

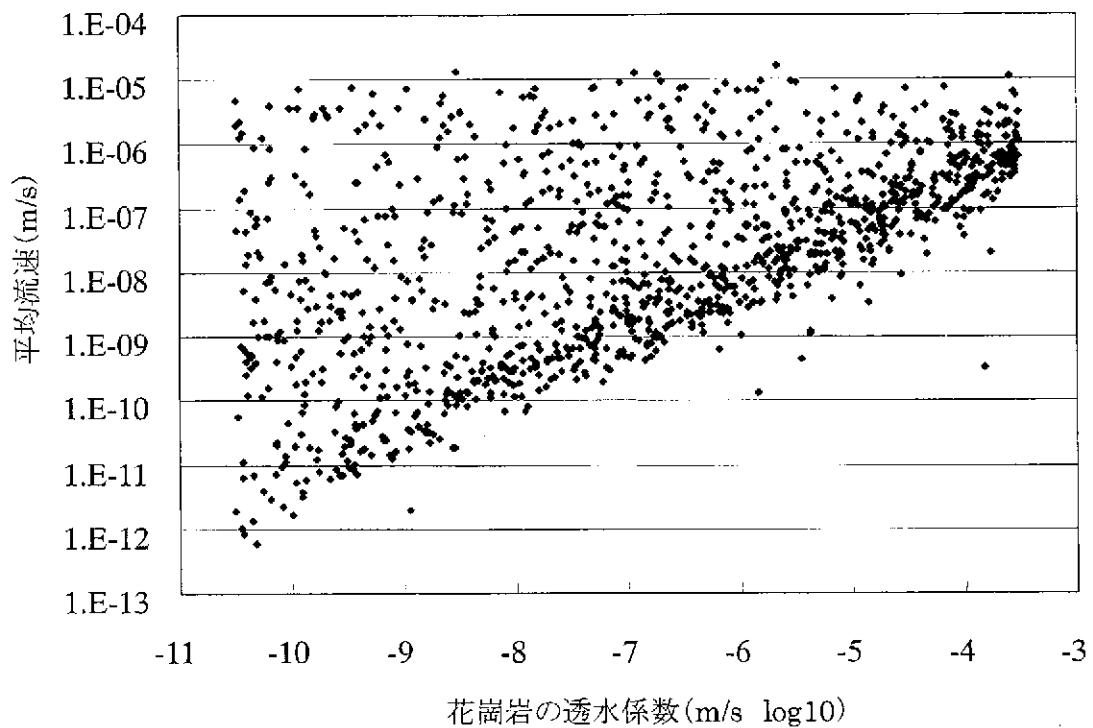
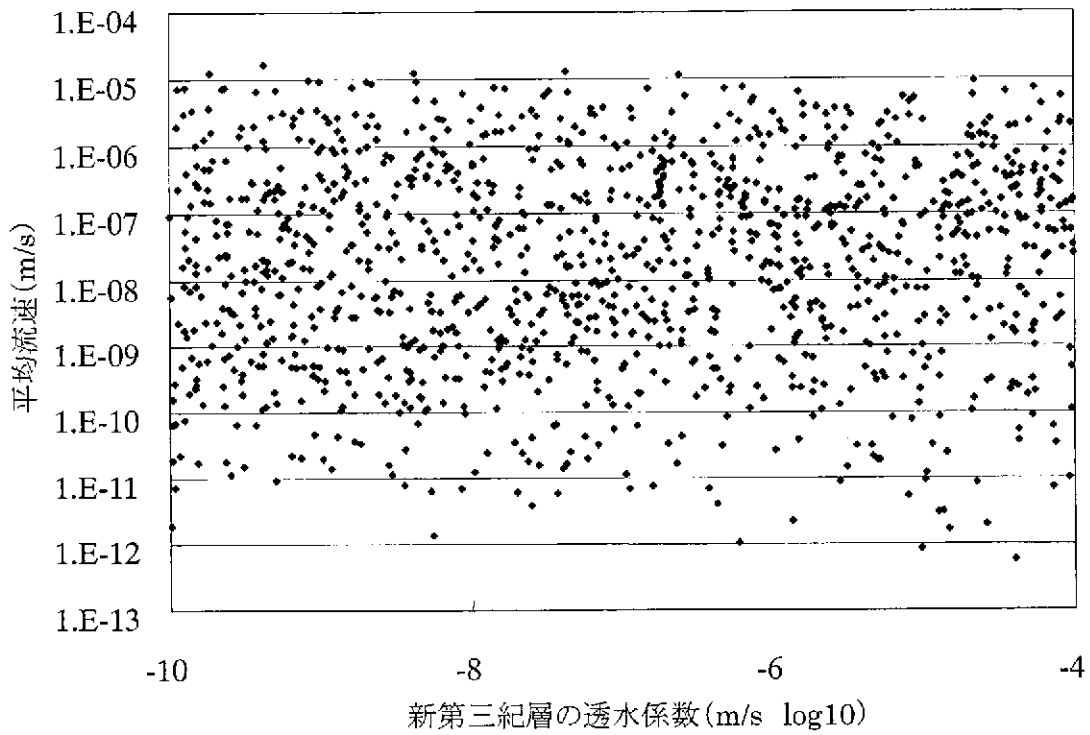


図 7-1.1 平均流速と各変数の相関(8)

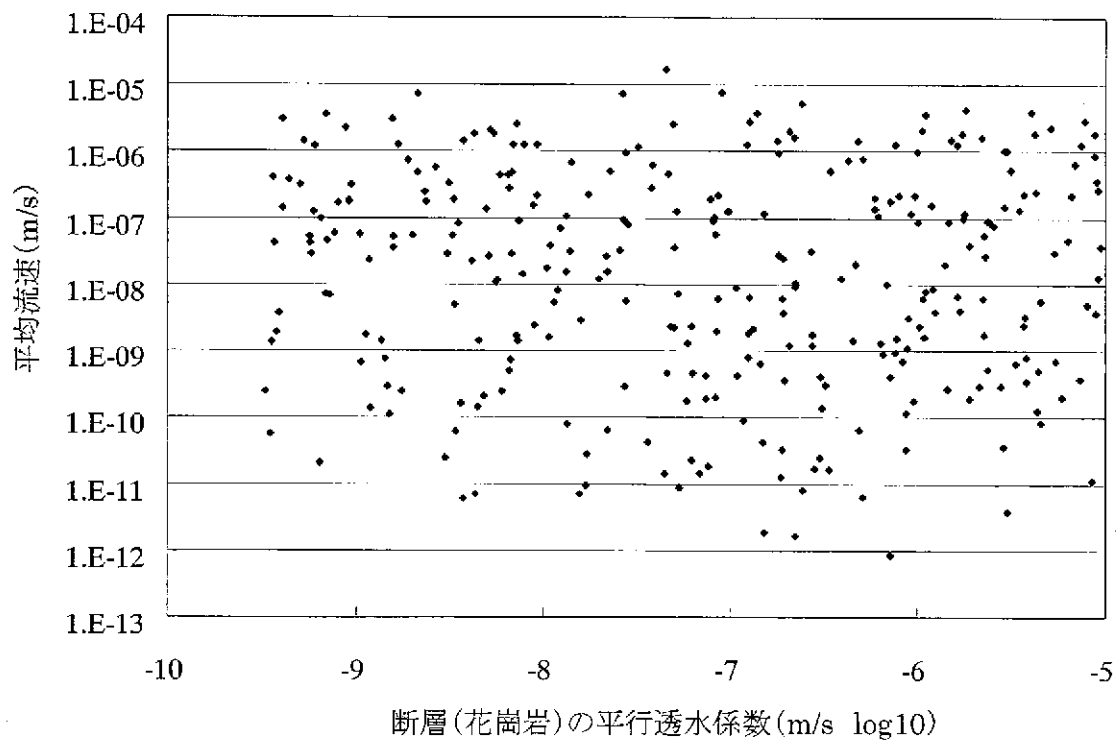
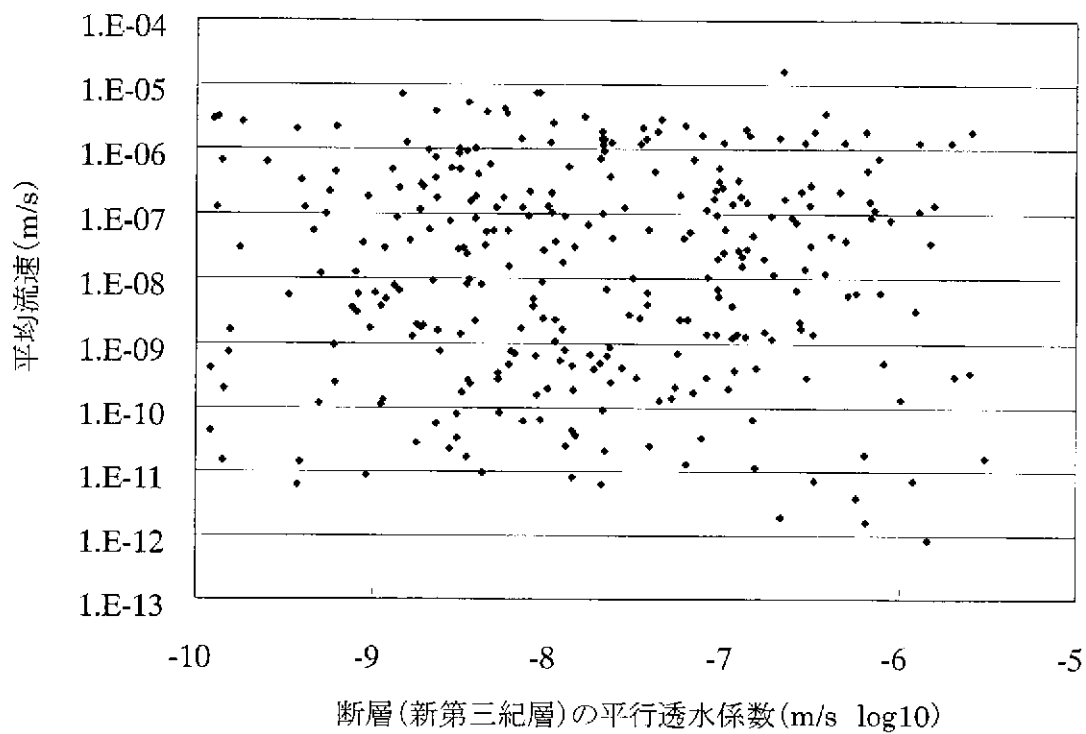


図 7-1.1 平均流速と各変数の相関(9)

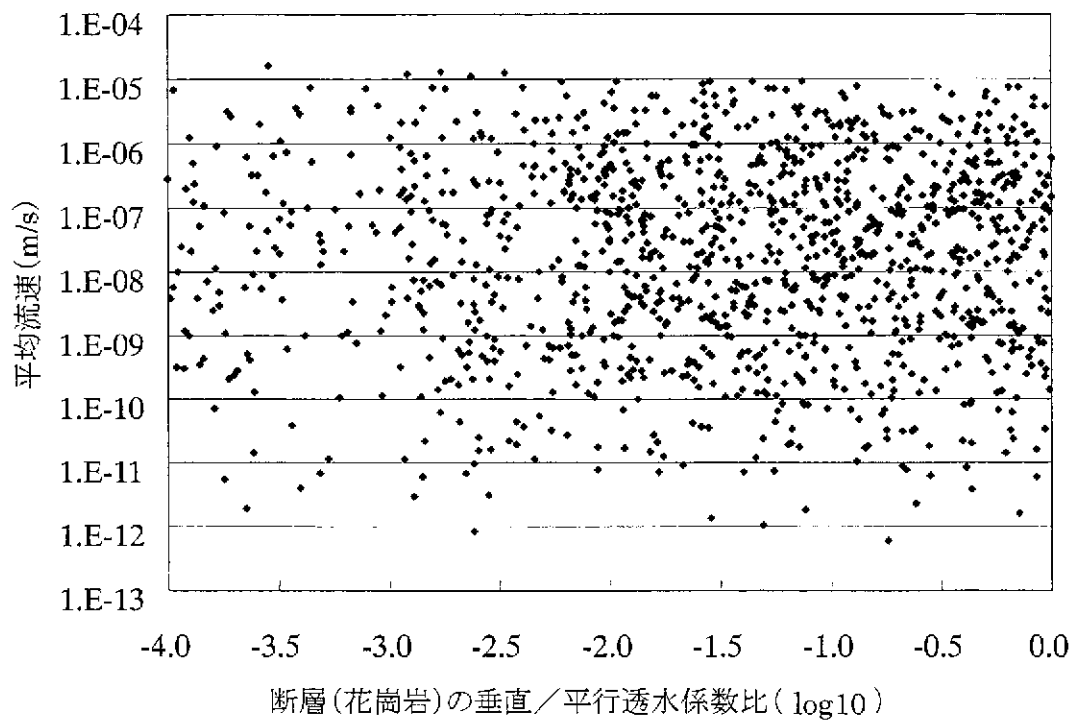
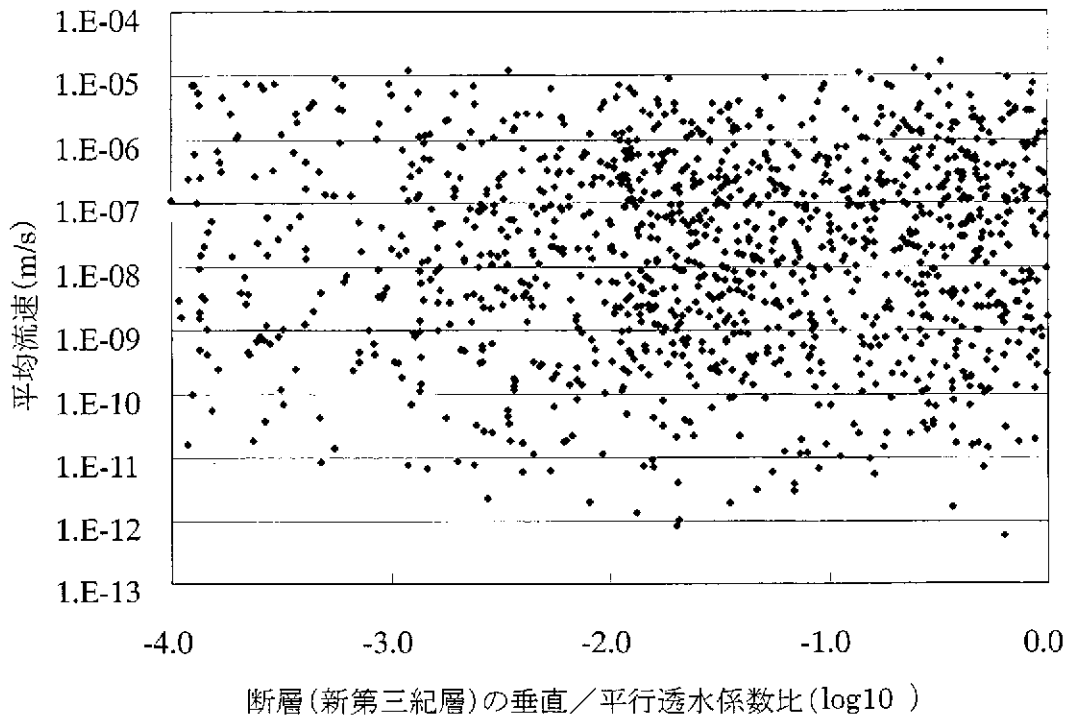


図 7-1.1 平均流速と各変数の相関(10)



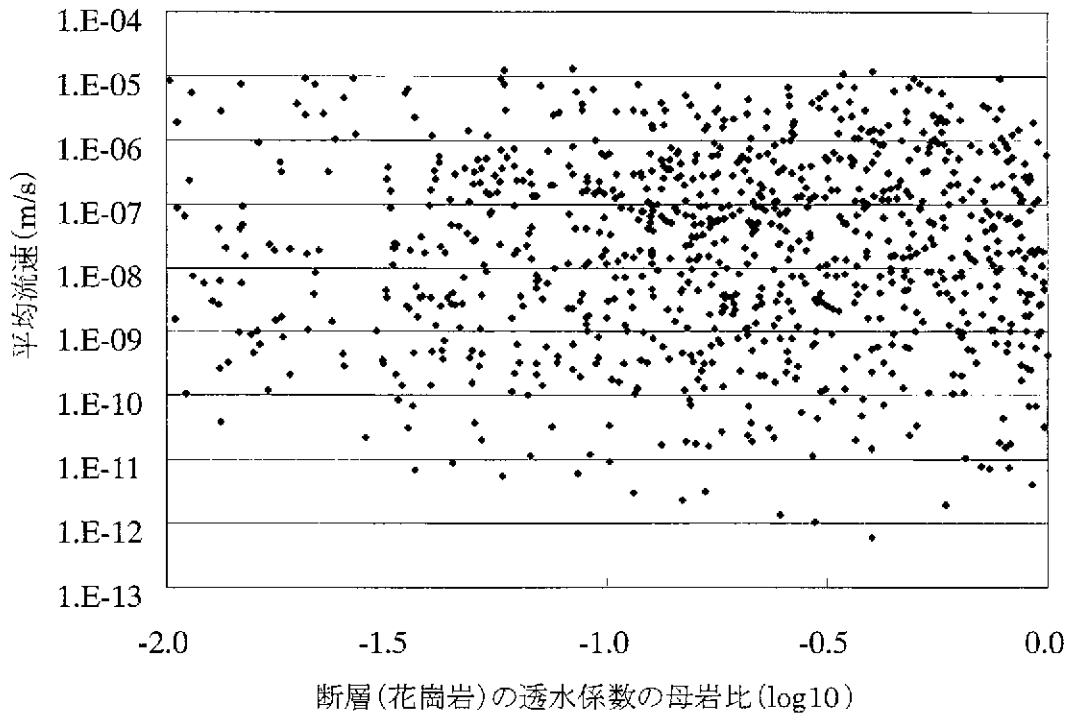
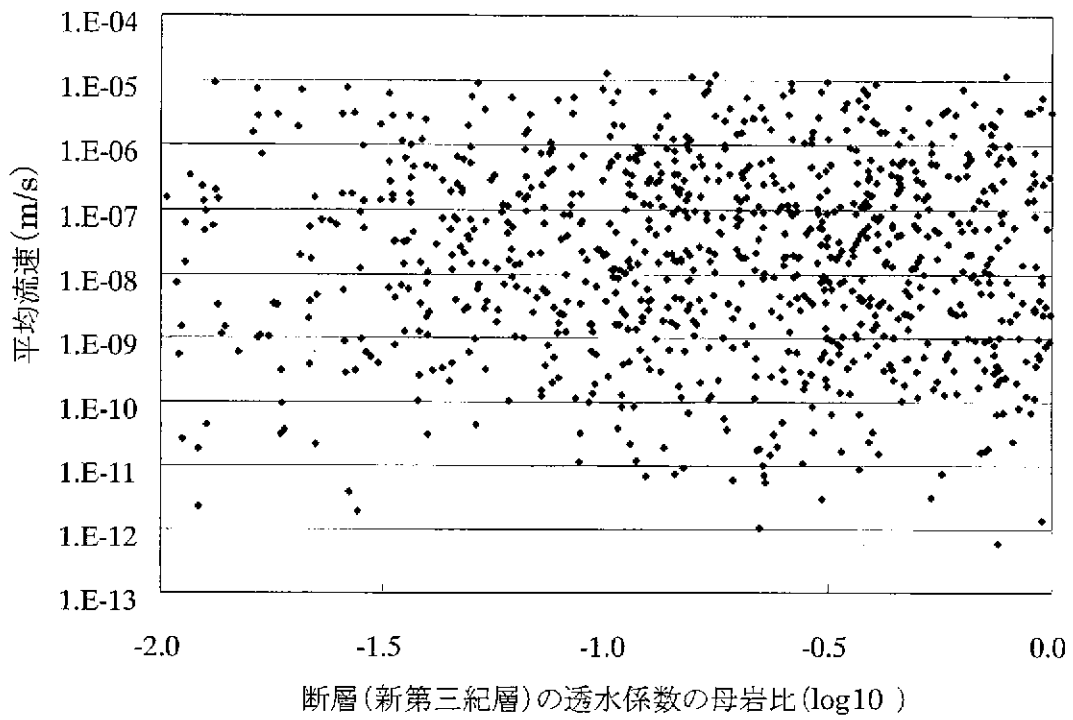


図 7-1.1 平均流速と各変数の相関(11)

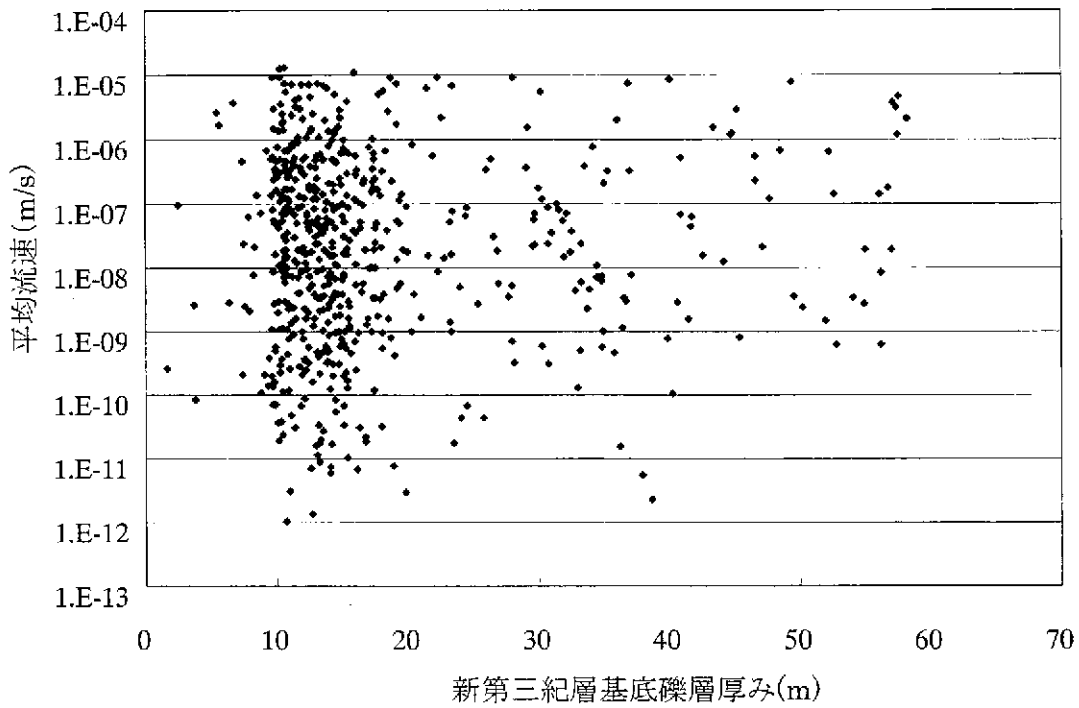
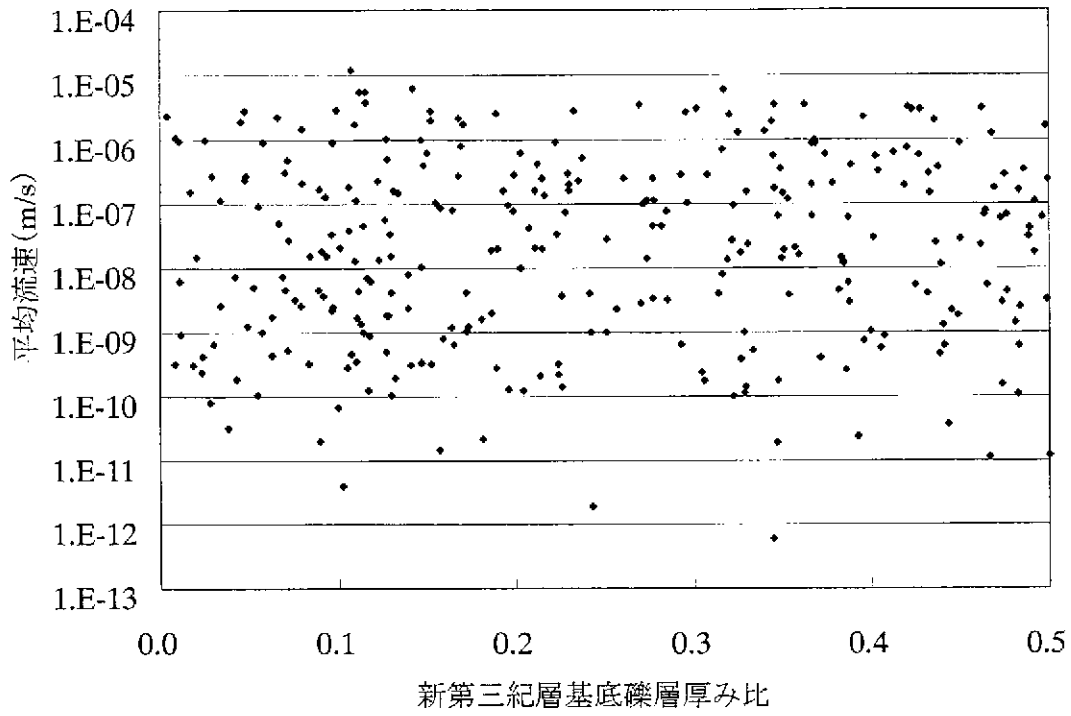


図 7-1.1 平均流速と各変数の相関(12)

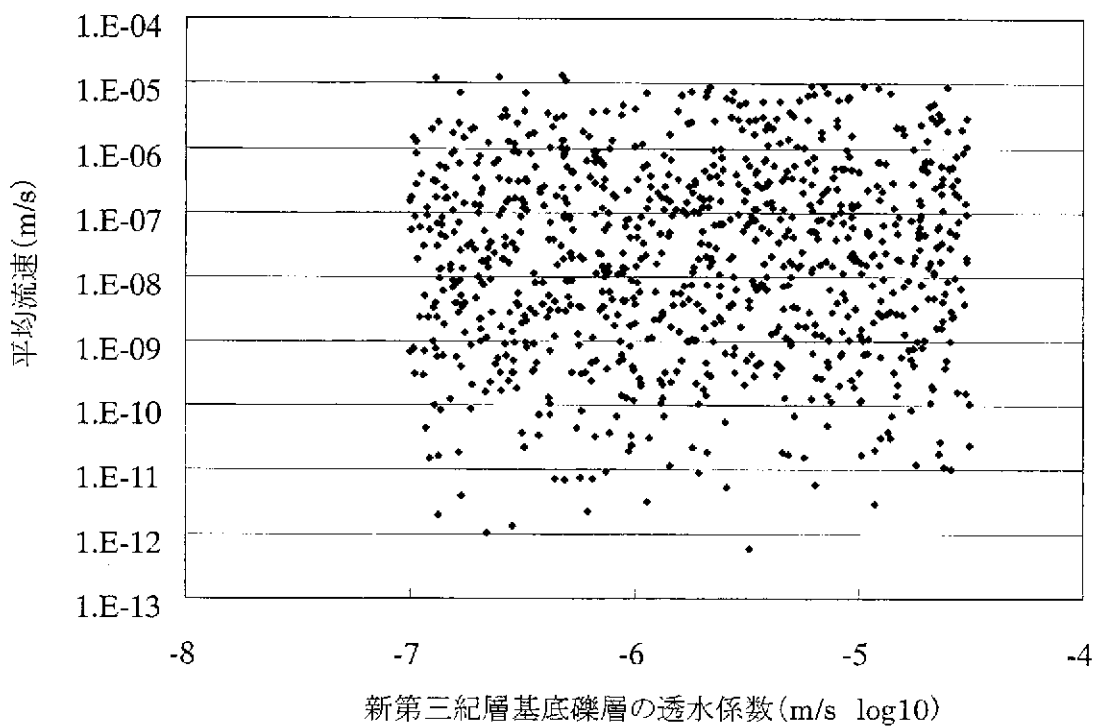
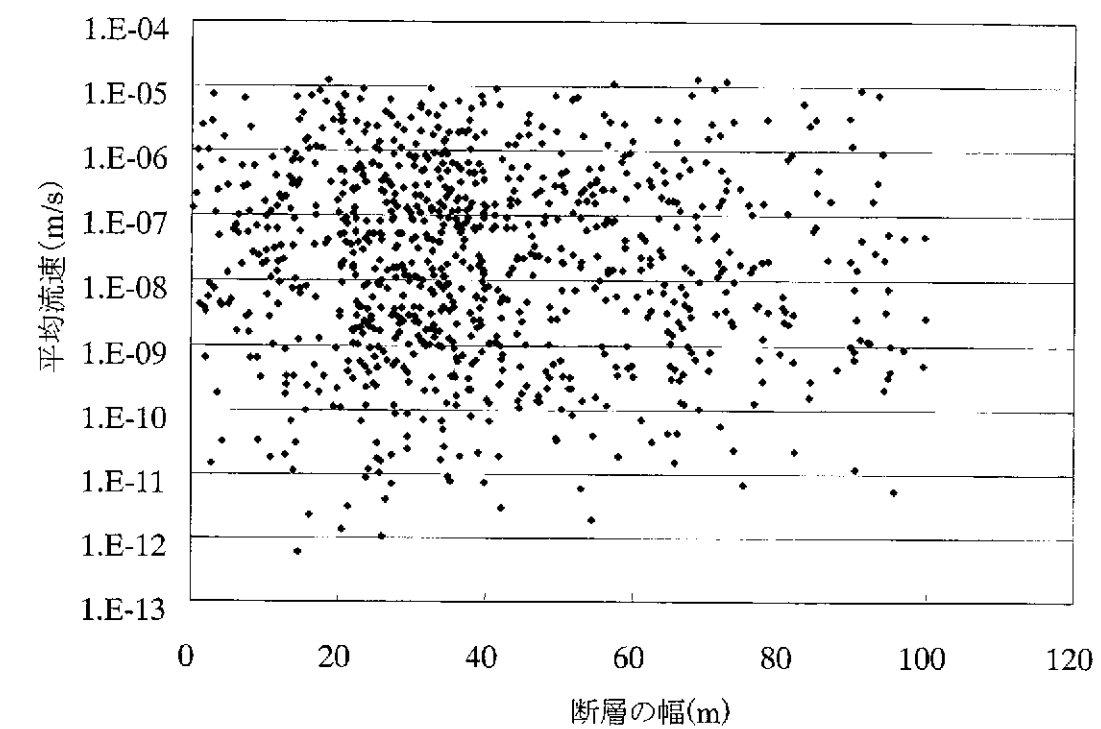


図 7-1.1 平均流速と各変数の相関(13)

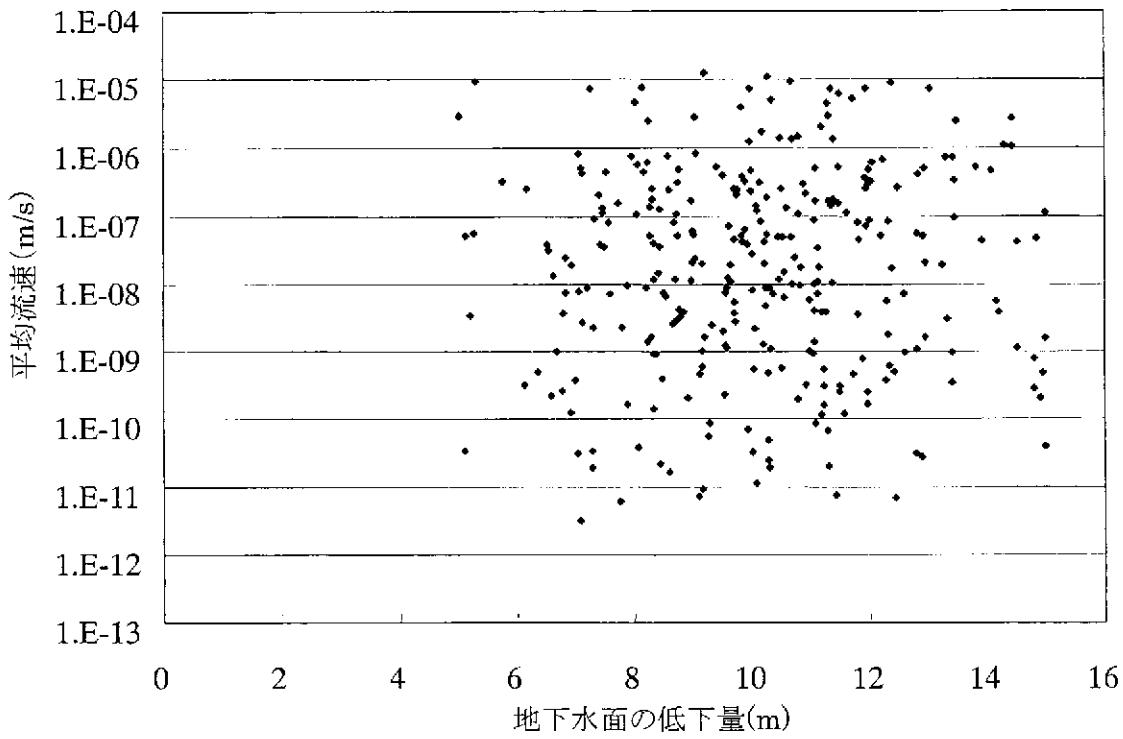
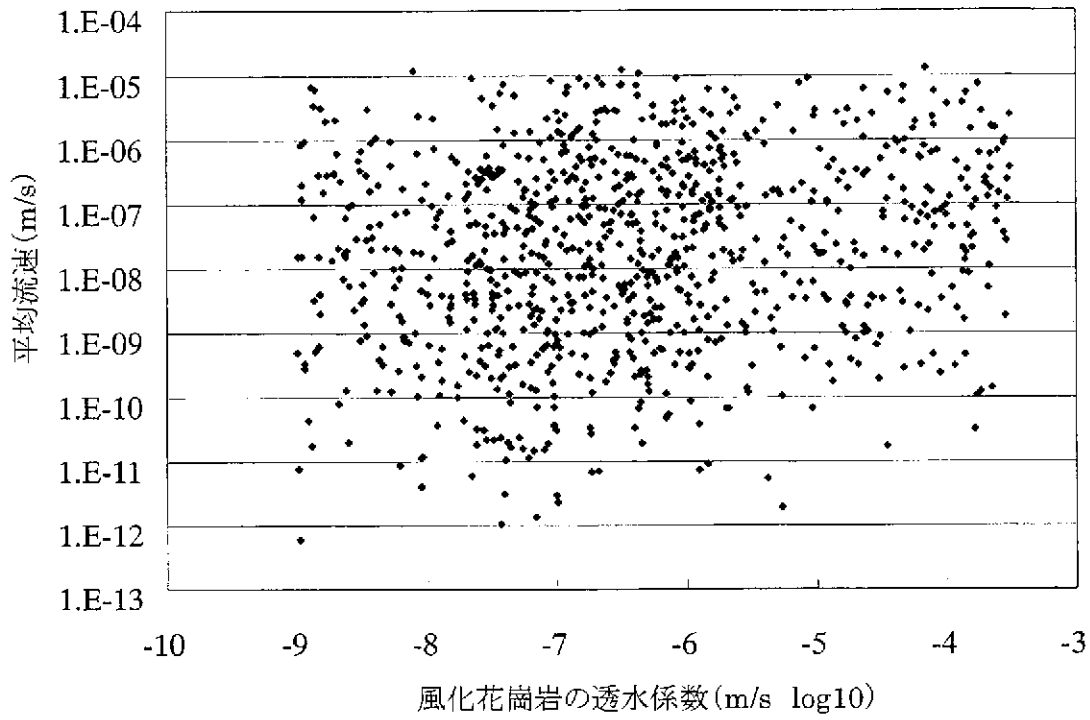


図 7-1.1 平均流速と各変数の相関(14)

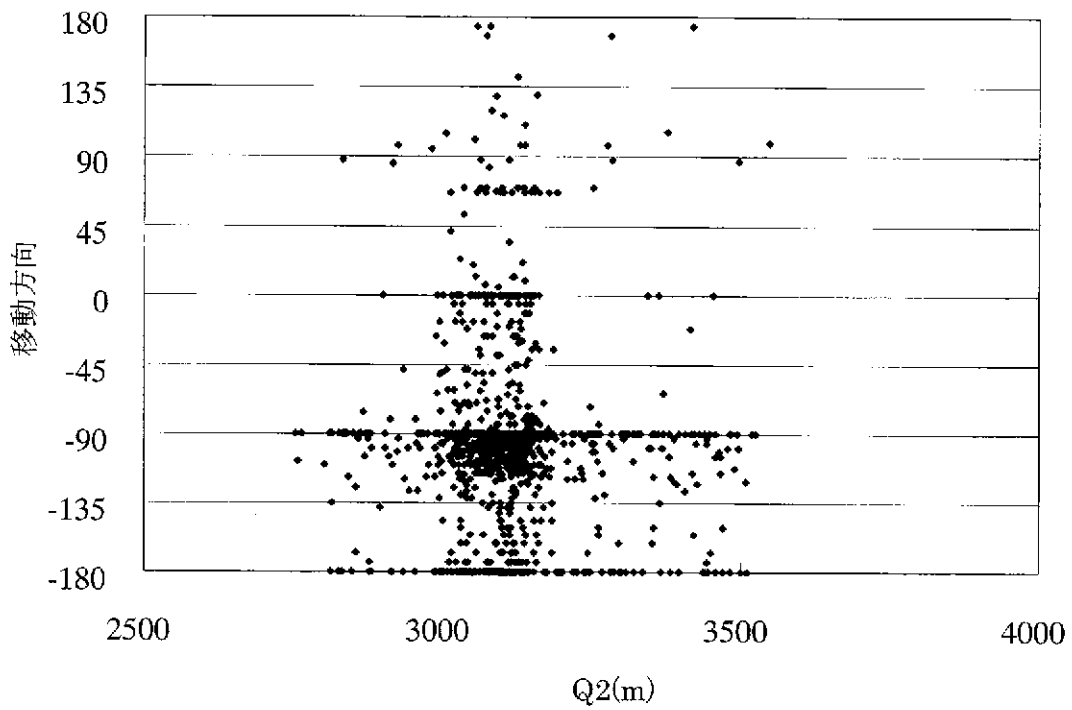
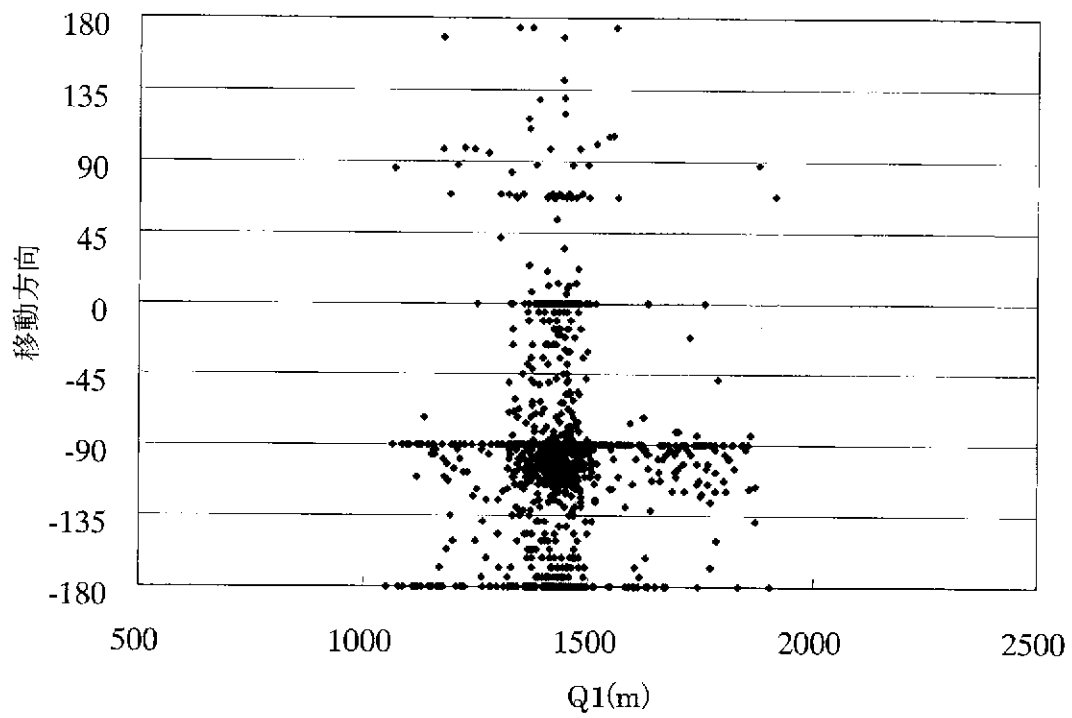


図 7-1.2 移動方向と各変数の相関(1)  
 (0° : 北、90° : 上方、180° (-180°) : 南、-90° : 下方)

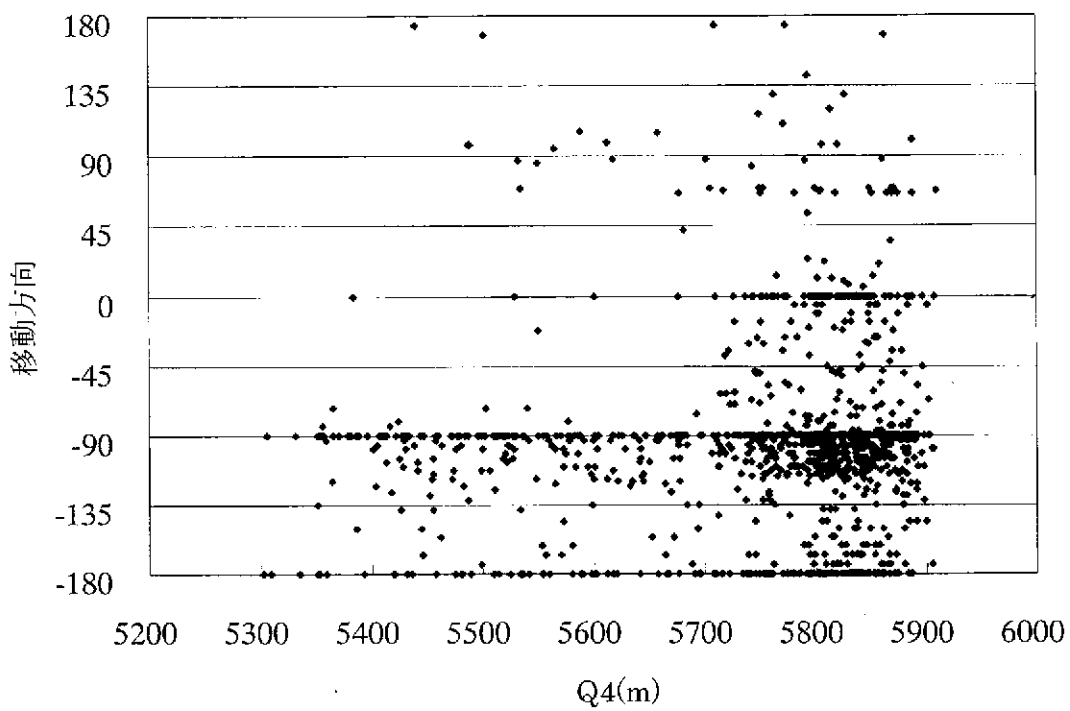
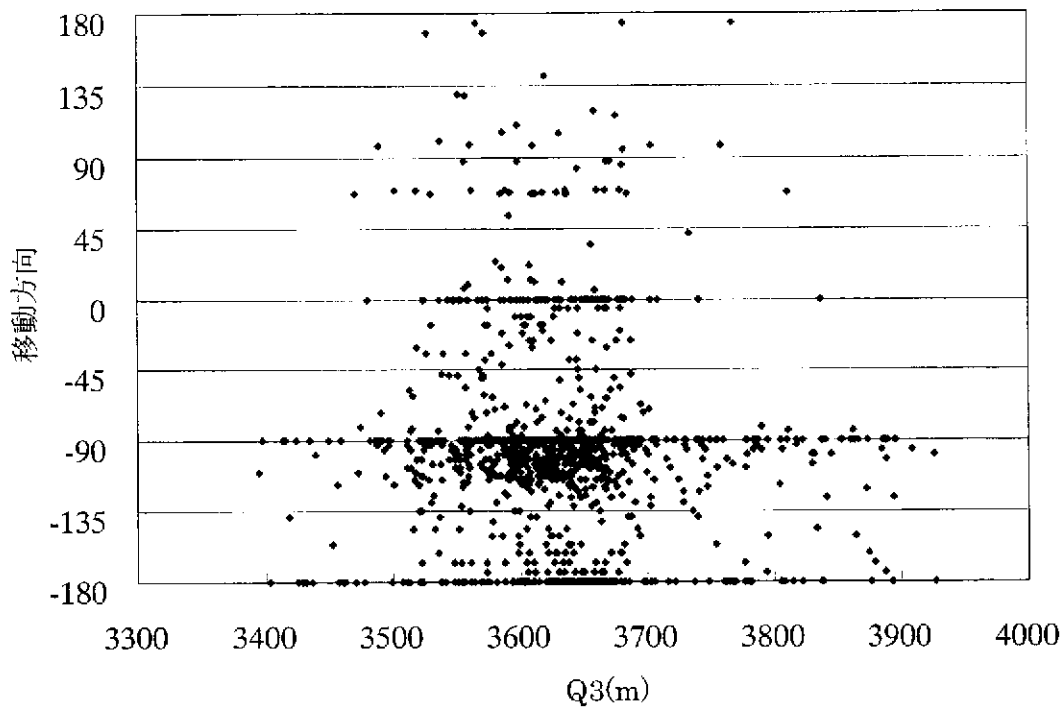


図 7-1.2 移動方向と各変数の相関(2)

(0° : 北、90° : 上方、180° (-180°) : 南、-90° : 下方)

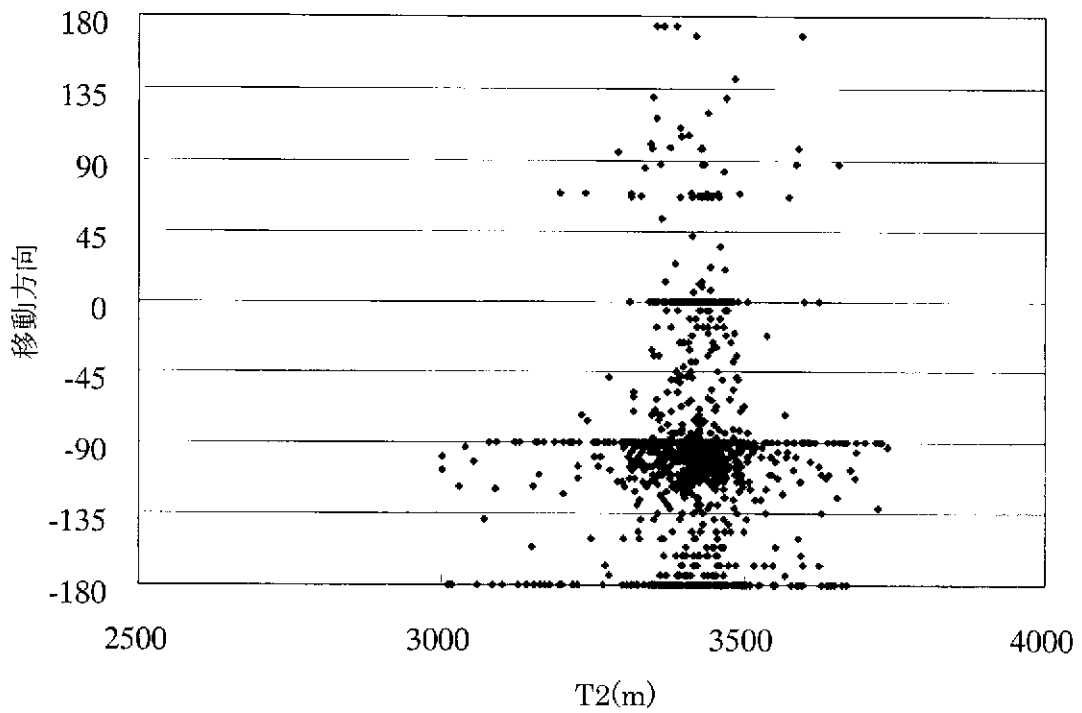
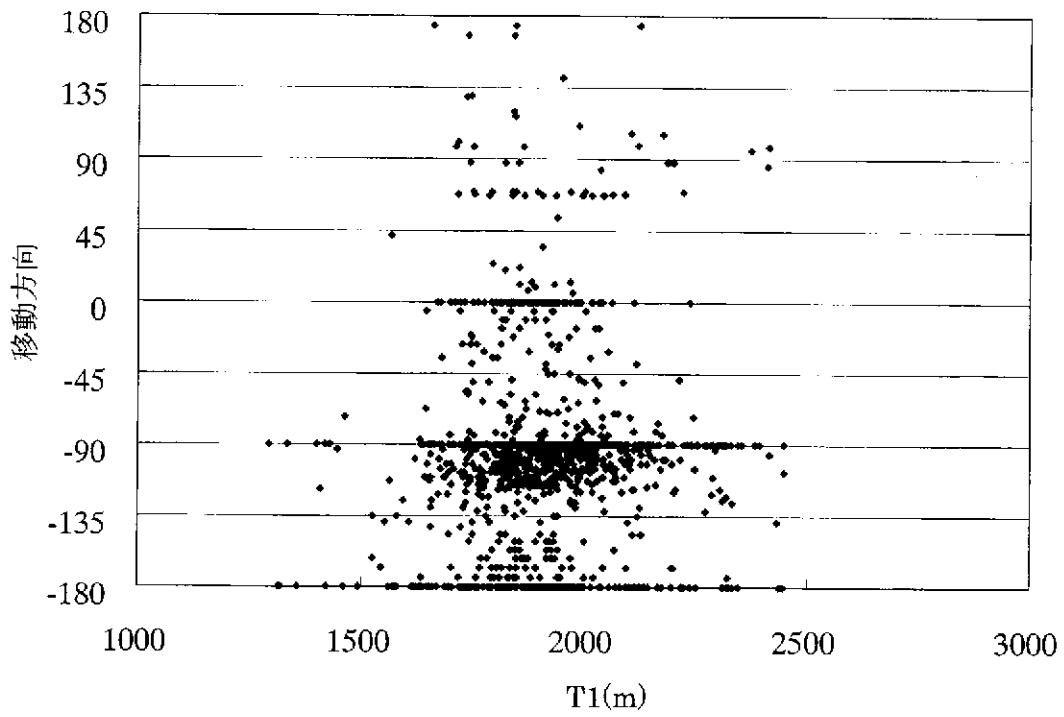


図 7-1.2 移動方向と各変数の相関(3)

( $0^{\circ}$  : 北、 $90^{\circ}$  : 上方、 $180^{\circ}$  ( $-180^{\circ}$ ) : 南、 $-90^{\circ}$  : 下方)

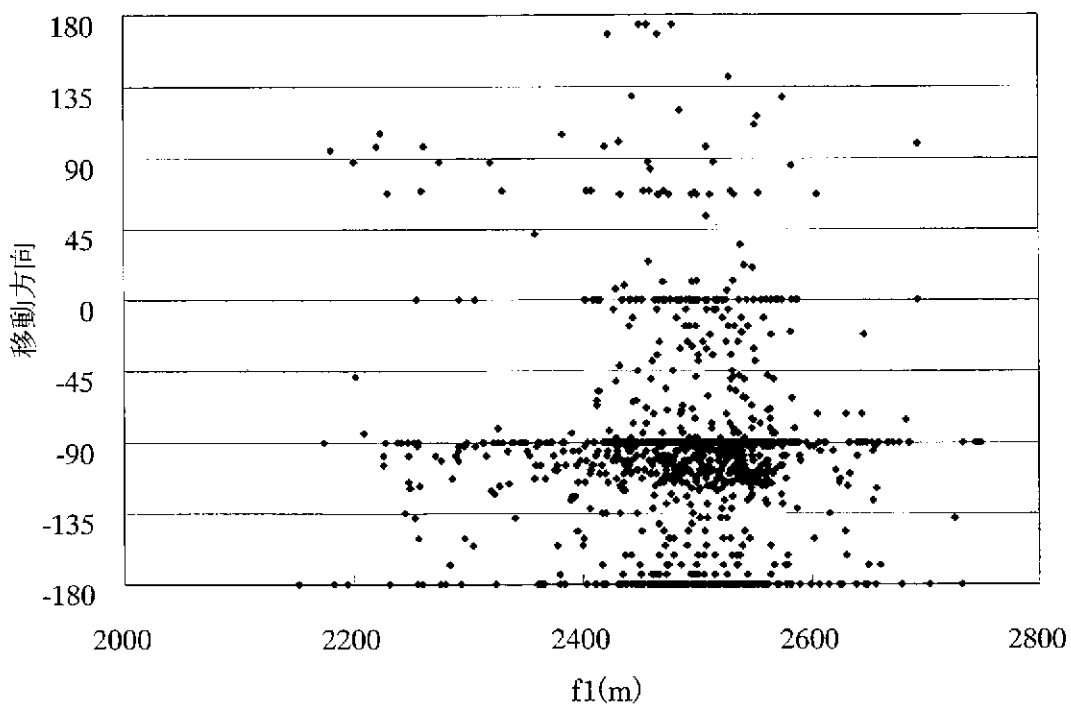
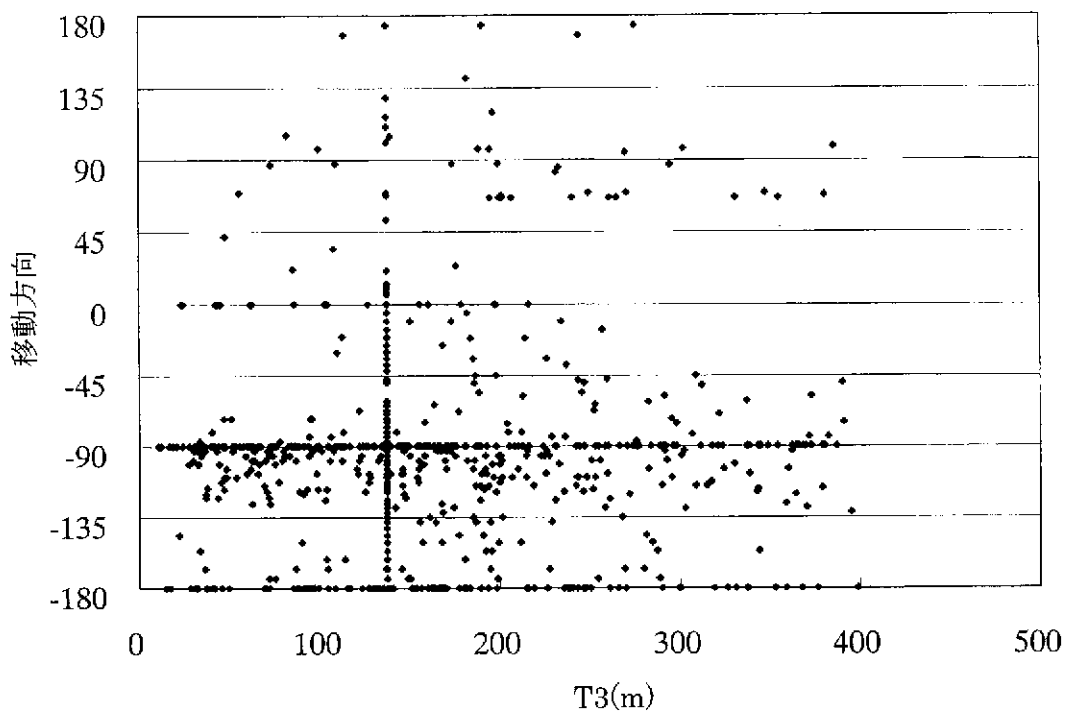


図 7-1.2 移動方向と各変数の相関(4)

( $0^\circ$  : 北、 $90^\circ$  : 上方、 $180^\circ$  ( $-180^\circ$ ) : 南、 $-90^\circ$  : 下方)



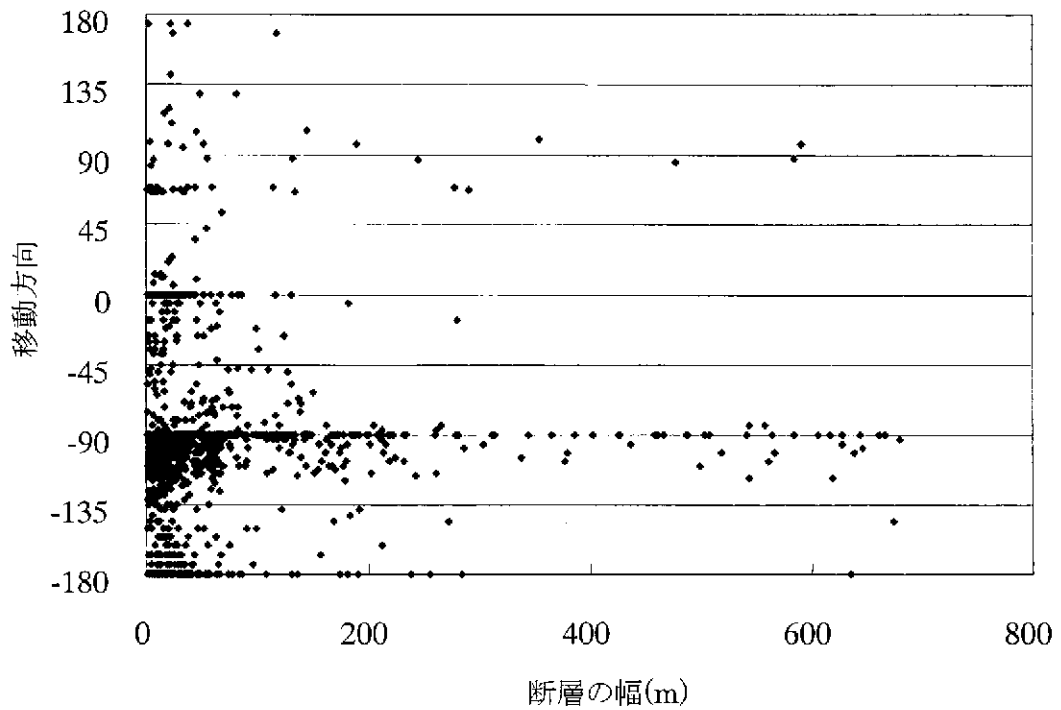
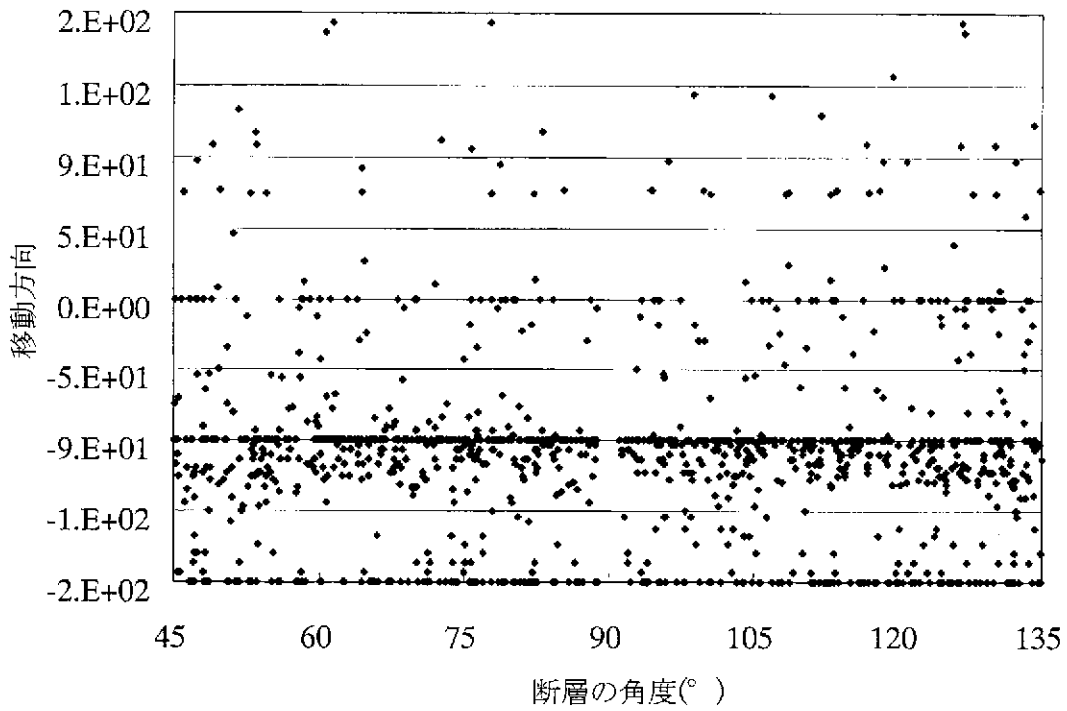


図 7-1.2 移動方向と各変数の相関(5)  
 (0° : 北、90° : 上方、180° (-180°) : 南、-90° : 下方)

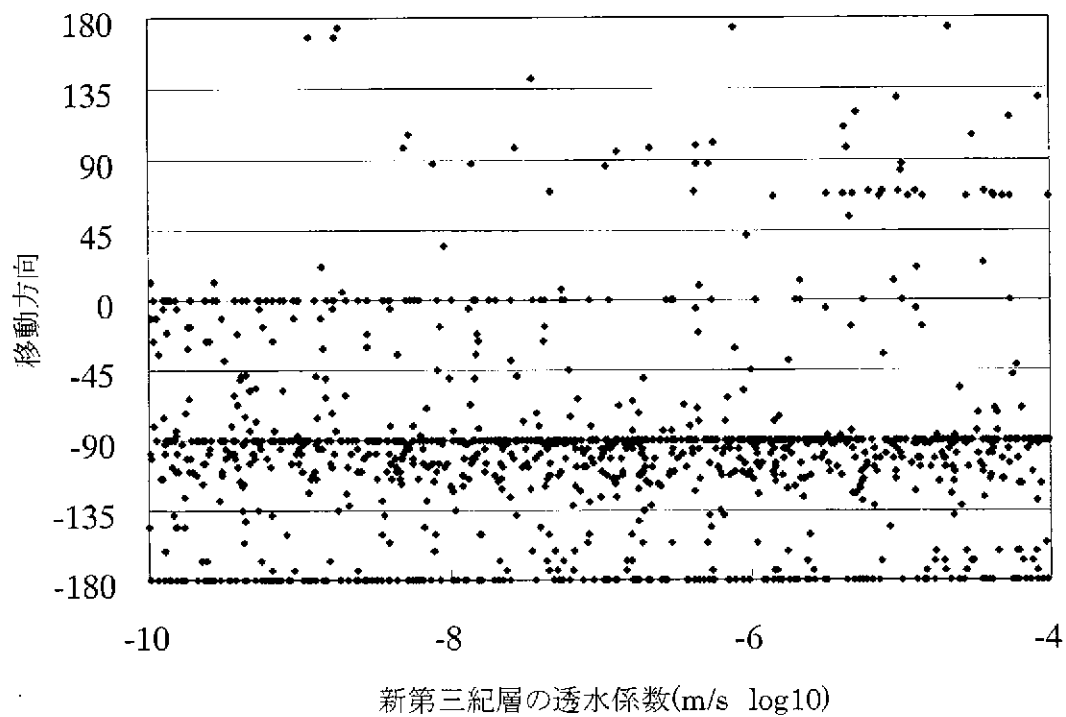
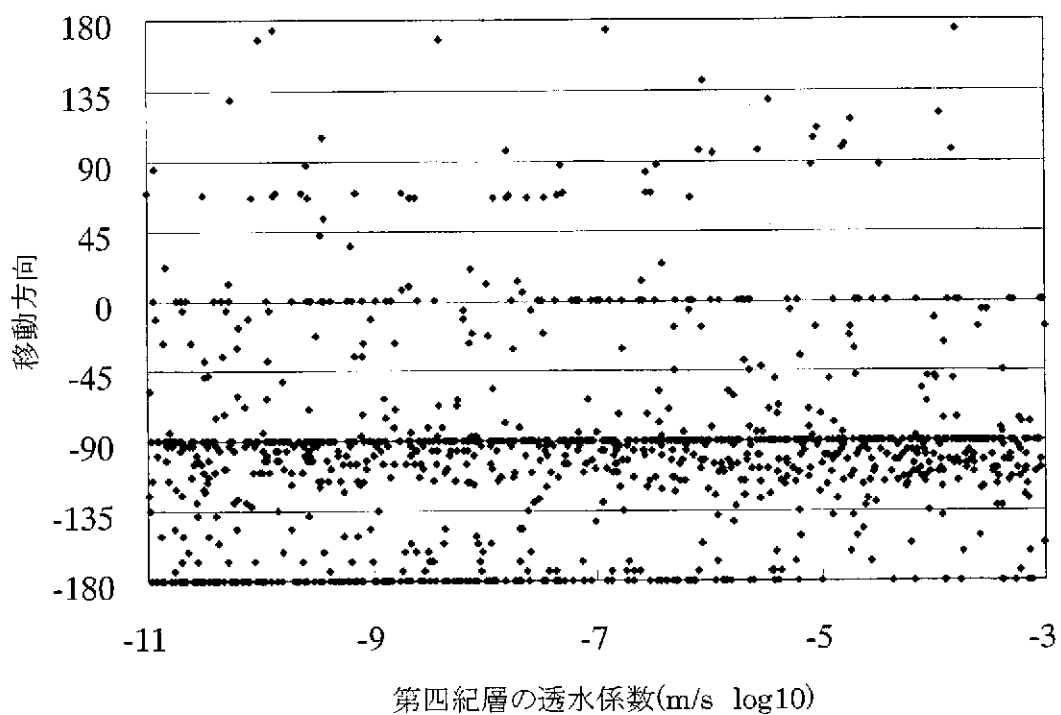


図 7-1.2 移動方向と各変数の相関(6)  
 (0° : 北、90° : 上方、180° (-180°) : 南、-90° : 下方)

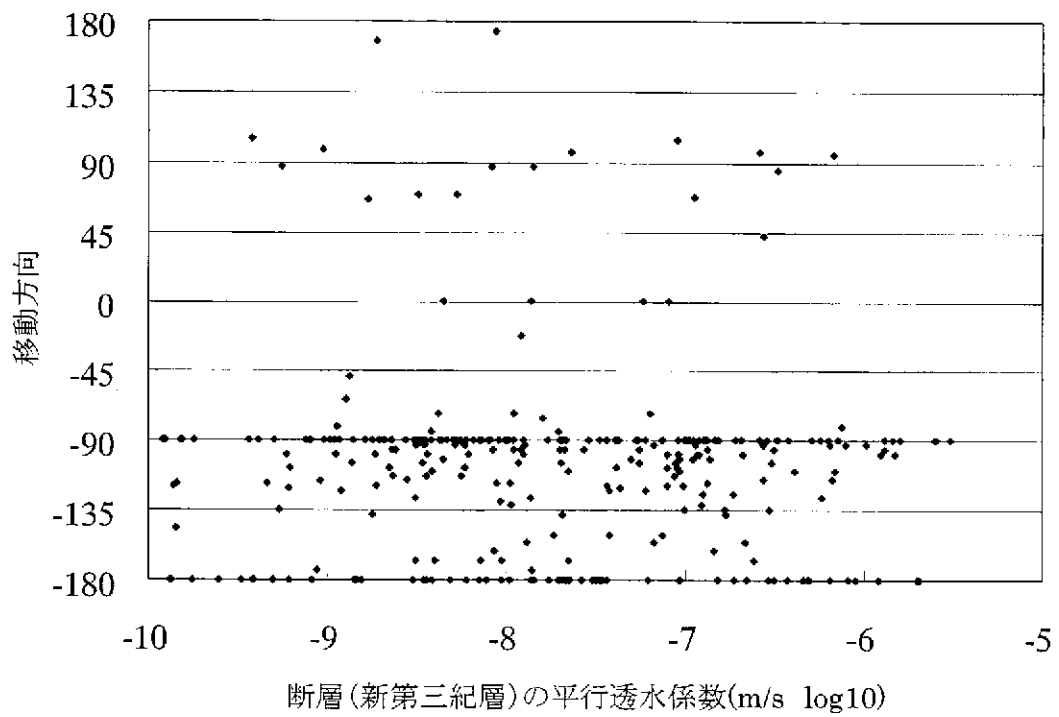
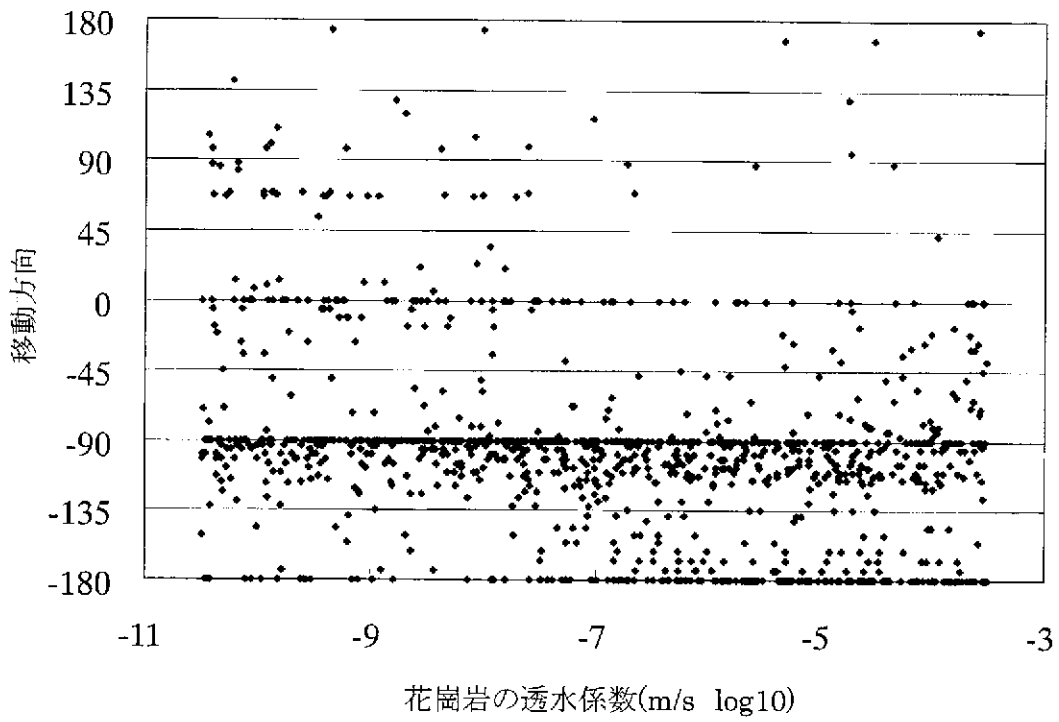


図 7-1.2 移動方向と各変数の相関(7)  
 (0° : 北、90° : 上方、180° (-180°) : 南、-90° : 下方)

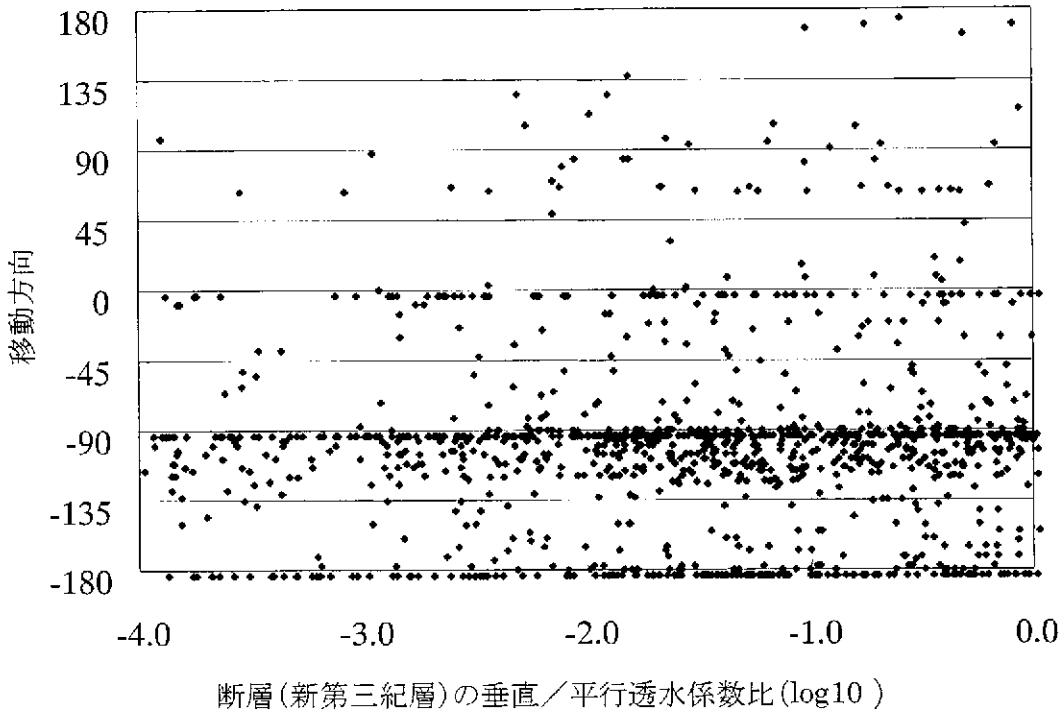
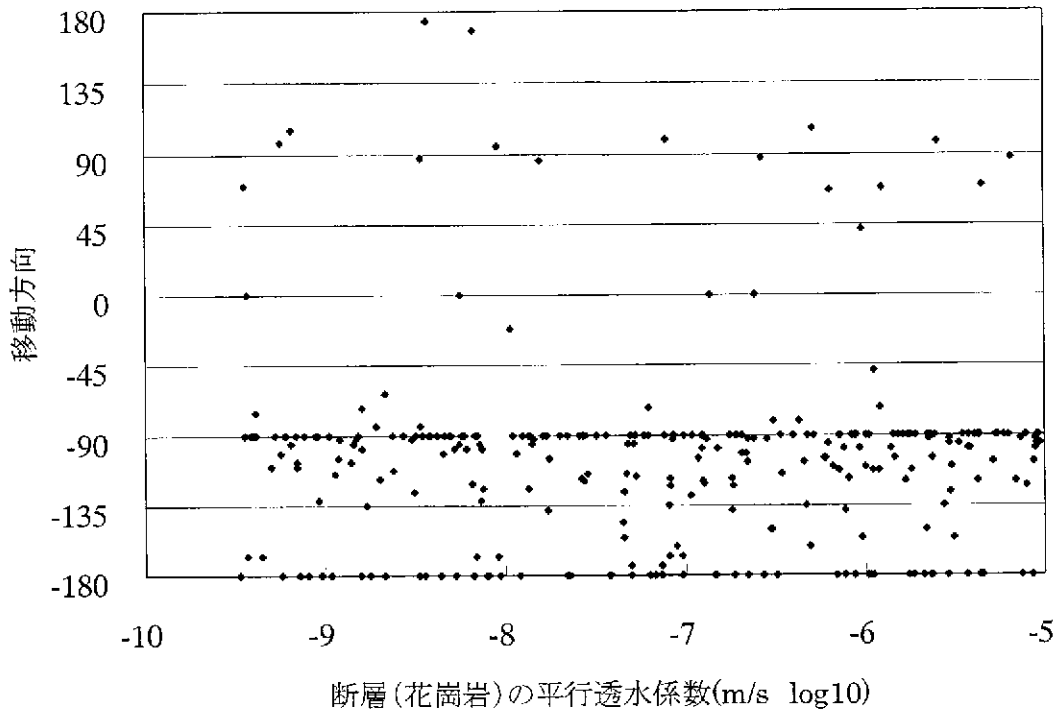


図 7-1.2 移動方向と各変数の相関(8)  
 (0° : 北、90° : 上方、180° (-180°) : 南、-90° : 下方)

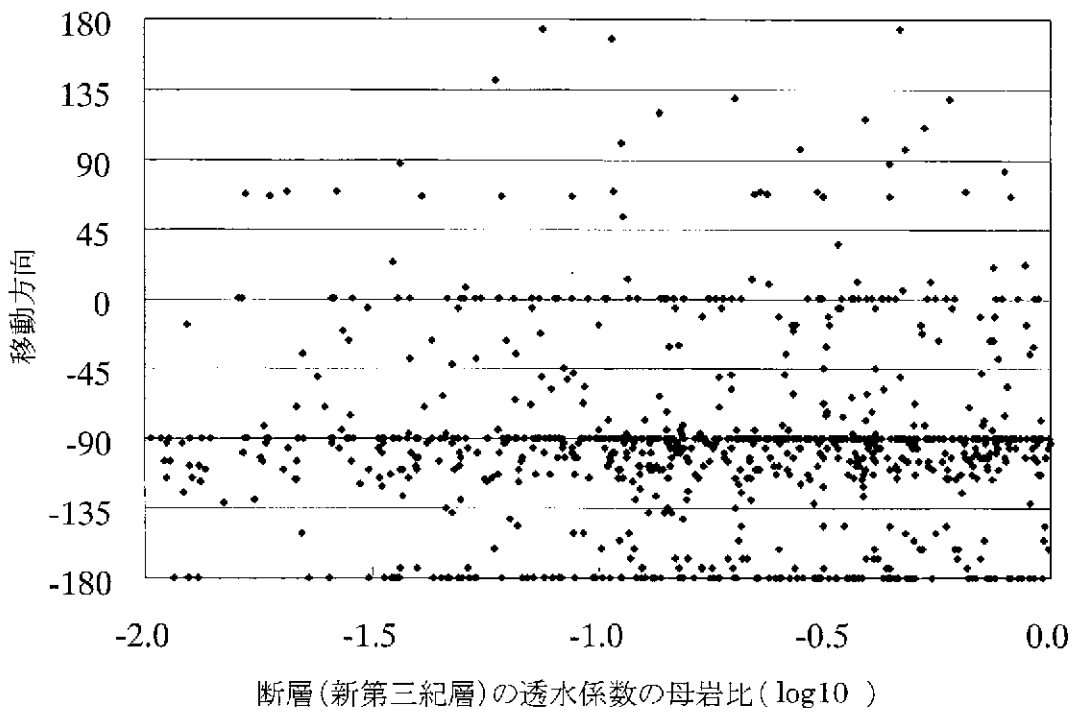
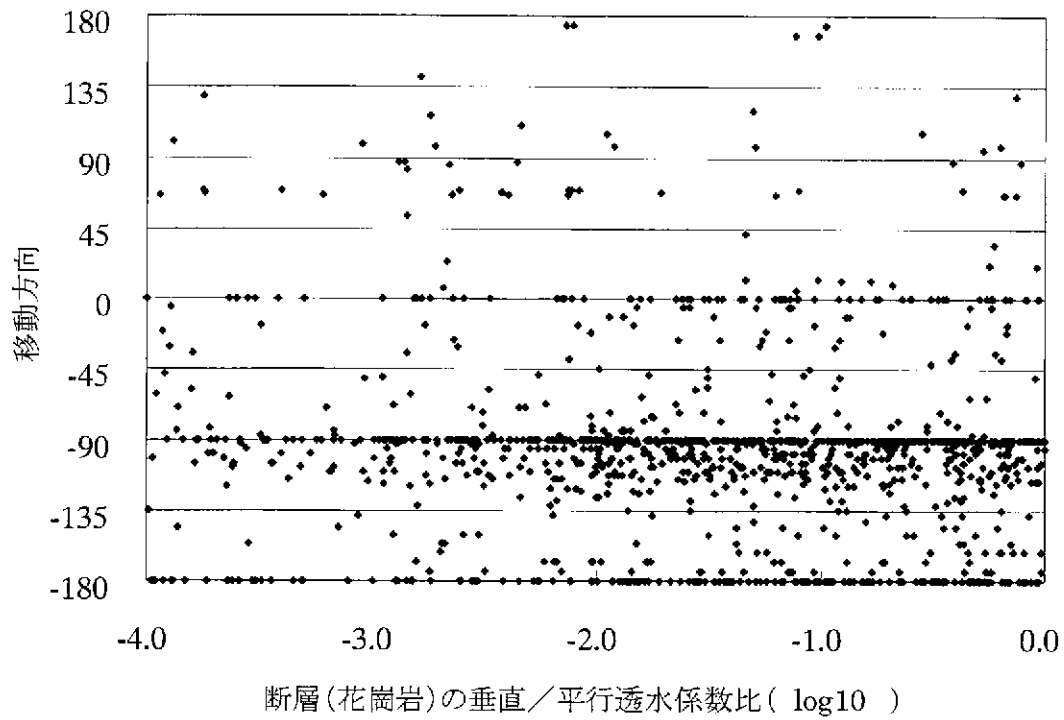


図 7-1.2 移動方向と各変数の相関(9)  
 (  $0^\circ$  : 北、  $90^\circ$  : 上方、  $180^\circ$  (  $-180^\circ$  ) : 南、  $-90^\circ$  : 下方 )

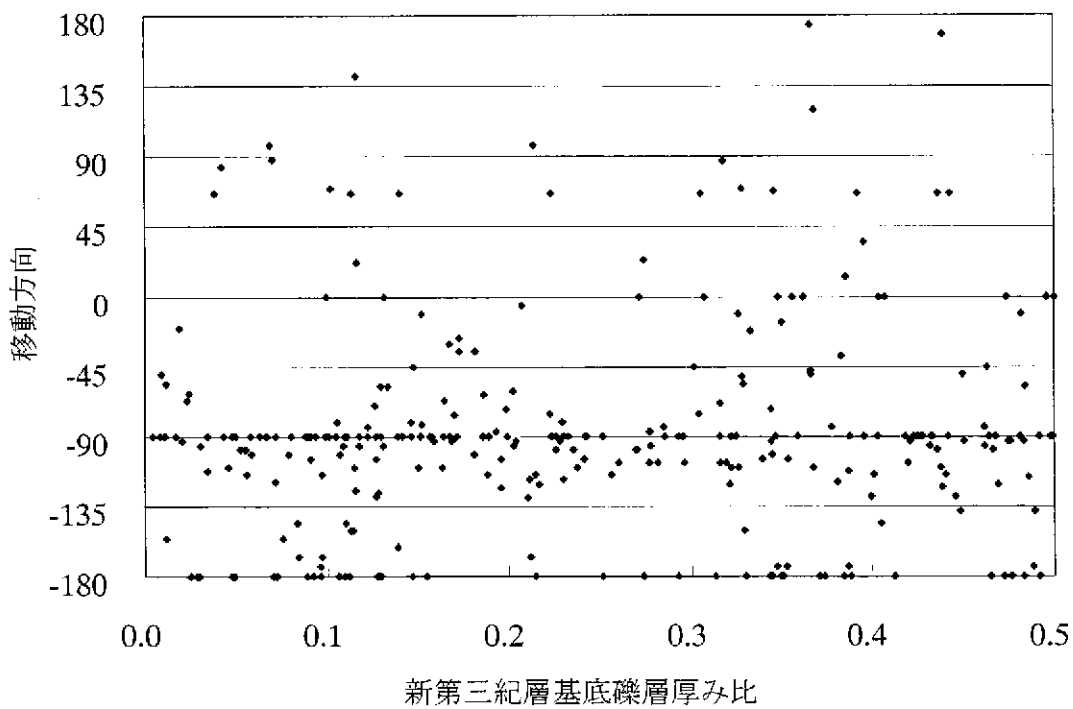
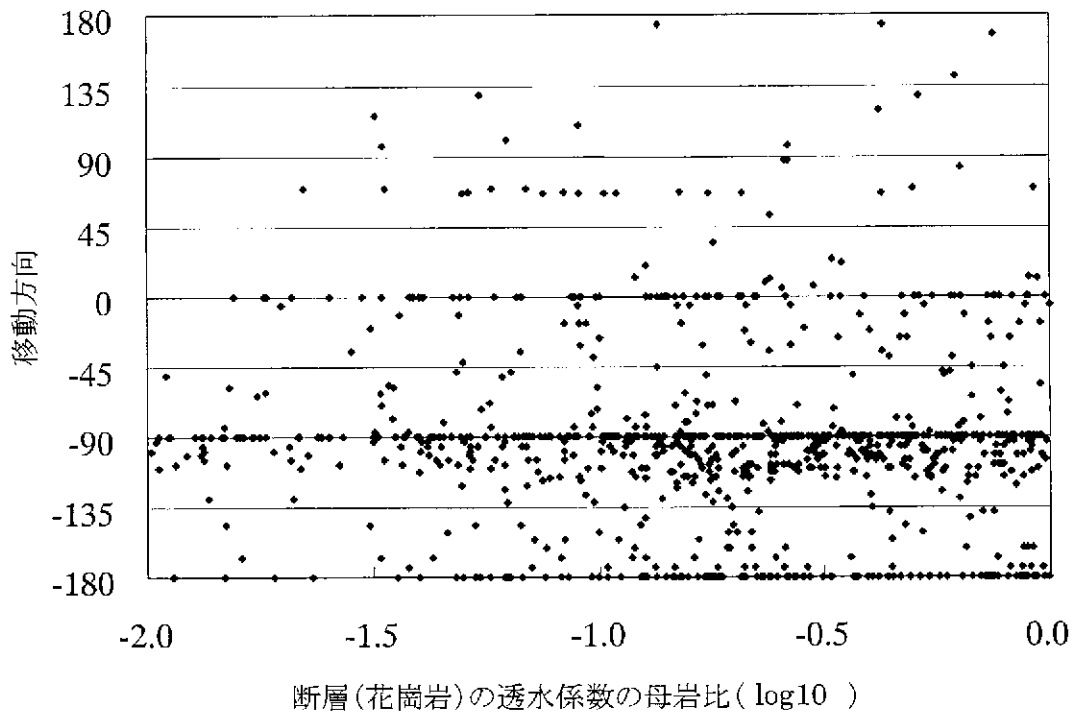


図 7・1.2 移動方向と各変数の相関(10)  
 (0° : 北、90° : 上方、180° (-180°) : 南、-90° : 下方)

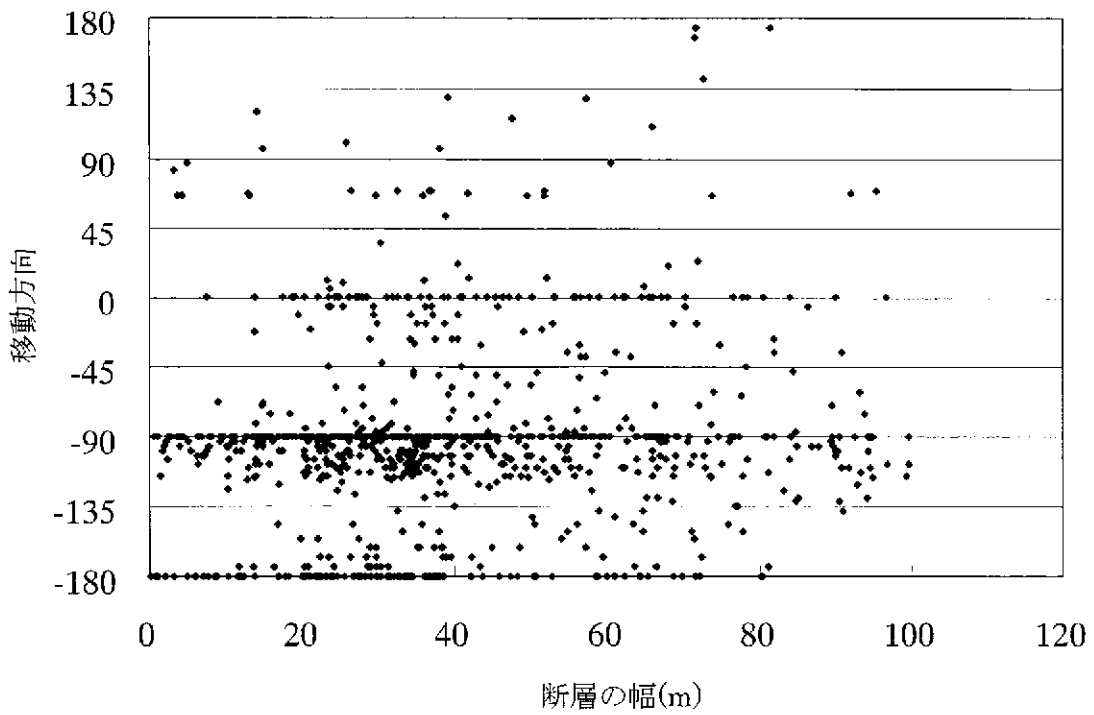
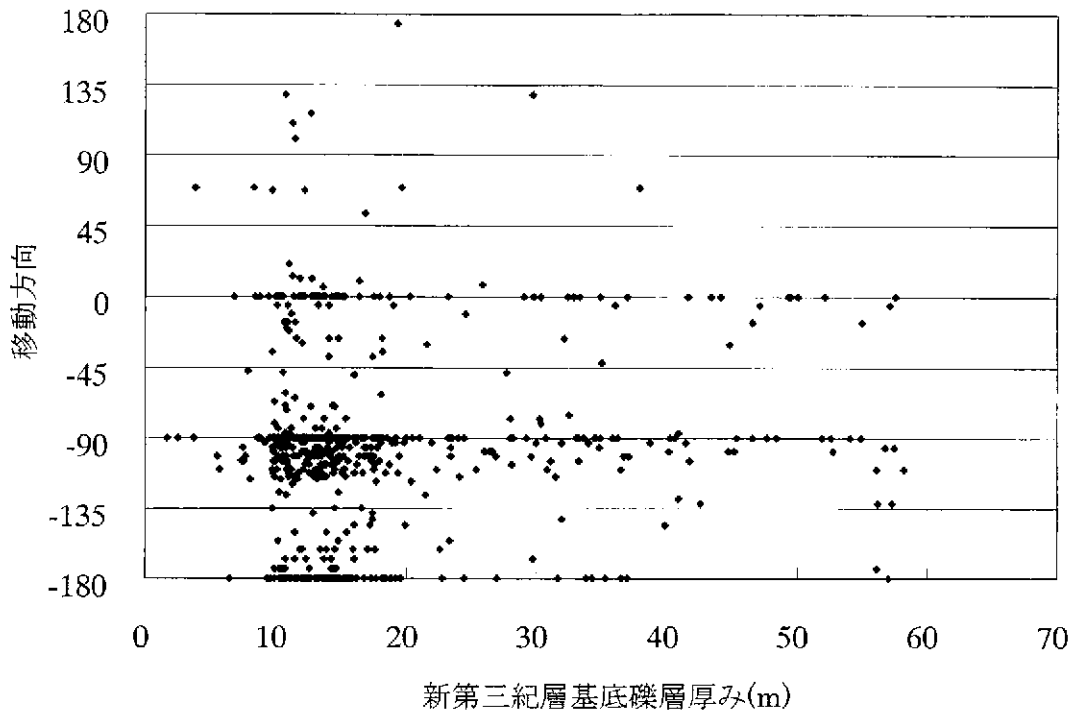


図 7-1.2 移動方向と各変数の相関(11)  
 (0° : 北、90° : 上方、180° (-180°) : 南、-90° : 下方)

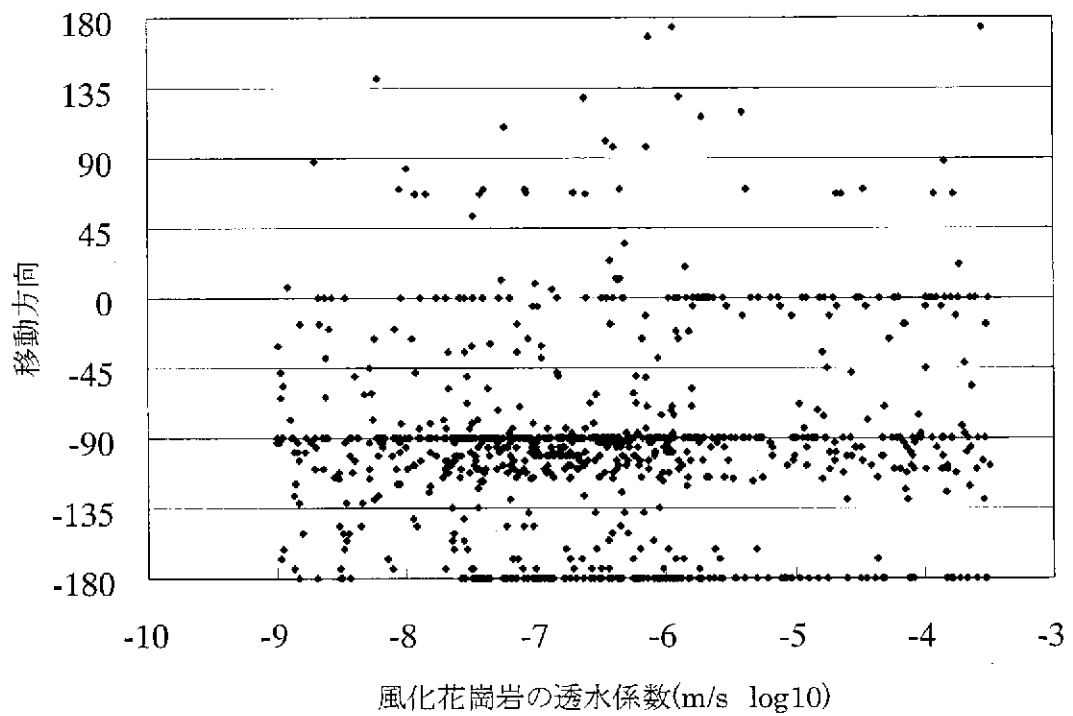
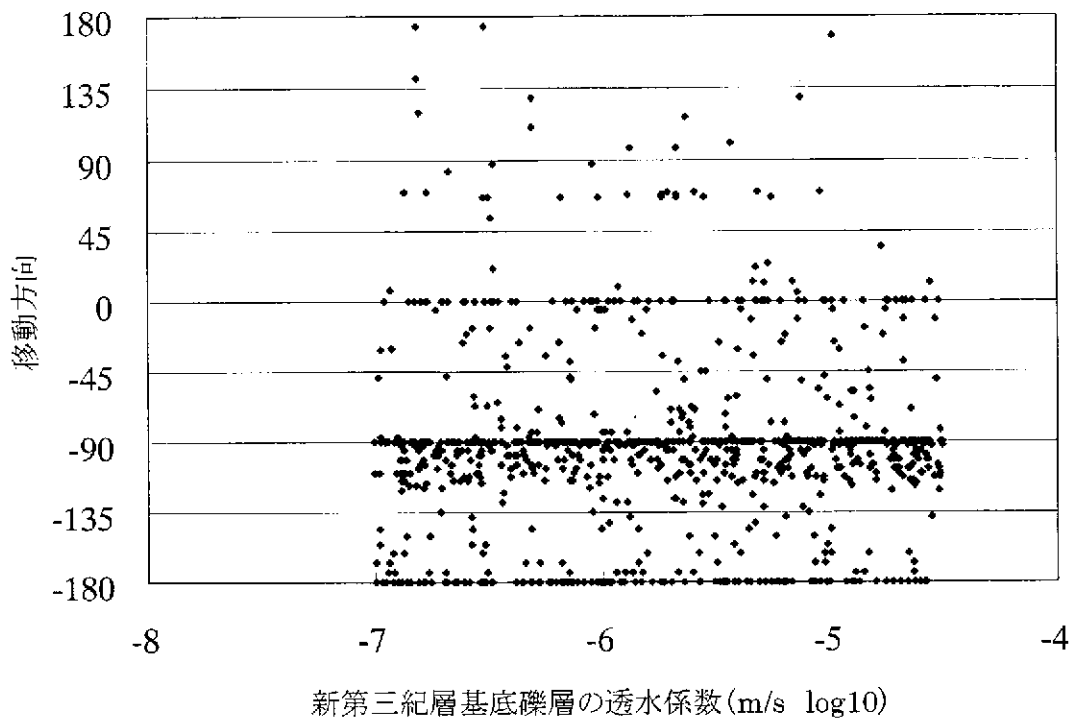


図 7-1.2 移動方向と各変数の相関(12)  
 (0° : 北、90° : 上方、180° (-180°) : 南、-90° : 下方)



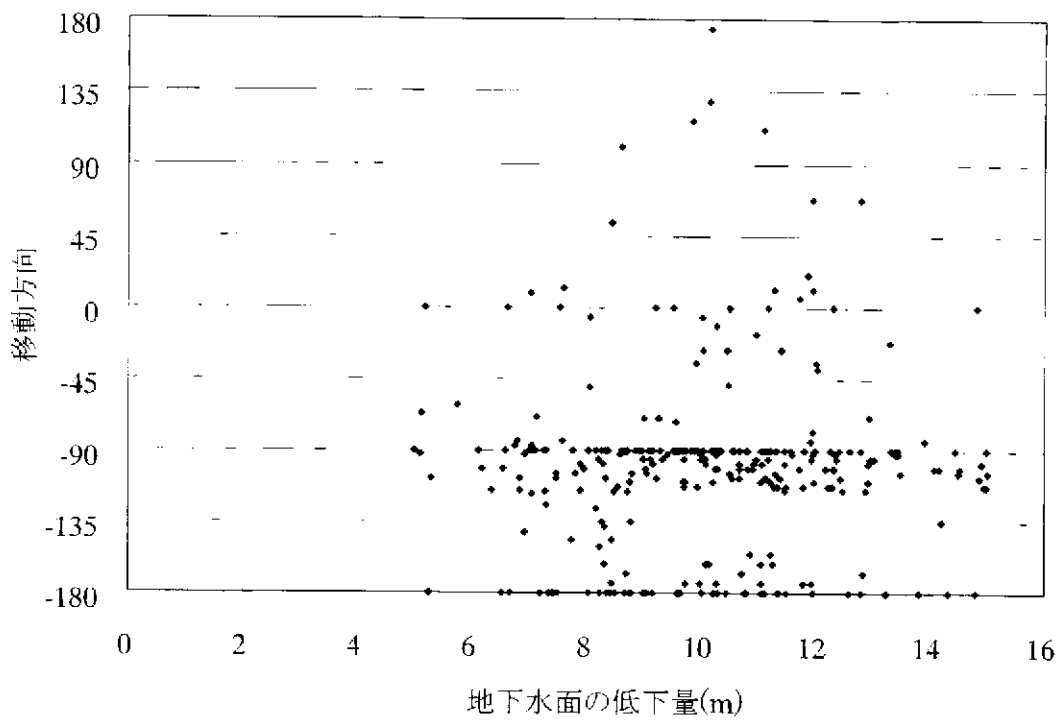


図 7-1.2 移動方向と各変数の相関(13)  
 (0° : 北、90° : 上方、180° (-180°) : 南、-90° : 下方)

表 7-1 変数の全体及び各事例の平均値

	全体平均	南方向	下方向	北方向	上方向
Q1	1442	1416	1453	1437	1390
Q4	5754	5732	5736	5803	5670
T1	1908	1884	1931	1885	2028
T3	153	152	147	130	195
f1	2492	2493	2502	2490	2384
断層角度	90	92	86	93	89
第四紀層透水係数(m/s log)	-7.14	-8.34	-6.79	-6.95	-6.48
新第三紀層透水係数(m/s log)	-7.06	-7.35	-6.74	-8.26	-6.61
花崗岩透水係数(m/s log)	-6.88	-5.75	-7.29	-7.74	-8.53
断層幅	65	33	93	24	183
断層平行透水係数 (比 log)	-0.74	-0.62	-0.79	-0.83	-0.77
基底礫厚み (値)	0.24	0.24	0.22	0.36	0.14
基底礫厚み (比)	18	16	18	22	11
風化花崗岩厚み	40	32	36	46	25
風化花崗岩透水係数(m/s log)	-6.42	-6.04	-6.49	-5.65	-6.59

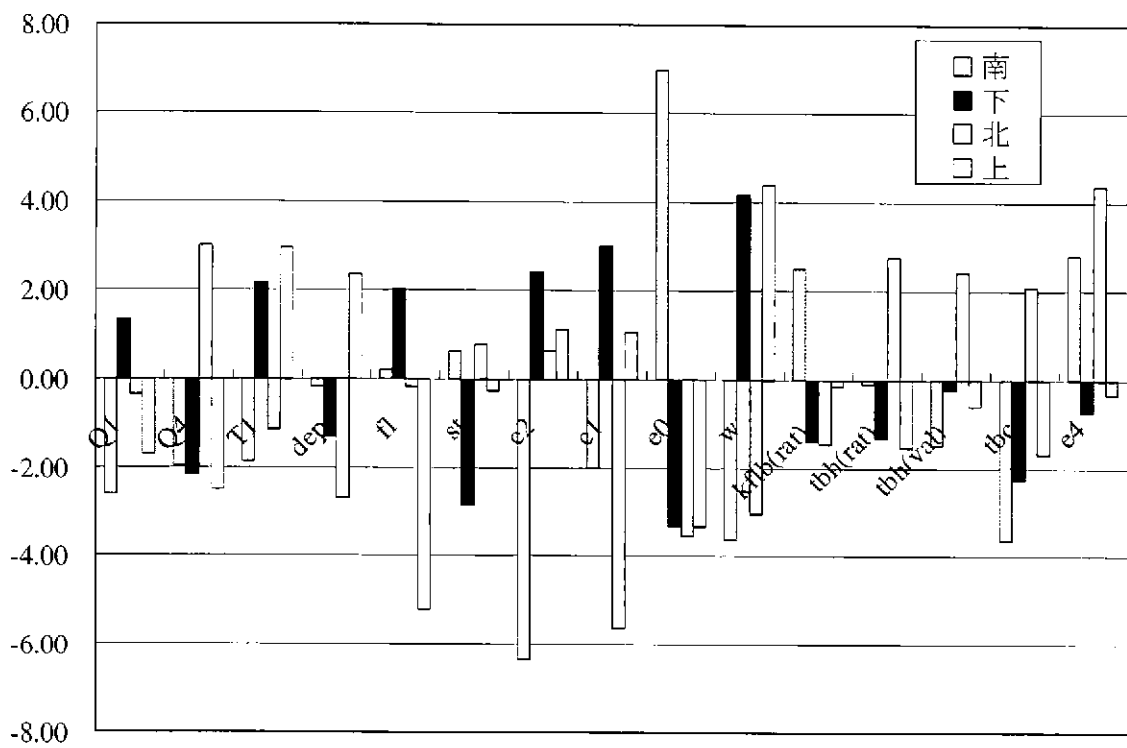


図 7-2 各事例の変数平均と母集団の変数平均の有意差

### 7.1.2 調査段階と地質構造モデルの不確実性との関係

調査が進展し、地質構造の理解が進んでいることを確認するため、調査段階と地質構造モデルの不確実性との関係を整理した。今回、2次元の地質構造モデルの不確実性として着目したものは、評価対象となる小域内の第四紀層の断面積（地下水面下）、新第三紀層（基底礫を含む）の断面積、及び花崗岩（あるいは風化花崗岩）の上端深度である。図7-3～5に、調査量と不確実性（各変数の中間値、最大値及び最小値を表示）の関係を示す。小域については、一つの地質構造モデルのみを対象としているため1点となり見かけ上不確実性が小さく見えている。図7-3～5において示すように、基本的に調査の進展により、地質構造の理解が進み、不確実性が低減していることが分かる。ただし、第三段階から第四段階への進展においては、地質構造の理解において変化は無く、変動幅を有する地下水面を地質構造モデルに加えたため、第四紀層の断面積（地下水面下）においては変動幅が大きくなり、新第三紀層の断面積と花崗岩の上端深度においては、変化が生じない結果となっている。また、第四紀層の断面積においては、第三段階の変動幅を第二段階において十分に考慮することができなかった。このことは、地質構造の理解が不十分であり、第二段階の不確実性をファジーメンバーシップにおいて表現するときに、不確実性の程度を見誤ったことを意味している。

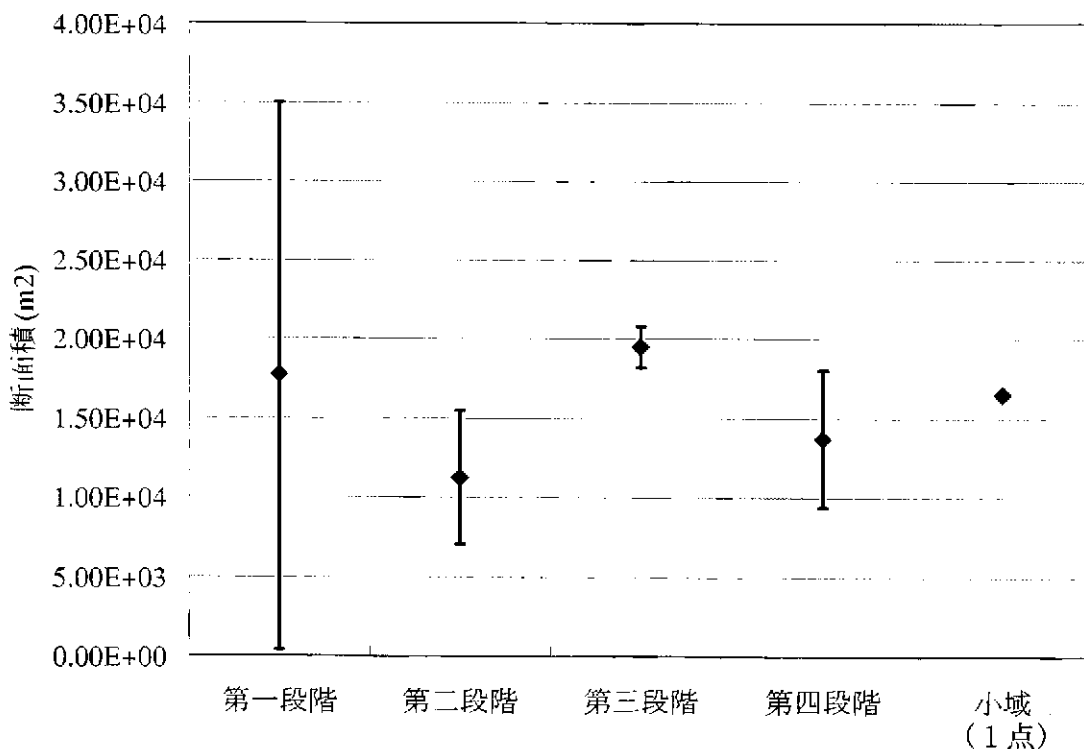


図 7-3 調査段階と第四紀層の断面積との関係

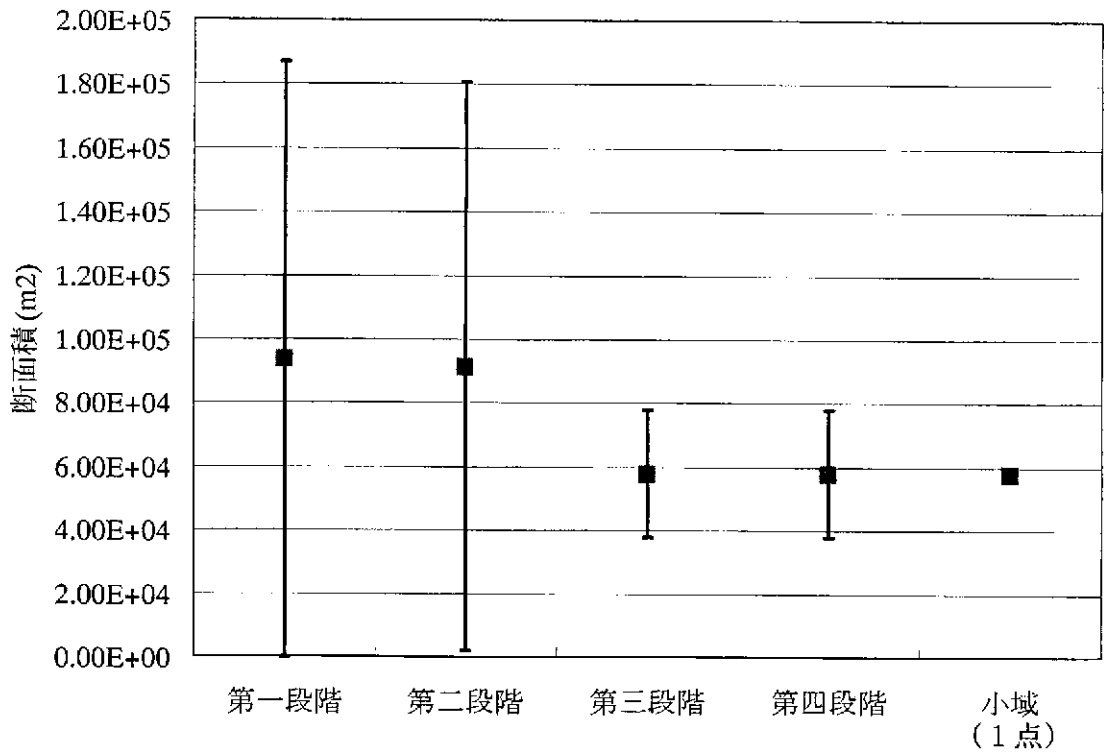


図 7-4 調査段階と新第三紀層の断面積との関係

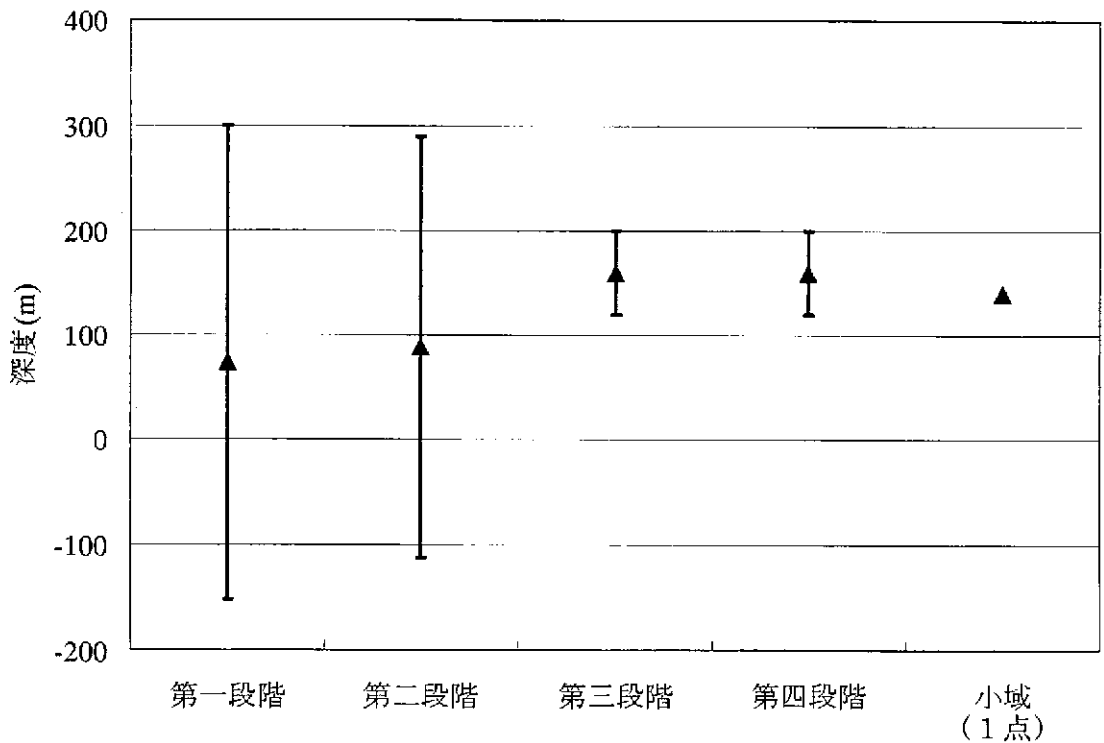


図 7-5 調査段階と花崗岩（あるいは風化花崗岩）の上端深度との関係

### 7.1.3 調査段階と地下水流動解析結果の不確実性との関係

調査が進展し、地質構造及び水理地質構造の理解が進むことにより、それらを基にして算定された地下水流動解析結果の不確実性の程度を理解するため、調査段階と地下水流動解析結果の不確実性との関係を整理した。今回、地下水流動解析結果としては、小域内での平均流速と移動方向の不確実性に着目している。図7-6、7に、調査段階と不確実性（各変数の平均値及び標準偏差）の関係を示す。横軸は調査段階を示しており、中域第一段階～第四段階をstep1～step4で示している。また、各調査段階においては、各ファジーメンバーシップ $\mu$ （図中m）=1.0、0.5及び0.0のリアライゼーションの平均値及び標準偏差を示している。小域については、一つの地質構造モデルを対象に透水係数場のみリアライゼーションをしているため変動幅が小さい結果となっている。図7-6、7において示すように、基本的に調査の進展により、地質構造及び水理地質構造の理解が進み、不確実性が低減しているという結果は得られなかった。原因としては、平均流速に影響を与える第四紀層、花崗岩、及び風化花崗岩自体の透水係数の不確実性が低減していないため、また、移動方向については透水係数全体の不確実性が十分に低減していないためと考えられる。これらの結果は、低減させたい不確実性を事前に把握し、その不確実性を低減させるために必要な調査計画の立案が重要であることを示している。

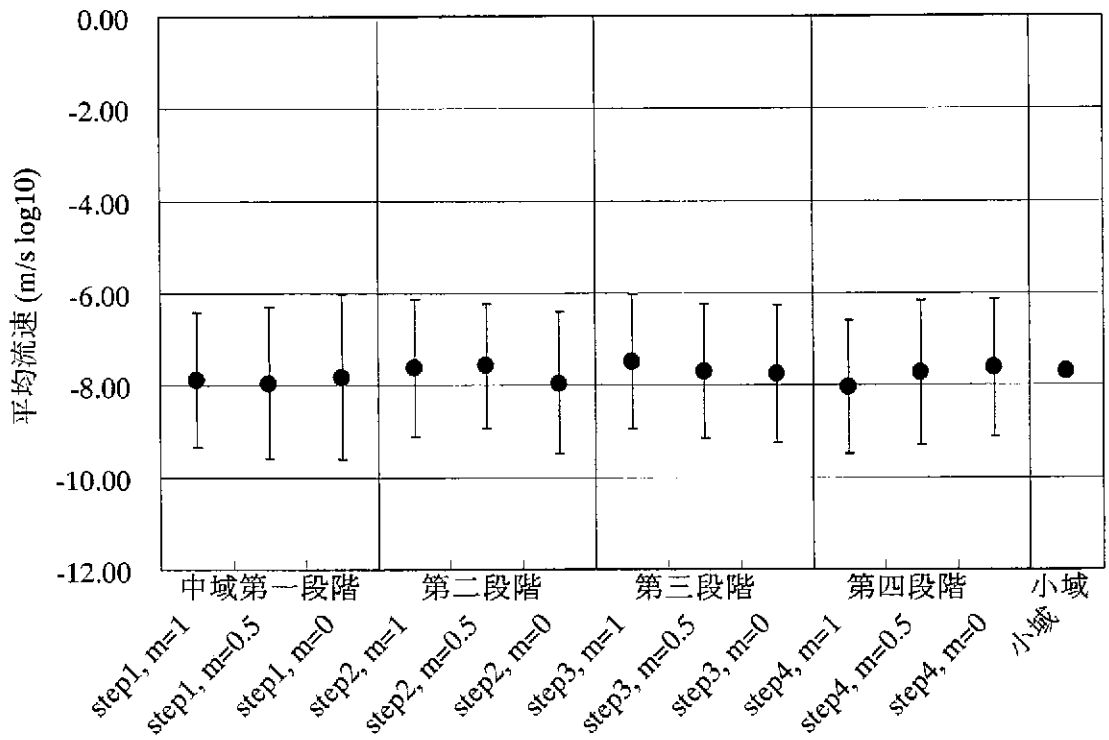


図7-6 調査段階と平均流速（平均及び標準偏差）との関係

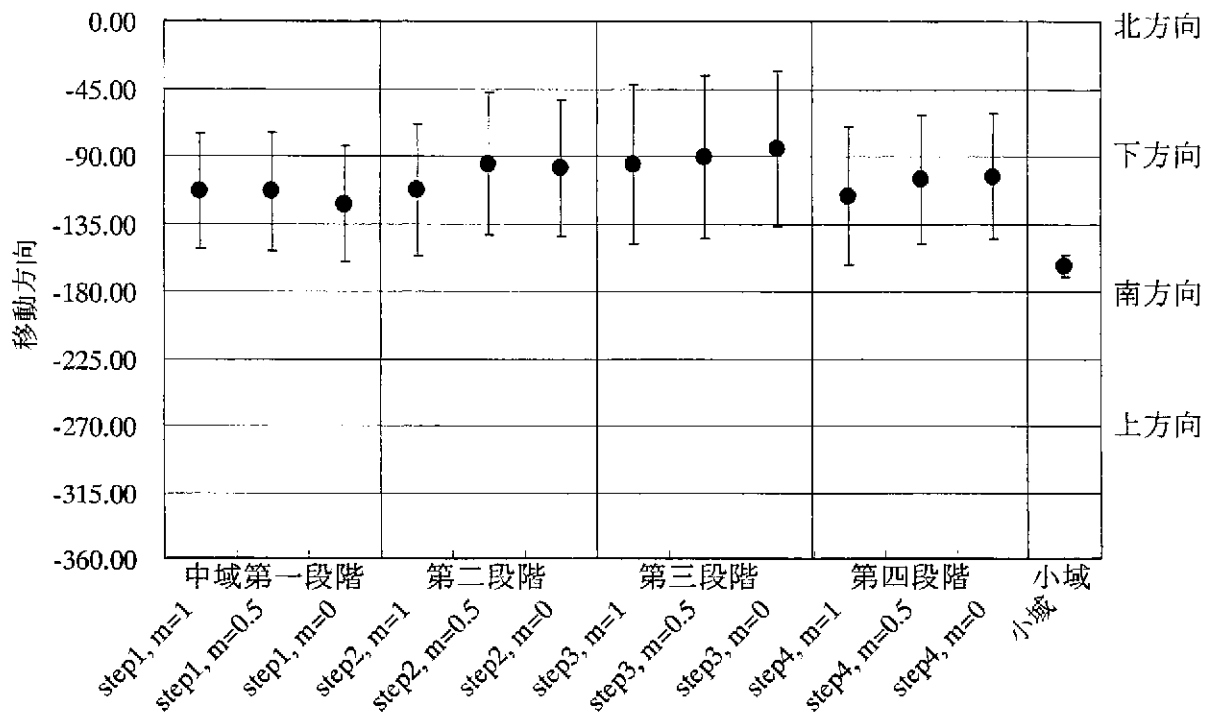


図7-7 調査段階と移動方向（平均及び標準偏差）との関係  
 (小域 2次元断面内において0が北方向、-90下方向、-180南方向)

## 7.2 本手法の適用性の評価

本検討において開発を進めている統計解析手法を用いた定量的地質環境モデル構築方法は、平成18年度の検討により、以下の機能を有していることを確認した。

- ① ファジーメンバーシップを用いることにより、地質図のコンセプトや測定誤差等、想定される様々な不確実性をモデル構築に考慮することができた。このことは、取得している情報の量・質に基づき、主観的ではあるが不確実性を定量的に評価できることを示している。
- ② ①で評価した不確実性を全て組み合わせることにより、各調査段階において、完全に否定できない地質構造及び水理地質構造モデル群を表現することができた。
- ③ 今回の対象としているサイトにおいて、調査が進展し、地質構造の理解が進んでいることを、不確実性の低減という定量的な形で示すことができた。
- ④ 例えば、小域の最短の到達時間において、事前に対象領域の平均透水係数を調査できることが、全体の不確実性低減に大きく寄与することを定量的に示すことができた。
- ⑤ 不確実性の定量的評価を実施することにより、地質構造の理解が不十分で、不確実性の程度を見誤ることがあることを示せた。
- ⑥ 不確実性の定量的評価を実施することにより、低減させたい不確実性を事前に把握できれば、その不確実性を低減させるために有効な合理的な調査計画立案の可能性を示せた。

これらは、地層科学研究における地質環境特性の調査・解析・評価において不可欠なものであり、今後より発展させていく必要がある。



### 7.3 課題の抽出

平成13年度の業務において本手法には、7.2項に示したような適用性があることを示すことができた。ただし、以下に示すように多数の課題が残されており、今後、解決していく必要があると考えられる。

- ① 全ての不確実性を組み合わせていくということは、考慮すべき不確実性が増えることにより際限なく、対象となる地質構造及び水理地質構造モデルが増加し、現実的に対応しきれないという問題が生じる。よって、途中の段階で、例えば、地下水の地球化学による年代測定結果のように、ある程度検証が可能な情報を用いて、絞込みが行える手法にしていく必要がある。
- ② 不確実性の評価に関しては、例えば、ヒストグラムや折れ線グラフ等を用い評価することができるが、各要素の影響度把握という観点ではより高度化した評価手法が必要であると考えられる。
- ③ 不確実性の可視化も含め、実プロジェクトに対応していくためには、本手法のソフト化も考慮に入れていくことが必要である。

## 8. まとめ

平成13年度は、平成12年度の成果を受け、本手法の実用化を目指し、これまで東濃鉾山周辺で行われてきた調査結果を基に、一般的に想定される調査シナリオに沿って調査量と不確実性の関係を2次元地下水流動解析までを行い確認した。

以下に、まとめを示す。

- ①ファジーメンバーシップを用い情報の信頼性を評価することにより、これまでの地質環境モデル構築方法では評価できなかった不確実性を示すことができた。
- ②本手法は、調査が進展し、地質構造に対する理解が進んでいることを、不確実性の低減という形で示すことができた。

## データセット「水理学的情報・地質学的情報」

### 1. 水理学的情報

#### 1. 透水係数

(1) 広域、中域第一～三段階 (表 4.1-1、12)

わが国における透水係数の最大、最小および平均値を岩種・地域別に次ページに示す。

(2) 中域第四段階 (表 4.1-1、6)

TH-4 における透水試験結果を以下に示す。

透水試験結果(TH-4)

試錐孔名	上端標高 (m)	下端標高 (m)	値	単位	地質等
TH-4	230.0	224.9	2.11E-10	m/s	明世／土岐境界・砂質凝灰岩
	219.0	213.9	7.41E-08	m/s	土岐上部・レキ・電検異常
	205.0	199.9	3.24E-10	m/s	〃 ・ 〃 (一般)
	194.0	188.9	2.49E-10	m/s	〃 ・ 〃 ・ 低 R・Q・D・電検異常
	188.0	182.9	4.96E-10	m/s	土岐上部／下部境界・電検異常
	170.0	164.9	3.60E-10	m/s	土岐下部・砂層・良好層
	148.0	142.9	1.17E-07	m/s	〃 ・ コア無し・電検異常
	134.0	128.9	1.77E-07	m/s	不整合直下・電検異常
	121.0	115.9	1.77E-07	m/s	花崗岩・風下部・割れ目・低 R・Q・D
	113.0	109.0	2.07E-07	m/s	〃 ・ 良質部

岩種別・地域別の透水係数（最大値・最小値・平均値）

（単位：cm/s）

		花崗岩類	ハンレイ岩類	流紋岩類	玄武岩類	新第三紀堆積岩	先新第三紀堆積岩	石灰岩	結晶片岩類	第四紀堆積層	第四紀火山岩
北海道	平均値			$5.31 \times 10^{-5}$	$1.85 \times 10^{-5}$	$4.66 \times 10^{-5}$	$1.61 \times 10^{-5}$			$1.05 \times 10^{-3}$	$1.60 \times 10^{-3}$
	最大値			$4.80 \times 10^{-4}$	$6.78 \times 10^{-5}$	$3.15 \times 10^{-3}$	$3.99 \times 10^{-5}$			$2.00 \times 10^{-1}$	$3.00 \times 10^{-1}$
	最小値			$7.06 \times 10^{-6}$	$2.66 \times 10^{-5}$	$2.20 \times 10^{-7}$	$6.50 \times 10^{-6}$			$1.00 \times 10^{-5}$	$3.16 \times 10^{-5}$
東北	平均値	$1.18 \times 10^{-5}$		$7.35 \times 10^{-5}$	$9.66 \times 10^{-5}$	$1.60 \times 10^{-5}$	$1.00 \times 10^{-5}$		$1.20 \times 10^{-5}$	$1.73 \times 10^{-3}$	$6.40 \times 10^{-4}$
	最大値	$1.33 \times 10^{-4}$		$1.88 \times 10^{-4}$	$5.90 \times 10^{-4}$	$1.00 \times 10^{-2}$	$1.00 \times 10^{-3}$		$1.20 \times 10^{-5}$	$3.16 \times 10^{-2}$	$1.58 \times 10^{-4}$
	最小値	$3.16 \times 10^{-6}$		$3.16 \times 10^{-5}$	$1.33 \times 10^{-5}$	$2.56 \times 10^{-7}$	$1.00 \times 10^{-3}$		$1.20 \times 10^{-5}$	$3.10 \times 10^{-4}$	$9.40 \times 10^{-5}$
関東	平均値	$7.41 \times 10^{-5}$		$1.40 \times 10^{-5}$	$9.06 \times 10^{-5}$	$2.14 \times 10^{-4}$	$3.34 \times 10^{-5}$			$4.55 \times 10^{-4}$	$2.60 \times 10^{-5}$
	最大値	$2.66 \times 10^{-4}$		$1.40 \times 10^{-5}$	$5.98 \times 10^{-4}$	$1.16 \times 10^{-2}$	$7.98 \times 10^{-5}$			$1.00 \times 10^{-1}$	$1.00 \times 10^{-3}$
	最小値	$2.60 \times 10^{-6}$		$1.40 \times 10^{-5}$	$1.33 \times 10^{-5}$	$3.16 \times 10^{-7}$	$1.33 \times 10^{-6}$			$1.00 \times 10^{-8}$	$1.06 \times 10^{-6}$
北陸	平均値	$8.59 \times 10^{-6}$		$6.59 \times 10^{-5}$	$5.21 \times 10^{-5}$	$4.85 \times 10^{-5}$	$9.89 \times 10^{-5}$			$5.96 \times 10^{-4}$	$7.01 \times 10^{-4}$
	最大値	$9.40 \times 10^{-5}$		$2.55 \times 10^{-4}$	$2.66 \times 10^{-4}$	$1.02 \times 10^{-3}$	$1.49 \times 10^{-4}$			$6.30 \times 10^{-3}$	$3.70 \times 10^{-3}$
	最小値	$4.24 \times 10^{-8}$		$2.66 \times 10^{-5}$	$2.00 \times 10^{-5}$	$3.16 \times 10^{-7}$	$6.50 \times 10^{-5}$			$1.00 \times 10^{-6}$	$1.33 \times 10^{-4}$
中部	平均値	$4.01 \times 10^{-5}$		$5.94 \times 10^{-5}$	$8.41 \times 10^{-5}$	$5.04 \times 10^{-5}$	$1.50 \times 10^{-5}$	$1.73 \times 10^{-4}$		$1.20 \times 10^{-3}$	$1.50 \times 10^{-5}$
	最大値	$5.56 \times 10^{-4}$		$1.45 \times 10^{-3}$	$7.50 \times 10^{-4}$	$3.69 \times 10^{-4}$	$2.00 \times 10^{-4}$	$2.50 \times 10^{-4}$		1.00	$1.00 \times 10^{-3}$
	最小値	$3.16 \times 10^{-8}$		$8.02 \times 10^{-6}$	$5.00 \times 10^{-6}$	$8.73 \times 10^{-6}$	$5.00 \times 10^{-7}$	$1.20 \times 10^{-4}$		$3.16 \times 10^{-8}$	$1.33 \times 10^{-7}$
近畿	平均値	$8.87 \times 10^{-5}$		$7.78 \times 10^{-5}$	$2.60 \times 10^{-2}$	$2.00 \times 10^{-5}$	$1.05 \times 10^{-4}$			$2.65 \times 10^{-3}$	
	最大値	$1.66 \times 10^{-4}$		$2.66 \times 10^{-4}$	$2.60 \times 10^{-2}$	$1.00 \times 10^{-3}$	$3.16 \times 10^{-4}$			$1.00 \times 10^{-1}$	
	最小値	$3.16 \times 10^{-5}$		$2.66 \times 10^{-5}$	$2.60 \times 10^{-2}$	$1.00 \times 10^{-6}$	$2.66 \times 10^{-5}$			$1.00 \times 10^{-8}$	
中国	平均値	$2.01 \times 10^{-5}$					$6.49 \times 10^{-5}$	$4.33 \times 10^{-6}$		$5.62 \times 10^{-3}$	
	最大値	$4.22 \times 10^{-2}$					$7.00 \times 10^{-4}$	$4.33 \times 10^{-6}$		$1.00 \times 10^{-2}$	
	最小値	$4.00 \times 10^{-8}$					$3.16 \times 10^{-6}$	$4.33 \times 10^{-6}$		$3.16 \times 10^{-3}$	
四国	平均値	$9.51 \times 10^{-5}$					$1.31 \times 10^{-5}$		$1.30 \times 10^{-5}$	$4.60 \times 10^{-3}$	
	最大値	$3.35 \times 10^{-3}$					$1.33 \times 10^{-5}$		$3.99 \times 10^{-5}$	$4.60 \times 10^{-3}$	
	最小値	$8.09 \times 10^{-7}$					$1.28 \times 10^{-5}$		$1.38 \times 10^{-6}$	$4.60 \times 10^{-3}$	
九州	平均値	$9.84 \times 10^{-5}$		$7.06 \times 10^{-4}$	$1.02 \times 10^{-4}$	$2.90 \times 10^{-6}$	$1.04 \times 10^{-4}$	$2.74 \times 10^{-1}$	$8.18 \times 10^{-5}$	$4.72 \times 10^{-3}$	$2.66 \times 10^{-5}$
	最大値	$1.60 \times 10^{-4}$		$7.06 \times 10^{-4}$	$1.20 \times 10^{-3}$	$2.76 \times 10^{-3}$	$1.44 \times 10^{-3}$	$7.50 \times 10^{-1}$	$1.18 \times 10^{-3}$	$9.95 \times 10^{-2}$	$1.00 \times 10^{-2}$
	最小値	$6.05 \times 10^{-5}$		$7.06 \times 10^{-4}$	$1.50 \times 10^{-7}$	$3.74 \times 10^{-8}$	$1.00 \times 10^{-5}$	$1.00 \times 10^{-1}$	$8.34 \times 10^{-6}$	$3.16 \times 10^{-4}$	$3.16 \times 10^{-7}$
全国	平均値	$4.29 \times 10^{-5}$		$8.17 \times 10^{-5}$	$8.83 \times 10^{-5}$	$3.68 \times 10^{-5}$	$5.62 \times 10^{-5}$	$1.58 \times 10^{-3}$	$4.78 \times 10^{-5}$	$8.69 \times 10^{-4}$	$5.25 \times 10^{-5}$
	最大値	$4.22 \times 10^{-2}$		$1.45 \times 10^{-3}$	$2.60 \times 10^{-2}$	$1.16 \times 10^{-2}$	$1.00 \times 10^{-3}$	$7.50 \times 10^{-1}$	$1.18 \times 10^{-3}$	1.00	$3.00 \times 10^{-1}$
	最小値	$3.16 \times 10^{-8}$		$7.06 \times 10^{-6}$	$1.50 \times 10^{-7}$	$3.74 \times 10^{-8}$	$5.90 \times 10^{-7}$	$4.32 \times 10^{-6}$	$1.38 \times 10^{-6}$	$1.00 \times 10^{-8}$	$1.33 \times 10^{-7}$

(3) 小域 (表 4.1-1、6)

TH-6,7 における透水試験結果を以下に示す。

透水試験結果(TH-6, 7)

試錐孔名	上端標高 (m)	下端標高 (m)	値	単位	地質等
TH-6	257.0	251.9	3.20E-10	m/s	生俵・シルト・低 R・Q・D
	246.0	240.9	3.16E-08	m/s	〃 ・細粒砂岩
	233.0	227.9	2.81E-08	m/s	コア流失部(生俵基底レキ?)
	227.0	221.9	6.81E-08	m/s	生俵/明世・基底レキ・電検異常
	202.0	196.9	4.60E-10	m/s	明世/土岐境界・凝灰質砂岩
	185.0	179.9	2.08E-10	m/s	土岐・割れ目帯(崩壊部)
	179.0	173.9	2.23E-09	m/s	〃 ・ 〃
	155.0	149.9	1.80E-09	m/s	不整合直上・レキ
	137.0	131.9	2.24E-08	m/s	花崗岩・弱風化健全部
	125.0	119.9	1.61E-08	m/s	〃 ・割れ目部
TH-7	224.0	218.9	4.17E-08	m/s	明世/土岐境界
	206.0	200.9	1.31E-09	m/s	土岐上部・レキ・電検異常
	195.0	189.9	4.78E-09	m/s	〃 /下部境界
	184.0	178.9	5.78E-09	m/s	土岐下部・レキ・電検異常
	179.0	173.9	1.73E-08	m/s	不整合直上・割れ目部
	170.0	164.9	1.84E-08	m/s	不整合直下・風化花崗岩・割れ目
	148.0	142.9	5.69E-10	m/s	花崗岩, 剥離割れ目
	135.0	129.9	8.79E-09	m/s	〃 ・充填割れ目
	135.0	123.0	6.11E-09	m/s	〃 ・ 〃

## II. 地質学的情報（地質構造・水理地質構造等）

### 1. リニアメント判読

#### （1）広域（表 4.1-1、26）

以下に、報告書の抜粋を記述する。

---

#### (1) リニアメント判読

リニアメントとは、断層などの不連続構造を反映した線状の地形に対する用語であり、空中写真や衛星画像を用いて写真地質学的手法で抽出される。本研究では、研究実施領域およびその周辺域での大規模な断層などの不連続構造を把握する目的で、約 50km 四方の範囲を対象にアメリカの地球観測衛星 LANDSAT の TM (Thematic Mapper：地上分解能 30 mの多重分光走査放射計) 画像 (1/20 万) を用いてリニアメントを判読した。図 3.2.1 に示すように、解析範囲には、活断層研究会 (1980) で存在が報告されている阿寺断層、赤河断層、華立断層、白川断層、屏風山断層、笠原断層、恵那山断層、猿投山北断層などの活断層に対応するリニアメントをはじめ、1276 本のリニアメントが判読された。

解析範囲は、前述の北西系と北東系の活断層によって格子状に区分され、断層地塊のような地形概観を呈していることから、活断層によって区分された領域ごとに判読されたリニアメントの卓越方向などの分布特性が異なっていることが明らかになった。この結果から、リニアメントが断層や割れ目などの不連続構造を反映していると仮定すれば、活断層に囲まれる領域毎に広域的な応力状態が異なる可能性があるため、地質構造発達史などを考える上で、これらの領域が 1 つの評価単位と成りえるものと考えられる。

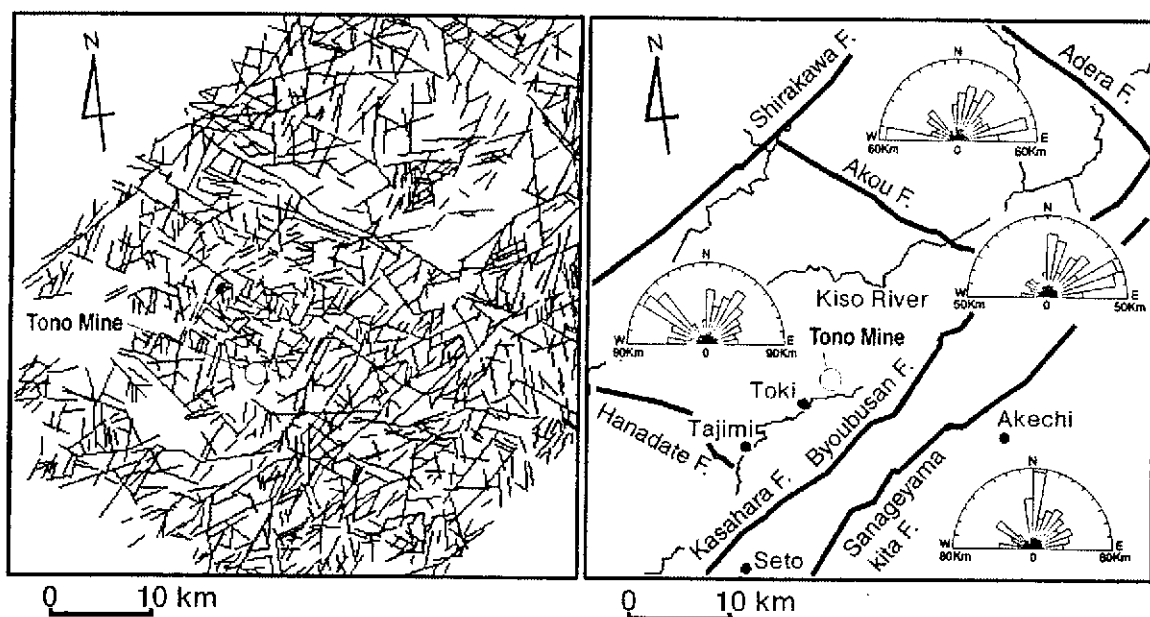


図3.2.1 東濃地域のリニアメント判読図および活断層に囲まれた領域毎のリニアメントのローズダイヤグラム

## 2. 地形データ

### (1) 広域、中域第一～三段階 (1/25,000 地形図)

中域の南北断面解析において用いる地形データとして、1/25,000 地形図より DEM を作成した。解析断面位置の X 方向（北向きを正）の 50m 間隔の点における標高値（その点における標高値）を、1 m 単位で読み取った。その値を以下に示す。

地形データ

離れ* (m)	標高(m)	離れ* (m)	標高(m)	離れ* (m)	標高(m)
0	145	2000	300	4000	322
50	150	2050	297	4050	315
100	152	2100	296	4100	312
150	155	2150	301	4150	328
200	171	2200	309	4200	338
250	180	2250	309	4250	345

300	173	2300	300	4300	344
350	185	2350	310	4350	354
400	181	2400	309	4400	351
450	200	2450	302	4450	341
500	200	2500	312	4500	340
550	202	2550	313	4550	337
600	218	2600	313	4600	344
650	224	2650	314	4650	351
700	219	2700	299	4700	360
750	205	2750	305	4750	373
800	210	2800	308	4800	375
850	219	2850	320	4850	360
900	224	2900	321	4900	353
950	230	2950	325	4950	360
1000	236	3000	321	5000	363
1050	242	3050	309	5050	370
1100	250	3100	306	5100	378
1150	242	3150	304	5150	381
1200	239	3200	302	5200	391
1250	240	3250	299	5250	383
1300	252	3300	295	5300	374
1350	259	3350	290	5350	365
1400	257	3400	272	5400	357
1450	257	3450	267	5450	353
1500	259	3500	274	5500	350
1550	265	3550	281	5550	359
1600	272	3600	292	5600	370
1650	275	3650	305	5650	368
1700	277	3700	316	5700	380
1750	285	3750	330	5750	385
1800	288	3800	333	5800	378
1850	291	3850	340	5850	368
1900	295	3900	330	5900	359
1950	298	3950	326	5950	350

\*基点は国家第Ⅶ系で-70660m、離れは真北方向に



### 3. 地質構造・水理地質構造

#### (1) 中域第一段階 (1/20 万地質図と既存文献使用)

##### ①地質ユニットの区分

3つのユニットに区分した。

Q：第四紀層（瀬戸層群に相当）

T：第三紀層（瑞浪層群）

G：花崗岩

※20万分の1地質図幅「飯田」（表 4.1-1、8）では瑞浪層群は対象地域内で2つに区分されて示されているが、図幅にはこの2つの地層の区分に関する具体的記述がないことから、ここではTは一括して扱った。

※瀬戸層群は、時代的には第三紀鮮新世の地層であるが、未固結～半固結の礫岩であることから水理特性は第三紀の礫岩よりも第四紀層に近いと考えられ、また瑞浪層群との区別を容易にすることも考慮して、ここでは瀬戸層群を「第四紀層」と呼ぶ。

##### ②地質図として20万分の1「飯田」を用い、地質図上で地質境界の平面位置を読み取った。 地質図の平面的な読み取り精度は±100m（図上で0.5mm）である。



S<sub>2</sub>:第四紀層(Q) M(緑色部):第三紀層(T) Gn:花崗岩(G)

20万分の1地質図「飯田」における地質境界の読み取り

③地質境界の位置は以下の通り。

※括弧内はとりうる最大範囲 (=メンバーシップ台形の下底)

Q1 :  $X=1450 \pm 50$  ( $\pm 100$ )

$Z=260 \pm 20$

地質境界が水平に近い地層の分布高度をマッピングしながら現地調査したものと考えると、そのときの高さの調査精度として 10~20m 程度が考えられる。さらにこれを 20 万分の 1 地質図に表現する段階での誤差も考慮し、鉛直方向の精度を  $\pm 20m$  とした。そのときの水平方向の精度は、地形斜度からみて  $\pm 50m$  程度 (最大  $\pm 100m$ )。

なお、地質境界の標高は、20 万分の 1 地質図を拡大コピーしたものを 5 万分の 1 地形図に重ね合わせ、Q の分布境界の位置と標高を地形図上で読み取った。

Q2 :  $X=3200 \pm 50$  ( $\pm 100$ )

$Z=310 \pm 20$

同上

Q3 :  $X=3650 \pm 50$  ( $\pm 100$ )

$Z=310 \pm 20$

同上

Q4 :  $X=5580 \pm 50$  ( $\pm 100$ )

$Z=350 \pm 20$

同上

T1 :  $X=1950 \pm 100$  (+300 / -500)

Q に覆われた T1 分布縁の位置を推定するのに、東西両側に見えている T/G 境界を直線で結ぶと  $X=1950$  であるが、曲線で結ぶといろいろな書き方が考えられる。ただし、北側の東濃鉦山にはウランを含む第三紀堆積岩があることはわかっており、T1 がそれ以北となることはないため、北側へは最大 300m である。また南側については、T1 は Q に覆われた位置にあることより、Q1 より北側にあり、最大 -500m となる。

T2 :  $X=3450 \pm 50$  ( $\pm 100$ )

地質図ではほぼ柄石川の位置に T2 があり、柄石川右岸の斜面下部に T が現れていることが示されている。柄石川右岸に T が露出するためには、T2 の位置の可能性としては、北側へは柄石川の谷幅からみて 50m 程度 (最大でも 100m 程度)、南側へは最大でも 250m 程度 (Q2 より南にはならない) となる。

T3 : T1 と T2 の中点

F1 :  $X=2510 \pm 50$  ( $\pm 100$ )

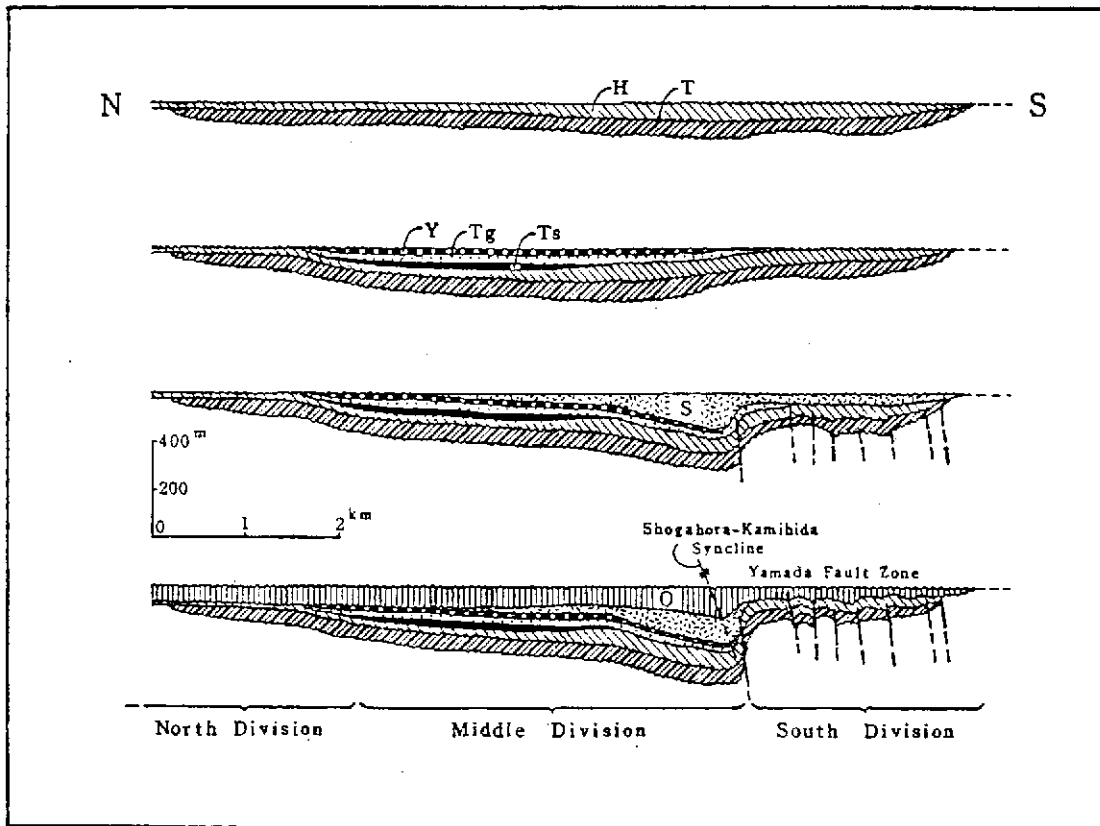
図上で線で示された断層位置の可能性の幅は、T1・T2 と同程度とする。

④T3 における第三紀層(T)の厚さ

地史的に考えて、対象エリアは瑞浪堆積盆地北部の枝部に当たるところであり、本盆地の

中心部（瑞浪市街地付近）ほどは深くないと考えられる。1/25,000 地質図（表 4.1-1、5）より前の論文として Matsuzawa&Uemura(1967)があり、そこでは瑞浪市街地南方で第三紀層の厚さが約 400m の断面図が示されている。この断面図のもととなったデータは不明だが、堆積盆の枝部にあたる調査対象エリアではこれを超えるオーダーの T の厚さはないと考え、通常考えられる最大の厚さとして 200m、可能性の限界として 400m を考える。また、厚さの最小値は、地質図と地形図から分布高度を考えると、少なくとも厚さ 10m 以上はあると考えられる。

よって、一般に考えられる厚さ（メンバーシップの台形の上底）として 30~200m、とりうる範囲（台形の下底）を 10~400m とする。

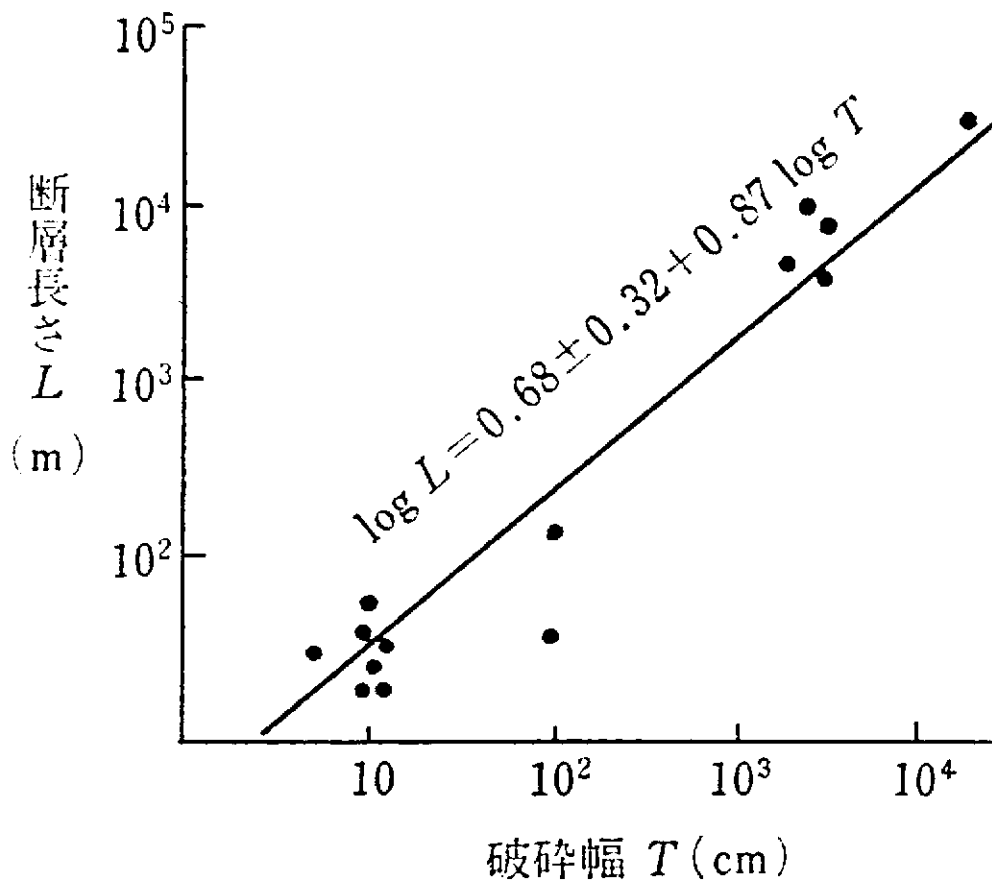


瑞浪盆地の断面図 (Matsuzawa & Uemura, 1967)

#### ④月吉断層の幅

Ogata(1976)にある断層の破碎幅と長さの経験式 ( $\log L = 0.68 \pm 0.32 + 0.87 \log T$ ) に基づき設定した。20 万分の 1 地質図に示された月吉断層の長さは約 5km であるので、同式により、1,265~6,886cm（およそ 12~69m）を一般に考えられる範囲とする。

とりうる範囲（台形の下底）としては、さらに 1 桁広げて 1.2~690m とする。



断層の断層幅と長さの関係 (Ogata, 1976)

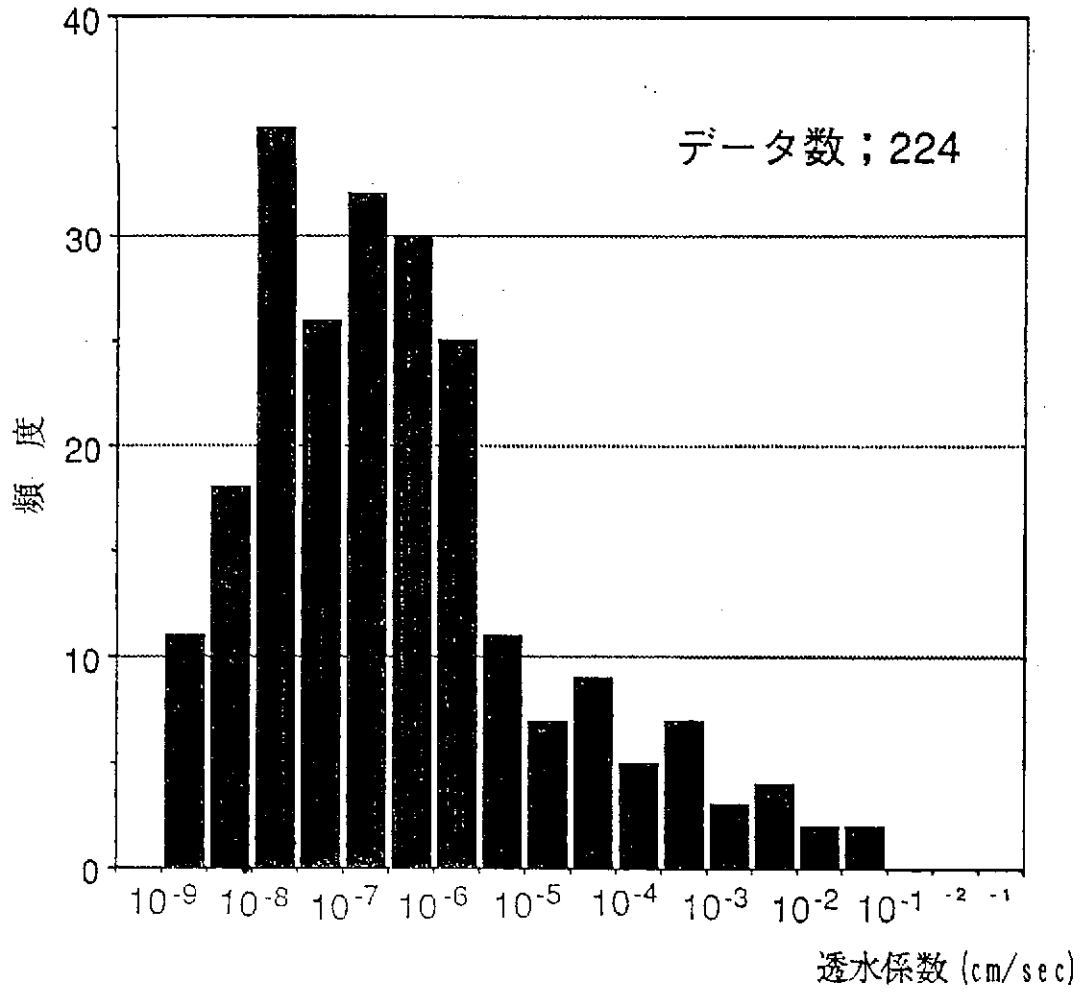
⑤透水性係数

柳澤ほか(1992、表 4.1-1、12)にある文献データの整理表にある、第四紀層・第三紀堆積岩・花崗岩の各々の透水性係数の範囲に基づき、得られている最大値と最小値の範囲を変化幅として設定した。

また、花崗岩と第三紀層（第三紀層堆積岩）については、断層破碎帯のデータのみを選び出して再集計し、下記のように透水性係数の範囲を整理した。

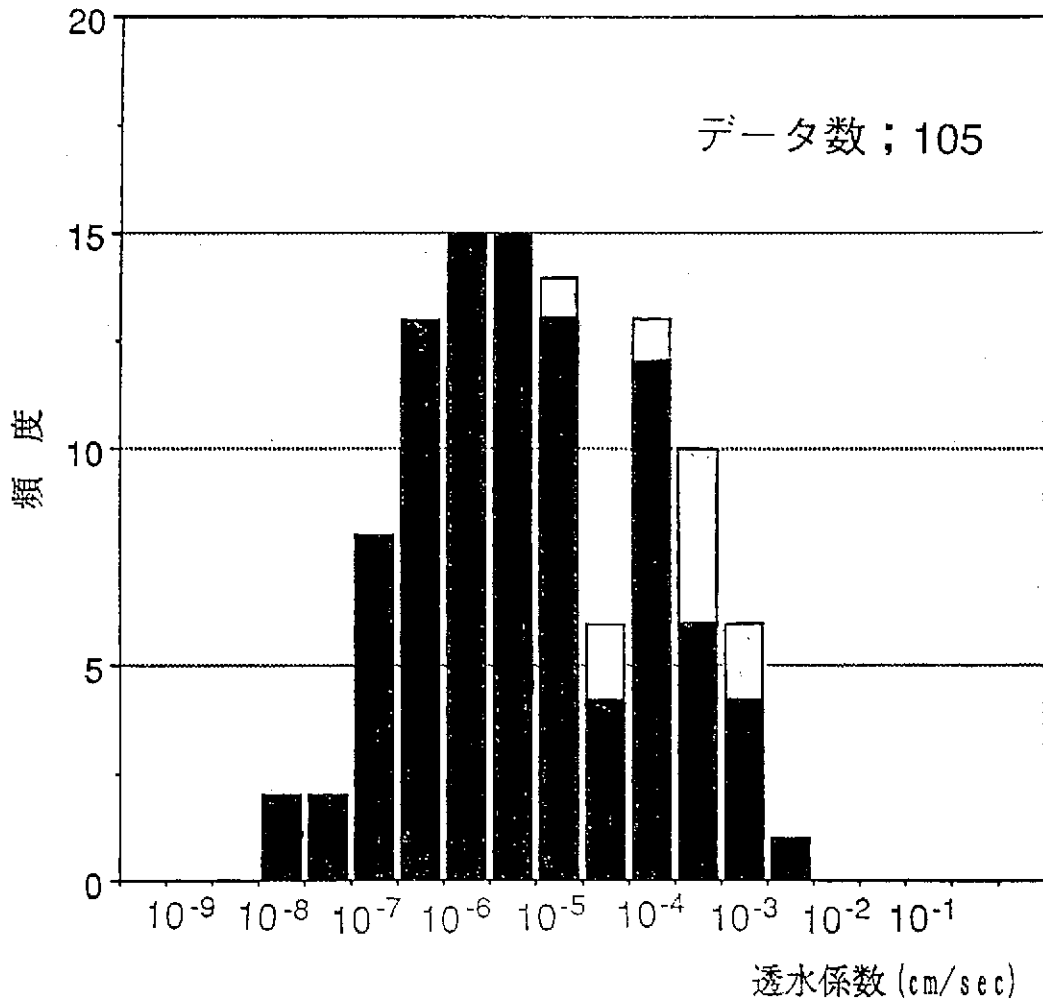
花崗岩の断層破碎帯： 4 データが  $10^{-9.5} \sim 10^{-5}$  にばらつくため、 $10^{-9.5} \sim 10^{-5}$  m/sec の矩形とする。

第三紀堆積岩の断層破碎帯： 6 個のデータが  $10^{-8} \sim 10^{-7.5}$  m/sec に集中するが、メンバーシップ台形の上底は  $10^{-9} \sim 10^{-6.5}$  とし、下底はもう 1 桁広げて  $10^{-10} \sim 10^{-5.5}$  とする。



第四紀堆積層の透水係数ヒストグラム

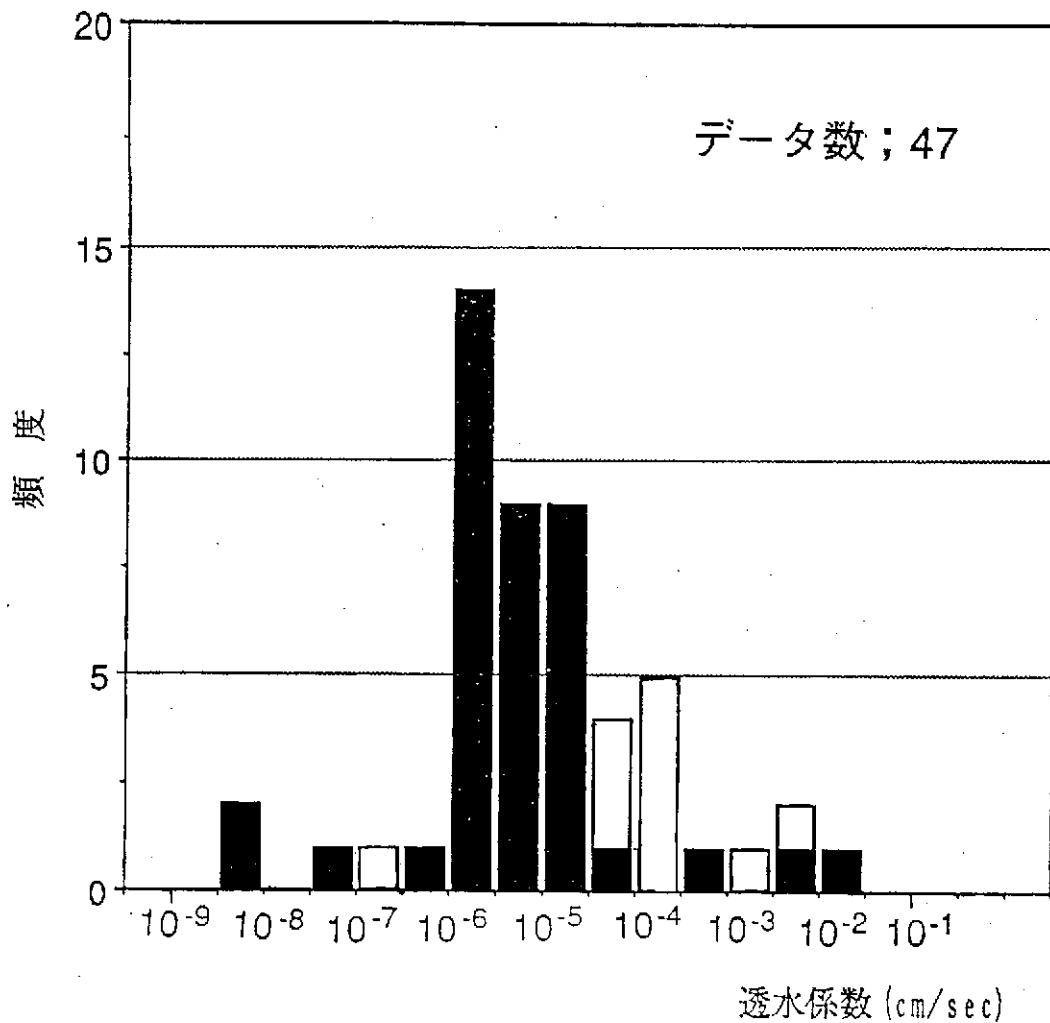
第四紀層の透水係数分布 (柳澤ほか, 1992)



新第三紀堆積岩の透水係数ヒストグラム

第三紀堆積岩の透水係数分布 (柳澤ほか,1992 に加筆.)

白抜きは礫岩を示す。

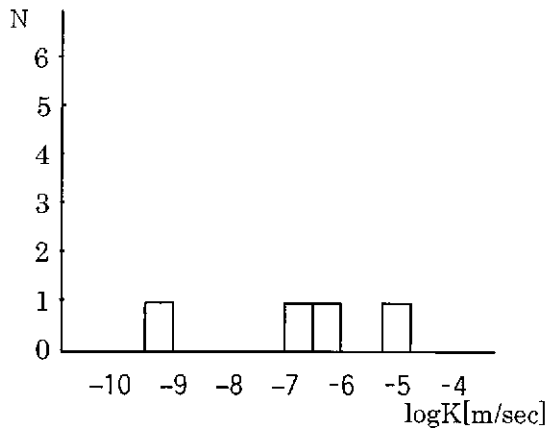


花崗岩類の透水係数ヒストグラム

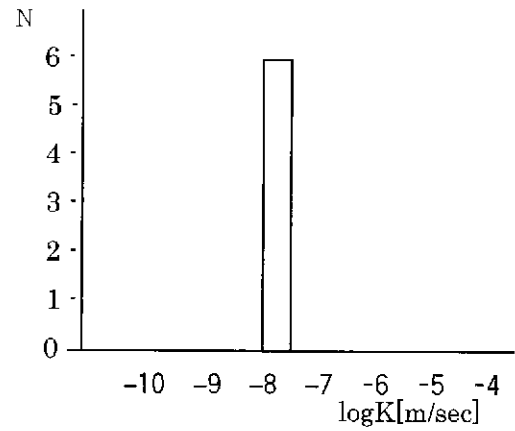
花崗岩の透水係数分布 (柳澤ほか, 1992 に加筆.)

白抜きは風化花崗岩を示す。





花崗岩の断層破碎帯

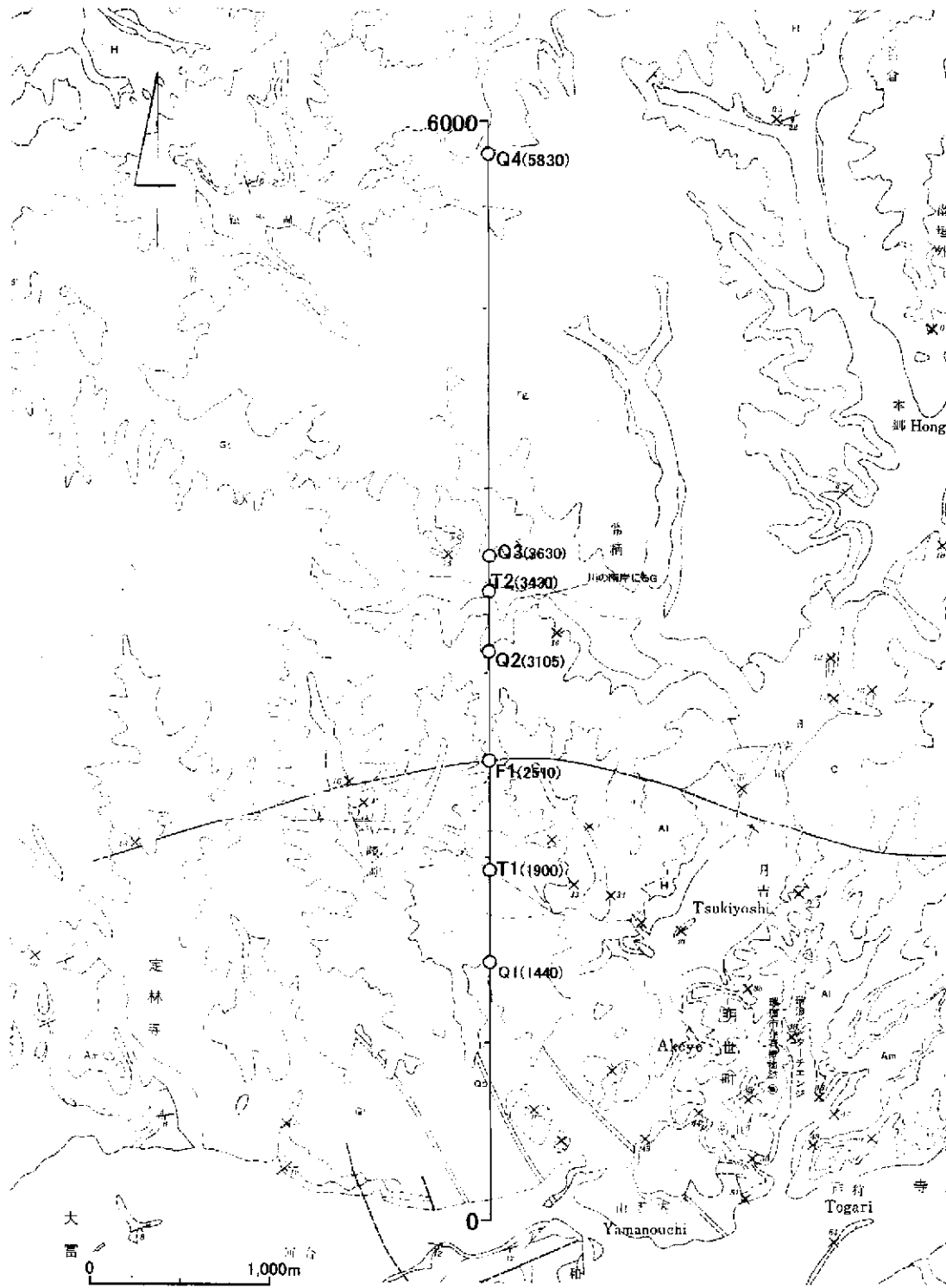


第三紀層の断層破碎帯

断層破碎帯の透水性係数分布 (柳澤ほか,1992 に基づき整理)

## (2) 中域第二段階 (1/25,000 地質図の情報が追加)

- ① 地質図に 1/25,000 (表 4.1-1、5) を用いることにより、地質図の読み取り精度が通常 10m (1/25,000 図上の 0.4mm)、最大 20m (図上の 0.8mm) に向上。 [この精度は以降の段階で固定]



水色部: 第四紀層Q 黄・緑・青色部: 第三紀層T(A: 明世果層, O: 生保果層) 桃色部: 花崗岩G

2万5千分の1地質境界

② 同様に、地質境界の設定の精度が向上

※括弧内はとりうる最大範囲

Q1 :  $X=1440 \pm 50$  ( $\pm 100$ )

中域第一段階と同様に、分布高度をマッピングしながら現地調査したとして、その推定精度は 10~20m 程度と考えられる。そのときの水平方向の精度は、地形斜度からみて 50m 程度 (最大 100m)。

Q2 :  $X=3105 \pm 50$  ( $\pm 100$ ) 同上

Q3 :  $X=3630 \pm 50$  ( $\pm 100$ ) 同上

Q4 :  $X=5830 \pm 50$  ( $\pm 100$ ) 同上

T1 :  $X=1900 \pm 100$  ( $\pm 250$ )

Q に覆われた T1 分布縁の位置を推定するのに、東西両側に見えている T/G 境界を直線または滑らかな曲線で結ぶ書き方では、ほぼ 200m 程度の幅の中でいろいろな引き方が考えられる。よって  $\pm 100m$  の範囲でとりうるとする。ここで、北側の東濃鉾山にはウランを含む第三紀堆積岩があることはわかっており、T1 がそれ以北となることはないため、最大  $\pm 250m$  とする。ただし Q1 より北側とする。

T2 :  $X=3430 \pm 50$  ( $\pm 100$ )

地質図では柄石川の両岸に G と T が分布し、川沿いの沖積地の下に T2 があるとされているため、沖積谷の幅(100m)を変化幅とする。しかし付近では川の南岸にも G が分布するところもあり、現地調査でその分布が確認できていない可能性を考え、最大では 200m(片側 100m)の違いもありうるとした。

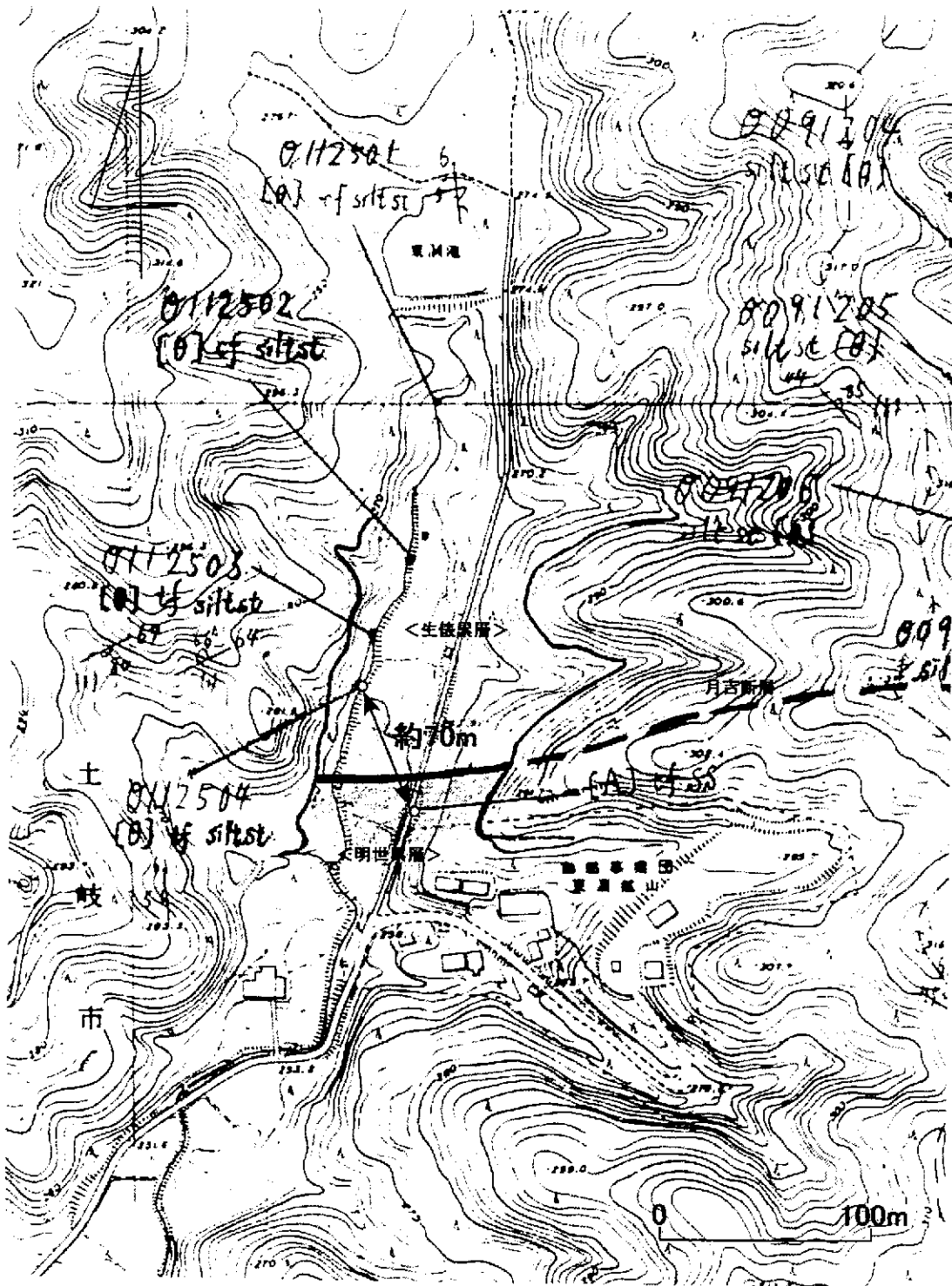
T3 : T1 と T2 の中点

F1 :  $X=2510 \pm 50$  ( $\pm 100$ )

T1・T2 と同程度の幅とする。

③月吉断層の幅

地表踏査結果(表 4.1-1、14)のルートマップによれば、東濃鉾山入口北側での断層推定位置の両側の非破碎の明世累層・生俵累層の露頭位置の間隔は約 70m である。



露頭位置

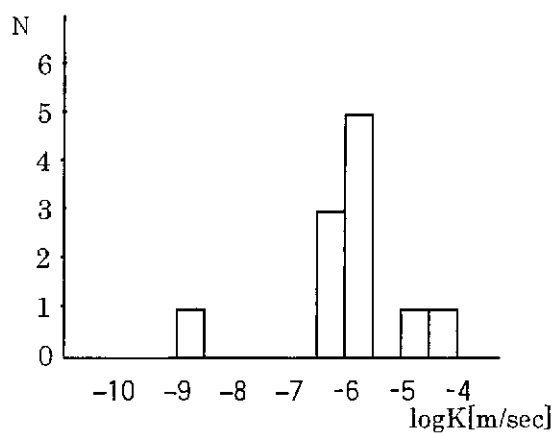
よって、破碎帯幅のとりうる範囲（台形下底）を1.2~100mとする。

④風化花崗岩と第三紀礫岩の透水係数

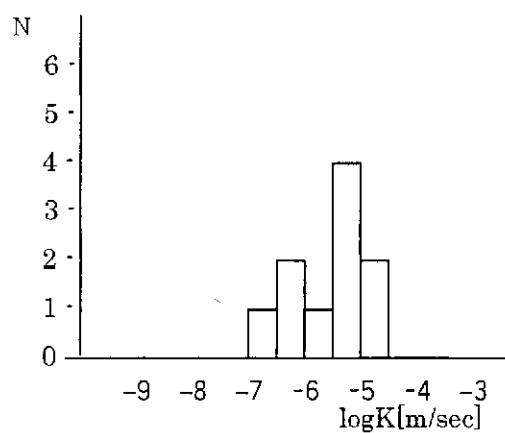
柳澤ほか(1992、表 4.1-1、12)の透水係数データより、風化花崗岩と第三紀礫岩のデータのみを選び出し、透水係数分布をまとめた。

風化花崗岩： 11 データのうち8つが  $10^{-6.5} \sim 10^{-5.5} \text{m/sec}$  に集中するが、 $10^{-9}$  や  $10^{-4}$  もあるため、メンバーシップは  $10^{-9} \sim 10^{-4} \text{m/sec}$  の矩形とする。

第三紀礫岩(基底礫岩)： 10 個のデータが  $10^{-7} \sim 10^{-4.5}$  の範囲をとる。  $10^{-7} \sim 10^{-4.5} \text{m/sec}$  の矩形とする。



風化花崗岩



第三紀礫岩

風化花崗岩と第三紀礫岩の透水係数分布 (柳澤ほか,1992 に基づき整理)

### (3) 中域第三段階 (TH・4の地質情報が追加)

#### ①第三紀層の基底礫岩の厚さ (T<sub>B</sub>)

T<sub>B</sub>はTH4孔の位置にあるとする。TH4の柱状図(表4.1-1、6)によれば、第三紀層中には多数の礫岩層があるが、そのうち基底礫岩層と見られるものは最下部の「花崗岩質礫岩(厚さ9.6m)」「コア欠部(2.8m)」「礫岩(3m)」と記載されている計15.4mの部分である可能性が高い。また、これより上位には砂岩や炭質礫岩などがあり水理的に基底礫岩と呼べないと思われるが、中部には花崗岩質礫岩でコアが採取されていない部分もあるため、最大でそこまで基底礫岩となる可能性もある。逆に基底部の礫層も透水性が上の層と変わらなければ、水理的には厚さ0という場合もある。

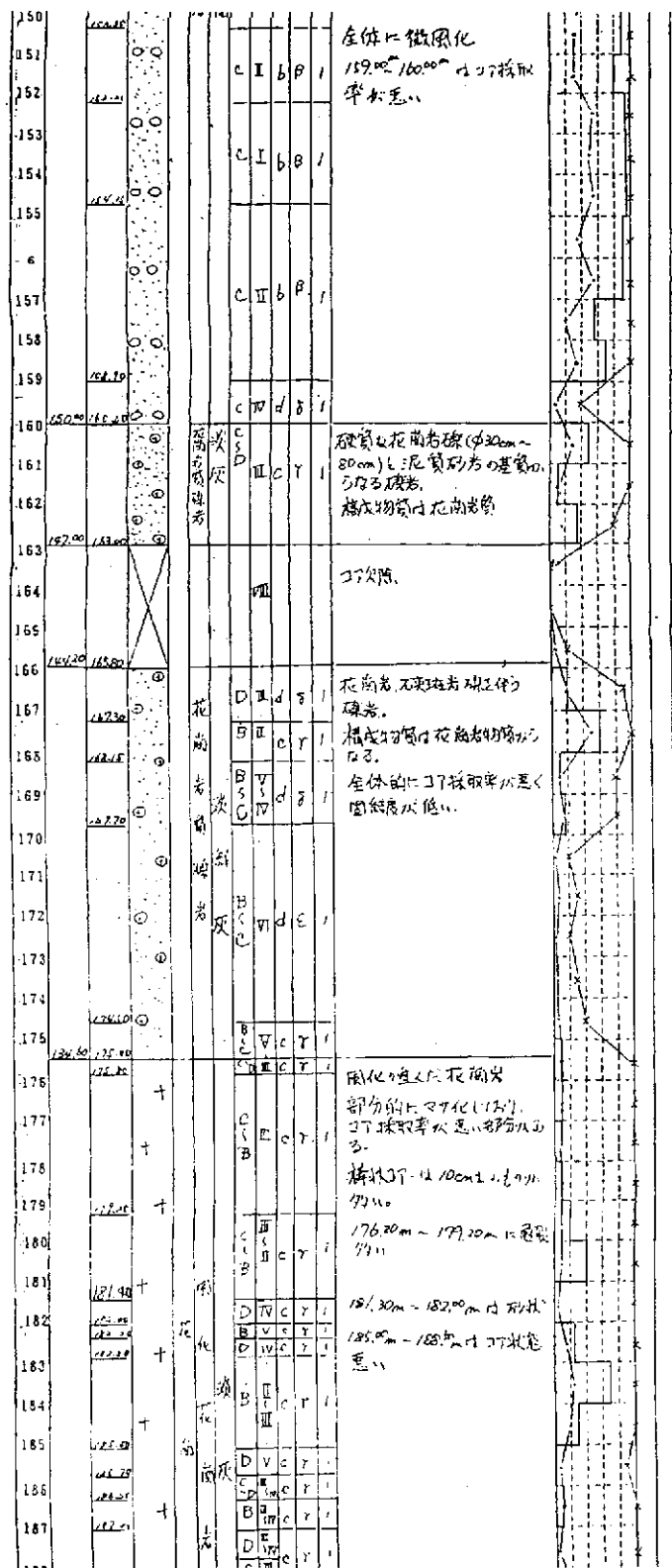
よって、基底礫岩の厚さは、一般的な見方(台形の上底)として9.6~15.4m、最大の可能性(台形の下底)として0~58.4mとする。

#### ②風化花崗岩の厚さ

TH4の柱状図を見ると、岩相記載上は健岩部に達しておらず、風化花崗岩が少なくとも25.4mはあることとなる。風化花崗岩の考えられる最大の厚さは、岡本ほか編(1984)によれば「美濃高原の木曾発電所トンネルで風化帯の深さは40mに達した」と記されていることから、数十~100m程度を想定しておく。逆に、風化部も透水係数が健岩部と違いがない場合は、厚さは0となる。

よって、本エリアでの風化花崗岩の厚さは、一般的な見方(台形の上底)としては20~40mとし、最大の可能性(台形の下底)としては0~100mとする。

岩相上の  
基底礫岩



TH4 地質柱状図

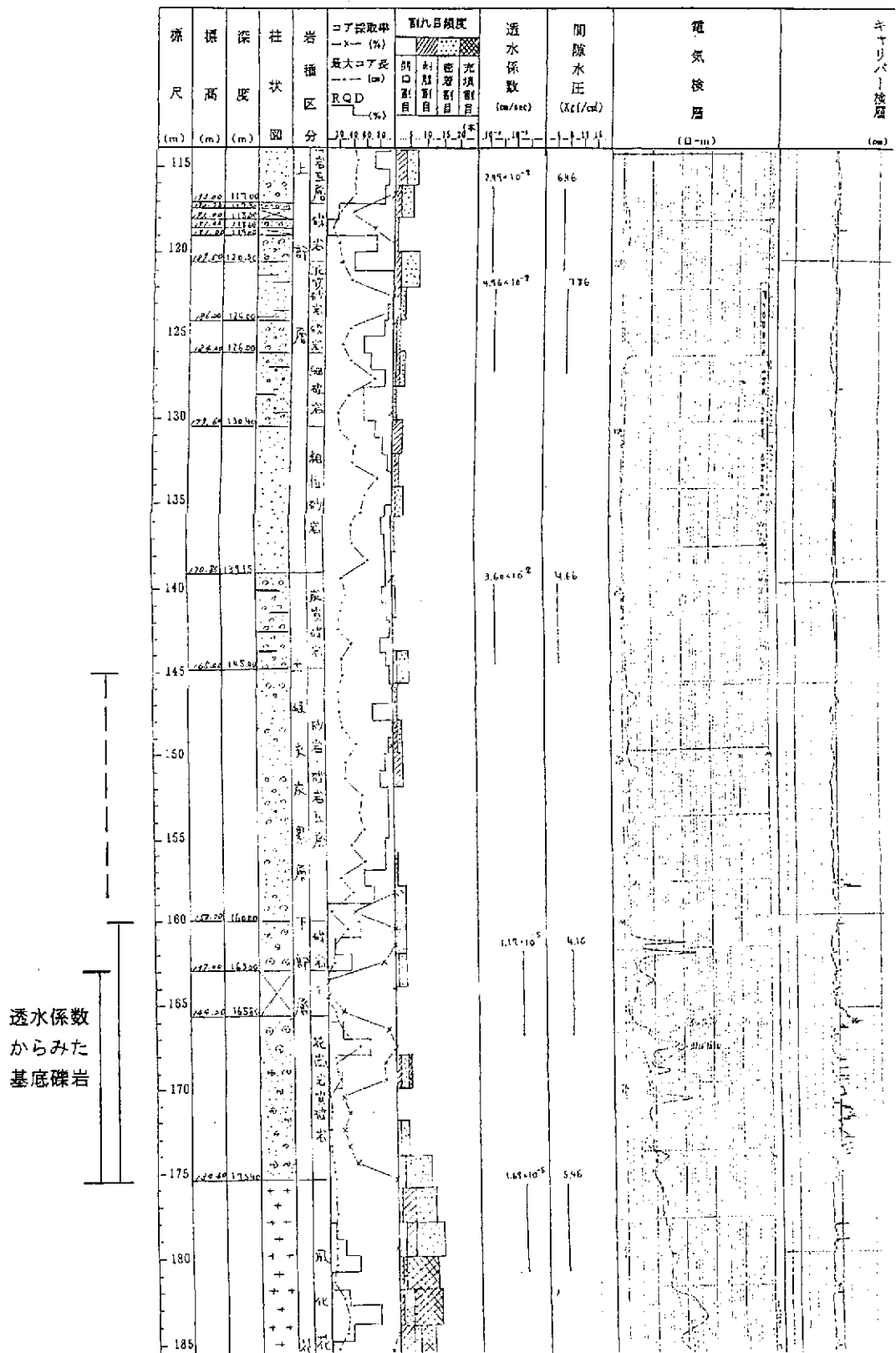
#### (4) 中域第四段階 (TH-4の透水試験結果が追加)

##### ①第三紀層の基底礫岩の厚さ (T<sub>B</sub>)

TH4の透水試験結果(表4.1-1、6)によれば、最下部の花崗岩質礫岩・コア欠部・礫岩での透水係数が $1.17 \times 10^{-5} \text{ cm/sec}$ であり、それより上の礫岩・砂岩の $10^{-8} \text{ cm/sec}$ に比較して3オーダー大きいため、この最下部を水理的な基底礫岩とみなすことができる。

この中でも、花崗岩質礫岩とコア欠部のみが特にルーズで高透水部である可能性もある。よって、基底礫岩の厚さは、一般的な見方(台形の上底)としては9.6~15.4mとする。最大の可能性(台形の下底)としては、その1つ上の透水試験区間の直下までとして、9.6~20.4mとする。





TH4 柱状図透水係数入り

## ②風化花崗岩の透水係数

TH4では、風化花崗岩(少なくとも厚さ25.4mは確認)内の3区間で透水試験が行われ、いずれもほぼ $2 \times 10^{-5}$  cm/sec ( $2 \times 10^{-7}$  m/sec)の透水係数が得られている。

よって、風化花崗岩の透水係数は、可能性の高い範囲(台形の上底)は $2 \times 10^{-8} \sim 2 \times 10^{-6}$  m/secとし、最大の可能性範囲(台形の下底)としてはもう1桁広げて $2 \times 10^{-9} \sim 2 \times 10^{-5}$  m/secとする。

## (5) 小領域 (TH・6,7の地質・透水試験データが追加)

### ①月吉断層の厚さ

断層の厚さについて追加情報はないが、最大でもTH4とTH6の間隔よりは薄いことはいえる。

※ TH6・TH7の地質・透水試験データを見ると、基底礫岩とそれ以外の第三紀層との間にTH4ほど透水性のコントラストが見られない。しかしこのスケールでは透水係数分布は空間推定により求めるため、ここでは基底礫岩層の認定は地質構造的には行っていない。

## 3. 地下水位

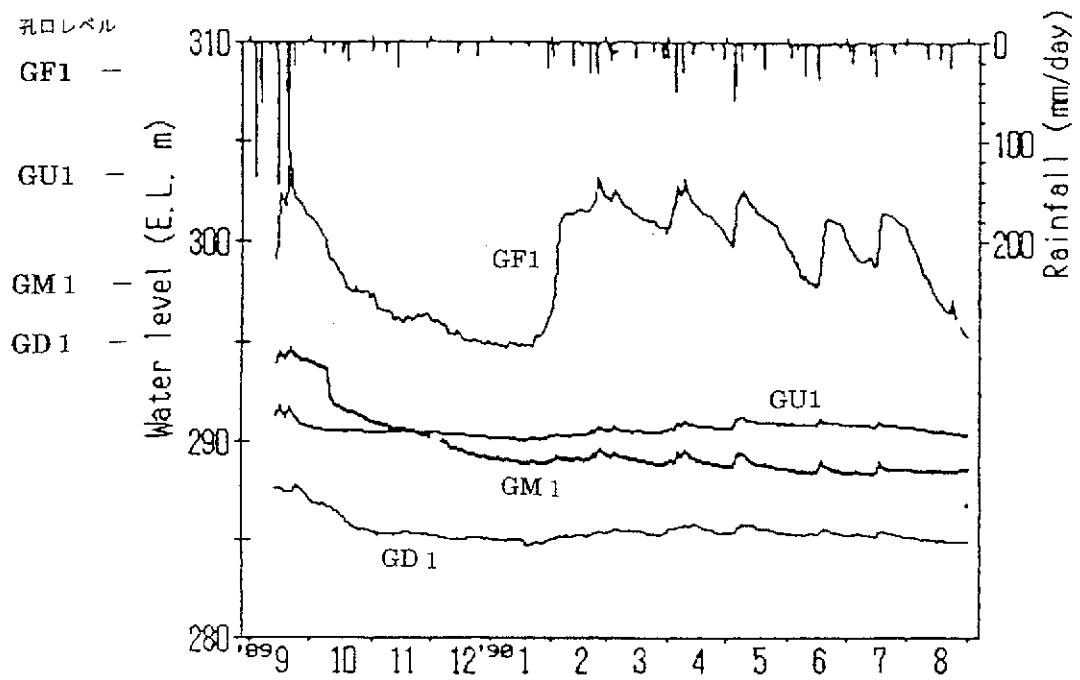
### (1) 自由地下水面の深度と季節変動幅

東濃鉦山では4本の浅井戸で地下水位が観測されており、いずれの地点でも地下水位(自由地下水面)は深度10m付近にある(下図)。地下水位変動幅は、最大約10m(GL-5m～GL-15mの範囲での変動)があるが、これは尾根上の1本の井戸(GF-1)においてのみ見られる変動であり、それ以外の斜面上に位置する3本の井戸(GU-1, GM-1, GD-1)では変動幅がほぼ3～4m以内である。

ここで、瀬戸層群の砂礫層(Q)の中には粘土層や粘土質部が挟まれており、尾根上の井戸で見られる大きな変動は、これらの難透水層の上に宙水として溜まった水の影響も受けた水位である可能性が高い。すなわち、尾根上の井戸の水位は、地下深部につながっていない浅層の水の影響も受けた水位を示していることが考えられる。

よって、本解析で上部境界条件として与える水位の変動幅は、斜面上の井戸で見られるような3～4m程度を通常の変動幅とし、最大で10mと考える。すなわち地下水位は、GL-10m

±2m (GL-8m~GL-12m)、最大の可能性として GL-5m~GL-15m と設定する。



東濃鉱山における浅層の地下水位変動

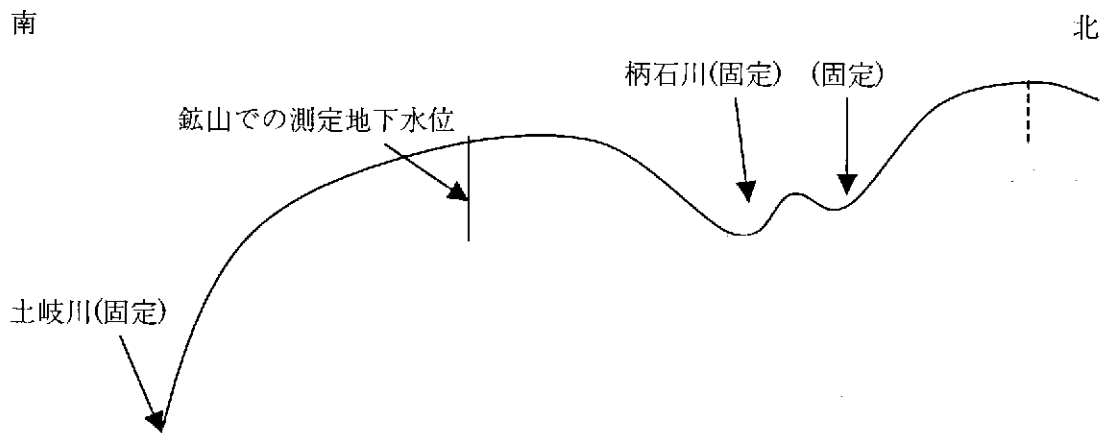
中野ほか(1991)に加筆。各井戸の孔口レベルは JNC TJ7440 2000-026 によった。

## (2) 地下水位の分布

一般に地下水は河川水とつながっていると考えられているため、

- ・ 恒常河川（水が常時流れている河川）では地下水位が河川水位に一致する
- ・ 尾根部ではボーリング孔等での地下水位測定結果を用いる

という方法が考えられる。



土岐川や柄石川（およびその北の谷）における河川水位の季節変動は、高々1～2 mオーダーであるので、中域スケールでは固定とみなす。尾根部での変動は、鉦山の浅井戸での実測値に基づき GL-5m～GL-15m（GL-0m～GL-25m）とする。

柄石川以北の地下水位については、実測値はないが、尾根（最高点）において鉦山の浅井戸の地下水位と同じ深度・変化幅をとるものと設定する。

参考文献

本文中の表 4.1-1 に含まれていないが、インタビュー時に用いた文献を以下に示す。

年	タイトル	著者	地質構造・水理地質構造等に関する主な成果
1967	Geotectonic studies on the Toki Miocene sedimentary basin, Central Japan. Jour. Earth Sci., Nagoya Univ., 15, 35-79.	Matsuzawa, I. & Uemura, T.	土岐・瑞浪盆地の瑞浪層群の層序と地質構造の研究
1976	Activity evaluation of fault in the basement terrain. Eng.Geol. 17, 3.	Ogata, S.	断層のパラメータやそれらの関係(延長-破碎帯幅など)の検討
1984	新体系土木工学 14 土木地質 (技報堂)	岡本隆一 緒方正彦 小島圭二	花崗岩地域における風化帯分布や断層の長さ-破碎帯幅の関係などの記述