

釜石原位置試験テクニカルノート
(平成7年度)

2005年8月

東濃地科学センター

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 茨城県那珂郡東海村村松4番地49
核燃料サイクル開発機構
技術展開部 技術協力課
Tel: 029-282-1122 (代表)
Fax: 029-282-7980
e-mail: jserv@jnc.go.jp

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, Ibaraki 319-1184, Japan

© 核燃料サイクル開発機構
(Japan Nuclear Cycle Development Institute) 2005

2005年8月

釜石原位置試験テクニカルノート（平成7年度）

仙波 毅*

要 旨

釜石原位置試験は、「わが国の地質環境を理解し、地下深部の実測データを取得すること」を目的として、昭和63年より10年間、岩手県釜石市西部に位置する釜石鉱山の既存坑道において実施された。

平成5年度から平成9年度の5年間（第2フェーズ）においては、原位置試験に携わった研究者の研究等の速報として釜石原位置試験テクニカルノートが作成された。本資料は、このうち平成7年度に作成された釜石原位置試験テクニカルノートを取りまとめたものである。

本資料では、以下の各釜石原位置試験テクニカルノートを取りまとめた。

- (1) 圧力伝播試験の結果の概要について
- (2) 釜石原位置試験第2フェーズ平成6年度成果報告書
- (3) Guide for Kamaishi In-Situ Experiments
- (4) 釜石原位置試験第2フェーズ平成8年度実施計画書（案）

* 東濃地科学センター瑞浪超深地層研究所研究情報化グループ

目 次

I. 圧力伝播試験の結果の概要について

要旨	I-1
1. 試験概要	I-3
2. 各間隙水圧観測区間の定常値について	I-4
3. 圧力伝播試験で応答が認められた観測区間について	I-10
4. まとめ	I-12
5. 今後の予定	I-13
参考文献	I-13

II. 釜石原位置試験第2フェーズ平成6年度成果報告書

要旨	II-1
I. 総論	II-3
1. はじめに	II-4
2. 平成6年度の調査研究の概要	II-5
II. 各論	II-18
1. TASK 1 : 深部地質環境特性の把握	II-19
1. 1 概要	II-19
1. 2 割れ目形成史について	II-24
1. 3 深部岩盤の力学特性の把握	II-35
1. 4 水圧・湧水量経時変化と降水量	II-54
1. 5 試験場周辺の水質分布・経時変化	II-91
1. 6 釜石地下水に関する熱力学的解析	II-97
1. 7 KG-1孔における地下水採水結果	II-104
1. 8 岩盤浸透流解析	II-111
1. 9 試験場周辺の地下水温の分布	II-127
1. 10 平成6年度に実施した地球物理学的手法の整理	II-131
1. 11 データベース化検討	II-146
1. 12 釜石原位置試験場のモニタリング状況(方法)の整理	II-149
2. TASK 2 : 深部岩盤における掘削影響領域の評価	II-161
2. 1 概要	II-161
2. 2 既存坑道周辺の地質環境	II-168
2. 3 既存坑道における掘削影響領域の評価	II-170

2. 4	掘削影響試験計画	II-171
2. 5	坑道周辺のREDOX状態調査	II-172
2. 6	参考文献	II-173
3.	TASK 3 : 結晶質岩の水理・物質移行に関する研究	II-188
3. 1	SUBTASK 3-1 : 収着およびマトリックス拡散に関する研究	
	II-188
3. 1. 1	概要	II-188
3. 1. 2	物質移行経路概念モデルについて	II-191
3. 1. 3	収着および拡散係数についての新たな知見について	
	II-191
	参考文献	II-192
3. 2	SUBTASK 3-2 : 移流および分散に関する研究	
	II-197
3. 2. 1	概要	II-197
3. 2. 2	高水圧帯と透水性割れ目	II-204
3. 2. 3	流量検層	II-225
3. 2. 4	間隙水圧経時変化	II-233
4.	TASK 4 : 人工バリア試験	II-241
4. 1	グラウト技術の適用試験	II-241
4. 2	粘土充填・熱負荷試験	II-242
4. 3	岩盤内充填粘土試験の室内補完試験結果	II-244
	参考文献	II-244
5.	TASK 5 : 地震に関する調査研究	II-248
5. 1	概要	II-248
5. 2	地震動の地下低減特性	II-249
5. 3	地震時の地下水理・地球化学特性	II-251
5. 4	次年度以降の計画概要	II-254
	参考文献	II-254
	APPENDIX	II-270
	APPENDIX I : 外部発表・報告書タイトル	II-271
	APPENDIX II : 取得データリスト	II-276
	APPENDIX III : イベントヒストリー	II-284

III. Guide for Kamaishi In-Situ Experiments

Abstract	III-1
Location of Kamaishi In-Situ Experiments Site	III-3
Outline of Regional Geology	III-4
Early Cretaceous Granitoids in Kamaishi Mine Area	III-5
Geology of Experiments Area	III-6
Location of Boreholes and Drifts in the Experiment Area -550m and 250m levels-	III-7
Stop 1-1	III-8
Stop 1-2	III-9
Stop 1-3	III-10
Stop 1-4	III-11
Stop 2	III-13
Stop 3	III-16
Stop 4-1	III-25
Stop 4-2	III-27
Stop 5	III-29
Stop 6	III-33

IV. 釜石原位置試験第2フェーズ平成8年度実施計画書(案)

要旨	IV-1
総論	IV-3
各論	IV-13
TASK1	IV-13
TASK2	IV-23
TASK3 [SUBTASK3-1]	IV-29
TASK3 [SUBTASK3-2]	IV-34
TASK4	IV-41
TASK5	IV-46

I. 圧力伝播試験の結果の概要について

1996年2月

圧力伝播試験の結果の概要について

仙波 毅

要 旨

平成7年7月14日から8月4日まで、釜石鉱山の海拔550mレベルの原位置試験場内のKD-90 坑道周辺の試錐孔（KH-4, 6, 9～20孔、計14孔）を用いて圧力伝播試験を実施した。それぞれの試錐孔では、パッカーにより6区間（ただし、KH-4, 6, 9孔：5区間、KH-10孔：2区間、KH-19孔：8区間、KH-20孔：7区間）に区切られ、合計80区間の間隙水圧を間隙水圧自動観測システムにより観測している。試験はKD-90 坑道西側のKH-4孔の最奥区間（区間1）と口元の区間（区間5）を圧力発信源として2回行った。発信源からは約3 kgf/cm²で注水し、周辺の間隙水圧観測区間で間隙水圧の変化を観測した。圧力伝播試験では、まず区間1を発信源とした試験を実施し、終了後に区間5を発信源とした試験を実施した。試験により以下の結果を得た。

(1)区間1を発信源とした圧力伝播試験

①区間1を発信源とした試験では、主にKD-90 坑道から西向きに掘削された試錐孔で明瞭な圧力応答を得た。これは、KH-19 孔掘削時に間隙水圧の変化が認められなかった場所とほぼ一致した。

(2)区間5を発信源とした圧力伝播試験

①区間5を発信源とした試験では、周辺試錐孔で明瞭な応答が認められなかった。この理由として、区間5が坑道近傍の区間であり、圧力が坑道に逃げてしまったことが考えられる。

②区間5を発信源とした試験では、やや不明瞭な2通りの圧力応答を認めた。一つは、同じ時期に人工バリア坑道において実施されていたグラウト試験のグラウト注入に呼応して間隙水圧が上昇するパターン(a)、もう一つは圧力伝播試験開始直後若干(0.01 kgf/cm²程度)間隙水圧が上昇するパターンである。

③(a)では、圧力伝播試験が開始される前のグラウト注入開始に呼応して間隙水圧の上昇が認められ、グラウト注入による間隙水圧の上昇と考えられたが、グラウト注入終了後も上昇した区間の間隙水圧は定常値より高かったため、圧力伝播試験による応答も否定できなかった。(a)が認められた場所は、KD-90 坑道から西向きに掘削された試錐孔であった。

④(b)が認められた場所は、KD-90 坑道の東側と下向きに掘削された試錐孔であった。

今後は、圧力伝播の方向や距離の違いによる圧力の減衰特性について検討するとともに、今回の結果とBTV等の結果を比較し、KD-90 坑道周辺の水理地質構造について検討する予定である。

Overview of results of interference tests performed among boreholes
around KD-90 drift

Takeshi SEMBA

Abstract

Interference tests were conducted around KD-90 drift (550 meters above sea level) from July 14th to August 4th, 1995. Injection zones were zone 1 and 5 of the borehole KH-4. The injection pressure was about three kgf/cm² for both zones. Interference tests were conducted with two stages. The injection zone of the first stage was zone 1 and second was zone 5. During interference tests, changing of pore pressure around KD-90 drift was observed.

The results are summarized as follows;

- (1) During injecting water from zone 1 of KH-4, changing of pore pressure was observed clearly at zones of boreholes which were drilled from KD-90 drift toward west.
- (2) During injecting water from zone 5 of KH-4, changing of pore pressure was not observed clearly. As zone 5 is close to drift wall, it was assumed that most of injected water flowed through fractures out to drift. In fact, during injecting water from zone 5 outflow was observed from a fracture on the drift roof near the injection zone.
- (3) About the time when injection from zone 5 was being conducted, two patterns of trend of changing of pore pressure were observed around KD-90 drift.
One was a pattern of pore pressure increase at about the time when grout injection was started in the engineered barrier drift (pattern A). Another was a pattern of minor pore pressure increase (about 0.01 kgf/cm²) when water injection was started (pattern B).
- (4) Grout injection was started before water injection from zone 5. As for the pattern A, it was assumed that pore pressure increased because of grout injection. However, pore pressure did not decrease after grout injection was finished. Then as for the pattern A, the effect of water injection from zone 5 was assumed.

The pattern A was observed at the zones of boreholes drilled toward west from KD-90 drift.

- (5) The pattern B was observed at the zones of vertical boreholes drilled from KD-90 drift and boreholes drilled at the east side of KD-90 drift.

圧力伝播試験の結果の概要について

釜石事務所 仙波 毅

1. 試験概要

平成7年7月14日から8月4日まで、釜石鉱山海拔550mレベルの原位置試験場内KD-90坑道周辺のKH-4孔(図-1)を発信源として圧力伝播試験を行った。

KD-90坑道周辺に掘削されているKH-4, 6, 9~20孔の試錐孔は、パッカーにより幾つかの区間に区切られ(KH-4, 6, 9孔: 5区間、KH-10孔: 2区間、KH-11~18孔: 6区間、KH-19孔: 8区間、KH-20孔7区間、総計80区間)、各区間内の間隙水圧を自動観測システムを用いて観測・記録している。

KH-4孔は試錐孔長46.1mで、その中を6つのパッカーを用いて5つの区間にわけている(図-2)。この内の孔奥側の区間(区間1)と孔口側の区間(区間5)を発信源とし、それぞれ別の期間に注水(注水圧: 約3 kgf/cm²)を行い、KH-4孔の他の区間(4区間)および周辺の13本の試錐孔の75区間(総計79区間)を観測区間として(図-1)圧力伝播試験を行った。各間隙水圧観測区間は試錐孔毎に番号(数字)が付いているが、各試錐孔とも区間1が孔奥側で番号の一番大きい区間が孔口側である。

圧力伝播試験では、7月14日13時20分から7月21日9時40分の間で区間1を発信源として試験(以下、「圧力伝播試験Ⅰ」と示す)を行い、間隙水圧を定常値にもどすために4日間放置した後、7月25日14時25分から8月4日9時30分の間で区間5を発信源とした試験(以下、「圧力伝播試験Ⅱ」と示す)を行った。圧力伝播試験の概念図を図-Aに示す。注水は、電動ポンプを用いて大容量タンクから水を引き、その水を同じポンプを用いて注水区間内へ送り込むことにより行った。圧力伝播試験Ⅰではロッドを用いて区間内へ水を注入し(図-A(a))、圧力伝播試験Ⅱでは、注水区間内に設置してある間隙水圧観測ラインとは別のラインを用いて注入した(図-A(b))。また、電動ポンプと注水ラインの間には3方バルブが設置してある。注水圧は注水区間内の間隙水圧を測定し、その間隙水圧をみながら3方バルブを用いて約3 kgf/cm²になるように調節した。3方バルブを通して注水区間内へ注水されない水は、大容量タンク内へ戻した。また、注水中は大容量タンクに設置してあるピエゾ管を用いて水位低下量を記録した。注水量は、水位低下量と大容量タンクの断面積より求めた。

試験実施中は、試験開始から3~4日間、1分間隔で間隙水圧観測を行い(ただし圧力伝播試験Ⅰでは、試験開始後休日を挟んだためデータ記録媒体(メモリーカード)の容量の関係より開始後1日目~3日目の間5分間隔でデータを取得した)、その後は5分間隔で間隙水圧観測を行った。

本資料では、各間隙水圧観測区間の間隙水圧の定常値と圧力伝播試験で圧力応答の認められたと考えられる間隙水圧観測区間とその間隙水圧の変化について述べる。

自動観測は、各間隙水圧観測区間から水をチューブを用いて孔外へ導き、孔外でひずみゲージ式の間隙水圧計を用いて定期的の間隙水圧をひずみ量として観測し、それをデータ記録装置で間隙水圧に換算し保存する方法で行っている。間隙水圧を観測する前には、間隙水圧計の0点を調整する必要がある。観測開始にあたり、各間隙水圧計について0点調整を行った。

なお参考資料として、表-1に経過日数（平成6年10月1日0時から）に対応する日時、表-2に圧力伝播試験Ⅰの経過時間と日時の対応表、表-3に圧力伝播試験Ⅱの経過時間と日時の対応表、表-4に間隙水圧データの取得日時・取得間隔と経過日数（平成6年10月1日0時から）の対応表、表-5に550mレベルにおけるイベントヒストリー（平成6年10月から圧力伝播試験Ⅱ終了まで）を示す。

2. 各間隙水圧観測区間の定常値について

(1)KH-4孔

平成6年10月6日から平成7年8月31日までの間隙水圧の経時変化を図-3と図-4に示す。両者の横軸は平成6年10月1日0時0分0秒からの経過日数である。縦軸は間隙水圧を示しており、図-3については圧力伝播試験時の注水圧を含むスケールで、図-4については圧力伝播試験時以外の間隙水圧経時変化を見やすくするために拡大したものを示している。

図の260日頃に間隙水圧が急激に低下している。この時期にKH-4孔のパッカーが破損したと考えられる。270日頃にパッカーシステムを再設置し間隙水圧は上昇している。圧力伝播試験Ⅰは、釜石原位置試験における他の試験スケジュールとの関係で定常状態に達する前に試験を開始した。また、パッカーを再設置した後では再設置前に比べて間隙水圧が高くなっているが、前後でパッカー位置が若干ずれた可能性があることや間隙水圧計の0 kgf/cm²時のひずみ量の違いが原因であると考えられる。

以下では、パッカー再設置後の定常値について示す。

①区間1：0.65kgf/cm²程度

②区間2：0.61kgf/cm²程度

③区間3：0.60kgf/cm²程度

④区間4：0.55kgf/cm²程度

⑤区間5：0.43kgf/cm²程度

(2)KH-6孔

平成6年10月6日から平成7年8月31日までの間隙水圧の経時変化を図-5に示す。図の横軸は平成6年10月1日0時0分0秒からの経過日数である。縦軸は間隙水圧を示している。

図の235日頃に区間1～3の間隙水圧が低下し、区間5の間隙水圧が上昇している。この頃、パッカー圧用のチューブについているバルブが誤操作により開放されパッカー内の水が全て排水されたため全ての区間で同じ間隙水圧になっている（KH-6孔については、孔口をナイスシールにより閉鎖している）。244日頃パッカーを加圧し間隙水圧は区間1を

除きほぼ安定している（ただし、区間5については間隙水圧が上昇している）。区間1の間隙水圧の変動については、イベントヒストリーを全て検討しても解釈できなかったため、その原因は不明である（12月1日の時点で0.81kgf/cm²程度でほぼ安定）。区間4については間隙水圧観測開始後徐々に低下しているが、間隙水圧計の0点が徐々に変動したことが考えられる。この区間については244日頃間隙水圧計の0点を再調整し、その後間隙水圧は安定している。

以下では、圧力伝播試験Ⅱ後の定常値について示す。

- ①区間1：不明（12月1日の時点で0.81kgf/cm²程度でほぼ安定）
- ②区間2：1.22kgf/cm²程度
- ③区間3：1.22kgf/cm²程度
- ④区間4：0.50kgf/cm²程度
- ⑤区間5：0.10kgf/cm²程度

(3)KH-9孔

平成6年10月6日から平成7年8月31日までの間隙水圧の経時変化を図-6に示す。図の横軸は平成6年10月1日0時0分0秒からの経過日数である。縦軸は間隙水圧を示している。

図の235日頃に区間1～3の間隙水圧が低下し、区間4、5の間隙水圧が上昇している。これは、KH-6孔のパッカー圧が低下したことが原因と考えられる。244日頃パッカーを加压し間隙水圧は区間3を除きほぼ安定している（ただし、区間4、5については間隙水圧が上昇している）。区間3の間隙水圧はKH-4孔へのパッカー再設置頃急激に低下したが、イベントヒストリーを全て検討しても解釈できなかったため、その原因は不明である。区間5については、間隙水圧観測開始後徐々に上昇しているが、間隙水圧計の0点が徐々に変動したことが考えられる。

以下では、圧力伝播試験Ⅱ後の定常値について述べる。

- ①区間1：1.22kgf/cm²程度
- ②区間2：1.20kgf/cm²程度
- ③区間3：不明（12月1日の時点で0.81kgf/cm²前後で変動）
- ④区間4：0.35kgf/cm²程度
- ⑤区間5：0.77kgf/cm²程度？

(4)KH-10孔

平成6年10月6日から平成7年8月31日までの間隙水圧の経時変化を図-7に示す。図の横軸は平成6年10月1日0時0分0秒からの経過日数である。縦軸は間隙水圧を示している。

区間1については、72日～82日頃の間隙水圧観測用チューブを一時切断後徐々に上昇しKH-4孔パッカー再設置後ほぼ安定した。KH-4孔からパッカーを抜き出した時点で、本来であれば0kgf/cm²になるはずであるが、0.1kgf/cm²を示した。よって、82日頃より後の間隙水圧の上昇は間隙水圧計の0点が徐々に変動したことが考えられる。KH-4孔へのパッカー再設置後は0.33kgf/cm²程度を境に変動している（0.33kgf/cm²から間隙水圧計の変動分0.10kgf/cm²を引き、0.23kgf/cm²程度？）。区間2については、72日～82日頃の間隙水圧観測用チューブを一時切断後ほぼ安定した。

以下では、圧力伝播試験Ⅱ後の定常値について述べる。

①区間1 : 0.23kgf/cm²程度を境に変動

②区間2 : 0.26kgf/cm²程度

(5)KH-11 孔

平成6年10月6日から平成7年8月31日までの間隙水圧の経時変化を図-8に示す。図の横軸は平成6年10月1日0時0分0秒からの経過日数である。縦軸は間隙水圧を示している。

図の235日頃に区間1～6の間隙水圧が上昇した。これは、KH-6孔のパッカー圧が低下したことが原因と考えられる。244日頃パッカーを加圧し間隙水圧は全区間でほぼ安定している（ただし、間隙水圧が若干上昇している）。

以下では、圧力伝播試験Ⅱ後の定常値について述べる。

①区間1 : 0.48kgf/cm²程度

②区間2 : 0.49kgf/cm²程度

③区間3 : 0.49kgf/cm²程度

④区間4 : 0.44kgf/cm²程度

⑤区間5 : 0.49kgf/cm²程度

⑥区間6 : 0.46kgf/cm²程度

(6)KH-12 孔

平成6年10月6日から平成7年8月31日までの間隙水圧の経時変化を図-9に示す。図の横軸は平成6年10月1日0時0分0秒からの経過日数である。縦軸は間隙水圧を示している。

図の235日頃に区間1～6の間隙水圧が上昇した。これは、KH-6孔のパッカー圧が低下したことが原因と考えられる。244日頃パッカーを加圧し間隙水圧は全区間でほぼ安定している（ただし、間隙水圧が若干上昇している）。

以下では、圧力伝播試験Ⅱ後の定常値について述べる。

①区間1 : 0.33kgf/cm²程度

②区間2 : 0.46kgf/cm²程度

③区間3 : 0.44kgf/cm²程度

④区間4 : 0.46kgf/cm²程度

⑤区間5 : 0.44kgf/cm²程度

⑥区間6 : 0.47kgf/cm²程度

(7)KH-13 孔

平成6年10月6日から平成7年8月31日までの間隙水圧の経時変化を図-10に示す。図の横軸は平成6年10月1日0時0分0秒からの経過日数である。縦軸は間隙水圧を示している。

図の225日から240日頃の凹状の間隙水圧変化の原因については不明。図の260日頃に間隙水圧が急激に低下している。この時期にKH-4孔のパッカーが破損したと考えられる。270日頃にKH-4孔へパッカーシステムを再設置し間隙水圧は上昇しているが、圧力伝播試験1は、定常状態に達する前に試験を開始したと考えられる。KH-4孔へパッカーを再設置してから区間4を除き間隙水圧の変動が大きくなっている。区間4については、間隙水圧

観測開始以来、間隙水圧が徐々に上昇していおり、間隙水圧計の0点が徐々に変動していた可能性が考えられたが、225日頃より上昇がおさまっているため、定常状態にむかい間隙水圧が上昇していたと考えられる。

以下では、圧力伝播試験Ⅱ後の定常値について述べる。

- ①区間1 : 0.34kgf/cm²程度?
- ②区間2 : 0.46kgf/cm²程度?
- ③区間3 : 0.55kgf/cm²程度
- ④区間4 : 0.50kgf/cm²程度?
- ⑤区間5 : 0.46kgf/cm²程度?
- ⑥区間6 : 0.46kgf/cm²程度?

(8)KH-14 孔

平成6年10月6日から平成7年8月31日までの間隙水圧の経時変化を図-11に示す。図の横軸は平成6年10月1日0時0分0秒からの経過日数である。縦軸は間隙水圧を示している。

図の235日頃に区間1～6の間隙水圧が低下した。これは、KH-6孔のパッカー圧が低下したことが原因と考えられる。244日頃パッカーを加圧し間隙水圧は全区間でほぼ安定している（ただし、区間1～3の間隙水圧が若干上昇している）。

以下では、圧力伝播試験Ⅱ後の定常値について述べる。

- ①区間1 : 0.75kgf/cm²程度
- ②区間2 : 0.90kgf/cm²程度
- ③区間3 : 0.90kgf/cm²程度
- ④区間4 : 1.20kgf/cm²程度
- ⑤区間5 : 1.25kgf/cm²程度
- ⑥区間6 : 1.35kgf/cm²程度

(9)KH-15 孔

平成6年10月6日から平成7年8月31日までの間隙水圧の経時変化を図-12に示す。図の横軸は平成6年10月1日0時0分0秒からの経過日数である。縦軸は間隙水圧を示している。

図の235日頃に区間1～6の間隙水圧が上昇した。これは、KH-6孔のパッカー圧が低下したことが原因と考えられる。244日頃パッカーを加圧し間隙水圧は全区間でほぼ安定している（ただし、区間2、3の間隙水圧が若干上昇している）。区間1については、間隙水圧観測開始後徐々に低下しKH-6孔のパッカー加圧後、0.06kgf/cm²程度になっているが、平成7年12月1日時点で0.06kgf/cm²程度であり、この値が定常値と考えられる。

以下では、圧力伝播試験Ⅱ後の定常値について述べる。

- ①区間1 : 0.06kgf/cm²程度
- ②区間2 : 0.49kgf/cm²程度
- ③区間3 : 0.47kgf/cm²程度
- ④区間4 : 0.33kgf/cm²程度
- ⑤区間5 : 0.30kgf/cm²程度
- ⑥区間6 : 0.26kgf/cm²程度

(10)KH-16 孔

平成6年10月6日から平成7年8月31日までの間隙水圧の経時変化を図-13に示す。図の横軸は平成6年10月1日0時0分0秒からの経過日数である。縦軸は間隙水圧を示している。

区間1については間隙水圧観測開始後、間隙水圧が急激に上昇した。KH-16孔周辺では2kgf/cm²以上の間隙水圧を示す区間が認められないため、間隙水圧計の0点が急激に変動したことが考えられた。243日頃、この区間の間隙水圧計の0点を再調整した後は他の区間と同様な間隙水圧を示している。

図の225日から240日頃の凹状の間隙水圧変化の原因については不明。図の260日頃に間隙水圧が急激に低下している。この時期にKH-4孔のパッカーが破損したと考えられる。270日頃にKH-4孔へパッカーシステムを再設置し間隙水圧は上昇しているが、圧力伝播試験1は、定常状態に達する前に試験を開始したと考えられる。KH-4孔へパッカーを再設置してから区間6を除き間隙水圧の変動が大きくなっている。

以下では、圧力伝播試験Ⅱ後の定常値について述べる。

①区間1：0.15kgf/cm²程度？

②区間2：0.77kgf/cm²程度？

③区間3：0.70kgf/cm²程度？

④区間4：0.82kgf/cm²程度？

⑤区間5：0.83kgf/cm²程度？

⑥区間6：0.60kgf/cm²程度

(11)KH-17 孔

平成6年10月6日から平成7年8月31日までの間隙水圧の経時変化を図-14に示す。図の横軸は平成6年10月1日0時0分0秒からの経過日数である。縦軸は間隙水圧を示している。

図の166日頃本試験錐孔の各区間の間隙水圧計の0点調整を行った。この前後で区間1, 5, 6の間隙水圧が変化しているが、その後も0点調整を行ったにもかかわらずほとんど間隙水圧に変化が無いため、166日以降の間隙水圧が正しいと考えられる。

図の235日頃に区間1～6の間隙水圧が低下した。これは、KH-6孔のパッカー圧が低下したことが原因と考えられる。244日頃パッカーを加圧し間隙水圧は全区間でほぼ安定している（ただし、区間2, 3の間隙水圧が若干上昇している）。

以下では、圧力伝播試験Ⅱ後の定常値について述べる。

①区間1：0.50kgf/cm²程度

②区間2：1.25kgf/cm²程度

③区間3：1.25kgf/cm²程度

④区間4：1.23kgf/cm²程度

⑤区間5：1.25kgf/cm²程度

⑥区間6：1.12kgf/cm²程度

(12)KH-18 孔

平成6年10月6日から平成7年8月31日までの間隙水圧の経時変化を図-15に示す。図の横軸は平成6年10月1日0時0分0秒からの経過日数である。縦軸は間隙水圧を示して

いる。

図の166日頃本試錐孔の区間1, 2の間隙水圧計の0点調整を行った。この前後で区間1, 2の間隙水圧が変化している。区間1については、その後も0点調整を行ったにもかかわらずほとんど間隙水圧に変化が無いため、166日以降の間隙水圧が正しいと考えられる。区間2については、243日頃再度0点調整を行うと166日以前の値とほぼ同じになった(2度の0点調整の間はほとんど0 kgf/cm²であったため、166日以前および243日以後の値が正しいと考えられる。区間4については、間隙水圧観測後より間隙水圧が低下し、ほとんどの期間で0 kgf/cm²となっている。これは、間隙水圧計の0点の変動したことが考えられる。

図の235日頃に区間1~6の間隙水圧が低下した(区間4については不明)。これは、KH-6孔のパッカー圧が低下したことが原因と考えられる。244日頃パッカーを加圧し間隙水圧は区間1, 2, 6でほぼ安定している(ただし、区間1は若干上昇)。

図の260日頃に区間3, 5(区間4も含む?)の間隙水圧が急激に低下している。この時期にKH-4孔のパッカーが破損したと考えられる。270日頃にKH-4孔へパッカーシステムを再設置し区間3, 5の間隙水圧は上昇しているが、圧力伝播試験Iは、定常状態に達する前に試験を開始したと考えられる。KH-4孔へパッカーを再設置してから区間3, 5の間隙水圧の変動が大きくなっている。

以下では、圧力伝播試験II後の定常値について述べる。

- ①区間1 : 0.30kgf/cm²程度
- ②区間2 : 0.95kgf/cm²程度
- ③区間3 : 0.42kgf/cm²程度
- ④区間4 : 不明
- ⑤区間5 : 0.52kgf/cm²程度
- ⑥区間6 : 0.20kgf/cm²程度

⑬KH-19 孔

平成6年10月6日から平成7年8月31日までの間隙水圧の経時変化を図-16, 17に示す。図の横軸は平成6年10月1日0時0分0秒からの経過日数である。縦軸は間隙水圧を示している。

図-16と17ではパッカー設置位置が異なっている。

図-17で区間1については、間隙水圧の変動が大きい、それ以外の区間はほぼ安定している。310日以降の間隙水圧の低下はKH-23孔の掘削による。

以下では、圧力伝播試験II後の定常値について述べる。

- ①区間1 : 不明
- ②区間2 : 19.6kgf/cm²程度
- ③区間3 : 19.6kgf/cm²程度
- ④区間4 : 19.6kgf/cm²程度
- ⑤区間5 : 19.6kgf/cm²程度
- ⑥区間6 : 19.6kgf/cm²程度
- ⑦区間7 : 10.0kgf/cm²程度
- ⑧区間8 : 3.0 kgf/cm²程度

④KH-20 孔

平成6年10月6日から平成7年8月31日までの間隙水圧の経時変化を図-18、19に示す。図の横軸は平成6年10月1日0時0分0秒からの経過日数である。縦軸は間隙水圧を示している。

図-18と19ではパッカー設置数および位置が異なっている。

図-19で279日頃区間5およびKH-19孔区間1の間隙水圧観測用チューブについているバルブを開放すると、区間3の間隙水圧が上昇し、区間1、2、6の間隙水圧が低下した。全ての区間で間隙水圧はほぼ安定している。310日以降の間隙水圧の低下はKH-23孔の掘削による。

以下では、圧力伝播試験Ⅱ後の定常値について述べる。

- ①区間1 : 14.5kgf/cm²程度
- ②区間2 : 14.4kgf/cm²程度
- ③区間3 : 9.2 kgf/cm²程度
- ④区間4 : 19.9kgf/cm²程度
- ⑤区間5 : 19.5kgf/cm²程度
- ⑥区間6 : 10.3kgf/cm²程度
- ⑦区間7 : 10.0kgf/cm²程度

3. 圧力伝播試験で応答が認められた観測区間について

(1)圧力伝播試験Ⅰで応答が認められた観測区間

図-20～36に各試錐孔について、圧力伝播試験Ⅰ時の間隙水圧経時変化を示す。図の横軸は圧力伝播試験開始時間を0とした時の経過時間を、縦軸は間隙水圧を示している。図-21は、KH-4孔区間2～5の間隙水圧の変化をわかりやすくするために、図-20の間隙水圧のスケールを拡大した図である。また図-30は、KH-15孔区間4～6の間隙水圧の変化をわかりやすくするために、図-29の間隙水圧のスケールを拡大した図である。

マイナス28時間頃およびマイナス2時間頃、本試験を開始する前に区間1からの注入試験を行ったため、区間1の間隙水圧が上昇している。

圧力伝播試験Ⅰでは18区間で明瞭な応答が認められた。図-37に応答の認められた区間を示す。以下に、応答の認められた区間と間隙水圧の最大上昇幅について示す。

- ①KH-4孔 区間2 : 0.2 kgf/cm²程度
- ②KH-4孔 区間3 : 0.09kgf/cm²程度
- ③KH-4孔 区間4 : 0.06kgf/cm²程度
- ④KH-13 孔区間2 : 0.1 kgf/cm²程度
- ⑤KH-13 孔区間3 : 0.09kgf/cm²程度
- ⑥KH-13 孔区間5 : 0.07kgf/cm²程度
- ⑦KH-13 孔区間6 : 0.06kgf/cm²程度
- ⑧KH-15 孔区間4 : 0.01kgf/cm²程度
- ⑨KH-15 孔区間5 : 0.01kgf/cm²程度
- ⑩KH-15 孔区間6 : 0.01kgf/cm²程度
- ⑪KH-16 孔区間1 : 0.05kgf/cm²程度

- ⑫KH-16 孔区間 2 : 0.08kgf/cm²程度
- ⑬KH-16 孔区間 3 : 0.16kgf/cm²程度
- ⑭KH-16 孔区間 4 : 0.17kgf/cm²程度
- ⑮KH-16 孔区間 5 : 0.22kgf/cm²程度
- ⑯KH-18 孔区間 3 : 0.07kgf/cm²程度
- ⑰KH-18 孔区間 4 : 0.05kgf/cm²程度? (間隙水圧計の0点変動のため詳細は不明)
- ⑱KH-18 孔区間 5 : 0.09kgf/cm²程度

(2)圧力伝播試験Ⅱで応答が認められた観測区間

図-38～53に各試錐孔について、圧力伝播試験Ⅱ時の間隙水圧経時変化を示す。図の横軸は圧力伝播試験開始時間を0とした時の経過時間を、縦軸は間隙水圧を示している。図-39はKH-4孔区間1～4の間隙水圧の変化を把握できるようにするために、図-38の間隙水圧のスケールを拡大した図である。

マイナス4時間頃、試験を開始したところ注水用ホースから水漏れが認められたため、試験を中断している。

圧力伝播試験Ⅱでは圧力伝播試験Ⅰで認められた応答ほど明瞭なものは認められない。この試験では2種類の間隙水圧上昇パターンが認められる。すなわち(a)圧力伝播試験Ⅱ直前から間隙水圧上昇が認められ、圧力伝播試験Ⅱ終了前に低下が認められるパターンと(b)圧力伝播試験Ⅱ頃わずかに上昇し、そのまま徐々に上昇していくパターン(図-54)である。以下には(a)と(b)の間隙水圧上昇パターンの原因について若干検討した。

(a)圧力伝播試験Ⅱ直前から間隙水圧上昇が認められ、圧力伝播試験Ⅱ終了前に低下が認められるパターン

圧力伝播試験Ⅱ開始約20時間前には、KH-4孔孔口から西側に約60m離れた人工バリア坑道内に掘削されたKBG-3孔(図-55)でグラウト試験(注入圧10kgf/cm²)を実施している。他には作業を実施していないため、グラウト試験が原因で間隙水圧が上昇したことが考えられる。これらの間隙水圧が上昇した区間ではグラウト注入試験終了後も定常値より高い間隙水圧を示しており、圧力伝播試験Ⅱの影響を受けている可能性もあるが、圧力伝播試験Ⅱが終了する以前に間隙水圧が低下しているため、実際に圧力伝播試験の影響により間隙水圧が上昇したかどうかは明らかでない。

上記の間隙水圧上昇が認められた区間について図-56に示す。また以下に、間隙水圧の上昇が認められた区間と間隙水圧の最大上昇幅について示す。

- ①KH-4孔 区間 1 : 0.02kgf/cm²程度
- ②KH-4孔 区間 2 : 0.02kgf/cm²程度
- ③KH-4孔 区間 3 : 0.02kgf/cm²程度
- ④KH-4孔 区間 4 : 0.01kgf/cm²程度
- ⑤KH-10 孔区間 1 : 0.04kgf/cm²程度
- ⑥KH-10 孔区間 2 : 0.02kgf/cm²程度 (この区間については、圧力伝播試験Ⅱ終了時に間隙水圧低下が認められる。)
- ⑦KH-13 孔区間 1 : 0.06kgf/cm²程度
- ⑧KH-13 孔区間 2 : 0.03kgf/cm²程度
- ⑨KH-13 孔区間 3 : 0.02kgf/cm²程度

- ⑩KH-13 孔区間 5 : 0.01kgf/cm²程度
- ⑪KH-16 孔区間 1 : 0.03kgf/cm²程度
- ⑫KH-16 孔区間 2 : 0.03kgf/cm²程度
- ⑬KH-16 孔区間 3 : 0.02kgf/cm²程度
- ⑭KH-16 孔区間 4 : 0.01kgf/cm²程度
- ⑮KH-16 孔区間 5 : 0.01kgf/cm²程度

(b)圧力伝播試験Ⅱ頃わずかに上昇し、そのまま徐々に上昇していくパターン

このような間隙水圧上昇が認められる区間については、KH-6孔のパッカーを加圧してから間隙水圧が定常値になる前に圧力伝播試験が開始されている(図-3~19)ため、圧力伝播試験後も徐々に上昇していると考えられる。このような間隙水圧の上昇トレンドとは異なる間隙水圧のわずかな上昇が圧力伝播試験Ⅱ開始頃に認められるので、圧力伝播試験Ⅱの影響を受け間隙水圧が上昇したことが考えられる。

この間隙水圧上昇が認められた区間について図-56に示す。また以下に、間隙水圧の上昇が認められた区間と間隙水圧の最大上昇幅について示す。

- ①KH-6孔 区間 5 : 0.01kgf/cm²程度
- ②KH-9孔 区間 4 : 0.01kgf/cm²程度
- ③KH-11 孔区間 1 : 0.01kgf/cm²程度
- ④KH-11 孔区間 2 : 0.01kgf/cm²程度
- ⑤KH-11 孔区間 3 : 0.01kgf/cm²程度
- ⑥KH-11 孔区間 4 : 0.01kgf/cm²程度
- ⑦KH-11 孔区間 5 : 0.01kgf/cm²程度
- ⑧KH-11 孔区間 6 : 0.01kgf/cm²程度
- ⑨KH-12 孔区間 2 : 0.01kgf/cm²程度
- ⑩KH-12 孔区間 3 : 0.01kgf/cm²程度
- ⑪KH-12 孔区間 4 : 0.01kgf/cm²程度
- ⑫KH-12 孔区間 5 : 0.01kgf/cm²程度
- ⑬KH-12 孔区間 6 : 0.01kgf/cm²程度

なお、圧力伝播試験開始直後には、KD-88 坑道奥(図-1、KH-4孔が掘削されている坑道)の天盤の割れ目(図-57参照)から湧水が認められ(それまでは、乾いていた)、終了後には湧水が認められなくなった。

圧力伝播試験Ⅱは、注水区間が坑道近傍であったため圧力が坑道に逃げてしまったため、注水区間近傍で明瞭な応答が観察されなかったと考えられる。

4. まとめ

KH-4孔区間1(圧力伝播試験Ⅰ)および区間5(圧力伝播試験Ⅱ)をそれぞれ発信源として圧力伝播試験を行い、以下の結果を得た。

- (1)圧力伝播試験Ⅰでは、周辺試験孔において明瞭な応答が認められたが、圧力伝播試験Ⅱでは明瞭な応答が認められなかった。
- (2)圧力伝播試験Ⅰでは、主にKD-90 坑道から西側で応答が認められた(図-37)。これらの区間は、平成4年度KH-19 孔掘削時に圧力応答が認められなかった区間(図-58

参照) とほぼ一致している¹⁾。

(3) 圧力伝播試験Ⅱでは、試験開始頃以下の2つの間隙水圧上昇パターンが認められた。

(a) 圧力伝播試験Ⅱ直前から間隙水圧上昇が認められ、圧力伝播試験Ⅱ終了前に低下が認められるパターン(ただし、KH-10 孔区間2(発信源付近の区間)では、圧力伝播試験Ⅱ後に間隙水圧の低下が認められた)

(b) 圧力伝播試験Ⅱ開始頃に間隙水圧が上昇し、その後緩やかに上昇していくパターン

(4) 上記(a)については、各間隙水圧観測区間で上昇が認められた頃、人工バリア坑道のグラウト試験坑道(図-55)においてグラウト注入試験が開始されており、これにより間隙水圧が上昇したと考えられた。ただし、グラウト試験終了後も定常値より高い間隙水圧を示しており、圧力伝播試験Ⅱの影響も考えられた。このパターンは、KD-90 坑道西側に掘削された試錐孔で認められた(図-56)。

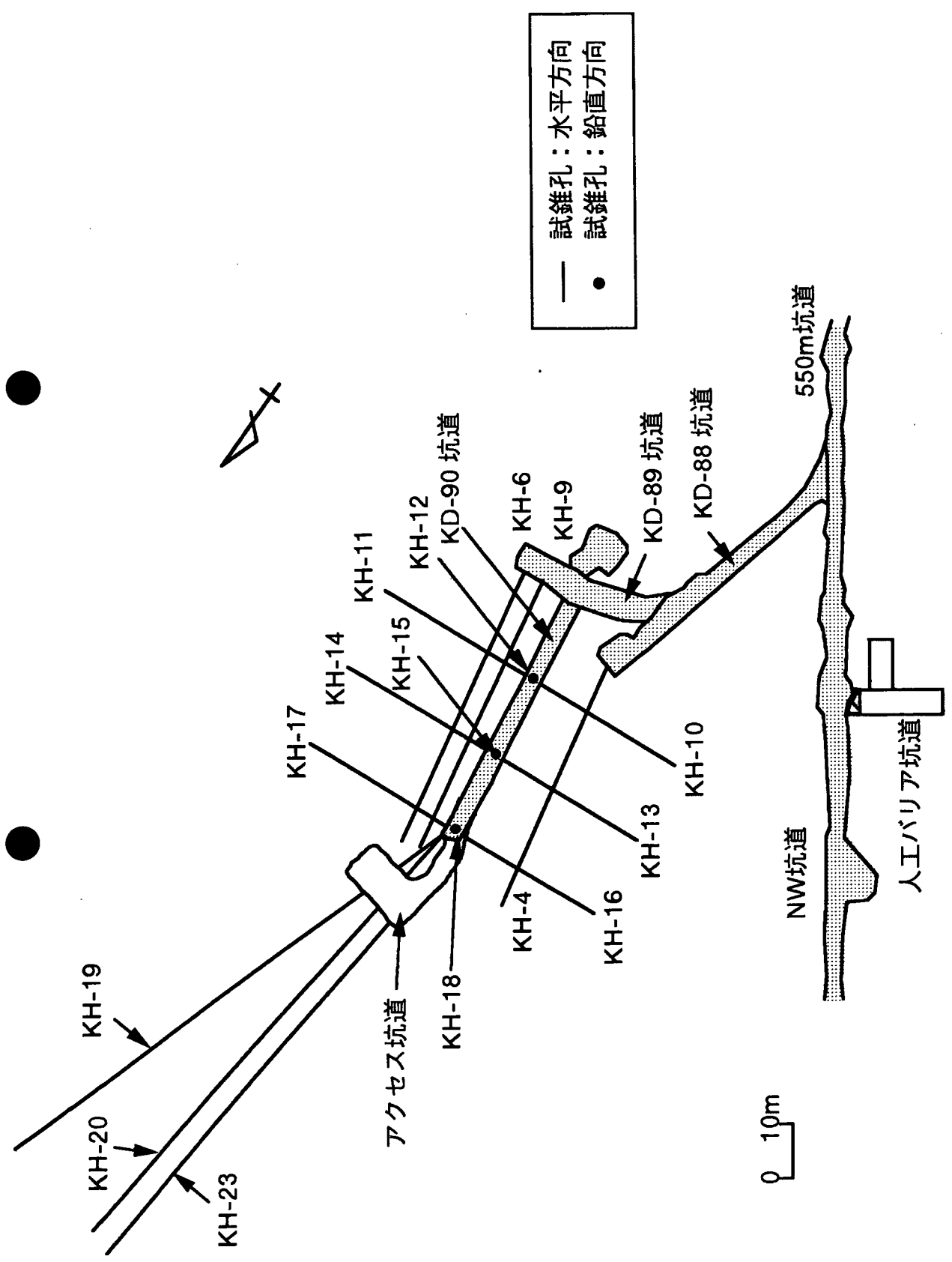
(5) 上記(b)については、圧力伝播試験Ⅰ開始前のKH-6孔のパッカー加圧により、圧力伝播試験Ⅰと圧力伝播試験Ⅱの間も徐々に間隙水圧が上昇している区間で認められた。圧力伝播試験頃に、KH-6孔パッカー加圧による間隙水圧上昇とは異なるトレンドで間隙水圧が上昇しており、圧力伝播試験Ⅱの影響を受けたことが考えられた。このパターンは、KD-90 坑道床盤から鉛直方向に掘削された試錐孔とKD-90 坑道の東側に掘削された試錐孔であった(図-56)。これらの試錐孔は、発信源に比較的近い場所のものであった。

5. 今後の予定

伝播方向による圧力の減衰の違いや、伝播距離と圧力の減衰特性の関係について検討するとともに、今回の試験結果と試錐孔で実施されたBTV結果等を比較し、KD-90 坑道周辺の水理地質構造について検討する。

参考文献

- 1) 動力炉・核燃料開発事業団(1994) : 釜石原位置試験第2フェーズ平成5年度成果報告書、PNC PN1410 94-059



図一1 圧力伝播試験実施場所周辺の試錐孔・坑道配置図

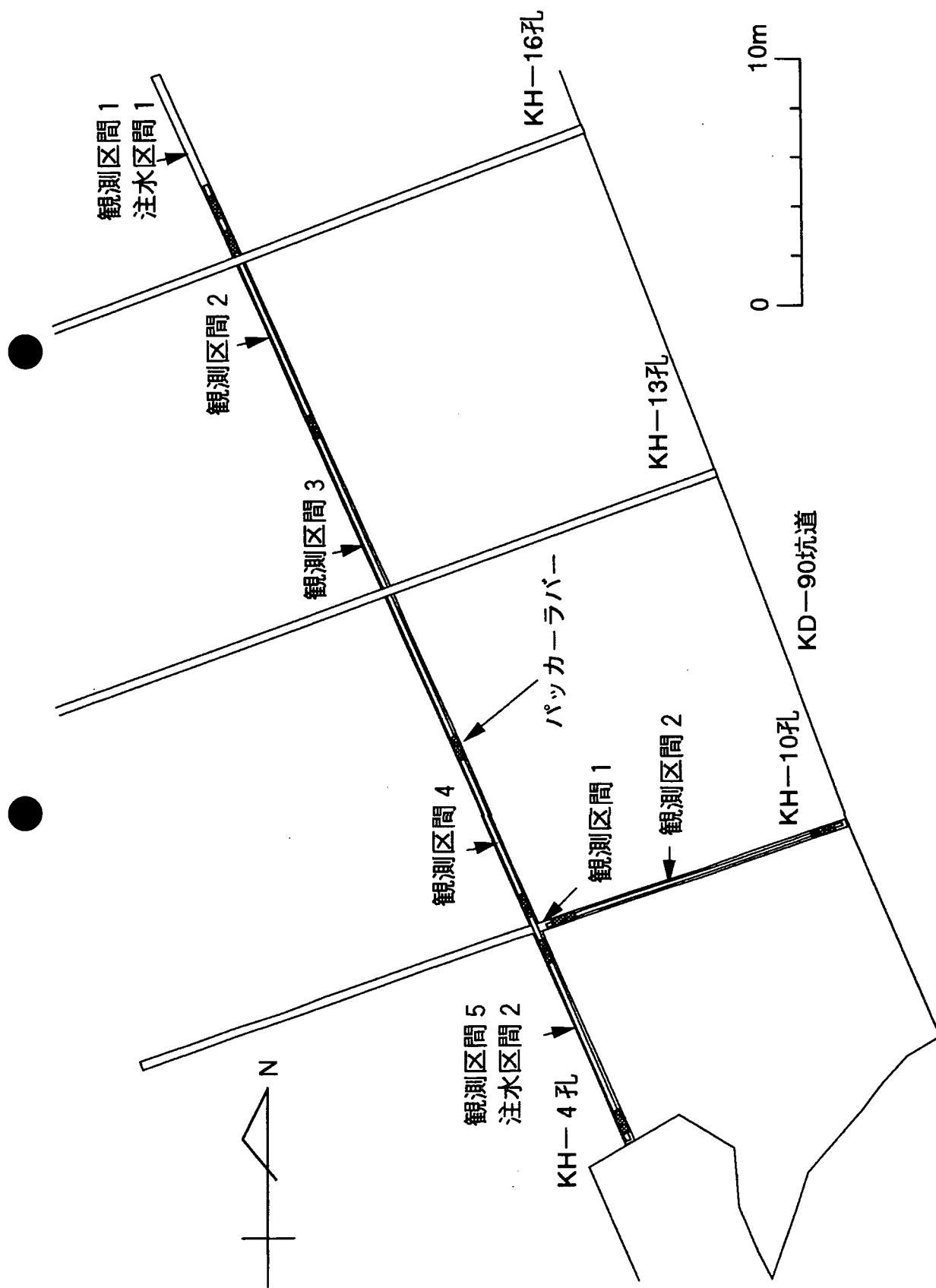
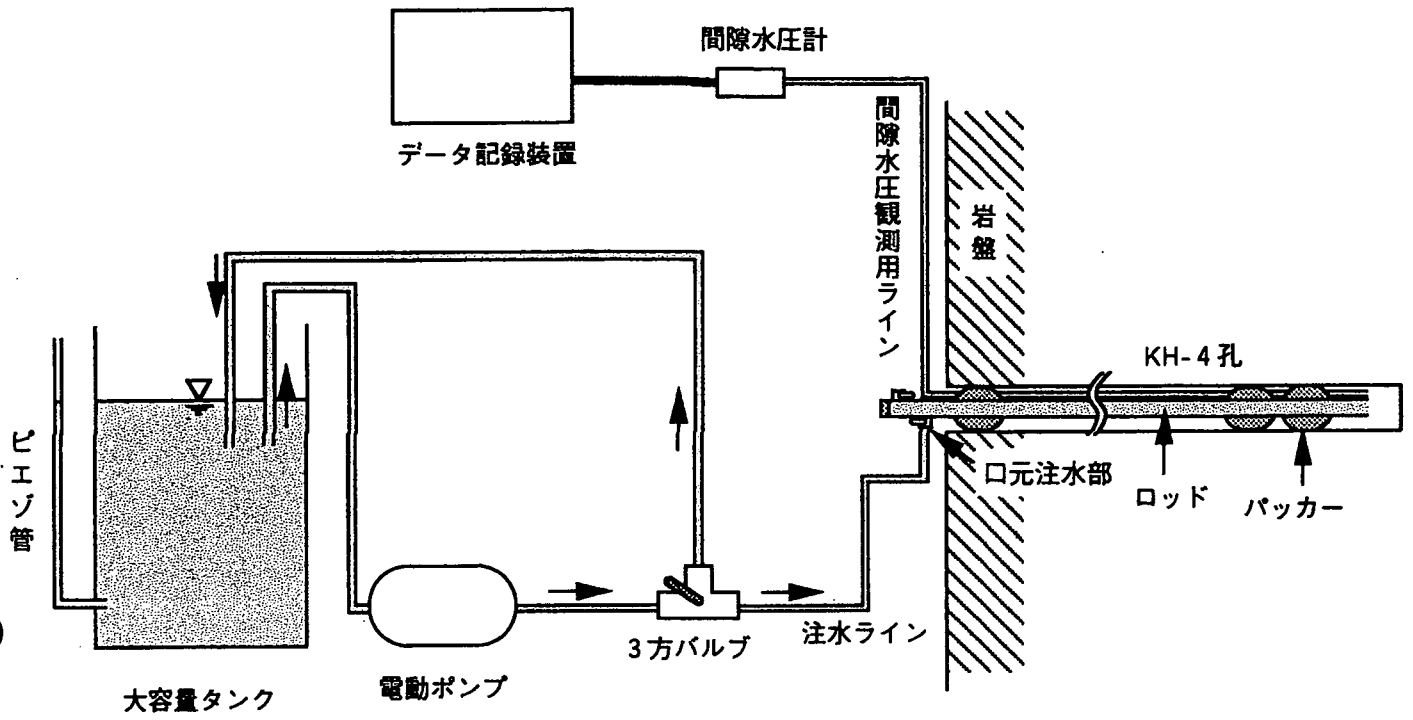
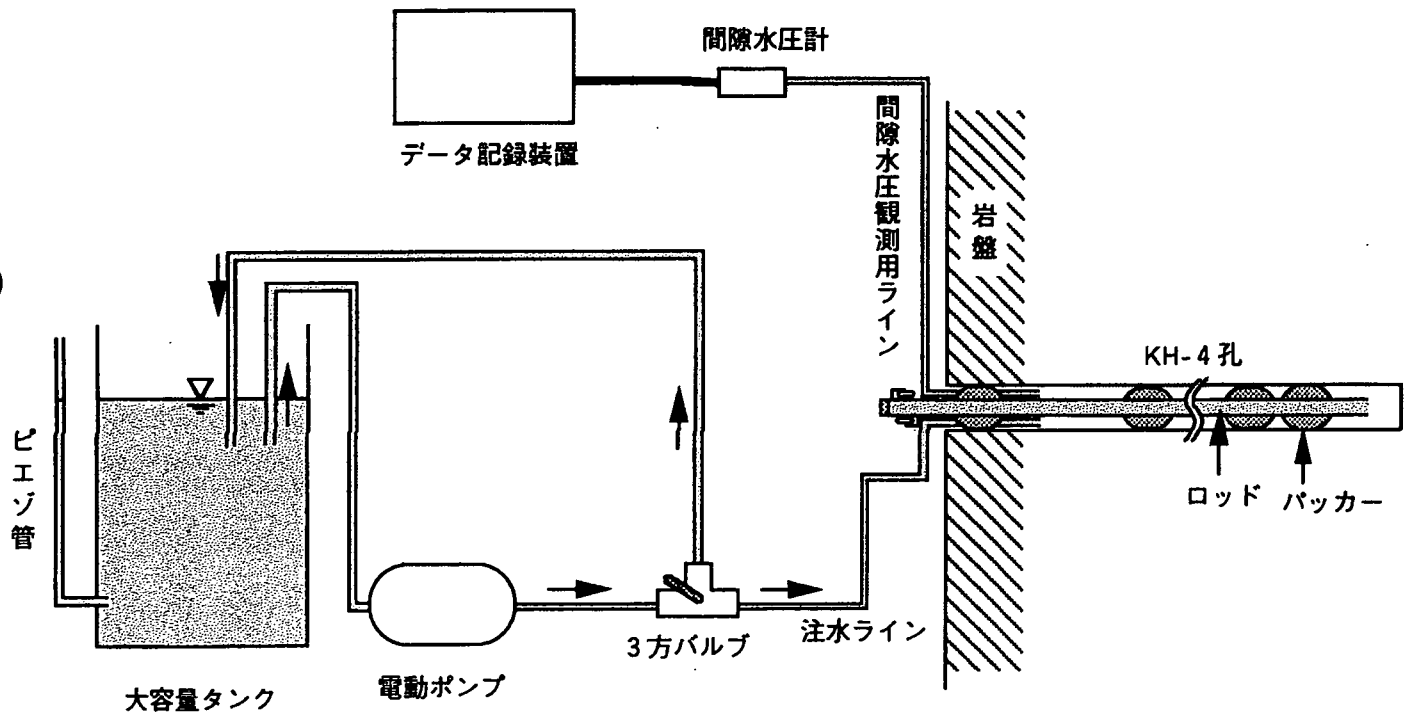


図-2 KH-4孔とKH-10孔のパッカー配置図

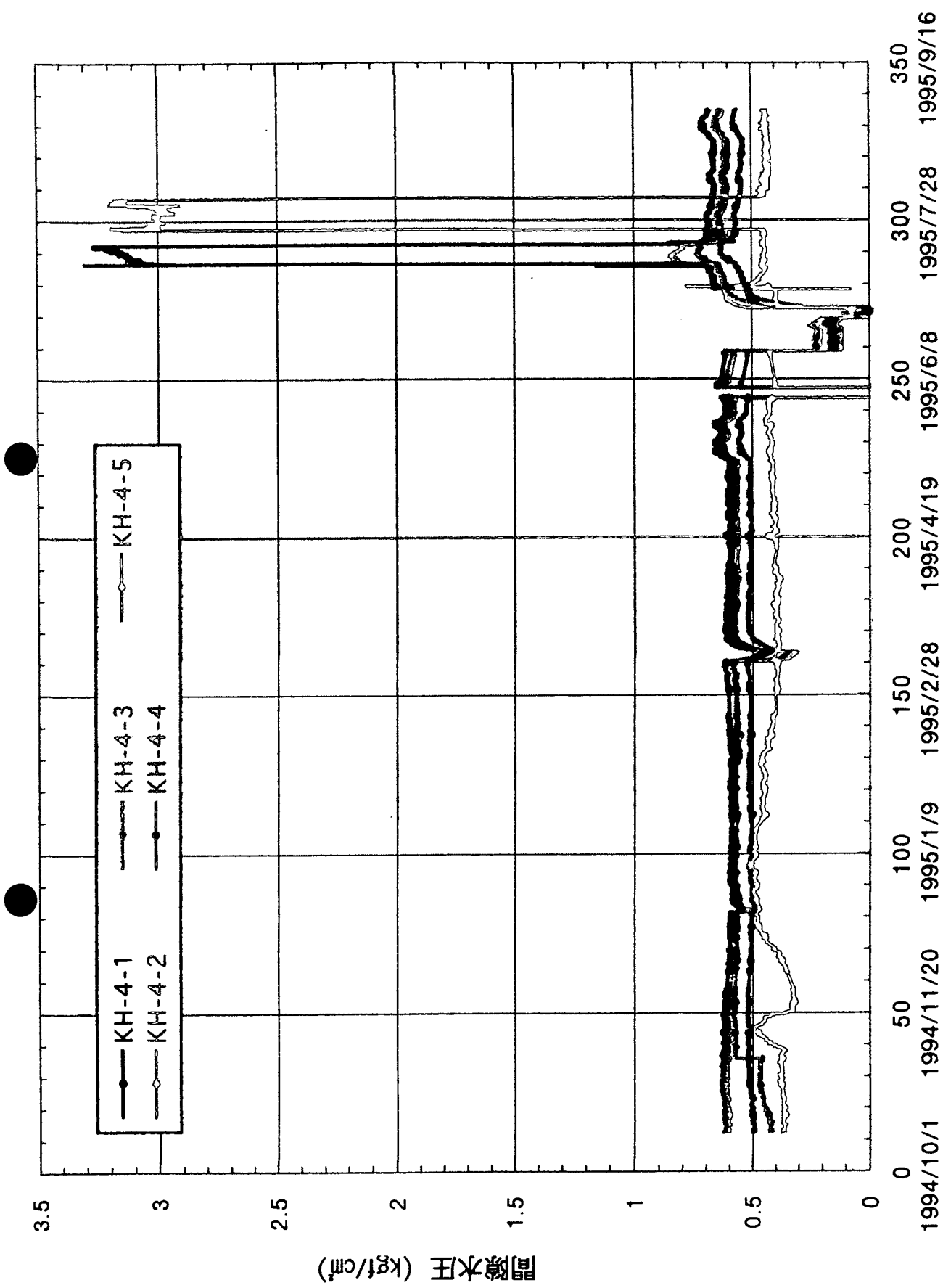


(a) 圧力伝播試験 I



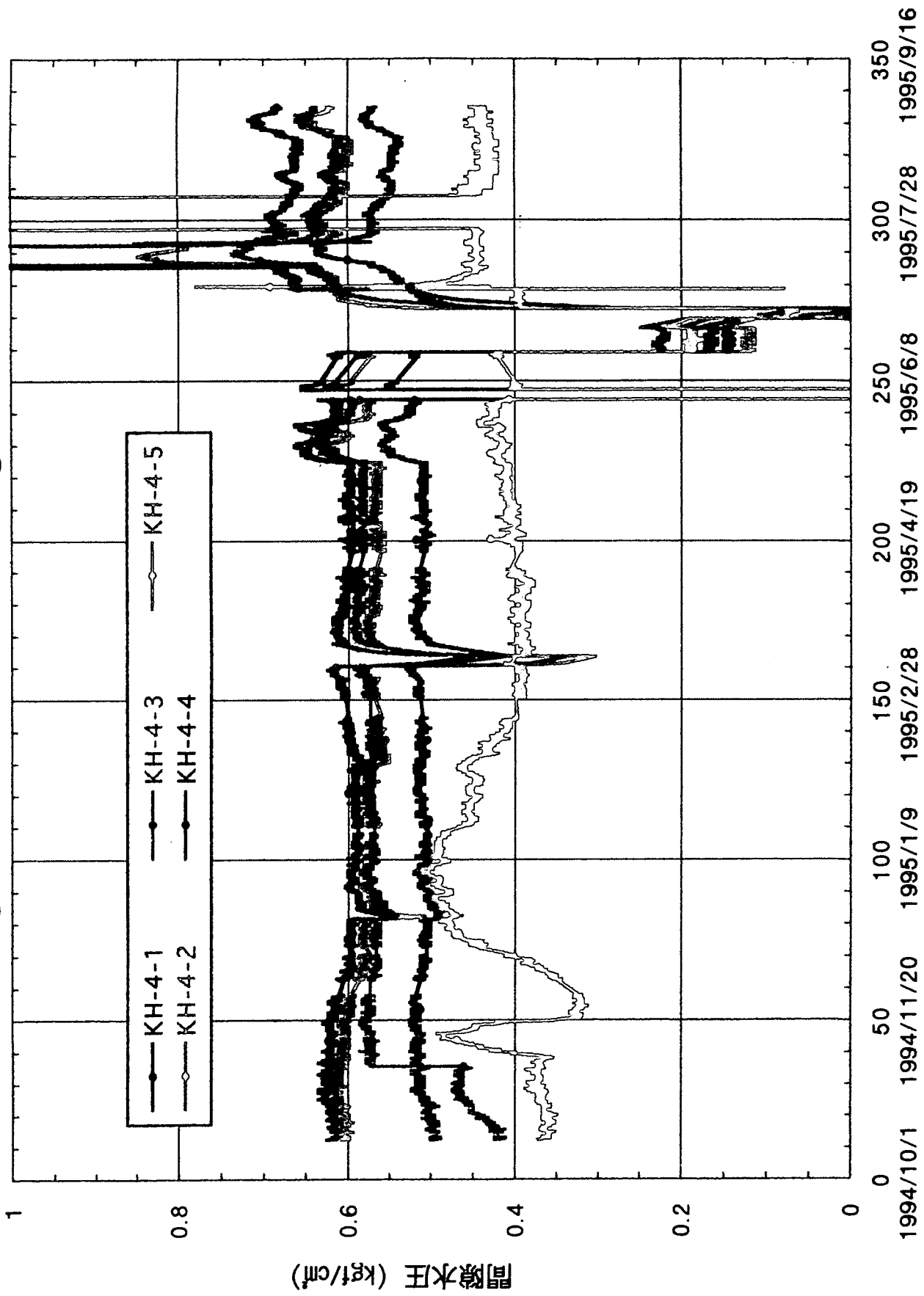
(b) 圧力伝播試験 II

図一 A 圧力伝播試験概念図



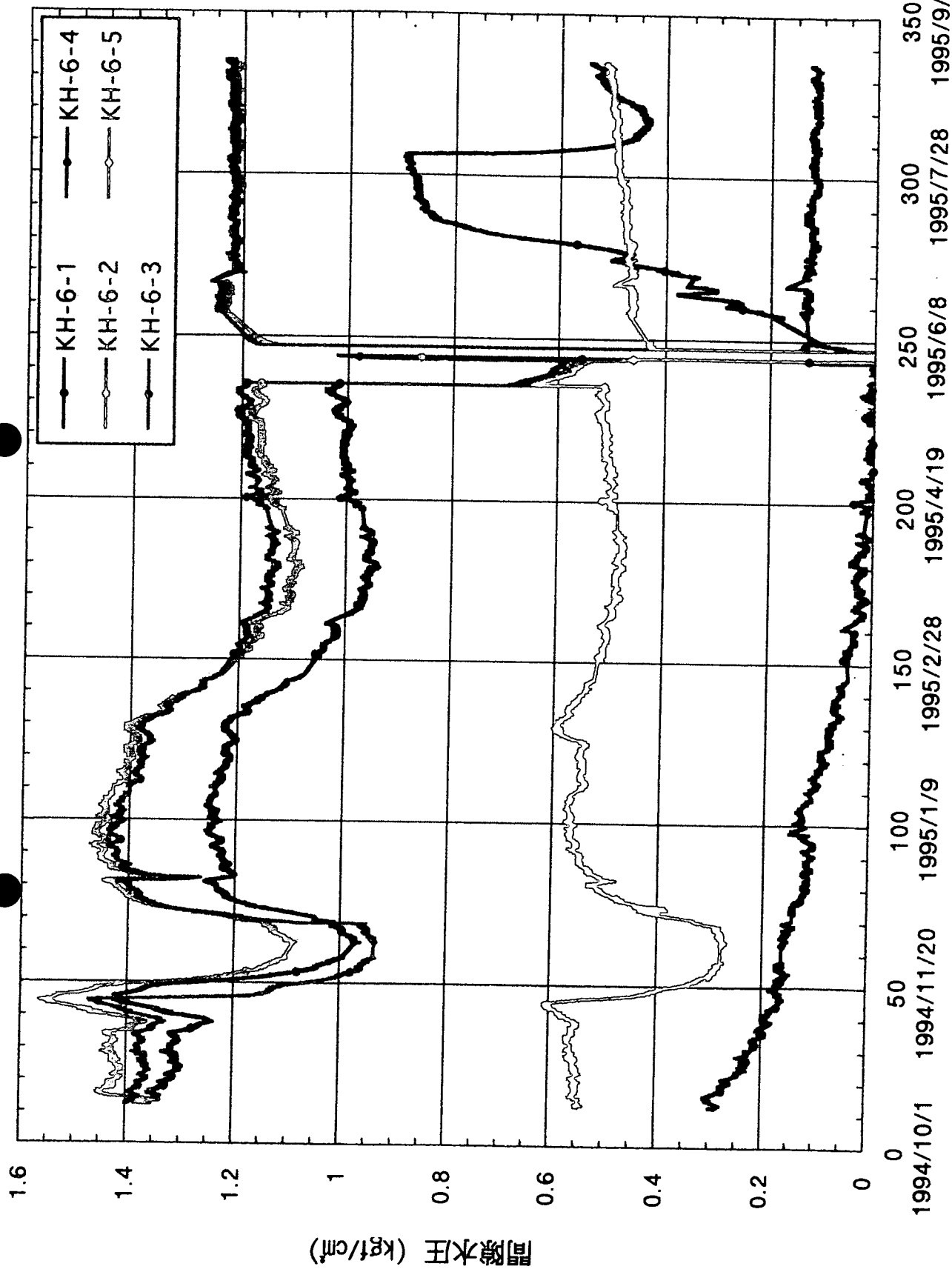
経過日数 (1994/10/1 0:00:00 から)

図-3 KH-4 孔における間隙水圧変化



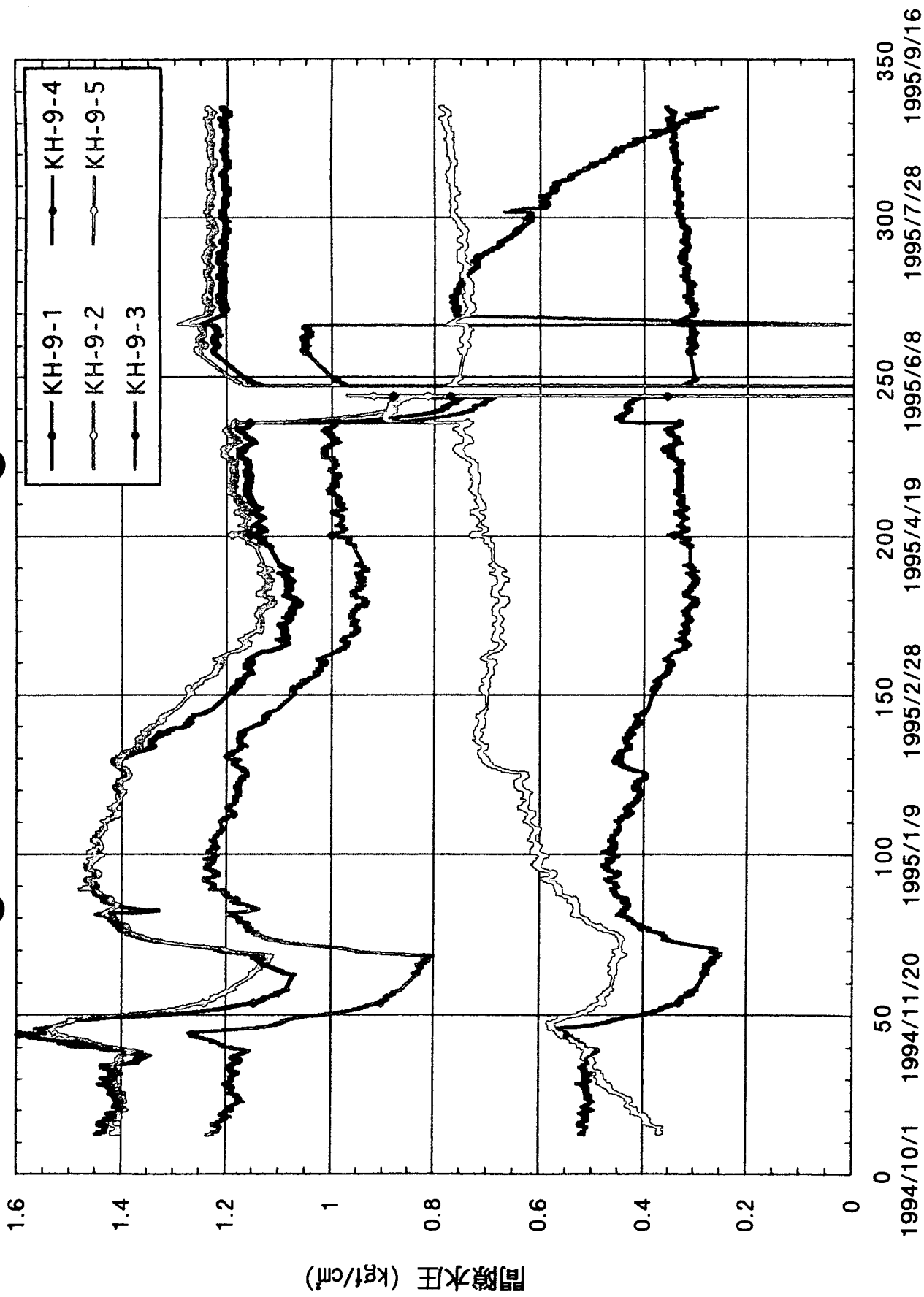
経過日数 (1994/10/1 0:00:00 から)

図-4 KH-4 孔における間隙水圧変化

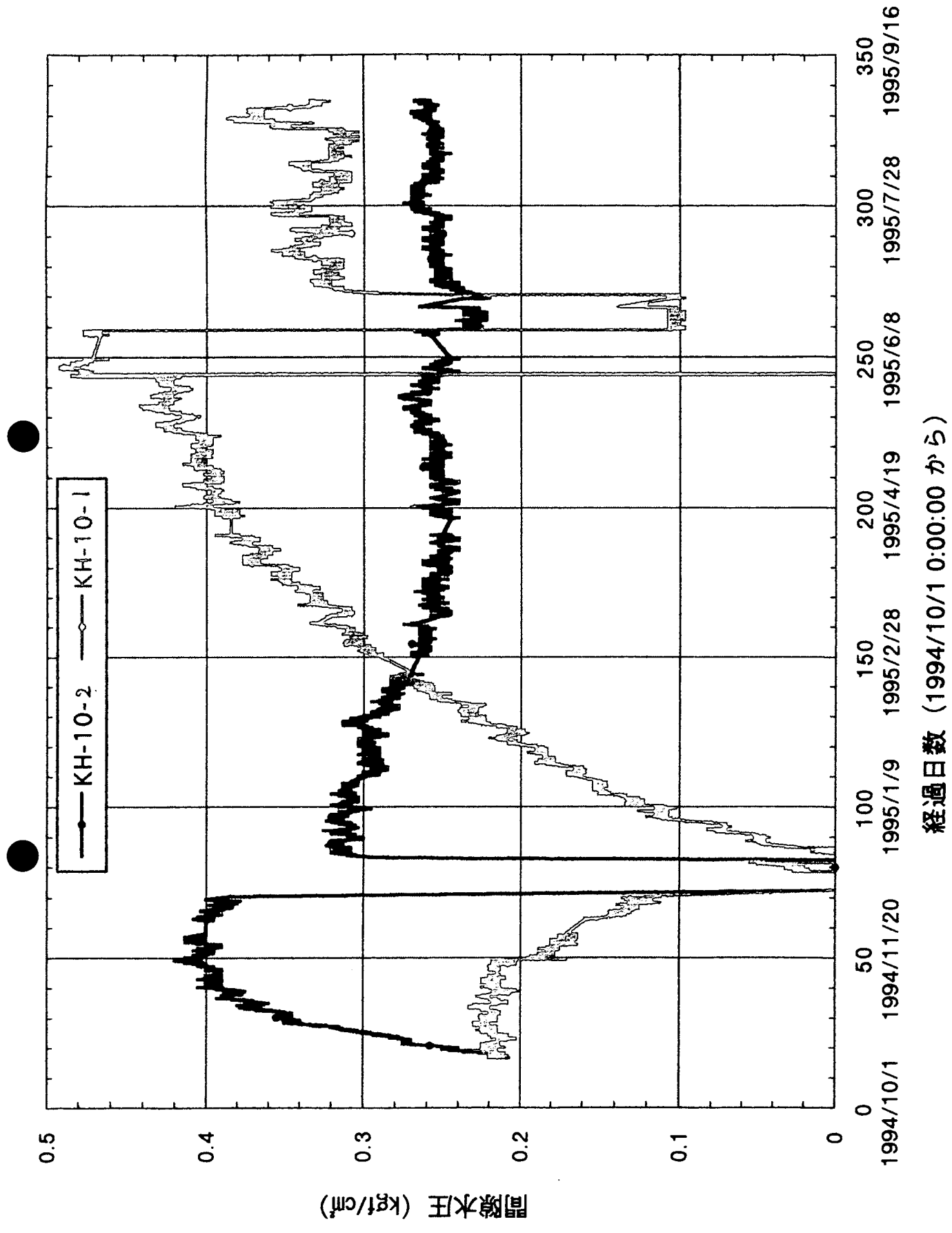


経過日数 (1994/10/1 0:00:00 から)

図-5 KH-6 孔における間隙水圧変化

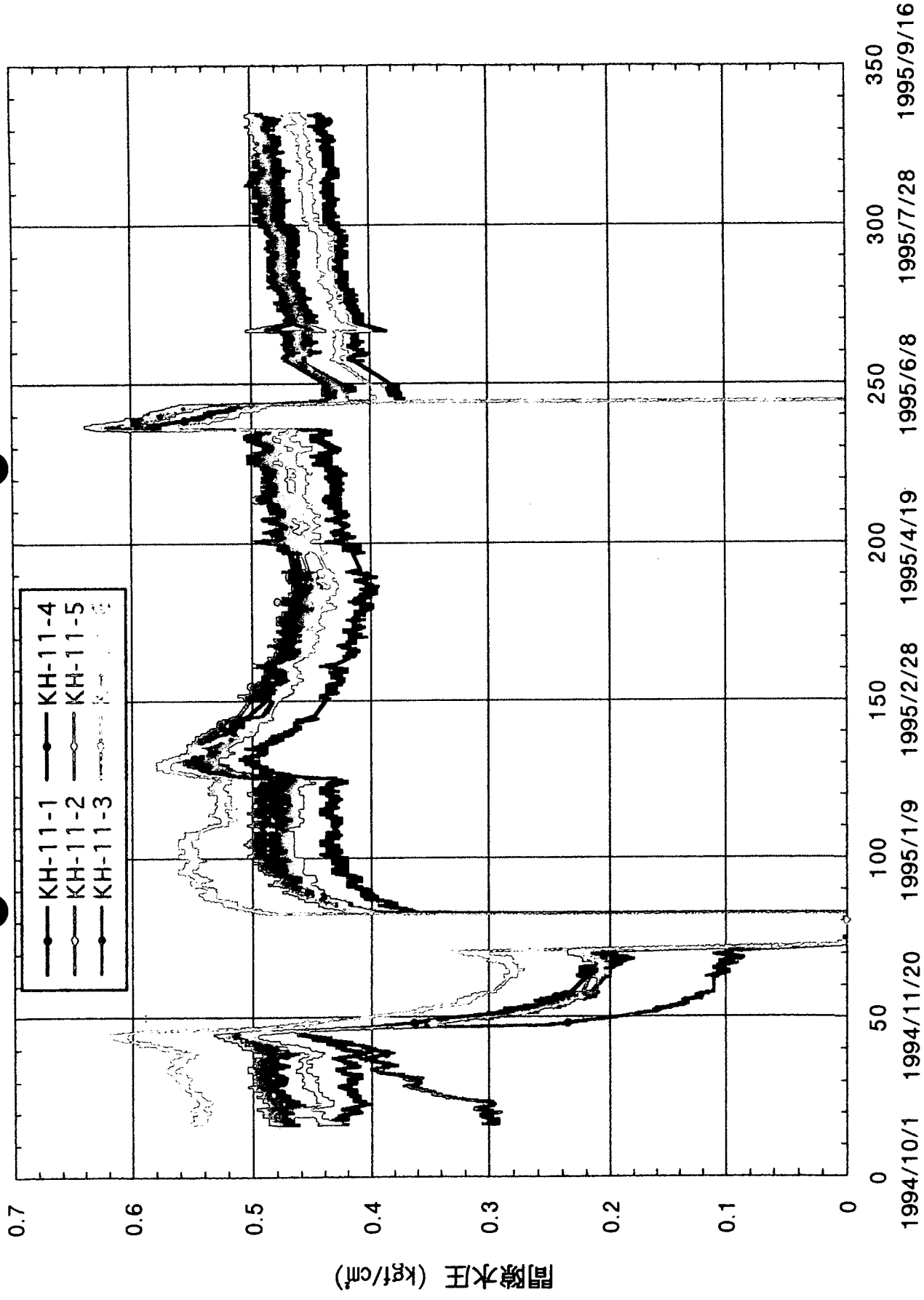


図一6 KH-9 孔における間隙水圧変化



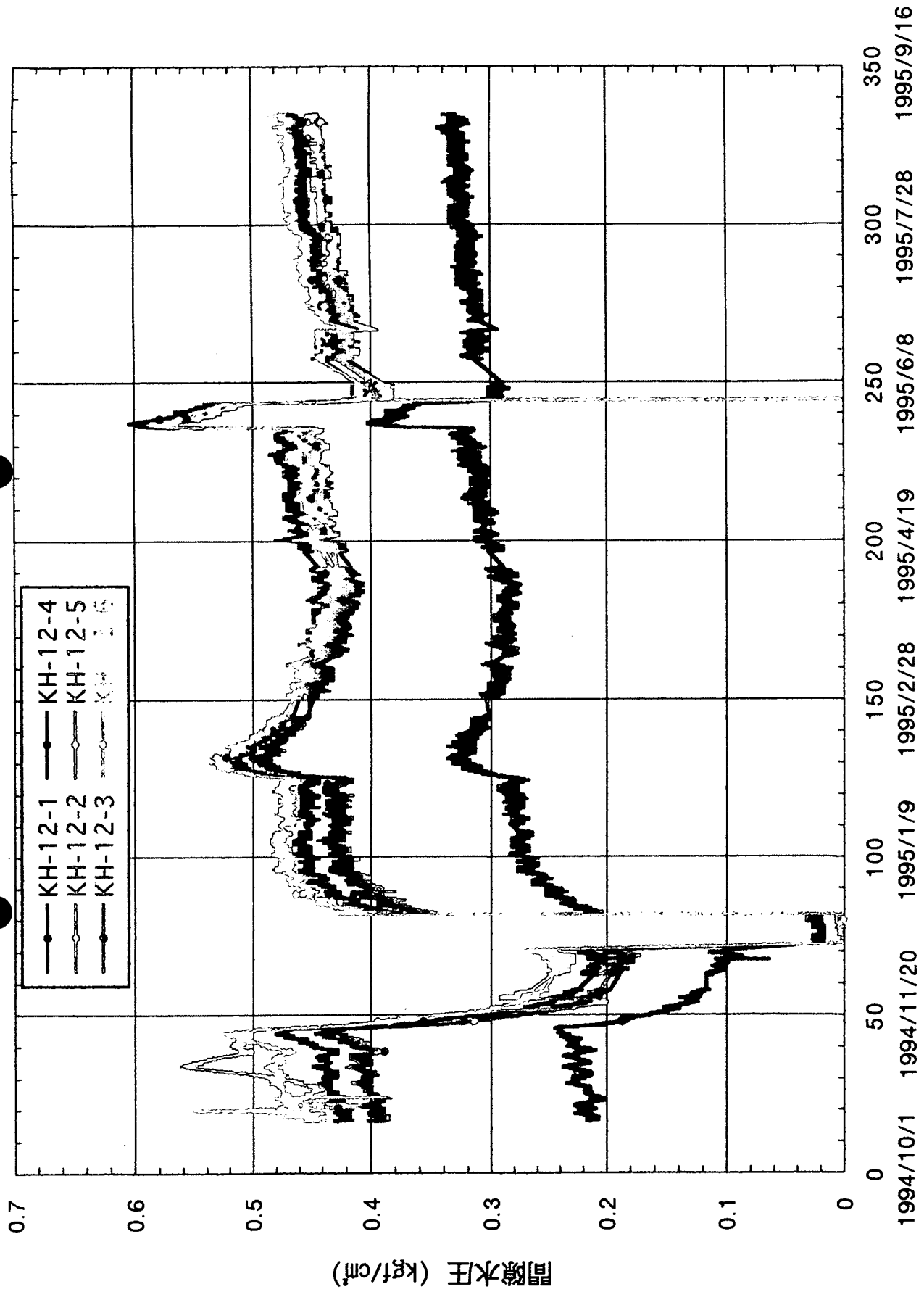
経過日数 (1994/10/1 0:00:00 から)

図一7 KH-10 孔における間隙水圧変化



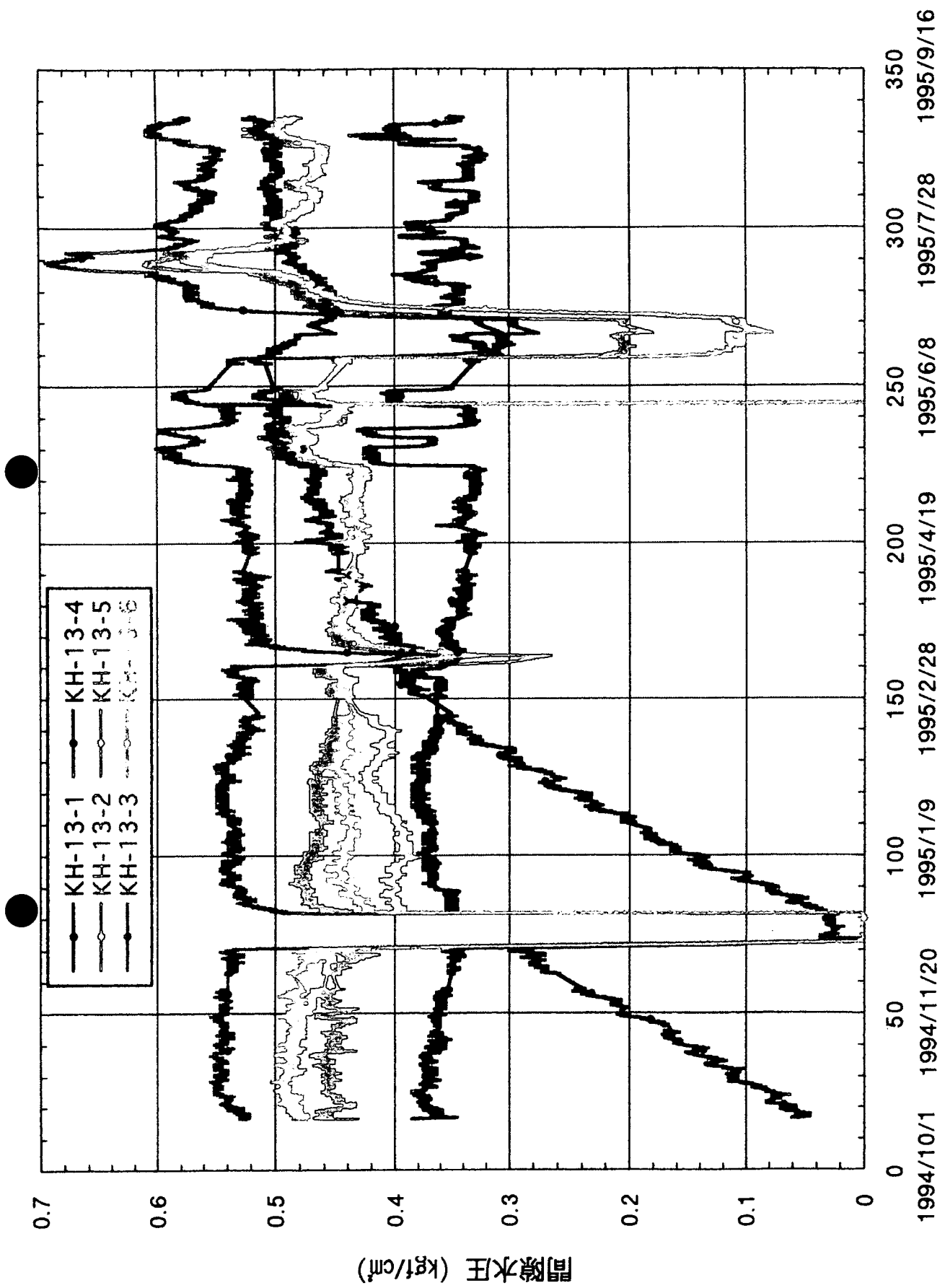
経過日数 (1994/10/1 0:00:00 から)

図一 8 KH-11 孔における間隙水圧変化



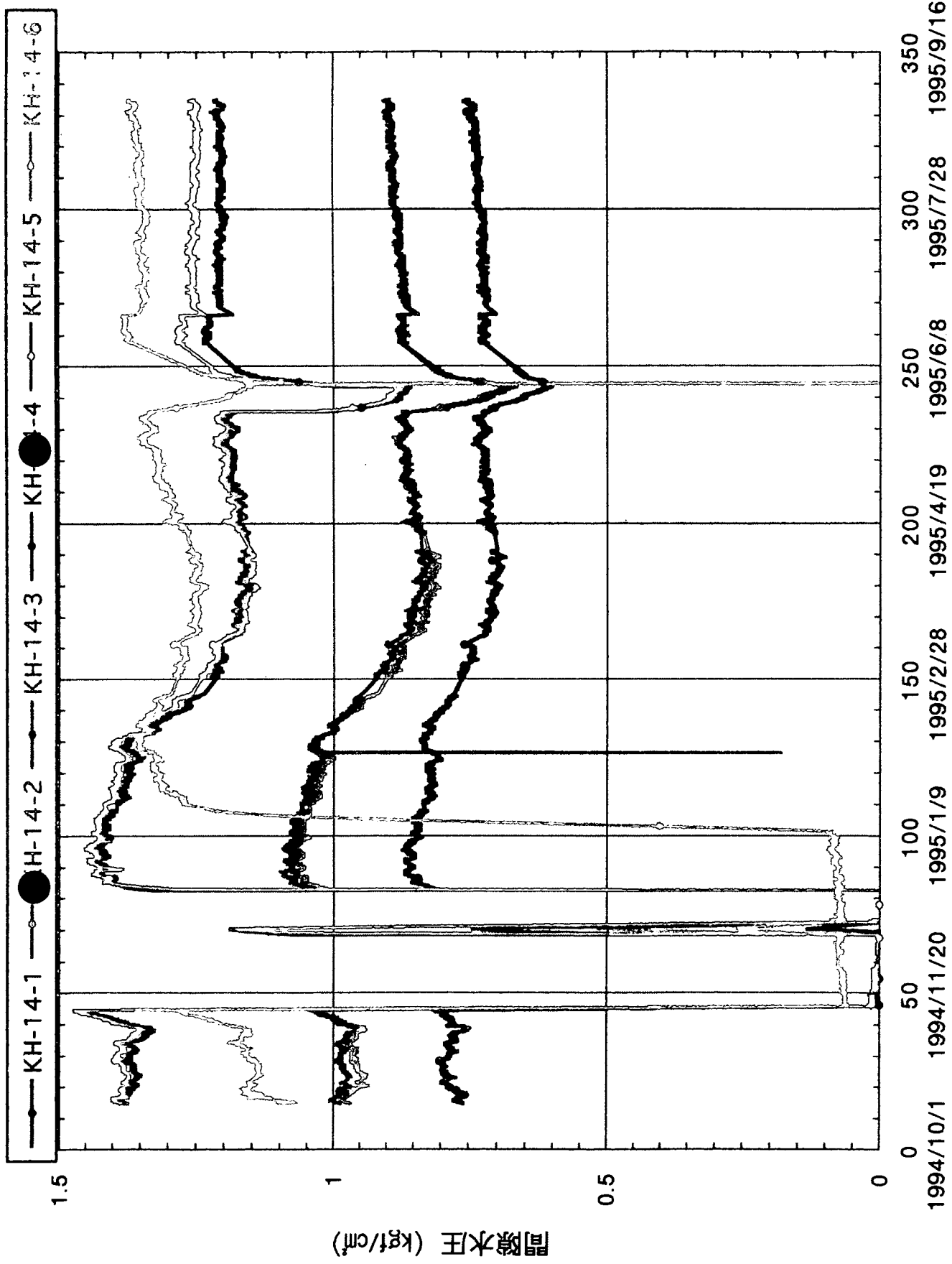
経過日数 (1994/10/1 0:00:00 から)

図一9 KH-12 孔における間隙水圧変化



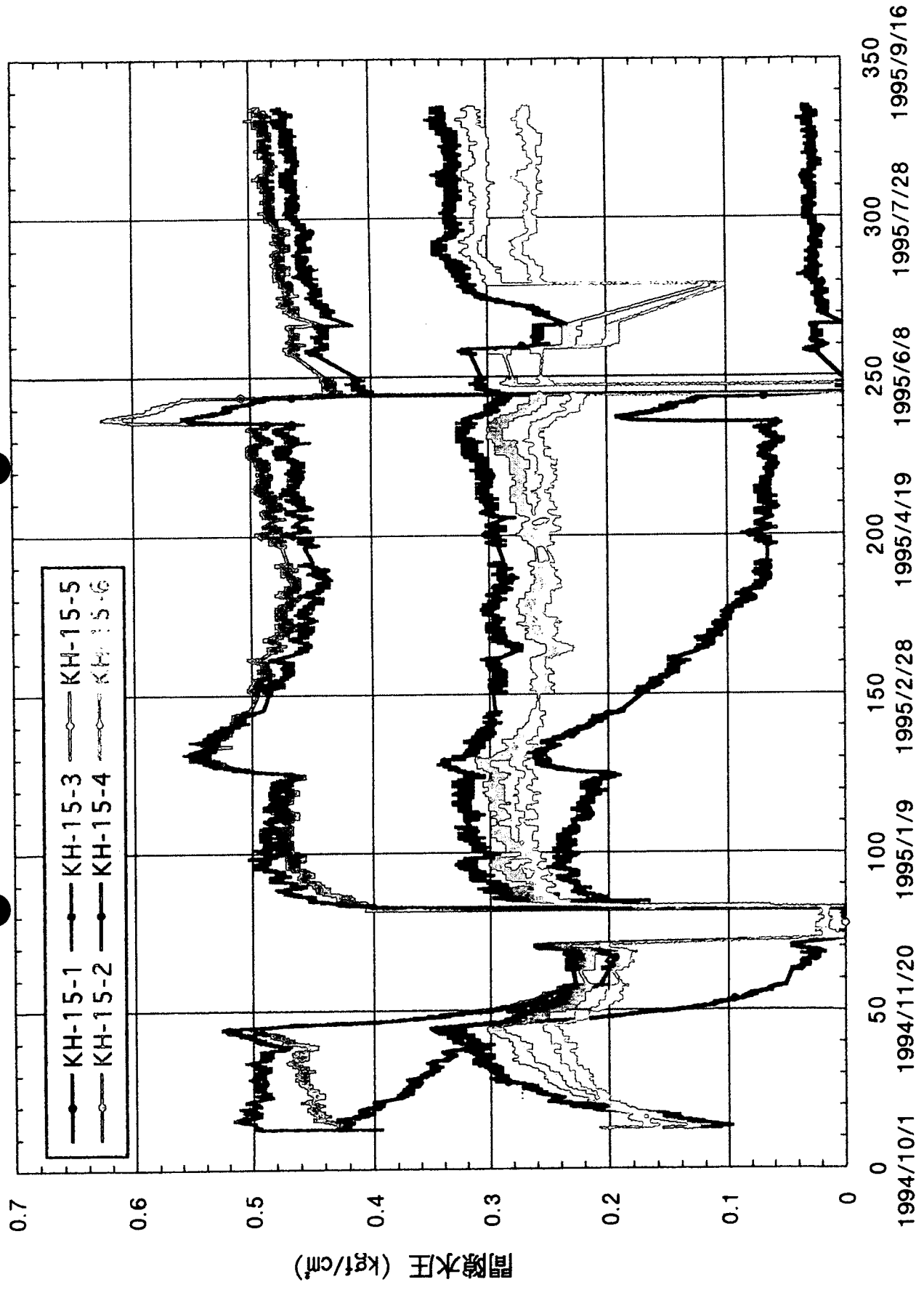
経過日数 (1994/10/1 0:00:00 から)

図-10 KH-13 孔における間隙水圧変化



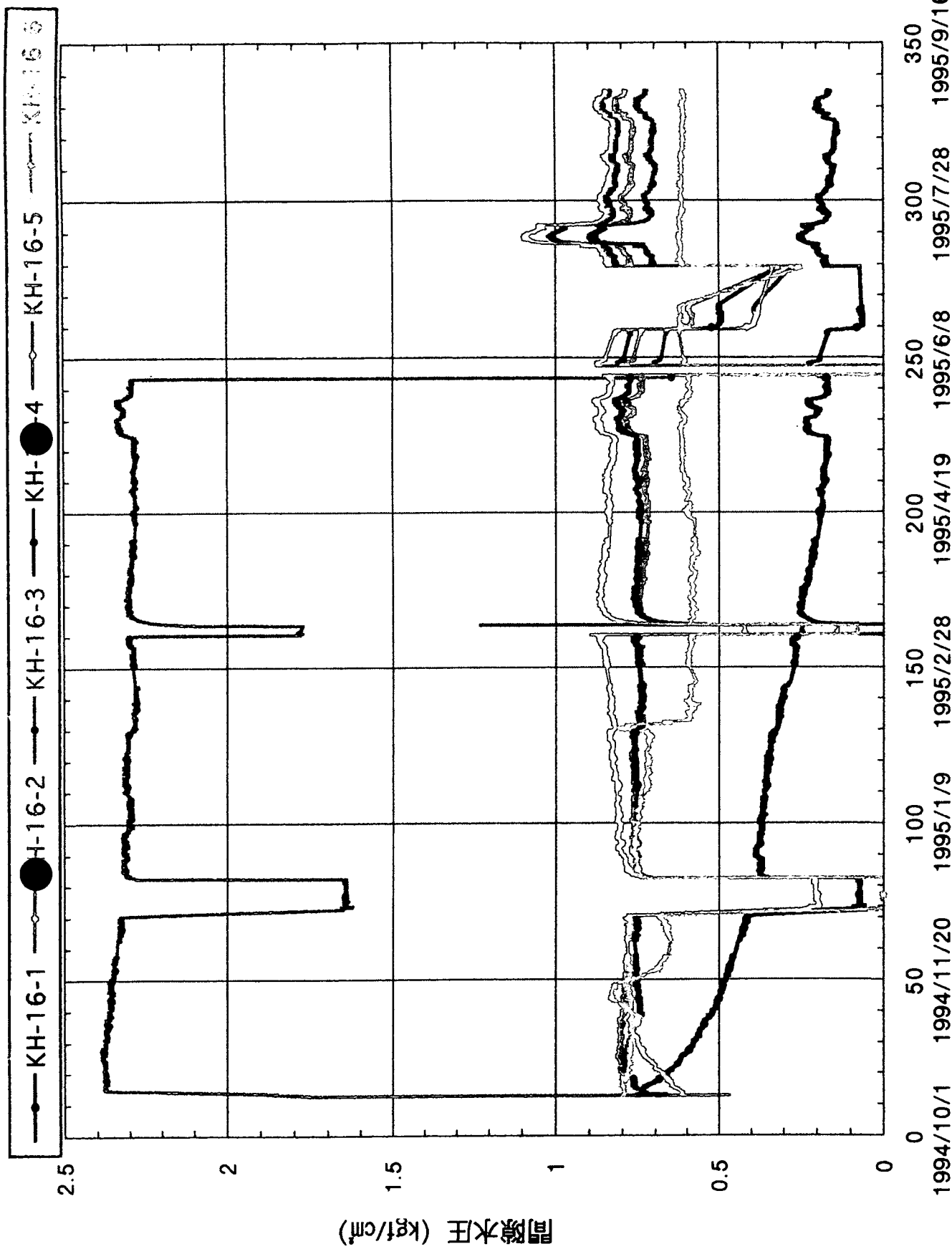
経過日数 (1994/10/1 0:00:00 から)

図-11 KH-14 孔における間隙水圧変化



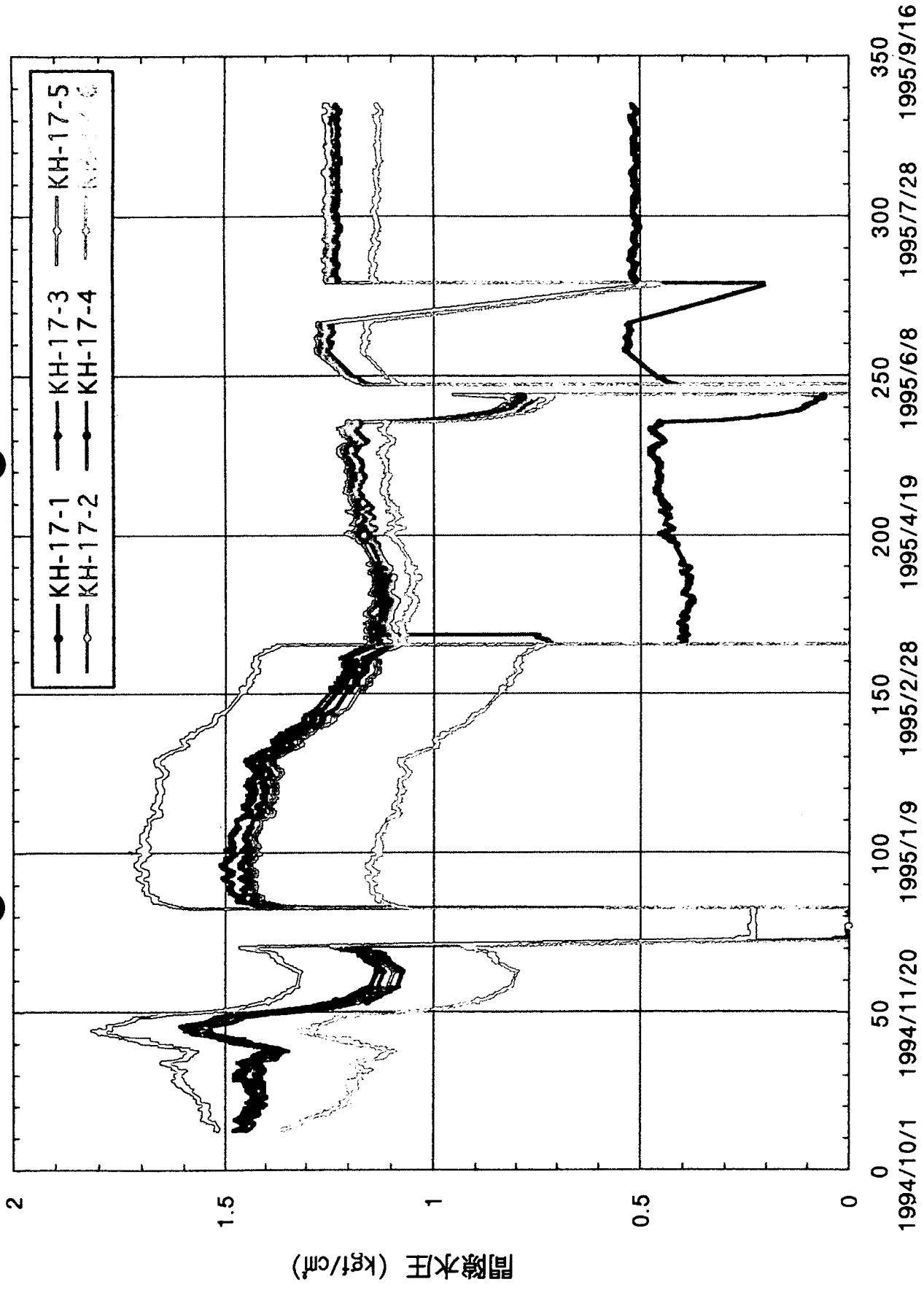
経過日数 (1994/10/1 0:00:00 から)

図-12 KH-15 孔における間隙水圧変化



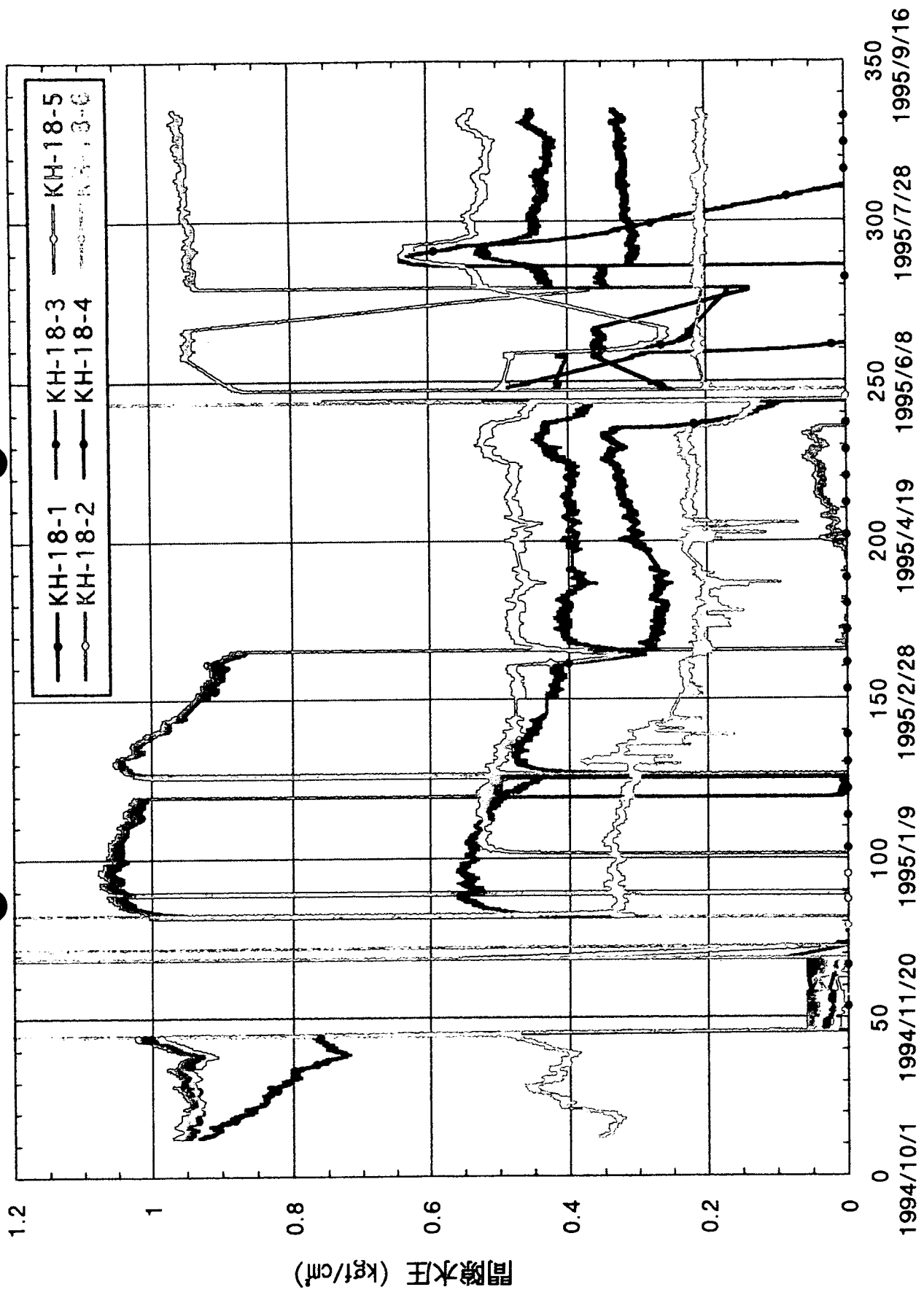
経過日数 (1994/10/1 0:00:00 から)

図-13 KH-16 孔における間隙水圧変化



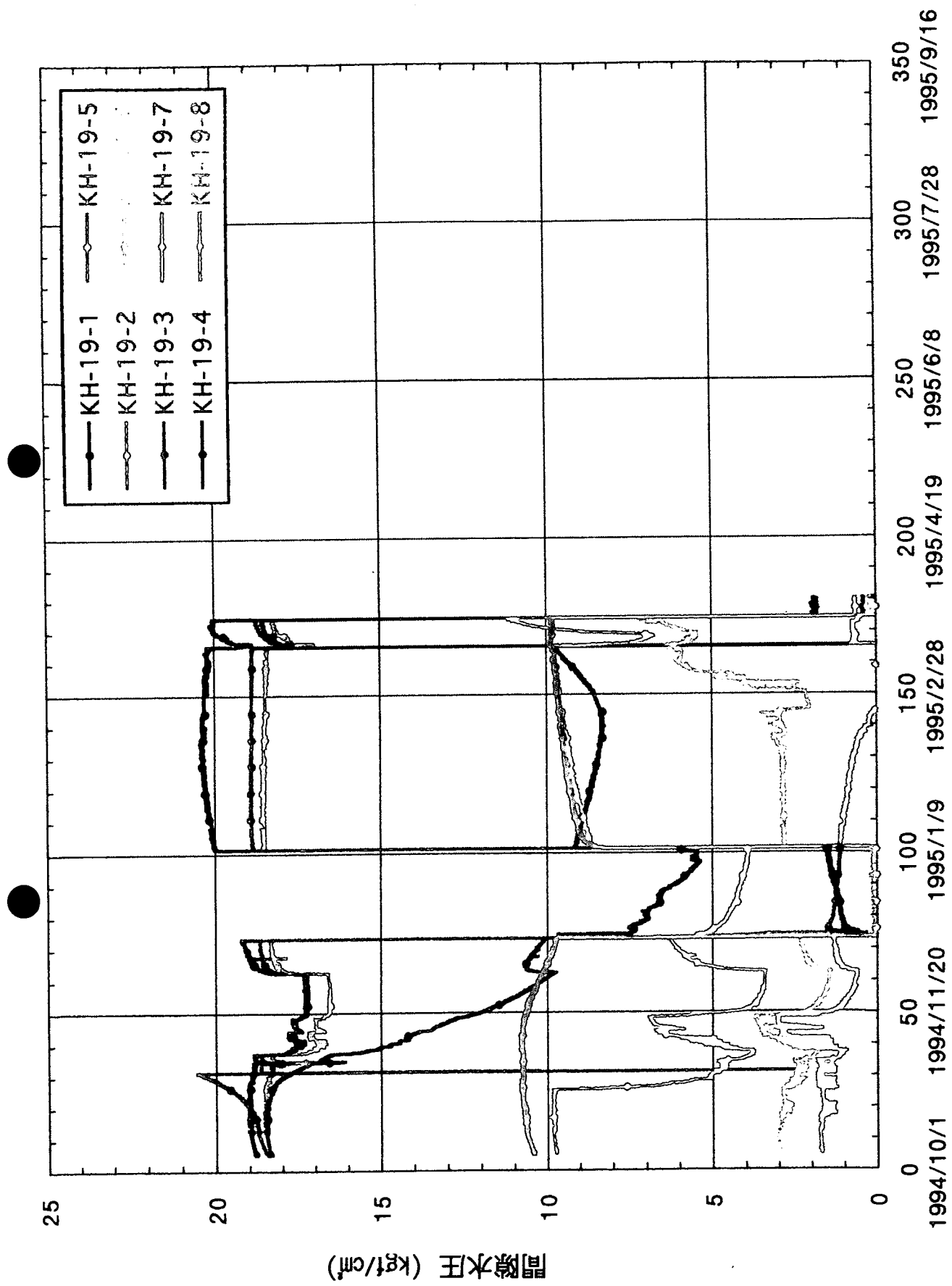
経過日数 (1994/10/1 0:00:00 から)

図-14 KH-17 孔における間隙水圧変化



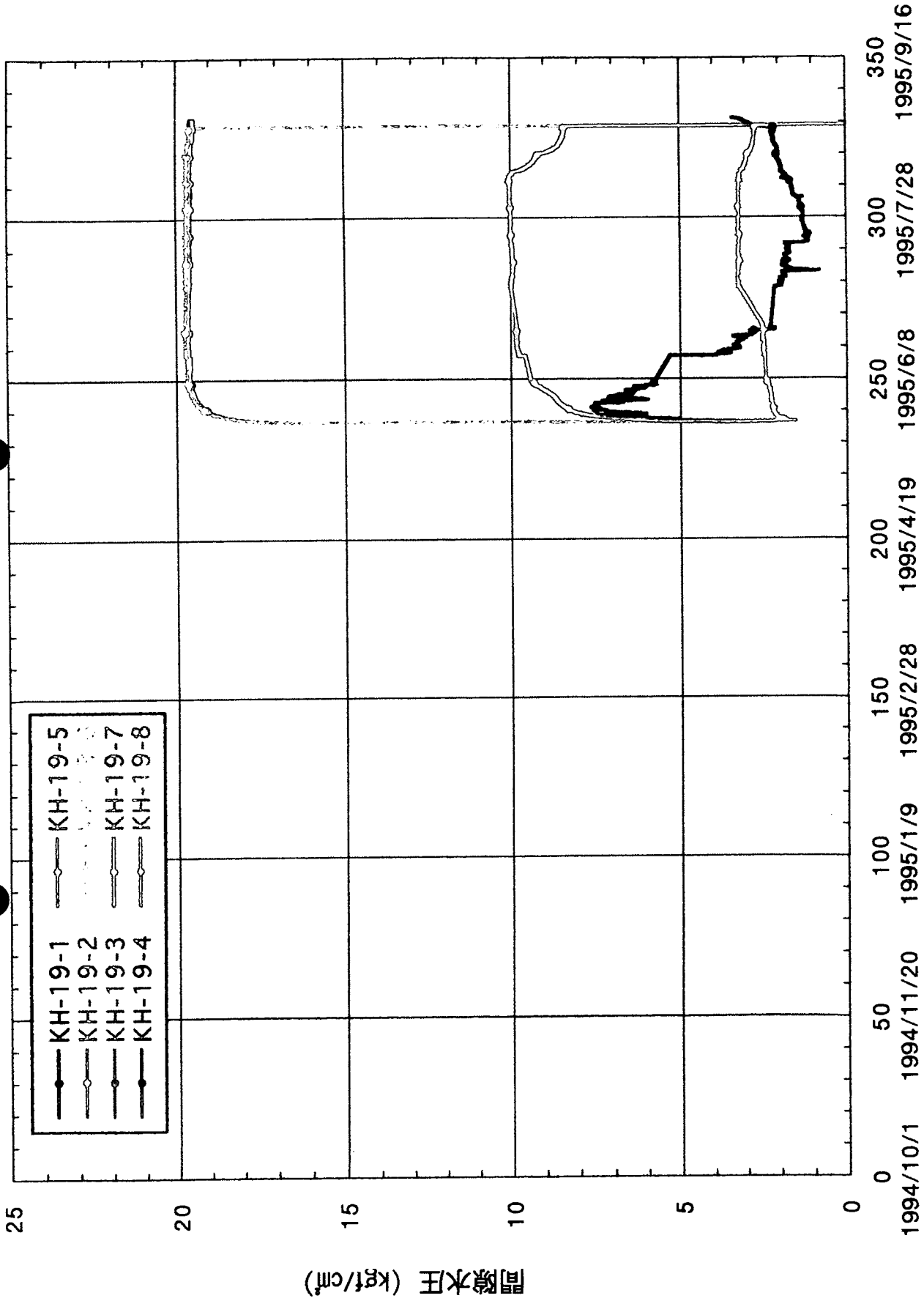
経過日数 (1994/10/1 0:00:00 から)

図-15 KH-18 孔における間隙水圧変化



経過日数 (1994/10/1 0:00:00 から)

図一16 KH-19 孔における間隙水圧変化



経過日数 (1994/10/1 0:00:00 から)
 図-17 KH-19 孔における間隙水圧変化

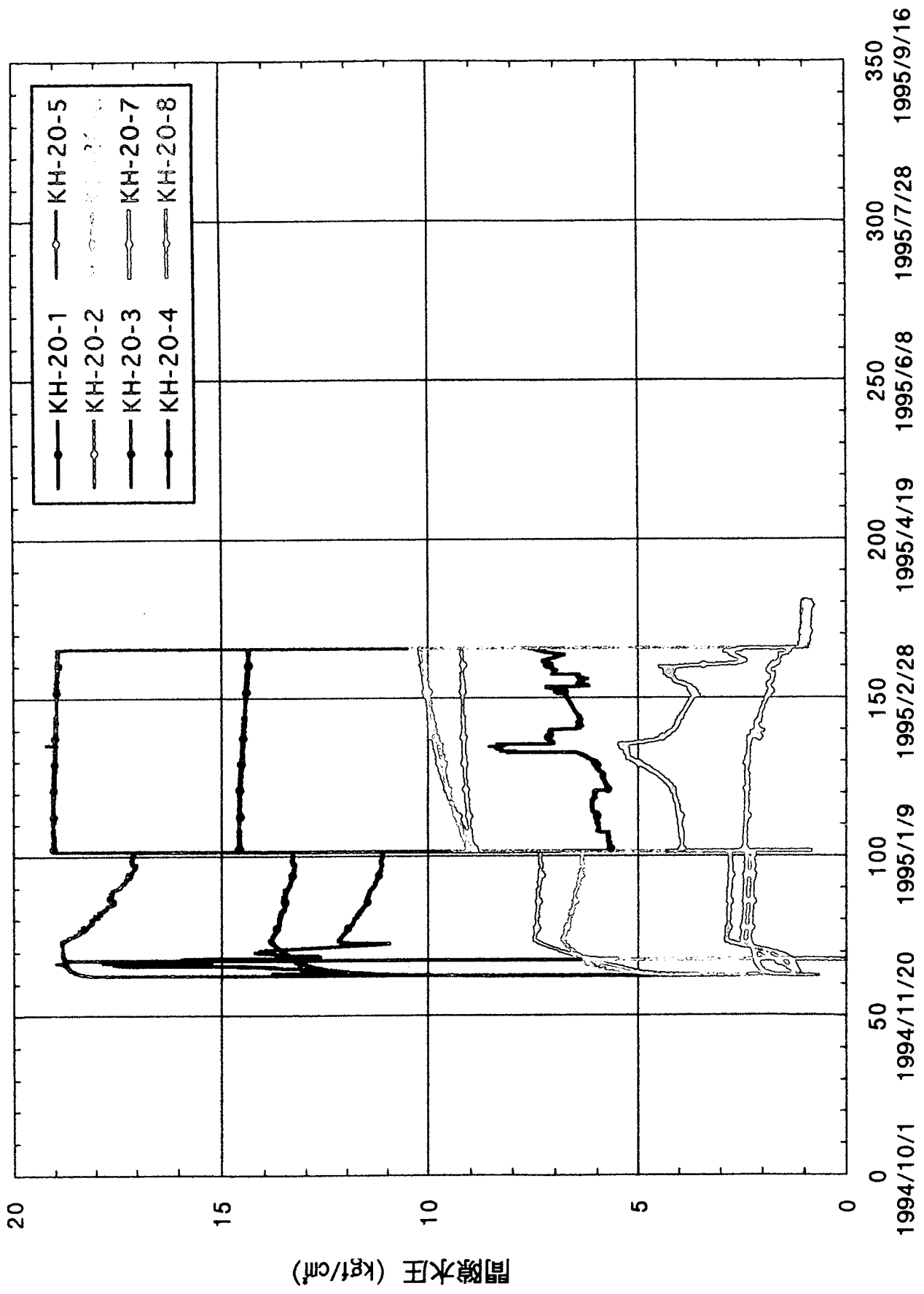
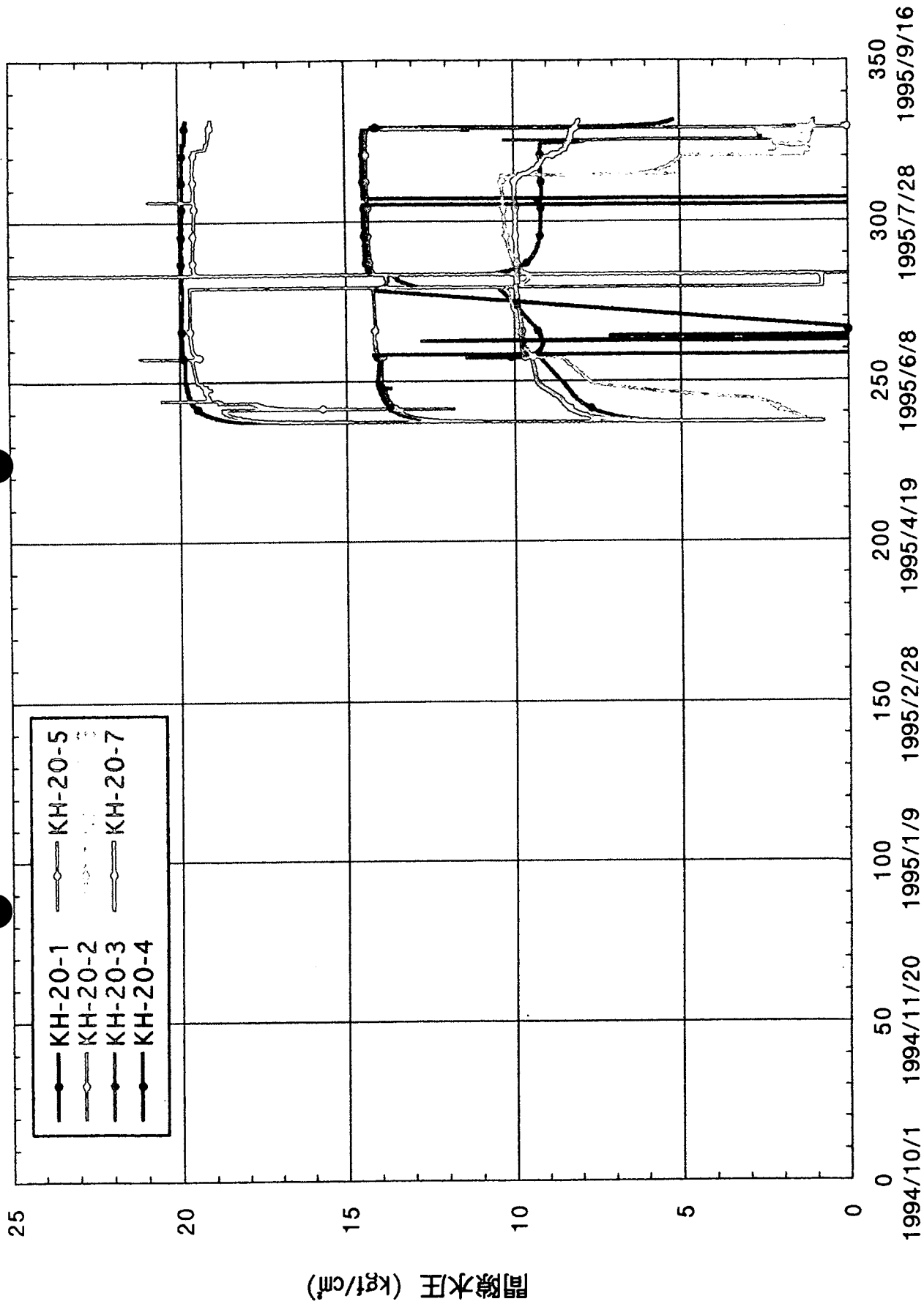
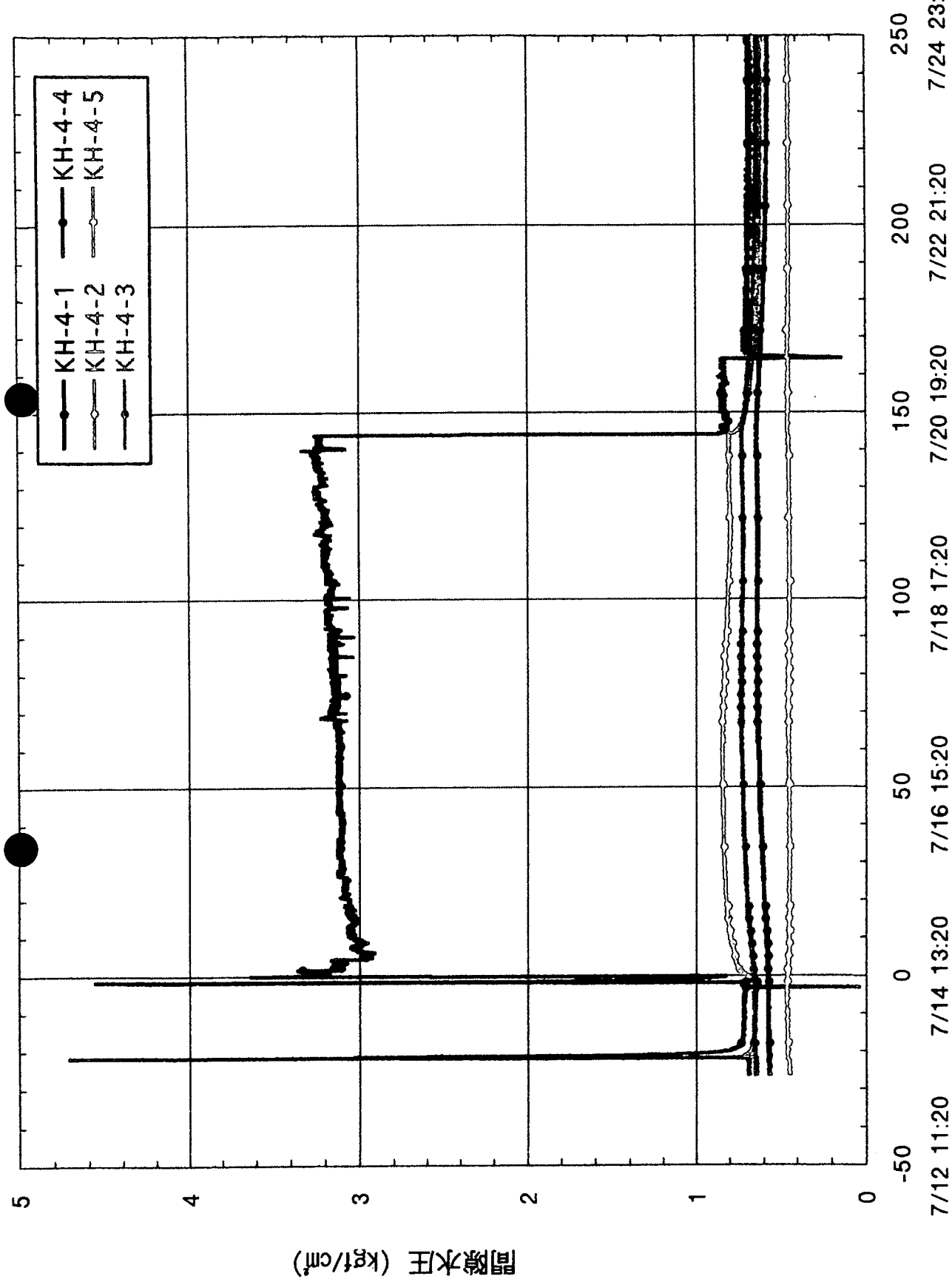


図-18 KH-20 孔における間隙水圧変化



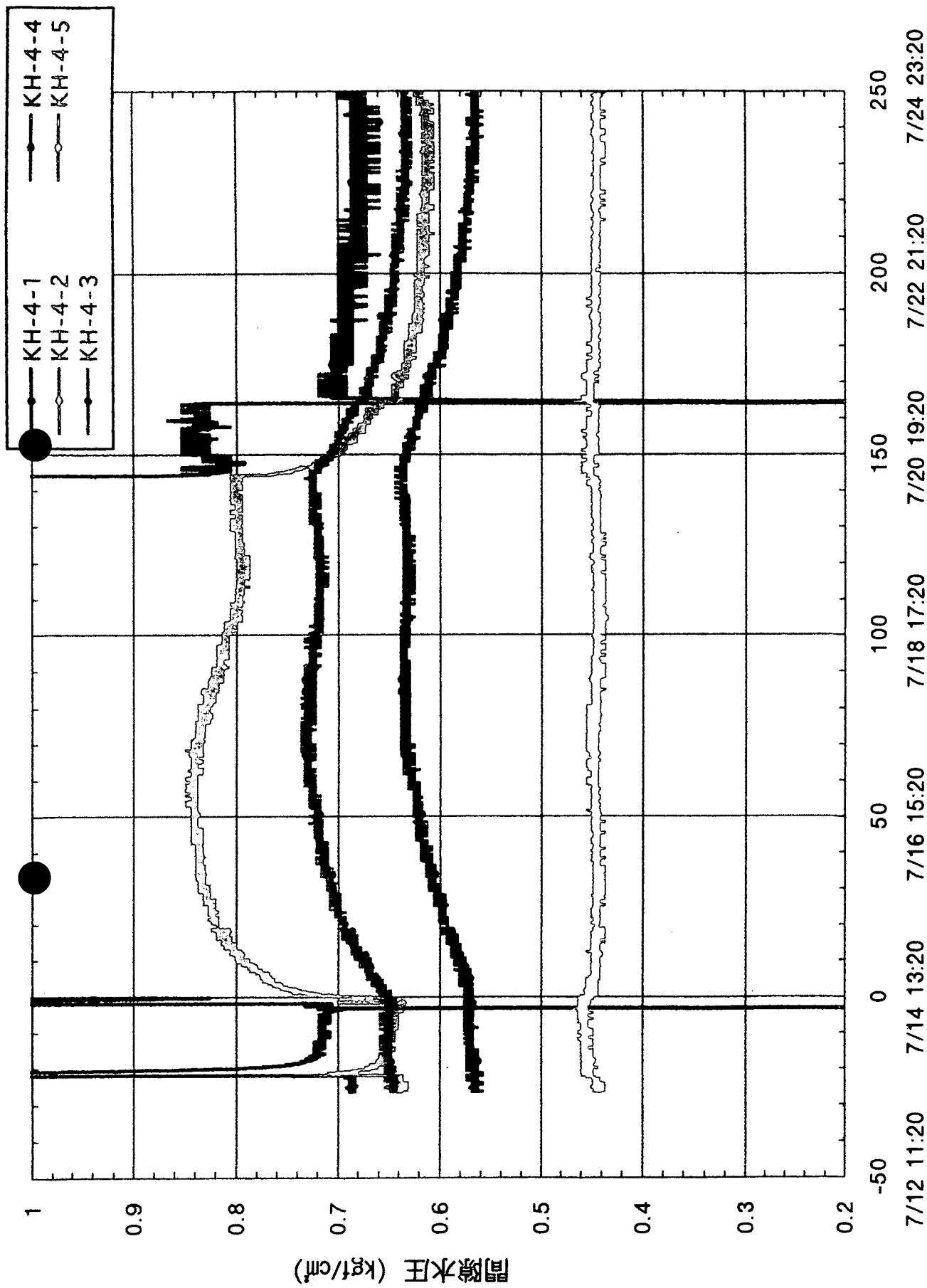
経過日数 (1994/10/1 0:00:00 から)

図-19 KH-20 孔における間隙水圧変化



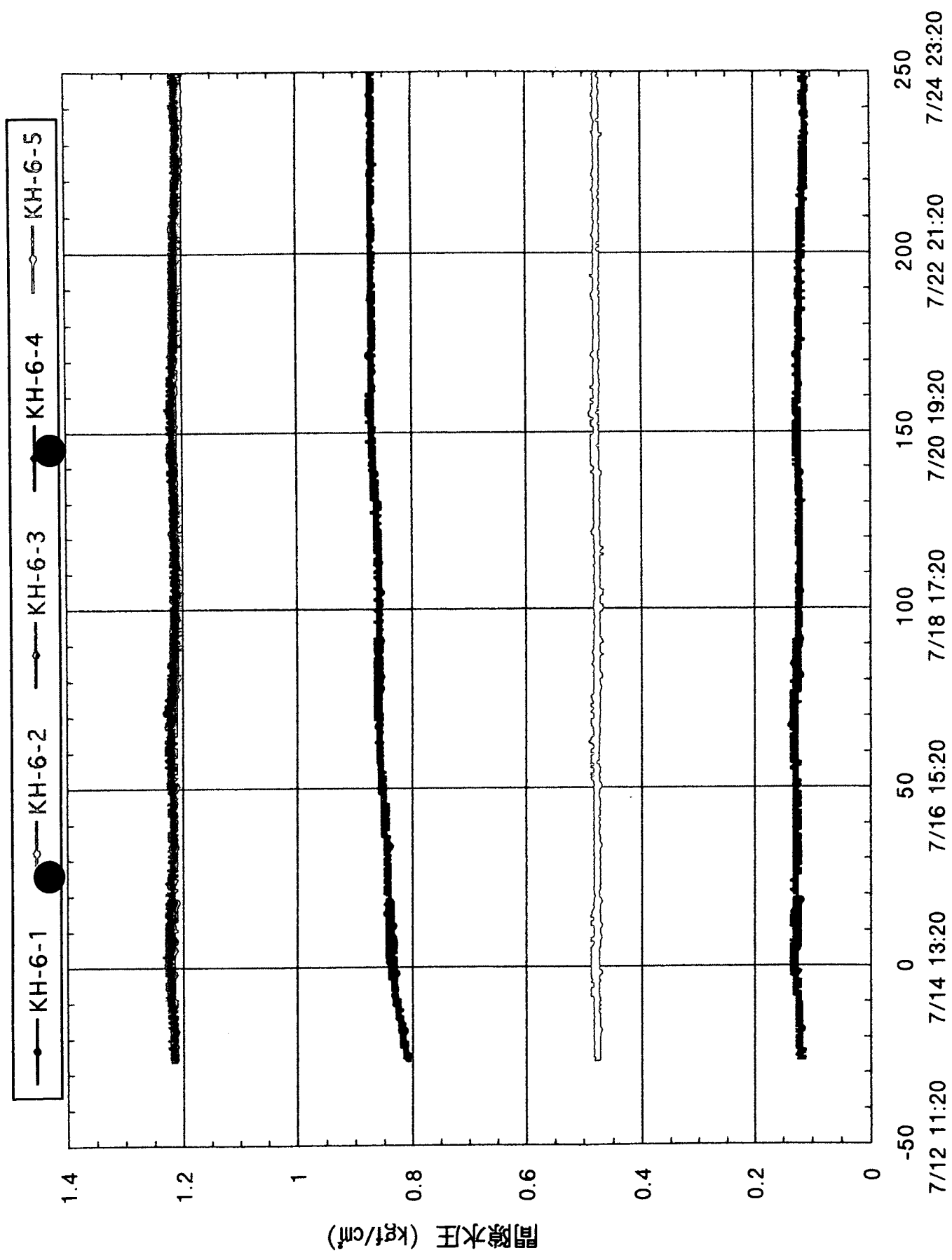
経過時間 (KH-4孔区間1からの注水開始から)

図-20 KH-4 孔における間隙水圧変化 (圧力伝播試験 I)



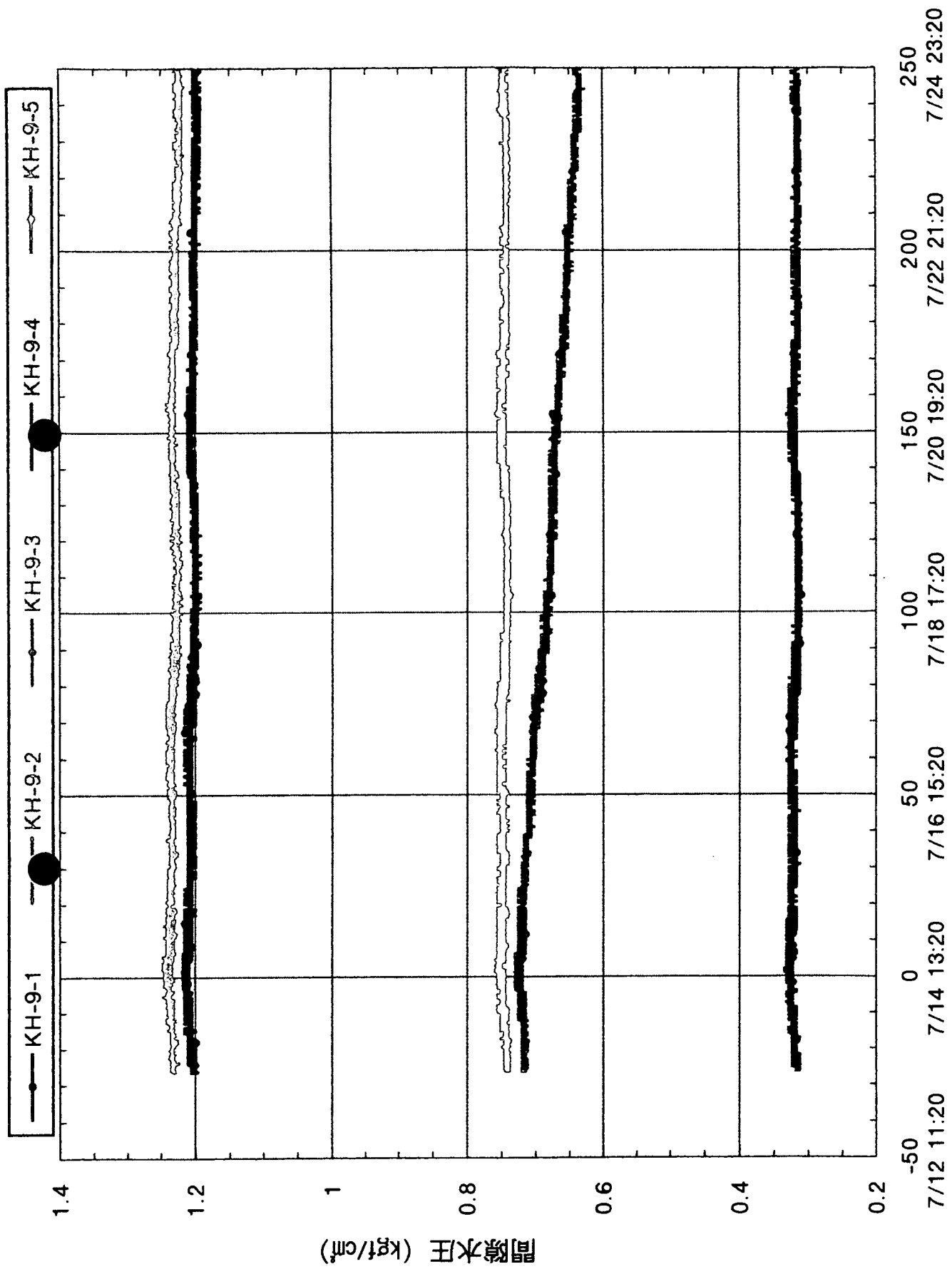
経過時間 (区間1からの注水開始から)

図-21 KH-4孔における間隙水圧変化 (圧力伝播試験I)



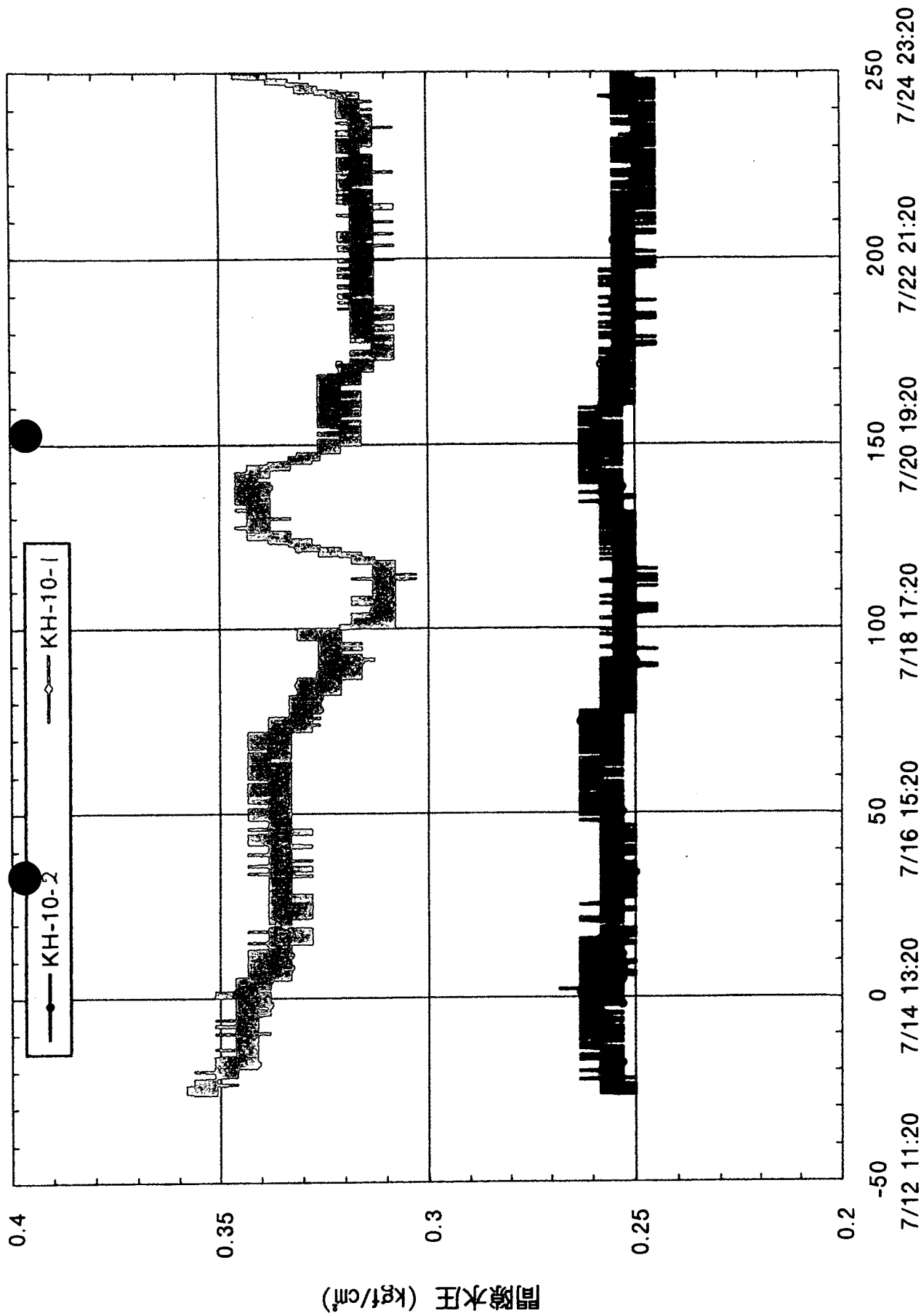
経過時間 (KH-4孔区間1からの注水開始から)

図一22 KH-6孔における間隙水圧変化 (圧力伝播試験 I)



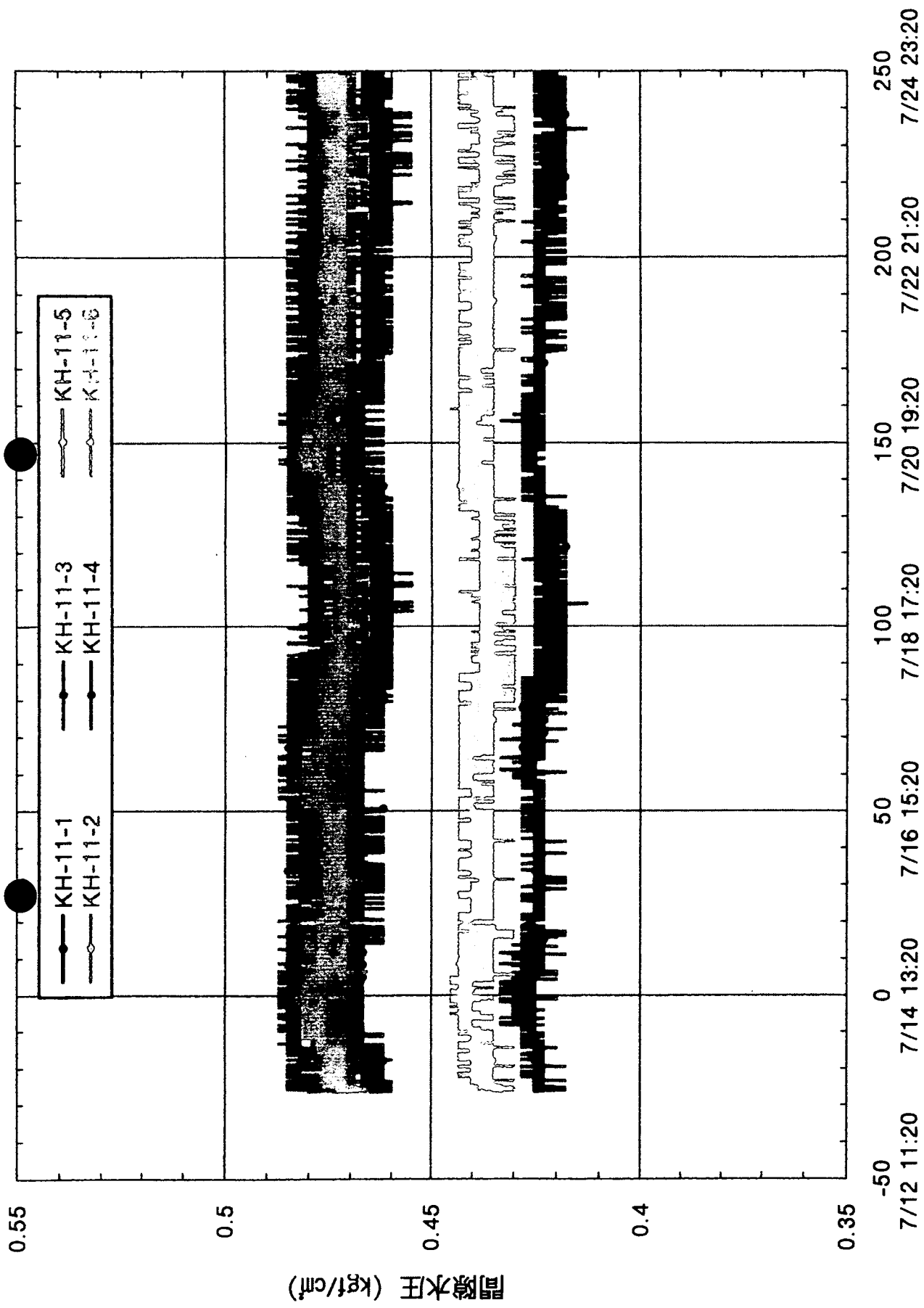
経過時間 (KH-4孔区間1からの注水開始から)

図-23 KH-9孔における間隙水圧変化 (圧力伝播試験 I)



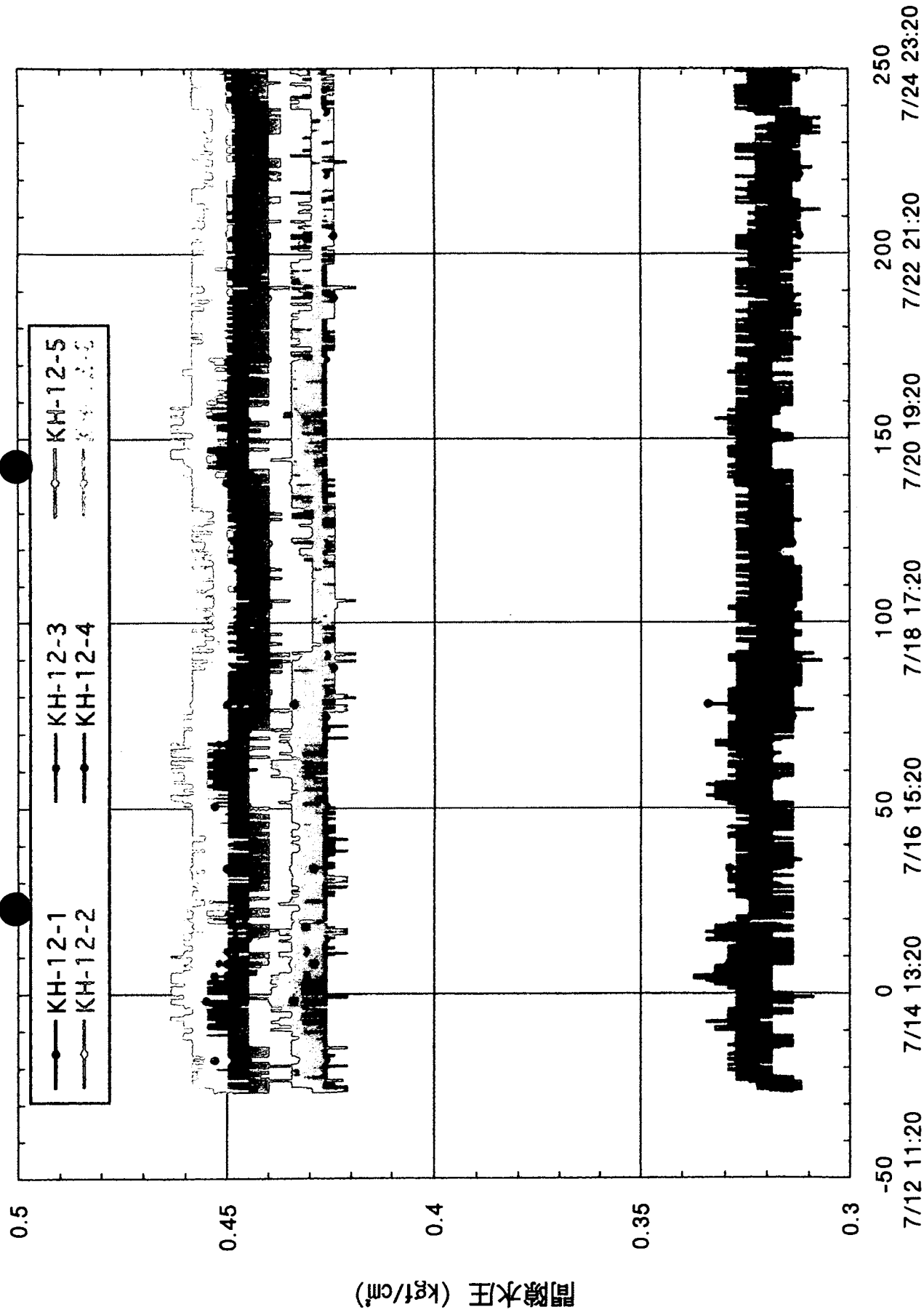
経過時間 (KH-4孔区間1からの注水開始から)

図-24 KH-10 孔における間隙水圧変化 (圧力伝播試験 I)



経過時間 (KH-4孔区間 1 からの注水開始から)

図-25 KH-11 孔における間隙水圧変化 (圧力伝播試験 I)



経過時間 (KH-4孔区間1からの注水開始から)

図一26 KH-12 孔における間隙水圧変化 (圧力伝播試験 I)

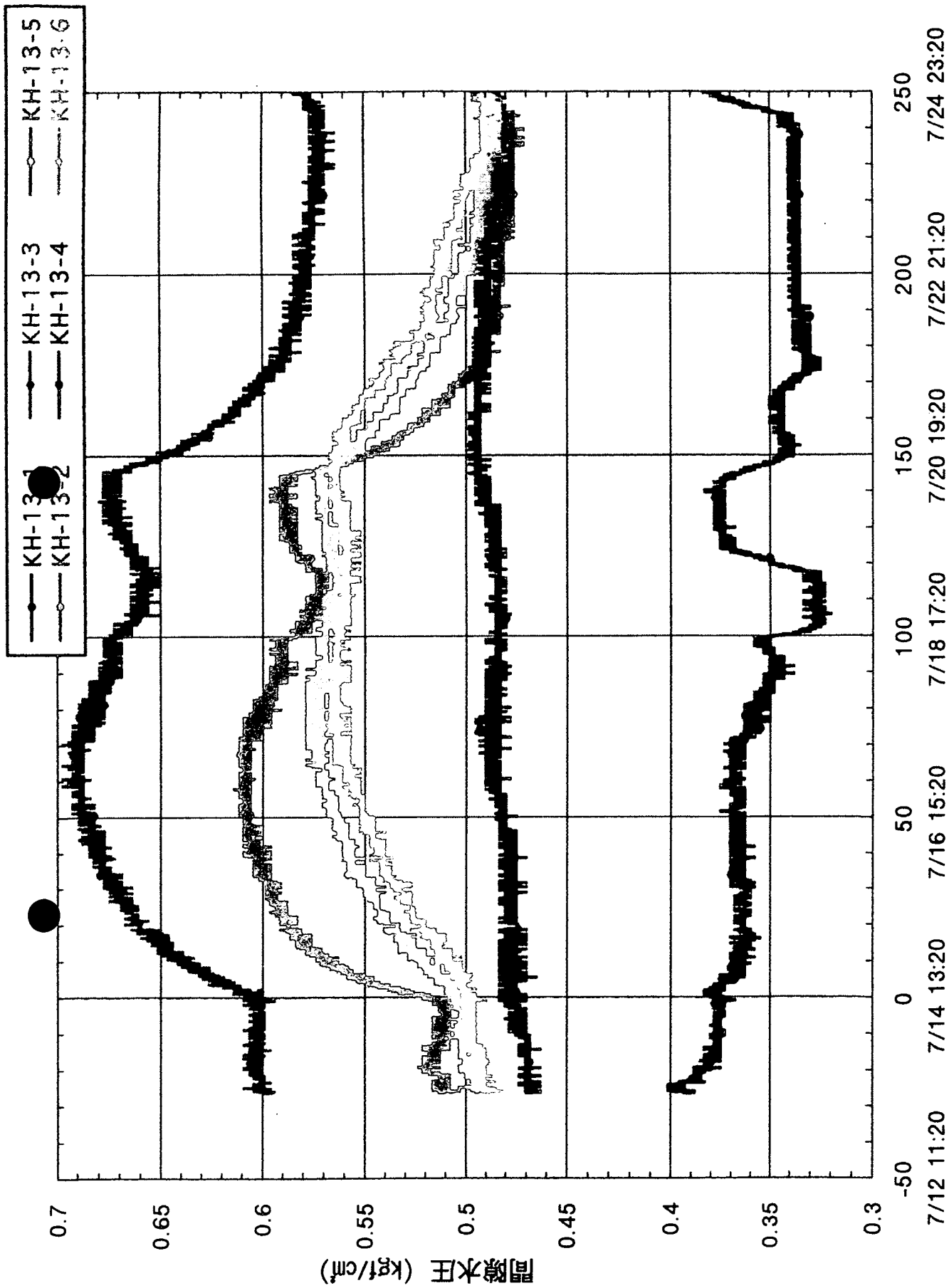
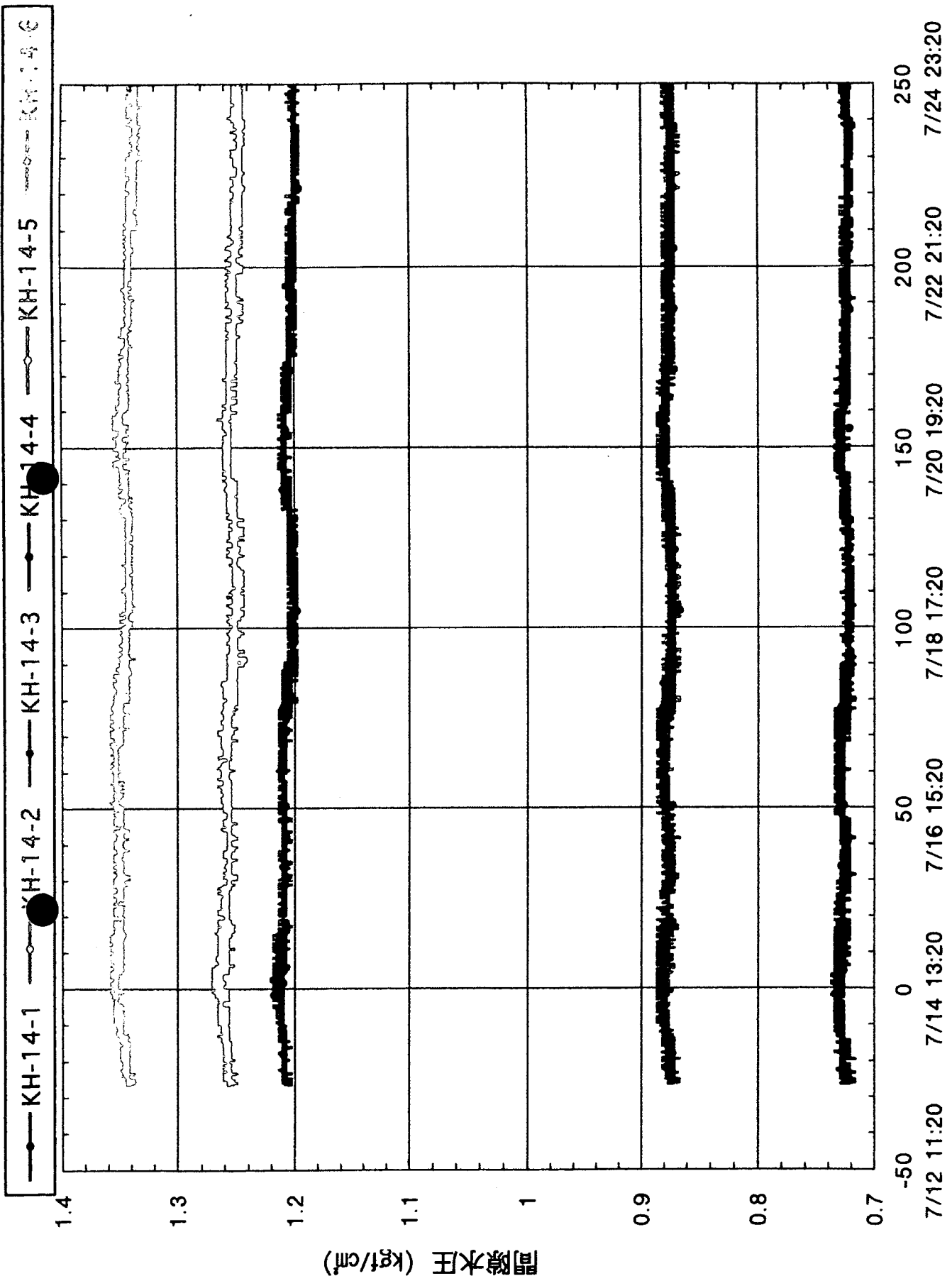


図-27 KH-13 孔における間隙水圧変化 (圧力伝播試験 I)
経過時間 (KH-4孔区間 1 からの注水開始から)



経過時間 (KH-4孔区間1からの注水開始から)
 図-28 KH-14 孔における間隙水圧変化 (圧力伝播試験 I)

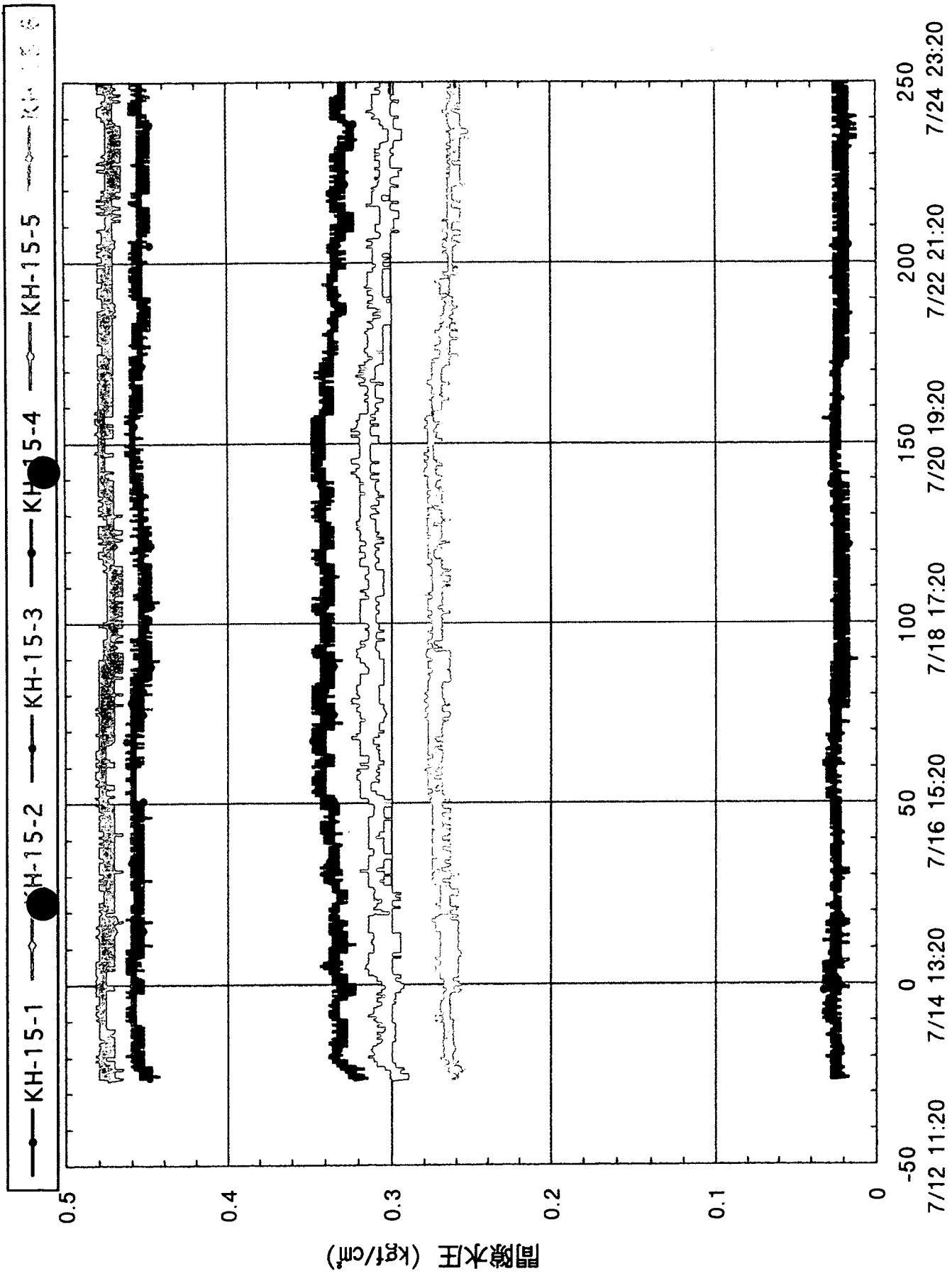


図-29 KH-15 孔における間隙水圧変化 (圧力伝播試験 I)

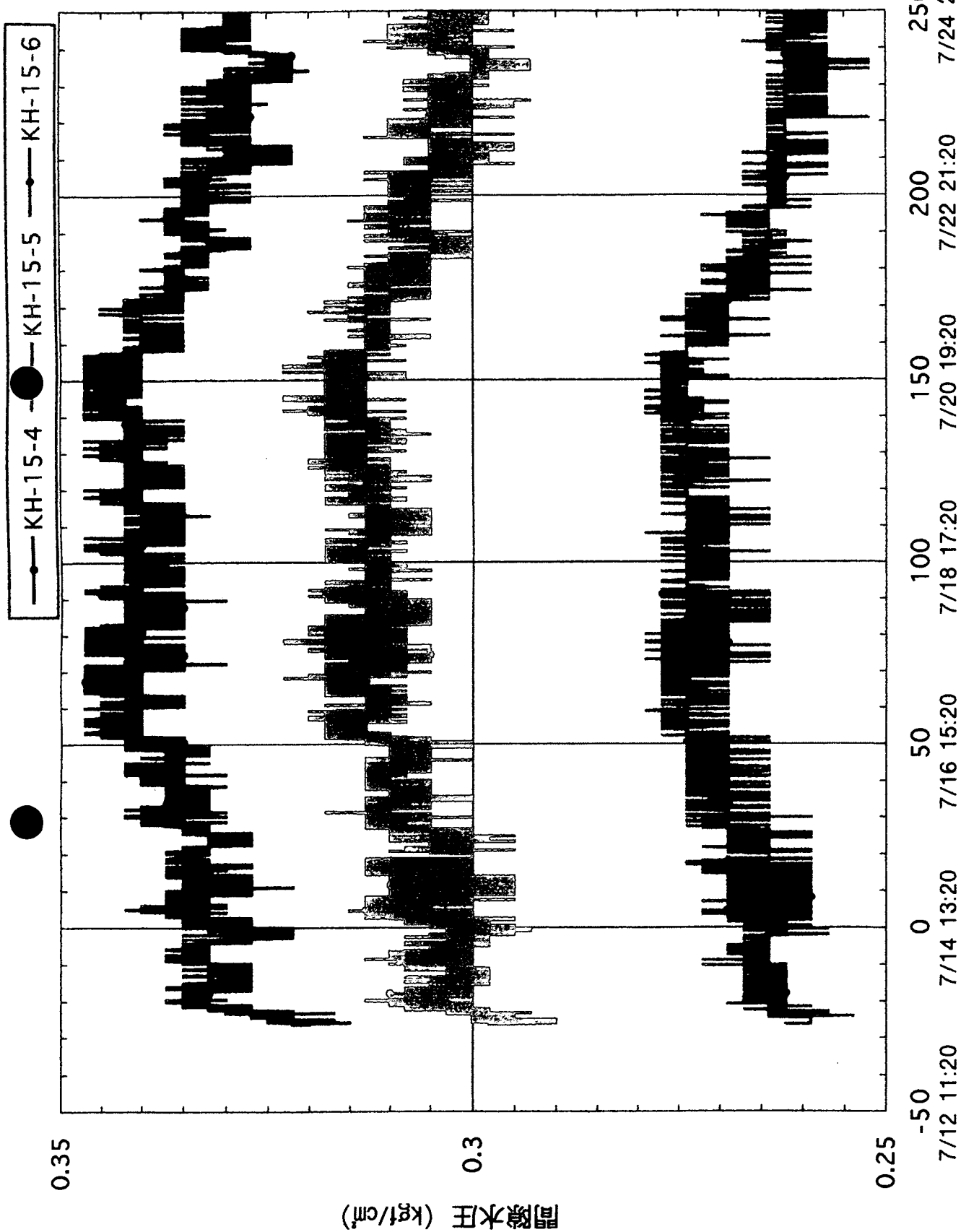


図-30 KH-15 孔区間4, 5, 6における間隙水圧変化 (圧力伝播試験 I)

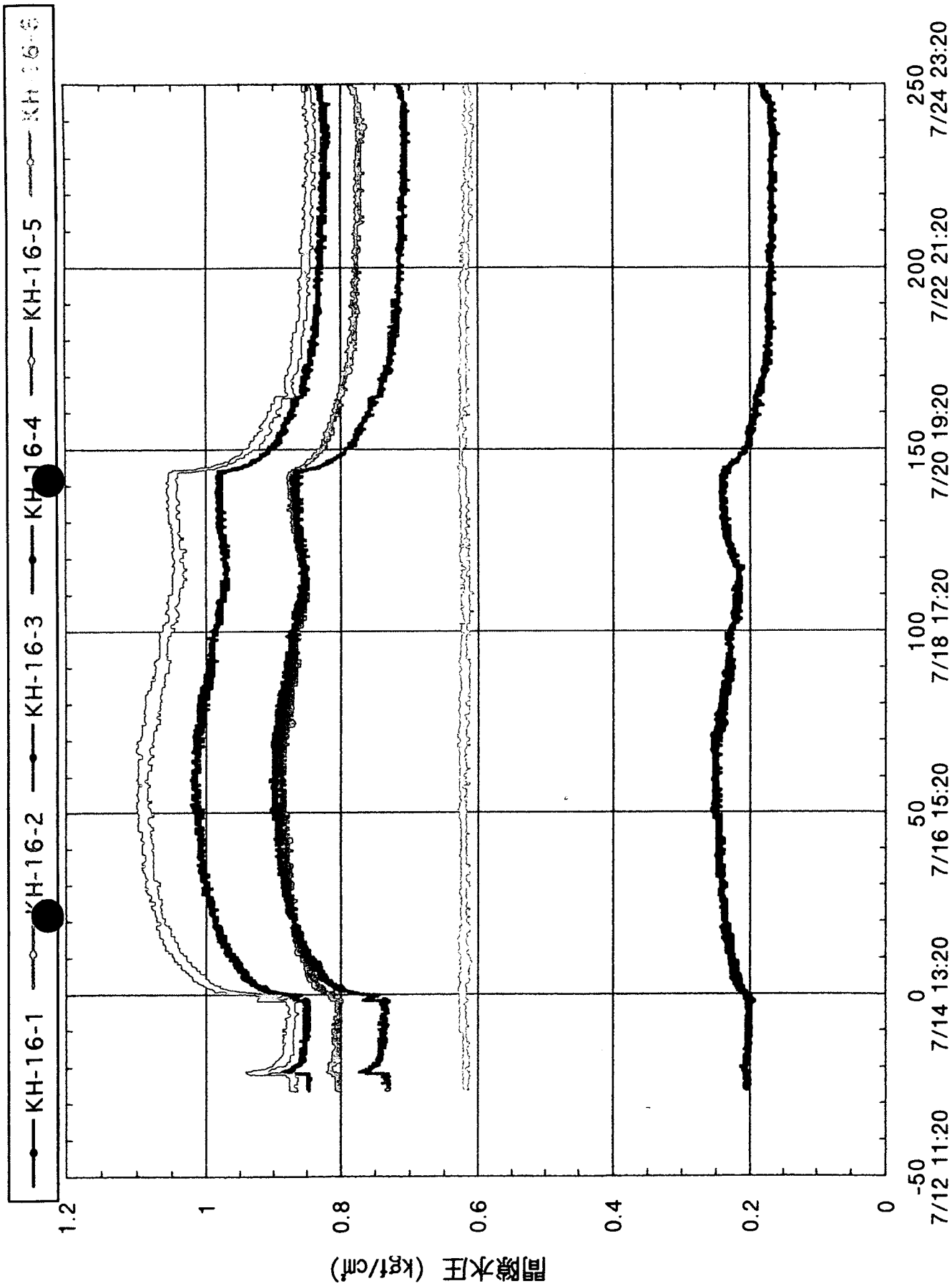
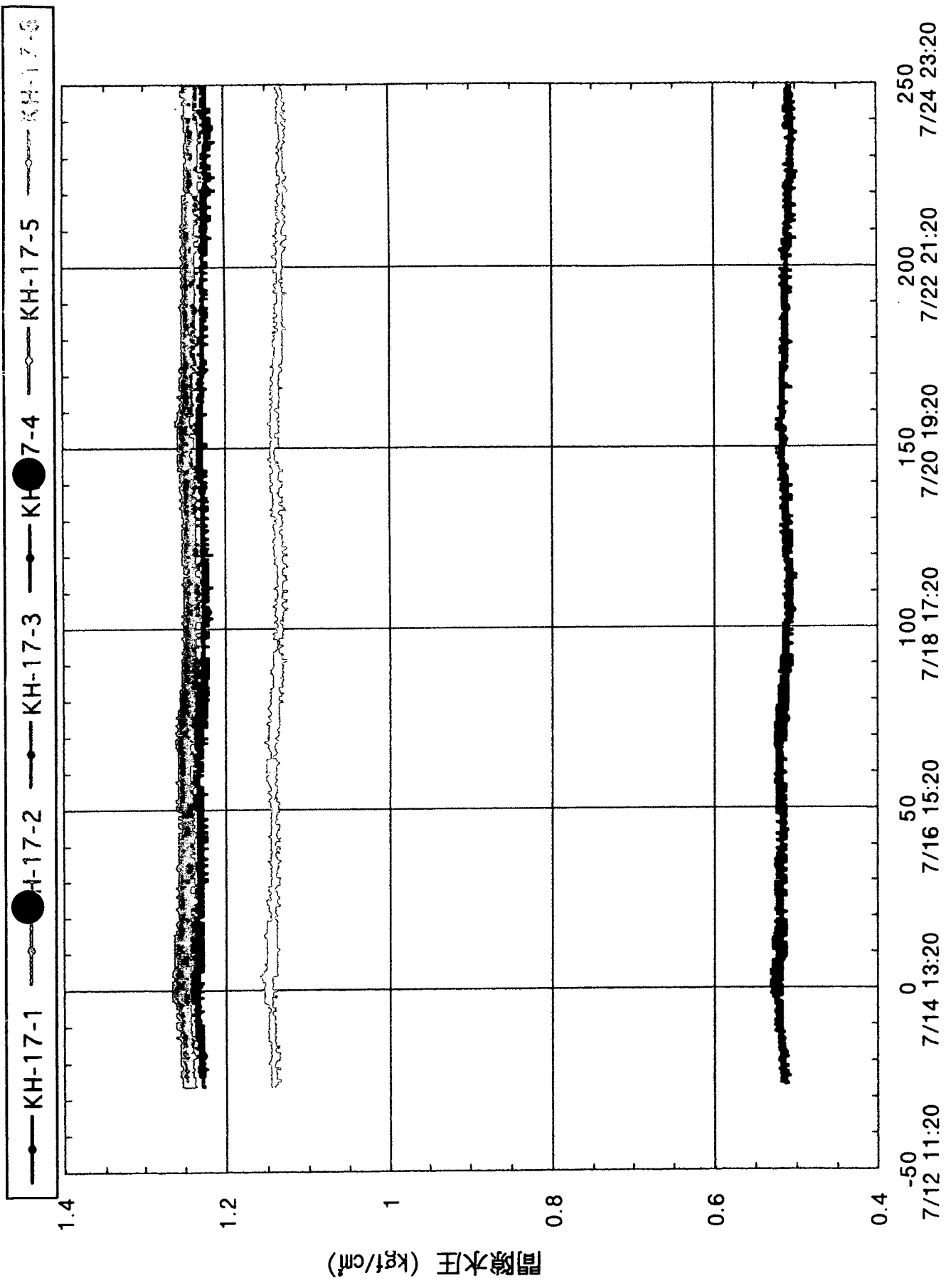
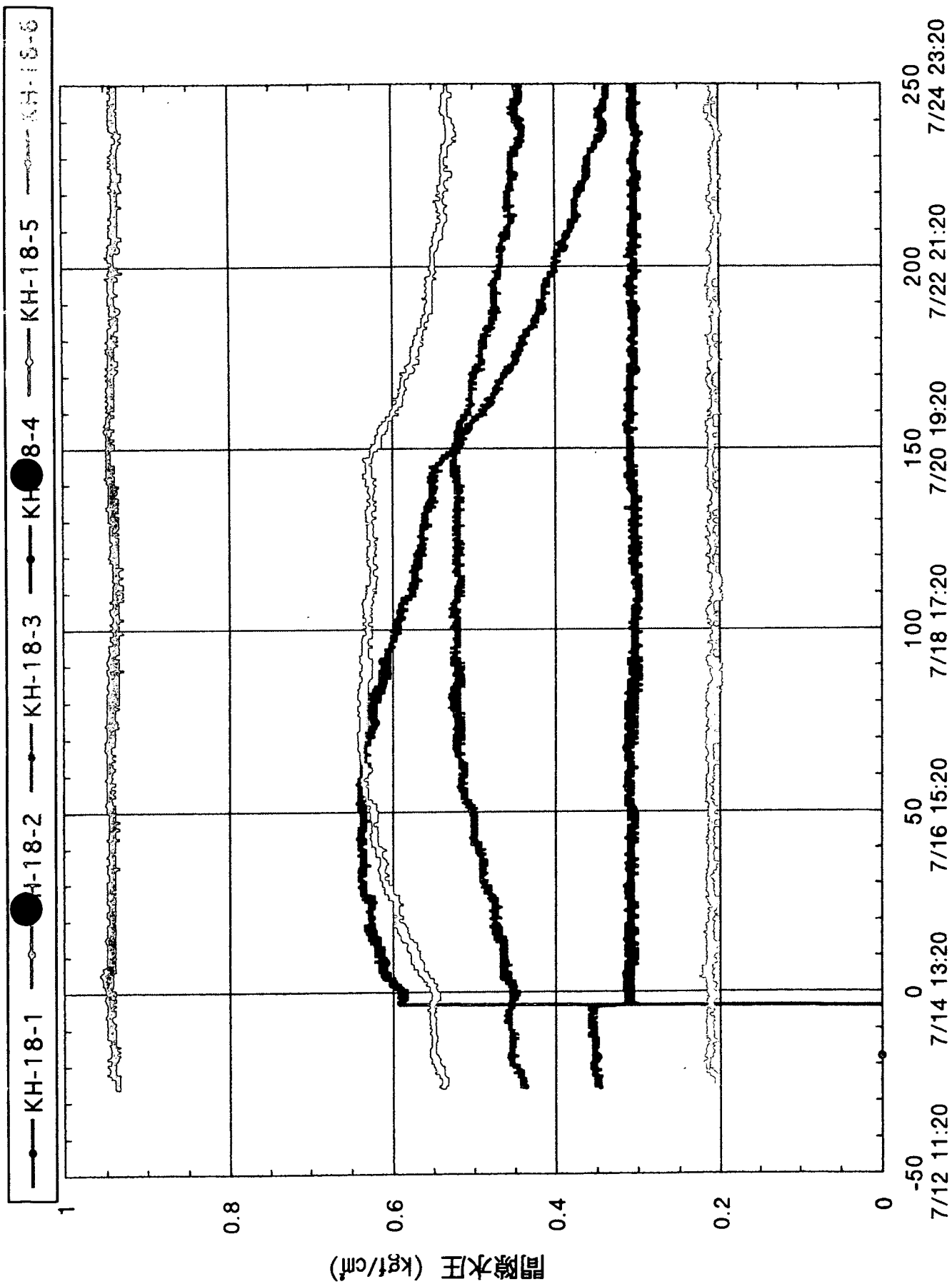


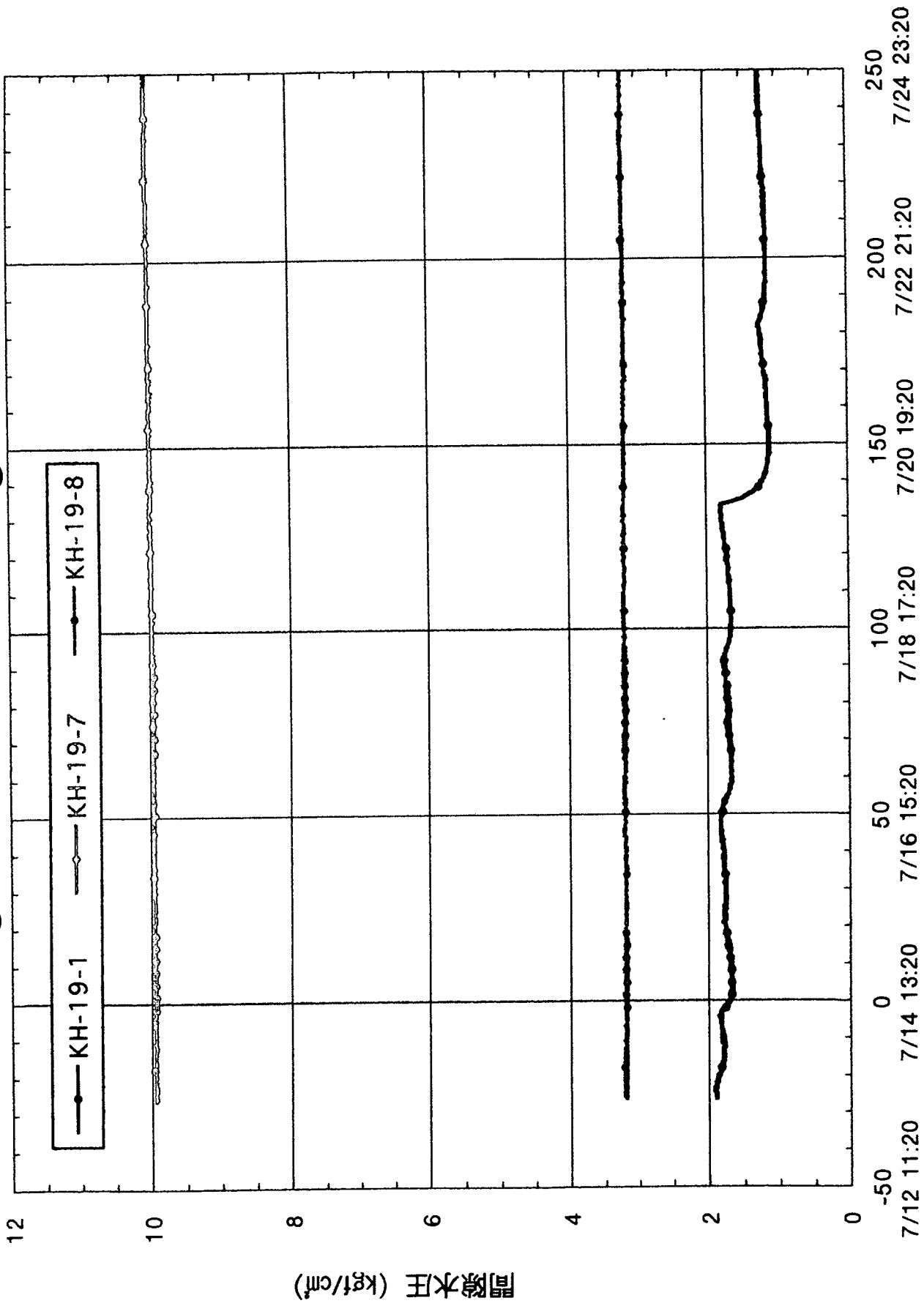
図-31 KH-16 孔における間隙水圧変化 (圧力伝播試験 I)



経過時間 (KH-4孔区間1からの注水開始から)
 図-32 KH-17 孔における間隙水圧変化 (圧力伝播試験 I)

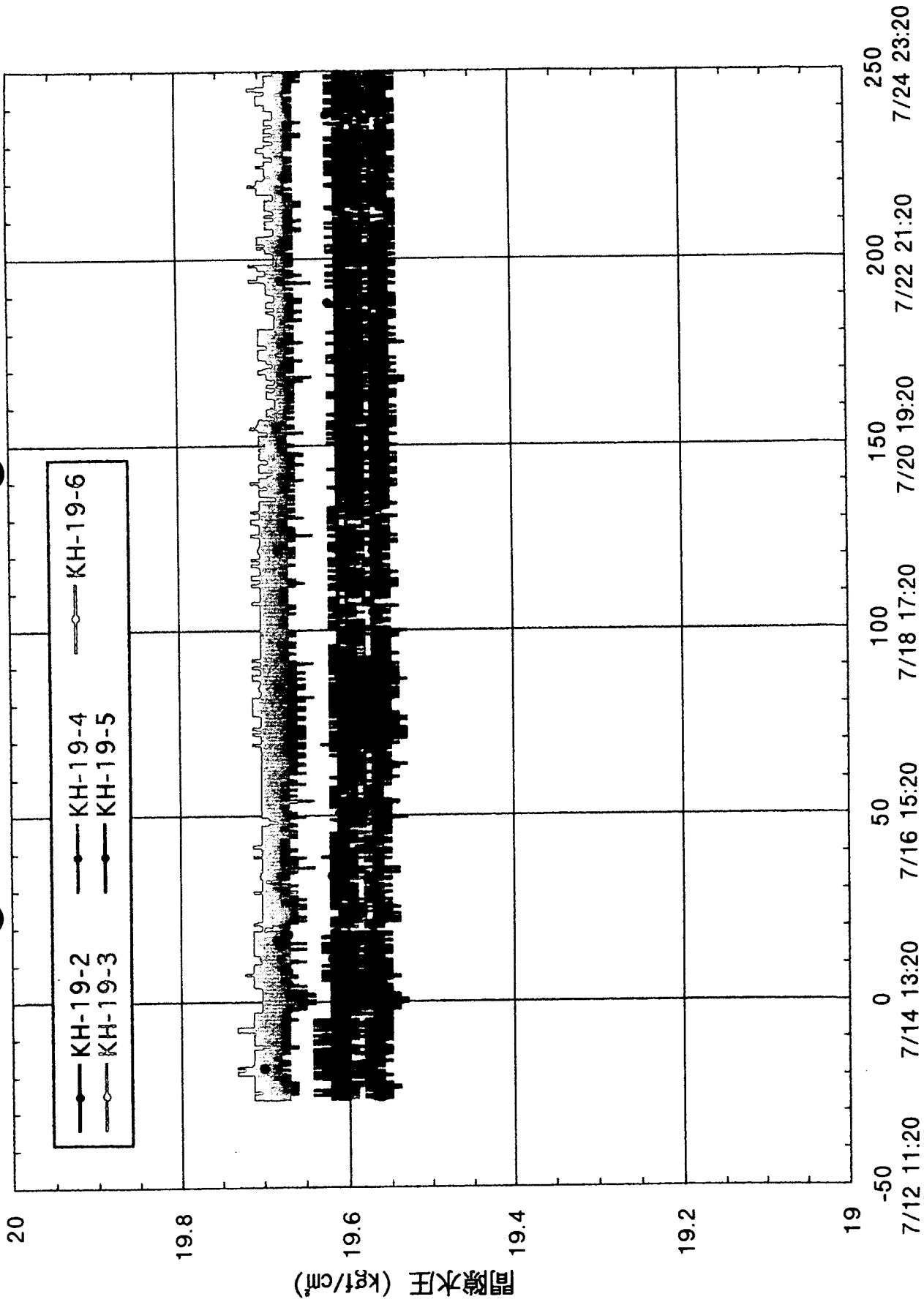


経過時間 (KH-4孔区間1からの注水開始から)
 図—33 KH-18 孔における間隙水圧変化 (圧力伝播試験 I)



経過時間 (KH-4孔区間1からの注水開始から)

図-34 KH-19 孔区間1, 7, 8における間隙水圧変化 (圧力伝播試験 I)



経過時間 (KH-4孔区間1からの注水開始から)

図-35 KH-19孔区間2~6における間隙水圧変化 (圧力伝播試験I)

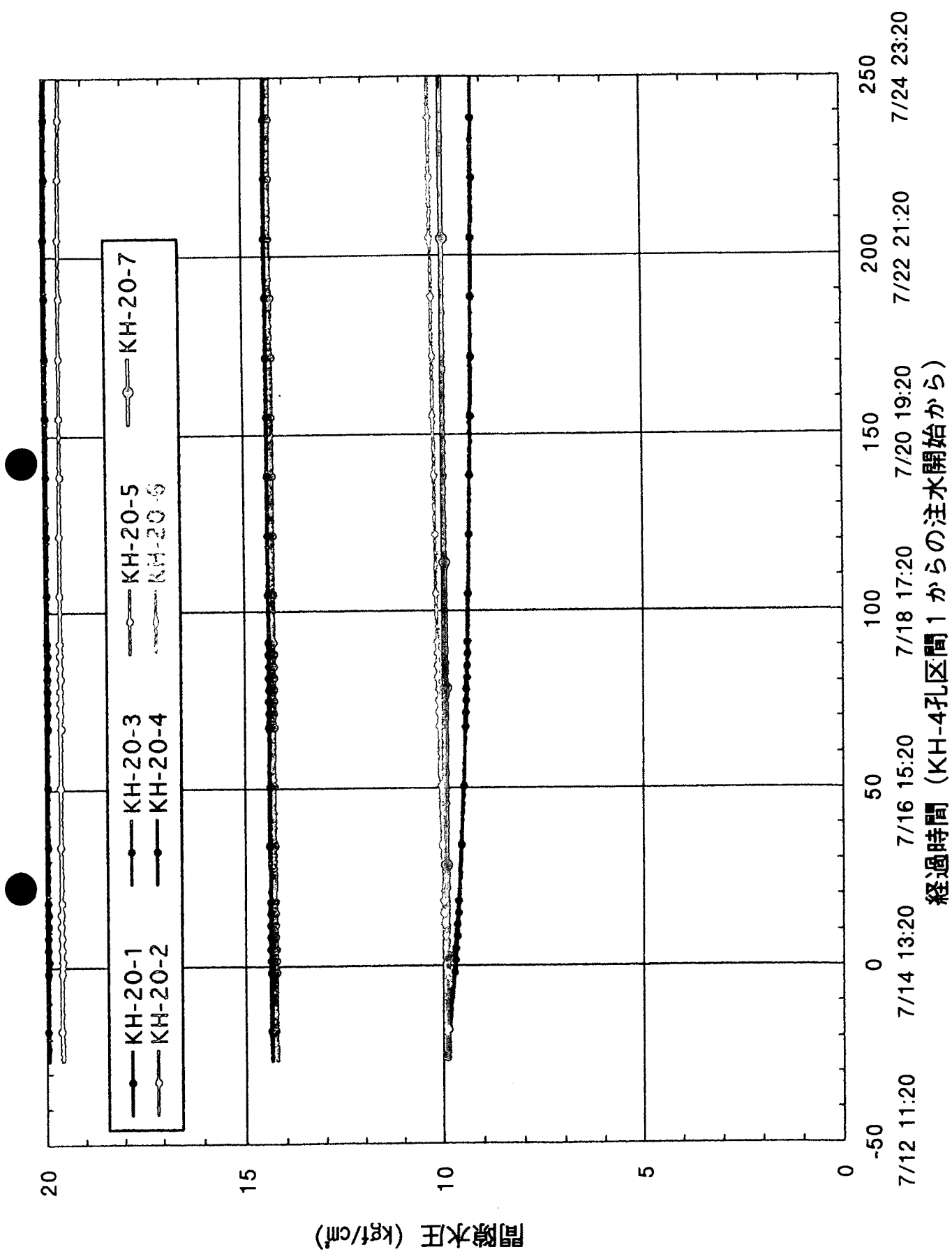


図-36 KH-20 孔における間隙水圧変化 (圧力伝播試験 I)

経過時間 (KH-4孔区間 1 からの注水開始から)

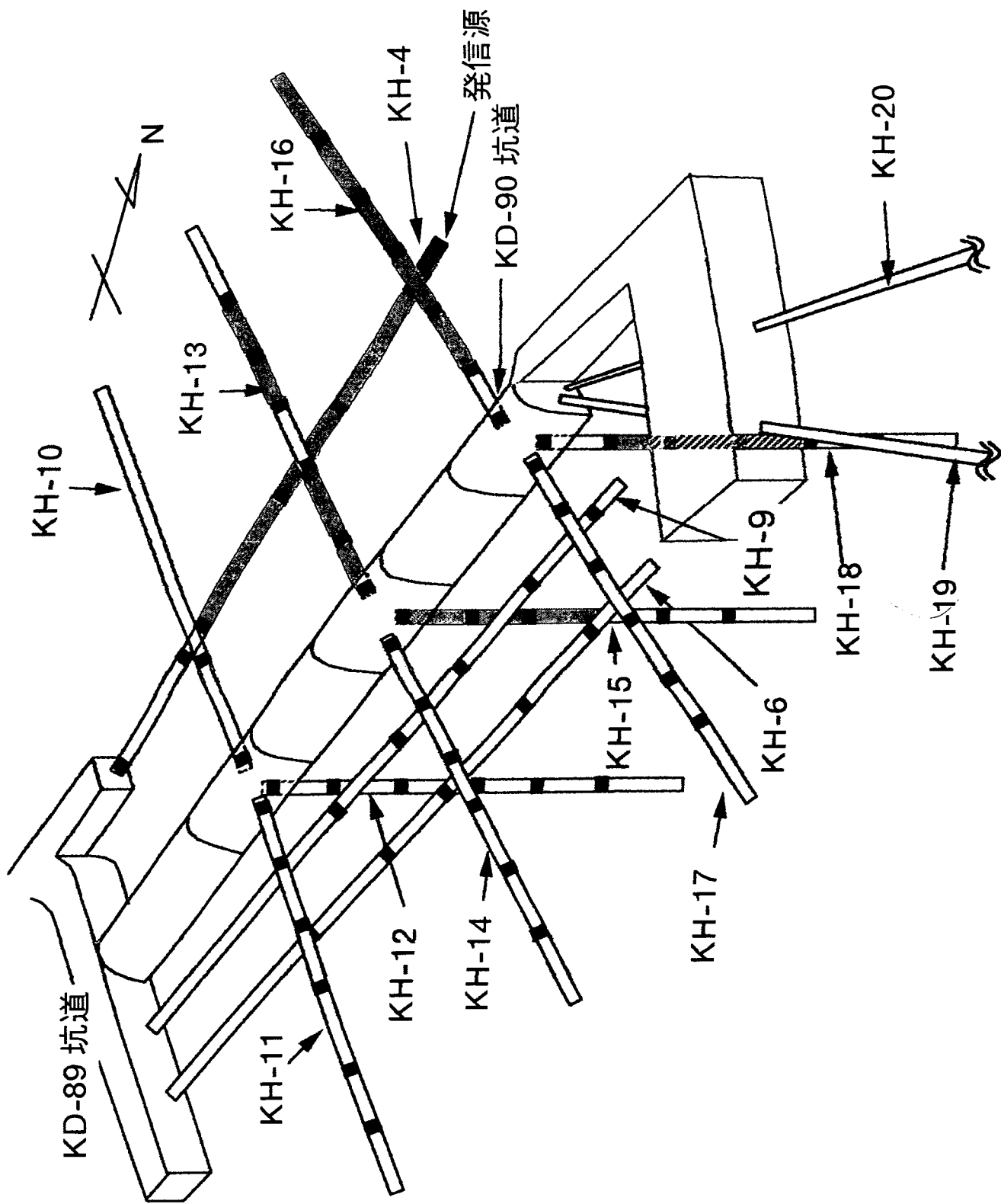


図-37 压力伝播試験 I で応答が認められた区間

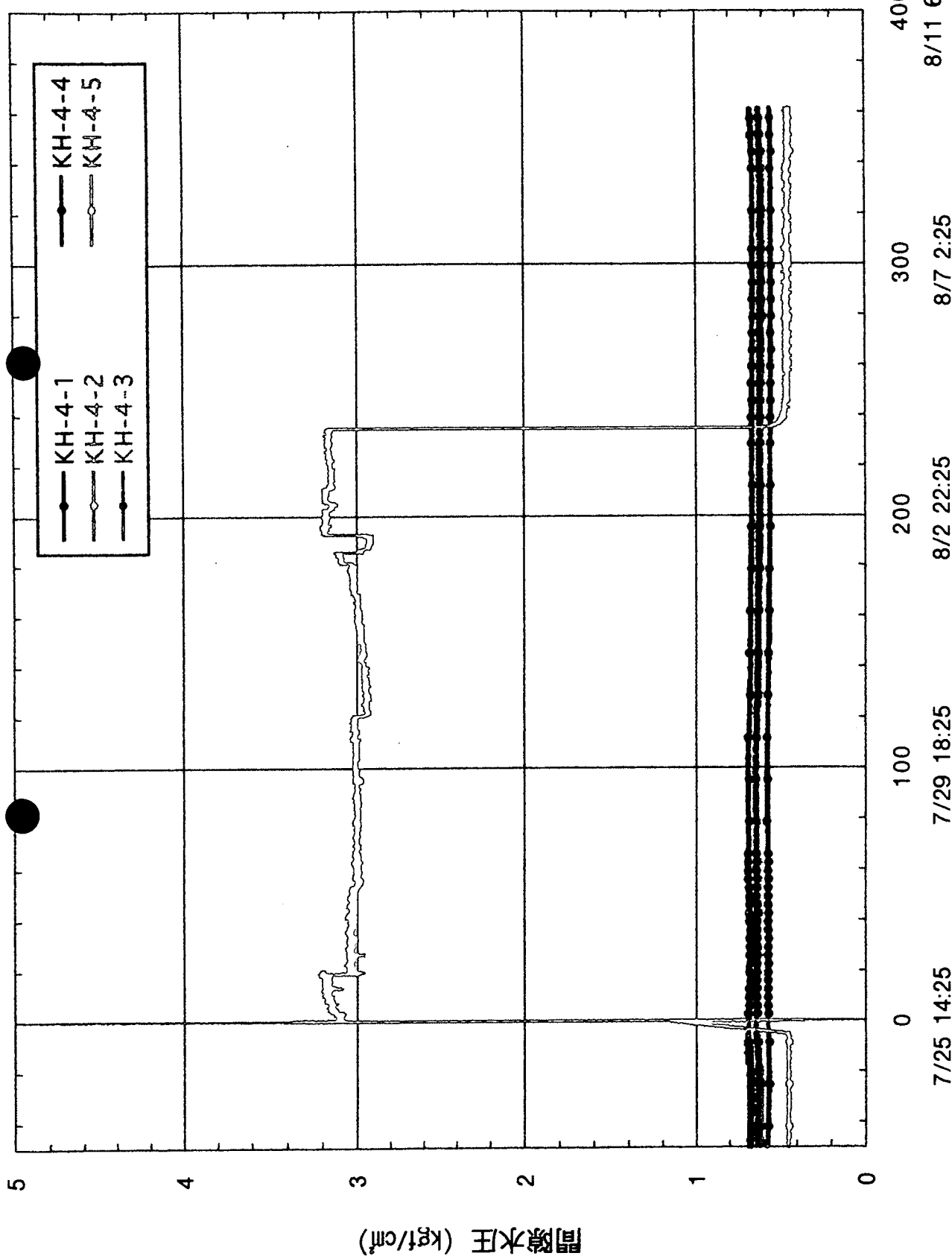
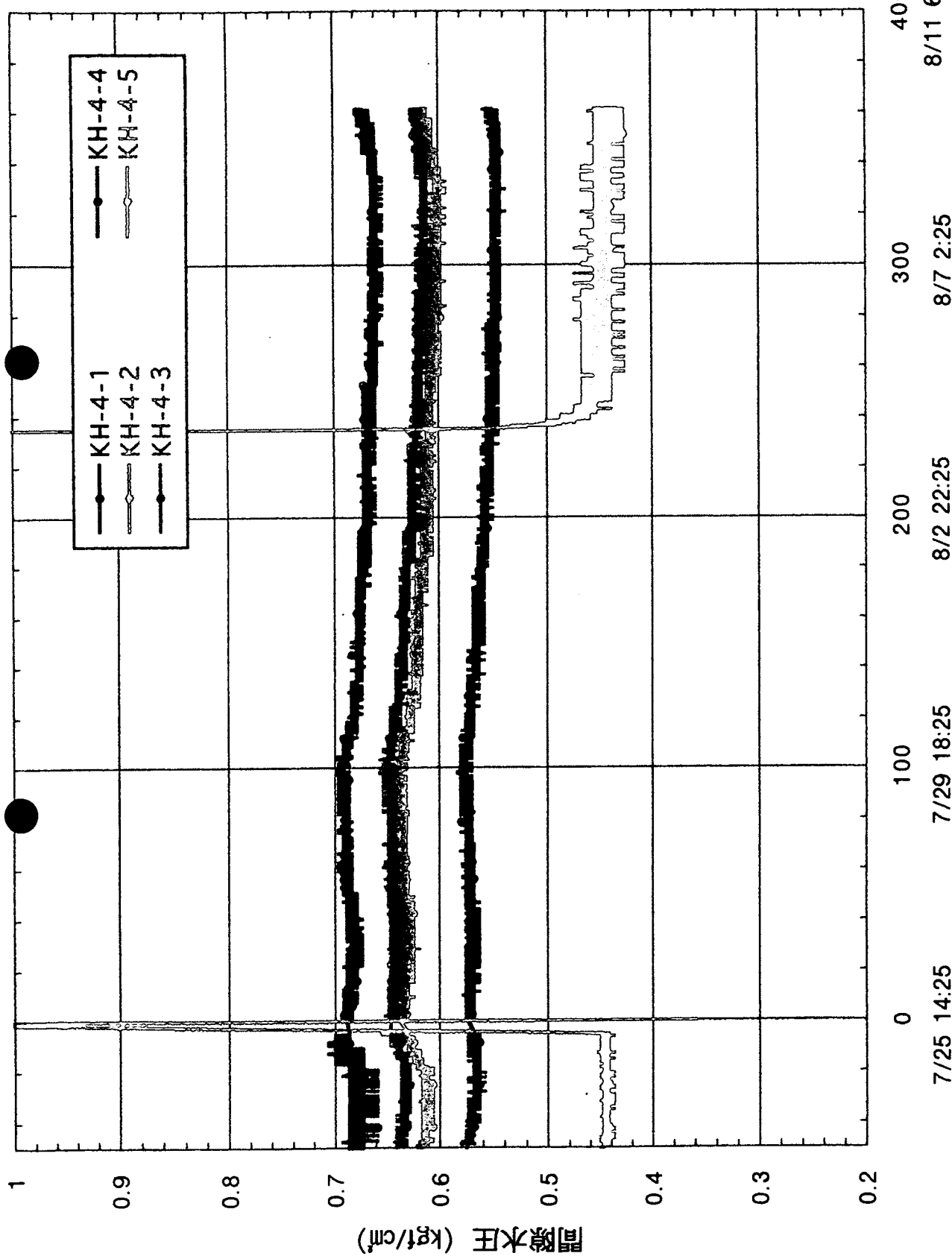
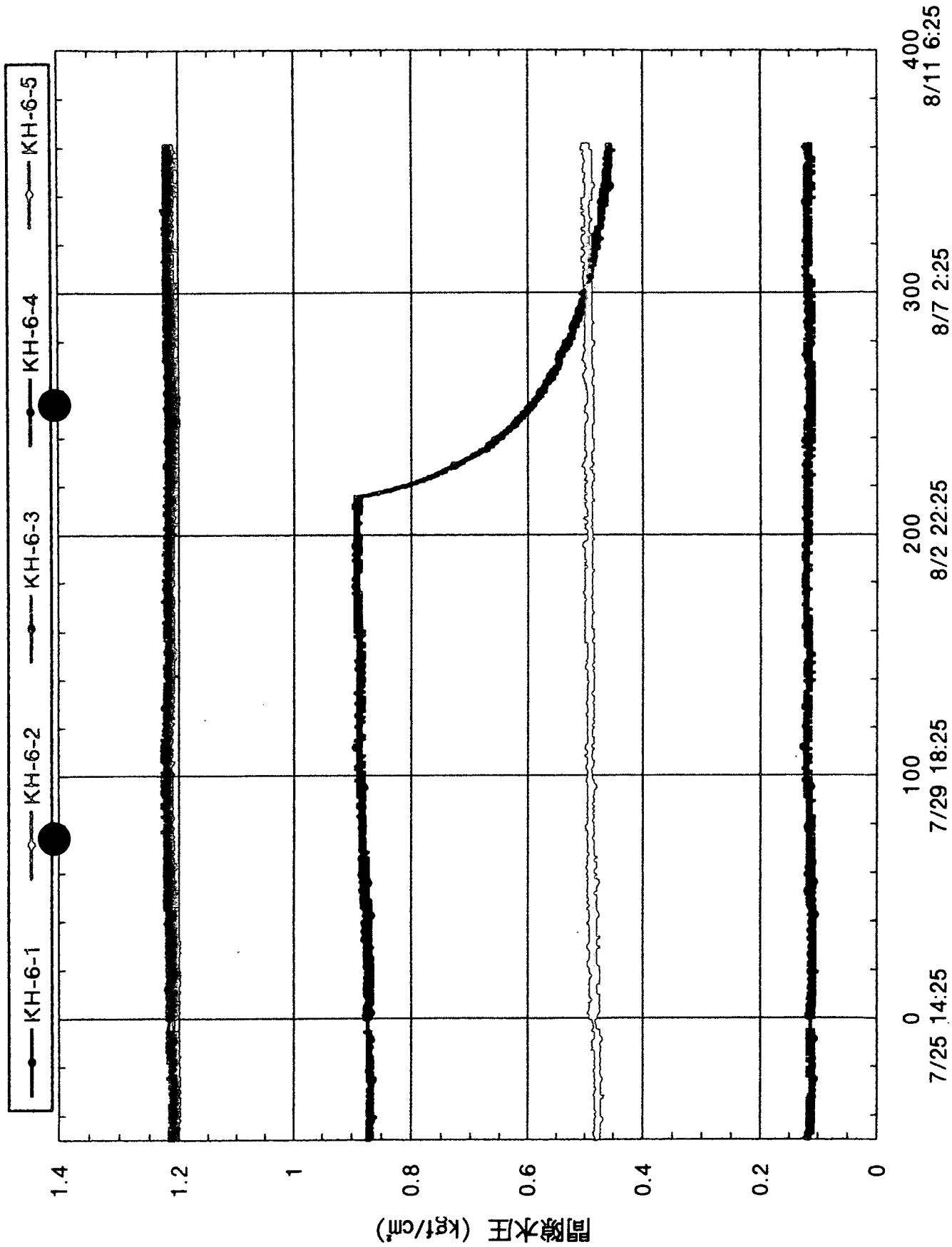


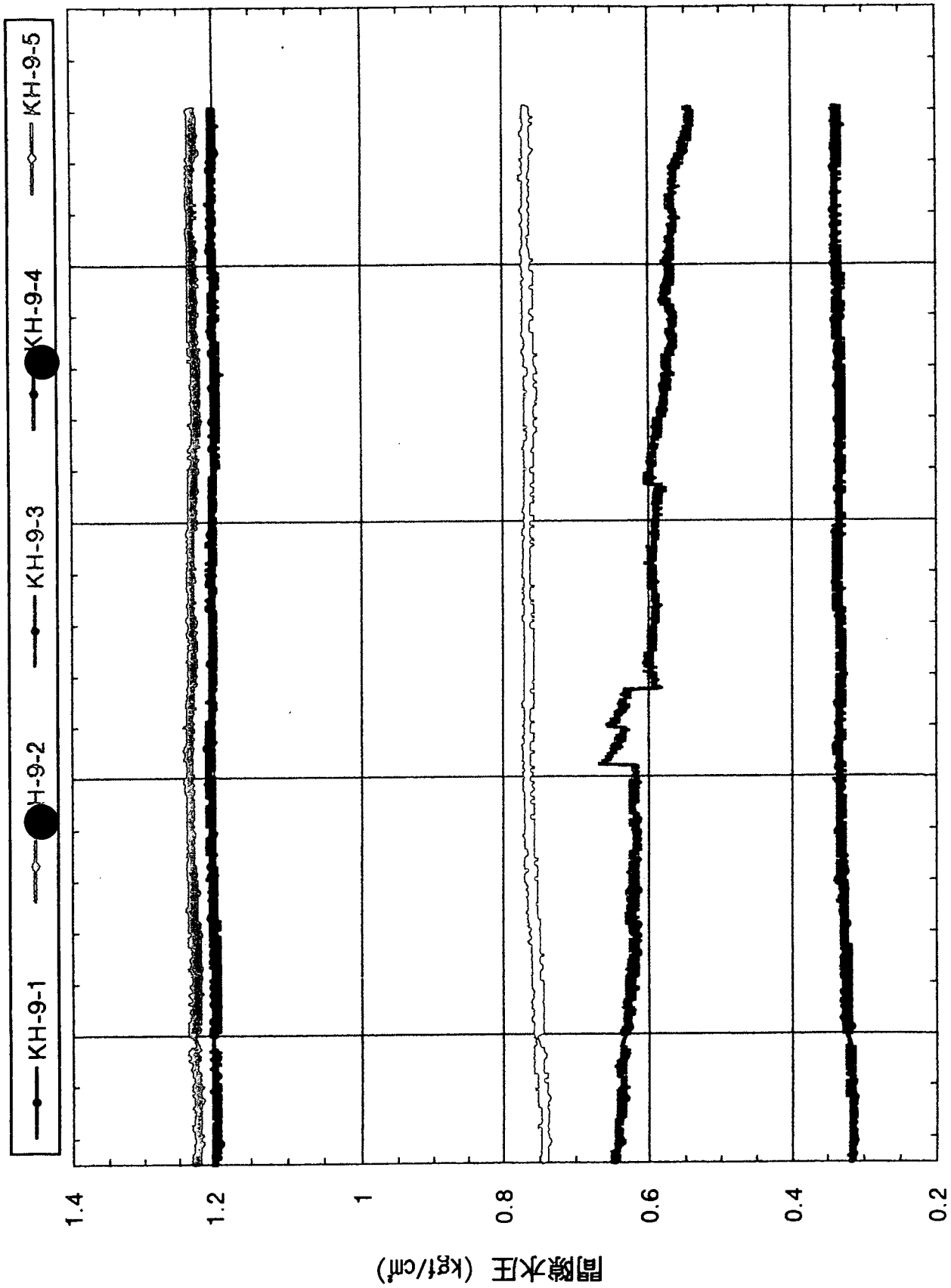
図-38 KH-4 孔における間隙水圧変化 (圧力伝播試験Ⅱ)
経過時間 (区間 5 からの注水開始から)



図一39 KH-4 孔における間隙水圧変化 (圧力伝播試験Ⅱ)
 経過時間 (区間 5 からの注水開始から)



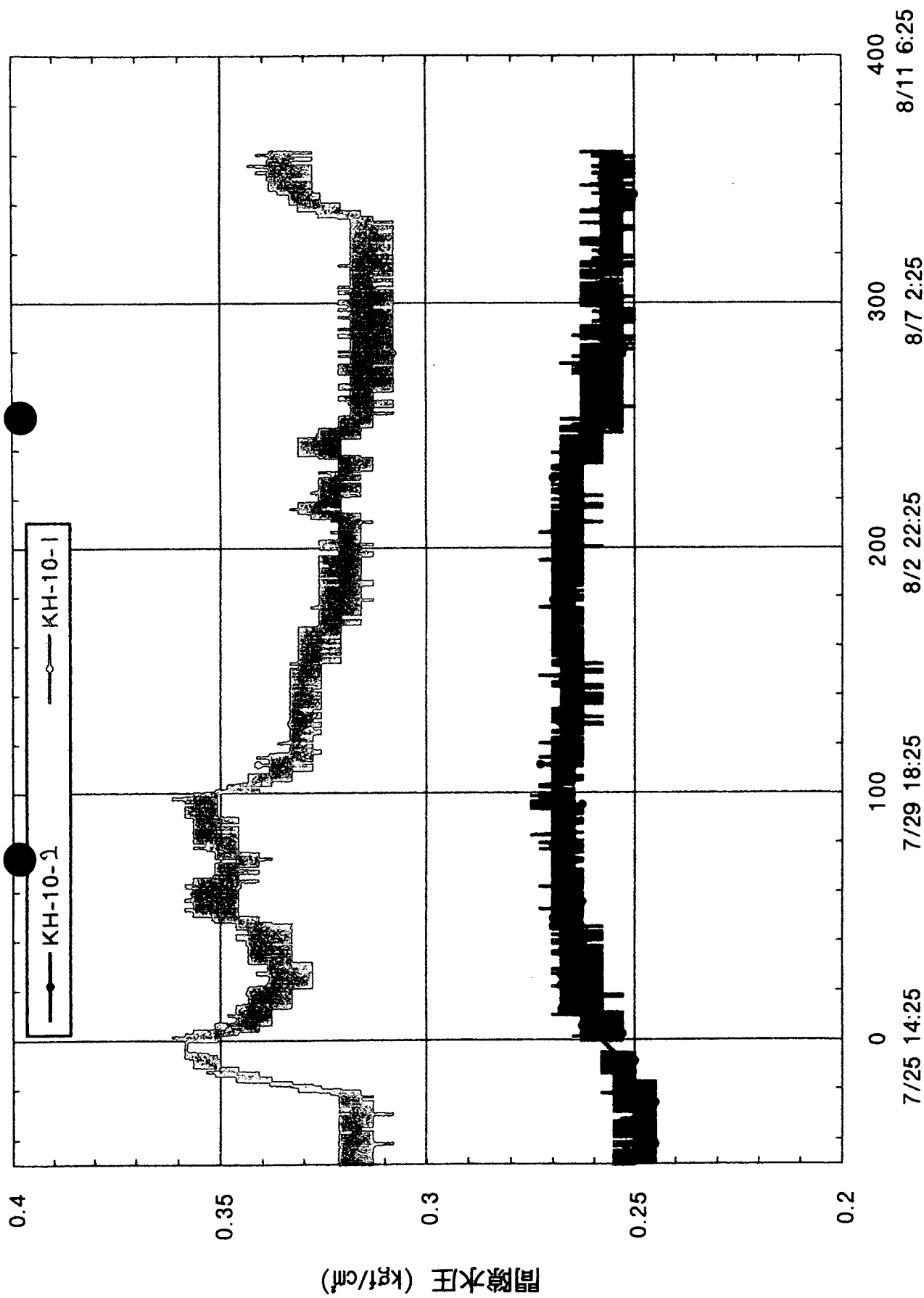
経過時間 (KH-4孔区間5からの注水開始から)
 図-40 KH-6孔における間隙水圧変化 (圧力伝播試験Ⅱ)



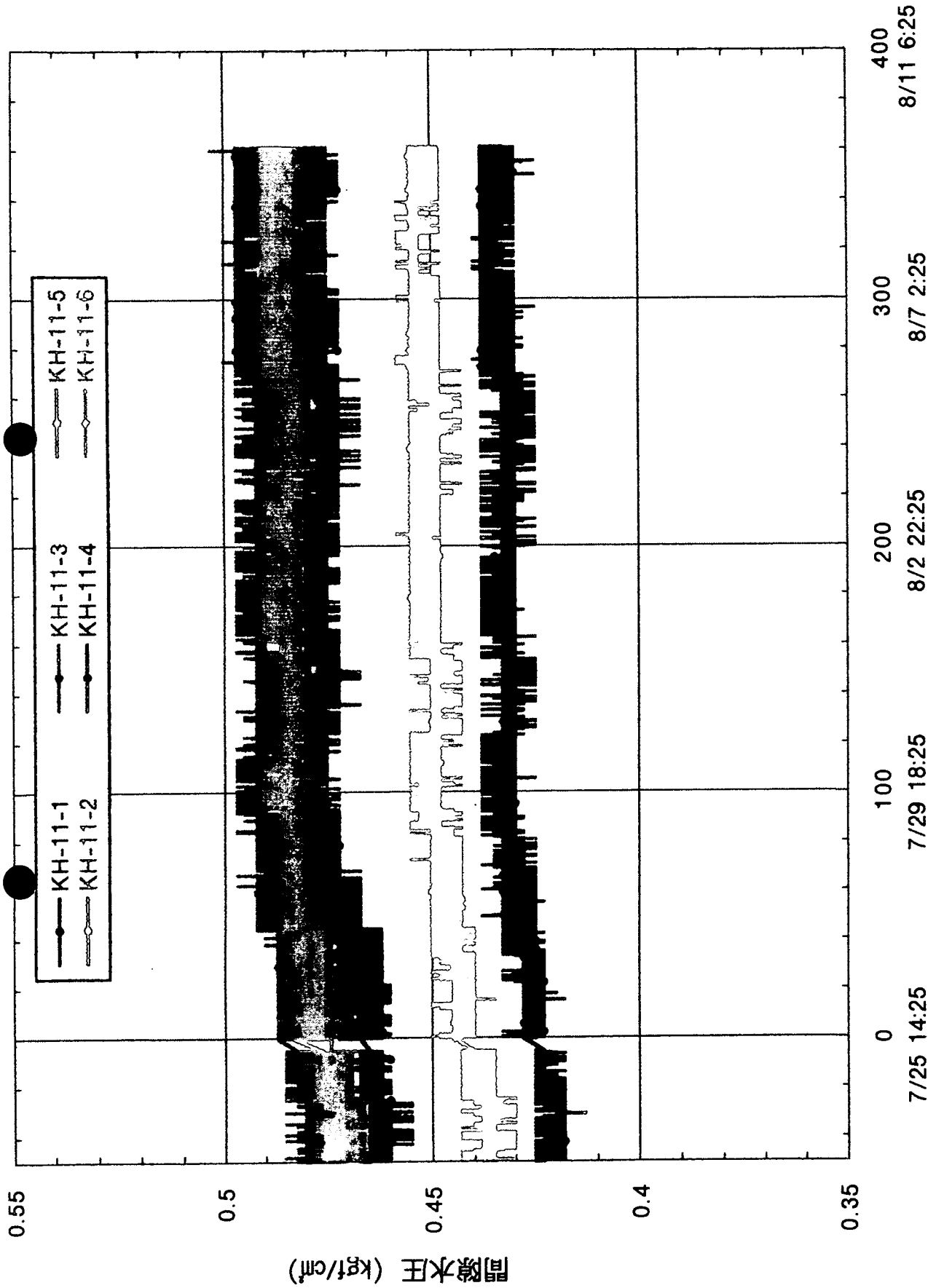
経過時間 (KH-4孔区間5からの注水開始から)

0 7/25 14:25 100 7/29 18:25 200 8/2 22:25 300 8/7 2:25 400 8/11 6:25

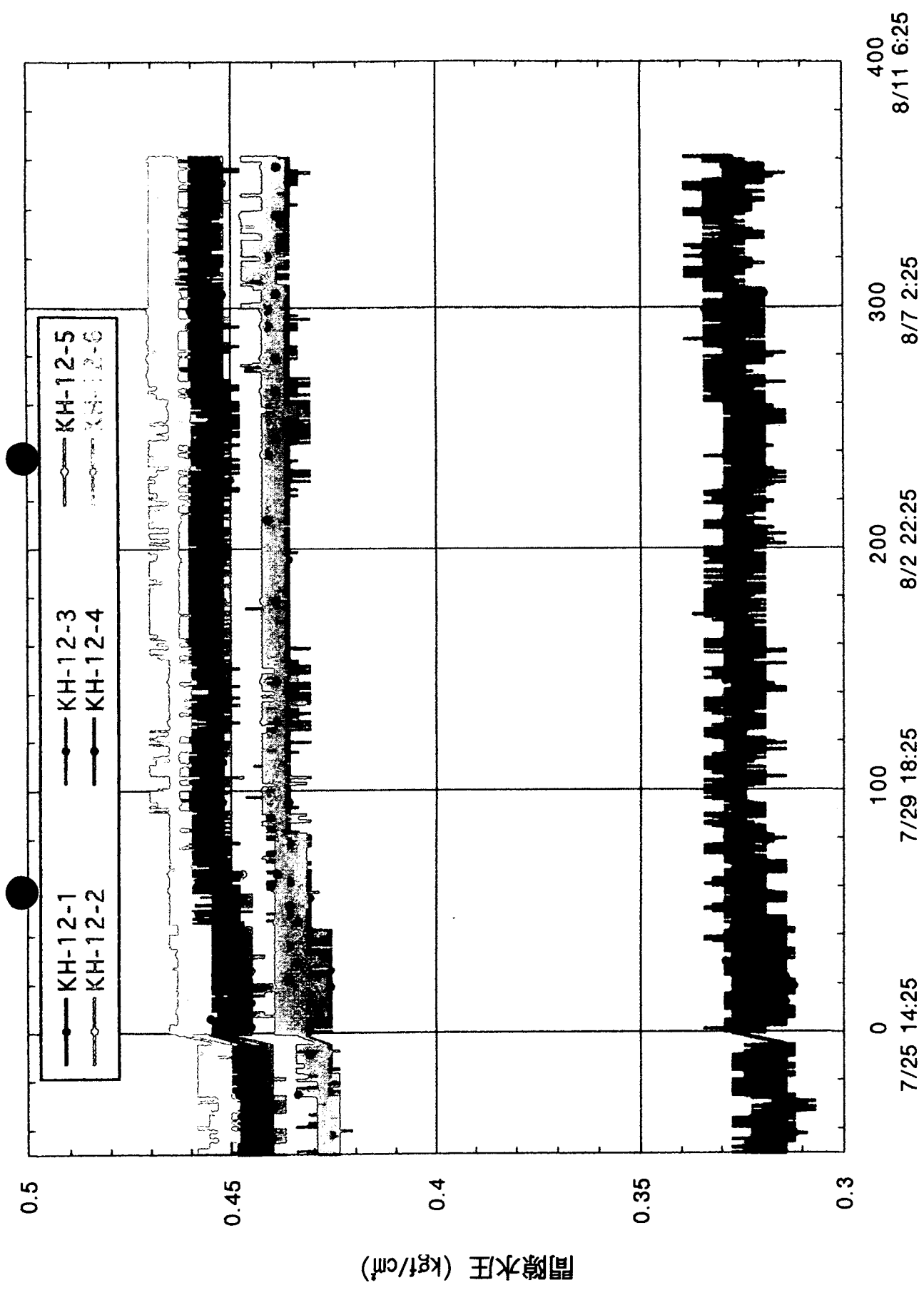
図-41 KH-9 孔における間隙水圧変化 (圧力伝播試験Ⅱ)



経過時間 (KH-4孔区間5からの注水開始から)
 図-42 KH-10 孔における間隙水圧変化 (圧力伝播試験Ⅱ)



図一43 KH-11 孔における間隙水圧変化 (圧力伝播試験Ⅱ)
経過時間 (KH-4孔区間5からの注水開始から)



経過時間 (KH-4孔区間5からの注水開始から)

図-44 KH-12 孔における間隙水圧変化 (圧力伝播試験Ⅱ)

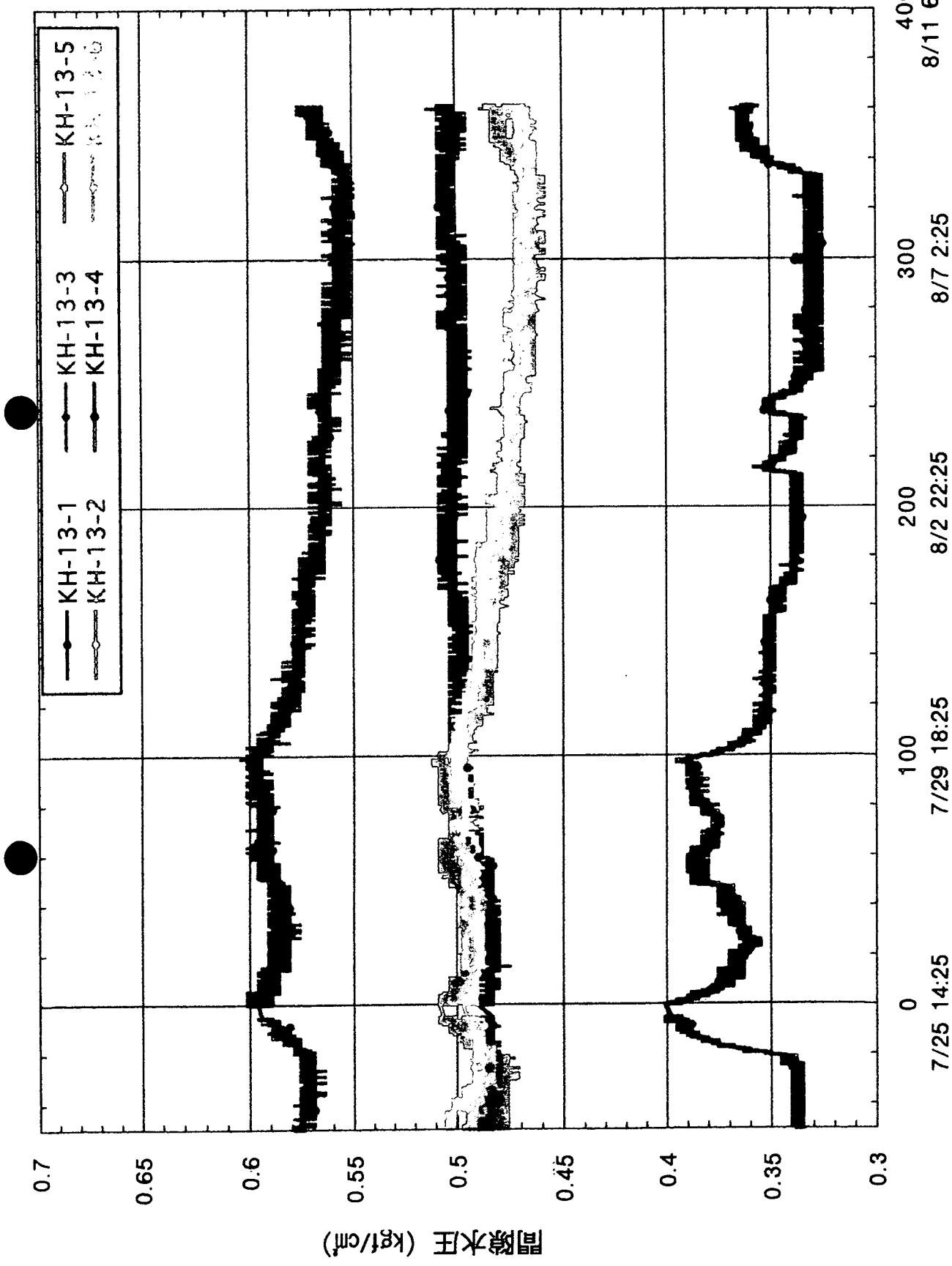
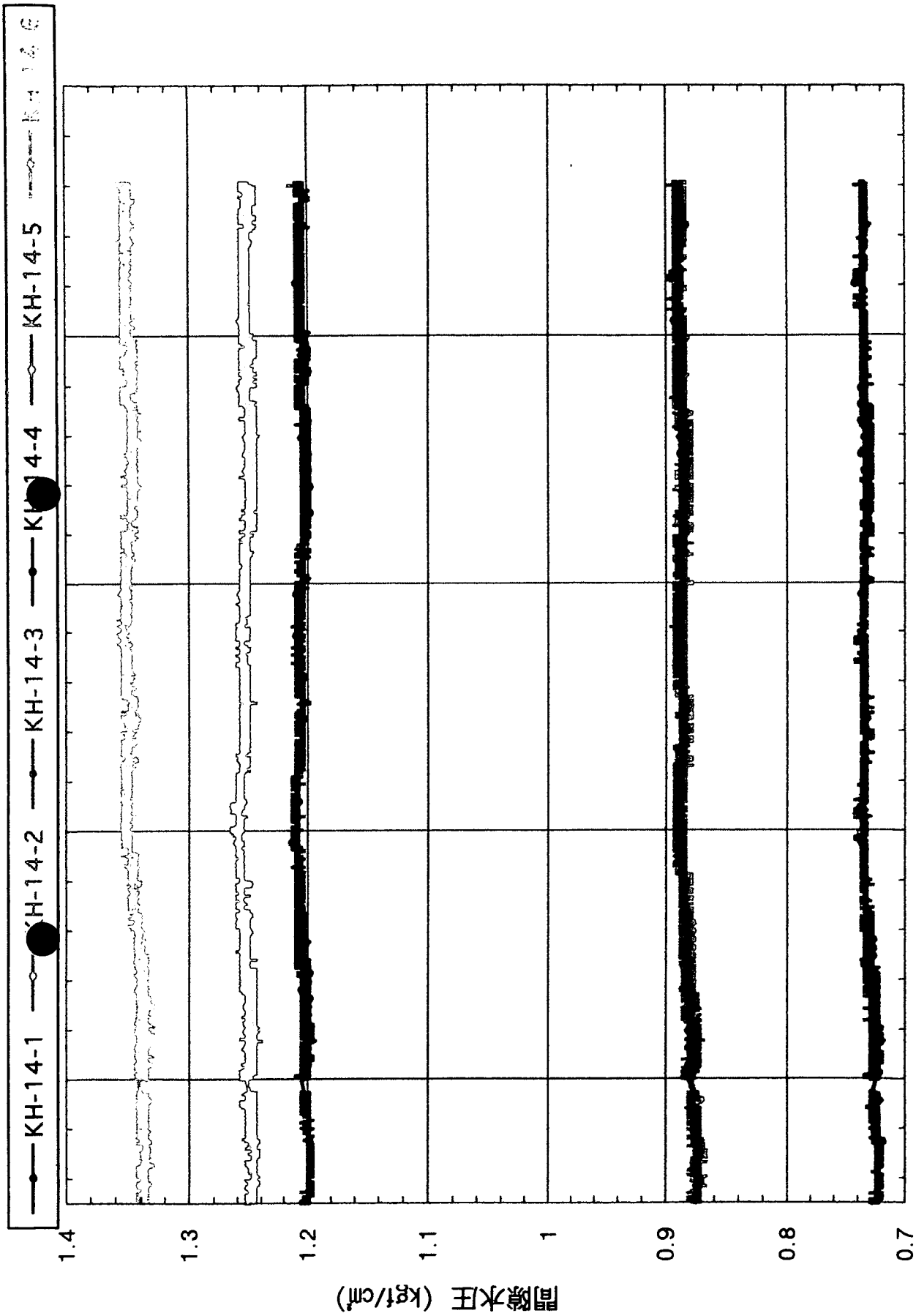


図-45 KH-13 孔における間隙水圧変化 (圧力伝播試験Ⅱ)
 経過時間 (KH-4孔区間5からの注水開始から)



経過時間 (KH-4孔区間5からの注水開始から)
 7/25 14:25 7/29 18:25 8/2 22:25 8/7 2:25 8/11 6:25

図-46 KH-14孔における間隙水圧変化 (圧力伝播試験Ⅱ)

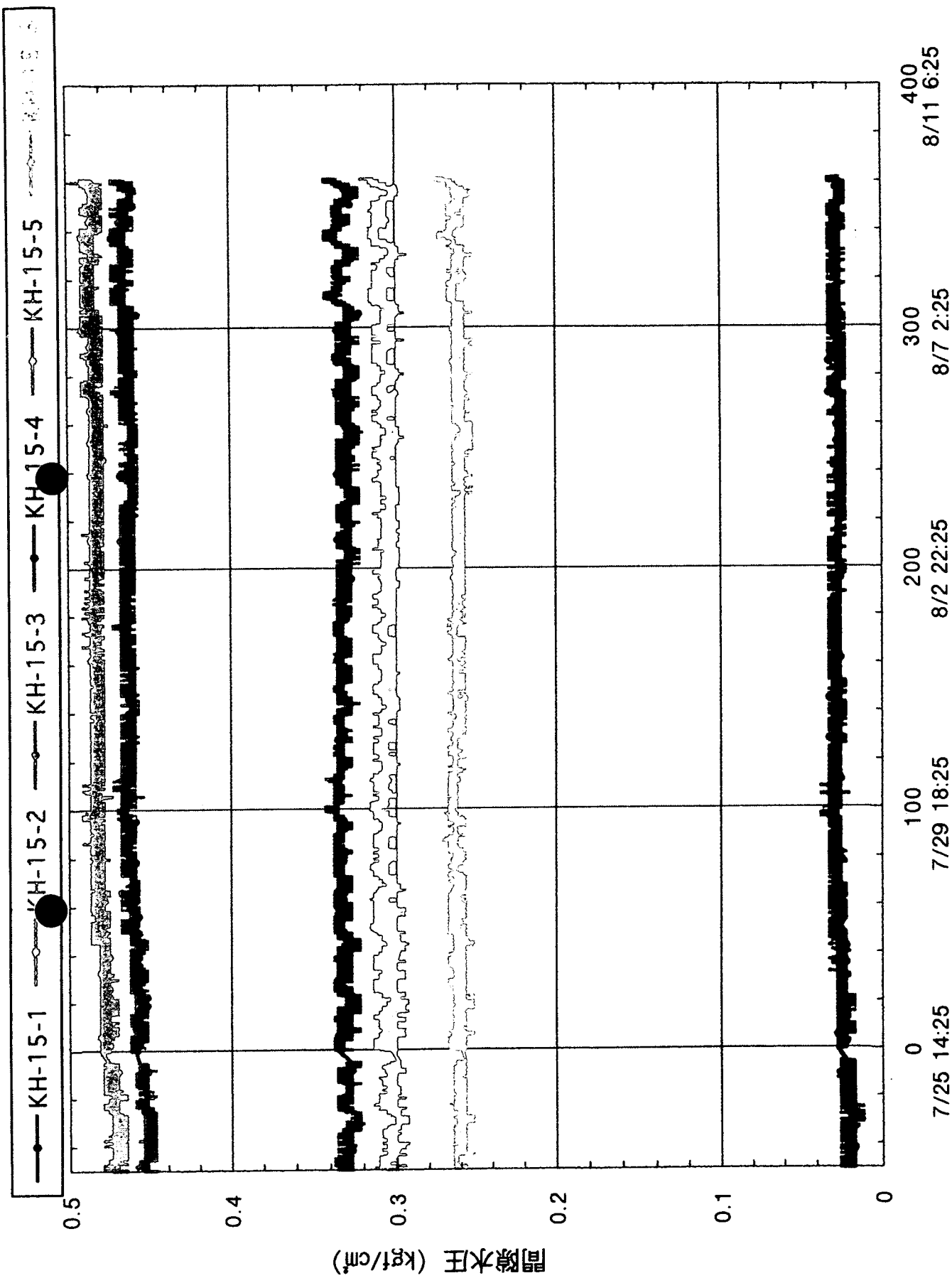


図-47 KH-15 孔における間隙水圧変化 (圧力伝播試験Ⅱ)
経過時間 (KH-4孔区間 5 からの注水開始から)

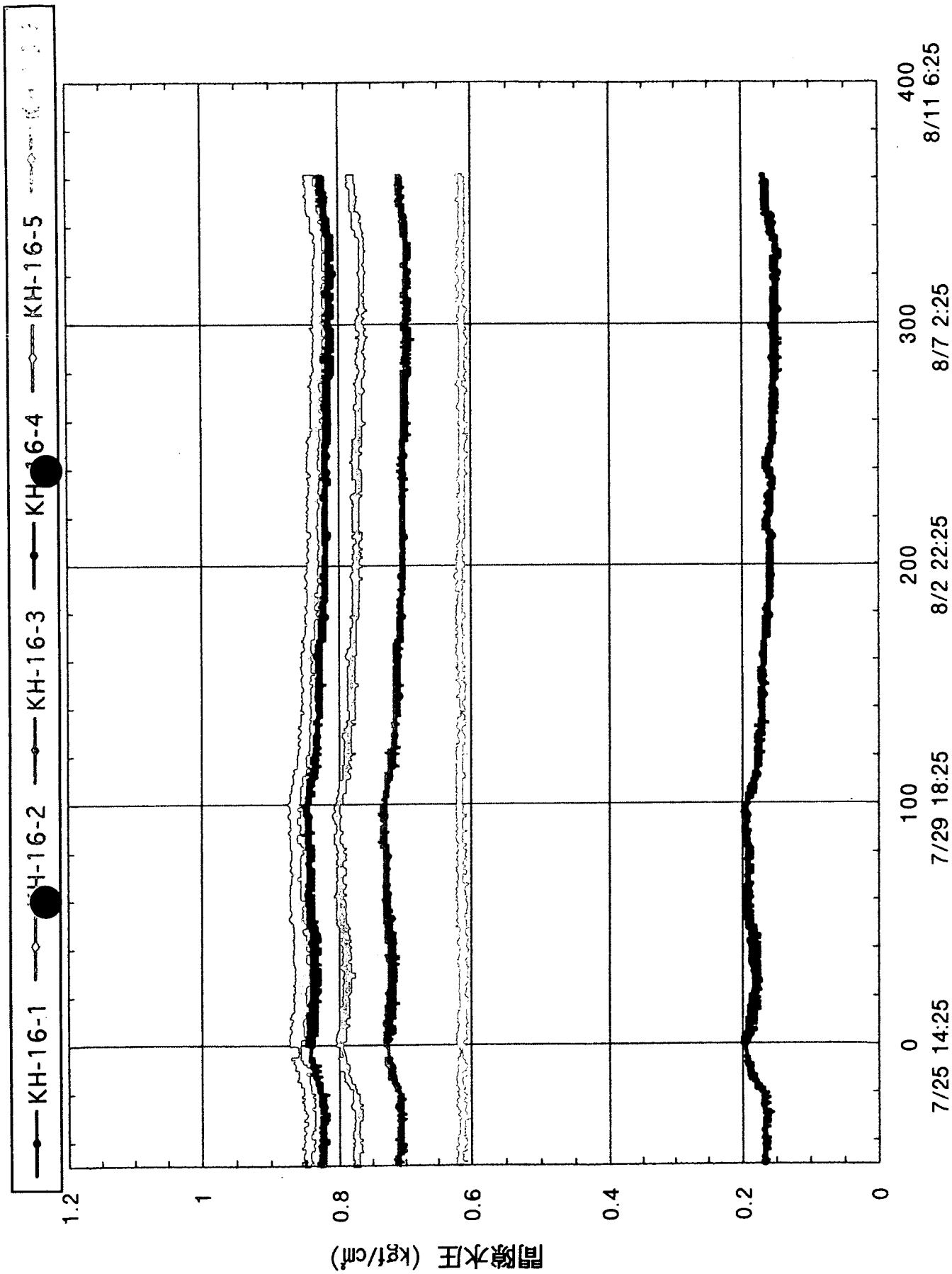


図-48 KH-16 孔における間隙水圧変化 (圧力伝播試験Ⅱ)

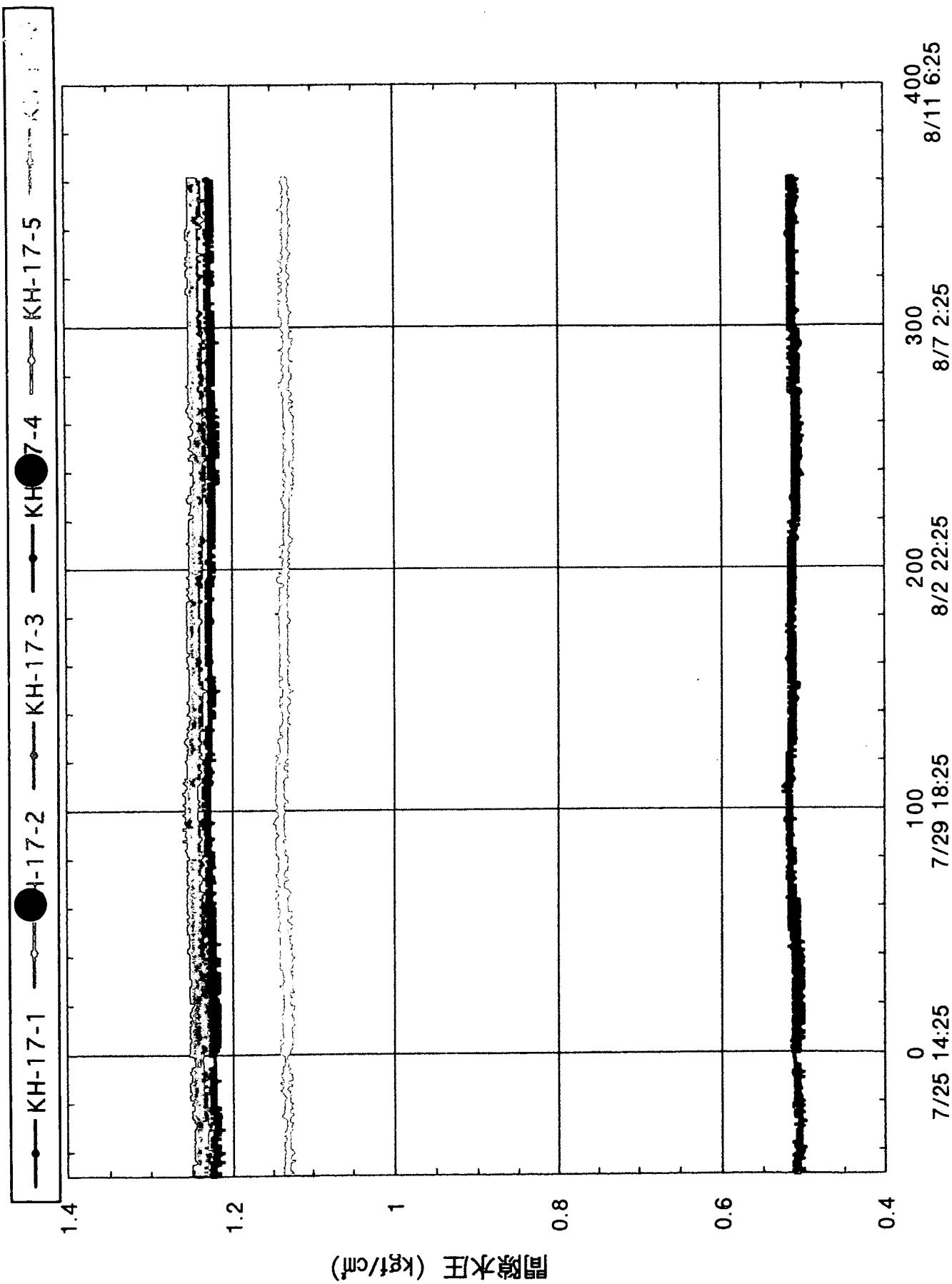
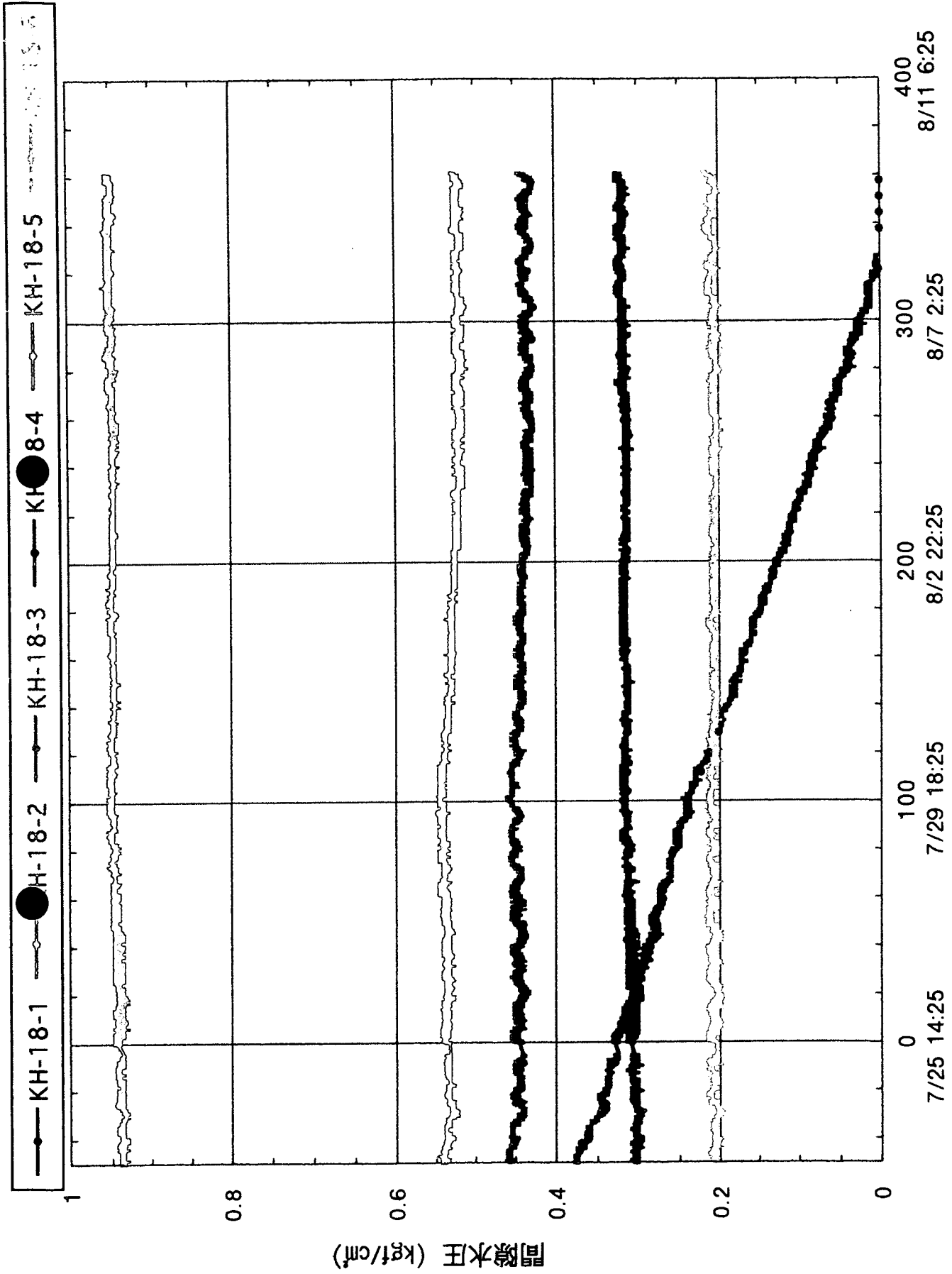


図-49 KH-17 孔における間隙水圧変化 (圧力伝播試験Ⅱ)
経過時間 (KH-4孔区間5からの注水開始から)



経過時間 (KH-4孔区間5からの注水開始から)
 図-50 KH-18 孔における間隙水圧変化 (圧力伝播試験Ⅱ)

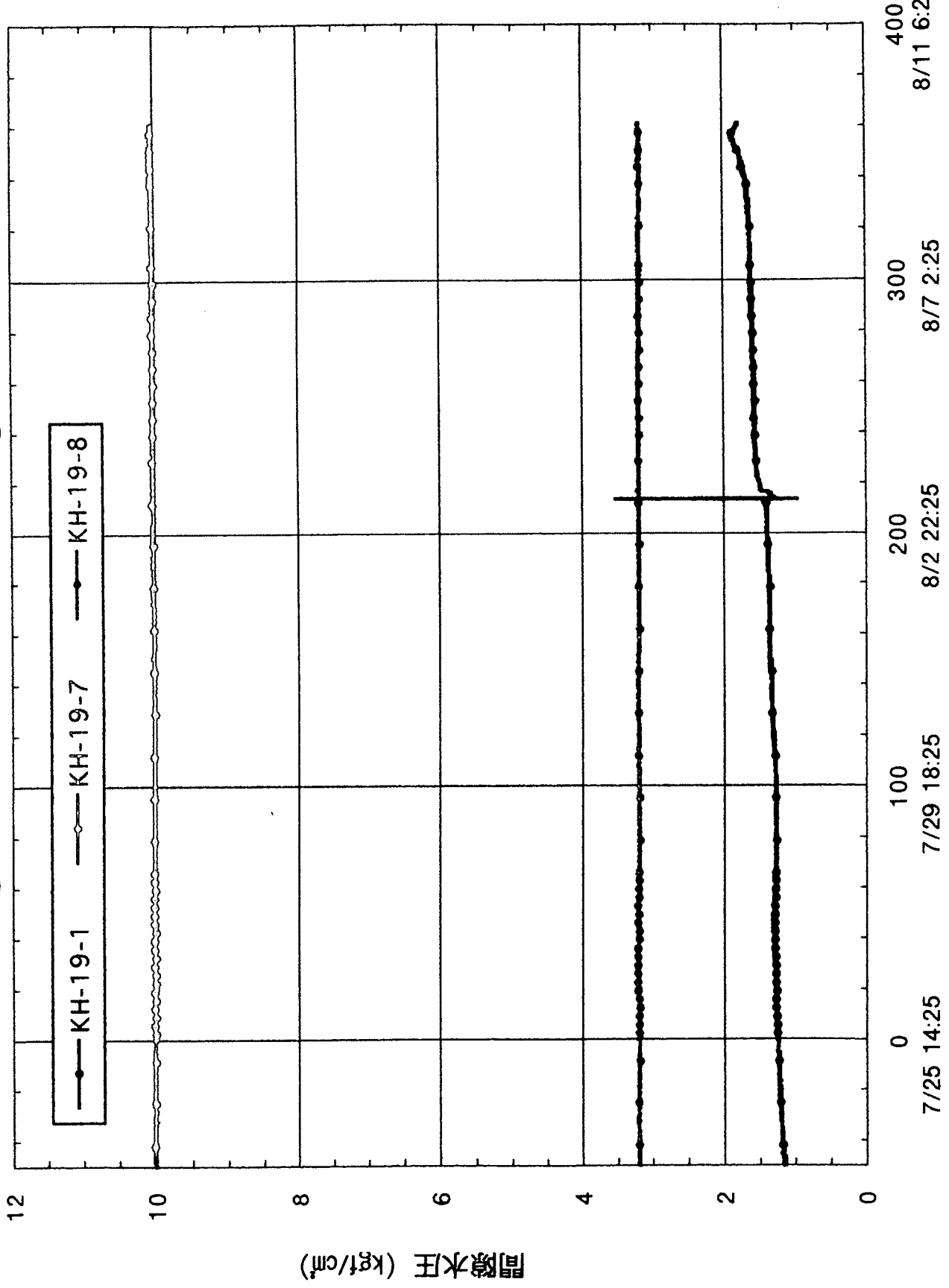
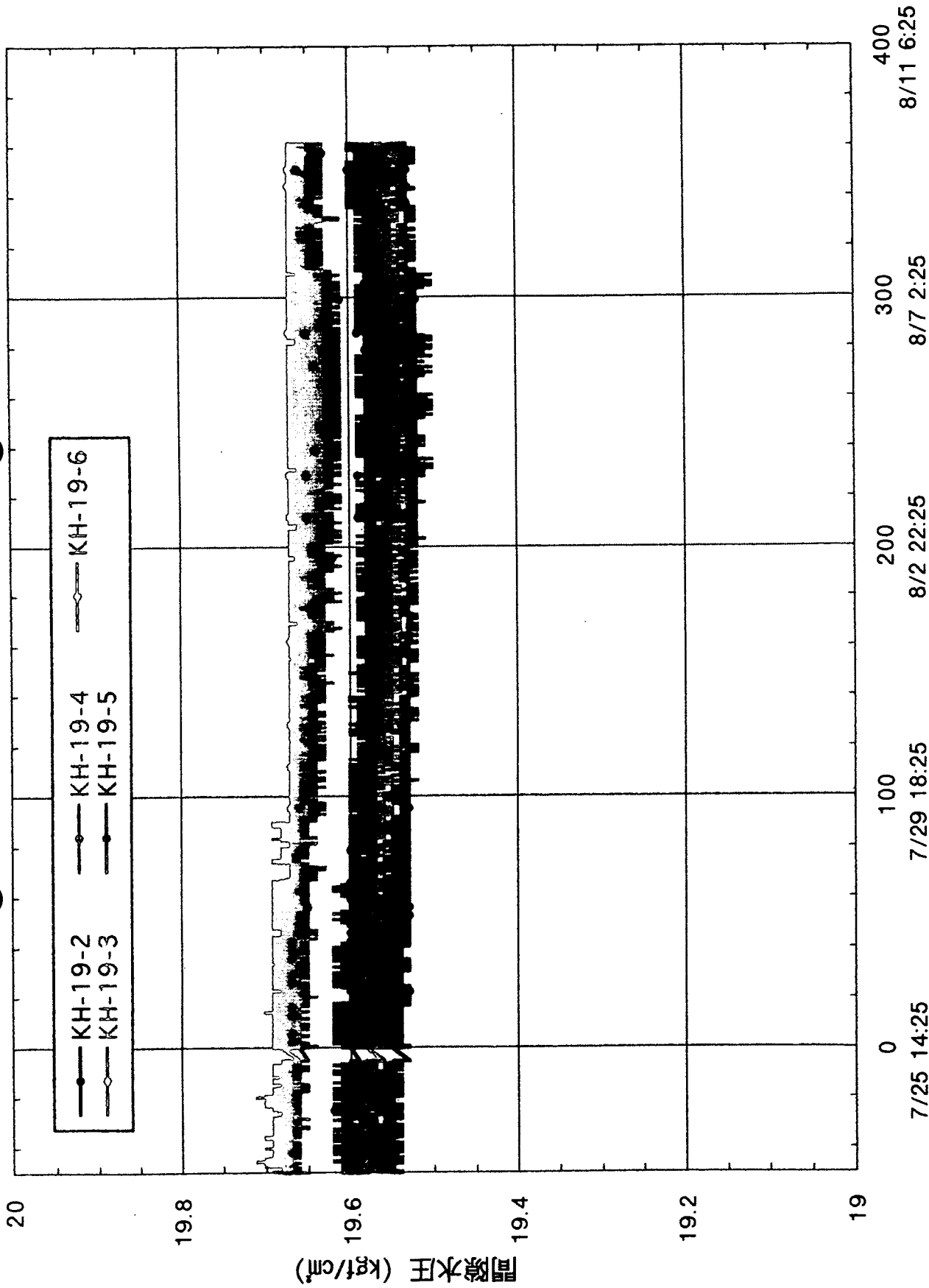


図-51 KH-19 孔区間1, 7, 8における間隙水圧変化 (圧力伝播試験Ⅱ)



経過時間 (KH-4孔区間5からの注水開始から)

図-52 KH-19孔区間2~6における間隙水圧変化 (圧力伝播試験Ⅱ)

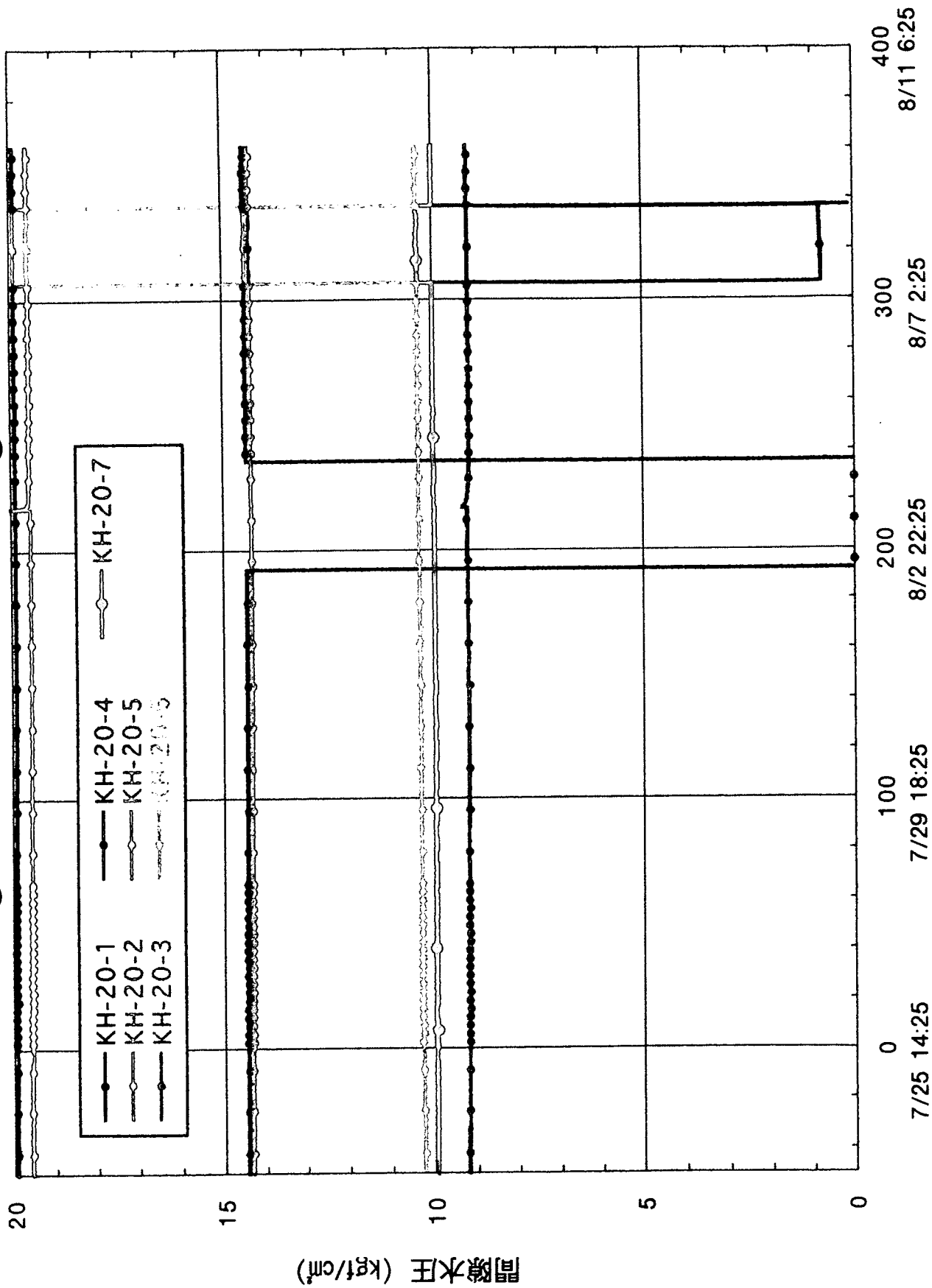
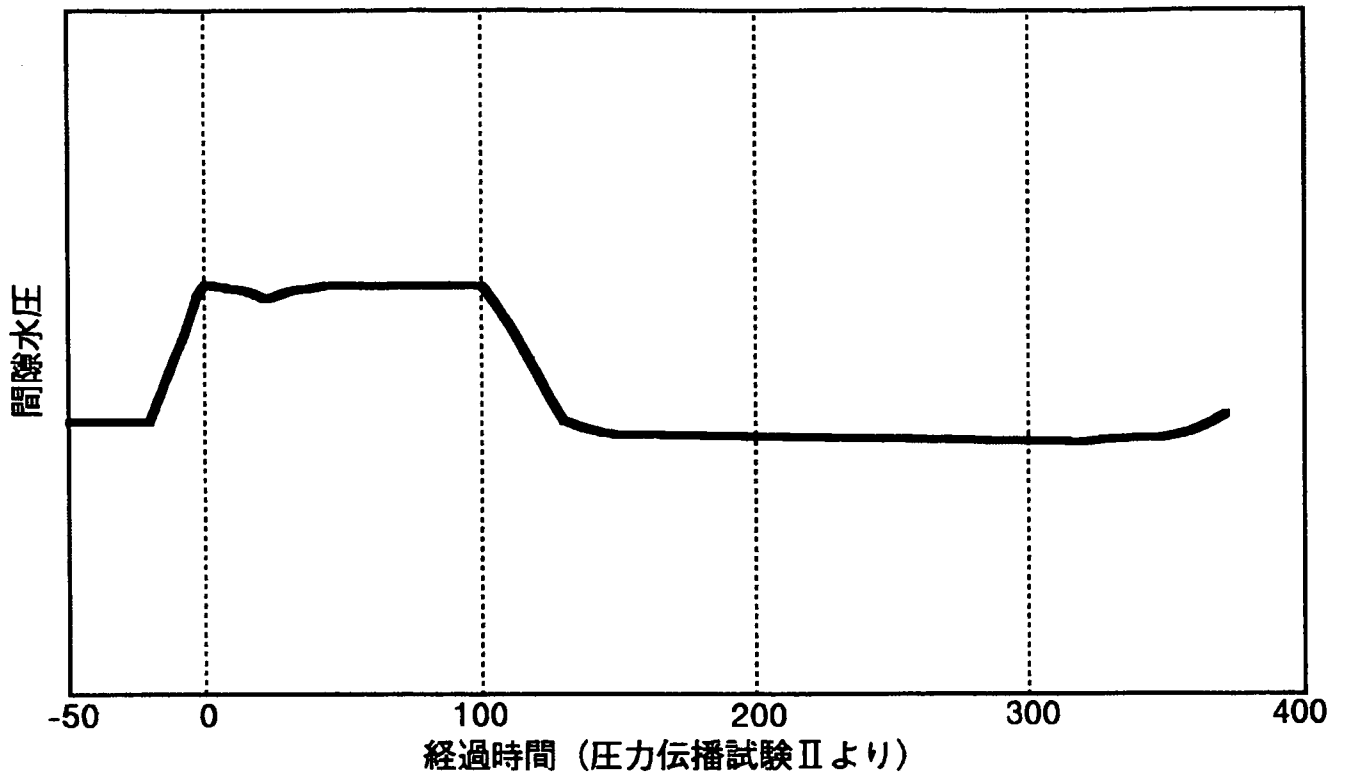
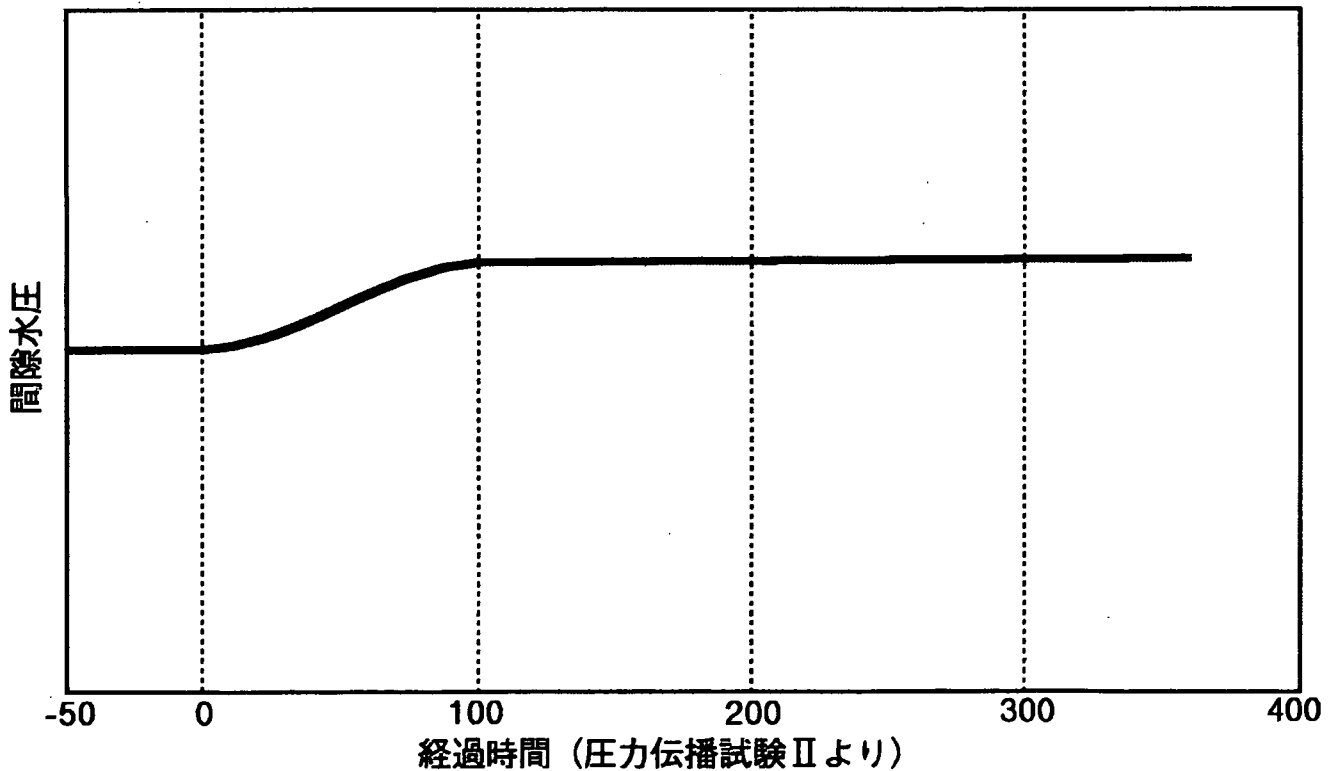


図-53 KH-20 孔における間隙水圧変化 (圧力伝播試験Ⅱ)
 経過時間 (KH-4孔区間5からの注水開始から)



(a) 圧力伝播試験Ⅱ直前から間隙水圧上昇が認められ、
圧力伝播試験Ⅱ終了前に低下が認められるパターン



(b) 圧力伝播試験頃わずかに上昇し、そのまま徐々に
上昇していくパターン

図一54 圧力伝播試験Ⅱ時に認められた間隙水圧上昇パターン

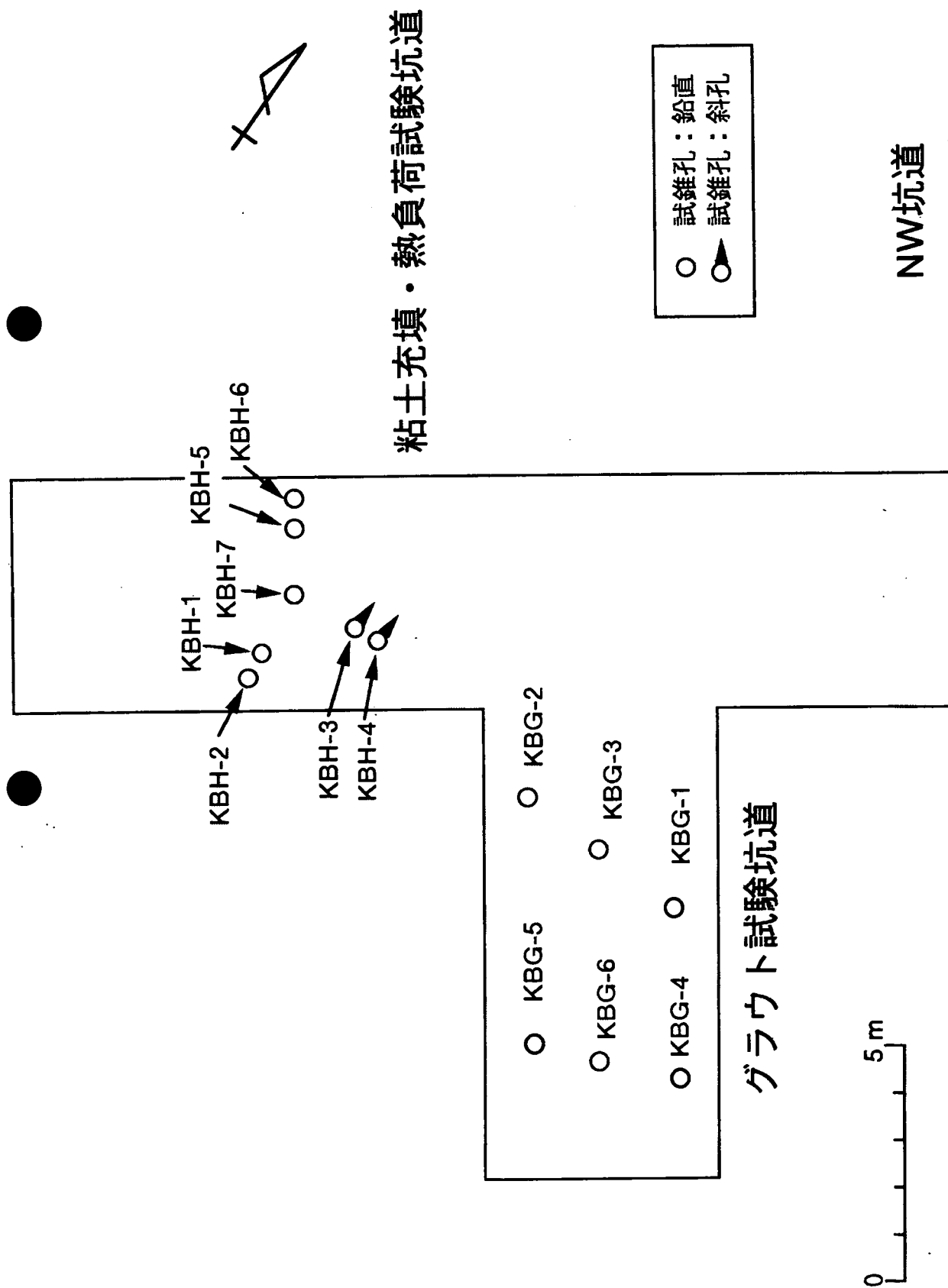


図-55 人工バリア坑道における試錐孔配置図

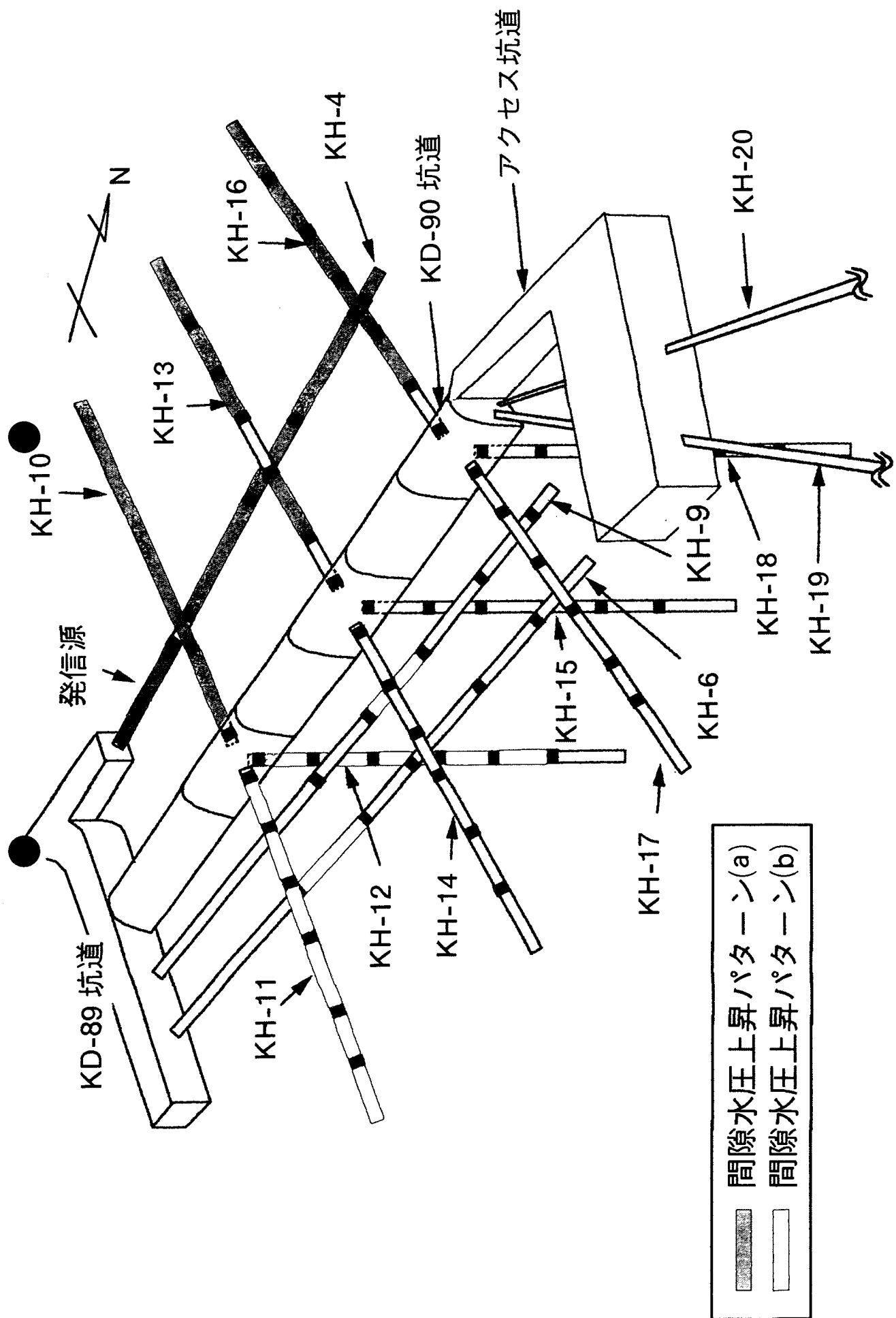
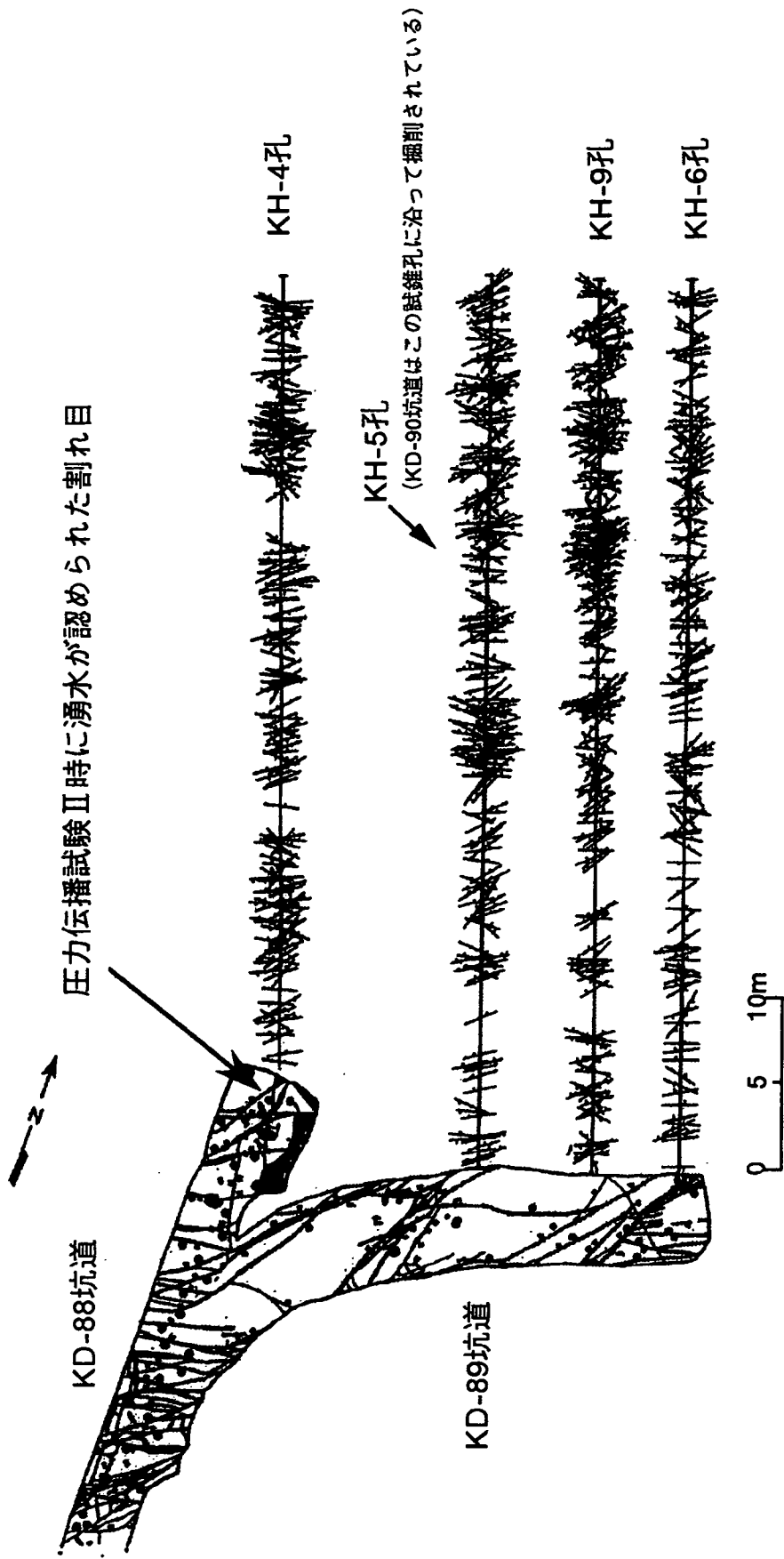


図-56 圧力伝播試験Ⅱで応答が認められた区間



図一57 压力伝播試験Ⅱ時に湧水が認められた割れ目と坑道天盤における割れ目観察結果およびBTVによる割れ目の走向

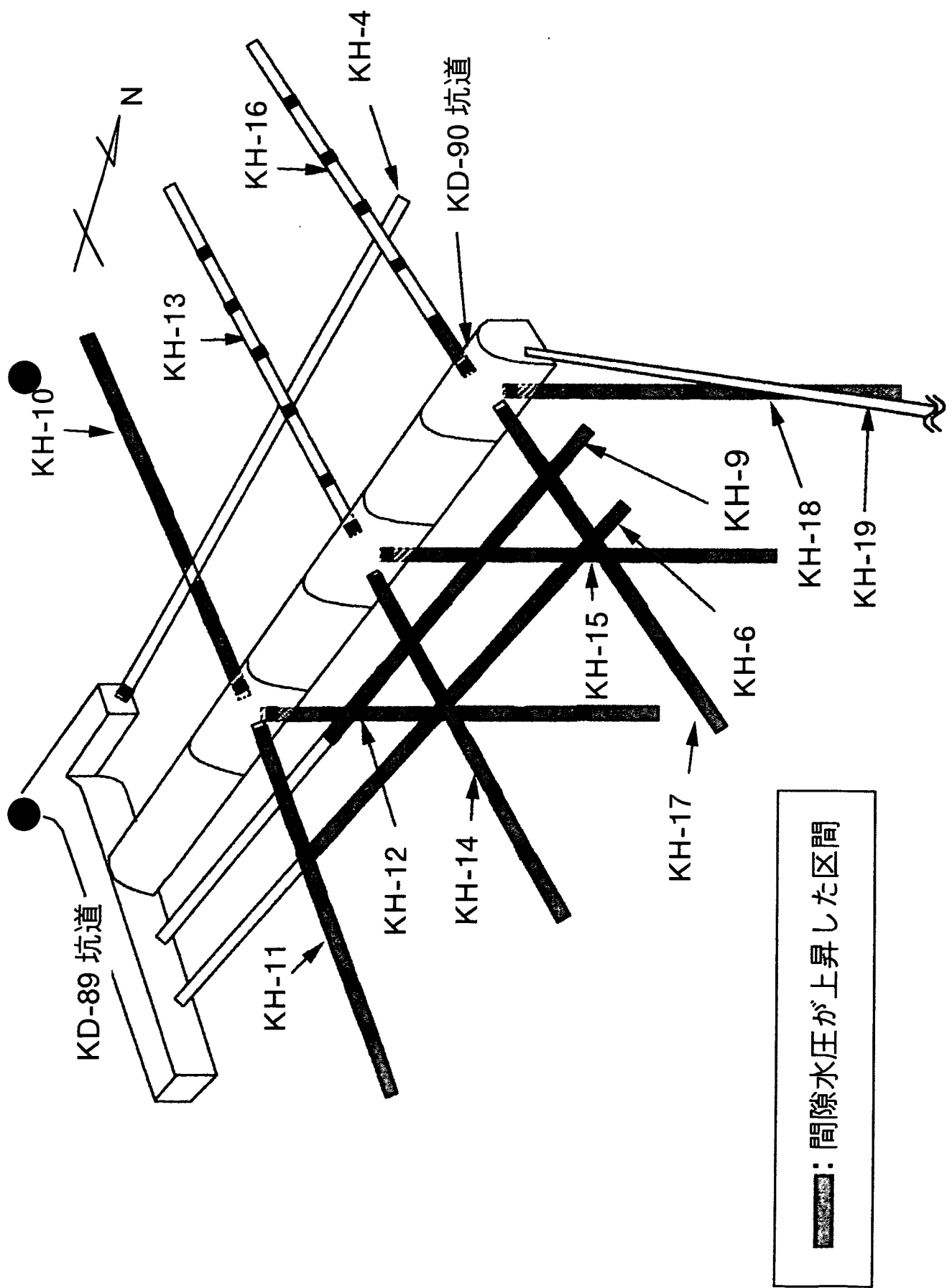


図-58 KH-19孔掘削時に間隙水圧が上昇した区間

表一 経過日数に対応する日時

(1 / 1)

日時	経過日数	日時	経過日数	日時	経過日数
1994/10/1 0:00	0	1994/10/1 0:00	0	1995/5/24 0:00	235
1994/10/10 0:00	9	1994/10/6 0:00	5	1995/5/29 0:00	240
1994/10/20 0:00	19	1994/10/11 0:00	10	1995/6/3 0:00	245
1994/10/30 0:00	29	1994/10/16 0:00	15	1995/6/8 0:00	250
1994/11/1 0:00	31	1994/10/21 0:00	20	1995/6/13 0:00	255
1994/11/10 0:00	40	1994/10/26 0:00	25	1995/6/18 0:00	260
1994/11/20 0:00	50	1994/10/31 0:00	30	1995/6/23 0:00	265
1994/11/30 0:00	60	1994/11/5 0:00	35	1995/6/28 0:00	270
1994/12/1 0:00	61	1994/11/10 0:00	40	1995/7/3 0:00	275
1994/12/10 0:00	70	1994/11/15 0:00	45	1995/7/8 0:00	280
1994/12/20 0:00	80	1994/11/20 0:00	50	1995/7/13 0:00	285
1994/12/30 0:00	90	1994/11/25 0:00	55	1995/7/18 0:00	290
1995/1/1 0:00	92	1994/11/30 0:00	60	1995/7/23 0:00	295
1995/1/10 0:00	101	1994/12/5 0:00	65	1995/7/28 0:00	300
1995/1/20 0:00	111	1994/12/10 0:00	70	1995/8/2 0:00	305
1995/1/30 0:00	121	1994/12/15 0:00	75	1995/8/7 0:00	310
1995/2/1 0:00	123	1994/12/20 0:00	80	1995/8/12 0:00	315
1995/2/10 0:00	132	1994/12/25 0:00	85	1995/8/17 0:00	320
1995/2/20 0:00	142	1994/12/30 0:00	90	1995/8/22 0:00	325
1995/3/1 0:00	151	1995/1/4 0:00	95	1995/8/27 0:00	330
1995/3/10 0:00	160	1995/1/9 0:00	100	1995/9/1 0:00	335
1995/3/20 0:00	170	1995/1/14 0:00	105	1995/9/6 0:00	340
1995/3/30 0:00	180	1995/1/19 0:00	110	1995/9/11 0:00	345
1995/4/1 0:00	182	1995/1/24 0:00	115	1995/9/16 0:00	350
1995/4/10 0:00	191	1995/1/29 0:00	120		
1995/4/20 0:00	201	1995/2/3 0:00	125		
1995/4/30 0:00	211	1995/2/8 0:00	130		
1995/5/1 0:00	212	1995/2/13 0:00	135		
1995/5/10 0:00	221	1995/2/18 0:00	140		
1995/5/20 0:00	231	1995/2/23 0:00	145		
1995/5/30 0:00	241	1995/2/28 0:00	150		
1995/6/1 0:00	243	1995/3/5 0:00	155		
1995/6/10 0:00	252	1995/3/10 0:00	160		
1995/6/20 0:00	262	1995/3/15 0:00	165		
1995/6/30 0:00	272	1995/3/20 0:00	170		
1995/7/1 0:00	273	1995/3/25 0:00	175		
1995/7/10 0:00	282	1995/3/30 0:00	180		
1995/7/20 0:00	292	1995/4/4 0:00	185		
1995/7/30 0:00	302	1995/4/9 0:00	190		
1995/8/1 0:00	304	1995/4/14 0:00	195		
1995/8/10 0:00	313	1995/4/19 0:00	200		
1995/8/20 0:00	323	1995/4/24 0:00	205		
1995/8/30 0:00	333	1995/4/29 0:00	210		
1995/9/1 0:00	335	1995/5/4 0:00	215		
1995/9/10 0:00	344	1995/5/9 0:00	220		
1995/9/20 0:00	354	1995/5/14 0:00	225		
1995/9/30 0:00	364	1995/5/19 0:00	230		

表-2 圧力伝播試験 I の経過時間と日時の対応表

日時	経過時間	日時	経過時間	日時	経過時間	日時	経過時間	日時	経過時間	日時	経過時間	日時	経過時間	日時	経過時間
1995/7/12 11:20	-50	1995/7/16 17:20	52	1995/7/20 23:20	154	1995/7/25 5:20	256	1995/7/29 11:20	356	1995/8/2 17:20	460	1995/8/6 23:20	562		
1995/7/12 13:20	-48	1995/7/16 19:20	54	1995/7/21 1:20	156	1995/7/25 7:20	258	1995/7/29 13:20	360	1995/8/2 19:20	462	1995/8/7 1:20	564		
1995/7/12 15:20	-46	1995/7/16 21:20	56	1995/7/21 3:20	158	1995/7/25 9:20	260	1995/7/29 15:20	362	1995/8/2 21:20	464	1995/8/7 3:20	566		
1995/7/12 17:20	-44	1995/7/16 23:20	58	1995/7/21 5:20	160	1995/7/25 11:20	262	1995/7/29 17:20	364	1995/8/2 23:20	466	1995/8/7 5:20	568		
1995/7/12 19:20	-42	1995/7/17 1:20	60	1995/7/21 7:20	162	1995/7/25 13:20	264	1995/7/29 19:20	366	1995/8/3 1:20	468	1995/8/7 7:20	570		
1995/7/12 21:20	-40	1995/7/17 3:20	62	1995/7/21 9:20	164	1995/7/25 15:20	266	1995/7/29 21:20	368	1995/8/3 3:20	470	1995/8/7 9:20	572		
1995/7/12 23:20	-38	1995/7/17 5:20	64	1995/7/21 11:20	166	1995/7/25 17:20	268	1995/7/29 23:20	370	1995/8/3 5:20	472	1995/8/7 11:20	574		
1995/7/13 1:20	-36	1995/7/17 7:20	66	1995/7/21 13:20	168	1995/7/25 19:20	270	1995/7/30 1:20	372	1995/8/3 7:20	474	1995/8/7 13:20	576		
1995/7/13 3:20	-34	1995/7/17 9:20	68	1995/7/21 15:20	170	1995/7/25 21:20	272	1995/7/30 3:20	374	1995/8/3 9:20	476	1995/8/7 15:20	578		
1995/7/13 5:20	-32	1995/7/17 11:20	70	1995/7/21 17:20	172	1995/7/25 23:20	274	1995/7/30 5:20	376	1995/8/3 11:20	478	1995/8/7 17:20	580		
1995/7/13 7:20	-30	1995/7/17 13:20	72	1995/7/21 19:20	174	1995/7/26 1:20	276	1995/7/30 7:20	378	1995/8/3 13:20	480	1995/8/7 19:20	582		
1995/7/13 9:20	-28	1995/7/17 15:20	74	1995/7/21 21:20	176	1995/7/26 3:20	278	1995/7/30 9:20	380	1995/8/3 15:20	482	1995/8/7 21:20	584		
1995/7/13 11:20	-26	1995/7/17 17:20	76	1995/7/21 23:20	178	1995/7/26 5:20	280	1995/7/31 1:20	382	1995/8/3 17:20	484	1995/8/7 23:20	586		
1995/7/13 13:20	-24	1995/7/17 19:20	78	1995/7/22 1:20	180	1995/7/26 7:20	282	1995/7/31 3:20	384	1995/8/3 19:20	486	1995/8/8 1:20	588		
1995/7/13 15:20	-22	1995/7/17 21:20	80	1995/7/22 3:20	182	1995/7/26 9:20	284	1995/7/31 5:20	386	1995/8/3 21:20	488	1995/8/8 3:20	590		
1995/7/13 17:20	-20	1995/7/17 23:20	82	1995/7/22 5:20	184	1995/7/26 11:20	286	1995/7/31 7:20	388	1995/8/3 23:20	490	1995/8/8 5:20	592		
1995/7/13 19:20	-18	1995/7/18 1:20	84	1995/7/22 7:20	186	1995/7/26 13:20	288	1995/7/31 9:20	390	1995/8/4 1:20	492	1995/8/8 7:20	594		
1995/7/13 21:20	-16	1995/7/18 3:20	86	1995/7/22 9:20	188	1995/7/26 15:20	290	1995/7/31 11:20	392	1995/8/4 3:20	494	1995/8/8 9:20	596		
1995/7/13 23:20	-14	1995/7/18 5:20	88	1995/7/22 11:20	190	1995/7/26 17:20	292	1995/7/31 13:20	394	1995/8/4 5:20	496	1995/8/8 11:20	598		
1995/7/14 1:20	-12	1995/7/18 7:20	90	1995/7/22 13:20	192	1995/7/26 19:20	294	1995/7/31 15:20	396	1995/8/4 7:20	498	1995/8/8 13:20	600		
1995/7/14 3:20	-10	1995/7/18 9:20	92	1995/7/22 15:20	194	1995/7/26 21:20	296	1995/7/31 17:20	398	1995/8/4 9:20	500	1995/8/8 15:20	602		
1995/7/14 5:20	-8	1995/7/18 11:20	94	1995/7/22 17:20	196	1995/7/26 23:20	298	1995/7/31 19:20	400	1995/8/4 11:20	502	1995/8/8 17:20	604		
1995/7/14 7:20	-6	1995/7/18 13:20	96	1995/7/22 19:20	198	1995/7/27 1:20	300	1995/7/31 21:20	402	1995/8/4 13:20	504	1995/8/8 19:20	606		
1995/7/14 9:20	-4	1995/7/18 15:20	98	1995/7/22 21:20	200	1995/7/27 3:20	302	1995/7/31 23:20	404	1995/8/4 15:20	506	1995/8/8 21:20	608		
1995/7/14 11:20	-2	1995/7/18 17:20	100	1995/7/22 23:20	202	1995/7/27 5:20	304	1995/7/31 1:20	406	1995/8/4 17:20	508	1995/8/8 23:20	610		
1995/7/14 13:20	0	1995/7/18 19:20	102	1995/7/23 1:20	204	1995/7/27 7:20	306	1995/7/31 3:20	408	1995/8/4 19:20	510	1995/8/9 1:20	612		
1995/7/14 15:20	2	1995/7/18 21:20	104	1995/7/23 3:20	206	1995/7/27 9:20	308	1995/7/31 5:20	410	1995/8/4 21:20	512	1995/8/9 3:20	614		
1995/7/14 17:20	4	1995/7/18 23:20	106	1995/7/23 5:20	208	1995/7/27 11:20	310	1995/7/31 7:20	412	1995/8/4 23:20	514	1995/8/9 5:20	616		
1995/7/14 19:20	6	1995/7/19 1:20	108	1995/7/23 7:20	210	1995/7/27 13:20	312	1995/7/31 9:20	414	1995/8/5 1:20	516	1995/8/9 7:20	618		
1995/7/14 21:20	8	1995/7/19 3:20	110	1995/7/23 9:20	212	1995/7/27 15:20	314	1995/7/31 11:20	416	1995/8/5 3:20	518	1995/8/9 9:20	620		
1995/7/14 23:20	10	1995/7/19 5:20	112	1995/7/23 11:20	214	1995/7/27 17:20	316	1995/7/31 13:20	418	1995/8/5 5:20	520	1995/8/9 11:20	622		
1995/7/15 1:20	12	1995/7/19 7:20	114	1995/7/23 13:20	216	1995/7/27 19:20	318	1995/8/1 1:20	420	1995/8/5 7:20	522	1995/8/9 13:20	624		
1995/7/15 3:20	14	1995/7/19 9:20	116	1995/7/23 15:20	218	1995/7/27 21:20	320	1995/8/1 3:20	422	1995/8/5 9:20	524	1995/8/9 15:20	626		
1995/7/15 5:20	16	1995/7/19 11:20	118	1995/7/23 17:20	220	1995/7/27 23:20	322	1995/8/1 5:20	424	1995/8/5 11:20	526	1995/8/9 17:20	628		
1995/7/15 7:20	18	1995/7/19 13:20	120	1995/7/23 19:20	222	1995/7/28 1:20	324	1995/8/1 7:20	426	1995/8/5 13:20	528	1995/8/9 19:20	630		
1995/7/15 9:20	20	1995/7/19 15:20	122	1995/7/23 21:20	224	1995/7/28 3:20	326	1995/8/1 9:20	428	1995/8/5 15:20	530	1995/8/9 21:20	632		
1995/7/15 11:20	22	1995/7/19 17:20	124	1995/7/23 23:20	226	1995/7/28 5:20	328	1995/8/1 11:20	430	1995/8/5 17:20	532	1995/8/9 23:20	634		
1995/7/15 13:20	24	1995/7/19 19:20	126	1995/7/24 1:20	228	1995/7/28 7:20	330	1995/8/1 13:20	432	1995/8/5 19:20	534	1995/8/10 1:20	636		
1995/7/15 15:20	26	1995/7/19 21:20	128	1995/7/24 3:20	230	1995/7/28 9:20	332	1995/8/1 15:20	434	1995/8/5 21:20	536	1995/8/10 3:20	638		
1995/7/15 17:20	28	1995/7/19 23:20	130	1995/7/24 5:20	232	1995/7/28 11:20	334	1995/8/1 17:20	436	1995/8/5 23:20	538	1995/8/10 5:20	640		
1995/7/15 19:20	30	1995/7/20 1:20	132	1995/7/24 7:20	234	1995/7/28 13:20	336	1995/8/1 19:20	438	1995/8/6 1:20	540	1995/8/10 7:20	642		
1995/7/15 21:20	32	1995/7/20 3:20	134	1995/7/24 9:20	236	1995/7/28 15:20	338	1995/8/1 21:20	440	1995/8/6 3:20	542	1995/8/10 9:20	644		
1995/7/15 23:20	34	1995/7/20 5:20	136	1995/7/24 11:20	238	1995/7/28 17:20	340	1995/8/1 23:20	442	1995/8/6 5:20	544	1995/8/10 11:20	646		
1995/7/16 1:20	36	1995/7/20 7:20	138	1995/7/24 13:20	240	1995/7/28 19:20	342	1995/8/2 1:20	444	1995/8/6 7:20	546	1995/8/10 13:20	648		
1995/7/16 3:20	38	1995/7/20 9:20	140	1995/7/24 15:20	242	1995/7/28 21:20	344	1995/8/2 3:20	446	1995/8/6 9:20	548	1995/8/10 15:20	650		
1995/7/16 5:20	40	1995/7/20 11:20	142	1995/7/24 17:20	244	1995/7/28 23:20	346	1995/8/2 5:20	448	1995/8/6 11:20	550				
1995/7/16 7:20	42	1995/7/20 13:20	144	1995/7/24 19:20	246	1995/7/29 1:20	348	1995/8/2 7:20	450	1995/8/6 13:20	552				
1995/7/16 9:20	44	1995/7/20 15:20	146	1995/7/24 21:20	248	1995/7/29 3:20	350	1995/8/2 9:20	452	1995/8/6 15:20	554				
1995/7/16 11:20	46	1995/7/20 17:20	148	1995/7/24 23:20	250	1995/7/29 5:20	352	1995/8/2 11:20	454	1995/8/6 17:20	556				
1995/7/16 13:20	48	1995/7/20 19:20	150	1995/7/25 1:20	252	1995/7/29 7:20	354	1995/8/2 13:20	456	1995/8/6 19:20	558				
1995/7/16 15:20	50	1995/7/20 21:20	152	1995/7/25 3:20	254	1995/7/29 9:20	356	1995/8/2 15:20	458	1995/8/6 21:20	560				

表-3 圧力伝播試験Ⅱの経過時間と日時の対応表 (1/1)

日時	経過時間	日時	経過時間	経過時間	日時	経過時間
1995/7/23 12:25		1995/7/27 18:25	52		1995/8/1 0:25	154
1995/7/23 14:25	-48	1995/7/27 20:25	54		1995/8/5 8:25	256
1995/7/23 16:25	-46	1995/7/27 22:25	56		1995/8/5 10:25	258
1995/7/23 18:25	-44	1995/7/28 0:25	58		1995/8/5 12:25	260
1995/7/23 20:25	-42	1995/7/28 2:25	60		1995/8/5 14:25	262
1995/7/23 22:25	-40	1995/7/28 4:25	62		1995/8/5 16:25	264
1995/7/24 0:25	-38	1995/7/28 6:25	64		1995/8/5 18:25	266
1995/7/24 2:25	-36	1995/7/28 8:25	66		1995/8/5 20:25	268
1995/7/24 4:25	-34	1995/7/28 10:25	68		1995/8/5 22:25	270
1995/7/24 6:25	-32	1995/7/28 12:25	70		1995/8/6 0:25	272
1995/7/24 8:25	-30	1995/7/28 14:25	72		1995/8/6 2:25	274
1995/7/24 10:25	-28	1995/7/28 16:25	74		1995/8/6 4:25	276
1995/7/24 12:25	-26	1995/7/28 18:25	76		1995/8/6 6:25	278
1995/7/24 14:25	-24	1995/7/28 20:25	78		1995/8/6 8:25	280
1995/7/24 16:25	-22	1995/7/28 22:25	80		1995/8/6 10:25	282
1995/7/24 18:25	-20	1995/7/29 0:25	82		1995/8/6 12:25	284
1995/7/24 20:25	-18	1995/7/29 2:25	84		1995/8/6 14:25	286
1995/7/24 22:25	-16	1995/7/29 4:25	86		1995/8/6 16:25	288
1995/7/25 0:25	-14	1995/7/29 6:25	88		1995/8/6 18:25	290
1995/7/25 2:25	-12	1995/7/29 8:25	90		1995/8/6 20:25	292
1995/7/25 4:25	-10	1995/7/29 10:25	92		1995/8/6 22:25	294
1995/7/25 6:25	-8	1995/7/29 12:25	94		1995/8/7 0:25	296
1995/7/25 8:25	-6	1995/7/29 14:25	96		1995/8/7 2:25	298
1995/7/25 10:25	-4	1995/7/29 16:25	98		1995/8/7 4:25	300
1995/7/25 12:25	-2	1995/7/29 18:25	100		1995/8/7 6:25	302
1995/7/25 14:25	0	1995/7/29 20:25	102		1995/8/7 8:25	304
1995/7/25 16:25	2	1995/7/29 22:25	104		1995/8/7 10:25	306
1995/7/25 18:25	4	1995/7/30 0:25	106		1995/8/7 12:25	308
1995/7/25 20:25	6	1995/7/30 2:25	108		1995/8/7 14:25	310
1995/7/25 22:25	8	1995/7/30 4:25	110		1995/8/7 16:25	312
1995/7/26 0:25	10	1995/7/30 6:25	112		1995/8/7 18:25	314
1995/7/26 2:25	12	1995/7/30 8:25	114		1995/8/7 20:25	316
1995/7/26 4:25	14	1995/7/30 10:25	116		1995/8/7 22:25	318
1995/7/26 6:25	16	1995/7/30 12:25	118		1995/8/8 0:25	320
1995/7/26 8:25	18	1995/7/30 14:25	120		1995/8/8 2:25	322
1995/7/26 10:25	20	1995/7/30 16:25	122		1995/8/8 4:25	324
1995/7/26 12:25	22	1995/7/30 18:25	124		1995/8/8 6:25	326
1995/7/26 14:25	24	1995/7/30 20:25	126		1995/8/8 8:25	328
1995/7/26 16:25	26	1995/7/30 22:25	128		1995/8/8 10:25	330
1995/7/26 18:25	28	1995/7/31 0:25	130		1995/8/8 12:25	332
1995/7/26 20:25	30	1995/7/31 2:25	132		1995/8/8 14:25	334
1995/7/26 22:25	32	1995/7/31 4:25	134		1995/8/8 16:25	336
1995/7/27 0:25	34	1995/7/31 6:25	136		1995/8/8 18:25	338
1995/7/27 2:25	36	1995/7/31 8:25	138		1995/8/8 20:25	340
1995/7/27 4:25	38	1995/7/31 10:25	140		1995/8/8 22:25	342
1995/7/27 6:25	40	1995/7/31 12:25	142		1995/8/9 0:25	344
1995/7/27 8:25	42	1995/7/31 14:25	144		1995/8/9 2:25	346
1995/7/27 10:25	44	1995/7/31 16:25	146		1995/8/9 4:25	348
1995/7/27 12:25	46	1995/7/31 18:25	148		1995/8/9 6:25	350
1995/7/27 14:25	48	1995/7/31 20:25	150		1995/8/9 8:25	352
1995/7/27 16:25	50	1995/7/31 22:25	152		1995/8/9 10:25	354
						356

表-4 間隙水圧データの取得日時・取得間隔と1994/10/1 0:0:0からの経過日数 (1/2)

開始	終了	観測間隔	備考	経過日数 (開始)	経過日数 (終了)
1994/10/6 10:11:43	1994/10/7 9:29:43	2		5.424803241	6.395636574
1994/10/13 9:46:01	1994/10/13 12:02:01	2		12.40695602	12.50140046
1994/10/13 12:10:52	1994/10/13 14:36:52	2		12.5075463	12.60893519
1994/10/13 15:22:11	1994/10/14 9:37:11	5		12.64040509	13.40082176
1994/10/15 10:16:54	1994/10/17 15:28:54	2		14.42840278	16.64506944
1994/10/17 15:32:07	1994/10/18 15:52:07	2		16.64730324	17.66119213
1994/10/18 15:57:38	1994/10/19 16:01:38	2		17.66502315	18.66780093
1994/10/19 16:04:46	1994/10/20 16:10:46	2		18.66997685	19.67414352
1994/10/20 16:12:17	1994/10/21 16:00:17	2		19.67519676	20.66686343
1994/10/21 16:01:51	1994/10/22 8:53:51	2		20.66795139	21.37072917
1994/10/22 16:03:35	1994/10/22 16:05:35	2		21.66915509	21.67054398
1994/10/23 14:20:24	1994/10/25 10:20:24	2		22.5975	24.43083333
1994/10/25 10:22:52	1994/10/26 15:36:52	2		24.4325463	25.65060185
1994/10/26 15:37:57	1994/10/27 15:27:57	2		25.65135417	26.64440972
1994/10/27 15:28:35	1994/10/28 15:02:35	2		26.64484954	27.62679398
1994/10/28 15:03:59	1994/10/29 14:57:59	2		27.6277662	28.62359954
1994/10/29 15:26:43	1994/10/31 14:58:43	2		28.64355324	30.6241088
1994/10/31 15:00:36	1994/11/1 9:28:36	2		30.62541667	31.39486111
1994/11/1 9:33:30	1994/11/1 14:53:30	2		31.39826389	31.62048611
1994/11/1 15:22:10	1994/11/2 15:04:10	2		31.64039352	32.62789352
1994/11/2 15:07:36	1994/11/4 14:51:36	2		32.63027778	34.61916667
1994/11/4 14:53:12	1994/11/5 14:57:12	2		34.62027778	35.62305556
1994/11/5 14:59:28	1994/11/7 15:13:28	2		35.62462963	37.63435185
1994/11/7 15:15:57	1994/11/8 16:57:57	2		37.63607639	38.70690972
1994/11/8 15:16:50	1994/11/9 15:12:50	2		38.63668981	39.63391204
1994/11/9 15:14:07	1994/11/10 8:56:07	2		39.63480324	40.37230324
1994/11/10 9:17:24	1994/11/10 9:19:24	2		40.38708333	40.38847222
1994/11/10 9:40:10	1994/11/10 13:54:10	2		40.40289352	40.57928241
1994/11/10 13:57:26	1994/11/11 12:35:26	2		40.58155093	41.52460648
1994/11/11 13:34:24	1994/11/11 15:06:24	2		41.56555556	41.62944444
1994/11/11 15:08:51	1994/11/14 13:10:51	2		41.63114583	44.54920139
1994/11/15 19:47:41	1994/11/22 15:51:41	2		45.82478009	52.6608912
1994/11/22 15:56:38	1994/11/27 22:31:38	5		52.6643287	57.93863426
1994/12/2 14:05:29	1994/12/7 10:46:29	5		62.5871412	67.44894676
1994/12/7 10:52:47	1994/12/8 15:05:47	1		67.45332176	68.6290162
1994/12/8 15:08:12	1994/12/10 8:33:12	5		68.63069444	70.35638889
1994/12/10 15:29:50	1994/12/10 15:34:50	5		70.64571759	70.64918981
1994/12/12 15:21:07	1994/12/26 10:11:07	5		72.63966435	86.42438657
1994/12/26 10:16:29	1995/1/10 15:21:29	5		86.42811343	101.639919
1995/1/10 15:24:06	1995/1/17 9:19:06	5		101.6417361	108.3882639
1995/1/17 9:30:17	1995/1/17 9:35:17	5		108.3960301	108.3995023
1995/1/19 10:04:01	1995/2/1 14:34:01	5		110.419456	123.606956
1995/2/1 14:58:38	1995/2/14 9:57:38	5		123.6240509	136.4150231
1995/2/14 10:01:29	1995/2/17 11:31:29	5		136.4176968	139.4801968
1995/2/17 11:35:35	1995/2/20 14:15:35	5		139.483044	142.5941551
1995/2/20 14:18:18	1995/2/22 12:53:18	5		142.5960417	144.5370139
1995/2/23 10:32:55				145.4395255	-34608
1995/2/28 14:56:26	1995/3/7 15:11:26	5		150.6225231	157.6329398
1995/3/7 15:21:01	1995/3/11 13:51:01	5		157.6395949	161.5770949
1995/3/11 14:13:56				161.5930093	-34608
1995/3/11 15:16:08	1995/3/11 15:21:08	5		161.6362037	161.6396759
1995/3/13 14:54:44	1995/3/15 9:34:44	5		163.6213426	165.3991204
1995/3/15 9:36:24	1995/3/16 10:01:24	5		165.4002778	166.4176389
1995/3/16 10:07:15	1995/3/18 14:37:15	5		166.4217014	168.6092014
1995/3/18 14:39:04	1995/3/24 13:09:04	5		168.610463	174.547963
1995/3/24 13:14:36	1995/3/30 14:39:36	5		174.5518056	180.6108333
1995/3/30 14:44:05	1995/3/31 11:09:05	5		180.6139468	181.4646412
1995/3/31 11:09:53	1995/4/4 9:59:53	5		181.4651968	185.4165856
1995/4/4 10:06:45	1995/4/10 15:06:45	5		185.4213542	191.6296875

表-4 間隙水圧データの取得日時・取得間隔と1994/10/1 0:0:0からの経過日数 (2/2)

1995/4/15 19:16:32	1995/4/22 15:11:32	5		196.8031481	203.6330093
1995/4/24 12:33:10	1995/5/11 14:43:10	5		205.5230324	222.6133102
1995/5/11 14:48:53	1995/5/18 15:13:53	5		222.6172801	229.6346412
1995/5/18 15:19:17	1995/5/25 9:44:17	5		229.6383912	236.4057523
1995/5/25 12:03:27	1995/5/26 9:48:27	5		236.5023958	237.4086458
1995/5/26 9:52:39	1995/5/30 9:52:39	5		237.4115625	241.4115625
1995/5/30 9:57:47	1995/6/1 9:32:47	5		241.4151273	243.3977662
1995/6/1 9:36:41	1995/6/1 14:31:41	5		243.4004745	243.6053356
1995/6/1 14:58:45	1995/6/2 9:33:45	5		243.6241319	244.3984375
1995/6/2 9:35:42	1995/6/2 11:07:31	5		244.3997917	244.4635532
1995/6/2 11:26:13	1995/6/5 9:46:13	5		244.4765394	247.4070949
1995/6/5 9:48:16	1995/6/7 14:13:16	5		247.4085185	249.5925463
1995/6/7 14:58:12	1995/6/7 15:03:12	5		249.62375	249.6272222
1995/6/15 10:02:36	1995/6/20 14:02:36	5		257.4184722	262.5851389
1995/6/20 14:04:51	1995/6/24 9:14:51	5		262.5867014	266.3853125
1995/6/24 14:54:36				266.62125	-34608
1995/6/24 15:55:12	1995/6/24 16:00:12	5		266.6633333	266.6668056
1995/6/27 10:19:56	1995/6/28 9:04:56	5	ケース1のデータ無し	269.4305093	270.3784259
1995/6/28 9:06:45	1995/7/6 15:06:45	5	ケース1のデータ無し	270.3796875	278.6296875
1995/7/6 15:35:17	1995/7/7 9:15:17	5		278.6495023	279.3856134
1995/7/7 9:44:44	1995/7/13 10:59:44	5		279.4060648	285.4581481
1995/7/13 11:04:28	1995/7/14 9:29:28	5		285.4614352	286.395463
1995/7/14 9:58:38	1995/7/14 11:03:38	5		286.4157176	286.4608565
1995/7/14 11:20:04	1995/7/15 8:12:04	1		286.4722685	287.341713
1995/7/15 9:36:04	1995/7/17 9:21:04	5		287.4000463	289.3896296
1995/7/17 9:25:07	1995/7/18 9:23:07	1		289.3924421	290.3910532
1995/7/18 9:27:18	1995/7/19 10:17:18	5		290.3939583	291.4286806
1995/7/19 10:36:20	1995/7/20 9:11:20	5		291.4418981	292.3828704
1995/7/20 9:15:32	1995/7/21 9:25:32	5		292.385787	293.3927315
1995/7/21 9:29:54	1995/7/25 9:24:54	5		293.3957639	297.3922917
1995/7/25 14:17:36	1995/7/26 10:06:36	1		297.5955556	298.42125
1995/7/26 10:11:13	1995/7/27 9:26:13	1		298.424456	299.393206
1995/7/27 9:27:35	1995/7/28 9:16:35	1		299.3941551	300.3865162
1995/7/28 9:18:49	1995/8/1 14:48:49	5		300.3880671	304.6172338
1995/8/1 14:57:06	1995/8/2 16:07:06	5		304.6229861	305.6715972
1995/8/2 16:18:02	1995/8/3 15:03:02	5		305.6791898	306.6271065
1995/8/3 15:37:26	1995/8/4 9:22:26	5		306.6509954	307.3905787
1995/8/4 9:26:55	1995/8/7 9:18:55	2		307.3936921	310.3881366
1995/8/7 9:24:53	1995/8/8 15:54:53	5		310.3922801	311.6631134
1995/8/8 15:58:21	1995/8/9 15:56:21	2		311.6655208	312.6641319
1995/8/9 16:00:11	1995/8/10 15:34:11	2		312.666794	313.6487384
1995/8/10 15:37:45	1995/8/11 15:49:45	2		313.6512153	314.6595486

表-5 イベントヒストリー (1/9)

日付	開始時間	終了時間	内容	場所	位置	備考	1994/10/1からの経過日数	圧力伝播試験1からの経過時間	圧力伝播試験2からの経過時間
1994/10/6	11:00	14:30	穿孔 (人工バリア破壊確認)	人工バリア破壊	13.3 坑道入り口からの距離		5.458333333		
1994/10/6	15:40	16:40	発破 (人工バリア破壊確認)	人工バリア破壊	13 坑道入り口からの距離		5.627777778		
1994/10/7	11:00	14:30	穿孔 (人工バリア破壊確認)	人工バリア破壊	14.3 坑道入り口からの距離		6.458333333		
1994/10/7	15:45	16:45	発破 (人工バリア破壊確認)	人工バリア破壊	14 坑道入り口からの距離		6.5625		
1994/10/8	11:00	14:30	穿孔 (人工バリア破壊確認)	人工バリア破壊	15.3 坑道入り口からの距離		7.458333333		
1994/10/8	15:40	16:40	発破 (人工バリア破壊確認)	人工バリア破壊	15 坑道入り口からの距離		7.652777778		
1994/10/13	11:00	14:30	穿孔 (人工バリア破壊確認)	人工バリア破壊	15.8 坑道入り口からの距離		12.458333333		
1994/10/13	15:45	16:00	発破 (人工バリア破壊確認)	人工バリア破壊	15.5 坑道入り口からの距離		12.6525		
1994/10/13	13:45	16:00	試験孔(KH-20)掘削	KD-90坑道周辺	0-0.6 北向、-1'、掘削長		12.572916667		
1994/10/14	11:00	14:30	穿孔 (人工バリア破壊確認)	人工バリア破壊	16.3 坑道入り口からの距離		13.458333333		
1994/10/14	16:15	16:45	発破 (人工バリア破壊確認)	人工バリア破壊	16 坑道入り口からの距離		13.677083333		
1994/10/14	9:30	12:00	試験孔(KH-20)掘削	KD-90坑道周辺	3.1 本までの掘削長		13.958333333		
1994/10/15	11:00	14:30	穿孔 (人工バリア破壊確認)	人工バリア破壊	17.1 坑道入り口からの距離		14.458333333		
1994/10/15	16:25	16:45	発破 (人工バリア破壊確認)	人工バリア破壊	16.8 坑道入り口からの距離		14.684027778		
1994/10/15	9:30	16:30	KH-20ケーシング内へセメント注入	KD-90坑道周辺			14.958333333		
1994/10/17	11:00	14:30	穿孔 (人工バリア破壊確認)	人工バリア破壊	17.9 坑道入り口からの距離		16.458333333		
1994/10/17	16:00	16:45	発破 (人工バリア破壊確認)	人工バリア破壊	17.8 坑道入り口からの距離		16.666666667		
1994/10/17	9:54	11:17	KH-20ケーシング内コンクリート切り	KD-90坑道周辺	6.2 本までの掘削長		16.4125		
1994/10/17	11:17	15:18	試験孔(KH-20)掘削	KD-90坑道周辺			16.47013889		
1994/10/17	15:51	16:45	KH-20孔閉塞	KD-90坑道周辺			16.66041667		
1994/10/18	9:40	10:40	KH-20孔閉塞	KD-90坑道周辺			17.40277778		
1994/10/18	11:00	14:30	穿孔 (人工バリア破壊確認)	人工バリア破壊	18.7 坑道入り口からの距離		17.458333333		
1994/10/18	16:35	16:45	発破 (人工バリア破壊確認)	人工バリア破壊	18.4 坑道入り口からの距離		17.690972222		
1994/10/18	9:50	15:15	試験孔(KH-20)掘削	KD-90坑道周辺	12.7 本までの掘削長		17.40972222		
1994/10/18	15:48	16:48	KH-20孔閉塞	KD-90坑道周辺			17.65694444		
1994/10/19	9:34	10:34	KH-20孔閉塞	KD-90坑道周辺			18.39861111		
1994/10/19	11:00	14:30	穿孔 (人工バリア破壊確認)	人工バリア破壊	19.5 坑道入り口からの距離		18.458333333		
1994/10/19	16:30	16:45	発破 (人工バリア破壊確認)	人工バリア破壊	19.2 坑道入り口からの距離		18.6675		
1994/10/19	9:47	15:18	試験孔(KH-20)掘削	KD-90坑道周辺	18.4 本までの掘削長		18.40763889		
1994/10/19	16:01	16:01	KH-20孔閉塞	KD-90坑道周辺			18.66736111		
1994/10/20	9:37	10:37	KH-20孔閉塞	KD-90坑道周辺			19.40069444		
1994/10/20	11:00	14:30	穿孔 (人工バリア破壊確認)	人工バリア破壊	20.3 坑道入り口からの距離		19.458333333		
1994/10/20	16:45	16:45	発破 (人工バリア破壊確認)	人工バリア破壊	20 坑道入り口からの距離		19.69791667		
1994/10/20	9:54	15:59	試験孔(KH-20)掘削	KD-90坑道周辺	26.2 本までの掘削長		19.4125		
1994/10/20	16:34	16:34	KH-20孔閉塞	KD-90坑道周辺			19.68027778		
1994/10/21	9:26	10:26	KH-20孔閉塞	KD-90坑道周辺			20.39305556		
1994/10/21	11:00	14:30	穿孔 (人工バリア破壊確認)	人工バリア破壊	20.3 坑道入り口からの距離		20.458333333		
1994/10/21	16:45	16:45	発破 (人工バリア破壊確認)	人工バリア破壊	20 坑道入り口からの距離		20.68791667		
1994/10/21	9:46	15:40	試験孔(KH-20)掘削	KD-90坑道周辺	32 本までの掘削長		20.40684444		
1994/10/21	16:20	16:20	KH-20孔閉塞	KD-90坑道周辺			20.68054556		
1994/10/26	9:38	10:38	KH-20孔閉塞	KD-90坑道周辺			25.40738889		
1994/10/26	11:00	14:30	穿孔 (人工バリア破壊確認)	人工バリア破壊	1.3 坑道入り口からの距離		25.458333333		
1994/10/26	16:30	16:30	発破 (人工バリア破壊確認)	人工バリア破壊	1 坑道入り口からの距離		25.6875		
1994/10/26	9:54	15:13	試験孔(KH-20)掘削	KD-90坑道周辺	37.8 本までの掘削長		25.4125		
1994/10/26	15:45	16:45	KH-20孔閉塞	KD-90坑道周辺			25.65625		
1994/10/27	9:27	10:27	KH-20孔閉塞	KD-90坑道周辺			26.39375		
1994/10/27	13:00	15:00	穿孔 (人工バリア破壊確認)	人工バリア破壊	1.3 坑道入り口からの距離		26.54166667		
1994/10/27	16:15	16:15	発破 (人工バリア破壊確認)	人工バリア破壊	1 坑道入り口からの距離		26.677083333		
1994/10/27	9:42	15:04	試験孔(KH-20)掘削	KD-90坑道周辺	45.1 本までの掘削長		26.40416667		
1994/10/27	15:35	16:35	KH-20孔閉塞	KD-90坑道周辺			27.39444444		
1994/10/28	9:28	10:28	KH-20孔閉塞	KD-90坑道周辺			28.64830556		
1994/10/28	15:17	16:17	KH-20孔閉塞	KD-90坑道周辺	51.5 本までの掘削長		27.40486111		
1994/10/28	9:43	14:37	試験孔(KH-20)掘削	KD-90坑道周辺			27.63680556		
1994/10/28	15:17	16:17	KH-20孔閉塞	KD-90坑道周辺			28.39791667		
1994/10/29	9:33	10:33	KH-20孔閉塞	KD-90坑道周辺			28.54166667		
1994/10/29	13:00	15:00	穿孔 (人工バリア破壊確認)	人工バリア破壊			28.54166667		
1994/10/29	15:35	16:35	発破 (人工バリア破壊確認)	人工バリア破壊			28.64830556		
1994/10/29	9:47	14:34	試験孔(KH-20)掘削	KD-90坑道周辺	57.1 本までの掘削長		28.40763889		

表-5 イベントヒストリー (2/9)

1994/10/29	15:07		KH-20孔閉鎖	KD-90坑道周辺			28.62986111
1994/10/31	9:33		KH-20孔開放	KD-90坑道周辺			30.39791667
1994/10/31	13:00	14:30	穿孔 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道			30.54166667
1994/10/31	15:15		突破 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道			30.63541667
1994/10/31	8:55	14:39	試験孔(KH-20)掘削	KD-90坑道周辺	63.1	本日までの掘削長	30.41319444
1994/10/31	15:14		KH-20孔閉鎖	KD-90坑道周辺			30.63472222
1994/11/1	9:48		KH-20孔開放	KD-90坑道周辺			31.40902778
1994/11/1	13:30	14:30	穿孔 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道			31.5825
1994/11/1	17:05		突破 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	67.1	本日までの掘削長	31.71180556
1994/11/1	10:17	14:21	試験孔(KH-20)掘削	KD-90坑道周辺			31.42847222
1994/11/1	15:33		KH-20孔閉鎖	KD-90坑道周辺			31.64791667
1994/11/2	9:39		KH-20孔開放	KD-90坑道周辺			32.40208333
1994/11/2	13:30	14:30	穿孔 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道			32.5825
1994/11/2	16:35		突破 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道			32.69097222
1994/11/2	10:39	14:23	試験孔(KH-20)掘削	KD-90坑道周辺	70.9	本日までの掘削長	32.44375
1994/11/4	8:40		KH-20孔閉鎖	KD-90坑道周辺			32.69583333
1994/11/4	13:30	14:30	穿孔 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道			34.40277778
1994/11/4	17:00		突破 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道			34.5825
1994/11/4	10:04	11:42	試験孔(KH-20)掘削	KD-90坑道周辺	70.9	本日までの掘削長	34.70833333
1994/11/4	16:50		KH-20孔に1個のパッカー設置	人工バリア坑道			34.41944444
1994/11/5	10:00	12:00	穿孔 (人工バリア坑道掘削)	KD-90坑道周辺	66.5	パッカー位置	34.70138889
1994/11/5	12:25		突破 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道			35.41666667
1994/11/5	16:55		突破 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道			35.51736111
1994/11/7	9:40		KH-20孔開放	KD-90坑道周辺			35.70486111
1994/11/7	13:00	15:30	穿孔 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道			37.40277778
1994/11/7	16:35		突破 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道			37.54166667
1994/11/7	10:37	13:44	試験孔(KH-20)掘削	KD-90坑道周辺	76.1	本日までの掘削長	37.65097222
1994/11/7	15:21		KH-20孔閉鎖	KD-90坑道周辺			37.44236111
1994/11/8	9:37		KH-20孔開放	KD-90坑道周辺			37.63958333
1994/11/8	13:00	15:00	穿孔 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道			38.40059444
1994/11/8	12:05		突破 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道			38.54166667
1994/11/8	15:45		突破 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道			38.50347222
1994/11/8	8:56	14:53	試験孔(KH-20)掘削	KD-90坑道周辺	81.9	本日までの掘削長	38.55825
1994/11/8	15:32		KH-20孔閉鎖	KD-90坑道周辺			38.41388889
1994/11/9	9:31		KH-20孔開放	KD-90坑道周辺			38.64722222
1994/11/9	13:00	16:00	穿孔 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道			39.39632778
1994/11/9	17:15		突破 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道			39.54166667
1994/11/9	9:53	14:54	試験孔(KH-20)掘削	KD-90坑道周辺	88	本日までの掘削長	39.71875
1994/11/9	15:30		KH-20孔閉鎖	KD-90坑道周辺			39.41180556
1994/11/10	9:43		KH-20孔開放	KD-90坑道周辺			39.65972222
1994/11/10	13:00	15:00	穿孔 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道			40.40486111
1994/11/10	16:10		突破 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道			40.54166667
1994/11/10	10:01	14:46	試験孔(KH-20)掘削	KD-90坑道周辺	93.5	本日までの掘削長	40.67361111
1994/11/10	15:34		KH-20孔閉鎖	KD-90坑道周辺			40.41736111
1994/11/11	9:39		KH-20孔開放	KD-90坑道周辺			40.64661111
1994/11/11	13:00	15:00	穿孔 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道			41.40208333
1994/11/11	12:45		突破 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道			41.54166667
1994/11/11	16:50		突破 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道			41.53125
1994/11/11	10:00	14:50	試験孔(KH-20)掘削	KD-90坑道周辺	98.4	本日までの掘削長	41.70138889
1994/11/11	15:34		KH-20孔閉鎖	KD-90坑道周辺			41.41666667
1994/11/14	9:45		KH-20孔開放	KD-90坑道周辺			41.64661111
1994/11/14	10:00	11:00	穿孔 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道			44.40625
1994/11/14	12:00		突破 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道			44.41666667
1994/11/14	10:20	11:14	試験孔(KH-20)掘削	KD-90坑道周辺	100.3	本日までの掘削長、掘削完了	44.5
1994/11/14	13:30		KH-20孔閉鎖	KD-90坑道周辺			44.43055556
1994/11/15	10:00	16:00	穿孔 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道			44.5625
1994/11/15	9:53		KH-18孔抜き取り	KD-90坑道周辺			45.41666667
1994/11/15	9:53			KD-90坑道周辺			45.41180556

表-5 イベントヒストリー (3/9)

1994/11/15	13:24	KH-14乳抜き取り	KD-90疏通周辺	パッカー丘低下が溜りためチェック	45,559,333
1994/11/18	9:00	16:00 穿孔 (人工バリア充填)	人工バリア充填	適切	48,375
1994/11/18	13:15	KH-20孔開放 (孔詰め作業のため)	KD-90疏通周辺		48,552,093
1994/11/18	15:00	KH-20孔閉鎖	KD-90疏通周辺		48,823
1994/11/19	10:00	11:30 穿孔 (人工バリア充填)	人工バリア充填	適切	49,416,666
1994/11/19	12:00	発破 (人工バリア充填)	人工バリア充填	適切	49,5
1994/11/19	15:00	17:30 穿孔 (人工バリア充填)	人工バリア充填	適切	49,823
1994/11/19	18:15	発破 (人工バリア充填)	人工バリア充填	適切	49,760,416
1994/11/19	9:20	KH-20孔開放 (BTV, 流量検層のため)	KD-90疏通周辺		49,388,889
1994/11/21	10:00	11:30 穿孔 (人工バリア充填)	人工バリア充填	適切	51,416,666
1994/11/21	12:35	発破 (人工バリア充填)	人工バリア充填	適切	51,524,305
1994/11/21	14:00	15:30 穿孔 (人工バリア充填)	人工バリア充填	適切	51,593,333
1994/11/21	16:35	発破 (人工バリア充填)	人工バリア充填	適切	51,890,722
1994/11/21	11:00	16:20 KH-20孔流量検層	KD-90疏通周辺		51,458,333
1994/11/22	10:00	11:30 穿孔 (人工バリア充填)	人工バリア充填	適切	52,416,666
1994/11/22	12:50	発破 (人工バリア充填)	人工バリア充填	適切	52,534,722
1994/11/22	14:00	16:00 穿孔 (人工バリア充填)	人工バリア充填	適切	52,583,333
1994/11/22	16:25	発破 (人工バリア充填)	人工バリア充填	適切	52,684,027
1994/11/22	9:50	16:40 KH-20孔流量検層	KD-90疏通周辺		52,409,722
1994/11/23	10:00	16:00 KH-20孔流量検層	KD-90疏通周辺		53,416,666
1994/11/24	10:00	11:30 穿孔 (人工バリア充填)	人工バリア充填	適切	54,416,666
1994/11/24	12:30	発破 (人工バリア充填)	人工バリア充填	適切	54,520,833
1994/11/24	14:00	15:30 穿孔 (人工バリア充填)	人工バリア充填	適切	54,583,333
1994/11/24	16:30	発破 (人工バリア充填)	人工バリア充填	適切	54,687,5
1994/11/24	11:00	16:00 KH-20孔流量検層	KD-90疏通周辺		54,458,333
1994/11/25	14:00	16:00 穿孔 (人工バリア充填)	人工バリア充填	適切	55,583,333
1994/11/25	16:45	発破 (人工バリア充填)	人工バリア充填	適切	55,697,916
1994/11/25	10:00	16:20 KH-20孔流量検層	KD-90疏通周辺		55,416,666
1994/11/26	11:00	15:30 穿孔 (人工バリア充填)	人工バリア充填	適切	58,458,333
1994/11/26	16:45	発破 (人工バリア充填)	人工バリア充填	適切	58,687,916
1994/11/28	10:00	11:30 穿孔 (人工バリア充填)	人工バリア充填	適切	58,416,666
1994/11/28	12:25	発破 (人工バリア充填)	人工バリア充填	適切	58,517,361
1994/11/28	16:30	穿孔 (人工バリア充填)	人工バリア充填	適切	58,583,333
1994/11/28	9:30	16:30 KH-20孔パッカー設置作業	KD-90疏通周辺		58,395,833
1994/11/29	10:00	11:30 穿孔 (人工バリア充填)	人工バリア充填	適切	59,416,666
1994/11/29	12:15	発破 (人工バリア充填)	人工バリア充填	適切	59,510,416
1994/11/29	13:00	16:00 穿孔 (人工バリア充填)	人工バリア充填	適切	59,541,666
1994/11/29	17:35	発破 (人工バリア充填)	人工バリア充填	適切	59,726,389
1994/11/30	9:30	17:00 KH-20孔パッカー設置作業	KD-90疏通周辺		59,395,833
1994/12/1	10:00	12:00 穿孔 (人工バリア充填)	人工バリア充填	適切	60,395,833
1994/12/1	12:45	発破 (人工バリア充填)	人工バリア充填	適切	61,416,666
1994/12/1	9:30	16:20 KH-20孔パッカー設置作業	KD-90疏通周辺		61,531,25
1994/12/2	10:00	15:00 穿孔 (人工バリア充填)	人工バリア充填	適切	61,395,833
1994/12/2	16:40	発破 (人工バリア充填)	人工バリア充填	適切	62,416,666
1994/12/2	15:30	16:20 KH-20孔パッカー加圧	KD-90疏通周辺		62,684,444
1994/12/3	10:00	15:00 穿孔 (人工バリア充填)	人工バリア充填	パッカー設置完了	62,645,833
1994/12/3	16:40	発破 (人工バリア充填)	人工バリア充填	適切	63,416,666
1994/12/3	9:30	11:00 KH-20孔パッカー加圧	KD-90疏通周辺		63,684,444
1994/12/5	11:25	発破 (人工バリア充填)	人工バリア充填	パッカー丘低下のため	63
1994/12/5	13:00	15:30 穿孔 (人工バリア充填)	人工バリア充填	適切	65,395,833
1994/12/5	16:20	発破 (人工バリア充填)	人工バリア充填	適切	65,475,844
1994/12/6	9:30	11:00 穿孔 (人工バリア充填)	人工バリア充填	適切	65,541,666
1994/12/6	12:10	発破 (人工バリア充填)	人工バリア充填	適切	65,680,555
1994/12/6	13:00	15:30 穿孔 (人工バリア充填)	人工バリア充填	適切	66,395,833
1994/12/6	16:50	発破 (人工バリア充填)	人工バリア充填	適切	66,506,444
1994/12/6	16:50	KH-20孔パッカー加圧	KD-90疏通周辺	パッカー丘低下のため	66,701,889
1994/12/6					68

表-5 イベントヒストリー (4/9)

1994/12/7	10:20	KH-20孔パッカー加圧	KD-90坑道周辺	パッカー圧低下のため	67.4055556
1994/12/7	11:42	13:54 KH-20孔閉鎖	KD-90坑道周辺		67.4875
1994/12/7	13:54	KH-20孔ピルアドプ試験	KD-90坑道周辺		67.57916667
1994/12/7	9:40	15:30 KH-18孔パッカー再設置作業	KD-90坑道周辺		67.40277778
1994/12/8	9:54	KH-20孔パッカー加圧	KD-90坑道周辺	パッカー圧低下のため	68.4125
1994/12/8	9:27	13:22 KH-14孔パッカー再設置作業	KD-90坑道周辺		68.39375
1994/12/8	13:22	15:30 KH-14孔パッカー加圧	KD-90坑道周辺		68.55694444
1994/12/8	10:35	15:30 KH-18孔パッカー加圧	KD-90坑道周辺		68.44057222
1994/12/8	9:40	KH-20孔パッカー加圧	KD-90坑道周辺	パッカー圧低下のため	69.40277778
1994/12/12	10:37	10:50 KH-11孔水圧観測ラインをはずす	KD-90坑道周辺	アクセス封鎖直前に係わる発煙防塵作業	72.44236111
1994/12/12	10:55	11:10 KH-12孔水圧観測ラインをはずす	KD-90坑道周辺	アクセス封鎖直前に係わる発煙防塵作業	72.45486111
1994/12/12	11:13	11:23 KH-10孔水圧観測ラインをはずす	KD-90坑道周辺	アクセス封鎖直前に係わる発煙防塵作業	72.46736111
1994/12/12	11:25	11:37 KH-14孔水圧観測ラインをはずす	KD-90坑道周辺	アクセス封鎖直前に係わる発煙防塵作業	72.47569444
1994/12/12	13:30	13:46 KH-15孔水圧観測ラインをはずす	KD-90坑道周辺	アクセス封鎖直前に係わる発煙防塵作業	72.525
1994/12/12	13:50	14:07 KH-17孔水圧観測ラインをはずす	KD-90坑道周辺	アクセス封鎖直前に係わる発煙防塵作業	72.57638889
1994/12/12	14:09	14:18 KH-18孔水圧観測ラインをはずす	KD-90坑道周辺	アクセス封鎖直前に係わる発煙防塵作業	72.58958333
1994/12/12	14:20	14:30 KH-16孔水圧観測ラインをはずす	KD-90坑道周辺	アクセス封鎖直前に係わる発煙防塵作業	72.59722222
1994/12/13	16:00	KH-19,20孔水圧観測ラインをはずす	KD-90坑道周辺	アクセス封鎖直前に係わる発煙防塵作業	73.41666667
1994/12/18	15:00	KH-18孔パッカー加圧 (ただし、水圧観測ラインは開放中)	KD-90坑道周辺	適切	78.625
1994/12/20	9:30	15:00 穿孔 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	適切	80.39583333
1994/12/20	16:45	発煙 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	適切	80.69791667
1994/12/21	11:55	KH-18孔区間1,2,3,4,6閉鎖	KD-90坑道周辺	区間5はチューブ内に空気が残っているため開放中	81.49652778
1994/12/21	13:53	KH-17孔パッカー加圧 (ただし、水圧観測ラインは開放中)	KD-90坑道周辺		81.57847222
1994/12/21	14:24	KH-13孔水圧観測区間バルブ閉鎖	KD-90坑道周辺		81.6
1994/12/21	15:15	KH-12孔水圧観測区間バルブ閉鎖	KD-90坑道周辺		81.63541667
1994/12/21	16:11	KH-16孔パッカー加圧 (ただし、水圧観測ラインは開放中)	KD-90坑道周辺		81.67430556
1994/12/21	16:32	KH-15孔区間1,2,4,5閉鎖	KD-90坑道周辺	区間3,6はチューブ内に空気が残っているため開放中	81.68868889
1994/12/21	9:30	15:30 穿孔 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	適切	81.39583333
1994/12/21	16:40	発煙 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	適切	81.69444444
1994/12/22	9:51	KH-10,11,12,13,14,15,16,17,18孔パッカー加圧	KD-90坑道周辺		82.41041667
1994/12/22	11:50	KH-11孔水圧観測区間バルブ閉鎖	KD-90坑道周辺		82.50684444
1994/12/22	12:01	KH-16孔水圧観測区間バルブ閉鎖	KD-90坑道周辺		82.49305556
1994/12/22	13:36	KH-14孔区間1,2,3,4,5閉鎖	KD-90坑道周辺		82.50684444
1994/12/22	14:06	KH-17孔水圧観測区間バルブ閉鎖	KD-90坑道周辺		82.56666667
1994/12/22	14:32	KH-10孔水圧観測区間バルブ閉鎖	KD-90坑道周辺	区間6はチューブ内に空気が残っているため開放中	82.5875
1994/12/22	15:09	KH-15区間3,6閉鎖	KD-90坑道周辺		82.60555556
1994/12/22	9:30	15:30 穿孔 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	適切	82.93125
1994/12/24	9:30	15:30 穿孔 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	適切	82.39583333
1994/12/24	16:30	発煙 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	適切	84.39583333
1994/12/26	9:30	15:30 穿孔 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	適切	84.6875
1994/12/26	16:50	発煙 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	適切	86.39583333
1994/12/27	9:30	16:30 穿孔 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	適切	86.70138889
1994/12/27	17:10	発煙 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	適切	87.39583333
1994/12/28	9:30	16:30 穿孔 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	適切	87.71527778
1994/12/28	17:55	発煙 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	適切	88.39583333
1994/12/28	10:00	16:30 穿孔 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	適切	88.74652778
1994/12/28	14:40	KH-18孔区間5 KH-14孔区間6閉鎖	KD-90坑道周辺		101.4166667
1995/1/10	14:30	KH-20孔水圧観測区間バルブ閉鎖	KD-90坑道周辺		101.6041667
1995/1/10	14:40	KH-19孔水圧観測区間バルブ閉鎖	KD-90坑道周辺		101.61111111
1995/1/11	9:00	18:00 グラウト試験用試練孔掘削 (岩手大学、0~8.0m)	人工バリア坑道入口		102.375
1995/1/12	9:00	16:00 グラウト試験用試練孔掘削 (岩手大学、8.0~10.2m)	人工バリア坑道入口		103.375
1995/1/17	10:00	14:00 穿孔 (KD-90坑道入り口)	KD-90坑道入り口		108.4166667
1995/1/17	14:25	発煙 (KD-90坑道入り口)	KD-90坑道入り口		108.6006944
1995/1/17	15:10	発煙 (KD-90坑道入り口)	KD-90坑道入り口		108.6319444
1995/1/17	15:50	発煙 (KD-90坑道入り口)	KD-90坑道入り口		108.6397222
1995/1/17	16:30	発煙 (KD-90坑道入り口)	KD-90坑道入り口		108.6875
1995/1/18	9:30	16:00 グラウト注入孔における湧水試験 (岩手大学)	人工バリア坑道入り口		108.3958333
1995/1/18	11:00	12:00 穿孔 (KD-90坑道入り口)	KD-90坑道入り口		109.4583333
1995/1/18	12:45	発煙 (KD-90坑道入り口)	KD-90坑道入り口		109.53125

表-5 イベントヒストリー (5/9)

1995/1/19	10:00	11:00	発孔 (KD-90坑道入り口區)	KD-90坑道入り口		110.416667
1995/1/19	10:30	16:00	アラウト注入試験	人工バリア坑道入り口		110.4375
1995/1/19	12:00	発破 (KD-90坑道入り口區)				110.5
1995/2/7	13:00	14:30	発孔 (KD-90坑道入り口區)	KD-90坑道入り口		129.5416667
1995/2/7	16:35	発破 (KD-90坑道入り口區)				129.6909722
1995/2/8	13:00	14:30	発孔 (アークセス坑道區)	KD-90坑道		130.5416667
1995/2/8	16:35	発破 (アークセス坑道區)				130.6909722
1995/2/9	13:00	14:30	発孔 (アークセス坑道區)	KD-90坑道		131.6944444
1995/2/9	16:40	発破 (アークセス坑道區)				132.375
1995/2/10	9:00	17:00	アラウト試験用アラウト管設置試験孔掘削 (岩手大学、0~4.7m)	人工バリア坑道入り口		132.5416667
1995/2/10	13:00	14:30	発孔 (アークセス坑道區)	KD-90坑道		132.6944444
1995/2/10	16:40	発破 (アークセス坑道區)				133.375
1995/2/13	11:30	18:00	アラウト試験用アラウト管設置試験孔掘削 (岩手大学、4.7~10.4m)	人工バリア坑道入り口		135.4791667
1995/2/13	13:00	14:30	発孔 (アークセス坑道區)	KD-90坑道		135.5416667
1995/2/13	16:35	発破 (アークセス坑道區)				135.6909722
1995/2/14	13:00	14:30	発孔 (アークセス坑道區)	KD-90坑道		136.5416667
1995/2/14	16:10	発破 (アークセス坑道區)				136.6736111
1995/2/15	13:00	14:30	発孔 (アークセス坑道區)	KD-90坑道		137.5416667
1995/2/15	16:25	発破 (アークセス坑道區)				137.6944444
1995/2/16	13:00	14:30	発孔 (アークセス坑道區)	KD-90坑道		138.5416667
1995/2/16	16:40	発破 (アークセス坑道區)				138.6944444
1995/2/17	13:00	14:30	発孔 (アークセス坑道區)	KD-90坑道		139.5416667
1995/2/17	16:35	発破 (アークセス坑道區)				139.6909722
1995/2/18	13:00	14:30	発孔 (アークセス坑道區)	KD-90坑道		140.5416667
1995/2/18	16:35	発破 (アークセス坑道區)				140.6909722
1995/2/20	13:00	14:30	発孔 (アークセス坑道區)	KD-90坑道		142.5416667
1995/2/20	16:25	発破 (アークセス坑道區)				142.6944444
1995/2/21	12:50	14:30	発孔 (アークセス坑道區)	KD-90坑道		143.5347222
1995/2/21	16:35	発破 (アークセス坑道區)				143.6909722
1995/2/22	13:00	14:30	発孔 (アークセス坑道區)	KD-90坑道		144.5416667
1995/2/22	16:40	発破 (アークセス坑道區)				144.6944444
1995/2/23	12:50	14:30	発孔 (アークセス坑道區)	KD-90坑道		145.5347222
1995/2/23	16:30	発破 (アークセス坑道區)				145.6875
1995/2/24	12:50	14:30	発孔 (アークセス坑道區)	KD-90坑道		146.5347222
1995/2/24	15:25	発破 (アークセス坑道區)				146.6423611
1995/2/27	13:30	14:30	発孔 (アークセス坑道區)	KD-90坑道		149.5625
1995/2/27	16:05	発破 (アークセス坑道區)				149.6701389
1995/2/28	12:45	14:30	発孔 (アークセス坑道區)	KD-90坑道		150.53125
1995/2/28	15:45	発破 (アークセス坑道區)				150.65625
1995/3/1	13:00	14:30	発孔 (アークセス坑道區)	KD-90坑道		151.5416667
1995/3/1	16:20	発破 (アークセス坑道區)				151.6805556
1995/3/2	12:50	14:30	発孔 (アークセス坑道區)	KD-90坑道		152.5347222
1995/3/2	16:20	発破 (アークセス坑道區)				152.6805556
1995/3/3	12:20	14:30	発孔 (アークセス坑道區)	KD-90坑道		153.5138889
1995/3/3	16:20	発破 (アークセス坑道區)				153.6605556
1995/3/4	12:40	14:30	発孔 (アークセス坑道區)	KD-90坑道		154.5277778
1995/3/4	16:50	発破 (アークセス坑道區)				154.7013889
1995/3/6	12:45	14:30	発孔 (アークセス坑道區)	KD-90坑道		156.53125
1995/3/6	16:30	発破 (アークセス坑道區)				156.6875
1995/3/7	13:00	14:30	発孔 (アークセス坑道區)	KD-90坑道		157.5416667
1995/3/7	16:40	発破 (アークセス坑道區)				157.6944444
1995/3/8	13:00	14:30	発孔 (アークセス坑道區)	KD-90坑道		158.5416667
1995/3/8	16:35	発破 (アークセス坑道區)				158.6909722
1995/3/9	13:00	14:30	発孔 (アークセス坑道區)	KD-90坑道		159.5416667
1995/3/9	16:35	発破 (アークセス坑道區)				159.6909722
1995/3/10	13:00	14:30	発孔 (アークセス坑道區)	KD-90坑道		160.5416667
1995/3/10	16:10	発破 (アークセス坑道區)				160.6736111

表-5 イベントヒストリー (6/9)

1995/3/13	13:15	14:30	穿孔 (アークセス航運掘削)	KD-90航運掘	163.5520833	
1995/3/13	16:30		発破 (アークセス航運掘削)	KD-90航運掘	163.6875	
1995/3/13	15:40		KH-16Hパッカー加圧	KD-90航運掘	163.8527778	パッカーライン用バルブが開放していたため
1995/3/13	15:40		KH-6Hパッカー加圧	KD-90航運掘	163.8527778	パッカーライン用バルブが開放していたため
1995/3/15	10:15	11:00	KH-17区間1~6、KH-18区間1~2のインシヤルバランス	KD-90航運掘	165.4270833	
1995/3/15	13:00	14:30	穿孔 (アークセス航運掘削)	KD-90航運掘	165.5416667	
1995/3/15	16:15		発破 (アークセス航運掘削)	KD-90航運掘	165.8770833	
1995/3/15	14:30		KH-20Hパッカー圧開放	KD-90航運掘	165.9041667	アークセス航運掘削によるパッカー破損を防ぐため
1995/3/15	14:43		KH-20H水圧制御用ライン切断	KD-90航運掘	165.9131944	アークセス航運掘削によるパッカー破損を防ぐため
1995/3/15	14:43	15:35	KH-20Hパッカー引き抜き	KD-90航運掘	165.9131944	アークセス航運掘削によるパッカー破損を防ぐため
1995/3/16	13:00	14:30	穿孔 (アークセス航運掘削)	KD-90航運掘	166.5416667	
1995/3/16	16:25		発破 (アークセス航運掘削)	KD-90航運掘	166.9840278	
1995/3/17	13:10	14:30	穿孔 (アークセス航運掘削)	KD-90航運掘	167.5486111	
1995/3/17	16:20		発破 (アークセス航運掘削)	KD-90航運掘	167.8805556	
1995/3/18	13:00	14:30	穿孔 (アークセス航運掘削)	KD-90航運掘	168.5416667	
1995/3/18	16:15		発破 (アークセス航運掘削)	KD-90航運掘	168	
1995/3/23	13:15	14:30	穿孔 (アークセス航運掘削)	KD-90航運掘	173.6520833	
1995/3/23	16:18		発破 (アークセス航運掘削)	KD-90航運掘	173.8770833	
1995/3/24	13:25	14:30	穿孔 (アークセス航運掘削)	KD-90航運掘	174.5590278	
1995/3/24	16:15		発破 (アークセス航運掘削)	KD-90航運掘	174.8770833	
1995/3/24	13:22		KH-19Hパッカーライン切断	KD-90航運掘	174.8770833	
1995/3/24	13:23		KH-19H水圧制御用ライン切断	KD-90航運掘	174.8770833	アークセス航運掘削によるパッカー破損を防ぐため
1995/3/25	13:20	14:30	穿孔 (アークセス航運掘削)	KD-90航運掘	175.4555556	
1995/3/25	16:38		発破 (アークセス航運掘削)	KD-90航運掘	175.8909722	
1995/3/27	13:30	14:30	穿孔 (アークセス航運掘削)	KD-90航運掘	177.8770833	
1995/3/27	16:15		発破 (アークセス航運掘削)	KD-90航運掘	177.8770833	
1995/3/28			穿孔 (アークセス航運掘削)	KD-90航運掘	178	
1995/3/28			発破 (アークセス航運掘削)	KD-90航運掘	178	
1995/3/29			穿孔 (アークセス航運掘削)	KD-90航運掘	179	
1995/3/29			発破 (アークセス航運掘削)	KD-90航運掘	179	
1995/3/30			穿孔 (アークセス航運掘削)	KD-90航運掘	180	
1995/3/30			発破 (アークセス航運掘削)	KD-90航運掘	180	
1995/3/31			穿孔 (アークセス航運掘削)	KD-90航運掘	181	
1995/3/31			発破 (アークセス航運掘削)	KD-90航運掘	181	
1995/3/31	13:30	13:37	KH-19Hブリッジアラームの設置 (パッカー加圧)	KD-90航運掘	181.5625	
1995/4/3			穿孔 (アークセス航運掘削)	KD-90航運掘	184	
1995/4/3			発破 (アークセス航運掘削)	KD-90航運掘	184	
1995/4/4			穿孔 (アークセス航運掘削)	KD-90航運掘	185	
1995/4/4			発破 (アークセス航運掘削)	KD-90航運掘	185	
1995/4/4			穿孔 (アークセス航運掘削)	KD-90航運掘	186	
1995/4/5			発破 (アークセス航運掘削)	KD-90航運掘	186	適切
1995/4/6			穿孔 (アークセス航運掘削)	KD-90航運掘	186	適切
1995/4/6			発破 (アークセス航運掘削)	KD-90航運掘	187	適切
1995/4/7			穿孔 (アークセス航運掘削)	KD-90航運掘	187	適切
1995/4/7			発破 (アークセス航運掘削)	KD-90航運掘	188	適切
1995/4/8			穿孔 (アークセス航運掘削)	KD-90航運掘	188	適切
1995/4/8			発破 (アークセス航運掘削)	KD-90航運掘	189	適切
1995/4/10			穿孔 (アークセス航運掘削)	KD-90航運掘	189	適切
1995/4/10			発破 (アークセス航運掘削)	KD-90航運掘	189	適切
1995/4/11			穿孔 (アークセス航運掘削)	KD-90航運掘	191	適切
1995/4/11			発破 (アークセス航運掘削)	KD-90航運掘	192	適切
1995/4/12			穿孔 (アークセス航運掘削)	KD-90航運掘	192	適切
1995/4/12			発破 (アークセス航運掘削)	KD-90航運掘	193	適切
1995/4/13			穿孔 (アークセス航運掘削)	KD-90航運掘	193	適切
1995/4/13			発破 (アークセス航運掘削)	KD-90航運掘	194	適切
1995/4/13			穿孔 (アークセス航運掘削)	KD-90航運掘	194	適切
1995/4/13			発破 (アークセス航運掘削)	KD-90航運掘	195	適切
1995/4/14			穿孔 (アークセス航運掘削)	KD-90航運掘	195	適切
1995/4/14			発破 (アークセス航運掘削)	KD-90航運掘	195	適切
1995/4/15			穿孔 (アークセス航運掘削)	KD-90航運掘	196	天候悪し

表-5 イベントヒストリー (7/9)

1995/4/15	発破 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	天盤落し	196
1995/4/17	発破 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	天盤落し	198
1995/4/17	発破 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	天盤落し	198
1995/4/18	発破 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	天盤落し	199
1995/4/18	発破 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	天盤落し	199
1995/4/19	発破 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	天盤落し	200
1995/4/20	発破 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	天盤落し	200
1995/4/21	発破 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	天盤落し	201
1995/4/21	発破 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	天盤落し	201
1995/4/24	発破 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	天盤落し	202
1995/4/24	発破 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	天盤落し	202
1995/5/18	発破 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	天盤落し	205
1995/5/19	11:00 KH-19, 20孔リッジブライダグ回収	アクセス坑道		205
1995/5/19	19:00 KH-19孔運搬機着	アクセス坑道		229
1995/5/20	17:30 KH-19孔運搬機着	アクセス坑道		230
1995/5/22	17:00 KH-19孔リッパッカー設置	アクセス坑道		231
1995/5/23	17:00 KH-19孔リッパッカー設置	アクセス坑道		233
1995/5/24	KH-20孔リッパッカー設置	アクセス坑道		234
1995/5/25	KH-20孔リッパッカー設置	アクセス坑道		235
1995/5/25	KH-19孔水圧観測区間ライン閉鎖	アクセス坑道		236
1995/5/26	KH-20孔水圧観測区間ライン閉鎖	アクセス坑道		236
1995/6/1	10:41 KH-19, 20孔リッパッカー加圧	アクセス坑道		237
1995/6/1	11:26 KH-16孔リッパッカー加圧	KD-90坑道掘削	9.1→15.3kgf/cm ²	243.4451389
1995/6/1	11:44 KH-16孔リッパッカー加圧	KD-90坑道掘削	10.0→15.7kgf/cm ²	243.4769889
1995/6/1	13:30 KH-6孔リッパッカー加圧	KD-90坑道掘削	0.0→15.4kgf/cm ² (前の週には0になっていたらしい)	243.4898989
1995/6/1	15:04 KH-4孔リッパッカー加圧	KD-90坑道掘削	8.0→15.5kgf/cm ²	243.5625
1995/6/1	15:09 KH-10孔リッパッカー加圧	KD-90坑道掘削	9.8→17.6kgf/cm ²	243.6277778
1995/6/1	15:20 KH-11孔リッパッカー加圧	KD-90坑道掘削	8.8→15.0kgf/cm ²	243.63125
1995/6/1	15:25 KH-13孔リッパッカー加圧	KD-90坑道掘削	243.6423611	243.63125
1995/6/1	14:50 KH-6区間の圧力計イニシャルバランス	KD-90坑道掘削		243.6388889
1995/6/1	14:50 KH-18区間の圧力計イニシャルバランス	KD-90坑道掘削		243.6180556
1995/6/1	14:50 KH-18区間の圧力計イニシャルバランス	KD-90坑道掘削		243.6180556
1995/6/1	14:58 KH-16区間の圧力計イニシャルバランス	KD-90坑道掘削		243.6180556
1995/6/2	9:45 KH-19孔リッパッカー加圧	アクセス坑道		243.6236111
1995/6/2	9:46 KH-20孔リッパッカー加圧	アクセス坑道		244.40625
1995/6/2	10:13 データロガー電源off	アクセス坑道		244.4069444
1995/6/2	11:03 KH-19, 20, 10, 11, 12, 13, 14とKH-16の区間1~4, 新運, 新圧計接続	KD-90坑道掘削	データロガー移動のため	244.4256944
1995/6/5	9:00 KH-15の区間5-6, KH-16, 17, 18, 4, 8, 9区間	KD-90坑道掘削	データロガー移動のため	244.4604167
1995/6/5	発破 (KH-1孔掘削設備)	NW坑道	データロガー移動のため	247.375
1995/6/5	発破 (KH-1孔掘削設備)	NW坑道		247
1995/6/14	8:30 KH-7孔掘削 (4.4mまで)	人工バリア坑道		247
1995/6/15	10:14 KH-19孔リッパッカー加圧	アクセス坑道		256.3541667
1995/6/15	10:16 KH-20孔リッパッカー加圧	アクセス坑道		257.4263989
1995/6/15	11:00 KEG-3孔掘削	人工バリア坑道		257.4277778
1995/6/15	8:30 KEG-3孔掘削, 完了 (8.1m)	人工バリア坑道		257.4593333
1995/6/16	9:00 KEG-3孔掘削, 完了 (5.0m)	人工バリア坑道		257.3541667
1995/6/16	13:00 KEG-2孔掘削 (6.2mまで)	人工バリア坑道		258.375
1995/6/17	9:00 KEG-2孔掘削, 完了 (7.17m)	人工バリア坑道		258.375
1995/6/17	13:00 KEG-1孔掘削	人工バリア坑道		258.375
1995/6/17	8:30 KH-6孔掘削, 完了 (8.13m)	人工バリア坑道		258.375
1995/6/19	11:30 KEG-1孔掘削, 完了 (7.0m)	人工バリア坑道		259.3541667
1995/6/19	8:30 KEG-5孔掘削, 完了 (8.11m)	人工バリア坑道		261.4791667
1995/6/20	9:00 KEG-3孔掘削, 完了 (8.11m)	人工バリア坑道		261.3541667
1995/6/20	13:00 KEG-2孔掘削, 完了 (8.10m)	人工バリア坑道		262.375
1995/6/20	8:30 KEG-2孔掘削, 完了 (8.10m)	人工バリア坑道		262.3541667
1995/6/21	9:00 KEG-6孔掘削, 完了 (5.0m)	人工バリア坑道		263.375

表-5 イベントヒストリー (8/9)

1995/6/21	12:00	18:00	KBG-4孔通孔 (1.0mまで)	人エバリア坑道			263.5
1995/6/21	8:30	18:30	KBH-2孔通孔、完了 (6.11m)	人エバリア坑道			263.3541667
1995/6/22	8:00	18:00	KBG-4孔通孔完了 (7.0m)、KBG-5孔通孔 (1.5mまで)	人エバリア坑道			264.375
1995/6/22	8:30	18:30	KBH-3孔通孔、完了 (6.15m)	人エバリア坑道			264.3541667
1995/6/23	9:00	15:00	KBG-5孔通孔完了 (7.0m)	人エバリア坑道			265.375
1995/6/23	8:30	17:00	KBH-4孔通孔 (1.10mまで)	人エバリア坑道			265.3341667
1995/6/28	13:00	16:00	KBG-4~6孔水栓、動作成	人エバリア坑道			268.5416667
1995/6/28	8:30	17:00	KBH-4孔通孔、完了 (6.10m)	人エバリア坑道			268.3541667
1995/6/27	10:30	11:30	KH-4孔洗浄 (スライム除去のため)	パッカー破損			269.4375
1995/6/27	13:10	13:20	KH-4孔洗浄 (スライム除去のため)	KD-90坑道周辺			269.5489111
1995/6/27	9:00	11:00	動作成	人エバリア坑道			269.375
1995/6/28	11:00	15:00	KH-4孔パッカー設置	KD-90坑道周辺			270.4583333
1995/6/28	15:00	15:30	KH-4孔パッカー加圧	KD-90坑道周辺			270.825
1995/6/28			KBH-1~7孔BTV	人エバリア坑道			270
1995/6/29	10:30	12:00	KBG-1~4のBTV	人エバリア坑道			271.4375
1995/6/29	13:00	14:30	KBG-5~6のBTV	人エバリア坑道			271.5416667
1995/7/3	9:30	12:00	KBG-4孔通水試験	人エバリア坑道			275.3958333
1995/7/3	13:00	16:00	KBG-4孔通水試験	人エバリア坑道			275.5416667
1995/7/4	9:00	12:00	KBG-6孔通水試験	人エバリア坑道			276.375
1995/7/4	13:00	16:15	KBG-5孔通水試験	人エバリア坑道			276.5416667
1995/7/5	9:00	12:00	KBG-1孔通水試験	人エバリア坑道			277.375
1995/7/5	13:00	16:00	KBG-2孔通水試験	人エバリア坑道			277.5416667
1995/7/6	15:20	15:20	KH-4孔水圧観測区間のバルブ開放	KD-90坑道周辺			278.6398889
1995/7/6	15:32	15:32	KH-4孔パッカー加圧	KD-90坑道周辺			278.6472222
1995/7/6	9:00	12:00	KBG-3孔通水試験	人エバリア坑道			278.375
1995/7/6	13:00	16:45	KBG-1.3.4孔間隔水圧観測	人エバリア坑道			278.5416667
1995/7/7	9:11	9:41	データログの校正導入力 (n60~80、サンプリングされていなかった)	人エバリア坑道			278.3826389
1995/7/7	10:15	10:15	KH-4区画5注水ライン閉鎖	KD-90坑道周辺	KH-15区画5.6、KH-16~20		278.4279833
1995/7/7	10:18	10:18	KH-4区画5注水ライン閉鎖	KD-90坑道周辺	新たに注水区画として設けたKH-4区画5のチエック		279.4291667
1995/7/7	10:19	10:19	KH-4区画5注水ライン閉鎖	KD-90坑道周辺	新たに注水区画として設けたKH-4区画5のチエック		279.4298611
1995/7/7	10:20	10:20	KH-4区画5注水ライン閉鎖	KD-90坑道周辺	新たに注水区画として設けたKH-4区画5のチエック		279.4298611
1995/7/7	10:24	10:24	KH-4区画5注水ライン閉鎖	KD-90坑道周辺	新たに注水区画として設けたKH-4区画5のチエック		279.4305556
1995/7/7	10:37	10:37	KH-4区画5注水ライン閉鎖	KD-90坑道周辺	新たに注水区画として設けたKH-4区画5のチエック		279.4423611
1995/7/7	10:43	10:43	KH-4区画5注水ライン閉鎖	KD-90坑道周辺	新たに注水区画として設けたKH-4区画5のチエック		279.4462278
1995/7/7	10:50	10:50	KH-4区画5注水ライン閉鎖	KD-90坑道周辺	新たに注水区画として設けたKH-4区画5のチエック		279.4513889
1995/7/7	10:52	10:52	KH-4区画5注水ラインより注水	KD-90坑道周辺	新たに注水区画として設けたKH-4区画5のチエック		279.4527778
1995/7/7	11:05	11:05	KH-4区画5注水ライン閉鎖	KD-90坑道周辺	新たに注水区画として設けたKH-4区画5のチエック		279.4616056
1995/7/7	11:07	11:07	KH-4区画5注水ラインより注水	KD-90坑道周辺	新たに注水区画として設けたKH-4区画5のチエック		279.4619056
1995/7/7	11:09	11:09	KH-4区画5注水ライン閉鎖	KD-90坑道周辺	新たに注水区画として設けたKH-4区画5のチエック		279.4631944
1995/7/7	11:10	11:10	KH-4区画5注水ライン閉鎖	KD-90坑道周辺	新たに注水区画として設けたKH-4区画5のチエック		279.4645833
1995/7/7	11:54	11:54	KH-4区画5注水ライン閉鎖	KD-90坑道周辺	新たに注水区画として設けたKH-4区画5のチエック		279.4652778
1995/7/7	11:54	11:59	KH-4区画5注水ラインより注水	KD-90坑道周辺	新たに注水区画として設けたKH-4区画5のチエック		279.4958333
1995/7/7	11:59	11:59	KH-4区画5注水ライン閉鎖	KD-90坑道周辺	新たに注水区画として設けたKH-4区画5のチエック		279.4958333
1995/7/7	13:52	13:52	KH-20区画5のバルブ開放	アクセス坑道			279.4993056
1995/7/7	13:58	13:58	KH-20区画5のバルブ閉鎖	アクセス坑道			279.5777778
1995/7/7	9:00	12:00	KBG-3孔通水試験	人エバリア坑道			279.5819444
1995/7/7	13:00	16:15	KBG-3孔通水試験	人エバリア坑道			279.375
1995/7/8	9:00	12:00	KBG-3孔通水試験	人エバリア坑道			279.5416667
1995/7/8	13:00	16:45	KBG-3孔通水試験	人エバリア坑道			280.375
1995/7/11	11:31	11:31	KBH-19区画1のバルブ開放	人エバリア坑道			280.5416667
1995/7/11	11:33	11:33	KH-19区画1のバルブ閉鎖	アクセス坑道			283.4798611
1995/7/11	11:35	11:35	KH-20区画5のバルブ開放	アクセス坑道			283.48125
1995/7/11	13:13	13:15	KH-20孔パッカー加圧	アクセス坑道			283.4826389
1995/7/11	13:16	13:17	KH-19孔パッカー加圧	アクセス坑道			283.5506944
				アクセス坑道			283.5527778
				アクセス坑道			-338.9
				アクセス坑道			-338.8666667
				アクセス坑道			-338.8333333
				アクセス坑道			-73.75
				アクセス坑道			-72.11866667
				アクセス坑道			-72.06666667

Ⅱ. 釜石原位置試験第2フェーズ
平成6年度成果報告書

1995年1月

要 旨

釜石鉱山は、岩手県釜石市の西部、遠野市との境界付近に位置する、わが国有数の鉄銅鉱山(平成5年3月終掘)である。事業団はその140kmに及ぶ坑道の中、最も北に位置する、鉱山活動の影響が小さい領域において昭和63年から調査研究を実施してきている。対象としている岩石は、この地域(北上山地)に広く分布する、前期白亜紀に形成された栗橋花崗閃緑岩である。

最初の5ケ年では、栗橋花崗閃緑岩の地下の構造(地質環境特性の分布)とそこで起る現象に関するデータを取得することおよびその過程を通じて現有の調査試験技術の適用性を確認することを目標として、調査研究を行ってきた。

平成5年度からは、

- ・ 諸特性の深度による違いを明らかにすること
- ・ 坑道周辺のいわゆる坑道掘削影響領域の詳細を明らかにすること

という新たな視点に立った5ケ年の研究計画を策定し、①地下の地質環境条件をより詳細に把握すること(Task 1)、②より深い深度(250m レベル坑道、地表下約730m)での化学環境の変化を含めた坑道掘削の影響を詳細に把握すること(Task 2)、③坑道周辺岩盤の割れ目の分布や割れ目中の地下水流動/割れ目面からの拡散現象を含めた物質移行固定現象を詳細に把握すること(Task 3)、④粘土系グラウト技術の適用性の検討/緩衝材であるベントナイト粘土と周辺岩盤/地下水の間での熱/水/応力連成現象を明らかにすること(Task 4)、⑤地震動の地下低減特性の実証データの蓄積/地震の地下水系に与える影響を確認すること(Task 5)を目的として調査研究を実施している。また、これらの調査試験を通して深部岩盤の調査/試験技術の高度化を目指している。調査試験は主に550m レベル坑道、250m レベル坑道において実施している。

平成6年度は、深度依存性や経時変化の観点から深部地質環境特性データの取得を行うとともに、平成7年度から本格的に試験を行う、割れ目中の移流/分散に関する試験、岩盤内粘土充填試験のためのアクセス坑道や試験坑道の掘削等を行った。また、地震前後の岩盤のひずみと地下水流動の関係の把握を目的にレーザー式ひずみ計を設置した。

その結果、割れ目の形成史、異なる深度(250m レベルおよび550m レベル坑道)での初期応力状態、深部地下水の水質/溶存ガス/微生物、物質移行の観点からの割れ目構造および微小空隙構造、KD-90 坑道奥の高水圧帯、既存坑道周辺の掘削影響領域、坑道近傍の地下水の酸化/還元環境等が明らかとなりつつある。また、一昨年(平成5年)の北海道南西沖地震、昨年(平成6年)の北海道東方沖地震、三陸はるか沖地震時には明瞭な地下水圧の変化を捉えている。

**Annual report for the fiscal year 1994
- Kamaishi In-Situ Experiments -**

PNC Kamaishi Site Office

Abstract

Since 1988 PNC has been conducting in-situ experiments at the Kamaishi Mine which is located in mid Kitakami mountainous area, north-east Japan and is the Japan's biggest iron(-copper) mine already mined out in 1993. The investigations and experiments are hosted by Kurihashi granodiorite, one of the granitic bodies of early Cretaceous age intruded into the Kitakami geosynclinal sedimentary pile. The investigations and experiments have been conducted in the northern most of the mining area where less disturbance by mining activities can be expected.

The objectives for the first five years was to understand deep-underground geological conditions in the granodiorite and to assess the applicability of the instruments and methodology required for investigations and experiments.

The second five years started in 1993 was put additional issues to be resolved;

- understanding of the depth-dependency of the geological conditions
- detailed characterization of the excavation disturbed zone around a tunnel.

We accordingly set five tasks;

Task-1) detailed characterization of the geological conditions of the granodiorite

Task-2) an excavation disturbed zone experiment including hydrochemical investigation

Task-3) tracer experiments to understand advective and diffusive natures of solute transport
in/through/from a single fracture

Task-4) a full-scale buffer mass test for understanding of the coupled thermo-hydro-mechanical behavior of an engineered barrier system and surrounding rock mass

Task-5) seismic, hydrological and hydrochemical observations to accumulate information on the underground's responses to earthquakes.

The investigations and experiments have been conducted mainly on/from horizontal tunnels of elevations of 550m and 250m. One 800m-deep surface borehole also has been providing hydrogeological and hydrochemical information.

In fiscal year 1994 geological data acquisition was continued with the depth-dependency and time-dependency in mind. An access tunnel and experiment rooms for the Tasks 3 and 4 respectively were excavated. A laser strain-meter was set for the Task-5.

After a-year's intensive investigations and experiments at the Kamaishi Mine our understanding of the deep underground geological conditions and phenomena are increased, which are described in this report.

I . 総 論

I 総論

1. はじめに

動燃事業団は高レベル放射性廃棄物の地層処分研究開発の一環として、昭和63年から釜石鉱山において原位置試験を実施してきている。

釜石鉱山は、岩手県釜石市の西部、遠野市との境界付近に位置する、わが国有数の鉄-銅鉱山(平成5年3月終掘)である。その140kmに及ぶ維持坑道の中、最も北に位置し、鉱山活動の影響が小さい領域において調査試験研究を実施している。対象としている岩石は、この地域(北上山地)に広く分布する、前期白亜紀の花崗岩質貫入岩体の一つである栗橋岩体を構成する栗橋花崗閃緑岩である。

最初の5ケ年(第1フェーズ:昭和63年度~平成4年度)では、栗橋花崗閃緑岩の地下の構造(地質環境特性の分布)とそこで起る現象に関するデータを取得することおよびその過程を通じて現有の調査試験技術の適用性を確認することを目標として、主に550mレベル坑道の最北部を中心とした領域(地表下約300m)で、坑壁や試錐孔の割れ目調査、物理探査等により割れ目の分布を明らかにする地質構造に関する研究、岩盤の透水性の評価や地下水流動現象の把握とそのモデル化等の水文地質学的研究、深部地下水の起源、年齢、水質形成機構等の地下水の地球化学的研究、坑道掘削影響試験等の岩盤力学的研究、地震に関する研究、人工バリアに関する研究の6分野を設定して調査研究を行ってきた。

平成5年度からは、

- ・ 諸特性の分布や現象の現れ方の深度による違い(深度依存性)を明らかにすること
- ・ 坑道周辺のいわゆる坑道掘削影響領域の詳細を明らかにすること

という新たな視点に立った5ケ年(第2フェーズ:平成5年度~平成9年度)の研究計画を策定し、①地下の地質環境条件をより詳細に把握すること(Task 1)、②化学環境の変化を含めた坑道掘削の影響を詳細に把握すること(Task 2)、③割れ目面からの拡散現象を含めた物質移行固定現象を詳細に把握すること(Task 3-1)/坑道周辺岩盤の割れ目の分布や割れ目中の地下水流動(Task 3-2)、④粘土系グラウト技術の適用性の検討(Task 4-1)/緩衝材であるベントナイト粘土と周辺岩盤/地下水の間での熱/水/応力連成現象を明らかにすること(Task 4-2)、⑤地震動の地下低減特性および地震が地下水系に与える影響を確認すること(Task 5)を目標として調査研究を実施している。また、これらの調査試験を通して深部岩盤の調査試験技術の高度化を目指している。

深度依存性を明らかにするという観点から、第 1 フェーズの主たる試験場所であった 550m レベル坑道に、それより 300m 深い 250m レベル坑道(地表下約 730m)を試験場所として加えた。

なお、Task 4-2 の熱/水/応力連成試験は国際共同研究 Decovalex の新たなテストケースとなることとなっている。

2. 平成 6 年度調査研究の概要

2.1 実施内容

実施内容および成果の概要を表-1 にまとめた。

実施場所(図-1)は、550m レベル坑道、250m レベル坑道の北端部領域である。この他、平成 3 年度に地表から掘削した試錐 KG-1 孔を用いた。

実施内容の中、工事としては、割れ目中の移流/分散に関する試験(Task 3-2)のための試錐孔/アクセス坑道の掘削、また、岩盤内粘土充填試験/グラウト試験(Task 4)のための試験坑道の掘削(延長 65m, 1,318m³)および合計 6 孔 220m の試錐掘削が大きなものである。

<Task 1>

割れ目の形成や活動史に関する情報を得るために、坑道壁面の詳細な割れ目観察や年代測定を実施した。また、550m レベル坑道での初期応力測定、550m(KM-0 孔)/250m(KM-2 孔)レベル坑道における孔内載荷試験、同孔の試錐コアを用いた、密度、間隙率、弾性波速度、一軸圧縮試験、圧裂引張試験、三軸圧縮試験、一軸クリープ試験を実施した。

この他、破壊強度点以降の岩盤挙動と透水性の関係の把握のために複数の封圧/間隙水圧条件下での三軸圧縮試験、同条件下での透水試験、三軸圧縮過程(複数の封圧/間隙水圧条件下かつ複数の載荷条件下)での透水試験を行った。

また、KD-90 坑道周辺の試錐孔、250m レベル坑道 Task 2 の試錐孔および地表からの試錐孔(KG-1 孔)での間隙水圧の観測、550m/250m レベル坑道での割れ目からの湧水や KG-1 孔の深部の地下水の採水、分析を実施するとともに水質形成機構について理論的検討を加えた。

なお、KD-90 坑道周辺の観測孔については、古いパッカーラバーを交換し、これまでの週 1 回のブルドン管による目視読み取りによる観測体制から、ひずみゲージ式水圧計による 5 分間隔の自動計測体制に更新した。

また、KD-90 坑道を中心とする領域について、透水性の異方性を考慮した連続体モデルによる岩盤浸透流解析を実施した。

この他、釜石原位置試験 10 年間で得られたデータのデータベース化の検討を開始した。

<Task 2>

既存坑道である 250m レベル坑道周囲の掘削影響領域の特性や拡がりを明らかにすることおよび平成 7 年度以降計画している坑道掘削影響試験の試験デザインや導入する調査観測手法、測定機器の決定を目的として、割れ目調査、応力測定、間隙水圧観測、透水試験、物理探査や試錐コアを用いた室内試験を実施した。

この他、坑道掘削にともなう周辺地下水の化学環境の変化に関する知見を得るため、坑道への湧水のある割れ目中の地下水の水温、pH、電気伝導度、溶存酸素濃度、酸化還元電位のモニタリングを行っている。

<Task 3>

物質移行の観点からは、割れ目およびその近傍の空隙構造の観察や室内での U, Cs, Se についてのバッチ式収着試験、Cs, Na, Cl, Se についてのスルーディフュージョン法による拡散試験を実施した (Task 3-1)。

Task 3-2 の移流・分散に関する研究としては前述の坑道/試錐孔 (KH-20 孔) 掘削を行うとともに、この過程で、割れ目の連結性に関する情報を取得するため、既存試錐孔 KH-19 孔での水圧応答の観測を行った。KH-20 孔について BTV 観察、KH-19/KH-20 孔で流量検層を実施後、両孔に間隙水圧観測用のパッカー装置を設置した。

<Task 4>

試験用坑道の掘削、壁面割れ目調査およびその結果に基づく詳細な試験デザインの検討を行った。また、亀裂変位計を設置し、観測を開始した。

<Task 5>

地震に関する研究では、地震観測、試錐孔での水圧観測、試錐孔からの湧水量観測、壁面割れ目からの湧水の湧水量/電気伝導度観測、同地震前後の採水分析を継続するとともに、地震前後の岩盤のひずみと地下水流動の関係の把握を目的にレーザー式ひずみ計を設置した。

2.2 得られた結果の概要

平成 6 年度の成果は、各 Task の調査試験によって得られたデータを含めて、栗橋花崗閃緑岩の深部の地質環境特性およびその分布に関するデータが蓄積されたことと、調査試験に用いた手法、機器の適用性に関する知見が得られたこと、と総括できる。以下、得られた知見の概略を述べる。

<Task 1>

割れ目の形成史の観点からは、壁面の割れ目観察から、割れ目充填物の分類を行い、その岩石鉱物学的記載を行うとともに、その割れ目充填物の切断関係から充填順の推定を行った。

割れ目充填物はいずれもアルカリ性帯の Ca 系の中-低温熱水変質鉱物から構成され、その母岩起源物質を取り込んだ圧碎組織および圧碎組織を持たない単味の沸石、方解石脈が存在することは割れ目の複数時の活動履歴を示している。一方、切断関係から推定される充填順は割れ目充填物を構成する鉱物の、その生成温度から推定される、岩体の冷却過程に従った生成順と整合的なものである。これらのことから、割れ目の形成は花崗閃緑岩の貫入時期から余り遅れるものではなく、また、比較的短期間の中に複数回の変形活動を被っていることを示している。今後、これらのことを確認するために、それぞれの充填物の絶対年代の測定を実施する予定である。

なお、今後の重要な課題として、割れ目の地質学的特徴とその物性(特に透水性)の間関係の把握がある。また、方解石脈の生成時期は複数回に及ぶと考えられ、この点に関する知見を得る必要がある。また、水質形成の観点からは、現世での方解石の形成/成長あるいは溶解に関する知見を得ておくことが必要である。

この他、岩石鉱物学的観点からのみならず、割れ目の集中する割れ目帯や断層破碎帯の水理地質学的、地下水の地球化学的、岩盤力学的データの取得が重要であり、そのための割れ目帯断層破碎帯検出技術としての物理探査手法を含めた調査技術開発も重要な課題である。

550m レベル NW 坑道西壁の 2 本の試錐孔を用いた円錐孔底ひずみ法による初期応力測定の結果からは、最大主応力の方向はほぼ水平で南北系である。垂直応力はほぼ土被り圧に相当し、平均側圧比($\sigma_{\text{Hav}}/\sigma_v$)は 3.8 程度である。同時に実施した水圧破碎法については、最大主応力の方向は円錐孔底ひずみ法の結果と良い一致を示すが、その値は円錐孔底ひずみ法の結果(29.9MPa)に比較して明瞭に小さい値(17.4MPa)を示す。逆に鉛直応力値

は円錐孔底ひずみ法(4.8MPa)より明瞭に大きい(7.0MPa)。

事業団の実施したこれまでの測定(昭和63年度(孔径変化法, 550m レベル NW 坑道)、平成5年度(円錐孔底ひずみ法, 250m レベル坑道))や平成6年度、250m レベル坑道において、坑道掘削に伴う応力再配分領域と考えられる坑道の極く近傍から10m 深程度までについての応力測定(円錐孔底ひずみ法)、鉦山内での事業団以外による初期応力測定結果を総合的に判断してみると、この領域の最大主応力の方向はほぼ水平で南北系であると結論される。また、垂直応力はほぼ土被りに相当し、平均側圧比は浅所で大きく、深部で1に近い値をとるようになる傾向が認められる。

最大主応力の方向については、東北地方の地体構造やプレート配置から推定される広域的な東西系の圧縮場という知見とは相反するものであるが、釜石の西方、比較的浅所での小規模地震のメカニズム解はその領域が南北圧縮場にあることを示している。特定の場所の初期応力の評価技術という観点からは、局所的な地質構造や地山地形との関係、深度依存性等について、より広い領域を視野に入れた検討が必要である。

原位置応力測定手法である円錐孔底ひずみ法、水圧破碎法の適用性の評価としては、測点間での主応力の方向、絶対値ともばらつきがあり、これは、測定精度や試錐孔の掘削方向、岩盤の割れ目の分布やその物性の不均質性あるいは異方性に起因していると考えられるが、現時点では複数点において測定を行い、その平均で評価せざるを得ないと考えられる。

試錐コアを用いた室内での応力測定として、AE法、DRA法、DSCA法による測定を実施した。結果については、AE法、DRA法では最大主応力の方向、各主応力値とも比較的ばらつきが小さく、最大主応力の方向はほぼ南北、水平に近く上述の結果と整合的であり、主応力値は水圧破碎法の結果と調和的である。逆にDSCA法の結果は、方向、値ともばらつきが大きい。

AE法はその原理であるカイザー効果の時間依存性(コア回収後、時間が経つとカイザー効果が不明瞭となる)についての知見が不十分である。平成6年度はこの時間依存性を考慮してコア回収後5日以内に測定を実施した結果、1月以上経過して実施した平成5年度の場合に比較して、最大主応力の方向、値のばらつきが改善されたが、それでもカイザー効果の出現の割合は低い(1/3程度)のものであった。

DSCA法の結果のばらつきの要因ともなっていると考えられる、岩盤の持つ不均質性や異方性をどのように評価するのかと言った課題が多く、各手法単独で適用するまでには技

術として確立しているとは言い難い。

これらの試錐コアを用いた手法の適用性の評価としては、原位置測定手法による結果を補完するものとして位置付けられる。

孔内載荷試験による変形性についてみると、250m レベル坑道の水平孔 (KM-2 孔) では孔軸に直交する面内で鉛直方向の変形係数/弾性係数が鉛直から左右 120° の方向のそれより小さい傾向が認められるが、550m レベル坑道 (KM-0 孔) では何らの傾向を認めない。250m レベル坑道 (KM-2 孔), 550m レベル坑道 (KM-0 孔) の比較からは深度依存性は見い出せない。

室内物性試験では、密度、一軸圧縮/圧裂引張/三軸圧縮強度について 250m レベル坑道 (KM-2 孔) の試料の方が大きい値を示した。しかし、密度の違いは、両レベル間での空隙率に大きな差が認められないことから、有色鉱物含有量の違いに起因すると考えられる。一方、弾性波速度を見ると、KM-2 孔の試料に比較して KM-0 孔の試料で値のばらつきが大きいこと、長さの短い供試体では 6km/sec 以上という、平均 (5.5km/sec) に比して大きな P 波速度を示しており、測定手法に本質的な問題点があることを予想させる。このことは、物性値測定の際の試料のスケール効果の検討のみならず、異なった機器や試験条件、ひいては異なる測定/解析者によって得られた値が本来相互に比較可能なものであるのかどうかの十分な検討が必要であることを示している。

複数の封圧/間隙水圧/載荷条件での室内試験では、応力-ひずみ線図の破壊点強度以降の挙動から、栗橋花崗閃緑岩は有効封圧 20MPa 程度を境に破壊様式の違いが認められる。有効封圧/差応力と透水係数については、封圧/差応力の増加に伴って透水性が減少する現象は明瞭ではない。

間隙水圧のモニタリングは、KD-90 坑道周辺の試錐孔 (含 Task 3-2 試錐孔 KH-19, 20)、250m レベル坑道掘削影響に関する試験 (Task2) のための試錐孔 (KDH-1, 2, 3)、地震時の水圧応答の観測孔 (KWP-1, 2, 3) の合計 20 孔, 102 区間で自動観測体制をとっている。また、地表からの試錐孔 (KG-1) では MP システムを設置し、20 区間の水圧データを定期的に取得している。これらは、坑道や試錐孔の掘削、試錐孔口の解放/閉鎖等の周辺での出来事 (試錐掘削坑道掘削等の工事や採水、透水試験等の調査試験) の影響を捉えている。原位置試験場外の例えば地下ダムの貯水/排水と言った出来事は同定できないが、三陸はるか沖地震時には KD-90 坑道周辺の水圧観測孔や 250m レベル坑道の水圧観測孔におい

ても水圧応答を記録している。また、特定の観測孔/区間では地球潮汐に調和的な短周期的な水圧変動を記録している。しかし、逆に、KWP 孔、KG-1 孔で認められる、降水量と密接に関連した比較的長期的な季節変動はその他の試錐孔では捉えていない。

水圧のモニタリング技術の観点からは、現在広く用いているひずみゲージ式水圧計の 0 点ドリフト現象がいくつか認められ、データの品質保証の観点から、定期的な計測値のチェックや必要に応じての 0 点補正の系統的实施を検討する必要がある。

合計 9 ケ所(但し、平成 6 年 9 月以降は 4 ケ所)の堰、壁面(250m レベル坑道, 天盤 1 ケ所)/既存試錐孔(250m レベル坑道, 3 ケ所)による湧水量の定期的な測定、地震の影響観測のための天盤からの湧水の連続測定では、湧水量の変化は確認しているが、周辺での出来事との関連を推定できる変化は捉えられていない。地震の影響観測のための連続測定では、地球潮汐と一致する微小な変化、季節変動を捉えているが、原位置試験場からも遠いこともあり、工事等の出来事への応答は不明瞭である。

花崗岩のような割れ目系岩盤中の地下水流動現象を連続体モデル化手法によりどの程度表現できるかを事例的研究から明らかにすることを目的に、KD-90 坑道周辺領域を対象として実施した岩盤浸透流解析では、岩盤の持つ透水性の異方性を考慮することの効果の確認、境界条件の解析結果への影響の検討、あるいは特異構造を配することによる KD-90 坑道奥の高水圧帯の表現の可否等の試行を行った。今回の解析では、KD-90 坑道への湧水量の区間ごとの相違、あるいは、KD-90 坑道奥の高水圧帯を十分には表現しきれなかった。このことは透水性の分布の不均質性を考慮していないことが大きな要因であると考えられる。

250m/550m レベル坑道の坑壁割れ目(一部試錐孔)からの湧水の地球化学特性について、いくつかの興味深いデータが取得されている。人工バリア試験坑道掘削開始(9 月 23 日)に伴い、550m レベル坑道の壁面湧水 1 点(W21)では、昨年度(11.6-12.5℃)より明瞭に高い水温(13.6-17.0℃)を記録している。また、人工バリア坑道掘削後の 550m レベル坑道の壁面湧水(W20)の pH 値に明瞭な低下(最大 2)がみられた。これらの変化については現時点では合理的な説明を加えることはできていない。その他、250m レベル坑道の試錐孔からの湧水(W1)中の溶存酸素量として 0ppm を記録している。

これら湧水について、平衡論に基づく地球化学コード(EQ3/6)により実際の割れ目充填物/変質母岩/新鮮母岩構成鉱物との平衡関係を検討した結果、アルバイト、石英、方解石、

ブドウ石が平衡状態にあった。これら鉱物は地下水中の Na, Ca, Si 濃度を支配していると考えられる。

KG-1 孔の深部地下水の水質は、弱アルカリ (pH 9-10) で、Na (, Ca) -HCO₃ 型であり、深度が大きい程総溶存成分量が大きくなる傾向を示す。DO 値は極めて低く、ガス分析でも酸素は検出限界以下であるが、酸化還元電位は正值 (350mV±) を示す。ガス分析により、主要溶存ガスとして、N₂, CO₂ を、この他に H₂, He を確認している。地下水中の細菌数は、全菌数 7.5-9.2*10⁵cells/ml であり、海水中の菌数 (0.1-264*10⁵cells/ml) に相当する値であり、花崗岩の深部環境においても相当数の微生物が生育していることを示している。

平成 4 年度に HGP-10 により実施した同じ区間 (区間 14, 深度 492m) の採水、分析結果と比較してみると、総溶存成分量が増加し、総有機炭素量が明瞭に減少し、トリチウム濃度が減少し、全菌数、硫酸塩還元細菌数が明瞭に増加している。このことは、試錐孔掘削工事に伴って母岩中に侵入した地表水が本来の地下水に回復していることを示すものと考えられる。しかし、一方では、区間 14 (492m) と区間 5 (740m) の地下水を比較してみると、深い区間 5 の方が総溶存成分量は大きいですが、細菌分析結果でみると、従属栄養細菌数が多く、硫酸塩還元細菌数が少なく、硝酸塩還元細菌/脱窒細菌数が多い。これは、これら細菌の生育 pH/Eh 範囲から判断すると、深い区間 5 の方が浅い区間 14 よりもより微生物学的には浅層水的环境を示していると言える。これらのことは、真の地下水とは何かを考える上で非常に重要な情報であり、複数の異なる区間について継続的に採水、分析を行っていくことの重要性を示すものである。

採水技術の観点からは、KG-1 孔に設置されている MP ケーシングの特定区間から Mosdax プロープによる被圧不活性状態の採水を実施したが、採水ボトルへの急激な地下水の流入に伴う当該区間およびその上下区間の間隙水圧の過剰な応答ならびに管内水位と当該区間水位の差による管内水の区間への流入によると考えられる管内水位の低下が認められ、深度の大きい区間での MP システムによる採水の方法論的知見を得た。

<Task 2>

直接的な掘削影響領域の評価の 1 つのアプローチとして、坑壁からの深さの異なる試錐コアを用いて、その有する顕微鏡レベルの微小割れ目について検討してみると、サンプリング点の岩相や肉眼レベルの割れ目からの位置、コアリングによる応力解放の影響等について検討を行う必要があるが、坑道近傍のコアで明瞭に大きい微小割れ目頻度を確認し

ている。

応力解放法によって求めた既存坑道周辺の応力分布は掘削に伴う応力再配分を明瞭に表現するものではなかった。この種の調査では、比較しているそれぞれの測定点の割れ目/微小割れ目等の岩盤の持つ不均質性についての評価の難しさが課題として残される。

弾性波でみると、PS 検層からは坑壁から 50cm の位置に S 波速度 3.2-3.4km/s→1.5km/s、P 波速度 6.0km/s→3.0-4.0km/s の屈曲点があると解釈できる。坑壁からの弾性波屈折法ではより明瞭に坑壁から 50cm 程度以浅の低速度(P 波速度 3.0-5.0km/s)皮殻を捉えている。ただ、健岩部の P 波速度 6.0km/s という値はこれまでの調査から得られている値より大きく、その評価については今後の検討課題である。一方、孔内載荷試験や室内物性試験結果でみると、坑壁 50cm とそれ以深の物性の間に有意な差は認めていない。

● 弾性波トモグラフィー、レーダートモグラフィーやレーダー反射法を含めた物理探査手法の掘削影響領域検出手法としての適用性の評価には検討課題が多い。

坑道近傍の掘削影響領域の透水性を測定するために開発した水理学的ゆるみ領域計測装置により、既存坑道周辺の透水性を、定常法、非定常法により求めた。今回の結果では、非定常法では 5×10^{-7} cm/s が最大であり、一般に定常法より 1 桁以上小さい値となっている。割れ目系岩盤中の坑壁近傍での透水試験手法として、本手法が本来有する特徴あるいは限界の評価が今後の課題である。また、掘削の影響をある特定の割れ目を含む区間の透水性の変化で評価するというアプローチについては、前述の岩盤の持つ不均質性をどのように考慮するかが今後の重要な課題である。

● 地下水の酸化/還元電位等のモニタリングは、坑道の掘削に誘因された坑道近傍の地下水の酸化現象に関する知見として坑道壁面から岩盤内部への地下水の酸化/還元環境プロファイルの取得を目的に調査を始めたものである。壁面で湧水する割れ目に沿って孔長 1.8m の試錐孔を掘削、これにパッカーを設置し、4 区間に区切り、この中の 3 区間の地下水をモニタリング装置に導く計画であったが、モニタリングに十分な地下水を得ることは難しく、現在は最奥の 167-187cm 区間のみについてモニタリングが行えている。これまでに、溶存酸素濃度は坑道に湧出する地下水のそれ(8ppm±)と比較して低い(<0.3ppm)ことが明らかとなっている。しかし、酸化還元電位はモニタリングを開始して 1 年以上経過しているが Au/Pt 電極での値が未だ一致していない。この点は大変興味深いものであり、坑道壁面近傍の地下水の一般的なあるいは特異な現象であるのか、測定系の不完全

性に起因するものであるのか明らかにしなければならない課題である。

平成 7 年度から開始する掘削影響試験では、当初計画では既存坑道に平行に試験坑道を配することとしていたが、予備解析の結果および第 1 フェーズで実施した卓越割れ目系に直行するケースと平行するケースの 2 回の掘削影響試験結果に基づき、より掘削影響が顕著であることが期待できる卓越割れ目系に平行かつ最大主応力に直行する方向である既存坑道に直行する方向に計測坑道並びに試験坑道を掘削することとした。なお、このレイアウトの変更により、計測用試錐孔掘削/計器装備/計測のための作業空間を確保でき、また、計測坑道掘削段階での計測装置の適用性評価のための予備計測が可能となる。

<Task 3-1>

栗橋花崗閃緑岩中の割れ目およびその近傍の岩石を、微小空隙の形態や連結性、分布頻度およびウラン等の元素の吸着能力に着目して、割れ目構造として、割れ目から岩盤に向かって、割れ目充填物、変質帯(変質母岩)、未変質母岩に区分できることを明らかにした。経験的に理解できる様に、母岩から割れ目に向かって空隙率が大きくなり、変質によりイオン吸着能の大きい層状珪酸塩鉱物である絹雲母、緑泥石や沸石が増加し、これに伴い吸着能が大きくなる傾向にある。しかし、溶質濃度あるいは共存溶質と吸着能の関係、それぞれの鉱物の吸着への寄与の度合、吸着能や反応速度と鉱物表面形態/反応面積との関係等についての検討が課題として残されている。

今後、割れ目の集中する割れ目帯や断層破碎帯についての空隙構造等の物質移行に関わる知見の取得を計画している。

<Task 3-2>

平成 8 年度以降に予定しているトレーサ試験領域に掘削した試錐孔 KH-20 孔の 5 深度においてその掘削時に、同領域に平成 4 年度に掘削した試錐孔 KH-19 孔のいずれかのあるいは複数の区間で水圧の応答を認め、両孔間の割れ目の連結性が確認できた。

一方、KH-19 孔で確認されている高水圧帯と手前の水圧の低い領域の間に東西系で連続性の良い(NW 坑道で確認される顕著な湧水割れ目帯に連続する)透水性の高い割れ目帯の存在を想定していたが、KH-20 孔ではこれに相当するものを確認できず、また、水圧分布も KH-19 孔に比較して不均一であり、異なる水圧を有する割れ目(帯)が近接して存在しており、よりローカルな構造を想定しないと説明が難しい。但し、定性的には高水圧帯の手前に割れ目の明らかに少ない塊状部の存在を認めている。

また、5m および 1m 区間ごとの流量検層により孔内への湧水量分布を把握したが、その結果は、一枚一枚の割れ目でその値が大きく異なることを示している。

<Task 4-1>

グラウト試験は、ベントナイトをグラウト材とし、その基礎試験として、グラウトの割れ目中への注入特性とグラウト材粒度/濃度/粘性/注入圧との関係の把握およびグラウト効果確認手法の開発の観点から、試験坑道の割れ目調査結果を基に 2 本の割れ目を選定し、これを対象に、それぞれについてグラウト注入孔 1 孔と観測孔 2 孔を配し、事前の透水試験、レーダー/比抵抗トモグラフィ調査、グラウト注入試験、事後の透水試験/レーダートモグラフィ調査を平成 7 年度に実施する計画である。

<Task 4-2>

地層処分における廃棄体堅置を模擬した実規模の人工バリア/岩盤系の熱・水・応力連成試験を行う。これにより、人工バリア設置初期の熱・水・応力連成挙動を把握、現有の連成モデルの妥当性を確認するとともに、併せて、人工バリアの施工条件の明確化を図るものである。

試験坑道を、550m レベル NW 坑道の平成 4 年度実施した LABROCK 試験用岩体を切り出した位置に掘削し、壁面割れ目調査結果から抽出された 3 本の主要な割れ目が通過する位置に試験用実規模ピット(Φ1.7m, 深さ 5.0m)を掘削することとした。ピット内中央にオーバーバック相当の電気ヒータを設置、周囲にベントナイト粘土を充填する。粘土中には、水分計、熱電対、間隙水圧計、土圧計および熱流計を埋設設置し、粘土中のヒータ熱の伝播、地下水の浸潤とそれにとまなう粘土の膨潤圧の発生と言った再冠水時の熱・水・応力連成挙動に関わるデータを取得する一方、周囲の岩盤側には上記 3 本の割れ目に着目し、試験孔を配し、BTV 観察/コア割れ目調査、透水試験、孔内載荷試験の実施、間隙水圧、岩盤ひずみ、ジョイント変位、岩盤温度および試験坑道の温度/湿度の計測を行う計画である。なお、ピットの掘削あるいは粘土充填後の割れ目の挙動を把握するために床面に亀裂変位計を設置し、計測を開始した。

この試験は国際共同研究である Decovalex のテストケースとして取り上げられた。

この他、上記粘土充填・熱負荷試験のミニチュア版の試験である平成 4 年度に実施した、「岩盤内充填粘土試験」の原位置での試験終了後の粘土および岩盤中の割れ目充填物の採取、室内試験を行った結果、試験中の粘土の流出を示すと考えられる局所的な顕著な

粘土密度の低下、地下水の浸潤の不均一性に対応すると考えられる乾燥密度/含水比の不均一分布、粘土ブロック同士の一体化、亀裂内への粘土の侵入を確認した。

<Task 5>

地表部山腹斜面と谷底部に設置した地震計による観測結果から地形による地震動特性の違いが明らかになりつつある。また、より広域的な山地の伸びの方向の影響も加速度の東西成分と南北成分の差として捉えられている。

地震時の水圧応答として、平成5年の北海道南西沖地震、昨平成6年の北海道東方沖地震、三陸はるか沖地震時には明瞭な地下水圧の変化を捉えている。これまでの最大応答は、最も敏感な観測孔である KWP-2 において観測された三陸はるか沖地震時の 0.35kgf/cm^2 (水位換算 3.5m) の低下である。三陸はるか沖地震でみると、KD-90 坑道周辺の水圧観測孔 72 区間中 13 区間で水圧の変化 (10 区間で低下、3 区間で上昇、最大変化 0.04kgf/cm^2) を記録している。また、250m レベル坑道の KDH-2 孔の区間 2 では 0.4kgf/cm^2 の水圧の上昇が記録されている。

応答の有無と水圧観測地点の最大加速度には相関は認められず、地震の規模マグニチュードと震源距離から Soft Inclusion Model (I. P. Dobrovolsky, 1979) により求めた地殻のひずみが 10^{-8} より大きいことが水圧応答の発生する必要条件となっている。この観点から、250m レベル坑道奥の地点においてレーザー干渉式のひずみ計を設置し、坑壁約 12m 間について計測を開始した。なお、このような明瞭な水圧応答があるにも拘わらず、坑壁からの湧水量の変化は認めていない。因に、 10^{-8} 程度である地球潮汐に対応する湧水量の変化は記録されている。

また、地震前後での水質の変化を把握するという観点からは、これまでに若干の兆候が得られているものの、これが有意の変化であるか否かの判断のためには平時における変化の程度についての情報が不可欠であり、平成7年度以降これを取得していくこととした。

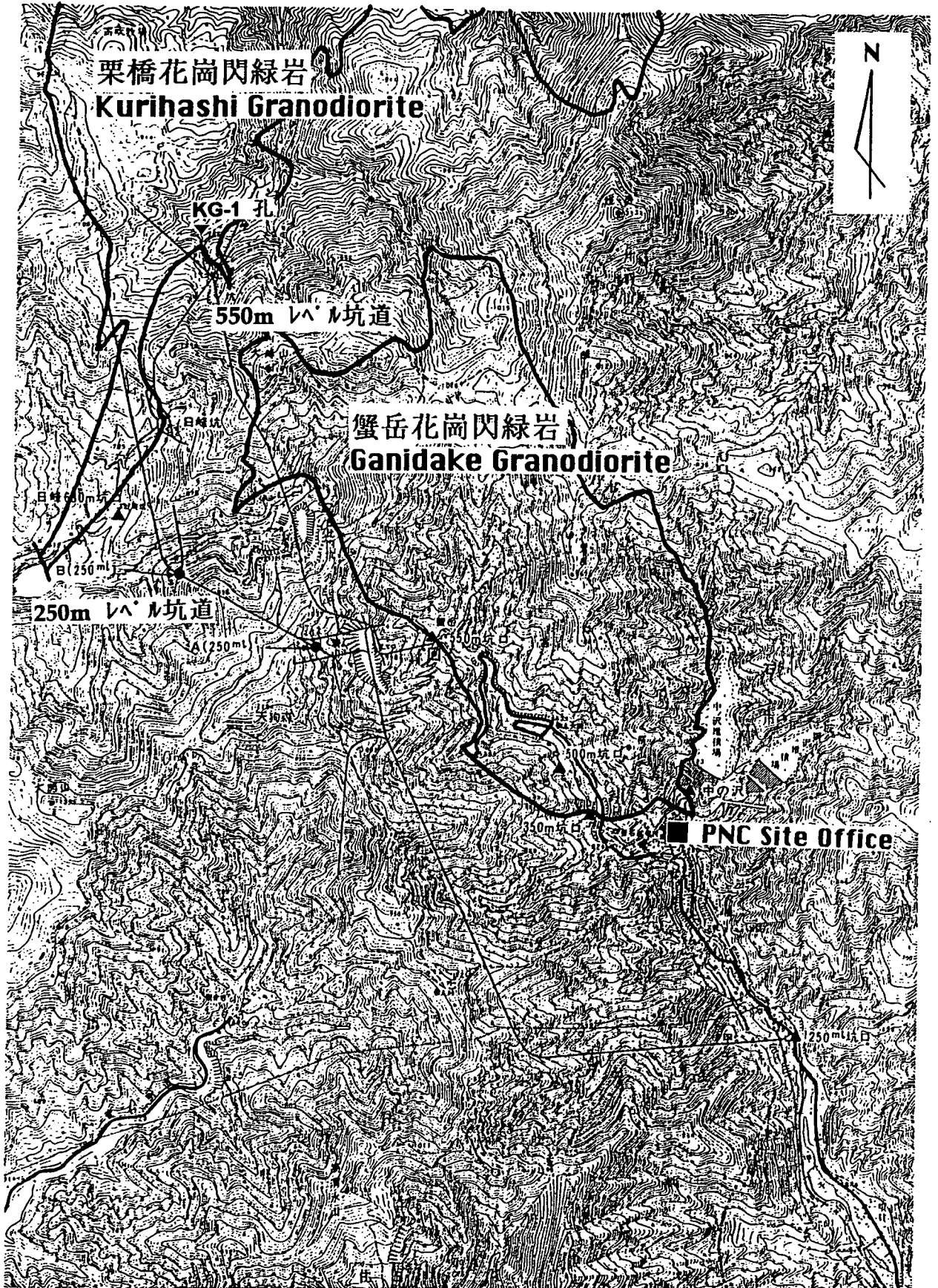


図 I: 原位置試験実施場所と花崗閃緑岩

0 1.5km

II. 各 論

1. TASK 1 : 深部地質環境特性の把握

1.1 概要

(1)目的

結晶質岩における深部地質環境を把握するとともに、TASK 2～5までの試験研究の場に関する基盤的な情報を取得することを目的として、①原位置試験場周辺の地質構造、②深部岩盤の力学特性、③深部岩盤の水理特性、④深部岩盤の地球化学特性に係わる情報を収集した。

(2)実施内容

(a) 原位置試験場周辺の地質構造の把握

割れ目の形成過程を把握するため、250mレベル坑道で割れ目相互の切断関係および充填物鉱物組成の調査を行った。

(b) 深部岩盤の力学特性の把握

新規試験孔 (KM-0, 1孔、孔長各20m、550mレベル坑道から掘削) およびそのコアを用いて初期応力測定 (原位置 : 円錐孔底ひずみ法・水圧破碎法、室内 : AE法・変形率変化法) を行った。また、KM-0孔とKM-2孔 (250mレベル坑道、平成5年度掘削) で孔内載荷試験とコアを用いた室内物性試験を行った。

(c) 深部岩盤の水理特性の把握

550mレベルKD-90 坑道周辺の試験孔 (図-1.1.1) について、老朽化したパッカーラバーと水圧計を更新するとともに自動データ記録装置を導入し、水圧観測システムを完成させた。このほか、地表からの試験孔 (KG-1孔) における水圧観測と坑道内の堰による湧水量観測を行った。

また、釜石原位置試験場周辺を対象として、割れ目系岩盤のモデル化手法の妥当性を確認するとともに解析を通じて原位置試験場周辺の水理地質構造を把握するための研究の一環として、連続体による岩盤浸透流解析を実施した。

(d) 深部岩盤の地球化学特性の把握

250mおよび550mレベル坑道において、坑道壁面や既存試験孔からの湧水を対象に物理化学パラメータの測定および採水分析を行った。ここで取得した水質データを用いて、平衡論に基づく地球化学コード (EQ3/6) により水質形成 (岩石-水反応) に寄与する鉱物の熱力学的親和力 (地下水に対する鉱物の飽和の程度、 $aff: affinity$) を求めた。

(3)スケジュール

表-1.1.1 にTASK 1のスケジュールを示す。

(4)主な成果

(a) 原位置試験場周辺の地質構造の把握

250mレベル坑道の割れ目充填鉱物は主として、① : 緑れん石・ブドウ石を含むタイプ、② : ブドウ石、緑泥石、沸石を含むタイプ、③ : 緑泥石、沸石を含むタイプ、④ : 方解石、沸石を含むタイプに分けられた。また、250mレベル坑道の限られた範囲であるが、割れ目の切断関係から推定される上記充填鉱物①、②、③を含む割れ目の形成順序は、①→②→③であった。

(b) 深部岩盤の力学特性の把握

初期応力は、4つの手法により求められた主応力の値と方向がよく一致した（図-1.1.2）。また、孔内載荷試験と室内物性試験の結果では、250mレベルKM-2孔から採取されたコアの密度は既存のデータの中でも最大値を示すが、これと一軸圧縮強度以外の物性値は550mレベルKM-0孔のそれと同程度である（表-1.1.2）。

(c) 深部岩盤の水理特性の把握

KD-90 坑道周辺の水圧観測システムの完成により、KD-90 坑道周辺の水理学的状況を詳細に観測できるようになり、KH-20 孔掘削にともなう周辺岩盤の水圧変化の応答等を感度良く捉えている（図-1.1.3）。

また、連続体による岩盤浸透流解析の結果、KD-90 坑道への総湧水量に関しては解析値と実測値はオーダー的に一致した。試錐孔内の間隙水圧分布に関しては全般的に解析結果の方が実測値より高かった。

(d) 深部岩盤の地球化学特性の把握

EQ 3/6による計算結果からは、釜石原位置試験場周辺の地下水に対してほぼ平衡（ $-0.5 < \text{aff} < 0.5$ 程度）である鉱物は、アルバイト、方解石、石英、ブドウ石であった（図-1.1.4）。アルバイトは地下水中のNa濃度に、方解石およびブドウ石はCa濃度に、石英はSi濃度に影響する鉱物であると考えられるため、釜石原位置試験場周辺の地下水中のNa, Ca, Si濃度に関しては平衡論に基づいて水質形成機構を推定できる可能性がある。

(5)今後の計画

(a) 原位置試験場周辺の地質構造の把握

割れ目充填鉱物および母岩の年代測定を行い、割れ目の形成過程を把握する。また、坑道壁面で認められる断層破碎帯あるいは割れ目帯に関する情報を取得するとともに、断層破碎帯や割れ目帯の検出技術としての物理探査手法の適用性を確認する。

(b) 深部岩盤の力学特性の把握

KH-1孔（550mレベル坑道、鉛直下向500m）の標高550mと250mの間について、孔内載荷試験、コア物性試験および初期応力測定（水圧破碎法）を行い、力学特性と初期応力の深度依存性を把握する。また、力学特性の異方性・寸法効果を把握するために大孔径（ $\phi 140$ mm）のコアを用いて室内試験を実施する。

(c) 深部岩盤の水理特性の把握

KD-90 坑道周辺の試錐孔とKG-1孔における水圧観測と堰を用いた湧水量観測を継続実施し経時変化を把握する。KD-90 坑道周辺試錐孔ではその内の1孔を発信源とした圧力伝播試験を行い、割れ目系岩盤内の水みちの連結性に関する情報を得るとともに、圧力伝播試験の予測解析を行い、実測値の比較から割れ目系岩盤の水理地質構造モデル化手法の適用性の確認を行う。

(d) 深部岩盤の地球化学特性の把握

坑道や試錐孔からの湧水およびKG-1孔の地下水の採水・分析を実施し、それらのデータを基に、地下水の水質形成に関して平衡論に基づく理論的解析を引き続き行う。

(e) データベースの作成

釜石原位置試験終了時点でのデータの取りまとめを想定し、データの一元管理を行うためのデータベースの設計・製作を行う。

表-1.1.1 スケジュール

	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
(1)原位置試験場周辺の地質構造の把握 ・割れ目調査												
(2)深部岩盤の力学特性の把握 ・試錐孔掘削, 岩芯観察, BTV調査 (KM-0, 1) ・孔内載荷試験 (KM-0) (KM-2) ・応力解放法 (KM-0, 1) ・水圧破碎法 (KM-0, 1)												
(3)深部岩盤の水理特性の把握 ・間隙水圧観測, 湧水量観測 ・KD-90 坑道周辺試錐孔のパッカーラバー交換 ・KD-90 坑道周辺試錐孔水圧観測装置設置 ・KG-1孔における水圧観測												
(4)深部岩盤の地球化学特性の把握 ・物理化学パラメータの測定 ・坑道の湧水の採取・分析 ・坑道の岩石の採取・分析 ・KG-1孔における地下水の採取・分析												

(随時実施)

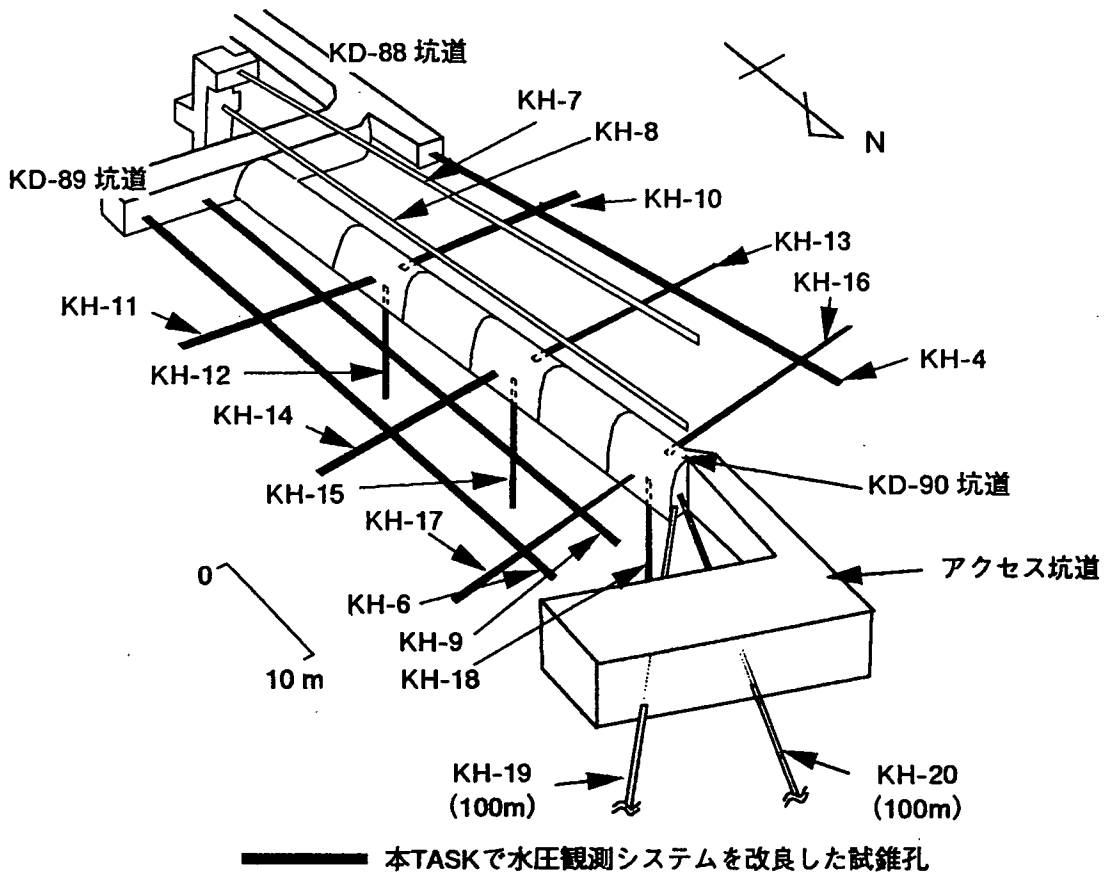
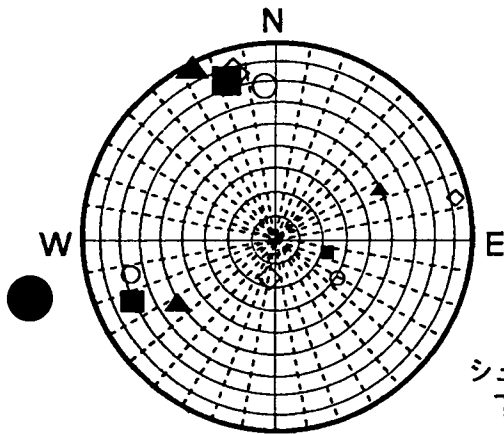


図-1.1.1 KD-90坑道周辺試錐孔位置図



シュミットネット
下半球投影図

	σ_1	σ_2	σ_3	σ_z
円錐孔底ひずみ法 ■	29.9	7.8	3.0	4.8
水圧破碎法 ▲	17.4	8.7	4.5	7.0
AE法 ○	15.6	7.5	5.6	7.0
変形率変化法 ◇	15.5	7.7	6.3	8.1

(土被り圧：約7.0MPa)

図-1.1.2 初期応力測定結果 (550mレベル坑道：KM-0, 1孔)

表-1.1.2 室内実験および孔内载荷試験結果

(550mレベル坑道：KM-0孔、250mレベル坑道：KM-2孔)

	自然密度 g/cm ³	有効間隙率 %	P波速度 km/sec	S波速度 km/sec	一軸圧縮強度 MPa	静弾性係数 GPa
KM-2孔	2.80±0.02	0.48±0.07	5.71±0.34	2.64±0.19	121±9	27.2±0.4
KM-0孔	2.74±0.02	0.63±0.20	5.88±0.46	2.61±0.18	100±20	30.9±0.7
	ポアソン比	引張強度 GPa	粘着力 MPa	内部摩擦角	変形係数 GPa	弾性係数 GPa
KM-2孔	0.27±0.03	8.4±1.3	27.1±3.4	52.8±0.9	12.9±5.7	15.5±5.6
KM-0孔	0.25±0.06	9.6±0.5	32.2±0.5	52.4±1.2	17.3±6.9	16.0±6.3

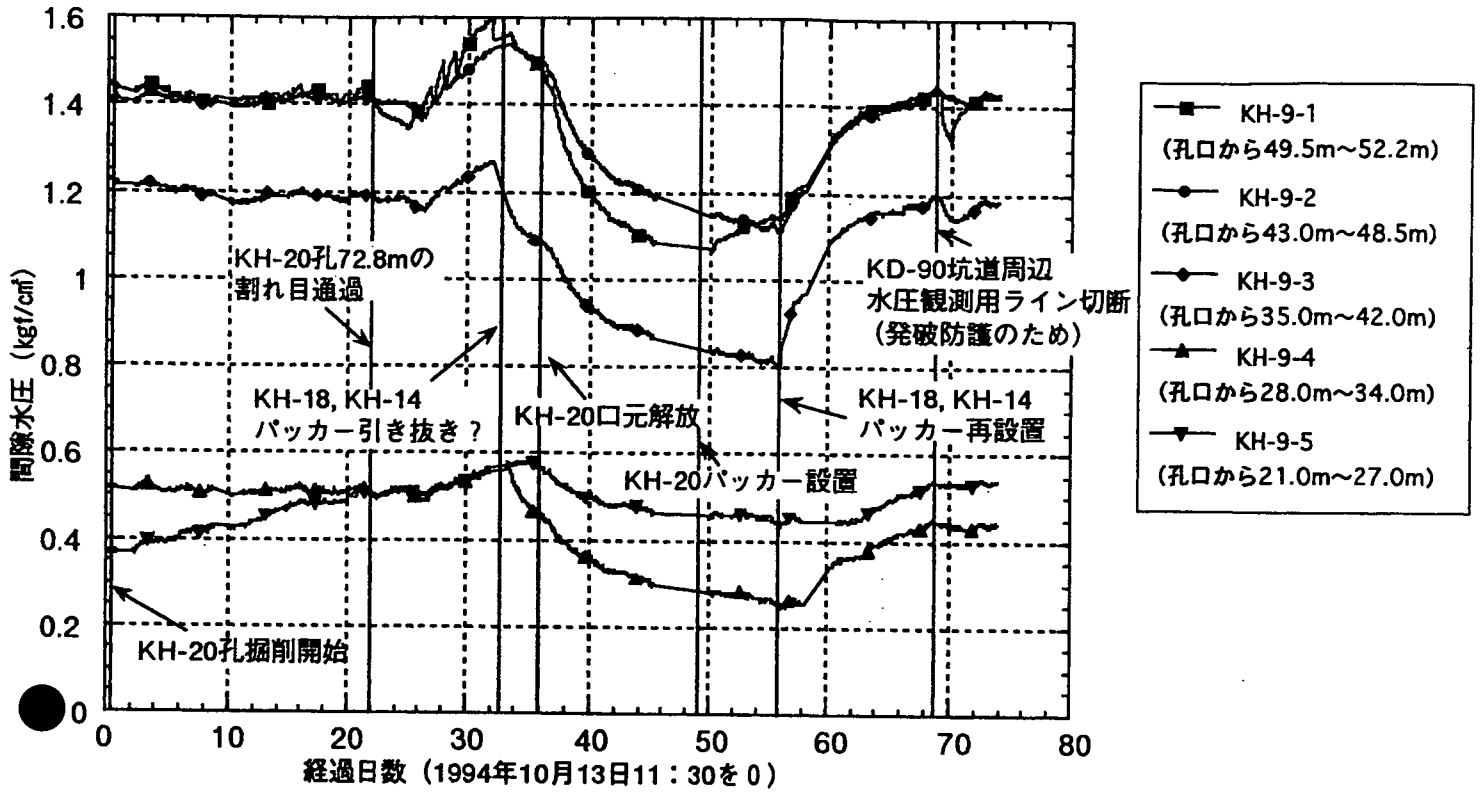


図-1.1.3 KD-90坑道周辺の間隙水圧観測結果例
(KH-20 孔掘削前後のKH-9 孔の間隙水圧変化)

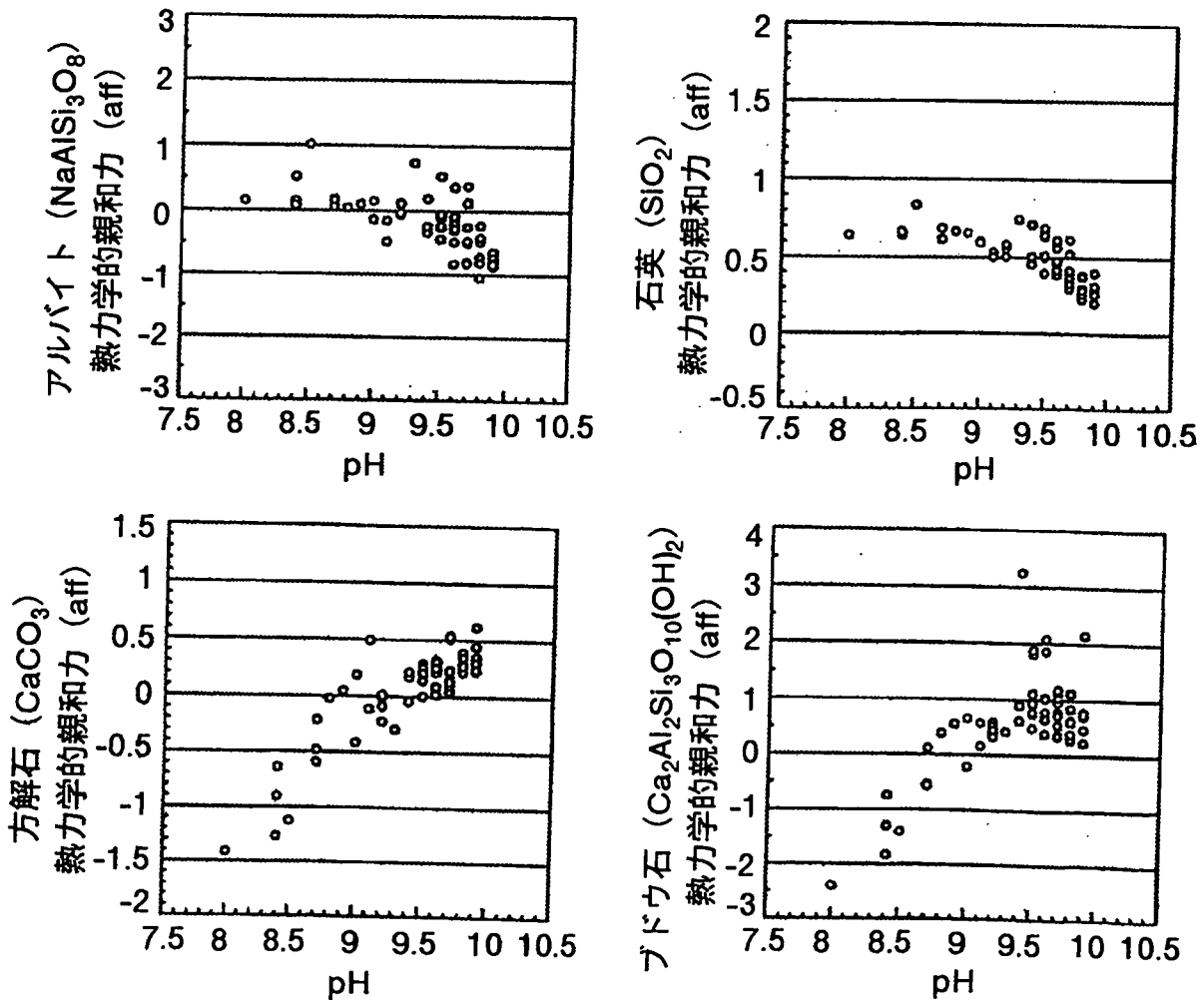


図-1.1.4 各鉱物の熱力学的親和力

1.2 割れ目形成史について

1.2.1 目的

原位置試験場の花崗閃緑岩中に見られる割れ目の形成史を把握することを目的とする。

1.2.2 実施内容

①坑道壁面における割れ目調査

250mレベル坑道の坑道壁面において割れ目相互の切った切られたの関係が観察される区間（5区間）で、肉眼による割れ目の詳細な観察を実施し、割れ目充填物の違いによる形成順序を明らかにした。表-1.2.1、図-1.2.1に割れ目を観察した区間の位置および主な割れ目充填物を示す。

表-1.2.1 割れ目を観察した区間および主要割れ目充填物一覧

区間名	基準点からの距離	色調による割れ目充填物の種類
1	-6m ~ -1m	黄緑色部, 暗緑色部, 黒色部, 方解石, 沸石
2	0m ~ 5m	黄緑色部, 暗緑色部, 黒色部, 方解石, 沸石
3	7m ~ 14m	黄緑色部, 暗緑色部, 黒色部, 方解石, 沸石
4	33m ~ 38m	黄緑色部, 暗緑色部, 黒色部, 方解石, 沸石
5	65m ~ 70m	黄緑色部, 暗緑色部, 黒色部, 沸石

* 後日実施した顕微鏡観察等から黄緑色部等の主な構成鉱物は、
黄緑色部：緑簾石，ブドウ石。暗緑色部：ブドウ石，緑泥石，濁沸石，束沸石。
黒色部：緑泥石，濁沸石，束沸石よりなることが判明。

②割れ目充填物の鉱物学的分析

主に上記坑道壁面で肉眼観察によって区分された割れ目充填物に対して、顕微鏡観察（10試料），X線回折（10試料）および化学分析（10試料）を実施し色調で区分した割れ目充填物の鉱物組織，構成鉱物，化学組成を明らかにした。

表-1.2.2 試料採取位置および分析項目一覧

Sample No.	位置	割れ目 No.	顕微鏡観察	粉末X線分析	化学分析	対象充填物
No.1	-4m	-----	○	○	○	黄緑色部
No.2	2m	8	○	○	○	暗緑色部
No.3	11m	18	○	○	○	暗緑色部
No.4	47m	58	○	○	○	暗緑色部
No.5	73m	88	○	○	○	暗緑色部
No.6	82m	99	○	○	○	黄緑色部
No.7	99m	118	○	○	○	暗緑色部
No.8	128m	140	○	○	○	暗緑色部
No.9	137m	148	○	○	○	黒色部
No.10	43m	53	○	○	○	黒色部

1.2.3 主な成果

①坑道壁面における割れ目調査

1) 充填物の種類と特徴

250mレベル坑道の基準点から-6m ~-1m の距離の坑道壁面スケッチ（区間1）を図-1.2.2および図-2.2.3に示す。坑道での肉眼による割れ目充填物をその色調で、黄緑色部（主に緑簾石、ブドウ石：本分析は、後述する顕微鏡観察等の室内による鉱物分析によって判明。以下同様）、暗緑色部（ブドウ石、緑泥石、濁沸石、束沸石）、黒色部（緑泥石、濁沸石、束沸石）および白色を呈する方解石、石英脈に区分した。表-1.2.3に坑道壁面で観察される各充填物の特徴を記す。

表-1.2.3 坑道壁面で観察される各充填物の特徴

充填物の名称	色調	粒度・緻密性等	その他の特徴
黄緑色部	黄緑色	細粒，緻密，硬質	母岩の破片を含有した細粒な数種の鉱物の集合体。塊状。
暗緑色部	灰緑色～暗緑色部	多くは緻密。多孔質なものある	母岩の破片を含有した細粒な数種の鉱物の集合体。塊状。
黒色部	黒色	細粒，	母岩の破片を含有した細粒な数種の鉱物の集合体。剝離性あり。
白色部	灰色，白色	細粒，緻密，硬質	方解石，石英，沸石の白色の鉱物よりなる。

2) 割れ目充填物相互の切断関係

区間1では、図-1.2.2のスケッチで示されるように割れ目を充填する黄緑色部は、暗緑色部を充填物とする割れ目によって切断され、暗緑色部は方解石を充填物とする割れ目によって切断されていることが分かる。これらの割れ目充填物相互の切断関係をまとめた結果を表-1.2.4に示す。

このような調査を区間2から区間5で実施した。この区間1から区間5の調査より判明した割れ目充填物相互の切断関係をまとめたものを表-1.2.5示す。表-1.2.5に示されているように、割れ目の形成時期は、古い順に並べると黄緑色部、次が暗緑色部、最後が黒色部である。また、方解石、沸石を主要な鉱物とする白色部は、暗緑色部、黒色部を充填物とする割れ目と相互に切断関係にある。

②割れ目充填物の鉱物学的分析

表-1.2.6の(a)に顕微鏡観察、X線回折結果のまとめたものを、表-1.2.6の(b)に全岩化学分析結果を示す。

1) 割れ目充填物の組織

顕微鏡観察結果によると、割れ目を充填する、黄緑色部、暗緑色部、黒色部のいずれの充填物共、圧碎状の組織を示し、斑晶状に残る母岩の破片と、変質鉱物から構成される基質部よりなる。また、母岩起源の破片は変質を受け、緑泥石等の変質鉱物と混在している。

(b) 割れ目充填物の構成鉱物

顕微鏡観察結果およびX線回折結果によると、割れ目充填物中の斑晶状に残る母岩の破片は石英、長石、角閃石、雲母よりなり、それらを埋める変質鉱物は、黄緑色部において主に緑簾石、ブドウ石、暗緑色部においてブドウ石、緑泥石、濁沸石、束沸石、黒色部において緑泥石、束沸石よりなる。特に暗緑色部は、構成鉱物の組み合わせから、ブドウ石を含むもの、濁沸石を含むもの、束沸石を含むものの3つのタイプに細分出来る。これらの変質鉱物は、歌田(1977)による変質分帯の区分によると、黄緑色部、暗緑色部、黒色部に生成した変質鉱物は、おおむねアルカリ性帯のCa系に属す。また、それらの変質鉱物の生成温度は、緑簾石、ブドウ石、濁沸石、束沸石の順に低くなることが報告されている。これは、黄緑色部、暗緑色部、黒色部の順に割れ目充填部を形成した形成温度が低くなっていることを示している。

(c) 割れ目充填物の化学組成

割れ目充填物の年代測定検討用の資料として、全岩化学分析を実施した。割れ目充填物の年代測定手法は、K-Ar法により緑泥石を測定対象鉱物として実施する計画であり、そのための事前の検討資料として充填物のKの含有率を測定した。

分析結果をみると、母岩の破片を含む充填物全体の K_2O の含有率はおおむね0.5%以下(0.14~1.35%, 平均0.46%)であった。K-Ar法を実施したWoldeGabriel et al. (1992)の報告による砂岩・安山岩中の K_2O の含有率は8%程度であることから比較すると、今回採取した試料の K_2O の含有率は大分少ない結果となる。このような K_2O の含有率の少なさや、年代測定用の緑泥石が母岩起源の鉱物と混在して存在していることから、K-Ar法を充填物に適用することは困難な状況にあることが判明した。

1.2.4 考察

250mレベル坑道で観察された割れ目充填物の相互の切断関係、およびそれら充填物の鉱物分析結果を表-1.2.7にまとめた。表-1.2.7に示されるように、割れ目の充填物によって、主要な構成鉱物が異なり、またその構成鉱物を形成する温度条件が異なることが判明した。つまり古い割れ目程、その割れ目充填物を構成する主要鉱物の形成温度が高いことが判明した。

表-1.2.7 割れ目充填物の形成順序

充填物のタイプ (色調から区分)	主な構成鉱物	割れ目相互の切断関係から推定した割れ目の形成時期 古い ←————→ 新しい	主な構成鉱物の形成温度(°C)	
			高い 200	低い 100
黄緑色部	緑簾石, ブドウ石	————	—	
暗緑色部	ブドウ石, 緑泥石, 濁沸石, 束沸石	————	—	—
黒色部	緑泥石, 濁沸石, 束沸石	————	—	—

表-1.2.7で示す古い割れ目程，その形成温度が高いと言う現象は何を意味するのかを考察すると，割れ目充填物の形成順序と形成温度は充填物の種類により漸移的に変わっていることから，複数の熱水活動が存在したと考えるより，一連の熱水活動の最盛期から衰退期にかけて割れ目が形成されたものとする考えが妥当と思われる。そして，この熱水活動は黄緑色部が比較的高い温度・圧力条件で形成される緑簾石により構成されているにもかかわらず，黄緑色部以外には母岩中に大規模な熱水活動を示すものがないことから，割れ目充填物の形成に関与した熱水は岩体の冷却過程のものである可能性がある。

1.2.5 課題

- ・割れ目充填物の絶対年代の把握
- ・規模の大きな割れ目の坑道内での頻度，充填鉱物の違い，物理的性質（弾性波速度，透水性，間隙率等）の情報を得る。

参考文献

- 1) 歌田 実 (1977): 鉾床母岩の変質作用 現代鉾床学の基礎, 東京大学出版会, pp145-159
- 2) Giday WoldeGabriel and Fraser Goff (1992): K/Ar dates of hydrothermal clays from core hole VC-2B, Valles Caldera, New Mexico and their relation to alteration in a large hydrothermal system, Journal of Volcanology and Geothermal Research, 50, pp207-230

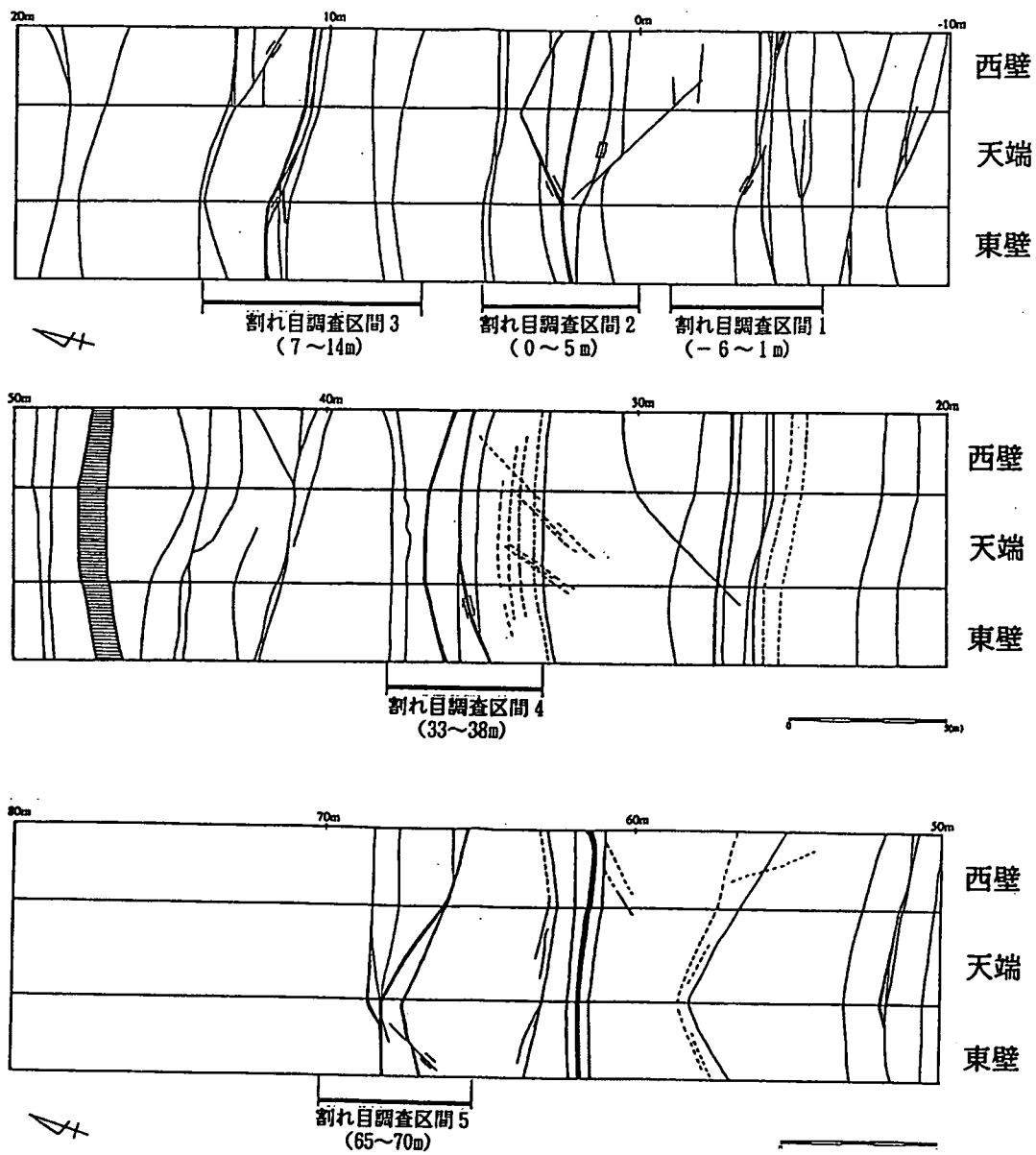


図-1.2.1 割れ目を観察した区間(250mレベル坑道)

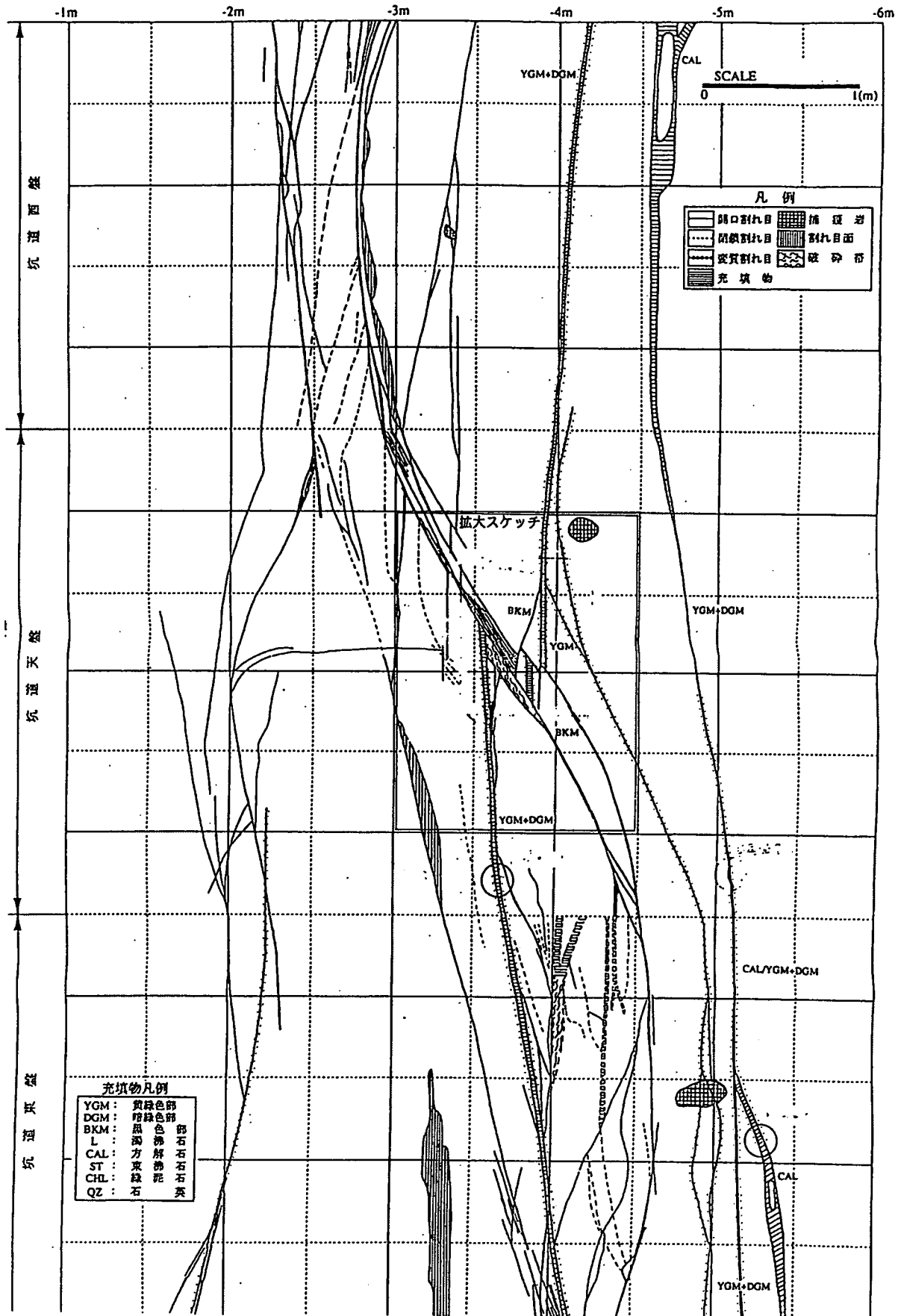
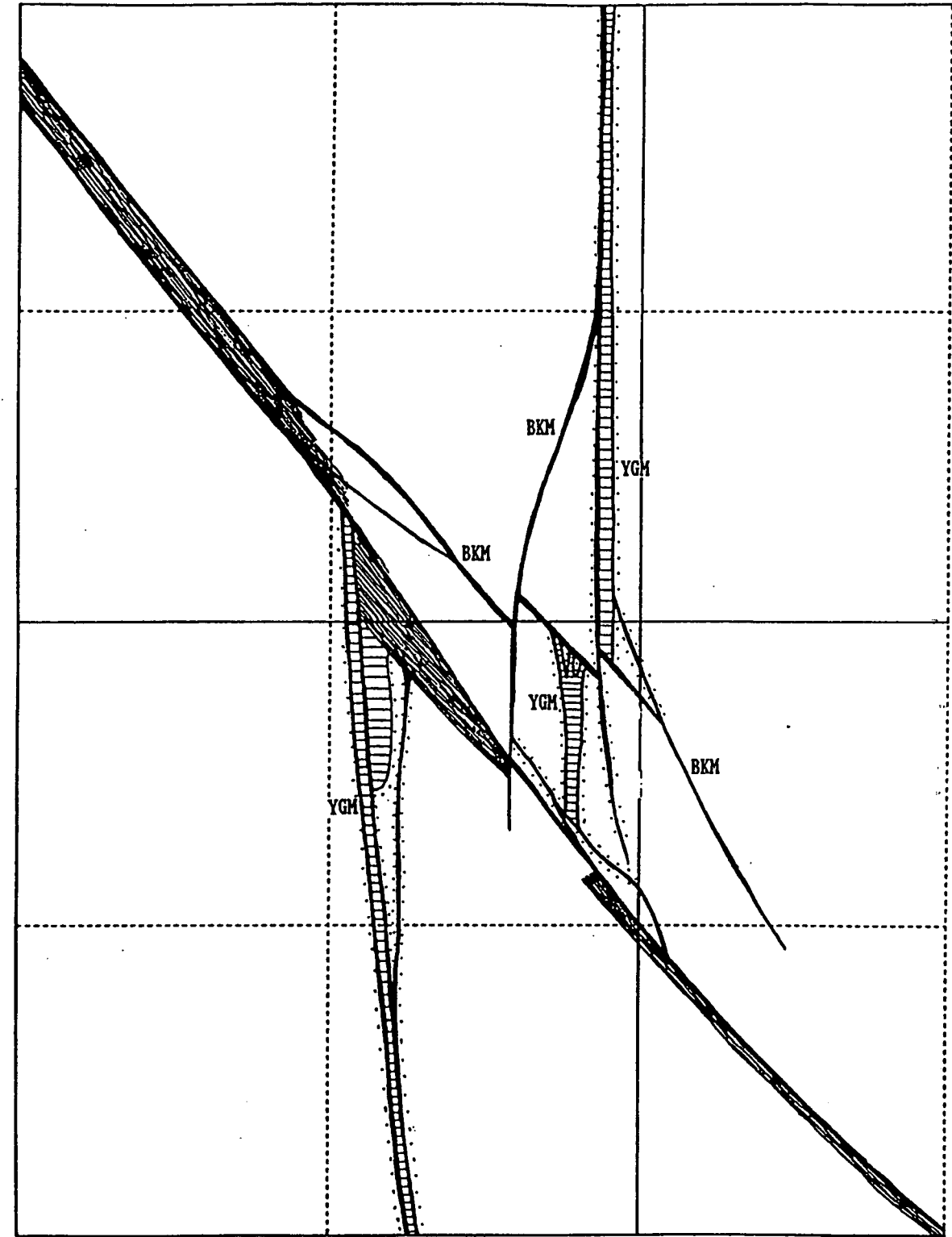


図-1.2.2 区間1の割れ目スケッチ



-3m

坑道東盤

-4m

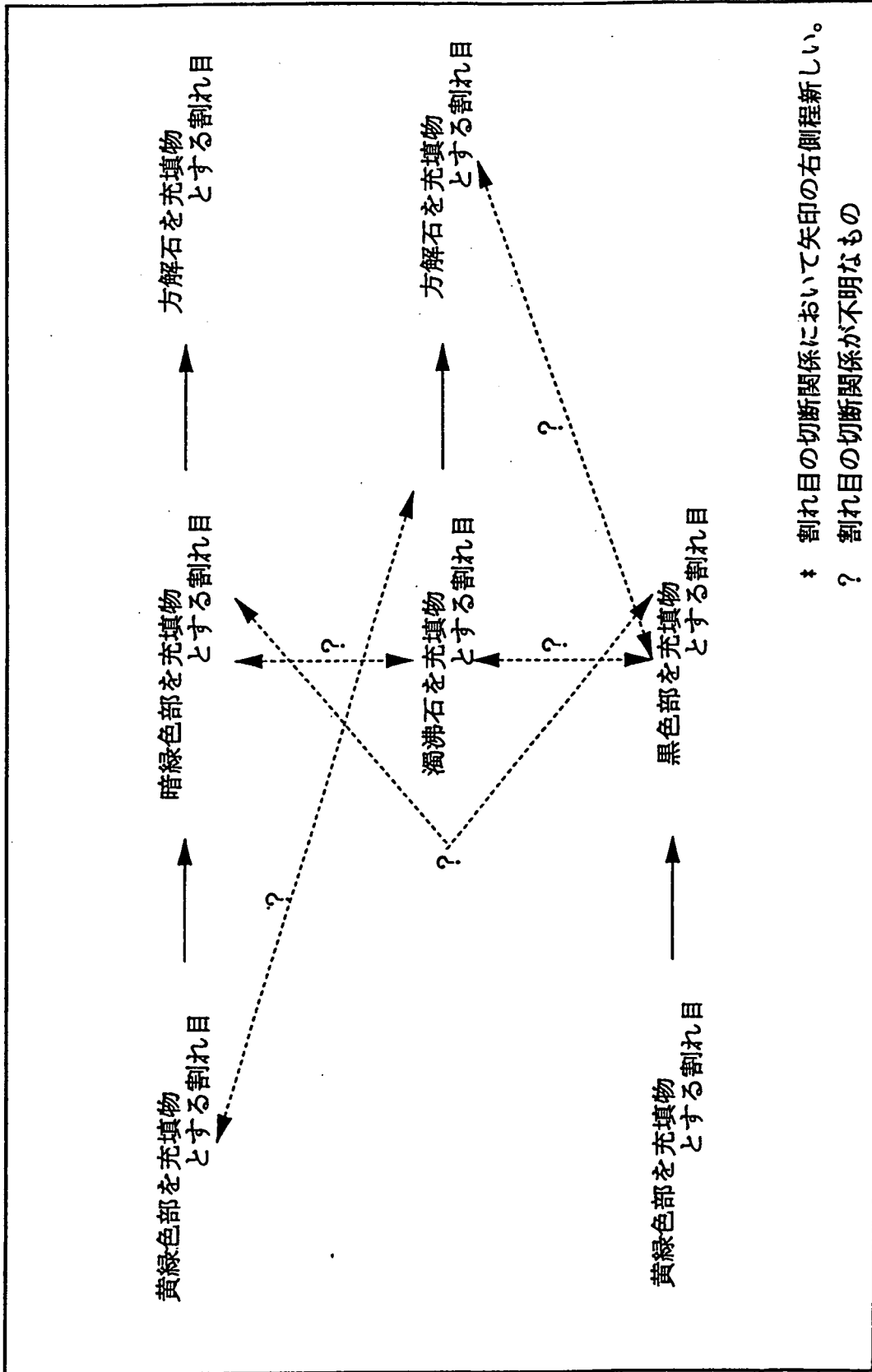
充填物凡例

← 坑道奥

YGM :	黄綠色部
DGM :	暗綠色部
BKM :	黒色部
L :	濁沸石
CAL :	方解石
ST :	束沸石
CHL :	緑泥
QZ :	石英

図-1.2.3 区間1の割れ目スケッチの拡大部

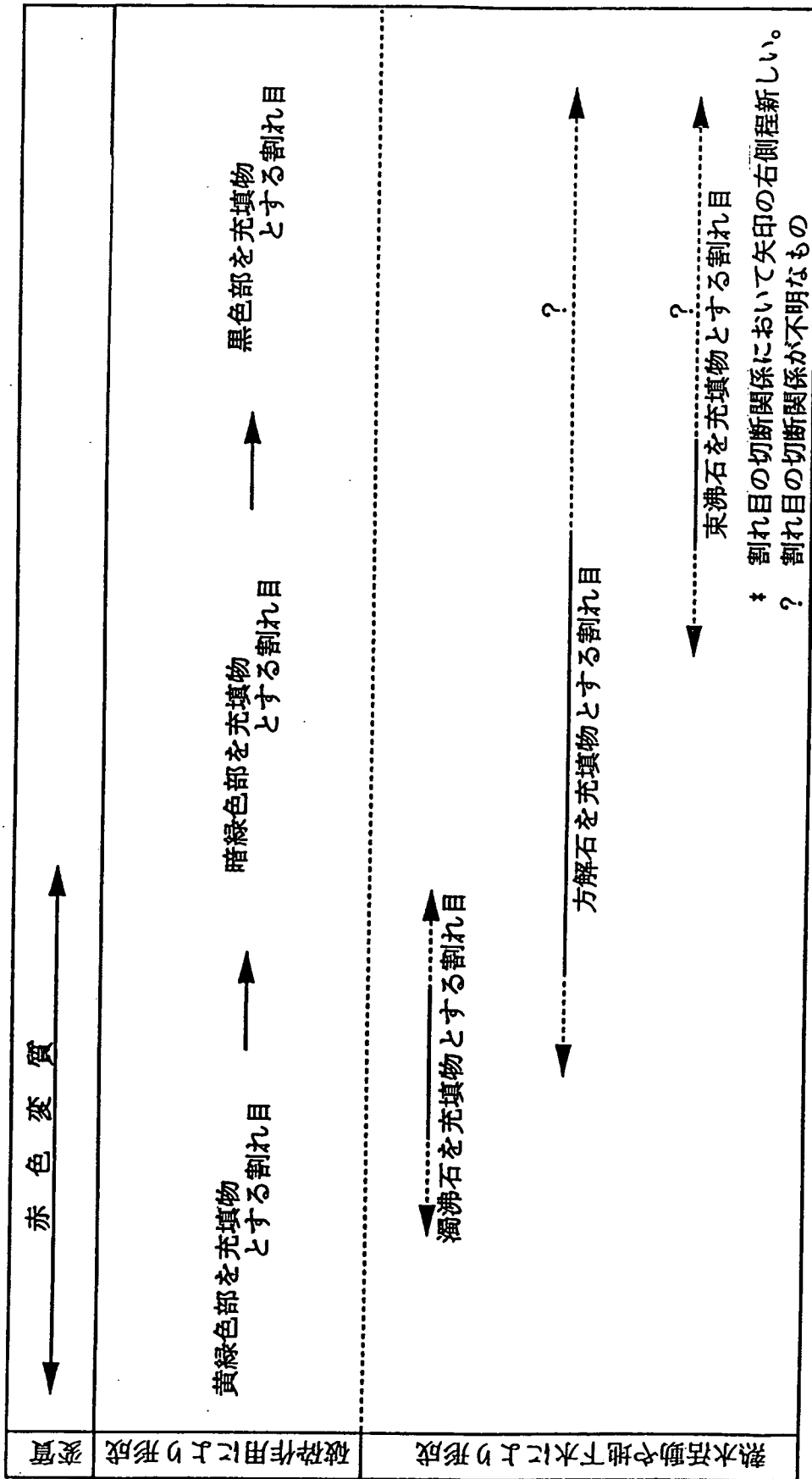
表-1.2.4 区間1において推定される割れ目形成順序



* 割れ目の切断関係において矢印の右側程新しい。

? 割れ目の切断関係が不明なもの

表-1.1.2.5 | 区間1～区間5において推定される割れ目形成順序のまとめ



* 割れ目の切断関係において矢印の右側程新しい。
 ? 割れ目の切断関係が不明なもの

表-1.2.6 (a) 顯微鏡觀察, X線回折結果

Samp. No.	Fract. No.	Meter	Fract. fill.	Mineralogy		Texture		Alteration	
				Autoclasts	Alt. min.	Hand spec.	Optical	Autoclasts	Matrix
1	..	-4	YGM	Qtz(*), Bi(-)	Pr>> Cal, Ep> St>> Hb?	Compacted, tight	Cataclastic	Ep/Pr	Ep/Pr
2	8	2	DGM(1)	Qtz(**), Pl(**)	Lau, Chl> Cal, Pr, St, Op>> Ep, Ser(?)	Compacted, tight, some fine colored min.	Cataclastic	Lau	Lau
3	18	11	DGM(2)	Qtz(*), Bi(-), Hb(?)	Lau>> Ep, Cal> Py>> Ap, Chl>> Ser(?)	Compacted, tight	Cataclastic	Lau/Pr	Lau
4	58	47	DGM(3)	Gd(***) Hb(*), Bi(-)	St> Cal, Lau> Chl> Ep, Op> Ser(?)	Clayey, friable, water-conduct. fract.	Cataclastic	St	Brown clay(\$)
5	88	73	DGM(1)	Qtz(***) Kf(?)	Pr, Chl>> St, Op, Cal(?)>> Ser(?)	Compacted, tight	Cataclastic	Pr	Pr
6	99	82	YGM	Gd(***) Kf(?)	Pr, Cal> Ep, St, Chl>> Lau	Compacted, tight	Cataclastic	Ep/Pr	Ep/Pr
7	118	99	DGM(1)	Qtz(**), Pl(*), Gar(?)	Pr> Chl>> py(?)	Compacted, tight	Cataclastic	Pr	Pr
8	140	128	DGM(2)	Qtz(**), Hb(*), Bi(*), Gd(-)	Pr> Lau, Ser> Chl, Cal> Py(?)	Compacted, tight, some fine colored min.	Cataclastic	Lau/Pr	Lau
9	148	137	BKM	Qtz(**), Hb(*), Bi(?)	Lau> Cal, Chl> St, Och, Op> Py(?)	Fissile	Cataclastic	St	Brown clay(\$)
10	53	43	BKM	Gr(***)	St, Cal, Chl(?)	Fissile	Cataclastic	St	Brown clay(\$)

* DGM are classified into 3 types. Type 1 shows prehnitization, To be confirmed
 type 2 laumontitization and type 3 has similar brown colored clayey matrix as BRM.

* Calcites and stilbites in fracture fillings YGM form veinlets.
 Calcites in DGM(2) form small blocks.

YGM: yellowish green filling, DGM: dark green filling, BRM: black filling

Qtz: Quartz, Bi: Biotite, Pl: Plagioclase, Hb: Hornblende, Gd: Granodiorite, Kf: K-feldspar, Ab: Albite, Sp: Spinel, Gar: Garnet, Pr: Prehnite, Cal: Calcite, Ep: Epidote, St: Stilbite, Lau: Laumontite, Chl: Chlorite, Op: Opal, Ser: Sericite, Py: Pyrite,

表-1.2.6 (b) 割れ目充填物の化学分析結果

Samp. No.	Fract. No.	Meter	Fract. fill.	Chemical composition																
				SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	MnO	P ₂ O ₅	lg-Loss	H ₂ O+	S	Total		
1	..	-4	YGM	42.11	22.55	0.53	2.90	0.16	25.39	0.16	0.18	0.21	0.05	0.62	5.00	3.70	<0.01	99.86		
2	8	2	DGM(1)	45.21	18.31	3.39	1.40	0.43	15.89	1.69	0.14	0.45	0.06	0.69	12.09	9.15	0.07	99.75		
3	18	11	DGM(2)	45.73	18.07	2.19	0.67	0.25	14.67	1.13	0.20	0.36	0.02	0.65	15.30	11.20	0.22	99.24		
4	58	47	DGM(3)	53.11	14.44	3.95	1.55	0.51	8.93	2.61	0.81	1.35	0.10	0.71	11.54	10.03	0.06	99.61		
5	88	73	DGM(1)	48.90	16.56	2.77	1.85	0.34	19.27	1.76	0.17	0.14	0.09	0.66	6.81	4.34	<0.01	99.32		
6	99	82	YGM	39.03	16.14	0.60	3.64	0.22	26.65	0.29	0.28	0.17	0.04	0.63	12.25	4.12	0.01	99.94		
7	118	99	DGM(1)	47.31	20.08	2.50	1.67	0.30	20.53	1.25	0.20	0.47	0.07	0.65	4.37	4.15	0.07	99.40		
8	140	128	DGM(2)	51.48	18.17	1.87	1.28	0.23	18.21	0.80	0.22	0.14	0.04	0.62	6.77	5.69	<0.01	99.83		
9	148	137	BKM	51.85	16.45	3.09	2.85	0.50	8.97	2.56	0.51	0.62	0.09	0.70	11.97	10.49	<0.01	100.16		
10	53	43	BKM	53.26	14.54	4.20	1.55	0.52	7.07	2.44	1.25	0.72	0.09	0.70	12.97	11.49	0.28	99.31		

YGM:yellowish green filling, DGM:dark green filling, BKM:bluk filling
 Qtz:Quartz, Bi:Biotite, Pl:Plagioclase, Hb:Hornblende, Gd:Granodiorite, Kf:K-Feldspar,
 Ab:Albite, Sp:Spinel, Gar:Garnet, Pr:Prehnite, Cal:Calcite, Ep:Epidote, St:stilbite,
 Lau:Laumontite, Chl:Chlorite, Op:Opal, Ser:Sericitite, Py:Pyrite,

1.3 深部岩盤の力学特性の把握

1.3.1 目的

深部岩盤の初期応力状態および力学特性を把握する。また、初期応力測定手法の本研究対象領域の岩盤に対する有効性を検討する。

1.3.2 実施内容

実施内容と測定・試験の場所および試料採取場所を以下に示す。

- ・初期応力測定：550mレベル坑道のKM-0孔とKM-1孔およびそのコア
- ・孔内載荷試験：550mレベル坑道のKM-0孔と250mレベル坑道のKM-2孔
- ・室内試験：550mレベル坑道のKM-0孔のコアと250mレベル坑道のKM-2孔のコア

KM-2孔は平成5年度に掘削した試験孔であり、KM-0, 1孔は今年度新たに掘削した。

測定・試験は、坑道の存在の影響を受けないと想定される坑道径の2倍以上坑壁から離れた位置において、あるいはそこから採取した健岩部のコアを用いて実施した。

(1)測定場所の概要

KM-2孔およびKM-0, KM-1孔の位置および孔内載荷試験と室内試験用の試料の採取位置を図-1.3.1と図-1.3.2に示す。各試験孔の仕様は以下のとおりである。

- ・KM-2孔：方位N13° W, 水平から1° 上向き, 孔長21.9m, 孔径76mm
- ・KM-0孔：方位E W, 水平から1° 上向き, 孔長21.00m, 孔径76mm
- ・KM-1孔：方位N S, 水平から1° 上向き, 孔長19.93m, 孔径76mm

初期応力測定は既存き裂の存在の影響を受けるために、また、孔内載荷試験はき裂の存在により試験結果の評価が困難であること、さらに、室内試験では健岩部のデータを取得することの理由により、試験孔の位置は坑壁のき裂スケッチ図を参考に、き裂頻度の低い場所を選定した。また、測定・試験位置についても、既存き裂が存在しない位置あるいはき裂頻度の低い位置を選定した。

KM-2孔では、BTVによる孔壁観察により106本(4.8本/m)のき裂が確認され、これらのき裂の卓越方向はN30° W70° SW(20%以上)であった。KM-0孔とKM-1孔では、BTVによる孔壁観察により175本(4.3本/m)のき裂が確認され、これらのき裂の卓越方向はN50° W80° NE(20%以上)であった。

図-1.3.3にKM-0, 1, 2孔の総合柱状図と初期応力測定位置を示す。

(2)測定仕様

- ・初期応力測定

測定は平成5年度と同じ測定手法である、応力解放法(円錐孔底ひずみ法)、水圧破碎法、AE(Acoustic Emission)法、DRA(Deformation Rate Analysis)法、DSCA(Differential Strain Curve Analysis)法により実施した。AE法、DRA法、DSCA法による測定に用いた試料は、応力解放法による測定の際の定方位のオーバーコアから採取した。AE法とDRA法については直径25~30mm、長さ50~60mmの試験片を、三次元の主応力が算出できるように、孔軸方向、孔軸方向に直交する水平方向、鉛直方向、さらにこれらの3方向に直交する面内で45°の方向3方向、計6方向から採取した。DSCA法については30mmの立方体に整形した。AE法は、応力

解放後の時間経過に伴いカイザー効果から推定される応力値が初期応力より低く見積もられる可能性があることから、既存の研究結果¹⁾を参考に、コア採取後4日以内を目安に測定を実施した。A E法とD R A法は同じ試料で同時に測定した。D S C A法による測定は、試料の含水状態の違いによる影響を避けるため、試験片を恒温槽に放置し、重量変化が無くなってから実施した。水圧破碎法による測定は、円錐孔底ひずみ法による測定、コア採取、後記する孔内載荷試験、B T Vによる孔壁観察の終了後に実施した。

- ・孔内載荷試験

試験は高圧タイプのK K Tを用いて実施した。岩盤の弾性係数・変形係数の異方性を評価するため、1点につき3方向で試験した。

- ・室内試験

室内試験は一軸圧縮試験、三軸圧縮試験、圧裂引張試験、一軸クリープ試験、弾性波速度測定、密度、間隙率測定を実施した。試験条件はI S R M指針あるいはJ I S規格によった。

- ・原位置を模擬した室内試験

550mレベルと250mレベルの応力状態と間隙水圧状態を想定し、封圧が7~20MPa、間隙水圧が3~7MPaの組み合わせで、三軸圧縮試験および透水試験を実施した。さらに、封圧10、20MPaと間隙水圧3、7MPaの組み合わせで三軸圧縮過程における透水試験を実施した。試験に用いた試料は250mレベル坑道のKM-2孔の近傍のKDT-1孔のコアである。

1.3.3 主要な成果

(1)初期応力測定

(a) 各手法の測定結果

各手法の測定結果について、主応力と鉛直応力の値を表-1.3.1に、主応力の方向を図-1.3.4に示す。

- ・円錐孔底ひずみ法の結果

最大、中間、最小主応力の値は、それぞれ、25.9~43.9MPa、5.0~19.2MPa、0.4~9.7MPaで、鉛直応力は0.8~11.4MPaであった。最大主応力の方向は、N~NW方向の水平から10°の傾斜の範囲にばらつく。

- ・水圧破碎法の結果

三次元初期応力の算出は、各測点における水圧破碎によって生成したき裂あるいは開口させたき裂の走向傾斜のデータとき裂面の法線方向応力成分のデータを用いて求めた。最大、中間、最小主応力の値は、それぞれ、17.4MPa、8.7MPa、4.5MPaで、鉛直応力は7.0MPaであった。最大主応力の方向はN30°Wのほぼ水平方向である。

- ・A E法の結果

最大、中間、最小主応力の値は、それぞれ、14.3~24.2MPa、4.6~9.3MPa、0.2~5.7MPaで、鉛直応力は0.8~11MPaであった。最大主応力の方向はN20°E~N20°Wの範囲で、20~40°の傾斜である。中間主応力はE W方向であり、最小主応力の方向はばらついている。

・DRA法の結果

最大, 中間, 最小主応力の値は, それぞれ, 13.9~21.9MPa, 5.1~9.8MPa, 1.6~6.3MPaで, 鉛直応力は0.8~11MPaであった。最大主応力の方向は, NS~N30°Wの範囲で, 0~30°の傾斜である。中間および最小主応力の方向はばらついている。

・DSCA法の結果

最大主応力の値を1とした場合, 中間および最小主応力は, それぞれ, 0.54~0.92, 0.04~0.59であった。最大主応力の方向はN55°E~N25°Wの広範囲にばらついており, 傾斜は10~40°の範囲である。

(b) 平均的な初期応力

各手法で平均化した初期応力を図-1.3.5と表-1.3.2に示す。平均的な初期応力の算出方法は, 各測点で得られた6つの応力成分の平均値を求め, この値を用いて主応力を算出した。

・主応力の値

円錐孔底ひずみ法では最大主応力は約30MPaで, 水圧破碎法, AE法, DRA法では約15MPaと一致した。中間主応力は各手法で8~9MPa, 最小主応力は各手法で5~6MPaと算出されたが, 円錐孔底ひずみ法から算出した最小主応力は約3MPaと他の手法と比べて小さな値であった。鉛直応力については, 円錐孔底ひずみ法では, 土被り圧(深度260m, 栗橋花崗岩の単位体積重量27kN/m³で約7MPa)より小さいが, その他の手法では土被り圧に等しかった。一般的には, 鉛直応力は土被り圧と一致するとされており, この点では, 水圧破碎法, AE法, DRA法で算出した鉛直応力は信頼性があると言える。

・主応力の方向

いずれの手法による測定結果も, 最大主応力はNS~N40°Wで, 傾斜が水平から30°程度の範囲にある。DSCA以外の方法による結果では, 各手法の平均値から算出した最大主応力の方向は, N15~20°Wで, 傾斜10°付近に集中している。中間主応力と最小主応力の方向は, 最大主応力に直交する面内でばらつく。この理由は, 最大主応力の値に比べて中間主応力と最小主応力の値が小さく, かつ, 中間主応力と最小主応力の値の差が小さいことによるものと考えられる。

今回の測定結果, 他の機関が実施した円錐孔底ひずみ法の結果²⁾, 昭和63年度に実施した孔径変化法による測定結果は, 水平面内の最大主応力の方向はいずれも南北から30°以内の方向にある(図-1.3.6)。

地形, 地震学, 測地学, プレートテクトニクスなどから推定される卓越する圧縮軸は東西方向であり, 上述の初期応力測定の結果とは異なる。また, 250mレベル坑道の石灰岩における円錐孔底ひずみ法の結果³⁾では, 最大主応力の方向はN20°Eを中心として±数10度の範囲にあり, 傾斜が8~65°の範囲にある。石灰岩における最大主応力の方向は栗橋花崗岩の方向とは異なる傾向を示していることから, 栗橋花崗岩の原位置試験場周辺の初期応力状態は, 地質境界あるいは規模の大きな断層などの影響を受けていると考えられる。

・550mレベル坑道の初期応力状態

主応力の値と方向をまとめると, 測定を実施した550mレベル坑道のKM-0孔, KM-1孔

周辺の初期応力状態は、最大主応力は、N15~20° Wで傾斜10° の方向で、値は15~30MPa 程度である。中間主応力と最小主応力の方向は最大主応力に直交する面内ではばらつき、値は土被り圧程度である。鉛直応力は土被り圧とほぼ一致している。

・初期応力状態と深度の関係

海外の10カ国および国内における測定結果では、深度（土被り）が増加するにつれて鉛直応力は増加し、平均側圧係数（水平面内の主応力の平均値と鉛直応力の比）は1以下となる傾向が認められており、この傾向は地殻を均質等方的な弾性体モデルによる計算結果と一致している⁴⁾。

250mレベル坑道で実施した初期応力測定の結果（KM-2, KDS-1, 2孔）と、今回実施した550mレベル坑道における測定の結果、および、他の機関が実施した円錐孔底ひずみ法の結果²⁾を比較すると、鉛直応力成分は深度の増加につれて大きくなり、平均側圧係数が深度の増加につれて小さくなる傾向がある（図-1.3.7）。これは上述した一般的な測定結果の傾向と一致している^{4) 5)}。

(c) 栗橋花崗岩に対する測定手法の有効性の検討

・円錐孔底ひずみ法

円錐孔底ひずみ法では、試錐孔の掘削に伴い解放されるひずみを計測し、岩石の弾性係数を用いて応力値を算出する。このため、弾性係数を正確に求める必要がある。通常、円錐孔底ひずみ法では、オーバーコアリングした際、ひずみゲージを添付した近傍のコアから供試体を作成し、一軸圧縮試験を実施する。この試験の荷重の除荷時の応力-ひずみ線図から評価した弾性係数を用いて応力値を算出する。算出に当たっては、岩盤を等方均質と仮定し、全ての方向の弾性係数を一定とする。しかし、岩盤の弾性係数が異方性を有する場合は、異方性の程度が算出される応力値の誤差となることが考えられる。

今回、AE法とDRA法の測定の際に得られた6方向の弾性係数（割線ヤング率）の異方性を検討すると、全供試体の平均値 61.1GPaに対して、東西方向が8%、鉛直方向が2%程度小さく、南北方向は10%程度大きかった。すなわち、円錐孔底ひずみ法で算出した主応力の値は、岩盤の異方性に起因する誤差を有する可能性があることが考えられ、東西方向の応力値を過大に、南北方向の応力値を過少に評価している可能性がある。

円錐孔底ひずみ法では、試錐孔の掘削による応力解放に伴うひずみを16方向測定する。オーバーコア時に解放される応力は試錐孔に直交する方向が試錐孔の孔軸方向に比べて大きいため、最大主応力の方向が試錐孔に直交する方向に近い場合は、最大主応力の方向を精度よく測定することができると考えられる。今回測定を実施したKM-0孔およびKM-1孔は互いに直交する方向に掘削された試錐孔であり、KM-0孔は最大主応力の方向にほぼ直交する東西方向に掘削されている。このため、KM-0孔における測定では、KM-1孔における測定と比較して、最大主応力の方向は精度よく測定できることが考えられるが、測定結果では、KM-0孔の方が方向が50° の範囲ではばらつき、KM-1孔の方は20° の範囲に収まっており、逆の傾向となっている。

このため、円錐孔底ひずみ法で測定される主応力の方向の精度は、最大主応力の方向と試錐孔の方向との関係から想定される測定精度よりも、測定結果のばらつき、す

なわち初期応力状態のばらつきの原因と考えられるき裂の存在に大きく依存していると考えられる。

・水圧破碎法

水圧破碎法による測定では、通常、試験区間としてき裂が存在しない健岩部を選定するが、KM-0, 1, 2孔では既存の全ての試験区間をき裂を避けて選定することができなかった。平成5年度は250mレベル坑道のKM-2孔の1本の試錐孔で測定を実施したが、水圧破碎によって新たに発生したき裂は9か所のうち1か所のみであり、その他の箇所は既存のき裂を開口させたものであった。平成6年度に550mレベル坑道のKM-0孔とKM-1孔の互いに直交する2本の試錐孔で測定を実施した結果、新たなき裂が発生したのは10か所のうち4か所であった。

水圧破碎法によって3次元の初期応力を求める際には、異なる6方向以上のき裂の破壊圧や破碎後の再開口圧力が必要となる。このため、初期応力の算定に用いるき裂の方向が一様である場合、算定された初期応力の値は大きな誤差を含むことが考えられる。今回の測定のように、1孔あるいは2孔における結果から3次元初期応力を算出する場合、き裂の卓越する方向と試錐孔の関係から、複数の方向に試錐孔を掘削して、既存き裂の存在しない箇所や複数の方向が異なるき裂が出現するようにする必要があると考えられる。

・A E法, D R A法

平成5年度に実施したA E法とD R A法を併用した測定は、供試体に含まれる水分量を一定にするため、コア採取から1か月以上経過した後に実施した。A E法の測定原理であるカイザー効果には時間依存性があると考えられ、コア採取からの経過時間によって応力値が小さく推定されることやA Eの発生数の急増点が不明瞭になると指摘されている。今回の測定では、コア採取から5日以内を目安に測定を実施した。その結果、平成5年度に比較して、A Eの発生数やエネルギー累積数の急増点が評価できた試料数が増えた。コア採取から1か月以上経過した後に測定を実施した場合、A Eのイベント数と累積エネルギーは、36試料のうち、それぞれ、16と20試料しか急増点が評価できなかったのに対して、5日以内の測定を実施した場合、それぞれ、25と22試料が評価できた。

今回実施したA E法とD R A法では、最大主応力の方向や値のばらつきが平成5年度に比べて小さくなったことや、その他の手法による初期応力との結果とも整合的であることから、コア採取後5日以内に測定を実施する必要があることが確認された。しかし、A E法においては、コア採取から5日以内に測定を実施しても、A Eの発生数の屈曲点や急増点が評価できない試料が3分の1程度あるため、A E法単独で評価できない可能性も残されている。

・D S C A法

D S C A法では、応力の解放によってひずみが最も発生した方向が最大主応力の方向と一致するという前提条件を用いて主応力を算出する。初期応力の精度は発生するひずみ量に依存しており、さらに、発生するひずみ量は、応力解放以前から存在するき裂の量、応力の大きさ、岩石の引張強度に依存している。既存のき裂が存在する岩石で、引張強度が大きい場合や、解放される応力が小さい場合、応力解放に伴って発

生するひずみが小さく、このために、DSCA法により算定される初期応力の精度はよくないことが考えられる。

DSCA法で算出した平均的な最大主応力の方向は、その他の4つの手法による方向とは、走向と傾斜がともに若干異なる。さらに、コア観察やBTV観察により確認されたき裂の卓越する方向とも走向や傾斜が若干異なる。DSCA法で算出された初期応力がばらつく原因や既存のき裂の卓越する方向やその他の方法により算出した方向とは異なる原因を調査するためには、供試体に含まれる既存のき裂の量や方向を調査し、コア観察やBTV観察で認められるき裂の卓越方向や算出され最大主応力の方向との関係性を評価する必要がある。

主応力を算出する際に誤差を求めることができる円錐孔底ひずみ法、AE法、DRA法について、主応力の平均値と各測点の値の最大誤差を算出した。これによると、最大誤差はAE法とDRA法では6MPa以下、円錐孔底ひずみ法では7~18MPaであり、円錐孔底ひずみ法は比較的大きなばらつきがある結果となった。

(2)孔内載荷試験

(a) 250mレベル坑道のKM-2孔における測定結果

試験における載荷方向は、3箇所それぞれ箇所において、鉛直方向とそこから120°と240°回転した方向の計3箇所で行った。試験結果を表-1.3.3と図-1.3.8に示す。各荷重範囲における変形係数と弾性係数は4~20GPaを平均とした1オーダーの範囲に収まっている。変形係数と弾性係数の異方性については、深度9.0mにおける低荷重の範囲を除けば、鉛直方向の変形係数と弾性係数は、鉛直方向から120°と240°回転した方向に比べて、小さい傾向が認められる。

(b) 550mレベル坑道のKM-0孔における測定結果

試験は、250mレベルのKM-2孔と同様に実施した。試験結果を表-1.3.3と図-1.3.8に示す。各荷重範囲における変形係数と弾性係数は7~10GPaを中心とした1オーダーの範囲に収まっている。変形係数と弾性係数の異方性については、3箇所の深度でそれぞれ傾向が異なり、鉛直方向が大きくなる場合と小さくなる場合、3つの方向でほとんど変化しない場合の3つの状態を示し、一様の傾向が認められない。

(c) 変形係数と弾性係数の深度依存性

250mレベル坑道のKM-2孔における測定結果と550mレベル坑道のKM-0孔における測定結果を比較した場合、変形係数と弾性係数の値とそのばらつきの範囲は有為な差は認められない。既存のき裂が存在しない健岩部においては、孔内載荷試験で評価する変形係数と弾性係数の250mレベルと550mレベルを比較した場合の深度依存性は認められないと言える。

(3)室内物性試験

密度測定、間隙率測定、弾性波速度測定、一軸圧縮試験、圧裂引張試験、三軸圧縮試験、一軸クリープ試験の結果を表-1.3.4に示す。一軸圧縮試験と圧裂引張試験は各孔のコアの供試体をそれぞれ6個ずつ、三軸圧縮試験は3種類の封圧(5, 10, 20MPa)で2セットずつ、一軸クリープ試験は3種類の荷重レベル(一軸圧縮強度の平均値の

85, 90, 95%) で2セットずつ実施した。密度, 間隙率, 弾性波速度測定は, 一軸圧縮試験, 三軸圧縮試験, 一軸クリープ試験に供した供試体全てで実施した。

密度については, $0.06\sim 0.07\text{g/cm}^3$ 程度KM-0孔よりKM-2孔の方が大きく, 有効間隙率では0.15%程度KM-0孔よりKM-2孔の方が小さい。有効空隙率が0.15%程度の差では, この程度の密度の差を生じることはないため, 密度の差の原因は構成鉱物の量比の違いと考えられる。

弾性波速度については, P波速度, S波速度とも同程度である。一般には, 弾性波速度は飽和度や間隙率に依存すると考えられており, 飽和度が高いほど, また, 間隙率が小さいほど, 弾性波速度が大きくなる。しかし, 今回の測定では, 飽和度はほぼ同程度で, 有効間隙率は異なるが, 弾性波速度は同程度となっている。

一軸圧縮強度と圧裂引張強度もKM-2孔とKM-0孔とで差が認められるが, その差は標準偏差以内である。粘着力と内部摩擦角はほぼ同程度である。

一軸クリープ試験では, 載荷荷重レベルを一軸圧縮強度の0.85, 0.90, 0.95%としたが, 一週間の載荷で破壊した供試体は無かった。クリープ速度とクリープ定数は, KM-0孔とKM-2孔で, ほぼ同程度である。

(4)原位置を模擬した室内試験

・三軸圧縮試験

試験の結果, 初期接線ヤング率はほぼ同程度であるが, 破壊強度は有効封圧の増加(0~30MPa)に伴い増加する傾向が認められる(図-1.3.9)。また, 有効封圧(封圧と間隙水圧の差)が20MPaより小さい場合は, クラスII岩石(応力-ひずみ線図が破壊強度点以降に正の傾きを示す岩石)の特徴を示し, 有効封圧が20MPaを越えるとクラスI岩石(応力-ひずみ曲線が破壊強度点以降に負の傾きを示す岩石)の特徴を示す試料が見られる。

このことから, 栗橋花崗岩は有効封圧が20MPa程度を境に, 破壊形態が変化することが考えられる。

・透水試験

試験は, 間隙水圧を一定(3, 7, 10MPa)として封圧を変化させた場合と, 封圧を一定(10, 20MPa)として間隙水圧を変化させた場合について実施した。それぞれの場合において, 有効封圧を増加する過程と減少する過程において試験を実施した。透水試験の方法はトランジェントパルス法である。

試験の結果, 有効封圧が増加する段階では, 透水係数の変化は一定の傾向を示さずに, 減少, 増加, 変化しない場合の全てが認められる(図-1.3.10)。有効封圧が減少する段階では, 透水係数は有効封圧を増加させる段階と比較して, 透水係数が低下する傾向が認められ, 最大で1オーダー以上の差が認められた。

このことは, 有効封圧の増減に伴い, マイクロクラックなどのき裂の開閉に伴うき裂面のかみあわせは可逆的ではないことを示している。

・三軸圧縮試験過程における透水試験

封圧を10, 20MPa, 間隙水圧を3, 7MPaの4通りの組み合わせの条件で三軸圧縮試験を実施し, 圧縮過程で, 載荷状態を保持したまま15~20点で透水試験を実施した。

試験の結果、各条件とも、载荷初期の段階では透水係数は減少し、その後、増加に転じる。しかし、巨視的な破断面が形成された後には、透水係数の変化は小さくなる(図-1.3.11)。载荷初期の段階の透水係数の変化は、標準試料とされる稲田花崗岩の試験結果⁶⁾と類似しているが、巨視的な破断面が形成された後には透水係数が増加し続ける稲田花崗岩の傾向とは異なる。稲田花崗岩では、巨視的な破断面が形成された後には、透水係数を増大させると考えられる破断面の開口が支配的となるために、透水係数が大きくなると想定される。栗橋花崗岩では、巨視的な破断面が形成された後には、透水係数を増大させると考えられる破断面の開口よりは、破断面の滑りが支配的となるために、透水係数の変化が小さくなると想定される。

1.3.4 次年度計画概要

平成7年度は、深度別の初期応力状態や初期応力測定手法の有効性、実際のマイクロクラックの分布と初期応力測定結果から算出される主応力の方向との関係、岩石の異方性・寸法効果、岩石の変形・破壊特性、透水性の深度依存性を把握するために、以下の調査を実施する。

(1)初期応力測定：

- ・KH-1孔における測定（水圧破碎法）。
- ・A E法における計測条件（計測システムの周波数特性）の違いと推定される応力値の関係の評価。
- ・薄片観察によるマイクロクラックの分布と初期応力測定結果から算出される種応力の方向の関係の調査。

(2)孔内载荷試験：

- ・KH-1孔における測定。

(3)異方性・寸法効果の評価のための一軸圧縮試験、圧裂引張試験、弾性波速度測定：

- ・250mレベル坑道の試験孔（KM-3孔）のコアを用いた物性試験。

(4)原位置の間隙水圧、応力状態を模擬した室内試験（三軸圧縮試験、透水試験）：

- ・圧縮強度と透水係数の異方性の評価のためのき裂観察・室内試験。

1.3.5 参考文献

- 1)畑浩二ほか、新第三紀堆積岩におけるカイザー効果の時間依存性、
岩の力学国内シンポジウム講演論文集、1994
- 2)野口義文ほか、釜石鉾山における初期応力状態に関する研究（第1報）、
第26回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集、pp.181-185、1995
- 3)花崗岩における岩盤工学に関する調査試験研究（その4）
動燃事業団資料、PNCZJ1559 95-001
- 4)岩の力学、日本材料学会編
- 5)斉藤敏明ほか、実測結果の基づくわが国の地下岩盤内の初期時圧状態の検討、
土木学会論文集、第394号、Ⅲ-9、p.71-78、1998
- 6)喜多治之他、クラスII岩石の破壊後をふくむ透水係数変化、
資源・素材学会平成7年度春季大会講演予稿集、1995

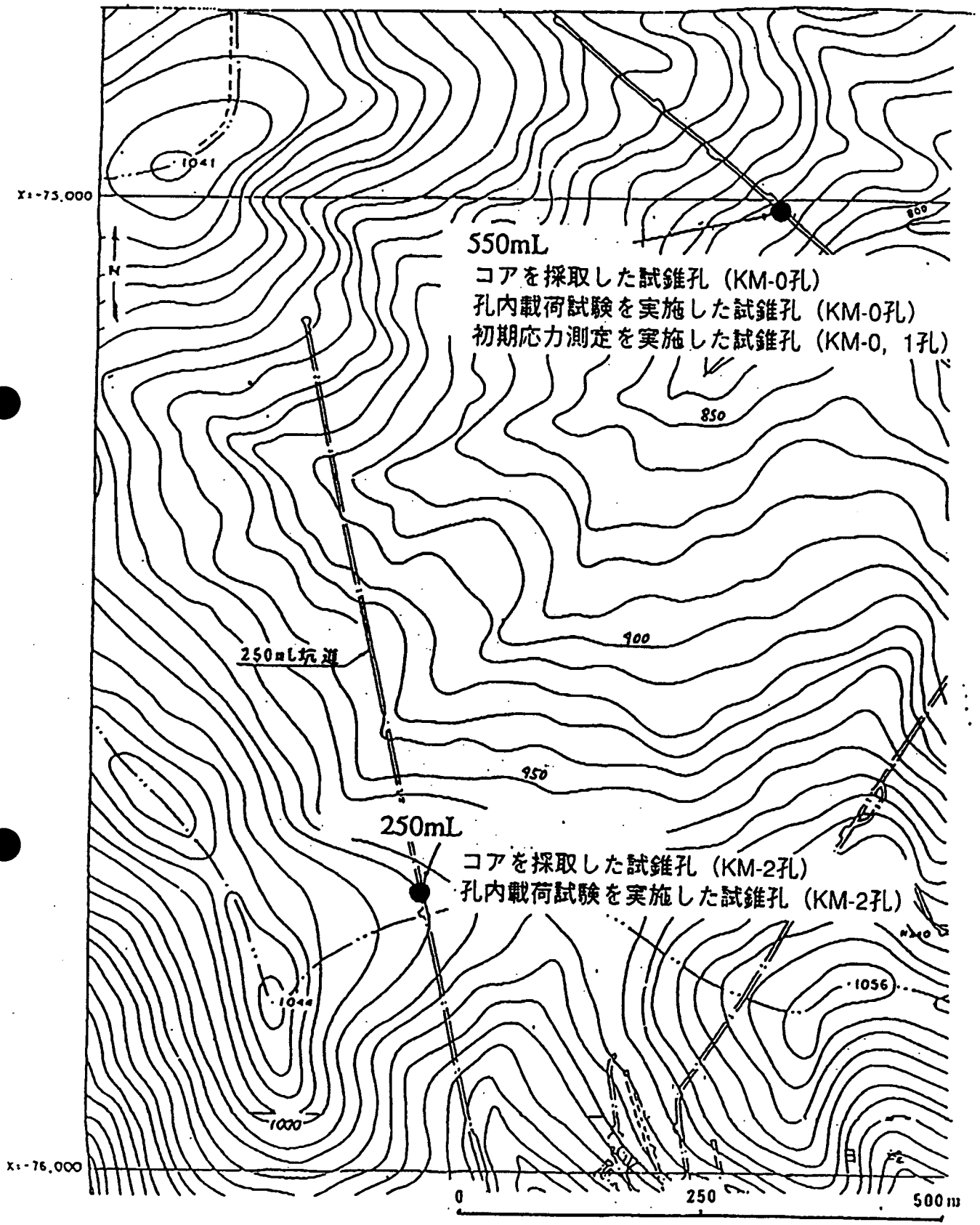


図-1.3.1 KM-0, 1孔とKM-2孔の位置
II-43

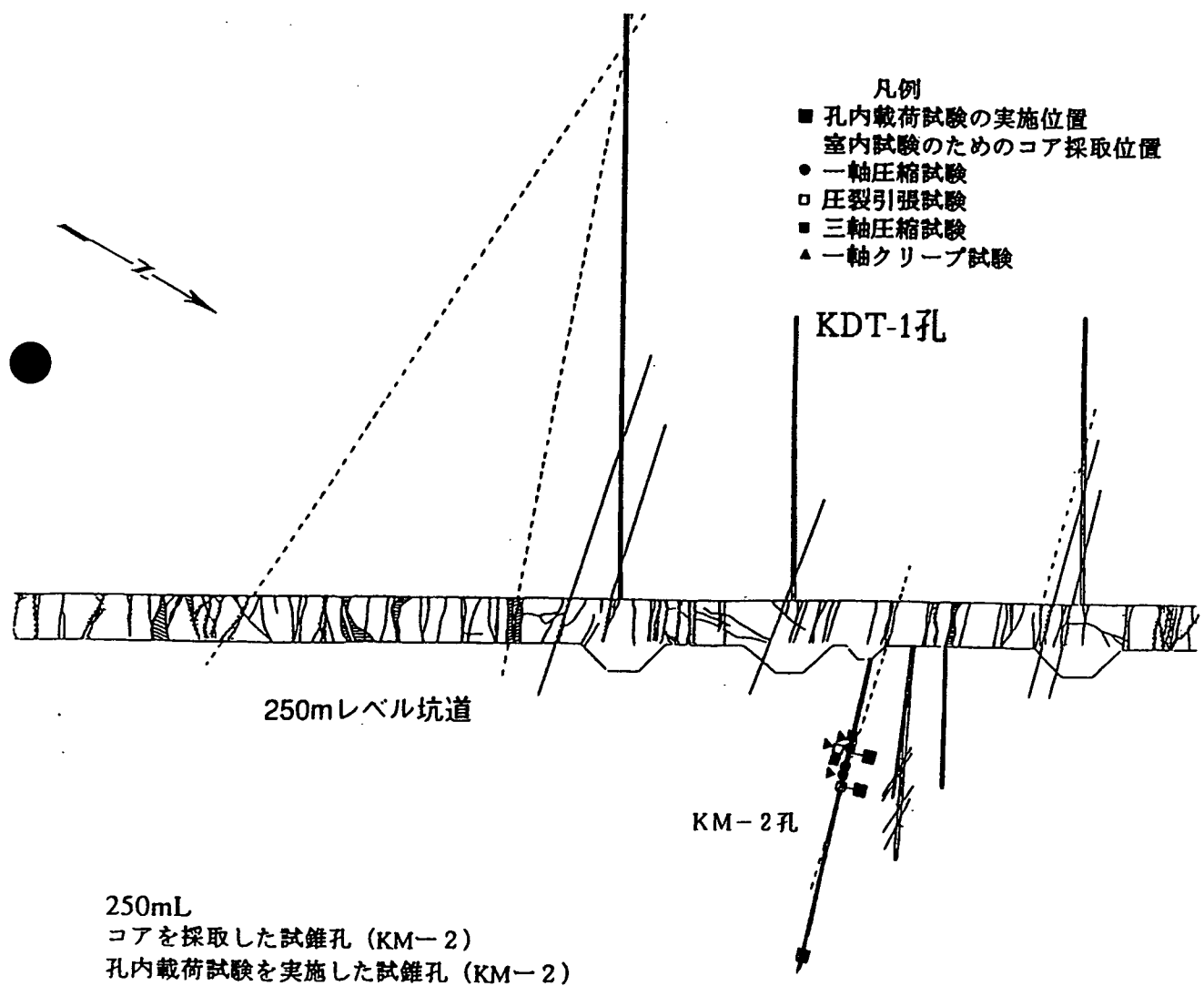
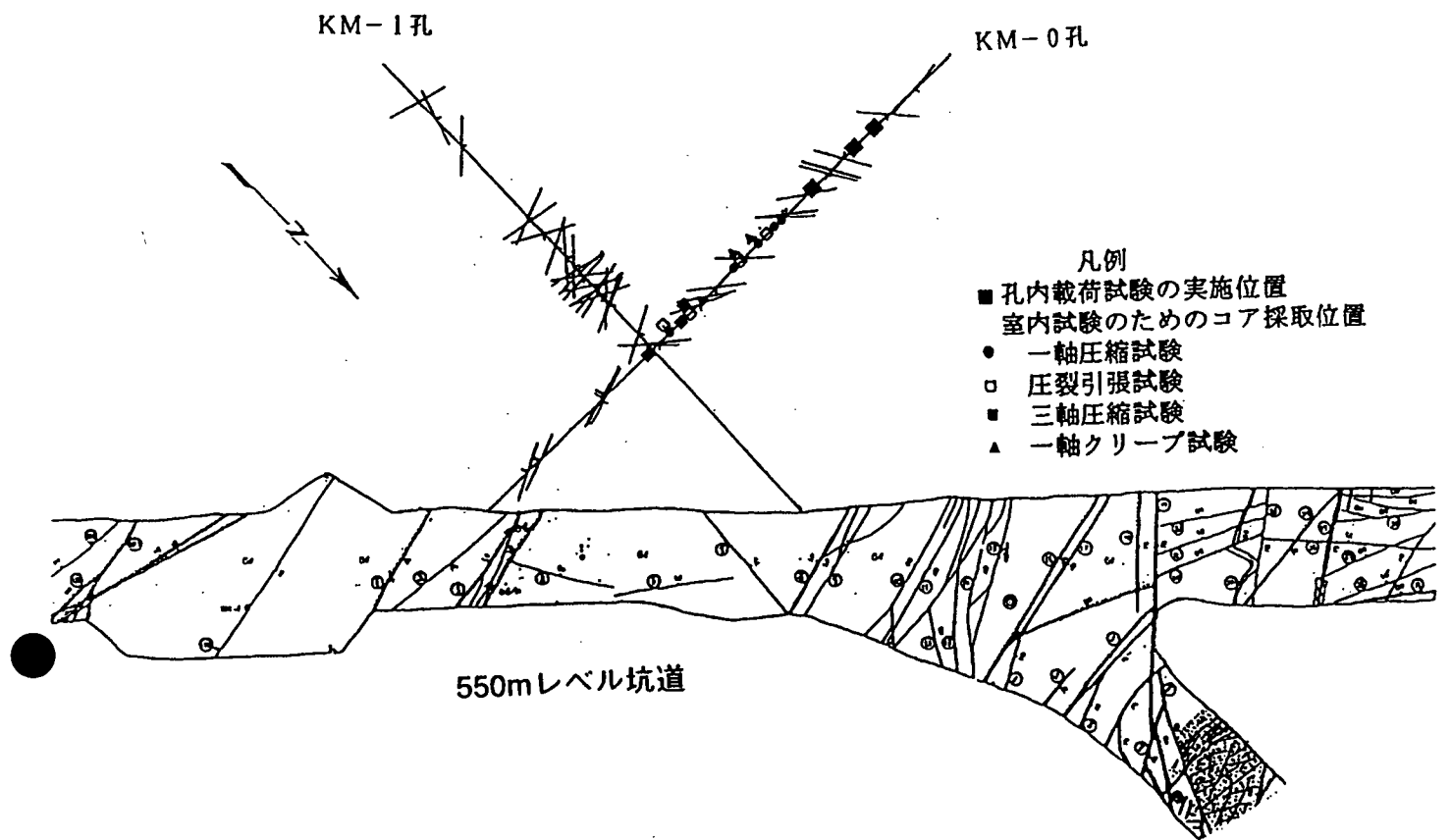
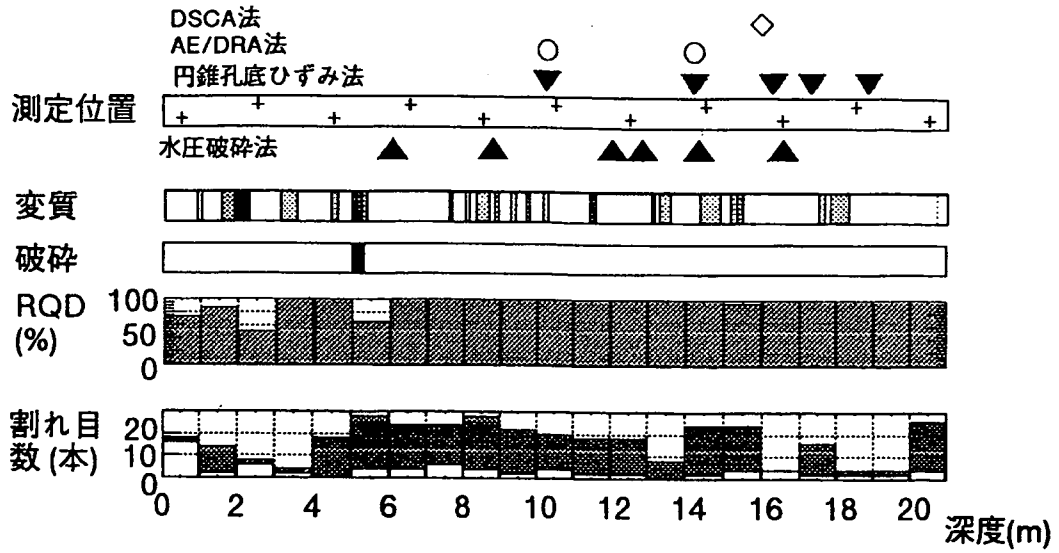
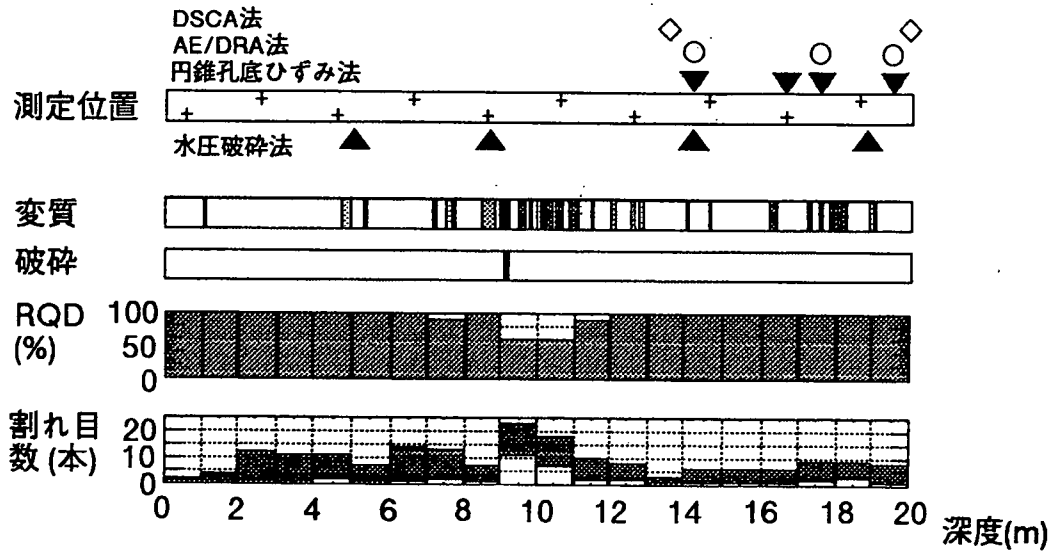


図-1.3.2 KM-0.1.2孔と試験箇所

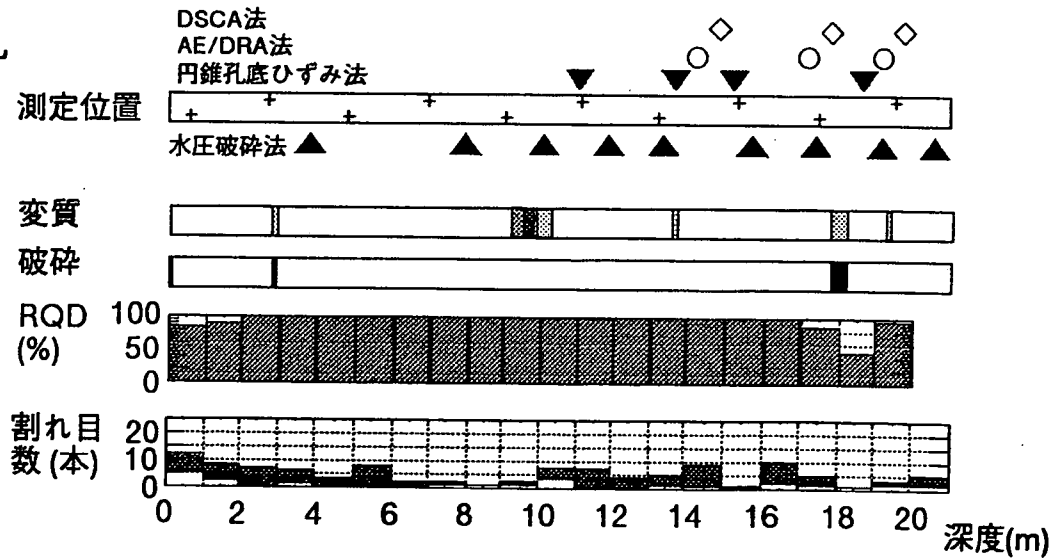
KM-0孔



KM-1孔



KM-2孔



凡例 変質			破碎		割れ目	
□	未変質	■	■	■	□	開口割れ目
▨	微弱変質	■	■	■	■	閉鎖割れ目
▩	弱変質	■	■	■		
■	中変質	■	■	■		
■	強変質					

図-1.3.3 KM-0,1,2孔の総合柱状図

表-1.3.1 各手法による初期応力の測定結果（主応力の値、MPa）

円錐孔底ひずみ法の測定結果

測定深度 m	KM-0孔					KM-1孔				平均
	10.1	14.4	16.5	17.4	19.0	14.1	16.7	17.8	19.6	
最大主応力	26.6	27.1	47.4	36.4	25.9	30.9	43.9	30.8	32.4	29.9
中間主応力	5.0	8.6	17.5	14.4	19.2	5.1	13.4	12.1	10.6	7.8
最小主応力	1.2	0.4	5.8	1.2	5.3	1.0	6.4	9.7	4.7	3.0
鉛直応力	6.6	0.8	6.0	4.5	8.0	2.1	8.2	11.4	6.3	4.8

水圧破碎法の測定結果

	KM-0,1孔
最大主応力	17.4 MPa
中間主応力	8.7
最小主応力	4.5
鉛直応力	7.0

AE法の測定結果

測定深度 m	KM-0孔		KM-1孔			平均
	10.1-12.2	14.4-16.2	14.0-15.5	17.8-19.3	19.6-21.0	
最大主応力	24.2	15.9	20.0	14.3	17.2	15.6
中間主応力	7.5	9.3	4.6	7.5	8.1	7.5
最小主応力	3.9	0.2	3.4	1.9	5.7	5.6
鉛直応力	7.3	3.7	7.7	9.1	7.1	7.0

DSCA法の測定結果

測定深度, m	主応力の比
KM-1孔 13.70 13.75 13.82	1 : 0.78 : 0.55 1 : 0.80 : 0.05 1 : 0.54 : 0.37
KM-1孔 20.25 20.40 20.45	1 : 0.63 : 0.04 1 : 0.58 : 0.28 1 : 0.63 : 0.59
KM-0孔 16.00	1 : 0.92 : 0.48
平均	1 : 0.77 : 0.52

DRA法の測定結果

測定深度 m	KM-0孔		KM-1孔			平均
	10.1-12.2	14.4-16.2	14.0-15.5	17.8-19.3	19.6-21.0	
最大主応力	17.7	16.6	21.9	15.5	13.9	15.5
中間主応力	9.8	6.8	5.1	8.0	8.3	7.7
最小主応力	6.0	4.9	1.6	5.1	6.0	6.3
鉛直応力	7.9	8.4	7.0	9.4	7.6	8.1

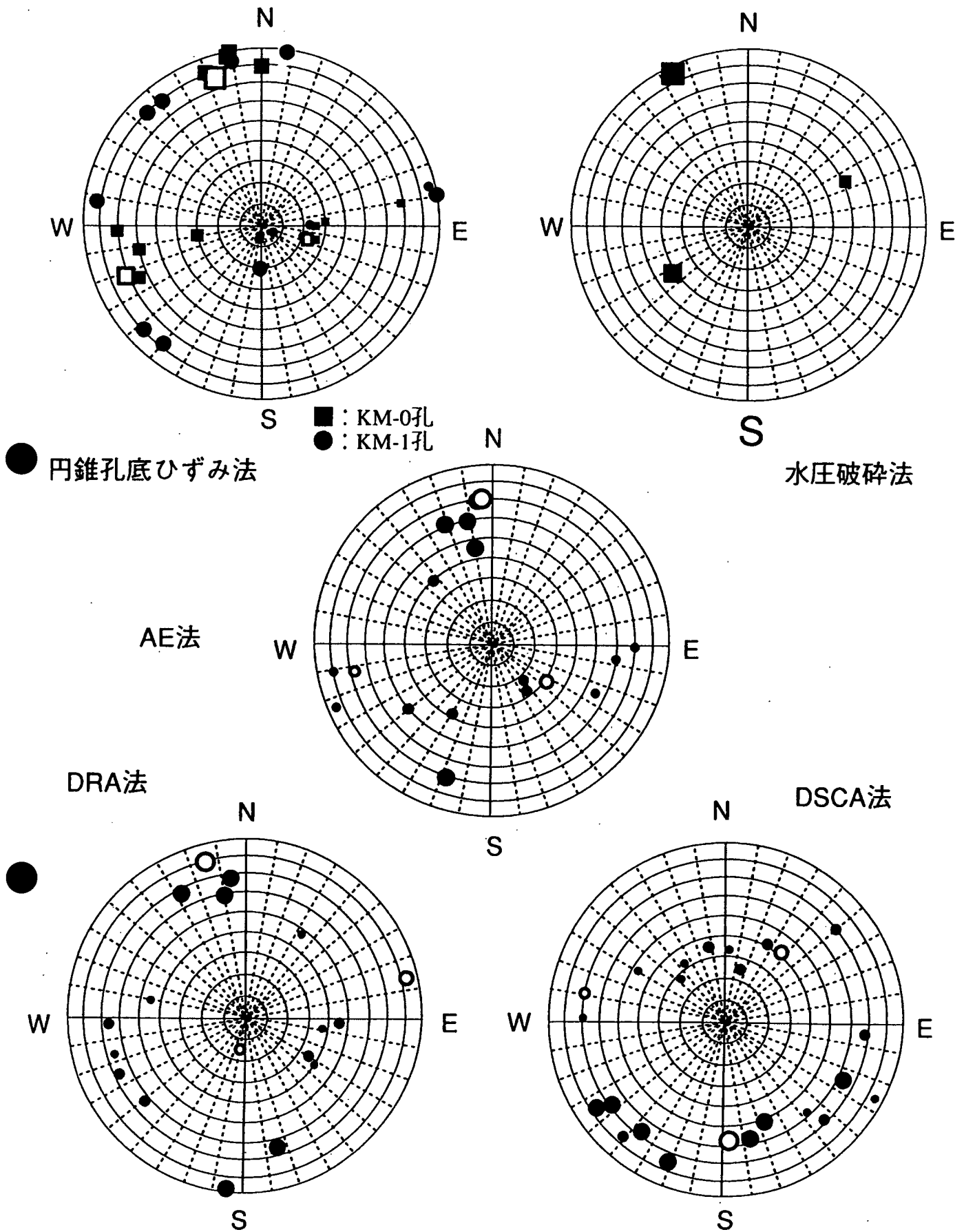


図-1.3.4 550mレベル坑道における初期応力測定結果
 (シュミットネット図, 下半球投影図, 白ぬきは平均的な主応力)

表-1.3.2 初期応力の測定結果（主応力値）

（土被り圧：7MPa）

	円錐孔底ひずみ法	水圧破碎法	AE法	DRA法
最大主応力	29.9 MPa	17.4 MPa	15.6 MPa	15.5 MPa
中間主応力	7.8	8.7	7.6	7.7
最小主応力	3.0	4.5	5.6	6.3
鉛直応力	4.8	7.0	7.0	8.1

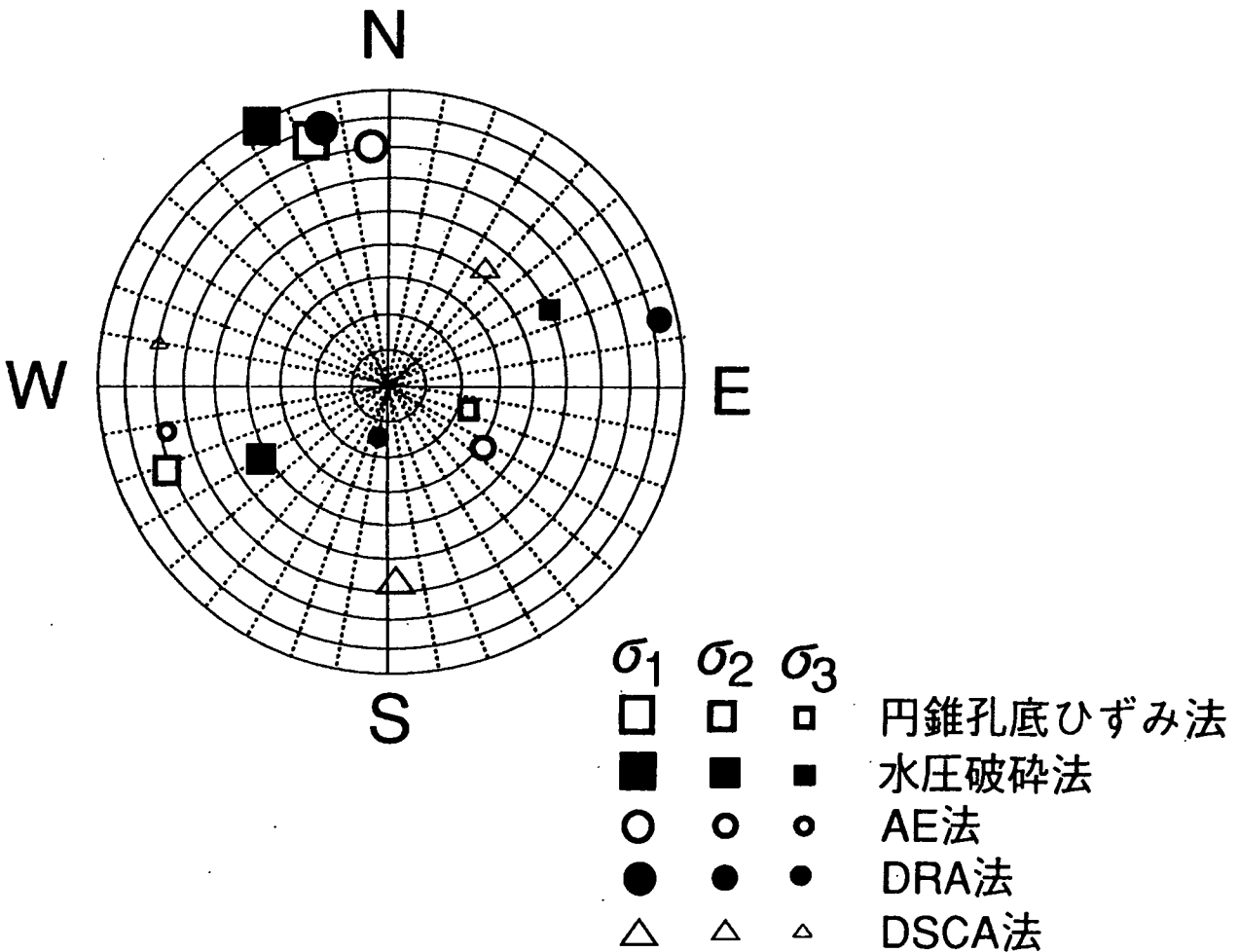


図-1.3.5 初期応力測定の結果（平均的な主応力）
（シュミットネット図，下半球投影図）

表-1.3.3 孔内載荷試験の結果 (KM-0孔, KM-2孔, GPa)

深度、m	方向	KM-2, D1	KM-2, D2	KM-2, E1	KM-2, E2	KM-2, E3		GPa
14.5	0	3.4	4.1	2.2	3.9	5.2		
14.5	120	14.5	22.8	5.4	19.0	22.8		
14.5	240	5.1	15.5	3.3	7.5	18.8		
16.6	0	8.3	10.9	6.1	8.2	11.4		
16.6	120	3.8	10.3	2.5	6.2	16.9		
16.6	240	9.4	17.4	4.4	12.1	21.1		
17.6	0	2.9	7.6	1.8	4.8	9.9		
17.6	120	5.0	8.6	3.5	5.2	12.7		
17.6	240	8.8	18.9	6.3	11.6	20.4		
深度、m	方向	KM-0, D1	KM-0, D2	KM-0, D3	KM-0, E1	KM-0, E2	KM-0, E3	KM-0, E4
6.3	0	8.6	20.6	30.6	6.0	9.2	18.5	22.6
6.3	120	13.1	20.8	30.3	5.8	13.1	15.5	20.6
6.3	240	10.3	20.6	26.3	5.0	10.9	22	24.6
9.0	0	20.4	30.9	37.1	8.2	24.7	28.1	35.1
9.0	120	10.2	15.5	26.3	4.9	9.8	11.9	14.3
9.0	240	7.7	14.4	36.8	4.4	10.0	18.6	22.7
21.2	0	3.6	5.2	10.2	2.9	3.8	6.1	12.4
21.2	120	11.6	17.1	26.0	7.2	10.1	12.9	15.8
21.2	240	4.4	10.4	15.5	2.3	5.6	10.4	14.8

載荷方向

0：鉛直方向

120：鉛直方向から120° 時計周りに回転した方向（孔奥に向かって）

240：鉛直方向から240° 時計周りに回転した方向（孔奥に向かって）

D1：変形係数（載荷レベル：10MPa）

D2：〃（〃 20MPa）

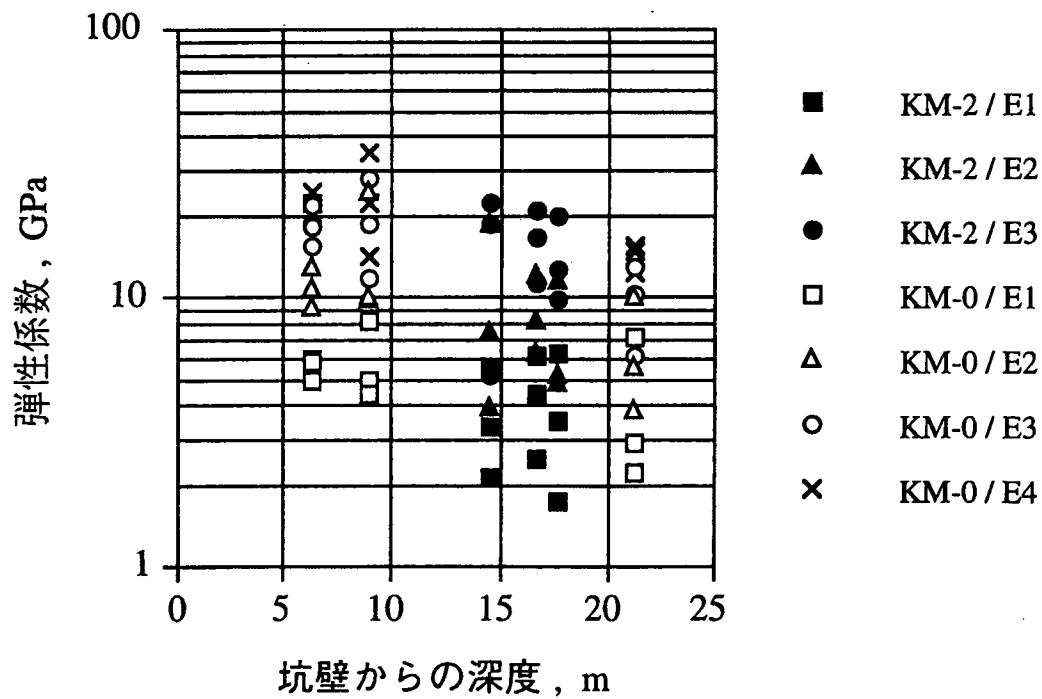
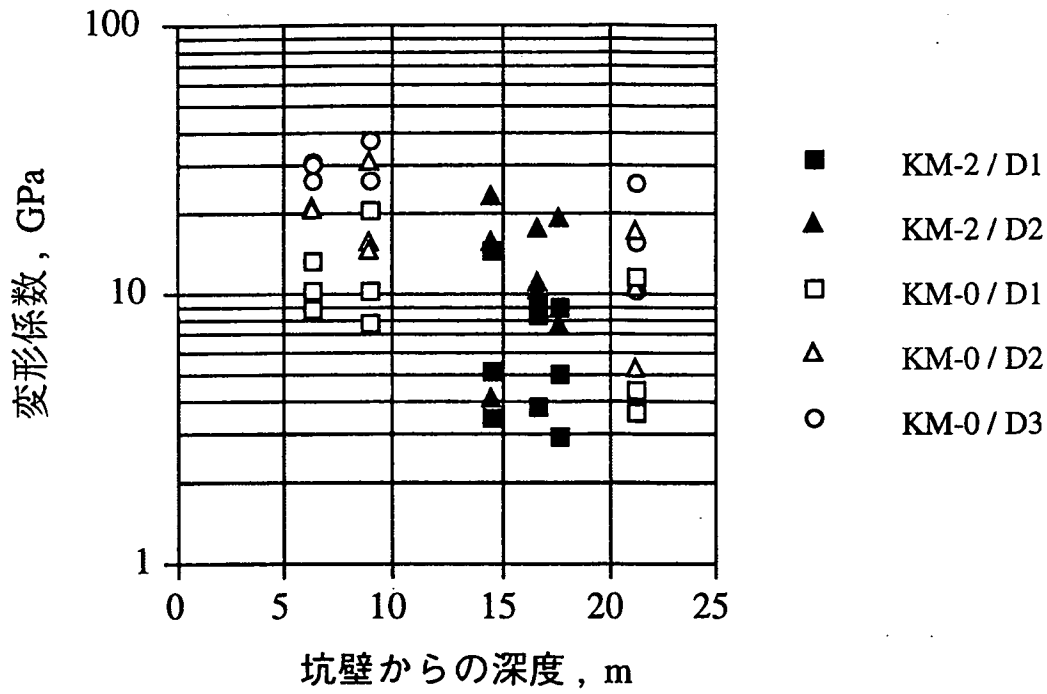
D3：〃（〃 30MPa）

E1：弾性係数（載荷レベル：10MPa）

E2：〃（〃 20MPa）

E3：〃（〃 30MPa）

E4：〃（〃 40MPa）



D1 : 変形係数 (荷重レベル : 10MPa)
 D2 : " (" 20MPa)
 D3 : " (" 30MPa)
 E1 : 弾性係数 (荷重レベル : 10MPa)
 E2 : " (" 20MPa)
 E3 : " (" 30MPa)
 E4 : " (" 40MPa)

図-1.3.8 孔内荷重試験の結果 (KM-0孔, KM-2孔)

表-1.3.4 室内物性試験の結果

	自然密度 (g/cm ³)	乾燥密度 (g/cm ³)	湿潤密度 (g/cm ³)	単位体積重量 (g/cm ³)
KM-2孔	2.80±0.017	2.80±0.017	2.80±0.017	2.77±0.013
KM-0孔	2.74±0.015	2.73±0.016	2.74±0.013	2.73±0.013

	含水比 (%)	吸水率 (%)	含水率 (%)	有効間隙率 (%)	飽和度 (%)
KM-2孔	0.10±0.022	0.17±0.024	0.26±0.039	0.48±0.032	53.6±4.58
KM-0孔	2.74±0.015	2.73±0.016	2.74±0.013	0.63±0.203	55.4±6.94

	P波速度 (km/sec)	S波速度 (km/sec)	動弾性係数 (GPa)	動ポアソン比 (-)
KM-2孔	5.71±0.340	2.64±0.191	5.28±0.661	0.36±0.032
KM-0孔	5.88±0.459	2.61±0.182	5.15±0.744	0.38±0.012

	一軸圧縮強度 (MPa)	静弾性係数 (GPa)	ポアソン比 (-)	圧裂引張強度 (MPa)
KM-2孔	121±9.3	2.73±0.40	0.27±0.034	9.6±5.5
KM-0孔	107±20	3.09±0.74	0.25±0.063	8.4±12.9

	粘着力 (MPa)	内部摩擦角 (°)
KM-2孔	31.7 32.7	53.5 51.2
KM-0孔	23.7 30.5	53.7 51.9

	一軸圧縮強度 (MPa)	載荷レベル (-)	クリープ速度 (MPa/min)	クリープ定数 (10 ⁻⁸)
KM-2孔	129	0.85	1.39 1.49	6.00 4.75
	129	0.90	1.79 1.79	6.75 5.50
	129	0.95	2.18 2.09	12.3 6.25
KM-0孔	115	0.85	1.29 0.89	6.75 4.75
	115	0.90	1.79 1.69	6.75 6.75
	115	0.95	2.09 1.99	7.00 7.00

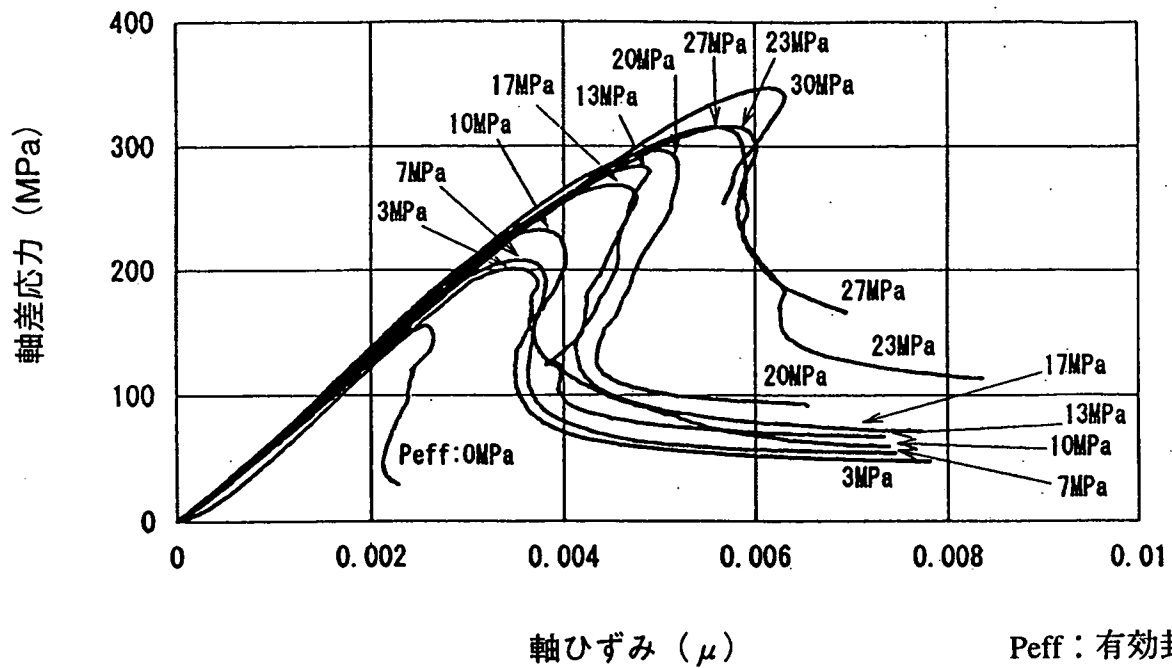


図-1.3.9 有効封圧を変化させた場合の三軸圧縮試験の結果

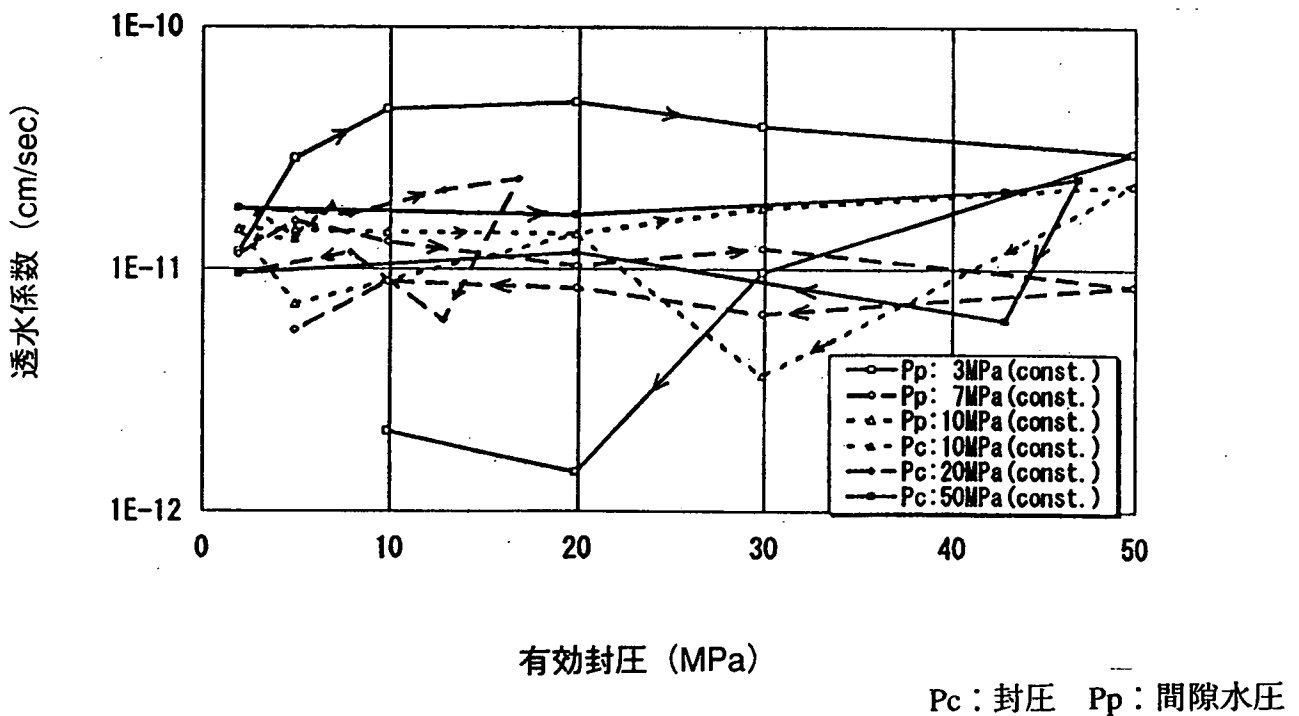
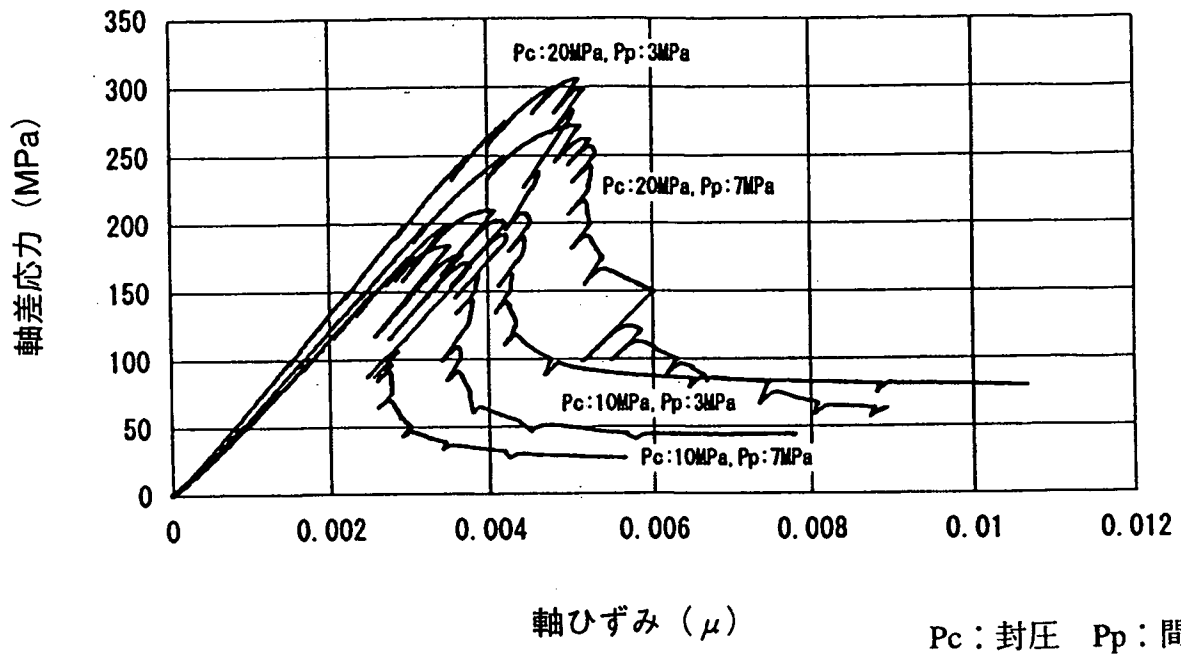
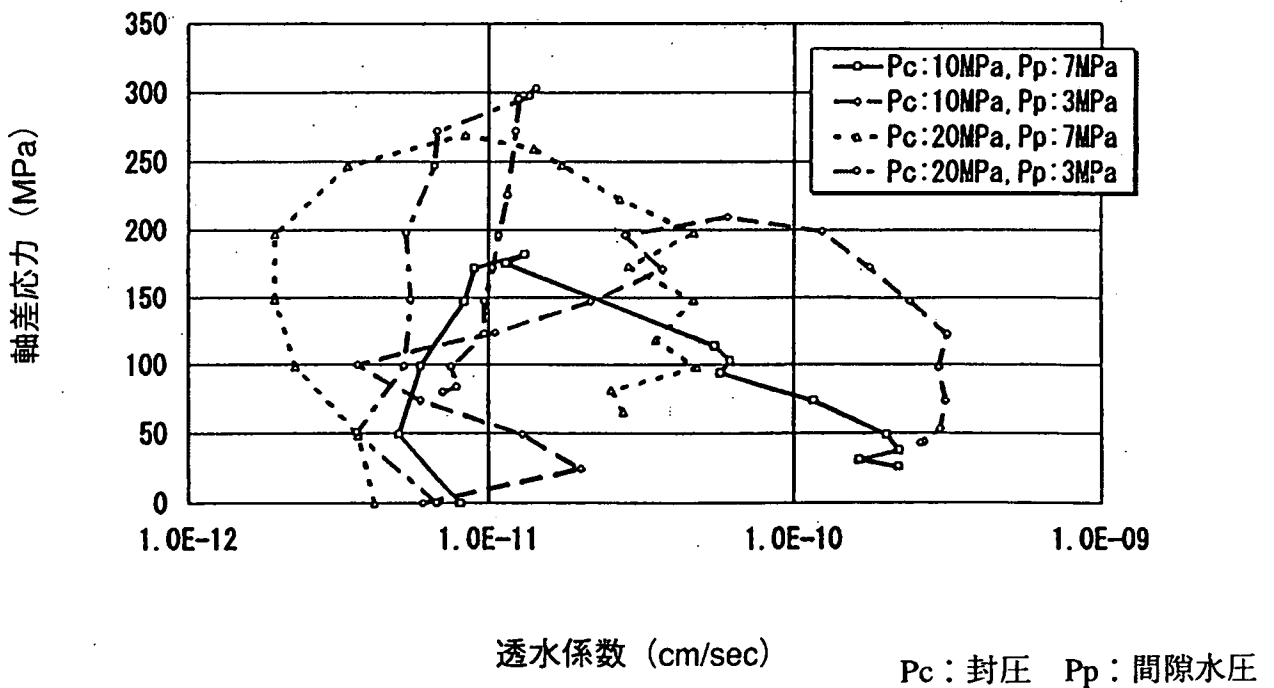


図-1.3.10 有効封圧と透水係数との関係



(三軸圧縮試験過程における軸差応力-軸ひずみ線図)



(三軸圧縮試験過程における軸差応力と透水係数の関係)

図-1.3.11 三軸圧縮試験過程における透水試験の結果

1.4 水圧・湧水量経時変化と降水量

1.4.1 はじめに

TASK 1では、550mレベルKD-90 坑道周辺の12本の試錐孔の計65区間で水圧観測を、また、250mレベル坑道の1ヵ所および550mレベル坑道の8ヵ所（平成6年9月以降は3ヵ所）の堰と、250mレベル坑道の4ヵ所の坑道壁面あるいは既存試錐孔を用いて湧水量観測を行っている（図-1.4.1. 2）。

この他、TASK 2では250mレベル坑道の3本の試錐孔の計18区間で、TASK 3-2では550mレベル坑道の2本の試錐孔の計16区間で間隙水圧観測を行っている。また、TASK 5では地震前後において550mレベル坑道の3本の試錐孔（口元で観測）で水圧観測、1本の試錐孔および坑道壁面の1ヵ所で湧水量観測を行っている（図-1.4.3）。

以上の一覧を表-1.4.1 に示す。

ここでは、主に550mレベルKD-90 坑道周辺の間隙水圧経時変化と降水量および工事との関係について述べる。

1.4.2 水圧観測結果

今年度は、KD-90 坑道周辺の試錐孔における間隙水圧観測システムを整備し、間隙水圧の自動計測化を行っている（詳細は、1.12参照）。

間隙水圧観測は、KH-20 孔掘削前後で2分間隔、その他の期間は5分間隔で行った。ただし、12月7日夕刻から12月8日夕刻はKH-20 孔におけるビルドアップ試験時を行った。ビルドアップ試験時には、間隙水圧の変化を詳細に観測するために、サンプリング間隔を1分とした。

KH-4, 6, 10~18孔における間隙水圧観測結果を図-1.4.4 ~15に示す。これらは自動計測開始から平成7年4月10日までのデータを1時間毎のデータに間引いたもので、大気圧の補正（1.12参照）をしていない生データである。また図には、原位置試験場周辺での降雨量も示している。図の横軸は平成6年10月1日0時0分0秒を0とし、そこからの経過日数で示している。縦軸は左側が間隙水圧、右側が降雨量である。表-1.4.2 に、経過日数と日付との対応表を示す。なお各試錐孔とも観測区間の番号は、一番奥が区間1で、孔口に近づくほど大きな番号になっている。

(1)KH-4孔における間隙水圧観測結果（図-1.4.4）

区間5は、40日頃より間隙水圧が上昇している。この頃KH-20 孔を掘削しており、KH-20 孔が高間隙水圧帯を通過している。KH-20 孔では、毎日の掘削作業終了後口元に蓋をし、翌日蓋を開けて掘削作業を行った（3.2 参照）。KH-20 孔奥の高間隙水圧が、KH-20 孔口元付近の岩盤へ浸透することにより、この区間の間隙水圧が上昇したと考えられる。その後、KH-14, 18 孔のパッカーを修理するために引き抜いた頃から低下（45日頃）、さらに、検層を実施するためにKH-20 孔の口元を開放（49日頃）すると、間隙水圧は地下した。KH-20 孔へのパッカー設置（60日頃）、KH-14, 18 孔へのパッカー再設置（68日頃）が行われると、区間の間隙水圧は再び上昇し、KH-20 孔の掘削が行われている頃の値まで上昇している。何故この値まで上昇したのかは、今後の検討課題である。72日頃から、KD-90 坑道奥にアクセス坑道を掘削するための準備作業として、KH-10 孔~KH-18 孔の間隙水圧観測用のチューブを切断（ただし、すぐにチューブに蓋をしている）した。チューブは鉄管内に配置され、再び接続したが（80日頃より）、チューブ内

に空気が残っている区間については、空気を抜くために間隙水圧用チューブに接続しているバルブを開放したため、間隙水圧が若干低下した（全ての区間についての、バルブ閉鎖は103日頃）。また、108日頃にはアクセス坑道掘削の準備作業として、KD-90坑道入口の拡幅を行っており、これが原因となり間隙水圧は低下している。さらに、アクセス坑道が掘削されると間隙水圧は低下するが、KD-90坑道奥から14m程度まで掘り進むと（150日頃）ほぼ一定値として安定した。

区間3は、40日頃に間隙水圧が急激に上昇するが、この変化は間隙水圧計のドリフトであると考えられる（1.12参照）。

区間1～4は、区間5のようにKH-20孔掘削による影響を受けず、ほぼ一定値である。このことから、区間5とそれ以外の区間は、別の水理場である可能性がある。82日頃の間隙水圧の低下は、間隙水圧観測区間用チューブを切断した試錐孔の間隙水圧観測用チューブで、空気が残っているものについて開放していたためであると考えられる。165日頃の間隙水圧の低下は、KH-16孔のパッカー加圧用チューブに接続してあるバルブが開放され、パッカー内の水が漏れることにより、KH-16孔の間隙水圧観測区間内の水が排水されたために低下したと考えられる。

原位置試験場周辺の降雨量と間隙水圧を比較すると、降雨量による間隙水圧の変化があるかどうかはわからない。

(2)KH-6孔における間隙水圧観測結果（図-1.4.5）

区間4の間隙水圧は徐々に低下している。この変化は間隙水圧計のドリフトの可能性はある（1.12参照）。

区間1～3、5はKH-4孔区間5同様、KH-20孔掘削やKH-14、18孔のパッカー再設置作業・アクセス坑道掘削準備作業および掘削作業により間隙水圧が変化していると考えられる。

KH-6孔についても、間隙水圧と降雨量の相関は明らかでない。

(3)KH-9孔における間隙水圧観測結果（図-1.4.6）

区間5の間隙水圧は徐々に上昇している。この変化は間隙水圧計のドリフトの可能性はある（1.12参照）。

KH-9孔の各区間はKH-4孔区間5同様、KH-20孔掘削やKH-14、18孔のパッカー再設置作業・アクセス坑道掘削準備作業および掘削作業により間隙水圧が変化していると考えられる。

KH-6孔についても、間隙水圧と降雨量の相関は明らかでない。

(4)KH-10孔における間隙水圧観測結果（図-1.4.7）

72日頃から82日頃は、間隙水圧観測用のチューブを切断していたため、0 kgf/cm²になっている。区間1については、チューブ再接続後徐々に上昇しており、間隙水圧計がドリフトしている可能性がある（1.12参照）。両区間ともKH-20孔掘削による影響を受けていない。区間2については、110日頃より徐々に低下しており、アクセス坑道掘削により間隙水圧が低下した可能性がある。

KH-10孔についても、間隙水圧と降雨量の相関は明らかでない。

(5)KH-11孔における間隙水圧観測結果（図-1.4.8）

全区間ともKH-4孔区間5同様、KH-20孔掘削やKH-14、18孔のパッカー再設置作業・

アクセス坑道掘削準備作業および掘削作業により間隙水圧が変化していると考えられる。125日頃の間隙水圧が上昇している。この頃の作業として記録に残っているものは、人工バリア坑道天盤のロックボルト打設・仙人秘水のポトリングのみである¹⁾。ロックボルトを打設することにより間隙水圧が上昇するとは考えがたく、また、仙人秘水のポトリングは毎日行っているため、この作業により間隙水圧が上昇したとは考えがたい。KH-18孔の間隙水圧観測結果(図-1.4.15)によると、この頃区間1,2の間隙水圧が低下しており、この影響を受けている可能性があるが、原因は明らかでない。

KH-11孔についても、間隙水圧と降雨量の相関は明らかでない。

(6)KH-12孔における間隙水圧観測結果(図-1.4.9)

全区間ともKH-4孔区間5同様、KH-20孔掘削やKH-14,18孔のパッカー再設置作業・アクセス坑道掘削準備作業および掘削作業により間隙水圧が変化していると考えられる。125日頃の間隙水圧が上昇しているが、この原因は明らかでない。

区間6については、20日前後に間隙水圧が急激に上昇・低下しているが、この原因については明らかでない。区間5の間隙水圧が上昇した25日頃には、KH-20孔の掘削でKH-19孔における区間5(KH-20孔掘削する前の間隙水圧は10kgf/cm²程度)と連続する割れ目と交差した頃であり(3.2参照)、このことが原因で上昇した可能性があるが、明らかではない。

KH-12孔についても、間隙水圧と降雨量の相関は明らかでない。

(7)KH-13孔における間隙水圧観測結果(図-1.4.10)

区間4の間隙水圧は徐々に上昇しており、使用している間隙水圧計がドリフトしている可能性がある(1.12参照)。

全区間ともKH-4孔区間1~4同様、KH-20孔掘削による間隙水圧の変化が認められない。160日頃の間隙水圧の低下は、KH-16孔のパッカー加圧用チューブに接続してあるバルブが開放され、パッカー内の水が漏れることにより、KH-16孔の間隙水圧観測区間内の水が排水されたために低下したと考えられる。

KH-13孔についても、間隙水圧と降雨量の相関は明らかでない。

(8)KH-14孔における間隙水圧観測結果(図-1.4.11)

全区間ともKH-4孔区間5同様、KH-20孔掘削作業・アクセス坑道掘削準備作業および掘削作業により間隙水圧が変化していると考えられる。

KH-14孔については、9月にパッカーラバー交換を行った後、パッカーに注水してもパッカー圧が安定せず、すぐに低下する現象が認められた。そのため、KH-20孔掘削終了後(試験場周辺の水理場を乱すおそれのある作業は同じ時期にできる限り実施しないとの観点より)に実施した(45日頃~70日頃)。パッカーを設置すると、間隙水圧は回復し始めるが、間隙水圧観測用チューブを切断したため、0kgf/cm²を示している。

区間6については、間隙水圧観測用チューブを再接続してからチューブ内の空気を抜くため、間隙水圧観測用チューブに接続しているバルブを開放していた。100日頃バルブを閉鎖したため、このころより間隙水圧が回復している。45日頃~100日頃の間隙水圧は0kgf/cm²になるはずであるが、0.05kgf/cm²程度を示している。これは、間隙水圧計の0点調整をする際に、間隙水圧計の0kgf/cm²に対するひずみ量を大きめに設定したためである。この区間の間隙水圧を求めるためには、この分を差し引く必要がある(1.12

参照)。

KH-14 孔についても、間隙水圧と降雨量の相関は明らかでない。

(9)KH-15 孔における間隙水圧観測結果 (図-1.4.12)

全区間ともKH-4孔区間5同様、KH-20 孔掘削作業・アクセス坑道掘削準備作業および掘削作業により間隙水圧が変化していると考えられる。

区間1については、間隙水圧が徐々に低下しているため、間隙水圧計がドリフトしていると考えられる。

125 日頃、区間1～4の間隙水圧が上昇しているが、この原因は明らかでない。

KH-15 孔についても、間隙水圧と降雨量の相関は明らかでない。

(10)KH-16 孔における間隙水圧観測結果 (図-1.4.13)

区間6はKH-4孔区間5同様、KH-20 孔掘削作業・アクセス坑道掘削準備作業および掘削作業により間隙水圧が変化していると考えられるが、その他の区間はKH-20 孔掘削作業の影響を受けていない。

区間1の間隙水圧は徐々に低下しており、間隙水圧計がドリフトしている可能性がある。また、区間3は、間隙水圧観測開始直後に急激に上昇している。0 kgf/cm²になるはずの70日～82日頃の間隙水圧は1.65kgf/cm²程度を示しており、この分急激にドリフトしたと考えられる(1.12参照)。

区間6の間隙水圧は、130 日頃一時上昇し、その後低下・安定している。この頃、KD-90 坑道奥の拡幅を行っている。拡幅した場所に一番近いKH-16 孔区間6でその影響が顕著にでたものと考えられる。

KH-16 孔についても、間隙水圧と降雨量の相関は明らかでない。

(11)KH-17 孔における間隙水圧観測結果 (図-1.4.14)

全区間ともKH-4孔区間5同様、KH-20 孔掘削作業・アクセス坑道掘削準備作業および掘削作業により間隙水圧が変化していると考えられる。

166 日頃本試錐孔の間隙水圧計の0点調整を行っている。この前後で区間1, 5, 6の間隙水圧が大きく変化している。この後も0点調整を行っているがこの値とはほぼ同様であるため、166 日以降の間隙水圧が正しいと考えられる。

KH-17 孔についても、間隙水圧と降雨量の相関は明らかでない。

(12)KH-18 孔における間隙水圧観測結果 (図-1.4.15)

全区間ともKH-4孔区間5同様、KH-20 孔掘削作業・アクセス坑道掘削準備作業および掘削作業により間隙水圧が変化していると考えられる。

KH-18 孔については、9月にパッカーラバー交換を行った後、パッカーに注水してもパッカー圧が安定せず、すぐに低下する現象が認められた。そのため、KH-20 孔掘削終了後(試験場周辺の水理場を乱すおそれのある作業は同じ時期にできる限り実施しないとの観点より)に実施した(45日頃～70日頃)。パッカーを設置すると、間隙水圧は回復し始めるが、間隙水圧観測用チューブを切断したため、0 kgf/cm²を示している。

区間6のスパイク状の間隙水圧上昇は、パッカー加圧に対応して現れている。区間5については、間隙水圧観測用チューブを再接続してからチューブ内の空気を抜くため、間隙水圧観測用チューブに接続しているバルブを開放していた。

区間3の間隙水圧は徐々に低下しており、間隙水圧計がドリフトしていると考えられ

る。

120 日頃、区間 1, 2 の間隙水圧が低下し、125 日頃回復している。この頃何があったのかは作業記録として残っていないため明らかでない。

166 日頃本試錐孔の間隙水圧計の 0 点調整を行っている。この前後で区間 1, 2 の間隙水圧が大きく変化している。区間 1 については、この後も 0 点調整を行っているがこの値とほぼ同じであるため、166 日以降の間隙水圧が正しいと考えられる。区間 2 については、166 日頃の 0 点調整の後 0 kgf/cm²になっており、166 日頃の 0 点調整にミスがあったと考えられる（平成 7 年度に行った 0 点調整後には、166 日以前の値とほぼ同じになっている）。

区間 6 の間隙水圧には 130 日頃からスパイク状の変化が認められる。この変化が認められる時間には発破が行われているため、発破の影響で間隙水圧が変化したと考えられる。

KH-18 孔についても、間隙水圧と降雨量の相関は明らかでない。

1.4.3 湧水量観測結果

釜石原位置試験場では、前述の 13 地点において週に一度の割合でメスシリンダーやプラスチック製の容器等を用いて、それらに水が溜まるまでの時間を測定することにより湧水量観測を行っている。そのため、読値の人による違いや時間の計測精度等による誤差が大きくなり、値がばらつくことが多い。13 地点の内の 5 地点については、KD-90 坑道に設置された堰において湧水量観測を行っていた（図-1.4.1）。9 月以降は KD-90 坑道奥に新たに坑道（アクセス坑道）を掘削するための準備作業として坑道にバラスを敷き、堰が埋められたため KD-90 坑道における堰での湧水量観測は行われていない。

図-1.4.16~22 に、湧水量の経時変化と原位置試験場周辺の降雨量の関係を示す。図の横軸は平成 6 年 4 月 1 日からの経過日数、縦軸は左側が湧水量（ℓ/min）、右側が降雨量（mm/月）である。表-1.4.3 には日付と経過日数の対応表を示す。以下に各湧水量観測地点での湧水量の経時変化について述べる。

(1) 550m レベル坑道に設置された堰について

① 堰 No. 1（図-1.4.16）

この堰は、NW 坑道と NE 坑道が交差した付近の NW 坑道に設置されている。今年度に入った直後の観測では 450 ℓ/min あった湧水量が 2 回目には 405 ℓ/min に低下し、その後また増加している。降雨量においてもこのような傾向を示していることから、この堰の湧水量は原位置試験場周辺の降雨量の影響を受けて変化している可能性がある。170 日頃には湧水量が急激に増加している。この頃の降雨量はかなり多くなっている。ただし、170 日頃から人工バリア坑道の掘削、および 195 日頃から KH-20 孔の掘削が行われているため、切羽洗浄あるいは穿孔の際に水を多量に使用したこと、および KH-20 孔からの湧水により、湧水量が増加したものと考えられる。人工バリア坑道掘削は 270 日頃、KH-20 孔の掘削は 227 日頃終了している。

この堰の湧水量が降雨量の変化を捕らえているかどうか知るためには、自動計測を行う等により、作業の行われていない時間での湧水量を観測する必要がある。

② 堰 No. 2（図-1.4.17）

この堰は、KD-88 坑道の出口（NW坑道と交差する付近）に設置されている。湧水量は、190 日以降に急増する。これは、KH-20 孔掘削時に掘削水を使用したことによると考えられる。湧水量は一時低下し、また急増する。一時低下した頃は、KH-20 孔が試錐孔奥の高間隙水圧帯と交差し、高間隙水圧帯の手前にパッカーを設置した頃と一致する。また再び増加する頃に掘削を再開している。その後、若干上昇する頃には、検層等を行うためにKH-20 孔の蓋を開けている。

湧水量と降雨量の関係は明らかでない。

③堰No. 3（図-1.4.18）

この堰は、NW坑道の奥、平成4年度に実施した充填粘土挙動試験場の手前に設置されている。平成6年度は、この堰の奥では作業が行われていなかったため、No.1, No.2のように作業の影響を受けていない。

この堰における湧水量と降雨量を比較すると、それらの変化は湧水量の約1ヶ月遅れで降雨量と対応しているようにみられるが、さらに長期の比較を行わない限り明らかにならない。

④KD-90 坑道堰No.1~No.5（図-1.4.19）

前述したように、これらの堰では8月末頃まで観測を行った。これらの変化と降雨量の変化を比較するとほとんど一致していない。湧水量の変化の原因については、明らかでない。

(2)250mレベル坑道における湧水量について

①堰（図-1.4.20）

この堰では、20ℓのプラスチック製容器を用いてそこに水が溜まるまでの時間を観測することにより湧水量の観測を行っている。そのため、測定誤差が大きくなると考えられる。195日頃湧水量は最大値を示し、降雨量と良く一致しているが、湧水量が降雨量の影響を受け変化しているかどうかは明らかでない。

②TK-21（図-1.4.21）

ここでは、探鉱時代に掘削された既存試錐孔において湧水量の観測を行っている。湧水量がかなりばらついているのは、測定誤差によると考えられる。

③W3（図-1.4.22）

ここでは、坑道天盤からの湧水をビニールシートに集めてそこからの湧水量を観測している。210日頃から徐々に低下しているのは、平成5年度に掘削した試錐孔（KD T-1, 2孔）でのトモグラフィ調査や新規試錐孔掘削（KDS-1, 2孔）による可能性があるが、明らかでない。

④TK-24（図-1.4.22）

ここでも、探鉱時代に掘削された既存試錐孔において湧水量の観測を行っている。190日頃に湧水量が増加しており、降雨量の最大値の頃とほぼ一致しているが、湧水量の変化が降雨量の影響を受けているかどうかは明らかでない。

⑤6孔（図-1.4.22）

ここでも、探鉱時代に掘削された既存試錐孔において湧水量の観測を行っている。湧水量の変化は凹状になっているが、この変化が何の影響を受けているかは明らかでない。

1.4.4 作業とそれが原因で間隙水圧が変化した範囲について

(1) KH-20 孔掘削作業

KH-20 孔の掘削が実施され、この試錐孔奥に存在した高水圧帯を通過した後に、間隙水圧が上昇した試錐孔および間隙水圧観測区間を表-1.4.4 に示す。表では、間隙水圧の上昇が認められた区間にKH-20 孔掘削前の間隙水圧（ほぼ安定していたと推定される値）からの上昇幅 (kgf/cm²) を示し、認められなかった区間には×を示している。表-1.4.4 に基づき、KH-20 孔掘削により間隙水圧の上昇が認められた区間を図-1.4.23に示す。

KD-90 坑道周辺では、平成4年度KH-19 孔掘削時に間隙水圧の変化が認められた。この変化は、KD-90 坑道から東側に掘削されている試錐孔および床盤から掘削されている試錐孔においては顕著に認められたが、西側に掘削された試錐孔では変化の認められない区間があった²⁾。KH-19 孔掘削時に間隙水圧の変化が認められた区間を図-1.4.24に示す。KH-19 孔掘削時には、KH-10 孔にパッカーシステムが設置してありKH-4孔では間隙水圧観測が行われていなかった。KH-20 孔掘削時には、KH-4孔の間隙水圧観測を優先させ、KH-10 孔には2つの区間で間隙水圧観測を行っている。

図-1.4.23と図-1.4.24を比較すると、間隙水圧が上昇する箇所はほとんど同じである。KH-20 孔掘削時のKH-6孔区間4については、水圧変化が認められないが、この区間の間隙水圧計はドリフトしていると考えられ、ドリフトによる見かけ上の間隙水圧の低下分にKH-20 孔掘削による間隙水圧の上昇が隠れてしまっていると考えられることもできるため、実際に上昇がなかったかどうかは明らかでない。KH-10 孔については、KH-19 孔掘削時には区間3～5で間隙水圧の上昇が認められたものの、KH-20 孔掘削時には間隙水圧の上昇が認められなかった。これは、間隙水圧観測区間長がKH-19 孔掘削時と比較してKH-20 孔掘削時は長くなり、掘削の影響を受ける場所（割れ目？）が受けない場所の間隙水圧に緩衝されたため、今回は認められなかったと考えられる。

この作業により、間隙水圧変化が大きくまた、明瞭な場所はKH-20 孔に近いKH-6、9 孔の奥部、KH-17 孔である。また、一般的に距離が遠くなるほど間隙水圧の上昇幅が小さくなっており、距離に関して減衰していると考えられる（KH-4孔区間5はKH-6孔区間5と比較してKH-20 孔より遠いにもかかわらずKH-4孔区間5の間隙水圧上昇幅は、KH-6孔区間5より大きい）。

(2) 125日頃の間隙水圧上昇

前述したように、この頃作業記録としては、人工バリア坑道天盤のロックボルト打設・仙人秘水のポトリングのみである¹⁾。ロックボルトを打設することにより間隙水圧が上昇するとは考えがたく、また、仙人秘水のポトリングは毎日行っているため、この作業により間隙水圧が上昇したとは考えがたい。KH-18 孔の間隙水圧観測結果（図-1.4.15）によると、この頃区間1、2の間隙水圧が低下しており、この影響を受けている可能性があるが、原因は明らかでないが、この頃（125日頃）間隙水圧の上昇が認められた区間は幾つかある。この頃間隙水圧が上昇した試錐孔および間隙水圧観測区間を表-1.4.5 に示す。表では、間隙水圧の上昇が認められた区間に上昇する前の間隙水圧（ほぼ安定していたと推定される値）からの上昇幅 (kgf/cm²) を示し、認められなかった区間には×を示している。表-1.4.5 に基づき、125日頃間隙水圧の上昇が認められた区間を図-1.4.25に示す。

この頃の間隙水圧の上昇は、KH-18 孔区間4, 5, 6以外はKH-20 孔掘削時と同じ区間で認められた(ただし区間4については、ドリフトしているため変化があったかどうかは明らかでない)。

この頃の間隙水圧上昇幅が大きい場所はKH-11, 12, 15 孔であった。KH-20 孔掘削時には、距離に遠くなるほど間隙水圧上昇幅が小さくなることが認められているため、125 日頃の間隙水圧上昇をもたらした原因はKH-11, 12, 15 の近傍で起こったと考えられる。

1.4.5 今後の課題

(1)間隙水圧観測について

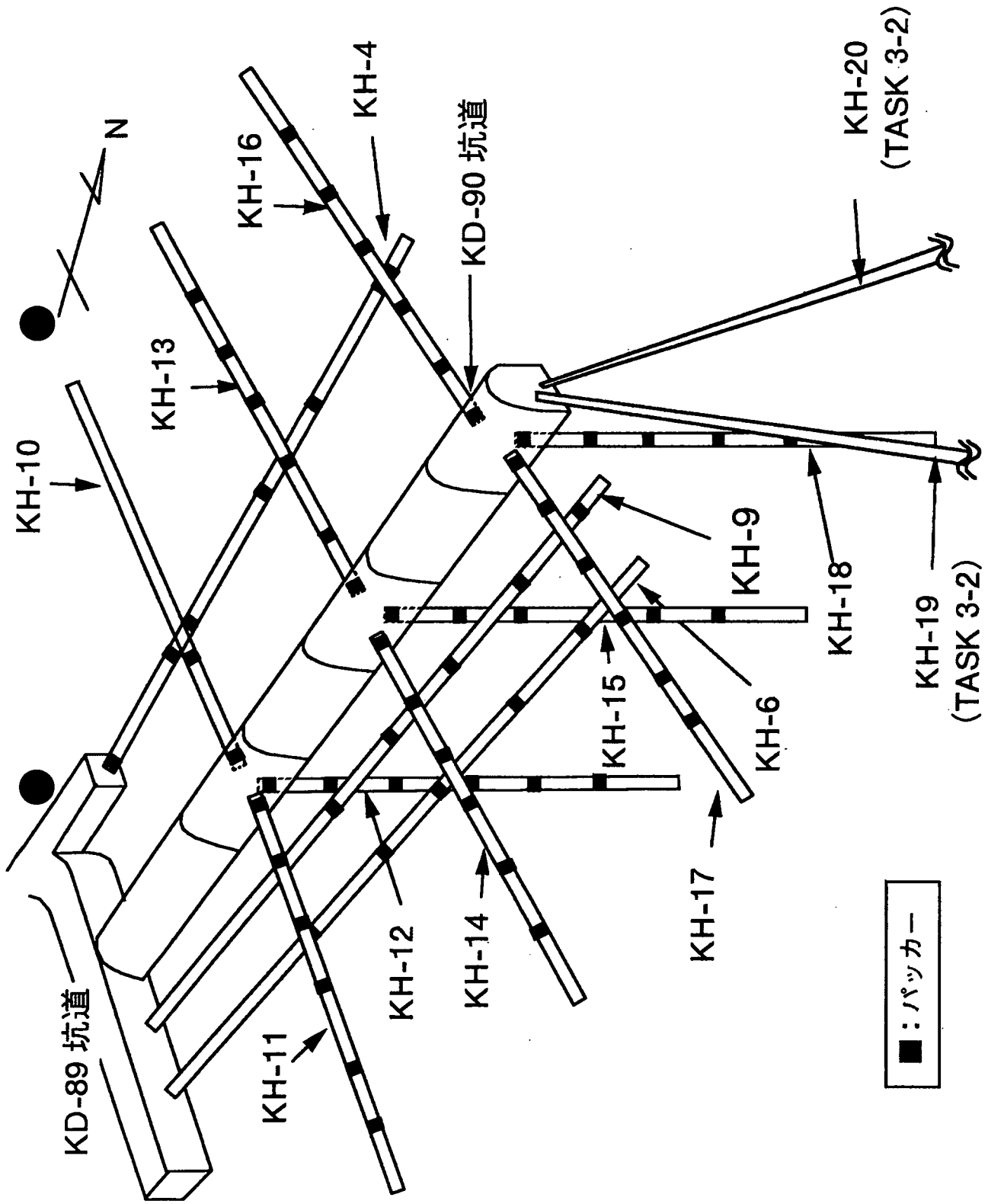
間隙水圧観測を行った結果、KH-20 孔掘削時にKD-90 坑道周辺の広い範囲でKH-20 孔掘削による間隙水圧の上昇が観測された。この結果は、KH-19 孔掘削時に認められた間隙水圧の上昇した箇所とはほぼ一致した。しかし、KH-20 孔のどの部分(あるいは試錐孔全体)で高い間隙水圧を発信したと考えればよいのかまた、その時の間隙水圧は幾らなのかが不明であるため、KH-4孔を発信源とした圧力伝播試験を行い、KD-90 坑道周辺の水理学的状態を明らかにするためのデータを取得する。

(2)湧水量観測について

湧水量観測網を充実するため、また湧水量の季節変動を把握するために、周辺での作業が比較的少ないNB坑道奥に堰を新たに設置する。なお、この堰は自動計測化し、周辺で作業が行われない時間帯のデータも取得することにする。

参考文献

- 1) 日鉄鉱業株式会社(1995): 釜石鉱山における深部地質環境特性調査(平成6年度)、PNC ZJ1380 95-003
- 2) 中部事業所環境地質課他(1994): 釜石原位置試験第2フェーズ平成5年度成果報告書、PNC PN1410 94-059



図一1.4.1 間隙水圧観測を行っている試錐孔と間隙水圧観測区間

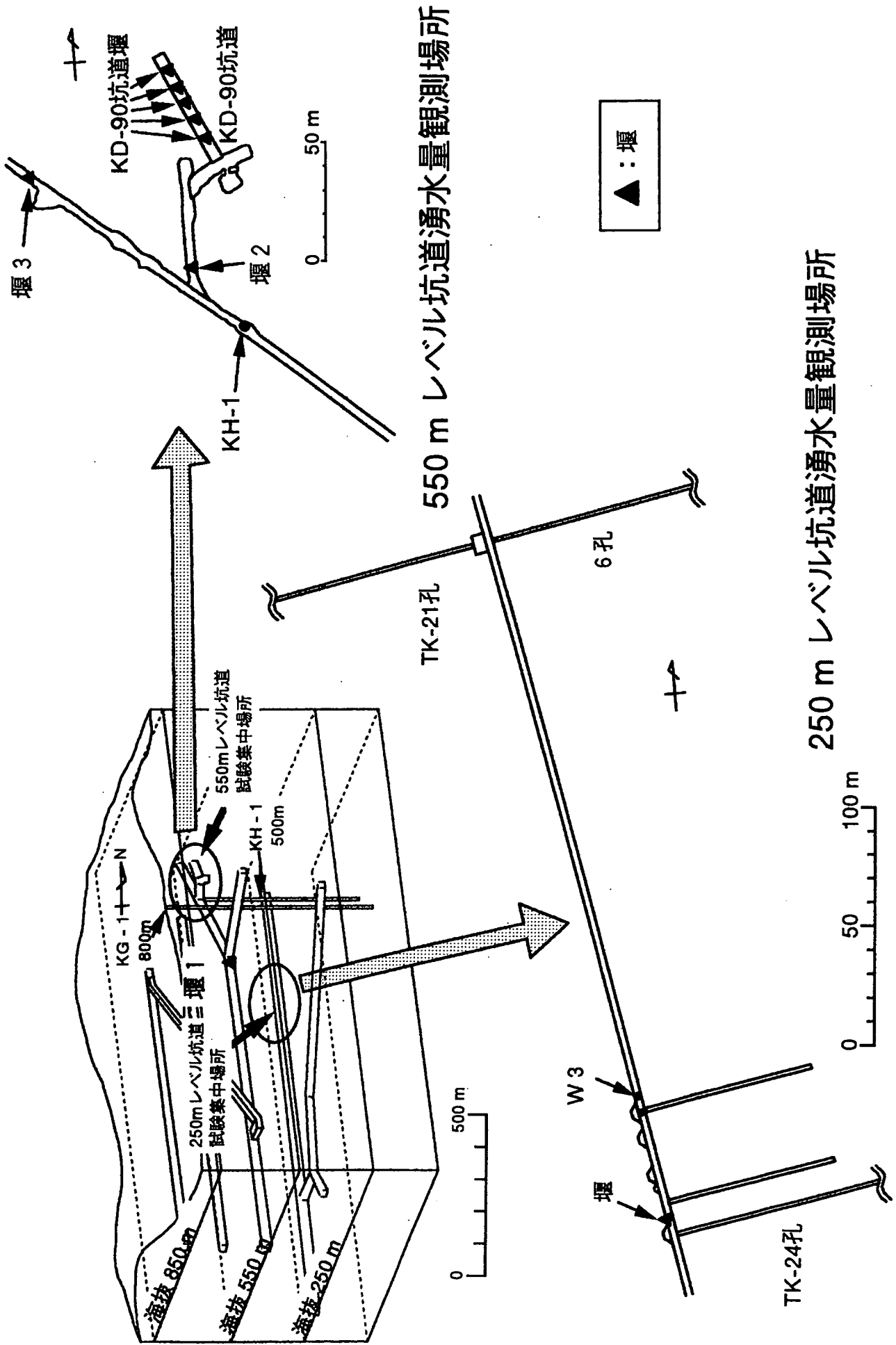
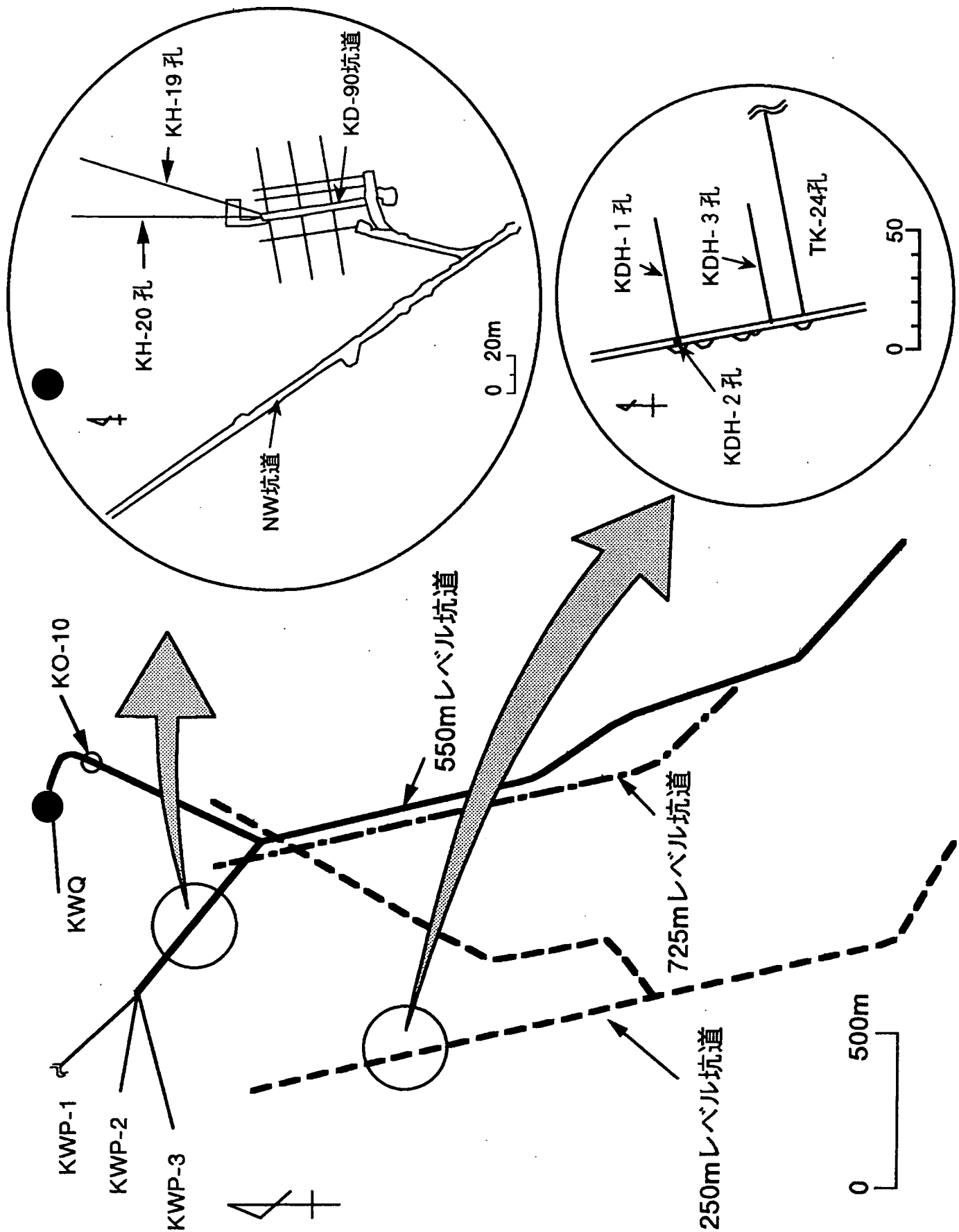


図-1.4.2 湧水量観測位置



図一1.4.3 他TASKにおける間隙水圧・湧水量観測位置

表一-1.4.1 釜石原位置試験場における間隙水圧観測箇所と湧水量観測箇所

間隙水圧観測		湧水量観測		
TASK	試錐孔仕様	区間数	備考	
TASK 1 550mレベル坑道	KH-4 長さ:46.1m、方向:N19° W、傾斜:0°	5	NW坑道とNE坑道が交差する付近 KD-88坑道 NW坑道休息場付近 KD-90坑道最奥 KD-90坑道奥から2番目 KD-90坑道奥から3番目 KD-90坑道奥から4番目 KD-90坑道入口付近 250mレベル原位置試験場基点付近 既存試錐孔、480.1m、S85° W、-30° 天盤からの湧水 既存試錐孔、301.1m、S85° E、-30° 既存試錐孔、347.1m、S85° E、0° 既存試錐孔、501.5m、S85° W、-50° 坑道天盤、NE坑道 (NW坑道とNE坑道の分岐から673m~676m)	
	KH-6 長さ:52.2m、方向:N19° W、傾斜:0°	5		
	KH-9 長さ:52.5m、方向:N19° W、傾斜:0°	5		
	KH-10 長さ:30.1m、方向:N109° W、傾斜:-1°	2		
	KH-11 長さ:30.1m、方向:N71° W、傾斜:-1°	6		
	KH-12 長さ:30.1m、傾斜:-90°	6		
	KH-13 長さ:30.1m、方向:N109° W、傾斜:-1°	6		
	KH-14 長さ:30.1m、方向:N71° W、傾斜:-1°	6		
	KH-15 長さ:30.1m、傾斜:-90°	6		
	KH-16 長さ:30.1m、方向:N109° W、傾斜:-1°	6		
	KH-17 長さ:30.1m、方向:N71° W、傾斜:-1°	6		
	KH-18 長さ:30.1m、傾斜:-90°	6		
	TASK 2 250mレベル坑道	KDH-1 長さ:50m、方向:N77° E、傾斜:-1°		6
		KDH-2 長さ:50m、傾斜:+90°		6
		KDH-3 長さ:50m、方向:N77° E、傾斜:-1°		6
	TASK 3-2 550mレベル坑道	KH-19 長さ:100m、方向:N17° E、傾斜:-1°		8
		KH-20 長さ:100m、方向:N0° E、傾斜:-1°		8
	TASK 5 550mレベル坑道	7孔 (KWP-1) 長さ:457.8m、方向:N35° W、傾斜:0°		1
9孔 (KWP-2) 長さ:392.5m、方向:N65° W、傾斜:-20°		1		
4孔 (KWP-3) 長さ:539.9m、方向:S85° W、傾斜:0°		1		

*方向は磁北からの角度

表-1.4.2 日時と経過日数の対応表

日時	経過日数	日時	経過日数	日時	経過日数
1994/10/1 0:00	0	1994/10/1 0:00	0	1995/2/13 0:00	135
1994/10/10 0:00	9	1994/10/6 0:00	5	1995/2/18 0:00	140
1994/10/20 0:00	19	1994/10/11 0:00	10	1995/2/23 0:00	145
1994/10/30 0:00	29	1994/10/16 0:00	15	1995/2/28 0:00	150
1994/11/1 0:00	31	1994/10/21 0:00	20	1995/3/5 0:00	155
1994/11/10 0:00	40	1994/10/26 0:00	25	1995/3/10 0:00	160
1994/11/20 0:00	50	1994/10/31 0:00	30	1995/3/15 0:00	165
1994/11/30 0:00	60	1994/11/5 0:00	35	1995/3/20 0:00	170
1994/12/1 0:00	61	1994/11/10 0:00	40	1995/3/25 0:00	175
1994/12/10 0:00	70	1994/11/15 0:00	45	1995/3/30 0:00	180
1994/12/20 0:00	80	1994/11/20 0:00	50	1995/4/4 0:00	185
1994/12/30 0:00	90	1994/11/25 0:00	55	1995/4/9 0:00	190
1995/1/1 0:00	92	1994/11/30 0:00	60	1995/4/14 0:00	195
1995/1/10 0:00	101	1994/12/5 0:00	65	1995/4/19 0:00	200
1995/1/20 0:00	111	1994/12/10 0:00	70	1995/4/24 0:00	205
1995/1/30 0:00	121	1994/12/15 0:00	75	1995/4/29 0:00	210
1995/2/1 0:00	123	1994/12/20 0:00	80		
1995/2/10 0:00	132	1994/12/25 0:00	85		
1995/2/20 0:00	142	1994/12/30 0:00	90		
1995/3/1 0:00	151	1995/1/4 0:00	95		
1995/3/10 0:00	160	1995/1/9 0:00	100		
1995/3/20 0:00	170	1995/1/14 0:00	105		
1995/3/30 0:00	180	1995/1/19 0:00	110		
1995/4/1 0:00	182	1995/1/24 0:00	115		
1995/4/10 0:00	191	1995/1/29 0:00	120		
1995/4/20 0:00	201	1995/2/3 0:00	125		
1995/4/30 0:00	211	1995/2/8 0:00	130		

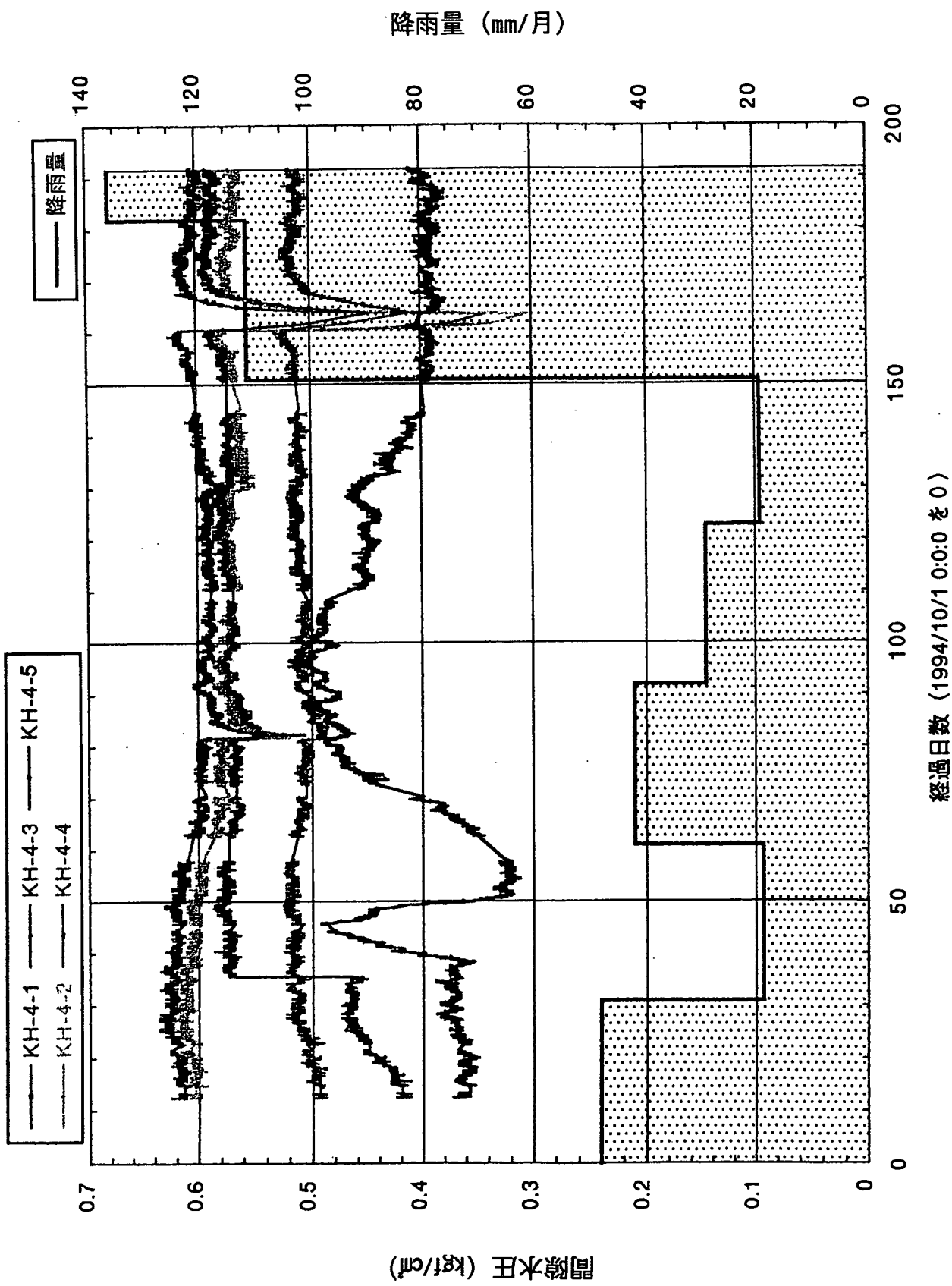


図-1.4.4 KH-4 孔における間隙水圧の変化と降雨量の関係

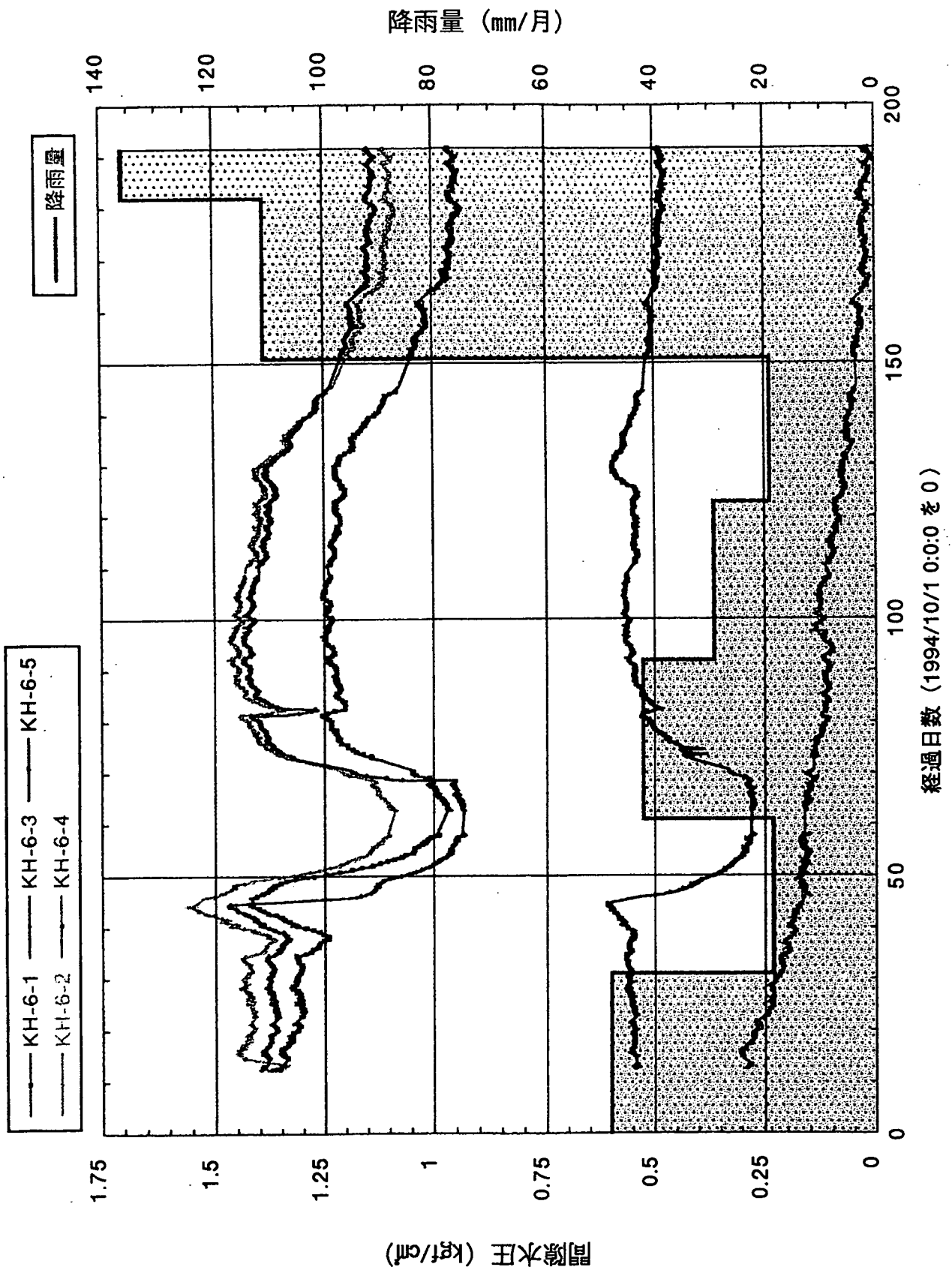
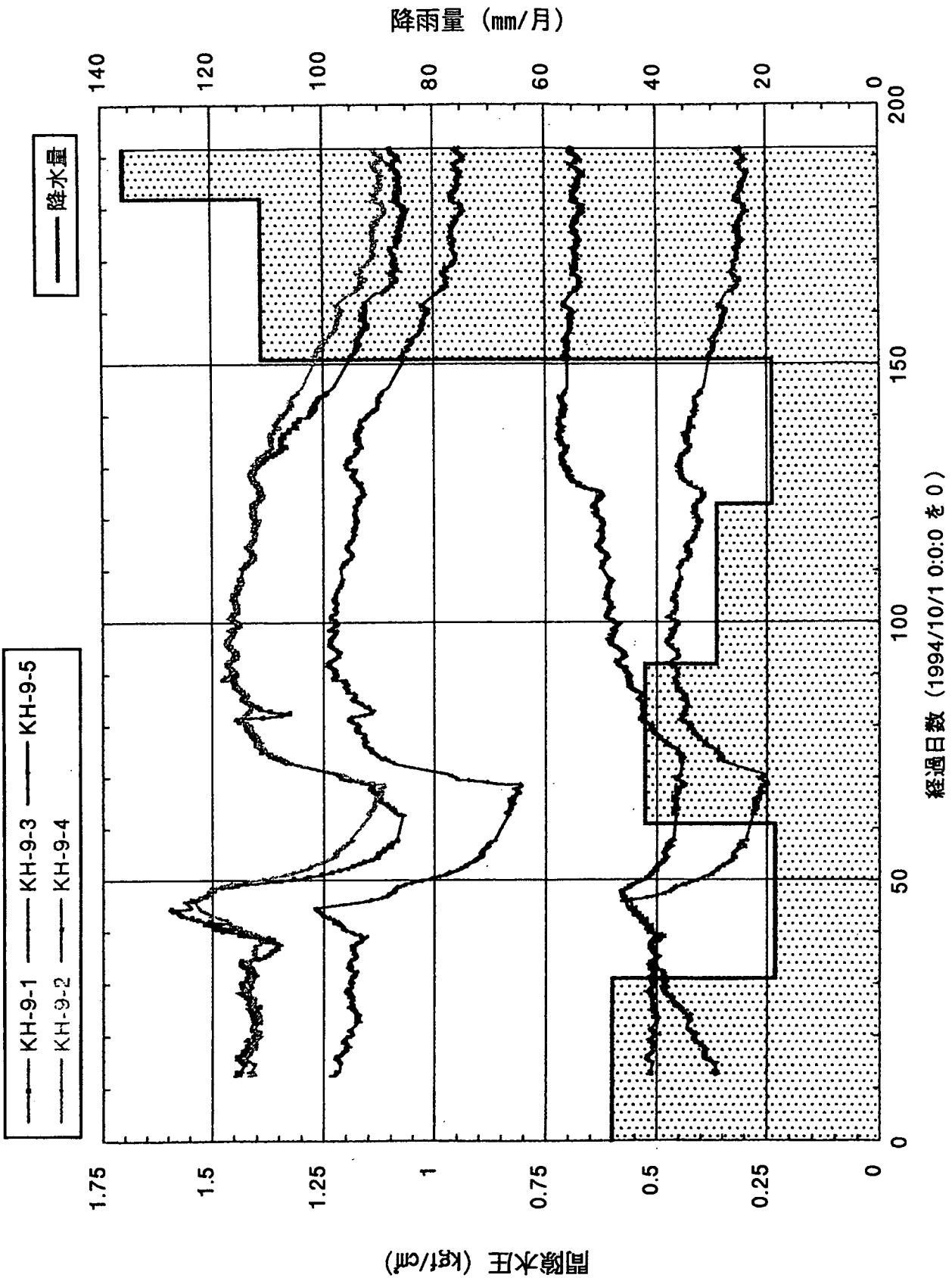


図-1.4.5 KH-6 孔における間隙水圧の変化と降雨量の関係



図一1.4.6 KH-9孔における間隙水圧の変化と降雨量の関係

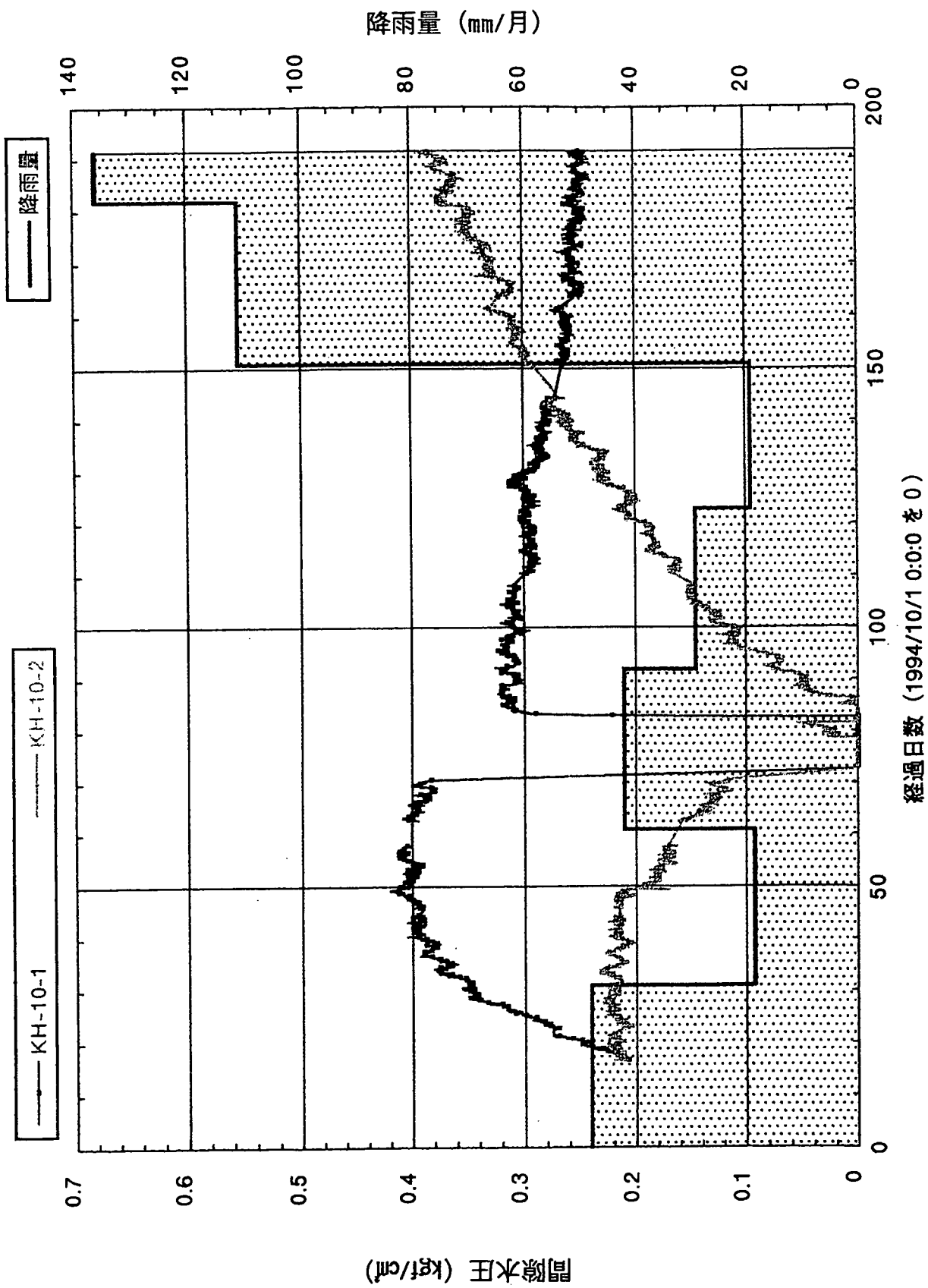
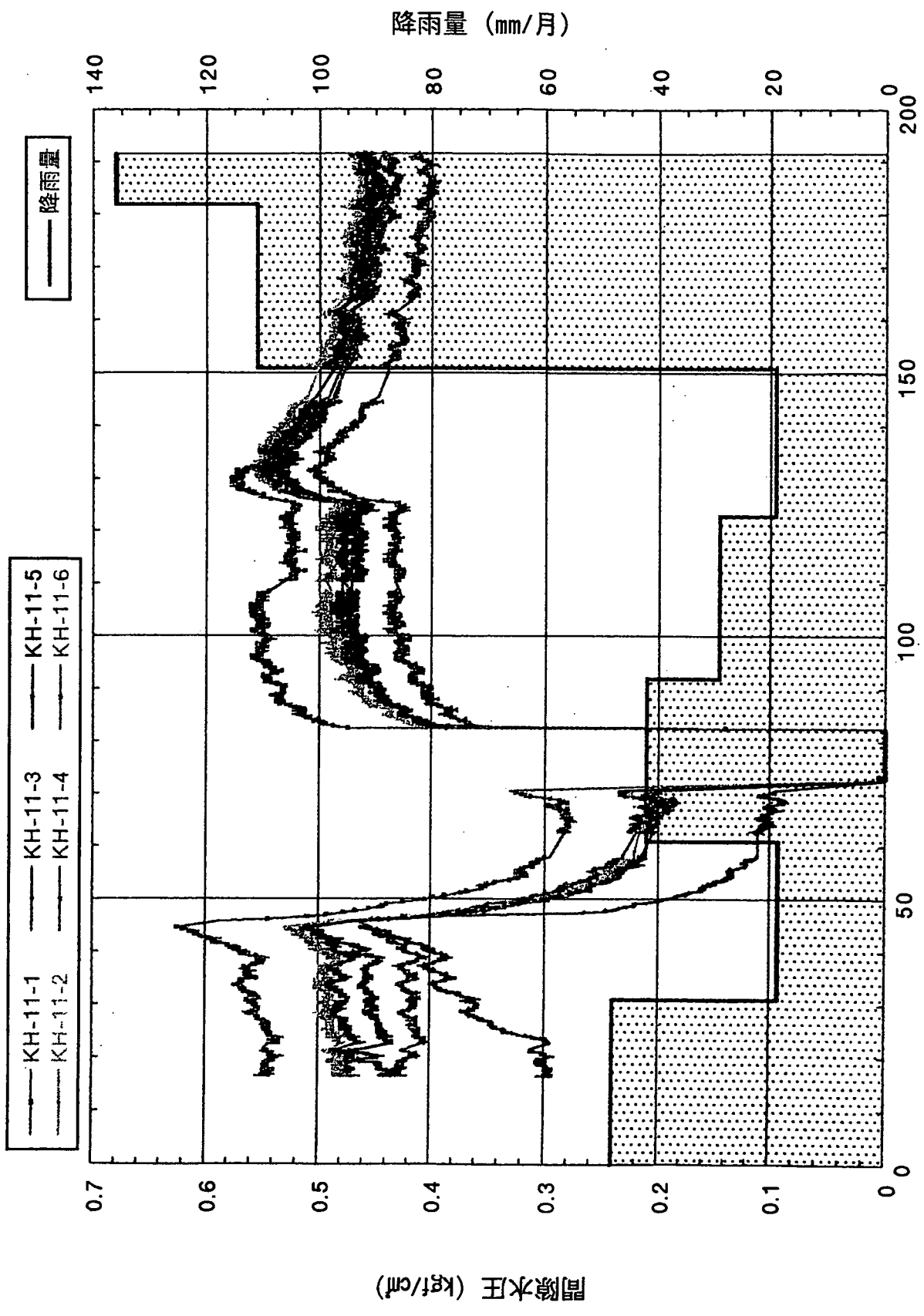
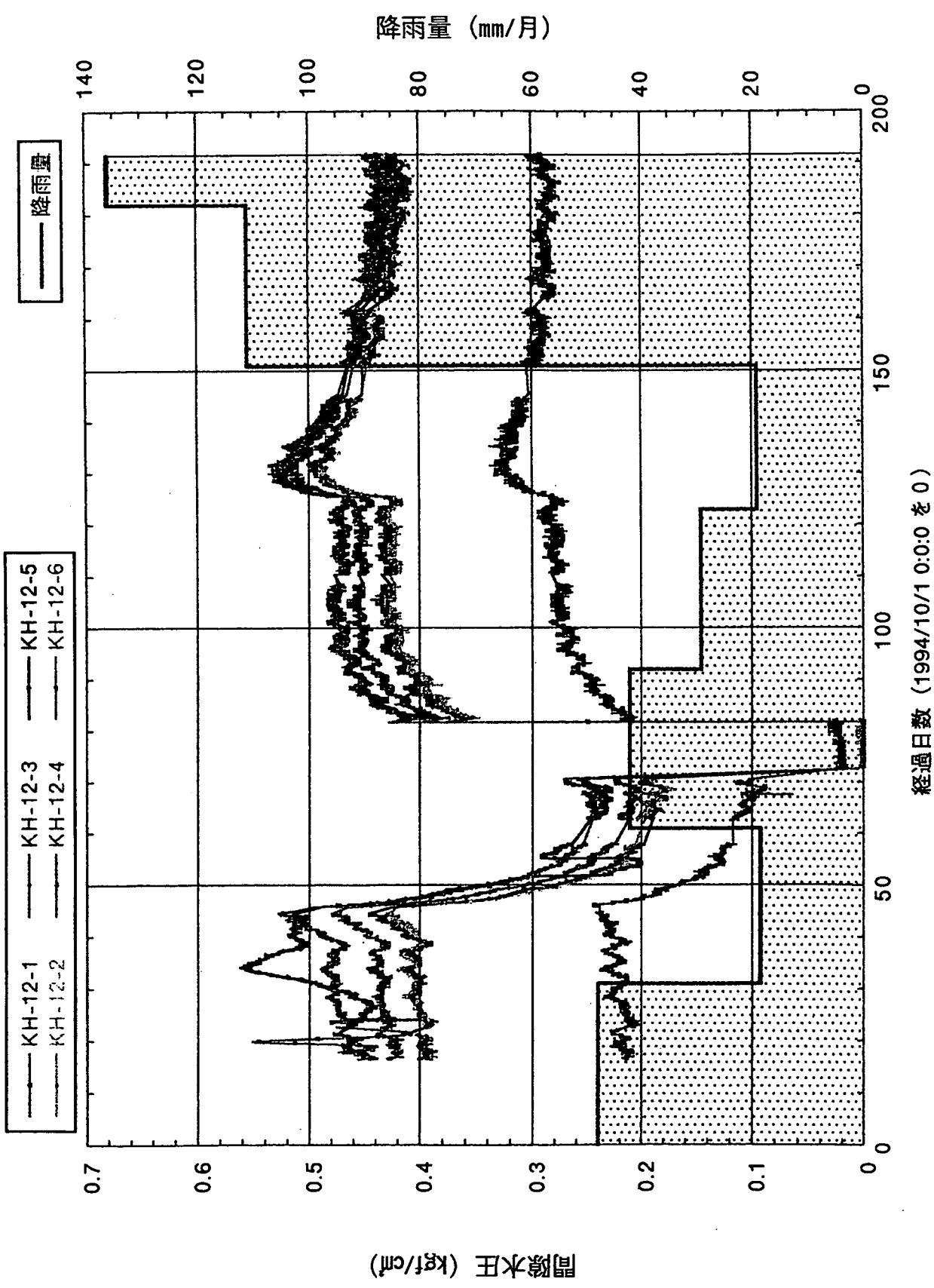


図-1.4.7 KH-10 孔における間隙水圧の変化と降雨量の関係



経過日数 (1994/10/1 0:0:0 を 0)

図-1.4.8 KH-11 孔における間隙水圧の変化と降雨量の関係



図一1.4.9 KH-12 孔における間隙水圧の変化と降雨量の関係

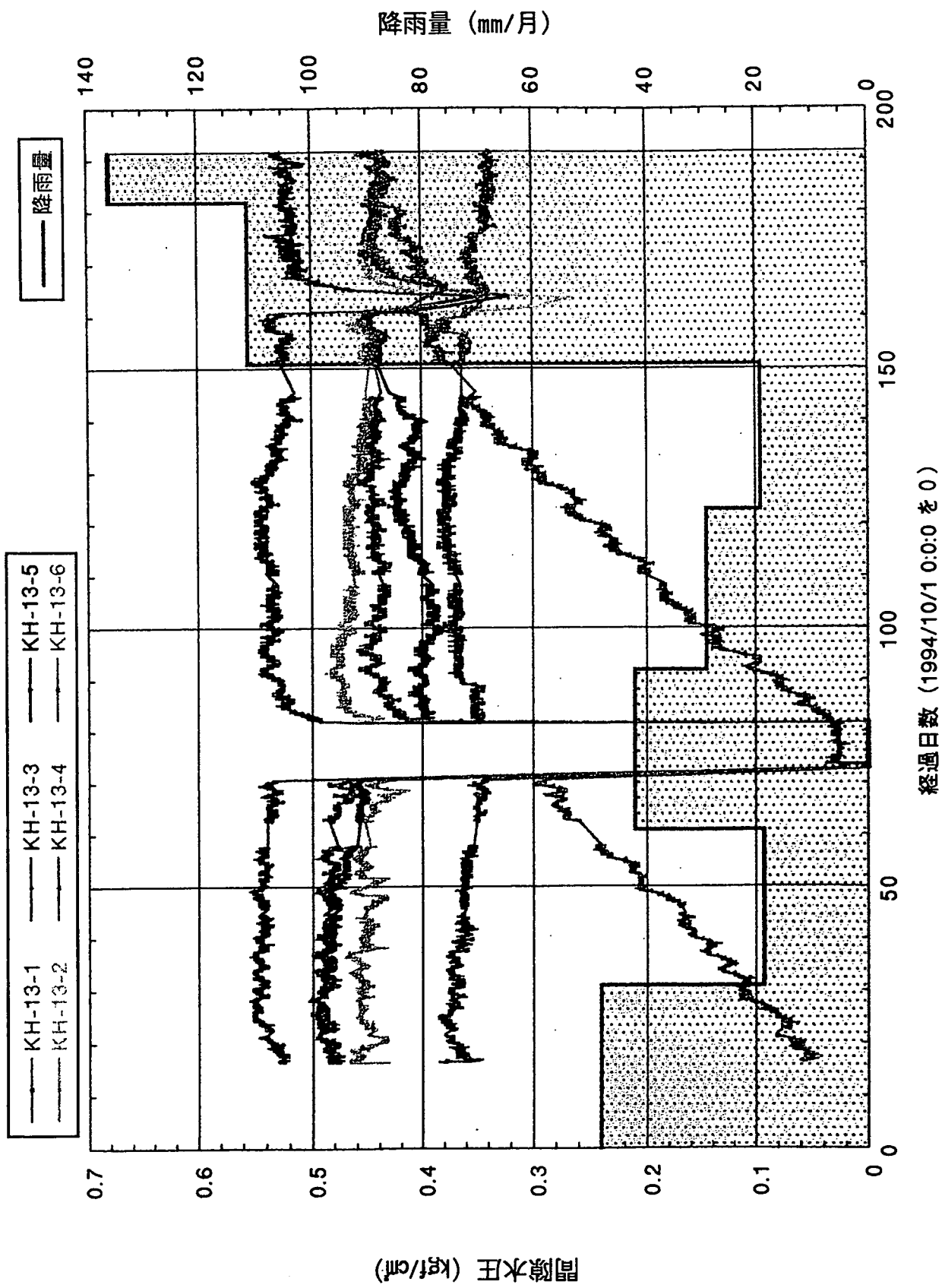
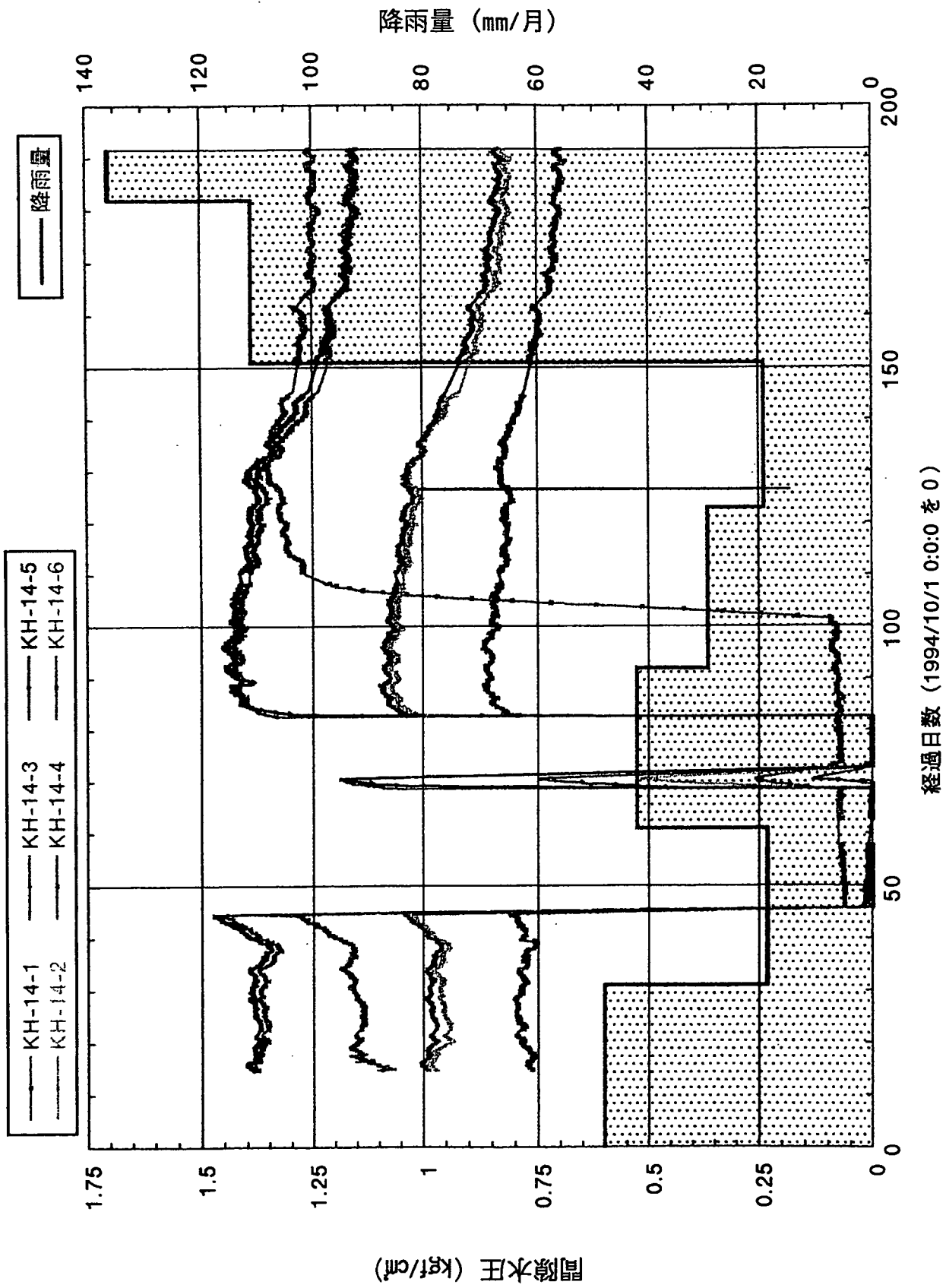


図-1.4.10 KH-13 孔における間隙水圧の変化と降雨量の関係



図一1.4.11 KH-14 孔における間隙水圧の変化と降雨量の関係

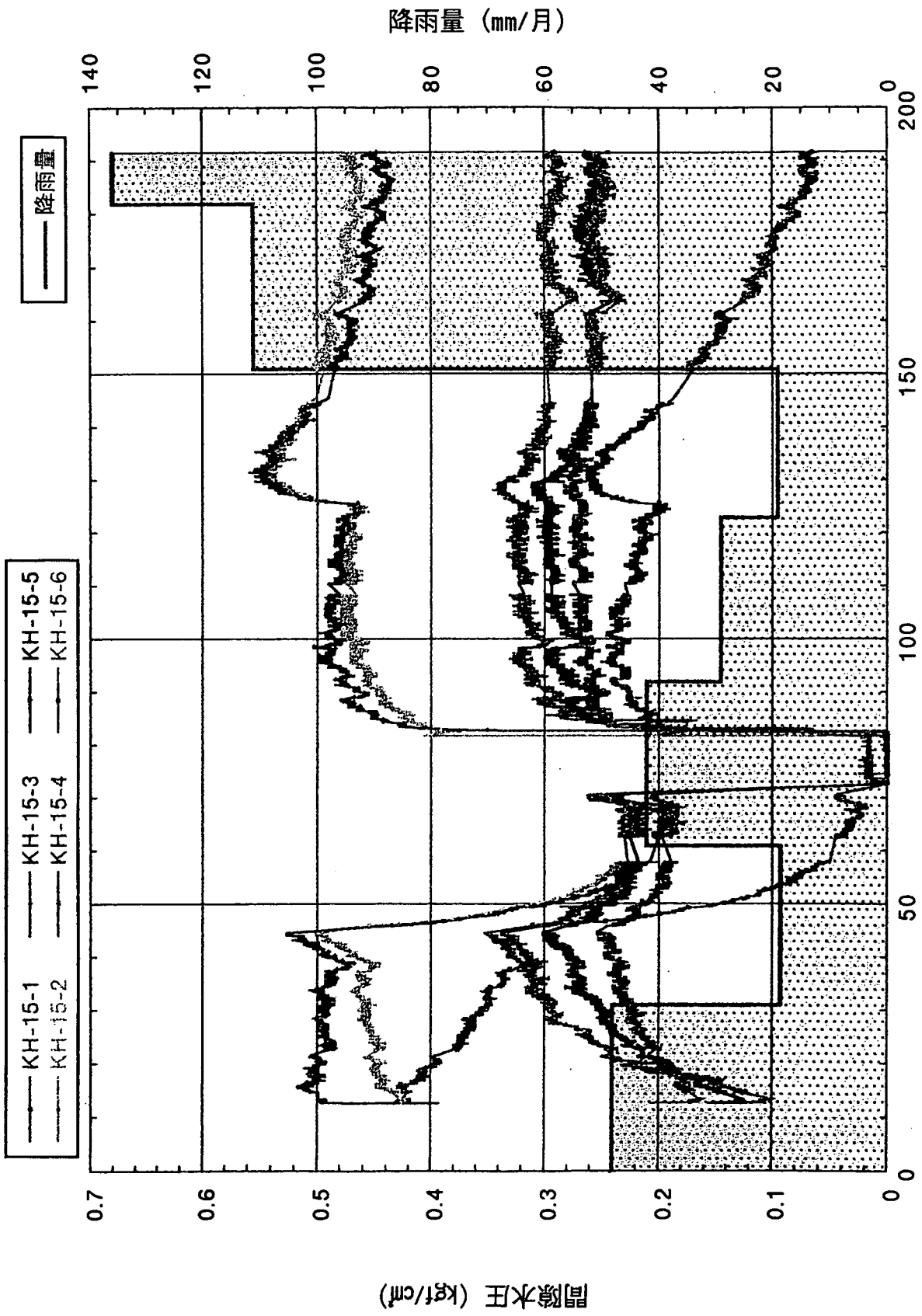


図-1.4.12 KH-15 孔における間隙水圧の変化と降雨量の関係

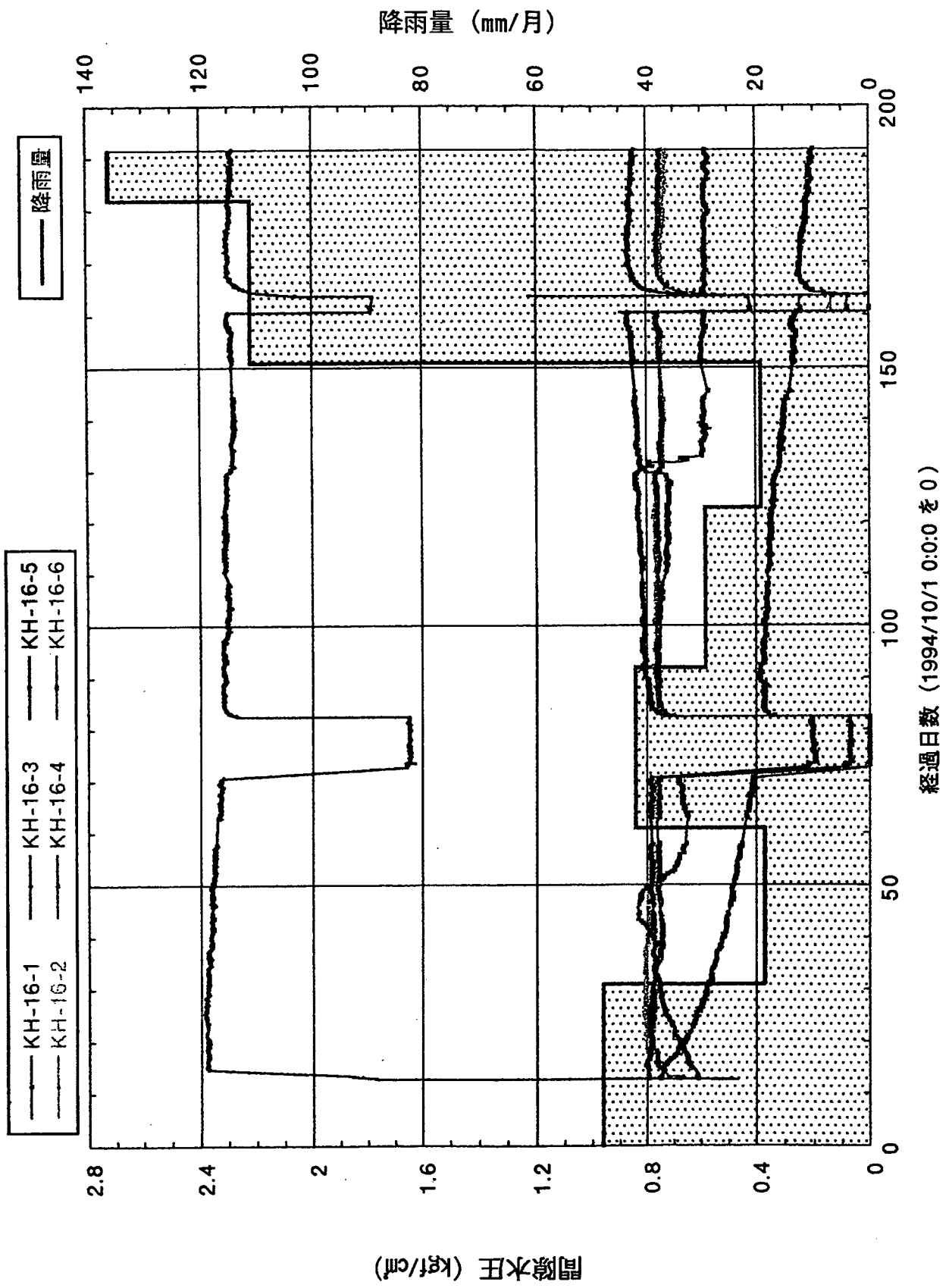
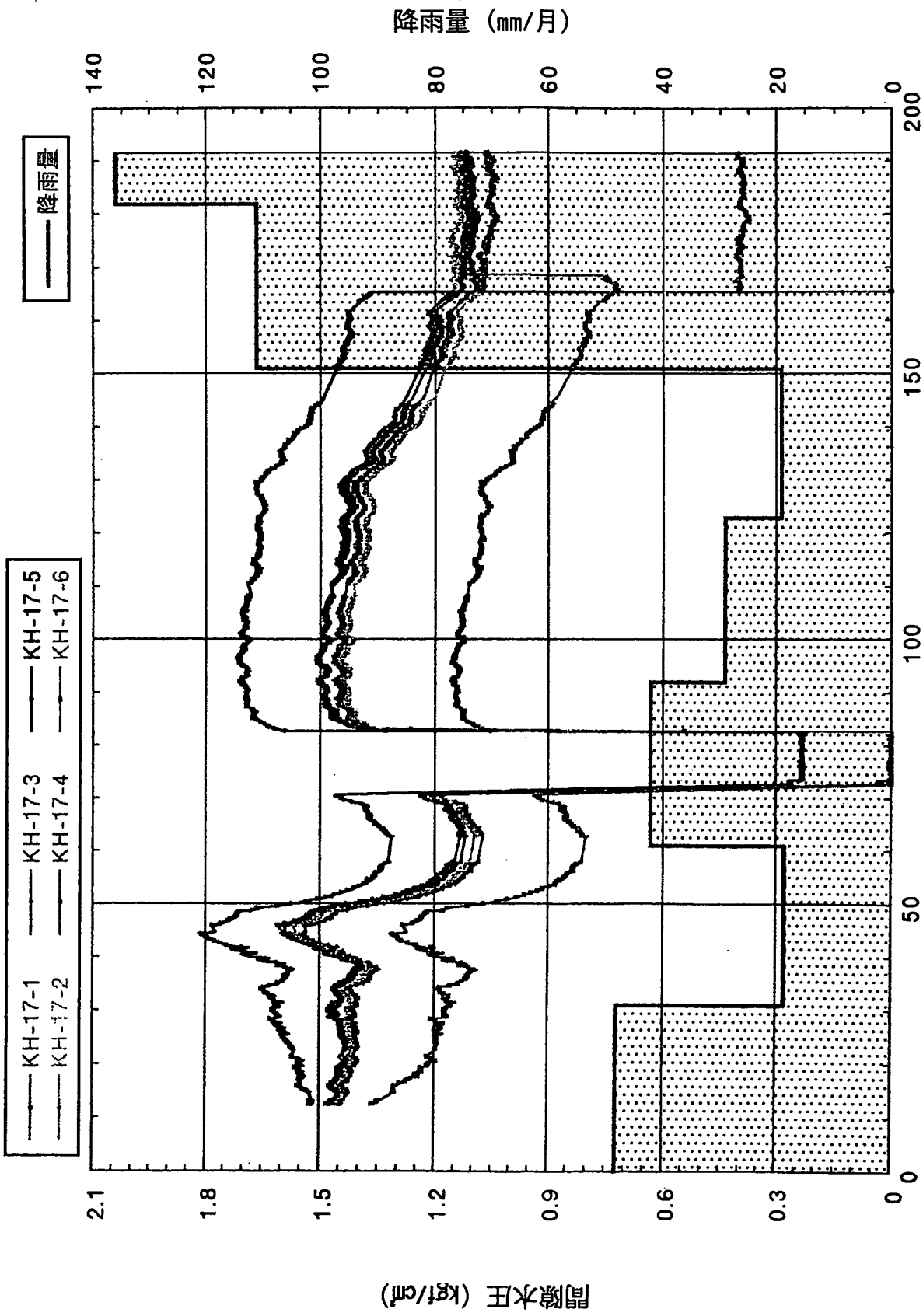
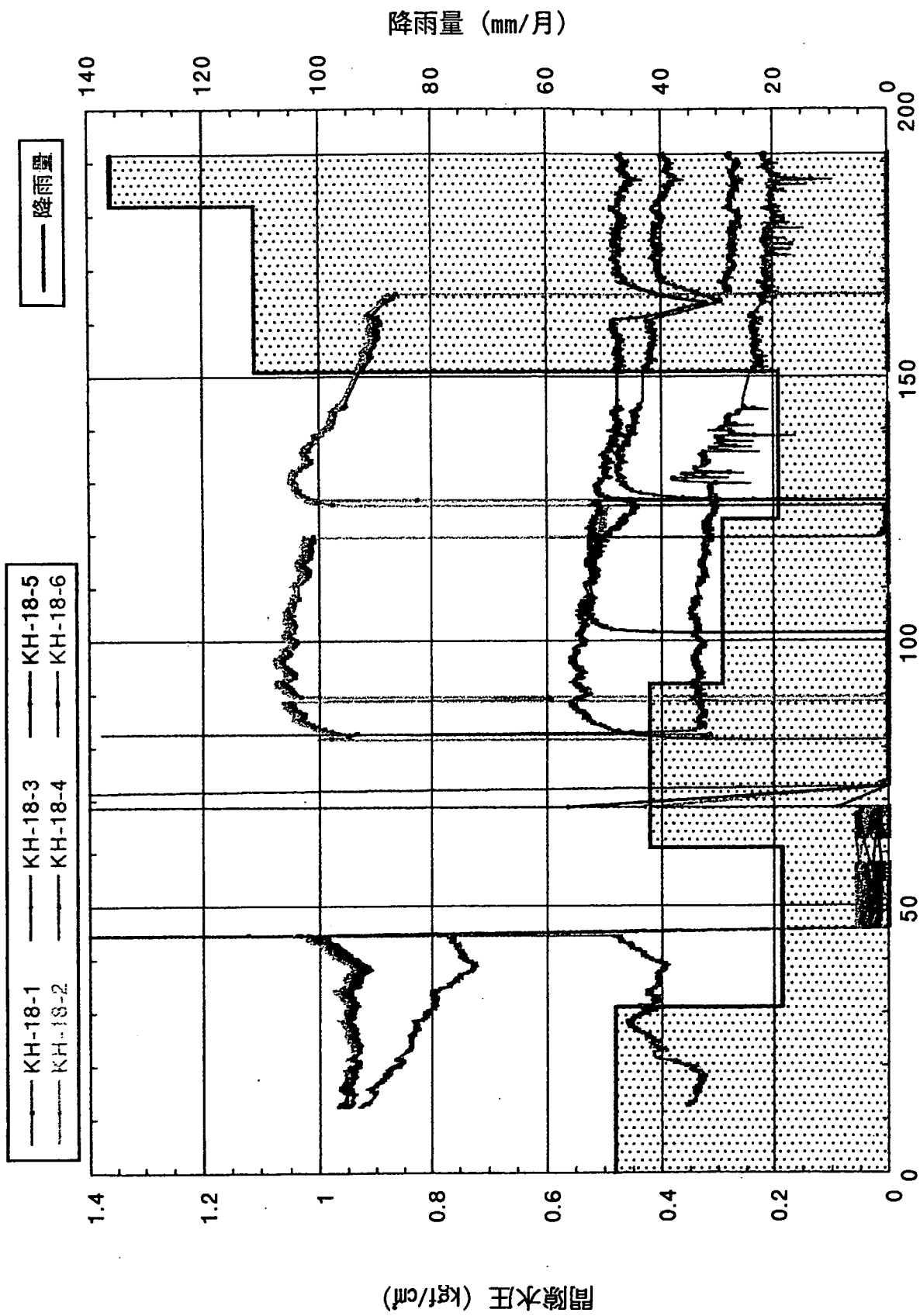


図-1.4.13 KH-16 孔における間隙水圧の変化と降雨量の関係



経過日数 (1994/10/1 0:0:0 を 0)

図-1.4.14 KH-17 孔における間隙水圧の変化と降雨量の関係

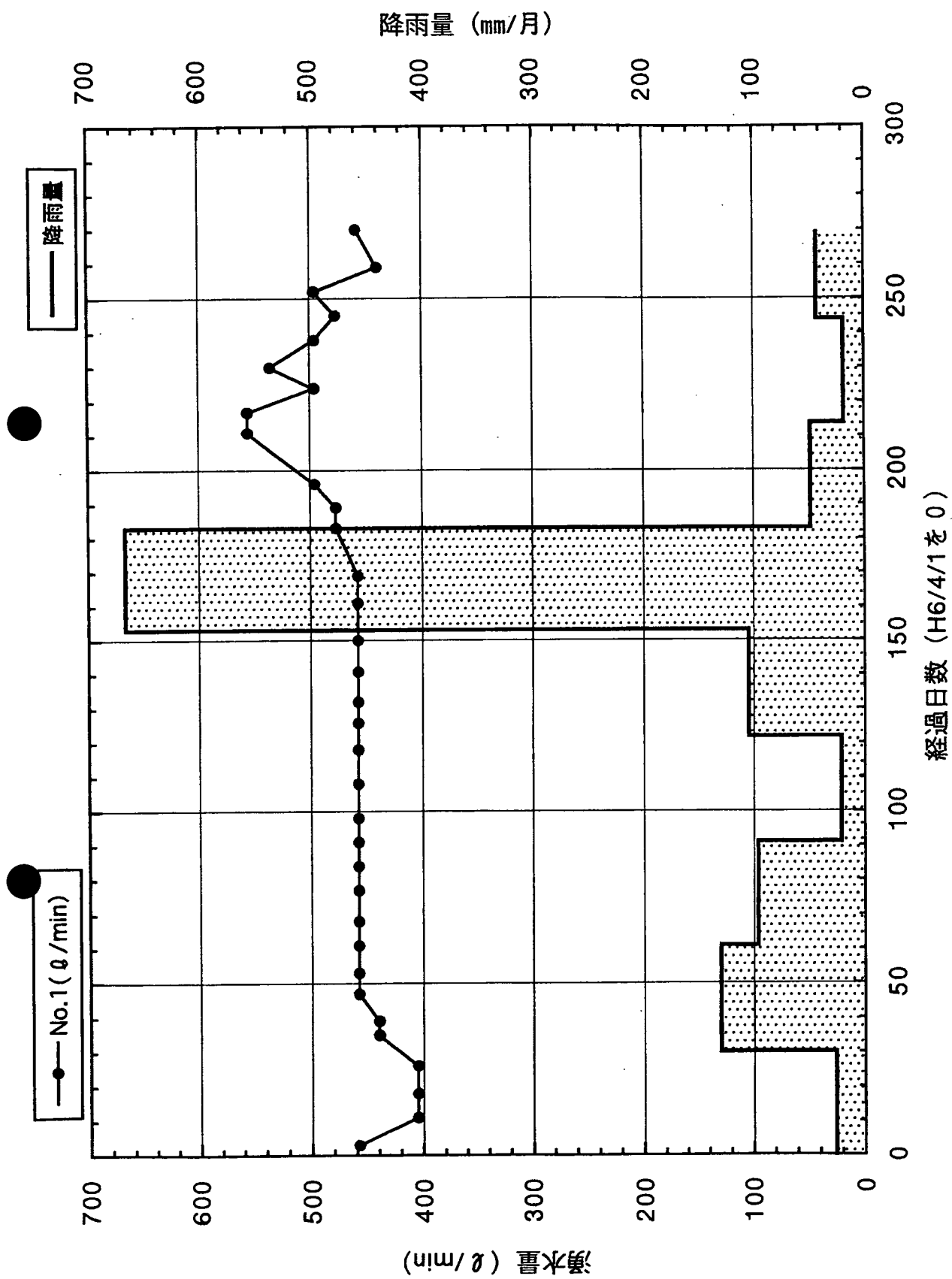


経過日数 (1994/10/1 0:0:0 を 0)

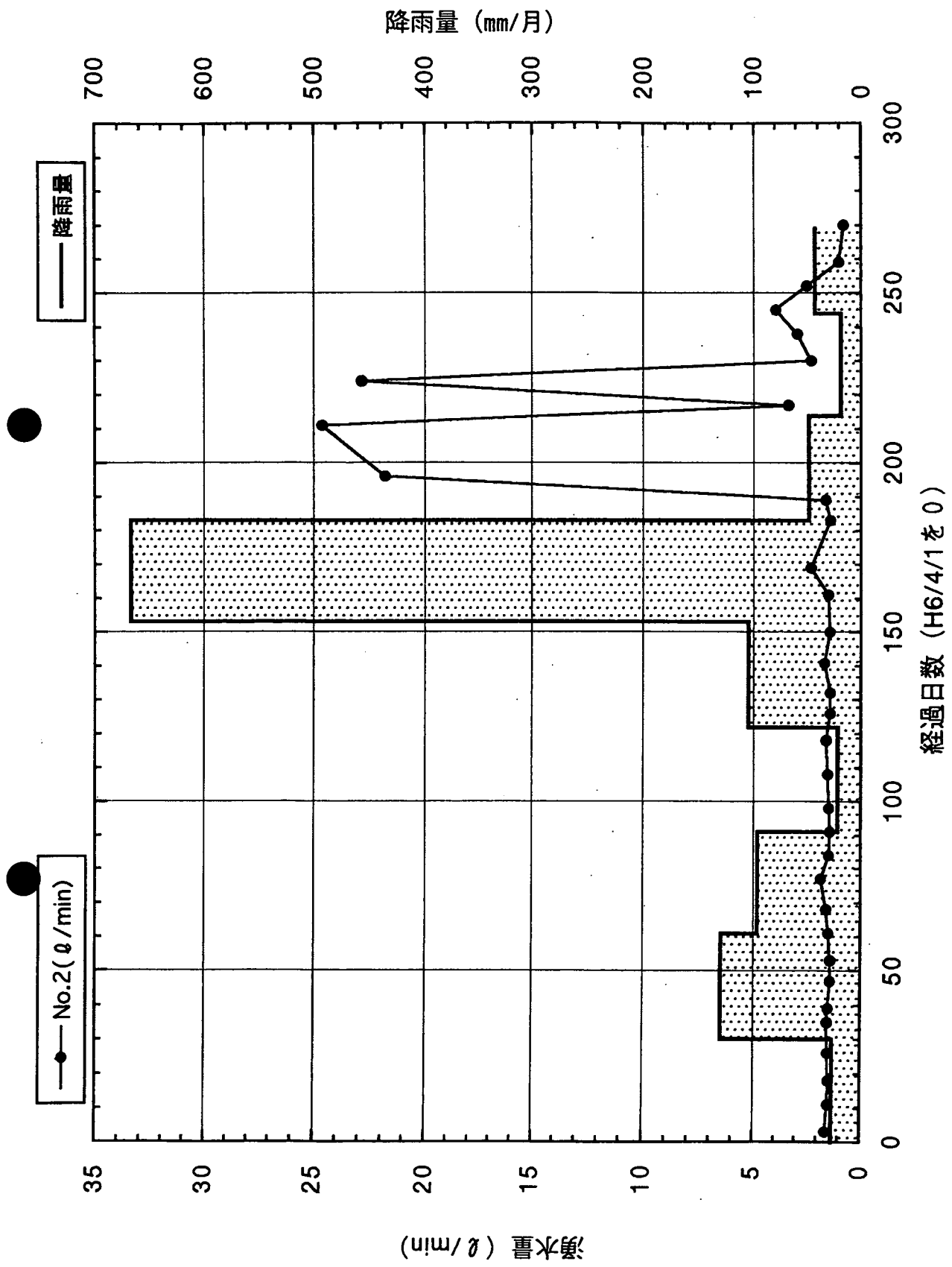
図-1.4.15 KH-18 孔における間隙水圧の変化と降雨量の関係

表-1.4.3 経過日数と日付の対応表

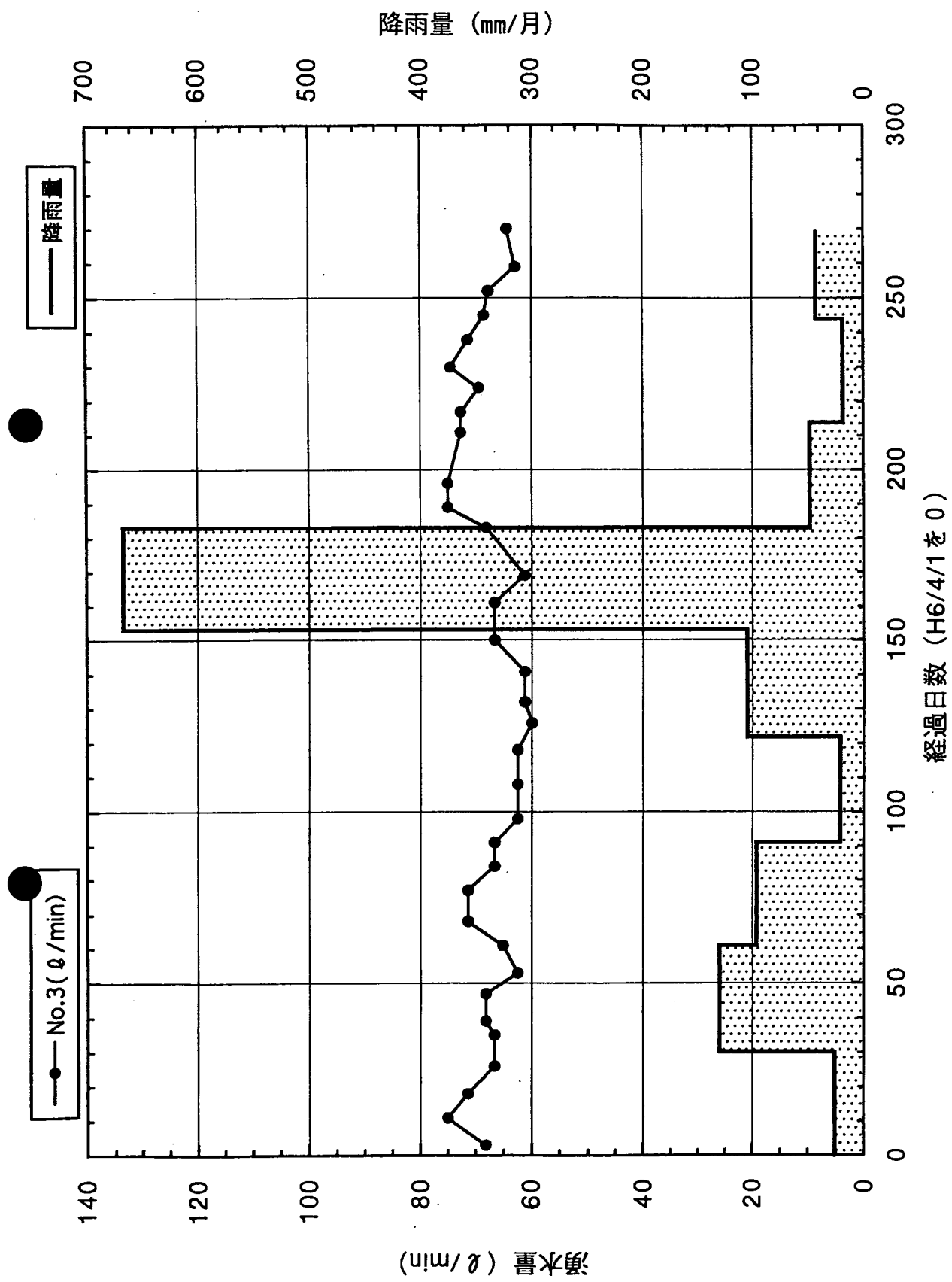
日時	経過日数	日時	経過日数	日時	経過日数
H6.4.1	0	H6.9.3	155	H6.4.1	0
H6.4.6	5	H6.9.8	160	H6.4.30	29
H6.4.11	10	H6.9.13	165	H6.5.1	30
H6.4.16	15	H6.9.18	170	H6.5.31	60
H6.4.21	20	H6.9.23	175	H6.6.1	61
H6.4.26	25	H6.9.28	180	H6.6.30	90
H6.5.1	30	H6.10.3	185	H6.7.1	91
H6.5.6	35	H6.10.8	190	H6.7.31	121
H6.5.11	40	H6.10.13	195	H6.8.1	122
H6.5.16	45	H6.10.18	200	H6.8.31	152
H6.5.21	50	H6.10.23	205	H6.9.1	153
H6.5.26	55	H6.10.28	210	H6.9.30	182
H6.5.31	60	H6.11.2	215	H6.10.1	183
H6.6.5	65	H6.11.7	220	H6.10.31	213
H6.6.10	70	H6.11.12	225	H6.11.1	214
H6.6.15	75	H6.11.17	230	H6.11.30	243
H6.6.20	80	H6.11.22	235	H6.12.1	244
H6.6.25	85	H6.11.27	240	H6.12.31	274
H6.6.30	90	H6.12.2	245	H7.1.1	275
H6.7.5	95	H6.12.7	250	H7.1.31	305
H6.7.10	100	H6.12.12	255		
H6.7.15	105	H6.12.17	260		
H6.7.20	110	H6.12.22	265		
H6.7.25	115	H6.12.27	270		
H6.7.30	120	H7.1.1	275		
H6.8.4	125	H7.1.6	280		
H6.8.9	130	H7.1.11	285		
H6.8.14	135	H7.1.16	290		
H6.8.19	140	H7.1.21	295		
H6.8.24	145	H7.1.26	300		
H6.8.29	150				



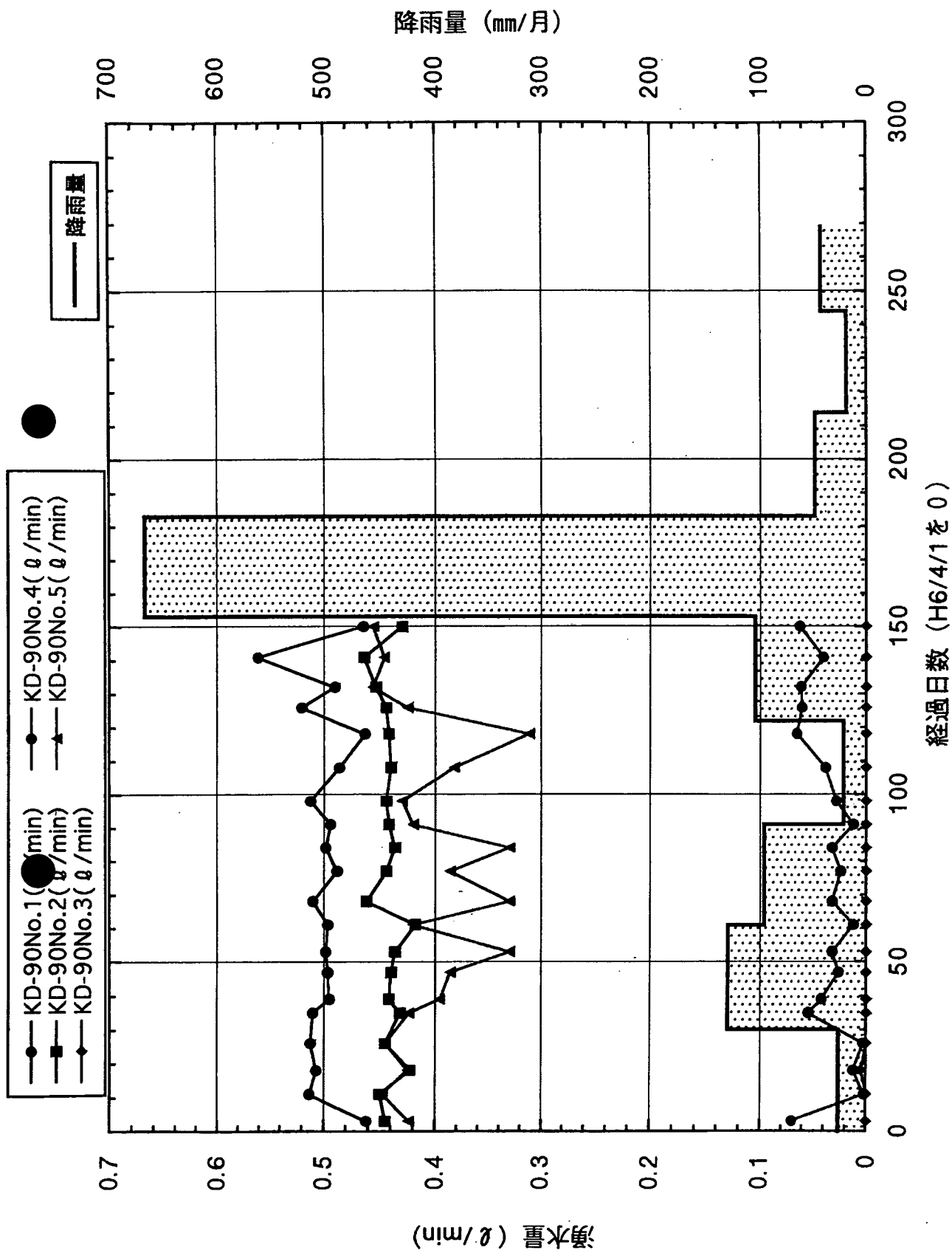
図一1.4.16 550mレベル坑道堰 No. 1 における湧水量と原位置試験場周辺の降雨量の関係



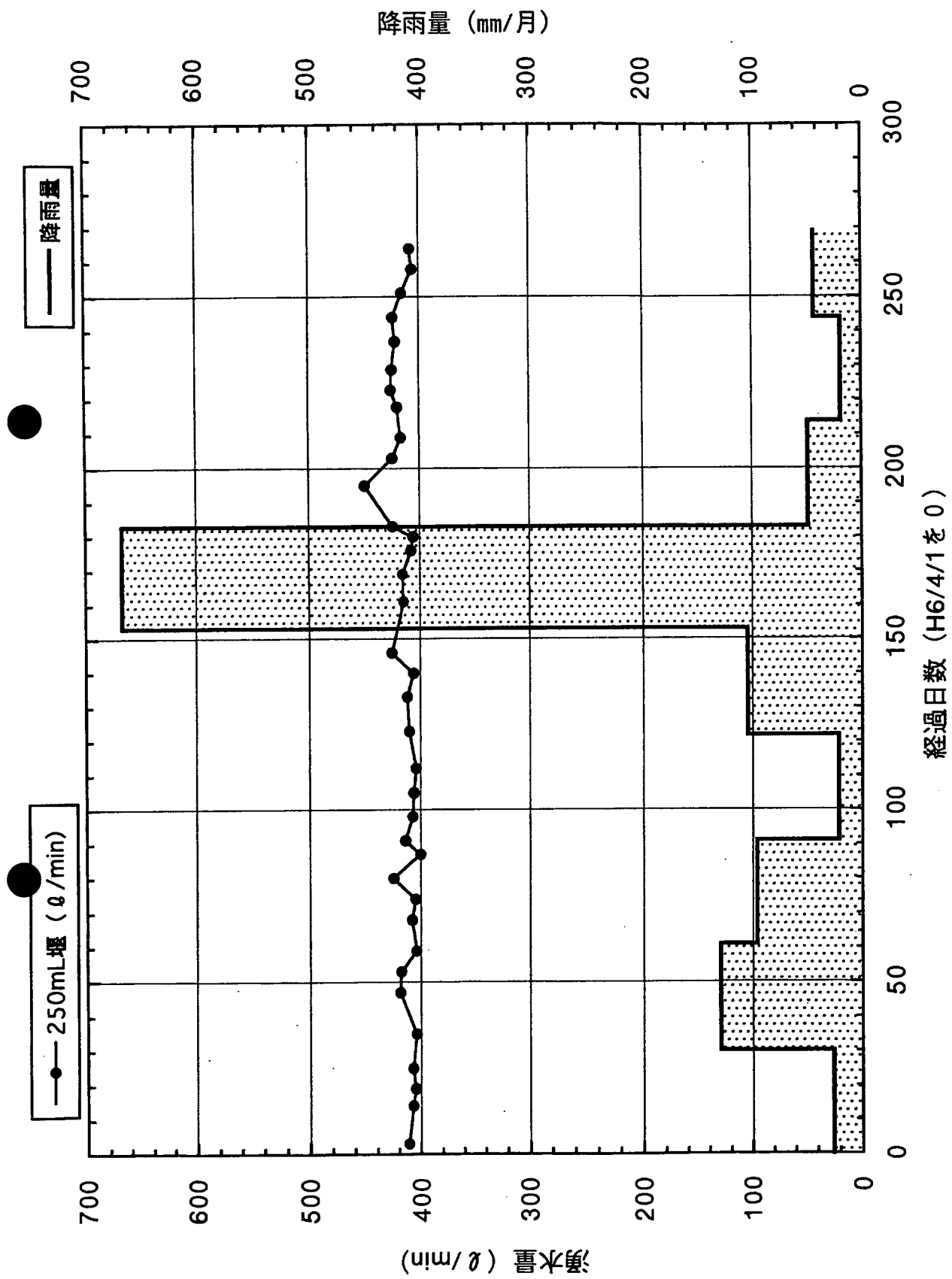
図一1.4.17 550mレベル坑道堰 No. 2 における湧水量と原位置試験場周辺の降雨量の関係



図一1.4.18 550mレベル坑道堰 No. 3 における湧水量と原位置試験場周辺の降雨量の関係



図一1.4.19 550mレベルKD-90 坑道堰 No.1～5 における湧水量と
原位置試験場周辺の降雨量の関係



図一1.4.20 250mレベル坑道堰における湧水量と原位置試験場周辺の降雨量の関係

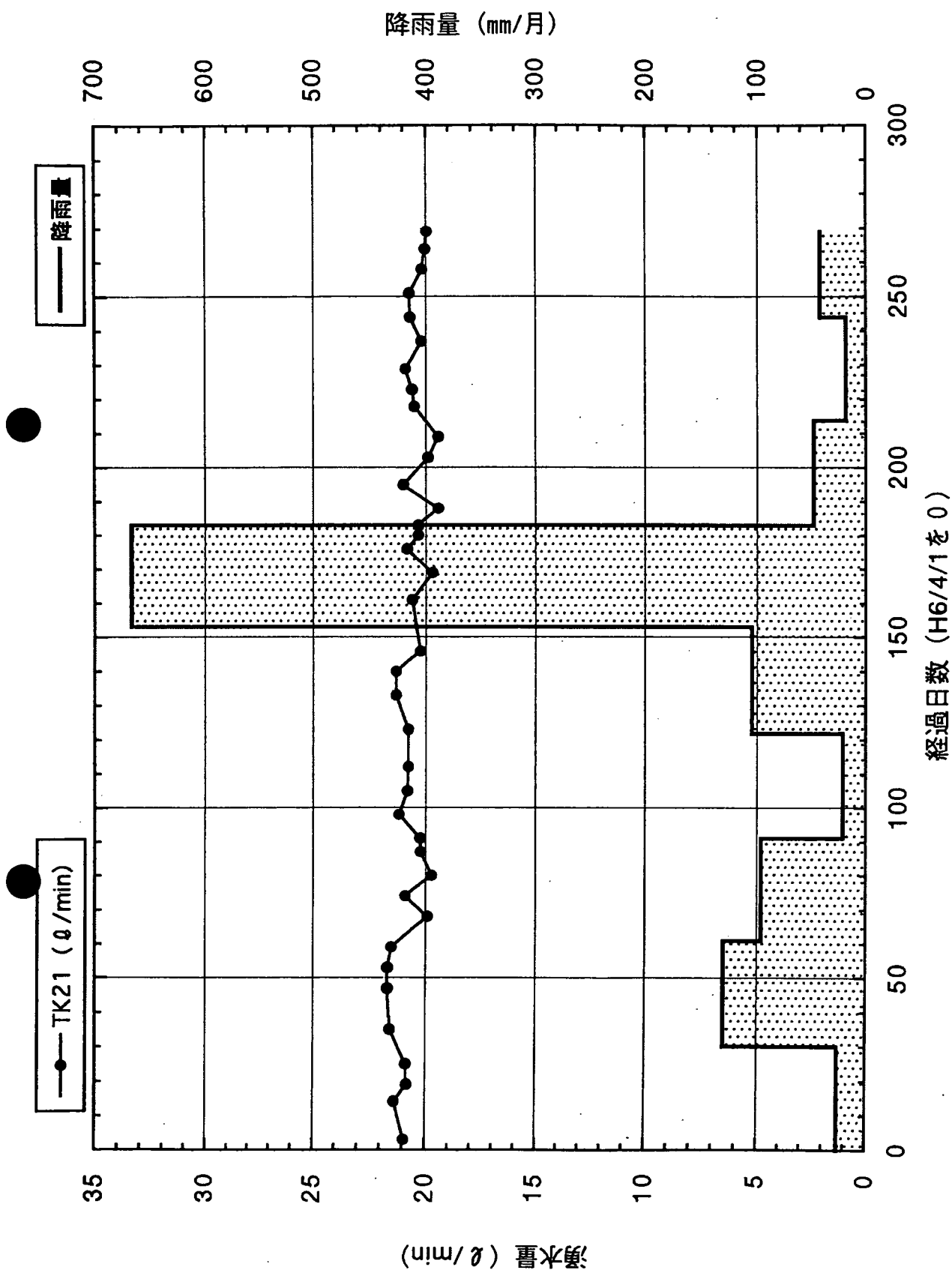
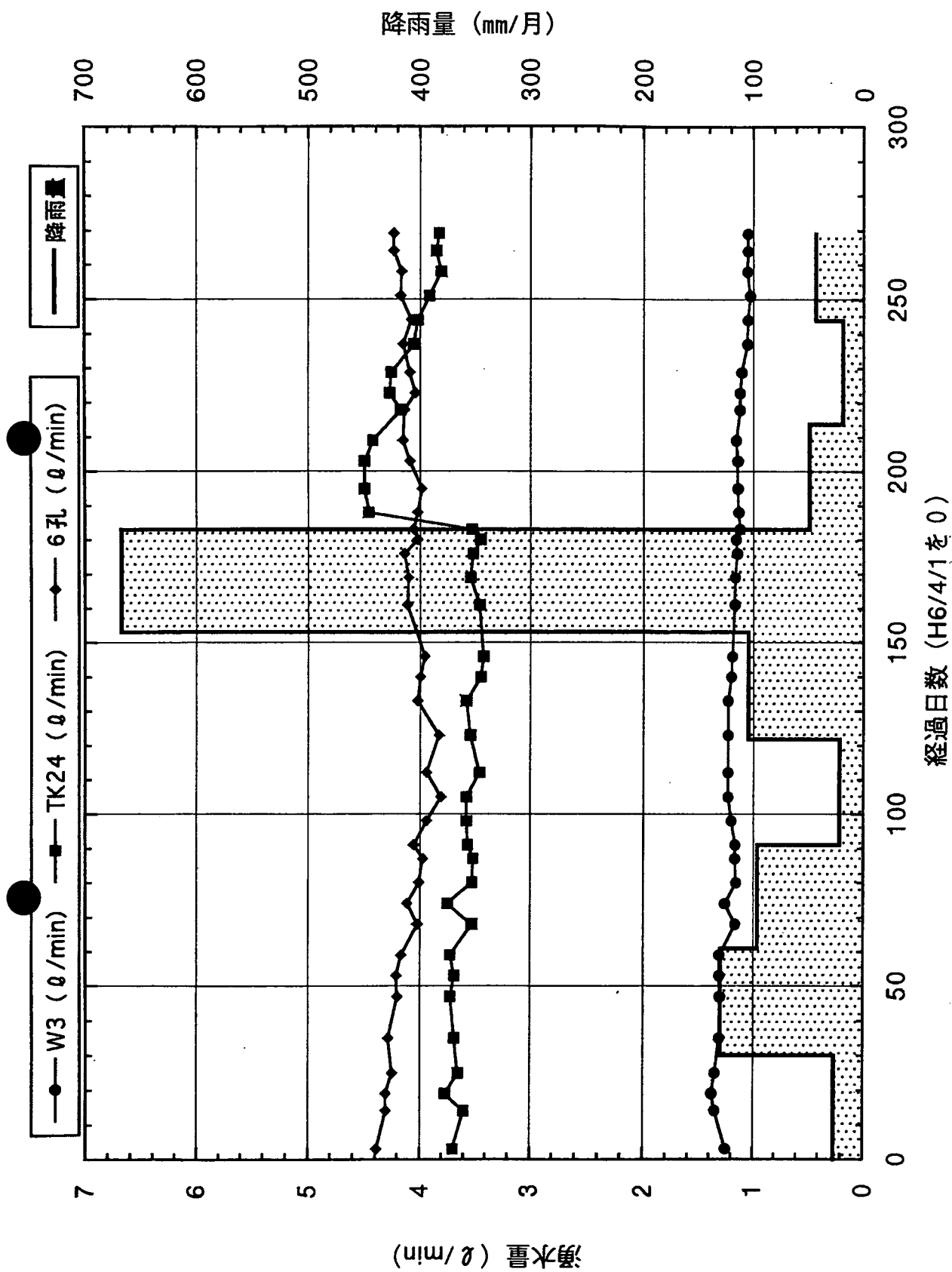


図-1.4.21 250mレベル坑道堰 TK-21 における湧水量と原位置試験場周辺の降雨量の関係



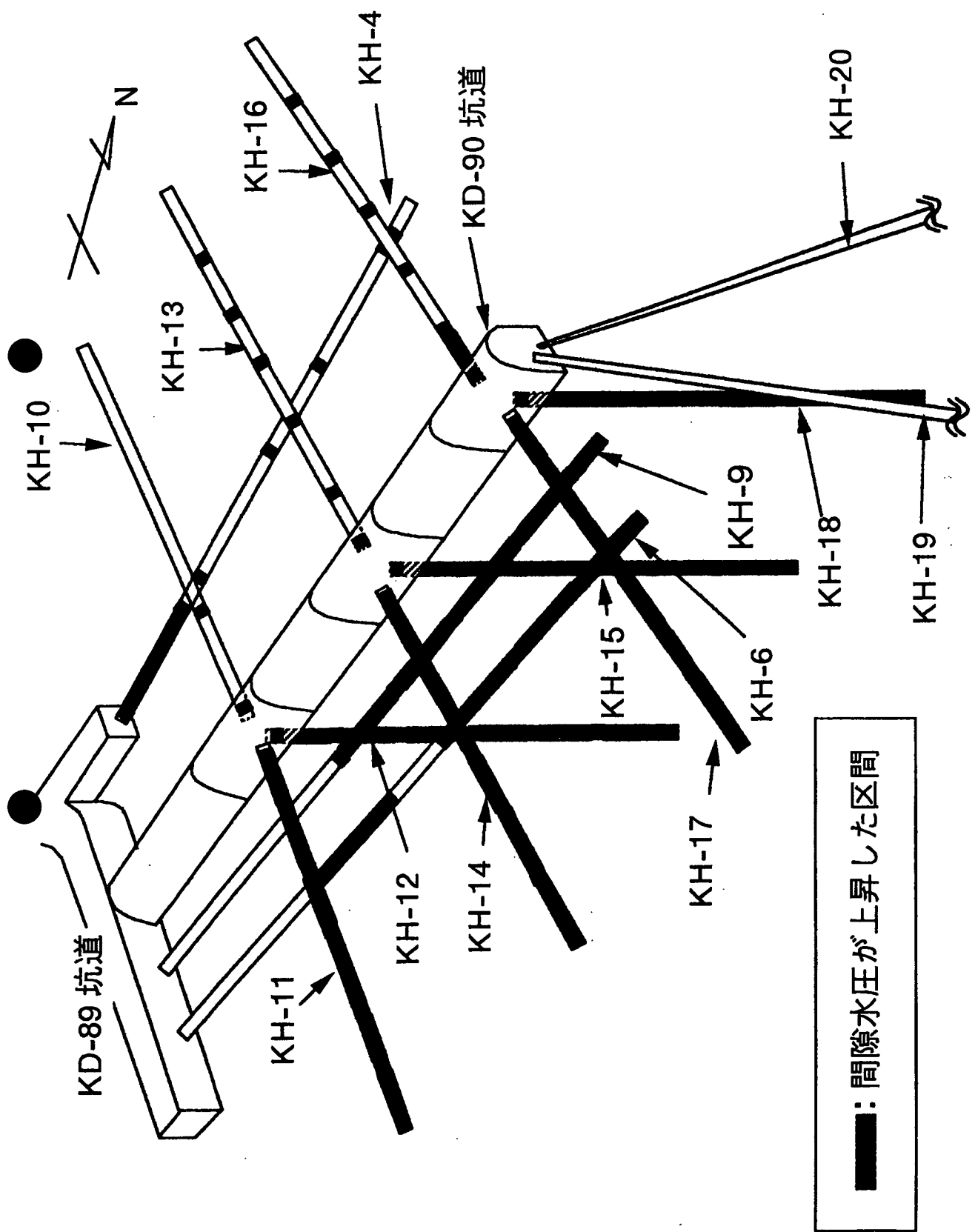
図一1.4.22 250mレベル坑道湧水量観測点における湧水量と原位置試験場周辺の降雨量の関係

表一1.4.4 KH-20 孔掘削時に応答が観測された観測区間と間隙水圧の最大上昇幅

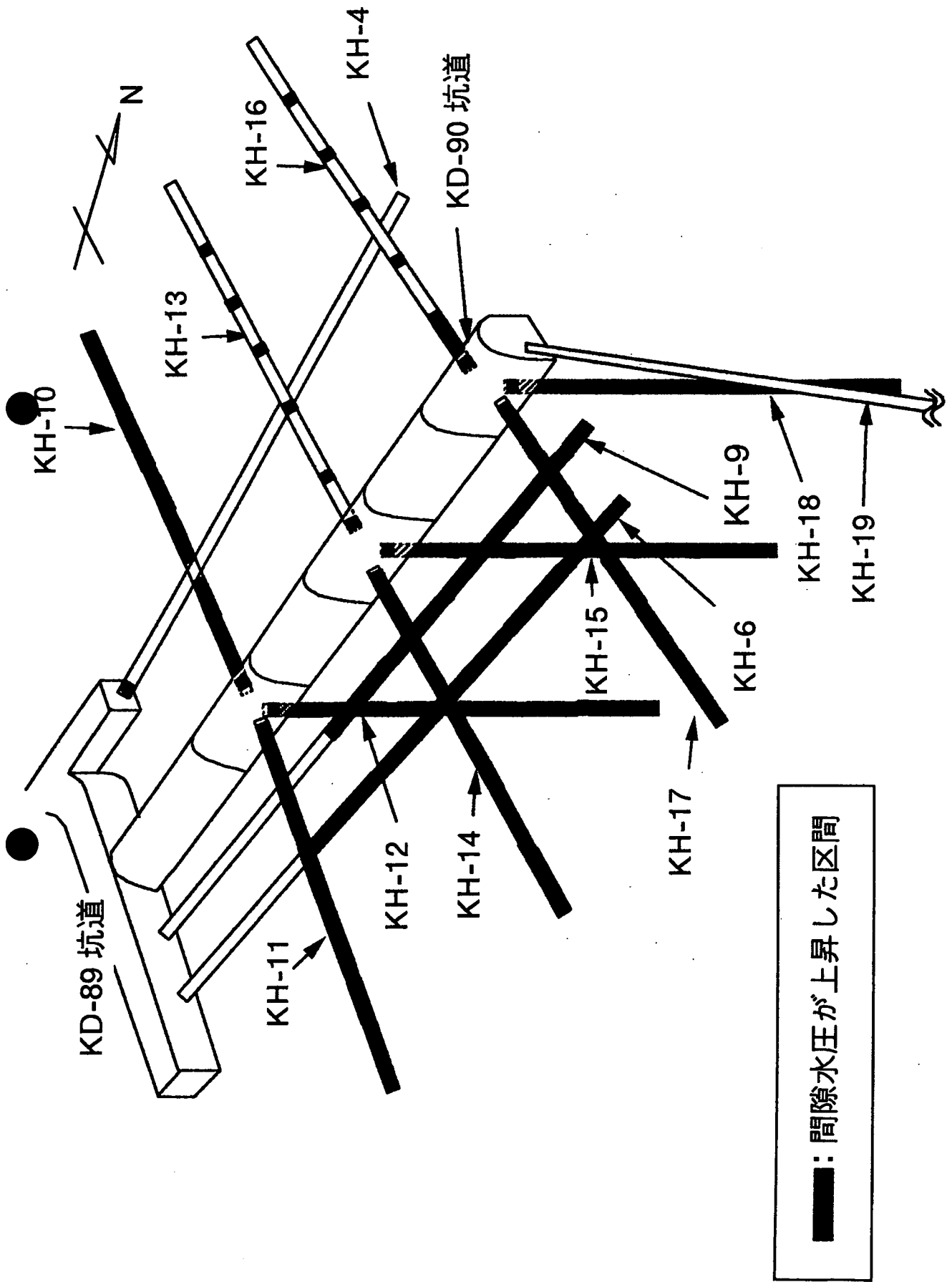
試錐孔名	間隙水圧上昇幅 (kgf/cm ²)					
	区間1	区間2	区間3	区間4	区間5	区間6
KH-4	X	X	X	X	0.11程度	—
KH-6	0.12程度	0.15程度	0.09程度	X	0.05程度	—
KH-9	0.18程度	0.11程度	0.09程度	0.06程度	0.08程度?	—
KH-10	X	X	—	—	—	—
KH-11	0.04程度	0.04程度	0.05程度	0.06程度?	0.06程度	0.06程度
KH-12	0.01程度	0.02程度	0.03程度	0.04程度	0.10程度?	0.05程度?
KH-13	X	X	X	X	X	X
KH-14	0.03程度	0.05程度	0.06程度	0.09程度	0.09程度	0.17程度?
KH-15	0.01程度?	0.03程度	0.04程度	0.03程度	0.03程度	0.01程度
KH-16	X	X	X	X	X	0.06程度
KH-17	0.14程度	0.15程度	0.17程度	0.14程度	0.21程度	0.14程度
KH-18	0.08程度	0.08程度	0.05程度	0.05程度?	0.05程度	0.07程度?

表一1.4.5 125日頃に応答が観測された観測区間と間隙水圧の最大上昇幅

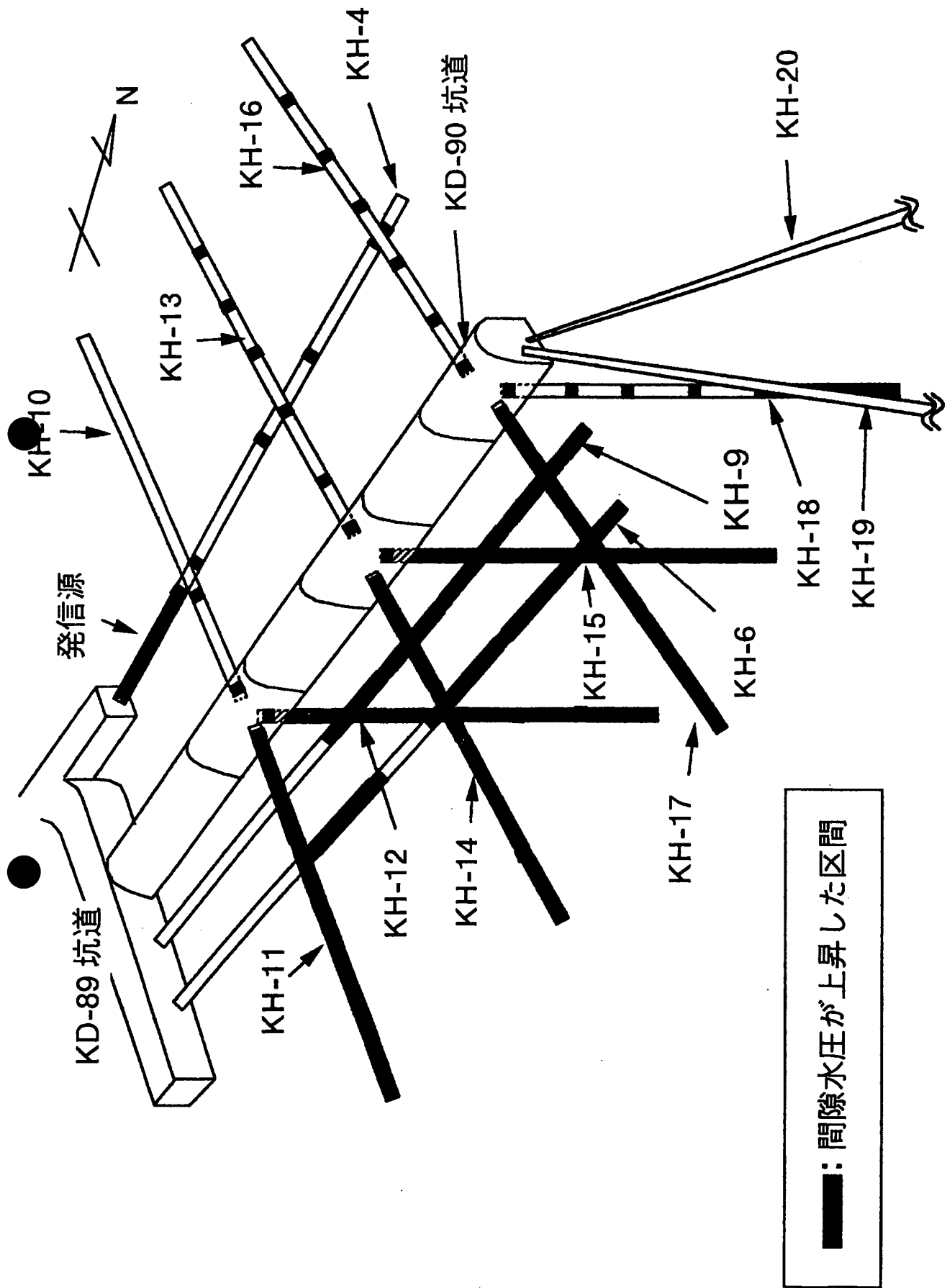
試錐孔名	間隙水圧上昇幅 (kgf/cm ²)					
	区間1	区間2	区間3	区間4	区間5	区間6
KH-4	X	X	X	X	0.02程度	—
KH-6	0.03程度	0.02程度	0.02程度	X	0.05程度	—
KH-9	0.02程度	0.02程度	0.03程度	0.06程度	0.10程度?	—
KH-10	X	X	—	—	—	—
KH-11	0.07程度	0.07程度	0.08程度	0.07程度	0.07程度	0.05程度
KH-12	0.05程度	0.06程度	0.06程度	0.08程度	0.06程度	0.06程度
KH-13	X	X	X	X	X	X
KH-14	0.01程度	0.02程度	0.02程度	0.02程度	0.02程度	0.04程度
KH-15	0.05程度	0.07程度	0.07程度	0.02程度	0.02程度	0.01程度
KH-16	X	X	X	X	X	?
KH-17	0.01程度	0.01程度	0.01程度	0.01程度	0.01程度	0.01程度
KH-18	0.02程度?	0.02程度?	X	X	X	X



図一1.4.23 KH-20 孔掘削時に間隙水圧が上昇した区間



図一1.4.24 KH-19 孔掘削時に間隙水圧が上昇した区間



図一1.4.25 125日頃に間隙水圧が上昇した区間

1.5 試験場周辺の水質分布・経時変化

1.5.1 目的

原位置試験場内に湧出する地下水を対象に、地下水の地球化学的データ（物理化学パラメータ、主要成分、同位体）を取得するとともに、その経時変化を把握する。

1.5.2 実施内容

平成5年度に引き続き、主に250mレベル坑道の原位置試験場内に湧出する地下水を対象とし、以下の項目を調査した。また比較のため、550mレベル坑道に湧出する地下水についても調査を実施した。

(1) 地下水の物理化学パラメータの測定

250mおよび550mレベル坑道内に湧出する地下水の物理化学パラメータ（pH、水温、酸化還元電位（Eh）、電気伝導度、溶存酸素濃度）を1回/週間の割合で測定した。本年度の測定は10箇所で行った。

(2) 地下水の水質および同位体分析

250mおよび550mレベル坑道内に湧出する地下水を1回/月の割合で採水し、地下水の水質（主要化学成分）および同位体（酸素・水素の安定同位体比およびトリチウム濃度）の分析を行った。なお水質および同位体分析は6箇所で行った。

1.5.3 主な成果

図-1.5.1に地下水の物理化学パラメータの測定、水質および同位体分析の実施場所を示す。物理化学パラメータの測定は250mレベル坑道で8箇所（W1、W3、W9、W10、W11、W14、W16、W18）、550mレベル坑道で2箇所（W20およびW21）の計10箇所で行った。水質および同位体分析は、250mレベル坑道で5箇所（W1、W3、W10、W14、W16）、550mレベル坑道で1箇所（W20）の計6箇所で行った。

250mレベル坑道での測定・分析箇所のうち、W1およびW16は既存試験孔からの湧水を対象とした。その他の測定・分析箇所では、坑道壁面からの湧水を対象とした。

(1) 地下水の物理化学パラメータの測定

各物理化学パラメータの測定時間は、平成5年度と同じである。即ち、pHおよび酸化還元電位測定では10分間、水温、電気伝導度および溶存酸素濃度測定では5分間である。また測定方法も平成5年度と同様であり、試験孔からの湧水の場合は電極を試験孔に挿入し地下水が絶えず流れ続けている状態で行い、坑道壁面からの湧水の場合は地下水を200cc程度ビーカーに採取し、電極を浸して測定した。

図-1.5.2に測定期間中での地下水の物理化学パラメータの変動幅を示す。なお、図-1.5.2には、平成5年度の調査結果も合わせて記してある。以下に各パラメータの測定結果について記す。

(a) pH

250mレベル坑道の地下水のpHは8.89～9.88であり、平成5年度の測定結果（pH=7.49～9.95）に比べて全体的にややpHが高くなり、また変動の幅が小さくなっている。

550mレベル坑道の地下水のpHは6.89～8.48であり、平成5年度の測定結果（pH=8.06～9.29）に比べて、ややpHが低くなり、また変動の幅が大きくなっている。

(b) 水温

250mレベル坑道の地下水の水温は14.9～16.3℃であり、平成5年度の測定結果（水温＝14.2～16.6℃）とほぼ同じである。

550mレベル坑道の地下水に関しては、W20での水温は11.5～12.5℃と平成5年度の測定結果（水温＝11.0～12.2℃）とほぼ同じであるが、W21での水温は13.6～17.0℃と平成5年度の測定結果（水温＝11.6～12.5℃）に比べて、やや水温が高くなり、また変動の幅が大きくなっている。

(c) 電気伝導度

250mレベル坑道の地下水の電気伝導度は62.7～93.1 μ S/cmを示す。W1とW16では平成5年度の測定結果に比べて変動の幅が大きい。

550mレベル坑道の地下水の電気伝導度は52.0～87.7 μ S/cmを示す。平成5年度の測定結果に比べて変動の幅が大きい。

(d) 酸化還元電位 (Eh)

250mおよび550mレベル坑道の地下水の酸化還元電位の値・変動の幅は、ほぼ平成5年度の測定結果と同じである。W1の試錐孔からの湧水では、-98mVに達するような還元性の値を示している。

(e) 溶存酸素濃度

250mおよび550mレベル坑道の地下水の溶存酸素濃度の値・変動の幅は、ほぼ平成5年度の測定結果と同じである。W1の試錐孔からの湧水では他の測定箇所比べて溶存酸素濃度が低く、0ppmの場合も認められる。

昨年度の物理化学パラメータ測定期間中には、250mレベル坑道において行われた試錐孔掘削等の作業後に、一時的に地下水のpHが低下する現象が認められた。

本年度の物理化学パラメータ測定期間中には、550mレベル坑道において人工バリア坑道等の坑道掘削作業が行われ、550mレベル坑道での測定箇所、坑道掘削作業後に地下水のpHが低下する現象が認められた。一例として図-1.5.3にW20における物理化学パラメータの経時変化を示す。W20でのpHの経時変化を見ると人工バリア坑道の掘削作業（1994年9月21日）頃から後では、pHの値が最大で2程度低下している。

本年度のW21における地下水温の変動幅が昨年度に比べて大きくなっている点については、坑道掘削作業等で重機（スクープおよびローダー）が稼働し、坑内気温がやや上昇していたため、湧水量の少ないW21では水温測定時に坑内気温の影響を受けていたためと思われる。

(2) 地下水の水質および同位体分析

(a) 地下水の水質

地下水の水質タイプは、W1でCa-SO₄(HCO₃)型 (Ca²⁺ : 5.9～8.4ppm, SO₄²⁻ : 11.6～13.4ppm), W20はCa-HCO₃型 (Ca²⁺ : 9.3～10.8ppm, HCO₃⁻ : 22.6～39.4ppm) その他はNa-HCO₃型 (Na⁺ : 7.9～15.8ppm, HCO₃⁻ : 16.4～33.1ppm) である。

(b) 地下水の同位体

水素・酸素の安定同位体比の測定結果からは、地下水は降水起源であることを確認できた。地下水中の水素・酸素の安定同位体比の変動幅は、平成5年度の測定結果とほぼ同じであり、また経時的な変化は認められなかった。地下水中のトリチウムは、平成5年度の測定結果と比べると、濃度が低くなっている。

1.5.4 今後の計画

平成7年度も引き続き、主に250mレベル坑道での湧水を対象に地下水の地球化学的データを取得し、経時変化（季節変化）や経年変化、試錐孔・坑道掘削等にもなう変化の有無に関するデータを蓄積する。また、これまでの調査によりトリチウム濃度の低い（< 1T.U.）地下水が存在することが明らかになっているKH-1孔を対象に地下水のサンプリングを行い、¹⁴C濃度測定を実施して¹⁴C年代を求める予定である。

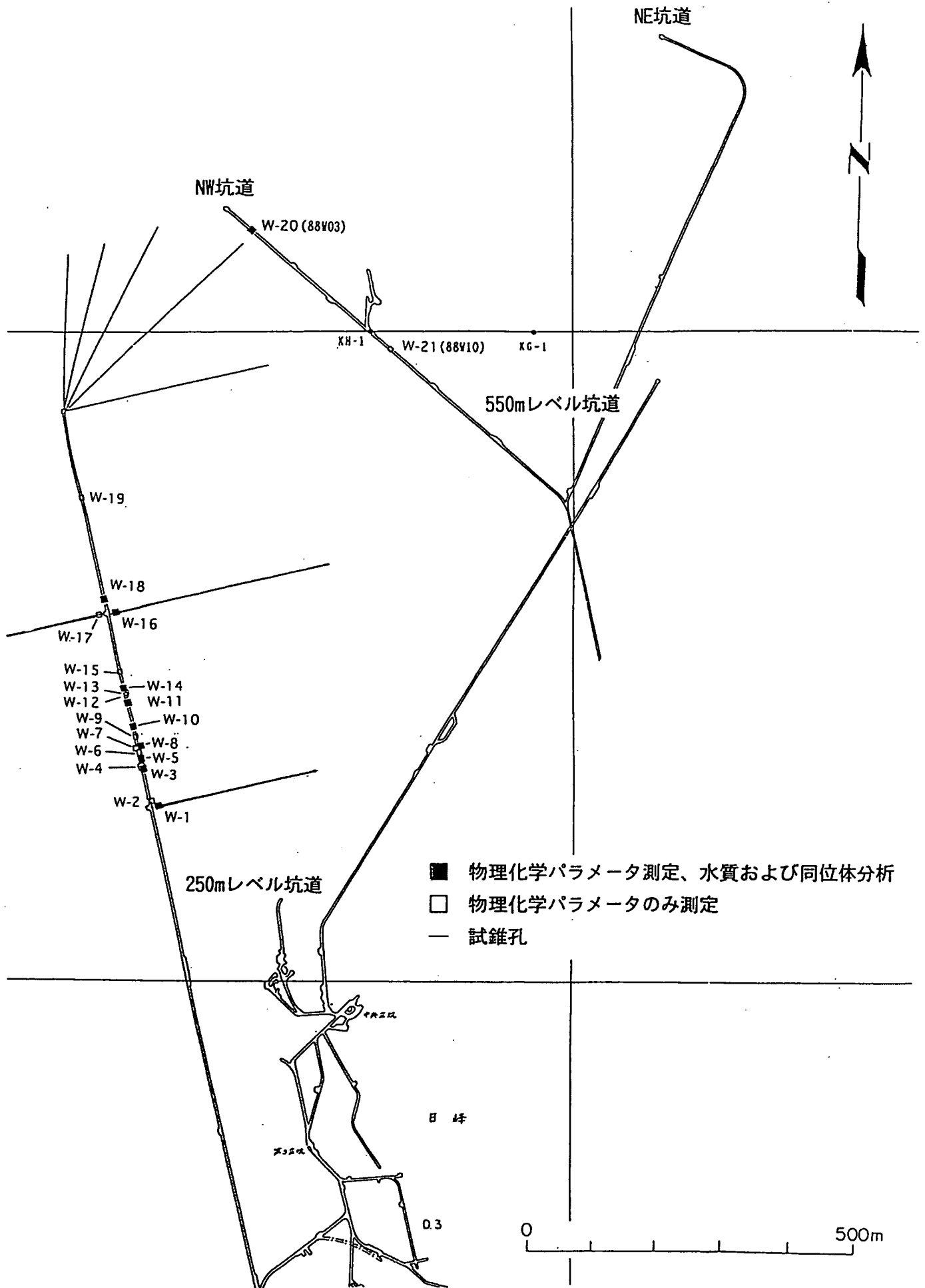


図-1.5.1 地下水の物理化学パラメータ測定、水質および同位体分析の実施場所
II-94

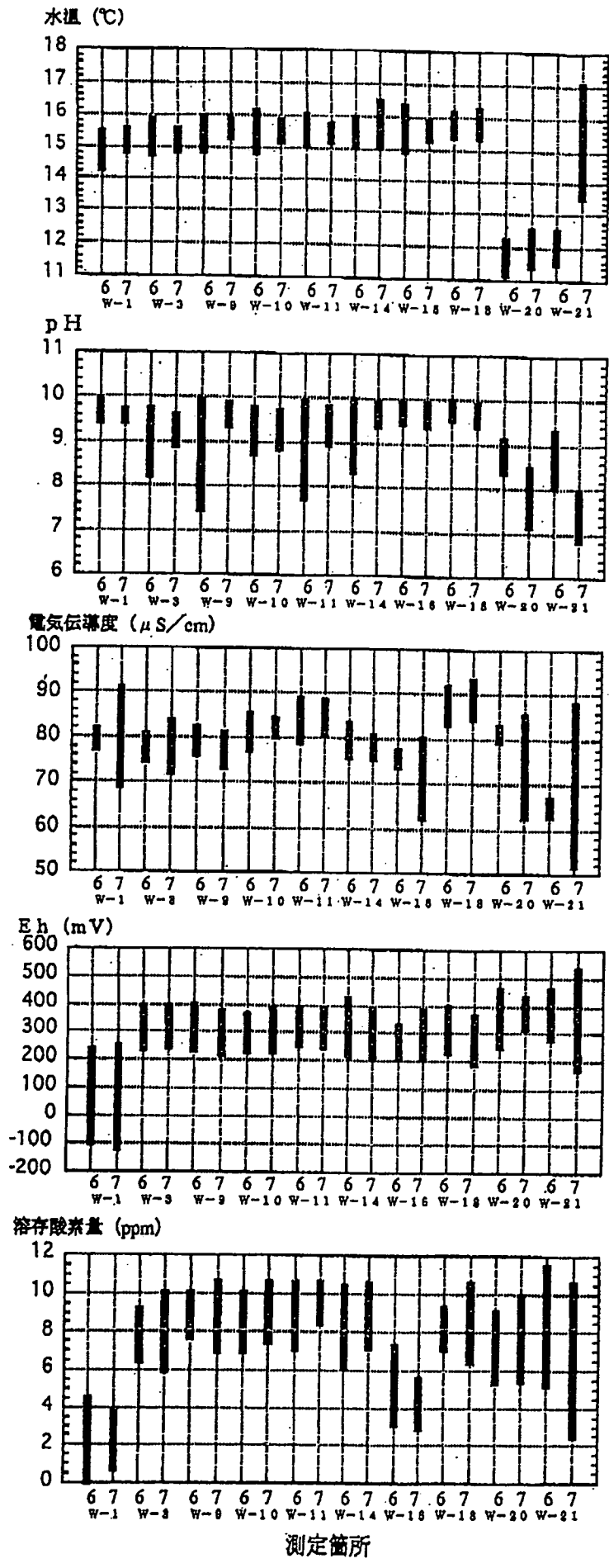


図-1.5.2 地下水の物理化学パラメータの変動幅
 (6はH5年度, 7はH6年度のデータである)

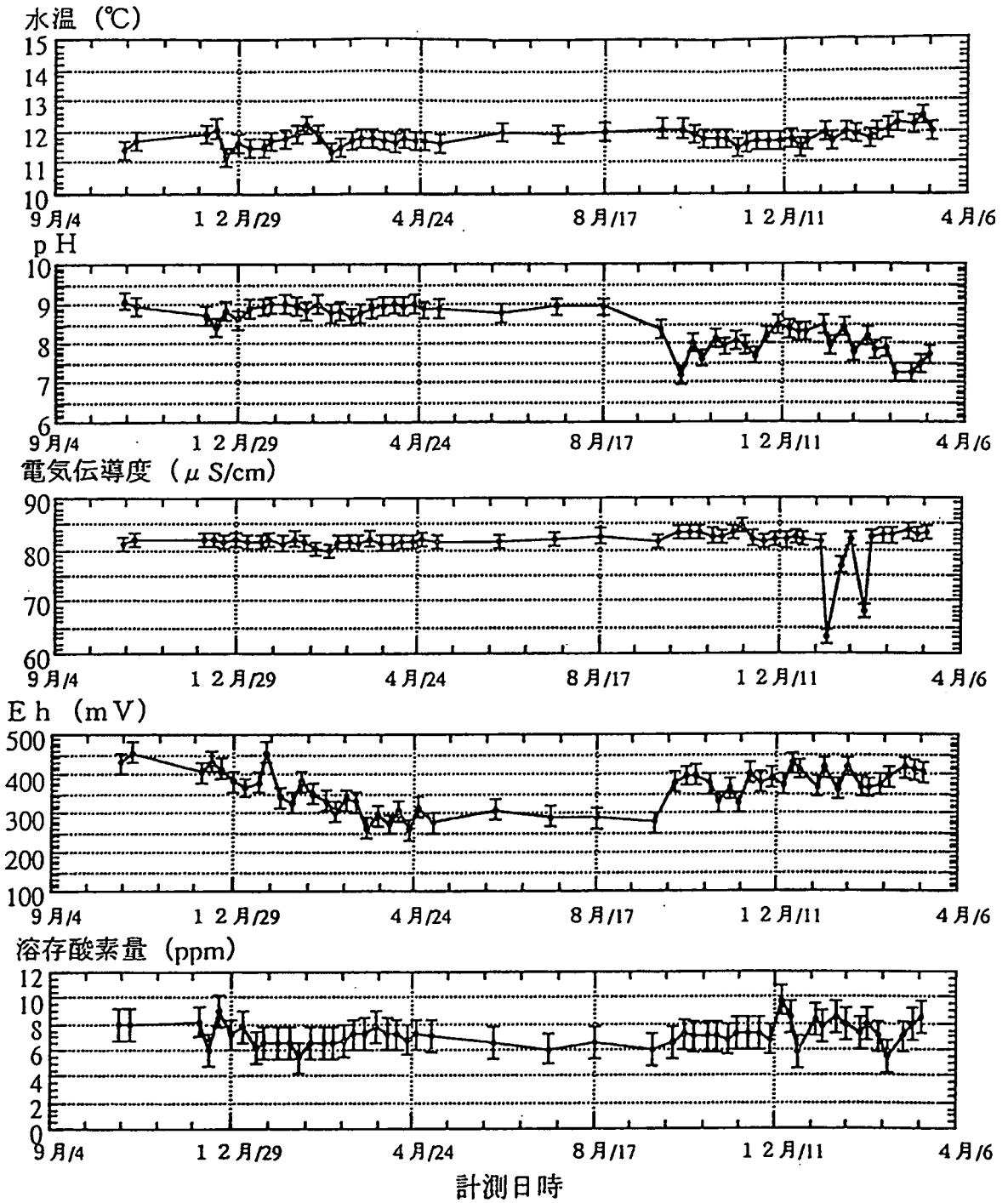


図-1.5.3 W20における物理化学パラメータの経時変化

1.6 釜石地下水に関する熱力学的解析

1.6.1 実施内容

地下深部の地下水水質形成機構を理論的に考察する上でのアプローチとしては、熱力学データを用いた平衡論的アプローチおよび速度論的アプローチの2通りがある。地下深部では地下水の流速は一般に非常に遅いと考えられるので、地下水流れに沿って生ずる岩石-水反応時間も非常に長いと予想される。このような場合の岩石-水反応により形成される地下水水質の理論的考察に際しては、平衡論的アプローチが適切であると考えられている¹⁾。

今回、釜石地下水の水質形成機構を理論的に考察するにあたって、まず、釜石地下水に対する平衡論的アプローチの適用性の有無を確認するため、平衡論に基づく地球化学コード(EQ3/6)を用いて、釜石地下水に対する母岩および割れ目充填鉱物の飽和関係を調べた。

以下に飽和関係を調べる方法を記す。

実測された地下水水質データをもとに地球化学コード(EQ3/6)を用いて、その地下水の水質形成(岩石-水反応)に寄与し得る鉱物の飽和指数(SI: Saturation Index)を求める。この飽和指数から、釜石地下水に対して飽和(平衡)状態にあると推定される鉱物を抽出し、実際に同定されている母岩および割れ目充填鉱物種と比較し地下水中の主要なイオン(Na^+ や Ca^{2+} 等)の供給源として推定される鉱物が実際の母岩および割れ目充填鉱物として認められているかを確認する。

(1) 地下水水質データ

表-1.7.1にEQ3/6に入力した水質データを示す。これらは、平成5年度に採水・分析した250mレベル坑道壁面および550mレベル坑道壁面からの湧水である。

(2) 同定されている鉱物データ

250mレベル坑道壁面の割れ目No. 69, 70付近(地下水の採水ポイントではW5に相当する)で採取した試料(未変質部、変質部および割れ目充填鉱物部)のX線回折分析結果から同定された鉱物を以下に示す。

栗橋花崗閃緑岩

- ・未変質部：石英、斜長石、黒雲母、緑泥石、角閃石、カリ長石、絹雲母、スフェーン、磁鉄鉱
- ・変質部：石英、斜長石、緑泥石、絹雲母、角閃石、カリ長石、方解石、緑簾石、スフェーン
- ・割れ目充填鉱物：石英、斜長石、緑泥石、角閃石、絹雲母、ぶどう石、方解石、緑簾石、濁沸石、東沸石

1.6.2 主な成果

図-1.6.1~図-1.6.3にEQ3/6により計算された釜石地下水に対する各鉱物のSIをpHを横軸にとってまとめたものを示す。釜石地下水に対する母岩および割れ目充填鉱物の飽和状態については、以下の関係をもとに調べた。

$$SI(\text{飽和指数}) = \log(IAP/K_{sp})$$

SIの絶対値 <0.3 * の場合 \Rightarrow 飽和(平衡)

$$(-0.3 < SI < 0.3)$$

* : E Q 3 / 6 では, 鉱物の飽和状態を推定する場合の基準値として熱力学親和力 (Thermodynamic Affinities) をもとに, 以下の値が提案されている²⁾。

A (熱力学親和力) の絶対値 < 0.5 の場合 ⇒ 飽和 (平衡)
熱力学親和力と飽和指数には, 以下の関係がある。

$$A = 2.303RT \log(IAP/K_{sp}) = 2.303RT \times SI$$

ここで $R = 1.987 \times 10^{-3}$ (kcal K⁻¹ mol⁻¹), $T = 298$ (K)

従って, 鉱物の飽和状態をSIをもとに推定する場合の基準値は,

$$SI \text{ の絶対値 } < 0.3 \text{ の場合 } \Rightarrow \text{ 飽和 (平衡)}$$

となる。

上記の関係をもとに母岩および割れ目充填鉱物の飽和状態を調べると, 釜石地下水に対してほぼ飽和 (平衡) であると推定される鉱物は,

- ・アルバイト (NaAlSi₃O₈)
- ・石英 (SiO₂)
- ・方解石 (CaCO₃)
- ・ぶどう石 (Ca₂AlSi₃O₁₀)

である。

1.6.3 考察

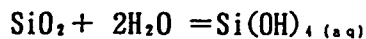
- ・釜石地下水に対する平衡論的アプローチの適用性に関して

E Q 3 / 6 による計算結果から, 母岩および割れ目充填鉱物のうち釜石地下水に対してほぼ平衡であると判断された鉱物の溶解反応式を以下に示す。

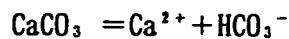
アルバイトの風化 (アルバイト / カオリナイト)



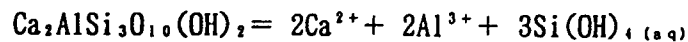
石英の溶解



方解石の溶解



ぶどう石の溶解



上記の溶解反応式により, 釜石地下水中のNa, CaおよびSi濃度に関しては, これらの反応式を組み合わせることで平衡論的アプローチにより考察できると考えられる。

1.6.4 まとめ

地表下約700 mに位置する釜石鉱山250mレベル坑道壁面から湧出する地下水は, トリチウムが検出されており, これらの地下水の年代は古くても40年程度であると推定される。この様な比較的滞留時間の短い (岩石 / 水反応時間の短い) 地下水の場合, その水質形成機構を考察するにあたって, 平衡論的アプローチの適用が妥当かどうかを検討した。

その結果, 釜石地下水の水質形成機構を理論的に考察するにあたって, 地下水中のNa, CaおよびSi濃度に関しては, 平衡論的アプローチで考察できると考えられた。

1.6.5 今後の予定

釜石地下水の起源とpHに関しては、油井ら¹⁾で想定されたモデル地下水のうち降水系高pHタイプに相当する。降水系高pHタイプの地下水をモデル化した際に考慮した地下水中のNa, CaおよびSi濃度を支配する反応は、

Na : アルバイトとカオリナイト間の化学平衡

Ca : 方解石と水溶液間の溶解平衡

Si : 石英と水溶液間の溶解平衡

である。これらの反応は、釜石地下水中のNa, CaおよびSi濃度を支配すると考えられる反応に含まれている。

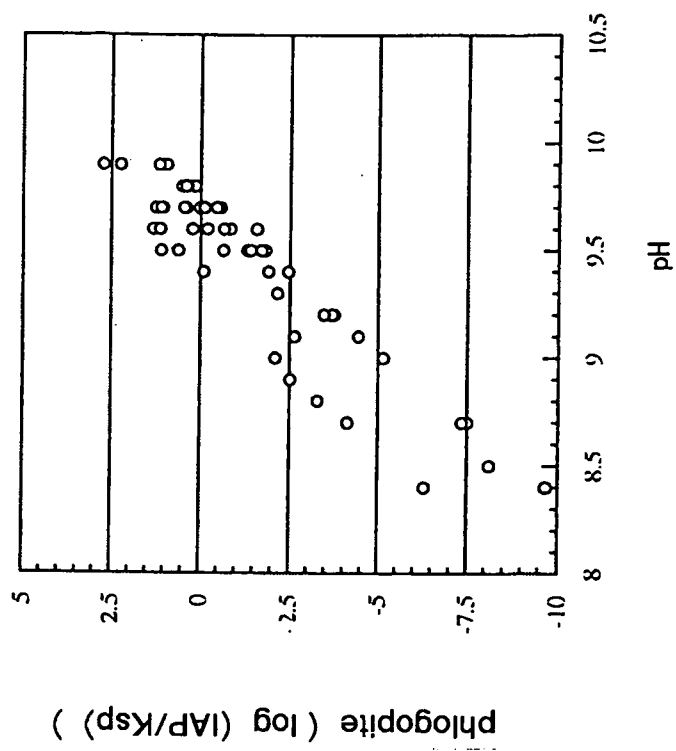
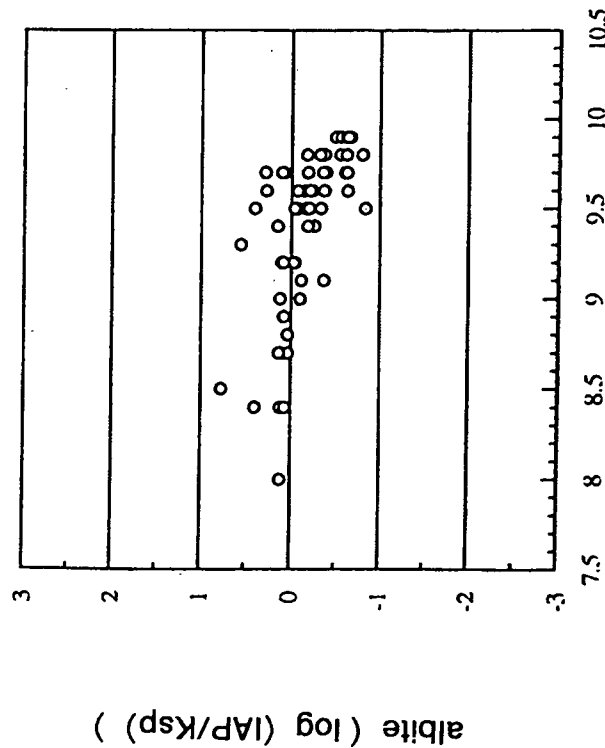
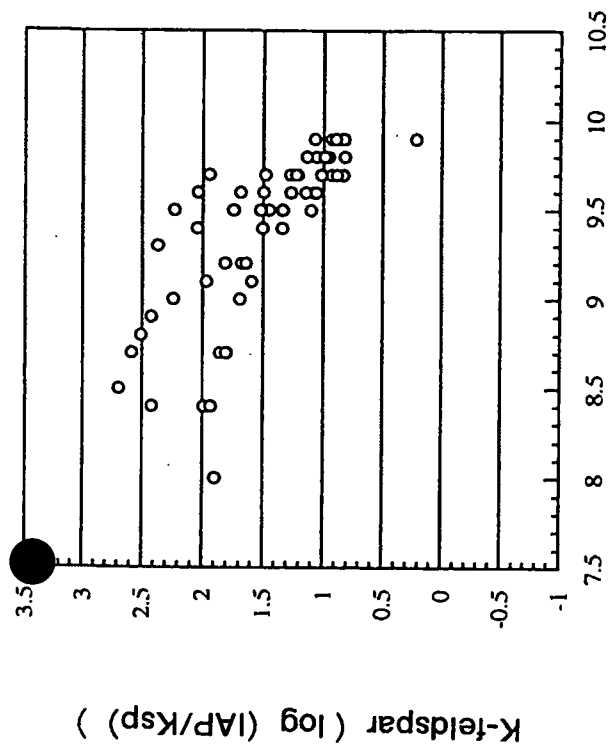
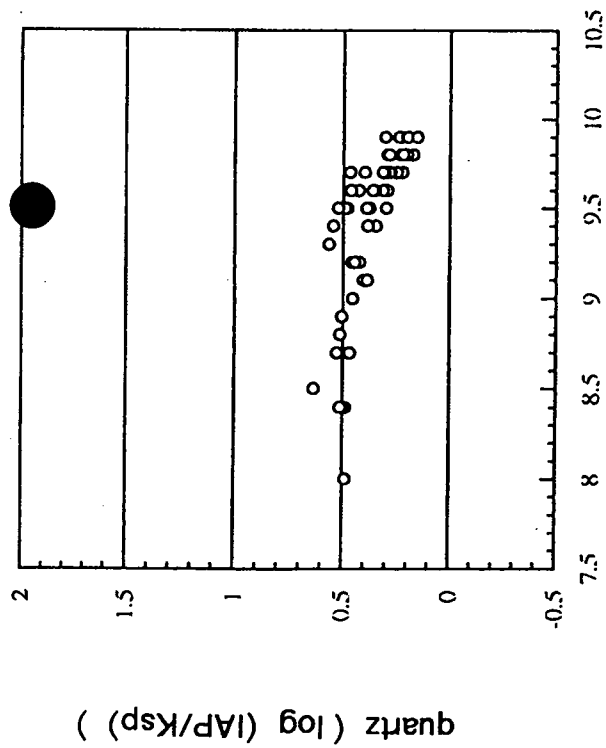
今後は、釜石地下水と平衡であると判断されたアルバイト、石英、方解石、ぶどう石の溶解反応を組み合わせて釜石地下水のモデル計算を行い、実測された地下水中のNa, CaおよびSi濃度と比較し、モデルの適用性を検討する。モデルの適用性が確認されれば、油井ら¹⁾で降水系高pHタイプの地下水のモデル化に際して抽出された、地下水中のNa, CaおよびSi濃度を支配する地球化学反応が適切であることを確認できると考えられる。

参考文献

- 1)油井三和, 武田精悦ほか : 高レベル廃棄物地層処分システムの性能評価における地下水の地球化学的特性に関するモデル化, PNC TN8410 92-166 (1992)
- 2)Wolery, T. J. : EQ3NR a computer program for geochemical aqueous speciation-solubility calculations, user's guide and documentation. Lawrence Livermore Laboratory (UCRL-MA-110662 PT-I). 66p (1983)

表-1.6.1 EQ3/6に入力した地下水水質データ

sample	temp	pH	ORP	Ch	Na+	K+	Mg+	Ca+	Al+++	Fe	Mn2+	Si+++	Cl-	SO4--	HCO3-	CO3--	F-	IO3-	IC	TC
	(°C)		(mV)	(mV)	(µm)	(µm)	(µm)	(µm)	(µm)	(µm)	(µm)	(µm)	(µm)	(µm)	(µm)	(µm)	(µm)	(µm)	(µm)	(µm)
W1-10	14.7	9.9	233	211	4.9	0.34	0.03	8.35	<0.1	<0.01	14.5	6.8	1.8	12.7	11.4	2.76	<0.05	0.7	2.8	3.5
W1-12	15.3	9.5	10	223	5.7	0.16	0.04	8.3	<0.1	<0.01	16.3	7.6	2	12.9	14.5	1.7	<0.05	0.5	3.2	3.7
W1-1	14.7	9.4	-0.3	131	8.7	0.16	0.03	8.7	<0.1	<0.01	16.9	7.9	2	12.6	9.0	0.9	<0.05	0.7	2.1	2.8
W1-2	15.4	9.6	-1.13	100	5.3	0.16	0.03	8.69	<0.1	<0.01	16.9	7.9	2.4	12.7	10.2	1.46	0.14	2.3	3.1	3.1
W1-3	15	9.3	-2.10	3	5.8	0.15	0.03	8.46	<0.1	<0.01	16.7	7.8	2.1	12.7	10.9	1.28	0.07	2.4	3	3
W1-4	15	9.6	-1.90	23	5.8	0.15	0.03	8.29	0.1	<0.01	15.4	7.2	2	12.8	10.2	1.46	0.00	2.3	3.1	3.1
W2-10	15.2	9.7	128	341	9.9	0.19	0.03	6.15	<0.1	<0.01	10.5	4.9	1.7	9	18.6	3.45	<0.05	1.5	4.4	5.9
W3-10	15.2	9.2	146	359	9.1	0.21	0.01	5.77	<0.1	<0.01	12.4	5.8	1.8	9	23.5	1.34	<0.05	0.6	4.9	5.5
W3-1	14.8	9.2	156	369	9.3	0.19	0.01	6.09	<0.1	<0.01	12.8	6	1.7	8.6	20.1	1.15	<0.05	0.5	4.2	4.7
W3-2	13.6	9.2	161	374	8.7	0.19	0.01	6.21	<0.1	<0.01	12.6	5.9	1.9	8.6	22.1	1.26	0.1	4.6	5.6	5.6
W3-3	15.1	9.2	85	298	9.4	0.21	0.01	6.03	<0.1	<0.01	12.4	5.8	1.9	9.3	24	1.37	0.06	0.6	5	5.6
W3-4	15.2	9.4	76	289	9.5	0.2	0.01	5.82	0.1	<0.01	11.3	5.3	1.9	9.4	20.9	1.92	0.07	0.9	4.5	5.4
W5-10	15	9.7	125	338	7.9	0.19	0.01	6.29	<0.1	<0.01	11.1	5.2	1.7	8.9	19.3	3.53	<0.05	0.7	4.5	5.2
W5-12	15.2	8.4	177	390	8.6	0.24	0.01	6.39	<0.1	<0.01	12.4	5.8	1.8	8.7	27	0.39	<0.05	0.5	5.4	5.9
W5-1	14.7	8.7	181	395	8.9	0.2	0.01	6.51	0.1	<0.01	12.2	5.7	1.7	8.6	23.9	0.44	<0.05	1	4.8	5.8
W5-2	15.7	8.7	183	386	8.6	0.21	0.01	6.81	<0.1	<0.01	12.6	5.9	1.9	8.7	26.9	0.5	0.05	1.2	5.4	6.6
W5-3	15.3	8	159	372	8.8	0.21	0.01	6.41	<0.1	<0.01	12.4	5.8	1.9	9	28.5	0.41	0.06	0.6	5.7	6.3
W5-4	15.6	9.1	116	329	9.2	0.22	0.01	6.2	0.1	<0.01	11.8	5.3	1.9	9.2	22.8	1.05	0.06	0.9	4.7	5.6
W8-10	14.9	9.55	118	331	5.7	0.18	0.01	5.8	<0.1	<0.01	10.9	5.1	1.6	8.4	19.5	2.79	<0.05	0.7	4.4	5.1
W8-12	15.6	9.45	96	309	8.9	0.2	0.01	5.96	<0.1	<0.01	13	6.1	1.8	8.2	19.5	2.29	<0.05	0.5	4.3	4.8
W8-1	15.3	9.53	79	292	9	0.18	0.01	5.96	<0.1	<0.01	13.3	6.2	1.8	8.3	17.7	2.88	<0.05	0.3	3.9	4.4
W8-2	15.4	9.5	137	350	8.6	0.21	0.01	6.06	<0.1	<0.01	13.5	6.3	1.9	8.4	18.1	2.13	0.1	1.9	4	5.9
W8-3	15.3	9.43	78	291	8.8	0.21	0.01	5.88	<0.1	<0.01	12.8	6	1.8	8.4	20.4	1.88	0.06	0.7	4.4	5.1
W8-4	15.1	9.63	115	328	9.3	0.18	0.01	5.6	<0.1	<0.01	12.2	5.7	1.8	8.7	16.4	2.34	0.06	2.4	4.7	6.1
W10-10	14.9	9.53	131	344	11	0.18	0.01	4.61	<0.1	<0.01	10.9	5.1	1.6	9.6	21.3	2.5	<0.05	1.4	4.7	6.1
W10-12	15.3	9.77	129	342	10.8	0.18	0.01	4.76	<0.1	<0.01	13.3	6.2	1.8	9.6	16.7	3.54	<0.05	1.6	4	5.6
W10-1	15.4	9.22	120	333	10.9	0.18	0.01	4.75	0.1	<0.01	13.7	6.2	1.8	9.4	18.7	1.07	<0.05	0.7	3.9	4.6
W10-2	15.7	9.62	128	341	10.5	0.18	0.01	4.91	<0.1	<0.01	13.7	6.4	1.9	9.2	17.3	2.47	0.05	1.1	3.9	5
W10-3	15.4	9	94	307	10.8	0.18	0.01	4.72	<0.1	<0.01	12.8	6	2	9.8	22.1	0.78	0.06	0.5	4.5	5
W10-4	15.6	9.69	62	275	11.6	0.19	0.01	4.38	0.1	<0.01	12.2	5.7	1.8	10.4	15.8	2.9	0.06	0.6	3.7	4.3
W11-10	15.2	9.7	140	353	14.4	0.18	0.01	2.73	<0.1	<0.01	15.8	7.4	1.6	6.7	18.4	3.38	<0.05	1.4	4.3	5.7
W11-12	15.2	9.3	131	344	13.9	0.27	0.01	2.85	<0.1	<0.01	18	8.4	1.8	6.4	23.1	1.72	0.05	0.7	4.9	5.6
W11-1	15.1	9.7	132	345	14.6	0.25	0.01	2.89	<0.1	<0.01	18.4	8.6	1.8	6.3	21.4	3.92	<0.05	0.8	5	5.8
W11-2	15.7	9.5	153	366	13.5	0.3	0.01	2.86	<0.1	<0.01	18.6	8.7	2	5.9	24.9	2.93	0.06	1.4	5.5	6.9
W11-3	15.3	8.5	138	351	14.3	0.3	0.01	2.87	<0.1	<0.01	17.8	8.3	2	6.2	33	0.47	0.09	1.2	6.6	7.8
W11-4	15.2	9.6	91	304	14.8	0.31	0.01	2.82	0.1	<0.01	16.9	7.9	1.8	6.6	26.2	3.74	<0.05	0.8	5.9	6.7
W14-10	15.1	8.4	152	365	15.3	0.2	0.01	3.9	<0.1	<0.01	12.8	6	1.5	3.9	23.5	0.34	<0.05	1	4.7	5.7
W14-12	15.4	9.9	113	326	12.2	0.21	0.01	3.06	<0.1	<0.01	13.3	6.2	1.6	4	18.7	4.34	<0.05	0.6	4.6	5.2
W14-1	15.8	9.9	97	310	12.7	0.2	0.01	3.06	<0.1	<0.01	13.5	6.3	1.6	4	17.9	4.34	<0.05	0.6	4.4	5
W14-2	15.7	9.9	106	339	12.1	0.22	0.01	3.18	<0.1	<0.01	13.7	6.4	1.7	3.8	16.3	3.95	0.05	0.7	4	4.7
W14-3	15.2	9.8	108	321	12.8	0.22	0.01	3.03	<0.1	<0.01	13.3	6.2	1.7	3.9	20.5	4.34	0.05	0.5	4.9	5.4
W14-4	15.2	9.9	31	244	13	0.23	0.01	2.76	0.1	<0.01	12.2	5.7	1.6	4.3	16.7	4.05	<0.05	0.7	4.1	4.8
W16-10	15	9.8	79	292	9.1	0.26	0.01	3.2	<0.1	<0.01	10.1	4.7	1.2	2.8	18.4	3.9	<0.05	0.9	4.4	5.3
W16-12	16.1	9.8	55	267	11.5	0.25	0.01	3.45	0.1	<0.01	12.4	5.8	1.6	2.7	19.6	4.16	<0.05	0.5	4.7	5.2
W16-1	15.8	9.9	102	315	12	0.24	0.02	3.51	0.1	<0.01	12.6	5.9	1.5	2.6	19.1	4.84	<0.05	1	4.7	5.7
W16-2	15.9	9.9	119	332	11	0.28	0.01	3.32	<0.1	<0.01	12.8	6	1.6	2.3	20.1	4.34	<0.05	0.5	4.6	5.1
W16-3	15.3	9.7	5	218	11.8	0.28	0.01	3.41	<0.1	<0.01	12.2	5.7	1.8	2.5	20.1	3.69	<0.05	0.5	4.7	5.2
W16-4	15.4	9.8	30	243	11.5	0.29	0.01	3.15	0.1	<0.01	11.1	5.2	1.6	2.5	17.1	3.63	<0.05	1.1	4.1	5.2
W18-10	15.4	9.9	125	338	15.3	0.11	0.03	2.67	<0.1	<0.01	11.1	5.2	1.6	5.1	21.6	5.23	<0.05	1.6	5.3	6.9
W18-12	15.5	9.7	105	316	14.1	0.11	0.02	2.7	0.2	<0.01	13	6.1	1.7	4.8	20.1	3.69	<0.05	1	4.7	5.7
W18-1	15.7	9.7	123	336	14.4	0.11	0.02	2.74	0.2	<0.01	13.3	6.2	1.6	4.8	21.4	3.92	<0.05	0.9	5	5.9
W18-2	15.9	9.6	154	367	13.9	0.12	0.02	2.83	<0.1	<0.01	13.9	6.5	1.7	4.7	20.4	2.91	0.05	0.8	4.6	5.4
W18-3	15.6	9.7	47	260	14.4	0.12	0.01	2.65	<0.1	<0.01	13.3	6.2	1.7	4.8	21.8	4	0.05	0.6	5.1	5.7
W18-4	15.7	9.8	52	265	14.5	0.14	0.01	2.35	0.2	<0.01	11.8	5.5	1.7	5.2	18.4	3.9	0.05	1.4	4.4	5.8
W20-10	11.4	9.1	216	238	4.5	0.33	0.04	10.6	<0.1	<0.01	9.2	4.3	1.9	6.9	33	15.2	<0.05	0.9	6.8	7.7
W20-12	12.1	8.4	221	238	5.4	0.33	0.06	10.7	<0.1	<0.01	11.5	5.4	2	6.9	29	0.41	<0.05	0.5	5.8	6.3
W20-1	11.5	8.9	153	369	5.6	0.33	0.08	10.7	<0.1	<0.01	11.8	5.5	2	6.4	31.6	0.91	<0.05	0.6	6.4	7.3
W20-2	12.2	8.8	169	384	5.1	0.39	0.07	11.2	<0.1	<0.01	12	5.6	2.2	6.6	32.8	0.74	<0.05	1.3	6.6	7.9
W20-3	11.7	8.7	123	339	5.5	0.38	0.07	10.49	<0.1	<0.01	12	5.6	2.1	6.7	31.9	0.99	<0.05	0.6	6.4	7
W20-4	11.7	9	80	296	5.2	0.34	0.07	10.9	<0.1	<0.01	10.7	5	2.1	7.1	31.4	1.11	<0.05	0.6	6.4	7



pH

pH

図-1.6.1 釜石地下水に対する鉱物の飽和指数 その1
(石英, アルバイト, カリ長石, 金雲母)

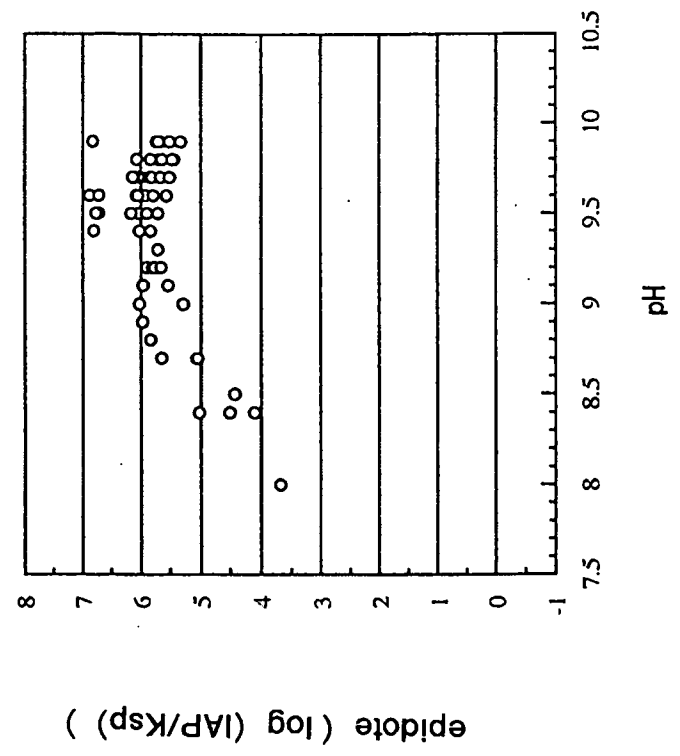
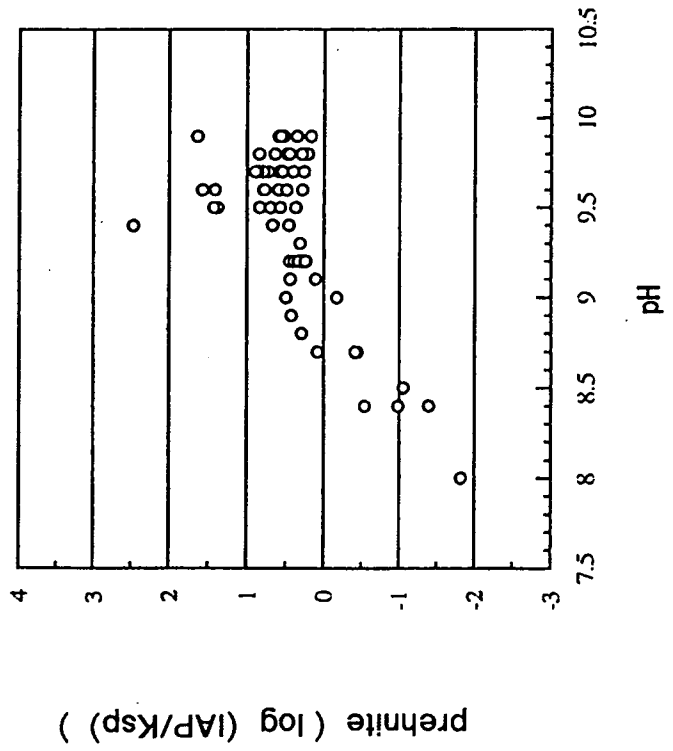
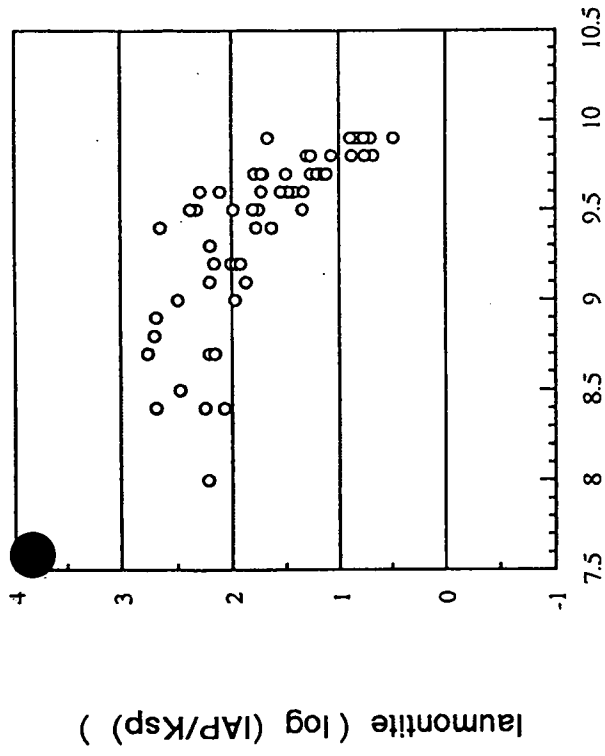
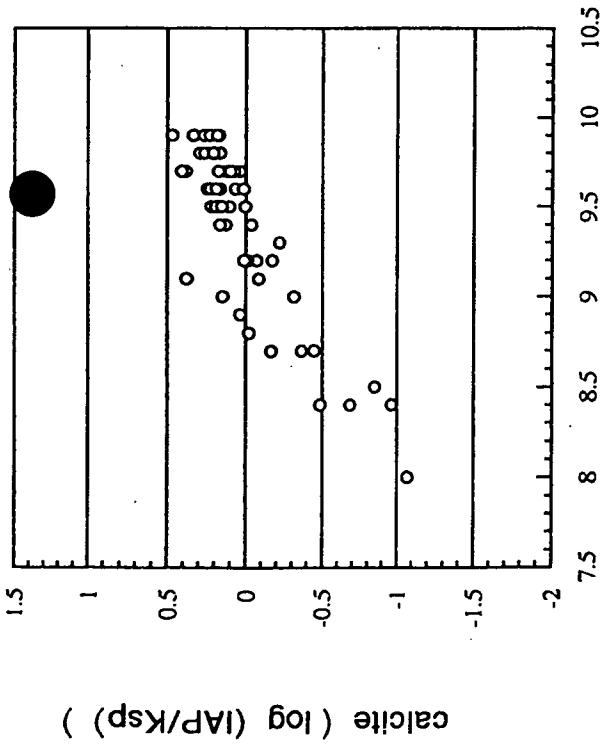
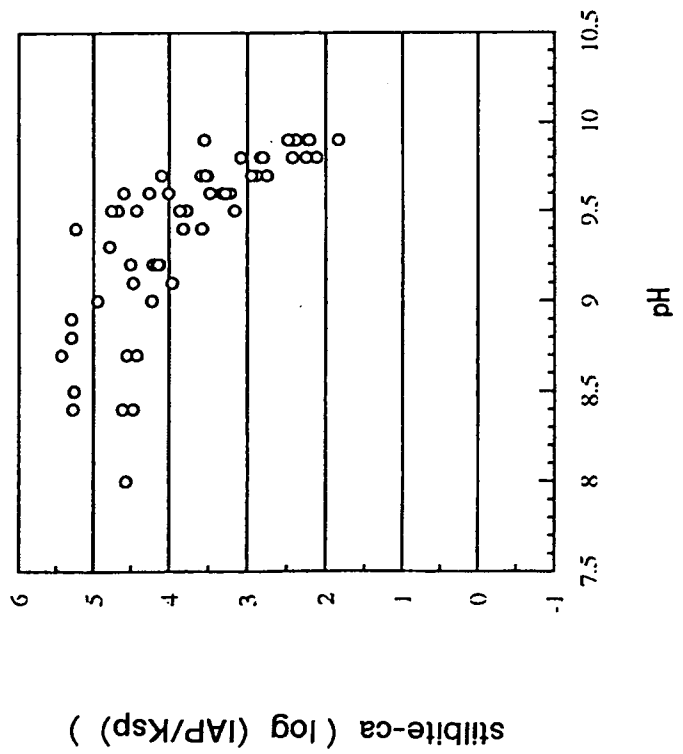
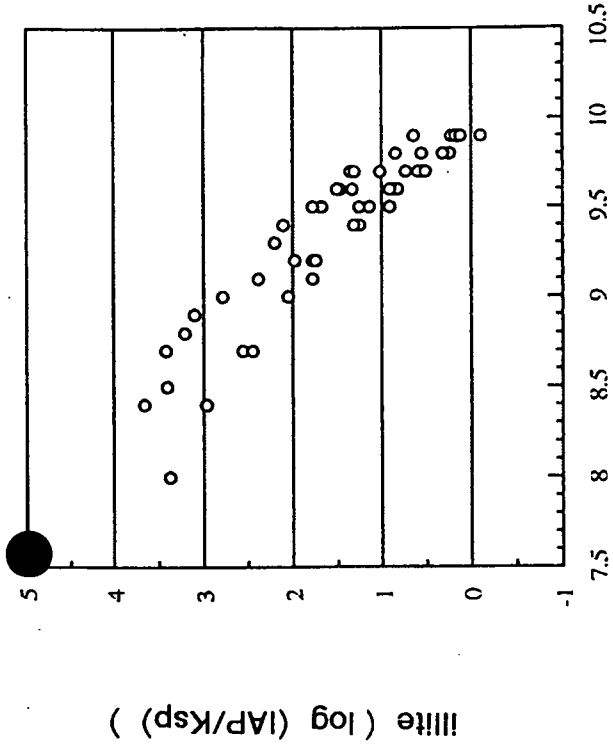
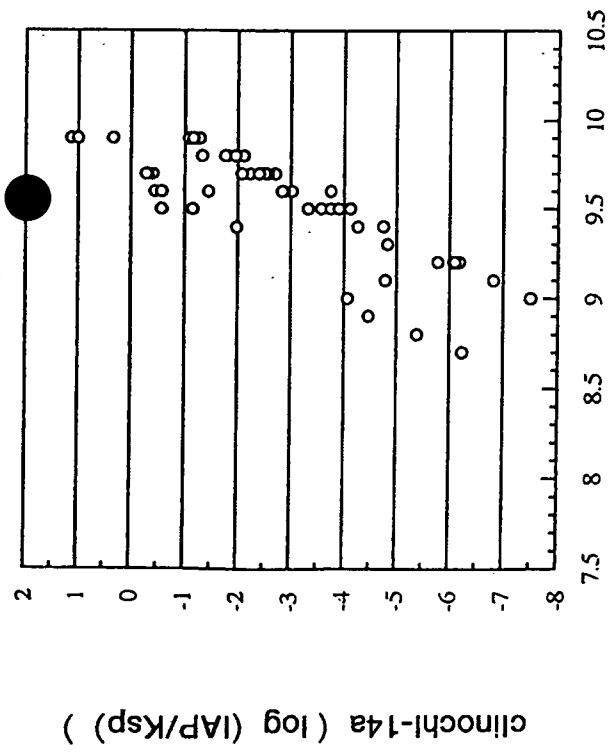


図-1.6.2 釜石地下水に対する鉱物の飽和指数 その2
(方解石, ふどう石, 濁沸石, 濁沸石, 緑簾石)



pH

図-1.6.3 釜石地下水に対する鉱物の飽和指数 その3
(緑泥石, 束沸石, 絹雲母)

1.7 KG-1孔における地下水採水結果

1.7.1 実施内容

(1) 目的

栗橋花崗閃緑岩中の深部地下水の水質、地下水中の溶存ガス成分および地下中に生息するバクテリアに関するデータを取得すること。

(2) 調査箇所（図-1.7.1参照）

本年度の調査では区間2（GL-785m～-791m）、区間5（GL-740m～-747m）および区間14（GL-489m～-495m）の3区間（深度）において採水した。水質、ガスおよびバクテリアに関するデータは、各々、以下の区間において実施した。

- ・水質分析：区間2、区間5および区間14の3区間
- ・ガス分析：区間2および区間5の2区間
- ・バクテリア分析：区間5および区間14の2区間

(3) 調査項目

(a) 水質分析

Na⁺、K⁺、Ca²⁺、Mg²⁺、全Si、Si⁴⁺、Al³⁺、全Fe、Fe²⁺、Li⁺、Sr²⁺、Mn²⁺、Cl⁻、SO₄²⁻、F⁻、I⁻、S²⁻、PO₄³⁻、NO₂⁻、NO₃⁻、NH₄、TOC(Total Organic Carbon)、IC(Inorganic Carbon)、フミン酸、フルボ酸、 δD 、 $\delta^{18}O$ 、 3H

(b) ガス分析

O₂、N₂、H₂、He、CH₄、CO、CO₂

(c) バクテリア分析

- ・全菌数計測
- ・特定バクテリア調査
鉄酸化細菌、硫酸塩還元細菌、メタン生成細菌、アンモニア酸化細菌、亜硝酸酸化細菌、硝酸塩還元細菌、脱窒細菌

(4) 調査方法

(a) 水質分析

各採水区間において掘削水等の影響を除去するために予備採水を行い、地下水のpH・電気伝導度および地下水中のNa⁺・Ca²⁺濃度がほぼ一定になってから、本採水用の地下水を採取し、分析した。

表-1.7.1に各項目に対する分析方法、測定誤差および定量下限を示す。

(b) ガス分析

分析用地下水はArガスで置換した容器内に採取。水冷保存（約2℃）して実験室に持ち帰り分析。

O₂、N₂、H₂、He：ガスクロマトグラフィー（熱伝導度検出）／ポーランドトラップ法
CH₄：ガスクロマトグラフィー（水素化炎イオン化検出）／ポーランドトラップ法
CO：ガスクロマトグラフィー（水素化炎イオン化検出）／ヘッドスペース法
CO₂：赤外線吸収法

(c) バクテリア調査

分析用地下水は、予めオートクレーブで滅菌し、Arガスで置換した容器内に採取

し、氷冷保存（約2℃）して実験室に持ち帰り分析した。

全菌数計測：アクリルオレンジ染色法

鉄酸化細菌，メタン生成細菌，アンモニア酸化細菌，亜硝酸酸化細菌，

硝酸塩還元細菌，脱窒細菌：MPN法

硫酸塩還元細菌：二重皿法，MPN法

1.7.2 主な成果

(1) 水質分析

表-1.7.2にKG-1孔での水質，ガスおよびバクテリア分析結果を示す。

図-1.7.2に各区間の地下水のヘキサダイグラムを示す。表-1.7.3には各成分量の当量数を算出した結果を示す。分析結果の信頼性に関しては，陽イオンと陰イオンのバランスについて那須ほか¹⁾を参考に以下の式に従った。

$$\Sigma \text{陰イオン} = 0 \sim 3.0 \text{ meq/l のとき} \Rightarrow \Sigma \text{陽イオン} - \Sigma \text{陰イオン} \leq \pm 0.2 \text{ meq/l}$$

いずれの区間の分析結果も上式の範囲内にあることから，分析値の信頼性は高いと言える。

水質のタイプは，いずれの区間の地下水もNa-HCO₃型である。また，深度の深い地下水ほど溶存イオン濃度がやや大きい傾向が認められる。

(2) ガス分析

区間2，区間5ともに地下水中に溶存する主なガスは，N₂とCO₂であった。溶存酸素濃度は定量下限値以下（<0.4 mg/l）であった。

(3) バクテリア分析

(a) 全菌数計測

全菌数（生菌・死菌）は，区間14で 7.5×10^5 (cells/ml)，区間5で 9.2×10^5 (cells/ml) であった。また生菌（好気性細菌+嫌気性細菌）の内，従属栄養細菌（地下水中等の有機物をエネルギー源として生育する）は，区間14で 5.5×10^4 (CFU/ml)，区間5で 2.7×10^5 (CFU/ml) であった。

(b) 特定バクテリア調査

① 鉄酸化細菌

区間14，区間5ともに今回調査したThiobacillus ferrooxidans は検出されなかった。

② 硫酸塩還元細菌

・二重皿法

区間14では 2.9×10^3 (CFU/ml)，区間5では 1.3×10^2 (CFU/ml) であった。

・MPN法

区間14では 1.8×10^3 (MPN/ml)，区間5では 8.9×10 (MPN/ml) であった。

いずれの方法でも，区間14の方が硫酸塩還元細菌が多い結果が得られた。

③ メタン生成細菌

今回の調査では区間14，区間5ともにメタン生成細菌は検出されなかった。

④ アンモニア酸化細菌

今回の調査では区間14，区間5ともにアンモニア酸化細菌は検出されなかった。

⑤ 亜硝酸酸化細菌

今回の調査では区間14, 区間5ともに亜硝酸酸化細菌は検出されなかった。

⑥ 硝酸塩還元細菌

区間14では 2.8×10 (MPN/ml), 区間5では 1.5×10^3 (MPN/ml) であり, 区間5の方が硝酸塩還元細菌が多い結果が得られた。

⑦ 脱窒細菌

区間14では 2.0 (MPN/ml), 区間5では 1.3×10^5 (MPN/ml) であり, 区間5の方が脱窒細菌が多い結果が得られた。

1.7.3 今後の計画

平成7年度も引き続きKG-1孔での採水を実施し, 栗橋花崗閃緑岩中の深部地下水の水質, 地下水中の溶存ガス成分および地下中に生息するバクテリアに関するデータを蓄積し, データの信頼性を高める。

参考文献

- 1) 那須ほか, 1994: 日本分析化学会北海道支部編, 『水の分析』

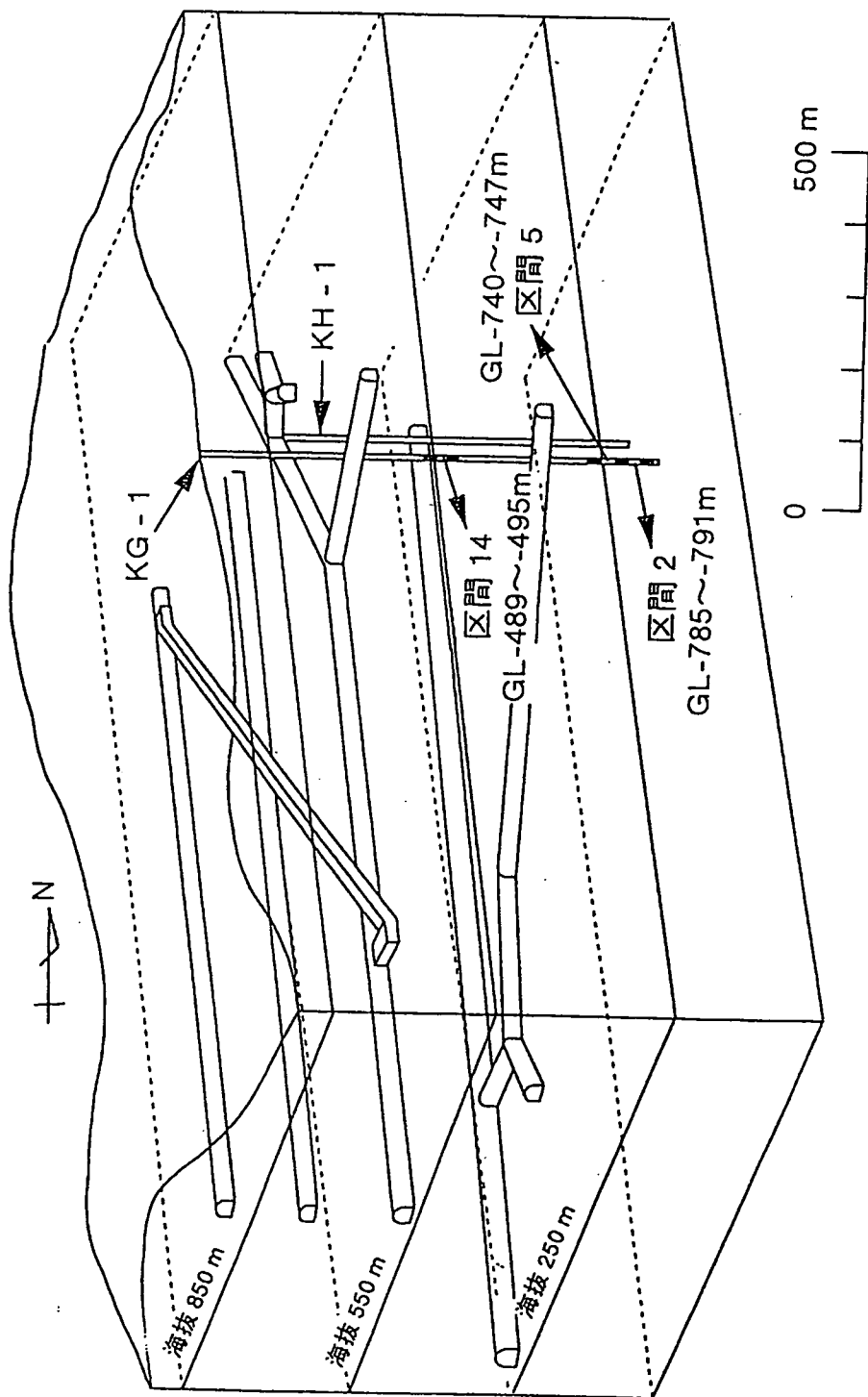


図-1.7.1 KG-1孔における地下水採水位置図

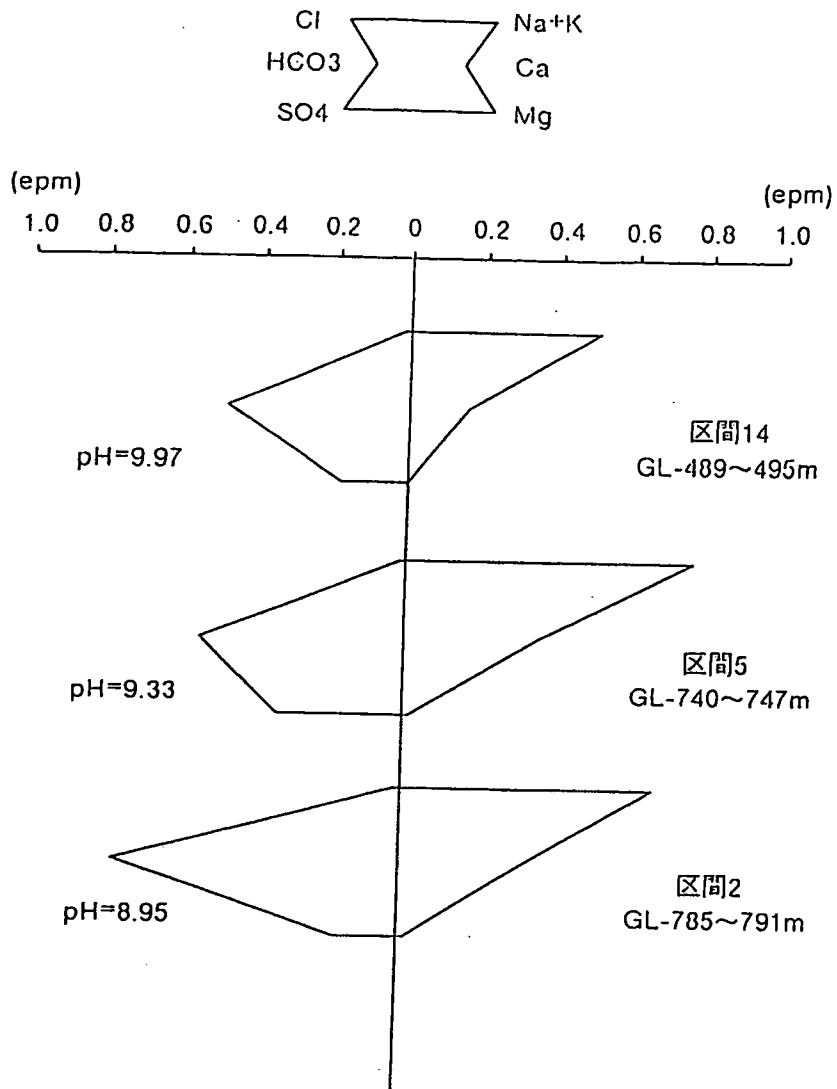


図-1.7.2 各区間の地下水のヘキサダイアグラム

表-1.7.3 各成分の当量数

	区間14 (epm)	区間5 (epm)	区間2 (epm)
Na	0.48	0.75	0.64
K	0.02	0.01	0.02
Mg	0.00	0.01	0.03
Ca	0.18	0.36	0.34
Cl	0.05	0.08	0.10
SO ₄	0.19	0.36	0.18
HCO ₃	0.47	0.52	0.75
CO ₃	0.11	0.04	0.03
Na+K=a	0.49	0.77	0.66
Ca+Mg=b	0.18	0.37	0.37
Cl+SO ₄ =c	0.24	0.44	0.28
HCO ₃ +CO ₃ =d	0.58	0.56	0.78
a/a+b	0.73	0.68	0.64
b/a+b	0.27	0.32	0.36
c/c+d	0.29	0.44	0.26
d/c+d	0.71	0.56	0.74
Σ cation	0.68	1.13	1.03
Σ anion	0.82	1.00	1.05
Σ cat-Σ ani	-0.14	0.13	-0.03

表-1.7.1 水質分析項目に対する分析方法，測定誤差および定量下限

測定項目	分析方法	定量下限	分析誤差		
			KG-1(区間14)	KG-1(区間5)	KG-1(区間2)
水温	サーミスタ法	-	±0.1℃	±0.1℃	±0.1℃
pH	ガラス電極法	-	±0.01	±0.01	±0.01
Eh	Pt電極法	-	±5mV	±5mV	±5mV
EC	交流2電極法	-	測定レンジの3%	測定レンジの3%	測定レンジの3%
DO	隔膜電極法	-	-	-	-
O2(g)	GC(TCD)/P&T	0.4	-	-	-
N2(g)	GC(TCD)/P&T	0.5	-	1.1	1.8
H2(g)	GC(TCD)/P&T	0.03	-	4.3	5.2
He(g)	GC(TCD)/P&T	0.03	-	6.6	6.1
CH4(g)	GC(FID)/P&T	0.005	-	-	-
CO(g)	GC(FID)/遷HS	0.05	-	-	-
ΣCO2(g)	赤外吸収法	0.1	-	2.3	2.4
T-Si	ICP	0.1	0.38	0.53	0.73
D-Si	ICP	0.1	0.25	0.32	0.81
SiO2(T-Si)	ICP	-	-	-	-
Na+	原子吸光法	0.08	0.62	0.42	0.21
K+	原子吸光法	0.05	0.43	0.67	0.66
Li+	原子吸光法	0.09	-	-	-
Ca++	ICP	0.04	1.40	0.65	0.24
Mg++	ICP	0.08	1.30	1.00	0.89
Sr++	ICP	0.005	0.71	1.50	0.91
Al+++	ICP	0.04	0.61	0.59	0.88
T-Mn	ICP	0.01	-	-	-
D-Mn	ICP	0.01	-	-	-
T-Fe	ICP	0.001	1.40	1.10	0.87
D-Fe	ICP	0.001	0.60	0.89	1.00
Fe++	吸光光度法	0.001	2.10	2.10	-
Cl-	イオンクロマト	0.09	0.22	0.89	0.75
F-	イオンクロマト	0.03	2.50	0.64	1.00
I-	イオンクロマト	0.06	-	-	-
ΣS--	滴定法	0.9	-	-	-
PO4-(P)	吸光光度法	0.0001	0.82	0.82	0.54
SO4--	イオンクロマト	0.1	0.40	0.38	0.65
HCO3-	計算値	-	-	-	-
CO3--	計算値	-	-	-	-
NO2-(N)	吸光光度法	0.005	-	-	-
NO3-(N)	吸光光度法	0.005	-	-	-
NH4+(N)	吸光光度法	0.005	0.76	0.74	0.84
Inorganic Carbon	赤外吸収法	0.14	2.3	2.3	2.4
Total Organic Carbon	赤外吸収法	0.14	0.70	0.53	0.82
フミン酸	蛍光光度法	0.5	-	-	-
フルボ酸	蛍光光度法	1.0	-	-	-
δD	質量分析法	-	±2%	±2%	±2%
δ18-O	質量分析法	-	±0.2%	±0.2%	±0.2%
3-H	液体シンチレーション法	-	±0.1	±0.1	±0.1
全菌数	AODC法	-	-	-	-
従属栄養細菌	-	-	-	-	-
鉄酸化細菌	MPN法	-	-	-	-
硫酸還元細菌	二重皿法	-	-	-	-
	MPN法	-	-	-	-
メタン生成細菌	MPN法	-	-	-	-
アンモニア酸化細菌	MPN法	-	-	-	-
亜硝酸酸化細菌	MPN法	-	-	-	-
硝酸還元細菌	MPN法	-	-	-	-
脱窒細菌	MPN法	-	-	-	-

表-1.7.2 水質, ガスおよびバクテリア分析結果

測定項目	単位	MOSDAX-2350		
		KG-1(区間14) 1994.11.18	KG-1(区間5) 1994.12.2	KG-1(区間2) 1995.1.21
水温	(°C)	13.2	10.9	11.1
pH	-	9.97	9.33	8.95
Eh	(mV)	342	345	358
EC	(μ S/cm)	81	106	118
DO	(ppm)	0.2	0.1	0.0
O2(g)	(mg/l)	-	N.D.	N.D.
N2(g)	(mg/l)	-	45.6	43.2
H2(g)	(mg/l)	-	0.092	0.094
He(g)	(mg/l)	-	0.047	0.052
CH4(g)	(μ g/l)	-	N.D.	N.D.
CO(g)	(mg/l)	-	N.D.	N.D.
Σ CO2(g)	(mg/l)	-	6.74	9.32
T-Si	(mg/l)	7.62	4.53	3.11
D-Si	(mg/l)	7.30	4.00	2.99
SiO2(T-Si)	(mg/l)	16.30	9.69	6.65
Na+	(mg/l)	11.0	17.3	14.7
K+	(mg/l)	0.62	0.56	0.77
Li+	(mg/l)	N.D.	N.D.	N.D.
Ca++	(mg/l)	6.29	7.21	6.8
Mg++	(mg/l)	0.00	0.10	0.34
Sr++	(mg/l)	0.011	0.009	0.009
Al+++	(mg/l)	0.311	0.168	0.121
T-Mn	(mg/l)	N.D.	N.D.	N.D.
D-Mn	(mg/l)	N.D.	N.D.	N.D.
T-Fe	(mg/l)	0.002	0.004	0.004
D-Fe	(mg/l)	0.001	0.003	0.001
Fe++	(mg/l)	0.002	0.002	-
Cl-	(mg/l)	1.86	2.93	3.51
F-	(mg/l)	0.19	0.35	0.01
I-	(mg/l)	N.D.	N.D.	N.D.
Σ S--	(mg/l)	N.D.	N.D.	N.D.
PO4-(P)	(mg-P/l)	0.021	0.018	0.009
SO4--	(mg/l)	8.93	17.1	8.57
HCO3-	(mg/l)	28.40	31.81	45.67
CO3-	(mg/l)	6.88	2.36	1.61
NO2-(N)	(mg-N/l)	N.D.	N.D.	0.032
NO3-(N)	(mg-N/l)	N.D.	N.D.	N.D.
NH4+(N)	(mg-N/l)	0.062	0.044	0.011
Inorganic Carbon	(mg/l)	6.97	6.74	9.32
Total Organic Carbon	(mg/l)	0.42	0.23	0.82
フミン酸	(mg/l)	N.D.	N.D.	N.D.
フルボ酸	(mg/l)	N.D.	N.D.	N.D.
δ D	‰	-73	-73.1	-67.5
δ 18-O	‰	-11.1	-10.6	-10.1
3-H	T.U.	2.8 \pm 0.1	3.4 \pm 0.1	4.7 \pm 0.1
全菌数	(cells/ml)	7.5E+05	9.2E+05	-
従属栄養細菌	(CFU/ml)	5.5E+04	2.7E+05	-
鉄酸化細菌	(MPN/ml)	N.D.	N.D.	-
硫酸還元細菌	(CFU/ml)	2.9E+03	1.3E+02	-
	(MPN/ml)	1.8E+03	8.9E+01	-
メタン生成細菌	(MPN/ml)	N.D.	N.D.	-
アンモニア酸化細菌	(MPN/ml)	N.D.	N.D.	-
亜硝酸酸化細菌	(MPN/ml)	N.D.	N.D.	-
硝酸還元細菌	(MPN/ml)	2.8E+01	1.5E+03	-
脱窒細菌	(MPN/ml)	2.0E+00	1.3E+05	-

1.8 岩盤浸透流解析¹⁾

1.8.1 はじめに

本研究の目的は、釜石原位置試験場周辺を対象として、連続体解析手法および不連続体解析手法を用いて浸透流解析を実施し、割れ目系岩盤のモデル化手法としての各解析手法の妥当性を確認するとともに、解析を通じて原位置試験場周辺の水理地質学的環境を把握することである。

平成6年度は、同領域内の水理状況の把握とこれまでに取得された間隙水圧や湧水量データの解釈に役立てることを目的として、550mレベルKD-90 坑道を中心に同坑道周辺の試験孔を含む領域を対象とし、均質モデルおよび異方性モデルを用いた定常3次元浸透流解析を実施した。なお、今年度用いる解析モデルは、以下に示す均質等方モデルと異方性モデルの2つとした。

(1)均質等方モデル

均質等方モデルは、原位置試験場周辺の水理状況を把握することを主たる目的とする。透水係数の不均質性や異方性を考慮せず、境界条件や坑道が水理場へ及ぼす影響について検討する。

(2)異方性モデル

異方性モデルは、KD-90 坑道北側に想定された水理境界（KH-19 孔で観察された高水圧帯と低水圧帯の境界）を再現することを主たる目的とする。透水係数の異方性の評価には、主として孔間透水試験結果や割れ目データを用いる。

1.8.2 実施内容

平成6年度は以下の5項目を実施した。図-1.8.1 に実施内容のフロー図を示す。

(1)既存データの整理

釜石原位置試験場周辺で得られている地形・地質データおよび水理データから浸透流解析に必要なデータを選定および抽出し、その利用方法について検討した。

地形・地質データ一覧を表-1.8.1 に、水理データ一覧を表-1.8.2 に示す。

(2)水理地質構造の推定

既存データから、釜石原位置試験場周辺は結晶質岩特有の割れ目に依存した透水特性を有すると考えられる。透水特性が割れ目に依存しなければ坑道壁面等からの湧水は一樣であると考えられるものの、例えばNW坑道において多量の湧水が認められる箇所とそうでない箇所は明確に分かれており、KD-90 坑道北側に掘削された試験孔

(KH-19 孔)でも多量の湧水が認められた。また、KD-90 坑道周辺で実施した孔間透水試験（平成元年度実施）結果から、透水テンソルを求めた結果、最大および中間透水係数の方向は割れ目卓越面内に存在し、最小透水係数の方向は割れ目卓越面内と直行する方向に存在した²⁾。したがって、透水異方性を考慮する場合には、割れ目データからも吟味する必要がある。

割れ目ゾーンと水理境界について以下にその特徴を述べる。

(a)割れ目ゾーン

550mレベル原位置試験場周辺には、リニアメント解析と各レベルの坑道内の割れ目観察結果から判断した2つの割れ目ゾーンAとBがある。割れ目ゾーンAは、KD-90 坑道北側に位置し、走向はほぼ東西方向にある。割れ目ゾーンBは、KD-90 坑

道南側に位置し、走向はN70° E方向にある（図-1.8.2）。

(b)水理境界

KH-19 孔掘削時の口元での湧水量と水圧観測によると、深度50m付近から湧水量および間隙水圧ともに急激に増加した（図-1.8.3）。また、KH-19 孔にパッカーを設置した後の水圧観測によると、水理境界北側で約20kgf/cm²と高く、南側で約2 kgf/cm²と低くなっており（図-1.8.4）、この部分に低水圧帯と高水圧帯を隔てる水理境界があると考えられる。KH-19 孔の多量の湧水が認められた区間とNW坑道で多量の湧水が認められる区間を結ぶゾーンは割れ目ゾーンAとほぼ一致していると考えられる。

この水理境界は、この部分に非常に透水性の低いゾーンが存在しているのか、もしくは、東西方向に透水性が高く南北方向に透水性の低いゾーンと考えられる。

ただし、水理境界周辺には試錐孔が少なく、その水理学的特徴が明らかにされていないため、平成6年度は複数の水理地質構造を想定して、異方性モデルによる水理境界のモデル化を試みることにした。

(3)連続体解析モデルの作成

間隙水圧観測結果から、解析領域および境界条件を設定し、(2)で推定した水理地質構造に基づいて、設定した解析領域内に割れ目ゾーンを設定し、水理試験データや割れ目特性データから解析に供する透水係数を設定して連続体による解析モデルを構築した。

(a)解析領域の設定

①側方境界

側方境界の間隙水圧分布の設定には境界に沿った間隙水圧分布に関するデータが必要であるが、現時点で対象領域付近で深度方向の間隙水圧分布が観測されているのはKG-1孔のみであるため、解析領域をKD-90 坑道を中心にKG-1孔位置を側方境界とする1辺400mの正方形領域とした（図-1.8.5）。

②上部・下部境界

KG-1孔における間隙水圧観測によると、550mレベル坑道上部の680mレベル坑道近傍の全水頭は、その下にある640mにおける水頭とほぼ同じでその間隙水圧の乱れはほとんど認められないため、上部境界はこの範囲内に設定することし、平成4年度に実施したKG-1孔における間隙水圧観測結果を考慮し（550mレベルの間隙水圧は約10kgf/cm²）、550mレベルから100m上方に上部境界を設定することとした。

一方KG-1孔における間隙水圧観測結果によると、550mレベル坑道下部の250mレベル坑道近傍における全水頭は、550mレベルに比較して低下しており、250mレベル坑道により間隙水圧が局所的に低下していると考えられる。そこで下部境界は250mレベル坑道を含まない位置とし、550mレベルと250mレベルの中間の400mレベルに設定することとした。

以上より、解析領域はKD-90 坑道を中心に400m×400m×250mの領域とした（図-1.8.6）。

(b)境界条件の設定

境界条件の設定にあたっては、水理境界を考慮しない場合と考慮した場合について

て検討する。

①水理境界を考慮しない場合

前述の通り、KG-1孔における間隙水圧観測によると550mレベル坑道の間隙水圧は約10kgf/cm²であるため、550mレベルの側方境界において間隙水圧10kgf/cm²の定水位境界とし、鉛直方向は静水圧分布とした（図-1.8.7 (a)）。

②水理境界を考慮した場合

KH-19 孔における間隙水圧観測によると、水理境界奥で約20kgf/cm²の水圧が観測されている。また、平成6年度にT A S K 3 - 2の一環として掘削されたKH-20 孔でもほぼ同程度の間隙水圧が観測されているため、550mレベルの水理境界北側の側方境界において間隙水圧20kgf/cm²の定水位境界とし、南側では水理境界を考慮しない場合と同じとする（図-1.8.7 (b)）。

(c)水理特性の設定

平成6年度は定常解析であるため、解析に必要な水理定数は透水係数のみとなる。透水係数の設定にあたっては、原位置試験第1フェーズで実施された水理試験の結果より、透水係数と透水異方性を評価した。なお、透水係数の深度依存性（鉛直方向）についてはデータが不十分なため、水平方向の透水係数のみ考慮した。

①水平方向の透水係数

水平方向の透水係数は、KD-90 坑道とその周辺の水平孔で実施された水理試験結果より評価した。

・均質等方モデル

原位置で実施した全ての単孔式透水試験結果の対数平均とKD-90 坑道に沿って掘削されていたKH-5孔の透水係数の平均値がともに 10^{-7} cm/secオーダーであることから、代表値として 5.0×10^{-7} cm/secとした。

・異方性モデル

割れ目の卓越方向に掘削された試錐孔における透水係数の対数平均 (4.35×10^{-8} cm/sec) は、割れ目の卓越方向に斜めまたは直交する方向に掘削された試錐孔における透水係数の対数平均 (6.67×10^{-7} cm/sec) より1オーダー小さいことから、割れ目と直交する方向の透水係数については解析に 5.0×10^{-8} cm/secを用いることとした。なお、割れ目卓越方向の透水係数は均質等方モデルと同じ値を用いる。

②透水異方性

透水異方性は亀裂解析および孔間透水試験結果から評価した。

リニアメントおよび割れ目解析により求められた割れ目の卓越方向と孔間透水試験により求められた透水係数の最大主軸方向は、ともにおよそN65° E方向にある。そこで水平面内の透水異方性を考慮する場合には、透水テンソルの最大主軸をこの方向に、最小主軸をこれと直交する方向にとることとした。

鉛直面内の透水係数の異方性は、割れ目の傾斜がほぼ90° であることと透水テンソルの最大主軸と中間主軸がほぼ斜め45° 下向であることから、中間主軸方向は最大主軸と同じ方向とし、最大主軸と中間主軸方向の透水係数は①で示した割れ目卓越方向のものを扱い、最小主軸方向は割れ目卓越方向に直交した方向の透水係数を

用いた。

(d)解析モデルの作成

(c)までに設定した解析条件を、均質等方モデルおよび異方性モデルの2つのモデルにまとめた(表-1.8.3)。

(4)原位置試験場周辺を対象とした浸透流解析

(a)解析手法

解析は3次元飽和浸透流解析による定常解析により実施した。
定常3次元飽和浸透流解析の支配方程式を次式に示す。

$$\frac{\partial}{\partial x} (K(\psi) \frac{\partial \psi}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (K(\psi) \frac{\partial \psi}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial z} (K(\psi) \frac{\partial \psi}{\partial z} + z) = 0$$

$K(\Psi)$: 透水係数、 Ψ : 圧力水頭

(b)解析メッシュ

解析メッシュの鳥瞰図を図-1.8.8に示す。

割れ目ゾーンに関しては、A(水理境界)とBをメッシュに反映している。Aはその幅が明らかでないため、約15m間隔毎に帯上のメッシュを設けた。

解析メッシュの総節点数は22,784、総要素数は21,270である。

(c)解析ケース

解析ケースの一覧を表-1.8.4に示す。各ケースとも解析領域の境界面の境界条件は定水位境界とし、坑道壁面は間隙水圧0の境界とした。

(5)原位置試験場周辺の水理地質学的環境の考察と解析モデルの改良に関する検討

KD-90坑道への湧水量からみた水理地質構造およびKD-90坑道周辺の間隙水圧からみた水理地質構造について考察した。

1.8.3 解析結果

(1)解析領域全般の水理状況

全解析ケースを比較した結果、以下のようなことが明らかになった。

- ① 境界条件において水理境界北側の間隙水圧を大きくすると、水理境界南側への流れも大きくなる。
- ② 透水異方性を考慮した場合には、最小主軸方向の間隙水圧の低下領域が拡大し、最小主軸方向の流れが支配的となる。また、最大主軸方向の透水性と最小主軸方向の透水性の比が大きくなればなるほどこの傾向は大きくなる。
- ③ 最大主軸方向の透水性と最小主軸方向の透水性の比が大きくなればなるほど、水理境界北側と南側の境界部での間隙水圧の勾配が大きくなる。
- ④ 水理境界北側領域のみ透水異方性を考慮した場合には、水理境界北側と南側の境界部での間隙水圧の勾配が最も大きくなる。

(2)KD-90坑道への湧水量

KD-90坑道各区間内への湧水量の実測値(坑道規模透水試験)と各解析ケースの解析結果を図-1.8.9に、区間1~5への総湧水量を表-1.8.5に示す。

解析結果によると、坑道への総湧水量および各区分への湧水量はともに、解析ケース2, 1, 5, 3, 4の順に小さくなった。また、各区分への湧水量に関しては、解析結果では各ケースとも坑道北側から順に減少しているものの、実測値ではその傾向は見られない。坑道への総湧水量は、湧水量の最も少ない解析ケース4が実測値とほぼ同じ値となっているが、どの解析ケースもオーダー的には実測値と一致した。

(3) 試錐孔内の間隙水圧分布

実測値と解析結果の対比により、以下のことが明らかとなった。

- ① KH-7, 8 孔を除いて、全般的に解析結果のほうが実測値よりも高く、実際は坑道周辺の間隙水圧は広い範囲にわたって低下していると考えられる。
- ② KH-19, 20 孔の深度50m付近で観察された間隙水圧の上昇は、この境界部に試錐孔方向の透水性の変化を与える（解析ケース5）ことにより再現できた。

1.8.4 原位置試験場周辺の水理地質学的環境の考察と解析モデルの改良に関する検討

(1) KD-90 坑道への湧水量からみた水理地質構造の考察

湧水量の解析結果は、5つのケースとも区分1（北端部）の湧水量が最も大きく、他の4区分はほぼ等しい分布を示す（図-1.8.9）のに対し、実測された各区分の湧水量は、区分1, 2, 5が400~600 cc/minの値、区分3, 4は30cc/min以下の小さな値を示した。この差異が生じる原因として以下の3点が考えられる。

- ① 湧水割れ目の分布の不均一性
- ② 割れ目の透水性の不均一性
- ③ 間隙水圧分布の不均一性

①については、KD-90 坑道において長さ3m以上の割れ目は90本抽出されており、その内31本が湧水割れ目（坑道内で見かけ上少しでも濡れが残っている割れ目）であるものの、湧水割れ目の分布は湧水量各区分毎に明瞭な差異は認められない。よって①は湧水量のばらつきを説明する要因とは考えにくい。

②については、割れ目の開口幅や割れ目内の充填の度合により、個々の割れ目の透水性に差異がある場合が考えられる。図-1.8.10に、KD-90 坑道に沿って掘削されたKH-5孔で実施された透水試験結果とKD-90 坑道内の湧水量の分布を比較した結果を示す。この図によると、KD-90 坑道の各区分への湧水量と透水係数の間には明瞭な相関が認められる。すなわち、個々の湧水割れ目の透水性の違いが、区分毎に湧水量が異なる要因となっていることが伺える。今回の解析ではこのような透水係数の分布は考慮していないため、実測値を再現できなかったと考えられる。

③の間隙水圧も湧水量に影響を与える要因として考えられる。ただし、割れ目系岩盤における間隙水圧の分布は①の割れ目分布、②の透水性の分布の結果として生じると考えられる。間隙水圧の分布については、次項で述べる。

以上から、KD-90 坑道周辺のような個々の割れ目の透水係数に差異があるような領域を対象として地下水流動量の分布を再現するには、透水性の不均一性を考慮したモデルが不可欠である。

(2) KD-90 坑道周辺の間隙水圧分布からみた水理地質構造の考察

間隙水圧の解析値は、解析上設定した境界水位に大きく左右される。すなわち、境界水位を下げれば間隙水圧は全体的に減少し、逆に水位を上げれば増大する。しかし

今回の解析では、境界水位をKG-1孔およびKH-19, 20 孔の実測値を参考にして設定しており、それ以外に境界水位を設定するボーリングがないため、境界水位を積極的に変える根拠がない。以下においては水理地質構造（特に割れ目の分布）および透水性の分布を主な要因として、解析結果と実測値の差異の要因を考察する。

割れ目系岩盤では、割れ目の分布および岩盤内部の透水性の不均一性が、間隙水圧の分布に大きく影響を与えると考えられる。例えば、高透水性の割れ目が坑道と交差する場合には、岩盤内の水が割れ目を通して坑道内へ排水されやすくなるため、割れ目に沿って圧力低下領域が広がる。したがって、割れ目が岩盤内部へ連続して分布する場合ほど広い範囲にわたって圧力低下が生じる。また、定常状態においては、坑道への割れ目からの湧水量と岩盤からの地下水補給量とのバランスが保たれる必要があるため、割れ目の透水性と周辺岩盤の平均的な透水性の差異が大きいほど圧力低下範囲も広がると考えられる。

この他間隙水圧と水理地質構造の関連を考える上で重要な測定結果として、KH-19 孔掘削からパッカー設置までの期間の間隙水圧観測データがある。KH-19 孔には、約20kgf/cm²の高間隙水圧を有する区間が存在しており、掘削中口元閉塞により周辺の間隙水圧が上昇し、口元を開放した場合には再び低下している。KD-90 坑道周辺の各孔で、KH-19 孔内の水圧変動に対してほぼ一様に追従している。以上から、KD-90 坑道周辺では、地下水の流動量および間隙水圧場に支配的な影響を及ぼす連続性の高い高透水性割れ目が分布するという仮説が考えられる。この仮説に従うと、主要な高透水性割れ目の分布により坑道内の湧水量が不均一な分布を呈し、かつこの高透水性部に沿った圧力低下により、間隙水圧が岩盤内部まで低下したと説明できる。さらに、高透水性の割れ目の連続性が高いため、岩盤内の圧力伝播も速やかに行われるという解釈が成り立つ。この仮説については、平成7年度に実施する圧力伝播試験により妥当性をあらためて検討する必要がある。

次に、水理境界を貫く2本の試錐孔（KH-19, 20 孔）内の圧力分布について考察する。これらの試錐孔では、水理境界を境にその前後で間隙水圧が急変する。すなわち水理境界より孔口側の間隙水圧が数kgf/cm²であるのに対し、その奥では約20kgf/cm²となっている。割れ目系岩盤においてこのような水圧急変部が生じる原因として、以下の幾つかのケースが考えられる（図-1.8.11）。

- ①高間隙水圧境界につながる破碎部が湧水帯を形成している場合
- ②①の湧水帯が破碎部というよりも少数の高透水性割れ目からなり、これらの割れ目が高間隙水圧境界からの圧力を伝播している場合
- ③難透水性（薄い粘土層または割れ目の極少ない岩盤）が存在し地下水の流れを遮断している場合

この他上記の組み合わせられたケースも考えられる。図-1.8.11には、対応する連続体モデルも示した。いずれの場合も、連続体モデルにより圧力急変部を表現するためには、異方性または不均一性を考慮する必要がある。2番目のケース（少数の高透水性割れ目が存在する場合）は、連続体によるモデル化は困難であるが、あえてモデル化する場合には、1番目のケースと同様、異方性+不均一モデルを用いることになる。今回実施した解析のうち、異方性モデルは1番目のケースを念頭に置き、異方性のみ

を考慮したモデルである。

水理境界の水理地質学的な解明については、TASK 3-2で調査が進められている。

1.8.5 今後の課題

今回の解析は、KD-90 坑道への湧水量の分布や試錐孔内で観測された間隙水圧分布を反映しているとは言いがたい。割れ目系岩盤内の地下水挙動は、本質的に岩盤の不連続性に大きく依存していると考えられるため、連続体でモデル化する場合にも割れ目の分布や透水性を考慮する必要がある。連続体モデルでは、このような不連続性に起因する地下水場を表現する方法は、透水性割れ目分布の不均一性または異方性のいずれかまたは両者の組合せによるアプローチをとらざるを得ず、平成7年度はこれらを考慮してモデル化を行う。ただし、原位置で測定されたデータからどのようにして不均一性や異方性を決定するかという問題がある。

なお、今回の解析では、KG-1, KH-19, 20 孔の間隙水圧実測値を参考にして境界水位を設定したが、境界付近の間隙水圧実測値が無いため、はたして今回の境界水位が正しいかどうかは疑問が残る。境界水位の信頼性を向上するためには、南北境界の間隙水圧データを取得する必要がある。

参考文献

- 1) 大成建設株式会社(1995) : 釜石鉱山における浸透流解析に関する研究(平成6年度)、PNC ZJ1205 95-006

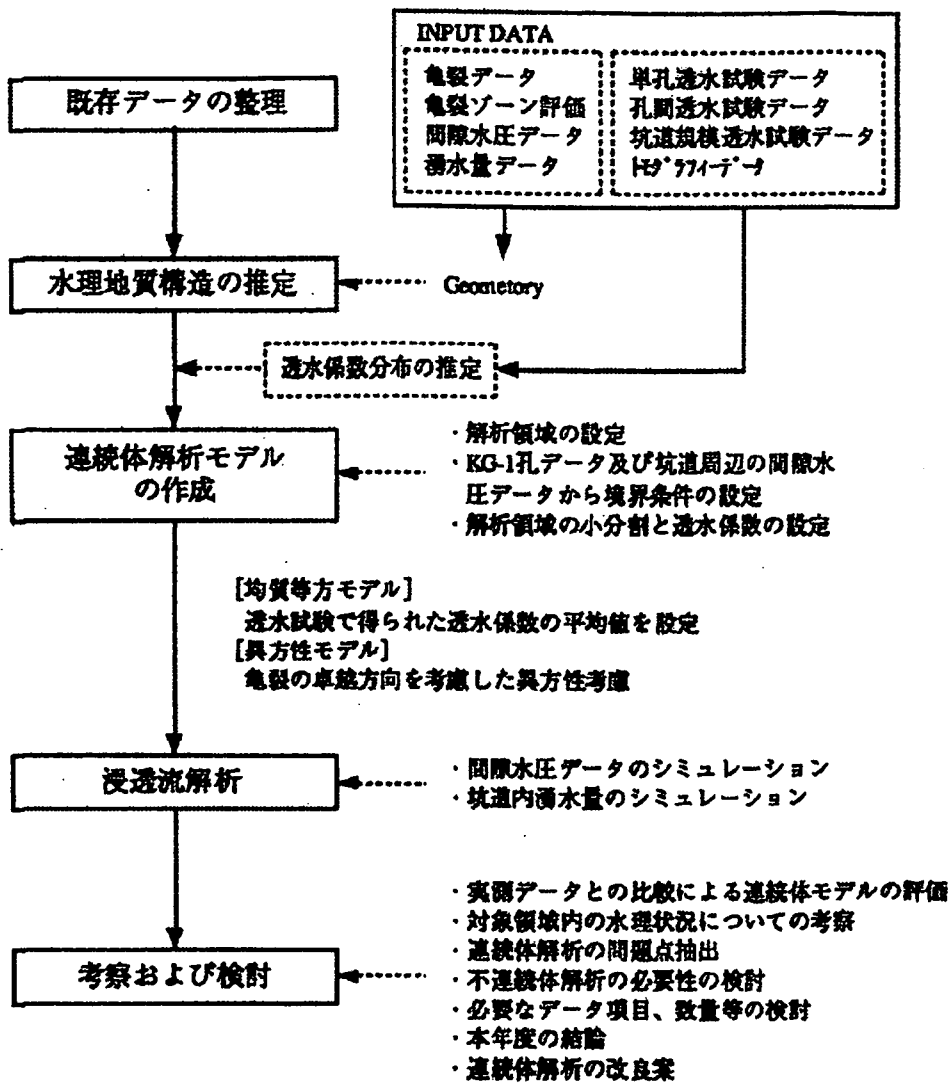


図-1.8.1 釜石鉱山における岩盤浸透流解析フロー

表-1.8.1 構造関係データ一覧

	調査試験	調査対象	取得情報	利用方法
亀裂	リニアメント判読	KH-1、KG-1、坑道	550mレベルの亀裂ゾーン (A、B)	不均質異方性モデルに反映
	亀裂観察 坑道内亀裂観察 BTV亀裂観察	全坑道 KH-1~19	亀裂卓越方向 湧水亀裂	透水異方性に反映
	トモグラフィー	KH-4~7間の5断面 (4-5, 5-6, 5-7, 4-7, 6-7)	低速度帯 (4つ) 高速度帯 (2つ)	参考程度
	比抵抗トモグラフィー	KH-4~7間の3断面 (4-5, 5-6, 5-7)	低比抵抗領域 高比抵抗領域	参考程度

表-1.8.2 水理関係データ一覧

調査試験	調査対象	取得情報	利用方法	
透水係数	単孔式透水試験 (定常法) 低圧ルジオン試験	KH-2(5m×9)、KH-3(5m×8)、 KH-5(2.5m×15)、KE-3(0.8m×6)、 KE-6、7(0.6m×5) 同上	透水係数	透水係数の設定
	湧水圧湧水量試験 Perm-10 (非定常試験) JFT試験 動燃式JFT試験 Perm-10	KG-1 (5m×10) KH-1 (10m×10) KH-1 (10m×5) KG-1 (5m×4)		
	孔間透水試験	KH-5、6、7		
	坑道規模透水試験	KD-90坑道 (7.5m×5)		
	ベンゾリン試験	KD-90坑道 (7.5m×5)		
	地下水流下試験	亀裂面		
	トレーサー試験	KH-7、8間の亀裂		
	間隙水圧モニタリング	KH-1~20 KG-1 (MP間隙水圧)		
	坑道内湧水量計測	KD-90坑道 (7.5m×5)		
	間隙水圧	間隙水圧 攪乱に対する水理応答		
湧水量	透水係数分布 湧水量	透水係数の設定 解析結果との対比		

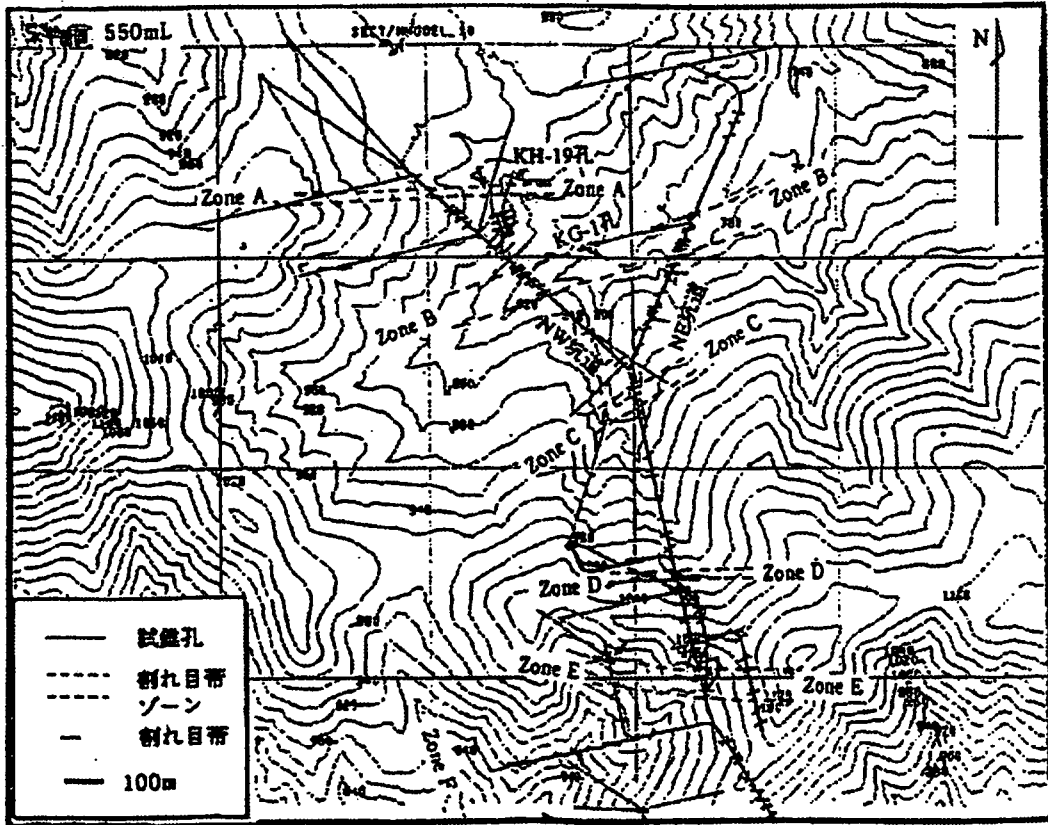


図-1.8.3 550mレベル坑道の地質資料により得られた割れ目ゾーン位置

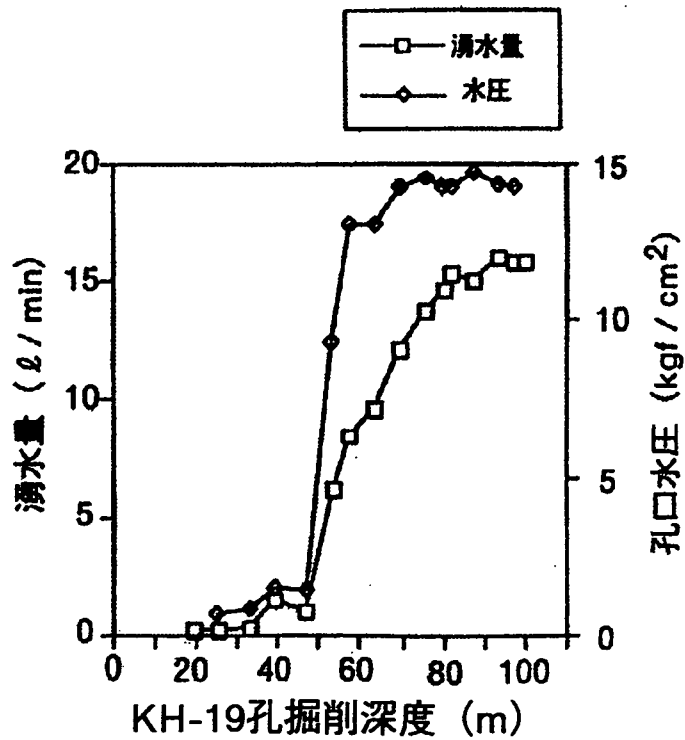
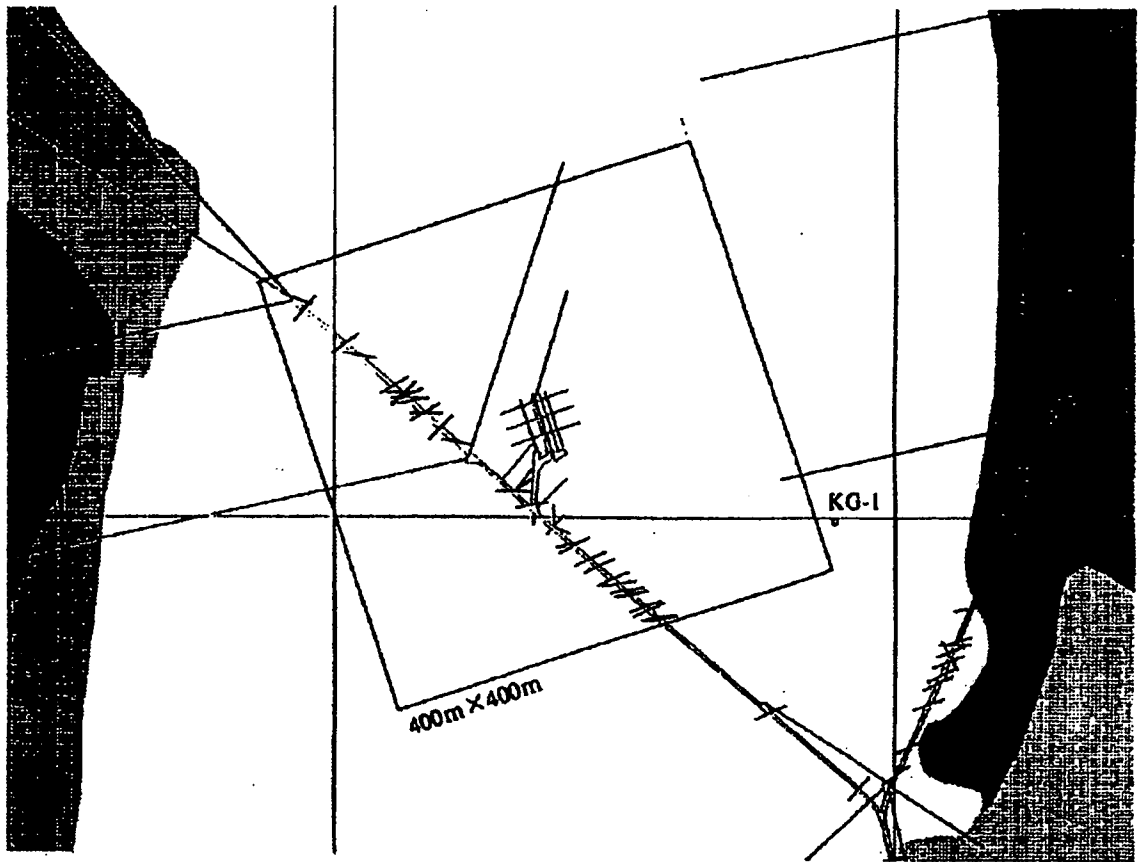
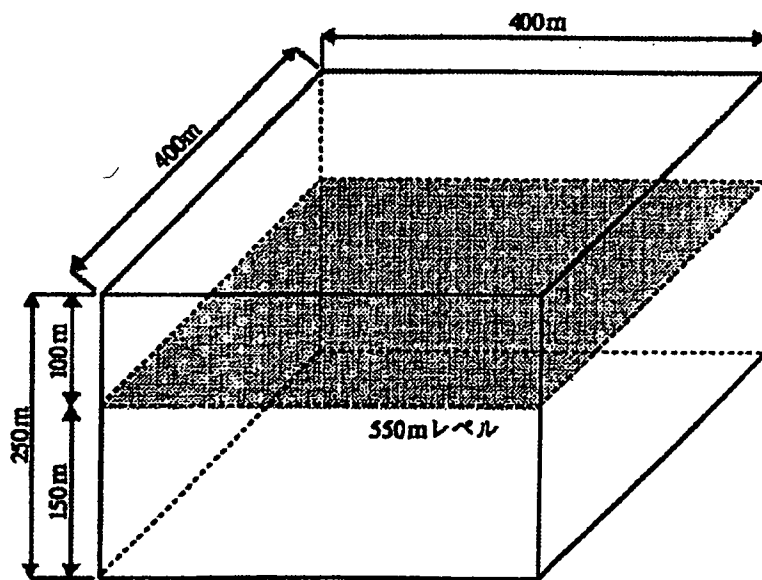


図-1.8.4 KH-19孔掘削時の口元での間隙水圧と湧水量



図一1.8.5 解析領域平面図



図一1.8.6 解析領域鳥瞰図

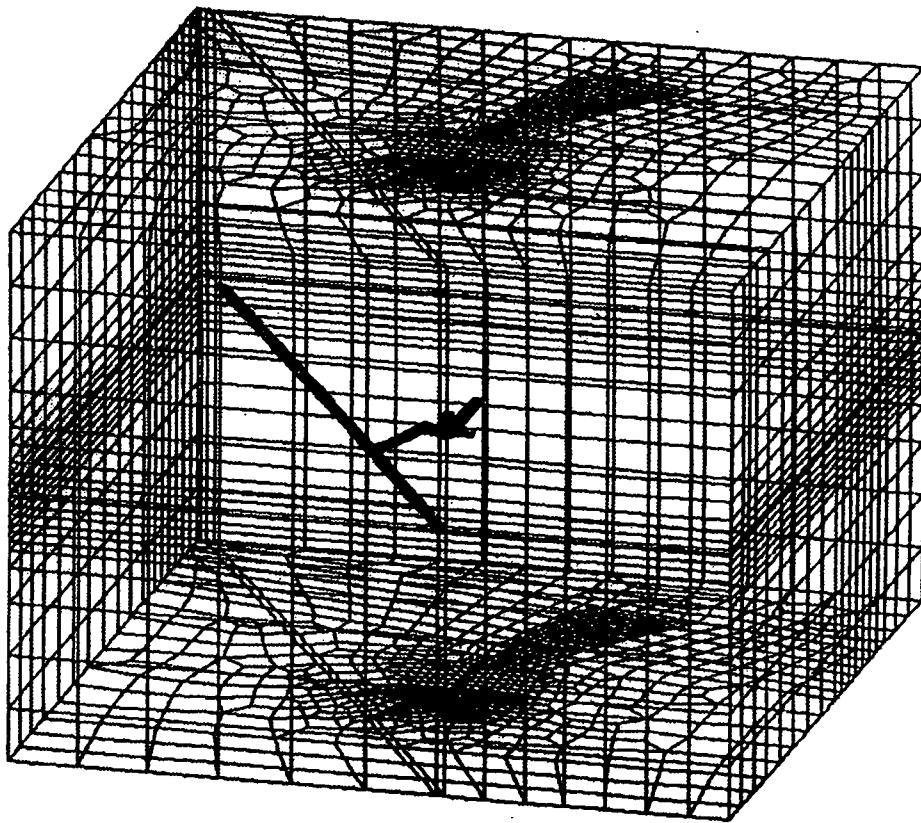


図-1.8.8 解析メッシュ鳥瞰図
(境界部のみメッシュ表示)

表一1.8.4 解析ケース一覧

解析ケース	解析モデル	境界条件 (kgf/cm ²)		透水係数 (cm/s)	
		ゾーンA南側	ゾーンA北側	最大主軸方向 中間 ϕ	最小主軸方向
1	均質等方	10.0		5.0×10 ⁻⁷	
2	◇	10.0	20.0	5.0×10 ⁻⁷	5.0×10 ⁻⁸
3	異方性				
4	◇				
5	◇				

表一1.8.5 KD-90 坑道内への総湧水量

		湧水量 (cc/min)
実測値		1416
解析結果	解析ケース 1	2037
	◇ 2	2676
	◇ 3	1813
	◇ 4	1594
	◇ 5	2022

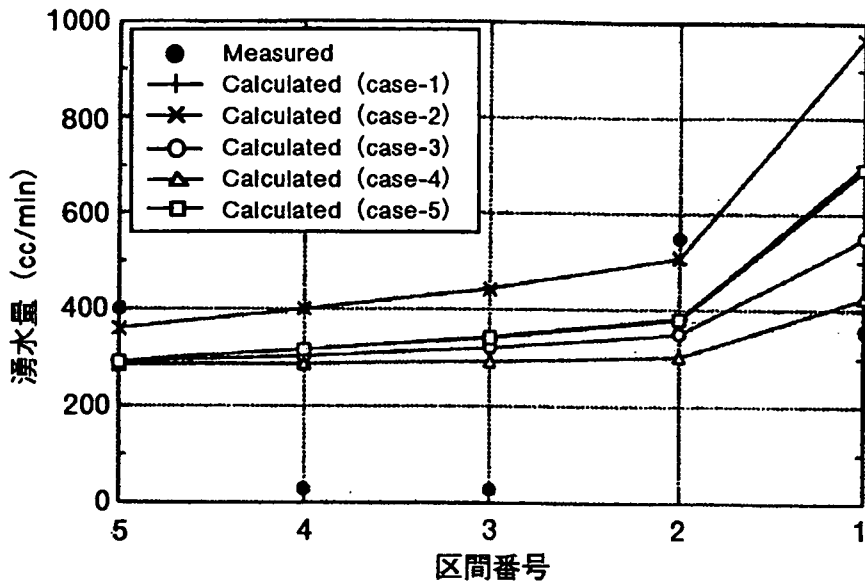


図-1.8.9 KD-90坑道各区間内への湧水量

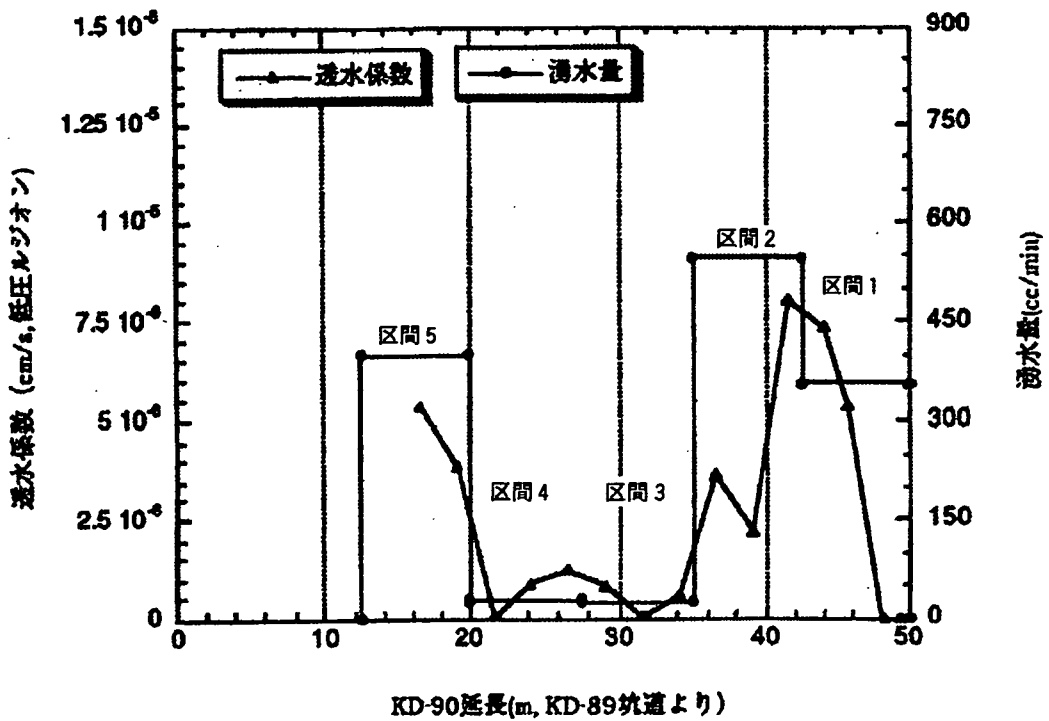
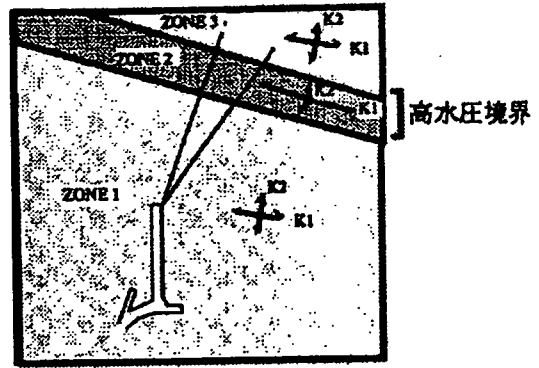
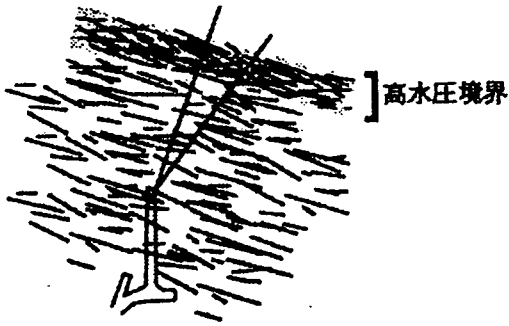


図-1.8.10 KD-90坑道への湧水量の分布とKH-5孔透水試験結果との比較

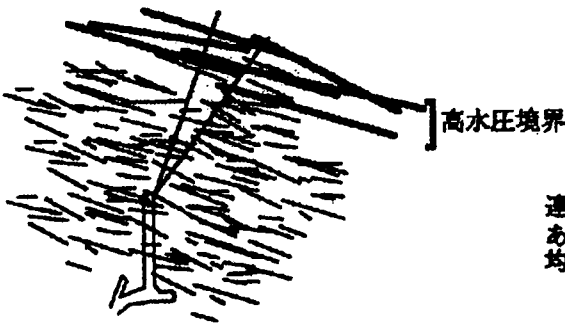
水理地質構造の模式的表示

連続体としてのモデル化



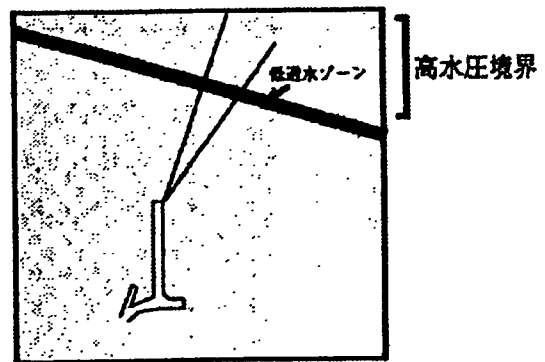
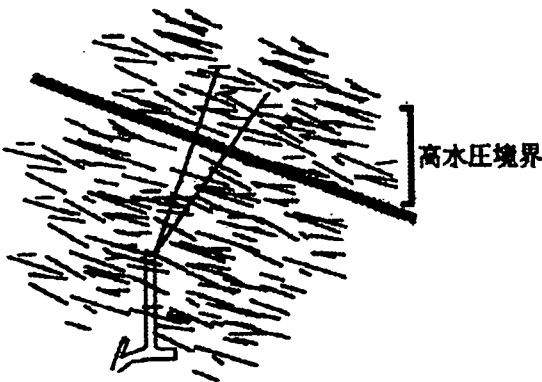
破砕ゾーンの存在

不均質+異方性モデル



連続体モデルでは、モデル化が困難。
あえてモデル化する場合には上記の不均質+異方性モデルを採用する。

主要な高透水性割れ目の存在



低透水ゾーンの存在

不均質モデル

図-1.8.11 水理境界として考えられる水理地質構造と連続体によるモデル化

1.9 試験場周辺の地下水温の分布

1.9.1 目的

地温および地下水温の経時変化を測定し、浅層～半深層の地下水の流動状況を把握する上での基礎資料とする。

1.9.2 実施内容

①地温、水温の観測

図-1.9.1に地温観測位置と水温観測位置を示す。また、表-1.9.1にそれらの観測一覧を示す。

表-1.9.1 観測項目一覧

観測地点名称	観測位置	観測項目
A	地表部 (KG-1孔付近の地表より深度1mの地点)	地温
B (W-20)	550mレベルNW坑道 640m 付近の湧水	水温
C	550mレベル坑道 の湧水	水温

A地点で実施している地温観測は、地表から深さ約1mの穴を掘り、そこに 直径10 cm、長さ50cmの塩ビパイプを垂直に地面に挿入し、その中に温度計を設置した。外気温の影響を防ぐために、パイプ内に布を詰め、さらにパイプの上に厚さ50cmの土を埋め戻した。

水温の観測は、温度計を5 lのバケツに入れ、これを550mレベル坑道のB、C の2か所の湧水カ所に設置して観測している。湧水量はB 地点で目測で 10 l/分、C 地点で 15 l/分である。なお、B地点は1.6 項のW-20と同一カ所である。

本調査は1994年10月18日から開始し、2時間間隔でデータを取得している。

1.9.3 主な成果

①地温、水温の観測

図-1.9.2に、1994年10月18日から1995年 4月 4日までのA 地点での地温の観測結果を示す。測定開始時に13.85 °Cであったものが、12 月下旬まで急勾配で温度低下し、その後温度低下率は小さくなり、1995 年4 月4 日で、3.47 °Cまで低下している。これを温度低下率で示すと、測定開始日から1994年12月31日までの地温低下率は 0.096 °C/日、1995年 1月 1日から1995年 4月 4日までの地温低下率は0.034 °C/日になっている。

図-1.9.3および図-1.9.4にB 地点、C地点の水温の観測結果を示す。B 地点では、観測期間内の水温は10.89 °Cから10.92 °C、C 地点の水温は、8.16 °Cから8.12°Cで共にその変化量は小さい。

1.9.4 考察

今回の観測期間（1994年10月18日～1995年4月4日）において、A地点での地温の変化は、季節の影響を受け、冬期に温度は低い結果となった。550mレベル坑道の坑壁からの湧水の観測期間中の水温変化量は、B地点で0.03℃、C地点で0.04℃と小さい値であったが、C地点の湧水は、水温が8℃程度で低いことや、A地点の地温の変化と同調して12月までの温度低下率が他の期間と比較すると低いことから、地表水の影響を敏感に受けている可能性がある。

1.9.5 課題

今回の地温、水温の観測結果は、観測を開始してからの約6か月間のデータを取りまとめたものであり、季節変化などの長期の変化を把握するためには、同地点で引き続き観測を継続する必要がある。また、坑内や坑外の気温のデータを取得し、それらと地温、水温の関係を把握する必要がある。

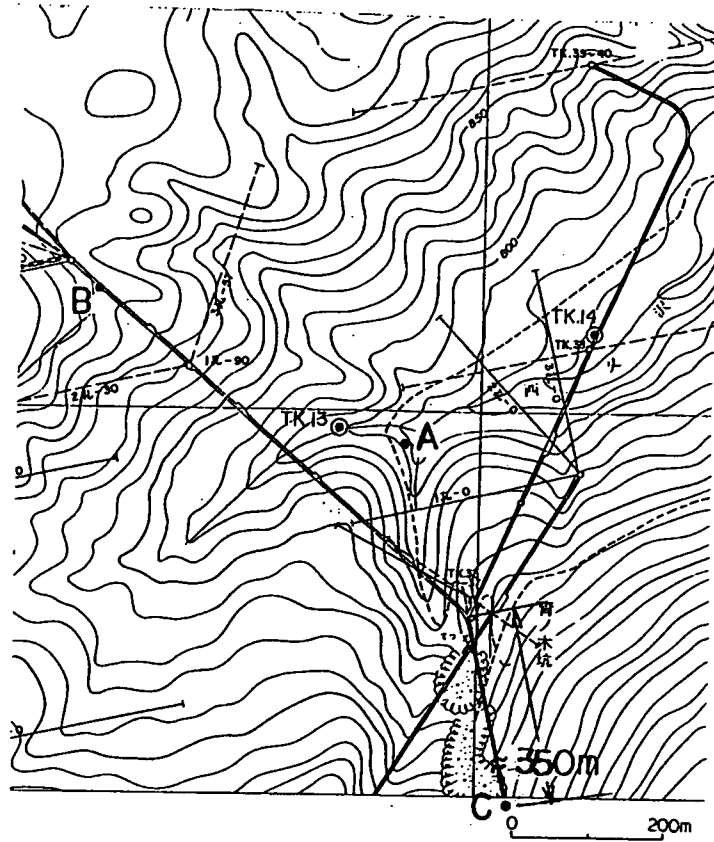


図-1.9.1地温・水温観測位置図

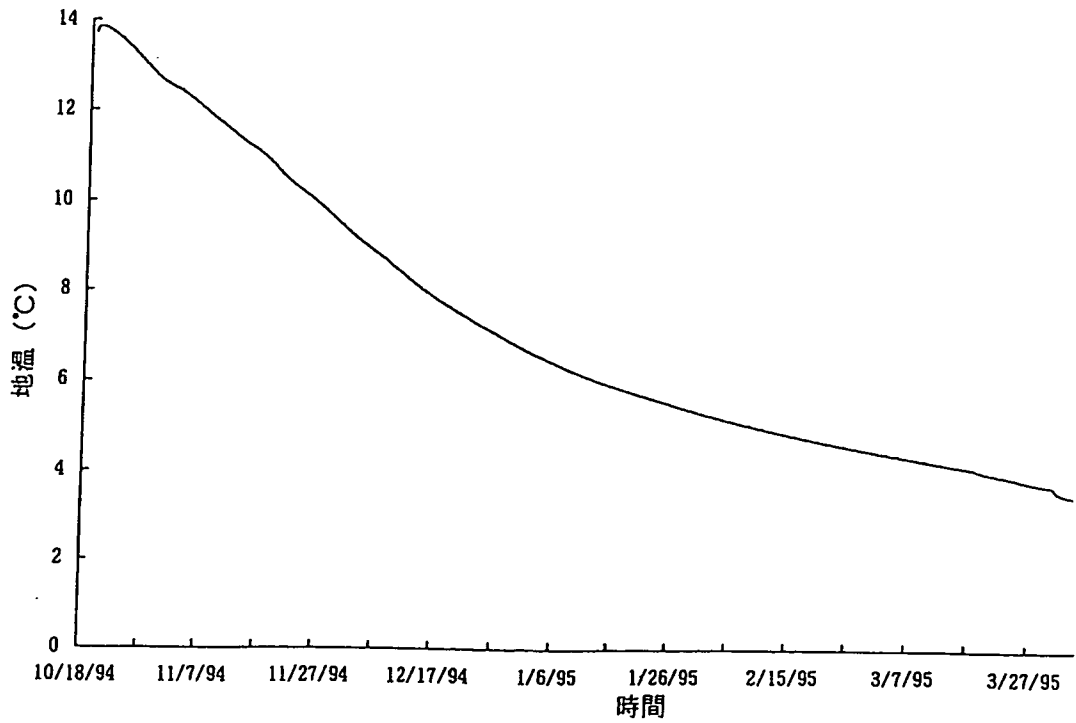


図-1.9.2表層地温 (A地点) の経時変化

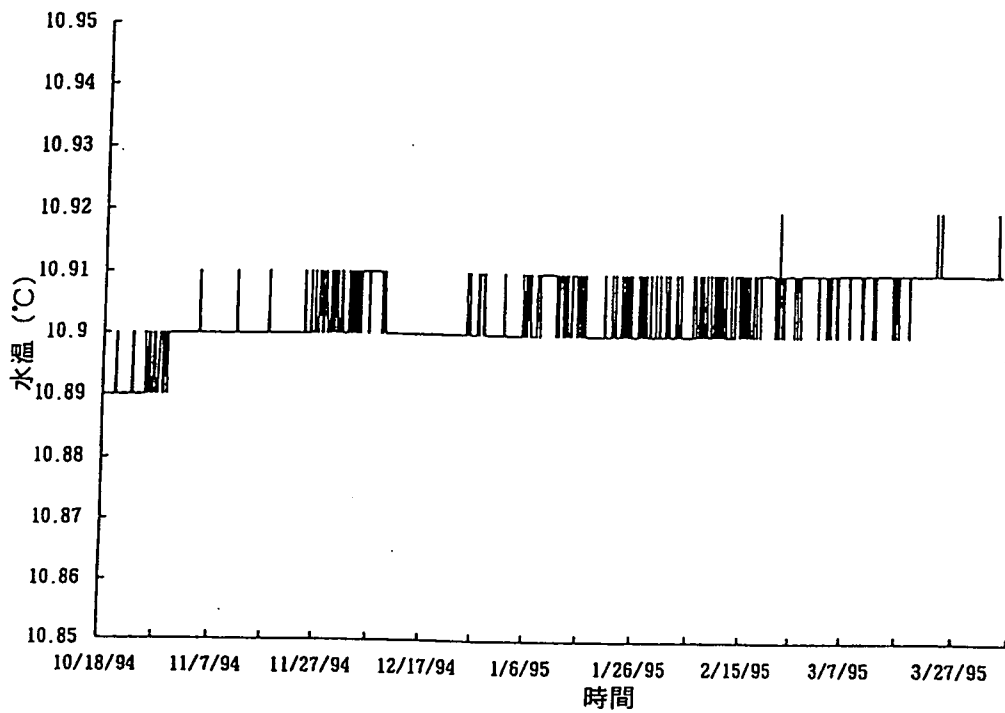


図-1.9.3 550mレベルNW坑道 (B地点) の水温の経時変化

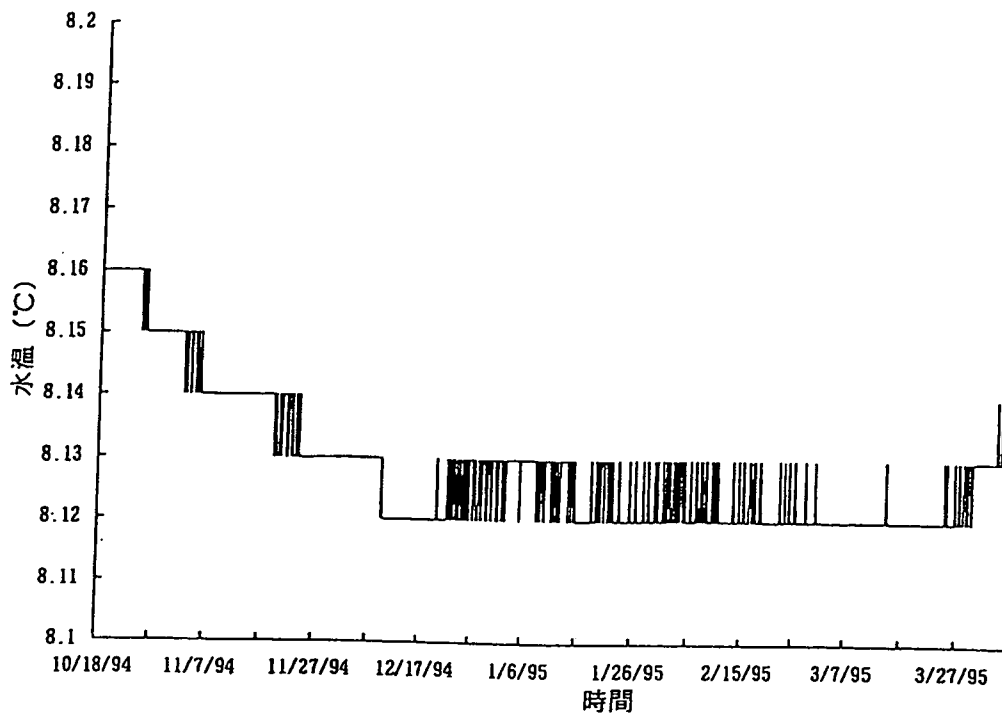


図-1.9.4 550mレベル坑道 (C地点) の水温の経時変化

1.10 平成6年度に実施した地球物理学的手法の整理

1.10.1 はじめに

本年度、TASK 2（深部岩盤における掘削影響領域の評価）の中の、既存坑道における掘削影響領域評価の一環として、250mレベル坑道KDT-1, 2孔（孔長：20m、傾斜：0°、孔間距離：20m）および両試錐孔を結ぶ坑道壁面において各種地球物理学的手法を用いた調査が実施された。ここでは、動燃事業団で実施したレーダー法調査について述べる。

レーダー法調査は、シングルホール（反射法）、クロスホール（透過法）、坑道-試錐孔間（以下、VRP（Vertical Radar Profiling）とする）の3種類について実施した。VRPについては、動燃は坑道壁面用アンテナを所有していないため、試錐孔用アンテナを用いて、データ取得が可能かどうか、また、VRPとクロスホールのデータを組み合わせてトモグラフィ解析ができるかどうかを確認するために実施した。

1.10.2 調査方法

(1)シングルホール調査

シングルホール調査は、同一孔に発信器（トランスミッタ）と受信器（レシーバ）を一定間隔で設置し、一定間隔で移動させデータを取得する（図-1.10.1）¹⁾。今回の調査では、トランスミッタとレシーバの距離を7.3mとし、25cm間隔でデータを取得した。使用したアンテナの中心周波数は20MHz と60MHz で行った。取得したデータ数は各アンテナについて、KDT-1 孔が32点、KDT-2 孔が33点である。

得られたデータにバンドパスフィルターを施した後、レーダー反射図を求めた。レーダー反射図から、反射面の試錐孔との交差位置・試錐孔との傾斜角度を求めた。表-1.10.1に、測定仕様を示す。

(2)クロスホール調査

クロスホール調査は2本の試錐孔を利用して行う。一方の試錐孔にトランスミッタを、もう一方の試錐孔にレシーバを設置し、一方のアンテナ（例えばトランスミッタ）を一点に固定し、もう一方のアンテナ（例えば、レシーバ）を一定間隔で移動させ測定を行う。データの取得ができなくなれば、固定しておいたアンテナを別の点に移動させ、もう一方のアンテナを一定間隔で移動させ測定を行う（図-1.10.2）¹⁾。

今回の調査で使用したアンテナの中心周波数は60MHz で、トランスミッタをKDT-2 に、レシーバをKDT-1 に設置し、トランスミッタ・レシーバとも1m間隔で移動させ測定を行った。

取得したデータを用いてトモグラフィ解析を行った。トモグラフィ解析では、試錐孔間の岩盤を幾つかの格子（セル）に分割し、各セル内の電磁波速度は一定と仮定して、試錐孔間の岩盤の電磁波速度分布を求める。今回の解析では、電磁波の伝播経路をトランスミッタとレシーバを結んだ直線であると仮定し、CG法を用いて解析を行った。

取得したデータ数は256点である。表-1.10.2に測定仕様を示す。

(3)VRP調査

VRP調査は、坑道壁面と試錐孔を用いて調査を行う。一方のアンテナを坑道壁面に、もう一方のアンテナを試錐孔に設置し、一方のアンテナを固定、もう一方のアンテナを一定間隔で移動させ測定を行う。データが取得できなくなれば、固定しておいたアンテナを別の点に移動し、もう一方のアンテナを一定間隔で移動させ測定を行う（図-1.10.3）。

今回は、坑道壁面にレシーバを、試錐孔内にトランスミッタを設置し、レシーバを固定し、トランスミッタを一定間隔で移動させた。レシーバの移動間隔は2 m、トランスミッタの移動間隔は0.5mとした。使用したアンテナの中心周波数は60MHz である。取得したデータ数は坑道-KDT-1 の調査で 197点、坑道-KDT-2 の調査で 217点である。前述したように、動燃事業団は坑道壁面用アンテナを所有していないため、試錐孔用アンテナと坑道とのマッチングが懸念された。そこで今回は、取得したデータを用いてクロスホール調査で取得したデータと合わせてトモグラフィ解析ができるかどうかを検討した。

表-1.10.3に測定仕様を示す。

1.10.3 調査結果

(1)シングルホール調査

図-1.10.4, 5 にレーダー反射図を示す。これらは60MHz アンテナを用い、生データに20~50MHz のバンドパスフィルターを施した結果で、図-1.10.4がKDT-1 孔の結果、図-1.10.5がKDT-2 孔の結果である。縦軸は試錐孔深度で、横軸は往復伝播時間を示す。図の濃淡は電磁波の振幅を示し、黒くなるほど正側の振幅が大きいことを示し、白くなるほど負側の振幅が大きいことを示す。中間の灰色は振幅が小さいことを示す。

なお、20MHz アンテナについては、ノイズが大きく、反射面の抽出が困難であったため、今回ははずす。

図-1.10.4からは4本の反射面を、図-1.10.5から3本の反射面を抽出した。表-1.10.4に反射面抽出結果を示す。試錐孔と交差しない反射面については、その反射面が試錐孔までそのまま連続するとして、試錐孔との交差深度を求めた。図-1.10.4のNo.3と図-1.10.5のNo.1はともに、0.3 μsec あたりに、試錐孔に沿った反射面として認められる。岩盤内を伝播する電磁波速度を108m/ μsec と仮定すると²⁾、これらの反射面は各試錐孔から約20mとなる。よって、図-1.10.4のNo.3についてはKDT-2 孔、図-1.10.5のNo.1についてはKDT-1 孔である可能性がある。

図-1.10.5の深度8~10m付近の0.2 μsec 付近は振幅が小さくなっている。低比抵抗帯を電磁波が通過すると振幅の減衰が大きくなるため³⁾、このあたりに低比抵抗を示すものが存在する可能性がある。

(2)クロスホール調査

図-1.10.6にクロスホール調査で得られたデータをトモグラフィ解析した結果を示す。図は、スロウネス残差で示している。スロウネスは速度の逆数で、基準は岩盤内の電磁波速度の平均を110 m/ μsec とし、その逆数の9091psec/mとしている。図で、暖色系がスロウネスが大きい(すなわち電磁波速度が遅い)ことを、寒色系がスロウネスが小さいことを(すなわち電磁波速度が速い)ことを示す。

試錐孔深部においてKDT-1, 2孔間の中心付近に、凸状に電磁波速度の速い部分が認められるが、偽像である可能性がある。

今回のレーダー法調査は、既存坑道周辺の掘削影響領域が把握できるかどうか、また、把握できるとすればどの程度の範囲までかを確認するための一環として実施した。

電磁波速度 V_p は、真空中を伝播する電磁波速度を $V_c(=299.8\text{m}/\mu\text{sec})$ 、岩盤の比誘電率を ϵ_r とすると以下で表される。

$$V_p = V_c / (\epsilon_r)^{1/2}$$

このように、岩盤内を伝播する電磁波速度は岩盤の比誘電率により変化する。比誘電率は岩盤のマトリックス部が5～10であるのに対し、水の比誘電率は80と大きく、岩盤内の水の多少により電磁波速度が変化する。坑道壁面に発破による損傷領域が発生し、その領域を通して岩盤内の水が排水されれば電磁波速度が速くなり、逆にその領域内に水が入り込めば電磁波速度が遅くなる。今回のレーダートモグラフィでは、アンテナ長により坑道極近傍のデータを取得することができなかつたため、掘削影響領域が坑道壁面からどの程度まで及んでいるかを確認することはできないが、坑道近傍には電磁波速度の遅い部分があり（坑道壁面から1～2 m?）、この部分は掘削による損傷領域内に水が入り込み電磁波速度が遅くなった可能性がある。250mレベルの坑道壁面は全体的に湿っており、トモグラフィ解析結果と一致すると考えられる。

電磁波速度は、KDT-1 孔側で遅くなっており、最も遅い部分は深度2～5 m付近である。KDT-1, 2孔とも、普段は孔口に蓋がしてあり、調査を実施する前に蓋を開け、調査終了後に蓋を閉めた。蓋を開けたときの湧水量は、KDT-1 孔のほうが多いため、KDT-1 孔と交差する湧水割れ目が存在すると考えられる。シングルホール調査結果によると、KDT-1 孔と交差する反射面（反射面No. 1）が2 m付近に存在するため、トモグラフィ結果とよく一致した。

KDT-2 孔のシングルホール調査結果で、深度8～10m付近に低比抵抗帯があることが推定できた。トモグラフィ解析結果によると、KDT-2 孔の10m付近にその周辺と比較して電磁波速度の遅い部分が認められる。岩盤内の水が多い部分は比抵抗が小さくなり、その部分で電磁波速度が遅くなる。よって、周辺より電磁波速度が遅い部分は、比抵抗が小さいと考えられる。しかし、この部分よりもさらに電磁波速度が遅い部分があるため、トモグラフィ解析結果とシングルホール調査結果とは必ずしも一致はしていない。

(3)VRP調査

VRP調査で得られたデータとクロスホール調査で得られたデータを合わせてトモグラフィ解析を行えるかどうかを検討するために、波型および、トランスミッターレシーバ間の距離と電磁波伝播時間の関係をしらべた。

坑道-KDT-1 孔間のVRP調査で得られた波型を図-1.10.7に、坑道-KDT-2 孔間のVRP調査で得られた波型を図-1.10.8に、クロスホール調査で得られた波型を図-1.10.9に示す。図-1.10.7, 9の波型が凹状を示し、図-1.10.8の波型が凸状を示していることがわかる。動燃事業団が所有するレーダーシステム（RAMAC システム）は、電磁波の発信時間がわからないため、凸状の波型であれば振幅の最大値を、凹状の波型であれば振幅の最小値を用いて電磁波速度の平均値から推定される各測定データの伝播時間とそれに対する距離を求める。これらを全てプロットし、電磁波発信時間0を求める。電磁波の伝播時間と距離の関係を図-1.10.10に示す。これによると、VRP調査結果とクロスホール調査結果ではデータがばらついており、VRP調査で得られたデータとクロスホール調査で得られたデータを合わせてトモグラフィ解析を行えないことがわかった。この原因としては、坑道壁面用に用いたアンテナは本来坑道壁面用につくられたアンテナではないため、岩盤とマッチングしないことがあげられる。

1.10.4 まとめ

(1)シングルホール調査

- ・ KDT-1 孔における中心周波数60MHz のアンテナを用いた調査では、3本の反射面が抽出できた。その内の1本はKDT-2 孔と考えられた。
- ・ KDT-2 孔における中心周波数60MHz のアンテナを用いた調査では、1本の反射面が抽出できた。その反射面はKDT-1 孔と考えられた。

(2)クロスホール調査

- ・ 坑道壁面近傍では電磁波速度が遅くなっており、坑道周辺の発破損傷領域内に水がしみ込むことにより、電磁波速度が遅くなったことが推定できた。
- ・ KDT-2 孔側はKDT-1 孔側と比較して電磁波速度が遅くなっていた。このことは、孔口からの湧水量の違いと良く一致した。また、電磁波速度の最も遅い部分では、シングルホール調査により反射面が抽出できた。

(3)VRP調査

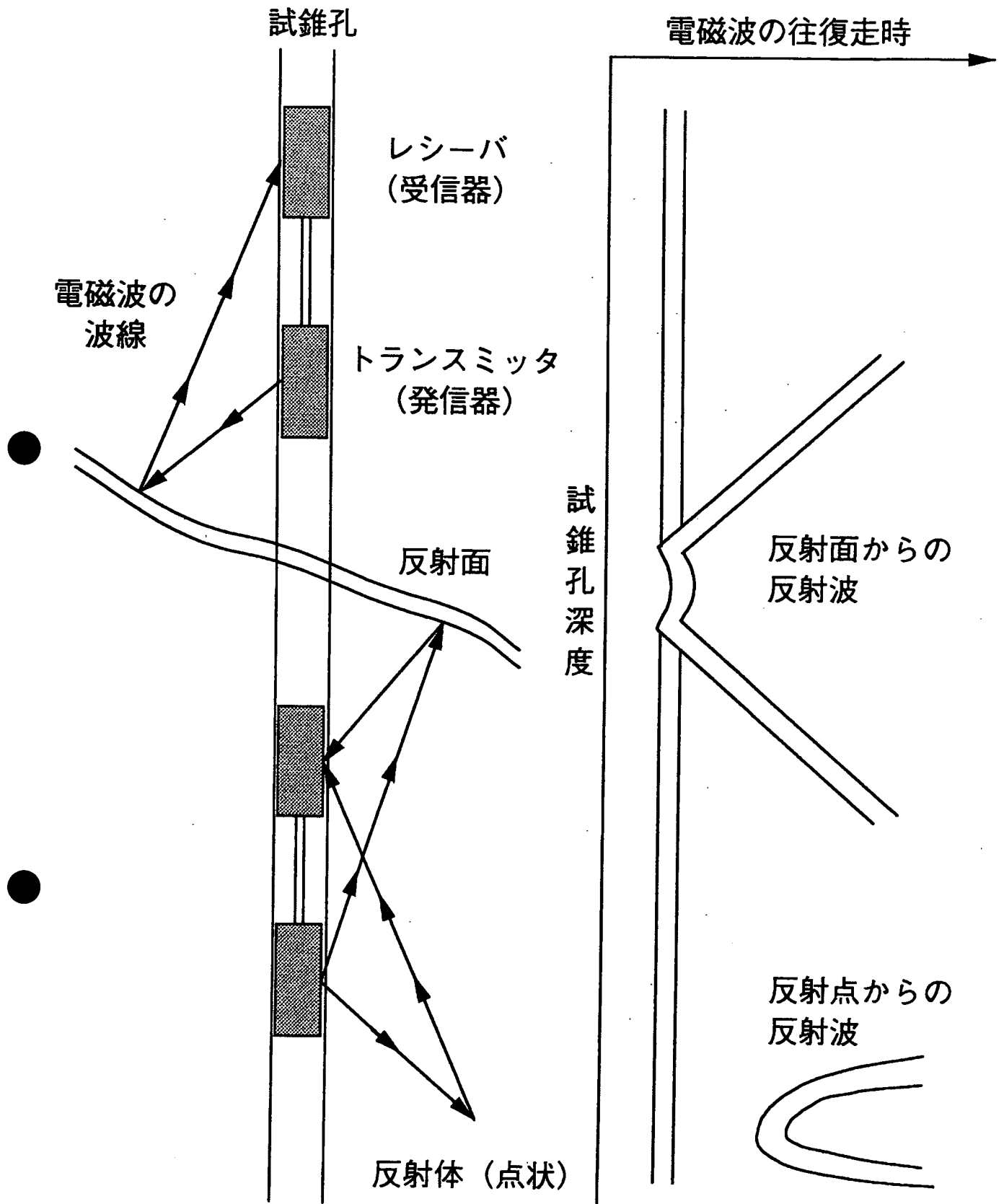
- ・ VRP調査結果で得られたデータとクロスホール調査で得られたデータを合わせてトモグラフィ解析を行えないことがわかった。これは、動燃事業団所有のレーダーシステムに岩盤壁面用のアンテナがなく、試錐孔用のアンテナでは岩盤とうまくマッチングしないからと考えられた。

1.10.5 今後の予定

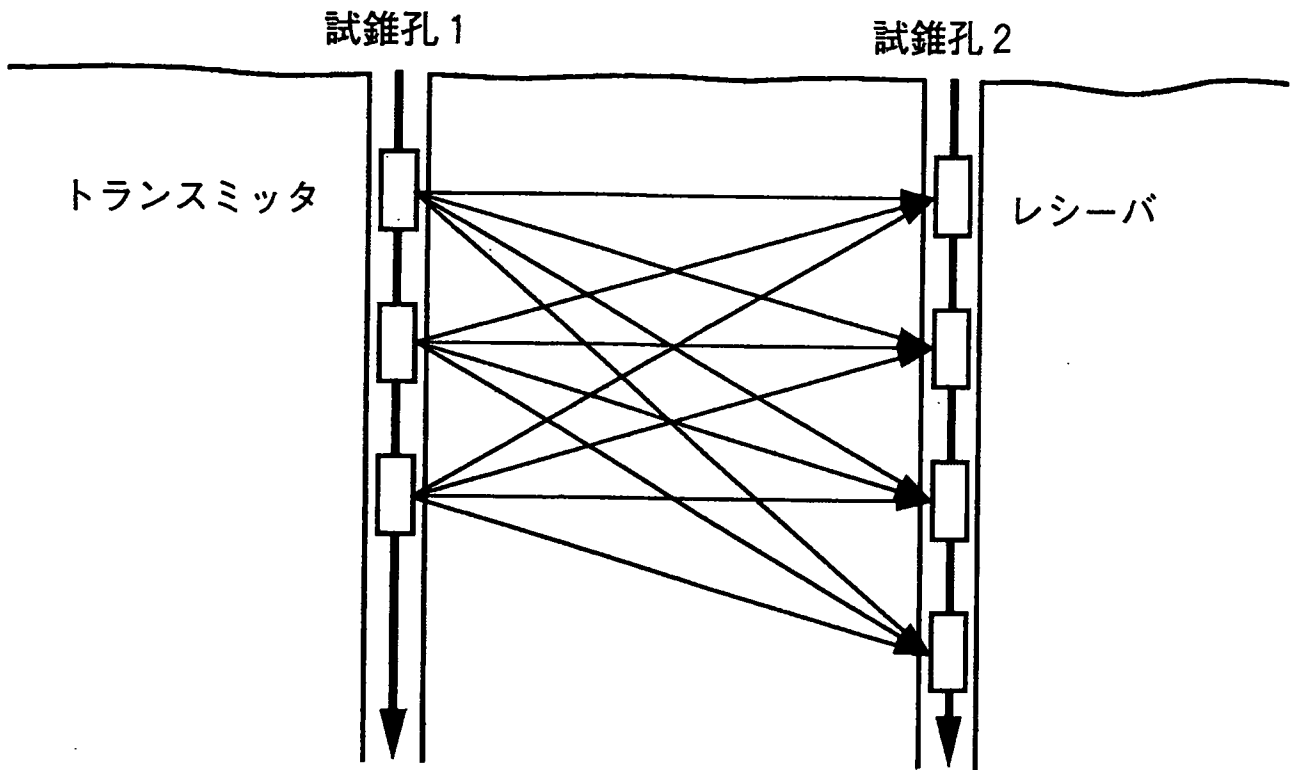
今回の結果と、別に実施している弾性波トモグラフィ、平成7年度に実施する比抵抗トモグラフィと広帯域レーダーの結果を比較し、各物探手法により探査性能や探査可能な対象物を把握する。

参考文献

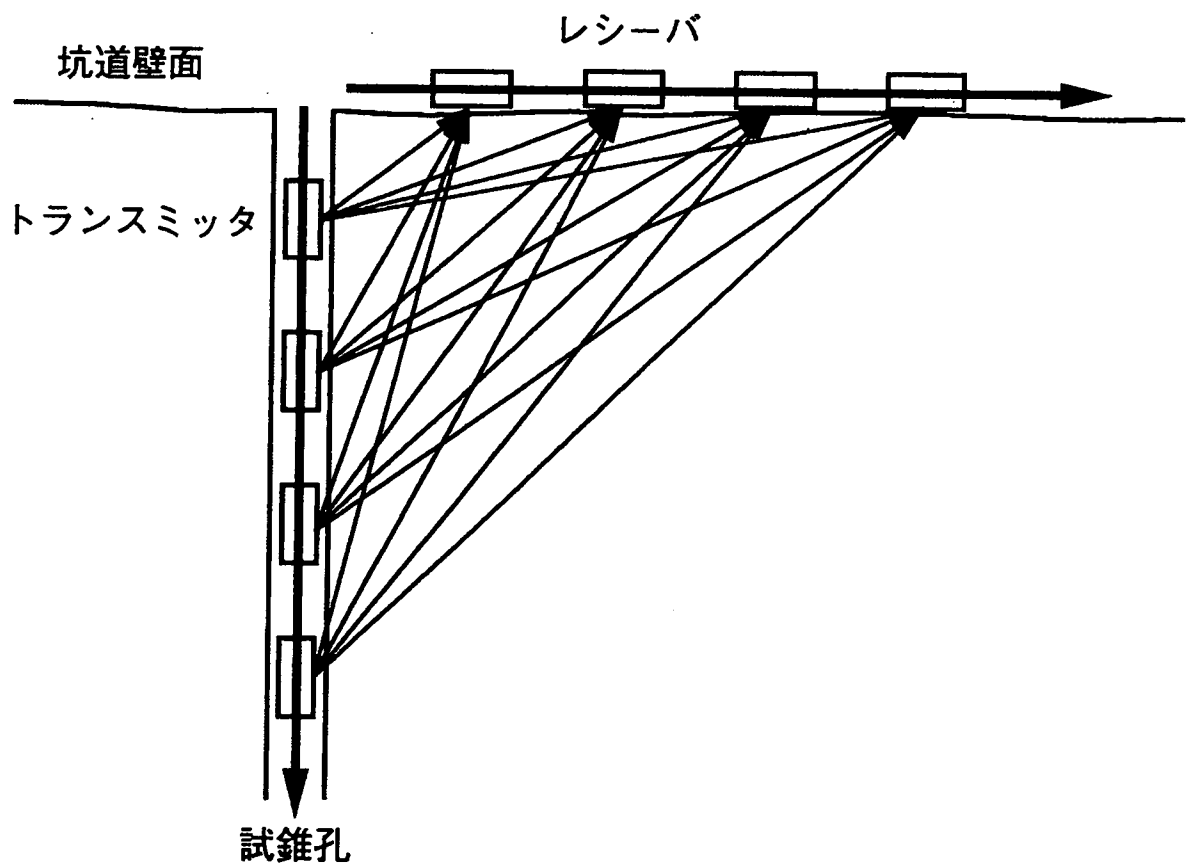
- 1) 佐久間秀樹、坪田浩二 (1988) : 土岐花崗岩におけるRAMACシステムの適用試験について、物理探査学会第78回学術講演会講演論文集、pp. 305-309
- 2) 仙波毅、尾方伸久、長谷川健、岩崎浩、渡辺邦夫 (1992) : ポアホールレーダーによる花崗岩岩盤特性調査-釜石原位置試験場における調査結果について-、応用地質第32巻6号、pp. 34-42
- 3) 安達三郎、米山務 (1981) : 電波電送工学、コロナ社、東京



図一1.10.1 シングルホール調査測定模式図



図一1.10.2 クロスホール調査概念図



図一1.10.3 VRP 調査概念図

表-1.10.1 シングルホール調査測定仕様

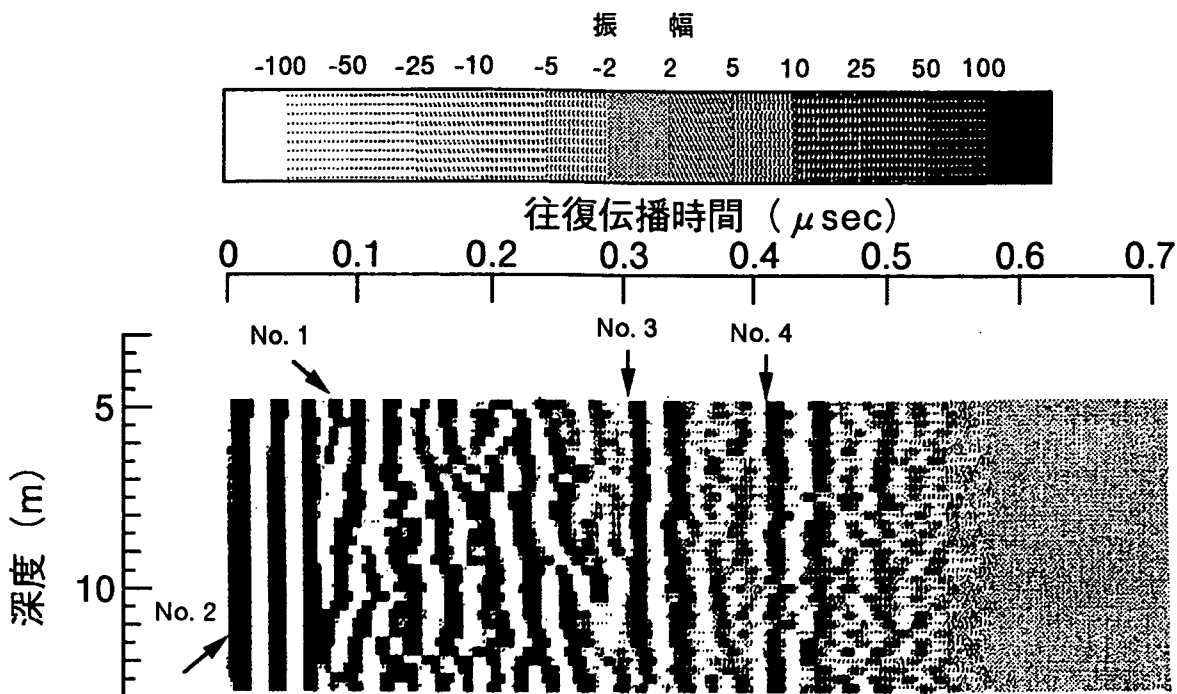
KDT-1孔		
アンテナの中心周波数	60	MHz
サンプリング周波数	632.4526	MHz
サンプル数	512	
スタック数	128	
トランスミッタとレシーバの距離	7.3	m
測定間隔	0.25	m
測定深度	4.87~12.62	m
測定点数	32	個
ケーシング長 (岩盤から出ている部分)	0.04	m
KDT-2孔		
アンテナの中心周波数	60	MHz
サンプリング周波数	632.4526	MHz
サンプル数	512	
スタック数	128	
トランスミッタとレシーバの距離	7.3	m
測定間隔	0.25	m
測定深度	4.83~12.83	m
測定点数	33	個
ケーシング長 (岩盤から出ている部分)	0.08	m

表-1.10.2 クロスホール調査測定仕様

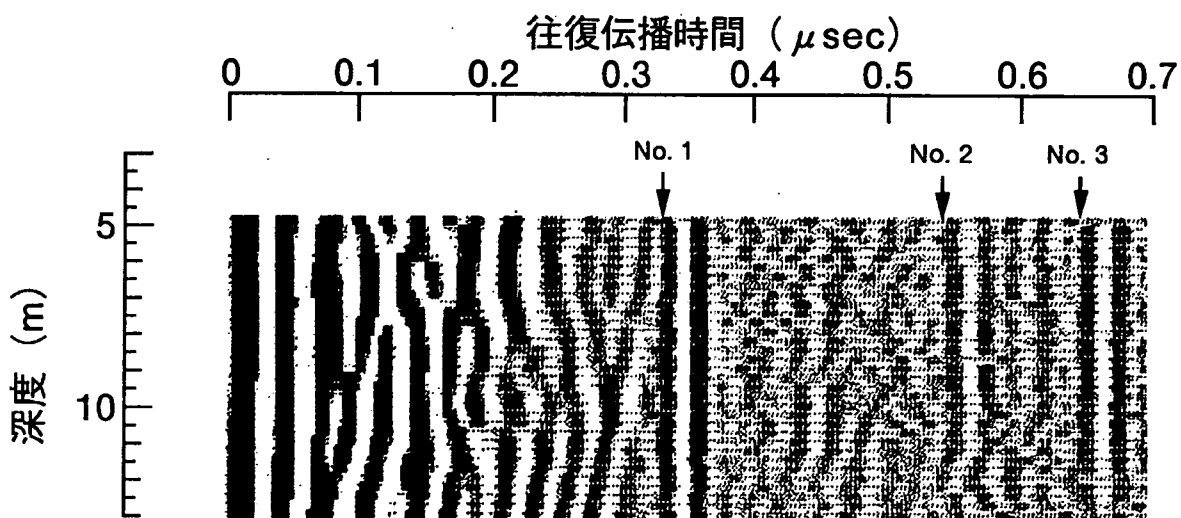
アンテナの中心周波数	60	MHz
サンプリング周波数	632.4526	MHz
サンプル数	512	
スタック数	128	
測定深度	トランスミッタ (KDT-2)	1.27~16.27 m
	レシーバ (KDT-1)	1.31~16.31 m
測定間隔	トランスミッタ (KDT-2)	1.0 m
	レシーバ (KDT-1)	1.0 m
測定点数	256	個

表-1.10.3 VRP 調査測定仕様

KDT-1孔-坑道		
アンテナの中心周波数	60	MHz
サンプリング周波数	632.4526	MHz
サンプル数	512	
スタック数	128	
測定深度	トランスミッタ (KDT-1)	1.31~16.31 m
	レシーバ (坑道)	4.00~16.00 m (KDT-1孔から距離)
測定間隔	トランスミッタ (KDT-1)	0.5 m
	レシーバ (坑道)	2.0 m
測定点数	197	個
KDT-2孔-坑道		
アンテナの中心周波数	60	MHz
サンプリング周波数	632.4526	MHz
サンプル数	512	
スタック数	128	
測定深度	トランスミッタ (KDT-2)	1.27~16.27 m
	レシーバ (坑道)	4.00~16.00 m (KDT-1孔から距離)
測定間隔	トランスミッタ (KDT-2)	0.5 m
	レシーバ (坑道)	2.0 m
測定点数	217	個



図一1.10.4 KDT-1 孔レーダー反射図
(60MHzアンテナ、20~50MHzのバンドパスフィルター処理後)



図一1.10.5 KDT-2 孔レーダー反射図
(60MHzアンテナ、20~50MHzのバンドパスフィルター処理後)

表-1.10.4 反射面抽出結果

KDT-1孔				
反射面 No.	KDT-1孔との 交差深度 (m) *1	傾斜角度 (°)		紙上で認められる 反射面の長さ (m)
		上向	下向	
1	(1.87)		55	7
2	11.37	65		3
3	(KDT-1から約20m)			
4	(KDT-1から約25m)			
KDT-2孔				
反射面 No.	KH-23孔との 交差深度 (m) *1	傾斜角度 (°)		紙上で認められる 反射面の長さ (m)
		上向	下向	
1	(KDT-1から約20m)			
2	(KDT-1から約35m)			
3	(KDT-1から約40m)			

*1) () のついているものは、反射面がそのまま連続していると仮定したときの試錐孔との交差深度

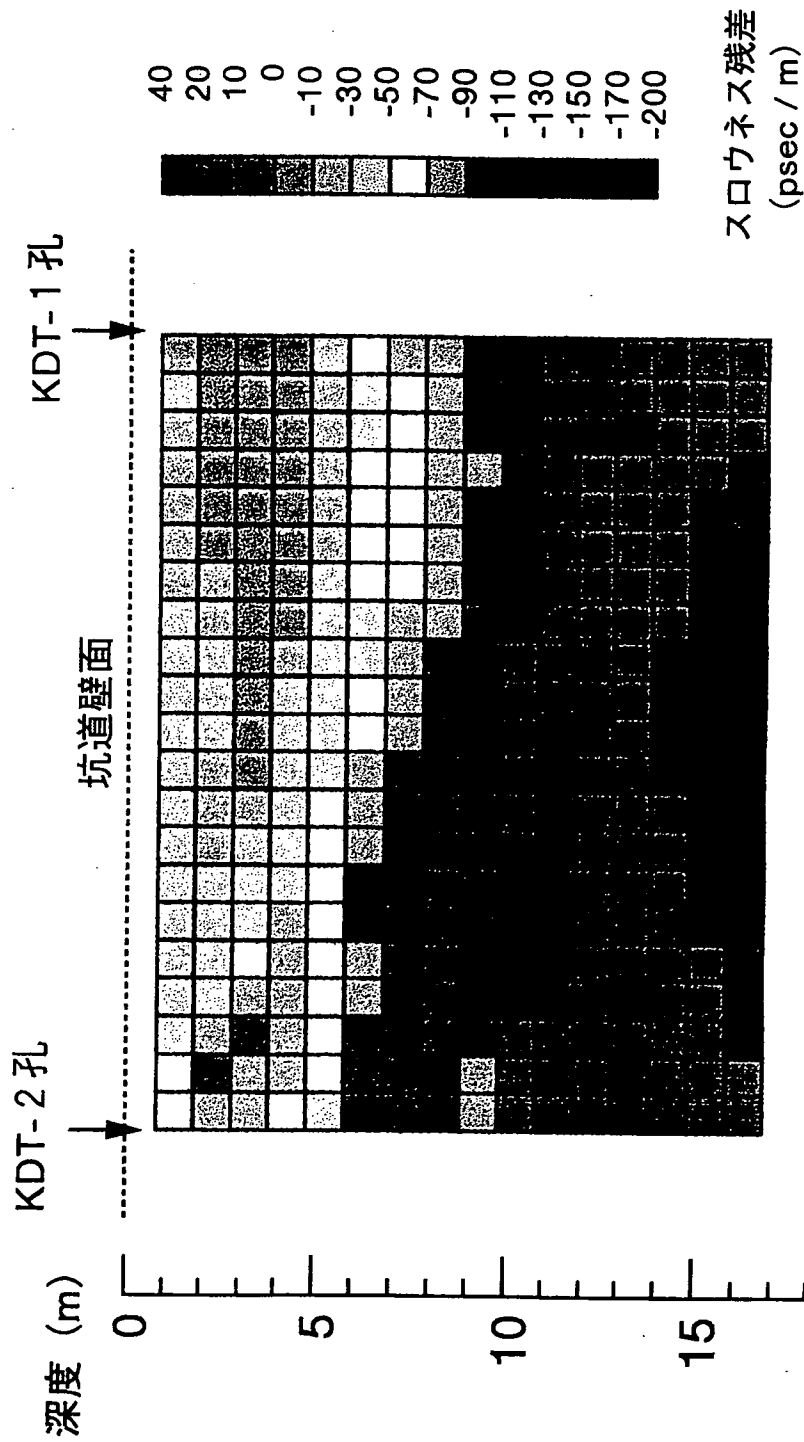
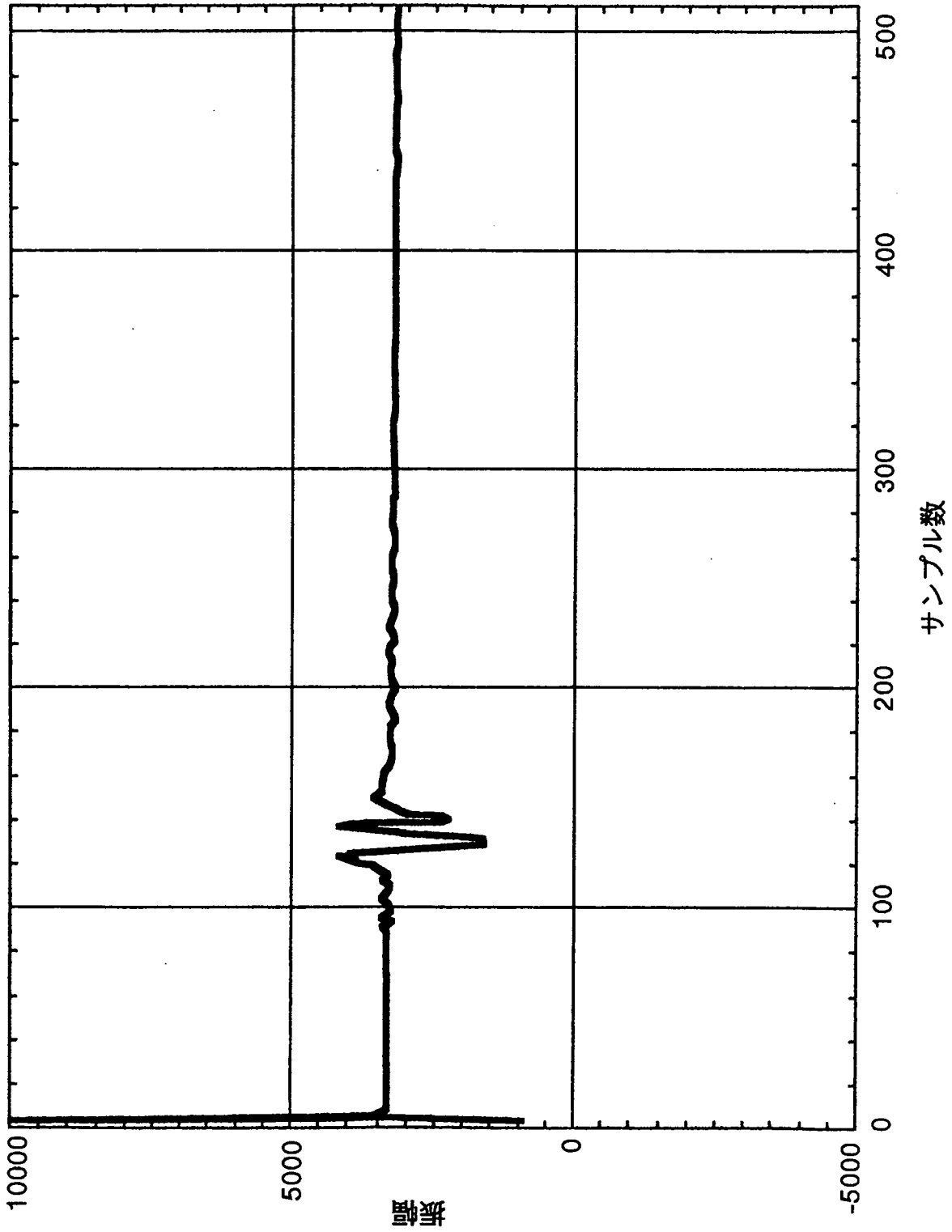


図-1.10.6 トモグラフィ解析結果
(9091 psec/m からの残差)



図一1.10.7 VRRP 調査で取得された波形

トランスミッタ (KDT-1 孔) : 深度 0 m、レシーバ (坑道壁面) : KDT-1 孔から KDT-2 孔側へ 12m

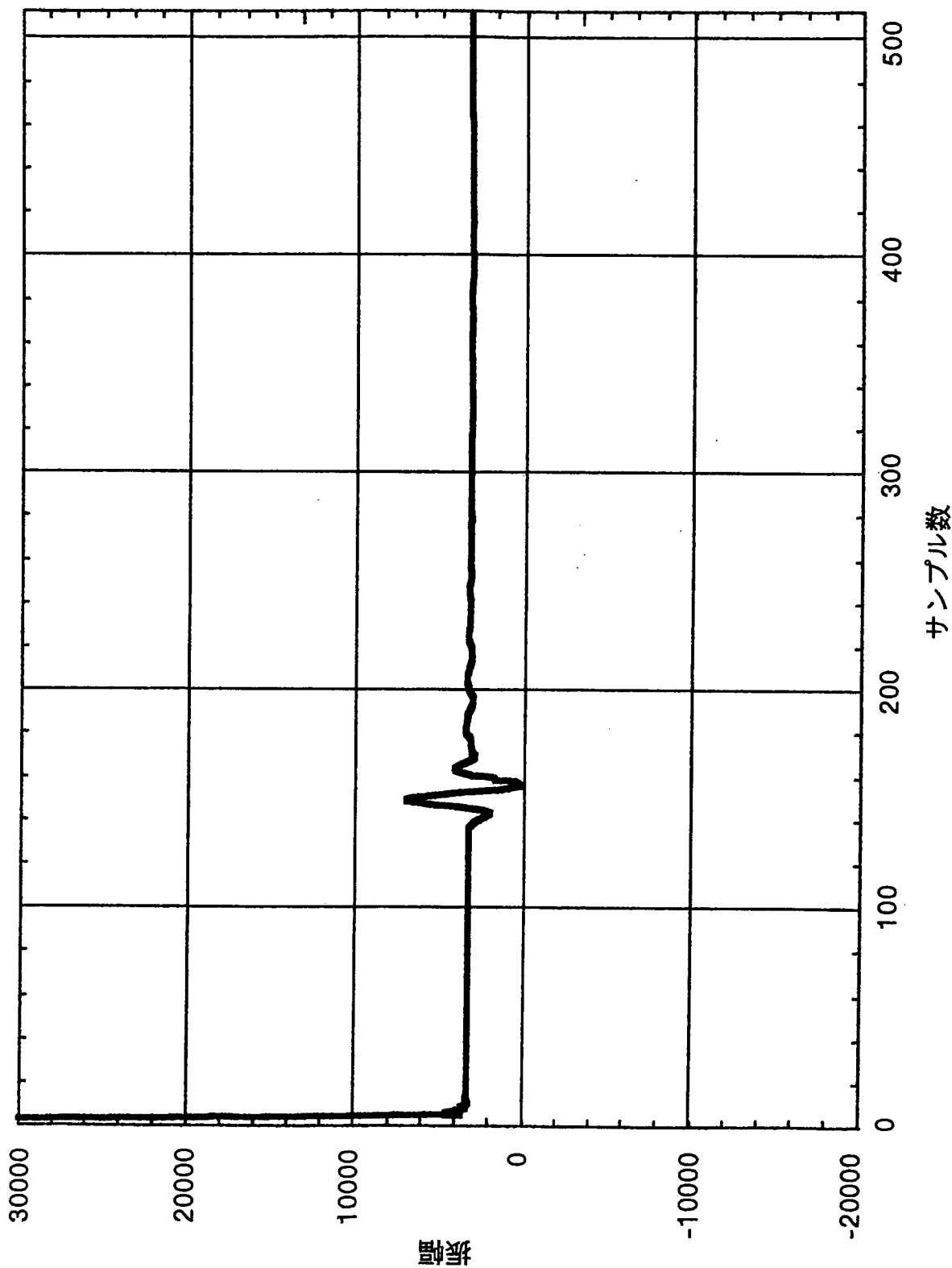
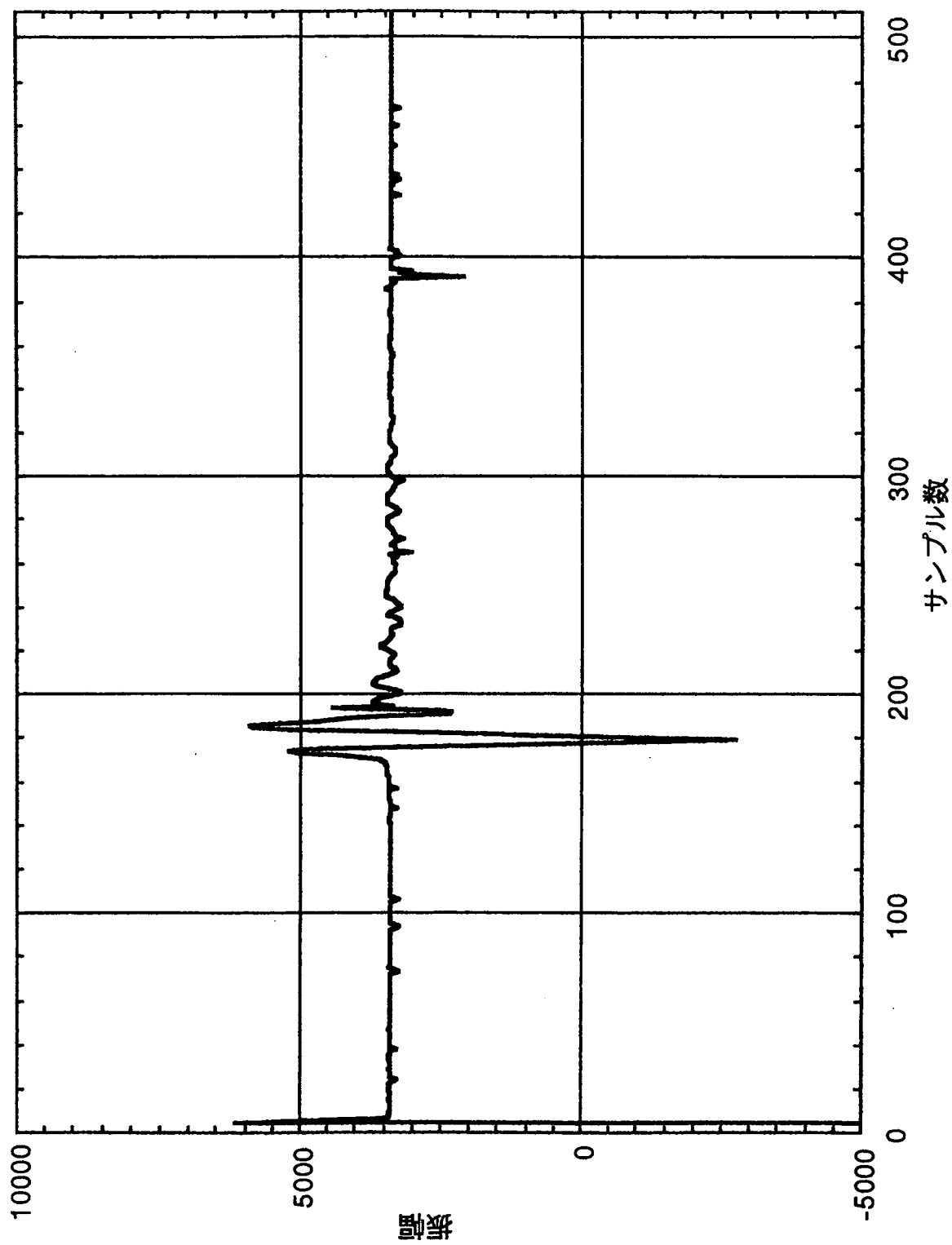
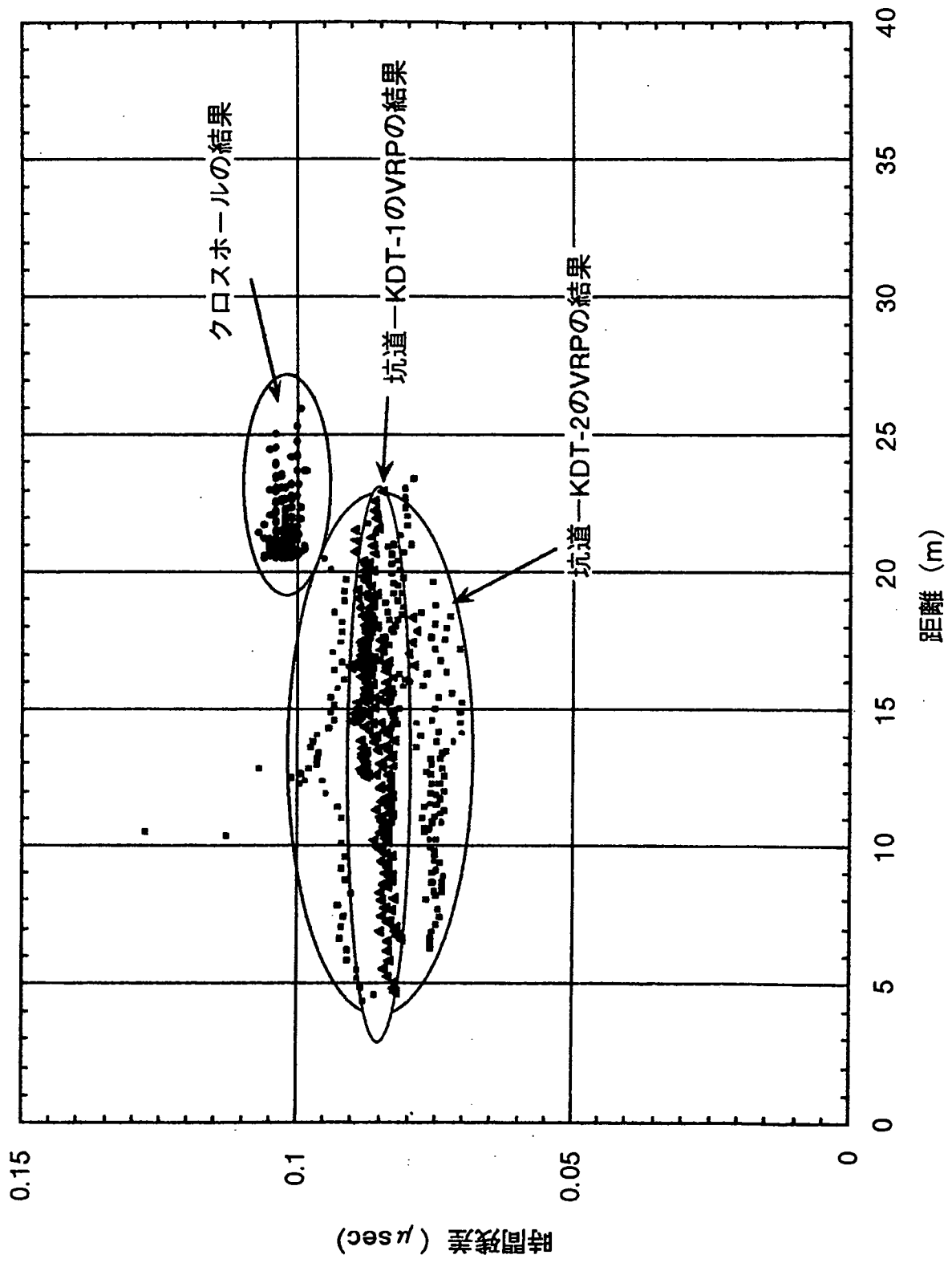


図-1.10.8 VRP 調査で取得された波形

トランスミッタ (KDT-2 孔) : 深度 0 m、レシーバ (坑道壁面) : KDT-1 孔から KDT-2 孔側へ 12m



図一1.10.9 クロスホール調査で取得された波形
 トランスミッタ (KDT-1孔) : 深度0 m、レシーバ (KDT-2孔) : 深度0 m



図一1.10.10 クロスホール調査とVRP調査で得られたデータによる距離と伝播時間の関係

1.11 データベース化検討

1.11.1 はじめに

昭和63年度に釜石原位置試験第1フェーズが開始され、現在までに多量のデータが取得されているが、これらのデータは、様々な形態（報告書、ビデオテープ、マッキントッシュコンピュータのファイル、NEC PC-98 コンピュータのファイル、IBM 系コンピュータのファイル等）で保管されてきており、管理が一元化されていない。

これらのデータの中から必要なデータを引き出そうとする場合、特に第1フェーズのデータの場合は、まずそのデータの所在から調べる必要があり、非効率的な状況にある。

また第2フェーズのデータの場合は、担当者毎に保管していることが多く、他人がそのデータを利用する場合は、そのデータの担当者を通じて入手しなければならない。

釜石原位置試験終了時には、10年間の成果を取りまとめることが考えられるが、現在の状況では、データの検索が非効率的であることから、データ管理を一元化し、データの検索を効率的に行いデータの有効利用を図るためにデータベースを作成する。

1.11.2 実施内容

釜石原位置試験で取得されたデータをデータベース化するにあたり、データベース構築に必要なシステムや作業量についての情報収集を行った。

1.11.3 結果

情報収集の結果は以下の通りである。

- (1) 現在ワークステーションやパソコンレベルで用いられているデータベース（図-1.11.1）¹⁾ はほとんどがリレーショナルデータベース（Relational Database:RDB）とよばれるデータベースである（図-1.11.2）¹⁾。
- (2) RDBの管理システム（RDB Management System:RDBMS）としては、ORACLE, INFOMIX, SYBASEという3つのシステムが代表的なものである。
- (3) 上記3つのシステムの性能は現時点では特に差はない。
- (4) 市場の占有率はORACLEが最も高く、アプリケーションソフト（応用プログラム）も豊富である。
- (5) データの量から考えて、データベースのサーバとしては、ワークステーションが適している。
- (6) あらゆるデータを一つのデータベースに統合しようとするとう失敗することが多い。（画像データはビデオや光磁気ディスクに保管しておき、インデックスのみをデータベース上に記載しておくという考え方も重要）

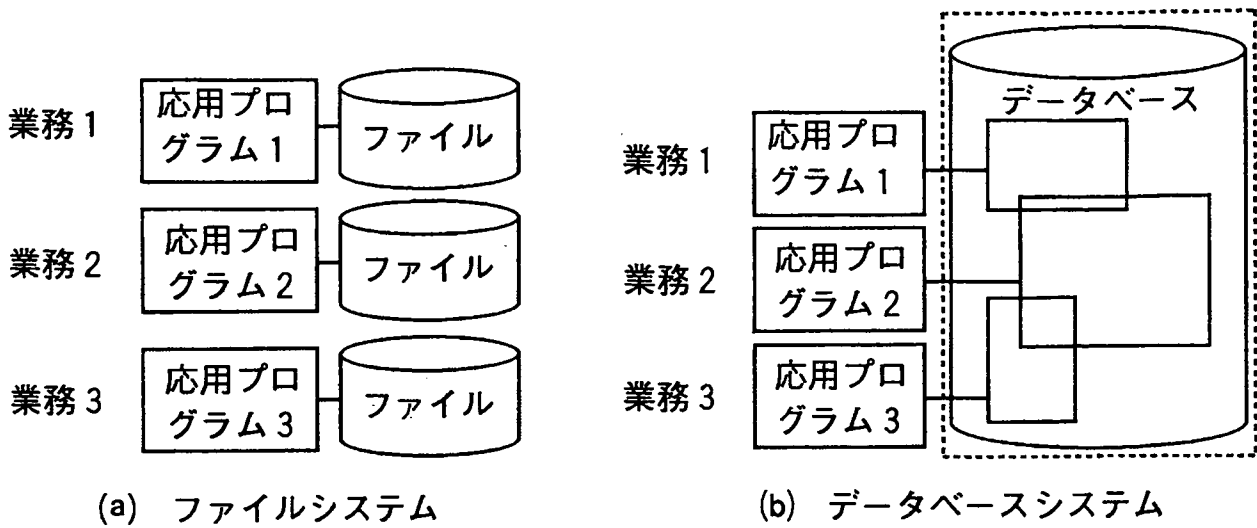
1.11.4 データベース構築の指針

- (1) 本作業では、図-1.11.1(b)中に示された「データベース」に相当する部分の構築を担当し、応用プログラムはユーザーが準備するものとする。
- (2) 種々の応用プログラムとのリンクができる限り容易なものを目指して、データベースを構築する。
- (3) パソコン上の応用プログラム等では明らかに実行が困難な作業（大容量データの検

索、ソート等)については、データベースの基本機能として応用プログラムを準備する。

参考文献

- 1) 増永良文 (1991) : リレーショナルデータベース入門—データモデル・SQL・管理システム—、株式会社サイエンス社



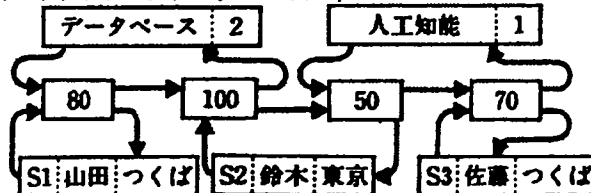
図一1.11.1 ファイルシステムとデータベースシステム (増永 (1991) より)

(1) リレーショナルデータベース

科目		学生		
科目名	単位数	学籍番号	氏名	住所
データベース	2	S1	山田	つくば
人工知能	1	S2	鈴木	東京
		S3	佐藤	つくば

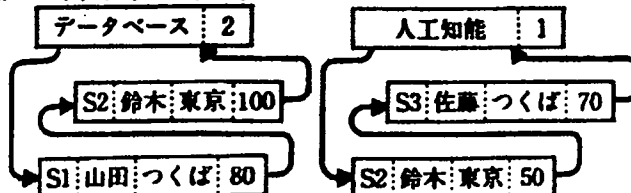
履修		
科目名	学籍番号	得点
データベース	S1	80
データベース	S2	100
人工知能	S2	50
人工知能	S3	70

(2) ネットワークデータベース



(→はポイント, [.....] はレコードオカレンスを表わす)

(3) ハイアラキカルデータベース



図一1.11.2 DBMSの概念比較図 (増永 (1991) より)

1.12 釜石原位置試験場のモニタリング状況（方法）の整理

1.12.1 はじめに

平成6年度、KD-90 坑道周辺の間隙水圧観測システムを整備した。ここでは、このシステムの概要を示すとともに、問題点について整理する。

1.12.2 間隙水圧観測システム概要

現在のKD-90 坑道周辺の試錐孔（図-1.12.1）では、昭和63年度から間隙水圧観測を行っている。間隙水圧観測は、試錐孔内をパッカーを用いて幾つかの区間に区切り、そこから孔口までチューブで水を導き、ブルドン管式水圧計を用いて各区間の間隙水圧を観測していた。ブルドン管式水圧計は、針で示された数値を読み取ることにより間隙水圧を観測するもので、読値に個人差が生じる、一度に全区間の間隙水圧を観測することができない、間隙水圧変化に対する応答が遅い等の問題があった。この問題を解決するため、今年度は間隙水圧観測を自動で行えるように整備を行った。

今年度KD-90 坑道周辺で実施した間隙水圧観測システムの整備は大きく以下の3点に分けられる。

- (1)パッカーラバー交換
- (2)間隙水圧の自動計測化
- (3)KH-4孔へのパッカーシステムの設置

(1)パッカーラバー交換

間隙水圧観測で使用しているパッカーシステムのラバー（ゴム）は、平成6年度初めにおいて、設置以来約5年経過しているものがあつた。ラバーは使用期間が長くなるほど劣化し遮水効果が落ちるため、遮水効果の信頼性を高めるためにパッカーラバーを交換した。今回パッカーラバーを交換した試錐孔は、平成6年度に間隙水圧観測用のパッカーシステムが設置されていた試錐孔（KH-6, 9, 10～18孔）である。

パッカーラバーを交換するためには、試錐孔内からパッカーシステムを引き抜く必要がある。パッカーラバー交換後パッカーシステムを再設置する際には、パッカーが以前に設置してあつた箇所と同じになるようにした。ただしKH-10孔については、後述するようにKH-4孔にパッカーを設置したため、それまで6本のパッカーが設置してあつたところを2本にして設置した。

(2)間隙水圧の自動計測化

前述したように、ブルドン管式水圧計は、水圧変化に対する応答が遅いこと、目視誤差があること、多点で同時計測が行えず測定間隔が長くなる等の問題が有るため、これをひずみゲージ式水圧計に交換するとともに、記録装置としてデータロガーを導入し、自動計測を行えるシステムとした。

ひずみゲージ式水圧計（日本特殊測器㈱（NTS）製、PCH型）は、間隙水圧を受けて変形する受感部にひずみゲージを接着して、間隙水圧変化に対するひずみ量の変化を電気信号に変換するもので¹⁾、電気信号は電線を通してデータロガーに入力され、ひずみ量から間隙水圧に変換された後、デジタル値として記録される。今回導入した水圧計は大気圧と間隙水圧との差圧を計測するもの（相対水圧計）であり、そのため大気圧が変化すると受感部もそれに合わせて変化するので、水圧観測結果は見かけ上間隙水圧が変化したような挙動を示すことがある。これに関しては、今回は大気圧の補正を行えるように

気圧計を導入するとともに、坑内温度変化に対する間隙水圧の変化の有無を確認するため、温度計（熱電対）を導入した。間隙水圧観測は、KH-20 孔掘削時は2分間隔で、その他の時期は5分間隔で行った（ただし、12月7日夕刻～12月8日夕刻はKH-20 孔におけるビルドアップ試験を実施したため、1分間隔でデータ取得を行った）。

水圧計の仕様を表-1.12.1に示す。

なお、TASK 2のKDT-1, 2, 3 孔における間隙水圧観測も同じシステムで実施している。

(3)KH-4孔へのパッカーシステムの設置

KH-4孔はKH-10 孔と交差している。KH-10 孔はKD-90 坑道において坑道規模での透水性を把握する試験の一環として、動水勾配を求めるための間隙水圧観測用に掘削された試験孔であり、これまではKH-10 孔にパッカーシステムを設置し、KH-4孔は試験孔孔口からの排水を防ぐために蓋を設置していた。

KH-4孔はKD-90 坑道西側約12mの位置にKD-90 坑道に平行に掘削されている試験孔である（図-1.12.1）。KH-4孔をそのまま放置しておけば、南北方向の大きな水みちとなり、東西方向の水圧伝播の緩衝箇所になる可能性がある。そのため、KH-4孔にパッカーシステムを設置し、KH-10 孔には口元およびKH-4孔との交差部の手前の合計2ヵ所にパッカーを設置した。またKH-4孔には、平成7年度に実施する圧力伝播試験（KH-4孔の最奥部を注水区間とする）に備えて、注水による漏水を防ぐために、KH-4孔の奥部に2本のパッカーを設置した（図-1.12.2）。

1.12.3 観測結果

(1)大気圧の影響について

図-1.12.3に、三陸はるか沖地震前後（平成6年12月28日21時23分発生）でのKH-9孔区間2（KH-9孔では5区間で間隙水圧観測を実施しており、区間2は試験孔奥から2番目の区間）での間隙水圧の経時変化と同時に記録された大気圧の経時変化を示している。間隙水圧は大気圧の変動と逆の変動（すなわち、大気圧が減少すれば間隙水圧は増加する）が認められる。これは前述したように、使用している水圧計の受感部が大気圧の変化に合わせて変化するためである。大気圧の影響の補正值は次式により求められる。

$$(\text{大気圧 (hPa)} - 1013.25) \times 1.01971213 \times 10^{-3}$$

（ただし、気温15°C、海拔0mの場合）

図-1.12.4に大気圧の影響を補正した結果を示す。これによれば三陸はるか沖地震時に水圧が急増し、それ以外の期間の間隙水圧はほぼ一定であることがわかる。

(2)間隙水圧の周期的な変化について

図-1.12.5に、KH-15 孔における間隙水圧の変化を示す。KH-15 孔は鉛直下向きに掘削された試験孔である（図-1.12.1）。図の横軸は、平成6年10月1日0時0分0秒（データロガーを設置した時間は、平成6年10月6日10時11分43秒）を0とし、そこから経過日数を示している。区間4と5*では周期的な間隙水圧の変化が認められる。これらは、潮汐の影響を受けていると考えられるが、現在のところ明らかになっていない。このような周期的な間隙水圧の変化は、他にKH-15 孔区間3, 6**, KH-12 孔区間1***、KH-18 孔区間3, 4, 6***で認められ、これらの試験孔は全て鉛直下向に掘削されている。何故、下向に掘削された試験孔で潮汐の影響を受けていると考えられる

周期的な間隙水圧の変化が認められるのか、また、何故全ての区間でこのような変動が認められないのかは今後の検討課題である。

- * KH-15 孔では6区間において間隙水圧観測を行っており、区間4と5はそれぞれ孔口から2つ目、3つ目の区間
- ** 図-1.12.5では、間隙水圧のスケールの関係で区間3, 6での周期的な間隙水圧の変化を確認しにくい、スケールを拡大すると認められる。
- *** これらの試錐孔でも6区間において間隙水圧観測を行っており、孔奥側が区間1、孔口側が区間6である

(3)水圧計の0点の移動について

今回導入した水圧計は、間隙水圧観測を開始する際に間隙水圧が0 kgf/cm²の時のひずみ量をそれぞれの水圧計について設定する必要がある。間隙水圧観測中に間隙水圧が一定にもかかわらず、間隙水圧が変化する区間が幾つか認められた。これは、水圧計の0 kgf/cm²のときのひずみ量が増加したため（以下、ドリフトと記述する）と考えられた。水圧計のドリフトについては、以下の2種類が認められた。

①急激に間隙水圧が変化する場合

②徐々に間隙水圧が変化する場合

①急激に間隙水圧が変化する場合

これは、KH-16 孔区間3で認められた（図-1.12.6）。図-1.12.6の横軸は、平成6年10月1日0時0分0秒からの経過日数としている。間隙水圧観測を開始してから数日後に、間隙水圧が急激に増加し、その後ほぼ一定となっている。また、観測開始後60日経過すると一時間隙水圧が下降し一定値（約1.6 kgf/cm²）を示しているが、この時、KD-90 坑道奥に坑道を掘削する前の発破防護の一環として、間隙水圧観測ラインを切断していた期間であり、ドリフトしていなければこの期間は0 kgf/cm²を示すはずである。この1.6 kgf/cm²分がドリフトした結果であり、本来の間隙水圧値に変換する際にはこの1.6 kgf/cm²を観測値から差し引く必要がある。

②徐々に水圧が変化する場合

これは、KH-18 孔区間4で認められた（図-1.12.7）。図-1.12.7の横軸は、平成6年10月日0時0分0秒からの経過日数としている。間隙水圧観測後の数日間はほぼ一定の間隙水圧を示しているが、その後は徐々に減少している。一時、間隙水圧が上昇しているが、これはKH-20 孔掘削で孔奥の高間隙水圧帯を貫通したためである。その後、間隙水圧は0 kgf/cm²になっているが、これはKH-18 孔のパッカーを再設置するために水圧観測ラインを切断したためである。間隙水圧観測開始後から約30日間の減少がドリフトと考えられる。このような状況は、TASK 2の間隙水圧観測（250mレベル坑道で実施）でも認められている。このような場合、本来の間隙水圧値に変換するためには、間隙水圧が安定した期間で補正直線（あるいは曲線）を求め観測値から除去する必要がある。

以上のように、幾つかの区間でドリフトが認められたが、この原因は水圧計にひずみゲージを張りつけてから安定するのを待たずに間隙水圧観測を開始したため、ひずみゲ

ージ自体が歪んだためと考えられる。

1.12.4 今後の課題

今年度、水圧観測システムを整備することにより、詳細な間隙水圧の変化をとらえることができるようになったが、水圧計のドリフトの問題が明らかになった。ドリフトの有無を確認し、定量的に把握するためには、ひずみ量をチェックする測定器を導入し、各々の水圧計について0 kgf/cm²時のひずみを定期的に観測する必要がある。

参考文献

- 1) 日本特殊測器株式会社総合カタログ

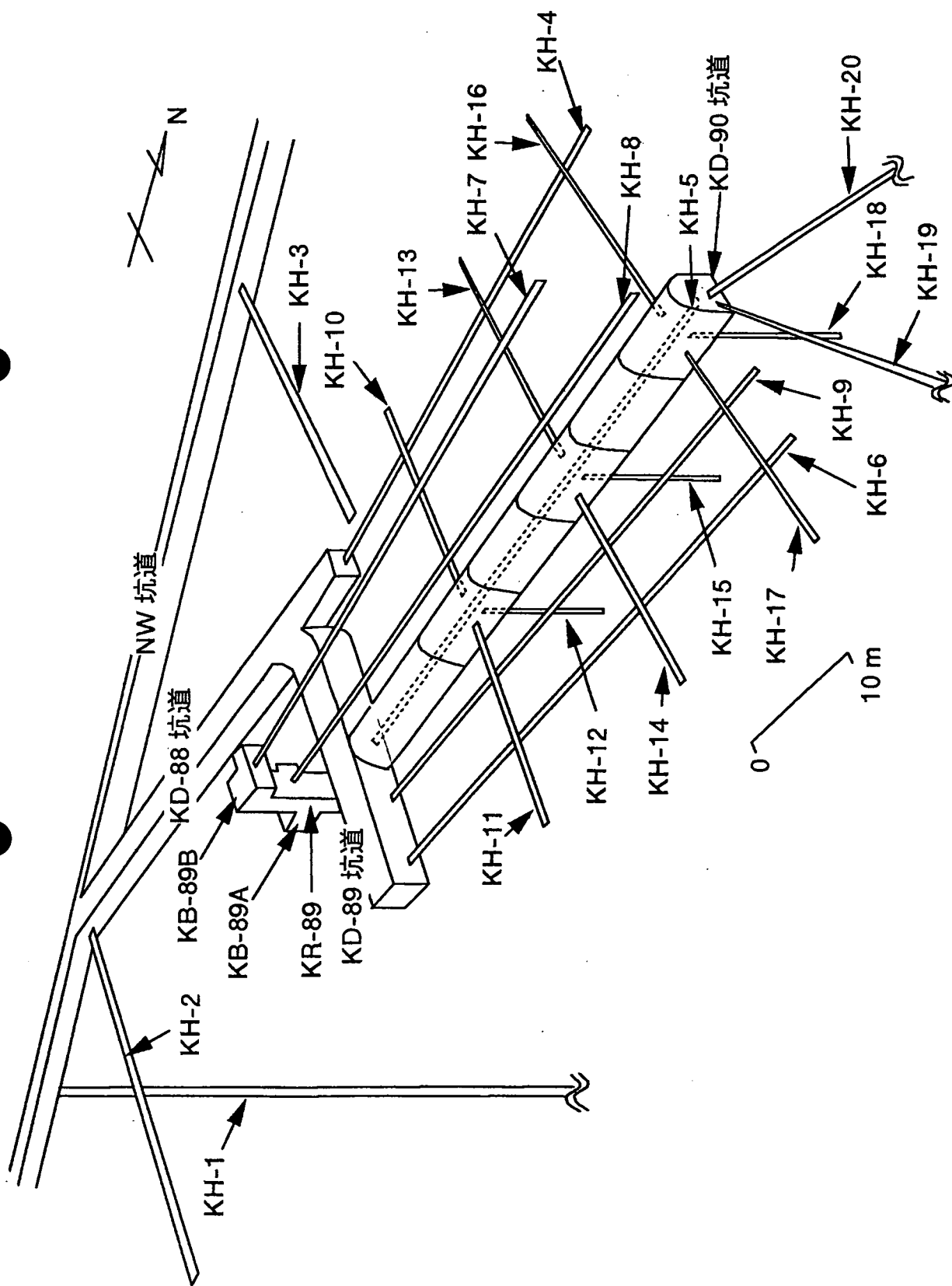


図-1.12.1 KD-90 坑道周辺の試錐孔位置図

表-1.12.1 間隙水圧計仕様

型名	PCH-5K
定格出力	1mV/V \pm 1%
非直線性	0.3%RO
ヒステリシス	0.3%RO
繰り返し性	0.2%RO
温度補償範囲	-10 \sim 60 $^{\circ}$ C
許容温度範囲	-15 \sim 100 $^{\circ}$ C
温度による零点の影響	\pm 0.02%RO/ $^{\circ}$ C
温度による出力の影響	\pm 0.02%/ $^{\circ}$ C
許容過負荷	150%RO

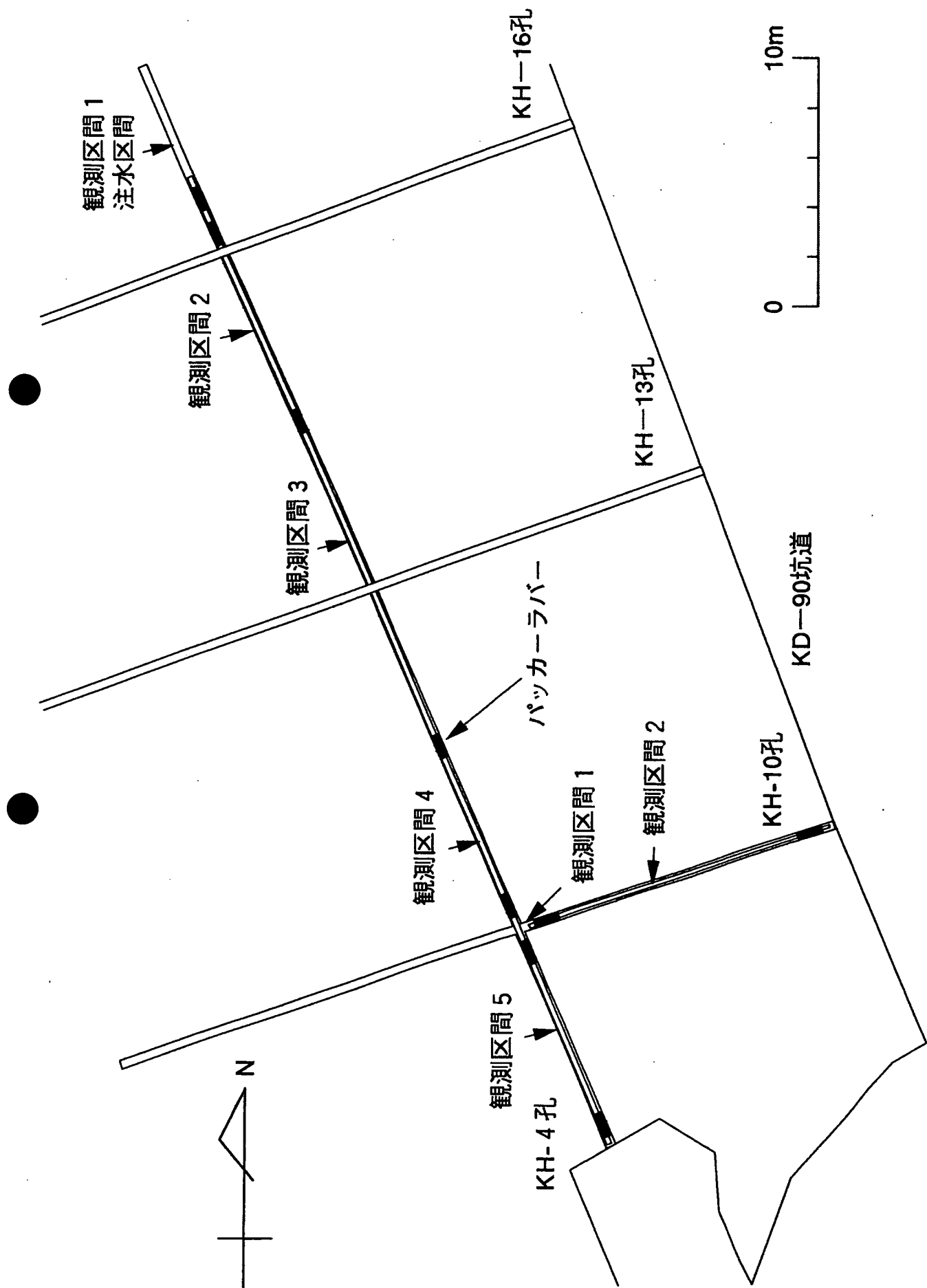
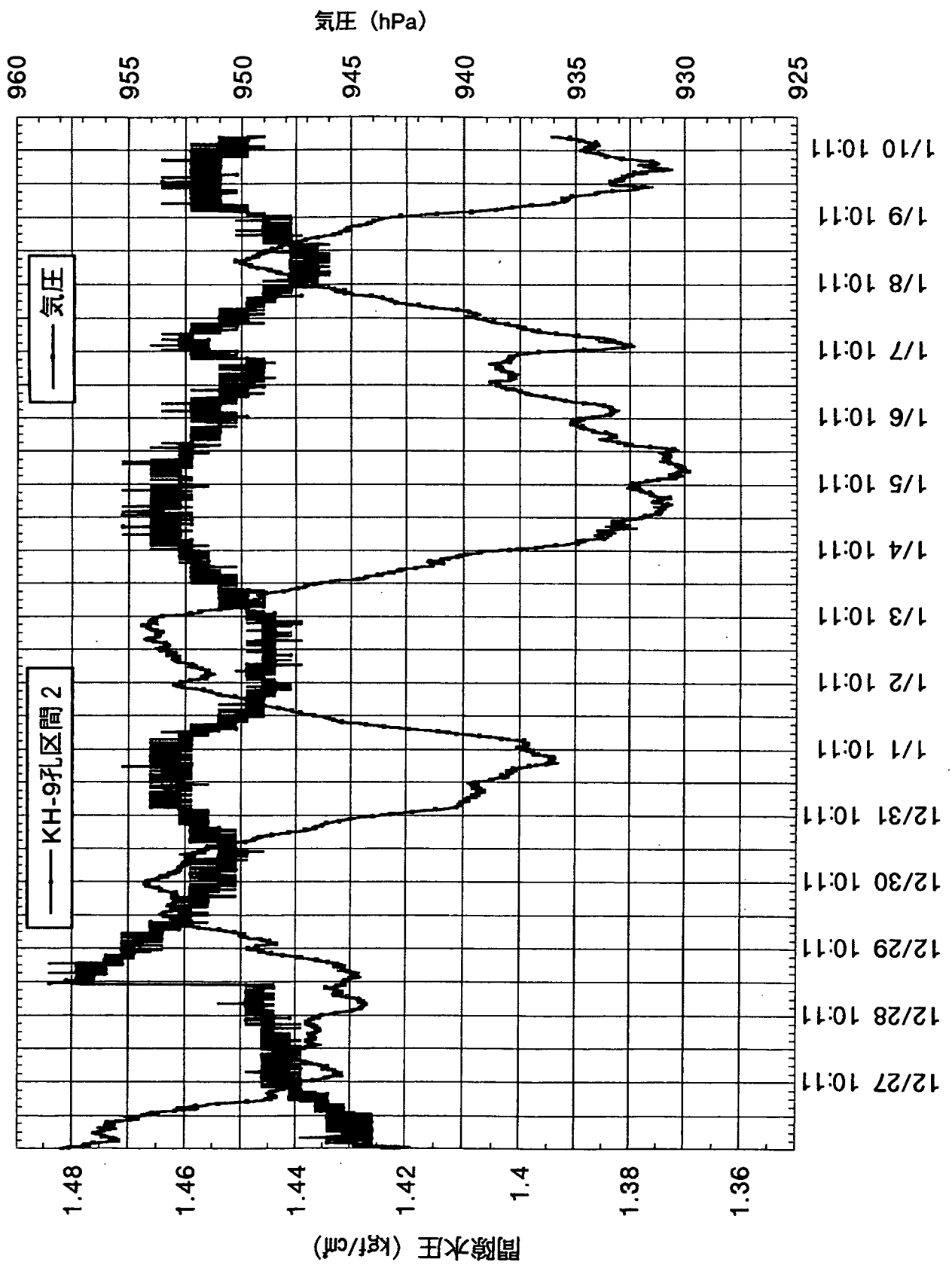
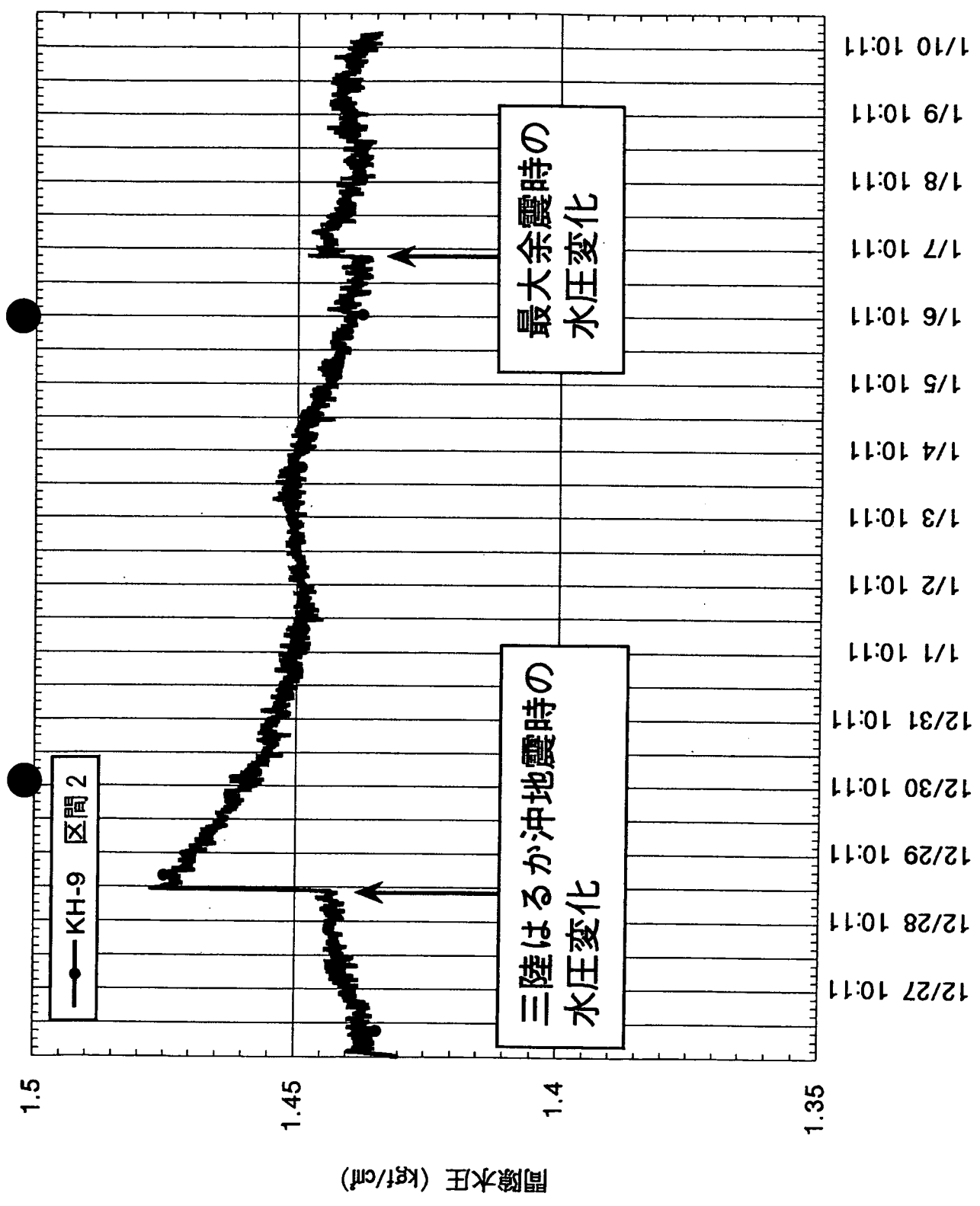


図-1.12.2 KH-4孔とKH-10孔のパッカー配置図



図一1.12.3 三陸はるか沖地震前後のKH-9孔区間2の間隙水圧と気圧の変化



図一1.12.4 三陸はるか沖地震前後のKH-9孔区間2の間隙水圧の変化

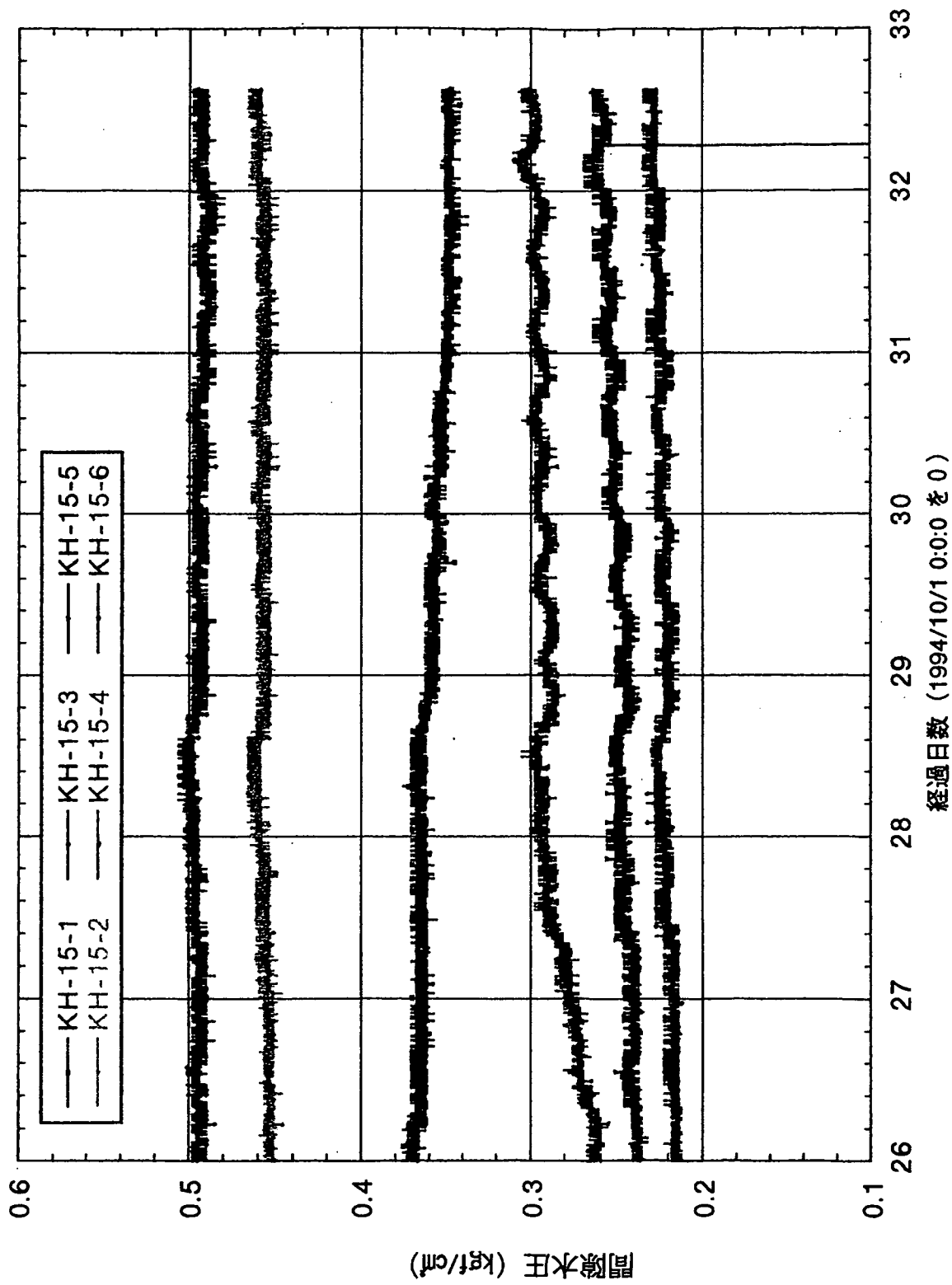


図-1.12.5 KH-15 孔における間隙水圧の変化

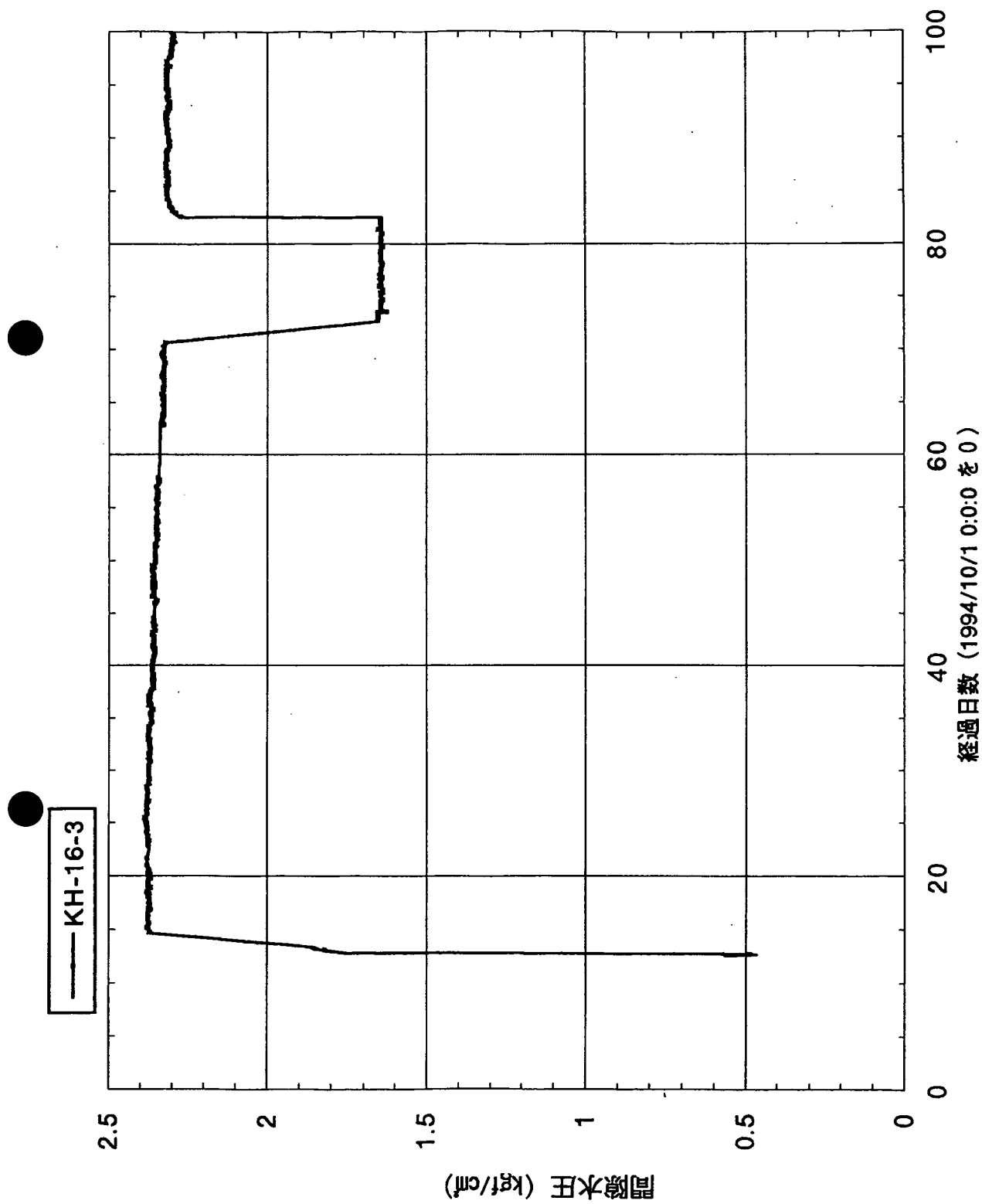


図-1.12.6 KH-16 孔区間 3 における間隙水圧の変化

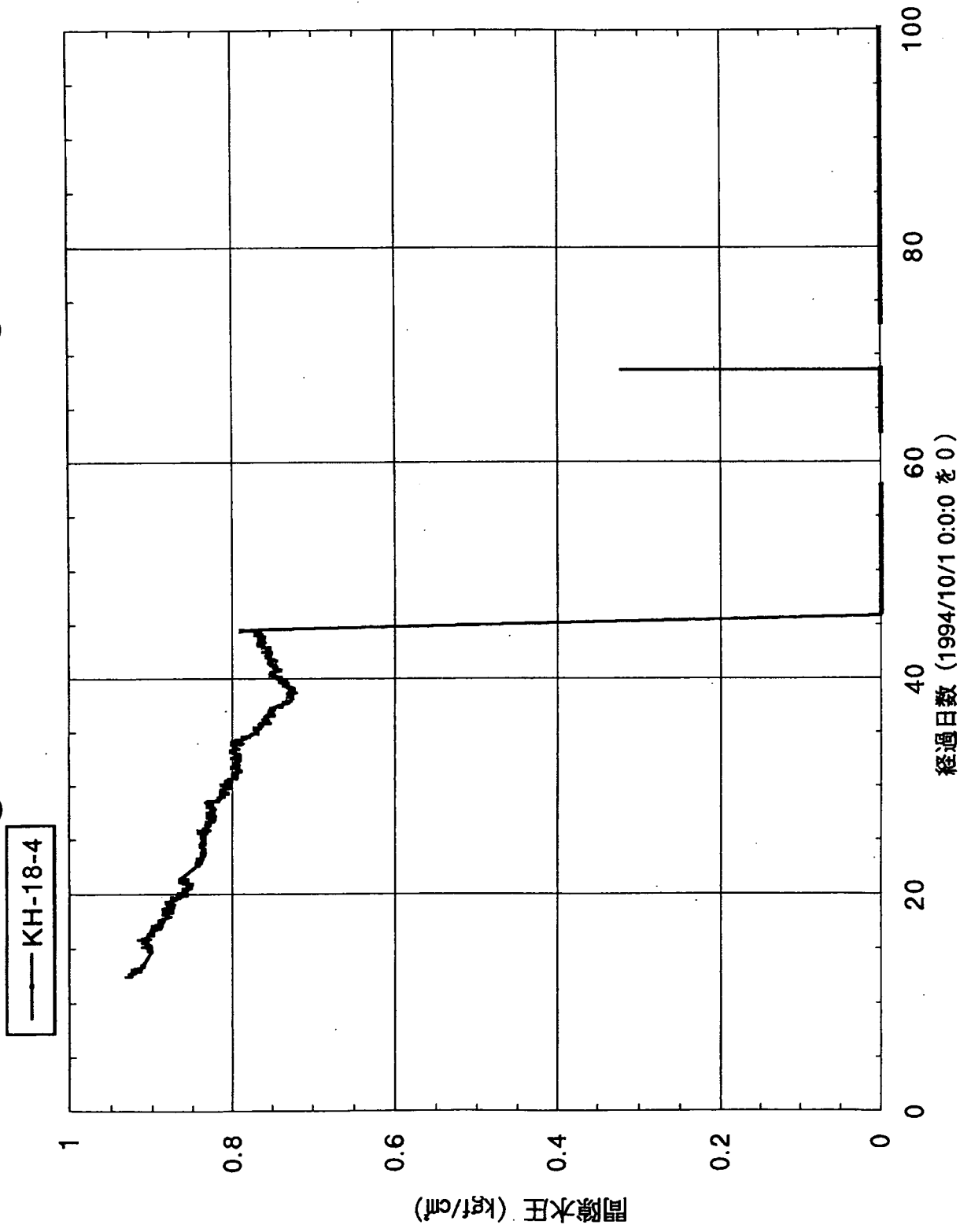


図-1.12.7 KH-18 孔区間 4 における間隙水圧の変化

2. TASK 2 : 深部岩盤における掘削影響領域の評価

2.1 概要

(1)目的

地下深部の岩盤中に空洞を掘削すると、掘削による岩盤の損傷や応力再配分現象による空洞周辺部の割れ目や空隙の変化に伴う岩盤の物性変化が生じる。このような物性変化の程度やその範囲を把握することは、地下空洞の安定性評価や設計・施工のために必要である。動燃では、このような物性変化領域を掘削影響領域と呼び、前述した岩盤の物性変化の程度やその範囲を定量的に把握・評価するための調査手法やモデル化手法の研究を進めている。

釜石原位置試験においては、結晶質岩系の掘削影響に関する知見を得るため、第1フェーズにおいて550mレベル坑道と呼ばれる地表下約300mの地点に位置する坑道を利用した掘削影響試験を実施した。平成5年度から開始された第2フェーズにおいては、250mレベル坑道と呼ばれる地表下約730mに位置する既存坑道を利用し、より地圧の高い環境下での掘削影響を調べるための調査・試験を実施している。

本調査の目的は、以下の3項目である。

- ①掘削影響の計測手法および評価手法を開発する。
- ②掘削影響領域の特性と広がり把握する。
- ③掘削影響領域に関連するプロセスと岩盤の特性変化との関係性を評価する。

(2)実施内容

平成5,6年度では、約20年前に掘削された250mレベル坑道近傍に現在存在すると思われる掘削損傷領域（坑道掘削による岩盤の損傷や既存割れ目の開口により力学的・水理学的物性が著しく変化した領域）を対象に、既存の調査手法・機器の有効性を評価するための調査と平成7年度から実施される新規坑道掘削を伴う掘削影響試験の計画を立案した。以下に各調査の概要を示す。

(a) 既存坑道における掘削影響領域の評価 (図-2.1.1)

a. 地質調査

250mレベル坑道内原位置試験場周辺の地質環境特性を把握するため、坑道割れ目調査及び試錐孔におけるコア観察、BTVを実施している。平成5年度に実施した250mレベル坑道における割れ目調査の結果は、文献1)にまとめられている。また、新たに250mレベル既存坑道周りの調査のために掘削されたホリング孔においてBTVやコア観察が実施された。また、既存坑道周辺の岩石の微視的な構造を観察するために、コアサンプルより薄片を作成し、マイクロラックの観察も実施している。

b. 地球物理学的調査 (PS検層, 弾性波屈折法, レーダー反射法, 弾性波・レーダトモグラフィ)

既存坑道周辺の掘削影響領域を把握するとともに、調査手法・測定機器の有効性を検討するため、地球物理学的調査 (PS検層, 弾性波屈折法, レーダー反射法, 弾性波・レーダトモグラフィ)を実施した。以下その概要を述べる。

・PS検層 (図-2.1.2)

PS検層は、KDT-1,2孔において実施された。P波、S波は坑壁や厚板をハンマーで叩いて発生させ、孔内に設置した受振機により捉える。測定間隔は、側壁から5mまでが25cmピッチ、それ以深の部分は50cmピッチである

・弾性波屈折法 (図-2.1.3)

24個の受振器（固有周波数28Hz,各受振器の間隔は0.5m）を12m間に設置した受振測線を設け、受信測線と発振点の位置を坑壁に沿って移動させることで、坑壁に沿った複数の走時曲線を得る。その走時曲線にはき取り法と呼ばれる解析手法を適用し、坑道周辺の弾性波速度の2次元分布を得る。探査可能な深度は、測線長の1/2程度（ここでは、坑道壁面から5~6m程度）の範囲である。

・弾性波トモグラフィー（図-2.1.4）

弾性波トモグラフィーは、KDT-1,2孔間で実施した。坑道壁面近傍の弾性波速度分布を求めるために、坑道壁面にも受振器を設置し、坑道壁面近傍を通る波線数をできるだけ密にするような計測器配置となっている。ボーリング孔内の発・受振点間隔は坑道壁面より10mまでは0.5m間隔、それ以深は1m間隔である。発振源としては、スパーカを用いており、ボーリング孔内の受振装置にはハイドロフォンを、坑道壁面の受振装置にはジオフォン（固有周波数28Hz）を用いた。

・レーザ-反射法（図-2.1.5）

側壁に設置された発振点と受振点を連続的に移動させ、連続的に得られる電磁波の反射波形から、電磁波の反射面を同定し、反射面となる割れ目の分布を知ることにより掘削影響を把握する。電磁波は高周波（周波数数百MHz）であるため、弾性波に比べ周波数帯域を広くとることができ分解能の高い測定が可能である。

・レーザ-トモグラフィー

弾性波トモグラフィーと同様な測定であるが、測定には弾性波よりも分解能の高い電磁波を用いた。

c. 応力調査（円錐孔底ひずみ法）

既存坑道から水平及び斜め45度のボーリング孔（KDS-1,2）を掘削し、応力解放法の一つである円錐孔底ひずみ法による応力測定を実施した。測定は、深度0.5~10mまでの間に5~7点実施した。

d. 力学特性調査（孔内載荷試験、室内試験：一軸・三軸圧縮試験、圧裂試験、物性試験等）

・孔内載荷試験

既存坑道周辺に掘削された水平、斜め45度、鉛直下向きのボーリング孔（KDK-1,2,3）において孔内載荷試験を実施した。孔内載荷試験は、坑道側壁から0.4~3.8mの範囲で3~4箇所実施した。載荷応力レベルは、最大300kgf/cm²である。

・室内試験

KDK-1~3孔のコアを用い、一軸・三軸圧縮試験、圧裂引張試験、弾性波速度測定、空隙率測定等の室内試験を実施した。室内試験用コアの採取位置は、坑壁から0.32~0.82mの範囲で6供試体、3~4mの範囲で3供試体である。

e. 水理調査（間隙水圧測定、水理的ゆるみ領域計測装置の亀裂性岩盤への適用試験：定常法と非定常法の比較）

既存坑道周辺岩盤中の間隙水圧分布を把握するため、50mの長さのKDH-1,2,3孔を掘削し各孔それぞれ3~7m,9~17m,19~24m,26~32m,34~41m,43~50mの区間にて平成6年3月3日より間隙水圧モニタリングを実施している。

また、既存坑道周辺に掘削された3本のボーリング孔（KDK-1,2,3孔）においてゆるみ領域透水試験装置を用いた測定を実施した。この装置は、従来定常法による測定のみ可

能であったが、結晶質岩は透水性が極めて低いため、本調査の実施に当たり、非定常法(パルス法)による測定が実施できるように、貯水ファンを新たに追加している。従って、本調査では従来の定常法と非定常法による測定を実施し、両者の比較も行うこととなっている。

f. 結晶質岩中に存在する不連続面の力学特性の把握

結晶質岩の挙動は、内在する不連続面の分布や大きさ、走向・傾斜、力学特性に支配される。ここでは、不連続面の力学的特性に関する基礎データを得るため、KDH-1～3孔(間隙水圧測定用ボーリング孔)のコアから、き裂を含む部分を採取しき裂の室内せん断試験を実施した。この際、き裂の選定条件として3項目(き裂の種類、充填物の種類、充填物の幅)を設定し、力学特性(垂直、せん断剛性等)との相関性を検討した。

(b) 掘削影響試験(試験計画の立案)

(a)の既存坑道における調査結果や国内外の掘削影響試験の計画・結果を参考に、新規坑道を掘削して実施する掘削影響試験の計画を立案した。

(c) 坑道周辺の地下水のREDOX状態調査

a. 原位置での地下水水質モニタリング

平成5年度に設置したパッカー式地下水採水装置及び連続モニタリング装置を用いて、地下水中の物理化学パラメータ(水温、pH、酸化還元電位(Bh)、電気伝導度、溶存酸素濃度)の連続モニタリングを継続して行った。

b. 解析コードを用いた試解析

坑道壁面からの酸素の拡散による地下水中の溶存酸素濃度への影響を概略的に推定するため、既存の次元拡散コードによる試解析を実施した。

c. 室内試験

既存文献の調査を行い、黒雲母等の鉄を含む鉱物による地下水中の溶存酸素消費反応に関して、これまでに考えられている知見を整理した。また、試験に供する黒雲母の化学組成分析及び表面積分析を実施した後、試験を開始した。

(3) スケジュール

TASK2 試験項目	1994年										1995年		
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	
①既存坑道周りの掘削影響調査			-----										
②掘削影響試験計画策定													
③REDOX 状態調査													

(4) 主な成果

(a) 既存坑道周りの掘削影響に関する調査

a. 地質調査

- ・坑道壁面観察の結果、調査対象領域内の割れ目頻度は 0.8m/本程度であり、割れ目の卓越方向は、N75°W ~ EWであった。傾斜は、70~90°と高傾斜である。
- ・坑道壁面観察及びコア観察の結果では、調査対象領域周辺は栗橋花崗閃緑岩で構成されており、岩種は均一である。
- ・BTV 及びコア観察の結果では、割れ目の卓越方向は開口割れ目と閉鎖割れ目で異なり開口割れ目ではN20°E, N75°W 方向、閉鎖割れ目ではN20°W であり、高傾斜である。
- ・薄片観察により、坑道周辺岩盤中のマイクロクラックの分布を調べた結果、総マイクロクラック数は坑道壁面からの距離とともに減少すること、各鉱物ごとにその割合が異なるといった傾向が把握された。

b. 地球物理学的調査

PS検層と弾性波屈折法の結果から、坑道壁面より約50cmの範囲で弾性波速度が低下した領域が存在することがわかった。また、レーザ反射法の結果から、応力集中により生じたと思われる坑道壁面に平行な割れ目が、坑道壁面から1m程度の地点に多数存在する可能性が推定された。

c. 応力調査

既存坑道周辺の岩盤の応力分布から、坑道天盤方向には岩盤が緩んだ領域が存在する可能性がある。また、割れ目集中ゾーンや変質幅・充填物幅の大きい割れ目は、坑道周辺の局所的な応力変化を引き起こす要因となっている可能性があり、結晶質岩を対象とした岩盤挙動の予測では、割れ目の影響を考慮した数値解析を行う必要がある。

d. 力学特性調査

孔内載荷試験の結果から、坑道壁面から50cm程度の部分までは、岩盤の力学特性が低下している可能性が高いことがわかった。また、岩石部分の物性には坑道壁面からの距離に応じた有為な差が見られないことから、前述の力学特性の低下は主として坑道壁面近傍に存在するき裂の影響による可能性が高いと考えられる。

き裂の特性試験では、3つの分類指標のうち、充填物の種類とき裂の力学特性に若干の相関性が認められた。

e. 水理調査

間隙水圧測定の結果、既存坑道周辺の水圧低下領域が 20 ~ 30m 程度の範囲であることがわかった。また、透水試験の結果、変質を伴う充填物幅の広いき裂部分での透水性は、他の箇所 비해 2~ 3オーダー透水係数が高いことがわかった。

以上の結果から、既存坑道周りの掘削損傷領域は坑道壁面から1m以内であり、岩盤物性としては弾性波速度で 20 ~ 40% 程度、変形性では最大 50%程度低下している可能性があると考えられる。また、水理学的な影響範囲は、坑道壁面から20~30m 程度であると推定される。

(b) 坑道周辺の地下水の REDOX状態調査

原位置での地下水水質モニタリングからは、坑壁から2m程度の岩盤中でも地下水中の溶存酸素濃度は、坑壁に湧出する地下水に比べ非常に低いことがわかった。また、解析コードを用いた試解析からは、坑壁からの酸素の拡散のみでは、地下水中の溶存酸素濃度に影

響を与える範囲は坑道周辺の非常に狭い範囲であると推定された。

(5) 今後の予定

既存坑道周辺の調査として、比抵抗トモグラフィー、高帯域レーダー調査、坑壁のごく近傍における透水試験を実施する。岩石の化学的緩衝能力を把握するための室内試験を開始する。また、掘削影響試験の準備として、計測坑道と試錐孔を掘削し、予備的な計測（振動測定、AB測定、PAC-BX（PACKer-EXtensometerの略。AECL(カナダ)が開発した）を用いた透水試験、弾性波屈折法、PS検層）を行うとともに亀裂調査を実施する。REDOX状態調査では、水質モニタリングの継続実施、解析コードの改良（移流項の考慮）、室内試験（バッチ式試験による栗橋花崗閃緑岩の酸化還元能力の把握）を実施する。

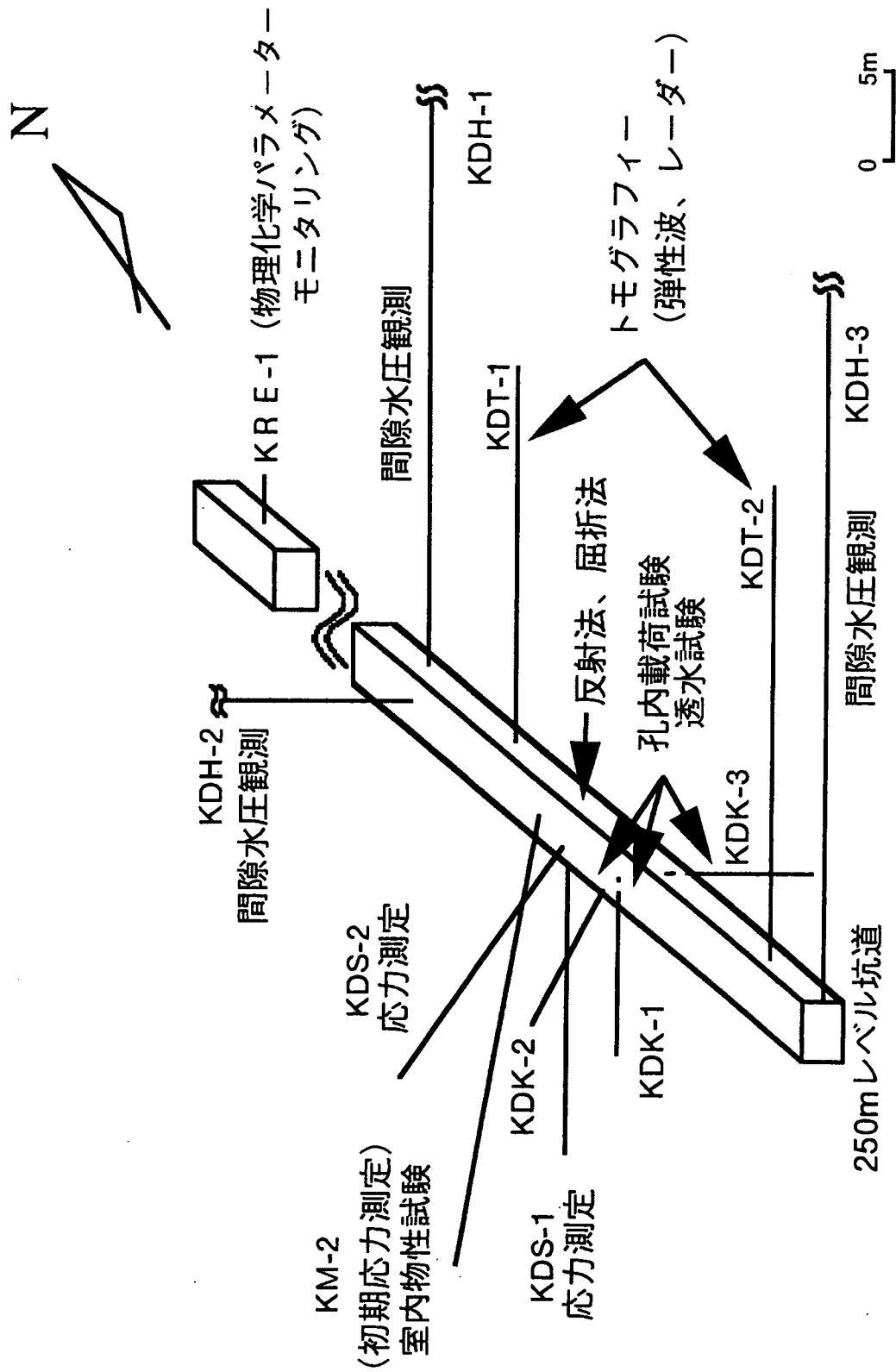


図-2.1.1 既存坑道周りの掘削影響領域研究 調査レイアウト

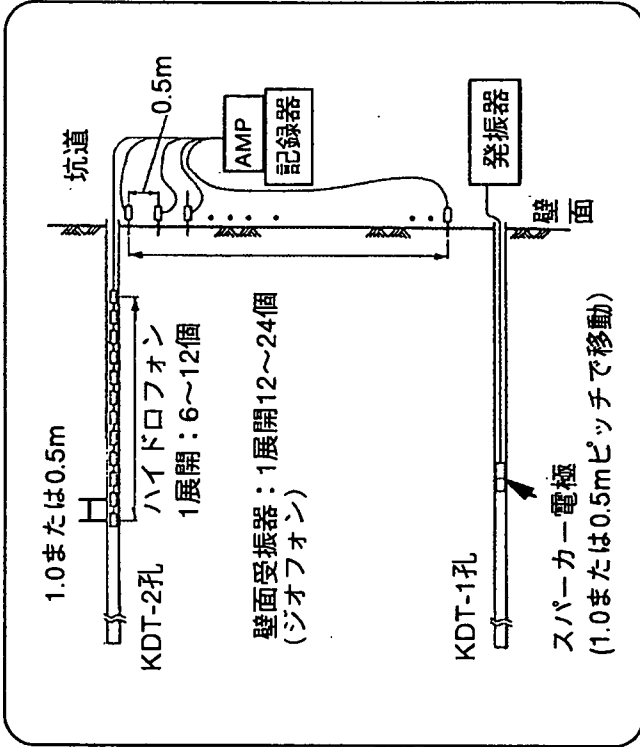


図-2.1.4 測定方法概念図 (弾性波トモグラフィー)

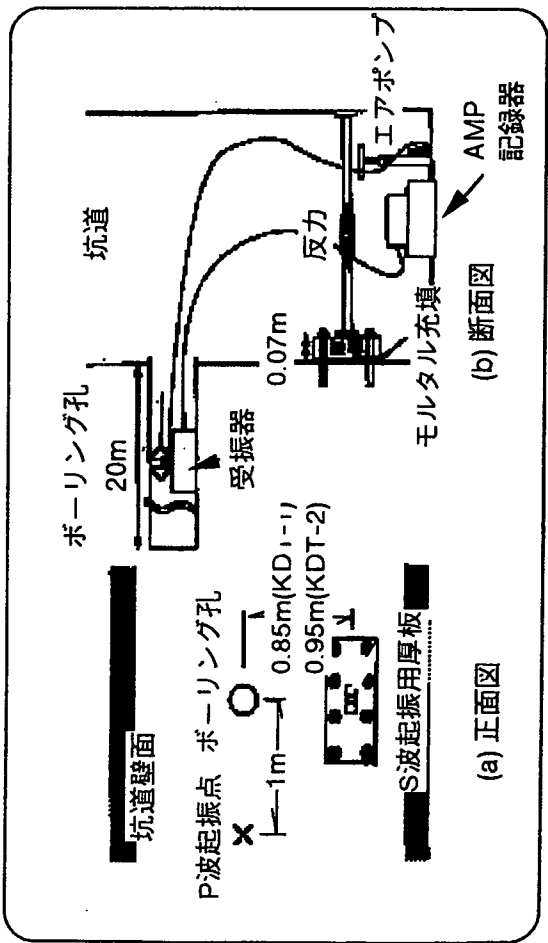


図-2.1.2 測定方法概念図 (PS検層)

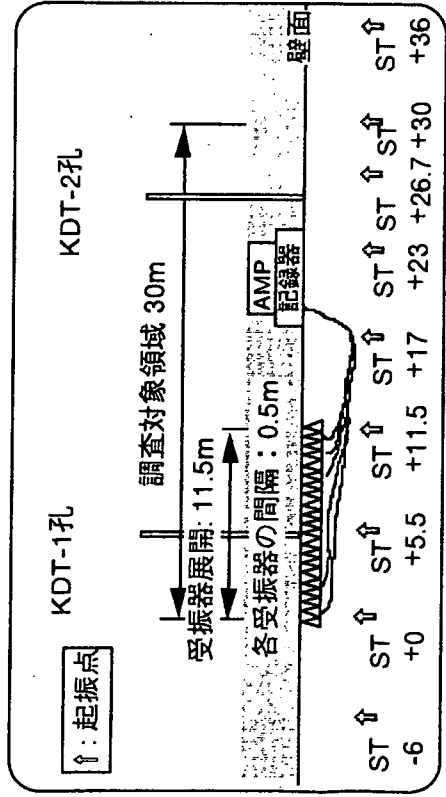


図-2.1.3 測定方法概念図 (弾性波屈折法)

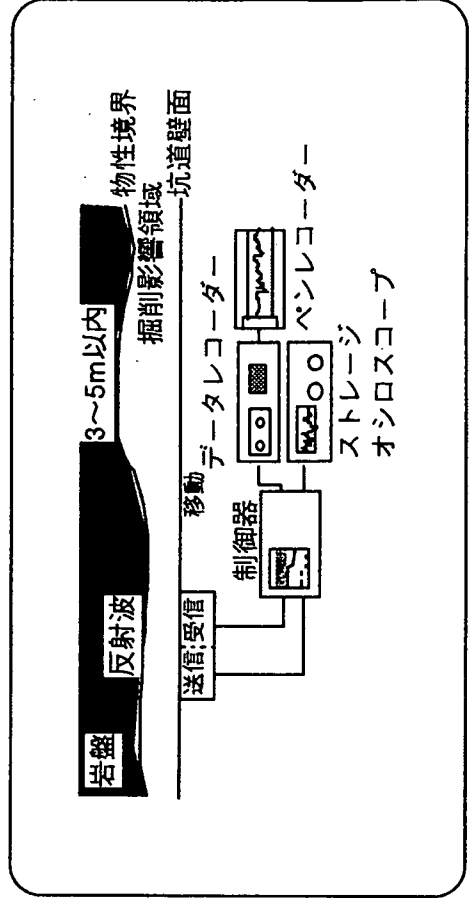


図-2.1.5 測定方法概念図 (レーザー反射法)

2.2 既存坑道周辺の地質環境

1) 既存坑道における坑道割れ目調査結果¹⁾

結晶質岩の力学的・水理学的特性は、内在する割れ目の幾何学特性やそれ自身の力学的・水理学的特性に支配される。このため、既存坑道において割れ目調査を実施し、250mレベル坑道における割れ目の特徴やその幾何学特性について検討した。

平成5年度に実施した250mレベル坑道における坑道マッピングの結果を図-2.2.1に示す。マッピングに当たっては、坑道床盤から1mの高さに測線をはり、これに交差する割れ目に番号を付けている。また、記載対象とする割れ目のトレース長は長さ3m以上の割れ目を対象として実施した。調査対象区間は、250mレベル第8試錐座と呼ばれる地点付近を起点として北側へ440mの区間である。

この範囲内で調査された地質及び割れ目分布の特徴は以下の通りであった。

- ・調査区間内は、ほとんど栗橋花崗閃緑岩により構成され、閃緑岩の捕獲岩を含む。
- ・47~48m, 71~73m, 135~138m, 345~352m, 390~395mの5区間では、複数の割れ目が集中する割れ目帯を形成する。
- ・卓越する割れ目の走向傾斜は、WNW-ESBからW-E方向で垂直に近い。また、NE10~20Sの走向を持つ割れ目も多い。観察された割れ目の傾斜は全般的に高傾斜である。
- ・開口割れ目の総数は、60本であり、特に0~100m区間で多い。測定された開口割れ目の開口幅は、5mm以下のものが多いが、幅10mm以上の割れ目も4本程度見られた。
- ・割れ目総数は400本であり、調査区間内の頻度は約0.8本/m程度である。

既存坑道周りの掘削影響調査を実施した区間0~50m内の割れ目は、頻度がやはり0.8本/m程度であり、その走向はN75W~NE、傾斜は70~90°の割れ目が卓越している。

2) BTVとコア観察²⁾

既存坑道周辺の地質情報を得るため、新たに掘削されたボーリング孔のコア観察及びBTVを実施し坑道周辺の割れ目分布の特徴について検討した。ボーリングコアの観察結果及びBTVにより得られた解析結果を図-2.2.2に示す。以下得られた結果について述べる。

- ・KDS-1, 2孔における岩質は、すべて栗橋花崗閃緑岩である。
- ・KDS-2孔では、深度12~13mの部分に変質・破碎を伴うRQDの低い部分が存在する。
- ・KDS-1, 2孔では、割れ目の走向・傾斜は開口の有無で異なり、開口割れ目の卓越方向は、N20E・N75W、閉鎖割れ目の走向傾斜はN20Wであった。また、傾斜は開口・閉鎖割れ目とも70~80°と高傾斜である。
- ・割れ目の頻度は、KDS-1孔で1~4本/m、KDS-2孔で2~4本/m程度である。また、両孔で一部に割れ目頻度の高い区間がある。両孔において観察された開口割れ目は0.5本/m程度の頻度である。坑道壁面での割れ目調査との差は、主に観察可能な精度の差(BTVでは0.2mm程度、地質観察ではmmオーダー)に起因すると考えられる。

3) ボーリングコアを用いた岩石の微視的構造の観察³⁾

坑道周辺岩盤中には、坑道掘削それ自身や坑道近傍の応力集中により微視的な損傷(具体的には、マイクロクラックの発生)が発生する。この微視的な損傷域は、岩盤の力学的・水利学的特性の変化やその長期安定性に影響を及ぼす可能性がある。このような観点から、坑道壁面近傍のコアサンプルより薄片を作成し、マイクロクラックの分布を調べた。薄片は、蛍光樹脂を注入したコアより作成し、薄片内に長さ20mmのスキャンラインを設定してそれと交差するマイクロクラック数を各構成鉱物ごとに計数した。

結果を図-2.2.3 に示す。この結果から、1) 総マイクロクラック数は、坑道壁面からの距離より減少すること、2) 石英や長石は、微小亀裂数が他の鉱物粒子に比べ多い。3) 微小亀裂頻度は、坑道壁面から2m離れるとほとんど差がなくなる等の知見が得られた。

しかし、250mレベル坑道は掘削後既に20年余りを経過しているため、マイクロクラック数の違いが掘削時に生じたものかあるいは長期的なクリープ現象により生じたものかについては現段階では特定できない。今後、岩盤の長期的な安定性を評価する上では、新規に掘削される坑道や掘削年度の異なる地点で同様の調査を実施し、マイクロクラックの発生時期を特定していくことが重要になると考えられる。

4) 既存坑道周辺の応力分布²⁾

掘削時の応力再配分現象による岩盤の力学的・水理学的特性変化を把握する上では、坑道周辺岩盤中の応力状態を知ることが必要である。このため、既存坑道周辺において円錐孔底ひずみ法による応力測定を、坑道壁面からの深度を変化させて数点実施した。このうち、KM-2孔で実施された応力測定は坑道壁面から深度10m以深で実施されており、岩盤を連続体として仮定した場合の応力再配分領域 $3 \times D$ ($D=3m$) の範囲を越えているため、初期応力として取り扱うことが可能であるが、算定された応力値の信頼性が低いために、ここでは、坑道周辺岩盤中の応力状態について考察するとともに、結晶質岩の挙動を支配すると考えられる割れ目分布と応力分布との比較を行なった。

KDS-1, 2 孔で実施された応力測定結果を図-2.2.4, 2.2.5 に示す。円錐孔底ひずみ法では、測定された応力値を用い岩盤を弾性体と仮定した場合に算出される歪み分布と実測された歪み分布を比較し測定結果の信頼性を評価するが、KDS-1 孔の深度 4.0及び10.0m の地点は測定された歪み分布と理論的に計算される歪み分布が一致していないため、他の測定点に比べ測定結果の信頼性が低いと考え、ここでは評価の対象から除外する。

水平面内での各測定点における最大主応力は坑道とほぼ平行な方向であり、その絶対値は局所的に変化している。最小主応力方向はほぼ坑道に直交する方向であり、最大主応力 / 最小主応力比が2程度である。BTV 及びコア観察結果では、このような局所的な応力変化が認められる前後の位置に相対的に大きな変質幅や充填物を持つ割れ目が認められており、坑道掘削時のこれらの割れ目の開口あるいは変形がいったものが坑道周辺の応力分布に影響を及ぼしている可能性がある。

一方、鉛直断面内での主応力方向とその大きさは、水平面内に比較して局所的な変化が大きい。KDS-2 孔における各測定点の最大主応力の方向は最深部を除くと全般的に坑道方向に向かっており、かつ絶対値の大きさは坑道に近づくにつれて減少していく傾向が見られる。特に、坑道壁面から3m内では、それ以深の応力に比べ最大、最小応力値が小さく、岩盤が緩んでいる可能性がある。KDS-1 孔における測定では、坑道接線方向の応力は、坑道壁面から離れるにつれて減少する傾向を示しており、理論的に示される連続体の応力変化と調和的である。坑道半径方向の応力変化は、連続体を仮定した場合の変化と一致していないが、坑道と平行な走向を持つ割れ目の存在により、坑道直交方向には岩盤が不連続体として挙動している可能性がある。極端な応力値変化や主応力軸の回転が生じている測定点の前後には、前述した変質幅や充填物幅の大きな割れ目あるいは割れ目が密集している箇所が認められる。以上の結果から、既存坑道周りには天盤部に岩盤が緩んだ領域が存在する可能性が高いこと、割れ目の存在が局所的な応力変化を生じさせていることなどが推定される。今後は、岩盤の力学的・水理学的特性変化と不連続面の影響との関係を定量的

に評価するため、不連続面の影響を考慮した岩盤挙動解析を実施し原位置測定結果と比較・評価を行っていくことが必要である。

2.3 既存坑道における掘削影響領域の評価⁴⁾

1) 地球物理学的調査

既存坑道近傍に存在すると考えられる掘削損傷領域の範囲の把握という観点での、物理探査手法の適用性を検討するため、各種物理探査(PS 検層、弾性波屈折法、弾性波・レーザトモグラフィー、レーザ反射法)を既存坑道壁面の同一地点を対象として実施した。

S 波検層と弾性波屈折法では、坑壁から50cm程度の範囲の低速度帯を比較的明瞭に捕らえている(図-2.3.1, 2.3.2)。弾性波トモグラフィー調査では、坑道壁面から2m程の範囲で弾性波速度が健岩部の速度の40~80%程度に低下している領域が見られ(図-2.3.3)、また KDT-1孔近傍にそれと平行な方向にも低速度帯が見られる。KDT-2 孔側には、それとほぼ平行な走向を持つ赤色変質を伴う割れ目が集中しており、その変質部の間隙率は、未変質部の倍程度あることが室内試験により確認されている。この低速度帯の部分は、変質部分を伴う割れ目を検出したものである可能性がある。また、坑道壁面から17m程度の地点にも低速度部分が見られるが、この部分については該当するような地質学的要因がない。測定されたデータの質、坑道壁面近傍とボーリング孔奥での波線密度の差⁵⁾、坑道壁面での受振とボーリング孔内で設置しているセンサーの違い、掘削損傷領域のような弾性波速度の著しく低い薄い層構造を対象とした場合のトモグラフィー解析手法(ここではATR 法と呼ばれる手法を持っている)が妥当であるか⁶⁾等の影響が考えられるが、主たる要因の特定は今後の検討課題である。

レーザ反射法では、坑道壁面近傍でのレーザ波の多重反射によるノイズ(リングと呼ばれる)が多く坑壁付近(坑道壁面から1m内)の亀裂を捕らえられなかった。しかし、坑道壁面から1m程度の部分には、坑道壁面と平行な方向の反射面が多数存在している(図-2.3.4)。応力集中により発達する割れ目は、一般的に坑道壁面と平行なものであることから、これらの反射面はそのようなタイプの割れ目を捕らえた可能性がある。レーザトモグラフィーでは、坑道壁面近傍において電磁波速度の低下した領域が見られている(図-2.3.5)。

2) 力学特性調査

既存坑道周辺の掘削損傷領域の力学特性を把握するため、坑道壁面からの距離を変化させた孔内載荷試験を実施した。

KDK-1 ~3 及びKM-2孔で実施された孔内載荷試験結果を図-2.3.6 に示す。坑道壁面から同一深度で実施された結果を比較すると、各深度で測定回数が異なるものの測定値のバラツキの範囲は1オーダー以内である。方向別の弾性係数・変形係数の変化はボーリング孔別に異なるため、坑道周辺部に存在する岩盤のき裂の方向性の差が孔内載荷試験結果に影響しているものと考えられるが、両者の相関性は十分評価できていない。従って、ここでは平均的な岩盤の変形性の変化に着目する。坑道壁面から50cmの深度で得られた平均的な変形係数及び弾性係数はそれ以深の深度での変形係数・弾性係数(10GPa程度)よりも低下する傾向が見られる。平均値として比較した場合、その低下程度は50%程度である。一方、室内試験は、坑壁から50cm程度の地点と3.8m地点で採取したコアを用いて実施されたが、両者の物性値に有意な差は認められなかった(図-2.3.7)。このことから、孔内載荷試験で把握された原位置岩盤の変形特性の低下は坑道壁面近傍に存在するき裂の影響であ

と考えられる。原位置岩盤の変形特性と既存のき裂の方向性との相関関係については今後の検討課題である。

3) 水理調査

掘削損傷領域における岩盤の水理学的特性を把握するとともに、堆積岩用に開発されたゆるみ領域透水試験装置の適用性の検討を目的として、同装置を用いKDK-1, 2, 3 孔において透水試験を実施した。

水理学的ゆるみ計測装置を用いた非定常法による測定では、強変質を伴う割れ目充填物幅の広い区間において $10^{-6} \sim 10^{-7}$ cm/sオーダーの透水係数が得られた(図-2.3.8)。これは、き裂が存在しない区間での透水係数(10^{-10} cm/s オーダー)に比べ、3~4 オーダー高い値である。また、透水係数が高い区間での定常法と非定常法による測定結果には1~2オーダーの違いが見られる。仮に定常法における測定値に信頼性があるとした場合には、非定常法における測定上限は、 10^{-7} cm/sになると考えられる。この要因としてはチューブの送水抵抗、装置本体の貯留効果、測定区間からの岩盤への注水浸透域の差などが考えられる。なお、掘削損傷と思われるき裂が存在する坑道壁面近傍における測定は1995年7月に終了し、現在データの解析を実施している。

KDH-1, 2, 3 孔における間隙水圧測定結果を図-2.3.9に示す。水平孔(KDH-1, 3)における水圧観測結果から、坑道壁面と連結する割れ目によって坑道壁面から20~30m 地点まで間隙水圧低下領域が広がっていることが推定される。鉛直孔(KDH-2)においては、坑道壁面からの距離による水圧低下は認められないが、最深部(45~50m)の部分は間隙水圧が著しく低いが、コア観察により同区間は健岩部であることが確認されている。KDT-1, 2孔における各測定区間内の間隙水圧の経時変化では、水圧計のドリフトが生じた区間を除き、各測定区間ともバカ設置後100~300日程度で安定している(図-2.3.10)。

4) 結晶質岩中に存在する不連続面の力学特性

平均的なき裂の力学物性値として、初期垂直剛性 K_{ni} が53.25MPa/mm、せん断剛性 K_s が4.3MPa/mmという値を得た。また、設定した3つの分類指標(き裂の種類、充填物の種類、充填物の幅)の内、充填物の種類とき裂の力学特性との間に若干の相関性が認められた。ただし、せん断試験で用いている垂直荷重10MPaは、250mレベル坑道周辺の最小主応力の1/3程度の値であり、先に求められた物性値は原位置の応力条件を反映したものとはなっていない可能性がある。今回の試験は、10試料しか実施していないことから、試験数を増やすことが今後の検討課題である。

2.4 掘削影響試験計画⁷⁾

既存坑道における調査で、掘削損傷領域は坑道周辺1m程度の範囲に及んでいることが明らかとなった。しかし、坑道維持のための浮き石整理等で既存坑道周辺岩盤の状況が掘削直後から変化していることや、坑道掘削によって生じる力学的・水理学的な変化を既存坑道周りの調査で把握することは困難である。新規坑道掘削を伴う掘削影響試験では、掘削前後の比較により坑道掘削に起因する岩盤特性の変化を捕らえることが可能であるため、坑壁付近の岩盤性状を把握するのに有効であった手法と既存坑道周辺の影響範囲も考慮して平成7年度以降実施する掘削影響試験計画を立案した。

掘削影響試験の試験内容を図-2.4.1に示す。この試験の目的は以下の4点である。

①掘削影響領域に関連するプロセスと岩盤の特性変化との関係を評価する。

- ②掘削影響領域の特性と広がりを把握する。
- ③掘削影響の計測手法および評価手法を検討する。
- ④掘削影響の掘削工法依存性を把握する。

試験計画の立案に当たり、留意した点は以下の通りである。

- ・掘削影響を明確に捕らえるため、初期応力状態や割れ目の分布状況を考慮し、最も影響が大きく現れると考えられる方向へ坑道を掘削する。
- ・既存の研究成果をサーベイし、掘削損傷(応力集中による破壊を含む)と応力再配分による岩盤物性の変化を捕らえられるように、測定点の配置や測定機器の選定を行っている。
- ・各測定結果の相互比較の時点で、き裂の分布状況の差や岩盤の不均質性の影響をできるだけ取り除くため、測定用ボーリング孔はできるだけ集中して掘削する。

本計画の作成に当たっては、国内外の専門家へ計画案のレビューを依頼し、その結果を計画に反映させている。なお、本計画は、詳細な試験内容等の記述も含めKTNOTEとしてまとめている。

2.5 坑道周辺の地下水のREDOX 状態調査

坑道掘削は、その周辺岩盤中の地下水の化学的性質の変化を引き起こす可能性がある。その変化の範囲と程度を把握する目的で、坑道周辺岩盤中の地下水のREDOX 状態調査を実施している。以下に平成 6年度に実施した測定及び解析結果の概要を示す。

①原位置での地下水水質モニタリング

図-2.5.1に割れ目 No.99でのパッカーシステム設置状況を示す。KRE-1孔では区間 2～4 は、湧水量が少なく地下水の連続モニタリングが困難なため、区間1(坑道壁面からの深度:167～187cm)のみモニタリングを継続している。区間1での地下水は、水温=14.3°、pH=9.5、電気伝導度=74 μ s/cm、溶存酸素濃度=0.3ppmで、これまでのモニタリング期間中ほとんど変化は認められない。酸化還元電位に関しては、測定に使用している金及び白金電極の指示値が一致せず、信頼性のある指示値が得られていない。金及び白金電極表面における酸素との反応特性が異なることから、地下水中の微量な溶存酸素による影響が原因の一つと考えられる。また、坑道壁面からの深度の違いによる地下水の化学的特性を比較するため、割れ目No.99のKRE-1孔直上にある湧水箇所を対象にKRE-2孔(坑道壁面からの深さ:22～44cm)を掘削した。しかし、KRE-2孔で採水区間とした部分も湧水量が少なくモニタリングが困難であった。KRE-2孔を掘削した湧水箇所(W8)は、これまでにTASK1の名で定期的(1回/1週間)に物理化学パラメータの測定を実施している。坑壁から湧出するW8の地下水は、水温=14.8～15.7°C、pH=9.0～9.6、電気伝導度=74～78 μ s/cm、溶存酸素濃度=4～8ppm程度である。測定方法が異なるため、区間1とW8のデータを単純に比較できないかもしれないが、坑道に湧出する地下水よりも岩盤中の地下水の方が溶存酸素濃度が低い傾向を示すデータが得られている。

②解析コードを用いた試解析

図-2.5.2に解析概念図を示す。解析に際しては以下の仮定を設定した。

- ・坑道周辺岩盤は地下水で飽和している。
- ・坑道内には大気平衡と同等の溶存酸素を含む地下水が存在する。
- ・岩盤中の地下水の初期の溶存酸素濃度は0とする。

- ・岩盤中の地下水の Fe^{+2} 濃度は黒雲母の溶解度に達しており、その濃度はpHに依存する（本解析では pH=一定のため、 Fe^{+2} 濃度も一定）。
- ・坑道内の酸素に飽和した地下水は、拡散により岩盤内部に進入する。一方、岩盤内部からは黒雲母の溶解度に達した地下水から拡散により Fe^{+2} が坑道側へ進入する。
- ・岩盤側の Fe^{+2} は、溶存酸素により消費された量が黒雲母の溶解により速やかに供給される。

上記仮定をもとに、既存の文献等で報告されている拡散係数や Fe^{+2} の酸化反応速度定数で解析した場合、坑道壁面で酸素は消費されてしまい、岩盤内への酸素進入は認められなかった。そこで、拡散係数や酸化反応速度定数をパラメータとして、岩盤内への酸素の進入挙動を解析した。一例として、図-2.5.3に解析結果を示す。文献値よりも、3桁大きい拡散係数/5桁小さい酸化反応速度定数で計算した場合でも、坑壁からの酸素の進入は1000日で～5cm程度であった。拡散のみの仮定では、地下水中の溶存酸素に影響を与える範囲は、坑道周辺の非常に狭い範囲であると推定された。

③室内試験

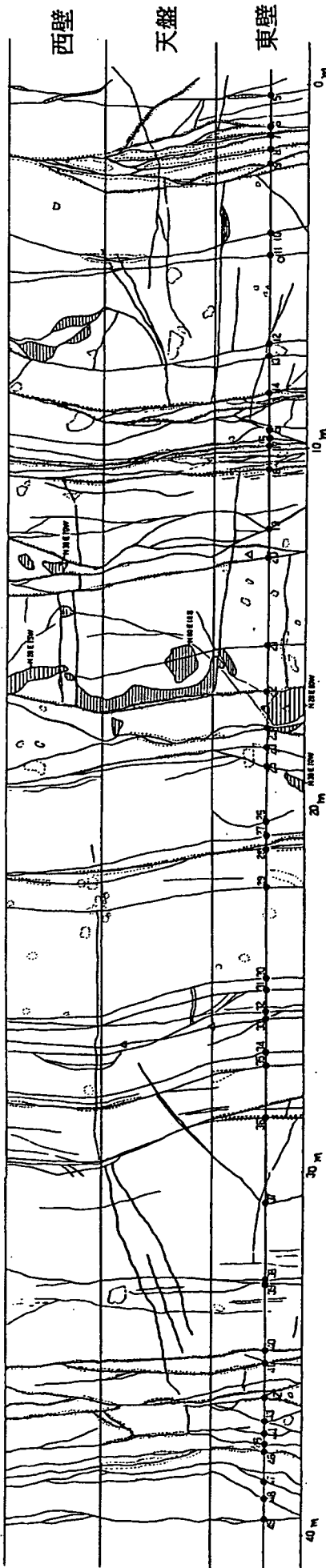
黒雲母等の鉄を含む鉱物による水中の溶存酸素消費反応に関しては、以下の2つの反応が想定されている⁸⁾

- a) 鉱物表面の Fe^{+2} の酸素による直接的な酸化反応
- b) 鉱物から溶液中に溶解した Fe^{+2} の酸化反応

本試験では、上記2つの反応に伴い、黒雲母により溶存酸素がどの程度消費され得るかを把握することを目的としている。本年度は、試験に使用する黒雲母の化学分析及び表面分析を実施し、平成5年度改善した気密性の高い試験容器を用いて鉱物-水反応試験を開始した。

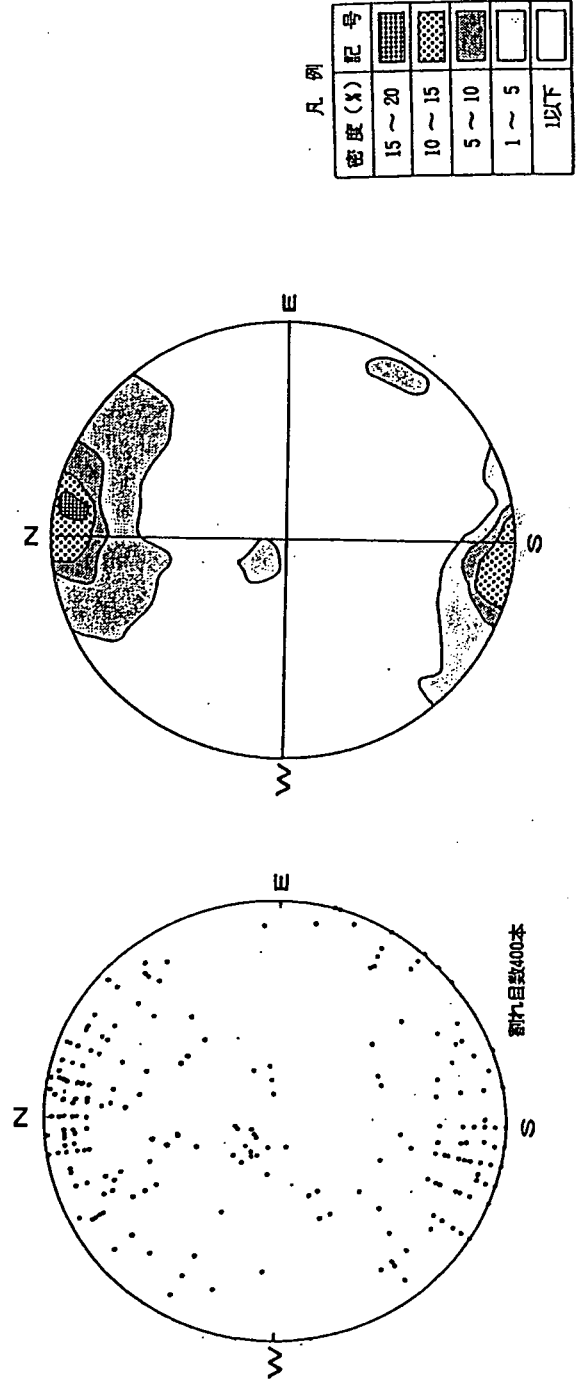
2.6 参考文献

- 1) 釜石鉱山250mレベル坑道における割れ目特性の予察的調査, KTR93-02
- 2) 釜石鉱山における深部地質環境調査, PNC ZJ1380 95-003
- 3) 石島 他: 地下空洞周辺岩盤中の微小亀裂数と壁面からの距離の関係, 日本原子力学会1995秋の大会講演予稿集, p. 624, 1995
- 4) 釜石鉱山における掘削影響領域の評価に関する研究, PNC ZJ1449
- 5) 谷本 他(1994): 地下空間設計における弾性波ジオトモグラフィの適用上の問題点, 地下空間利用シンポジウム論文集 pp13-22, 1994
- 6) 渡辺 他(1995): 既知の情報を用いた制約条件付速度再構成による弾性波トモグラフィ解析の精度の向上, 材料学会誌 Vol. 44 No. 502, pp905-910, 1995
- 7) 佐藤 他(1994): 釜石原位置試験第2 フェーズ 掘削影響試験実施計画書, KT Note 94-09
- 8) White A. F. and Yee A. : Aqueous oxidation-reduction kinetics associated with coupled electron-cation transfer from iron-containing silicates at 25 °C, *Geochim. Cosmochim. Acta*, 49. (1985)



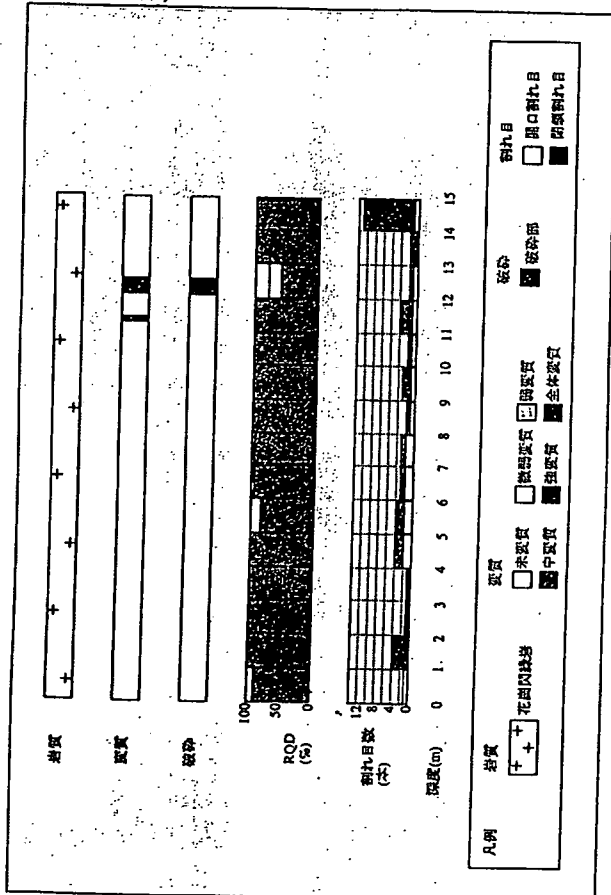
割れ目帯: 割れ目面: 閃緑岩: 柳ノエリス, ラゴロ7747- : V
 湧水ポイント (△: 坑壁が湿る程度 ○: 水滴が落ちる程度 ◎: それ以上)

250mレベル坑道: 掘削影響試験対象領域のき裂スケッチ図

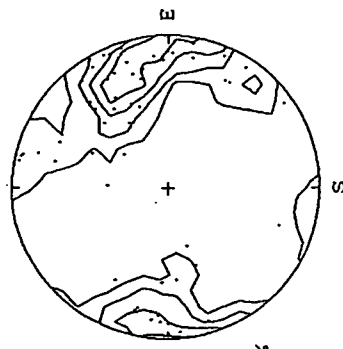
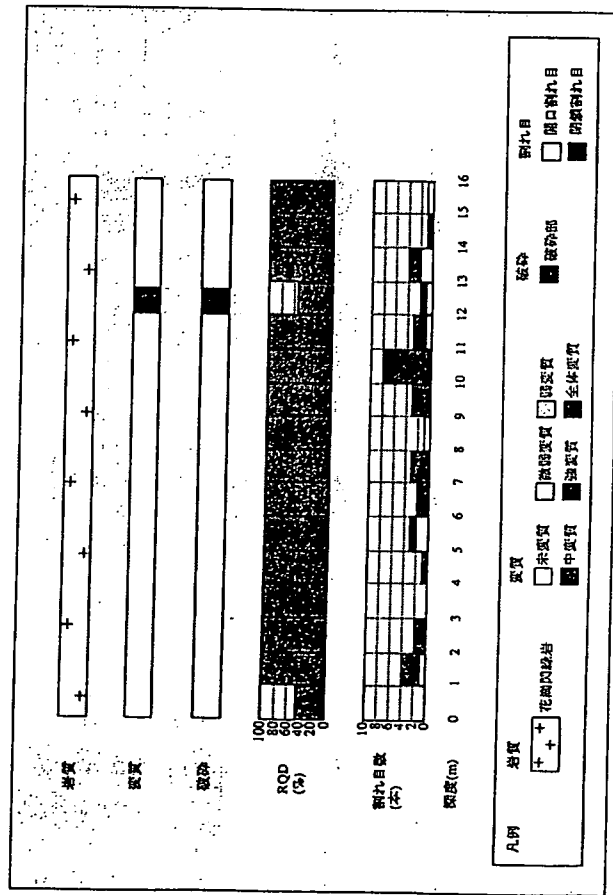


き裂の極のシュミットネット投影図 (下半球投影), 極密度コンター図
 (250mレベル坑道原位置試験場の400m区間)

図-2.2.1 調査対象領域の坑壁観察結果

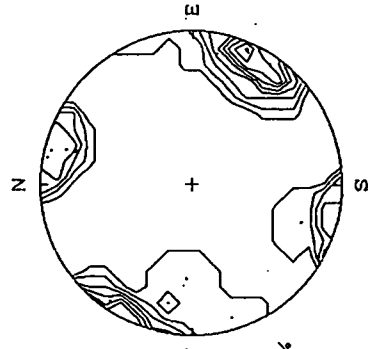


KDS-1孔の総合柱状図



全体

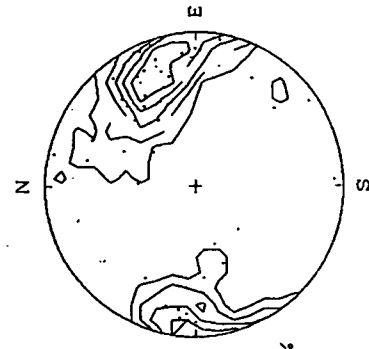
KDS-1.2孔
 FRACTURE解析
 ステレオ投影
 ネット
 5%
 小コンタールのパラメータ
 n=5
 n=100
 n=5



開口割れ目

極が集中する走向傾斜
 N20E85W - N75W80S付近

KDS-1.2孔
 FRACTURE解析
 ステレオ投影
 ネット
 5%
 小コンタールのパラメータ
 n=5
 n=100
 n=5



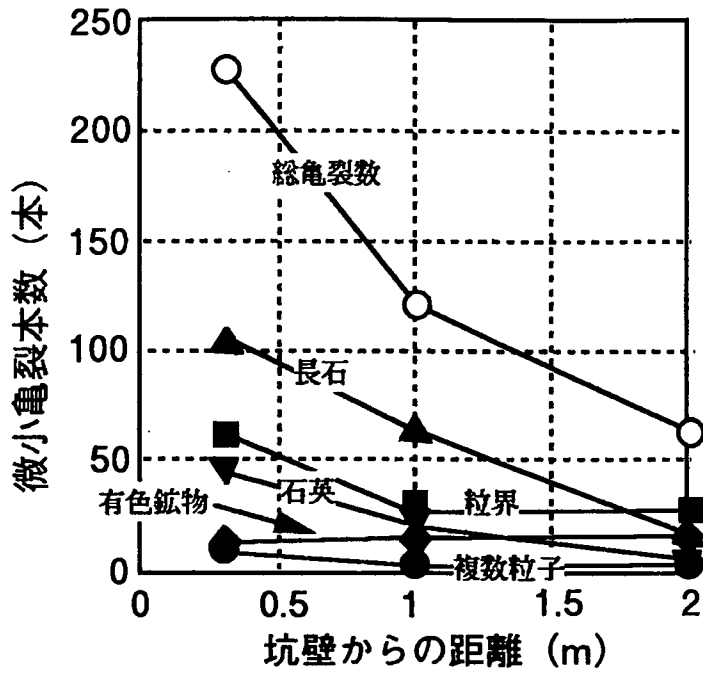
閉鎖割れ目

極が集中する走向傾斜
 N20W70W付近

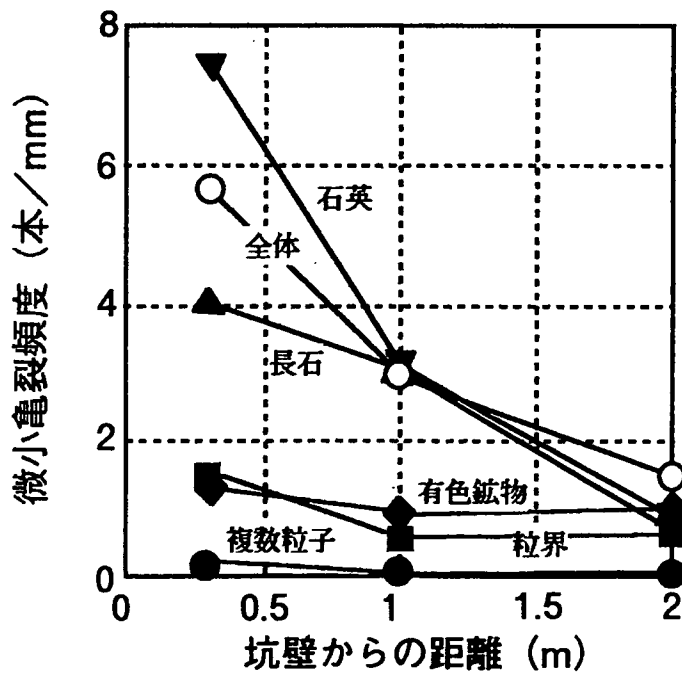
KDS-1.2孔
 FRACTURE解析
 ステレオ投影
 ネット
 5%
 小コンタールのパラメータ
 n=5
 n=100
 n=5

KDS-1.2孔 割れ目の極のステレオ投影図
 (全体、開口割れ目、閉鎖割れ目)

図-2.2.2 BTV,コア観察結果の一例 (KDS-1,2孔)

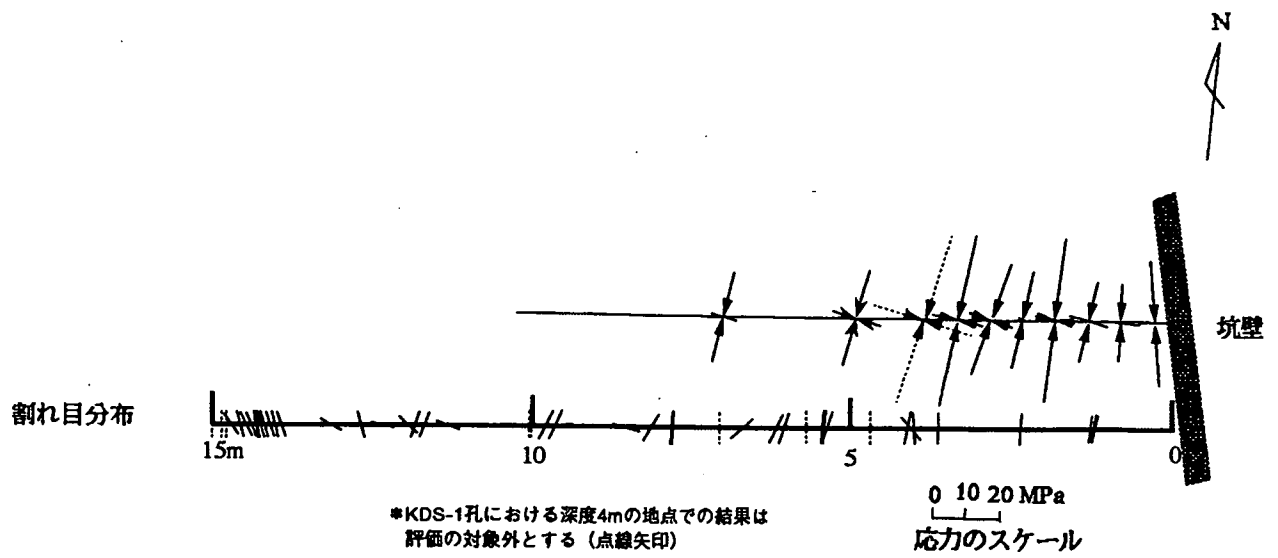


坑壁からの距離と微小亀裂本数との関係

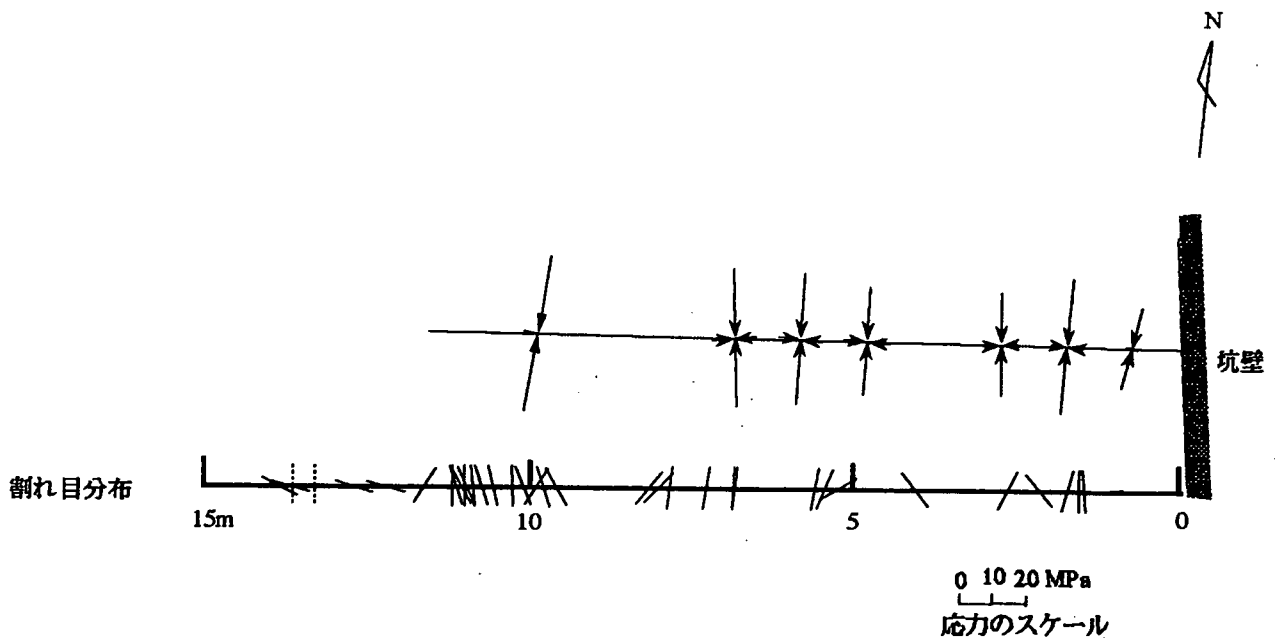


坑壁からの距離と微小亀裂頻度との関係

図-2.2.3 コアサンプルを用いたマイクロクラックの調査結果

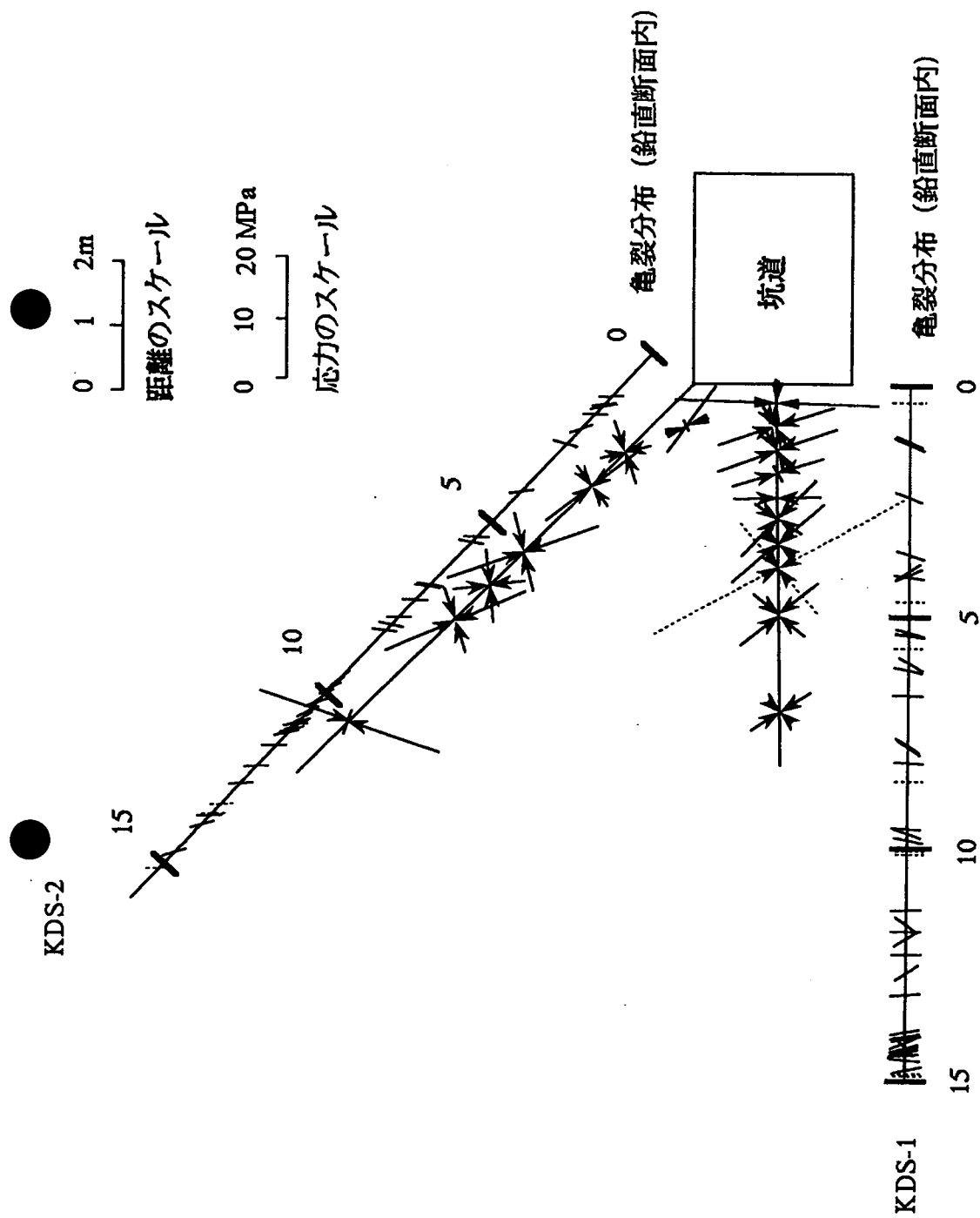


KDS-1孔における応力測定結果 (水平面内)



KDS-2孔における応力測定結果 (水平断面内)

図-2.2.4 円錐孔底ひずみ法による深度別応力測定結果 (水平面内応力分布)



*KDS-1孔における深度4mの地点での結果は
評価の対象外とする (点線矢印)

KDS-1.2孔における応力測定結果 (鉛直断面内)

図-2.2.5 円錐孔底ひずみ法による深度別応力測定結果 (鉛直断面内応力分布)

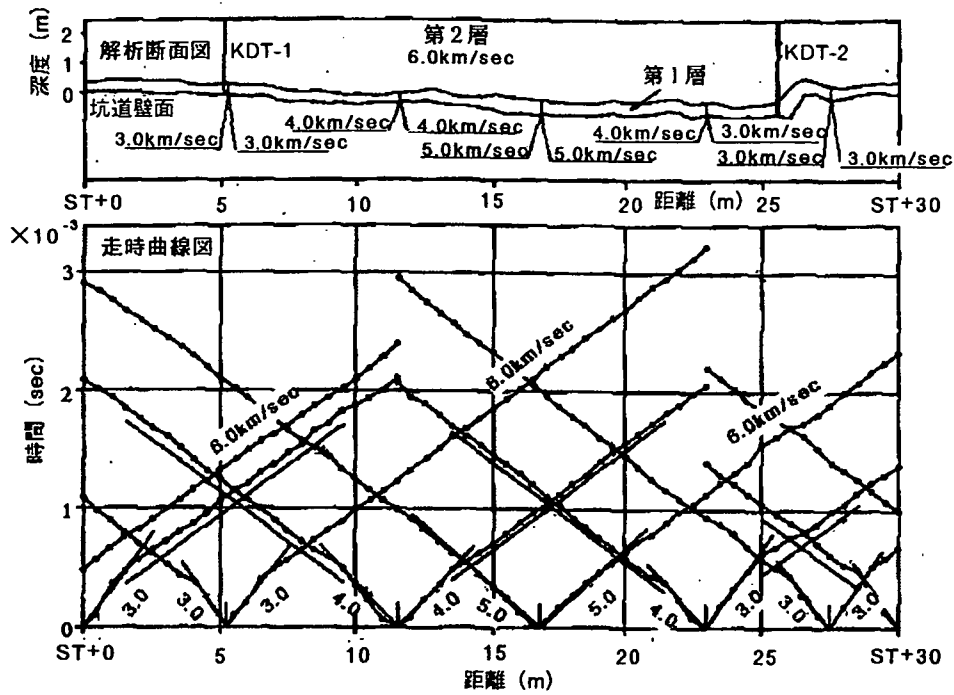


図-2.3.1 弾性波屈折法調査結果（上図：推定された2層構造、下図：走時曲線）

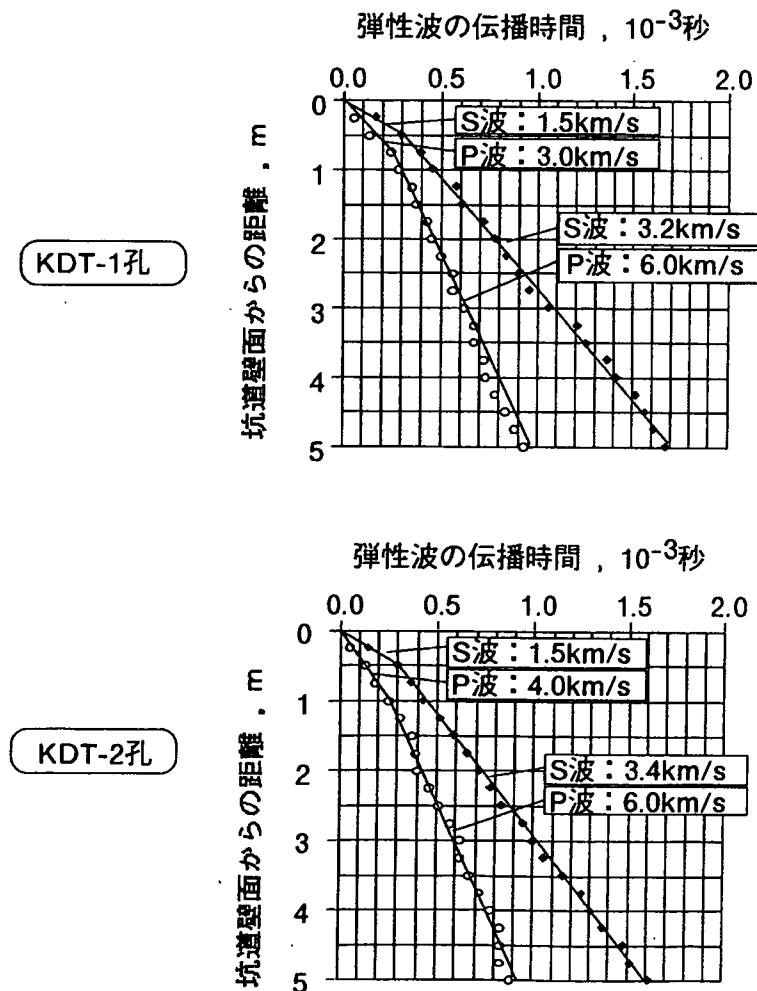


図-2.3.2 PS検層結果（KDT-1,2孔）

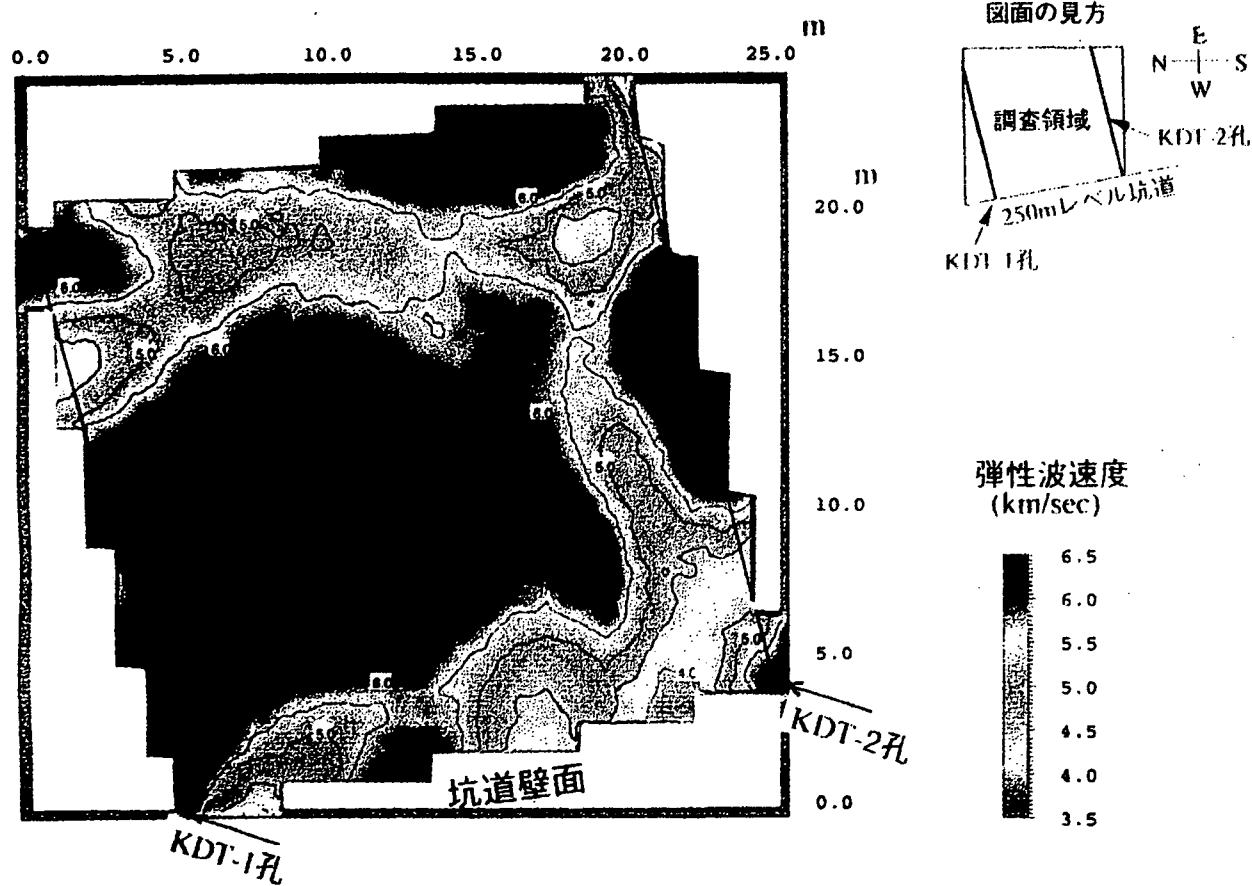


図-2.3.3 弾性波トモグラフィー調査結果

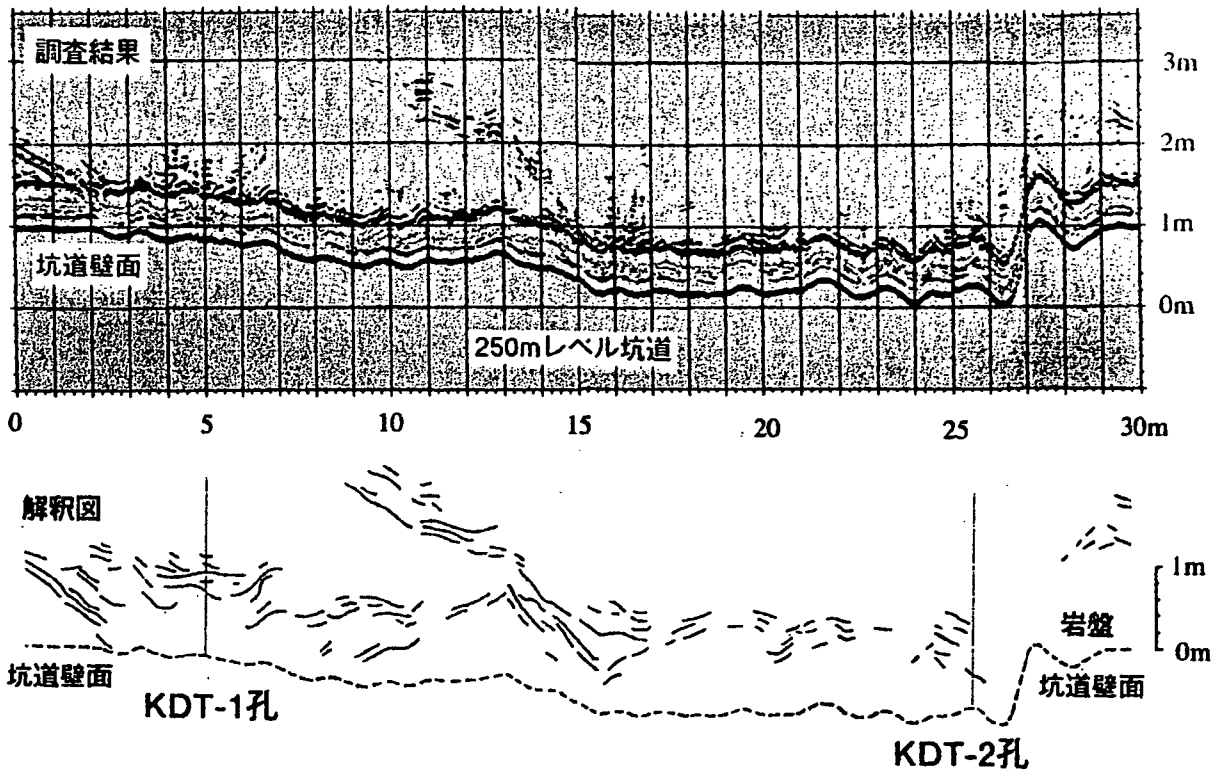


図-2.3.4 レーダー反射法調査結果（解釈図中の実線は、反射面を表わす）

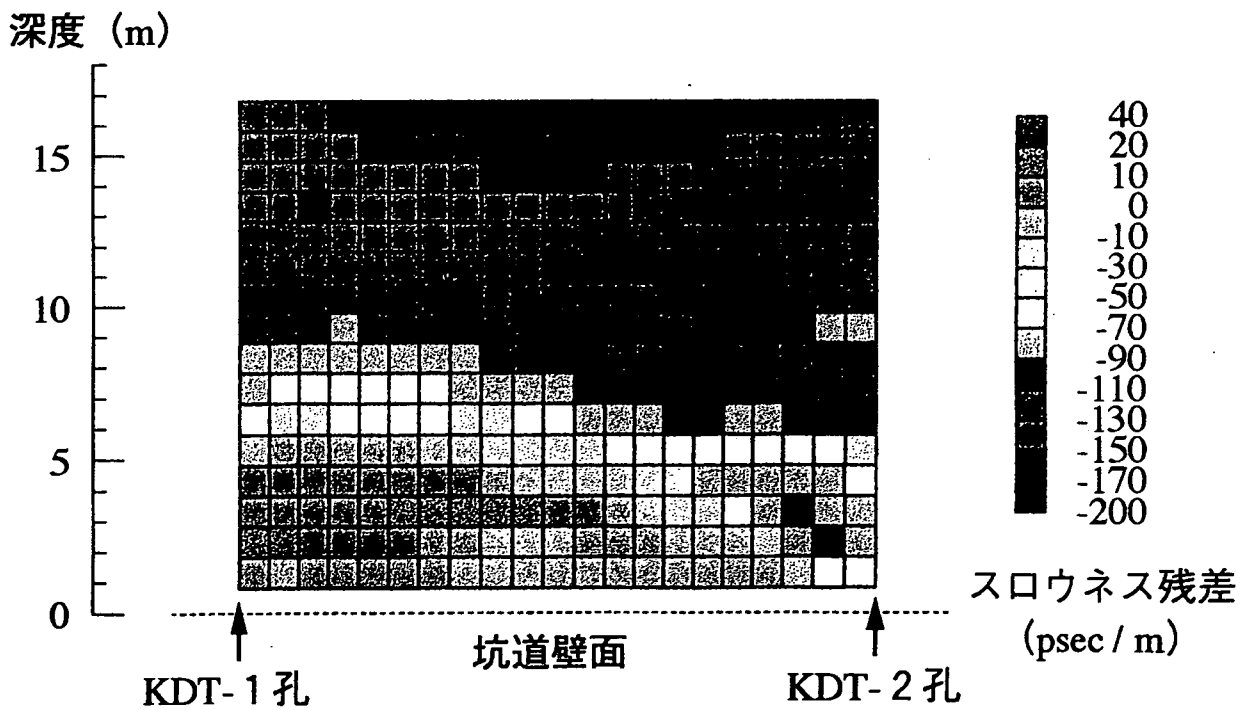
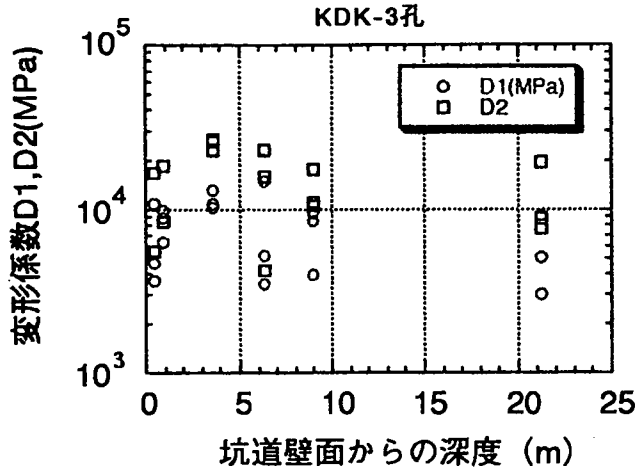
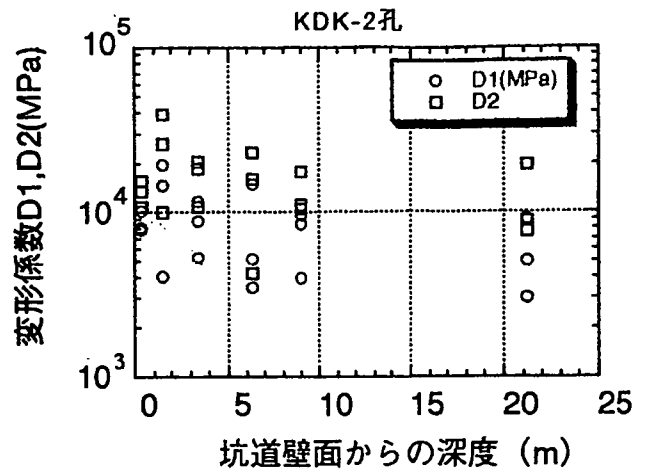
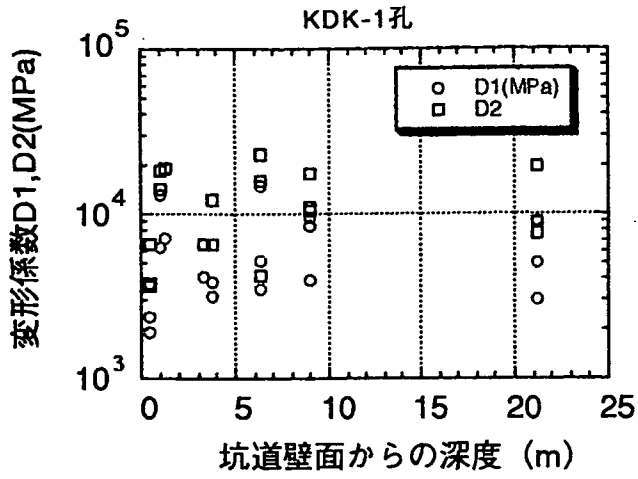


図-2.3.5 レーダートモグラフィ調査結果



D1: 荷重応力レベル100~200kgf/cm²の間の変形係数
 D2: 荷重応力レベル200~300kgf/cm²の間の変形係数

*深度4m以深のデータは、KM-2孔で実施された孔内荷重試験結果を示す。

図-2.3.6 孔内荷重試験結果

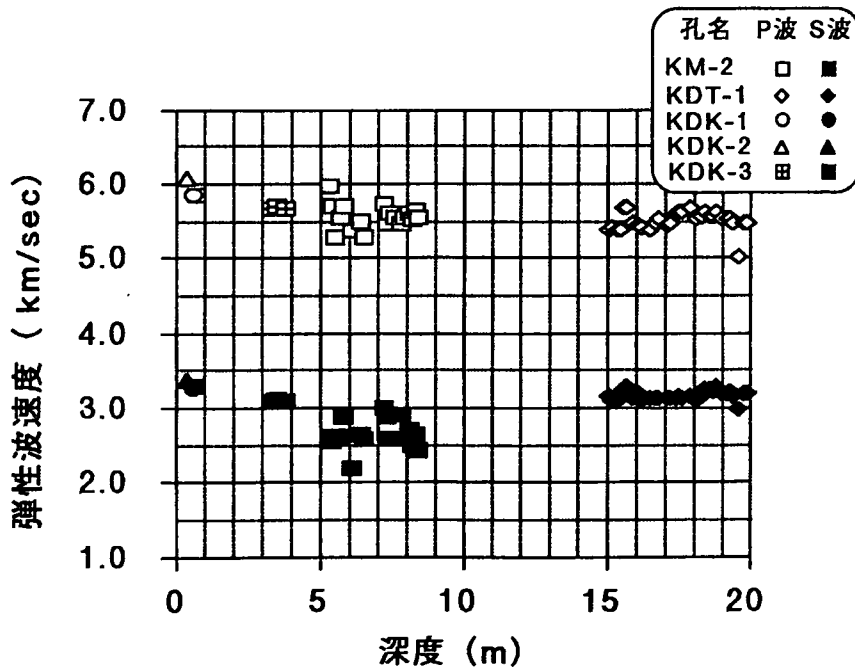


図-2.3.7 室内物性試験結果 (弾性波速度測定)

KDK-1,2,3孔における透水試験結果 (透水係数はcm/sec)

孔名/試験区間深度	非常法-1	定常法	非常法-2
KDK-1-1 173.5cm	5.97×10^{-7}	8.51×10^{-5}	5.71×10^{-7}
KDK-1-2 88cm	3.47×10^{-9}	1.93×10^{-10}	—
KDK-1-3 53cm	—	—	—
KDK-1-4 20cm	—	—	—
KDK-2-1 175cm	6.62×10^{-10}	4.57×10^{-10}	7.72×10^{-10}
KDK-2-2 120cm	2.06×10^{-9}	4.30×10^{-10}	8.52×10^{-10}
KDK-2-3 83cm	8.03×10^{-7}	9.35×10^{-6}	5.11×10^{-7}
KDK-2-4 50cm	—	—	—
KDK-2-5 17cm	—	—	—
KDK-3-1 150cm	6.85×10^{-10}	4.58×10^{-10}	1.01×10^{-9}
KDK-3-2 116cm	1.86×10^{-10}	—	—
KDK-3-3 83cm	1.52×10^{-10}	—	—
KDK-3-4 50cm	—	—	—
KDK-3-5 17cm	—	—	—

※ 試験は非常法-1, 定常法, 非常法-2の順序

※ 透水係数 10^{-10} cm/sec以下は参考値

※ 試験区間は10cm (KDK-1-1のみ57cm)

※ 一は未実施 (平成7年度実施予定)

図-2.3.8 ゆるみ領域透水試験装置による測定結果

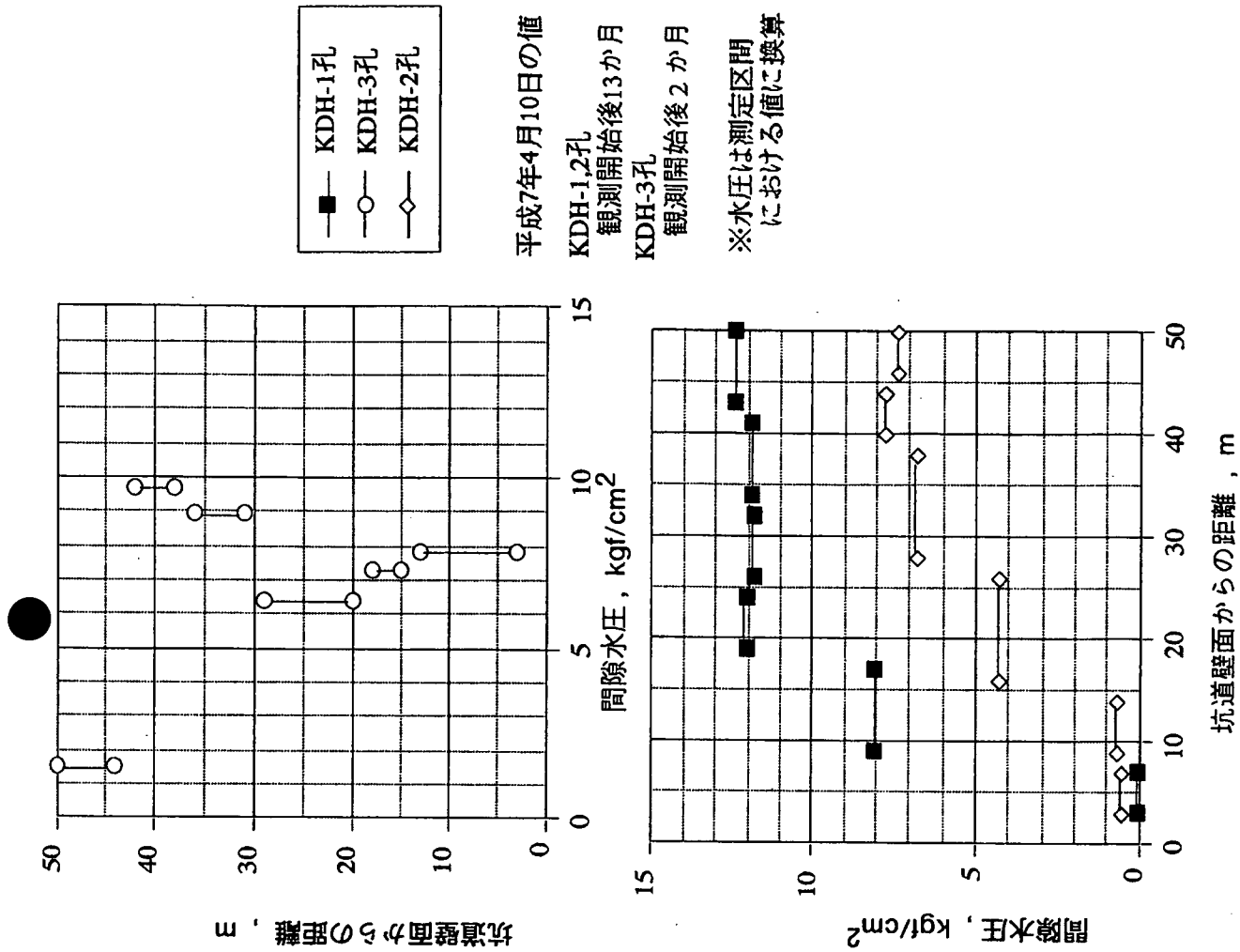


図-2.3.9 既存坑道周辺の間隙水圧分布 (KDH-1,2,3孔)

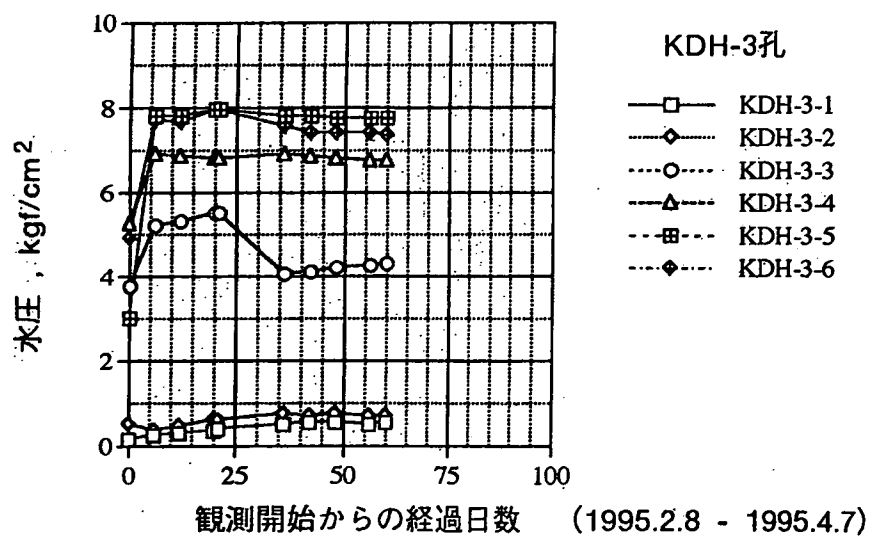
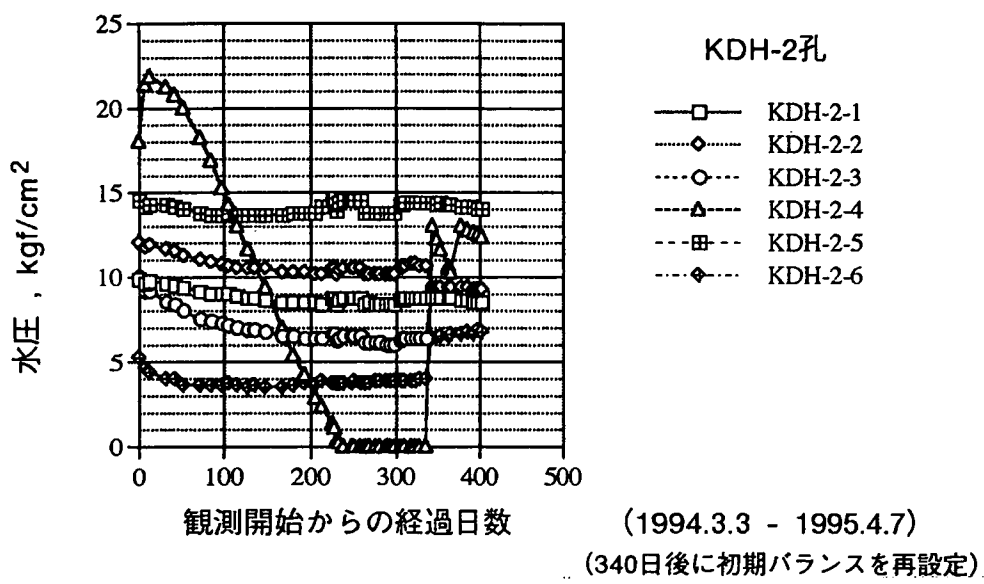
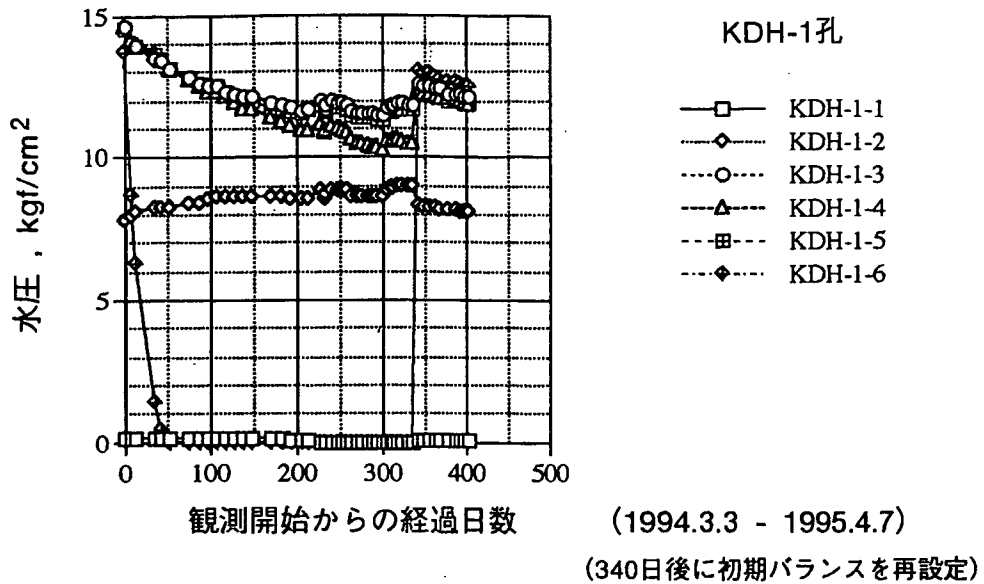


図-2.3.10 既存坑道周辺の間隙水圧経時変化 (KDH-1,2,3孔)

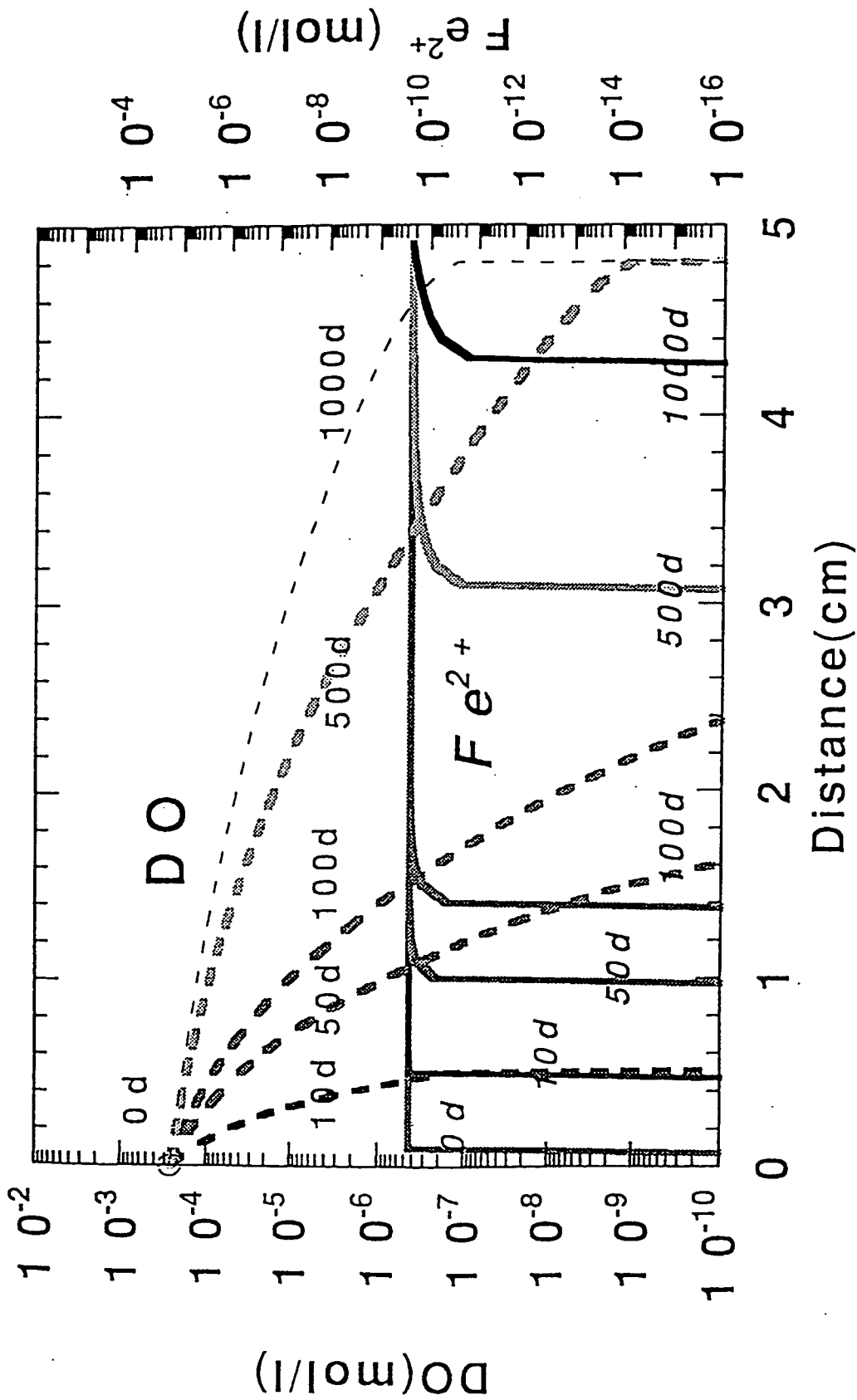


図-2.5.3 岩盤中の溶存酸素濃度及び Fe^{2+} 濃度プロファイル
 (拡散係数 $=8.1 \times 10^{-7} \text{ cm}^2/\text{min}$, 酸化反応速度定数 $=6.32 \times 10^{11} \text{ l}^3/\text{min mol}^3$ の場合)

3. TASK 3 : 結晶質岩の水理・物質移行に関する研究

3.1 SUBTASK3-1 収着およびマトリックス拡散に関する研究

3.1.1 概要

(1) 目的

結晶質岩中の割れ目および割れ目帯／断層破碎帯中における物質の収着・遅延特性を把握する。

(2) 実施内容

平成6年度の実施項目および概要は、以下の通りである。

平成5年度に実施した550mおよび250mレベル坑道の割れ目および割れ目帯／断層破碎帯調査により、物質移行の観点から分類した割れ目タイプ(タイプA, B, C, 図-3.3.1参照のうち、最も多く認められるタイプB(割れ目充填鉱物部および変質部を伴う単一割れ目))を対象に調査・試験を実施した。

(a) 既存坑道における地質学および地球化学的調査

① 既存坑道における割れ目および割れ目帯／断層破碎帯調査

550mおよび250mレベル坑道壁面に認められるタイプB割れ目を対象に、詳細な観察およびスケッチを行うとともに、室内での各種試験を行う割れ目について、割れ目充填鉱物部幅、変質部幅、開口幅などの割れ目特性を調べた。

② サンプルング

室内における試験および調査に必要な岩石試料を採取した。なお岩石試料の採取は、550mおよび250mレベル坑道の両方で行なった。

(b) 室内における試験および調査

550mおよび250mレベル坑道壁面からサンプルングした岩石試料を用いて、以下の室内試験を実施した。

① 岩石・鉱物試料の分析

割れ目充填鉱物部、変質部および未変質部の各部分の構成鉱物種を同定するためのX線回折分析、および各部分における化学成分を把握するための湿式分析・蛍光X線分析を行った。

② 移行経路調査

割れ目充填鉱物部、変質部および未変質部の各部分における移行経路となり得る空隙構造・間隙率を把握するため、染色試験による詳細な移行経路調査・水中飽和法および水銀圧入法による間隙率測定を実施した。

③ バッチ式収着試験

割れ目充填鉱物部、変質部および未変質部の各部分のCsおよびSeに対する収着能力を定量的に把握するためのバッチ式収着試験を実施した。

④ 拡散試験

割れ目充填鉱物部、変質部および未変質部の各部分のCs, Na, ClおよびSeに対する実効拡散係数を求めるためのマルチイオン法(試料中を透過させる方法)による拡散試験を行った。

(3) スケジュール

	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
(1)既存坑道における地質学的および地球化学的調査													
①既存坑道における割れ目調査													
②サンプリング													
(2)室内での試験および調査													
①岩石・鉱物試料の分析													
②移行経路調査													
③バッチ式収着試験													
④拡散試験													

(4) 主な成果

(a) 既存坑道における地質学的および地球化学的調査

① 既存坑道における割れ目調査

550mレベル坑道においては、NW坑道の岩盤内充填粘土挙動試験（以下『粘土試験と略す』）の対象となった割れ目、250mレベル坑道においては、割れ目No. 99 を対象に調査を行った。

粘土試験対象の割れ目では、割れ目充填鉱物幅 = 2 cm, 変質幅 = 10cm, 開口幅 = 5 mm程度である。

割れ目No. 99 では、割れ目充填鉱物幅 = 6 cm, 変質幅 = 7 cm, 開口幅 = 1 mm程度である。

いずれの割れ目も開口部から連続して地下水が流出している。

② サンプルング

上記の調査を行った割れ目について、ハンマーやコアピッカー（φ10cm）等を用いて室内試験用の岩石試料を採取した。

(b) 室内での試験および調査

① 岩石・鉱物の分析

割れ目充填鉱物部、変質部および未変質部の各部分についてX線回折分析を実施し、構成鉱物の種類を把握した。

割れ目No. 99 の試料を用いたX線回折分析の結果、各部分の構成鉱物は下記の通りであった。

割れ目充填鉱物部での主な構成鉱物は、

石英・方解石・濁沸石・ぶどう石・緑泥石・緑簾石・束沸石
変質部では、

石英・斜長石・緑泥石・角閃石・黒雲母・ぶどう石・黄鉄鉱
未変質部では、

石英・斜長石・緑泥石・角閃石・黒雲母・黄鉄鉱
である。

また割れ目充填鉱物部、変質部および未変質部の各部分について湿式分析・蛍光X線分析を実施し各部分の化学成分を把握した。表-3.1.1に分析結果をまとめる。

② 移行経路調査

割れ目充填鉱物部、変質部および未変質部の各部分における移行経路を同定するため染色試験を実施した。染色試験の結果、各部分での移行経路となる間隙構造に違いが認められた。詳細については、3.1.2項に記す。また、各部分での間隙率は水中飽和法および水銀圧入法のいずれの方法でも、割れ目充填鉱物部（5～6%程度）>変質部（約3%）>未変質部*（2～3%程度）の順になり、各部分での間隙率に違いが認められた¹⁾²⁾。

*未変質の花崗閃緑岩の間隙率については、1.1項に記されているように約0.5%という値も得られている。肉眼で見た限りでは未変質の試料として識別されたが、本調査に供した試料はやや変質した試料であったと思われる。

③ バッチ式収着試験

割れ目における物質の収着能力を把握するため、割れ目充填鉱物部、変質部および未変質部の各試料について、CsおよびSeを用いたバッチ式収着試験を実施した。収着試験の結果、いずれのイオンでも各部分での収着係数が異なり、割れ目充填鉱物部の収着係数が最も大きくなった。詳細については、3.1.3項に記す。

④ 拡散試験

割れ目充填鉱物部、変質部および未変質部の各部分のCs, Na, ClおよびSeに対する実効拡散係数を求めるため、*スルフィュージョン*法による拡散試験を実施した。拡散試験の結果、割れ目充填鉱物部は変質部や未変質部に比べると実効拡散係数が大きい傾向が認められた。詳細については、3.1.3項に記す。

以上の結果から、単一割れ目を構成する各部分（割れ目充填鉱物部、変質部および未変質部）では物質の移行経路、間隙率、収着係数および拡散係数などが異なるため、各

部分での物質の収着・遅延特性も異なることが考えられる。したがって、単一割れ目における物質移行モデルを構築するにあたっては、基本的に割れ目充填鉱物部、変質部および未変質部からなる3層構造モデルによってマトリックス拡散現象を評価する必要があると考えられる。

(5) 今後の計画

単一割れ目および割れ目帯/断層破碎帯における物質移行モデル作成の考え方をもとに、割れ目帯(タイプC)でのマトリックス拡散による物質の収着・遅延特性を把握する。

3.1.2 物質移行経路概念モデルについて

割れ目および割れ目帯/断層破碎帯における物質の収着・遅延特性に影響を与える移行経路をモデル化するためには、割れ目を構成する各部分(割れ目充填鉱物部、変質部および未変質部)について、物質の収着・遅延特性に影響をおよぼすと考えられるような移行経路を同定する必要がある。そこでタイプB割れ目(粘土試験対象割れ目)を対象に、レジンをを用いた染色試験を行い、各部分での移行経路を調査した。調査の結果、各部分での移行経路には以下の様な違いが認められた。

割れ目充填鉱物部：主に濁沸石からなる多孔質な部分と、主に方解石中に発達する微小な割れ目

変質部：割れ目充填鉱物部から連続する微小割れ目や鉱物粒子間のマイクロクラック

未変質部：鉱物粒子間のマイクロクラック

上記の調査結果をもとに、図-3.1.2に示すようなタイプB割れ目における物質の移行経路概念モデルを作成した³⁾。図-3.1.2に示す移行経路概念モデルは、変質部の部分を除けば、タイプA割れ目の移行経路概念モデルとしても適用できるものと考えられる。

3.1.3 収着および拡散係数についての新たな知見について

(1) 収着係数について

平成6年度はCsおよびSeを用いたバッチ式収着試験により、割れ目充填鉱物部、変質部および未変質部の各部分の収着係数を求めた⁴⁾。試験は割れ目No. 99から採取したものをを用いて、表-3.1.2に示すような条件で実施した。

バッチ式収着試験の結果を表-3.1.3に示す。試験の結果、割れ目充填鉱物部、変質部および未変質部の各部分についての収着係数(Rd)が得られ、各部分での収着係数には以下の関係が認められた。

・Csの収着係数

割れ目充填鉱物部 (Rd=102ml/g) > 未変質部 (Rd=47ml/g) > 変質部 (Rd=23ml/g) の順に小さくなった。

・Seの収着係数

割れ目充填鉱物部 (Rd≒1.2ml/g) > 変質部 (Rd≒1.0ml/g) > 未変質部 (Rd≒0.5ml/g) の順に小さくなった。

いずれのイオンについても、割れ目充填鉱物部の収着係数が最も大きくなった。

(2) 拡散係数について

平成6年度はCs, Na, ClおよびSeを用いたスルフィュージョン法による拡散試験により、割れ目充填鉱物部、変質部および未変質部の各部分の実効拡散係数を求めた⁵⁾。試験は割

れ目No. 99 から採取した試料を用いて、図-3.1.3に示すような試験セルにより、表-3.1.4の試験条件で実施した。

スルフィュレーション法による拡散試験の結果を表-3.1.5に示す。試験の結果、割れ目充填鉱物部、変質部および未変質部の各部分についての実効拡散係数(De)が得られ、各部分での収着係数には以下の関係が認められた。

・Csの実効拡散係数

割れ目充填鉱物部 ($De=1.8 \times 10^{-11} \text{m}^2/\text{s}$) > 変質部 ($De=1.2 \times 10^{-11} \text{m}^2/\text{s}$)
> 未変質部 ($De=5.1 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{s}$) の順に小さくなった。

・Naの実効拡散係数

割れ目充填鉱物部 ($De=1.9 \times 10^{-11} \text{m}^2/\text{s}$) > 変質部 ($De=7.2 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{s}$)
> 未変質部 ($De=4.7 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{s}$) の順に小さくなった。

・Clの実効拡散係数

割れ目充填鉱物部 ($De=1.8 \times 10^{-11} \text{m}^2/\text{s}$) > 未変質部 ($De=1.0 \times 10^{-11} \text{m}^2/\text{s}$)
> 変質部 ($De=8.3 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{s}$) の順に小さくなった。

・Seの実効拡散係数

変質部 ($De=2.9 \times 10^{-11} \text{m}^2/\text{s}$) > 未変質部 ($De=1.9 \times 10^{-11} \text{m}^2/\text{s}$) となった。

今回実施した拡散試験の結果から、間隙率の大きい割れ目充填鉱物部は実効拡散係数も大きい傾向が認められた(表-3.1.5)。

参考資料

- 1)佐藤治夫(1994)：水中飽和法による岩石の間隙率および密度の測定，動燃東海G I S実験速報
- 2)佐藤治夫(1994)：岩石の細孔径分布，間隙率，間隙内表面積，密度の測定，動燃東海G I S実験速報
- 3)H. OSAWA et al (1994)：DEVELOPMENT OF A CONCEPTUAL FLOW-PATH MODEL OF NUCLIDE MIGRATION IN CRYSTALLINE ROCK -A CASE STUDY AT THE KAMAISHI IN-SITU TEST SITE, JAPAN- MRS' 94, Kyoto, 23-27 Oct.
- 4)渋谷朝紀ほか(1994)：TASK3-1における収着研究，動燃東海G I S実験速報
- 5)佐藤治夫(1994)：釜石鉱山産岩石中のNa, Cs, Cl, Seの定常拡散実験－花崗閃緑岩母岩，変質部，亀裂充填鉱物部の拡散－，動燃東海G I S実験速報

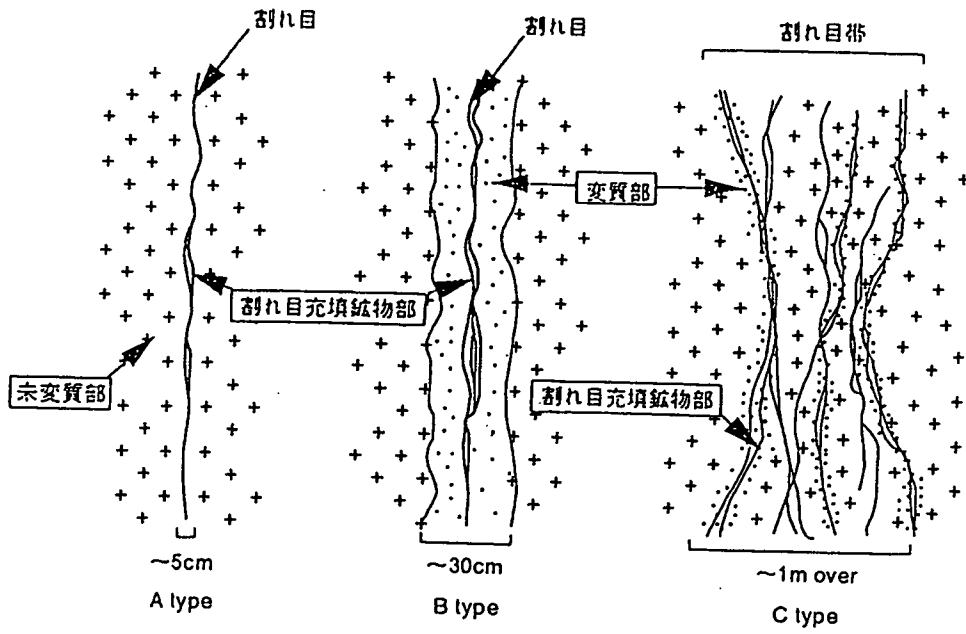


図-3.1.1 栗橋花崗閃緑岩中の割れ目形態概念図

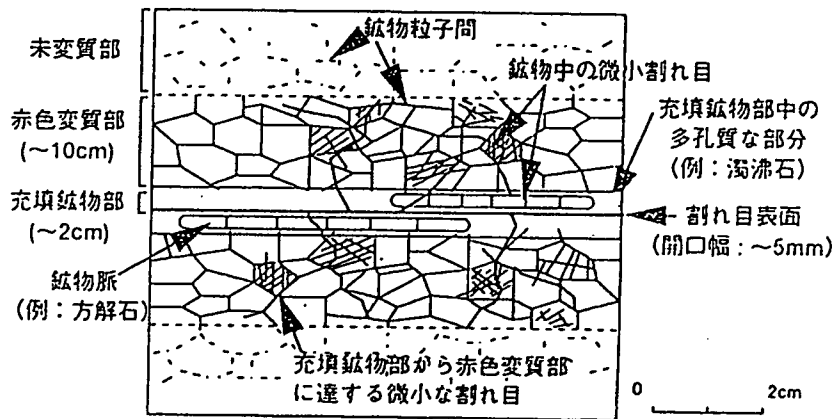


図-3.1.2 タイプB割れ目周辺の移行経路概念図

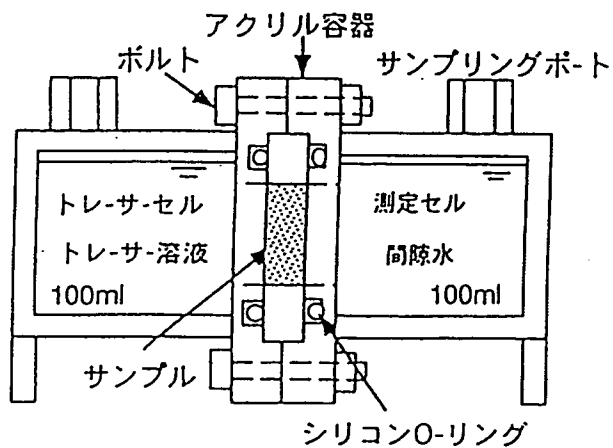


図-3.1.3 拡散試験 (ステレオフィュージョン法) 用セル

表-3.1.1 各部分の化学成分分析結果

試料名	〔収着試験試料〕 16.10月															LOI	T. Fe	
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O+	H ₂ O-	163.3				
NO. 45 A001 FC	蛍光X線	55.52	0.85	16.68	—	0.15	3.92	7.03	2.81	1.66	0.21	—	—	—	—	—	—	6.97
	湿式分析	55.59	0.88	17.31	5.41	3.16	3.81	7.00	2.78	1.62	0.25	0.87	0.03	98.88	4.83	6.41	—	
	(株) JPCJ	57.47	0.99	16.64	5.24	3.37	3.92	7.38	3.20	1.62	0.25	0.92	0.10	101.26	—	6.42	—	
NO. 46 A002 AC	蛍光X線	59.82	0.65	15.47	—	0.12	3.34	3.58	3.80	2.84	0.14	—	—	—	—	—	—	5.19
	湿式分析	59.98	0.64	15.60	4.88	1.64	3.32	3.64	3.77	2.80	0.15	2.95	0.15	99.65	2.96	4.94	—	
	(株) JPCJ	61.06	0.74	15.02	5.30	1.43	3.25	3.64	3.74	2.61	0.16	2.52	0.32	99.91	—	5.11	—	
NO. 47 A002 FN	蛍光X線	42.16	0.32	15.35	—	0.05	0.92	22.95	0.62	0.67	0.07	—	—	—	—	—	—	2.56
	湿式分析	40.24	0.37	15.00	1.79	1.83	0.99	22.39	0.55	0.63	0.07	6.24	0.27	90.42	15.93	2.67	—	
	(株) JPCJ	40.56	0.42	14.43	2.04	1.49	0.94	21.67	0.54	0.61	0.07	5.08	2.22	90.13	—	2.62	—	

(%) 表示

表-3.1.2 CsおよびSeのバッチ式収着試験条件

イオン	Cs ⁺	SeO ₃ ²⁻
固液比	1 : 100	1 : 20
溶 液	セシウム溶液*	セレン溶液**
固相量	1.0g	1.5g
固相粒度	<250 μm	
試験数	3	
雰囲気	大気下	窒素雰囲気
温 度	室温 (24℃)	
試験期間	30日	

* : CsClを釜石地下水に溶解した。

** : SeO₂粉末を釜石地下水に溶解した。

表-3.1.3 バッチ式収着試験結果

	pH	Cs濃度 (ppm)	Csに対する Rd(ml/g)	pH	Se濃度 (ppm)	Seに対する Rd(ml/g)
初期溶液	9.28	14.0	—	8.59	7.9	—
ブランク	-	13.5	—	9.03	6.7	—
割れ目充填鉱物部	8.99	6.7	102	9.30	6.5	1.16
変質部	9.02	11.0	23	9.38	6.4	0.95
未変質部	9.09	9.2	47	9.29	6.3	0.52

* : 各試料に対する溶液のpH, Rdの値は3試料の平均値である。

表-3.1.4 Cs, Na, ClおよびSeのスクリーフュージョン法による拡散試験条件

試料	割れ目充填鉱物部・変質部・未変質部			
イオン	Cs ⁺	Na ⁺	Cl ⁻	SeO ₃ ²⁻
雰囲気	大気下			N ₂ 下 (O ₂ < 1ppm)
濃度	0.01M (1330ppm)	0.05M (1150ppm)	0.06M (2127ppm)	6 × 10 ⁻⁴ M (50ppm)
温度	25°C (恒温槽)			22°C (グローブボックス)
間隙水	釜石地下水			
試験期間	30日			36日
試験数	3			

表-3.1.5 割れ目充填鉱物部, 変質部および未変質部の各元素に対する拡散係数, 空隙率

	実効拡散係数, De(m ² /s)				空隙率 (%)	
	Cs ⁺	Na ⁺	Cl ⁻	SeO ₃ ²⁻	水中飽和法	水銀圧入法
割れ目充填鉱物部	1.8 × 10 ⁻¹¹	1.9 × 10 ⁻¹¹	1.8 × 10 ⁻¹¹	—	6.6	4.5
変質部	1.2 × 10 ⁻¹¹	7.2 × 10 ⁻¹²	8.3 × 10 ⁻¹²	2.9 × 10 ⁻¹¹	3.3	3.2
未変質部	5.1 × 10 ⁻¹²	4.7 × 10 ⁻¹²	1.0 × 10 ⁻¹¹	1.9 × 10 ⁻¹¹	1.7	2.8

3.2 SUBTASK3-2 : 移流および分散に関する研究

3.2.1 概要

(1)目的

本研究の目的は、結晶質岩中における水理地質構造モデルを構築することであり、このため物質移行経路となる透水性割れ目の分布および連結性を試錐孔掘削時の水圧応答観測、ボアホールテレビ検層、コア観察等の調査により把握するとともに、水理試験、非吸着性トレーサー試験を行い、水理・物質移行パラメータを取得することである。このため具体的には以下の①～④を明らかにする。

- ① 透水性割れ目の分布および連結性と、その水理・物質移行パラメータ（透水量係数、物質移行上の開口幅等）の取得。
- ② 透水性割れ目に作用する動水勾配の把握。
- ③ 透水性割れ目に挟まれた比較的透水性が低いブロックの分布・大きさの把握とその水理・物質移行パラメータの取得。
- ④ KH-19 孔で認められた、高間隙水圧ゾーンと低間隙水圧ゾーンを隔てる境界（水理境界）の把握。

水理試験、非吸着トレーサー試験は、平成8年度以降に実施する予定である。試験は、動水勾配の小さい透水性割れ目で実施する（図-3.2.1.1）。試験を行う試錐孔間の距離は2m（狭い範囲での試験）および5～10m（より広い範囲での試験）としている。

(2)実施内容

平成6年度は、試験の準備段階として、

- ① 試験対象エリアの水理地質学的状況を把握するためにKH-20 孔（孔長：100m）を掘削した。その際、KH-19 孔とKH-20 孔間の水理学的連結性を調査するために、KH-19 孔に圧力トランスデューサーを設置し、KH-20 孔掘削中のKH-19 孔への圧力応答を観測した（図-3.2.1.2）。
- ② KH-20 孔においてボアホールテレビ検層、コア観察、流量検層を実施し、透水性割れ目の位置および水理特性を推定した。また、KH-19 孔においてもアクセス坑道掘削後、流量検層を実施し、透水性割れ目の位置を推定した。
- ③ アクセス坑道を掘削し、KH-19 孔において流量検層を実施した後KH-19, 20 孔に水理試験・トレーサー試験用のパッカー装置を設置した。アクセス坑道はKH-19 孔とKH-20 孔と交差している。KH-19 孔とKH-20 孔に設置されていたパッカーシステムは坑道と交差する直前に引き抜き、交差直後から流量検層実施までブリッジプラグ（栓のようなもの）を試錐孔内に設置し、孔内圧を保持した。

(3)スケジュール

表-3.2.1.1 にスケジュールを示す。

(4)主な成果

① 主要な水みちの抽出

KH-20 孔掘削中におけるKH-19 孔での間隙水圧観測の結果、5ヵ所で水圧応答が観測された（図-3.2.1.3、矢印）。

② 主要な水みちの水理学的孤立性の可能性

KH-20 孔掘削中におけるKH-19 孔での水圧応答は、KH-19 孔浅部で応答が観測され

た時点ではKH-19 孔の深部では応答が観測されなかった。また、KH-20 孔にそれらの水みちを隔てるようにパッカーを設置したところ、それぞれ異なる間隙水圧を示した(図-3.2.1.3)。したがって、KH-20 孔近傍では主要な水みちは互いに独立していると推定された。KH-19 孔における流量検層の結果、深度50~60mおよび70~90m付近で多量の湧水が確認された(図-3.2.1.4)。流量検層の結果と間隙水圧観測結果から透水係数を概算したところ、KH-19 孔の深度71~90m付近までの区間は間隙水圧がほぼ同一であり、透水性が比較的類似した区間が分布していた。このことから、KH-19 孔近傍では割れ目が連結している可能性がある。

③ 主要な水みちとその地質学的な特徴との対比

水みちの位置と方向は、ボアホールテレビ検層やコア観察で得られた割れ目の位置および方向とはほぼ一致しており、主要透水性割れ目を同定することができた(図-3.2.1.3、点線)

(4)今後の予定(平成7年度計画)

① 孔長80mの試錐孔を3本掘削する。

- 主要な水みちの連結性と試験領域の境界条件を把握することを目的として、KH-21 孔を掘削する。
- 試験対象割れ目の境界条件を把握することと、より大きなスケール(5~10m)のトレーサー試験用試錐孔として、KH-23 孔を掘削する。
- KH-20 孔とともに、単一割れ目のトレーサー試験用試錐孔として、KH-25 孔を掘削する。

② 既存の試錐孔への水圧応答を観測する。

異なるスケールの水みちを把握することを目的に、①の3本の試錐孔を順次掘削し、既存のKH-19 孔、KH-20 孔、掘削終了後の試錐孔において水圧応答を観測する。

③ 各試錐孔掘削終了後に、流量検層、ボアホールテレビ、レーダー検層(シングルホール)コア観察等を実施し、異なるスケールの透水性割れ目を同定する。

④ KH-25 孔において単孔式透水試験を実施し、異なるスケールの透水性割れ目の透水量係数を把握する。

表-3.2.1.1 スケジュール

	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5
<ul style="list-style-type: none"> ・ KH-19 孔水理計測システム更新 ・ 水圧観測 ・ KH-20 孔掘削 ・ BTV, 孔曲り検層 ・ 流量検層 ・ ピエゾメーター 設置 ・ KD-90 坑道周辺パッカーライン 保護 ・ アクセス坑道掘削 ・ フリッツプラグ 設置 ・ ルーネット敷設 							—							
								—						
								—					(KH-19)	
								—	(KH-20)					—
						(KH-20簡易)			—					—
									—				(KH-19, 20)	
											—			
												—		
														—

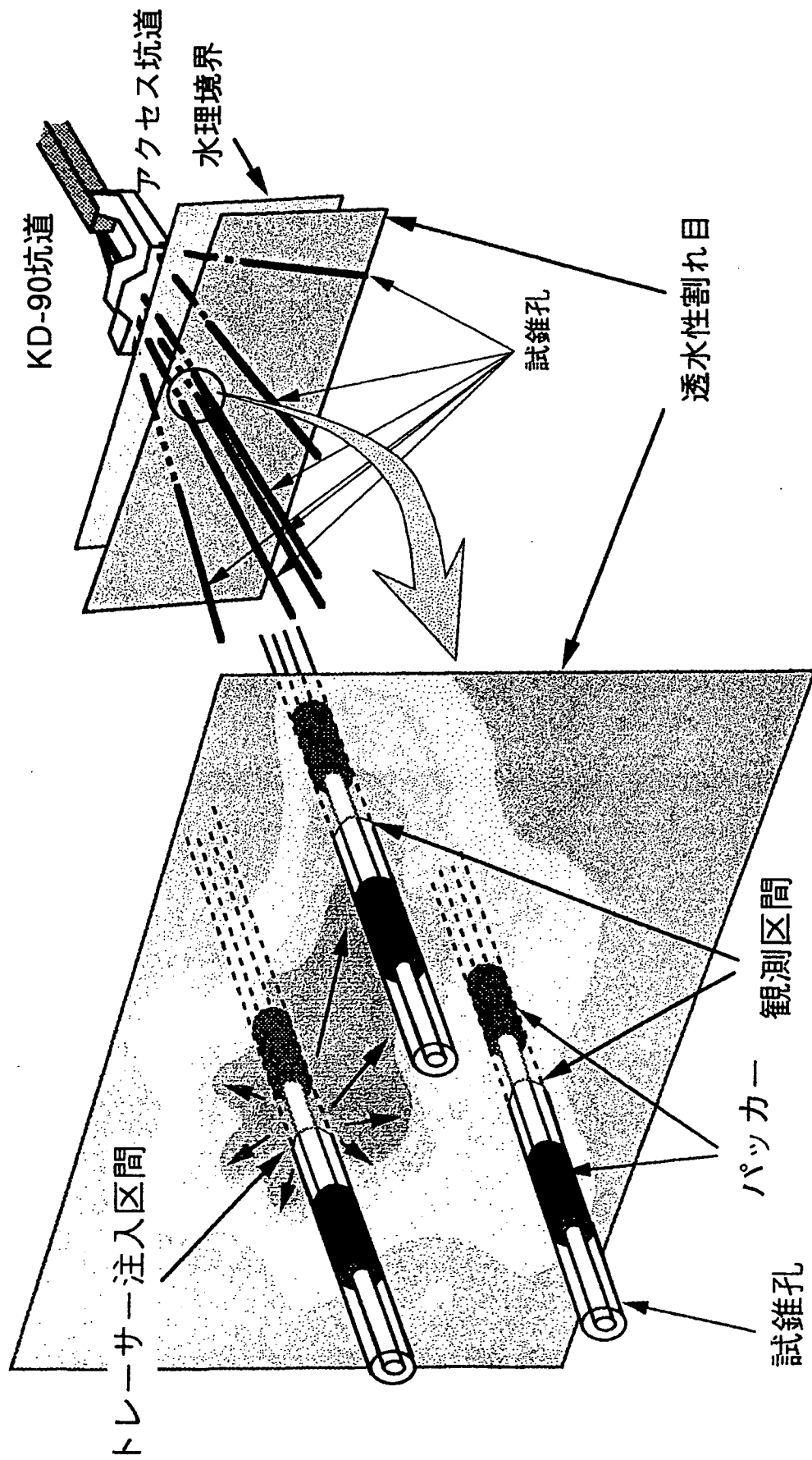


図-3.2.1.1 トレーサー試験概念図

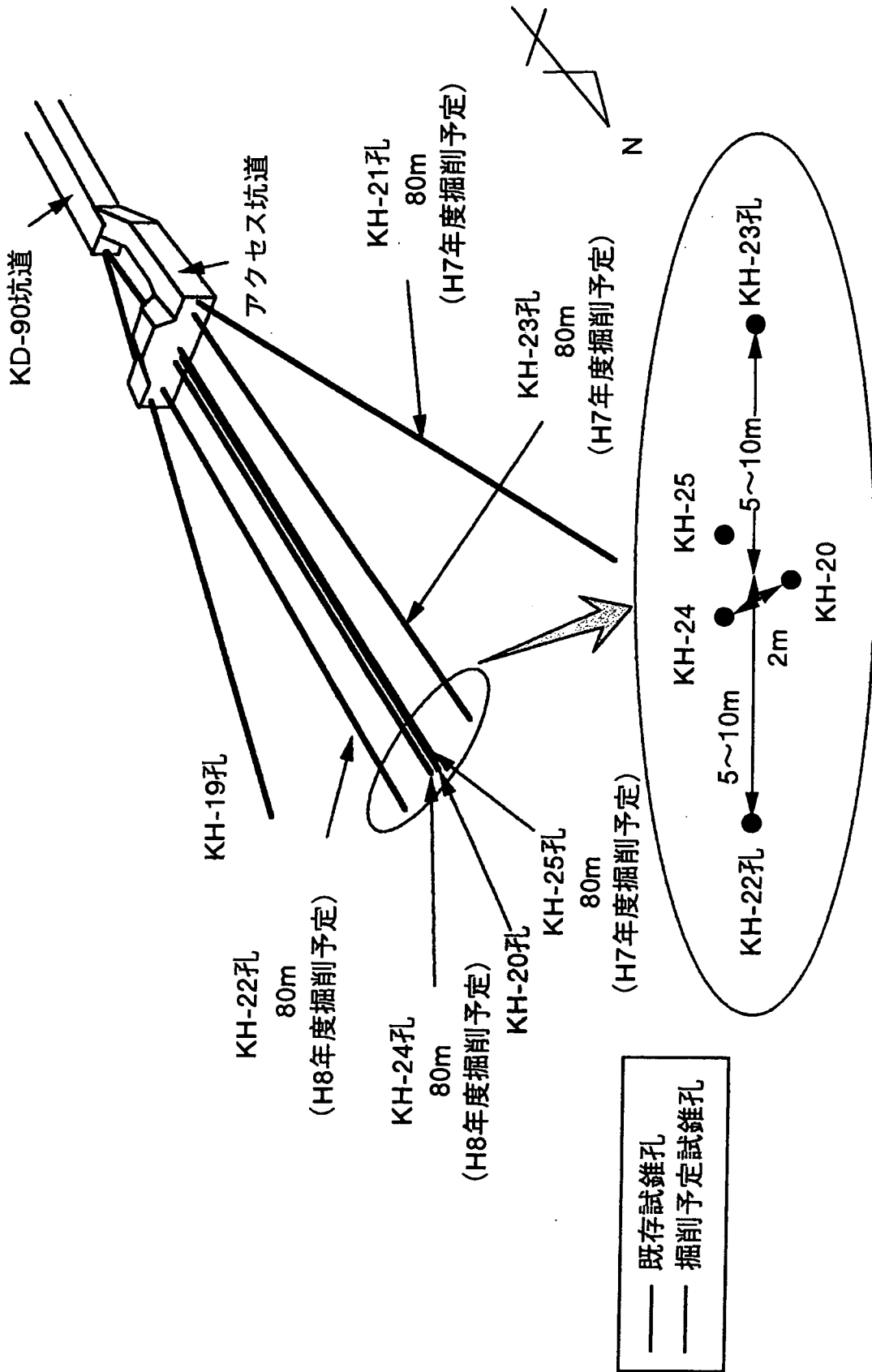
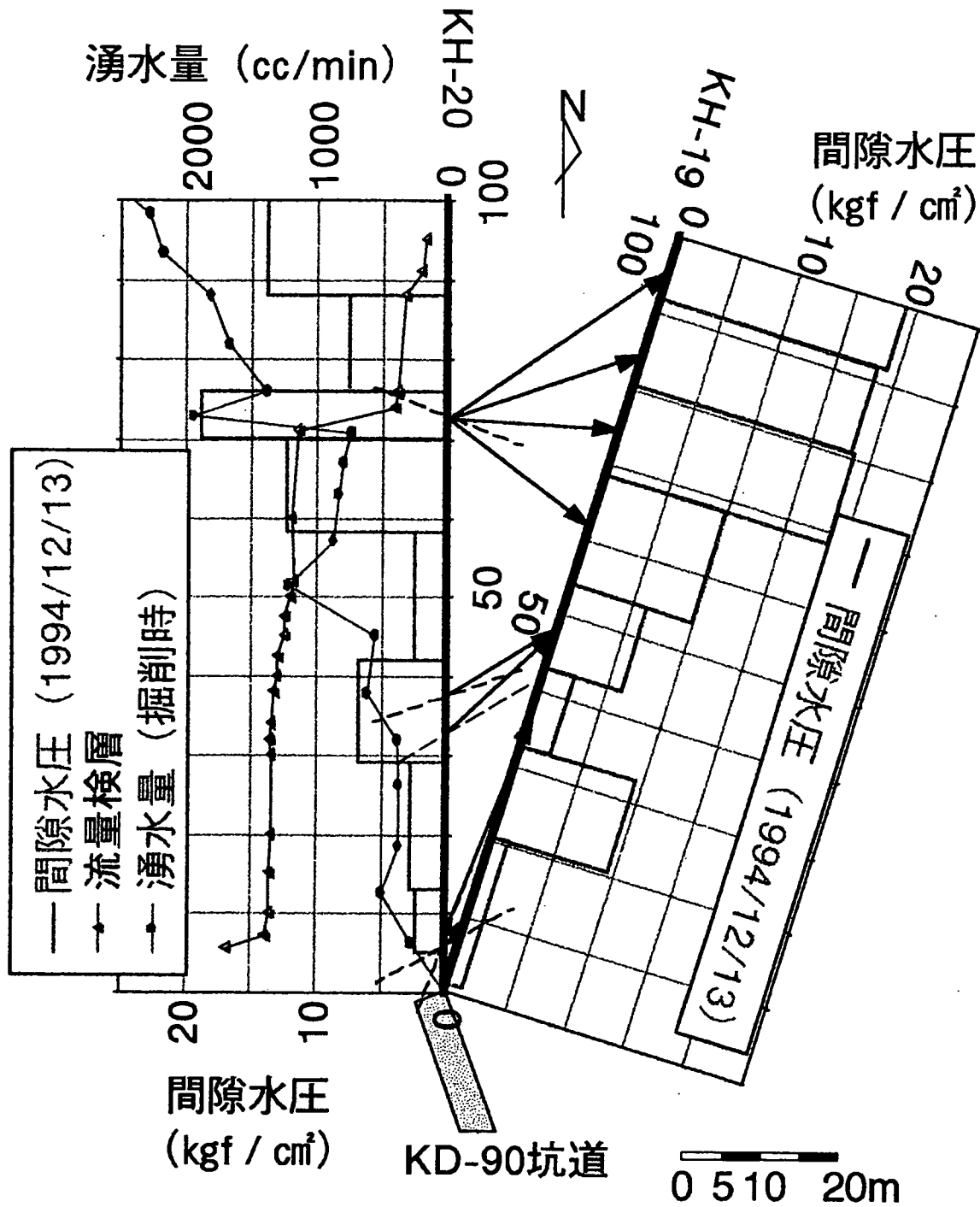
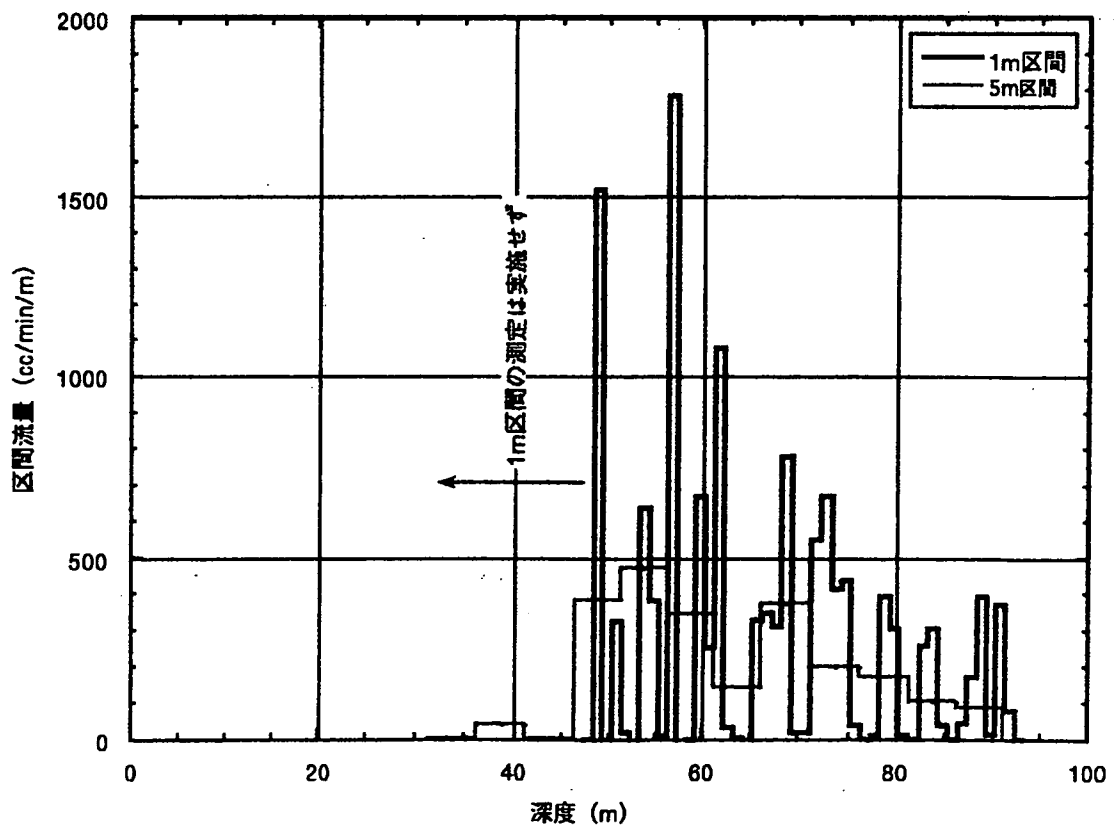
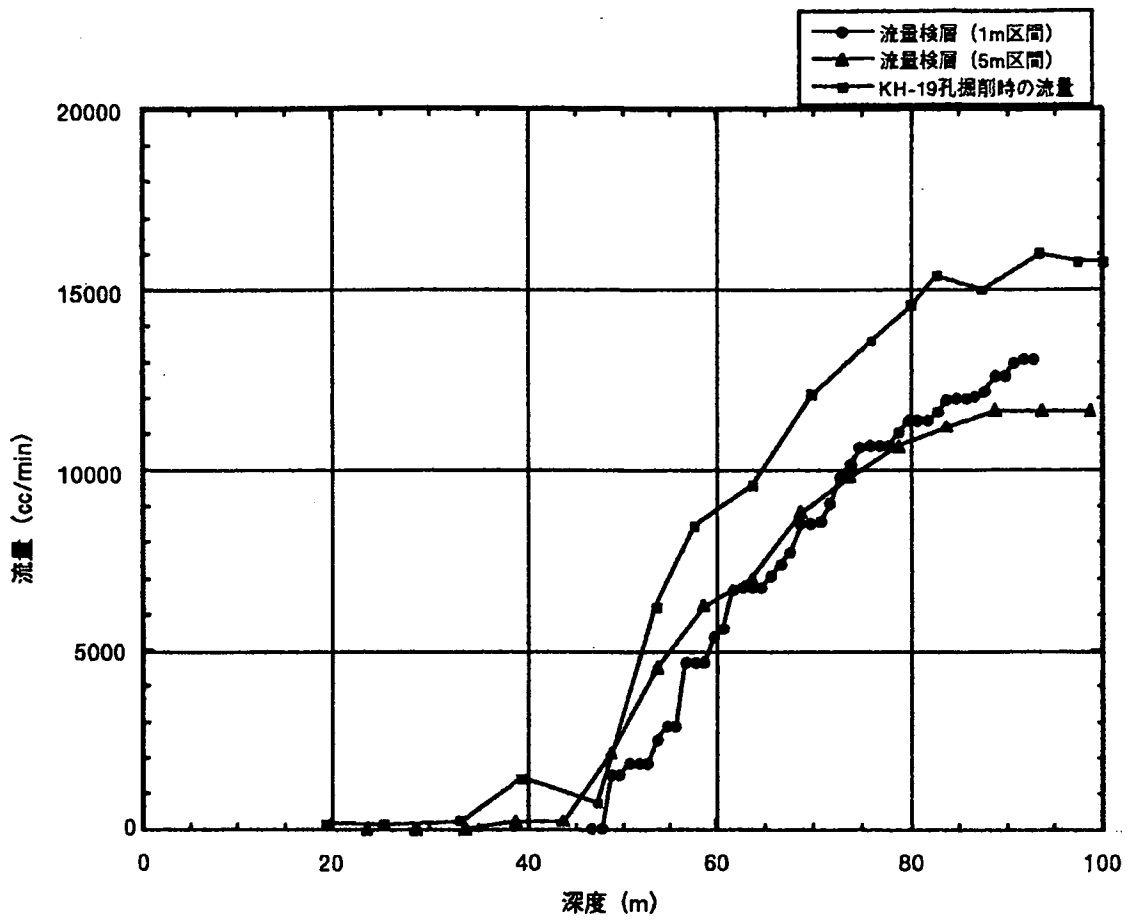


図-3.2.1.2 試験孔レイアウト



図一3.2.1.3 KH-20 孔掘削時の圧力応答と間隙水圧観測区間の間隙水圧
 および KH-20 孔流量検層結果
 矢印：圧力応答の方向
 点線：透水性割れ目の方向



図一3.2.1.4 KH-19 孔における流量検層結果

3.2.2 高水圧帯と透水性割れ目¹⁾

3.2.2.1 はじめに

前述したように、KH-19 孔では、KH-19 孔掘削中に48.5m 付近で急激に試錐孔からの湧水量が増加し、その後パッカーを設置したところ高水圧帯と低水圧帯を分ける水理境界の存在が推定された。この水理境界の位置・連続性および透水性割れ目の位置・連続性・数に関する情報を取得するために、KH-20 孔掘削中および掘削後に各種試験を実施した。

ここでは、本年度KH-20 孔を掘削し、掘削中および掘削後に実施した各種試験結果から推定された高水圧帯と透水性割れ目について述べる。

3.2.2.2 実施内容

(1)KH-20 孔掘削中の試験

①KH-19 孔における水圧観測

KH-19 孔では、8 個のパッカーで8つの区間に区切り、それぞれの区間で間隙水圧観測を行った。パッカー位置と間隙水圧観測区間は図-3.2.2.1 の通りで、KH-19 孔掘削中に湧水量が急増した箇所は区間5である。間隙水圧観測は、圧力トランスデューサーを用いた自動連続計測（2分間隔で計測）とブルドン管式水圧計を用いた目視による観測の2種類について行った。

間隙水圧観測は、水理境界の位置・連続性および透水性割れ目の位置・数・連続性を把握するための基礎情報を取得するために実施した。KH-20 孔が水理境界や透水性割れ目を通過した場合、それらがKH-19 孔に連続していればKH-19 孔のいずれかの間隙水圧観測区間の間隙水圧が変化する。このような間隙水圧変化の有無および、変化がある場合にはその区間を把握することにより、水理境界と透水性割れ目の位置・数・連続性を推定した。

②KH-20 孔口元での間隙水圧観測

水理境界の位置および透水性割れ目の位置・数を把握するための基礎情報を取得するために実施した。観測方法は、毎日試錐孔掘削が終了しロッドを引き抜いた後に試錐孔口元に蓋をし、掘削が終了した区間全長における間隙水圧を観測した。KH-20 孔が水理境界や透水性割れ目を通過したとき、口元の間隙水圧は変化する。この間隙水圧の変化を把握することにより水理境界の位置と透水性割れ目の位置・数を推定した。なお蓋をする際には、試錐孔内に空気が残らないように留意した。

③KH-20 孔掘削深度の計測

水理境界と透水性割れ目の位置を把握し、コアにより地質学的な対比が行えるように掘削深度を計測した。計測方法は、10cm掘進する毎にその時間を記載した。間隙水圧が変化したときの掘進長は、間隙水圧の変化した時間における掘進長を調べることで求めることができる。

④毎日のKH-20 孔掘削終了後の試錐孔口元での湧水量観測

試錐孔が水理境界や透水性割れ目を通過する前後で、試錐孔口元からの湧水量が変化（通過後の湧水量はそれ以前より増加する）する。そこで、試錐孔掘削期間中に、毎日の掘削終了後に口元において湧水量を観測し、水理境界や透水性割れ目の位置を把握するための情報を取得した。計測する際には、湧水量が一定となるのを待ち実施した。

(2)KH-20 孔掘削後の試験

①コア観察

割れ目の位置・頻度・開口の有無を把握し、それらと試錐孔掘削中の試験結果とを比較することにより、水理境界や透水性割れ目の地質学的特性を把握した。

②BTV調査

割れ目の位置・方向・頻度・開口の有無を把握し、それらと試錐孔掘削中の試験結果を比較することにより、水理境界や透水性割れ目の地質学的特性を把握した。

③孔曲り検層

本検層により試錐孔の3次元的位置を決定した。この結果に基づき、割れ目の3次元的位置を把握できる。

④流量検層

試錐孔に沿って湧水量の変化を把握し、水理境界や透水性割れ目の位置・数を把握するための情報を取得した。詳細は3.2.3(流量検層)で述べる。

3.2.2.3 結果

(1)間隙水圧観測結果

①KH-19 孔における観測結果

図-3.2.2.2 にKH-20 孔掘削中のKH-19 孔各区間の間隙水圧の変化を示す。間隙水圧は、毎日の掘削終了後にブルドン管式水圧計を目視した結果を示している。なお図中には、掘削深度もあわせて記載している。

図によると、4ヵ所で掘削にともない間隙水圧が低下していることがわかる。このような箇所は、KH-20 孔とKH-19 孔を連結する透水性の割れ目があると考えられる。区間7については、掘削中に間隙水圧変化は認められずほぼ一定(約10kgf/cm²)の値を示した。

以下に、それぞれの掘削地点におけるKH-19 孔各区間の間隙水圧の低下について述べる。

(a)6 m付近

この地点では、区間8と6の水圧低下が認められた。掘削深度5.8m前後での圧力トランスデューサーで記録された間隙水圧経時変化を図-3.2.2.3(区間8)と図-3.2.2.4(区間6)に示す。図には掘削深度も示す。

区間8の間隙水圧は1.68kgf/cm²程度であったが、KH-20 孔の掘削が6m付近に達した時一時的に1.8 kgf/cm²程度まで上昇し、その後掘削にともない1.45kgf/cm²程度まで低下した。その後は、掘削を終了し口元に蓋をしたため一定値に落ちついている。6m付近に達した時の一時的な間隙水圧の上昇は、掘削水が一時的にKH-19 孔方向に流れたことにより起こったと考えられる(掘削水の圧力は、10kgf/cm²前後)。

区間6の間隙水圧は2.94kgf/cm²程度であったが、KH-20 孔の掘削が6m付近に達した時わずかに低下し、2.83kgf/cm²程度になった。その後は、掘削を終了し口元に蓋をしたため一定値に落ちついている。

このように、KH-20 孔6m付近の透水性割れ目は、主にKH-19 孔の区間8内に連続し、さらに、この割れ目と交差した割れ目が区間6内の割れ目と連結していることが推定された。またこの時点では、高間隙水圧を示している区間1~4の間隙水圧の低下は

認められなかった。

(b)7.5m付近

この地点では、区間6で間隙水圧の低下が認められた。掘削深度7.5m前後での圧力トランスデューサーで記録された間隙水圧経時変化を図-3.2.2.5に示す。図には掘削深度もあわせて示す。

区間6の間隙水圧は2.9 kgf/cm²程度であったが、KH-20孔の掘削が7.5m付近に達した時2.6 kgf/cm²程度まで低下した。その後は、掘削を終了し口元に蓋をしたため一定値に落ちついている。

このように、KH-20孔7.5m付近の透水性割れ目はKH-19孔区間6に連続していることが推定された。またこの時点では、高間隙水圧を示している区間1～4の間隙水圧の低下は認められなかった。

(c)33m, 37.5m付近

この地点では、区間5で間隙水圧の低下が認められた。掘削深度33m および37.5m前後での圧力トランスデューサーで記録された間隙水圧経時変化を図-3.2.2.6に示す。図には掘削深度もあわせて示す。

区間5の間隙水圧はKH-20孔の掘削が33m付近に達した時から徐々に低下し、37.5m付近を通過すると急激に低下し、その後蓋をしたにもかかわらず、8 kgf/cm²以下にまで低下している。

33m付近では、区間5の間隙水圧は僅かにしか低下していないため、主な透水性割れ目は37.5m付近から区間5へ連続し、その透水性割れ目と交差する割れ目が33m付近へ連続していると考えられる。

この時点では、高間隙水圧を示している区間1～4の水圧低下は認められなかったが、区間5はKH-19孔掘削時に多量の湧水が認められた箇所を含んでおり、水理境界も区間5内を通ると可能性も考えられた。よって、33m および37.5m 付近とKH-19孔区間5を結ぶ水理境界が存在することも考えられた。このことから、アクセス坑道のレイアウトを当初計画から変更し、掘削した(図-3.2.2.7)。

(d)72.8m 付近

この地点では、区間1～4で間隙水圧水圧の低下が認められた。掘削深度72.8m前後での圧力トランスデューサーで記録された間隙水圧経時変化を図-3.2.2.8に示す。図には掘削深度もあわせて示す。

区間1～4の間隙水圧は、掘削が72.8m付近に達すると同時に急激に低下し、その後口元に蓋をすると増加しほぼ一定値を示した。区間1～4の間隙水圧は同時に低下したため、これらの区間は透水性割れ目によって連結している可能性が考えられた。また、72.8mを通過したことによりKH-19孔の高間隙水圧帯の水圧が低下したことから、水理境界を通過したことが確認された。

なお、区間4の間隙水圧が他の3つの区間と比較して低いが、これは水圧計がドリフトしていたためであることがわかっている(1.12参照)。

②KH-20孔口元における観測結果

KH-20孔においては、圧力トランスデューサーを用いて間隙水圧の自動連続観測(2分間隔)を行った。

図-3.2.2.9 に観測結果を示す。図は、毎日の掘削開始前（蓋を撤去する前）の間隙水圧を示している。

間隙水圧は、KH-20 孔掘削深度30m を越えたあたりで増加した後ほぼ一定となり、72.8m を越えた後は急激に増加した。このように、KH-20 孔においても高間隙水圧帯と低間隙水圧帯を隔てる水理境界の存在が確認できた。

(2)湧水量観測結果

①毎日の掘削終了後のKH-20 孔口元での湧水量観測結果

測定は、掘削用ロッドを引き抜いた後孔内を水で満たし、孔口からの湧水が安定したのを見計らい（約10分経過後）、メスシリンダーを用いて一定時間内の湧水量を測定した。なお、測定は3回連続してほぼ一定値となるまで行い、その平均値を測定値としている。図-3.2.2.10に結果を示す。

湧水量はKH-20 孔掘削開始から10m 程度まで増加した後、30m 付近まではほぼ一定値を示した。その後は再び増加し、深度50m 付近で一時多量な湧水が認められた。50m 付近の湧水は次の日には認められなかったため、水が貯留していた箇所を通過したかあるいは透水性の低い透水割れ目を通過した可能性がある。深度72.8m の割れ目を通過した後は急激に増加した。

KH-20 孔の湧水量もKH-19 孔と同様、ある深度を境に湧水量が急激に変化した。ただし、KH-20 孔の湧水量はKH-19 孔のその約十分の一であった（図-3.2.2.11）。

②流量検層（詳細は、3.2.3 参照）

(a)KH-20 孔における流量検層

本試錐孔においては、試錐孔掘削が終了し約1週間経過後シングルパッカーを用いて100mについて行った。シングルパッカーを用いた調査では、積算流量を求めることができる（図-3.2.2.12）。図ではパッカー手前の総湧水量を示している。

湧水量は、5m付近から40m 手前まではほぼ一定の値を示し、40m 手前から徐々に増加した。そして、72.8m 付近で急激に増加した後は、徐々に増加した。流量検層結果では、口元での湧水量観測時にみられた一時的な多量な湧水は認められなかった。

KH-20 孔には掘削時の水圧観測、流量検層の結果を用いてパッカー位置を決定・設置し、間隙水圧観測を行った。パッカー位置を図-3.2.2.13に示す。

KH-20 孔における間隙水圧は、KH-19 孔のように高間隙水圧帯で一定圧を示さず凹凸のある分布を示した（図-3.2.2.14）。

なお、アクセス坑道掘削後にダブルパッカーを用いた流量検層を行う予定としていたが、KH-19 孔解放時にKH-20 孔からの湧水が認められなかったため中止した。

アクセス坑道掘削が終了し、KH-19 孔において流量検層を実施した後パッカーを再設置した（図-3.2.2.13）。

(b)KH-19 孔における流量検層

本試錐孔においては、アクセス坑道掘削が終了し約1週間経過後ダブルパッカーを用いて約80m 間において行った（KH-19孔は、アクセス坑道掘削後、約20m 短くなり孔長約80m になった）。ダブルパッカーを用いた調査では、2つのパッカーで区切られた区間内の湧水量を求めることができる。図-3.2.2.15に結果を示す。

ダブルパッカーを用いた調査を行うことにより、湧水の有る区間と無い区間を把握

することができた。湧水量は47.5～48.5m 付近（KH-19 孔の当初深度）で急増した。

流量検層結果を用いてパッカー再設置位置を決定し、パッカーを設置し間隙水圧観測を行った。パッカー位置を図-3.2.2.16に示す。

KH-19 孔の間隙水圧は、パッカー再設置後も高間隙水圧帯においては、ほぼ一定の値を示した（図-3.2.2.17）。

(3)ボアホールテレビ、コア観察

ボアホールテレビ、コア観察ともKH-20 孔全長100mについて実施した。図-3.2.2.18に結果を示す。変質部・破碎部および割れ目の分布は不均一で、集中部とまばらな部分が存在する。またアクセス坑道における割れ目スケッチによると岩盤中に割れ目の連続性に乏しいブロックが存在し（図-3.2.2.19）、このようなブロックが水理境界を形成している可能性があることがわかった。

表-3.2.2.1 に以下2つの観点で抽出した割れ目を記載する。

- ・掘削時にKH-19 孔の間隙水圧に変化が現れた掘削深度付近に存在する開口割れ目
- ・掘削時にKH-20 孔口元の湧水量が増加した区間に存在する開口割れ目

KH-20 孔において観察された割れ目全体の走向・傾斜はN70° E75° Nに集中していた。KH-20 孔とKH-19 孔間の中程度以上の変質部の連続性は割れ目の走向と良く一致しており、水みちは割れ目に沿って発達したことを表している。表-3.2.2.1 に示したように、透水性割れ目と考えられる割れ目は中程度以上の変質を受けており、中程度以上の変質を受けている割れ目が水みちとなっている可能性がある。

透水性割れ目の充填鉱物は主として、緑泥石・方解石・濁沸石・緑れん石・束沸石と暗緑色・黄緑色、黒色を呈する混合鉱物（母岩に由来する石英・斜長石や濁沸石・束沸石等の変質鉱物等、数種の細粒な鉱物の集合体）が認められた。KH-20 孔深度72.8m の割れ目の 充填鉱物は暗緑色・黄緑色を呈する混合鉱物が主体であった（表-3.2.2.1、図-3.2.2.20）。

3.2.2.4 水理境界と透水性割れ目について

KH-20 孔にパッカーを設置し間隙水圧を観測したところ、KH-20 孔においてもKH-19 孔で確認された約20kgf/cm²程度の高間隙水圧帯が確認され、高間隙水圧帯は東西方向に連続していることが明らかになった。ただし、KH-20 孔で確認された高間隙水圧帯はKH-19 孔のように約40m にわたって一様に分布するのではなく凹凸のある分布を示し、透水性割れ目の分布に依存している可能性が考えられた。KH-19 孔とKH-20 孔の両者の口元を解放したところ、KH-20 孔からは湧水が認められなかった。このことから、高間隙水圧をもたらす水源は東側（KH-19 孔側）にあると考えられる。

今回の各種調査により透水性割れ目を特定することができた。透水性割れ目の透水係数を概算したところ、 10^{-5} ～ 10^{-8} cm/secであることがわかった。また流量検層および間隙水圧観測結果によると透水性割れ目はKH-20 孔側（試験領域の西側）では独立している可能性が高いが、KH-19 孔の奥側（試験領域の北東側）では割れ目どうしが連結している可能性が高い。コア観察によると透水性割れ目には中程度以上の変質が認められた。変質の程度と透水係数を比較してみると、変質の程度が大きくなるほど透水係数が高くなる傾向が認められた。このように変質程度と割れ目の透水性の間には相関関係がある可能性がある。

KH-20 孔掘削中のKH-19 孔における間隙水圧観測によると、間隙水圧が変化しない区間

(区間7)が認められ、さらにこの区間を飛び越えて圧力応答が認められるケースがあった。このことから、透水性割れ目の連続は単純に2次元で考えるのではなく、3次元的に考えなければならないことが明らかになった。

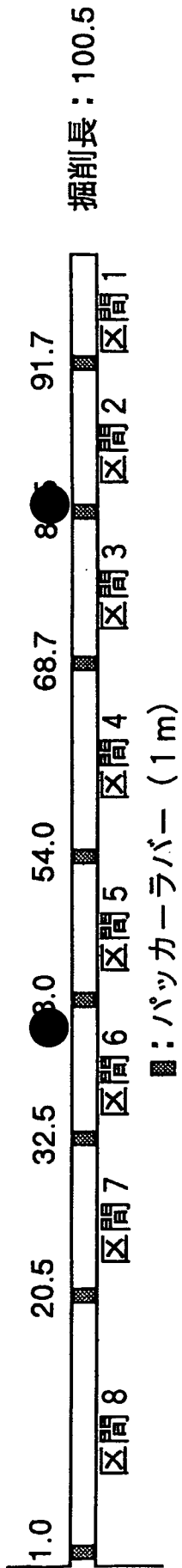
KH-20 孔掘削中後の各種試験によって、水理境界が2つ存在する可能性が生じた。一つはKH-20 孔深度35m 前後からKH-19 孔区間5へ連続するもの、もう一つはKH-20 孔72.8m 付近からKH-19 孔区間4へ連続するものである(図-3.2.2.7)。当初のアクセス坑道のレイアウトでは、南側の水理境界(図-3.2.2.7)を通過することが考えられたため、レイアウトの変更を行い掘削を行った。その結果アクセス坑道掘削中に、高間隙水圧帯の水圧低下は認められず、坑道掘削により水理境界が損傷するような現象は認められなかった。水理境界の実態・方向・広がりについては未だ明らかになっていないが、水理境界の実態は割れ目の少ない領域である可能性が考えられた。

3.2.2.5 今後の予定

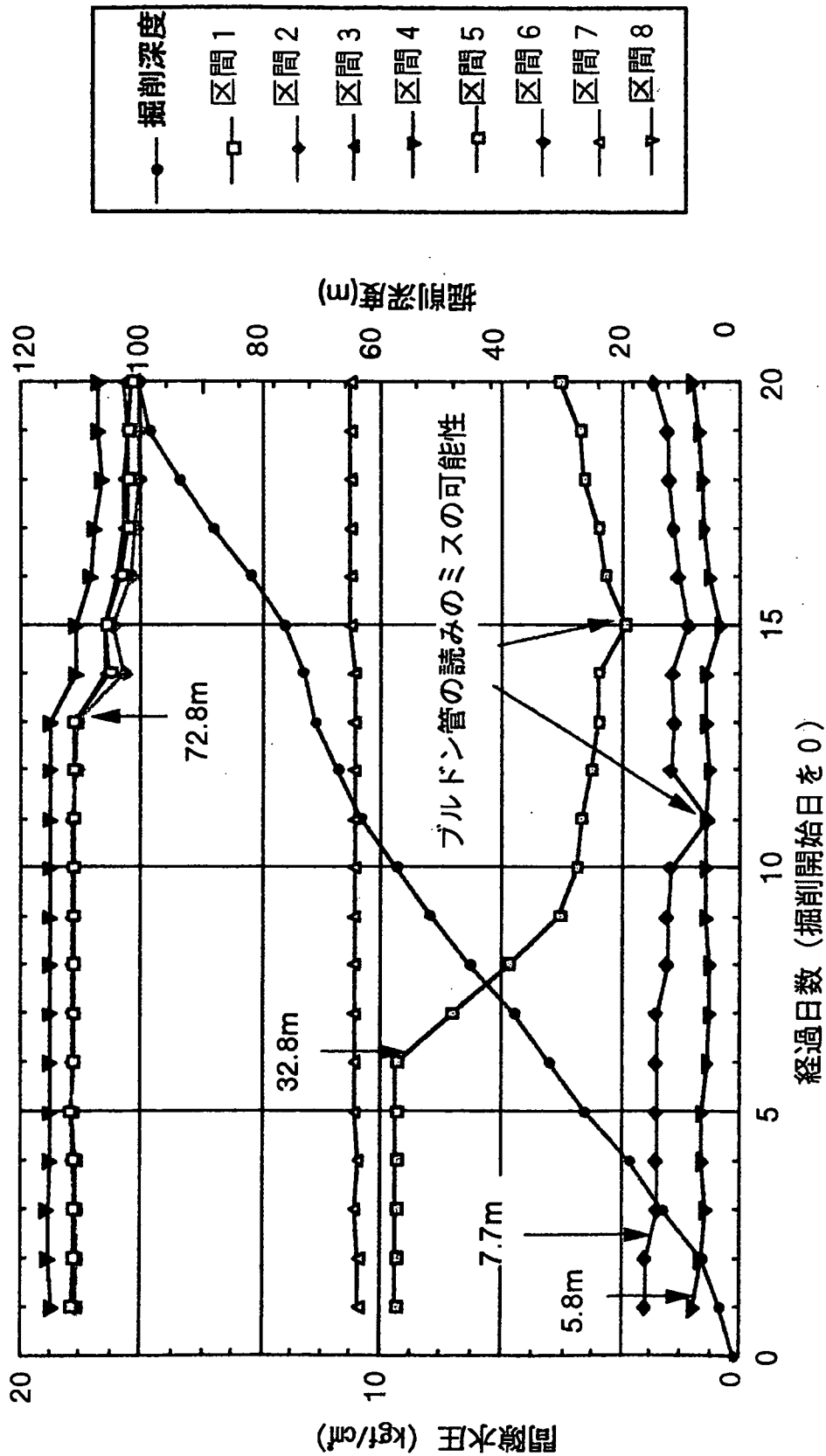
平成7年度は3本の試錐孔を掘削する。各試錐孔掘削中後には本年度と同じ試験を実施し、透水性割れ目の連続性や水理境界の分布を明らかにする。平成7年度には、平成6年度に実施した試験内容の他にポアホールレーダを用いた反射法と単孔式の透水試験を実施する。これらを行うことにより透水性割れ目の分布を明らかにし、また岩盤および透水性割れ目の水理特性を明らかにする。

参考文献

- 1) 大成建設株式会社(1995)：釜石鉱山における非収着トレーサー試験のための水理地質構造の調査研究、PNC ZJ1205 95-005



図一3.2.2.1 KH-19 孔間隙水圧観測区間（数字はパッカー中心位置（m））



図一3.2.2.2 KH-20 孔掘削深度と KH-19 孔間隙水圧変化

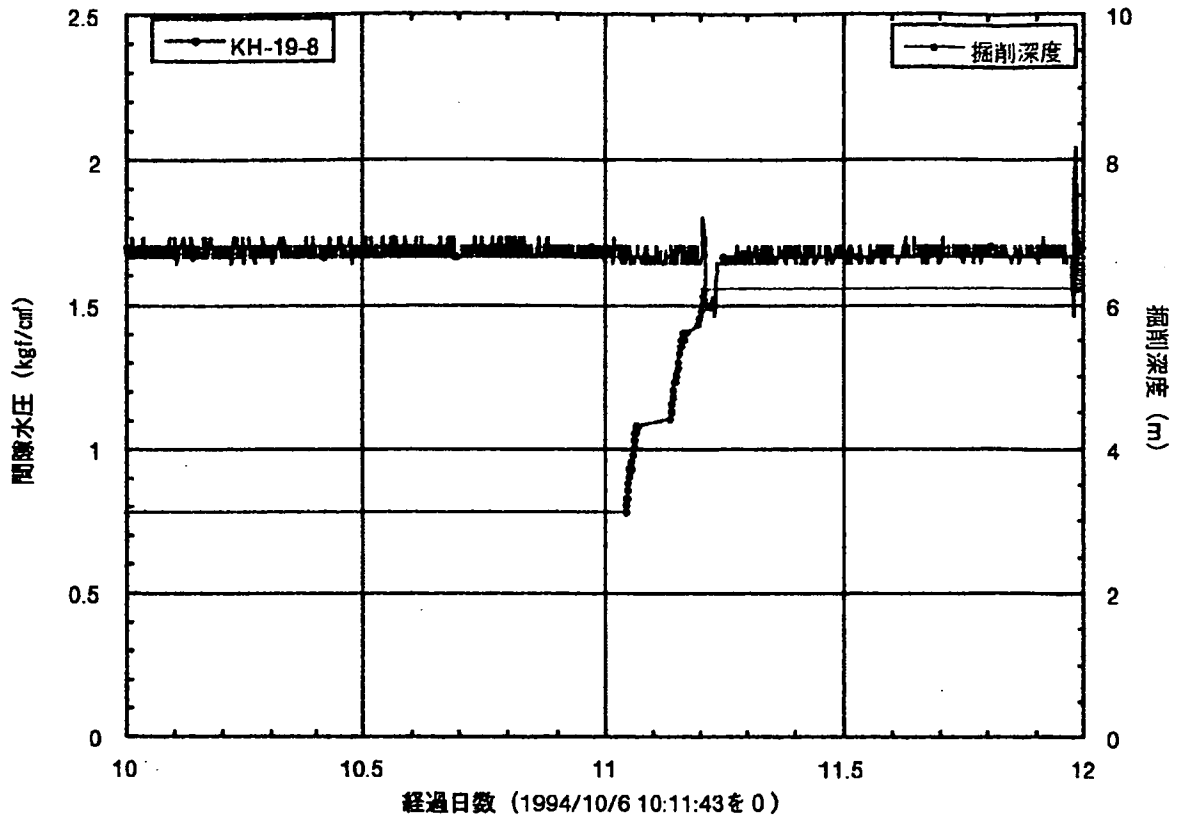


図-3.2.2.3 KH-20 孔 6 m付近掘削時の KH-19 孔区間 8 の間隙水圧変化

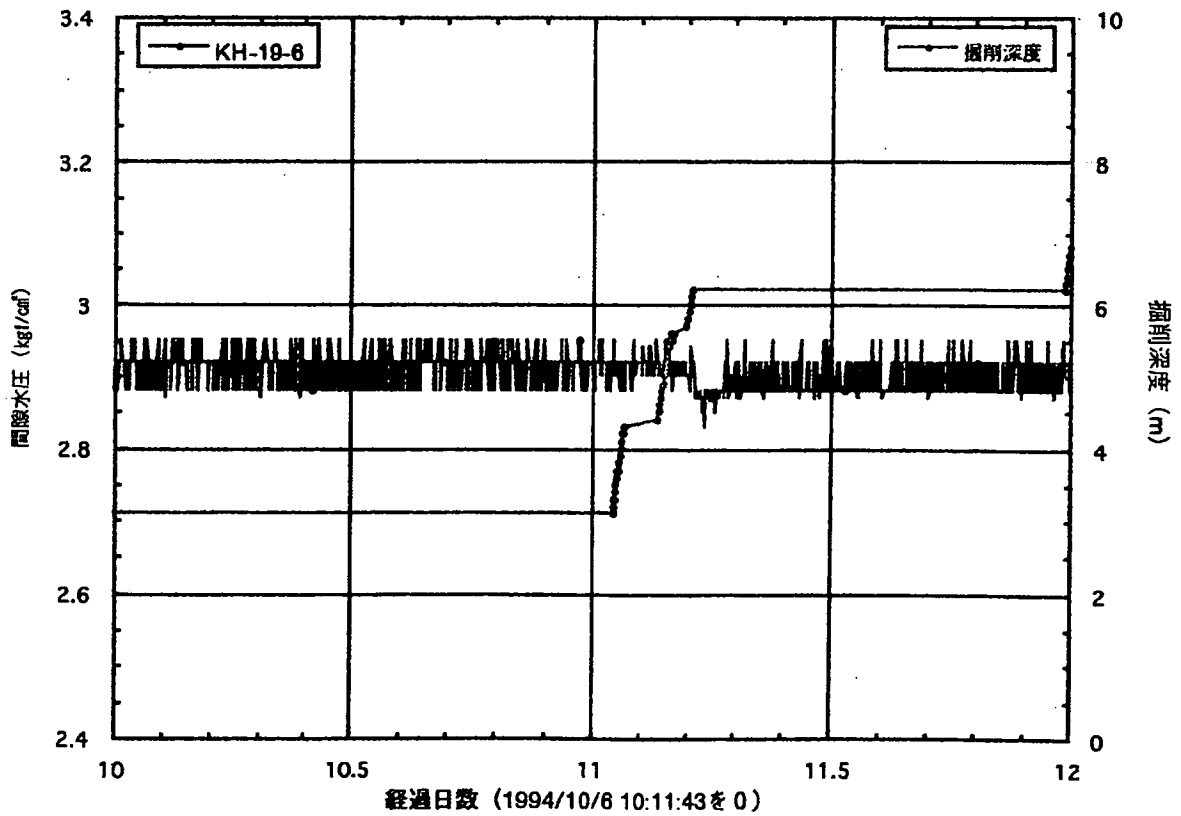
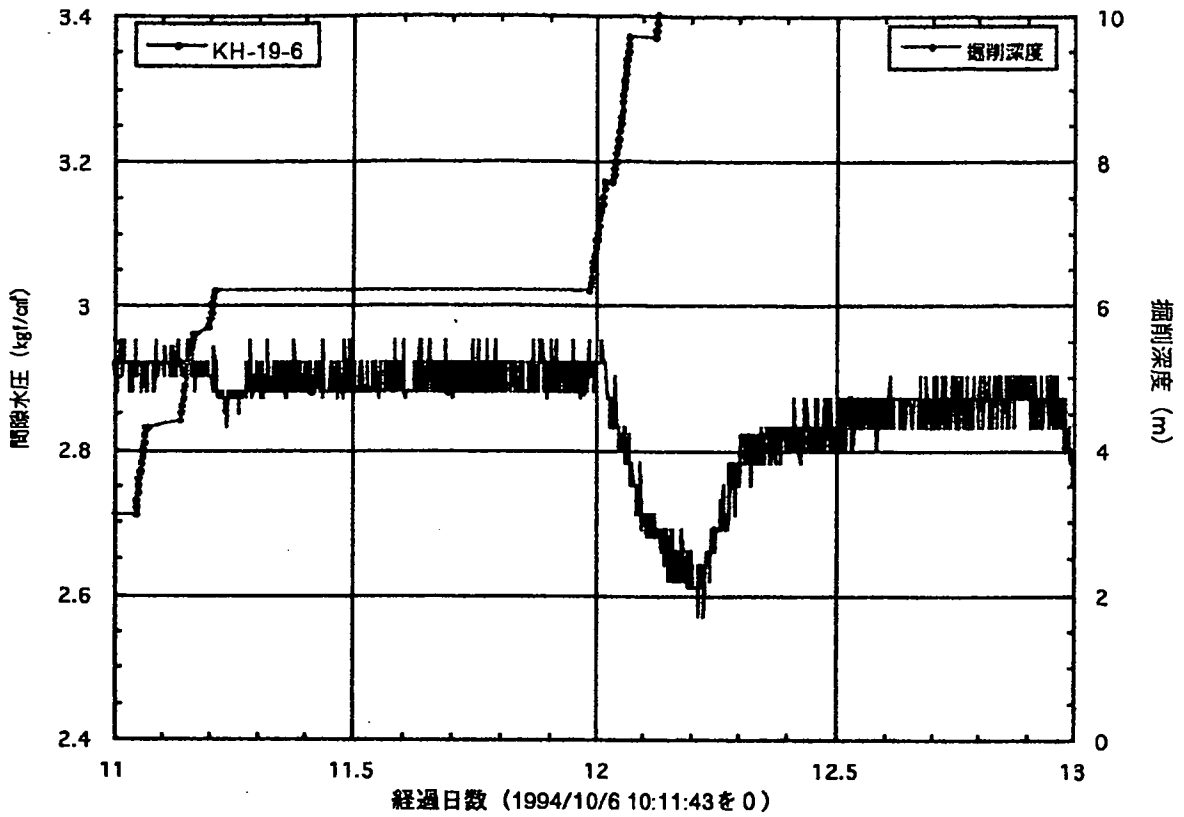
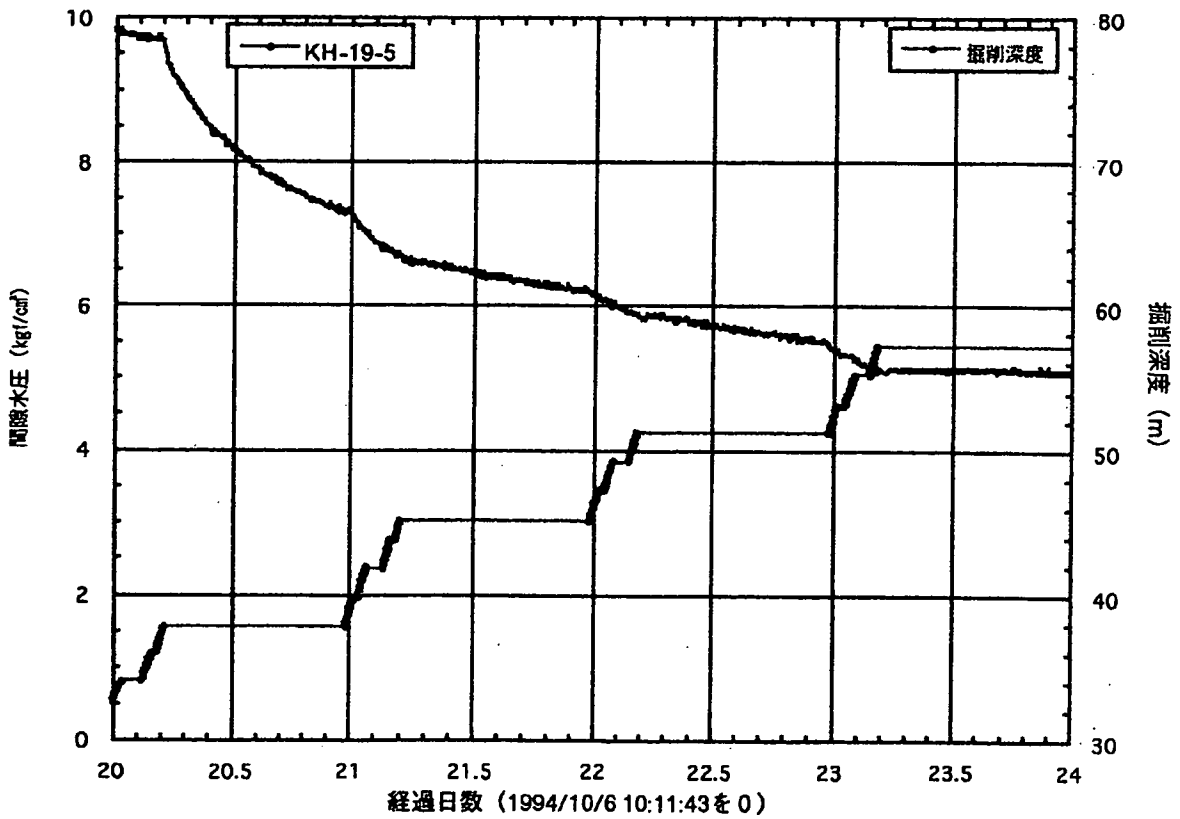


図-3.2.2.4 KH-20 孔 6 m付近掘削時の KH-19 孔区間 6 の間隙水圧変化



図一3.2.2.5 KH-20 孔7.5m付近掘削時の KH-19 孔区間 8 の間隙水圧変化



図一3.2.2.6 KH-20 孔33m, 37.5m付近掘削時の KH-19 孔区間 5 の間隙水圧変化

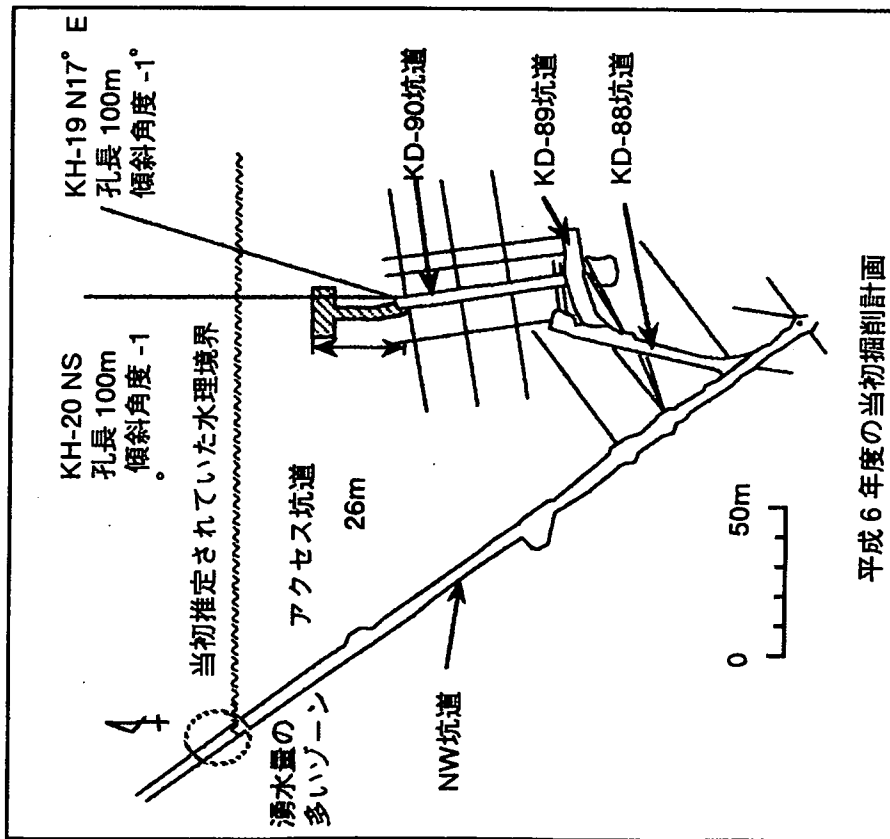
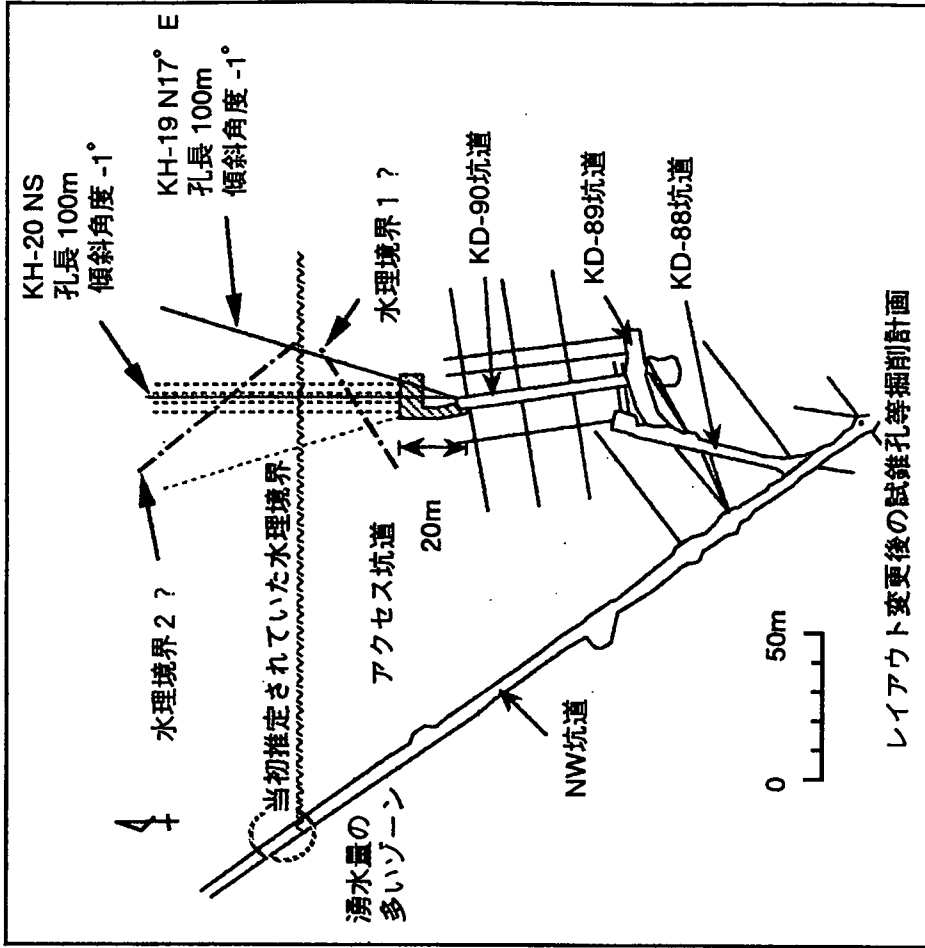


図-3.2.2.7 平成6年度当初の試験レイアウトと変更後の試験レイアウト

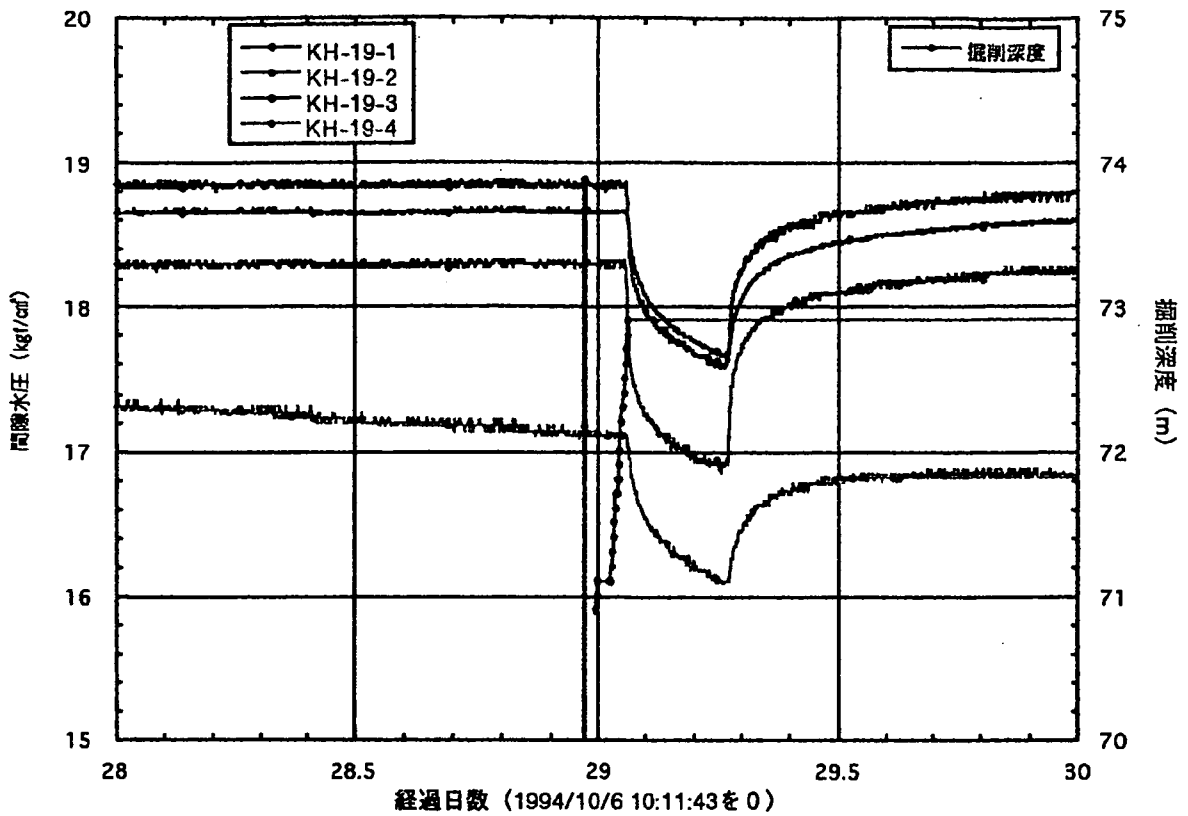


図-3.2.2.8 KH-20 孔 72.8m 付近掘削時の
KH-19 孔区間 1 ~ 4 の間隙水圧変化

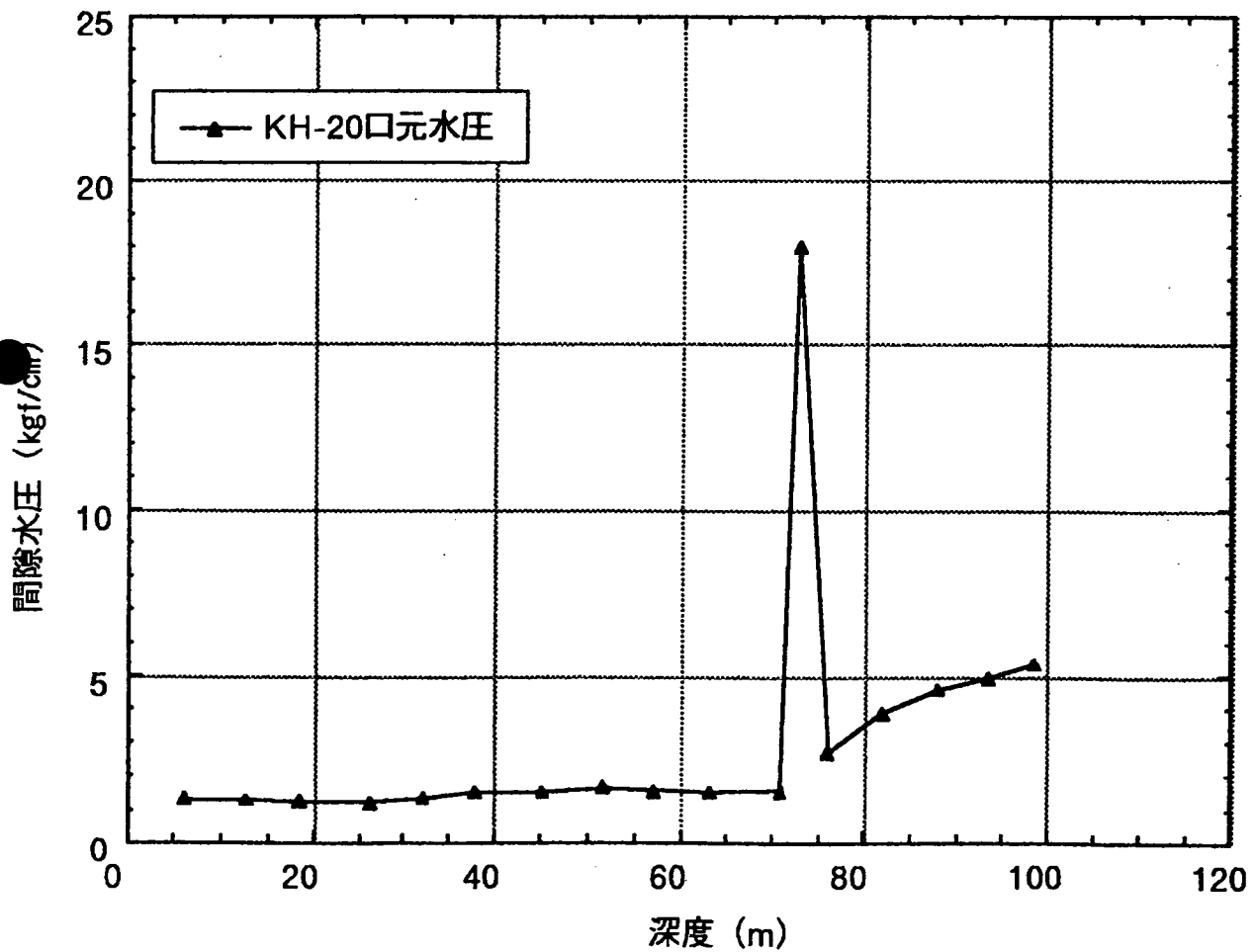
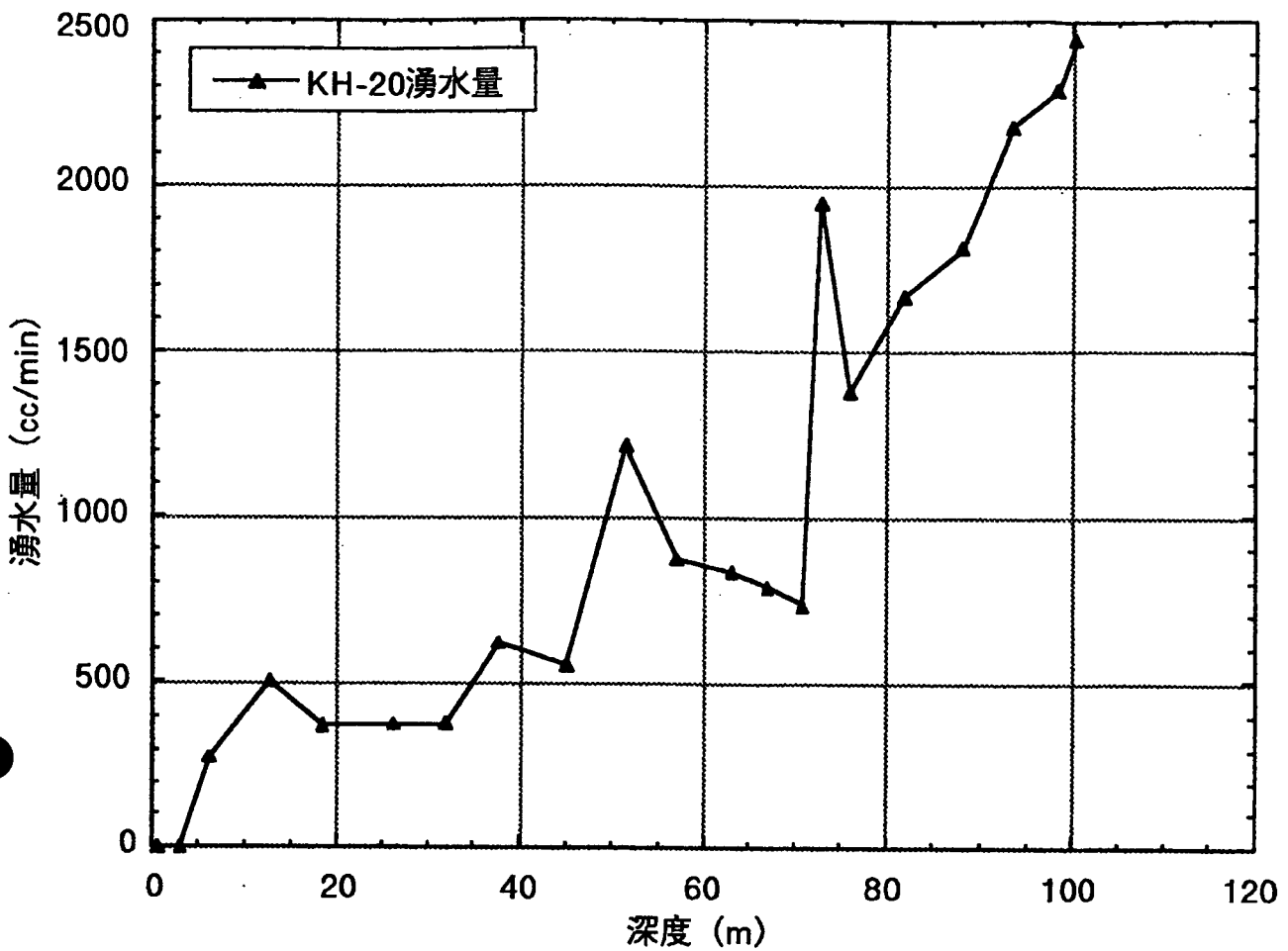
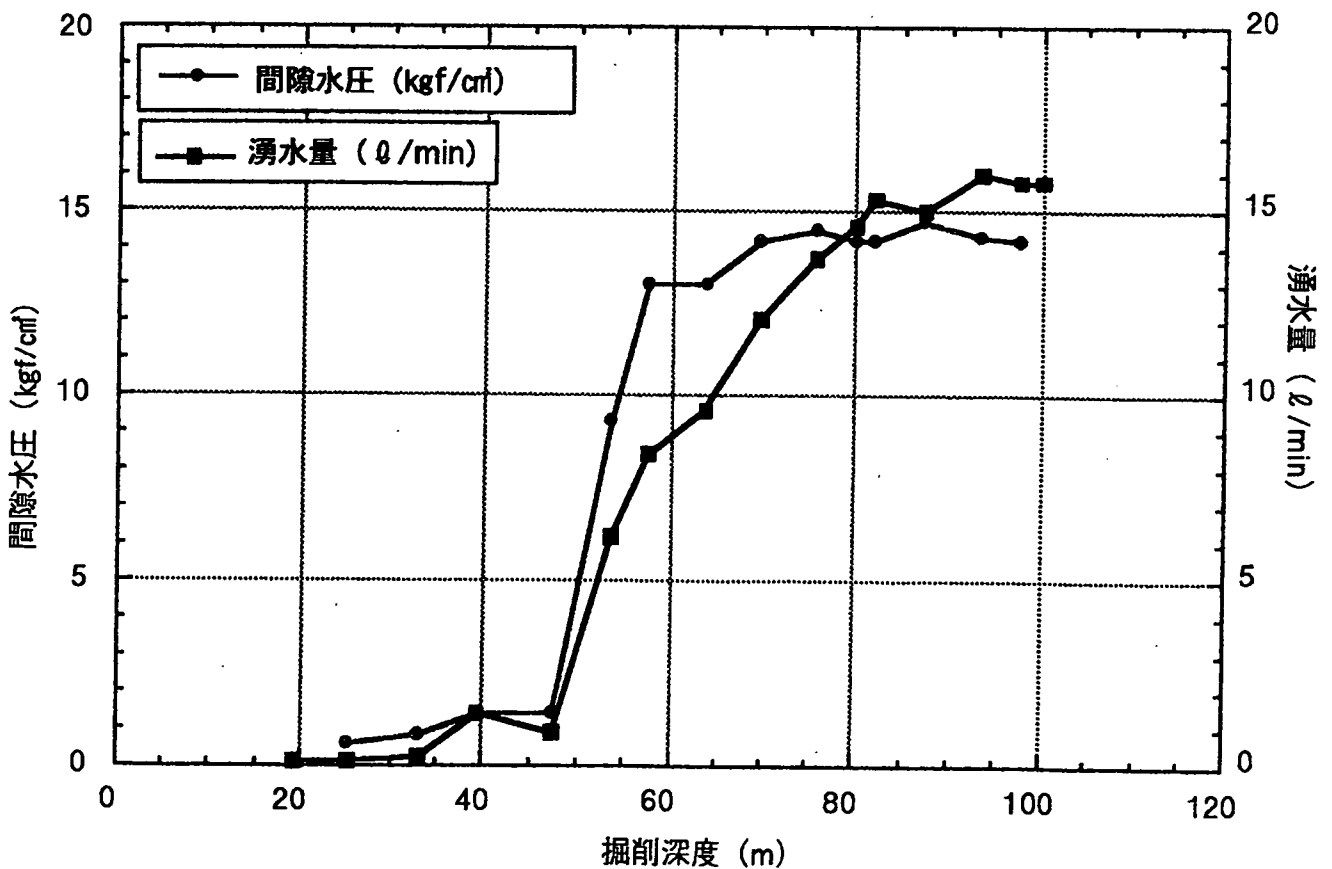


図-3.2.2.9 KH-20 孔掘削時の口元での間隙水圧変化



図一3.2.2.10 KH-20 孔掘削時の口元での湧水量観測結果



図一3.2.2.11 KH-19 孔掘削時の口元での間隙水圧と湧水量

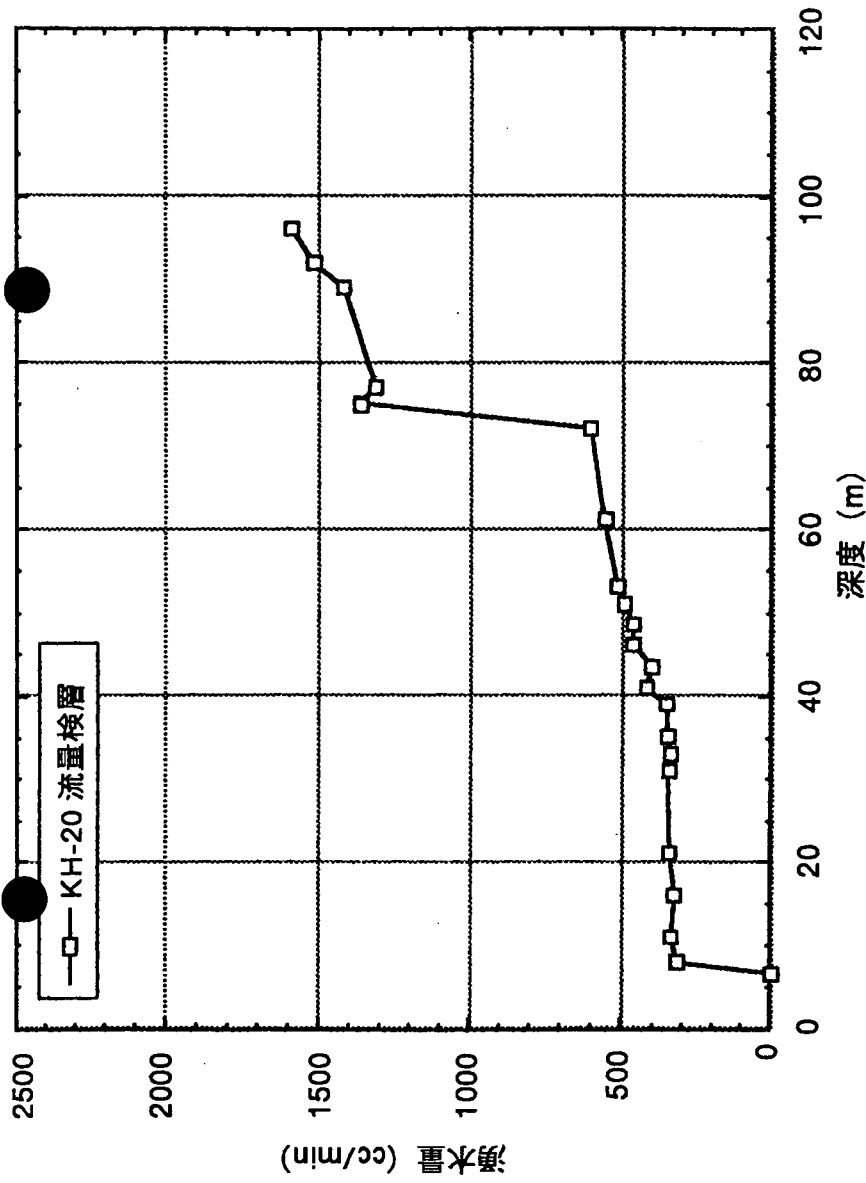


図-3.2.2.12 KH-20 孔における流量検層結果

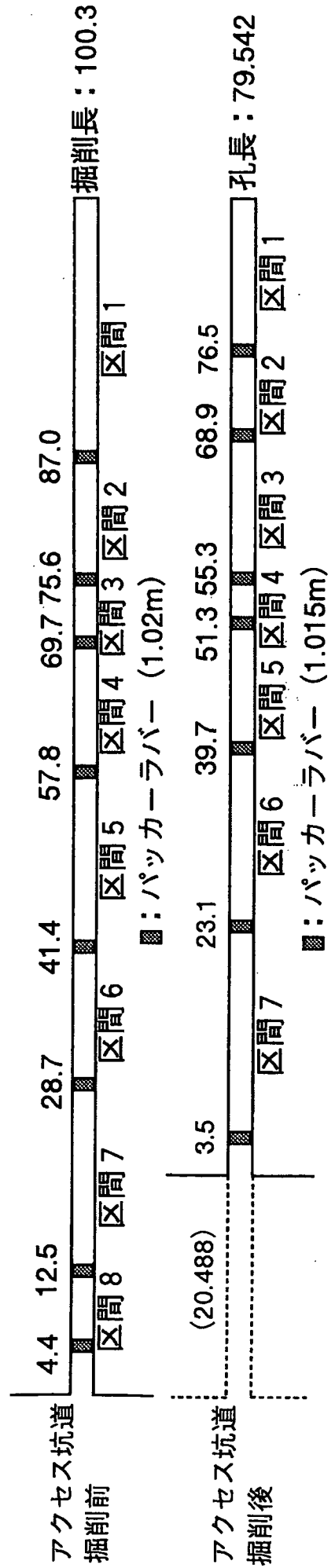


図-3.2.2.13 KH-20 孔間隙水圧観測区間 (数字はパッカー中心位置 (m))

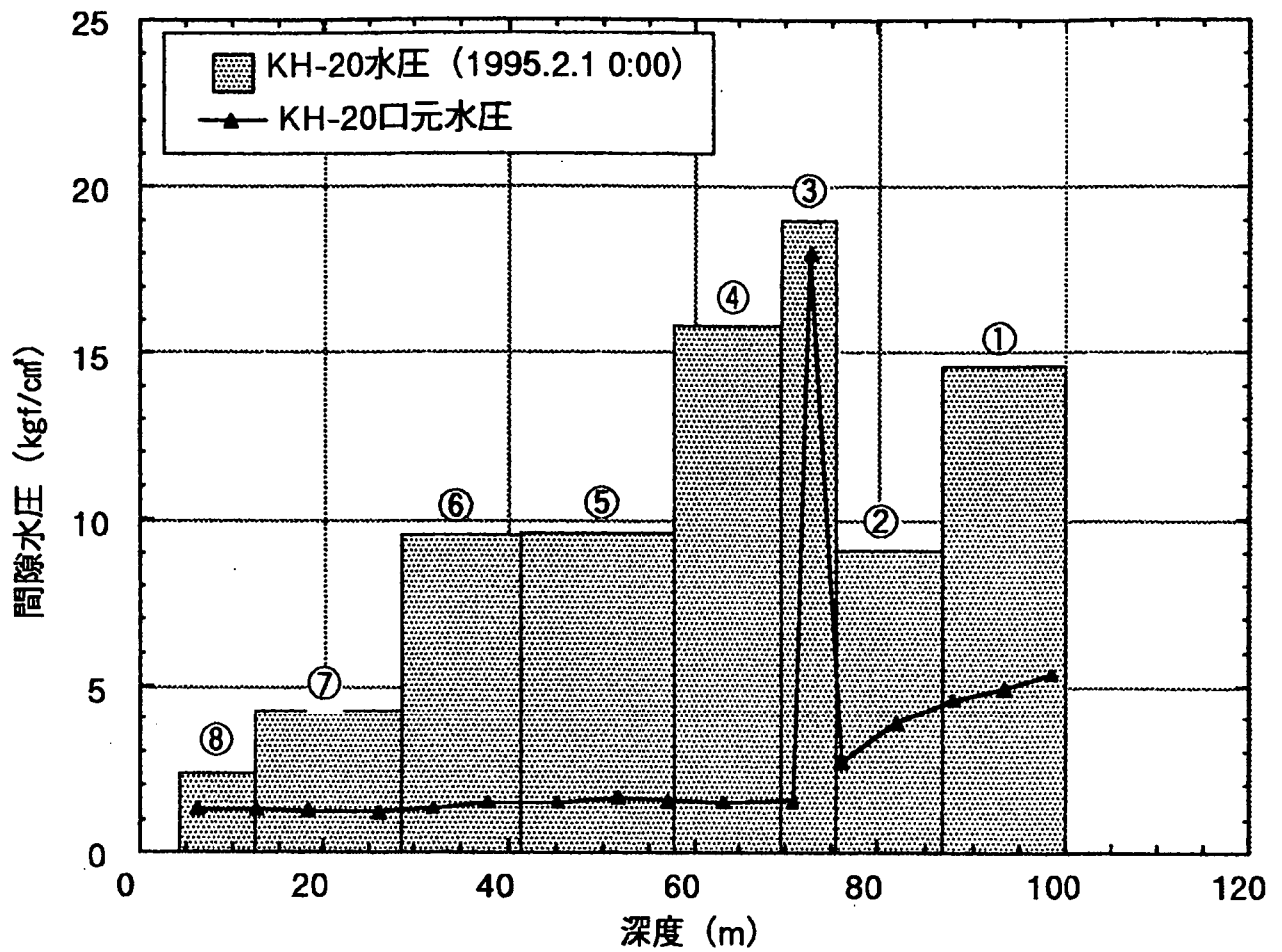


図-3.2.2.14 KH-20 孔掘削時の口元での間隙水圧と
パッカー設置後の KH-20 孔間隙水圧

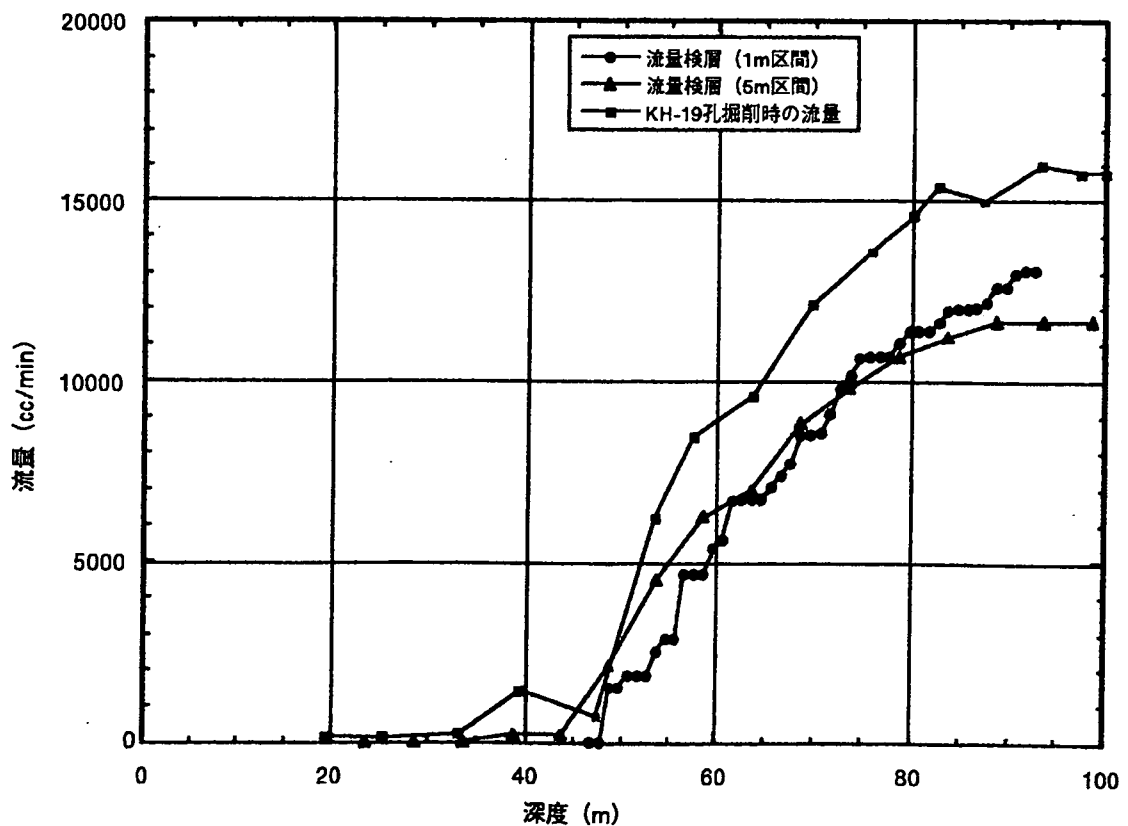


図-3.2.2.15 KH-19 孔における流量検層結果

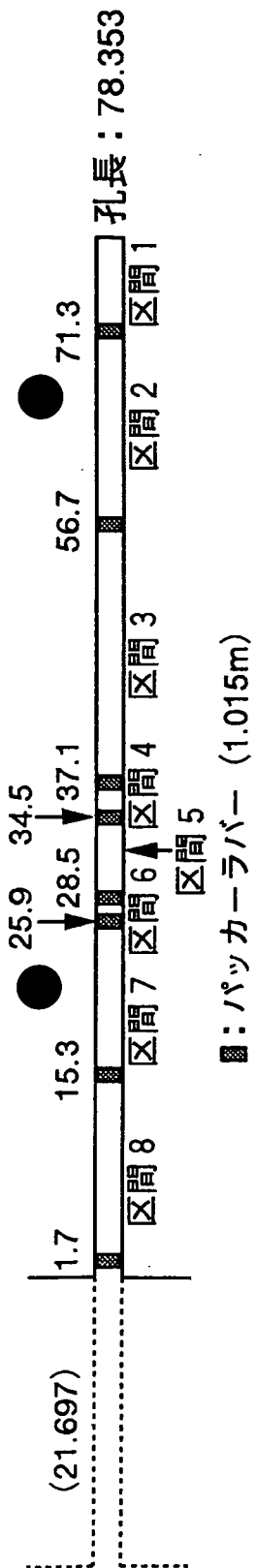


図-3.2.2.16 アクセス坑道掘削後の KH-19 孔間隙水圧観測区間
 (数字はパッカー中心位置 (m))

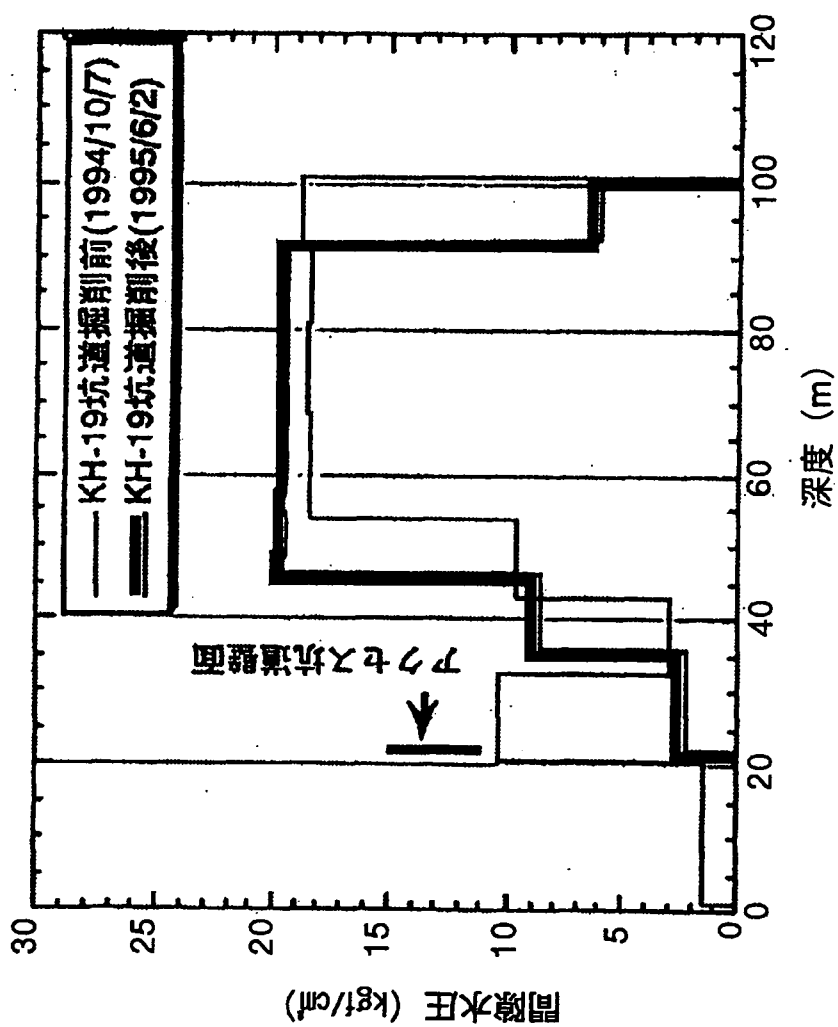
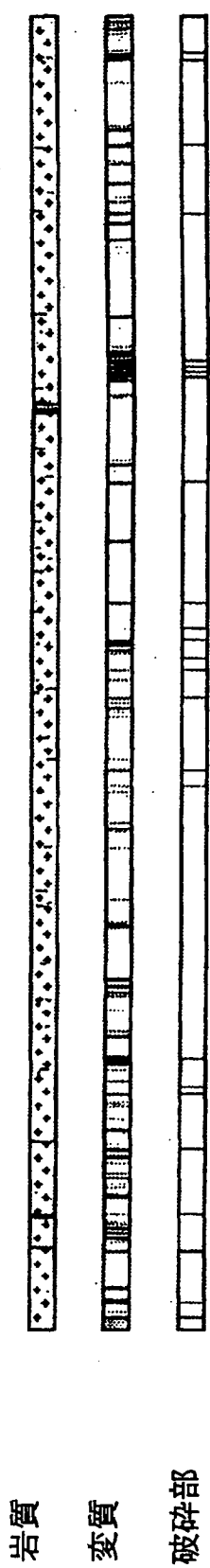
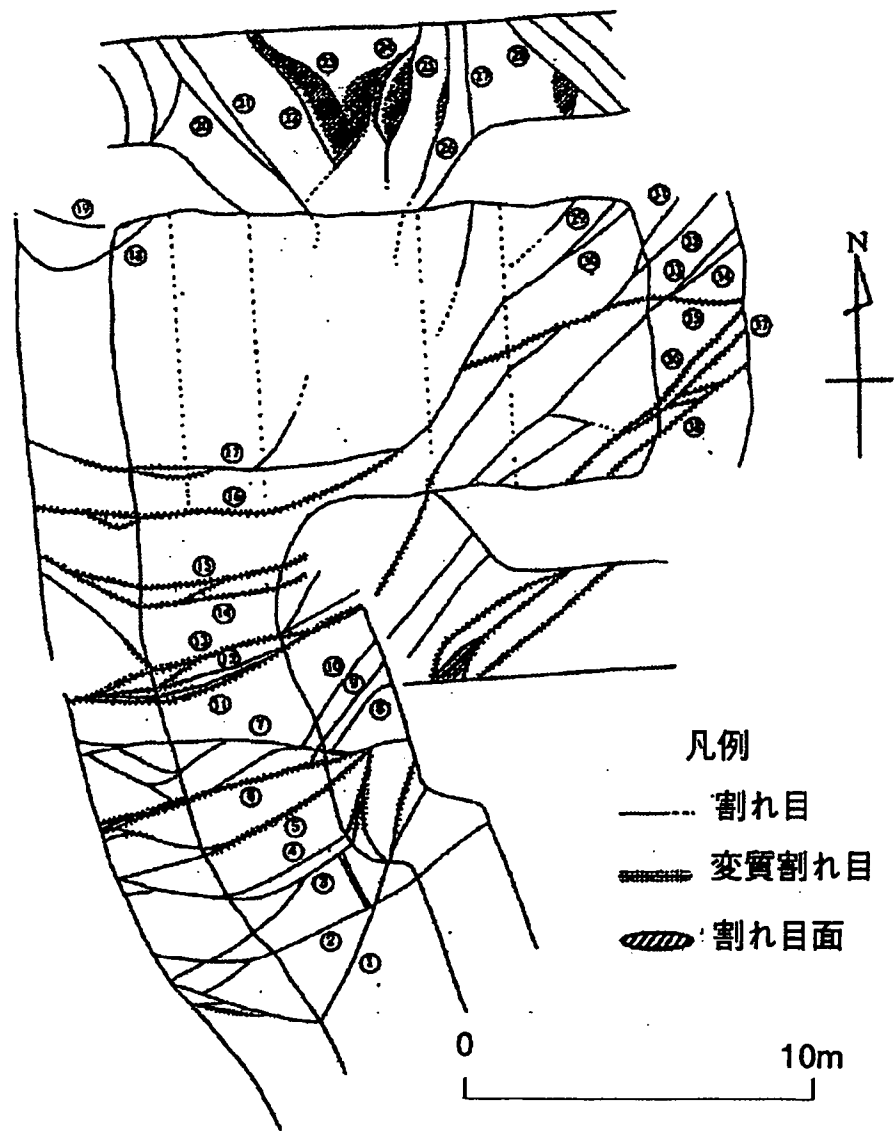


図-3.2.2.17 アクセス坑道掘削前後の KH-19 孔各区間間隙水圧



- | | | | |
|---------|--------|-------|------|
| 岩質 | 変質 | 破碎部 | 割れ目 |
| □ 花崗閃綠岩 | □ 未變質 | ■ 破碎部 | □ 開口 |
| ■ 閃綠岩 | ■ 中變質 | | ■ 閉鎖 |
| | □ 微弱變質 | | |
| | □ 弱變質 | | |
| | ■ 強變質 | | |
| | ■ 全体變質 | | |

図一3.2.2.18 KH-20 孔地質綜合柱状図



図一3.2.2.19 アクセス坑道における割れ目観察結果

表一3.2.2.1 KH-20 孔割れ目観察結果（その1）

- 5.92m : N61E64N 10mm 程度の開口幅を持つ割れ目。強いオレンジ色変質を伴う。充填鉱物は黄緑色混合鉱物と暗緑色混合鉱物が主体。10cm 程度にわたりコアが破碎。
- 6.86m : N20E67W 弱い白色変質を伴う、開口割れ目。コアの掘削方向に対して低角度に交差。2mm 程度の暗緑色混合鉱物が割れ目を充填。
- 7.08m : N78W90 2mm 程度の開口幅を有する割れ目。強いオレンジ色変質を伴う。充填鉱物は暗緑色混合鉱物と黒色混合鉱物が主体。
- 7.38m : N66E72N 非常に強いオレンジ色変質を伴う開口割れ目。充填鉱物は暗緑色混合鉱物が主体。
- 8.82m : N75E63N 中程度の灰色変質を伴う開口割れ目。充填鉱物は暗緑色混合鉱物が主体。2cm 程度コア破碎。
- 15.18m : N52E53NW 強い褐色変質を伴う開口割れ目。充填鉱物は黒色混合鉱物が主体。
- 17.74m : N68E55N 10mm の開口幅を有する割れ目。弱い灰色変質を伴う。充填鉱物は暗緑色混合鉱物が主体。
- 17.91m : N55E90 強い灰色変質を伴う開口割れ目。充填鉱物は暗緑色混合鉱物が主体。5cm 程度コア破碎。
- 20.56m : N41E69NW 中低度のオレンジ色変質を伴う開口割れ目。充填鉱物は暗緑色混合鉱物が主体。コア破碎。
- 22.68m : N55E58NW 中程度の褐色変質を伴う開口割れ目。充填鉱物は暗緑色混合鉱物が主体。
- 26.81m : N69E81N 3mm 程度の開口幅を有する割れ目。中程度のオレンジ変質を伴う。充填鉱物は黒色混合鉱物と暗緑色混合鉱物が主体。
- 30.94m : N66E72N 2mm 程の開口幅を有する割れ目。強いオレンジ色変質を伴い、8mm 程度の幅で黄緑色混合鉱物と暗緑色混合鉱物が割れ目を充填。
- 37.46m : N71E83N 8mm 程の開口幅を有する割れ目。弱い白色変質を伴い、8mm 程度の幅で束沸石と緑泥石が割れ目を充填。
- 42.58m : N53E73NW 5mm 程度の開口幅を有する割れ目。強いオレンジ色変質を伴う。充填鉱物は暗緑色混合鉱物と黄緑色混合鉱物が主体。コア破碎。
- 47.30m : EW41N 中程度の褐色変質を伴う開口割れ目。黒色混合鉱物を主体とする割れ目がネットワーク状に発達。
- 48.17m : N62E78N 2mm 程度の開口幅を有する割れ目。強いオレンジ色変質を伴う。充填鉱物は暗緑色混合鉱物が主体。
- 49.56m : N76E79S 3mm 程度の開口幅を有する割れ目。中程度のオレンジ色変質を伴う。充填鉱物は方解石と緑簾石が主体。

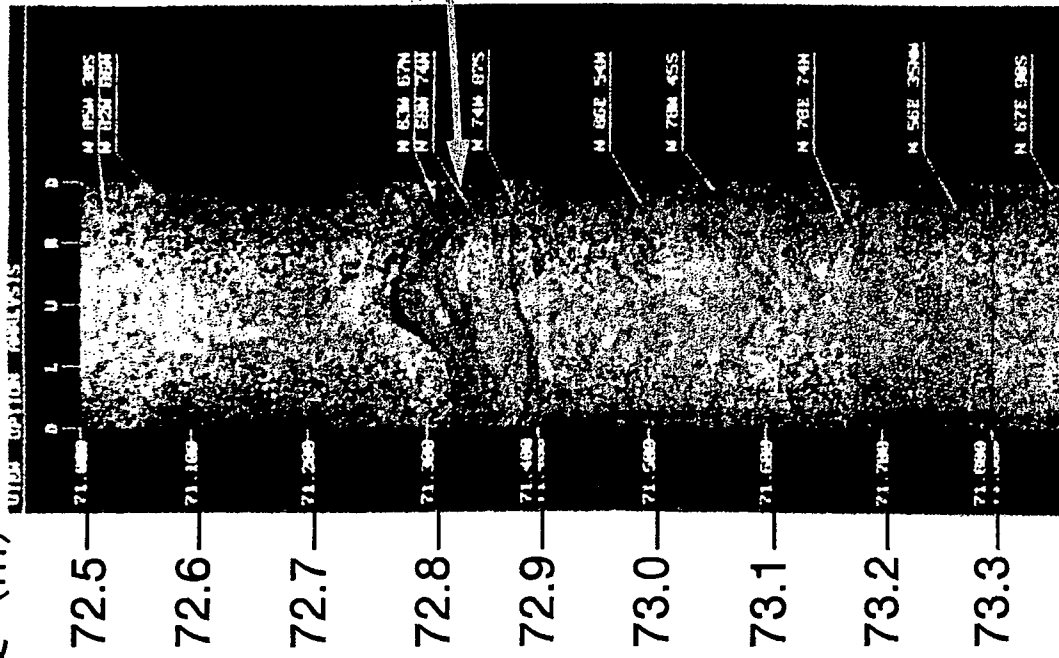
表—3.2.2.1 KH-20 孔割れ目観察結果（その2）

- 50.31m : N62E77N 中程度の褐色変質を伴う開口割れ目。充填鉱物は東沸石、方解石、緑泥石が主体。割れ目付近は破碎。
- 50.87m : EW78S 10mm 程度の開口幅を有する割れ目。弱いオレンジ色変質を伴う。充填鉱物は東沸石と濁沸石が主体。
- 51.19m : N83W74N 1mm 程度の開口幅を有する割れ目。中程度のオレンジ色変質を伴う。充填鉱物は暗緑色混合鉱物が主体。近傍の 3cm 程度が破碎。
- 51.80m : N61E62N 強い褐色変質を伴う開口割れ目。充填鉱物は黒色混合鉱物と暗緑色混合鉱物が主体。割れ目の近傍の 10数cm は、このような黒色混合鉱物を主体とする割れ目が発達。強い変質部を形成。
- 52.64m : N68E67N 強いオレンジ色変質を伴う開口割れ目。近傍の数 cm は破碎。充填鉱物は黄緑色混合鉱物と暗緑色混合鉱物が主体。
- 55.48m : N80E86S 10mm 程度の開口幅を有する割れ目。強いピンク色変質を伴う。充填鉱物は濁沸石、東沸石、緑泥石が主体。2cm 程度コア破碎。
- 60.18m : N85E79S 強いオレンジ色変質を伴う開口割れ目。充填鉱物は黄緑色混合鉱物が主体。
- 64.80m : N84W71S 10mm 程度の開口幅を有する割れ目。強い褐色変質を伴う。充填鉱物は黒色混合鉱物と暗緑色混合鉱物が主体。近傍でコアが数 cm にわたり破碎。
- 71.45m : N86W89N 8mm 程度の開口幅を有する割れ目。中程度のオレンジ色変質を伴う。充填鉱物は黄緑色混合鉱物と暗緑色混合鉱物が主体。
- 72.78m : N69W65N 10mm 程度の開口幅を有する割れ目。強い灰色変質を伴う。充填鉱物は暗緑色混合鉱物と黄緑色混合鉱物が主体。10数cm にわたって破碎している。
- 74.08m : N41E70NW 10mm 程度の開口幅を有する割れ目。強い赤色変質を伴う。充填鉱物は暗緑色混合鉱物が主体。10cm 程度にわたりコア破碎。
- 77.45m : N80E73N 10mm 程度の開口幅を有する割れ目。強いオレンジ色変質を伴う。充填鉱物は暗緑色混合鉱物が主体。
- 81.48m : N75W50S 中程度の白色変質を伴う開口割れ目。充填鉱物は東沸石が主体。
- 84.59m : N70E76N 強い褐色変質を伴う開口割れ目。充填鉱物は暗緑色混合鉱物が主体。
- 85.19m : N70W79N 強い赤色変質を伴う開口割れ目。充填鉱物は方解石、濁沸石、東沸石が主体。
- 89.00m : N72W71N 8mm 程度の開口幅を有する割れ目。中程度のオレンジ色変質を伴う。充填鉱物は黒色混合鉱物が主体。
- 90.42m : N81E75N 2mm 程度の開口幅を有する割れ目。強いオレンジ色変質を伴う。充填鉱物は暗緑色混合鉱物が主体。4cm 程度にわたりコアが破碎。

表一3.2.2.1 KH-20 孔割れ目観察結果（その3）

- 91.67m : N88W66N 強い灰色変質を伴う開口割れ目。充填鉱物は黒色混合鉱物と暗緑色混合鉱物が主体。
- 96.94m : N85E85N 3mm 程度の開口幅を有する割れ目。中程度の灰色変質を伴う。充填鉱物は暗緑色混合鉱物が主体。
- 97.31m : N75E76N 8mm 程度の開口幅を有する割れ目。強い褐色変質を伴う。充填鉱物は暗緑色混合鉱物が主体。コアが破碎。

深度 (m)



深度 72.8 m 割れ目
N63° W 67° N
N68° W 74° N

図-3.2.2.20 KH-20 孔深度 72.8m の割れ目

3.2.3 流量検層¹⁾

3.2.3.1 はじめに

透水性割れ目の位置を特定し、計測区間周辺岩盤または個々の割れ目の透水性を把握するためにKH-20 孔およびKH-19 孔で流量検層を実施した。

ここでは、流量検層の概要とその試験結果について述べる。

3.2.3.2 実施内容

(1)KH-20 孔における流量検層

①概要

KH-20 孔においては、1本のパッカー（シングルパッカー）を用いて熱パルス式流量計を用いる方法とメスシリンダーを用いる方法により行った。

KH-20 孔で行った流量検層では、パッカーから奥（あるいは、手前）の累積湧水量を求めることができる。本試錐孔における流量検層は、試錐孔の掘削が終了し1週間後に5日間で全長において実施した。

熱パルス式流量計は、熱パルスの発信源と温度センサーを一定間隔で離し、両者間での熱の減衰から、流量を求める（図-3.2.3.1）。

②検層方法

1インチパイプの先端にシングルパッカーおよび熱パルス式流量計を取り付け、ロッドを継ぎ足しながら孔内に挿入し、パッカーを膨らませ、設定深度以深の孔内からの湧水量を測定した。また、ロッド口元からの湧水量をメスシリンダーを用いて計測した。検層方法の概念図を図-3.2.3.2 に示す。

(2)KH-19 孔における流量検層

①概要

後述するように、KH-20 孔で使用した熱パルス式流量計は水平孔での使用には適さない事が判明したため、KH-19 孔の流量検層ではフロート式流量計（ロータメータ）を使用した。また測定区間毎の流量を求めるために、ダブルパッカーを用いた。本試錐孔における流量検層は、アクセス坑道掘削後に全長において実施した（ただし、KH-19 孔は、アクセス坑道掘削後には当初の掘削長より20.36m短くなっている）。

ロータメータは、重りの自重と、シリンダーと重りの間の流路抵抗のバランスで流量を測定するもので（図-3.2.3.3）、今回使用したものは以下の3種類の流量計を用いて0.2 ml/min～20 l/minの範囲の流量を測定できる。

Big : 1～20 l/min

Medium : 30～1900ml/min

Small : 0.2～36ml/min

なお、測定された値を流量に変換するための変換表はメーカーから提示されているが、Big とMediumの2種類についてはメスシリンダーにより排出流量が測定可能であったため、校正用にメスシリンダーでも流量を測定した。

②検層方法

ダブルパッカーにより測定区間を一定間隔に区切り（1.01m あるいは5.01m）、一定間隔で移動させ測定した。測定はまず測定区間長5.01m で全孔について概査を実施し、次に流量が多かった箇所について1.01m で精査を実施した。このとき、孔奥のパ

ッカーより奥の湧水はロッド内（1インチ）を通して孔口へ排水できるようにし、孔奥からの湧水で測定区間より奥に高い水圧がかからないようにした（高い水圧がかかった場合には、境界条件が変化するとともにパッカーが水圧により押し出されてくる可能性がある）。また、測定区間内の湧水は1/2インチのチューブで孔外のロータメータまで導いた。なお、1/2インチのチューブの流路抵抗により対象区間の間隙水圧が上昇するかどうかを確認するために、3/16インチのチューブを測定区間から孔外へ導き、ブルドン管式水圧計を用いて水圧を観測した。検層方法の概念図を図-3.2.3.4に示す。

3.2.3.3 測定結果

(1)KH-20 孔における流量検層

①熱パルス式流量計

本手法を用いて同一区間で測定を行ったところ、再現性が悪いことが判明した。この原因として、流量計の位置に問題があることが考えられた。すなわち、KH-20 孔はほぼ水平に掘削された試錐孔であることと、熱源が円周状でなくポイントソースであるため、同一深度において孔の上下で水の流れに偏りができ、温度センサーの位置が水中のどの位置にあるかで流量に違いがでることが考えられた（図-3.2.3.5）。そこで、試験深度を固定し、パッカーを回転させ、熱源および温度センサーの位置の違いにより流量の違いがあるかどうかを確認するための試験を行った。

試験の結果、熱源および温度センサーの位置により最大値と最小値の間に5倍程度の誤差が生じることが判明し、データの信頼性に問題があるため熱パルス式流量計を用いた流量検層は中止した。

②メスシリンダーを用いた流量測定

測定結果を図-3.2.3.6に示す。流量は5m付近から40m手前まではほぼ一定であり（すなわち、5m～40m間には水みちがない）、70mを越えた付近で急激に増加し、それ以降は徐々に増加した。図-3.2.3.7には、積算流量を1m区間内の流量に換算した結果を示す。多量の流量を示した箇所は、KH-20 孔掘削中にKH-19 孔で水圧の応答があった箇所とほぼ一致した。

(2)KH-19 孔における流量検層

測定結果を図-3.2.3.8に示す。試験区間長5.01mの結果アクセス坑道掘削後のKH-19孔孔口（元の孔口から20.36mの位置）から17mまではほとんど湧水がなく、17～22mの区間で0.2 l/min程度の湧水が確認された。それ以降は27mで湧水量が急増し、27～72mまでは多量の湧水が確認された。試験区間長5.01mの結果から、精査は湧水量の多いアクセス坑道掘削後の孔口から22m以深で実施することにした。27m付近では26.5～27.51mでの試験を実施し、0 ml/minという結果が得られた。このことから、27～28.01mの区間の湧水量は全て27.51～28.01m（元の孔口から47.87～48.37m）の50cm間から湧水していることが明らかになった。この深度は、KH-19 孔掘削中に湧水量が急増した深度と一致している。

今回KH-20 孔およびKH-19 孔においてそれぞれ異なる方法で流量検層を行った。両者の結果を比較すると、区間流量を求められるダブルパッカー方式のほうが流量の変化を確実に把握することができ、試験結果の信頼性が高いことがわかった。

3.2.3.4 流量測定区間の透水性について

流量検層結果と間隙水圧観測結果から、流量測定区間内の透水係数を算定してみた。ただし、この透水係数については、

①流量測定が必ずしも定常条件下で行われていない可能性がある

②間隙水圧が流量測定区間毎に計測された値でない

等の理由により、透水試験で得られる値よりも信頼性が低い。

透水係数の算定には以下の式を用いた。

$$k = \frac{q \ln(R/r_w)}{2\pi \Delta h}$$

k : 透水係数 (cm/sec)

q : 単位区間当たり流量 (cc/sec/m)

R : 影響範囲 (=測定区間長cm)

r_w : 試錐孔半径 (=3.8 cm)

Δh : 間隙水圧変化 (間隙水圧観測区間の水圧を用いる、cmH₂O)

試錐孔深度に対する透水係数を図-3.2.3.9 (KH-20 孔) および図-3.2.3.10 (KH-19 孔) に示す。なお、KH-19 孔の深度はアクセス坑道掘削前の孔口を0mとしている。図によれば、主要な水みちの透水係数は $10^{-5} \sim 10^{-6}$ cm/secで、それ以外の部分の透水係数は 10^{-7} cm/sec以下であることがわかった。流量が急増した箇所深の透水性については、KH-19 孔のほうがKH-20 孔に比較して高いことがわかった。KH-20 孔については、透水係数のコントラストが大きく独立した水みちが存在する可能性が高いのに対し、KH-19 孔については71~74m 区間以深90m 付近まで透水係数が比較的類似した区間が分布しており、割れ目どうしが連結している可能性が高い。

3.2.3.5 まとめ

流量検層により、以下のことが確認された。

(1)KH-19 孔では47.9~48.4m 区間で、KH-20 孔では71~74m 区間で流量が急増する。

(2)KH-20 孔の流量検層の結果では、試錐孔掘削時にKH-19 孔において水圧応答が確認された区間で流量が増加した。

(3)KH-20 孔は透水性のコントラストが大きく独立した水みちが存在する可能性が高いのに対し、KH-19 孔は透水係数が比較的類似した区間が分布している。

(4)流量急増部以深では、KH-20 孔に比べKH-19 孔の透水性が高い。

3.2.3.6 今後の予定

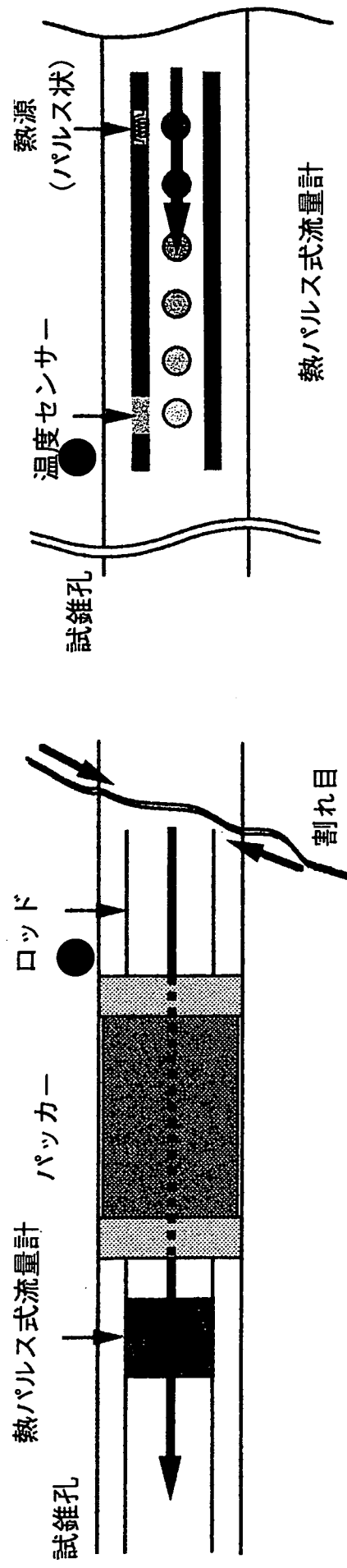
シングルパッカー方式とダブルパッカー方式では、ダブルパッカー方式のほうが信頼性が高いことがわかった。平成7年度以降に掘削される試錐孔についてはダブルパッカー方式で流量検層を行う。

またダブルパッカー方式で流量検層を行うことにより限られた区間内の流量を調査することができた。この結果とその区間内に存在する割れ目を対比することで、透水性割れ目

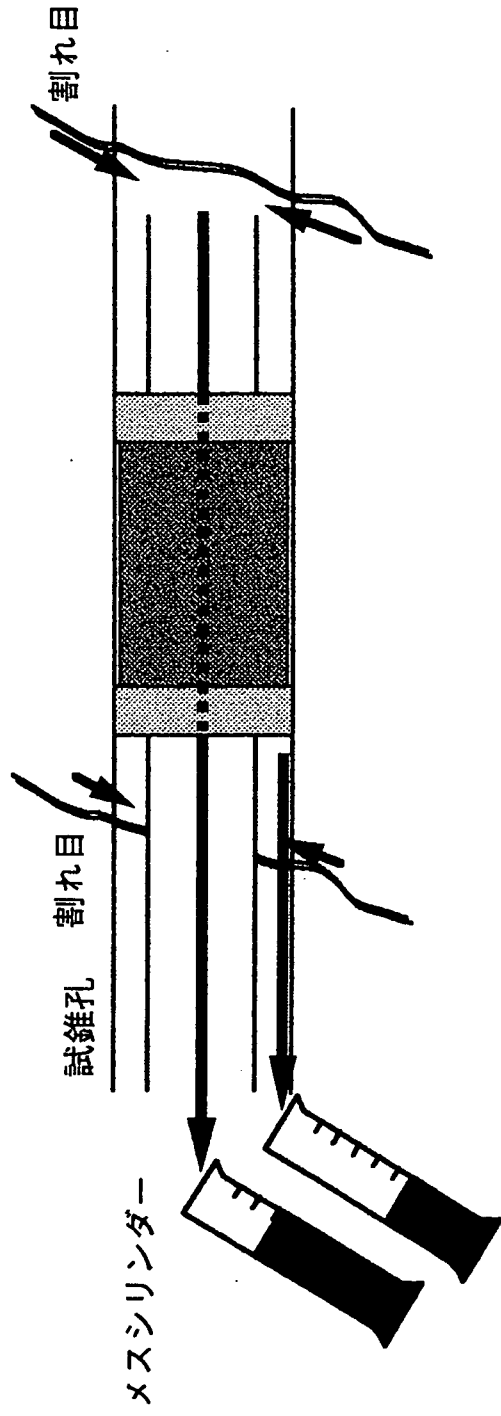
の特徴を把握していく。

参考文献

- 1) 大成建設株式会社(1995) : 釜石鉱山における非収着トレーサー試験のための水理地質構造の調査研究、PNC ZJ1205 95-005



図—3.2.3.1 熱パルス式流量計概念図
(シングルパッカー法)



図—3.2.3.2 メスシリンダーを用いた流量検層
(シングルパッカー法)

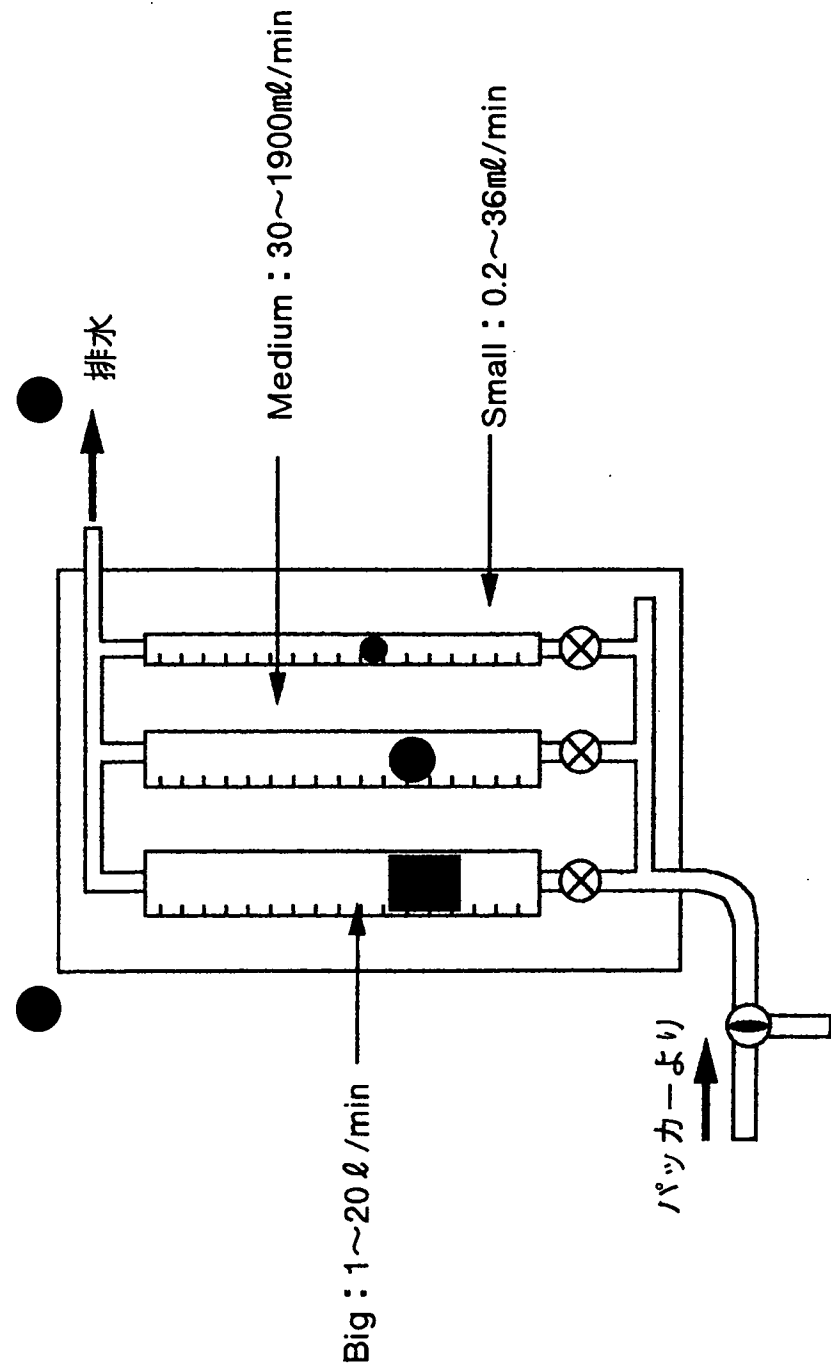


図-3.2.3.3 フロート式流量計

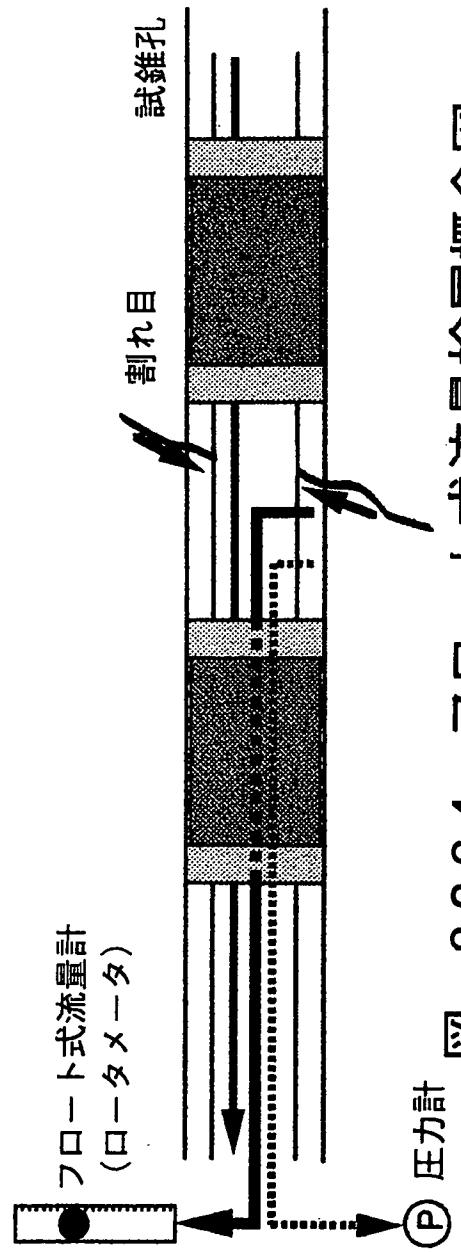
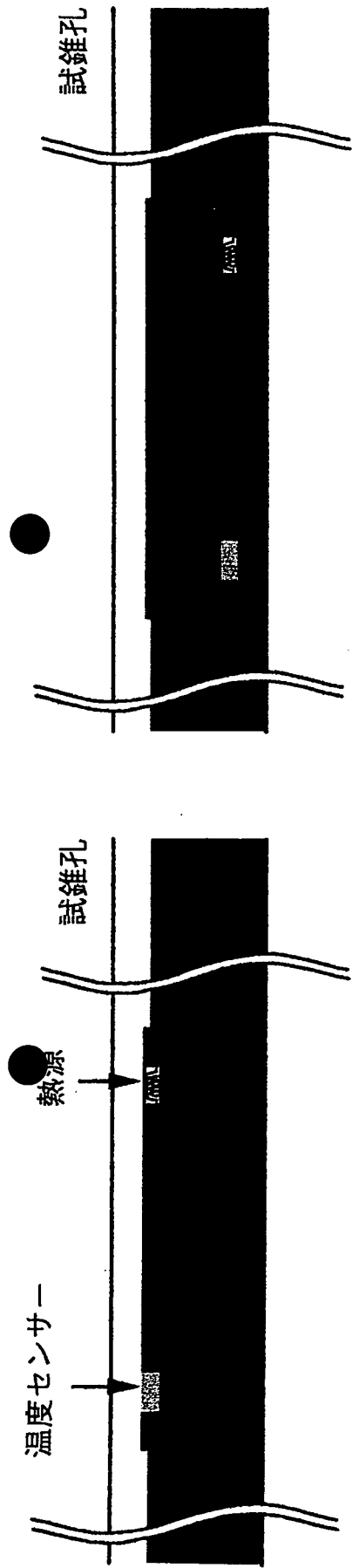
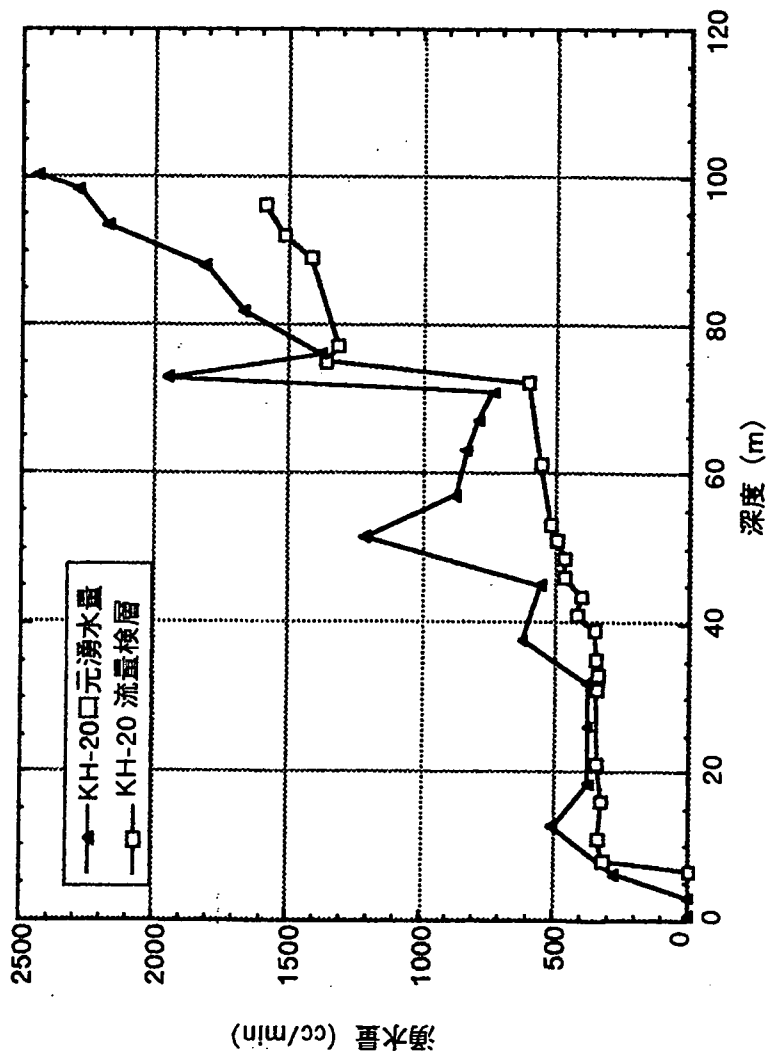


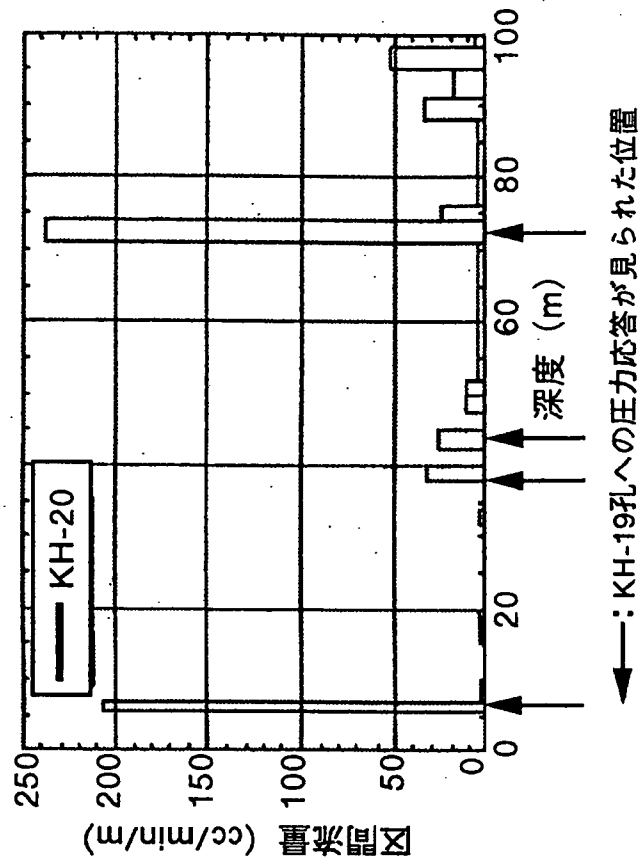
図-3.2.3.4 フロート式流量検層概念図
(ダブルパッカー法)



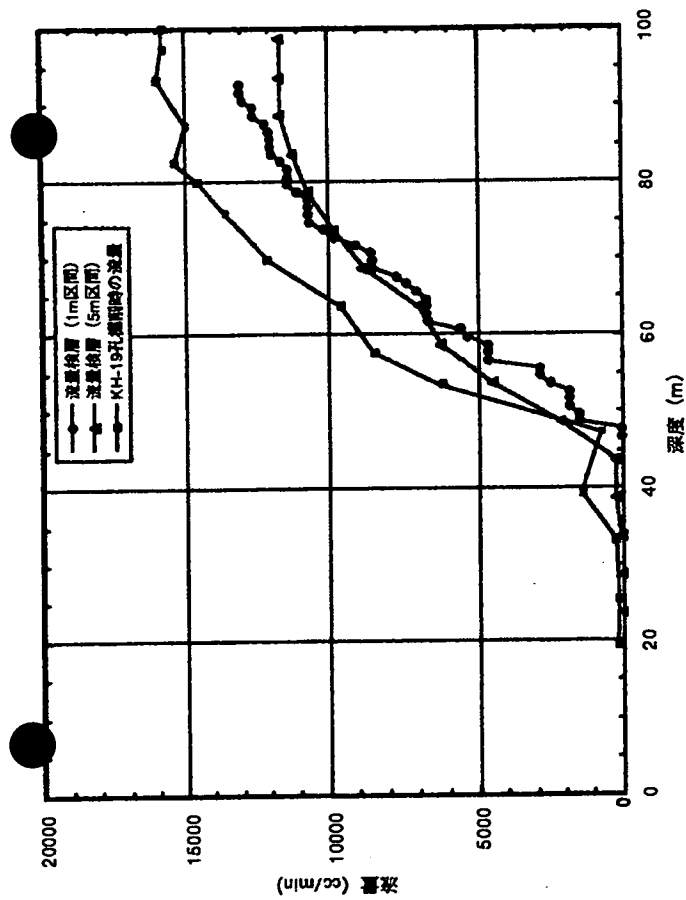
図—3.2.3.5 温度センサーの水中位置の違い



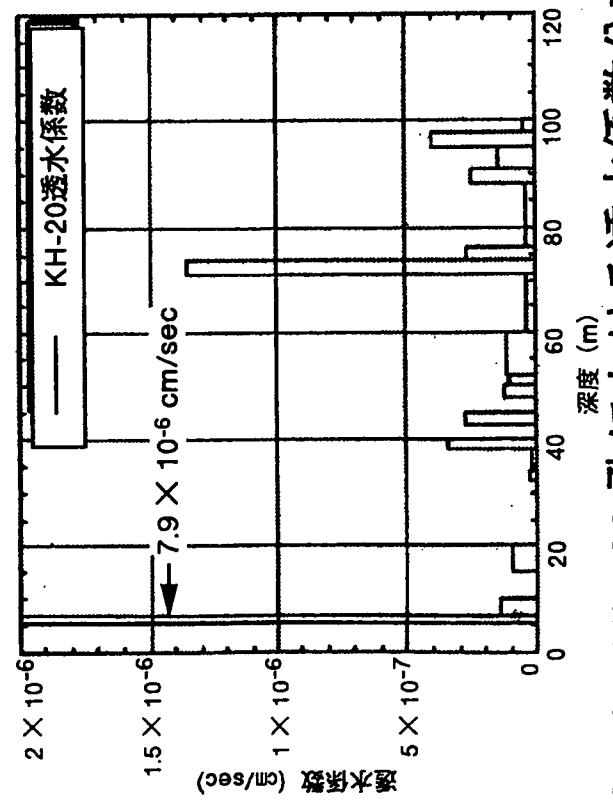
図—3.2.3.6 KH-20 孔における流量検層結果



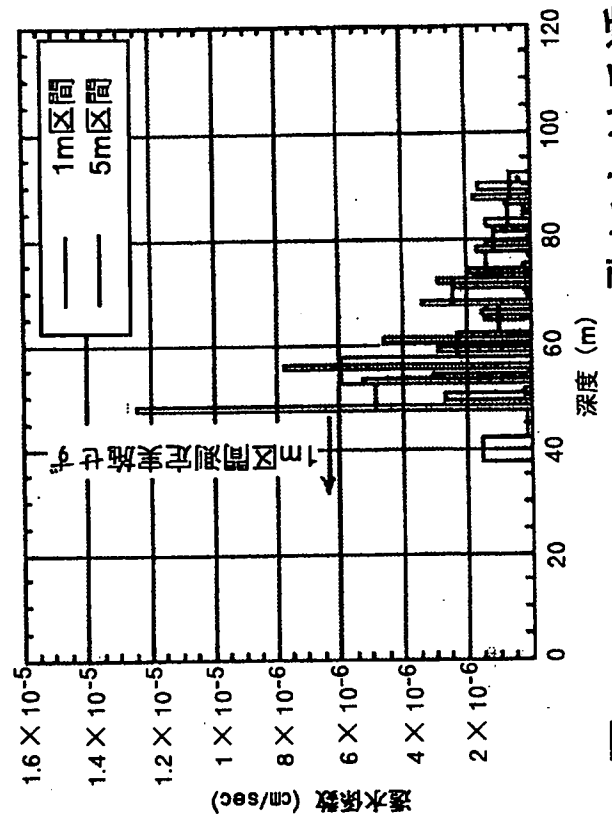
図—3.2.3.7 KH-20 孔における流量検層結果 (区間流量に換算した結果)



図—3.2.3.8 KH-19 孔における流量検層結果



図—3.2.3.9 KH-20 孔における透水係数分布



図—3.2.3.10 KH-19 孔における透水係数分布

3.2.4 間隙水圧経時変化

3.2.4.1 はじめに

間隙水圧は、KH-19 孔にトランスデューサー（間隙水圧計）を設置（平成6年10月4～6日）した後からKH-20 孔掘削終了までは2分間隔、その後は5分間隔で自動観測を行った。ここでは、試験実施場所のバックグラウンドとして、間隙水圧の経時変化について述べる。

3.2.4.2 間隙水圧観測位置

水圧観測を行った試錐孔はKH-19 孔と20孔である。図-3.2.4.1 および表-3.2.4.1 に、それぞれの試錐孔における観測位置と期間を示す。

KH-19 孔については8区間において間隙水圧観測を行った。アクセス坑道掘削後は孔長が約100mから約80m になったため、アクセス坑道掘削前後で観測区間位置を変更している。またKH-20 孔については、掘削中は口元に蓋をして口元における観測を行い、その後パッカーを設置してからは8区間において間隙水圧観測を行った。アクセス坑道掘削後は孔長が約100mから約80m になったため、区間位置数を7区間し区間位置を変更した。

3.2.4.3 観測結果

図-3.2.4.2, 3 (KH-19 孔) および図-3.2.4.4, 5 (KH-20 孔) に間隙水圧観測結果を示す。図の横軸は、平成6年10月1日0時0分0秒を0とし（自動観測開始時間は平成6年10月6日10時11分43秒）、その時間からの経過日数としている。縦軸は間隙水圧を示す。図-3.2.3.2, 4はブリッジプラグ設置前の間隙水圧観測結果、図-3.2.4.3, 5はアクセス坑道掘削した後、パッカーを再設置後の間隙水圧観測結果を示す。経過日数と日付との対応は、1.4 を参照のこと。

(1)KH-19 孔

①ブリッジプラグ設置前

区間1～4は18～19kgf/cm²程度の間隙水圧を保持していたが、KH-20 孔掘削が72.8mに達した頃低下した。

区間3の間隙水圧は観測開始後から徐々に増加していた。使用している間隙水圧計がドリフトをおこしている可能性が考えられたため、30日頃別の間隙水圧計に交換したところほぼ一定値を示し、間隙水圧計がドリフトをおこしていたことが確認できた。また、区間4についても、KH-20 孔の掘削が72.8mをこえたあたりから徐々に低下していた。KH-20 孔にパッカーを設置した後（62日頃）も間隙水圧が回復しないため、間隙水圧計がドリフトをおこしている可能性が考えられた。この間隙水圧計を165日頃交換したところ18kgf/cm²程度の値を示したため、間隙水圧計がドリフトしていたことが確認できた。

72日頃～101日頃は、アクセス坑道掘削に係わる準備作業として、間隙水圧観測用チューブをはずしている。KH-19 孔については、試錐孔口元近くおよび間隙水圧計近くにバルブがあり、両バルブを閉じた後チューブを切断したため、間隙水圧がチューブ内に保存され、間隙水圧は急激に低下していない。

101日頃、チューブを再接続しバルブを開けた後、区間8の間隙水圧が徐々に低下し、0 kgf/cm²になった。165日頃0点調整をしたところ、1 kgf/cm²程度の間隙水圧を保持していることがわかった。

145日頃、区間6の間隙水圧が急激に低下した（発破の影響?）。その後間隙水圧は

上昇し、それまで間隙水圧より高い値を示した。

165 日頃には、アクセス坑道の掘削が進み、KH-20 孔と交差する直前になったため、KH-20 孔からパッカーを引き抜き、アクセス坑道がKH-20 孔を通過した後（168 日頃）、ブリッジプラグをKH-20 孔に設置している。この時、区間7を除く各区間で間隙水圧低下・上昇が観察される。区間5の間隙水圧は、KH-20 孔奥の高間隙水圧がKH-20 孔口元まできたため、それまで観測されていた間隙水圧よりも高い値まで上昇している。区間7は、KH-20 孔掘削時も間隙水圧の変化が認められなかったが、この時も間隙水圧の変化が認められない。

174 日頃KH-19 孔からパッカーシステムを引き抜いたため、各区間の間隙水圧は低下した。

②アクセス坑道掘削後

区間2～6は19.5kgf/cm²程度、区間7は10kgf/cm²程度、区間8は3kgf/cm²程度までそれぞれ上昇した。区間1については、かなり変動している。この原因については明らかでない。

(2)KH-20 孔

①ブリッジプラグ設置前

KH-20 孔は、間隙水圧が回復する前に間隙水圧観測用チューブが切断されている。この試錐孔各区間についても、試錐孔口元および間隙水圧計近傍にバルブがあり、バルブを閉じてからチューブを切断したため、バルブと間隙水圧計の間で間隙水圧が保持されて急激に低下しない。

101 日頃、チューブを接続しバルブを開くと、区間5, 6についてはさらに間隙水圧が上昇した。区間4, 7については、間隙水圧が激しく変動しているが、この原因については明らかでない。

区間8については、坑道掘削が進るとともに間隙水圧が低下した（区間7についても、坑道掘削にともない間隙水圧が低下した可能性がある）。

165 日頃KH-20 孔からパッカーシステムを引き抜いたため、各区間の間隙水圧は低下した。

②アクセス坑道掘削後

アクセス坑道掘削後は、パッカー圧が安定せず何度も加圧した。これにより、スパイク状の間隙水圧の上昇が認められる。

区間4, 5が20kgf/cm²程度、区間1, 2が14kgf/cm²程度、区間3, 6, 7が10kgf/cm²程度まで上昇した。

3.2.4.4 今後の予定

今後は、引き続きKH-19, 20 孔において間隙水圧観測を行うとともに、平成7年度の予定されている試錐孔掘削時の圧力応答により、試験場周辺の水理状態を推定し、平成8年度以降に予定されているトレーサー試験用割れ目の決定に貢献する。

また、新規に試錐孔においてパッカーシステムを設置し、そこでの各区間において間隙水圧観測を行う。

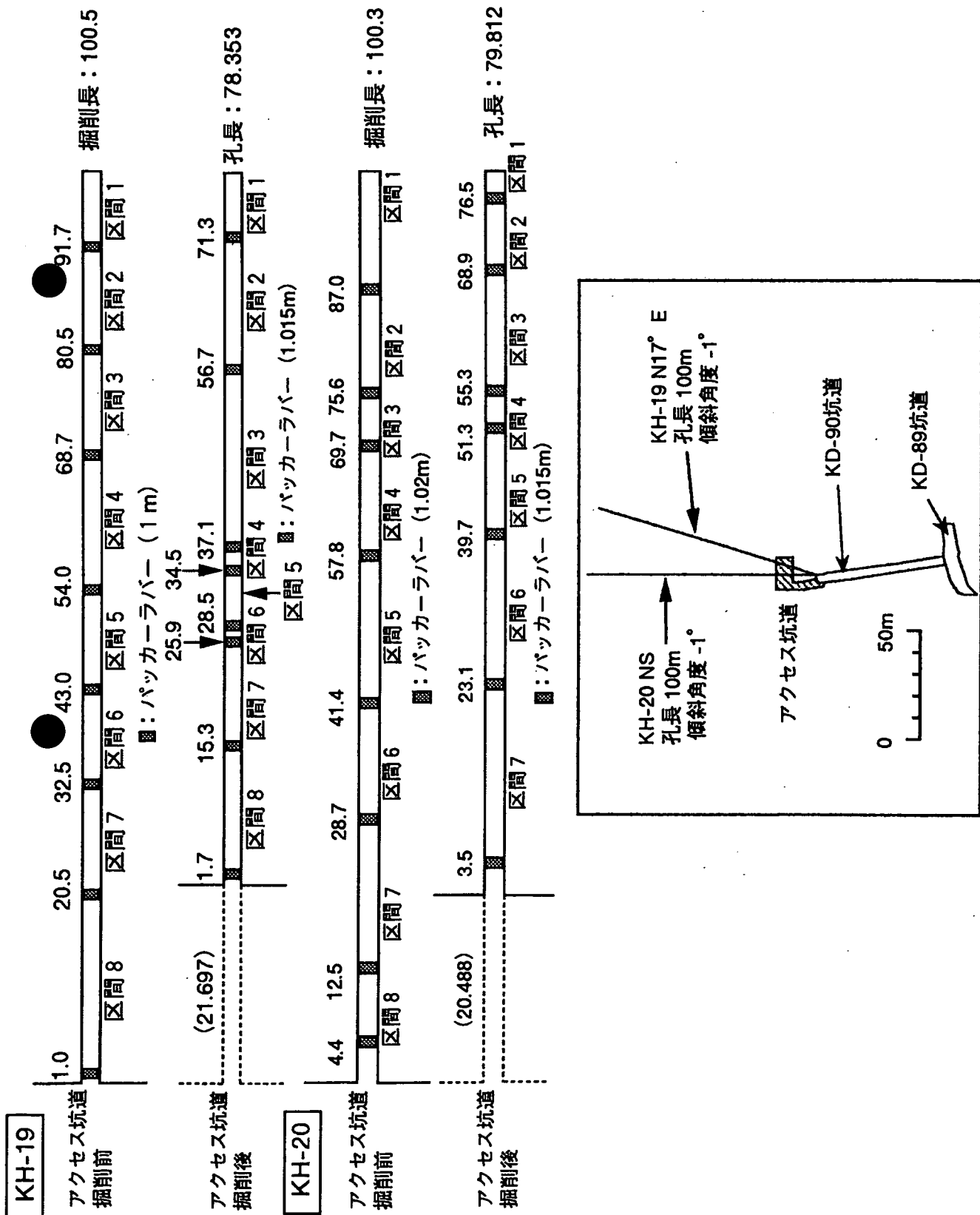
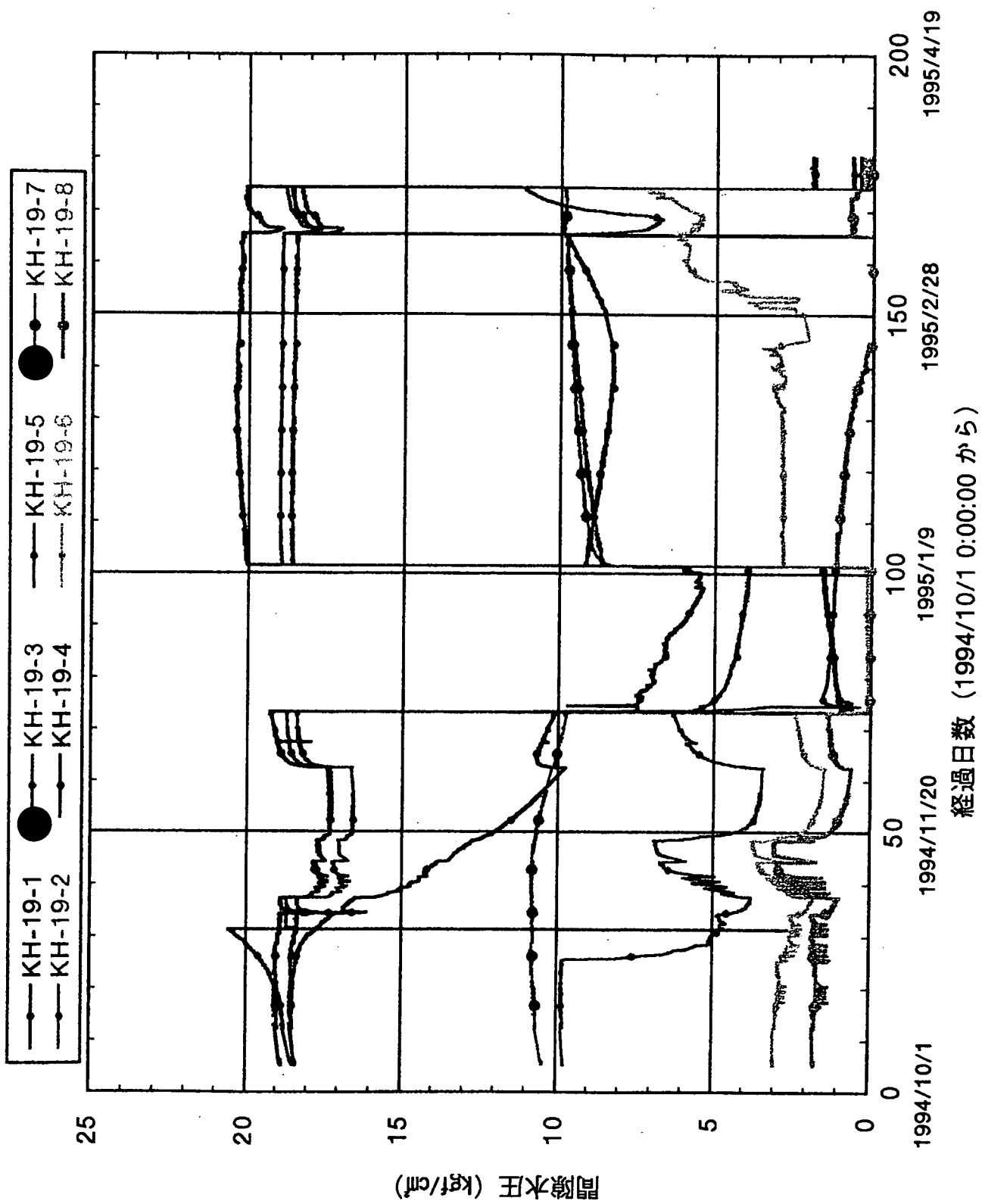


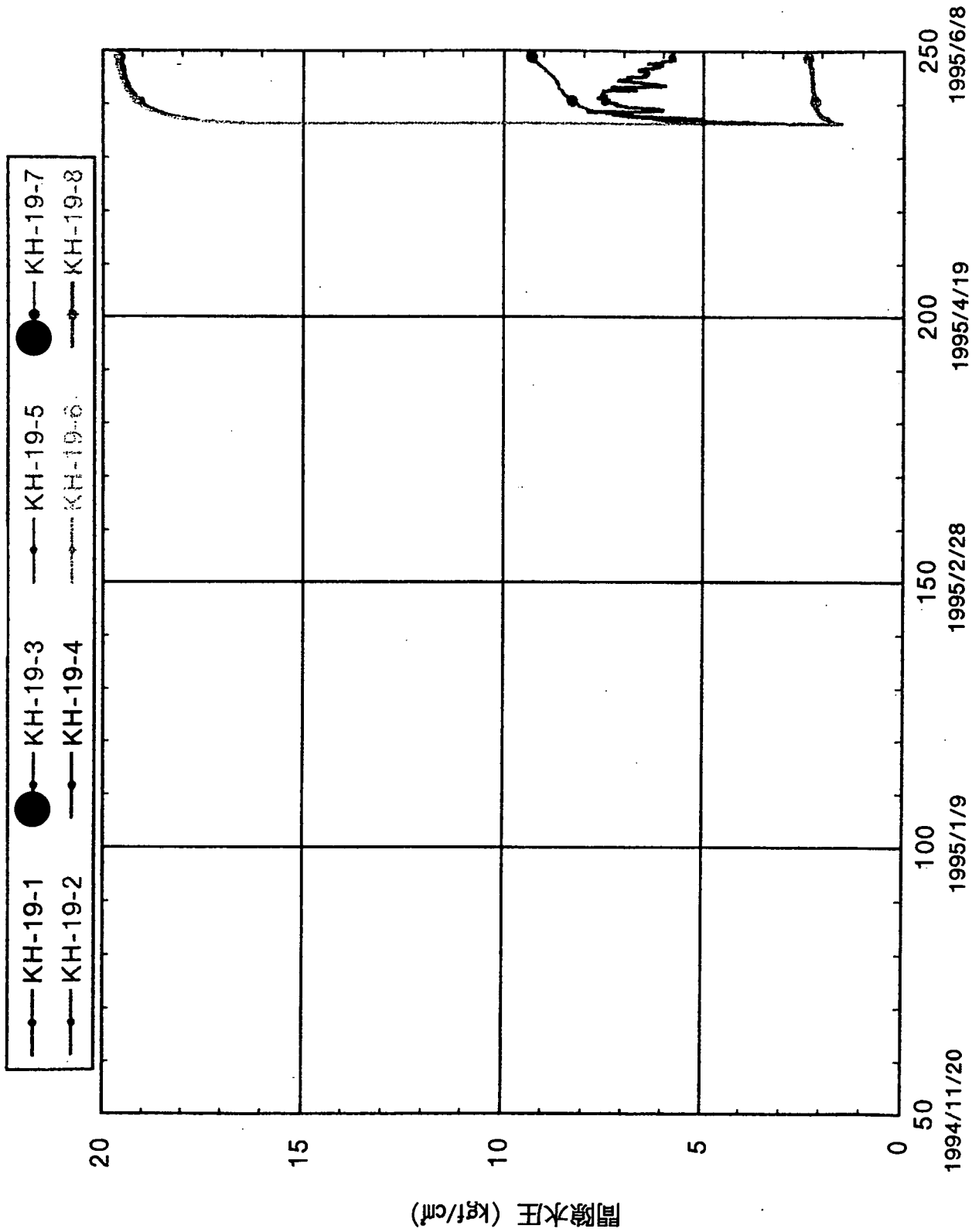
図-3.2.4.1 KH-19 孔, KH-20 孔における間隙水圧観測位置

表一3.2.4.1 間隙水圧観測区間と観測開始・終了日

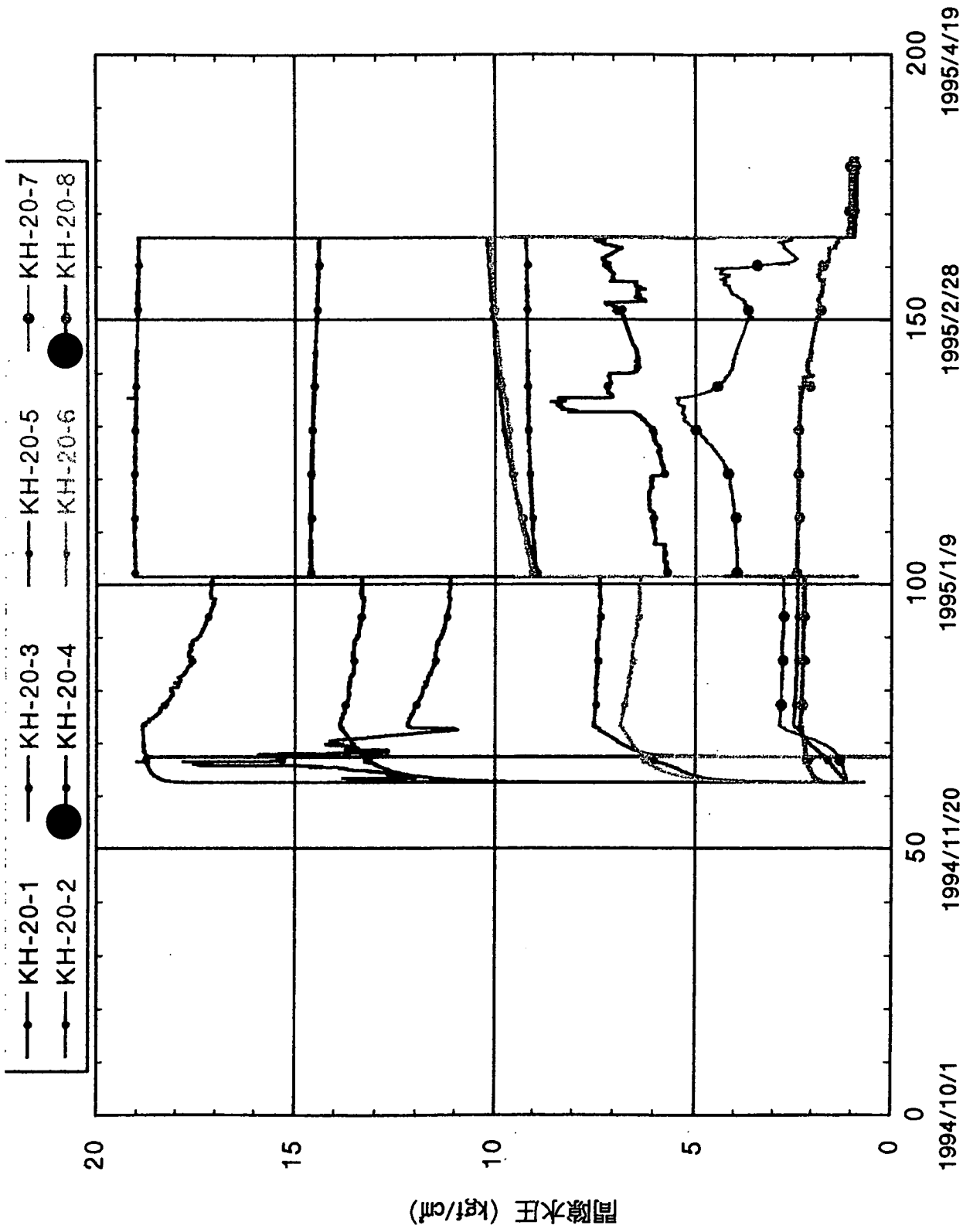
試錐孔名	間隙水圧観測区間深度 (m)				間隙水圧観測日 (圧カトランスデューサーによる)
	区間1	区間2	区間3	区間4	
KH-19孔	92.2~100.05	81.0~91.2	69.2~80.0	54.5~68.2	H6.10.6~H7.3.24 H7.5.24~
	71.896~78.353	57.285~70.881	37.674~56.270	35.063~36.659	
	区間5	区間6	区間7	区間8	
	43.5~53.5	33.0~42.5	21.0~32.0	1.5~20.0	H6.10.6~H7.3.24 H7.5.24~
	29.033~34.048	26.422~28.018	15.811~25.407	2.2~14.796	
	区間1	区間2	区間3	区間4	
KH-20孔	87.529~100.030	76.111~86.509	70.1745~75.091	58.2745~69.1545	H6.12.2~H7.3.15 H7.5.25~
	77.085~79.542	69.474~76.070	55.863~68.459	51.833~54.848	
	区間5	区間6	区間7	区間8	
	41.935~57.2545	29.181~40.915	13.0215~28.161	4.9105~12.0015	H6.12.2~H7.3.15 H7.5.25~
	40.222~50.818	23.611~39.207	4.0~22.596	—	



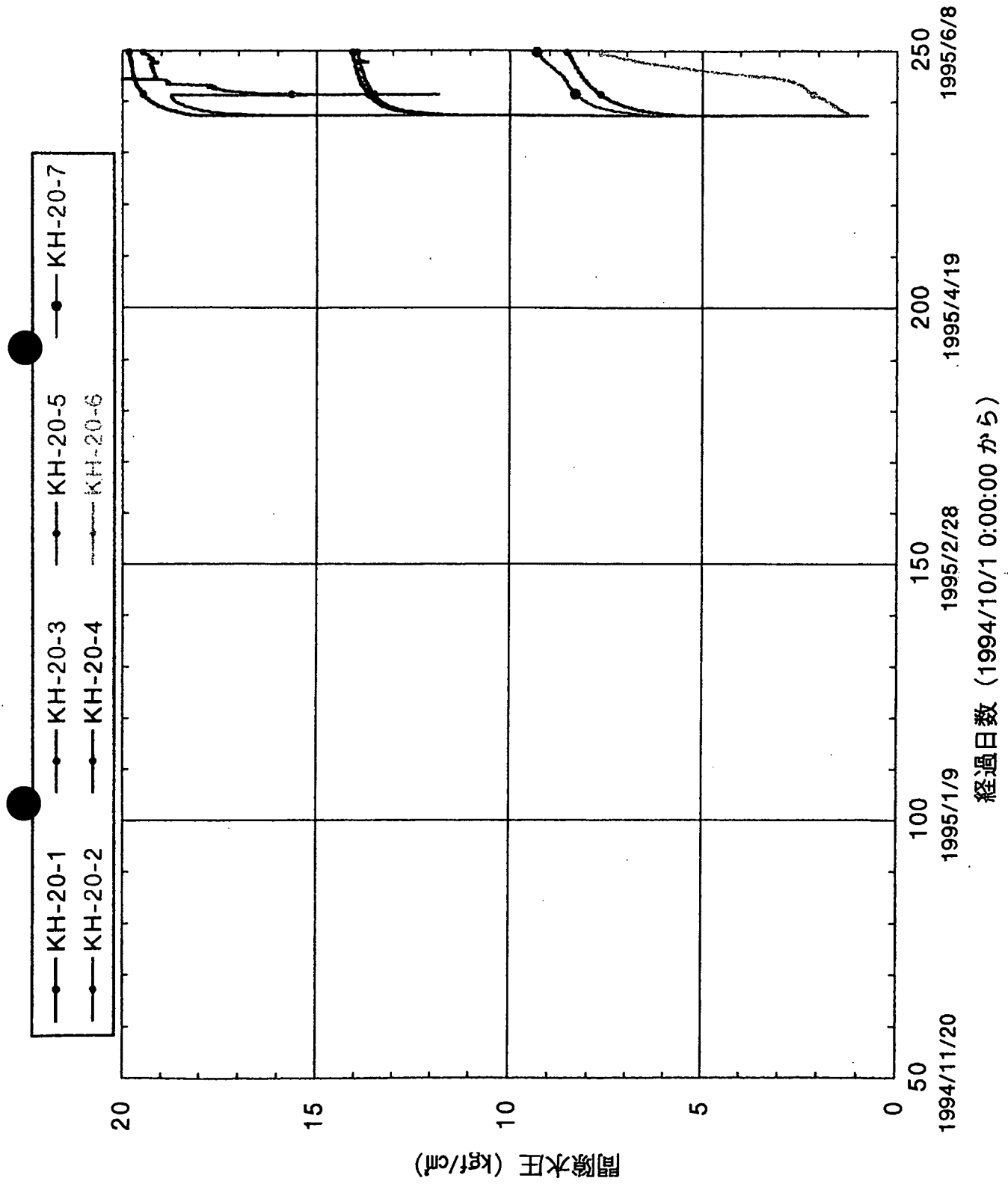
図—3.2.4.2 KH-19 孔における間隙水圧変化 (アクセス坑道掘削前)



図一3.2.4.3 KH-19 孔における間隙水圧変化 (アクセス坑道掘削後)



図—3.2.4.4 KH-20 孔における間隙水圧変化 (アクセス坑道掘削前)



図一3.2.4.5 KH-20 孔における間隙水圧変化 (アクセス坑道掘削後)

4. TASK 4 : 人工バリア試験

4.1 グラウト技術の適用試験

4.1.1 概要

(1) 目的

粘土系グラウトは、セメントグラウトに比べて長期耐久性、低濃度でゲルを生じうる吸収性、微細な亀裂にも注入できるような小さな粒径等の長所を有している。しかしながら、原位置における施工例も少ないことから、原位置における粘土系グラウト試験を実施し、亀裂性状（主として亀裂幅）、施工条件（注入圧、粘性度）とグラウトの基本特性（安定性、止水効果、改良範囲）との関係を確認する。これらにより、施工条件の明確化、シーリング概念の詳細化を図る。

(2) 実施内容

平成6年度は、グラウト試験坑道の掘削および掘削面の亀裂調査を実施するとともに試験計画の具体化・詳細化を図った。

① グラウト試験坑道の掘削

坑口から約4000mの地点である550mレベルNW坑道のLABROCK 試験用岩体採取付近から計測坑道を掘削した。

② 掘削面の亀裂調査

①で掘削された天盤、側壁および床盤に関して亀裂の調査を実施した。

③ 試験計画の具体化・詳細化

試験計画の策定作業を継続し、詳細化を図った。

(3) スケジュール

	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
グラウト技術の適用試験												
①グラウト試験坑道の掘削												
②掘削面の亀裂調査												
③試験計画の具体化・詳細化												

(4) 主要な成果

- ① グラウト試験坑道の掘削を実施した（図-4.1参照）。
- ② 試験坑道内に存在する亀裂の調査を実施した（図-4.2参照）。
- ③ 試験計画の策定作業を継続し、亀裂調査結果を考慮して、グラウト試験孔掘削位置を決定した（図-4.3参照）。

(5) 今後の計画

① 事前調査

性状の異なる2つの亀裂に対するグラウトの止水効果を評価するために観測用ボーリング孔を削孔して低圧ルジオン試験（注水透水試験）を行い、事前の水理特性

を把握する。また、岩盤の割れ目の3次元的分布を把握するため、ボーリング孔削孔後には、亀裂調査（BTV等）を行う。

② グラウト試験

それぞれの亀裂に交差するようにグラウト用ボーリング孔（注入孔）を削孔し、注入圧、粘性度をパラメータとして粘土系グラウトを注入孔に注入する。

③ グラウト効果の確認

注入孔において低圧ルジオン試験を実施し、グラウトの止水効果を把握する。また、トモグラフィ調査を実施し、グラウトの浸入範囲の確認手法への適用性を把握する。

4.2 粘土充填・熱負荷試験

4.2.1 概要

(1) 目的

人工バリアの施工方法とその品質は、人工バリアの定置方式、その規模および環境条件（湧水量や岩盤と人工バリアの接合面の条件）に依存する。そのため、ここでは人工バリアの定置方式、その規模および環境条件に関して、原位置で実規模の人工バリア試験を行い施工性とその品質を確認する。これにより、人工バリア性能の定量化のための実際的な施工条件の明確化および人工バリア技術の信頼性向上を図る。また、熱-水-応力の連成試験を実施し、人工バリアの設置初期の熱-水-応力連成挙動を観察し連成モデルの妥当性を確認する。これにより、長期の人工バリア挙動予測の信頼性を高める。

(2) 実施内容

平成6年度は、試験坑道の掘削および掘削面の亀裂調査を実施するとともに試験計画の具体化・詳細化を図った。

① 試験坑道の掘削

坑口から約4000mの地点である550mレベルNW坑道のLABROCK 試験用岩体採取付近から計測坑道を掘削した。

② 掘削面の亀裂調査

①で掘削された天盤、側壁および床盤に関して亀裂の調査を実施した。

③ 試験計画の具体化・詳細化

試験計画の策定作業を継続し、亀裂調査結果を考慮して、試験レイアウトを決定した。

また、亀裂変位計を設置し、亀裂変位量の観測を開始した。

(3) スケジュール

	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
粘土充填・熱負荷試験												
①試験坑道の掘削												
②掘削面の亀裂調査												
③試験計画の具体化・詳細化												

(4) 主要な成果

- ① 試験坑道の掘削を実施した（図-4.1参照）。
- ② 試験坑道内に存在する亀裂の調査を実施した（図-4.2参照）。
- ③ 試験計画の策定作業を継続し，亀裂調査結果を考慮して，試験孔の掘削位置および計器類の設置位置を決定した（図-4.4参照）。

また，試験坑道掘削終了後，亀裂調査により認められた卓越する亀裂に対して，坑道掘削による応力解放に伴う亀裂の経時的な変位の有無を調べるため，亀裂変位計を設置し，亀裂変位量の観測を開始した。

(5) 今後の計画

① 岩盤特性調査

試験坑道より各種計測（透水試験，間隙水圧測定，孔内載荷試験，ひずみ計測，ジョイント変位計測，岩盤変位，および，止水・注水）用の試験孔を掘削し，BTVおよび岩芯観察を行う。各種計測機器を設置し，計測を開始する。

② 試験孔の掘削

大口径のボーリング掘削機により直径1.7m，孔長5mの試験孔を掘削し，孔内壁面の亀裂観察を行う。

4.2.2 試験計画

不連続性岩盤における人工バリアの品質と連成モデルの妥当性を確認する事を目的とすることから，3本の亀裂に着目する（図-4.4参照）。

亀裂1；試験孔に隣接する大きな亀裂

グラウト試験場の湧水亀裂と連なっており，他の湧水亀裂と同じく黒っぽい鉱物から構成される。ここでは，試験孔掘削による挙動および連成試験時の挙動に着目する。

亀裂2；試験孔を横切る亀裂

試験孔の横にこの亀裂からと思われる湧水がある。ここでは，試験孔掘削による挙動，緩衝材施工時および連成試験時の挙動に着目する。

亀裂3；試験孔に隣接する小さな亀裂

ここでは，連成試験時の挙動に着目する。

4.2.3 試験坑道の亀裂の方向性と試験レイアウト

今年度掘削した坑道の割れ目方向のステレオコンター（床盤および天盤3m）を図-4.2に、試験場岩盤内の各種計測のレイアウトを図-4.4に示す。ここで、天盤3mとは、坑道掘削段階での天盤が3mの状態での亀裂調査の結果である。調査の対象とした亀裂は天盤3mでは長さ3m以上のものとし、床盤では50cm以上のものとした。

調査結果の図-4.2より走向がNWの高傾斜の亀裂が多いことが分かった。この結果は、既存坑道のNW坑道の亀裂の分布と類似している。

グラウト試験は、亀裂調査の結果を考慮して、天盤から湧水のある亀裂と湧水の見られない亀裂に対応する床盤の亀裂群を試験対象として選択した。各対象亀裂群に対して注入孔1本、観測孔2本を配置、とした（図-4.3参照）。

連成試験は、前節で挙げた対象亀裂を考慮した配置とした。試験孔の周辺に力学特性および水理特性を把握するための各種計測孔を13本配置、とした（図-4.4参照）。

4.3 岩盤内充填粘土試験の室内補完試験結果

「岩盤内充填粘土挙動試験」の一環として、密度、含水比などのサンプリングデータの整理、サンプリング試料（粘土）の透水試験、採取試料のX線回折分析を実施した。試験の結果、以下の知見を得た。

- ・粘土の流出による粘土の密度の低下が確認された。
- ・粘土の乾燥密度および含水比の分布は深度に伴い連続的に変化した（図-4.5,6）。
- ・試験開始時にみられたブロック間の隙間は、粘土が膨張したことにより一体化し、その透水係数は、ブロック部分の値とほぼ同じであった（図-4.7,8）。
- ・試験孔内の粘土、亀裂内の付着物、母岩および亀裂充填鉱物から採取した試料のX線回折分析の結果、試験孔内および亀裂内の付着物からはモンモリロナイトが検出された。母岩である栗橋閃緑花崗岩および亀裂充填鉱物からはモンモリロナイトが検出されなかったことから、試験孔内を起源とするベントナイトが亀裂内に浸入して付着したものと考えられる（表-4.1）。

参考文献

(1) PLAN OF COUPLED THERMO-HYDRO-MECHANICAL EXPERIMENT AT THE KAMAISHI MINE, 1994, 12, PNC TN8020 94-005

(2) 釜石人工バリア試験の実施計画書, 1995, 1, PNC PN8020 95-001

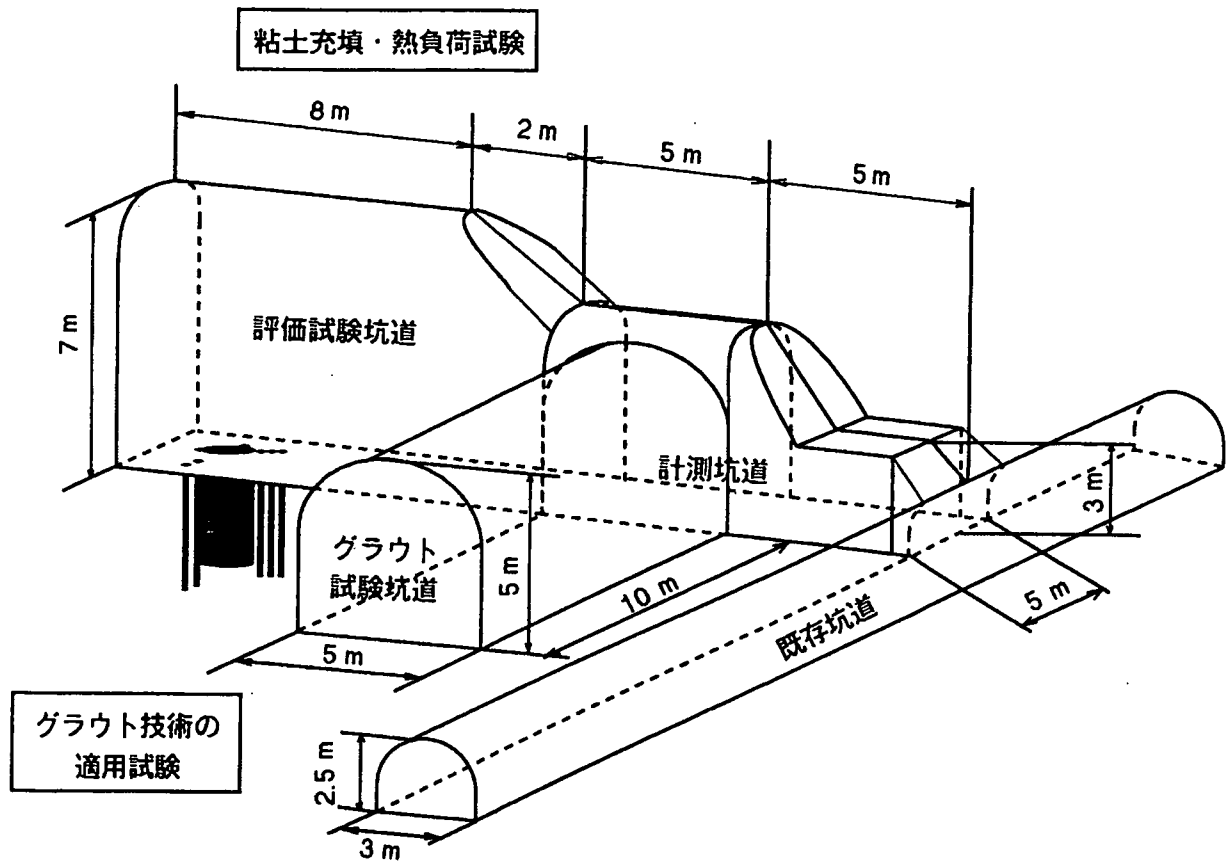


図4.1 人工バリア試験レイアウト

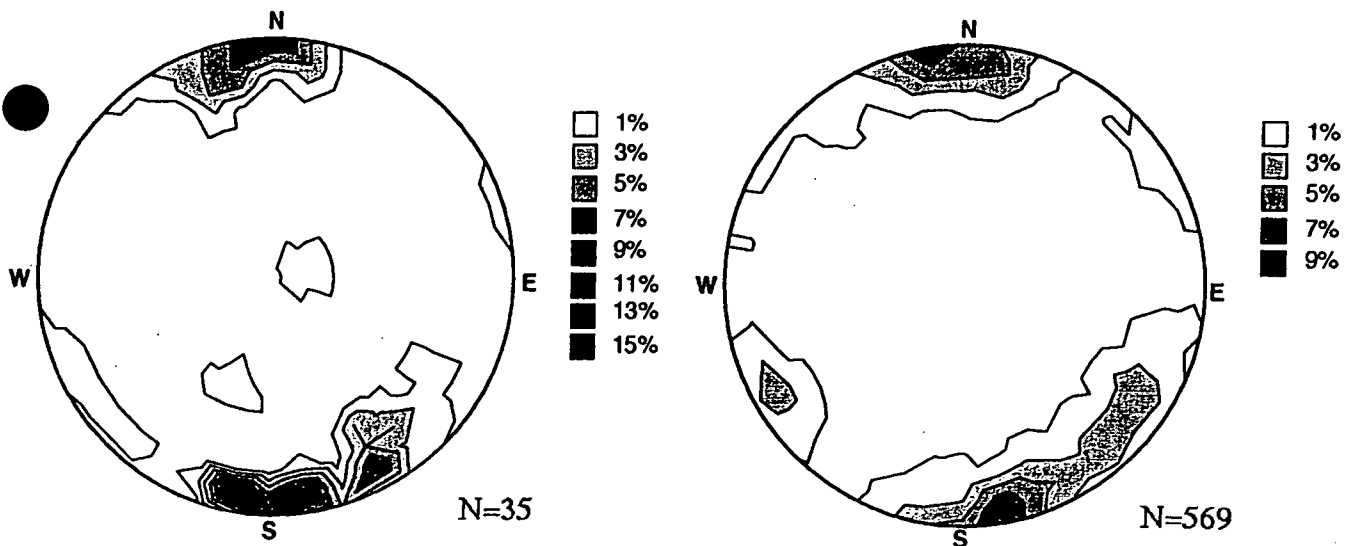


図4.2 亀裂の方向性 (下半球投影)
(左:天盤3m, 右:床盤)

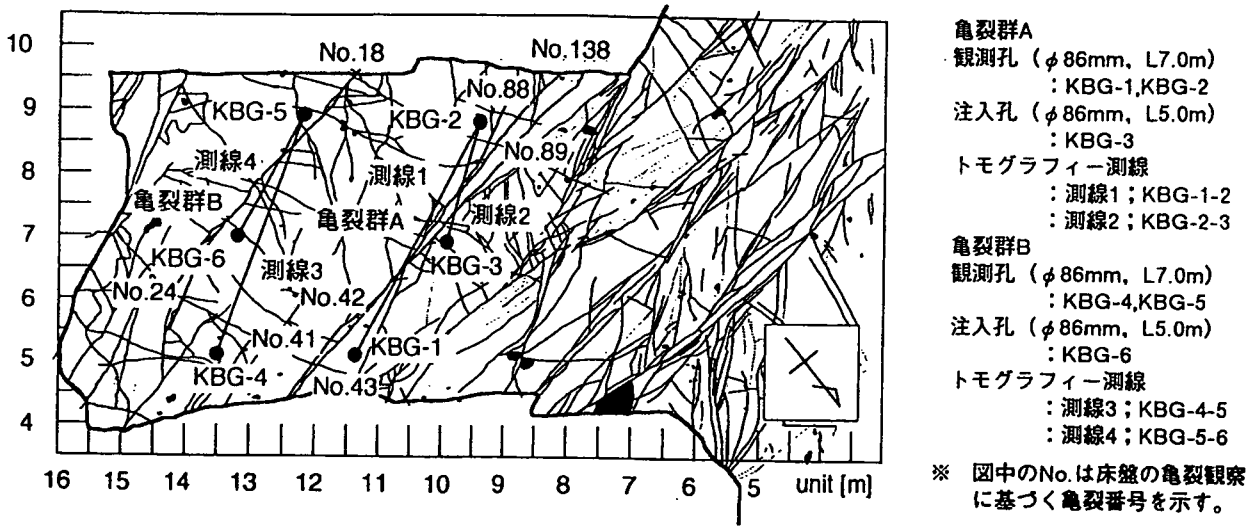


図-4.3 グラウト技術の適用試験レイアウト

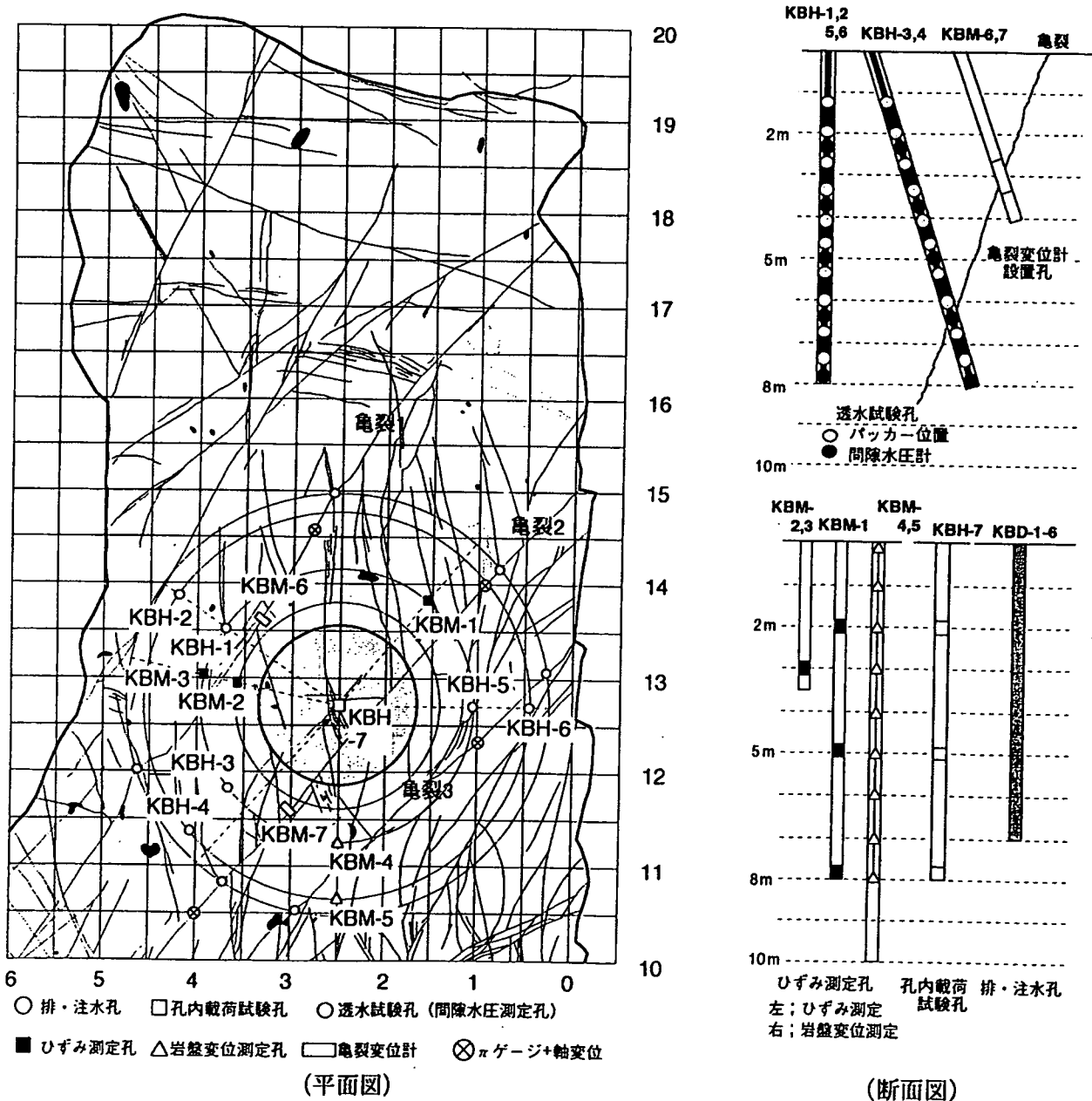


図-4.4 粘土充填・熱負荷試験岩盤内計器配置

表-4.1 主要鉱物構成一覧表

試料	石英	長石	黒雲母	角閃石	緑泥石	方解石	緑簾石	ざくろ石	モンモリロナイト
粘土健全部	○	○				○			○
試験孔内粘土	○	○				○			○
栗橋花崗閃緑岩	○	○	○	○		○		○	
砂	○	○		○	○	○	○		
亀裂充填鉱物	○	○		○	○	○	○		
付着物	○	○		○	○	○			○

粘土健全部：試験孔内の健全なベントナイト
 砂：試験孔内の隙間に充填した砂
 付着物：亀裂内の付着物

試験孔内粘土：試験孔内の膨潤したベントナイト
 亀裂充填鉱物：亀裂内に存在する充填鉱物

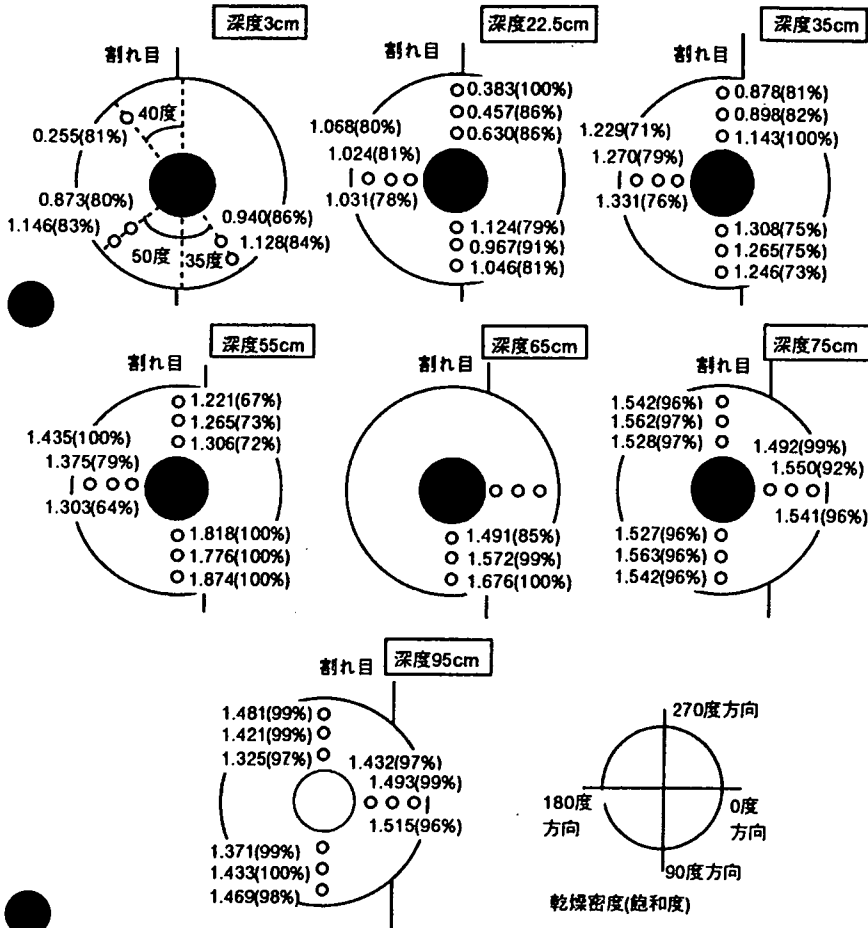


図-4.5 乾燥密度分布

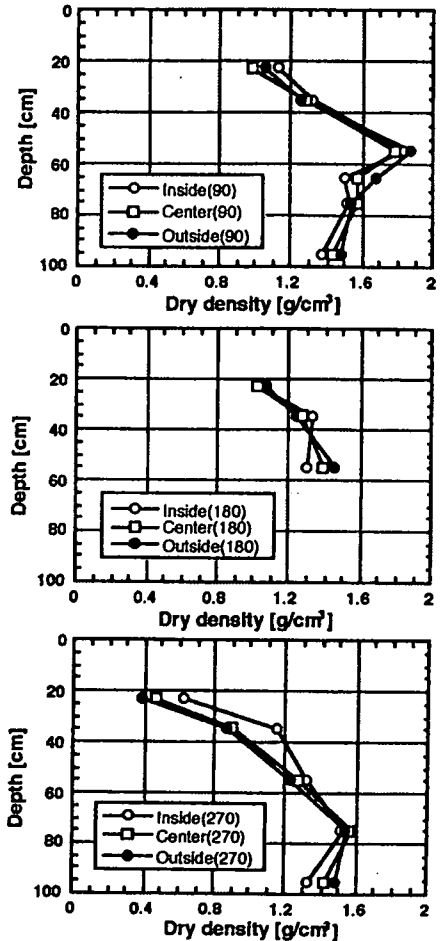


図-4.6 乾燥密度と深度の関係
 (上；90度方向，中；180度方向，下；270度方向)

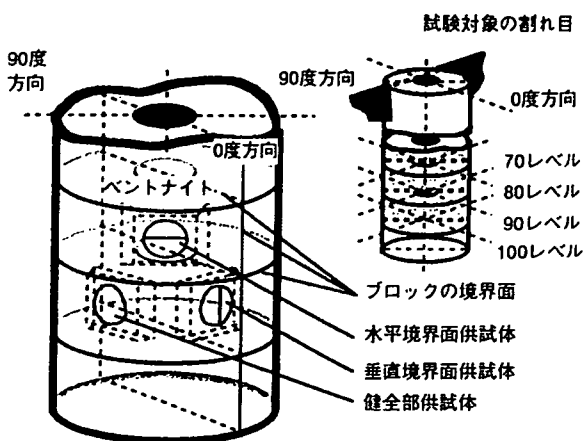


図-4.7 透水試験用供試体

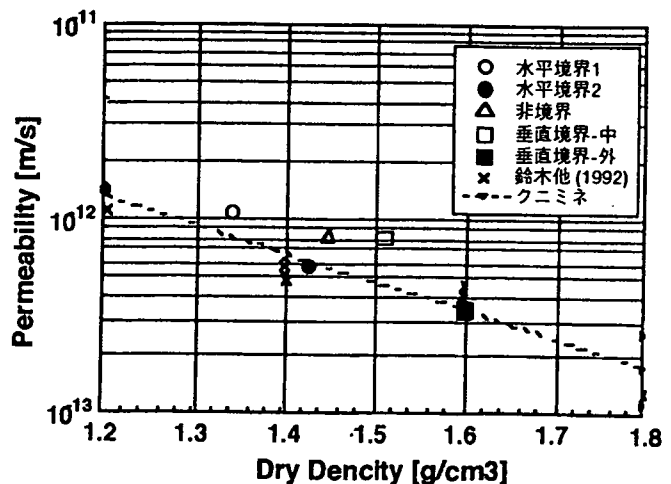


図-4.8 密度と透水係数の関係

5. TASK 5: 地震に関する調査研究

5.1 概要

(1)目的

地震時の地下空洞の挙動の評価のために、地表から地下深部の地震動挙動を把握し、設計用の入力地震波を検討すること、また長期にわたり地震動が地質環境に与える影響を評価するために、地震に起因する地下水理・地球化学特性の変化を把握し、可能ならばそのメカニズムを明らかにすることを目的として実施している。

平成6年度は、既設置の7台の地震計を用いて、地表から地下深部の地震動を観測し地震動の地下での低減特性の検討と、地形が地震動に及ぼす影響について検討した。また、地震に起因すると考えられる地下水理・地球化学特性の変化の有無を継続観測により明らかにし、地震が深部地質環境に与える影響を検討した。

(2)実施内容

①地震の観測

設計用の入力地震波を検討するために、地下から地表部における地震動の増幅特性（低減特性）、および山地中腹と山地谷部の地震動の増幅特性のデータを収集・整理した。地震動の観測に用いた地震計の設置カ所を図-5.1に示す。

②地震時の地下水理・地球化学特性の観測

通常時および地震時の地下水理・地球化学特性を把握するために、水圧観測、湧水量観測、岩盤ひずみの観測、電気伝導度の観測、地震前後の湧水の採取と水質分析を実施した。これらの観測位置を図-5.2に示す。

(3)スケジュール

表-5.1 スケジュール

	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
①地震動観測・解析 ・継続観測(地震計7台) ・解析												
②地震時地下水理・地球化学特性調査 ・継続観測 ・岩盤ひずみ計設置 ・解析												
			設置機種を選定								設置▽	

(4)主な成果

①地震の観測

- 地下深部から地表部における最大加速度の増幅特性に関して検討した結果、地表部の南北、鉛直成分は、地下深部と比較して2～3倍に増幅し、東西成分は2～4倍に増幅する。このように東西成分の最大加速度ほど増幅率は大きい結果が得られた(図-5.4)。

- ・東西成分の最大加速度の増幅率の大きさ（K-1/K-6の比）は、増幅率の平均から±1σの範囲を越えるものは少ない（図-5.5）。
- ・地形が地震動に及ぼす影響は、東西、南北および鉛直各成分ともに、地表の谷付近に位置するK-7点に対し、地表の山腹斜面に位置するK-1点の方が最大加速度は1～2倍大きい（図-5.8）という形で現れている。

②地震時の地下水理・地球化学特性の調査

- ・地震時に水圧が変化する例は1991年11月の観測開始以来、平成7年1月までに22例観測された。これまでの観測の内、水圧の最大の変化幅は0.40kgf/cm²であり、一般的には、0.1kgf/cm²以内が多い。
- ・また、水圧を観測している試錐孔によって、地震時に水圧が上昇する傾向の試錐孔（KWP-1）と、下降する傾向の試錐孔（KWP-2）がある。これらはいずれも急激に変化した後、ゆっくり回復する（図-5.11）。
- ・これまでの観測結果によると、地震時における水圧変化の有無は、最大加速度の大きさよりも、マグニチュードと震源距離をパラメーターとした Dobrovosky et. al. (1979)による理論式から求めた岩盤ひずみ量の値（10⁻⁸以上の値）との関連が強い（図-5.15）。
- ・湧水量、電気伝導度は、これまでの観測結果によると、地震時に明瞭な変化を示していない。
- ・10例の地震について地震前後の湧水を採取し、水質分析を実施したところ、10例中6例で、地震後にSO₄²⁻イオン濃度の一時的な変化が観測された。また、10例中5例で、地震後にHCO₃⁻イオン濃度の変化が観測された。しかし、この水質の変化が地震の影響であるかどうかは現時点では明確になっていない。

(5)今後の計画

地震の観測を継続し、地下での地震動の低減特性の把握と、地形が地震動におよぼす影響を引き続き検討する。

また、地下水の観測を継続し、地震時の地下水理・地球化学的特性の変化の有無を引き続き観測する。また、特に水質のバックグラウンドを明らかにし、地震時の水質の変化や、変化した場合はその復元性を明確にする。

5.2 地震動の地下低減特性

(1)観測内容

地下深部から地表部における地震動の増幅特性を把握するために、鉦山内に設置した6か所の地震計と、平成5年度に、地形が地震動におよぼす影響を把握することを目的に、地表近くの坑道内に設置した地震計（1か所）を用いて地震動の継続観測を行なっている。

地震計は、図-5.1、-5.2に示す通り、平面アレイ観測網として550mレベル坑道に3か所、異なる深度での地震動が把握できるように上下方向に4か所配置してある。最も深部に設置されている地震計はK-6地震計で、地表から約650mの深度にある。これらの地震計の内K-1～K-4地震計は、信号線により550mレベル坑道で集中記録されており、0.3gal以上の加速度がK-1とK-4地震計の鉛直成分、並びにK-1地震計の南北

成分に作用した時、地震記録を収録するように設定されてある。また、K-5～K-7地震計は独立型であり、東西、南北、鉛直の3成分のいずれでも、0.5gal以上の加速度が作用したとき地震記録を収録するように設定されている。

(2)観測結果および考察

(a)地震記録

釜石鉱山における地震観測は、平成2年2月に観測を開始して以来、平成6年12月31日までに211回の地震記録を得た。このうち平成5年1月から平成6年12月の約1年間に46回の地震記録を得た。これらの地震の震央分布を図-5.3に示す。観測された地震の多くは、従来と同様青森県から福島県にかけての太平洋側、特に岩手県沖（震央距離で50～120km）と岩手県中部（震央距離で20～50km）に集中している。

観測された地震の内、マグニチュードが7以上あるいは加速度が25gal以上の地震を表-5.2に示す。マグニチュード(M)が最大の地震は、平成6年10月4日に発生した北海道東方沖地震(地震番号189)でM=8.1であり、釜石鉱山のK-1地震計の東西成分で、36.94galの加速度が記録された。次は、平成5年7月12日に発生した北海道南西沖地震(地震番号145)でM=7.8であるが、震央距離が440kmと遠く離れているために、K-1地震計で1gal程度である。また、加速度が最大の地震は、宮城県北部の地震(地震番号161, M=5.9, 震央距離84.7km)で、K-1点での東西方向で53.0gal、また、地下のK-2の東西成分で19.2galである。これについて加速度が大きい地震は、岩手県沖の地震(地震番号163, M=5.3, 震央距離53.4km)で、K-1の東西成分で45.9galである。

(b)地表と地下で観測された加速度の比較

最も深部に設置してある地震計K-6の最大加速度を基準とした場合のK-5, K-2およびK-1での最大加速度の増加率を図-5.4に示す。同図にはこれまで(1995年1月まで)にK-7の地震計を除く全地震計で同時に観測された44個の最大加速度を示してある。

図-5.4に示す、最大加速度の増幅の内、各地震の東西成分の最大加速度の増幅率(K-1/K-6の比)の分布を調べるために、図-5.5に示すヒストグラムを作成した。最大加速度の増幅率は、平均=2.93、標準偏差(σ)=0.92とする正規分布をなしている。なお、増幅率のバラツキをみると、増幅率の平均から $\pm 1\sigma$ の範囲を越えるものは44個中、9個であった。図-5.6にこの 1σ を越えた9個の地震の震央位置を示すが、 1σ を越えた地震の震央位置に共通する分布傾向は見られない。ちなみに $-\sigma/2$ の範囲以下のものにばらつきを限定すると、地震の発生した場所によりその大きさは異なり、地表近くで発生した地震や震源の近い地震は、最大加速度の増幅率が平均よりやや小さい傾向にある(図-5.7)。

表-5.3に、K-1, K-2, K-5, K-6の各地震計で観測された最大加速度の東西、南北、鉛直各成分の増幅率の平均値、標準偏差を示す。図-5.4や、表-5.3より、南北、鉛直成分の最大加速度は、地震計K-6を基準とすると、地震計K-2～K-5間で1～2倍、地表近くのK-1で2～3倍に増幅する。また、東西成分の最大加速度の増幅率は、地震計K-1で2～4倍であり、南北、鉛直成分の増幅率より大きい観測結果が得られた。

(C) 地形が地震動に及ぼす影響

地形が地震動に及ぼす影響を検討するため、図-5.1に示す地表面付近に設置されているK-1 地震計(EL. 865m), K-7地震計(EL. 725m)の2 観測点と、K-7 地震計と同一標高であるが地中に設置してあるK-5 地震計との間での最大加速度の比較をおこなった。

K-7 地震計は平成5 年11月から観測を開始して以来、平成7 年1 月までに29個の地震が観測された。

図-5.8と図-5.9にK-1 とK-7 の地震計および、K-7とK-5 地震計より求めた最大加速度の振幅比を示す。図-5.8より共に地表付近に位置するK-1 とK-7 の比較では、東西、南北および鉛直各成分ともに、地表の谷付近に位置するK-7 に対し、地表の山腹斜面に位置する K-1の方が最大加速度は1 ～2 倍大きい。

一方、設置標高は等しいが地表面に位置するK-7 と、坑道の奥深くに位置するK-5 とを比較すると、2地点の最大加速度は同程度の値が観測されている。

5.3 地震時の地下水理・地球化学特性

(1)観測内容

表-5.4に示す項目について、常時観測あるいは、地震前後の採水・分析を行い、平常時および地震時の地下水理状態、地下水質状態に関する地見の蓄積を行なった。550mレベル坑道では、図-5.2 に示す位置で地震時の地下水理・地球化学特性の観測を実施している。

表-5.4 地震時地下水理，地球化学的調査項目

観測項目	観 測 場 所		数 量	
水圧	連 統 観 測	550m	試錐孔：KWP-1, 2, 3(以上1991年11月～) KH-4, 6, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 (以上1994年11月～) KDH-1, 2(以上 1994 年 3月～)	17 点
湧水量			試錐孔 : KWQ('95. 2/28まで)	1 点
電気伝導度			坑壁の割れ目からの湧水 : KO-10(1991年2 月) : KO-10(1993年5 月～)	1 点
溶存成分	地震 前後	550m	坑壁の割れ目からの湧水 : KO-10, 分析項目 : Na ⁺ , K ⁺ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , Cl ⁻ , SO ₄ ²⁻ , HCO ₃ ⁻ , SiO ₂)	1 点

なお地震前後の溶存成分の測定は、自動採水装置を用いて地震前後の湧水を採取して行われている。この自動採水装置は、現在、4 時間毎に採水するように設定しており、最初の採水から120 時間で30個ある採水容器が一回りする。坑内に設置してある地震計に 4 gal 以上の最大加速度が作用した時、上記採水装置は採水を96時間後に自動的に停止するシステムとなっている。

(2) 観測結果および考察

岩盤中の地下水の水圧、湧水量、電気伝導度、水質の定常時、地震時の観測結果についてとりまとめた。

(a) 水圧の変化

図-5.10 に水圧の長期変化の記録例としてKWP-1 孔の1991年11月から1994年12月までの観測結果を示す。KWP-1 孔の水圧はいずれも11月～2月の冬季が低く、4月～5月の春季に水圧が上昇する傾向がある。その年間の水圧の変化幅は、 $1\text{kgf}/\text{cm}^2$ 程度である。同図にはKWP-1 孔から北北東に2.5kmに位置する青の木地点の月雨量変化を示してある。雨量変化とKWP-1 孔の水圧の変化は良く対応している。水位は川辺(1991)等の報告にもあるように、地球潮汐の影響を受けていると言われている。本釜石鉱山内で観測しているKWP-1～KWP-3 孔においても、KWP-1孔で $6.2\text{cmH}_2\text{O}$ 、KWP-2 孔で $3.5\text{cmH}_2\text{O}$ 、KWP-3孔で $1.6\text{cmH}_2\text{O}$ 程度の地球潮汐に対応する変動が一日に二回観測される。このように釜石鉱山内で観測している水圧観測孔は、地球潮汐の応答にも反応する感度の良い観測孔であることが判明している。

地震と水圧の応答を調べた結果、地震時にステップ状に水圧が変化する現象が幾つかの地震時に観測されている。図-5.11 に、1993年7月12日22時29分に発生した地震(北海道南西沖地震)時における水圧変化の例を示す。地震発生直後、水圧はステップ状に約20cm上昇した後、徐々に回復に向かった。このような地震時の水圧変化は、1991年11月に観測を開始してから1995年1月までに22例観測されている。水圧が変化した例として、図-5.13 にKWP-1, 2, 3 孔で観測された水圧の変化幅を示す。また、図-5.12 に水圧を変化させた地震の震央位置を示す。さらに表-5.5にKWP-1, 2孔やTASK 1, TASK2 の業務内で観測しているKH-4, 9孔やKDH-2孔などの主な試錐孔におけるその変化の一覧と変化幅を示す。これまでに観測された水圧の最大の変化幅はKDH-2孔の区間2で観測された $0.40\text{kgf}/\text{cm}^2$ で(三陸はるか沖地震時)である。一般には $0.1\text{kgf}/\text{cm}^2$ 以内の変化が多く、これらの水圧の変化のほとんどは概ね1週間以内で元のトレンド上に戻っている。

地震の発生により水圧が変化する原因について、最大加速度と水圧の変化の有無の関係を調べた。まず、水圧観測孔の近傍に設置してあるK-3地震計で観測された最大加速度と水圧変化の発生との関係を図-5.14 に示した。図-5.14 では、最大加速度が18gal以上であった時でも、水圧は変化しておらず、反面2gal以下の小さな最大加速度を有する地震において水圧が変化している場合がある。つまり、このことは最大加速度は水圧変化発生の主要な支配因子になっていないことを示すものと思われる。次に、地震のマグニチュードと震源距離で整理した結果を図-5.15 に示す。水圧の変化する地震は図上の特定の範囲に限定されている。この水圧が変化した地震がプロットされる範囲はDobrovolsky et al. (1979) による, Soft inclusion model より計算した地殻のひずみレベルが 10^{-8} を越えたレベルにあてはまる。次に水圧の変化量と、計算されたひずみとの関係を図-5.16 に示す。図では、水圧変化量の絶対量とひずみ量はいずれの試錐孔においても概ね正の相関を示している。

(b) 湧水量の変化

KO-10 地点における湧水量の長期変化を図-5.17 に示す。図に示されるように、4月から6月の雨季においても、湧水量に変化は無く、湧水量に明瞭な季節変動は観測され

ていない。しかし、1994年9月に670mmの記録的な月雨量が観測された翌月に湧水量の増加が観測されており、これが降雨の影響の可能性はある。また、水圧に変化を与えた主な地震と湧水量との関係を図-5.18(b)に示す。図には参考のため、主な地震時の水圧の変化例を示してある。図-5.18(b)の北海道東方沖地震後に湧水量の増加がみられるが、この時期は前述したように、9月の降雨量の影響も受けており、湧水量の増加が地震の影響であるか明確でない。これ以外は地震時の湧水量の明瞭な変化はこれまでのところ観測されていない。

なお、KWQでの湧水測定は、湧水量を測定する電磁流量計のパイプ部分に湧水が脈動して流れ込み、安定したデータが取得されていないため、平成7年2月28日に観測を終了した。

(c) 電気伝導度の変化

KO-10地点で観測されている電気伝導度の長期的変動パターンを図-5.17に示す。図には、KWP-1孔の水圧のデータを電気伝導度と比較するために記入してある。図に示されるように、電気伝導度は春季から夏期の地下水圧が比較的の高い時期にその値は相対的に低く(154 $\mu\text{S}/\text{cm}$)、地下水圧の低い冬季は高くなる(156 $\mu\text{S}/\text{cm}$)傾向がある。その季節変化の割合は、1.3%程度である。このように電気伝導度とKWP-1孔の水圧は負の相関があり、地下水圧の高い時期に、電気伝導度の低い地下水が混入したと考えられる。また地下水圧と電気伝導度のタイムラグは、春季の両値の上昇のタイミングから20日程度と推定された。また、水圧に変化を与えた主な地震と電気伝導度との関係を図-5.18(c)に示す。図に示されているように、KO-10地点での地震時における電気伝導度の明瞭な変化は観測されていない。

(d) 溶存成分の変化

KO-10地点の割れ目から湧水した地下水を対象に1994年12月までに、10例の地震について地震前後の湧水を採取し、水質分析を実施した。地震前後の水質の分析結果の例を図-5.20、当量数で整理した分析結果を図-5.21に示す。

その結果、10例中6例で、地震後に SO_4^{2-} イオン濃度の変化(2例で増加、4例で低下)が観測された。その変化幅は、最大4 mg/lであった。また、10例中5例で、地震後に HCO_3^- イオン濃度の変化(4例で増加、1例で低下)が観測された。しかし、この水質の変化が地震の影響であるのか、常時のバックグラウンドの変動であるのか明確でない。また、これら以外のほとんどの水質成分については明確な変化は見られない。

また、地震前後の水質について、その陽イオンと陰イオンのバランスを調べたところ10例のすべての水質で、 Σ 陽イオン $-\Sigma$ 陰イオン $=\pm 0.2\text{meq}/\text{l}$ 以内であった。Friedman(1982)によると Σ 陽イオンと Σ 陰イオンのバランスは、両イオンの差が $\pm 0.2\text{meq}/\text{l}$ 以内であることが望ましいことから、釜石での地震前後の水質の陽イオンと陰イオンはバランスしていると言える。

5.5 次年度以降の計画概要

- ・地震動の観測を継続し、地下での地震動の低減特性の把握と、地形が地震動におよぼす影響を引き続き検討する。
- ・地下水の観測を継続し、地震時に地下水理・地球化学的特性が変化をするのか引き続き観測する。また、特に水質のバックグラウンドを明らかにし、地震時の水質の変化や、変化した場合はその復元性を明確にする。
- ・地震計設置カ所周辺の坑内において、弾性波探査を実施し、の V_p , V_s , 減衰定数を把握する。

参考文献

- 1) 川辺 岩夫., 1991, 地震に伴う地下水・地球化学現象, 地震 2, 44, 341-364.
- 2) Dobrovolsky, I. P., Zubkov and Miachkin, V. I., 1979, Estimation of the Size of Earthquake Preparation Zones, Pure Appl. Geophys. 117, 1025-1044.
- 3) L. C. Friedman., D. E. Erdman., 1982, Quality assurance Practices for Analyses of Water and Fluvial Sediments (Teach. Water Resources Inc., Book 5, Chapter A6)

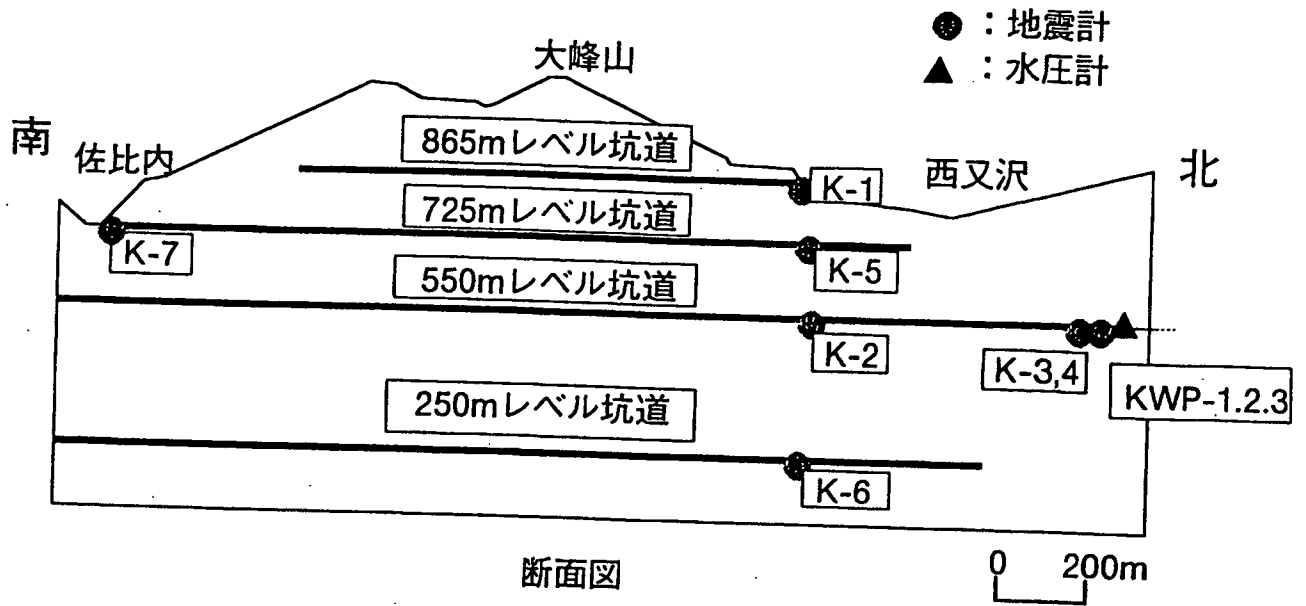


図-5.1 地震計配置図(断面図)

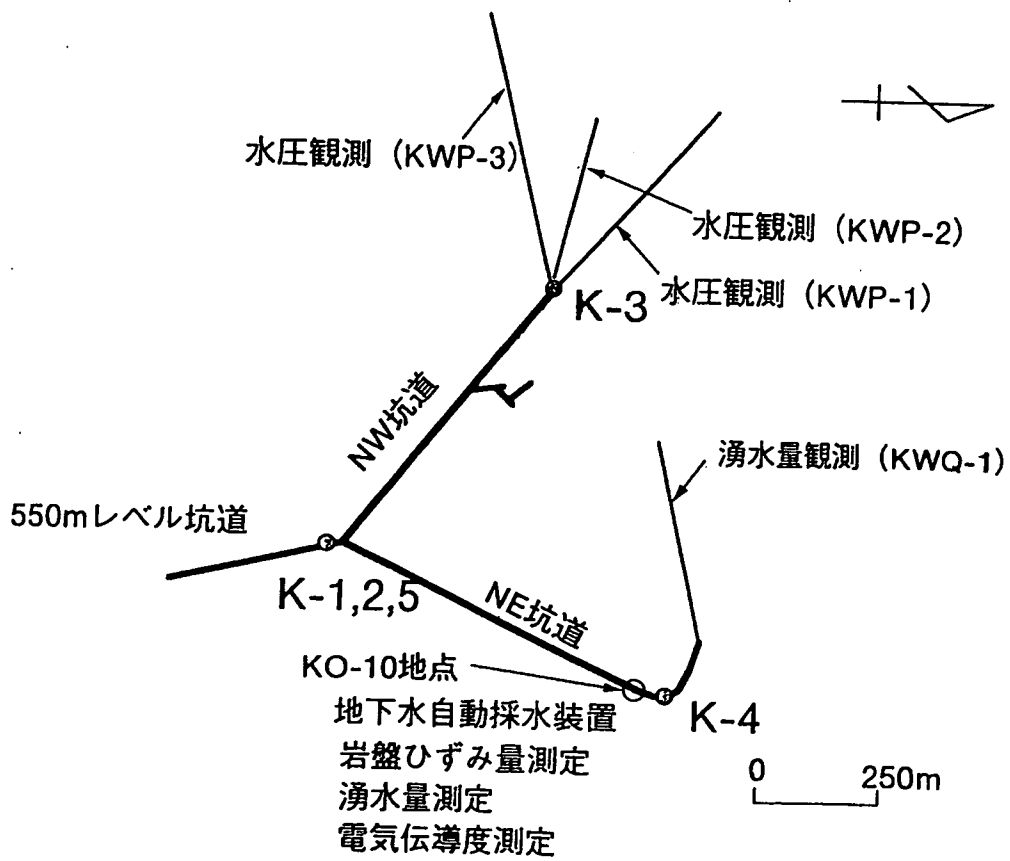


図-5.2 地下水理・水質観測位置図(平面)

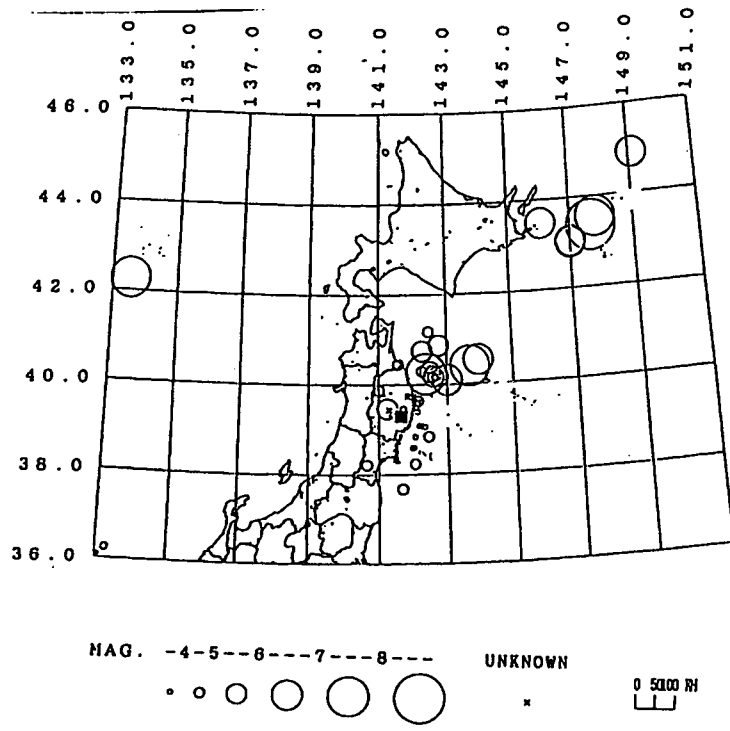


図-5.3 震央位置図
(1994年1月から1995年1月に観測された地震)

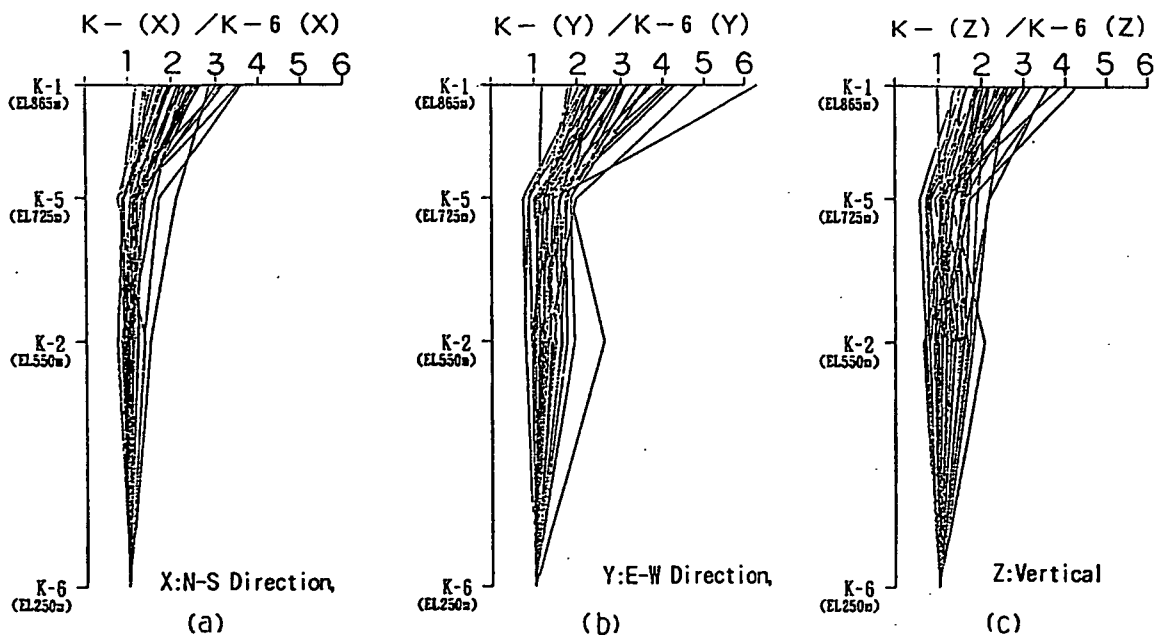
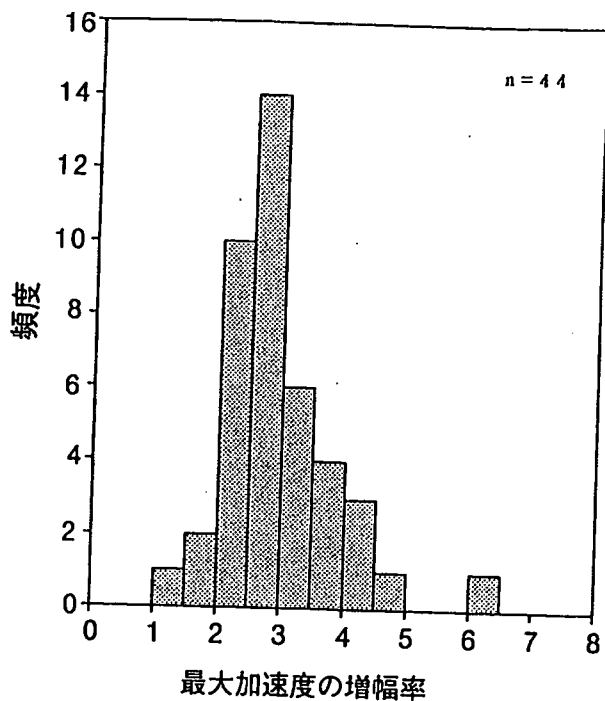


図-5.4 最大加速度の増幅率
(1991年11月から1995年1月に観測された44個の地震)



n=44
 平均=2.93
 標準偏差=0.92

1991年11月から1995年1月に
 観測された44個の地震

図-5.5 最大加速度の増幅率のヒストグラム
 (K-1/K-6:東西成分)

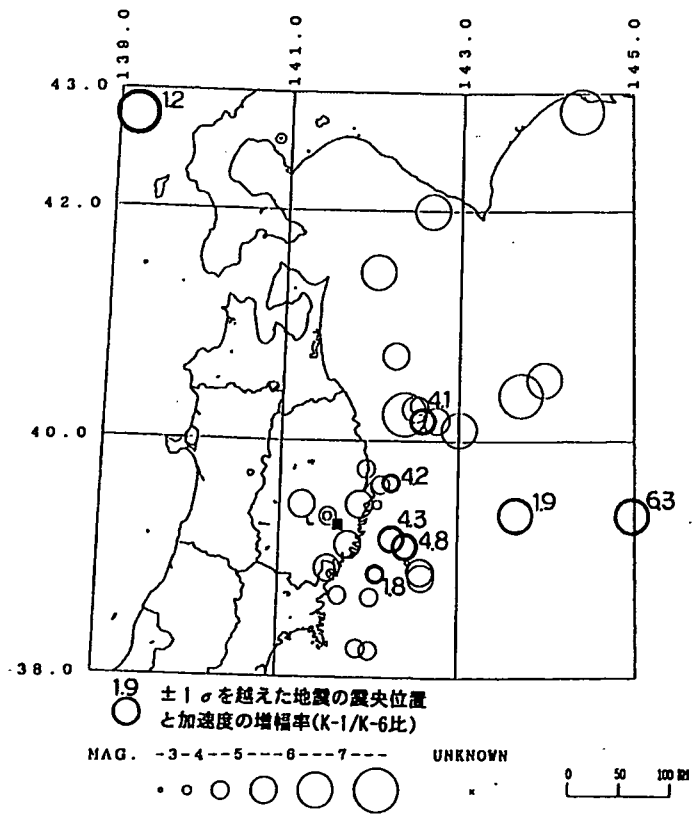


図-5.6 東西成分の最大加速度の増幅率が平均から $\pm 1\sigma$ を越えた地震の震央位置
 (1991年1月から1995年1月までに観測された44個の地震, この範囲以外に
 5個の震央位置がある)。

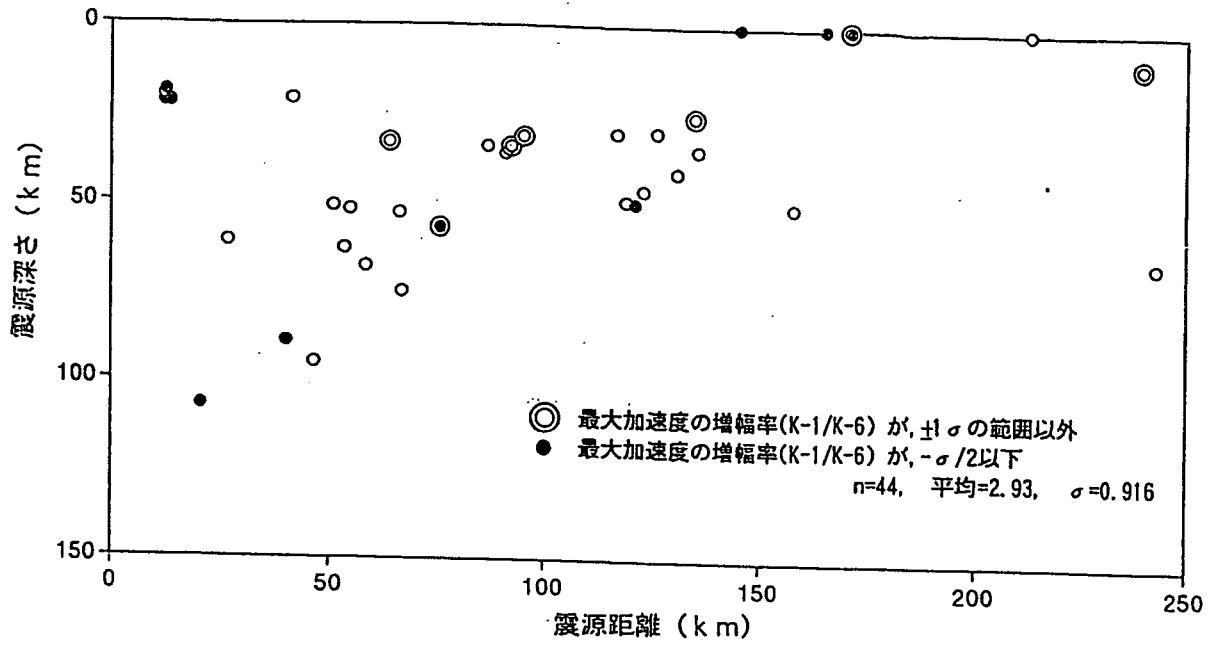
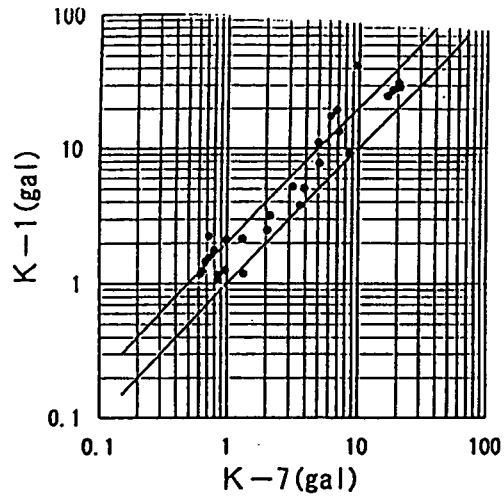
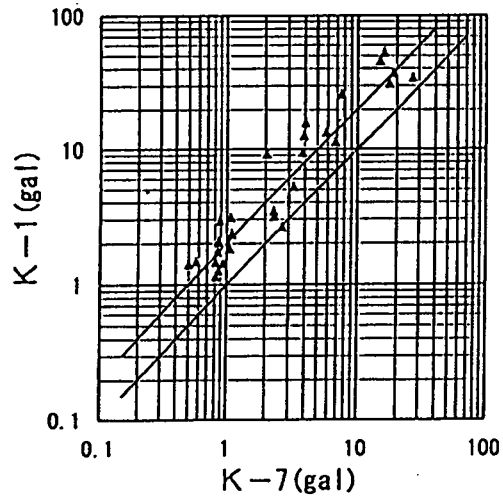


図-5.7 震源深さ、震央距離、最大加速度(東西成分)の増幅率の関係
 (1991年1月から1995年1月までにK-1, 2, 5, 6で同時に
 観測された44個の地震)

南北成分



東西成分



鉛直成分

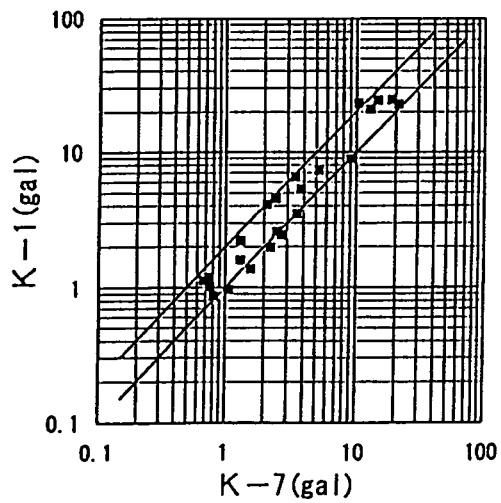


図-5.8 K-1, K-7 地震計での最大加速度の比較

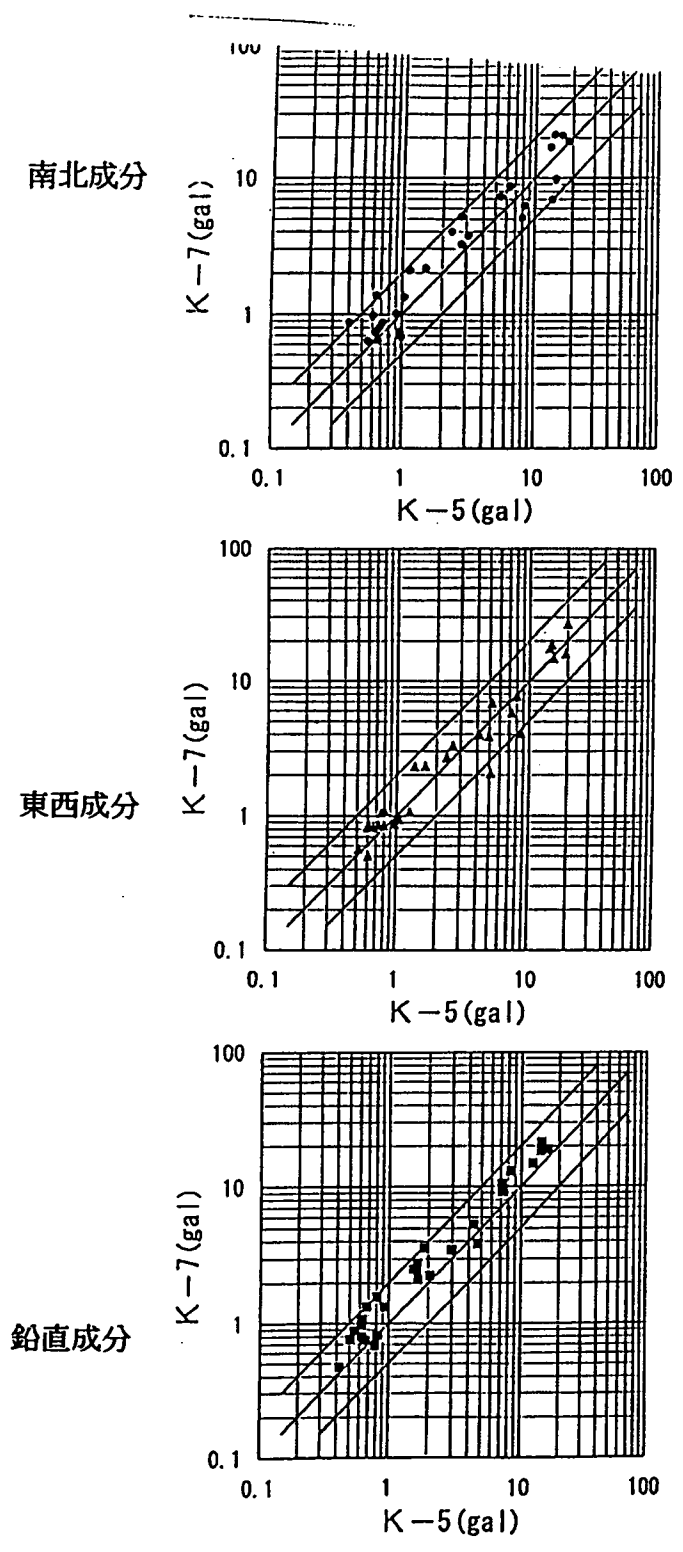


図-5.9 K-7, K-5 地震計での最大加速度の比較

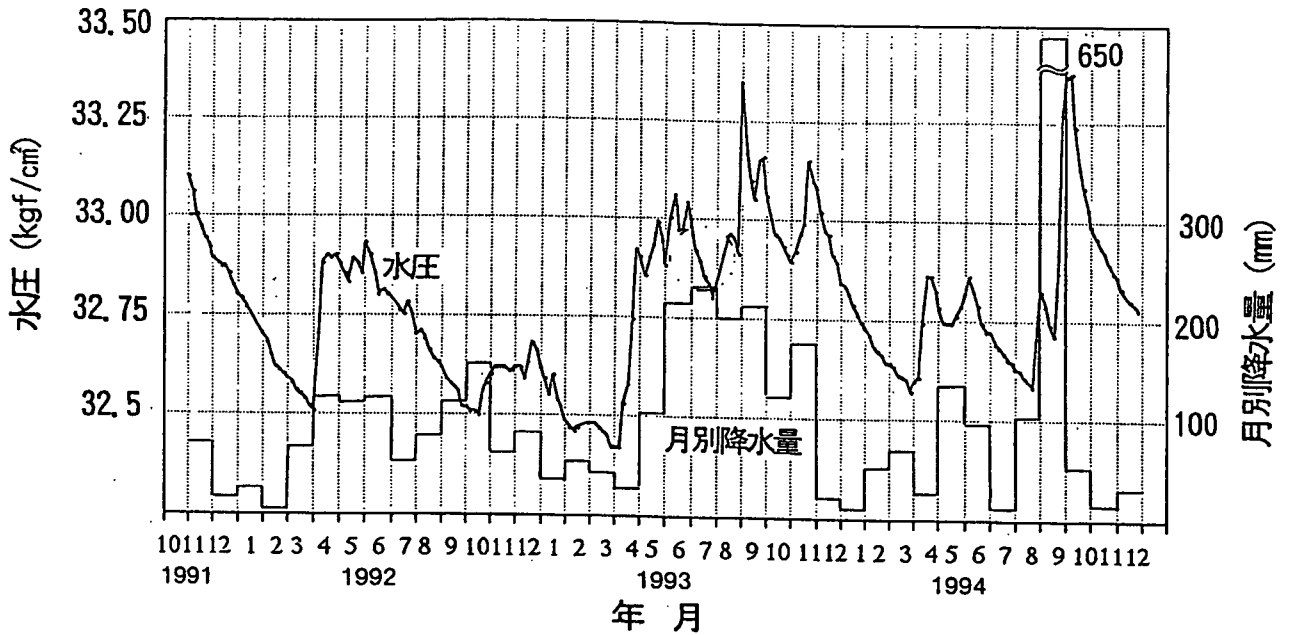


図-5.10 KWP-1 孔の水圧の長期変動と月別降水量
(1991年11月～1994年12月)

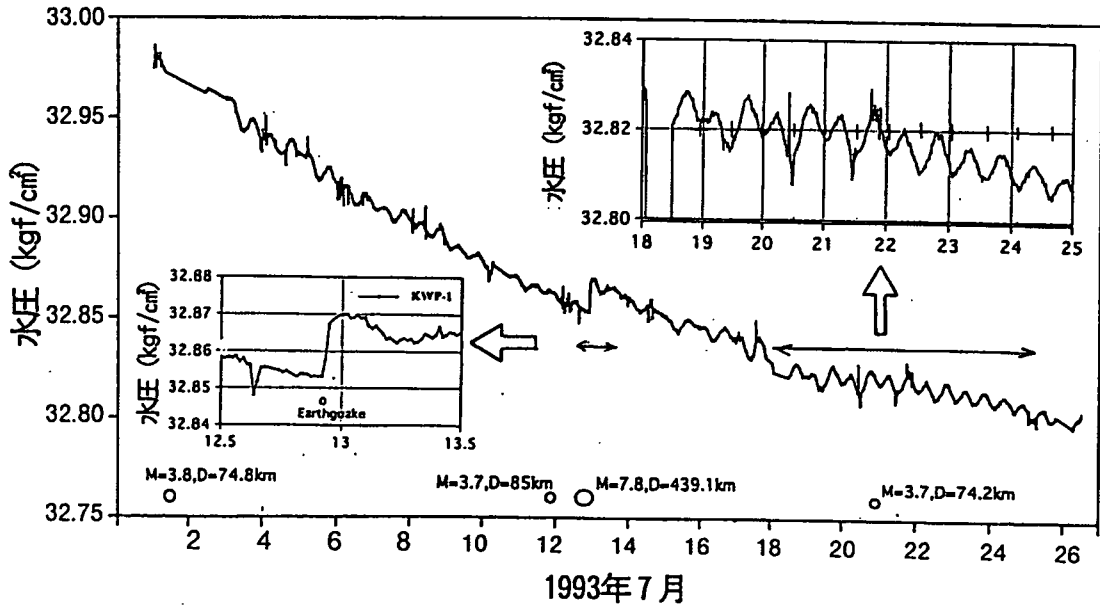


図-5.11 北海道南西沖地震時(地震番号145: 1993年7月12日)の水圧変化(KWP-1孔)

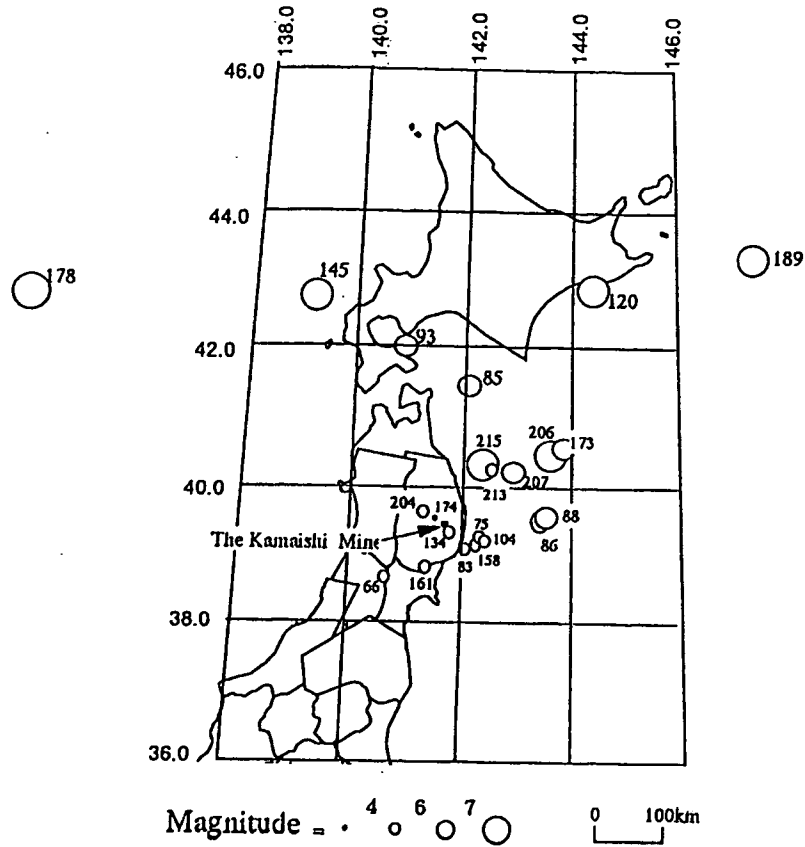


図-5.12 水圧に変化を与えて地震の震央位置図
(1992年2月から1995年1月までの22個)

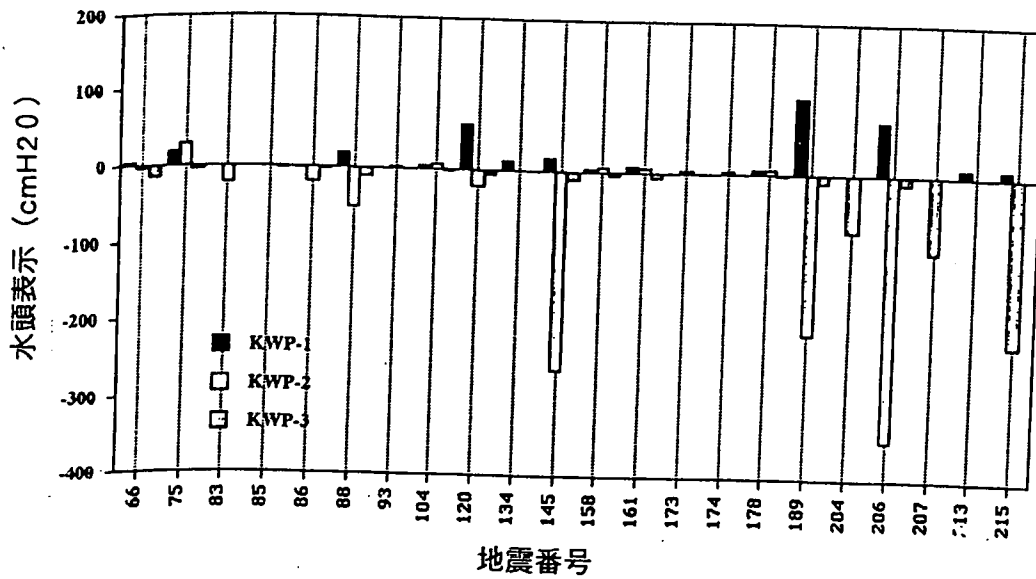


図-5.13 地震による水圧(水頭表示)変化の大きさ
(1992年2月から1995年1月までの22個)

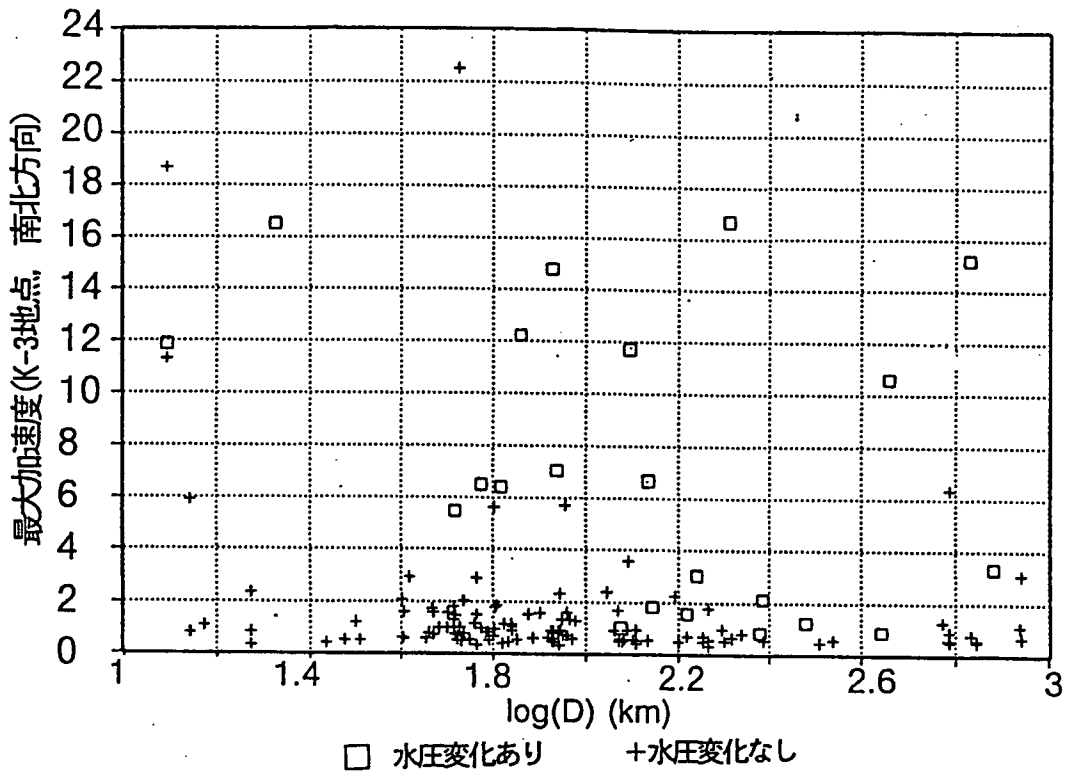


図-5.14 震央距離と最大加速度と水圧の変化の関係

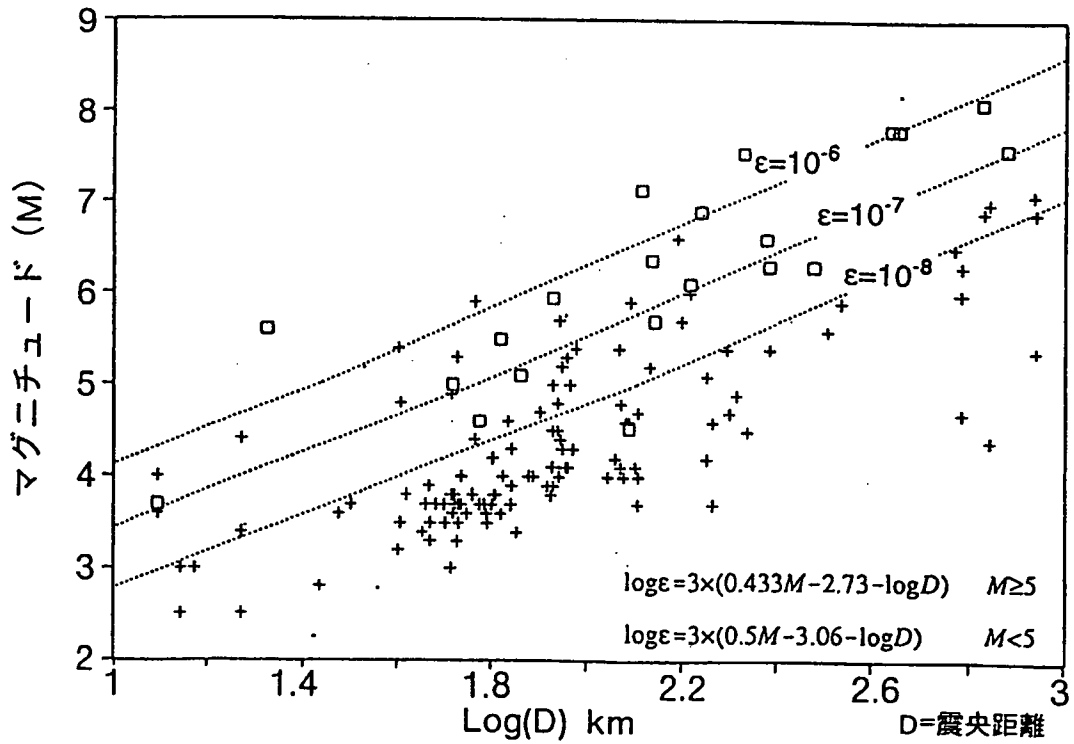
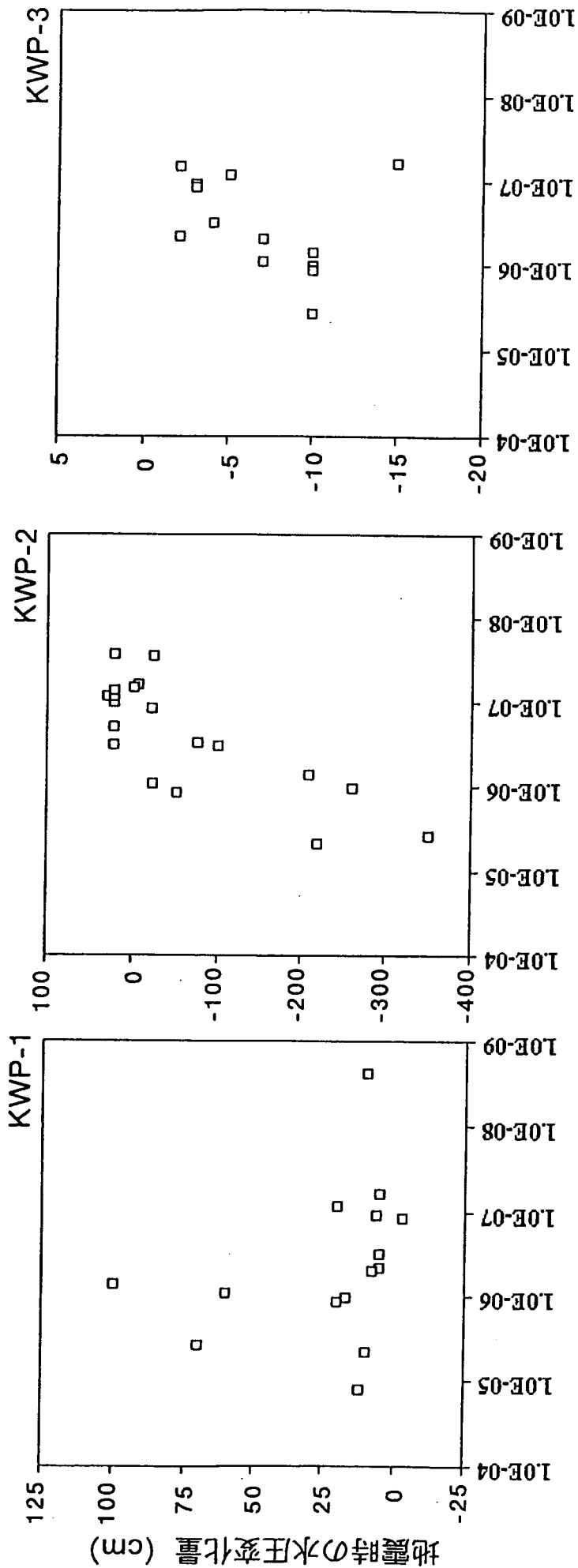


図-5.15 震央距離とマグニチュードと水圧の変化の関係



地震のMと震央距離より求めた岩盤ひずみ量(Dobrovolsky:1979)

図-5.16 KWP-1,2,3 孔の地震時の水圧変化量と理論値による岩盤ひずみ量

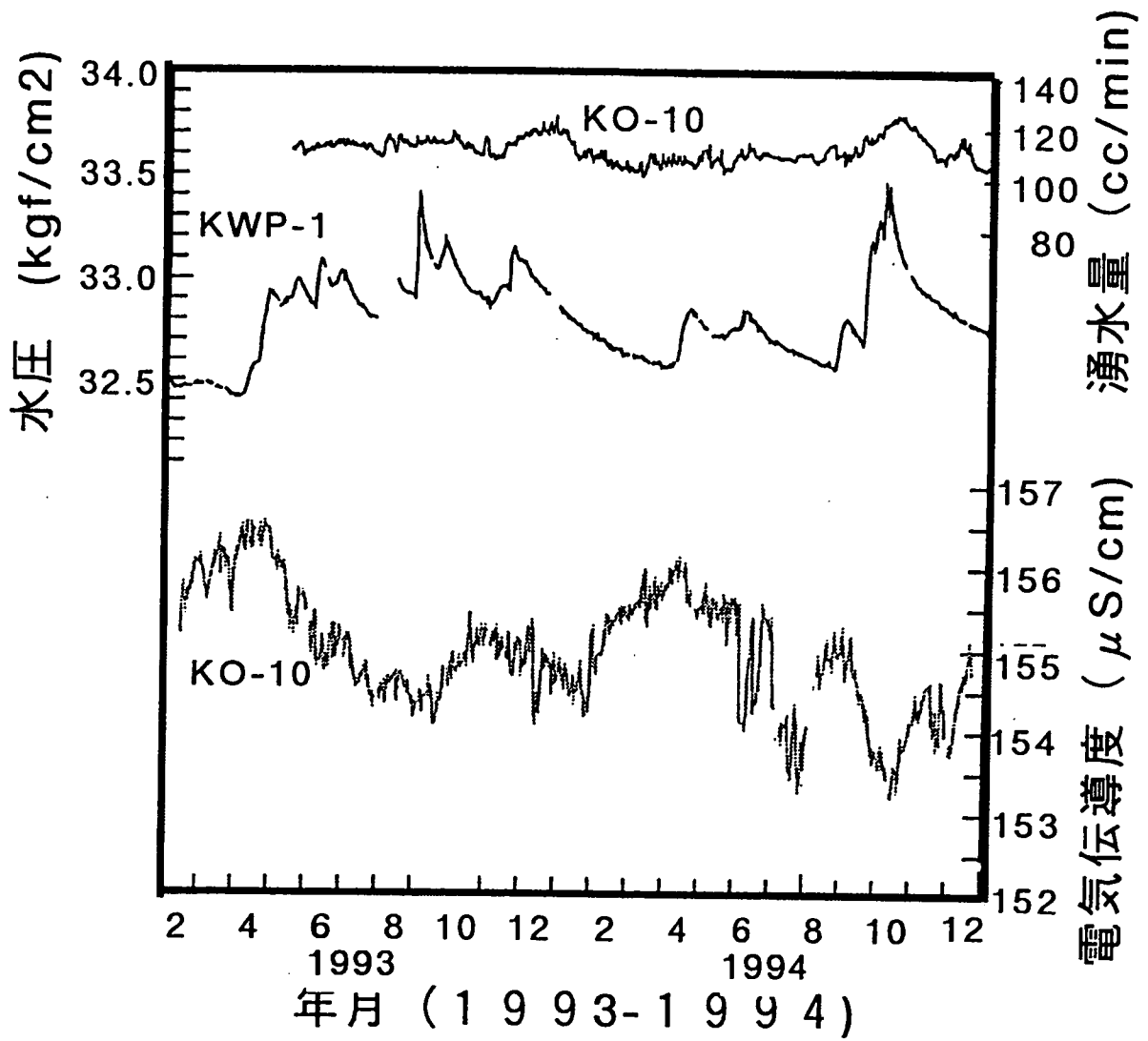
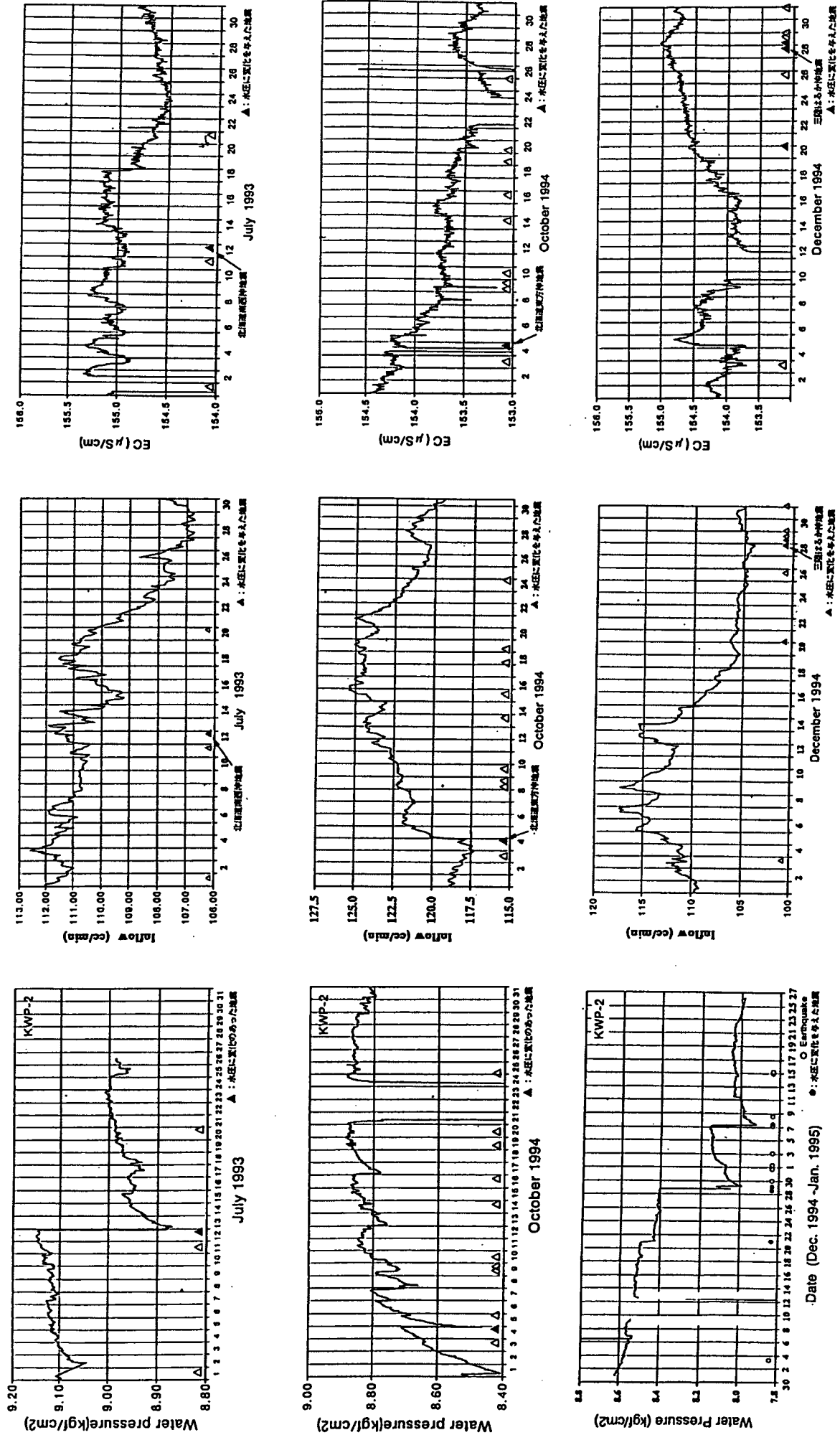


図-5.17 KO-10 地点の湧水量, 電気伝導度の長期変化と
KWP-1 孔の水圧の長期変化



(a) 水圧 (KWP-2)

(b) 湧水量 (K0-10)

(c) 電気伝導度 (K0-10)

図-5.18 北海道南西沖地震, 北海道東方沖地震, 三陸はるか沖地震時の水圧 (KWP-2), 湧水量 (K0-10), 電気伝導度 (K0-10) の変化

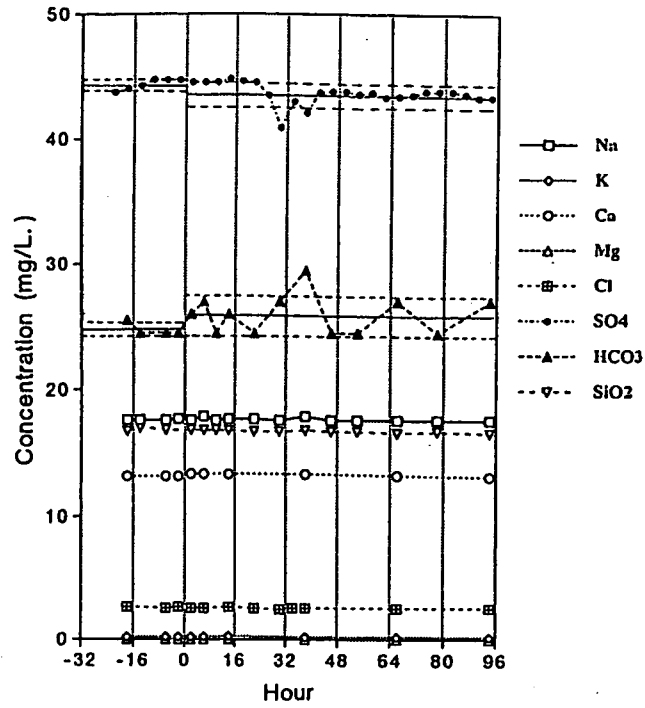


図-5.19 地震前後の湧水の溶存成分の変化(濃度での比較)
(M=4, 震央距離=12.4km, 震源深さ=22km, K-4 地震計での
最大加速度=18.4gal)

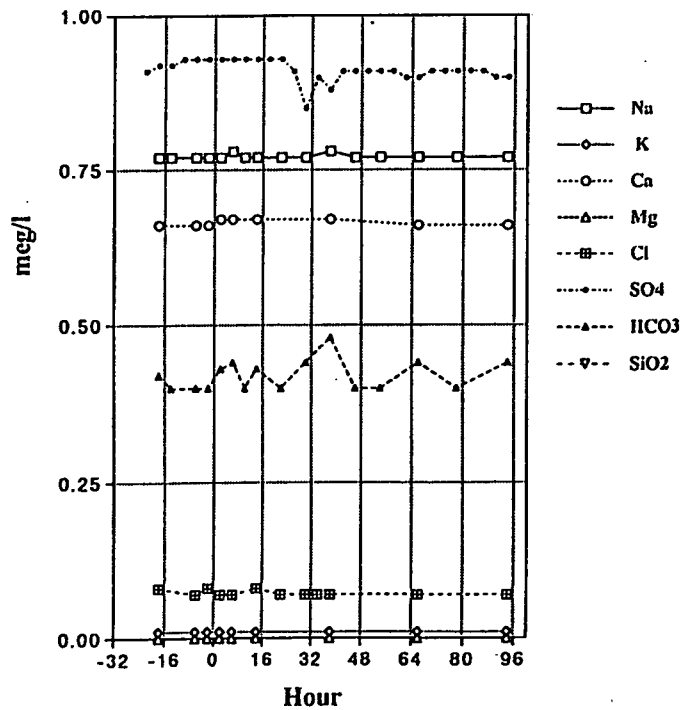


図-5.20 地震前後の湧水の溶存成分の変化(当量数での比較)
(M=4, 震央距離=12.4km, 震源深さ=22km, K-4 地震計での
最大加速度=18.4gal)

表-5.2 マグニチュード、加速度の大きな地震 (1990年2月～1995年1月)

地震番号	地震発生日				緯度	経度	深さ (km)	M	震央距離 (km)	震源距離 (km)	最大加速度(gal)			地震名及び位置
	年	月	日	時分							度分	度分	南北	
9	1990	5	12	13 52	49 15	142 13	594	7.8	1108.4	1257.5	2.70	1.77	2.55	777川南部
10	1990	5	12	13 54	49 15	142 13	594	7.8	1108.4	1257.5	1.35	1.22	1.74	777川南部
120	1993	1	15	20 6	42 51	144 23	107	7.8	455.7	468.1	25.37	24.60	17.10	釧路沖
134	1993	5	6	3 21	39 8	141 47	107	5.6	21.1	109	19.68	34.50	14.60	岩手県南部
145	1993	7	12	22 19	42 47	139 12	34	7.8	438.9	439.1	0.89	1.37	1.17	北海道南西沖
151	1993	9	6	5 44	39 22	141 33	22	4	12.4	25.3	25.52	34.00	21.40	岩手県中部
157	1993	12	12	0 56	32 1	138 14	388	7.1	865.2	922.6	2.20	2.11	1.89	北海道はるか沖
158	1993	11	11	9 6	39 4	142 22	36	5.5	65.8	74.8	17.27	25.93	22.89	岩手県沖
161	1993	11	27	15 11	38 35	141 20	112	5.9	84.7	139.7	42.03	52.97	24.22	宮城県北部
163	1993	12	17	12 19	39 11	142 16	63	5.3	53.4	82.4	27.26	45.90	20.80	岩手県沖
178	1994	7	22	3 38	42 17	133 33	551	7.6	760.5	912.4	3.74	2.63	1.97	日本海北部
189	1994	10	4	22 23	43 22	147 40	30	8.1	675.1	674	28.86	36.90	-	北海道東方沖
192	1994	10	9	16 56	43 34	147 49	0	7	698.8	698.4	1.06	1.28	-	北海道東方沖
206	1994	12	28	21 19	40 24	143 42	0	7.5	212.6	212.6	24.71	31.30	22.60	三陸はるか沖
215	1995	1	7	7 37	40 14	142 23	49.7	7	120.7	130.2	30.93	34.70	24.30	三陸はるか沖余震
232	1995	3	11	13 50	39 18	142 6	60	4.8	38.2	71	18.65	28.00	12.71	岩手県沖

M=7以上 あるいは K-1での最大加速度が25gal以上

表-5.3 最大加速度の増幅率の比

(1995年1月までのデータ:44個)

地震計番号	標高	K- /K-6 (南北成分)			K- /K-6 (東西成分)			K- /K-6 (鉛直成分)		
		平均値	標準偏差	変動係数	平均値	標準偏差	変動係数	平均値	標準偏差	変動係数
K-1	865m	2.23	0.59	0.26	2.93	0.92	0.31	2.27	0.72	0.32
K-5	725m	1.15	0.27	0.24	1.33	0.29	0.22	1.25	0.33	0.27
K-2	550m	1.00	0.19	0.19	1.23	0.33	0.27	1.17	0.32	0.28
K-6	250m	—	—	—	—	—	—	—	—	—

表-5.5 水圧に変化を与えた地震と主な試験孔の水圧の変化幅 (1990年2月~1995年1月)

Earthquake No/Time	Latitude	Longitude	Depth M	M	M	M	Magnitude	Epicentr. Hypocent. (km)	K-3.1Y	震源ひし?	cmH ₂ O 水圧変動		cmH ₂ O 水圧変動		cmH ₂ O 水圧変動		cmH ₂ O 水圧変動		cmH ₂ O 水圧変動		cmH ₂ O 水圧変動		
											日数	目数	日数	目数	日数	目数	日数	目数	日数	目数	日数	目数	日数
66 1992.01.22:10:07	38.416	140.5	121	140.5	6.5	<7.75	5.7	138.9	184.2	1.84	2.09	5	1	-5	1	-1.5	1						
75 1992.04.15:14:59	39.012	142.48	53	142.48			5.1	67.9	86.2	12.22	6.85	20	4	30	3	-5	4						
83 1992.05.16:12:03	38.883	142.1	51	142.1			4.6	59.6	78.4	6.5	3.96	0		-22	1	0							
85 1992.07.12:20:09	41.49	142.05	65	142.05	142.05		6.3	242.9	251.4	2.13	0.99	0		0		0							
86 1992.07.16:09:01	39.333	143.563	0	143.58			6.1	165.4	165.4	1.58	0.99	3	1	-20	3	1	-2	1					
88 1992.07.18:17:37	39.383	143.65	0	143.65			6.9	171.3	171.3	3.03	2.68	20	8	-50.2	2	8	-10	10					
93 1992.08.24:16:00	41.933	140.783	121	140.78			6.3	301.9	325.3	1.25	1.41	0		0		0							
104 1992.12.28:01:21	38.933	142.33	34	142.33			5.9	86.6	93	7.05	5.75	5	1	6	1	0							
120 1993.01.15:20:06	42.85	144.383	107	144.38			7.9	455.7	468.1	10.6	9.6	60	5	-22	1	-7	1						
134 1993.05.06:03:21	39.133	141.783	107	141.78			5.6	21.1	109	16.51	11.26	12	1	0	0	0							
143 1993.07.12:22:19	42.783	139.2	34	139.2			7.8	438.9	439.1	0.88	1.31	17	5	-260	12	-10	2						
156 1993.11.11:09:06	39.067	142.367	36	142.37			5.5	65.8	74.8	6.41	6.53	5	2	7	2	-4	1						
161 1993.11.27:15:11	38.583	141.333	112	141.33			5.9	84.7	139.7	14.79	13.17	8	1	7	1	-7	2						
179 1994.04.08:10:11	40.5	143.967	9	143.97			6.6	239.6	239.6	0.85	0.93	0		5	1	0							
174 1994.04.14:07:18	39.366	141.51	20	141.5			3.7	12.4	23.6	11.87	9.32	0		5	5	0							
178 1994.07.22:03:38	42.283	133.5	351	133.5			7.6	760.5	912.4	3.32	2.12	6	1	7	1	-3	1						
189 1994.10.04:22:23	43.367	147.667	30	147.67			8.1	675.1	674	15.19	6.98E-07	100	8	-210	2	-10	2						
204 1994.12.21:00:00	39.47	141.25	89	141.25			5	40.4	97.7	5.47	5.16	0		-75	6	0							
206 1994.12.28:21:19	40.4	143.7	0	143.7			7.5	212.6	212.6	11.74	12.18	70	1	1	1	0							
207 1994.12.29:05:52	40.1	143	0	143			6.3	145	145	6.36	5.12	0		-100	8	1	0						
218 1995.01.03:01:43	40.15	142.58	35	142.58			4.5	123.9	128.5	0.85	0.55	10	1	0	0	0							
215 1995.01.07:37	40.23	142.38	49.7	142.38			7	120.7	130.2	16.92	0.55	1.188E-05	10	1	-220	15	0						

APPENDIX

A p p e n d i x I .

釜石関係外部発表・報告書タイトル

Appendix I. 釜石関係外部発表・報告書タイトル

1. 外部発表

(1)タイトル：RELATION BETWEEN MICROSCOPIC FLOW-PATH STRUCTURE AND NATURAL URANIUM MIGRATION IN MATRIX OF WATER-CONDUCTING FRACTURE IN CRYSTALLINE ROCK

発表者：野原壯、吉田英一、太田久仁雄

発表先：18th International Symposium on Scientific Basis for Nuclear Waste Management

発表年月：1994.10

(2)タイトル：地下深部における地層処分空洞の耐震性評価

発表者：駒田広也、佐々木俊二、清水功、

発表先：日本原子力学会1994年秋の大会

発表年月：1994.9

(3)タイトル：DEVELOPMENT OF A CONCEPTUAL FLOW-PATH MODEL OF NUCLIDE MIGRATION IN CRYSTALLINE ROCK - A CASE STUDY AT THE KAMAISHI IN-SITU TEST SITE, JAPAN -

発表者：大澤英昭、笹本広、野原壯、太田久仁雄、吉田英一

発表先：18th International Symposium on Scientific Basis for Nuclear Waste Management

発表年月：1994.10

(4)タイトル：Discrete Fracture Network Modelling of Tracer Migration Experiment at the Kamaishi Mine

発表者：内田雅大、澤田淳

発表先：18th International Symposium on Scientific Basis for Nuclear Waste Management

発表年月：1994.10

2. 釜石原位置試験テクニカルノート(KT Note)

(1)KT Note 94-01

タイトル：KG-1孔の水圧低下と680mレベル坑道からの試錐孔の関係について

発行年月：平成6年5月

担当者：仙波 毅

概要：KG-1孔における間隙水圧は、静水圧分布を示さず階段状に低下している。この原因として、既存坑道や坑道から掘削された試錐孔からの排水によることが考えられた。その中でも、680mレベル坑道から掘削された試錐孔からの排水が重要な役割をはたしていると考えられたが、試錐孔に関するデータが無いことから、680mレベル坑道における試錐孔の有無の確認、存在した場合は

その方向と湧水の有無の確認を行った。その結果680mレベル坑道からKG-1孔を取り囲むように試錐孔が掘削され、それらの試錐孔からの排水が確認されたため、KG-1孔の間隙水圧を低下させる主要な原因の一つとして680mレベル坑道から掘削された試錐孔からの排水があるという仮定の妥当性が確認できた。

(2)KT Note 94-02

タイトル：K0-10 付近（地震時の水理・水質の変化測定カ所）の地質状況について

発行年月：平成6年11月

担当者：清水 功

概要：地震が水理・水質におよぼす影響を検討するための基礎資料とするために、K0-10 地点の岩質と割れ目の性状（割れ目の走向・傾斜、挟在物、湧水カ所等）を調査した。調査の結果以下のことが明らかとなった。

岩質：黄鉄鉱や黄銅鉱を含む閃緑岩

割れ目：長さ3m以上のものが、0.5~1m間隔で分布し、割れ目方向はおおむね東西方向、90°の傾斜をなし、坑道とは15°で斜交している。

充填物：石英や方解石などの白色鉱物と緑泥石や緑れん石などの緑色鉱物が多く見られる。

湧水カ所：一部に集中（調査区間長10mのうちの3m）し、総湧水量は目測で0.5 ℓ/分。

(3)KT Note 94-03

タイトル：釜石における地震に関する調査研究の水理・水質関連データのとりまとめ

発行年月：平成6年10月

担当者：清水 功

概要：釜石鉱山の坑道を利用した地震に関する研究は、地震動の地下低減特性の検討と、地震が地下水理・水質に与える影響を調査するために、1990年2月より観測を開始し、その後順次、観測手法の更新、新設と改良を加えてきており、1994年10月現在では、地震計7台、水圧計3カ所、湧水量測定2カ所、電気伝導度測定1カ所、自動採水1カ所の観測体制となっている。

本レポートでは、上記観測の内、地震が地下水理・水質に与える影響の調査結果について、英国のINTBRAとの打合せ基礎資料とするために、主な観測データと今後の水理関係の計画についてとりまとめた。

(4)KT Note 94-04

タイトル：釜石原位置試験場周辺で取得された間隙水圧データの整理（1988年10月～1993年11月）

発行年月：平成6年7月

担当者：仙波 毅、後藤和幸

概要：釜石鉱山(株)が、平成元年度から定常業務の一環として実施した原位置試験場

周辺の間隙水圧観測データを取りまとめた結果、以下のことが明らかとなった。

- ・地表から掘削された試錐孔（KG-1孔）における間隙水圧観測の結果、標高550mレベル坑道周辺の間隙水圧は約4 kgf/cm²と推定された。
- ・釜石原位置試験が開始された頃（平成元年度初め）の550mレベルにおける間隙水圧は約4 kgf/cm²であり、KG-1孔における間隙水圧観測結果とよく一致した。
- ・原位置試験が本格的に実施され、試錐孔や坑道が掘削されると、間隙水圧は低下し、1993年度におけるKD-90 坑道周辺の間隙水圧は1 kgf/cm²程度になった。
- ・しかし、KD-90 坑道奥から水平に掘削されたKH-19 孔（孔長100m）の深（奥）部においては18kgf/cm²程度の間隙水圧が観測され、KD-90 坑道周辺とは異なる水理場が存在することが推定された。

(5)KT Note 94-05

タイトル：釜石原位置試験の重要課題

発行年月：平成7年6月

担当者：山崎眞一

概要：本レポートでは、釜石原位置試験の最終目標を示すものとしての釜石原位置試験最終報告書の記述内容を提案した。また、釜石原位置試験のみならず、地層処分研究開発全般、特に地質環境条件にかかわる調査試験研究の位置づけや役割、重要課題についての考え方を示した。これらについては、思考の途中段階にあるものが殆どであり、未完成なものであるが、今後の議論、検討の素材になり得るものと考え、とりまとめている。

(6)KT Note 94-07

タイトル：釜石原位置試験の現状 -平成6年度第3回地下水流動に関する調査・解析委員会資料-

発行年月：平成7年3月

担当者：釜石事務所

概要：平成6年第3回地下水流動に関する調査・解析委員会において釜石原位置試験の現状報告をした。本資料は、ここで行った報告の要旨を取りまとめたものである。要旨は、以下の7点について示しているが、この内⑦は委員会の時間の制限のため、発表は行っていない。

- ①割れ目形成過程に関する調査の現状
- ② KD-90坑道奥の高水圧帯についての新たな知見と今後のトレーサー試験計画
- ③ KD-90坑道周辺試錐孔を用いた圧力伝播試験計画
- ④地震時における水圧変化の現象について
- ⑤水理学的ゆるみ領域計測装置を用いた透水試験

⑥レーザ伸縮計における岩盤ひずみの計測

⑦坑道周辺地下水のREDOX 状態調査

(7)KT Note 94-09

タイトル：釜石原位置試験第2フェーズ掘削影響試験実施計画書

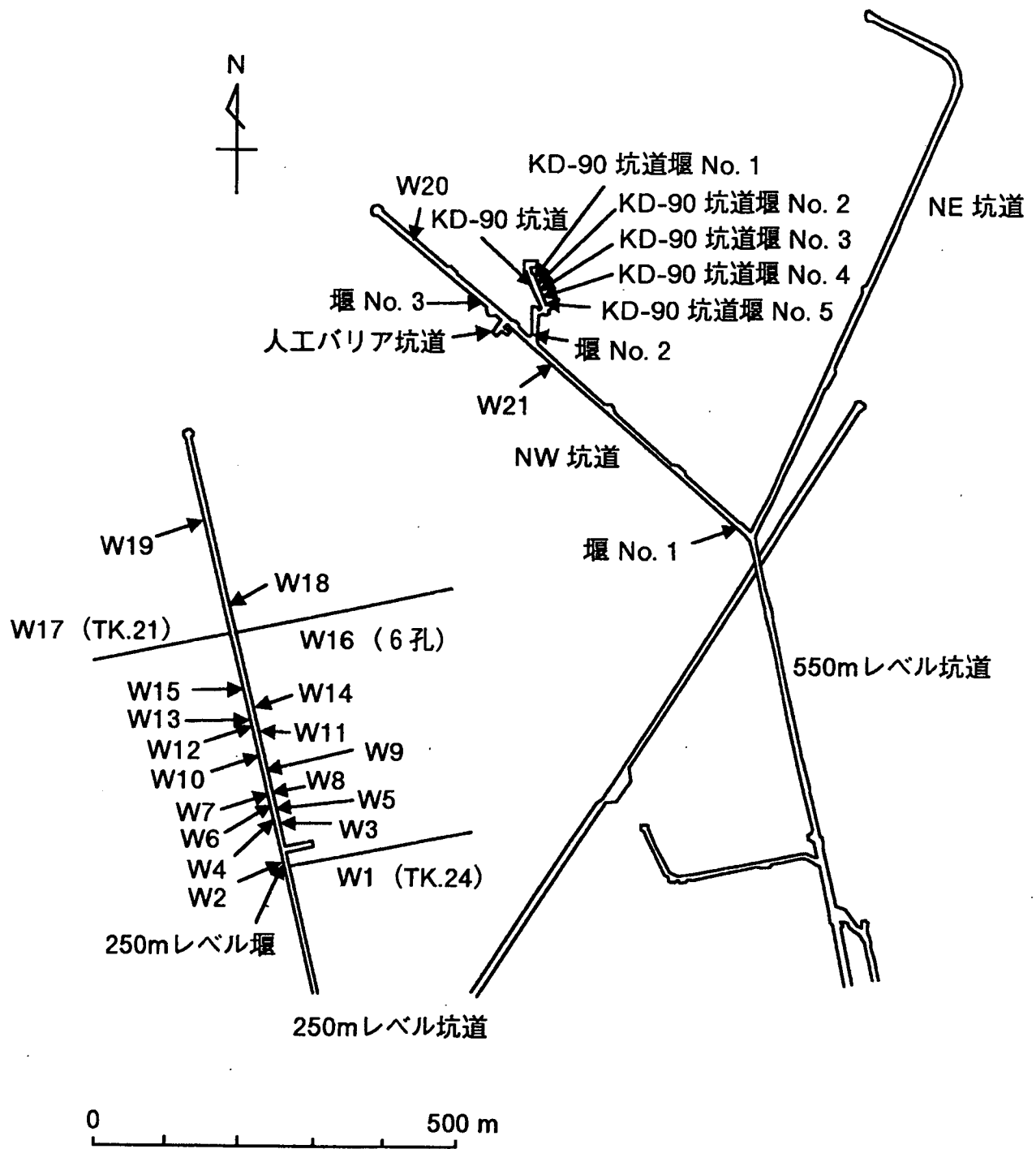
発行年月：平成7年6月

担当者：佐藤稔紀、松井裕哉、杉原弘造

概要：釜石原位置試験第2フェーズの開始当初の計画を平成6年度に見直して、海外での知見や平成5、6年度に実施した既存坑道での研究成果を踏まえた形で、掘削影響試験の計画立案を行った。この計画では、結晶質岩における掘削影響の程度やその広がり の把握と既存の研究において未だ明確に理解されているといえない掘削影響のメカニズムの解明も目的としている。計画では既存の研究結果から、掘削影響領域を①掘削損傷領域、②応力再配分領域、③間隙水圧変化領域の3つの領域に分け、それぞれの領域内で発生する掘削による影響を把握評価できる試験レイアウトを検討した。試験計画作成に当たり、土木工学・岩盤力学の専門家と海外の掘削影響試験経験者に本計画のレビューを依頼し、計画にはその結果を反映させている。

Appendix II.

取得データリスト



地下水の物理化学パラメータ測定場所等位置図

TASK1 間隙水圧観測 (550mレベル坑道)

データ取得場所名	データ取得開始年月日	データ取得終了年月日	データ取得方法	データ取得間隔	取得点数	備考
KH-4孔 (試錐孔)	1994/10/6	(現在観測中)	ひずみゲージ式水圧計による自動観測	2分あるいは5分	5	パッカーで区切られた区間において観測
KH-6孔 (試錐孔)	1990/6 1994/10/7	1994/10/7 (現在観測中)	ブルドン管式水圧計を用いた目視 ひずみゲージ式水圧計による自動観測	1回/週 2分あるいは5分	5 5	パッカーで区切られた区間において観測
KH-9孔 (試錐孔)	1990/6 1994/10/13	1994/10/13 (現在観測中)	ブルドン管式水圧計を用いた目視 ひずみゲージ式水圧計による自動観測	1回/週 2分あるいは5分	5 5	パッカーで区切られた区間において観測
KH-10孔 (試錐孔)	1991/3 1994/10/17	1994/10/17 (現在観測中)	ブルドン管式水圧計を用いた目視 ひずみゲージ式水圧計による自動観測	1回/週 2分あるいは5分	6 2	パッカーで区切られた区間において観測
KH-11孔 (試錐孔)	1991/3 1994/10/17	1994/10/17 (現在観測中)	ブルドン管式水圧計を用いた目視 ひずみゲージ式水圧計による自動観測	1回/週 2分あるいは5分	6 6	パッカーで区切られた区間において観測
KH-12孔 (試錐孔)	1991/3 1994/10/17	1994/10/17 (現在観測中)	ブルドン管式水圧計を用いた目視 ひずみゲージ式水圧計による自動観測	1回/週 2分あるいは5分	6 6	パッカーで区切られた区間において観測
KH-13孔 (試錐孔)	1991/3 1994/10/17	1994/10/17 (現在観測中)	ブルドン管式水圧計を用いた目視 ひずみゲージ式水圧計による自動観測	1回/週 2分あるいは5分	6 6	パッカーで区切られた区間において観測
KH-14孔 (試錐孔)	1991/3 1994/10/14	1994/10/14 (現在観測中)	ブルドン管式水圧計を用いた目視 ひずみゲージ式水圧計による自動観測	1回/週 2分あるいは5分	6 6	パッカーで区切られた区間において観測
KH-15孔 (試錐孔)	1991/3 1994/10/13	1994/10/13 (現在観測中)	ブルドン管式水圧計を用いた目視 ひずみゲージ式水圧計による自動観測	1回/週 2分あるいは5分	6 6	パッカーで区切られた区間において観測
KH-16孔 (試錐孔)	1991/3 1994/10/13	1994/10/13 (現在観測中)	ブルドン管式水圧計を用いた目視 ひずみゲージ式水圧計による自動観測	1回/週 2分あるいは5分	6 6	パッカーで区切られた区間において観測
KH-17孔 (試錐孔)	1991/3 1994/10/7	1994/10/7 (現在観測中)	ブルドン管式水圧計を用いた目視 ひずみゲージ式水圧計による自動観測	1回/週 2分あるいは5分	6 6	パッカーで区切られた区間において観測
KH-18孔 (試錐孔)	1991/3 1994/10/6	1994/10/6 (現在観測中)	ブルドン管式水圧計を用いた目視 ひずみゲージ式水圧計による自動観測	1回/週 2分あるいは5分	6 6	パッカーで区切られた区間において観測

TASK1 湧水量観測

データ取得場所名	データ取得開始年月日	データ取得終了年月日	データ取得方法	データ取得間隔	坑道レベル	備考
堰 No. 1	1990/12/10	(現在観測中)	堰堤頂からの水位を測定し算出	1 回/週	550m	
堰 No. 2	1990/12/10	(現在観測中)	800ccの容器が満杯になるまでの時間	1 回/週	550m	
堰 No. 3	1990/12/10	(現在観測中)	5ℓの容器が満杯になるまでの時間	1 回/週	550m	
250mL堰	1994/3/5	(現在観測中)	20ℓの容器が満杯になるまでの時間	1 回/週	250m	
KD-90 坑道堰 No. 1	1991/4/16	1994/8/29	メスシリンダー等を使用	1 回/週	550m	
KD-90 坑道堰 No. 2	1991/4/16	1994/8/29	メスシリンダー等を使用	1 回/週	550m	
KD-90 坑道堰 No. 3	1991/4/16	1994/8/29	メスシリンダー等を使用	1 回/週	550m	
KD-90 坑道堰 No. 4	1991/4/16	1994/8/29	メスシリンダー等を使用	1 回/週	550m	
KD-90 坑道堰 No. 5	1991/4/16	1994/8/29	メスシリンダー等を使用	1 回/週	550m	
KH-1 孔	1990/4/25	1995/8/17	メスシリンダー等を使用	1 回/週	550m	パッカーで区切られた5区間で実施
W1 (TK.24)	1993/12/16	(現在観測中)	メスシリンダー等を使用	1 回/週	250m	試験孔口元
W3	1994/1/14	(現在観測中)	メスシリンダー等を使用	1 回/週	250m	坑道天盤
W16 (6孔)	1993/12/15	(現在観測中)	メスシリンダー等を使用	1 回/週	250m	試験孔口元
W17 (TK.21)	1993/12/15	(現在観測中)	メスシリンダー等を使用	1 回/週	250m	試験孔口元

TASK1 気圧・気温

取得データ	データ取得開始年月日	データ取得終了年月日	データ取得方法	データ取得間隔	坑道レベル	備考
気圧	1994/10/14	(現在観測中)	自動観測	2分あるいは5分	550m	KD-88 坑道奥で観測
気温	1994/10/6	(現在観測中)	熱電対を用いた自動観測	2分あるいは5分	550m	KD-88 坑道奥で観測

TASK1 物理化学パラメータ

データ取得場所名	データ取得開始年月日	データ取得終了年月日	取得データ	データ取得間隔	坑道レベル	備考
KH-1孔	1990/4/25	1995/8/17	Eh	1回/週	550m	バックカーで区切られた5区間で実施

TASK1 物理化学パラメータ・採水分析

データ取得場所名	データ取得開始年月日	データ取得終了年月日	取得データ	データ取得間隔	坑道レベル	備考
W1	1993/10/20	1994/5/7	①	1回/週	250m	試錐孔、採水分析は1回/月
	1994/10/6	1995/3/15	③	1回/週		採水分析は1回/月
W2	1993/10/20	1994/5/7	②	1回/週	250m	坑道天盤
W3	1993/10/20	1994/5/7	①	1回/週	250m	坑道天盤、採水分析は1回/月
	1994/10/6	1995/3/15	③	1回/週		採水分析は1回/月
W4	1993/10/20	1994/5/7	②	1回/週	250m	坑道天盤
W5	1993/10/20	1994/5/7	①	1回/週	250m	坑道天盤、採水分析は1回/月
W6	1993/10/20	1994/5/7	②	1回/週	250m	坑道天盤
W7	1993/10/20	1994/5/7	②	1回/週	250m	坑道西側側壁
W8	1993/10/19	1994/5/7	①	1回/週	250m	坑道東側側壁、採水分析は1回/月
W9	1993/10/19	1994/5/6	②	1回/週	250m	坑道天盤
	1994/10/6	1995/3/15	③	1回/週		採水分析は1回/月
W10	1993/10/19	1994/5/6	①	1回/週	250m	坑道天盤、採水分析は1回/月
	1994/10/6	1995/3/15	③	1回/週		採水分析は1回/月
W11	1993/10/19	1994/5/6	①	1回/週	250m	坑道天盤、採水分析は1回/月
	1994/10/6	1995/3/15	③	1回/週		採水分析は1回/月
W12	1993/10/19	1994/5/6	②	1回/週	250m	坑道天盤
W13	1993/10/19	1994/5/6	②	1回/週	250m	坑道天盤
W14	1993/10/19	1994/5/6	①	1回/週	250m	坑道天盤、採水分析は1回/月
	1994/10/6	1995/3/15	③	1回/週		採水分析は1回/月
W15	1993/10/19	1994/5/6	②	1回/週	250m	坑道天盤
W16	1993/10/19	1994/5/6	①	1回/週	250m	試錐孔、採水分析は1回/月
	1994/10/6	1995/3/15	③	1回/週		採水分析は1回/月
W17	1993/10/19	1994/5/6	②	1回/週	250m	試錐孔
W18	1993/10/19	1994/5/6	①	1回/週	250m	坑道天盤、採水分析は1回/月
	1994/10/6	1995/3/15	③	1回/週		採水分析は1回/月
W19	1993/10/20	1994/5/6	②	1回/週	250m	坑道天盤
W20	1993/10/20	1994/5/7	②	1回/週	550m	坑道天盤
	1994/10/7	1995/3/16	①	1回/週		
W21	1993/10/20	1994/5/7	①	1回/週	550m	坑道天盤、採水分析は1回/月
	1994/10/7	1995/3/16	③	1回/週		採水分析は1回/月

①：温度、pH、酸化還元電位、電気伝導度、溶存酸素濃度、主要化学成分 (SiO₂, Al³⁺, Mg²⁺, T-Fe, HCO₃⁻, CO₃²⁻, K⁺, Na⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, Fe²⁺, TOC) 、環境同位体 ($\delta^{18}\text{O}$, δD , トリチウム)

②：温度、pH、酸化還元電位、電気伝導度、溶存酸素濃度

③：温度、pH、酸化還元電位、電気伝導度、溶存酸素濃度、主要化学成分 (Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, SiO₂, Al³⁺, T-Fe, Fe²⁺, NO₃⁻, NO₂⁻, Cl⁻, F⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻, CO₃²⁻, TOC, IC) 、環境同位体 ($\delta^{18}\text{O}$, δD , トリチウム)

TASK 2 間隙水圧観測 (250m レベル坑道)

データ取得場所名	データ取得開始年月日	データ取得終了年月日	データ取得方法	データ取得間隔	取得点数	備考
KDT-1孔 (試錐孔)	1994/3/3	(現在観測中)	ひずみゲージ式水圧計による自動観測	10分	6	バックカーで区切られた区間において観測
KDT-2孔 (試錐孔)	1994/3/3	(現在観測中)	ひずみゲージ式水圧計による自動観測	10分	6	バックカーで区切られた区間において観測
KDT-3孔 (試錐孔)	1994/3/3	(現在観測中)	ひずみゲージ式水圧計による自動観測	10分	6	バックカーで区切られた区間において観測

TASK 2 気圧・気温

取得データ	データ取得開始年月日	データ取得終了年月日	データ取得方法	坑道レベル	備考
気圧	1994/3/3	(現在観測中)	自動観測	250m	KDT-1,2 孔周辺
気温	1994/3/3	(現在観測中)	熱電対を用いた自動観測	250m	KDT-1,2 孔周辺

TASK 2 気圧・気温

データ取得場所名	データ取得開始年月日	データ取得終了年月日	取得データ	データ取得間隔	坑道レベル	備考
KRE-1 孔	1994/1/29	(現在観測中)	水温, pH, ORP (Pt電極), ORP (Au電極), 電気伝導度, 溶存酸素濃度	15分	250m	KRE-1孔 (孔長: 187cm) の区間1 (坑壁から167-187cm) で測定

TASK3-2 間隙水圧観測 (550mレベル坑道)

データ取得場所名	データ取得開始年月日	データ取得終了年月日	データ取得方法	データ取得間隔	取得点数	備考
KH-19孔 (試験孔)	1993/5	1994/10/6 (現在観測中)	ブルドン管式水圧計を用いた目視 ひずみゲージ式水圧計による自動観測	1 回/週 2分あるいは5分	8	バックカーで区切られた区間において観測
KH-20孔 (試験孔)	1994/10/6	1994/10/6 (現在観測中)	ひずみゲージ式水圧計による自動観測	2分あるいは5分	8	バックカーで区切られた区間において観測

TASK 5 地震観測

名称	データ取得開始年月日	データ取得終了年月日	データ収録	データ取得間隔	起動レベル	備考
K-1	1990/1	(現在観測中)	地震前5sec、起動レベルを下回ってから30sec	1/200 sec	0.3 gal	965mレベル坑道
K-2	1990/1	(現在観測中)	地震前5sec、起動レベルを下回ってから30sec	1/200 sec	0.3 gal	550mレベル坑道
K-3	1990/1	(現在観測中)	地震前5sec、起動レベルを下回ってから30sec	1/200 sec	0.3 gal	550mレベル坑道
K-4	1990/1	(現在観測中)	地震前5sec、起動レベルを下回ってから30sec	1/200 sec	0.3 gal	550mレベル坑道
K-5	1991/11	(現在観測中)	地震前5sec、起動レベルを下回ってから45sec	1/200 sec	0.5 gal	725mレベル坑道、独立型
K-6	1991/11	(現在観測中)	地震前5sec、起動レベルを下回ってから45sec	1/200 sec	0.5 gal	250mレベル坑道、独立型
K-7	1991/11	(現在観測中)	地震前5sec、起動レベルを下回ってから45sec	1/200 sec	0.5 gal	725mレベル坑道、独立型

TASK 5 間隙水圧観測

名称	データ取得開始年月日	データ取得終了年月日	データ取得間隔	取得方法	坑道レベル	備考
KWP-1	1990/1	(現在観測中)	平時：10sec、地震時：1/200sec	ひずみゲージ	550m	試験孔口元で観測
KWP-2	1990/1	(現在観測中)	平時：10sec、地震時：1/200sec	ひずみゲージ	560m	試験孔口元で観測
KWP-3	1990/1	(現在観測中)	平時：10sec、地震時：1/200sec	ひずみゲージ	550m	試験孔口元で観測

TASK 5 湧水量観測

名称	データ取得開始年月日	データ取得終了年月日	データ取得間隔	取得場所	取得点数	備考
KWQ-1	1990/1	1995/2	平時：10sec、地震時：1/200sec	試験孔	550m	試験孔口元において流量計を使用
KO-10	1991/11	(現在観測中)	10分	KO-10 (坑道天盤)	550m	湧水の重量を計測

TASK 5 物理化学パラメータ・採水

観測機器	データ取得開始年月日	データ取得終了年月日	データ取得間隔	取得場所	取得点数	備考
EC	1991/11	(現在観測中)	30分	KO-10 (坑道天盤)	550m	
採水装置	1991/10	(現在観測中)	地震前後4時間間隔の採水、100ccX2ボトル	KO-10 (坑道天盤)	550m	起動レベル4 gal

TASK 5 岩盤ひずみ

名称	データ取得開始年月日	データ取得終了年月日	データ取得間隔	取得場所	取得点数	備考
KO-10	1995/3	(現在観測中)	平時：10分、地震時：1/200sec	坑道東側側壁	550m	

●

A p p e n d i x Ⅲ.

イベントヒストリー

イベントヒストリー (KG-1孔)

(1/8)

日付	開始時間	終了時間	内容	場所	位置	備考
1994/10/5			30区間について間隙水圧観測	KG-1孔		
1994/10/5			ボトル採水	KG-1孔	GL-225m	
1994/10/6			17区間について間隙水圧観測	KG-1孔		
1994/10/6			ボトル採水	KG-1孔	GL-225m	
1994/10/7			GL-229.72, 225.26, 145.87, 141.41mにおいて間隙水圧観測	KG-1孔		
1994/10/7			ボトル採水 (2回)	KG-1孔	GL-788.56m	
1994/10/8			GL-229.72, 225.26, 145.87, 141.41mにおいて間隙水圧観測	KG-1孔		
1994/10/8			ボトル採水 (2回)	KG-1孔	GL-788.56m	
1994/10/10			GL-229.72, 225.26, 145.87, 141.41, 788.56, 793.02, 748.19mにおいて間隙水圧観測	KG-1孔		
1994/10/10			ボトル採水 (2回)	KG-1孔	GL-788.56m	
1994/10/11			GL-788.56, 793.02, 748.19mにおいて間隙水圧観測	KG-1孔		
1994/10/11			ボトル採水	KG-1孔	GL-788.56m	
1994/10/12	12:57	13:45	GL-141.41, 145.87, 225.26, 229.72mの間隙水圧観測	KG-1孔		
1994/10/12	11:43	12:11	ボトル採水	KG-1孔	GL-788.56m	
1994/10/12	15:35	15:57	ボトル採水	KG-1孔	GL-788.56m	
1994/10/12	16:05	16:20	GL-748.19, 793.02mの間隙水圧観測	KG-1孔		
1994/10/15	10:20	11:04	GL-141.41, 145.87, 225.26, 229.72mの間隙水圧観測	KG-1孔		
1994/10/15	12:05	12:28	ボトル採水	KG-1孔	GL-788.56m	
1994/10/15	14:58	15:19	ボトル採水	KG-1孔	GL-788.56m	
1994/10/15	15:34	15:47	GL-748.19, 793.02mの間隙水圧観測	KG-1孔		
1994/10/16	9:25	10:08	GL-141.41, 145.87, 225.26, 229.72mの間隙水圧観測	KG-1孔		
1994/10/16	12:48	13:01	ボトル採水	KG-1孔	GL-788.56m	
1994/10/16	15:37	15:43	ボトル採水	KG-1孔	GL-788.56m	
1994/10/16	15:47	16:05	GL-748.19, 793.02mの間隙水圧観測	KG-1孔		
1994/10/18			MPケーシング内に沢水注入	KG-1孔		
1994/10/18	11:42	13:10	20点の間隙水圧観測	KG-1孔		
1994/10/18	16:01	16:04	ボトル採水	KG-1孔	GL-788.56m	
1994/10/19			MPケーシング内に沢水注入	KG-1孔		
1994/10/19	10:30	10:56	GL-748.19, 793.02, 788.56mの間隙水圧観測	KG-1孔		
1994/10/19	11:00	11:04	ボトル採水	KG-1孔	GL-788.56m	
1994/10/19	12:53	13:25	ボトル採水	KG-1孔	GL-788.56m	
1994/10/19	15:08	15:18	ボトル採水	KG-1孔	GL-788.56m	
1994/10/19	17:10	17:32	ボトル採水	KG-1孔	GL-788.56m	
1994/10/20			MPケーシング内に沢水注入	KG-1孔		
1994/10/20	10:19	10:40	GL-748.19, 793.02, 788.56mの間隙水圧観測	KG-1孔		
1994/10/20	10:45	11:17	ボトル採水	KG-1孔	GL-788.56m	
1994/10/20	12:59	13:29	ボトル採水	KG-1孔	GL-788.56m	
1994/10/20	15:10	15:38	ボトル採水	KG-1孔	GL-788.56m	
1994/10/20	17:29	17:52	ボトル採水	KG-1孔	GL-788.56m	
1994/10/20	19:28	19:55	ボトル採水	KG-1孔	GL-788.56m	
1994/10/21			MPケーシング内に沢水注入	KG-1孔		
1994/10/21	15:25	15:39	ボトル採水	KG-1孔	GL-788.56m	
1994/10/21	17:17	17:24	ボトル採水	KG-1孔	GL-788.56m	
1994/10/22			MPケーシング内に沢水注入	KG-1孔		

イベントヒストリー (KG-1孔)

(2 / 8)

1994/10/22	9:56	10:12	GL-748.19, 793.02, 788.56mの間隙水圧観測	KG-1孔	GL-788.56m
1994/10/22	10:15	10:39	ボトル採水	KG-1孔	GL-788.56m
1994/10/22	11:57	12:17	ボトル採水	KG-1孔	GL-788.56m
1994/10/22	13:42	13:56	ボトル採水	KG-1孔	GL-788.56m
1994/10/22	15:19	15:31	ボトル採水	KG-1孔	GL-788.56m
1994/10/22	16:52	17:02	ボトル採水	KG-1孔	GL-788.56m
1994/10/24			MPケーシング内に沢水注入	KG-1孔	
1994/10/24	10:10	10:35	GL-748.19, 793.02, 788.56mの間隙水圧観測	KG-1孔	
1994/10/24	10:36	10:50	ボトル採水	KG-1孔	GL-788.56m
1994/10/24	12:46	13:02	ボトル採水	KG-1孔	GL-788.56m
1994/10/24	14:28	14:32	ボトル採水	KG-1孔	GL-788.56m
1994/10/24	16:00	16:14	ボトル採水	KG-1孔	GL-788.56m
1994/10/25			MPケーシング内に沢水注入	KG-1孔	
1994/10/26	9:53	13:32	20点の間隙水圧観測	KG-1孔	
1994/10/26	15:25	15:40	ボトル採水	KG-1孔	GL-788.56m
1994/10/27	9:35	9:56	GL-748.19, 793.02, 788.56mの間隙水圧観測	KG-1孔	
1994/10/27	10:11	11:52	ボトル採水	KG-1孔	GL-611.87m
1994/10/27	12:00	12:16	GL-616.32, 535.48mの間隙水圧観測	KG-1孔	
1994/10/27	13:46	13:52	ボトル採水	KG-1孔	GL-743.73m
1994/10/27	13:57	14:16	GL-748.19, 616.32mの間隙水圧観測	KG-1孔	
1994/10/27	15:19	15:48	ボトル採水	KG-1孔	GL-492.20m
1994/10/27	15:55	18:27	GL-496.66, 229.72mの間隙水圧観測	KG-1孔	
1994/10/28	9:33	13:16	GL-229.72, 492.20, 496.66, 535.48, 611.87, 616.32, 743.73, 748.19, 788.56の間隙水圧観測	KG-1孔	
1994/10/28	13:30	13:37	ボトル採水	KG-1孔	GL-788.56m
1994/10/28	15:07	15:21	ボトル採水	KG-1孔	GL-788.56m
1994/10/29	15:25	15:51	ボトル採水	KG-1孔	GL-788.56m
1994/10/29	18:43	19:05	ボトル採水	KG-1孔	GL-788.56m
1994/10/30	11:09	11:40	ボトル採水	KG-1孔	GL-788.56m
1994/10/30	14:35	14:55	ボトル採水	KG-1孔	GL-788.56m
1994/10/30	16:03	16:15	ボトル採水	KG-1孔	GL-788.56m
1994/10/30	17:25	17:49	ボトル採水	KG-1孔	GL-788.56m
1994/10/31	9:45	13:09	20点の間隙水圧観測	KG-1孔	
1994/10/31	13:57	14:22	ボトル採水	KG-1孔	GL-788.56m
1994/10/31	15:31	15:59	ボトル採水	KG-1孔	GL-788.56m
1994/10/31	17:01	17:32	ボトル採水	KG-1孔	GL-788.56m
1994/10/31	18:32	19:03	ボトル採水	KG-1孔	GL-788.56m
1994/11/1	12:36	13:00	ボトル採水	KG-1孔	GL-785.43m
1994/11/1	14:14	15:11	ボトル採水	KG-1孔	GL-141.41m
1994/11/1			GL-95.04, 145.87mの間隙水圧観測	KG-1孔	
1994/11/1	16:27	16:41	ボトル採水	KG-1孔	GL-743.73m
1994/11/1			GL-748.19, 616.32mの間隙水圧観測	KG-1孔	
1994/11/2	10:24	10:55	ボトル採水	KG-1孔	GL-788.56m
1994/11/2	12:17	12:43	ボトル採水	KG-1孔	GL-788.56m
1994/11/2	14:14	14:25	ボトル採水	KG-1孔	GL-743.73m
1994/11/2	15:35	15:45	ボトル採水	KG-1孔	GL-743.73m

イベントヒストリー (KG-1孔) (3 / 8)

1994/11/2	16:40	16:51	ボトル採水		KG-1孔	GL-743.73m
1994/11/2			GL-748.19, 616.32mの間隙水圧観測		KG-1孔	
1994/11/4	11:56	12:04	ボトル採水		KG-1孔	GL-743.73m
1994/11/4	14:13	14:24	ボトル採水		KG-1孔	GL-743.73m
1994/11/4			GL-748.19, 616.32mの間隙水圧観測		KG-1孔	
1994/11/5	10:03	10:23	ボトル採水		KG-1孔	GL-743.73m
1994/11/5	11:27	11:43	ボトル採水		KG-1孔	GL-743.73m
1994/11/5	12:40	12:57	ボトル採水		KG-1孔	GL-743.73m
1994/11/5	13:59	14:16	ボトル採水		KG-1孔	GL-743.73m
1994/11/5	15:14	15:30	ボトル採水		KG-1孔	GL-743.73m
1994/11/5			GL-748.19, 616.32mの間隙水圧観測		KG-1孔	
1994/11/7	9:43	13:51	20点の間隙水圧観測		KG-1孔	
1994/11/7	14:33	14:45	ボトル採水		KG-1孔	GL-743.73m
1994/11/7			GL-748.19, 616.32mの間隙水圧観測		KG-1孔	
1994/11/8	10:20	10:35	ボトル採水		KG-1孔	GL-743.73m
1994/11/8	12:10	12:26	ボトル採水		KG-1孔	GL-743.73m
1994/11/8	13:34	13:45	ボトル採水		KG-1孔	GL-743.73m
1994/11/8	14:45	14:59	ボトル採水		KG-1孔	GL-743.73m
1994/11/8			GL-748.19, 616.32mの間隙水圧観測		KG-1孔	
1994/11/9	9:36	9:52	ボトル採水		KG-1孔	GL-743.73m
1994/11/9	10:47	11:06	ボトル採水		KG-1孔	GL-743.73m
1994/11/9	12:53	13:08	ボトル採水		KG-1孔	GL-743.73m
1994/11/9	14:12	14:32	ボトル採水		KG-1孔	GL-743.73m
1994/11/9			GL-748.19, 616.32mの間隙水圧観測		KG-1孔	
1994/11/10	9:40	10:00	ボトル採水		KG-1孔	GL-743.73m
1994/11/10	11:03	11:23	ボトル採水		KG-1孔	GL-743.73m
1994/11/10	12:18	12:38	ボトル採水		KG-1孔	GL-743.73m
1994/11/10	13:51	14:13	ボトル採水		KG-1孔	GL-743.73m
1994/11/10	15:06	15:24	ボトル採水		KG-1孔	GL-743.73m
1994/11/10			GL-748.19, 616.32mの間隙水圧観測		KG-1孔	
1994/11/11	9:27	9:46	ボトル採水		KG-1孔	GL-743.73m
1994/11/11	10:50	11:07	ボトル採水		KG-1孔	GL-743.73m
1994/11/11	12:07	12:21	ボトル採水		KG-1孔	GL-743.73m
1994/11/11	13:40	13:52	ボトル採水		KG-1孔	GL-743.73m
1994/11/11	14:48	15:03	ボトル採水		KG-1孔	GL-743.73m
1994/11/11			GL-748.19, 616.32mの間隙水圧観測		KG-1孔	
1994/11/14	9:53	14:25	20点の間隙水圧観測		KG-1孔	
1994/11/14	15:52	16:09	ボトル採水		KG-1孔	GL-743.73m
1994/11/14			GL-748.19, 616.32mの間隙水圧観測		KG-1孔	
1994/11/15	10:12	10:23	ボトル採水		KG-1孔	GL-743.73m
1994/11/15	11:57	12:11	ボトル採水		KG-1孔	GL-743.73m
1994/11/15	13:46	14:12	ボトル採水		KG-1孔	GL-492.20m
1994/11/15			GL-229.72, 496.66mの間隙水圧観測		KG-1孔	
1994/11/16	10:24	10:57	ボトル採水		KG-1孔	GL-492.20m
1994/11/16	11:57	12:28	ボトル採水		KG-1孔	GL-492.20m

イベントヒストリー (KG-1孔)

(4 / 8)

1994/11/16	13:23	13:55	ボトル採水		KG-1孔	GL-492.20m
1994/11/16	15:02	15:29	ボトル採水		KG-1孔	GL-492.20m
1994/11/16			GL-229.72, 496.66mの間隙水圧観測		KG-1孔	
1994/11/17	10:23	10:27	ボトル採水		KG-1孔	GL-743.73m
1994/11/17	12:12	12:20	ボトル採水		KG-1孔	GL-743.73m
1994/11/17	13:31	13:45	ボトル採水		KG-1孔	GL-743.73m
1994/11/17	14:52	15:05	ボトル採水		KG-1孔	GL-743.73m
1994/11/17			GL-748.19, 616.32mの間隙水圧観測		KG-1孔	
1994/11/17			GL-229.72, 492.20, 496.66mの間隙水圧観測		KG-1孔	
1994/11/18	10:16	10:47	ボトル採水		KG-1孔	GL-492.20m
1994/11/18	11:35	12:04	ボトル採水		KG-1孔	GL-492.20m
1994/11/18	13:13	13:44	ボトル採水		KG-1孔	GL-492.20m
1994/11/18	14:39	15:03	ボトル採水		KG-1孔	GL-492.20m
1994/11/18	15:58	16:24	ボトル採水		KG-1孔	GL-492.20m
1994/11/19			GL-229.72, 492.20, 496.66mの間隙水圧観測		KG-1孔	
1994/11/19	12:52	13:12	ボトル採水		KG-1孔	GL-743.73m
1994/11/19	14:50	15:04	ボトル採水		KG-1孔	GL-743.73m
1994/11/19	16:25	16:39	ボトル採水		KG-1孔	GL-743.73m
1994/11/19	17:49	18:03	ボトル採水		KG-1孔	GL-743.73m
1994/11/19	19:22	19:37	ボトル採水		KG-1孔	GL-743.73m
1994/11/19	20:38	20:54	ボトル採水		KG-1孔	GL-743.73m
1994/11/19	21:53	22:11	ボトル採水		KG-1孔	GL-743.73m
1994/11/19	23:08	23:23	ボトル採水		KG-1孔	GL-743.73m
1994/11/20	0:30	0:46	ボトル採水		KG-1孔	GL-743.73m
1994/11/20	1:48	2:09	ボトル採水		KG-1孔	GL-743.73m
1994/11/21	10:47	11:18	ボトル採水		KG-1孔	GL-492.20m
1994/11/21	12:20	12:45	ボトル採水		KG-1孔	GL-492.20m
1994/11/21	14:14	14:43	ボトル採水		KG-1孔	GL-492.20m
1994/11/21	15:35	16:01	ボトル採水		KG-1孔	GL-492.20m
1994/11/22			GL-229.72, 492.20, 496.66mの間隙水圧観測		KG-1孔	
1994/11/22	10:55	11:23	ボトル採水		KG-1孔	GL-492.20m
1994/11/22	12:30	12:55	ボトル採水		KG-1孔	GL-492.20m
1994/11/22	14:00	14:35	ボトル採水		KG-1孔	GL-492.20m
1994/11/22	15:25	16:00	ボトル採水		KG-1孔	GL-492.20m
1994/11/22	16:49	17:26	ボトル採水		KG-1孔	GL-492.20m
1994/11/24			GL-229.72, 492.20, 496.66mの間隙水圧観測		KG-1孔	
1994/11/24	10:45	11:10	ボトル採水		KG-1孔	GL-492.20m
1994/11/24	12:02	12:33	ボトル採水		KG-1孔	GL-492.20m
1994/11/24	15:41	16:05	ボトル採水		KG-1孔	GL-492.20m
1994/11/24	17:39	18:07	ボトル採水		KG-1孔	GL-492.20m
1994/11/24	18:53	19:17	ボトル採水		KG-1孔	GL-492.20m
1994/11/24	20:03	20:28	ボトル採水		KG-1孔	GL-492.20m
1994/11/25			GL-229.72, 492.20, 496.66mの間隙水圧観測		KG-1孔	
1994/11/25	10:45	11:10	ボトル採水		KG-1孔	GL-492.20m
1994/11/25	12:28	13:00	ボトル採水		KG-1孔	GL-492.20m

イベントヒストリー (KG-1孔) (5/8)

1994/11/25	13:46	14:13	ボトル採水		KG-1孔	GL-492.20m
1994/11/25	15:21	15:50	ボトル採水		KG-1孔	GL-492.20m
1994/11/25	16:39	17:06	ボトル採水		KG-1孔	GL-492.20m
1994/11/26			GL-229.72, 492.20, 496.66mの間隙水圧観測		KG-1孔	
1994/11/26	10:05	10:33	ボトル採水		KG-1孔	GL-492.20m
1994/11/26	11:48	12:20	ボトル採水		KG-1孔	GL-492.20m
1994/11/26	13:35	14:08	ボトル採水		KG-1孔	GL-492.20m
1994/11/26	15:00	15:34	ボトル採水		KG-1孔	GL-492.20m
1994/11/26	16:21	16:54	ボトル採水		KG-1孔	GL-492.20m
1994/11/28			20点の間隙水圧観測		KG-1孔	
1994/11/29	10:18	10:47	ボトル採水		KG-1孔	GL-492.20m
1994/11/29	11:38	12:14	ボトル採水		KG-1孔	GL-492.20m
1994/11/29	13:27	13:59	ボトル採水		KG-1孔	GL-492.20m
1994/11/29	14:54	15:24	ボトル採水		KG-1孔	GL-492.20m
1994/11/29	16:13	16:45	ボトル採水		KG-1孔	GL-492.20m
1994/11/30			GL-229.72, 492.20, 496.66mの間隙水圧観測		KG-1孔	
1994/11/30	10:40	11:16	ボトル採水		KG-1孔	GL-492.20m
1994/11/30	12:10	12:46	ボトル採水		KG-1孔	GL-492.20m
1994/11/30	13:33	14:15	ボトル採水		KG-1孔	GL-492.20m
1994/11/30	15:05	15:36	ボトル採水		KG-1孔	GL-492.20m
1994/11/30	16:23	16:55	ボトル採水		KG-1孔	GL-492.20m
1994/12/1			GL-229.72, 492.20, 496.66mの間隙水圧観測		KG-1孔	
1994/12/1	10:28	11:07	ボトル採水		KG-1孔	GL-492.20m
1994/12/1	12:05	12:33	ボトル採水		KG-1孔	GL-492.20m
1994/12/1	13:43	14:19	ボトル採水		KG-1孔	GL-492.20m
1994/12/1	15:11	15:45	ボトル採水		KG-1孔	GL-492.20m
1994/12/2			GL-229.72, 492.20, 496.66mの間隙水圧観測		KG-1孔	
1994/12/2	10:17	10:52	ボトル採水		KG-1孔	GL-492.20m
1994/12/2	11:44	12:17	ボトル採水		KG-1孔	GL-492.20m
1994/12/2	13:41	14:19	ボトル採水		KG-1孔	GL-492.20m
1994/12/2	15:05	15:37	ボトル採水		KG-1孔	GL-492.20m
1994/12/2	16:25	16:56	ボトル採水		KG-1孔	GL-492.20m
1994/12/2	17:45	18:17	ボトル採水		KG-1孔	GL-492.20m
1994/12/2	19:12	19:44	ボトル採水		KG-1孔	GL-492.20m
1994/12/2	20:41	21:12	ボトル採水		KG-1孔	GL-492.20m
1994/12/2	21:55	22:24	ボトル採水		KG-1孔	GL-492.20m
1994/12/2	23:13	23:35	ボトル採水		KG-1孔	GL-492.20m
1994/12/3	0:15	0:37	ボトル採水		KG-1孔	GL-492.20m
1994/12/3	1:25	1:46	ボトル採水		KG-1孔	GL-492.20m
1994/12/3	2:23	2:46	ボトル採水		KG-1孔	GL-492.20m
1994/12/3			GL-229.72, 492.20, 496.66mの間隙水圧観測		KG-1孔	
1994/12/3			管内水の水位低下作業		KG-1孔	
1994/12/5			GL-229.72, 492.20, 496.66mの間隙水圧観測		KG-1孔	
1994/12/5			管内水の水位低下作業		KG-1孔	
1994/12/6			管内水の水位低下作業		KG-1孔	

イベントヒストリー (KG-1孔)

(7 / 8)

1994/12/27	GL-748.19,788.56, 793.02mの間隙水圧観測				KG-1孔	
1994/12/27	ボトル採水	14:23	11:07		KG-1孔	GL-788.56m
1994/12/28	GL-748.19,788.56, 793.02mの間隙水圧観測				KG-1孔	
1994/12/28	ボトル採水	14:03	10:37		KG-1孔	GL-788.56m
1995/1/5	20点の間隙水圧観測				KG-1孔	
1995/1/5	ボトル採水	18:12	14:45		KG-1孔	GL-788.56m
1995/1/6	GL-748.19,788.56, 793.02mの間隙水圧観測				KG-1孔	
1995/1/6	ボトル採水	14:10	10:55		KG-1孔	GL-788.56m
1995/1/6	ボトル採水	20:12	16:00		KG-1孔	GL-788.56m
1995/1/7	GL-748.19,788.56, 793.02mの間隙水圧観測				KG-1孔	
1995/1/7	ボトル採水	14:36	11:00		KG-1孔	GL-788.56m
1995/1/9	GL-748.19,788.56, 793.02mの間隙水圧観測				KG-1孔	
1995/1/9	ボトル採水	17:35	14:05		KG-1孔	GL-788.56m
1995/1/10	GL-748.19,788.56, 793.02mの間隙水圧観測				KG-1孔	
1995/1/10	ボトル採水	14:53	11:24		KG-1孔	GL-788.56m
1995/1/10	ボトル採水	21:08	16:17		KG-1孔	GL-788.56m
1995/1/11	GL-748.19,788.56, 793.02mの間隙水圧観測				KG-1孔	
1995/1/11	ボトル採水	15:00	11:02		KG-1孔	GL-788.56m
1995/1/12	GL-748.19,788.56, 793.02mの間隙水圧観測				KG-1孔	
1995/1/12	ボトル採水	14:57	11:00		KG-1孔	GL-788.56m
1994/1/13	GL-748.19,788.56, 793.02mの間隙水圧観測				KG-1孔	
1994/1/13	ボトル採水	14:57	11:08		KG-1孔	GL-788.56m
1994/1/17	20点の間隙水圧観測				KG-1孔	
1994/1/18	GL-748.19,788.56, 793.02mの間隙水圧観測				KG-1孔	
1994/1/18	ボトル採水	15:15	11:12		KG-1孔	GL-788.56m
1994/1/19	GL-748.19,788.56, 793.02mの間隙水圧観測				KG-1孔	
1994/1/19	ボトル採水	15:28	11:17		KG-1孔	GL-788.56m
1994/1/20	GL-748.19,788.56, 793.02mの間隙水圧観測				KG-1孔	
1994/1/20	ボトル採水	15:27	12:00		KG-1孔	GL-788.56m
1994/1/21	GL-748.19,788.56, 793.02mの間隙水圧観測				KG-1孔	
1994/1/21	ボトル採水	13:10	11:25		KG-1孔	GL-788.56m
1994/1/21	GL-748.19,788.56, 793.02mの間隙水圧観測				KG-1孔	
1994/1/23	20点の間隙水圧観測				KG-1孔	
1994/1/23	GL-748.19,788.56, 793.02mの間隙水圧観測				KG-1孔	
1994/1/24	GL-748.19,788.56, 793.02mの間隙水圧観測				KG-1孔	
1994/1/27	GL-748.19,788.56, 793.02mの間隙水圧観測				KG-1孔	
1994/1/30	20点の間隙水圧観測				KG-1孔	
1994/2/1	GL-748.19,788.56, 793.02mの間隙水圧観測				KG-1孔	
1994/2/4	GL-748.19,788.56, 793.02mの間隙水圧観測				KG-1孔	
1994/2/4	ボトル採水	23:32	11:00		KG-1孔	本採水
1994/2/6	20点の間隙水圧観測				KG-1孔	
1994/2/7	ボトル採水	16:14	11:00		KG-1孔	本採水
1994/2/8	GL-748.19,788.56, 793.02mの間隙水圧観測				KG-1孔	
1994/2/8	ボトル採水	22:22	10:25		KG-1孔	本採水
1996/2/9	GL-748.19,788.56, 793.02mの間隙水圧観測				KG-1孔	

イベントヒストリー (KG-1孔)

(8 / 8)

1995/2/9				ボトル採水		KG-1孔	GL-788.56m	本採水
1995/2/10				GL-748.19,788.56, 793.02mの間隙水圧観測		KG-1孔		
1995/2/10	10:50			ボトル採水		KG-1孔	GL-788.56m	本採水
1995/2/11		1:02		ボトル採水		KG-1孔	GL-788.56m	本採水
1995/2/12				GL-748.19,788.56, 793.02mの間隙水圧観測		KG-1孔		
1995/2/12	10:48	18:07		ボトル採水		KG-1孔	GL-788.56m	本採水
1995/2/15				GL-748.19,788.56, 793.02mの間隙水圧観測		KG-1孔		
1995/2/15	15:26	20:36		ボトル採水		KG-1孔	GL-788.56m	本採水
1995/2/16				GL-748.19,788.56, 793.02mの間隙水圧観測		KG-1孔		
1995/2/16	10:34			ボトル採水		KG-1孔	GL-788.56m	本採水
1995/2/17		1:23		ボトル採水		KG-1孔	GL-788.56m	本採水
1995/2/17				GL-748.19,788.56, 793.02mの間隙水圧観測		KG-1孔		
1995/2/17	10:43			ボトル採水		KG-1孔	GL-788.56m	本採水
1995/2/18		1:24		ボトル採水		KG-1孔	GL-788.56m	本採水
1995/2/18				GL-748.19,788.56, 793.02mの間隙水圧観測		KG-1孔		
1995/2/18	10:32	22:00		ボトル採水		KG-1孔	GL-788.56m	本採水
1995/2/19				GL-748.19,788.56, 793.02mの間隙水圧観測		KG-1孔		
1995/2/19	10:10	18:34		ボトル採水		KG-1孔	GL-788.56m	本採水
1995/2/20	9:24	14:10		ボトル採水		KG-1孔	GL-788.56m	本採水
1995/2/21				20点の間隙水圧観測		KG-1孔		
1995/2/28				20点の間隙水圧観測		KG-1孔		
1995/3/6				20点の間隙水圧観測		KG-1孔		
1995/3/9				29点の間隙水圧観測		KG-1孔		

イベントヒストリー (550mレベル坑道)

(1/12)

日付	開始時間	終了時間	内容	場所	位置	備考
1994/7/18	9:30		KH-17孔バッカー加圧	KD-90坑道		
1994/7/19	9:05		KH-16孔バッカー加圧	KD-90坑道		
1994/7/20	9:25		KH-14孔バッカー加圧	KD-90坑道		
1994/7/21	9:25		KH-13孔バッカー加圧	KD-90坑道		
1994/7/22	9:15		KH-10孔バッカー加圧	KD-90坑道		
1994/8/23	9:00	16:00	KM-1孔掘削	NW坑道	5m	本日までの掘伸長
1994/8/24	9:00	16:00	KM-1孔掘削	NW坑道	12.5m	本日までの掘伸長
1994/8/29	9:00	18:30	KM-1孔掘削	NW坑道	14.07m	本日までの掘伸長
1994/8/31	9:00	17:30	KM-1孔掘削	NW坑道	16.65m	本日までの掘伸長
1994/9/2	9:00	16:00	KM-1孔掘削	NW坑道	17.80m	本日までの掘伸長
1994/9/3	8:30	16:00	KM-1孔掘削	NW坑道	19.60m	本日までの掘伸長
1994/9/5	8:30	12:00	KM-1孔掘削	NW坑道	21.08m	本日までの掘伸長
1994/9/5	10:07:13		KH-17孔開放	KD-90坑道		バッカーラバー交換
1994/9/5	17:13:50		KH-17孔バッカー加圧	KD-90坑道		バッカーラバー交換
1995/9/5	18:40		KH-17孔から漏水	KD-90坑道		バッカーラバー交換
1995/9/5		19:30	KH-17孔バッカー再加圧終了	KD-90坑道		バッカーラバー交換 (6本のバッカーの内3本のみ設置)
1995/9/6	9:00	16:00	KM-0孔掘削	NW坑道	6m	本日までの掘伸長
1995/9/6	11:44	12:34	KH-17孔バッカー加圧 (15kgf/cm ²)	KD-90坑道		バッカーラバー交換
1995/9/6	13:40		KH-17孔バッカー再加圧 (11→15kgf/cm ²)	KD-90坑道		バッカーラバー交換
1995/9/6	14:00		KH-16孔開放	KD-90坑道		バッカーラバー交換
1995/9/6	16:00		KH-16孔元閉鎖	KD-90坑道		バッカーラバー交換
1995/9/7	9:20	14:15	KM-0孔掘削	NW坑道	10.1m	本日までの掘伸長
1995/9/7	9:40		KH-16孔元開放	KD-90坑道		バッカーラバー交換
1995/9/7	9:50	10:56	KH-16孔バッカー設置	KD-90坑道		バッカーラバー交換
1995/9/7	11:20	13:15	KH-16孔バッカー加圧 (15kgf/cm ²)	KD-90坑道		バッカーラバー交換
1995/9/7	11:29		KH-17孔バッカー加圧 (15kgf/cm ²)	KD-90坑道		バッカーラバー交換
1995/9/7	13:20		KH-16孔各間隙水圧観測区間閉鎖	KD-90坑道		バッカーラバー交換
1995/9/7	13:31		KH-18孔開放	KD-90坑道		バッカーラバー交換
1995/9/7		14:45	KH-18孔バッカー回収終了	KD-90坑道		バッカーラバー交換
1995/9/7	17:25		KH-17孔バッカー加圧 (15kgf/cm ²)	KD-90坑道		バッカーラバー交換
1995/9/7	17:30		KH-16孔 (15kgf/cm ²)	KD-90坑道		バッカーラバー交換
1994/9/8	10:45	14:30	KM-0孔掘削	NW坑道	12.3m	本日までの掘伸長
1994/9/8	9:50	12:55	KH-18孔バッカー設置	KD-90坑道		バッカーラバー交換
1994/9/8	13:00	14:30	KH-18孔バッカー加圧 (10kgf/cm ² 程度)	KD-90坑道		バッカーラバー交換
1994/9/8	15:04		KH-16孔バッカー加圧 (15kgf/cm ²)	KD-90坑道		バッカーラバー交換
1994/9/8	16:05		KH-17孔バッカー加圧 (15kgf/cm ²)	KD-90坑道		バッカーラバー交換
1994/9/8	16:40		KH-18孔バッカー加圧 (10kgf/cm ² を上限として加圧中)	KD-90坑道		バッカーラバー交換
1994/9/9	9:20	15:30	KM-0孔掘削	NW坑道	14.4m	本日までの掘伸長
1994/9/9		9:20	KH-18孔バッカー加圧終了 (10kgf/cm ²)	KD-90坑道		バッカーラバー交換
1994/9/9	9:23		KH-18孔バッカー加圧 (20kgf/cm ²)	KD-90坑道		バッカーラバー交換
1994/9/9	9:26		KH-14孔開放	KD-90坑道		バッカーラバー交換
1994/9/9	13:45		KH-14孔バッカー設置開始	KD-90坑道		バッカーラバー交換
1994/9/9	14:58		KH-14孔バッカー加圧開始 (10kgf/cm ² を上限として加圧中)	KD-90坑道		バッカーラバー交換

イベントヒストリー (550mレベル坑道)

(2 / 12)

1994/9/10	12:28	KH-14孔バツカ-加圧停止	KD-90坑道	バツカ-ラバ-交換
1994/9/10	12:28	KH-14孔区間1~5のバルブ閉鎖	KD-90坑道	バツカ-ラバ-交換
1994/9/11	13:59	KH-14孔区間6のバルブ閉鎖	KD-90坑道	バツカ-ラバ-交換
1994/9/11	14:07	KH-17孔バツカ-加圧 (16.5kgf/cm ²)	KD-90坑道	バツカ-ラバ-交換
1994/9/11	13:59	KH-16孔バツカ-加圧 (15.0kgf/cm ²)	KD-90坑道	バツカ-ラバ-交換
1994/9/11	13:59	KH-14孔バツカ-加圧 (16.0kgf/cm ²)	KD-90坑道	バツカ-ラバ-交換
1994/9/11	13:59	KH-18孔バツカ-加圧 (16.2kgf/cm ²)	KD-90坑道	バツカ-ラバ-交換
1994/9/12	11:20	KM-0孔掘削	NW坑道	本日までの掘伸長 16.52m
1994/9/12		KH-6、9孔発破防護除去	KD-90坑道	バツカ-ラバ-交換
1994/9/12		KH-6孔バツカ-回収	KD-90坑道	バツカ-ラバ-交換
1994/9/12		KH-6孔口元閉鎖	KD-90坑道	バツカ-ラバ-交換
1994/9/13	9:18	KM-0孔掘削	NW坑道	本日までの掘伸長 19.00m
1994/9/13	9:56	KH-6孔口元開放	KD-90坑道	バツカ-ラバ-交換
1994/9/13	10:10	KH-6孔バツカ-加圧 (15kgf/cm ²)	KD-90坑道	バツカ-ラバ-交換
1994/9/13	14:50	KH-9孔バツカ-回収開始	KD-90坑道	バツカ-ラバ-交換
1994/9/13	16:40	KH-9孔口元にバツカ-を設置・加圧・放置	KD-90坑道	バツカ-ラバ-交換
1994/9/14	15:47	KM-0孔掘削	NW坑道	本日までの掘伸長 20.00m
1994/9/14	9:25	KH-9孔口元開放	KD-90坑道	バツカ-ラバ-交換
1994/9/14	9:50	KH-9孔バツカ-設置	KD-90坑道	バツカ-ラバ-交換
1994/9/14	11:55	KH-9孔バツカ-加圧 (15kgf/cm ²)	KD-90坑道	バツカ-ラバ-交換
1994/9/14	13:00	KH-11孔開放	KD-90坑道	バツカ-ラバ-交換
1994/9/14	17:30	KH-11孔口元閉鎖	KD-90坑道	バツカ-ラバ-交換
1994/9/14		温度計設置	KD-90坑道周辺	
1994/9/15	11:34	KH-14孔バツカ-加圧 (15.2kgf/cm ²)	KD-90坑道	バツカ-ラバ-交換
1994/9/15	11:35	KH-16孔バツカ-加圧 (15.8kgf/cm ²)	KD-90坑道	バツカ-ラバ-交換
1994/9/15	11:36	KH-17孔バツカ-加圧 (15.2kgf/cm ²)	KD-90坑道	バツカ-ラバ-交換
1994/9/15	11:39	KH-6孔バツカ-加圧 (15.7kgf/cm ²)	KD-90坑道	バツカ-ラバ-交換
1994/9/15	11:40	KH-9孔バツカ-加圧 (15.2kgf/cm ²)	KD-90坑道	バツカ-ラバ-交換
1994/9/15	11:41	KH-18孔バツカ-加圧 (18.7kgf/cm ²)	KD-90坑道	バツカ-ラバ-交換
1994/9/16		KM-0、1孔BTV		
1994/9/16	9:55	KH-11孔口元開放	KD-90坑道	バツカ-ラバ-交換
1994/9/16	10:15	KH-11孔バツカ-設置	KD-90坑道	バツカ-ラバ-交換
1994/9/16	11:15	KH-11孔バツカ-加圧 (バツカ-圧上昇しないため回収)	KD-90坑道	バツカ-ラバ-交換
1994/9/16	12:00	KH-15孔開放	KD-90坑道	バツカ-ラバ-交換
1994/9/16	13:10	KH-15孔バツカ-回収	KD-90坑道	バツカ-ラバ-交換
1994/9/17	9:40	KH-15孔バツカ-設置	KD-90坑道	バツカ-ラバ-交換
1994/9/17	12:50	KH-15孔バツカ-加圧 (15kgf/cm ²)	KD-90坑道	バツカ-ラバ-交換
1994/9/19	9:30	KH-11孔バツカ-再設置	KD-90坑道	バツカ-ラバ-交換
1994/9/19	13:25	KH-11孔バツカ-加圧 (15kgf/cm ² 、ただしすぐに10kgf/cm ² に低下)	KD-90坑道	バツカ-ラバ-交換
1994/9/19	14:30	KH-13孔開放	KD-90坑道	バツカ-ラバ-交換
1994/9/20	11:10	KH-13孔バツカ-設置	KD-90坑道	バツカ-ラバ-交換
1994/9/20	12:45	KH-13孔バツカ-加圧 (15kgf/cm ²)	KD-90坑道	バツカ-ラバ-交換
1994/9/20	14:20	KH-10孔開放	KD-90坑道	バツカ-ラバ-交換
1994/9/20	15:30	KH-10孔バツカ-設置	KD-90坑道	バツカ-ラバ-交換

イベントヒストリー (550mレベル坑道)

(3/12)

1994/9/20	16:20	16:30	KH-10孔バッカ-加圧 (15kgf/cm ²)	KD-90坑道	バッカ-ラバ-交換
1994/9/21	10:00	10:30	穿孔 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	坑道入り口からの距離
1994/9/21	12:00		発破 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	1 坑道入り口からの距離
1994/9/21	15:00	15:30	穿孔 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	2.3 坑道入り口からの距離
1994/9/21	16:20		発破 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	2 坑道入り口からの距離
1994/9/22	10:35		KH-4孔口元開放	KD-90坑道	バッカ-ラバ-交換
1994/9/22	10:35	16:30	KH-4孔バッカ-設置	KD-90坑道	バッカ-ラバ-交換
1994/9/22	11:00		KH-10孔開放、バッカ-回収 (KH-4孔のバッカ-に当たったため)	KD-90坑道	バッカ-ラバ-交換
1994/9/22	15:00	16:00	穿孔 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	3.3 坑道入り口からの距離
1994/9/22	16:30		KH-10孔再設置	KD-90坑道	バッカ-ラバ-交換
1994/9/22		16:50	KH-10孔加圧 (15kgf/cm ²)	KD-90坑道	バッカ-ラバ-交換
1994/9/22		16:50	発破 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	3 坑道入り口からの距離
1994/9/24	9:30		KH-12孔開放、バッカ-回収開始	KD-90坑道	バッカ-ラバ-交換
1994/9/24	13:00	14:00	穿孔 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	4.3 坑道入り口からの距離
1994/9/24	15:30		発破 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	4 坑道入り口からの距離
1994/9/26	9:30	13:00	KH-12孔バッカ-設置	KD-90坑道	バッカ-ラバ-交換
1994/9/26	13:00	14:00	穿孔 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	5.3 坑道入り口からの距離
1994/9/26	13:00	14:20	KH-12孔バッカ-加圧 (バッカ-圧上昇せず)	KD-90坑道	バッカ-ラバ-交換
1994/9/26	14:20		KH-12孔バッカ-回収	KD-90坑道	バッカ-ラバ-交換
1994/9/26		16:20	KH-12孔バッカ-再設置終了	KD-90坑道	バッカ-ラバ-交換
1994/9/26	16:20	16:35	KH-12孔バッカ-加圧 (15kgf/cm ²)	KD-90坑道	バッカ-ラバ-交換
1994/9/26		16:35	発破 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	5 坑道入り口からの距離
1994/9/27	9:33		KH-18孔バッカ-加圧 (4.2kgf/cm ² →15kgf/cm ²)	KD-90坑道	バッカ-ラバ-交換
1994/9/27	9:37		KH-18孔バッカ-水抜き開始	KD-90坑道	バッカ-ラバ-交換
1994/9/27	11:00	14:30	穿孔 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	6.3 坑道入り口からの距離
1994/9/27		11:58	KH-18孔バッカ-回収終了	KD-90坑道	バッカ-ラバ-交換
1994/9/27	14:00		KH-18孔バッカ-再設置開始	KD-90坑道	バッカ-ラバ-交換
1994/9/27		16:15	KH-18孔バッカ-加圧終了 (15kgf/cm ²)	KD-90坑道	バッカ-ラバ-交換
1994/9/27	16:50		発破 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	6 坑道入り口からの距離
1994/9/28	9:53		KH-18孔バッカ-水抜き開始	KD-90坑道	バッカ-ラバ-交換
1994/9/28		10:55	KH-18孔バッカ-再設置終了	KD-90坑道	バッカ-ラバ-交換
1994/9/28	10:55	11:11	KH-18孔バッカ-加圧 (14.5kgf/cm ²)	KD-90坑道	バッカ-ラバ-交換
1994/9/28	11:00	14:30	穿孔 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	7.3 坑道入り口からの距離
1994/9/28	11:11		KH-14孔開放	KD-90坑道	バッカ-ラバ-交換
1994/9/28		12:00	KH-14孔回収終了	KD-90坑道	バッカ-ラバ-交換
1994/9/28		14:42	KH-14孔口元にバッカ-を1本設置・加圧・放置	KD-90坑道	バッカ-ラバ-交換
1994/9/28	14:58		KH-4孔区間5の間隙水圧計交換	KD-90坑道周辺	
1994/9/28	16:20		発破 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	7 坑道入り口からの距離
1994/9/29	11:00	14:30	穿孔 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	8.3 坑道入り口からの距離
1994/9/29	15:35		発破 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	8 坑道入り口からの距離
1994/9/29			KH-14孔バッカ-設置・バッカ-加圧	KD-90坑道	バッカ-ラバ-交換
1994/9/30	11:00	14:00	穿孔 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	9.3 坑道入り口からの距離
1994/9/30	15:45		発破 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	9 坑道入り口からの距離
1994/10/1	11:00	14:30	穿孔 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	10.3 坑道入り口からの距離

1994/10/1	15:20	発破 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	10 坑道入り口からの距離
1994/10/4	11:00	12:15 KH-19孔区間8の間隙水圧計交換 (ブルドン管→トランスデュサー)	KD-90坑道	
1994/10/4	11:00	14:30 穿孔 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	11.3 坑道入り口からの距離
1994/10/4	13:15	15:00 KH-19孔区間6,7の間隙水圧計交換 (ブルドン管→トランスデュサー)	KD-90坑道	
1994/10/4	15:15	発破 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	11 坑道入り口からの距離
1994/10/5	9:30	17:00 KH-19孔区間1~5の間隙水圧計交換 (ブルドン管→トランスデュサー)	KD-90坑道	
1994/10/5	10:01	KH-4孔区間4の間隙水圧計交換	KD-90坑道周辺	
1994/10/5	11:00	14:30 穿孔 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	12.3 坑道入り口からの距離
1994/10/5	11:12	KH-4孔区間3の間隙水圧計交換	KD-90坑道周辺	
1994/10/5	12:02	KH-4孔区間2の間隙水圧計交換	KD-90坑道周辺	
1994/10/5	13:27	KH-4孔区間1の間隙水圧計交換	KD-90坑道周辺	
1994/10/5	17:15	発破 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	12 坑道入り口からの距離
1994/10/6	10:03	KH-18孔区間隙水圧計交換	KD-90坑道周辺	
1994/10/6	15:40	発破 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	13 坑道入り口からの距離
1994/10/7	11:00	14:30 穿孔 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	13.3 坑道入り口からの距離
1994/10/7	11:00	12:00 KH-17孔区間隙水圧計交換	KD-90坑道周辺	
1994/10/7	11:00	14:30 穿孔 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	14.3 坑道入り口からの距離
1994/10/7	11:00	12:00 KH-6孔区間隙水圧計交換	KD-90坑道周辺	
1994/10/7	15:45	発破 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	14 坑道入り口からの距離
1994/10/8	11:00	14:30 穿孔 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	15.3 坑道入り口からの距離
1994/10/8	15:40	発破 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	15 坑道入り口からの距離
1994/10/13	10:46	11:19 KH-9孔区間隙水圧計交換	KD-90坑道周辺	
1994/10/13	11:00	14:30 穿孔 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	15.8 坑道入り口からの距離
1994/10/13	13:30	14:04 KH-16孔区間隙水圧計交換	KD-90坑道周辺	
1994/10/13	14:44	15:18 KH-16孔区間隙水圧計交換	KD-90坑道周辺	
1994/10/13	15:45	発破 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	15.6 坑道入り口からの距離
1994/10/13	13:45	16:00 試験孔(KH-20)掘削	KD-90坑道周辺	0-0.6 北向、-1°、掘削長
1994/10/14	11:00	14:30 穿孔 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	16.3 坑道入り口からの距離
1994/10/14	16:15	発破 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	16 坑道入り口からの距離
1994/10/14	9:30	12:00 試験孔(KH-20)掘削	KD-90坑道周辺	3.1 本日までの掘削長
1994/10/14		KH-14孔区間隙水圧計交換、気圧計設置	KD-90坑道周辺	
1994/10/15	11:00	14:30 穿孔 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	17.1 坑道入り口からの距離
1994/10/15	16:25	発破 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	16.8 坑道入り口からの距離
1994/10/15	9:30	16:30 KH-20ケーシング内へセメント注入	KD-90坑道周辺	
1994/10/17	11:00	14:30 穿孔 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	17.9 坑道入り口からの距離
1994/10/17	16:00	発破 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	17.6 坑道入り口からの距離
1994/10/17	9:54	11:17 KH-20ケーシング内コンクリート切り	KD-90坑道周辺	
1994/10/17	11:17	15:19 試験孔(KH-20)掘削	KD-90坑道周辺	6.2 本日までの掘削長
1994/10/17	16:51	KH-20孔閉鎖	KD-90坑道周辺	
1994/10/17		KH-13,12,11,10孔区間隙水圧計交換	KD-90坑道周辺	
1994/10/18	9:40	KH-20孔開放	KD-90坑道周辺	
1994/10/18	11:00	穿孔 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	18.7 坑道入り口からの距離
1994/10/18	16:35	発破 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	18.4 坑道入り口からの距離
1994/10/18	9:50	15:15 試験孔(KH-20)掘削	KD-90坑道周辺	12.7 本日までの掘削長

イベントヒストリー (550mレベル坑道) (5/12)

1994/10/18	KH-20孔閉鎖	15:46		KD-90坑道周辺		
1994/10/19	KH-20孔開放	9:34		KD-90坑道周辺		
1994/10/19	穿孔 (人工バリア坑道掘削)	14:30		人工バリア坑道	19.6	坑道入り口からの距離
1994/10/19	発破 (人工バリア坑道掘削)	16:30		人工バリア坑道	19.2	坑道入り口からの距離
1994/10/19	試験孔(KH-20)掘削	15:18		KD-90坑道周辺	18.4	本日までの掘削長
1994/10/19	KH-20孔閉鎖	16:01		KD-90坑道周辺		
1994/10/20	KH-20孔開放	9:37		KD-90坑道周辺		
1994/10/20	穿孔 (人工バリア坑道掘削)	11:00	14:30	人工バリア坑道	20.3	坑道入り口からの距離
1994/10/20	発破 (人工バリア坑道掘削)	16:45		人工バリア坑道	20	坑道入り口からの距離
1994/10/20	試験孔(KH-20)掘削	9:54	15:59	KD-90坑道周辺	26.2	本日までの掘削長
1994/10/20	KH-20孔閉鎖	16:34		KD-90坑道周辺		
1994/10/21	KH-20孔開放	9:26		KD-90坑道周辺		
1994/10/21	穿孔 (人工バリア坑道掘削)	11:00	14:30	人工バリア坑道	20.3	坑道入り口からの距離
1994/10/21	発破 (人工バリア坑道掘削)	16:45		人工バリア坑道	20	坑道入り口からの距離
1994/10/21	試験孔(KH-20)掘削	9:46	15:40	KD-90坑道周辺	32	本日までの掘削長
1994/10/21	KH-20孔閉鎖	16:20		KD-90坑道周辺		
1994/10/26	KH-20孔開放	9:38		KD-90坑道周辺		
1994/10/26	穿孔 (人工バリア坑道掘削)	11:00	14:30	人工バリア坑道	1.3	坑道入り口からの距離
1994/10/26	発破 (人工バリア坑道掘削)	16:30		人工バリア坑道	1	坑道入り口からの距離
1994/10/26	試験孔(KH-20)掘削	9:54	15:13	KD-90坑道周辺	37.8	本日までの掘削長
1994/10/26	KH-20孔閉鎖	15:45		KD-90坑道周辺		
1994/10/27	KH-20孔開放	9:27		KD-90坑道周辺		
1994/10/27	穿孔 (人工バリア坑道掘削)	13:00	15:00	人工バリア坑道	1.3	坑道入り口からの距離
1994/10/27	発破 (人工バリア坑道掘削)	16:15		人工バリア坑道	1	坑道入り口からの距離
1994/10/27	試験孔(KH-20)掘削	9:42	15:04	KD-90坑道周辺	45.1	本日までの掘削長
1994/10/27	KH-20孔閉鎖	15:35		KD-90坑道周辺		
1994/10/28	KH-20孔開放	9:28		KD-90坑道周辺		
1994/10/28	試験孔(KH-20)掘削	9:43	14:37	KD-90坑道周辺	61.5	本日までの掘削長
1994/10/28	KH-20孔閉鎖	15:17		KD-90坑道周辺		
1994/10/29	KH-20孔開放	9:33		KD-90坑道周辺		
1994/10/29	穿孔 (人工バリア坑道掘削)	13:00	15:00	人工バリア坑道		
1994/10/29	発破 (人工バリア坑道掘削)	15:35		人工バリア坑道		
1994/10/29	試験孔(KH-20)掘削	9:47	14:34	KD-90坑道周辺	67.1	本日までの掘削長
1994/10/29	KH-20孔閉鎖	15:07		KD-90坑道周辺		
1994/10/31	KH-20孔開放	9:33		KD-90坑道周辺		
1994/10/31	穿孔 (人工バリア坑道掘削)	13:00	14:30	人工バリア坑道		
1994/10/31	発破 (人工バリア坑道掘削)	15:15		人工バリア坑道		
1994/10/31	試験孔(KH-20)掘削	9:55	14:39	KD-90坑道周辺	63.1	本日までの掘削長
1994/10/31	KH-20孔閉鎖	15:14		KD-90坑道周辺		
1994/11/1	KH-20孔開放	9:49		KD-90坑道周辺		
1994/11/1	穿孔 (人工バリア坑道掘削)	13:30	14:30	人工バリア坑道		
1994/11/1	発破 (人工バリア坑道掘削)	17:05		人工バリア坑道		
1994/11/1	試験孔(KH-20)掘削	10:17	14:21	KD-90坑道周辺	67.1	本日までの掘削長
1994/11/1	KH-20孔閉鎖	15:33		KD-90坑道周辺		

イベントヒストリー (550mレベル坑道)

(6 / 12)

1994/11/2	9:39	KH-20孔開放	KD-90坑道周辺	
1994/11/2	13:30	穿孔 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	
1994/11/2	16:35	発破 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	
1994/11/2	14:23	試験孔(KH-20)掘削	KD-90坑道周辺	70.9 本日までの掘削長
1994/11/2	15:21	KH-20孔閉鎖	KD-90坑道周辺	
1994/11/4	9:40	KH-20孔開放	KD-90坑道周辺	
1994/11/4	13:30	穿孔 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	
1994/11/4	17:00	発破 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	
1994/11/4	10:04	試験孔(KH-20)掘削	KD-90坑道周辺	70.9 本日までの掘削長
1994/11/4	16:50	KH-20孔に1個のパッカー設置	KD-90坑道周辺	68.5 パッカー位置
1994/11/5	10:00	穿孔 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	
1994/11/5	12:25	発破 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	
1994/11/5	16:55	発破 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	
1994/11/7	9:40	KH-20孔開放	KD-90坑道周辺	
1994/11/7	13:00	穿孔 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	
1994/11/7	16:35	発破 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	
1994/11/7	10:37	試験孔(KH-20)掘削	KD-90坑道周辺	76.1 本日までの掘削長
1994/11/7	15:21	KH-20孔閉鎖	KD-90坑道周辺	
1994/11/8	9:37	KH-20孔開放	KD-90坑道周辺	
1994/11/8	13:00	穿孔 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	
1994/11/8	12:05	発破 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	
1994/11/8	15:45	発破 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	
1994/11/8	9:56	試験孔(KH-20)掘削	KD-90坑道周辺	81.9 本日までの掘削長
1994/11/8	15:32	KH-20孔閉鎖	KD-90坑道周辺	
1994/11/9	9:31	KH-20孔開放	KD-90坑道周辺	
1994/11/9	13:00	穿孔 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	
1994/11/9	17:15	発破 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	
1994/11/9	9:53	試験孔(KH-20)掘削	KD-90坑道周辺	88 本日までの掘削長
1994/11/9	15:50	KH-20孔閉鎖	KD-90坑道周辺	
1994/11/10	9:43	KH-20孔開放	KD-90坑道周辺	
1994/11/10	13:00	穿孔 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	
1994/11/10	16:10	発破 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	
1994/11/10	10:01	試験孔(KH-20)掘削	KD-90坑道周辺	93.5 本日までの掘削長
1994/11/10	15:34	KH-20孔閉鎖	KD-90坑道周辺	
1994/11/11	9:39	KH-20孔開放	KD-90坑道周辺	
1994/11/11	13:00	穿孔 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	
1994/11/11	12:45	発破 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	
1994/11/11	16:50	発破 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	
1994/11/11	10:00	試験孔(KH-20)掘削	KD-90坑道周辺	98.4 本日までの掘削長
1994/11/11	15:34	KH-20孔閉鎖	KD-90坑道周辺	
1994/11/14	9:45	KH-20孔開放	KD-90坑道周辺	
1994/11/14	10:00	穿孔 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	
1994/11/14	12:00	発破 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	
1994/11/14	10:20	試験孔(KH-20)掘削	KD-90坑道周辺	100.3 本日までの掘削長、掘削完了

イベントヒストリー (550mレベル坑道)

(7/12)

1994/11/14	13:30		KH-20孔閉鎖		KD-90坑道周辺	
1994/11/15	10:00	16:00	穿孔 (人工バリア坑道掘削)		人工バリア坑道	追切
1994/11/15	9:53		KH-18孔抜き取り		KD-90坑道周辺	バックカー圧低下が激しいためチエック
1994/11/15	13:24		KH-14孔抜き取り		KD-90坑道周辺	バックカー圧低下が激しいためチエック
1994/11/18	9:00	16:00	穿孔 (人工バリア坑道掘削)		人工バリア坑道	追切
1994/11/18	13:15		KH-20孔開放 (孔曲がり検層のため)		KD-90坑道周辺	
1994/11/18	15:00		KH-20孔閉鎖		KD-90坑道周辺	
1994/11/19	10:00	11:30	穿孔 (人工バリア坑道掘削)		人工バリア坑道	追切
1994/11/19	12:00		発破 (人工バリア坑道掘削)		人工バリア坑道	追切
1994/11/19	15:00	17:30	穿孔 (人工バリア坑道掘削)		人工バリア坑道	追切
1994/11/19	18:15		発破 (人工バリア坑道掘削)		人工バリア坑道	追切
1994/11/19	9:20		KH-20孔開放 (BITV、流量検層のため)		KD-90坑道周辺	
1994/11/21	10:00	11:30	穿孔 (人工バリア坑道掘削)		人工バリア坑道	追切
1994/11/21	12:35		発破 (人工バリア坑道掘削)		人工バリア坑道	追切
1994/11/21	14:00	15:30	穿孔 (人工バリア坑道掘削)		人工バリア坑道	追切
1994/11/21	16:35		発破 (人工バリア坑道掘削)		人工バリア坑道	追切
1994/11/21	11:00	16:20	KH-20孔流量検層		KD-90坑道周辺	
1994/11/22	10:00	11:30	穿孔 (人工バリア坑道掘削)		人工バリア坑道	追切
1994/11/22	12:50		発破 (人工バリア坑道掘削)		人工バリア坑道	追切
1994/11/22	14:00	16:00	穿孔 (人工バリア坑道掘削)		人工バリア坑道	追切
1994/11/22	16:25		発破 (人工バリア坑道掘削)		人工バリア坑道	追切
1994/11/22	9:50	16:40	KH-20孔流量検層		KD-90坑道周辺	
1994/11/23	10:00	16:00	KH-20孔流量検層		KD-90坑道周辺	
1994/11/24	10:00	11:30	穿孔 (人工バリア坑道掘削)		人工バリア坑道	追切
1994/11/24	12:30		発破 (人工バリア坑道掘削)		人工バリア坑道	追切
1994/11/24	14:00	15:30	穿孔 (人工バリア坑道掘削)		人工バリア坑道	追切
1994/11/24	16:30		発破 (人工バリア坑道掘削)		人工バリア坑道	追切
1994/11/24	11:00	16:00	KH-20孔流量検層		KD-90坑道周辺	
1994/11/26	14:00	16:00	穿孔 (人工バリア坑道掘削)		人工バリア坑道	追切
1994/11/26	16:45		発破 (人工バリア坑道掘削)		人工バリア坑道	追切
1994/11/26	10:00	16:20	KH-20孔流量検層		KD-90坑道周辺	
1994/11/26	11:00	15:30	穿孔 (人工バリア坑道掘削)		人工バリア坑道	追切
1994/11/26	16:45		発破 (人工バリア坑道掘削)		人工バリア坑道	追切
1994/11/28	10:00	11:30	穿孔 (人工バリア坑道掘削)		人工バリア坑道	追切
1994/11/28	12:25		発破 (人工バリア坑道掘削)		人工バリア坑道	追切
1994/11/28	16:30		発破 (人工バリア坑道掘削)		人工バリア坑道	追切
1994/11/28	9:30	16:30	KH-20孔バックー設置作業		KD-90坑道周辺	
1994/11/29	10:00	11:30	穿孔 (人工バリア坑道掘削)		人工バリア坑道	追切
1994/11/29	12:15		発破 (人工バリア坑道掘削)		人工バリア坑道	追切
1994/11/29	13:00	16:00	穿孔 (人工バリア坑道掘削)		人工バリア坑道	追切
1994/11/29	17:35		発破 (人工バリア坑道掘削)		人工バリア坑道	追切
1994/11/29	9:30	17:00	KH-20孔バックー設置作業		KD-90坑道周辺	
1994/11/30	9:30	17:00	KH-20孔バックー設置作業		KD-90坑道周辺	
1994/12/1	10:00	12:00	穿孔 (人工バリア坑道掘削)		人工バリア坑道	追切

イベントヒストリー (550mレベル坑道)

(8/12)

1994/12/1	12:45		発破 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	追切
1994/12/1	9:30	16:20	KH-20孔パッカー設置作業	KD-90坑道周辺	
1994/12/2	10:00	15:00	穿孔 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	追切
1994/12/2	16:40		発破 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	追切
1994/12/2	15:30	16:20	KH-20孔パッカー加圧	KD-90坑道周辺	パッカー設置完了
1994/12/3	10:00	15:00	穿孔 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	追切
1994/12/3	16:40		発破 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	追切
1994/12/3			KH-20孔パッカー加圧	KD-90坑道周辺	パッカー圧低下のため
1994/12/5	9:30	11:00	穿孔 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	追切
1994/12/5	11:25		発破 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	追切
1994/12/5	13:00	15:30	穿孔 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	追切
1994/12/5	16:20		発破 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	追切
1994/12/6	9:30	11:00	穿孔 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	追切
1994/12/6	12:10		発破 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	追切
1994/12/6	13:00	15:30	穿孔 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	追切
1994/12/6	16:50		発破 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	追切
1994/12/6			KH-20孔パッカー加圧	KD-90坑道周辺	パッカー圧低下のため
1994/12/7	10:20		KH-20孔パッカー加圧	KD-90坑道周辺	パッカー圧低下のため
1994/12/7	11:42	13:54	KH-20孔開放		
1994/12/7	13:54		KH-20孔ビルドアップ試験		
1994/12/7	9:40	15:30	KH-18孔パッカー再設置作業	KD-90坑道周辺	
1994/12/8	9:54		KH-20孔パッカー加圧	KD-90坑道周辺	パッカー圧低下のため
1994/12/8	9:27	13:22	KH-14孔パッカー再設置作業	KD-90坑道周辺	
1994/12/8	13:22	15:30	KH-14孔パッカー加圧	KD-90坑道周辺	
1994/12/8	10:35	15:30	KH-18孔パッカー加圧	KD-90坑道周辺	
1994/12/9	9:40		KH-20孔パッカー加圧	KD-90坑道周辺	パッカー圧低下のため
1994/12/12	10:37	10:50	KH-11孔水圧観測ラインをはずす	KD-90坑道周辺	アクセス坑道掘削に係わる発破防護作業
1994/12/12	10:55	11:10	KH-12孔水圧観測ラインをはずす	KD-90坑道周辺	アクセス坑道掘削に係わる発破防護作業
1994/12/12	11:13	11:23	KH-10孔水圧観測ラインをはずす	KD-90坑道周辺	アクセス坑道掘削に係わる発破防護作業
1994/12/12	11:25	11:37	KH-14孔水圧観測ラインをはずす	KD-90坑道周辺	アクセス坑道掘削に係わる発破防護作業
1994/12/12	13:30	13:46	KH-15孔水圧観測ラインをはずす	KD-90坑道周辺	アクセス坑道掘削に係わる発破防護作業
1994/12/12	13:50	14:07	KH-17孔水圧観測ラインをはずす	KD-90坑道周辺	アクセス坑道掘削に係わる発破防護作業
1994/12/12	14:09	14:18	KH-18孔水圧観測ラインをはずす	KD-90坑道周辺	アクセス坑道掘削に係わる発破防護作業
1994/12/12	14:20	14:30	KH-16孔水圧観測ラインをはずす	KD-90坑道周辺	アクセス坑道掘削に係わる発破防護作業
1994/12/13	10:00		KH-19,20孔水圧観測ラインをはずす		
1994/12/18	15:00		KH-18孔パッカー加圧 (ただし、水圧観測ラインは開放中)		
1994/12/20	9:30	15:00	穿孔 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	追切
1994/12/20	16:45		発破 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	追切
1994/12/21	11:55		KH-18孔区間1,2,3,4,6閉鎖	KD-90坑道周辺	区間5はチューブ内に空気が残っているため開放中
1994/12/21	13:53		KH-17孔パッカー加圧 (ただし、水圧観測ラインは開放中)		
1994/12/21	14:24		KH-13孔水圧観測区間バルブ閉鎖	KD-90坑道周辺	
1994/12/21	15:15		KH-12孔水圧観測区間バルブ閉鎖	KD-90坑道周辺	
1994/12/21	16:11		KH-16孔パッカー加圧 (ただし、水圧観測ラインは開放中)		
1994/12/21	16:32		KH-16孔区間1,2,4,5閉鎖	KD-90坑道周辺	区間3,6はチューブ内に空気が残っているため開放中

イベントヒストリー (550mレベル坑道)

(9/12)

1994/12/21	9:30	15:30	穿孔 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	追切
1994/12/21	16:40		発破 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	追切
1994/12/22	9:51		KH-10,11,12,13,14,15,16,17,18孔バッカ-加圧	KD-90坑道周辺	
1994/12/22	11:50		KH-11孔水圧観測区間バルブ閉鎖	KD-90坑道周辺	
1994/12/22	12:01		KH-16孔水圧観測区間バルブ閉鎖	KD-90坑道周辺	
1994/12/22	13:36		KH-14孔区間1,2,3,4,5閉鎖	KD-90坑道周辺	区間6はチューブ内に空気が残っているため開放中
1994/12/22	14:06		KH-17孔水圧観測区間バルブ閉鎖	KD-90坑道周辺	
1994/12/22	14:32		KH-10孔水圧観測区間バルブ閉鎖	KD-90坑道周辺	
1994/12/22	16:09		KH-15区間3,6閉鎖	KD-90坑道周辺	
1994/12/22	9:30	15:30	穿孔 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	追切
1994/12/24	9:30	15:30	穿孔 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	追切
1994/12/24	16:30		発破 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	追切
1994/12/26	9:30	15:30	穿孔 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	追切
1994/12/26	16:50		発破 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	追切
1994/12/27	9:30	16:30	穿孔 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	追切
1994/12/27	17:10		発破 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	追切
1994/12/28	9:30	16:30	穿孔 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	追切
1994/12/28	17:55		発破 (人工バリア坑道掘削)	人工バリア坑道	追切
1995/1/10	10:00		KH-18孔区間5,KH-14孔区間6閉鎖	KD-90坑道周辺	
1995/1/10	14:30		KH-20孔水圧観測区間バルブ閉鎖	KD-90坑道周辺	
1995/1/10	14:40		KH-19孔水圧観測区間バルブ閉鎖	KD-90坑道周辺	
1995/1/11	9:00	19:00	グラウト試験用試験孔掘削 (岩手大学、0~8.0m)	人工バリア坑道入口	
1995/1/12	9:00	16:00	グラウト試験用試験孔掘削 (岩手大学、8.0~10.2m)	人工バリア坑道入口	
1995/1/17	10:00	14:00	穿孔 (KD-90坑道入り口拡幅)	KD-90坑道入り口	
1995/1/17	14:25		発破 (KD-90坑道入り口拡幅)	KD-90坑道入り口	
1995/1/17	15:10		発破 (KD-90坑道入り口拡幅)	KD-90坑道入り口	
1995/1/17	15:50		発破 (KD-90坑道入り口拡幅)	KD-90坑道入り口	
1995/1/17	16:30		発破 (KD-90坑道入り口拡幅)	KD-90坑道入り口	
1995/1/18	9:30	16:00	グラウト注入孔における透水試験 (岩手大学)	人工バリア坑道入り口	
1995/1/18	11:00	12:00	穿孔 (KD-90坑道入り口拡幅)	KD-90坑道入り口	
1995/1/18	12:45		発破 (KD-90坑道入り口拡幅)	KD-90坑道入り口	
1995/1/19	10:00	11:00	穿孔 (KD-90坑道入り口拡幅)	KD-90坑道入り口	
1995/1/19	10:30	16:00	グラウト注入試験	人工バリア坑道入り口	
1995/1/19	12:00		発破 (KD-90坑道入り口拡幅)	KD-90坑道入り口	
1995/2/7	13:00	14:30	穿孔 (KD-90坑道奥拡幅)	KD-90坑道奥	
1995/2/7	16:35		発破 (KD-90坑道奥拡幅)	KD-90坑道奥	
1995/2/8	13:00	14:30	穿孔 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/2/8	16:35		発破 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/2/9	13:00	14:30	穿孔 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/2/9	16:40		発破 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/2/10	9:00	17:00	グラウト試験用グラウト確認試験孔掘削 (岩手大学、0~4.7m)	人工バリア坑道入り口	
1995/2/10	13:00	14:30	穿孔 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/2/10	16:40		発破 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/2/11	9:00	18:00	グラウト試験用試験孔掘削 (岩手大学、4.7~10.4m)	人工バリア坑道入り口	

イベントヒストリー (550mレベル坑道)

(10 / 12)

1995/2/13	11:30	KH-20孔パッカー加圧	KD-90坑道奥	パッカー圧低下のため
1995/2/13	13:00	穿孔 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/2/13	16:35	発破 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/2/14	13:00	穿孔 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/2/14	16:10	発破 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/2/15	13:00	穿孔 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/2/15	16:25	発破 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/2/16	13:00	穿孔 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/2/16	16:40	発破 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/2/17	13:00	穿孔 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/2/17	16:35	発破 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/2/18	13:00	穿孔 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/2/18	16:35	発破 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/2/20	13:00	穿孔 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/2/20	16:25	発破 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/2/21	12:50	穿孔 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/2/21	16:35	発破 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/2/22	13:00	穿孔 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/2/22	16:40	発破 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/2/23	12:50	穿孔 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/2/23	16:30	発破 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/2/24	12:50	穿孔 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/2/24	15:25	発破 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/2/27	13:30	穿孔 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/2/27	16:05	発破 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/2/28	12:45	穿孔 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/2/28	15:45	発破 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/3/1	13:00	穿孔 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/3/1	16:20	発破 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/3/2	12:50	穿孔 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/3/2	16:20	発破 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/3/3	12:20	穿孔 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/3/3	16:20	発破 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/3/4	12:40	穿孔 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/3/4	16:50	発破 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/3/6	12:45	穿孔 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/3/6	16:30	発破 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/3/7	13:00	穿孔 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/3/7	16:40	発破 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/3/8	13:00	穿孔 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/3/8	16:35	発破 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/3/9	13:00	穿孔 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/3/9	16:35	発破 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/3/10	13:00	穿孔 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	

イベントヒストリー (550mレベル坑道)

(11 / 12)

1995/3/10	16:10	発破 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/3/13	14:30	穿孔 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/3/13	16:30	発破 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/3/13	15:40	KH-16孔パッカー加圧	KD-90坑道周辺	パッカーライン用バルブが開放してため
1995/3/13	16:40	KH-6孔パッカー加圧	KD-90坑道周辺	パッカーライン用バルブが開放してため
1995/3/15	11:00	KH-17区間1~6, KH-18区間1~2のインニシャルランス	KD-90坑道周辺	
1995/3/15	13:00	穿孔 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/3/15	16:15	発破 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/3/15	14:30	KH-20孔パッカー圧開放	KD-90坑道奥	アクセス坑道掘削によるパッカー破損を防ぐため
1995/3/15	14:43	KH-20孔水圧観測用ライン切断	KD-90坑道奥	アクセス坑道掘削によるパッカー破損を防ぐため
1995/3/15	14:43	15:35 KH-20孔パッカー引き抜き	KD-90坑道奥	アクセス坑道掘削によるパッカー破損を防ぐため
1995/3/16	13:00	穿孔 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/3/16	16:25	発破 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/3/17	13:10	穿孔 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/3/17	16:20	発破 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/3/18	13:00	穿孔 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/3/18	15:20	KH-20ブリッジラグ (栓のようなもの) の設置	KD-90坑道奥	
1995/3/23	13:15	穿孔 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/3/23	16:15	発破 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/3/24	13:25	穿孔 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/3/24	16:15	発破 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/3/24	13:22	KH-19孔パッカーライン切断	KD-90坑道奥	アクセス坑道掘削によるパッカー破損を防ぐため
1995/3/24	13:23	KH-19孔水圧観測用ライン切断	KD-90坑道奥	アクセス坑道掘削によるパッカー破損を防ぐため
1995/3/25	13:20	穿孔 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/3/25	16:35	発破 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/3/27	13:30	穿孔 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/3/27	16:15	発破 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/3/28		穿孔 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/3/28		発破 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/3/29		穿孔 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/3/29		発破 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/3/30		穿孔 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/3/30		発破 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/3/31		穿孔 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/3/31		発破 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/3/31	13:30	KH-19ブリッジラグの設置 (パッカー加圧)	KD-90坑道奥	
1995/4/3		穿孔 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/4/3		発破 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/4/4		穿孔 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/4/4		発破 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/4/5		穿孔 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/4/5		発破 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/4/6		穿孔 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	
1995/4/6		発破 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	

イベントヒストリー (550mレベル坑道)

(12/12)

1995/4/7	穿孔 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	追切
1995/4/7	発破 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	追切
1995/4/8	穿孔 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	追切
1995/4/8	発破 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	追切
1995/4/10	穿孔 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	追切
1995/4/10	発破 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	追切
1995/4/11	穿孔 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	追切
1995/4/11	発破 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	追切
1995/4/12	穿孔 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	追切
1995/4/12	発破 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	追切
1995/4/13	穿孔 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	追切
1995/4/13	発破 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	追切
1995/4/14	穿孔 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	追切
1995/4/14	発破 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	追切
1995/4/15	穿孔 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	天盤落し
1995/4/15	発破 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	天盤落し
1995/4/17	穿孔 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	天盤落し
1995/4/17	発破 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	天盤落し
1995/4/18	穿孔 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	天盤落し
1995/4/18	発破 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	天盤落し
1995/4/19	穿孔 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	天盤落し
1995/4/19	発破 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	天盤落し
1995/4/20	穿孔 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	天盤落し
1995/4/20	発破 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	天盤落し
1995/4/21	穿孔 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	天盤落し
1995/4/21	発破 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	天盤落し
1995/4/24	穿孔 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	天盤落し
1995/4/24	発破 (アクセス坑道掘削)	KD-90坑道奥	天盤落し
1995/5/18	11:00 KH-19, 20孔ブリッジプラグ回収	アクセス坑道	
1995/5/19	19:00 KH-19孔流量検層	アクセス坑道	
1995/5/20	17:30 KH-19孔流量検層	アクセス坑道	
1995/5/22	17:00 KH-19孔バッカー設置	アクセス坑道	
1995/5/23	17:00 KH-19孔バッカー設置	アクセス坑道	
1995/5/24	KH-19孔バッカー加圧	アクセス坑道	
1995/5/24	KH-20孔バッカー設置	アクセス坑道	
1995/5/25	KH-20孔バッカー加圧	アクセス坑道	
1995/5/25	KH-19孔水圧観測区間ライン閉鎖	アクセス坑道	
1995/5/26	KH-20孔水圧観測区間ライン閉鎖	アクセス坑道	

イベントヒストリー (250mレベル坑道)

(1/3)

日付	開始時間	終了時間	内容	場所	位置	備考
1994/10/5	10:20		KDK-2孔ハバルブ開放	原位置試験場		孔内載荷試験のため
1994/10/6	9:56	15:23	KDT-1孔ハバルブ開放	原位置試験場		PS検層の実施
1994/10/6	10:05	10:10	ハンマードリルによる削孔 (KDT-1孔口下)	原位置試験場		
1994/10/6	13:17	15:22	KDT-2孔ハバルブ開放	原位置試験場		PS検層の実施
1994/10/7	13:12		KDK-3孔ハバルブ開放	原位置試験場		孔内載荷試験のため
1994/10/8	13:16		KDK-1孔ハバルブ開放	原位置試験場		孔内載荷試験のため
1994/10/8		15:00	KDK-2孔ハバルブ閉鎖	原位置試験場		
1994/10/14	10:45		東北大学応力測定用試験錐孔掘削 (原位置試験場から約4km離れた石灰岩分布域)	東北大学試験場	2	本日までの掘進長 (m)
1994/10/15			東北大学応力測定用試験錐孔掘削 (原位置試験場から約4km離れた石灰岩分布域)	東北大学試験場	5	本日までの掘進長 (m)
1994/10/17			東北大学応力測定用試験錐孔掘削 (原位置試験場から約4km離れた石灰岩分布域)	東北大学試験場	8	本日までの掘進長 (m)
1994/10/17		13:22	KDK-3孔ハバルブ閉鎖	原位置試験場		
1994/10/17		14:55	KDK-1孔ハバルブ閉鎖	原位置試験場		
1994/10/18			東北大学応力測定用試験錐孔掘削 (原位置試験場から約4km離れた石灰岩分布域)	東北大学試験場	11	本日までの掘進長 (m)
1994/10/18	13:10		KDT-1孔ハバルブ開放	原位置試験場		弾性波トモグラフィーのため
1994/10/18	14:10		KDT-2孔ハバルブ開放	原位置試験場		弾性波トモグラフィーのため
1994/10/19			東北大学応力測定用試験錐孔掘削 (原位置試験場から約4km離れた石灰岩分布域)	東北大学試験場	14.3	本日までの掘進長 (m)
1994/10/19		15:15	KDT-2孔ハバルブ閉鎖	原位置試験場		
1994/10/20			東北大学応力測定用試験錐孔掘削 (原位置試験場から約4km離れた石灰岩分布域)	東北大学試験場	18.9	本日までの掘進長 (m)
1994/10/20	9:20		KDT-2孔ハバルブ開放	原位置試験場		弾性波トモグラフィーのため
1994/10/21			東北大学応力測定用試験錐孔掘削 (原位置試験場から約4km離れた石灰岩分布域)	東北大学試験場	20	本日までの掘進長 (m)
1994/10/25		14:42	KDT-1孔ハバルブ閉鎖	原位置試験場		
1994/10/25		14:44	KDT-2孔ハバルブ閉鎖	原位置試験場		
1994/10/31	11:00	14:50	KDS-1孔掘削	原位置試験場	0.5	本日までの掘進長 (m)
1994/11/2	10:10	16:08	KDS-1孔掘削	原位置試験場	1.5	本日までの掘進長 (m)
1994/11/3	10:19	17:45	KDS-1孔掘削	原位置試験場	3.5	本日までの掘進長 (m)
1994/11/5	10:09	12:24	KDS-1孔掘削	原位置試験場	4.15	本日までの掘進長 (m)
1994/11/6	9:40	17:27	KDS-1孔掘削	原位置試験場	7.3	本日までの掘進長 (m)
1994/11/7	10:03	17:27	KDS-1孔掘削	原位置試験場	10.3	本日までの掘進長 (m)
1994/11/8	9:45	15:20	KDS-1孔掘削	原位置試験場	13.65	本日までの掘進長 (m)
1994/11/8			北海道大学地圧測定用試験錐孔掘削 (原位置試験場から約2km離れた場所)	日峰分岐付近	0.5	本日までの掘進長 (m)
1994/11/9	9:45	15:10	KDS-1孔掘削	原位置試験場	15.27	本日までの掘進長 (m)
1994/11/9			北海道大学地圧測定用試験錐孔掘削 (原位置試験場から約2km離れた場所)	日峰分岐付近	0.7	本日までの掘進長 (m)
1994/11/9			北海道大学DRA法用コア採取 (原位置試験場から約2km離れた場所)	日峰分岐付近	1	本日までの掘進長 (m)
1994/11/10	13:20	15:54	KDS-2孔 (+35°) 掘削	原位置試験場	1.35	本日までの掘進長 (m)、この後試験難上げ角修正
1994/11/10	16:25	18:45	KDS-2孔 (+45°) 掘削	原位置試験場	2	本日までの掘進長 (m)
1994/11/11	10:20	17:45	KDS-2孔 (+45°) 掘削	原位置試験場	5	本日までの掘進長 (m)
1994/11/14	10:15	16:23	KDS-2孔 (+45°) 掘削	原位置試験場	7	本日までの掘進長 (m)
1994/11/15	11:00	16:40	KDS-2孔 (+45°) 掘削	原位置試験場	10	本日までの掘進長 (m)
1994/11/16	10:16	19:50	KDS-2孔 (+45°) 掘削	原位置試験場	14.85	本日までの掘進長 (m)
1994/11/17	12:24	12:45	KDS-2孔 (+45°) 掘削	原位置試験場	15.2	本日までの掘進長 (m)
1994/12/9	9:30	15:30	KDH-3孔掘削	原位置試験場	3.05	本日までの掘進長 (m)
1994/12/12	9:30	17:30	KDH-3孔掘削	原位置試験場	8	本日までの掘進長 (m)
1994/12/13	9:30	17:30	KDH-3孔掘削	原位置試験場	15	本日までの掘進長 (m)

イベントヒストリー (250mレベル坑道) (2/3)

1994/12/13	10:17	14:56	KDT-1孔開放	原位置試験場	レーダー法調査
1994/12/13	10:18	14:58	KDT-2孔開放	原位置試験場	レーダー法調査
1994/12/14	9:30	17:30	KDH-3孔掘削	原位置試験場	20 本日までの掘進長 (m)
1994/12/14	9:20	15:07	KDT-2孔開放	原位置試験場	レーダー法調査
1994/12/14	9:22	15:07	KDT-1孔開放	原位置試験場	レーダー法調査
1994/12/15	9:30	17:30	KDH-3孔掘削	原位置試験場	26 本日までの掘進長 (m)
1994/12/15	9:49	12:37	KDT-1孔開放	原位置試験場	レーダー法調査
1994/12/15	10:52	13:55	KDT-2孔開放	原位置試験場	レーダー法調査
1994/12/20			KDK-1孔バルブ開放 (午前)	原位置試験場	透水試験のため
1994/12/20			KDK-1孔透水試験	原位置試験場	
1994/12/21			KDK-1孔バツカ-回収	原位置試験場	透水試験のため
1994/12/21			KDK-3孔バツカ-開放	原位置試験場	透水試験のため
1994/12/22			KDK-3孔バツカ-設置	原位置試験場	透水試験のため
1994/12/24			KDK-3孔バツカ-回収	原位置試験場	透水試験のため
1994/12/26			KDK-3孔バツカ-回収	原位置試験場	透水試験のため
1994/12/27	10:00		KDK-2孔バルブ開放	原位置試験場	透水試験のため
1994/12/27			KDK-2孔バツカ-設置	原位置試験場	透水試験のため
1994/12/28			KDK-1, 2孔バツカ-設置	原位置試験場	透水試験のため
1995/1/5	9:30	17:30	KDH-3孔掘削	原位置試験場	32 本日までの掘進長 (m)
1995/1/6	9:30	17:30	KDH-3孔掘削	原位置試験場	38 本日までの掘進長 (m)
1995/1/7	9:30	17:30	KDH-3孔掘削	原位置試験場	43 本日までの掘進長 (m)
1995/1/7			KDK-3孔バツカ-回収	原位置試験場	透水試験のため
1995/1/9	9:30	17:30	KDH-3孔掘削	原位置試験場	48.65 本日までの掘進長 (m)
1995/1/13			KDK-3孔バツカ-回収	原位置試験場	透水試験のため
1995/1/13	9:30	15:00	KDH-3孔掘削	原位置試験場	50.65 本日までの掘進長 (m)
1995/1/14			KDK-3孔バツカ-設置	原位置試験場	透水試験のため
1995/1/18	11:00	16:00	KDH-3孔BTB	原位置試験場	
1995/1/20			KDH-3孔曲検層	原位置試験場	
1995/1/25			KDK-3孔バツカ-設置	原位置試験場	透水試験のため
1995/1/26			KDK-3孔バツカ-設置	原位置試験場	透水試験のため
1995/1/27			KDK-1~3孔配管	原位置試験場	透水試験のため
1995/1/28			KDK-1~3孔配管	原位置試験場	透水試験のため
1995/1/30			KDK-3孔試験区間水通し	原位置試験場	透水試験のため
1995/1/31			KDK-3孔充填剤一部注入	原位置試験場	透水試験のため
1995/2/1			KDK-3孔充填剤注入	原位置試験場	透水試験のため
1995/2/1			KDK-3, 2孔試験区間閉鎖	原位置試験場	透水試験のため
1995/2/2			KDK-1, 2孔充填剤注入	原位置試験場	透水試験のため
1995/2/2			KDH-3孔バツカ-設置	原位置試験場	
1995/2/3			KDK-1~3孔通水確認 (送水圧8kgf/cm ²)	原位置試験場	透水試験のため
1995/2/3			KDH-3孔バツカ-設置		
1995/2/4			KDH-3孔バツカ-拡張		
1995/2/5			KDK-1~3孔地上部 (流量計等) エア抜き	原位置試験場	透水試験のため
1995/2/7			KDK-1~3孔地上部 (流量計等) エア抜き	原位置試験場	透水試験のため
1995/2/8			KDK-1~3孔地上部 (流量計等) エア抜き	原位置試験場	透水試験のため

イベントヒストリー (250mレベル坑道)

(3 / 3)

1995/2/8	KDH-3孔間隙水圧計初期設定	原位置試験場	透水試験のため
1995/2/8	KDH-3孔パッカー加圧 (10kg/cm ²)	原位置試験場	透水試験のため
1995/2/28	KDK-2, 3孔パッカー加圧	原位置試験場	透水試験のため
1995/2/28	KDK-1孔区間1 (深度173.5cm) 非常透透水試験	原位置試験場	
1995/3/1	KDK-1孔区間1, 2 (88cm)、KDK-2孔区間3 (78cm) 非常透透水試験	原位置試験場	
1995/3/2	KDK-1孔区間1 (173.5cm) 定常注水試験、非常透透水試験	原位置試験場	
1995/3/2	KDK-1孔区間2 (88cm) 定常注水試験	原位置試験場	
1995/3/3	KDK-1孔区間2 (88cm) 定常注水試験 (最終加圧力7.7kg/cm ²)	原位置試験場	
1995/3/4	KDH-1~3孔パッカー加圧	原位置試験場	
1995/3/6	KDK-2孔区間1 (175cm)、区間2 (120cm) 非常透透水試験	原位置試験場	
1995/3/7	KDK-3孔区間1 (150cm)、区間2 (116cm) 非常透透水試験	原位置試験場	
1995/3/8	KDK-3孔区間2 (116cm)、区間3 (78cm) 非常透透水試験	原位置試験場	
1995/3/8	KDK-3孔区間1 (150cm) 定常注水試験	原位置試験場	
1995/3/9	KDK-3孔区間1 (150cm) 定常注水試験、非常透透水試験	原位置試験場	
1995/3/9	KDK-2孔区間1 (175cm) 定常注水試験	原位置試験場	
1995/3/10	KDK-2孔区間1 (175cm) 定常注水試験、非常透透水試験	原位置試験場	
1995/3/10	KDK-2孔区間2 (120cm) 定常注水試験	原位置試験場	
1995/3/13	KDK-2孔区間2 (120cm) 定常注水試験、非常透透水試験	原位置試験場	
1995/3/13	KDK-2孔区間3 (78cm) 定常注水試験	原位置試験場	
1995/3/14	KDK-2孔区間3 (78cm) 定常注水試験	原位置試験場	
1995/3/14	KDH-1~3孔タータロガー交換・セットアップ (0点調整)	原位置試験場	
1995/3/15	KDK-2孔区間2 (78cm) 定常注水試験	原位置試験場	
1995/3/15	KDH-1~3孔0点調整	原位置試験場	

III. Guide for Kamaishi In-Situ Experiments

1995 年 9 月

Guide for Kamaishi In-Situ Experiments

Shin-ichi YAMASAKI*

Abstract

This KT Note is a draft for a new field tour guide for the Kamaishi in-situ experiments.

It is time to revise the guide as important information has been newly acquired after the previous one had lodged. Some interesting experiments such as Non-sorbing Tracer Experiment in a Single Fracture, Excavation Disturbed Zone Experiment, Full-scale Buffer Mass Test and so on are also on-going in line with the five years program for the second phase started in 1993.

Since 1988 PNC has been conducting in-situ experiments at the Kamaishi Mine which is located in mid Kitakami mountainous area, north-east Japan and is the Japan's biggest iron(-copper) mine already mined out in 1993. The investigations and experiments are hosted by Kurihashi granodiorite, one of the granitic bodies of early Cretaceous age intruded into the Kitakami geosynclinal sedimentary pile. The investigations and experiments have been conducted in the northern most of the mining area where less disturbance by mining activities can be expected.

The objectives for the first five years(1st phase) was to understand the deep-underground geological conditions in the granodiorite and to assess the applicability of the instruments and methodology required for investigations and experiments.

The second five years(2nd phase) started in 1993 was put additional issues to be resolved;

- understanding of the depth-dependency of the geological conditions
- detailed characterization of the excavation disturbed zone around a tunnel.

We accordingly set five tasks;

Task-1) detailed characterization of the geological conditions of the granodiorite

Task-2) an excavation disturbed zone experiment including hydrochemical investigation

Task-3) tracer experiments to understand advective and diffusive natures of solute transport in/through/from a single fracture

Task-4) a full-scale buffer mass test for understanding of the coupled thermo-hydro-mechanical behavior of an engineered barrier system and surrounding rock mass

Task-5) seismic, hydrological and hydrochemical observations to accumulate information on the underground's responses to earthquakes.

The investigations and experiments have been conducted mainly on/from horizontal tunnels of elevations of 550m and 250m. One 800m-deep surface borehole also has been providing hydrogeological and hydrochemical information.

Study on earthquake, outstanding from the other investigations and experiments, has been attracting foreign organizations as well as Japan's researchers since the affects of seismicity on the deep underground geological environment have been getting understood.

The author believes that readers may thoroughly understand what PNC has done for past several years and is doing towards our destination, accomplishment of the research and development for the Geological Disposal.

Descriptions are basically as of April 1, 1995 but newer information is added as much as possible and some are left as slightly old fashioned. Another revision would not be expected before March 31, 1998, the strict end of the period for the experiments here.

Key words: in-situ experiment, Kamaishi Mine, Kurihashi granodiorite, tracer experiments, excavation disturbed zone experiment, full-scale buffer mass test, geological characterization

*: PNC Kamaishi Site Office

Guide for Kamaishi In-Situ Experiments

September, 1995

**Power Reactor and Nuclear Fuel
Development Corporation (PNC)
JAPAN**

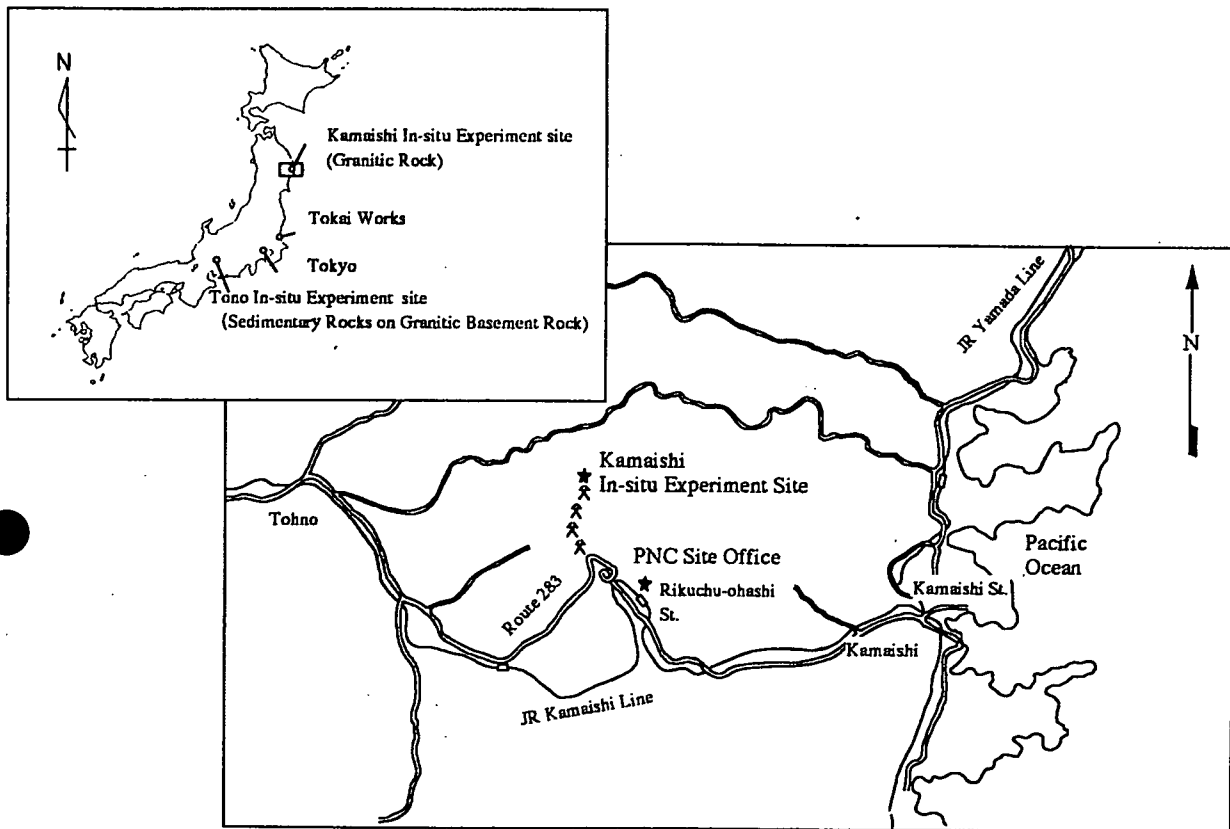


Fig. 1. Location of Kamaishi In-Situ Experiments Site

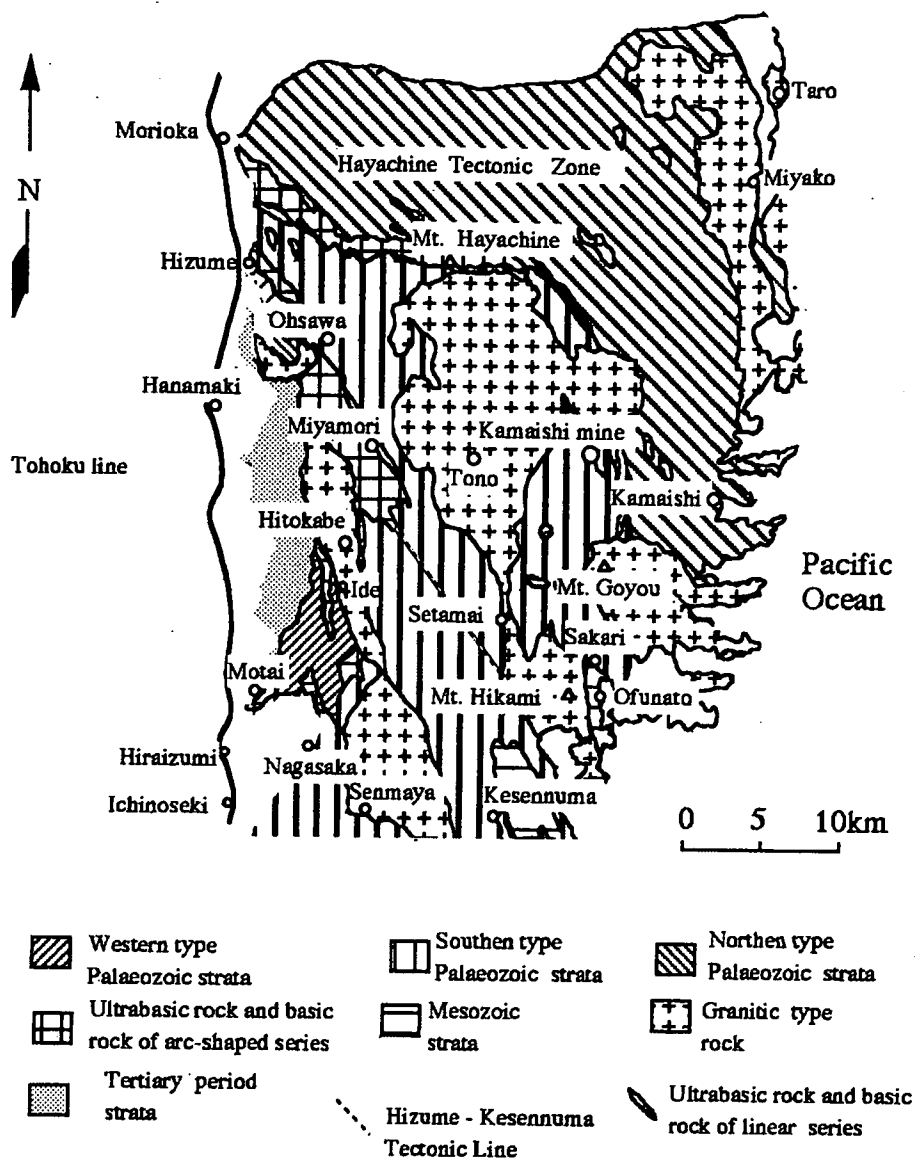


Fig. 2. Outline of Regional Geology

The site is situated in the South-central Kitakami Mountains which consist mainly of early Palaeozoic to Mesozoic so-called geosynclinal sedimentary formations, early Cretaceous granitics intruded into them and contemporaneous or slightly younger acidic to intermediate volcanoclastic and clastic formations.

Kurihashi igneous complex, one of the early Cretaceous granitic bodies, intrudes into Carboniferous to Permian sedimentary formations and gives them contact-metamorphism.

Kurihashi igneous complex is mainly composed of Kurihashi granodiorite, Ganidake granodiorite, Ganidake diorite and porphyrite which are considered to be almost contemporaneous (~12Ma). Skarns formed associated with Ganidake granodiorite intrusion host the Fe-Cu mineralizations of Kamaishi mine along its contact with the sediment.

Main experiments area is situated at the northern-most of 550m a.s.l. tunnel where the tunnel branches off north-east and north-west directed tunnels, namely NE and NW tunnels. These tunnels were excavated for a mineral reconnaissance. NE tunnel runs mainly in Ganidake diorite and NW tunnel in Kurihashi granodiorite. While NW tunnel have hosted and will host main experiments, topmost corner of NE tunnel(KO-10) is well equipped for the earthquake studies.

The characterization of fractured zone and/or faults mainly in the granodiorite, such as air-photo lineament analysis, statistical identification/distinguishment of fractured zones, lithological/mineralogical study including characterization of pore structure and absolute dating of fracture fillings, and so on are being done.

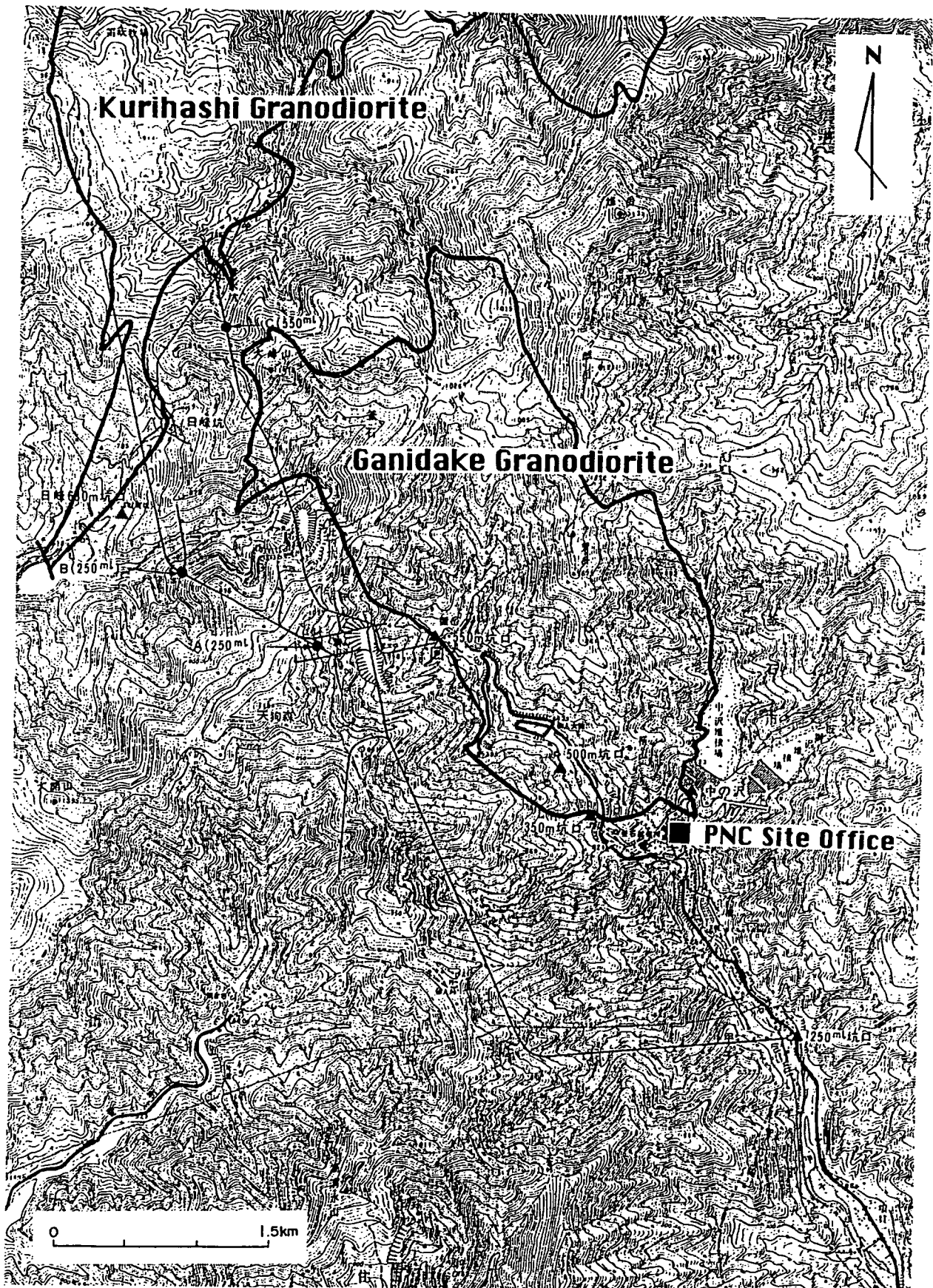


Fig. 3. Early Cretaceous Granodiorites in Kamaishi Mine Area

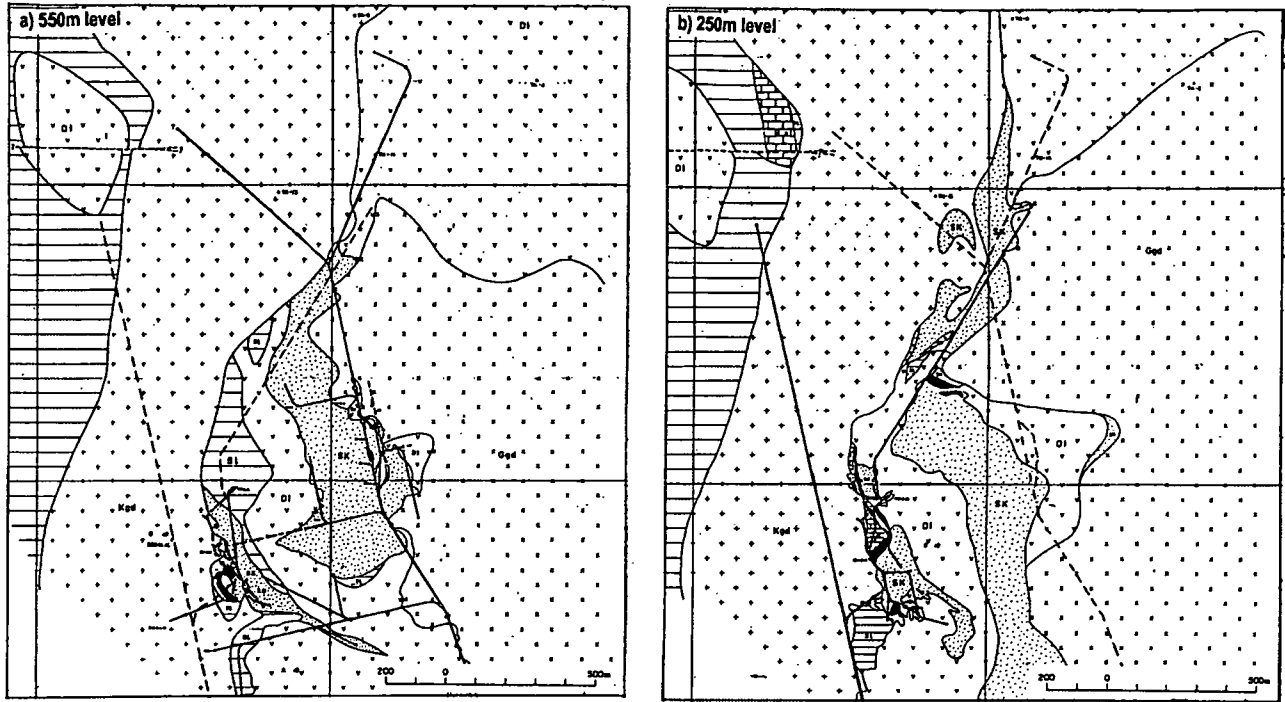


Fig. 4. Geology of the Experiments Area - 550m and 250m levels -

- + + Kurihashi Granodiorite
- x x Ganidake Granodiorite
- v v Diorite
- ▨ Slate
- Skarn

 **Main Experiments Area**

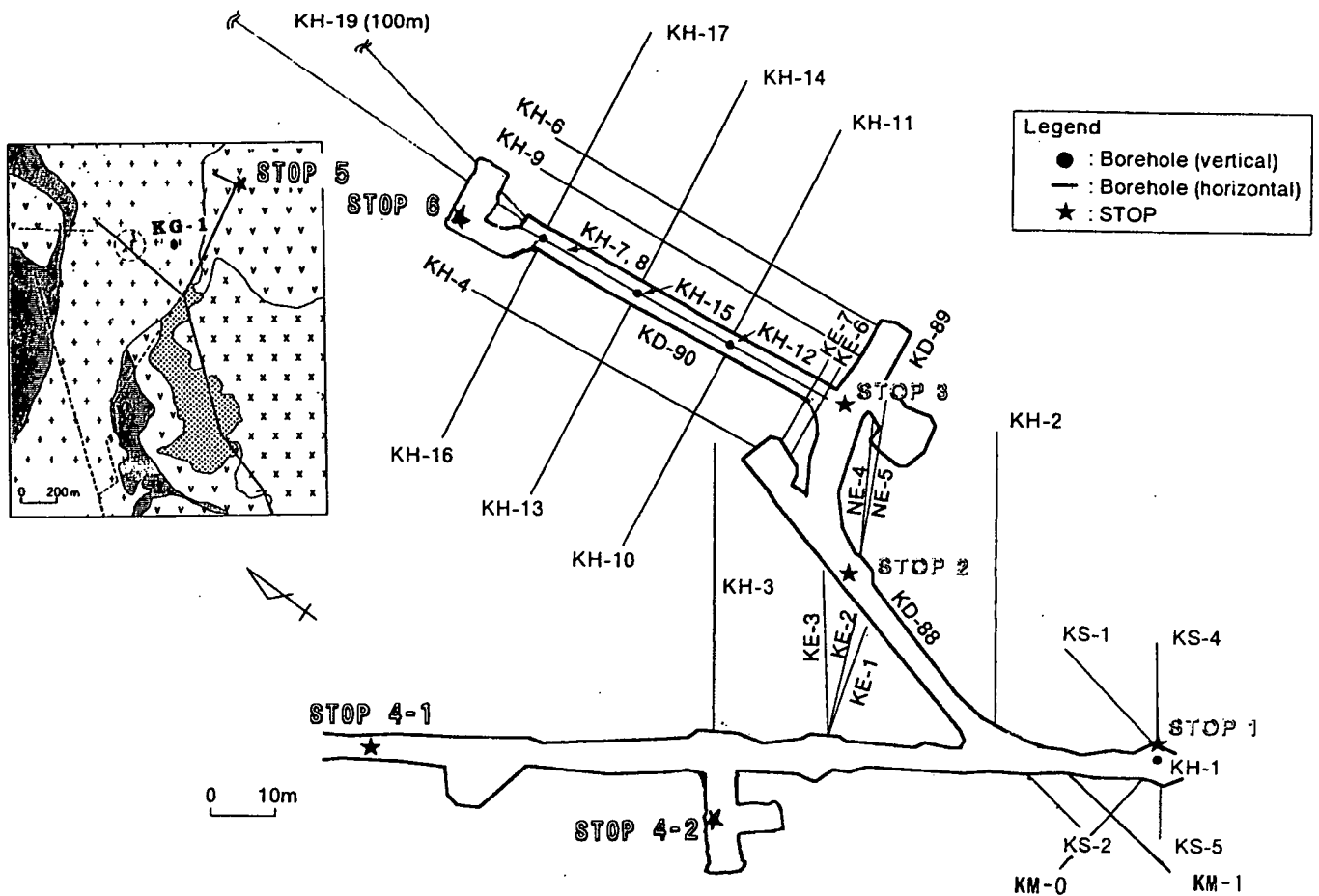


Fig. 5 Stops and Boreholes/Tunnels in the Experiments Area

Boreholes

KH- series: Boreholes for hydro(geo)logical investigation, each of which has been equipped with a water pressure monitoring system with five to eight packed-off sections

KS- and KM- series: Boreholes for principal stress measurement by in-situ overcoring and hydrofracturing methods, cores were used for laboratory stress measurements such as AE, DSCA and DRA methods.

KE- series: Boreholes for stress/strain measurements and hydraulic tests in course of EDZ(Excavation Disturbed Zone) experiments

KG-1: A surface-based borehole for geological, hydro(geo)logical and hydrochemical investigations

Fracture characteristics

To understand the fractures' nature around the experiments area,

- * tunnel-wall fracture mapping
- * drill core fracture mapping
- * BTV

have been conducted and we acquired the information;

- * Predominating fracture system striks 65 to 75 degrees clockwise from North and dips 75 to 85 degrees towards NW (Fig. 6).
- * Averaged frequency of fractures whose traceable length is longer than 3 meters is 1.31 a meter.
- * Fracture fillings are classified into 5 groups;
 - = prehnite/epidote
 - = prehnite/chlorite
 - = chlorite/zeolite(laumontite, stilbite)
 - = calcite veinlet
 - = zeolite veinlet
 - = quartz veinlet

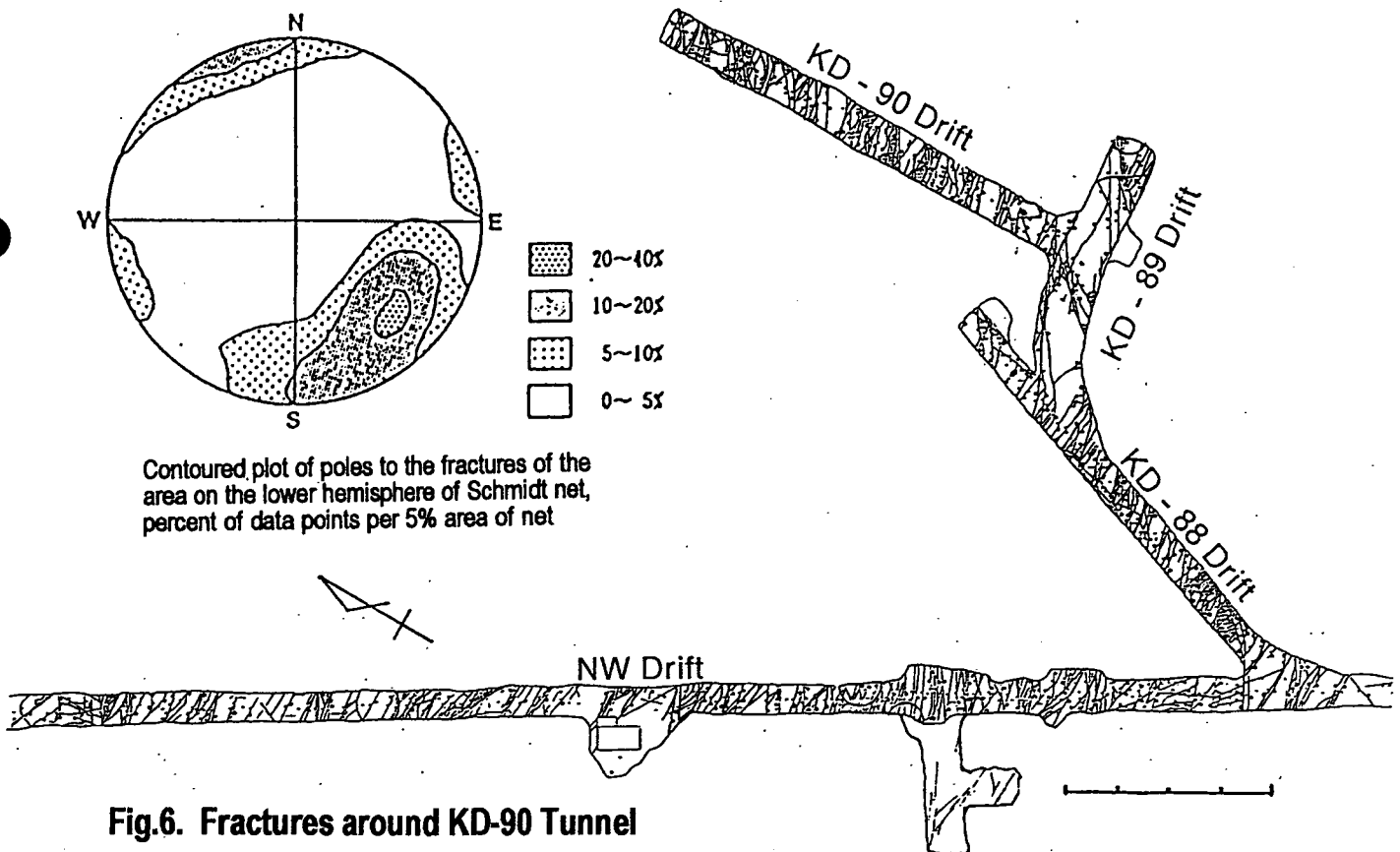


Fig.6. Fractures around KD-90 Tunnel

STOP 1-2

Hydrogeology, borehole KH-1

A borehole KH-1, 500m deep, drilled vertically from 550m level tunnel has been used for hydrogeological investigations;

- * Jhonson's Formation Test(JFT) in packed-off sections of 10m and 5m long.
- * Pressure/flow volume tests in larger(100m long) packed-off sections.

Cores from the hole were also used for

- * Laboratory permeability measurements by transient pulse method.

The results are shown on Fig.7. We can roughly say that the Kurihashi granodiorite has its average hydraulic conductivity of about $n \cdot 10^{-7}$ to 10^{-6} cm/sec. Figures obtained by laboratory measurement may represent the very intact rock's permeability and it also is worth to note that one JFT figure obtained from shallowest section corresponds to a fractured zone.

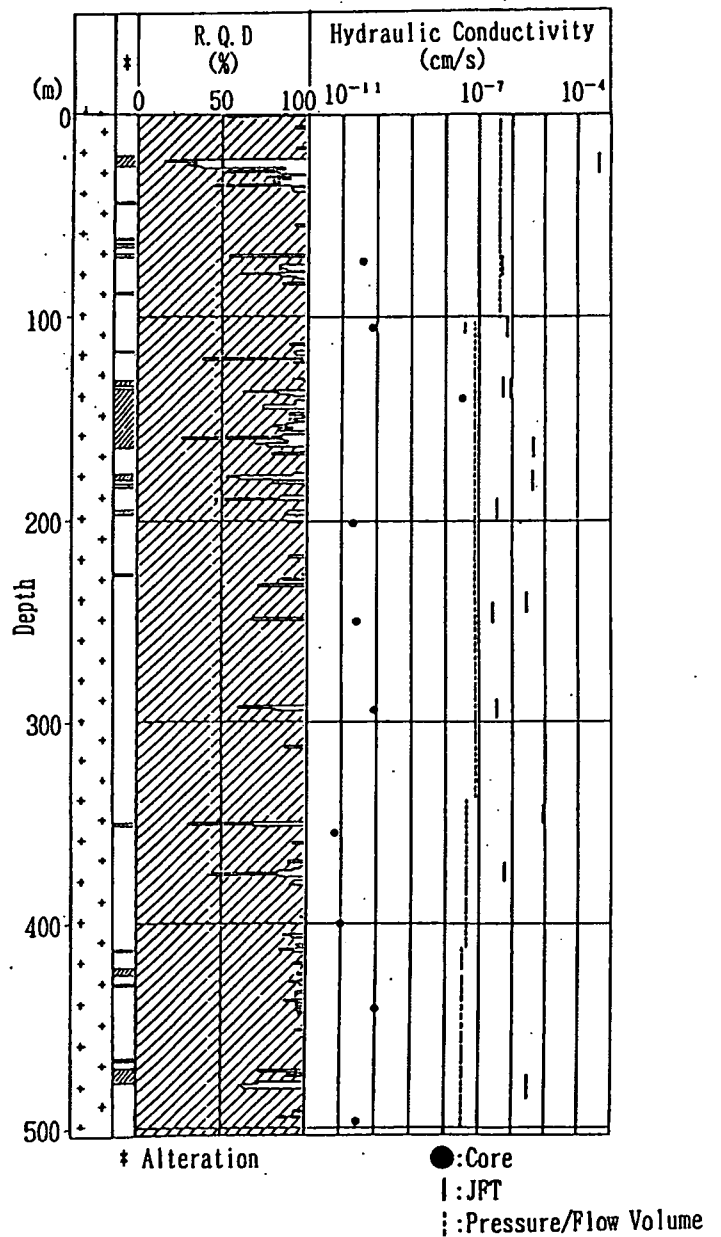


Fig. 7. Results from Hydraulic Tests in the Borehole KH-1

Principal Stress Measurements

To understand the deep underground rock stress condition and to evaluate the applicability of the methods we have so far, over-coring and hydraulic-fracturing methods were introduced. Cores from the boreholes were also used for laboratory stress measurements by AE method, Deformation Rate Analysis(DRA) and Differential Strain Curve Analysis(DSCA).

In addition to the measurements on 550m level tunnel(Fig: 8), another stress measurements also were conducted on 250m level tunnel.

The results may be concluded that(Tables and Fig.9, 10);

- * The direction of the maximum principal stress tends to NS rather than EW which can easily be expected from the present regional tectonic context(the plates configuration).
- * The vertical component of the stress is meet with its overburden and the lateral/vertical ratio varies 2 to 4.

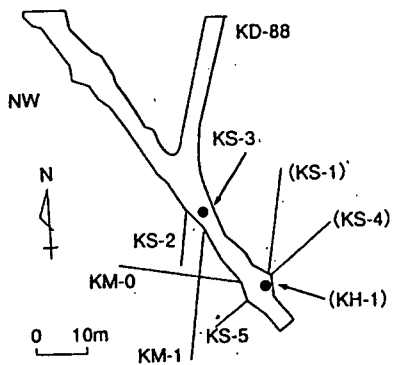


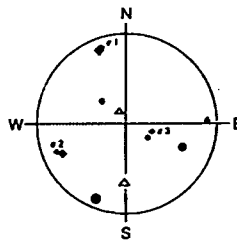
Fig. 8. Boreholes for the Principal Stress Measurement (KS-; 1988, KM-; 1994)

*Borehole Deformation Method

(MPa)	(●) (1988, 550m level)
σ_1	19.2 N25° E 2°
σ_2	17.1 N70° W 30°
σ_3	6.0 N52° W 60°

*Conical-ended Borehole Technique

(MPa)	(◆) (1994, 550m level)
σ_1	29.9 N18° W 13°
σ_2	7.8 N68° E 17°
σ_3	3.0 N73° W 68°



*Conical-ended Borehole Technique

(MPa)	(△) (1995, 250m level)
σ_1	48.3 N1° E 5°
σ_2	26.8 N12° W 52°
σ_3	17.8 N89° W 38°

Fig.9. Directions of Principal Stress (Projected on the lower hemisphere of Schmidt net)

- * The overcoring and hydrofracturing methods both have the efficiency as those for in-situ measurements. On the other hand the methods using cores from boreholes are still under examination stage to confirm their validity.

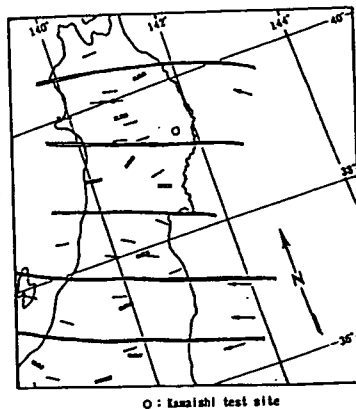


Fig.10. Regional Figure of Maximum Horizontal Stress in NE Japan (after Kasahara et al., 1982 and Ueda, 1984)

Groundwater Chemistry

Chemical and isotopic compositions of waters in the granodiorite, inflow waters to tunnels and waters sampled from the boreholes including the surficial one, KG-1 have been analysed. The results show an interesting picture of groundwater chemistry such as composition distribution, origins, ages and so on. These information allow us to infer the groundwater flow regime.

The groundwater of the experiments area can be classified into six types (Fig. 11). Inflow waters from Ganidake granodiorite tend to have more sulphate ion (about right up corner of the figure) than those from Kurihashi granodiorite.

- Type 1 (HCO_3^-): A shallower water in high conductive zones in Kurihashi granodiorite
- Type 2 (HCO_3^-): A slightly deeper water in less conductive zones of Kurihashi granodiorite
- Type 3 (HCO_3^-): A mixed type; type 1 + type 4
- Type 4 ($\text{HCO}_3^-/\text{SO}_4^{2-}$): A water in skarn bodies with SO_4^{2-} ion supplied by sulphide minerals in the skarn
- Type 5 (SO_4^{2-}): A deeper type water, characterizes the water in Ganidake granodiorite, SO_4^{2-} derived from sulphides in the granodiorite
- Type 6 ($\text{HCO}_3^-/\text{SO}_4^{2-}$): A mixed type; type 1 + type 2 + type 5

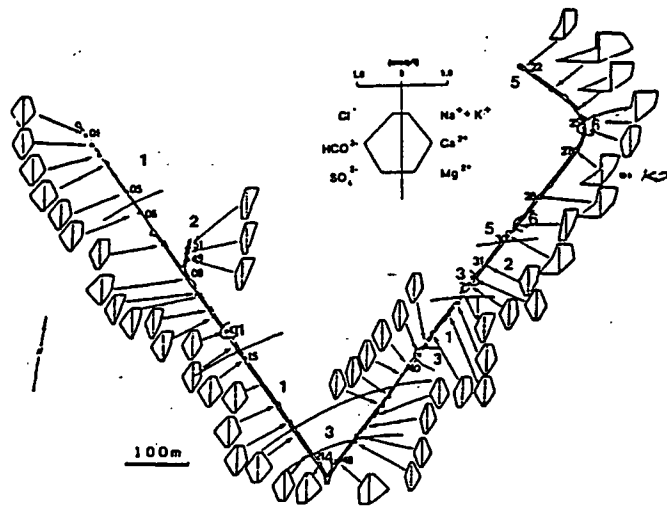


Fig. 11. Groundwaters in the Experiments Area

The $\delta^2\text{H}/\delta^{18}\text{O}$ relation of the sampled waters are plotted on an area between two meteoric lines (Fig. 12) which implies their

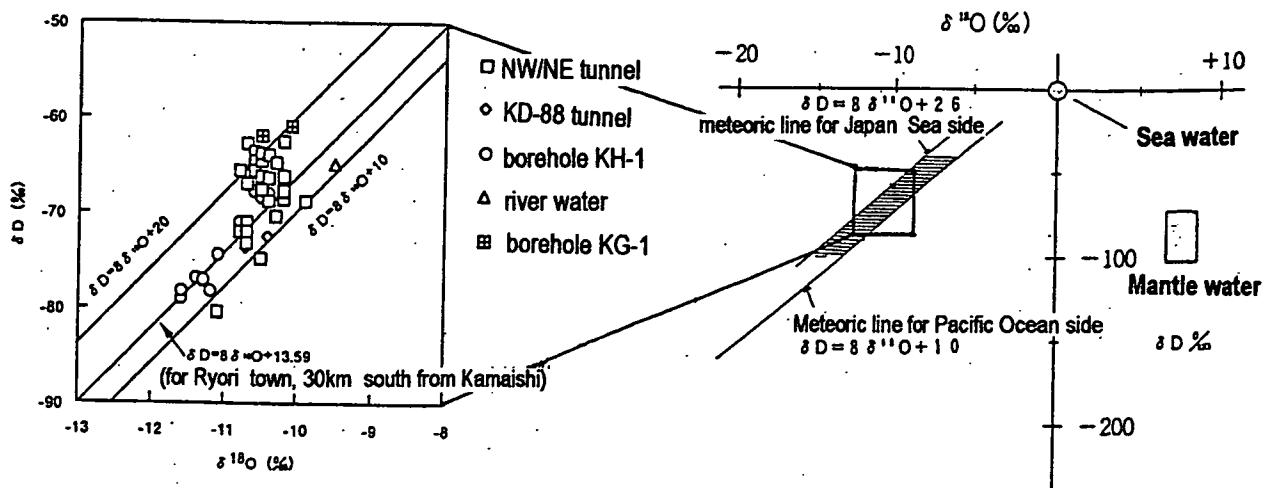
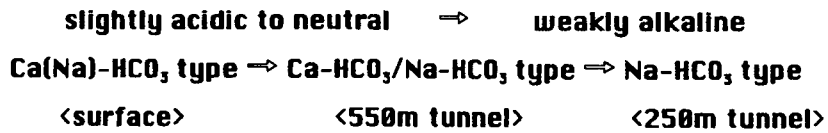


Fig. 12. Stable isotope composition of groundwater in the experiments area

meteoric origine. Also note that waters from deeper sections of KH-1 have lighter isotopic composition which caused by the temperature effect on isotopical differentiation.

Tritium(³H) contents in the deepest water of KH-1 was less than 1 TU(tritium unit) which indicates its age of older than 40 years. On the other hand those of the inflow waters to 550m and 250m tunnels give 8 to 12 TU from which their age of about 25 to 30 years is estimated.

Fig.13 shows a general trend of water composition change downwards;



All the information above described can be combined to draw a schematic groundwater flow.

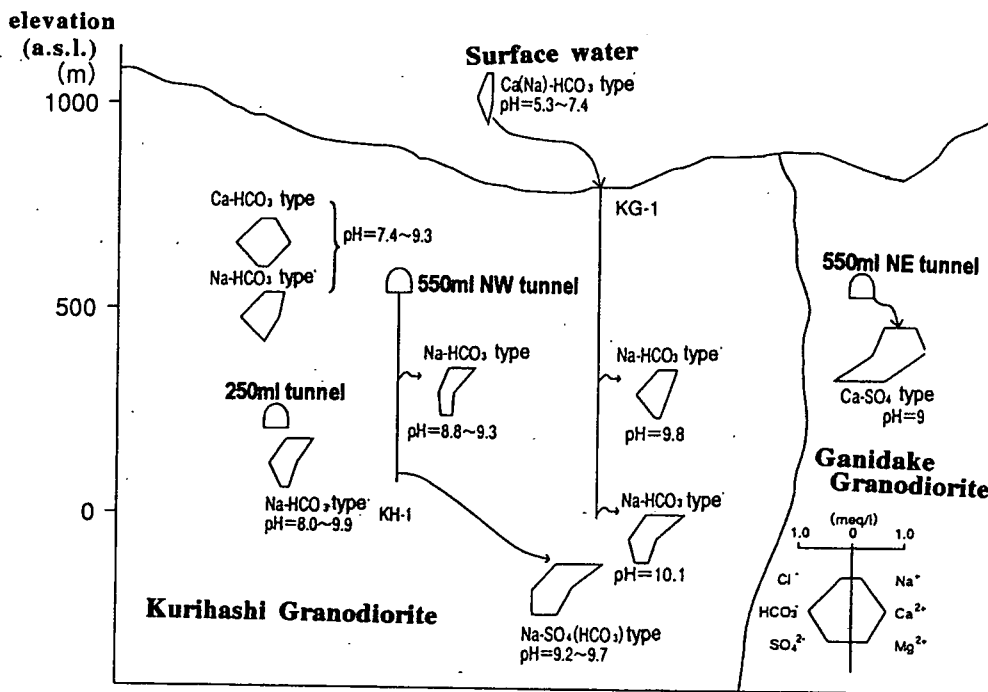


Fig. 13. Schematic Distribution of Hydrochemistry and Geology

STOP 2

Excavation Disturbed Zone Experiments

In order to understand tunnel excavation effects on the surrounding rock mass, we have conducted two serieses of mine-by experiment. The tunnels excavated are named KD-88 and KD-89. Specification of both tunnel excavations is summarized below;

	KD-88	KD-89
Tunnel direct.	Right to pred. fract. direct.	Parallel to the fract.
Tunnel face shape	Horse shoe shape	Larger oblong rectangle
Excav. method	Normal blasting	Smooth blasting
Property/behavior interested in	Permeability, deformability, stress, strain	Permeability, deformability, stress, strain

For each case, changes of stress and strain around the excavating tunnels in accordance with the tunnel face advance were monitored and modelling trials had done to describe the changes. Before and after the excavation, hydraulic tests and borehole jack tests were also done in boreholes sections both one meter and two meters away from tunnel wall. Fig.14 and 15 show the configurations and results of the experiments on KD-88 and KD-89 tunnels.

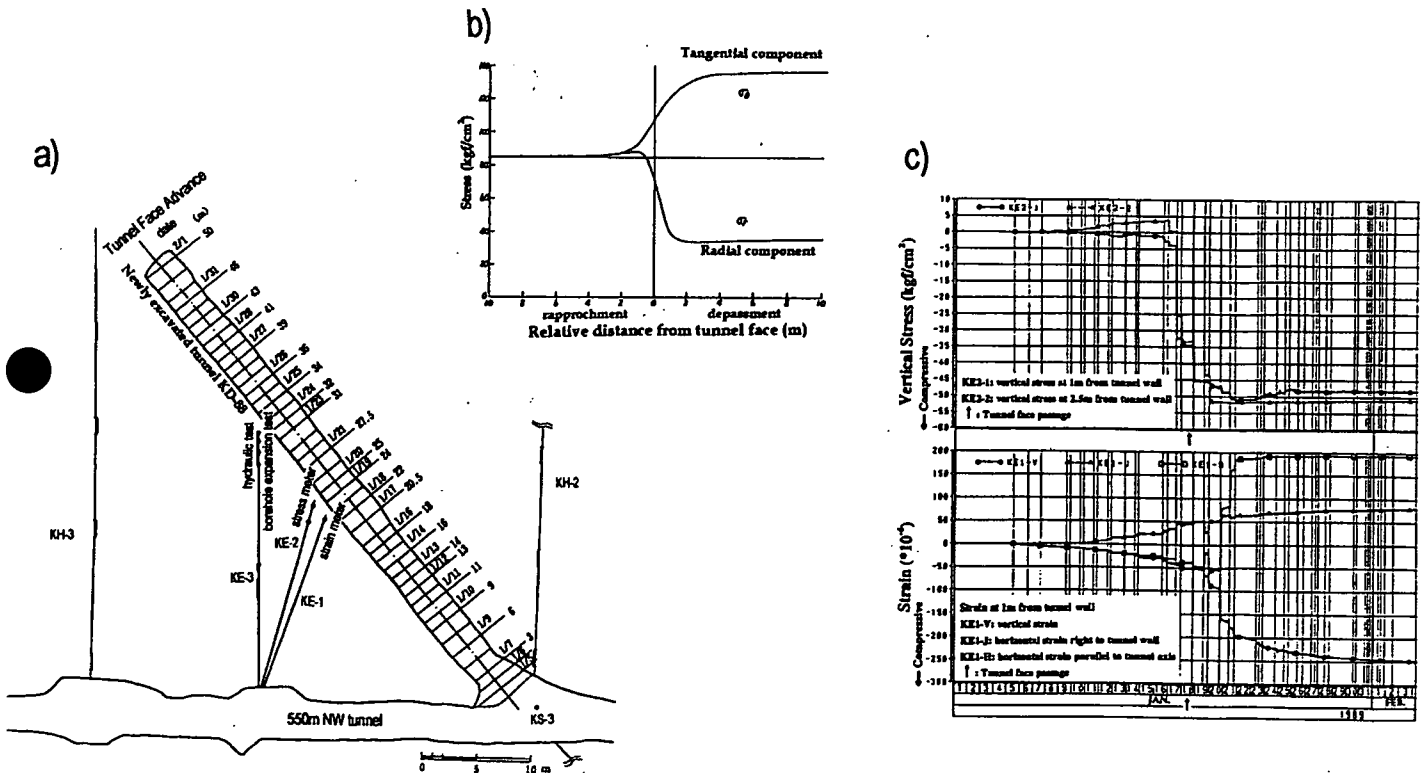


Fig. 14. Experimental configuration and results of the 1st mine-by experiment, 1988

a) Experimental configuration, b) Calculated stress at 1m from a round-shaped tunnel wall, c) Observed changes of stress and strain

About tunnel face passage, sharp changes of vertical stress and vertical strain to compressive side and a gradual change of horizontal strain, perpendicular to tunnel wall, to compressive side (Fig.14) were well explained by numerical analysis and considered to be elastic. But it also shows sharp change of horizontal strain, parallel to the tunnel wall, to tension side which thought to be a result by displacements of rock blocks wedge-shaped by fractures. Pre- and post-excavation figures of permeability and modulus of elasticity are shown on Fig.15. Post-excavation decrease of both permeability and elasticity were recorded 1 meter from tunnel wall but little change are seen 3 meters from tunnel wall.

We have drawn fairly qualitative conclusions that;

- * Rock mass around a tunnel behaves as an elastic media.
- * New fracture generation and/or reactivation of old fractures possibly be expected within a zone 1 meter from tunnel wall.
- * Post-excavation permeability is likely to be measured under unsaturated condition.
- * The important issue to be considered is how we can treat fractures.

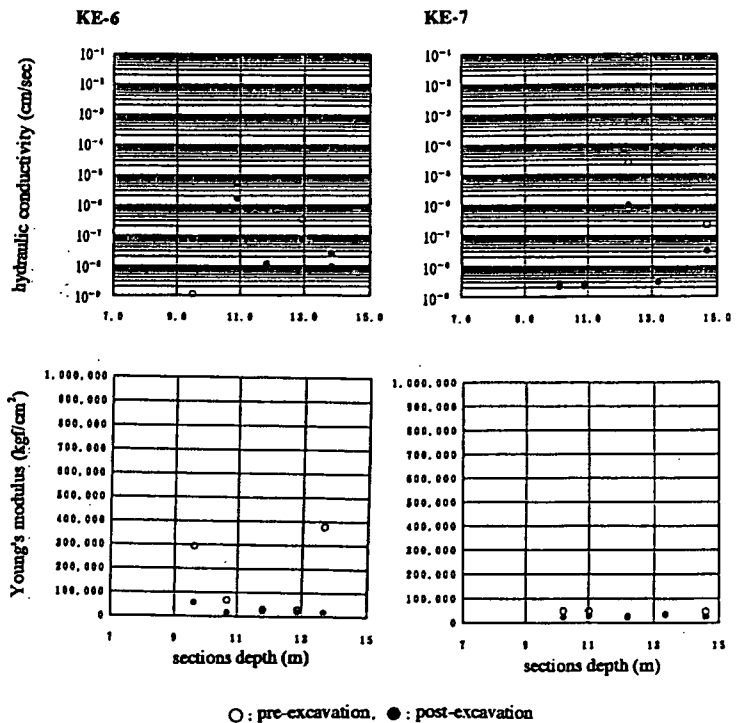
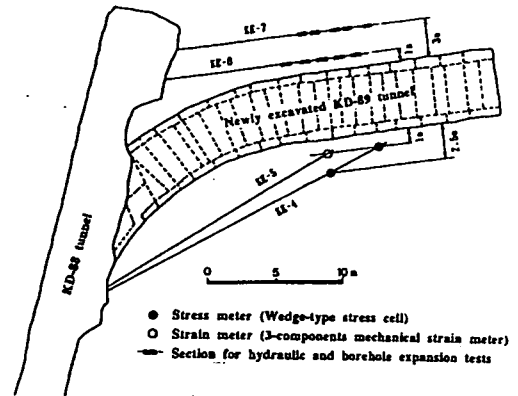


Fig. 15. Experiment configuration and comparisons of permeability and elasticity of pre- and post- excavation

Following the experiments on 550m level tunnel in the 1st Phase, in order to get more precise knowlege on the excavation disturbed zone, we moved down to 250m level tunnel to conduct another mine-by experiment where we have thicker(730m) overburden than at the previous site(260m). In the experiment we have newly put a hydrochemical monitoring to understand the oxigen invasion effects on the (hydro-)chemical condition of surrounding rock mass. General view of the experimental design is shown on Fig.16.

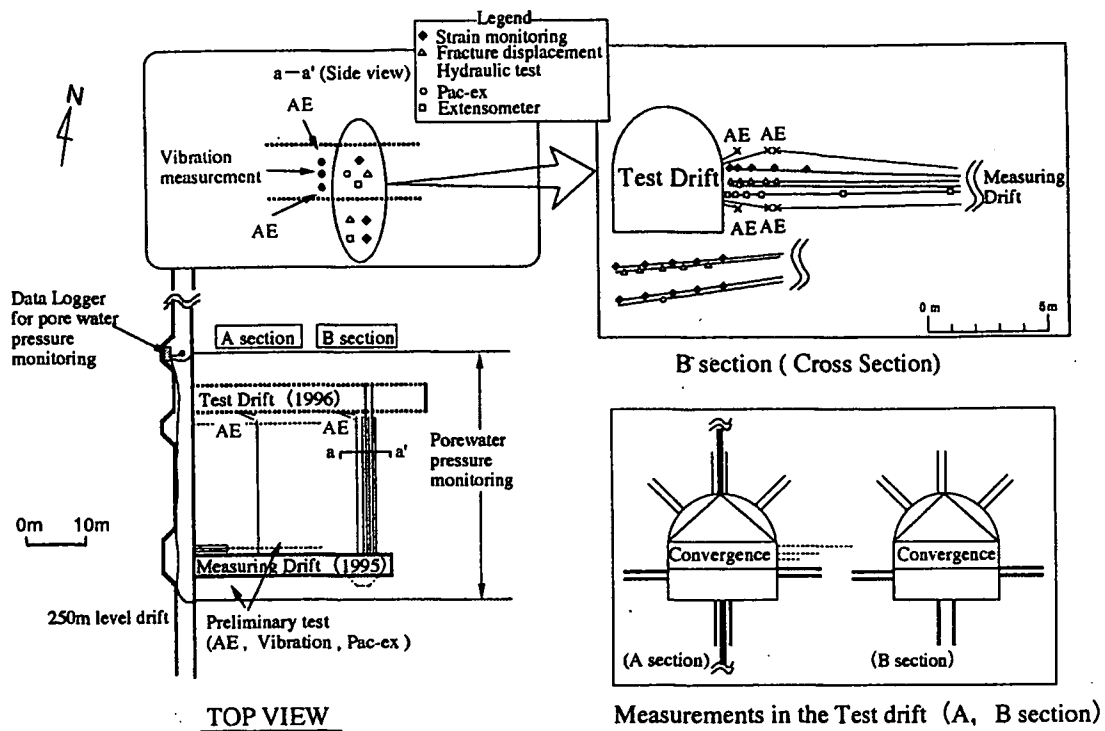


Fig. 16. Schematic Design of the 3rd Mine-by Experiment on 250m Level Tunnel started in 1995

STOP 3

A comprehensive experiments have been conducted to understand the groundwater flow regime of the volume of some tens meters to a few hundred meters around KD-90 tunnel. The experiments comprise;

- Crosshole geophysical surveys
- Crosshole hydraulic test
- Excavation of KD-90 tunnel
- Tunnel-scale permeability test
- Tracer experiment (1st campaign)
- Water pressure monitoring

Within a less disturbed volume, some tens meters beyond the KD-90 tunnel, the 2nd campaign of tracer experiment is under way (cf. Stop 6).

The layout of tunnels and boreholes of the area is shown on Fig. 17.

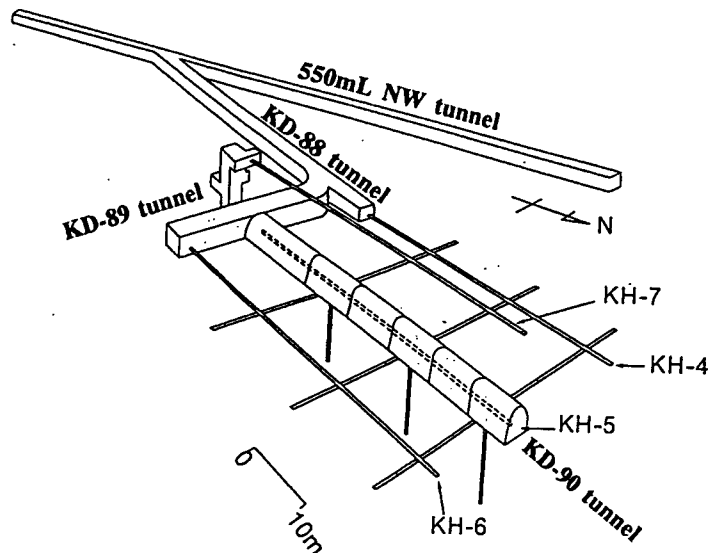


Fig.17 Schematic view of tunnels and boreholes

Crosshole Geophysical Surveys

In order to predict the spacial extent and dimension of fractured zones, the radar and resistivity tomography methods were employed.

Crosshole Rader measurements by Swedish RAMAC System have been done for the boreholes KH-4/KH-5, KH-5/KH-6, KH-5/KH-7, KH-4/KH-7 and KH-6/KH-7, and resistivity measurements for KH-4/KH-5, KH-5/KH-6 and KH-5/KH-7. The distance between boreholes is about 12m(KH-4/KH-5, KH-5/KH-6, KH-5/KH-7) and 17m(KH-4/KH-7, KH-6/KH-7).

Results of RAMAC survey are shown on Fig.18. Zones of high radar residual slowness seem to correlate to those of low resistivity where inflow to boreholes were observed by BTV (Fig.18

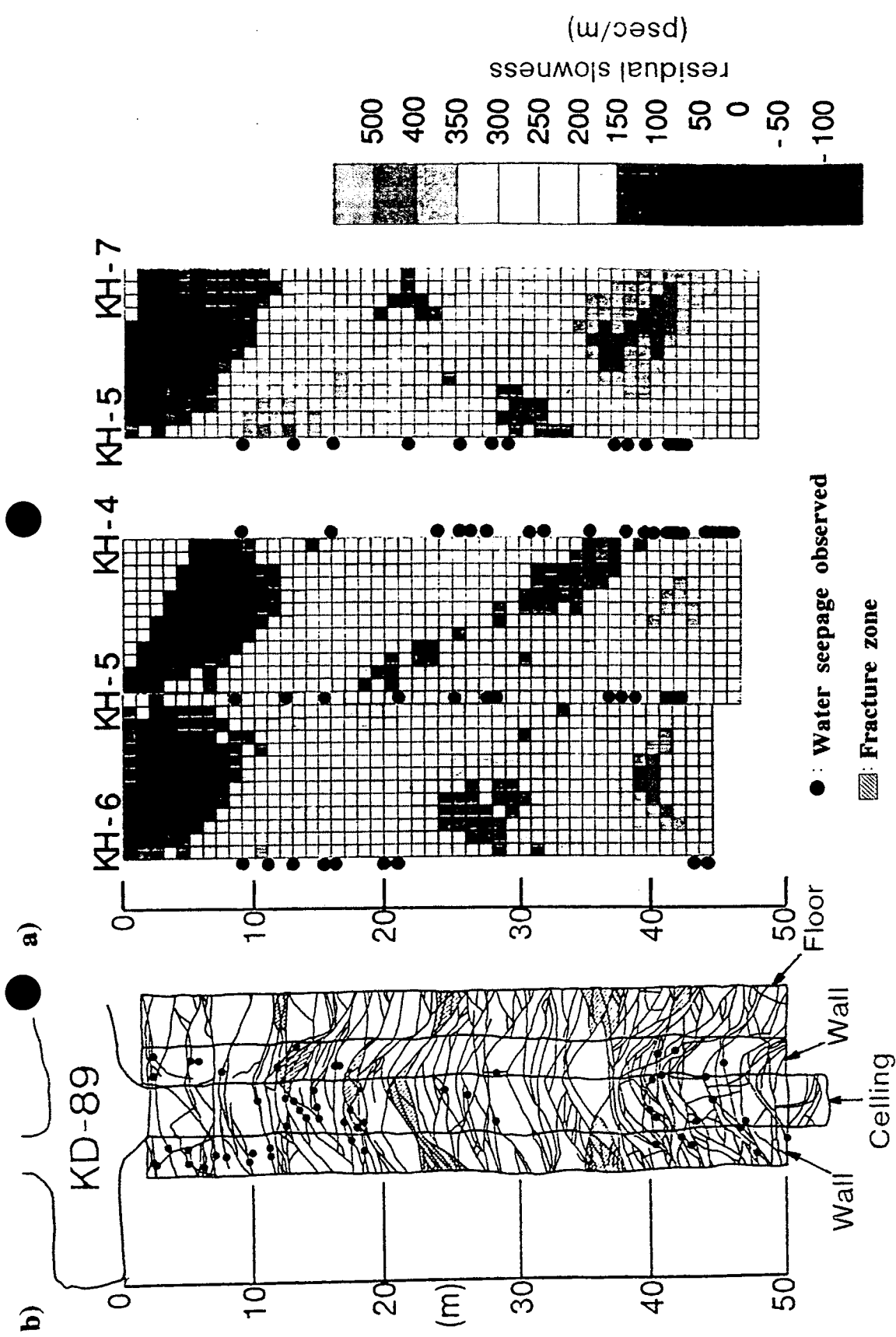


Fig.18 Rader slowness tomograms and fractures of KD-90 tunnel

(a)). The zones also have a good spacial correlation with the fracture and inflow rich zones confirmed after KD-90 tunnel excavation(Fig.18 (b)).

A complementary analysis with an introduction of anisotropies of resistivity of the rock between the direction of the boreholes axis and the direction right to it gave a better picture. The average of calculated resistivity of that direction is 30% bigger than that of this direction. That direction is perpendicular to the predominating fracture system in the area.

It may be concluded that by crosshole geophysical methods we got a schematic view of the distribution of fracture-rich zones in KD-90 area and that within a limited distance the methods be able to detect fracture-rich zones with a spacial accuracy of a few meters. Further developments are required to have a longer hole-distance with better accuracy and resolution.

Crosshole Hydraulic Test

The test has been conducted in order to understand the anisotropy of hydraulic conductivity of the rock mass as a 3-dimensionally homogeneous anisotropic porous media and to evaluate the applicability of the testing method.

Four boreholes, KH-4, 5, 6 and 7 were used for the test. Water pressure responses to injections from one of two certain sections of a borehole with a constant flow rate were monitored by the sections of the other holes(Fig.19). A simultaneous injection from four sections of a hole was also tried.

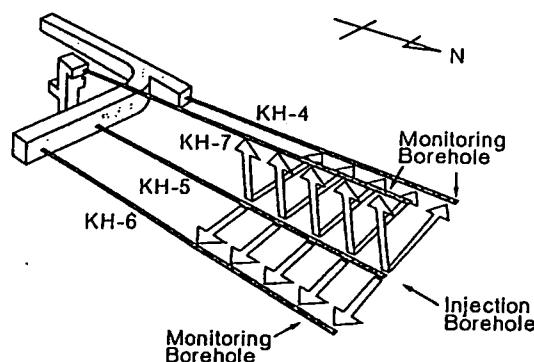


Fig.19 Boreholes layout for crosshole hydraulic test

It is given in the analysis that the rock mass is a 3D

homogeneous anisotropic porous media and the subjected area is under iso-potential condition. The data of a few sections whose initial water pressures were low were omitted from the calculation.

Calculated hydraulic conductivity tensor and specific storage are summarized as a table and the relationship between the tensor and the predominating fracture system of the area is shown on Fig.20. Obtained results are quite reasonable as the minimum

	Hydraulic conductivity (cm/sec)	Strike (degree)	Dip (degree)
K_1	$5.92 \cdot 10^{-3}$	245.4	41.8
K_2	$1.94 \cdot 10^{-3}$	60.5	48.2
K_3	$5.49 \cdot 10^{-4}$	153.3	2.4

Specific storage $S_s = 8.50 \cdot 10^{-9} \text{cm}^{-1}$
 Strike: clockwise angle from north
 K_1 : maximum, K_2 : intermediate, K_3 : minimum

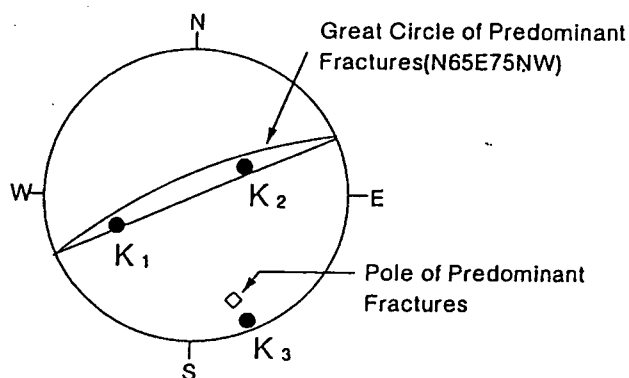


Fig.20 Summary of the results of the crosshole hydraulic test

hydraulic conductivity, K_3 axis is perpendicular to the fracture system and the others, K_1 , K_2 axes are within the fractures plane. Relatively high hydraulic conductivity is thought to be derived from the selection of data used from the permeable sections where inflow water was observed by BTV.

Tunnel-scale Permeability Test

Nine boreholes about 30m long, KH-10 to 18, were drilled from KD-90 tunnel and each borehole were packed off into 6 sections about 5m long for water pressure measurement. KD-90 tunnel was divided into 5 sections of 7.5m in length, each of which has a weir(Fig.21). Firstly only the inflows into the sections were measured. Secondly evaporation from tunnel wall was also taken into account. Each section was isolated from the other sections by walls on both sides and was ventilated with warmed air to get the evaporation from measured moisture of inlet and outlet airs.

Hydraulic conductivity(K) is calculated with a fairly simple

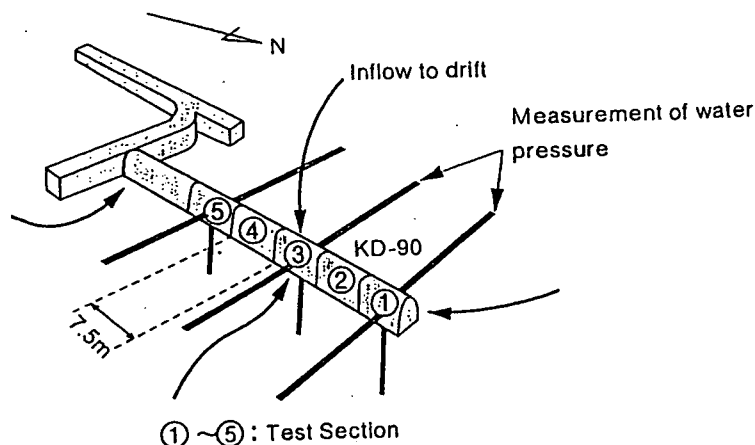


Fig.21 Tunnel sections and boreholes used for the experiment

equation which stands on homogeneous, isotropic medium and radial flow condition;

$$K=Q/2\pi Li$$

where Q: inflow+evaporation, L: section length(=7.5m), i: averaged hydraulic gradient(obtained from water pressure data).

Regarding inflow, the hemispherical flow effect at the end of the tunnel was considered.

The results summarized as a table below show the hydraulic conductivity of tunnel-scale rock mass be some 10^{-6} cm/sec to 10^{-7} cm/sec.

Results from Tunnel Scale Hydraulic Tests

	section nos.	section length m	Evaporation cc/min	weir flow cc/min	total inflow cc/min	corrected inflow cc/min	hydraulic gradient (°E-2)	hydraulic conductivity cm/sec
Base case	1	7.5	-	623.0	623.0	357.0	5.39	2.34E-06
	2	7.5	-	548.0	548.0	548.0	5.09	3.81E-06
	3	7.5	-	26.8	26.8	26.8	4.78	1.98E-07
	4	7.5	-	29.4	29.4	29.4	4.58	2.27E-07
	5	7.5	-	401.0	401.0	401.0	4.38	3.24E-06
	1+2+3+4+5	37.5	-	1628.2	1628.2	1416.5	4.85	2.07E-06
Ventilated case	1	7.5	80.6	547.3	627.9	359.8	4.94	2.58E-06
	2	7.5	131.5	450.7	582.2	582.2	4.68	4.40E-06
	3	7.5	49.8	0.0	49.8	49.8	4.41	3.99E-07
	4	7.5	28.0	0.0	28.0	28.0	4.42	2.24E-07
	5	7.5	139.5	343.3	482.8	482.8	4.43	3.85E-06
	1+2+3+4+5	37.5	429.4	1341.3	1770.7	1540.5	4.59	2.38E-06

Tracer Experiment (1st campaign)

In order to get hydrological and solute transport properties of a fracture around a tunnel, a series of tracer tests has been done. Two boreholes, namely KH-7 and KH-8, drilled parallel to and above the KD-90 tunnel were used(Fig.22).

The experiment comprises core/BTV/tunnel wall fracture observations, crosshole interference tests, dye tracer test between the boreholes, two non-sorbing tracer tests. A modelling effort with a discrete fracture network code FracMan/MAFIC has done to explain the tracer break-through.

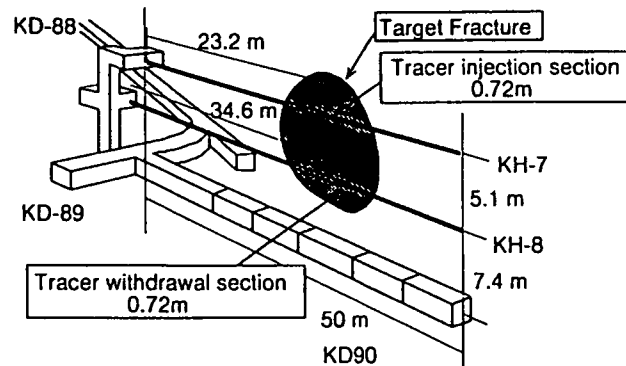


Fig.22 Scheme of the Experiment

The interference tests and dye tracer test identified the connectivity of fractures and a fracture which meets at 23.2m of KH-7 and at 34.6m of KH-8 was chosen for the tracer tests.

Two saline water tracer tests have done under different injection/recovery pressure conditions(see Table). The second test

Table: Conditions for the tracer experiment

Test No.	Section	Hydraulic Head*	Flow Rate	Qout/Qin**	Recovery
		m	m ³ /sec.		
1	Injection	36.5	2.83×10 ⁻³	0.53	29.6
	Withdrawal	14.4	1.50×10 ⁻³		
2	Injection	27.5	0.95×10 ⁻³	2.18	71.6
	Withdrawal	12.4	2.07×10 ⁻³		

*:Datum is the center of KD-90

**:(Withdrawal flow rate)/(Injection flow rate)

recovered 71.6% of injected tracer. Hydraulic conductivities of both sections were obtained by additional hydraulic tests after the tracer tests.

In the modelling the fracture was given a heterogeneity of transmissivity and the matrix diffusion was also taken into account. A result of the analysis is shown on Fig.23. The discrete fracture

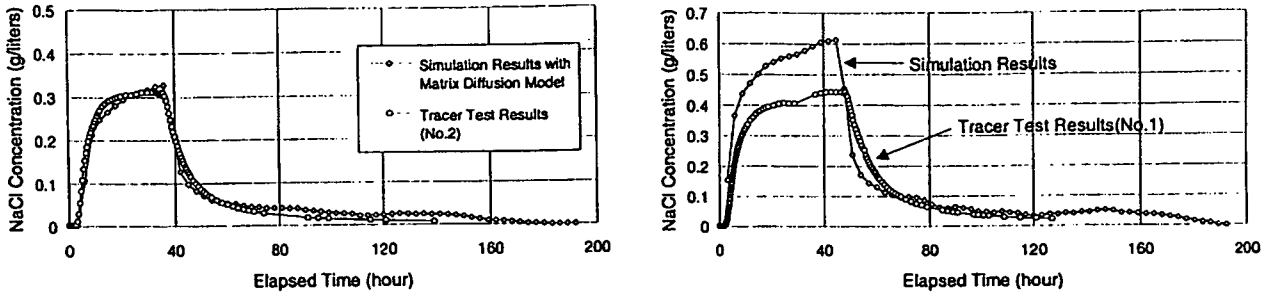


Fig.23 Simulation result of tracer experiment, test No.2(left) and No.1

network model incorporated with the matrix diffusion seems to be able to explain the tracer break through well.

Hydrological Monitoring

The monitoring system is composed of water pressure monitoring and tunnel inflow monitoring.

Fourteen boreholes around KD-90 tunnel, KH-4, 6, 9 to 20 (Fig.24) and another three boreholes drilled from 250m tunnel(cf. Fig.16) are packed-off into 6 to 8 sections and pressure data are

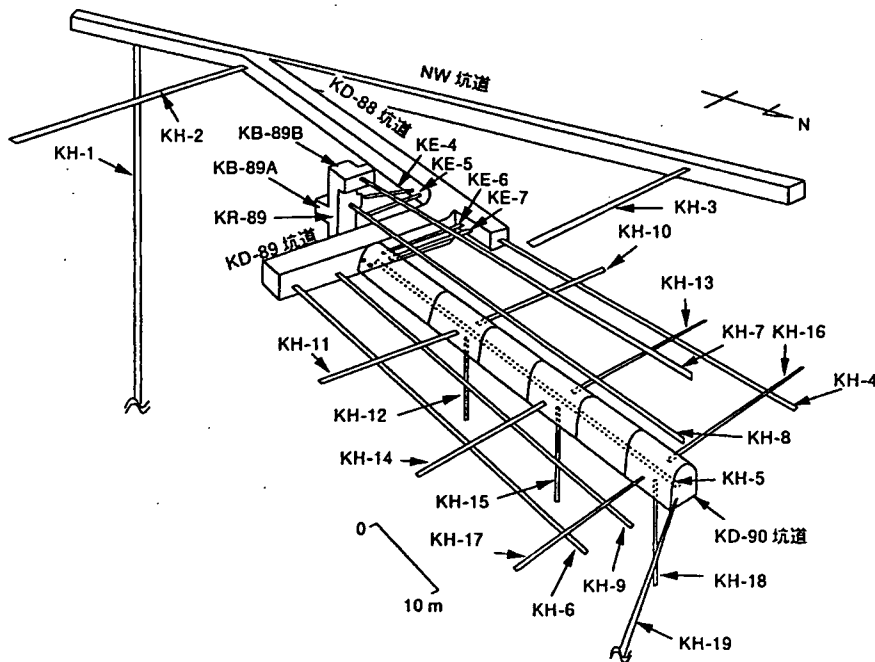


Fig.24 Boreholes around KD-90 tunnel

recorded on memory cards every 5 minutes. Other than these holes a surficial borehole KG-1(Fig.5) which are installed with MP system with 20 sections and a borehole KH-1 drilled downward from NW tunnel with a length of about 500m also give pressure data once a week. Three boreholes at the end of 550m NW tunnel(cf. Fig.31) are monitoring water pressure to acquire the earthquake induced pressure changes.

There are 5 weirs to measure tunnel inflow every week.

During the period of the borehole KH-19 drilling, following hydraulic tests and installation and dismounting of a packer system the boreholes around KD-90 tunnel showed a very interesting response to the events(Fig.25).

Clear seasonal changes of the water pressure of KWP-1 holes is shown on Fig.26. The changes seem to follow the rainfall.

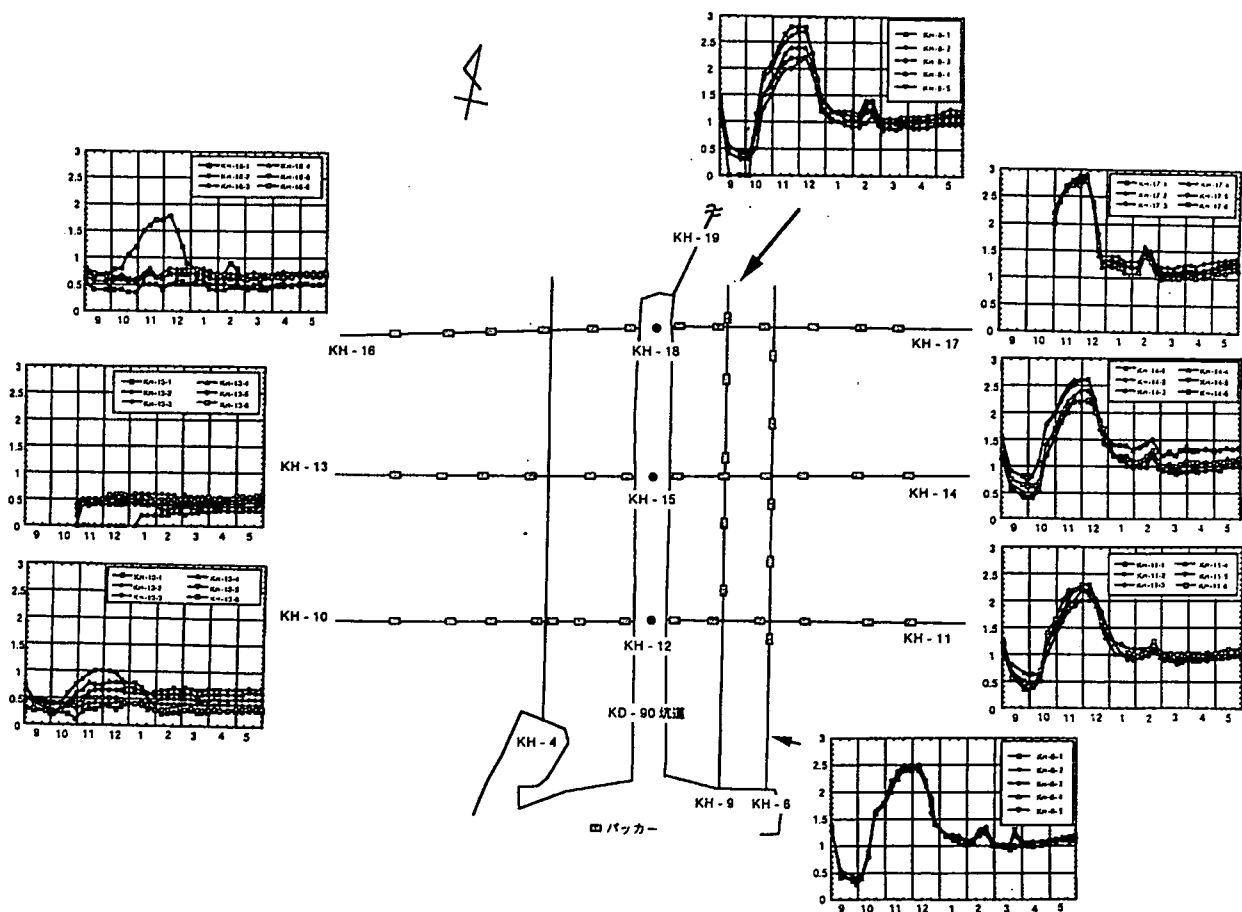


Fig.25 Water pressure responses on KH-19 drilling

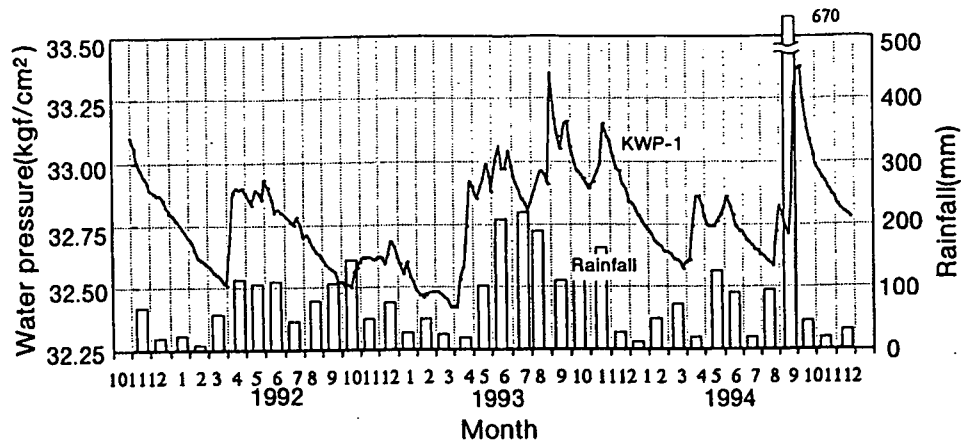


Fig.26 Water pressure changes and rainfall
 Water pressure is of borehole KWP-1. Rainfall is at Aonoki Station about 2km NE of the Experiments area, close to surficial borehole KG-1.

Bentonite Filling Test

The test has been done to understand a coupled process of bentonite swelling following the water invasion and heat conduction in the bentonite and surrounding rock mass.

Compacted bentonite blocks were filled in a drilled pit with a diameter of 31cm and a depth of 100cm. Pit is cut by a steeply dipping water conducting fracture which has a geometry representative in the area, a 25.0mm thick yellowish green colored fracture filling and an inflow to the tunnel about 20ml/min). The inflow into the pit was about 1.5 lit./min.. An electric heater with a diameter of 7.63cm and a length of 90cm which is capable to keep its surface temperature about 80°C was set in the middle of the bentonite blocks. Within the bentonite blocks, thermometers, tensiometers, stress gauges and pore water pressure gauges were set. Four monitoring boreholes were drilled surrounding the pit and thermometers or strain gauges were installed. Monitoring has been performed during a period from March to October, 1993. A period from April 4 to September 25 the heater was on.

The specification of a compacted bentonite block was;

- * composition: pure bentonite
- * shape: a half-cut doughnut
- * outer diameter: 30cm
- * inner diameter: 8cm
- * thickness: 10cm
- * moist-density: 2.0g/cbcm
- * moisture content: 10%

Fig.27 and Fig.28 show a schematic layout of the test and a detailed allocation of the sensors respectively.

A result is shown on Fig.29 from which we can note a quick generation of the swelling pressure after closure of the pit, a dramatical pressure drop coincide

with heater on followed by a state of gentle pressure decrease and a spiky pressure drop on heater off.

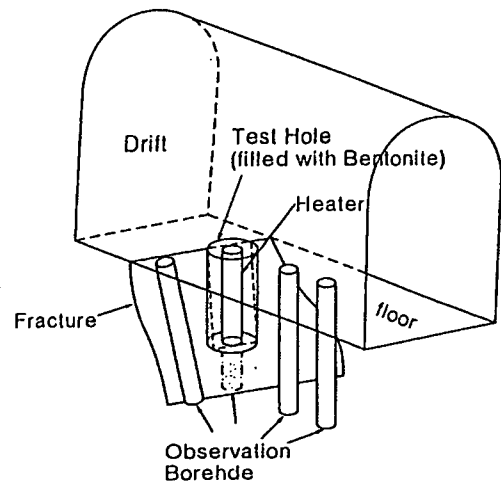


Fig.27 Schematic view of bentonite filling test

After completion of the monitoring the materials filled were pulled out and a surrounding rock block with the fracture surface was dug out. A heterogeneity of water invasion into bentonite block and a drained-out of bentonite from a part of the blocks were observed. On the other hand a minor bentonite invasion into the fracture was confirmed.

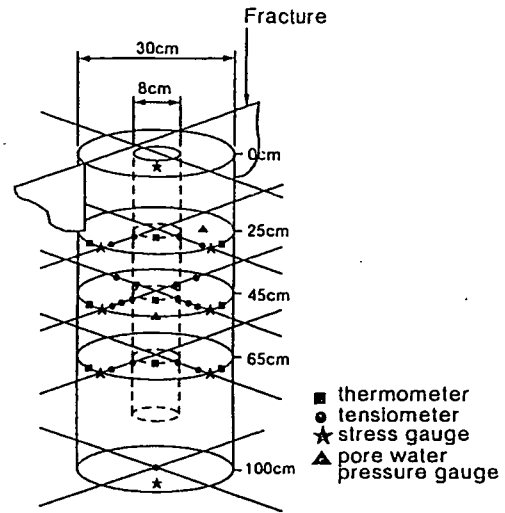


Fig.28 Location of sensors in/between bentonite blocks

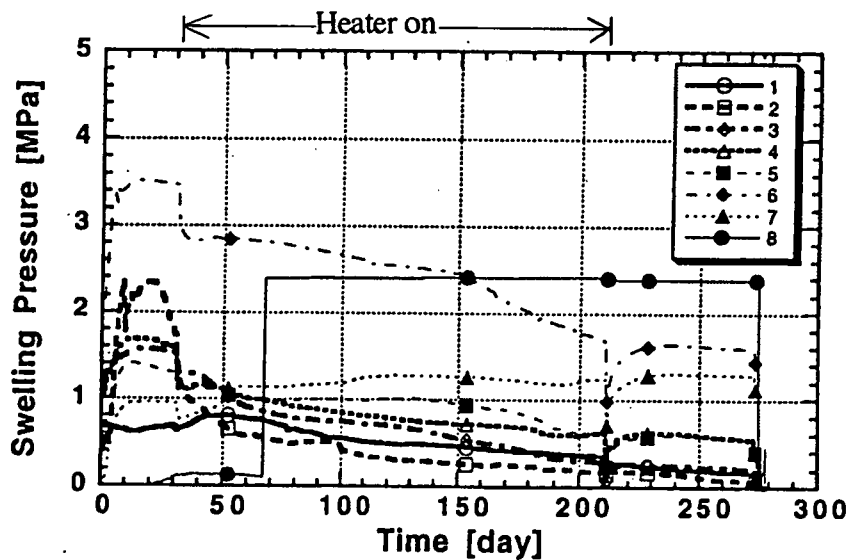


Fig.29 Swelling pressure changes

Coupled Thermo-Hydro-Mechanical(T-H-M) experiment

This experiment can be called a full-scale buffer mass test which aims;

to observe the coupled T-H-M behavior of bentonite/rock mass system,

to confirm the reliability of our modelling methodology for the phenomena

and

to evaluate the applicability of the engineering technology for the geological disposal.

A generalized design of the experiment is shown on Fig.30 with which we can know a pit with a diameter of 1.7m and a depth of 5m will be excavated and filled with bentonite and some boreholes in surrounding rock mass will be used for measurements.

A big hall, namely "T-H-M Room" was excavated for the experiment. Fracture mapping, single-hole/cross-hole hydraulic

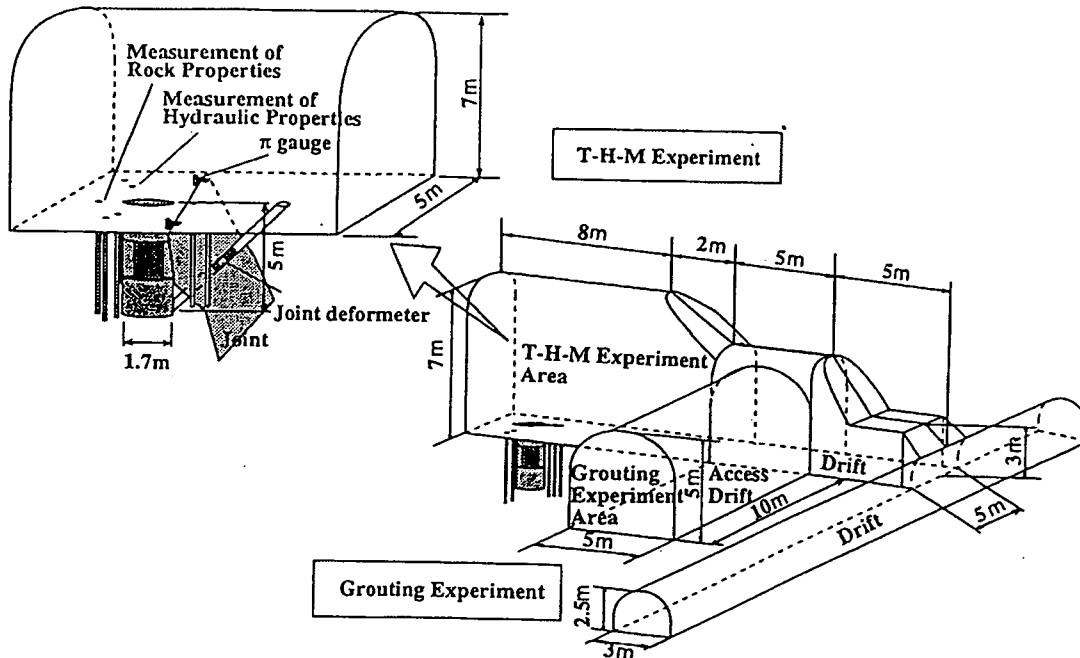


Fig.30 Layout of T-H-M experiment

tests have been conducted and a borehole expansion test is planned. A shear test for drill cores is also done. Boreholes were installed with strain gauges, extensometers, a joint deformer and/or thermocouples. On floor rock displacements at certain of fractures are measured as well.

A mixed material of 70% of Na-bentonite and 30% of quartz sand will be stuffed into so as to get a density of 1.86g/cbcm and a water content of 16.5%. At this time a electric heater with a diameter about 1m and a length of 2m will be set in middle of the pit and monitoring sensores for measurements of heat flux, water content, pore water pressure, swelling pressure and strain will also be installed within bentonite. The pit will be plugged with a concrete lid.

The experiment system will be water-injected to attain a saturated condition if it encounters unsaturated conditions.

Grout experiment

A basic study on bentonite grout efficiency for fractured rock mass. Grout of bentonite content 0.2-8.0% were injected with a injection pressure 10kgf/cm² into the rock mass through certain fractures. Grout penetration will be confirmed by pre-/post-grout single-hole hydraulic tests and cross-hole geophysical surveys, such as rader and resistivity tomographies. It is also planned to examine the durability of grout effect by singlehole hydraulic tests and tomography surveys once a year until 1997.

Stop 5

Study on Earthquake

Sanriku off-shore is one of the most seismically active areas not only in Japan but also in the world.

It is known that the underground seismic impression is much less than that on surface. It is also known that the groundwater system is affected by earthquakes.

The study here aims to acquire a massive set of demonstrative data related to above mentioned phenomena.

Observation being done can be divided into two series; one is seismographical observation, the other is observation of co-seismic phenomena.

There are seven accelerographs on four levels in the mine(Fig.31). K-1, 5, 2 and 6 are vertically allocated to confirm the depth effect to the seismic vibration. Fig.32 shows the seismic vibration's diminishing nature towards deep underground.

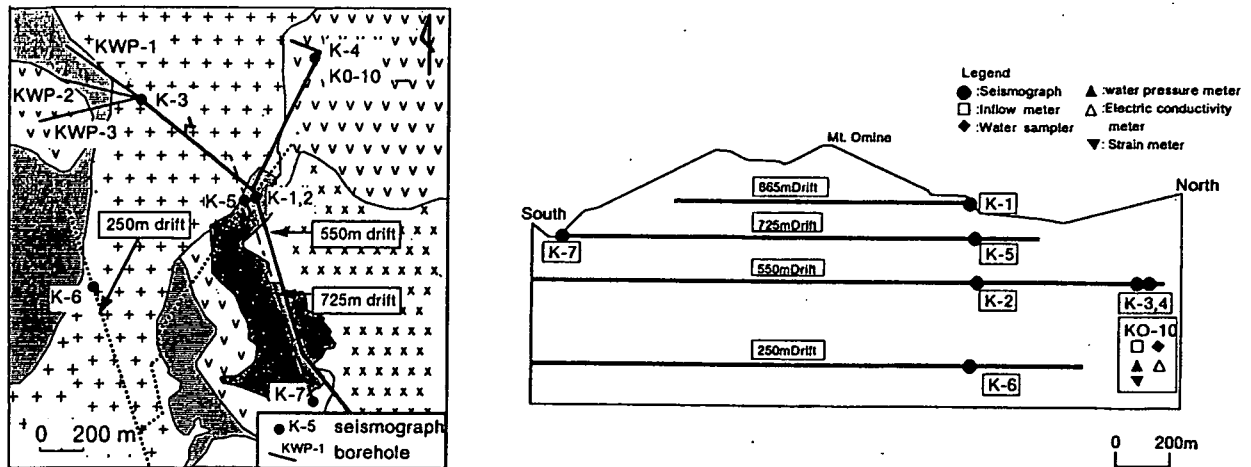
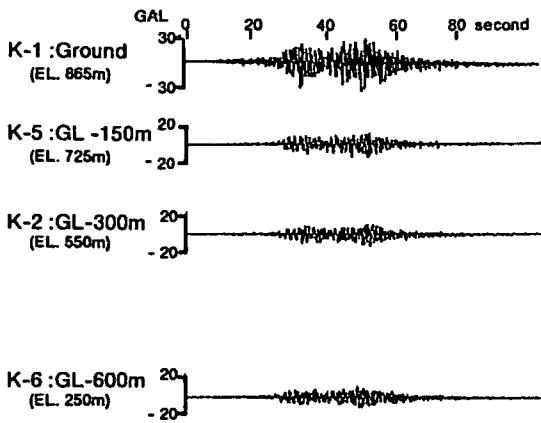


Fig.31 Location of observation system in the mine

Three boreholes at the end of NW branch of 550m level tunnel are providing their full-hole water pressures. Fig.33 shows water pressure record of borehole KWP-2 on which we can know an unknown long-termed pressure decrease, a seasonal fluctuation well concordant with rain fall and co-seismic pressure drops, 3.5m and

a)



b)

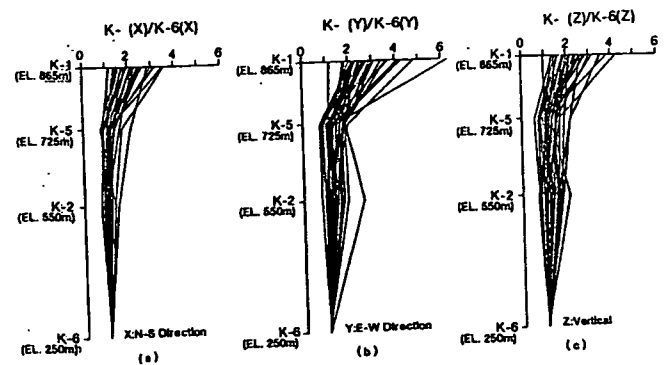


Fig.32 Depth dependency of ground motion

- a) A representative record; EW component of acceleration of Sanriku Far-Off-Shore earthquake on Dec. 28, 1994, magnitude 7.5, hypocentral distance 212.6km.
- b) Ratio of maximum acceleration of K-1, 5 and 2 to that of K-6. 41 earthquakes observed during the period from Ja., 1991 to Dec., 1994.

2.1m as heads on the main Sanriku Far-Off-Shore Earthquake and the biggest aftershock respectively. Another semidaily fluctuation corresponds to the earth tide is hidden on the record.

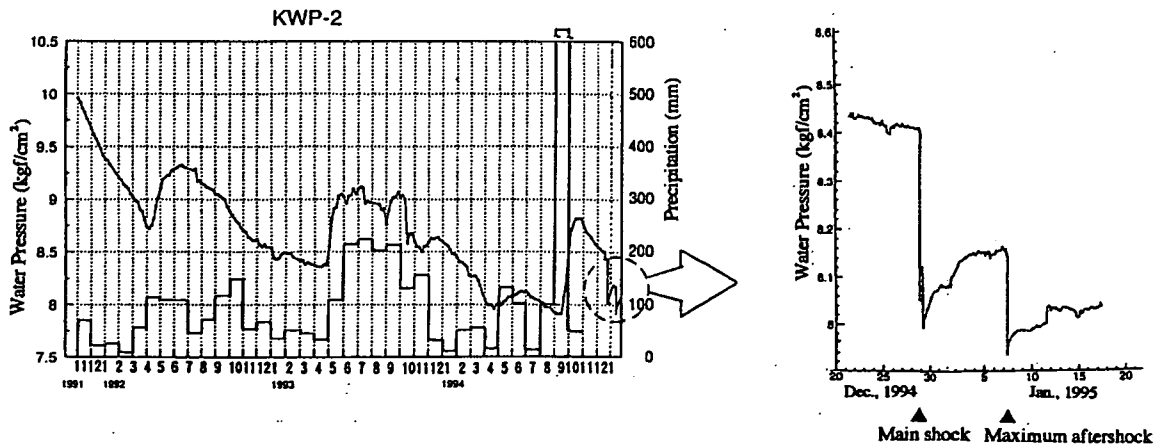


Fig.33 Sharp water pressure drops on Sanriku Far-Off-Shore earthquake and its maximum aftershock

We have had 22 co-seismic water pressure changes whose sense and degree for KWP-1, 2 and 3 are summarised on Fig.34. KWP-2 is the most radical hole and mostly shows pressure drops, on the other hand KWP-1 tends to show water pressure rises.

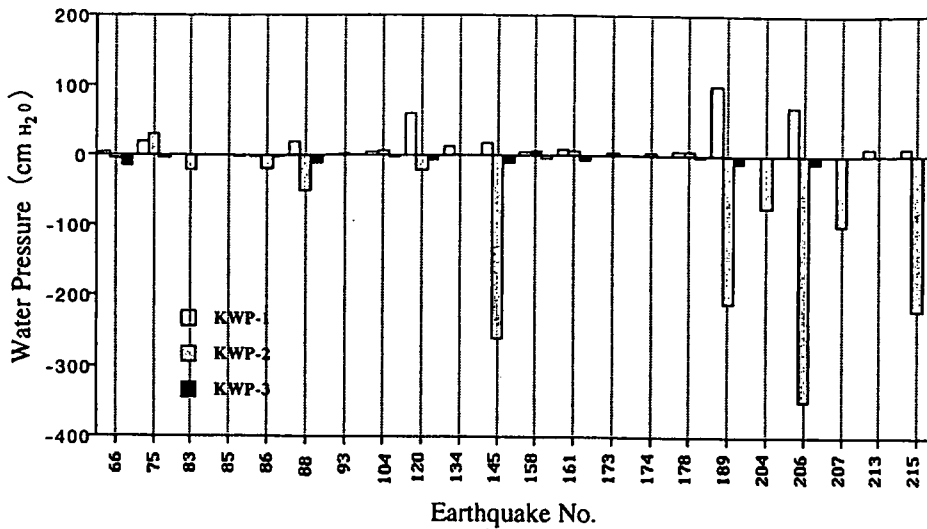


Fig.34 Earthquake related changes in water pressure recorded during the period from Jan., 1991 to Jan., 1995

The occurrence of a water pressure change does not seem to relate to the seismic vibration at the borehole site. It rather seem to requires a theoretical strain bigger than 10^{-8} calculated with the magnitude of an earthquake and its epicentral distance after Dobrovolsky et al.(1979)(Fig.35). This assumption has

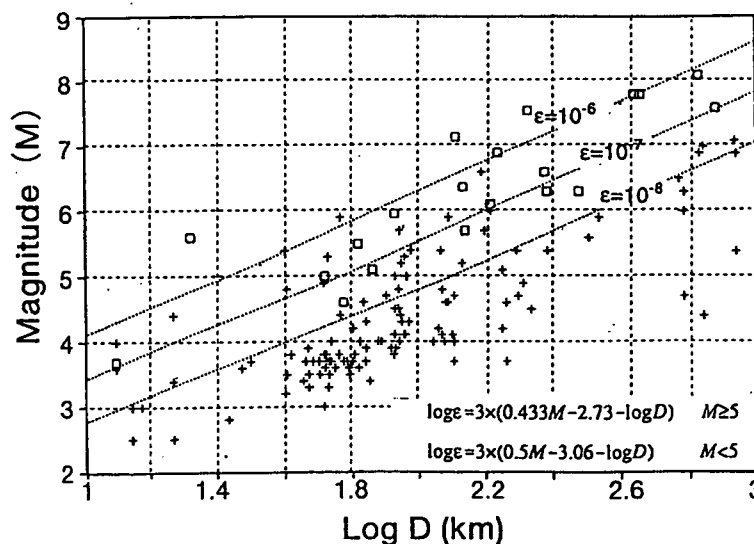


Fig.35 Relationship between magnitude and epicentral distance

Data during the same period as Fig.34, D: epicentral distance from Kamaishi Mine, dotted lines: co-theoretical strain by Dobrovolsky et al.(1979), open squares: earthquakes with water pressure change, crosses: those without changes

resulted in an introduction of the strain measurement at KO-10 station in 1995.

Co-seismic behavior of chemical composition of inflowing groundwater is also interested in and some cases of anion content changes have been observed. These changes should be confirmed as co-seismic after background chemical fluctuation is understood.

Stop 6

Tracer Experiment -2nd campain-

A borehole KH-19, drilled for a purpose to aquire a distribution of water pressure as a boundary condition for a groundwater flow analysis of a volume arround KD-90 tunnel found a region hydraulically less disturbed by tunnels existence where higher water pressure of about 18kgf/cm2 is maintained. This led us to an execution of a tracer experiment with saline water and modelling of the experiment which try to understand the nature of groundwater flow in a fracture and to assess the applicability of the modelling methods used.

Schematic layout for the experiment is shown on Fig.37 and hydrological conditions of the area are shown on Fig.38.

Through-drilling monitoring by neighbouring boreholes sections, BTV observations, flow logging and interference tests confirm the connectivity of fractures and most suitable fracture will be selected for the experiment.

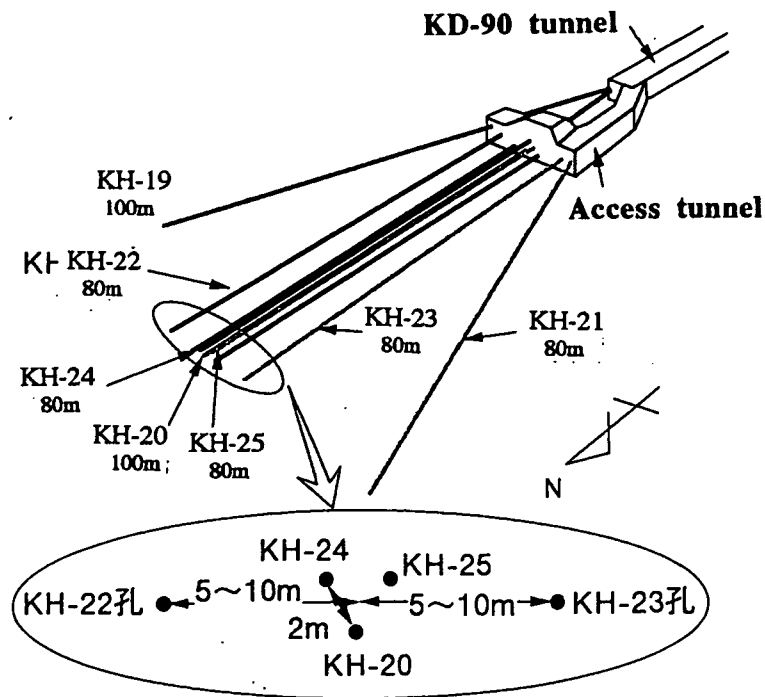


Fig.36 Schematic view of boreholes layout

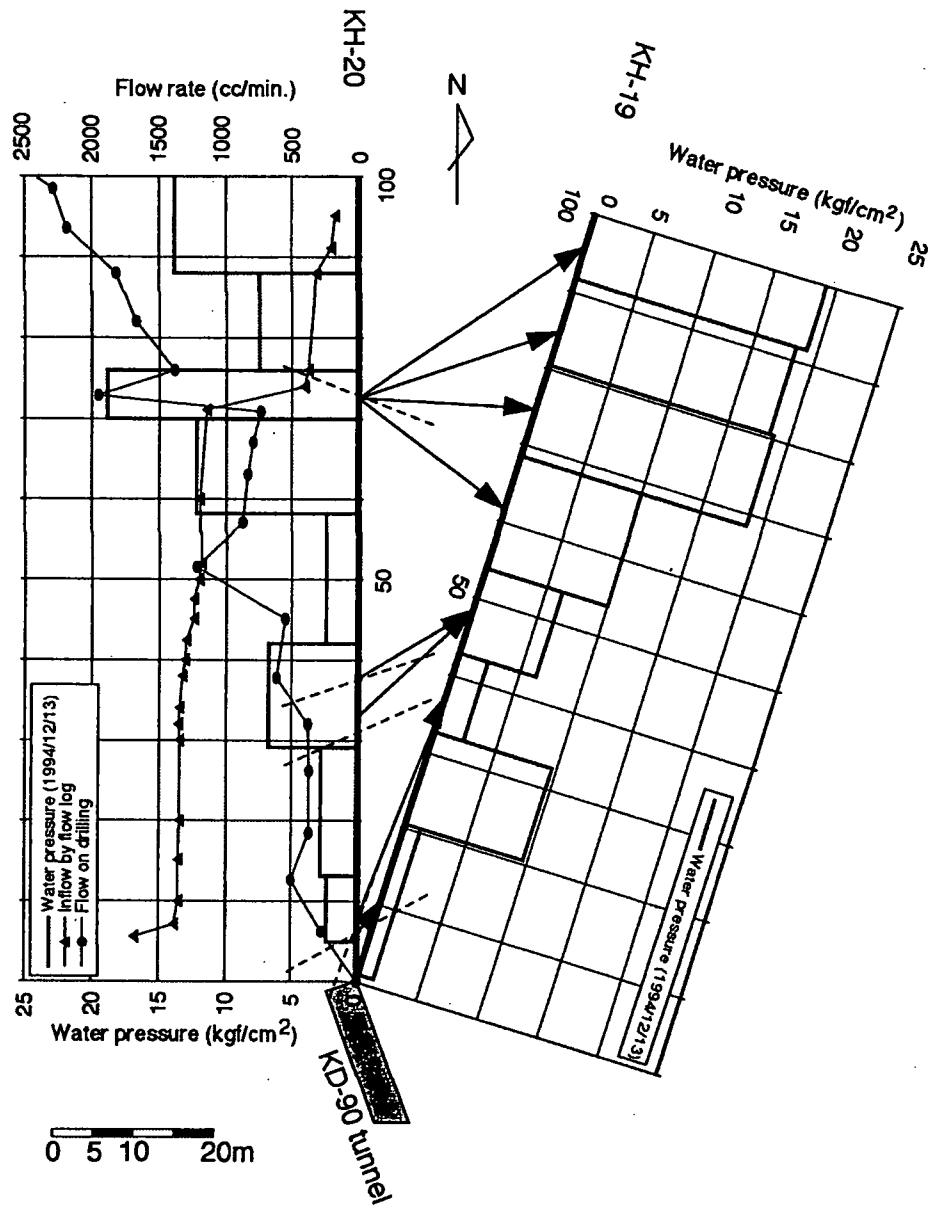


Fig.37 Hydrological condition of the target volume for the tracer experiment

Dashed lines indicate fractures through which drilling of KH-20 gave water pressure responses to the sections of borehole KH-19 as shown as arrows.

IV. 釜石原位置試験第2フェーズ
平成8年度実施計画書（案）

1996年3月

釜石原位置試験第2フェーズ
平成8年度実施計画

東濃地科学センター
地層科学研究開発室

要 旨

釜石原位置試験第2フェーズは、地下深部の地質環境特性の詳細な把握とそこで起きる現象の理解、ならびに調査試験技術の高度化と確立を目的に、平成5年度から実施されている。平成8年度の主な実施内容は以下のとおりである。

①TASK1 (深部岩盤の地質構造・力学特性・水理特性・地球化学特性の把握)

割れ目帯の水理特性の把握のための透水試験を試錐孔を用いて行う。また割れ目帯検出技術として物理探査を試錐孔、坑道間で継続調査する。既存試錐孔及び既存坑道における地下水の地球化学特性の継続調査を行う。さらに試験データの一元管理と品質保証のための地質環境データベースの作成を開始する。

②TASK2 (深部岩盤における掘削影響領域の評価)

掘削影響領域の特性・規模を把握し、さらに掘削影響領域発生に関するプロセスとの関連性の検討、計測・評価手法の適用性の評価を目的とする、試験用坑道の掘削と試験を開始する。また既存坑道周辺および新規坑道周辺岩盤における地下水のREDOX 状態調査を行う。

③TASK3-1(収着・マトリクス拡散に関する研究)

単一割れ目における物質の収着およびマトリクス拡散に関する情報を取得するために、室内での岩石鉱物学的調査、バッチ式収着試験、カラム式拡散試験を実施する。また割れ目の透水係数や比貯留係数などの水理学的なパラメータを取得するために、試錐孔間での透水試験を開始する。

④TASK3-2(移流・分散に関する研究)

次年度以降本格的に実施する孔間透水試験・非収着性トレーサ試験に備え、水理学的外側境界条件を設定するための試錐孔と上記の非収着性トレーサ試験用試錐孔の掘削を行う。これらの調査より試験対象領域の水理地質構造を詳細に把握する。また、非収着性トレーサ試験対象割れ目を対象に孔間透水試験および予備的トレーサー試験を実施する。

⑤TASK4 (人工的試験)

平成7年度に掘削した試錐孔(ピット)に緩衝材である粘土を充填し、その施工法等のデータを得る。緩衝材充填後、炭素鋼を用いた発熱体を設置し、粘土膨張・熱負荷による緩衝材、周辺岩盤への影響を調査する。また、平成7年度に実施したグライ試験の止水効果の安定性を把握するための透水試験を実施する。

⑥TASK5 (地震の影響に関する研究)

地震の観測を継続し、地下での地震動の低減特性の把握と、地形が地震動におよぼす影響を検討する。また地下水の水理・地球化学特性を観測することにより、地震時の変化の有無を確認する。また、本年度よりこれまでの成果のまとめを開始する。

March, 1996

Kamaishi In-Situ Experiments (Phase 2)
- Annual Plan 1996 -

Geological Environment Research Section
Tono Geoscience Center

ABSTRACT

The Kamaishi in-situ experiments (Phase2) have been performed since fiscal year 1993 to study geological environments in fractured crystalline rock and to improve technologies and methodologies required for such studies.

Major activities for annual plan 1996 are summarized below:

- ①TASK1(Characterization of geological structure, groundwater flow, groundwater chemistry, and rock mechanics in a deep rock mass)

Hydraulic test for fault/fracture zones will start this year. Geophysical tests to detect fault/fracture zones will be continued. The sampling and chemical analysis of groundwater will be continued.

- ②TASK2(Study of excavation disturbance in fractured rock)

Excavation disturbance experiments will be continued. This year, a tested drift will be excavated to understand the generation processes on of the excavation disturbed zone(EDZ) in fractured rock and the relationship between such processes and the properties of the EDZ. It is also important to evaluate the applicability of existing technique and methodologies to the identification of the EDZ.

The investigation of REDOX conditions around the tested drift will begin.

- ③TASK3-1(Study of solute transport in terms of sorption and matrix diffusion)

Laboratory experiments, such as impregnation experiments and sorption experiments, will be carried out to understand flow-path structures. In order to understand phenomena of matrix diffusion, through-diffusion and in-diffusion experiments will be conducted.

Cross-hole hydraulic tests will be started to obtain such hydraulic parameters as hydraulic conductivity.

- ④TASK3-2(Study of groundwater flow and mass transport(dispersion))

One boundary hole and an experiment hole will be drilled to select fractures for cross-hole hydraulic tests and the non-sorbing tracer test. Preliminary non-sorbing tracer tests will be started after drilling.

- ⑤TASK4(Study of engineered barrier)

Full-scale buffer mass test will be started to investigate coupled thermo-hydro-mechanical conditions surrounding the rock mass and bentonite. This year we will fill bentonite and install an electric heater in a pit. A grouting experiment will be continued to ascertain the stability of grouting carried out last year.

- ⑥TASK5(Study of seismological, hydrogeological, and geochemical effects of earthquakes)

Monitoring of ground motion due to earthquakes will be continued to understand the variation of ground motion with depth. Monitoring of hydrology and chemistry of groundwater will be continued to ascertain the influence of earthquakes. This year we will start prepare final reporting.

[総論]

1. はじめに

釜石原位置試験第2フェーズは平成5年度に開始された。第2フェーズ5か年の基本計画『釜石原位置試験第2フェーズ計画(案)』(1993年3月26日、環境本部)は、当時の地層処分研究の進捗状況、および釜石原位置試験第1フェーズ(昭和63年度～平成4年度)の成果、さらには海外の地下研究施設での研究の動向等を考慮して、

- ・地下深部の詳細な地質環境の把握と現象の理解、
- ・調査試験技術の高度化と確立、

を目標として策定された。一方、平成4年度の地層処分研究開発成果の第1次とりまとめとそれに対する評価を踏まえ第2次とりまとめの目標として、地層処分システムの

- ・ニアフィールド性能の定量化、
- ・ファーフィールド性能の概括的把握、

が設定され、釜石原位置試験においても、ニアフィールドの構造と現象に係わる調査試験に力点が置かれてきた。

平成8年度の調査試験概括は、割れ目系岩盤である花崗閃緑岩の岩盤特性(地質構造、水理特性、地球化学特性)に関するデータを継続取得する。この際データの代表性や信頼性の観点から季節変動の有無や再現性の検討を行う。また、割れ目帯の水理特性データの取得および割れ目検出技術の高度化のための調査(物理探査関連)を継続実施する。この得られた情報の効率的な管理運用のため、地質環境データベースを構築し、データの入力を開始する。

さらに、坑道掘削による岩盤の損傷や応力再配分現象により、坑道周辺岩盤の力学・水理特性の変化した領域を調べる掘削影響試験、および人工バリアである緩衝材とその周辺岩盤の熱-水-応力の連成挙動を明らかにするために、平成7年度掘削の実規模ピットへの緩衝材の充填を行い、各種観測を開始する。

なお、平成8年度実施計画書は、東濃地科学センター 地層科学研究開発室を中心として、同技術開発課、東海事業所地層処分開発室、釜石事務所、環境本部地層科学研究グループ、同処分研究グループにより策定されたものである。

2. 目標

第2フェーズ5か年の基本計画においては、下記の6つの目標を設定している。

- (1) 原位置試験場周辺の地質環境特性の把握
- (2) 坑道掘削が地下深部の地質環境に与える影響の把握
- (3) 結晶質岩中の地下水の動きとそれによる物質移行現象の把握
- (4) 人工バリアの効果の把握及び人工バリアと周辺岩盤の相互作用の把握
- (5) 地震動の深度依存性と地震が地下深部の地質環境特性に与える影響の把握
- (6) 調査試験技術の高度化と確立

3. 研究領域

上記の目標(1)~(5)に対応する研究領域(TASK)を定め、それぞれ後述する実施計画に基づいて試験研究を行う。なお、目標(6)はTASK 1に含める。

- TASK 1 : 深部岩盤の地質構造・力学特性・水理特性・地球化学特性の把握・地質環境データベースの構築
- TASK 2 : 深部岩盤における掘削影響領域の評価
- TASK 3 : 結晶質岩中の水理・物質移行に関する研究
- SUBTASK-1 : 収着およびマトリックス拡散に関する研究
- SUBTASK-2 : 移流および分散に関する研究
- TASK 4 : 人工バリア試験
- TASK 5 : 地震に関する調査研究

4. 実施場所

550mレベル坑道、250mレベル坑道、地表部(図-1, 2)。

5. 実施体制

実施体制としては基本計画の定める通りとする。個々の試験については、試験の目的及び研究資源(場所・試験技術・時間・予算など)の実情を踏まえ、各TASK毎に直営/外部実施の割合の最適化を図り実施する。また各TASKに担当責任者(PI)を置き、これを中心として試験研究の実施と成果の取りまとめを行う。

以下に各TASKのPIを記す。(PI:Principal Investigator)

- | | | |
|-----------|--------|----------------------|
| TASK 1 | : 吉田英一 | 東濃地科学センター地層科学研究開発室主査 |
| TASK 2 | : 杉原弘造 | 東濃地科学センター地層科学研究開発室主査 |
| TASK 3 | | |
| SUBTASK-1 | : 吉田英一 | 東濃地科学センター地層科学研究開発室主査 |
| | 小出 馨 | 東濃地科学センター地層科学研究開発室主査 |
| SUBTASK-2 | : 内田雅大 | 東海事業所地層処分開発室担当役 |
| TASK 4 | : 藤田朝雄 | 東海事業所地層処分開発室副主研 |
| TASK 5 | : 清水功 | 釜石事務所主査 |
| | 荒木龍介 | 東濃地科学センター地層科学研究開発室 |

6. 実施管理体制

試験研究の進捗状況の確認、試験研究の実施に係わる技術的課題への対応策の検討などを行うことを目的に、東濃地科学センター地層科学研究開発室長のもとに釜石原位置試験

研究調整会議が設置されている（平成5年度設置）。平成8年度についてもこの研究調整会議による研究管理を継続する。

以下に研究調整会議のメンバーを記す。

湯佐泰久	東濃地科学センター地層科学研究開発室長
佐久間秀樹	東濃地科学センター地層科学研究開発室担当役
柳澤孝一	東濃地科学センター地層科学研究開発室担当役（コーディネーター）
山崎真一	釜石事務所長
石黒勝彦	東海事業所地層処分開発室室長代理
油井三和	東海事業所地層処分開発室担当役
武田精悦	環境本部地層科学研究グループ主幹
原啓二	環境本部地層処分研究グループ副主幹

7. 評価

試験研究の成果は年次報告書として取りまとめ、事業団内外の専門家による評価を受けることとする。

8. 予算

平成8年度の試験研究に関わる予算は概算で6.0億円である。

TASK 1	: 72,448千円
TASK 2	: 138,715千円
TASK 3	
SUBTASK-1	: 22,879千円
SUBTASK-2	: 120,000千円
TASK 4	: 210,000千円
TASK 5	: 39,098千円

9. 5か年全体スケジュールと平成8年度実施内容概要

添付の表の通り。

釜石原位置置試験 5 カ年試験計画 (案) N O . 2

試験名	5	6	7	8	9
TASK 2: 深部岩盤における掘削影響領域の評価 (1) 既存坑道における掘削影響領域の評価	孔内壁面観察	孔内壁面観察	孔内壁面観察	孔内壁面観察	孔内壁面観察
①亀裂調査		応力測定	透水試験	透水試験	
②応力調査		室内試験, 透水試験, 孔内載荷試験	高帯域レゾナンス調査 (適用試験)	力学特性調査・初期応力測定, 室内坑道壁面, 孔内壁面	総合解析
③岩盤特性調査		PS検層		AE, 岩盤内空変位	
④地球物理学的調査			坑道壁面, 孔内壁面	試験坑道	
⑤掘削影響領域の評価			計測用坑道		
①亀裂調査			掘削 (11からの継続)		
②坑道掘削			試験掘削	掘削中の計測 (透水試験)	掘削後の計測 (室内試験等)
③応力調査				AE, 岩盤内空変位, 振動, Pac-ex	
④水理状態調査					
⑤岩盤特性調査 (室内試験, 透水試験, 孔内載荷試験, 空位測定)					
⑥地球物理学的調査 (レゾナンス, 反射法など)					
⑦計測・解析					
TASK 3: 単一割れ目の水理・物質移行試験 (1) TASK3-1: 吸着, トラップ拡散に関する研究	試験掘削	水質モニタリング・分析	試験掘削	試験掘削	試験掘削
②新掘坑道の REDOX 状態調査					
③室内試験・解析・評価					
TASK 3: 単一割れ目の水理・物質移行試験 (2) TASK3-2: 移流, 分散に関する研究	予備調査, 観察	室内試験・観察	室内試験・原位置試験準備	室内試験・1/10 注入試験・1/10 1/10 試験	とりまとめ
①既存坑道周辺の REDOX 状態調査					
②新掘坑道の REDOX 状態調査					
③室内試験・解析・評価					
TASK 4: 人工バリア試験 (1) 割れ目帯のグラウト技術適用試験	予備調査	試験掘削, 坑道掘削	試験掘削, 坑道掘削	試験掘削	試験掘削
①既存坑道周辺の REDOX 状態調査					
②新掘坑道の REDOX 状態調査					
③室内試験・解析・評価					
TASK 4: 人工バリア試験 (2) 割れ目帯のグラウト技術適用試験	試験計画検討	計測坑道掘削, 亀裂調査	計測坑道掘削, 亀裂調査	予備的 1/10 試験	1/10 試験, とりまとめ
①既存坑道周辺の REDOX 状態調査					
②新掘坑道の REDOX 状態調査					
③室内試験・解析・評価					

釜石原位置試験 5 年試験計画 (案) NO. 1

試験名	5	6	7	8	9
TASK 1: 深部岩盤の地質構造・力学特性・水理特性・地球化学特性の把握 (1) 原位置試験場周辺の地質環境の調査/解析 (a) 原位置試験場周辺の地質構造の把握 (b) 断層破砕帯あるいは割れ目帯の特性の把握 (c) 断層破砕帯あるいは割れ目帯の地質構造調査技術開発	既存予りのコア/試 250mmφ 坑道において初期応力測定 室内模擬試験	試験掘削 (2) 力学特性の把握用) 岩芯観察, BTV 550mmφ 坑道において 力学特性調査・初期応力測定 室内模擬試験	試験掘削 (KF-1.2), 岩芯観察, 断層破砕帯・割れ目帯の特性のまとめ 物理調査・評価	地質調査 断層破砕帯・割れ目帯の特性のまとめ 物理調査・評価	物理調査・総合評価
(2) 深部岩盤の力学特性の把握	室内模擬試験 既存予りのコア/試, 高差圧環境検討 坑道湧水量, 間隙水圧 (KG-1, KH-1) 観測	550mmφ 坑道において 力学特性調査・初期応力測定 室内模擬試験	KH-1 孔において 力学特性調査・初期応力測定 室内模擬試験, 室内試験 (異方性寸法効果)	力学特性調査・初期応力測定 ・異方性・寸法効果のまとめ 降水量・気温予り整理 坑道湧水量, 間隙水圧継続観測	降水量・気温予り整理 坑道湧水量, 間隙水圧継続観測 データとりまとめ
(3) 深部岩盤の水理特性の把握 (a) 降水量・気温・坑道湧水量・間隙水圧の経時変化の把握 (b) 水理試験	室内模擬試験 既存予りのコア/試, 高差圧環境検討 坑道湧水量, 間隙水圧観測	550mmφ 坑道において 力学特性調査・初期応力測定 室内模擬試験	KH-1 孔において 力学特性調査・初期応力測定 室内模擬試験, 室内試験 (異方性寸法効果)	力学特性調査・初期応力測定 ・異方性・寸法効果のまとめ 降水量・気温予り整理 坑道湧水量, 間隙水圧継続観測	降水量・気温予り整理 坑道湧水量, 間隙水圧継続観測 データとりまとめ
(c) 岩盤透過流解析 ・連統体モデルを用いた解析 ・不連続体モデルを用いた解析	室内模擬試験 既存予りのコア/試, 高差圧環境検討 坑道湧水量, 間隙水圧観測	550mmφ 坑道において 力学特性調査・初期応力測定 室内模擬試験	KH-1 孔において 力学特性調査・初期応力測定 室内模擬試験, 室内試験 (異方性寸法効果)	力学特性調査・初期応力測定 ・異方性・寸法効果のまとめ 降水量・気温予り整理 坑道湧水量, 間隙水圧継続観測	降水量・気温予り整理 坑道湧水量, 間隙水圧継続観測 データとりまとめ
(d) テータ解析 (多変量解析, 熱力学的解析)	室内模擬試験 既存予りのコア/試, 高差圧環境検討 坑道湧水量, 間隙水圧観測	550mmφ 坑道において 力学特性調査・初期応力測定 室内模擬試験	KH-1 孔において 力学特性調査・初期応力測定 室内模擬試験, 室内試験 (異方性寸法効果)	力学特性調査・初期応力測定 ・異方性・寸法効果のまとめ 降水量・気温予り整理 坑道湧水量, 間隙水圧継続観測	降水量・気温予り整理 坑道湧水量, 間隙水圧継続観測 データとりまとめ
(2) 釜石原位置試験データのとりまとめ	室内模擬試験 既存予りのコア/試, 高差圧環境検討 坑道湧水量, 間隙水圧観測	550mmφ 坑道において 力学特性調査・初期応力測定 室内模擬試験	KH-1 孔において 力学特性調査・初期応力測定 室内模擬試験, 室内試験 (異方性寸法効果)	力学特性調査・初期応力測定 ・異方性・寸法効果のまとめ 降水量・気温予り整理 坑道湧水量, 間隙水圧継続観測	降水量・気温予り整理 坑道湧水量, 間隙水圧継続観測 データとりまとめ

釜石原位置試験 5 年試験計画 (案) NO. 3

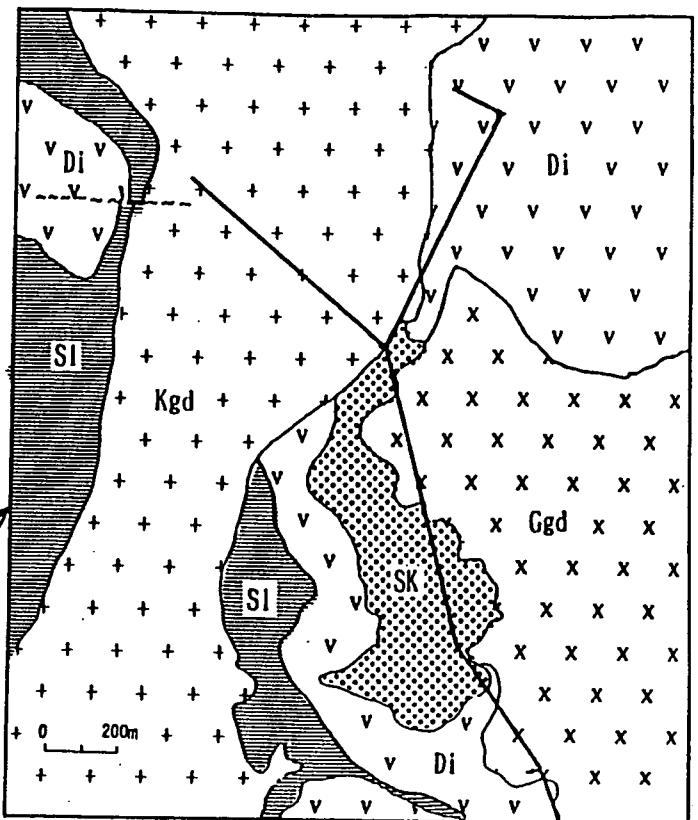
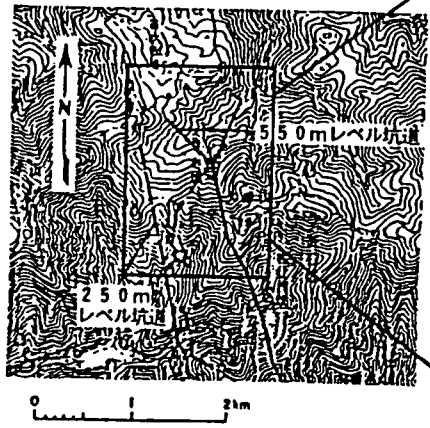
試験名	5	6	7	8	9
TASK 4: 人工バリア試験 (抜き) ②粘土膨張・熱負荷による積み領域の影響評価 ①岩盤特性調査	試験計画策定	計測坑道掘削 (1)と同じ	岩盤特性調査, 岩盤内計器設置, 計測	計測	
②緩衝材の施工			試験孔 (5+1)掘削 計器設置	緩衝材施工・免燃体設置	熱-水連成試験・とりまとめ
③連成試験					
TASK 5: 地震に関する調査研究 (1)地震動の観測と解析 ①地震動増幅特性の原位置試験データの取得	観測・解析 地震計設置	観測・解析	観測・解析	観測・解析	観測・解析
②弾性波構造モデルの策定				弾性波探査	とりまとめ
(2)地震時の地下水理, 水質の調査 ①地震時の地下水理・水質の変化の有無の調査		観測・解析 (水圧・水量・Ph・EC, 水質と降雨, 潮汐, 地震の関連を検討)			とりまとめ
②地下空洞の貯蔵性評価	初期地圧, 地震動等を付ノリとした 岩盤ひずみ計設置		pH 計, EC 計設置		とりまとめ
				立坑の安定性の評価	とりまとめ

釜石原位置試験 平成 8 年度実施計画 (案) の概要(1)

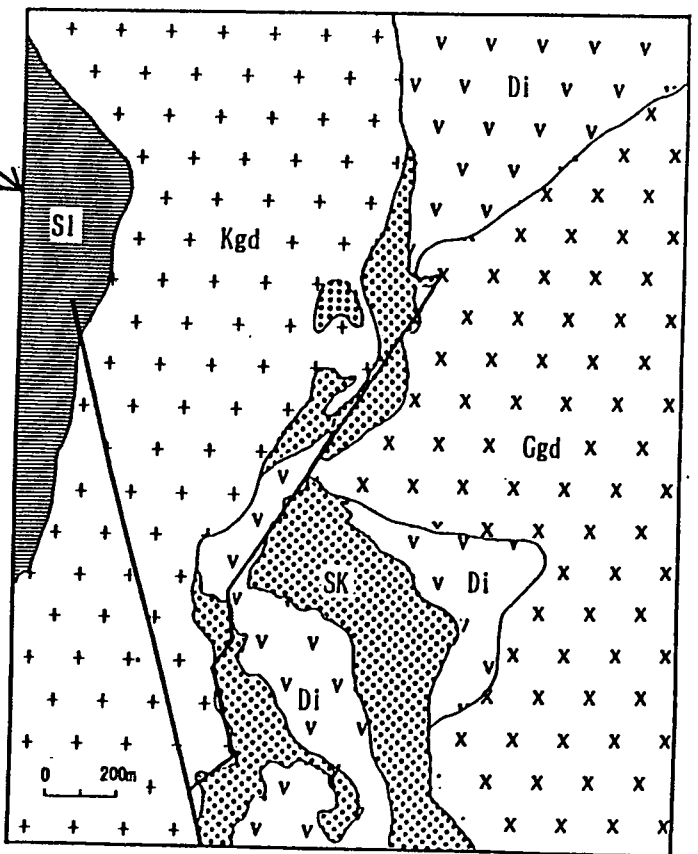
調査研究分野 (TASK)	平成 8 年度実施課題	実施場所	継続 平成 8 年度実施内容および主な作業
<p>TASK 1: 深部岩盤の地質構造・力学特性・水理特性・地球化学特性の把握</p>	<p>(1) 原位置試験場周辺の地質環境の調査 ①地質構造の把握 ②深部岩盤の力学特性の把握 ③深部岩盤の水理特性の把握 ④深部岩盤の地球化学特性の把握 (2) 釜石原位置試験データのとりまとめ (3) 栗橋花崗閃緑岩と他地域の花崗岩体の比較</p>	<p>(1) 地質環境の調査場所 ① 550m レベル ② 250m レベル ③ 550m レベル ④ 250m レベル ⑤ 550m レベル ⑥ 250m レベル (2) 釜石事務所 W/C (3) 釜石事務所ほか</p>	<p>(1) 原位置試験場周辺の地質環境の調査 ①地質構造の把握 ②深部岩盤の力学特性の把握 ③深部岩盤の水理特性の把握 ④深部岩盤の地球化学特性の把握 (2) 釜石原位置試験データのとりまとめ (3) 栗橋花崗閃緑岩と他地域の花崗岩体の比較 ①比較項目の抽出 ②予備的な比較</p>
<p>TASK 2: 深部岩盤における掘削痕跡領域の評価 (掘削痕跡領域評価、REDOX 状態調査)</p>	<p>(1) 掘削痕跡領域 (2) 坑道周辺地下水の REDOX 状態調査</p>	<p>(1) 250m レベル坑道 (2) 250m レベル坑道 および実験室</p>	<p>(1) 坑道周辺地下水の REDOX 状態調査 (4孔: 計30m), ③坑道掘削前後の調査 ④透水試験 Pac-ex 試験, ⑤坑道掘削中の周辺岩盤変化管理モニタリング (AR 測定, 振動測定, 岩盤内変位測定, 岩盤ひずみ測定) ⑥き裂調査 (試験坑道掘削中の掘削痕跡および掘削後の断面調査, 新たに掘削した試験孔の BTV 調査/孔曲がり/岩芯観察) ⑦掘削水圧観測 (試験坑道掘削中の掘削水圧観測, これまでの調査結果のとりまとめ, H7 年度実施の予備結果と取得されたデータとの比較の裏施と不適性岩盤のモデル化学法の適用性の検討) (2) 原位置での地下水モニタリング (a) 既存坑道周辺の地下水の REDOX 状態調査 (水質連続モニタリング (TK-24, KR-3), 既存試験孔/坑道設置 (KR-3), (b) 新掘坑道周辺の地下水の REDOX 状態調査 (a) 岩石 (鉱物) - 水反応試験 ③解析 (H7 年度に改良した REDOX 解析コードを用いて地下水の酸化還元状態の変化の計算を行う。)</p>
<p>TASK 3: 結晶質岩中の水理・物質移行に関する研究 SUBTASK3-1: 吸着・リリヤク放散に関する研究</p>	<p>SUBTASK3-1: (1) 掘削目における物質移行試験</p>	<p>(1) 250m, 550m レベル坑道および実験室 (東郷, 東海)</p>	<p>(1) 既存坑道における地質学的および地球化学的調査 (①掘削目調査, ②室内での調査および試験 (①岩石の観察および分析, 地下水の水質分析, ②岩石/鉱物特性調査 (移行経路調査, 物理値測定調査: Type B, C を対象)), ③坑道吸着試験, ④坑道浸透試験 (リリヤク放散試験, ⑤リリヤク放散試験, ⑥リリヤク放散試験, ⑦リリヤク放散試験, ⑧リリヤク放散試験, ⑨リリヤク放散試験, ⑩リリヤク放散試験, ⑪リリヤク放散試験, ⑫リリヤク放散試験, ⑬リリヤク放散試験, ⑭リリヤク放散試験, ⑮リリヤク放散試験, ⑯リリヤク放散試験, ⑰リリヤク放散試験, ⑱リリヤク放散試験, ⑲リリヤク放散試験, ⑳リリヤク放散試験, ㉑リリヤク放散試験, ㉒リリヤク放散試験, ㉓リリヤク放散試験, ㉔リリヤク放散試験, ㉕リリヤク放散試験, ㉖リリヤク放散試験, ㉗リリヤク放散試験, ㉘リリヤク放散試験, ㉙リリヤク放散試験, ㉚リリヤク放散試験, ㉛リリヤク放散試験, ㉜リリヤク放散試験, ㉝リリヤク放散試験, ㉞リリヤク放散試験, ㉟リリヤク放散試験, ㊱リリヤク放散試験, ㊲リリヤク放散試験, ㊳リリヤク放散試験, ㊴リリヤク放散試験, ㊵リリヤク放散試験, ㊶リリヤク放散試験, ㊷リリヤク放散試験, ㊸リリヤク放散試験, ㊹リリヤク放散試験, ㊺リリヤク放散試験, ㊻リリヤク放散試験, ㊼リリヤク放散試験, ㊽リリヤク放散試験, ㊾リリヤク放散試験, ㊿リリヤク放散試験)</p>
<p>SUBTASK3-2: 移流および分散に関する研究</p>	<p>SUBTASK3-2: (1) 圧力応答試験 (2) 浸水分析 (3) 試験孔掘削 (4) 観測・調査 (5) リリヤク放散の更新 (6) 孔間透水試験 (7) 予備的リリヤク試験 (8) 総合検討</p>	<p>(1) 250m レベル坑道 (7)</p>	<p>(1) 圧力応答試験 (2) 浸水分析 (3) 試験孔掘削 (4) 観測・調査 (5) リリヤク放散の更新 (6) 孔間透水試験 (7) 予備的リリヤク試験 (8) 水理地質モデルの検討 [これまで得られた結果を総合的に検討]</p>

釜石原位置置試験 平成8年度実施計画(案)の概要(2)

調査研究分野 (TASK)	平成8年度実施課題	実施場所	平成8年度実施内容および主な作業
<p>TASK 4: 人工バリア試験 (1)割れ目帯のグラウト技術適用試験 (2)粘土膨張・熱自荷による締め領域の影響評価</p>	<p>(1)グラウト注入孔における透水試験 (2)緩衝材施工試験および連成試験</p>	<p>(1)E50m レベル坑道 (2)E50m レベル坑道</p>	<p>(1)①グラウト注入孔における透水試験(低圧/高圧:2孔), ②整理・まとめ(17年度の試験結果と合わせて総合的な検討の実施)③膨張試験(試験孔:5m×2孔, RTV調査, 岩芯観察), ④透水試験(低圧/高圧), ⑤孔間透水試験, ⑥湧水測定 (2)緩衝材施工試験 [緩衝材を試験孔に締め固めて充満, 炭素鋼を用いた発熱体の設置, 緩衝材設置後にコウリ-1の蓋を設置] 連成試験 [①膨潤圧測定(緩衝材内), ②水分量測定(緩衝材内), ③伝熱特性測定(緩衝材内, 岩盤内), ④間隙水圧測定(緩衝材内, 岩盤内), ⑤岩盤歪位測定(孔壁ひずみ, 岩盤ひずみ, き裂歪位)]</p>
<p>TASK 5: 地震に関する調査研究 (1)地震動の観測と解析 (2)地震時の地下水理・地球化学特性調査 (3)</p>	<p>(1)地震動観測 (2)地震時地下水理・地球化学特性観測 (3)まとめ</p>	<p>(1)E65m レベル坑道 ~250m レベル坑道 (2)E50m レベル坑道</p>	<p>(1)①地震動増幅特性の原位置データの取得 [(a)観測システム(地震計7台)による継続観測, (b)地震動が増幅特性の一般化のための観測データ整理・検討(震源, エピセンター, 加速度振幅(方向性), 周波数, 地形の影響の整理・解析), (c)地震動の増幅特性の一般化のための観測データの取得] (2)①地震時の地下水理・水質の変化の有無の調査 [(a)水圧継続観測, 湧水量継続観測, 自動採水システム] による採水, 水質分析期間の拡張, 降水時の採水, 分析, 電気伝導度, 岩盤ひずみ, pHの継続観測 ②地震時の地下水理・水質の変化のメカニズムの検討 (水圧と岩盤ひずみの関係の整理, 水の混合モデルでの検討) (3)これまでに得られた成果をとりまとめる。</p>



550mレベル坑道周辺の地質図



250mレベル坑道周辺の地質図

- 凡 例
- +Kgd+ 栗橋花崗閃緑岩
 - xGgd+ 蟹岳花崗閃緑岩
 - v Di v 閃緑岩
 - SI 粘板岩類
 - SK スカルン

図-1 釜石原位置試験場の位置と地質図

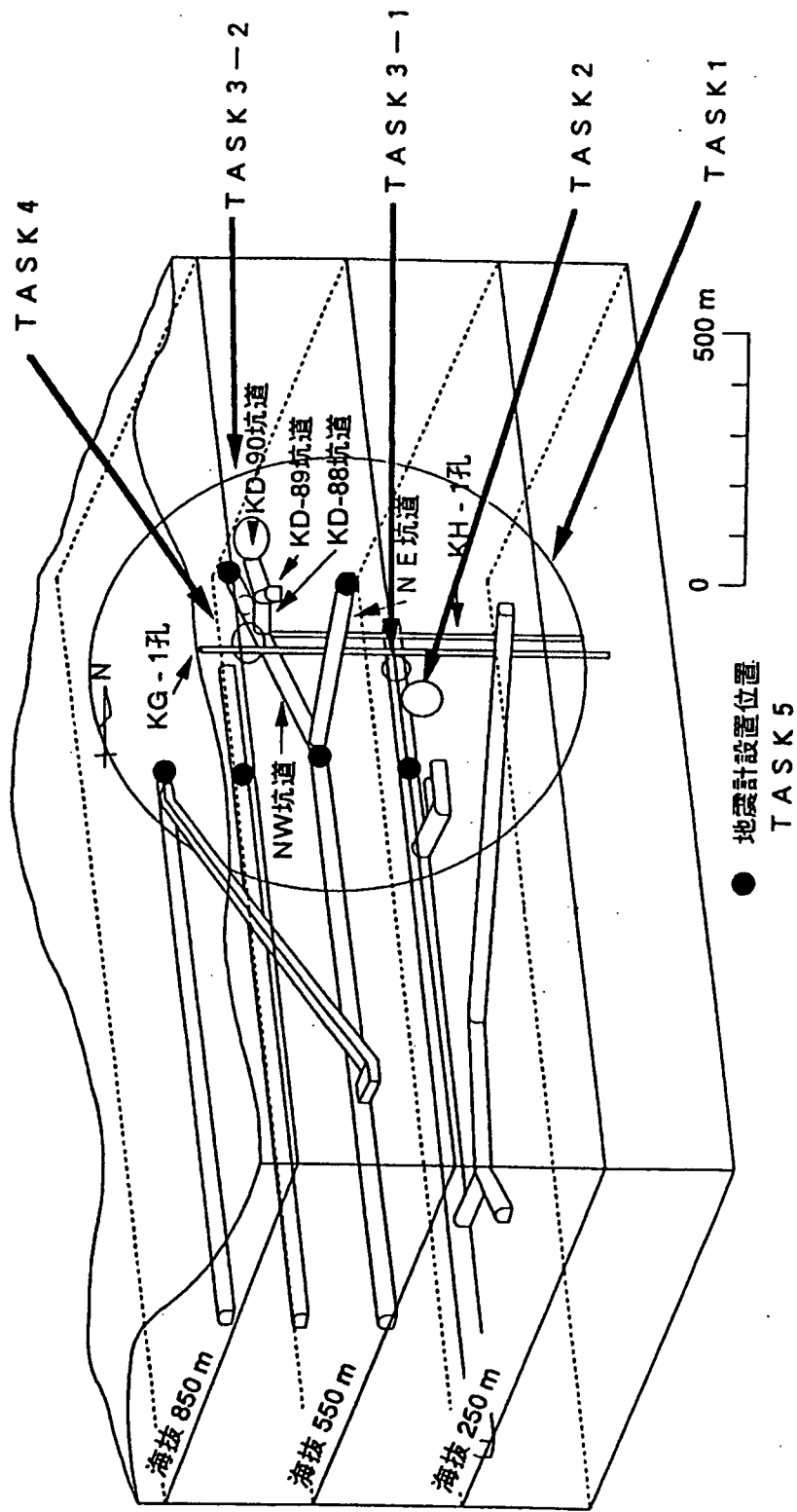


图-2 釜石原位置試験 (第2フェーズ) 実施場所

[TASK 1] 深部岩盤の地質構造・力学特性・水理特性・地球化学特性の把握

1. 概要

我が国の深部地質環境に関する情報収集の一環として、原位置試験場周辺の地質環境を把握するとともに、TASK 2～5において実施する原位置試験研究について、試験研究の設計の最適化、解析精度の保証、ならびに試験成果の普遍性（別の場所への適用性）の検討という観点から、第2フェーズ計画に共通の技術基盤を整備する。このため以下の項目について調査解析等を実施する。

- (1) 原位置試験場周辺の地質環境の調査
- (2) 釜石原位置試験データのとりまとめ
- (3) 栗橋花崗閃緑岩と他地域の花崗岩体の比較

2. 実施内容

(1)原位置試験場周辺の地質環境の調査

①原位置試験場周辺の地質構造の把握

(a)断層破砕帯あるいは割れ目帯の特性の把握

②断層破砕帯あるいは割れ目帯の連続性調査

平成5年度に推定した割れ目集中ゾーンの連続性を検証するために、地表において断層調査を行い、その結果とリニアメント解析結果を比較する。また、地表・坑道壁面・試錐コアを用いて地質学的な記載をするとともに、その岩石サンプルを用いて薄片観察・X線分析・化学分析を行い鉱物学的な特徴を把握する。

③年代測定

年代測定用の鉱物の分離を平成6年度に引き続き継続し、分離終了後、年代測定（2試料、K-Ar法等を用いる）を行う。

④データのとりまとめ

②、③およびこれまでに取得された断層破砕帯あるいは割れ目帯の特性（形態、形成年代、成因、鉱物学的特性、間隙率、透水係数）をとりまとめる。

(b)断層破砕帯あるいは割れ目帯の地質構造調査技術開発（各種地球物理学的調査）

割れ目及び割れ目帯の検出技術としての物理探査手法の適用性を確認するため、KF-1、2孔および坑道壁面を利用して以下の地球物理学的調査を実施する。

- ・坑道壁面-KF-1、2孔間の弾性波トモグラフィー調査
- ・KF-1、2を利用したレーダーシングルホール調査
- ・データのとりまとめ

—割れ目帯の位置や特性（鉱物学的特性、間隙率、透水係数）と各種地球物理学的調査結果を比較し、(a)④でとりまとめた割れ目帯あるいは割れ目の内、どのタイプが検出されたのかを割れ目の方向や幅も加味して把握する。

②深部岩盤の力学特性の把握

平成7年度までに取得したデータにより、釜石原位置試験場周辺の栗橋花崗岩における初期応力および力学特性の深度依存性・寸法効果などに関する知見を取りまとめ、他地域の特性との違いを考察する。また、平成7年度に引き続き、初期応力測定測定手法の適用性の評価を行う。

③深部岩盤の水理特性の把握

栗橋花崗閃緑岩を例として、間隙水圧や坑道湧水量の経時変化、透水性に関する知見を蓄積し、試験場スケールのモニタリング手法（モニタリングシステムやサンプリング間隔など）を確認するため、昭和63年～平成8年の間に定常業務及び委託研究で取得された坑道湧水量・間隙水圧、および釜石鉾山周辺の降水量・気温のデータを取りまとめ、他のTASKで取得されたデータと併せて、これらの経時変化を把握する。また、異なる水理地質構造モデル化アプローチ（異なる水理解析手法の試行）による解析手法の有効性を確認するため、本年度は、平成7年度までに得られた知見を整理するとともに、平成9年度の実施計画を策定する。

以下に、実施内容を示す。

(a)降水量・気温・坑道湧水量・間隙水圧の経時変化の把握

釜石原位置試験場周辺の降水量・気温・坑道湧水量・間隙水圧の経時変化を把握するため、以下の内容を実施する。

- ㊤昭和63年～平成8年の間の釜石鉾山周辺の降水量・気温（月単位（平均））を整理する。
- ㊦昭和63年～平成7年の定常業務と委託研究で取得された坑道湧水量と間隙水圧のデータを整理する。
- ㊧昨年度掘削したKF-1, 2孔の間隙水圧観測を高い精度で、短いサンプリング間隔（2～5分）で行うために、これらの試錐孔用に、間隙水圧自動観測システムとひずみゲージ式間隙水圧計を導入する。
- ㊨間隙水圧観測を安定して行うために、平成6年度に導入した間隙水圧自動観測システムと今年度導入する間隙水圧自動観測システムに無停電電源装置を設置するとともに、落雷対策を施す。
- ㊩KG-1孔に設置されたMPシステムを用いて、定期的（1回・20区間/2週）に間隙水圧を観測する。
- ㊪上記データに基づき、釜石原位置試験場周辺の降水量・気温・坑道湧水量・間隙水圧を経時変化という観点でとりまとめる。

(b)水理試験

原位置試験場周辺の透水性を、割れ目帯およびそれ以外の岩盤という観点で把握するため、また、(c)岩盤浸透流解析の解析モデルの作成に必要な透水性に関するデータを取得するため、以下の透水試験試験を実施し、第1フェーズの結果と合わせて、割れ目帯およびそれ以外の岩盤という観点で透水係数をとりまとめる。

②単孔式水理試験

- ・ K F - 1, 2 孔における単孔式水理試験（動燃式 J F T を使用：計 5 区間）

③流量検層

- ・ K F - 1, 2 孔における流量検層

④圧力応答試験

K H - 11, 16, 17, 18 孔の区間 1 を発信源とする圧力応答試験

(c)岩盤浸透流解析

本件は、栗橋花崗閃緑岩を例として、異なる水理地質構造モデル化アプローチ（異なる水理解析手法の試行）による解析手法の有効性の確認を主目的として実施する。平成 8 年度は、平成 7 年度までに実施した岩盤浸透流解析により得られた知見を整理し、その結果にもとづき、平成 9 年度の解析実施計画および原位置試験計画を策定する。

④深部岩盤の地球化学特性の把握

深部岩盤の地下水の地球化学的特性を把握するため、既存坑道（250m および 550m レベル）と既存試錐孔（K H - 1, K G - 1, K F - 1 および K F - 2）において、以下の調査を実施する。また得られたデータをもとに、多変量解析および熱力学的解析を行う。

(a)既存坑道における地下水の調査

①物理化学パラメータ測定

250m および 550m レベル内に湧出する地下水の物理化学パラメータ（温度、pH、酸化還元電位、電気伝導度、溶存酸素濃度）を、現場で測定（1 週間に 1 度、7 地点）する。

②地下水の採水および水質分析

250m および 550m レベル内に湧出する地下水の採水、主要成分濃度分析および同位体分析（ $\delta^{18}\text{O}$ 、 δD 、トリチウム：1 ヶ月に 1 度、4 ポイント）を行う。

(b)既存試錐孔における地下水の調査

①K H - 1 孔での採水、分析

K H - 1 孔に既設されているパッカーシステムにより区切られた 4 区間を対象に、区間毎に、1 週間に 1 度物理化学パラメータ測定、湧水量測定を行う。

②K G - 1 孔での採水、分析

K G - 1 孔に既設されているパッカーシステムにより区切られた採水区間のうちの 1 区間において、水質の季節変化を把握するために、平成 8 年度は夏期に採水し、物理化学パラメータ測定および主要成分濃度分析を実施する。本採水で採水した地下水は、以下の分析（水質、同位体、バクテリアおよびガス）を行う。

・水質分析項目

Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 、 Al^{3+} 、全 Si、 Si^{4+} 、全 Fe、 Fe^{2+} 、 Li^+ 、 Sr^{2+} 、 Mn^{2+}
 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 F^- 、 Br^- 、 I^- 、 S^{2-} 、 PO_4^{3-} 、全 P、 NO_2^- 、 NO_3^- 、 NH_4^- 、全 N、TOC、IC

・同位体分析項目

$\delta^{18}\text{O}$, δD , トリチウム

・バクテリア分析項目

－全菌数計測

－特定バクテリア調査：鉄酸化細菌，鉄還元細菌，硫酸塩還元細菌，硫黄酸化細菌，メタン生成菌，亜硝酸細菌，硝酸細菌，脱窒素細菌

－硫酸塩還元細菌種の同定

・ガス分析項目

O_2 , N_2 , H_2 , He , CH_4 , CO , CO_2

◎KF-1, 2孔における採水・分析

KF-1, 2孔に既設されているパッカーシステムにより区切られた区間の内、断層破碎帯あるいは割れ目帯とそれ以外の岩盤内の地球化学的特性の違いを把握するために、4区間において採水し物理化学パラメータ測定、主要成分、同位体およびバクテリア分析を実施する。分析項目はKG-1孔の項目と同じとする。

(c)データのとりまとめ

既存坑道(250mおよび550mレベル)および既存試験錐孔(KH-1およびKG-1)の地下水分析箇所毎に、水質分析結果(前年度までに取得された水質データと本年度取得されるデータ)をデータリストとしてまとめる。とりまとめられたデータをもとに、多変量解析手法により地下水の水質区分の妥当性を確認する。また、平衡論に基づく熱力学的解析手法により地下水の水質形成に係わる主要な地球化学プロセス(pHおよびアルカリ元素、炭酸、硫酸濃度に影響を与える反応)を推定し、釜石の地下水水質形成機構を明らかにするとともに、釜石地下水に対する平衡論モデルの適用性を検討する。

(2)釜石原位置試験データのとりまとめ

第2フェーズ終了時点での釜石原位置試験10年間のデータの取りまとめを想定し、これを効率的かつ有効的に行うために、データ管理の一元化のための作業を開始する。本年度は、データベースの設計・製作、データベース管理システムおよびワークステーションの導入を行い、データ入力を開始する。

①コンピュタリース

平成7年度までにデータ解析用にリースを開始したコンピュータのリースを継続して行う。

②データベースの作成

本年度は、以下について行う。

(a)データベース管理システムを導入する。

(b)データ入力用ワークステーションを導入する。

(c)既存データ整理結果にもとづきデータベースを設計・製作する。

(d)データの入力を開始する。

(3)栗橋花崗閃緑岩と他地域の花崗岩体の比較

釜石原位置試験の成果の普遍性（別の場所への適用性）という観点から、(2)で取りまとめた釜石原位置試験データを用いて、日本の花崗岩類、海外の花崗岩類との比較を行う。平成7年度は、地層処分の研究開発という観点から、比較する項目を抽出する。また、抽出した項目に関し、予備的な比較を行う。

3. 実施場所（図-1）

(1)原位置試験場周辺の地質環境の調査／解析

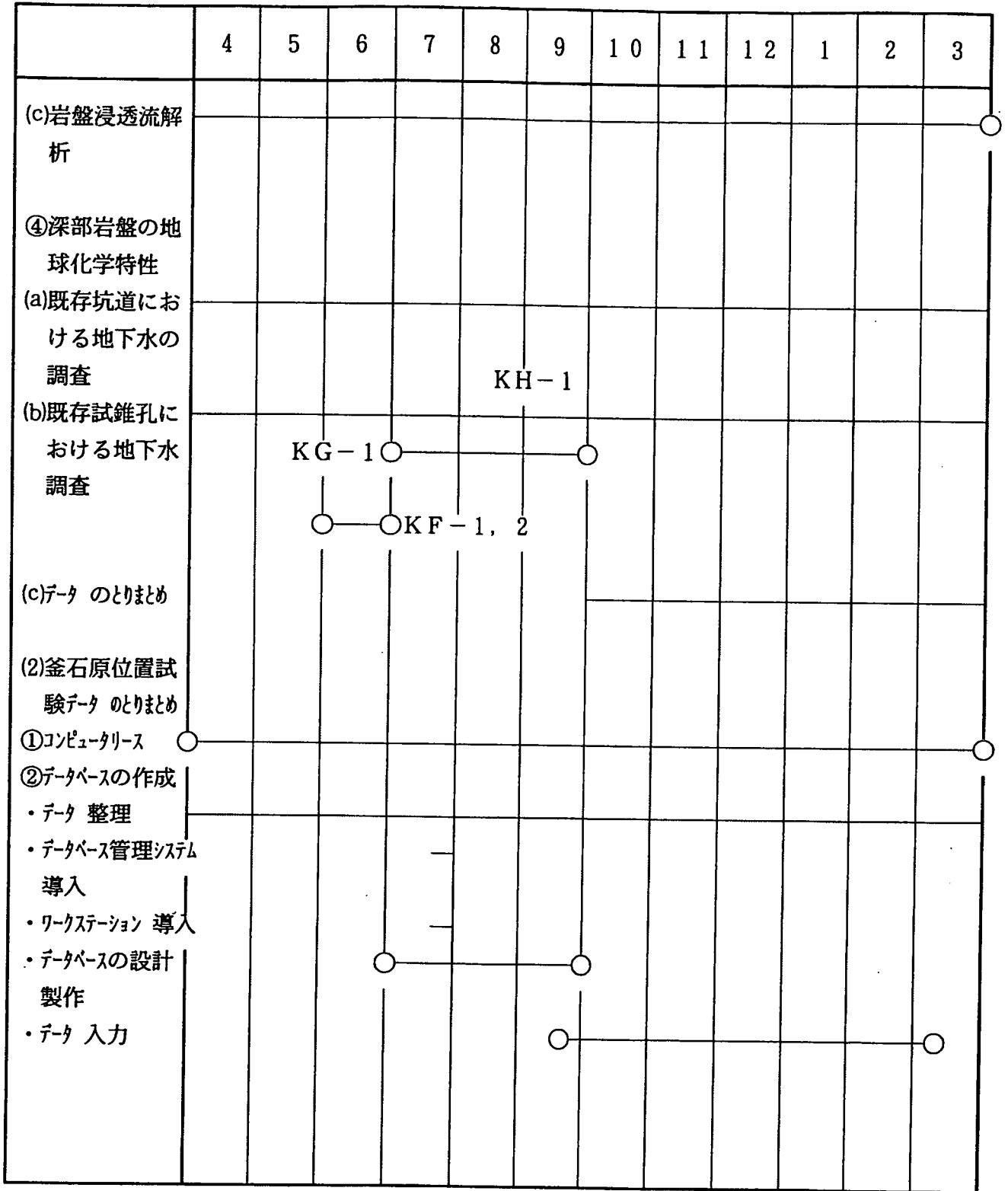
- ① 原位置試験場周辺の地質構造の把握
550mおよび250mレベル坑道，地表
- ② 深部岩盤の力学特性の把握
釜石事務所および東濃地科学センター
- ③ 深部岩盤の水理特性の把握
250mレベル坑道と、550mレベル坑道のKD-90 坑道とTASK3-2 の対象領域を含む約300m規模の領域
- ④ 深部岩盤の地球化学特性の把握
250mレベル坑道、550mレベル坑道および既存試験孔（KH-1，KG-1，KF-1，KF-2孔）

(2)釜石原位置試験データのとりまとめ

W/Gを主体として行う。

(3)栗橋花崗閃緑岩と他の地域の花崗岩体の比較

釜石事務所を主体として行う。



5. マイルストーン

(1)原位置試験場周辺の地質環境の調査／解析

①～④

3月 : 日鉄委託研究分の契約請求書の起案

6月 : 日鉄委託研究分の契約の締結

①原位置試験場周辺の地質構造の把握

9月 : 地球物理学的調査開始

②深部岩盤の力学特性

③深部岩盤の水理特性の把握

10月 : 単孔式水理試験をKF-2孔より開始

④深部岩盤の地球化学特性の把握

4月 : 定常業務として坑道における地下水調査の開始

(2)釜石原位置データのとりまとめ

4月 : コンピュータリソースの開始

4月 : データベース設計・製作の起案

7月 : データベース設計・製作の開始

9月 : データ入力開始

(3)栗橋花崗閃緑岩と他地域の花崗岩体との比較

4月 : 比較項目の抽出の開始

6. 実施体制

(1)原位置試験場周辺の地質環境の調査／解析

①原位置試験場周辺の地質構造の把握 外部委託(日鉄)／直営

②深部岩盤の力学特性 直営

③深部岩盤の水理特性

降水量・気温・坑道湧水量・間隙水圧の経時変化の把握 外部委託(日鉄)／直営

水理試験 外部委託(日鉄)

岩盤浸透流解析 直営

④深部岩盤の地球化学特性の把握

既存坑道における地下水調査 外部委託(日鉄)

既存試験錐孔における地下水調査 外部委託(日鉄)

データの解析 外部委託(日鉄)／直営

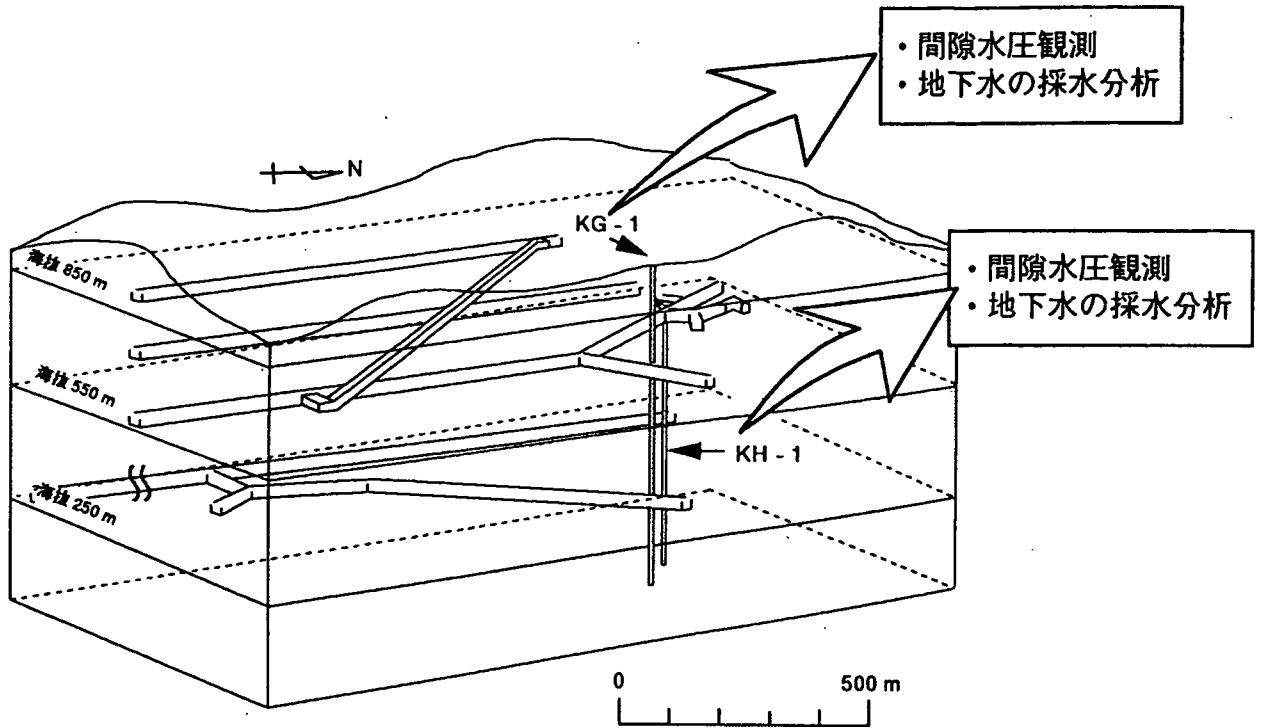
(2)釜石原位置データのとりまとめ

外部委託/直営

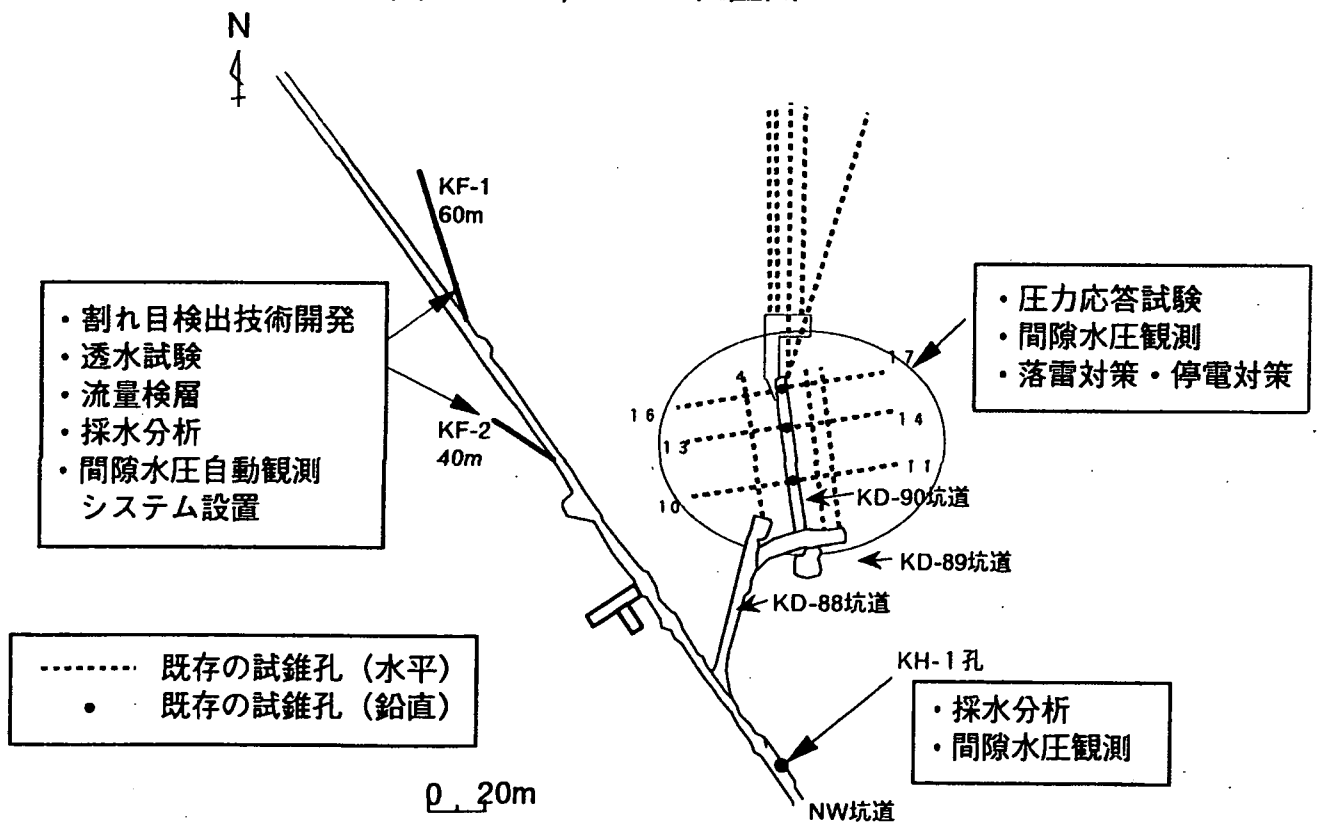
(3)栗橋花崗閃緑岩と他地域の花崗岩体との比較 直営

7. 留意点

- ・①(b), ③(b)を実施する際には、KF-1, 2孔に設置してあるパッカーシステムを撤去する必要があるため、周辺の他試験領域の水理学的特性が擾乱されるおそれがある。
- ・上記①(b), ③(b)の終了後早急にパッカーシステムを再設置する。
- ・KF-2孔の近傍でTASK3-1の試験が実施されるため、上記①(b), ③(b)およびパッカー設置はKF-2孔より実施する。



(a) KG-1, KH-1 位置図



(b) 550mレベルNW坑道周辺の主な試験位置図

図一 1 深部岩盤の地質構造・水理特性・地球化学特性の把握調査位置図

〔TASK 2〕 深部岩盤における掘削影響領域の評価

1. 概要

岩盤中に坑道などの空洞を掘削することにより、周辺岩盤の力学的、水理的、地球化学的な特性や条件が変化する。力学的には応力状態や変形・破壊特性の変化、水理的には透水性や間隙水圧の変化、地球化学的には不飽和領域の発生に伴う地下水の酸化還元状態（REDOX状態）の変化などである。このような変化を受ける岩盤領域を掘削影響領域とし、本TASKの研究対象とする。掘削影響領域は物質移行の選択的な経路となる可能性があり、ニアフィールド性能を評価する上で重要である。また、掘削影響領域の特性と広がり、掘削工法や掘削する空洞の規模・形状に依存すると考えられるため、設計・施工の最適化という観点で重要である。さらに、掘削影響領域の特性と広がり、掘削影響領域を含む岩盤領域内で実施される原位置試験の初期条件・境界条件の一部となるため試験条件の設定や結果を評価する上で不可欠な情報である。これまでの掘削影響に関する研究では、岩盤特性の変化に着目した計測により、掘削影響領域の範囲を大まかに捉えることにとどまっている。また、掘削影響領域の発生に関連するプロセスとして、き裂の発生や変化、応力の再配分、不飽和領域の発生が重要であると認識されているが、これらと岩盤特性の変化との関係は評価できていない。これらが今後の掘削影響に関する研究の課題である。さらに、研究結果に基づき、掘削影響領域をモデル化することにより、掘削影響領域の3次元的な分布を推定することや釜石原位置試験の成果を一般化することが可能となる。以上のことから、TASK 2の5か年の研究目的は以下の3項目に整理される。

(1)掘削影響の計測および評価手法の開発

(2)掘削影響領域の特性と広がりの把握

(3)掘削影響の発生に関連するプロセスと岩盤の特性変化の関係評価

平成5年度および平成6年度は、既存坑道における掘削影響領域評価と既存坑道周辺のREDOX状態調査を実施した。また、これらの結果に基づき、新規坑道掘削をとまなう掘削影響試験の計画を策定し、平成7年度より本掘削影響試験を開始している。

平成8年度は、坑道径3.5mの試験坑道を掘削するとともに、試験坑道掘削により坑道周辺岩盤の挙動のモニタリング及び掘削前後の特性変化に関する調査を行う。坑道周辺のREDOX状態調査は、既存坑道周辺の調査を継続するとともに、平成7年度掘削したKRE-3孔及びKDT-1孔において試験坑道掘削中のモニタリングを行う。

2. 実施内容

(1)新規坑道掘削を伴う掘削影響試験

平成6年度に立案した掘削影響試験計画に基づき、平成7年度は、試験坑道掘削前の事前調査の準備として計測坑道と調査用試験孔を掘削した。今年度は、調査用試験孔において試験坑道掘削前後の透水試験並びに、試験坑道掘削前に設置された各種測定機器による試験坑道掘削中の坑道周辺岩盤の挙動変化のモニタリングを実施する。坑道及び試験孔の配置を図一1に示す。

①試験坑道掘削（坑道形状：幅3.5m×高さ3.5m×37mの馬蹄形、通常発破とスムーズプラ

スティング工法)。

②試錐孔の掘削

平成7年度に掘削された調査用試錐孔に加え、原位置AE測定用の試錐孔並びに岩盤内変位計設置用の試錐孔を掘削する。なお、AE計測用の試錐孔数及びレイアウトは、位置評定の精度の検討結果に基づき変更する可能性がある。

- ・AE計測用(22.5m×4本=90m)
- ・岩盤内変位計測用(6.0m×2本=12.0m)

③試験坑道掘削前後の調査

試験坑道掘削前後に、平成7年度掘削された試錐孔において透水試験(低圧ルジオン試験、Pac-ex)を実施する。

④試験坑道掘削中の坑道周辺岩盤の挙動変化に関するモニタリング

試験坑道掘削前に、各種測定装置を平成7年度、8年度掘削した試錐孔に設置し、坑道掘削中の周辺岩盤の挙動変化に関するモニタリングを実施する。計測項目は以下の通りである。

- ・AE測定(試験坑道掘削中に周辺岩盤中に発生するAEの分布を3次元的に把握する)
- ・発破振動測定(試験坑道壁面からの発破による衝撃波の減衰特性を把握する)
- ・岩盤内変位測定(亀裂とマトリックスの影響を含む岩盤全体の変位を測定する)
- ・岩盤ひずみ測定(坑道掘削により、マトリックス部に生じる変形を測定する)
- ・亀裂変位測定(坑道掘削により生じる亀裂の変位を3次元的に測定する)
- ・Pac-exを用いた亀裂変位～間隙水圧モニタリング(同一地点において、掘削によって生じる亀裂の変位と間隙水圧の変化を把握する)。

⑤き裂調査

- ・試験坑道掘削中の切羽観察及び掘削後の壁面調査を実施する。
- ・新たに掘削する試錐孔のBTV調査、孔曲がり測定および岩芯観察を実施する。

⑥間隙水圧観測

平成5年度に設置したシステムを用いて間隙水圧観測を継続し、試験坑道および試錐孔掘削時の間隙水圧の変化をモニタリングする。

⑦評価・解析

- ・各調査・試験で得られる結果を取りまとめる。
- ・平成7年度実施した連続体、不連続体モデル化手法を用いた予測解析の結果と、取得されたデータとの比較を行い、不連続性岩盤のモデル化手法の適用性を検討する。

(2)坑道周辺の地下水のREDOX状態調査

坑道周辺の地下水は、坑道内の大気の影響をうけていると考えられる。本調査では、既存坑道周辺の地下水に関して、原位置での地下水モニタリングおよび室内での岩石(鉱物)/水反応試験により取得されたデータをもとに、計算コードを用いて既存坑道周辺の地下水のREDOX状態を推定する。

①原位置での地下水モニタリング

(a)既存坑道周辺の地下水のREDOX状態調査

既存試錐孔(TK-24孔及びKRE-1孔)の地下水のpH、ORP(Pt, Au)、溶存酸素濃度、電気伝導度、温度のモニタリングを継続して行う。また、KRE-3孔を用いて、単一試錐孔内の地下水について坑道壁面からの距離と地下水の化学的特性(特に溶存酸素濃度)との関係を調べ

るため、パッカー式地下水採水装置を製作・設置し地下水のモニタリングを行う。

(b)新規坑道周辺の地下水の REDOX状態調査

試験坑道掘削予定地点近傍に既に掘削されているKDT-1 孔を用いて、坑道掘削前後での地下水の化学的特性の変化の有無を把握するため、パッカー式地下水採水装置を製作・設置し地下水のモニタリングを行う。

②室内試験

(a)岩石（鉱物）-水反応試験

栗橋花崗閃緑岩を対象に、未変質部及び割れ目充填物部について試験を実施し、各部分のもつ酸化還元能力を調べる。

③解析

原位置でのモニタリングおよび室内試験で得られたデータをもとに、平成7 年度の改良したREDOX 解析コードを用いて、坑道壁面から岩盤内部への地下水の酸化還元状態の変化を推測するための試計算を行う。また、坑道埋め戻し後、岩盤が持つ酸化還元能力により坑道掘削に伴い酸化された地下水がどの程度の期間で還元性に戻るかを推測するための試計算を実施する。

3. 実施場所

(1)掘削影響試験

250mレベル坑道の第8 試錐座近傍から40mの範囲内で実施する。

(2)坑道周辺の地下水の REDOX状態調査

250mレベル坑道のKRE-1, 3 孔, TK-24孔およびKDT-1 孔で実施する。

4. スケジュール

	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
				契約								
(1)掘削影響試験				▽	準備	▽掘削						
試験坑道掘削												
試錐孔掘削												
割れ目調査												
坑道掘削前後の計測												
坑道掘削中の計測					設置	▽計測						
間隙水圧計測												
解析・評価												

	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
(2)坑道周辺のREDOX 状態調査												
原位置での地下水モニタリング												
・KRE-1	モニタリング											
・KRE-3				パッカー製作・設置・計測								
・TK-24	モニタリング											
・KDT-1				パッカー製作・設置・計測								
室内試験	試験計画の検討・試験の実施											
解析	解析条件の検討・解析の実施											

5. マイルストーン

(1)掘削影響試験

- 4月 : 契約起案
- 7月 : 契約の締結
- 9月 : 試験坑道の掘削開始

(2)坑道周辺の地下水の REDOX状態調査

- 4月 : 地下水水質連続モニタリングの開始
- 7月 : パッカー製作開始

6. 実施体制

(1)掘削影響試験

- ①計測坑道掘削 ⇒GDT
- ②試錐孔掘削 ⇒GDT
- ③割れ目調査 ⇒GDT+直営
- ④予備計測 ⇒GDT
- ⑤室内試験 ⇒GDT
- ⑥間隙水圧の観測 ⇒直営(釜石)
- ⑦評価・解析 ⇒GDT

(2)坑道周辺の地下水の REDOX状態調査

- ①原位置での地下水モニタリング ⇒直営(釜石・東濃)
- ②室内試験 ⇒直営(東海・釜石・東濃)
- ③解析 ⇒直営(東海・釜石・東濃)

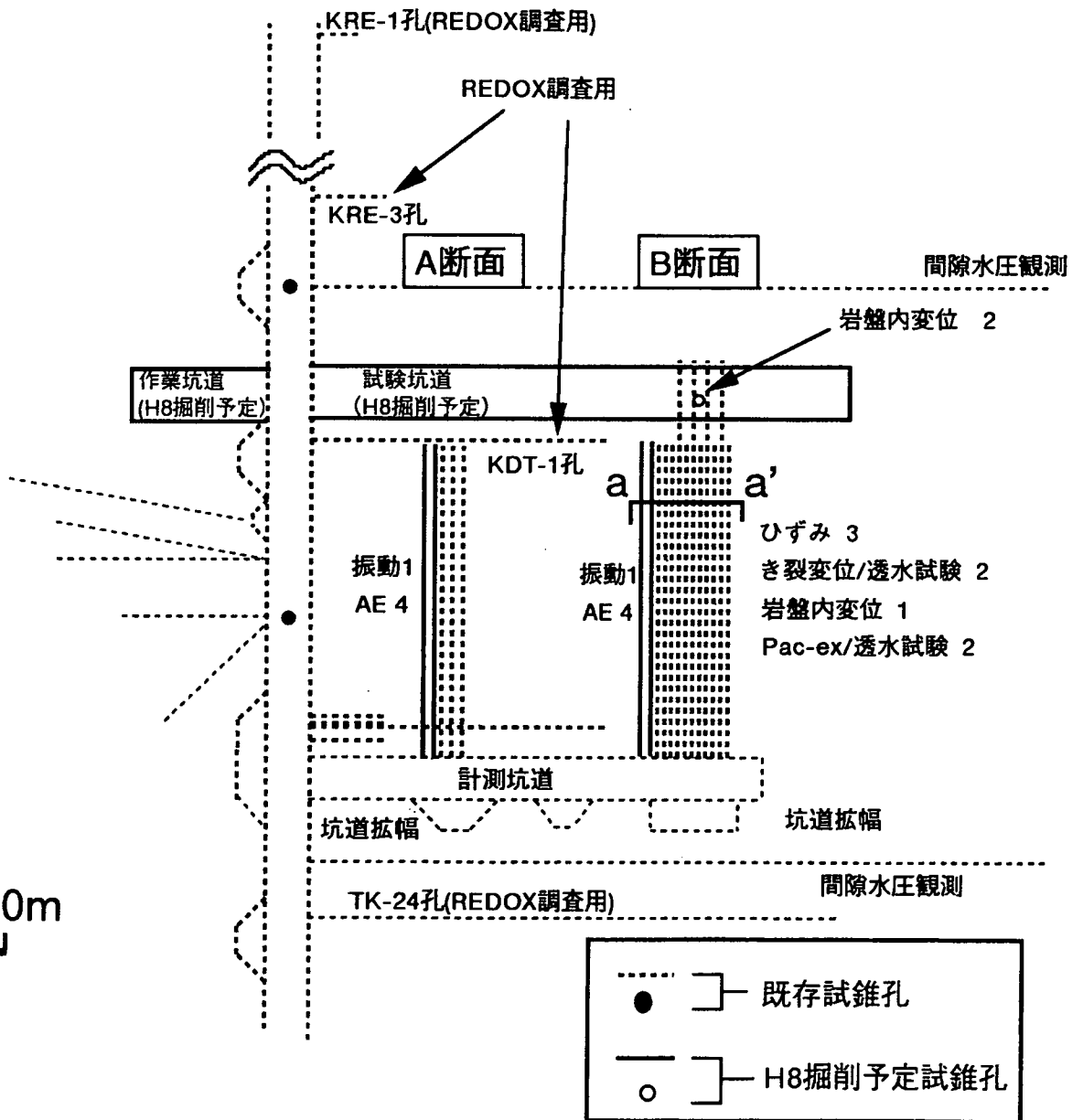
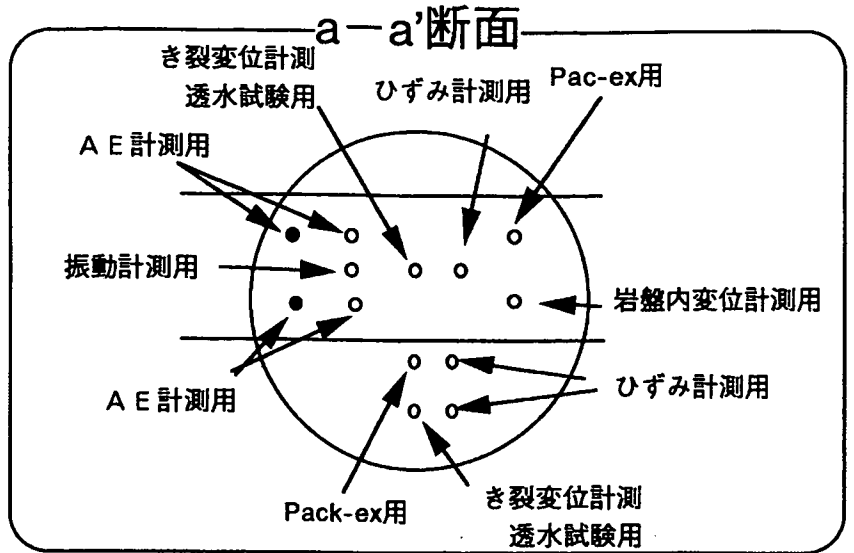
7. 留意事項

(1)掘削影響試験

- ・坑道掘削があるため、他のT A S Kで調査を実施する場合はタイミングや位置などについて調整を行う。

(2)坑道周辺の地下水の REDOX状態調査

- ・ T A S K 3 と重なる項目があるので、両者で連携・調整しながら効率良く進める。
- ・ 試験坑道掘削とのスケジュール調整が必要



0m 10m

掘削影響領域評価研究—調査・試験レイアウト

〔TASK 3〕結晶質岩中の水理・物質移行に関する研究
〔SUBTASK-1〕収着およびマトリックス拡散に関する研究

1. 概要

結晶質岩中での物質移行においては、割れ目や割れ目帯が重要な役割を果たすと考えられることから、SUBTASK-1 では坑道周辺の地質学的情報を基に、移行経路の基本単位となる単一割れ目およびその複合系と考えられる割れ目帯における物質移行遅延特性を把握することが重要であり、次の3項目が主たる達成目的である。

(1) 割れ目における物質移行特性を把握するための物質学的、地球化学的調査手法を確立する

(2) 割れ目における物質移行遅延特性を室内試験および原位置試験によって把握する

(3) 割れ目における物質移行に係わる現有モデルの妥当性を確認する

平成7年度には、坑道壁面の割れ目調査により物質移行の観点から分類された割れ目タイプ(タイプA、B、C)のうち、最も連続性の良い割れ目と考えられるタイプC(断層破碎帯)を対象に、繊細な移行経路調査を行い、割れ目周辺の移行経路概念モデルを構築した。室内試験では、タイプBを対象とした、U、CsおよびSeの収着試験(コールド)、PuおよびAmの収着試験(ホット)が終了し、充填鉱物部、赤色変質部および末変質部の各部分での収着能力を定量的に把握した。また平成8年度以降の原位置試験で使用する予定のトレーサを選定した。平成8年度は、割れ目(タイプA、B、C)における物質移行・遅延特性を把握するための室内試験を継続し、室内レジン注入試験によって移行経路の構造調査を実施するとともに、割れ目タイプに適應するレジンの選定を行う。また、平成7年度に製作された移流/拡散試験装置を用いた移流/拡散試験の実施、原位置レジン注入試験装置の製作および平成9年度の最終取りまとめにむけ、地球化学的/水理学的原位置試験を実施する。

2. 実施内容

原位置において、既存坑道壁面における地質学的および地球化学的調査を継続して実施する。室内では、割れ目タイプ毎の岩石/鉱物特性調査、バッチ式収着試験に加え、カラム式拡散試験、移流/拡散試験を実施する。また、レジン注入試験装置の製作、および各原位置試験(レジン注入試験、コールドトレーサー注入試験、オーバーコアリング調査、試錐孔間水理試験)を実施する。

(1) 既存坑道における地質学的および地球化学的調査

① 割れ目調査

坑道壁面の割れ目調査に基づき、平成8年度以降に実施する原位置試験の対象となる割れ目の選定を行う。

②サンプリング

岩石の観察および分析、地下水の水質分析、室内試験の実施に際して適宜おこなう。

(2)室内での調査および試験

①岩石の観察および分析、地下水の水質分析

採取した岩石の顕微鏡観察、鉱物分析および化学分析を行う。また採取した地下水の水質分析を行う。

②岩石／鉱物特性調査

・移行経路調査

各割れ目タイプを対象に、繊細な室内染色試験による移行経路調査を行い、移行経路概念モデルを構築するとともに、既存の物質移行解析モデルとの整合性を図る

・物性地測定試験

各割れ目タイプを対象に割れ目周辺岩盤および割れ目充填物について、間隙率、細孔径分布および表面積を測定する。

③バッチ式収着試験

原位置試験で使用するトレーサに関して、割れ目周辺岩盤および割れ目充填物に対して収着試験を実施するとともに、収着係数に関するデータファイルの作成を継続して実施する。

④カラム式拡散試験

割れ目周辺岩盤および割れ目充填物について、カラム式拡散試験（インディフェーションおよびスルーディフェーション試験）を実施するとともに、拡散係数に関するデータファイルの作成を引き続き実施する。

⑤移流／拡散試験

割れ目中での移流および割れ目表面からの拡散現象を把握するため、平成7年度に作成した移流／拡散試験装置による試験を実施する。

⑥レジン注入用メカパッカー の設計・製作

割れ目およびその周辺の移行経路構造を把握するため、原位置でのレジン注入メカパッカー の設計・製作を行う。

(3)原位置試験

①レジン注入試験

室内染色試験によって各割れ目タイプに適応性のあるレジンを選定した上で、原位置において、各割れ目毎の単一孔による注入試験を実施し、移行経路構造を調査する。

②非収着性トレーサー注入試験

対象割れ目の選定後、現場試験場の整備を実施し、試験方法や試験レイアウトを決定する。

③ オーバーコアリング調査

各割れ目毎に原位置で実施される、レジンを注入試験およびトレーサー注入試験後の割れ目および割れ目表面からの移行経路構造、トレーサー濃度プロファイルを把握するために、オーバーコアリングによる調査を実施する。

④ 試錐孔間水理試験

割れ目内の透水係数や比貯留係数などの水理学的なパラメーターを把握するために、2孔計50mの試錐孔を掘削し、BTV、孔曲がり検診非定常法による透水試験および、孔間での透水試験を実施する。

3. 実施場所

(1) 既存坑道における地質学的および地球化学的調査

調査は、250 mレベル坑道を主体に実施する。550 mレベル坑道も比較のため、随時調査を行う。

(2) 室内での調査および試験

室内試験のうち、ホットの試験については東海事業所GISで行う。コールドの試験については、東濃地科学センターおよび東海事業所GISで実施する。

(3) 原位置試験

250 mLおよび550 mL坑道内で実施する。対象となる割れ目は、平成8年4月頃まで選定する。

5. マイルストーン

(1) 既存坑道における地質学（地球化学）的調査および原位置試験

～平成8年12月頃：原位置試験の対象となる割れ目の選定を終了し、原位置試験の実施を実施する。

(2) 室内での調査および試験

平成9年1月頃～：調査および試験結果の取りまとめを実施する。

6. 実施体制

(1) 既存坑道における地質学的および地球化学調査

- ①割れ目調査 ⇨直営（東濃・東海・釜石）
- ②サンプリング ⇨直営（東濃・東海・釜石）

(2)室内での調査および試験

- ①岩石・地下水試料の観察および分析⇨直営（東濃）
- ②岩石／鉱物特性調査 ⇨直営（東濃・人形）、一部外部委託
- ③バッチ式収着試験 ⇨直営（東濃・東海）
- ④カラム式拡散試験 ⇨直営（東濃・東海）
- ⑤移流／拡散試験 ⇨直営（東濃・東海）
- ⑥レジン 注入用マニピュレーターの設計・製作⇨外部委託、東濃

(3)原位置試験

- ①レジン注入試験 ⇨直営（東濃）、一部外部委託
- ②非収着性トレーサー注入試験 ⇨直営（東濃・東海）
- ③オーバーコアリング調査 ⇨直営（東濃・東海）、一部外部委託
- ④試験孔間水理試験 ⇨外部委託（大成建設・日鉄鉱業）、東濃

7. 留意事項

- ①既存坑道における地質学および地球化学的調査
 - ・地球化学的調査に関しては、TASK 2（REDOX状態調査）と連携、調整して進める。
- ②室内での調査および試験
 - ・各種試験の実施、試験装置の製作にあたっては、東海事業所GISと連携、調整して進める。

4. スケジュール

	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	
(1)既存坑道における 地質学および 地球化学的調査													
①割れ目調査 (割れ目選定調査)													
②サンプリング				必要に応じて随時実施									
(2)室内での調査および 試験													
①岩石・地下水の観察 および分析				実験に際して、必要に応じて随時実施									
②岩石/鉱物特性調査				試験の実施						試験結果の まとめ			
③バッチ式収着試験				試験の実施						試験結果の まとめ			
④カラム式拡散試験				試験の実施						試験結果の まとめ			
⑤移流・拡散試験				試験の実施									
⑥メカニカルパッカー 注入試験装置の制作		契約手続き			装置の設計		装置の制作						
(3)原位置試験													
①レジン注入試験				レイアウトの決定						試験実施			試験結果の まとめ
②トレーサー注入試験				レイアウトの決定						試験場の整備			試験結果の まとめ
③オーバーコアリング 調査										試験結果の まとめ			
④孔間水理試験										試験結果の まとめ			

〔TASK 3〕 結晶質岩中の水理・物質移行・遅延に関する研究

〔SUBTASK-2〕 移流および分散に関する研究

1. 概要

亀裂状媒体中の物質移行においては、マトリックス拡散が主要な遅延機構であることが国際的にも広く認識されている。この場合、ある流量の水がマトリックス部にアクセス可能な流路表面とどの程度接触するか、その表面積が重要となるため、これを規定する透水性亀裂の頻度、単一亀裂の透水性、さらにチャンネルの幾何形状が重要な研究課題となる。

マトリックス拡散の詳細な研究は、釜石フェーズII TASK3, Subtask 1 (収着およびマトリックス拡散に関する研究) においてなされるが、透水性亀裂の頻度、単一亀裂の透水性については、本Subtask によりデータ収集を行う。

トレーサーの流速は、平成4年度に実施した予備的トレーサー試験において、水理学的開口幅に基づく流速に対して1/14程度と1オーダー以上遅いことが推定されている。このことは、トレーサー試験に基づき流速を評価した場合には、水理学的開口幅に基づく流速を用いた場合よりマトリックス拡散による遅延効果がより大きくなり、性能評価上有利となる可能性があることを示唆している。従って、ニアフィールド岩盤でのバリア効果の信頼性を確保する上において、トレーサー試験に基づく物質移行上の開口幅を把握することが、重要なテーマとなる。

本試験から得られる情報は、亀裂ネットワークモデルの直接の入力データとして利用可能であるとともに、第1次取りまとめで使用された平行平板モデルの入力データとしても利用することができ、モデルによらない汎用性のあるデータとして利用可能である。

亀裂中の物質移行を評価するために、TASK3-2 においては、下記に関するデータおよび知見を取得することを目的として原位置試験を実施する。

- ①透水性亀裂の分布と、その透水量係数、物質移行上の開口幅等の水理・物質移行パラメータの取得
- ②透水性割れ目に作用する動水勾配の把握
- ③透水性割れ目に挟まれた比較的透水性が低いブロックの分布・大きさの把握とその水理・物質移行パラメータの取得
- ④高間隙水圧領域と低間隙水圧領域を隔てる境界（水理境界）の把握

平成5年度は、Golder Associates Inc. への委託の一環として本Subtask の設計を行い、試験のコンセプトの検討、基本的試験レイアウトの検討、試験に使用する機器の基本設計を行った。

平成6年度は、透水性割れ目および高間隙水圧領域の位置を確認するためのパイロット・ボーリング（KH-20 孔）の掘削およびアクセス坑道の掘削を行った。

平成7年度は、平成8年度以降に実施する非収着トレーサー試験・孔間水理試験の準備作業として、アクセス坑道より3本の試験孔を掘削し、試験対象領域全体の水理地質構造（透水性割れ目および高間隙水圧領域の位置・分布等）を把握した。

平成8年度は、昨年度までに把握した試験場周辺の水理地質構造にもとづき非収着性

トレーサー試験対象割れ目を選定し、非収着性トレーサー試験の実施可能なパッカーシステムを設置し、外側境界条件設定用試錐孔と試験用試錐孔を1本ずつ掘削する。各試錐孔掘削中および掘削後には各種観測・調査を実施し、昨年度までに把握した水理地質構造とあわせて試験対象領域の水理地質構造をより詳細に把握する。さらに、非収着性トレーサー試験対象割れ目を対象に孔間透水試験を実施し、非収着性トレーサー試験対象割れ目の水理特性を把握するとともに、予備的トレーサー試験を行い、平成9年度に実施する非収着性トレーサー試験の試験条件を決定する。

2. 実施内容

(1) 圧力応答試験

昨年度までに把握した試験場周辺の水理地質構造の妥当性を確認するために、各試錐孔に設置してあるパッカーシステムの各間隙水圧観測区間を用いて、圧力応答試験を実施する。試験は、ある間隙水圧観測区間から排水（あるいは注水）し、その他の区間で間隙水圧の変化の有無を観測し、透水性割れ目の連続性を確認する。排水（あるいは注水）は1度の試験に1区間とし、何点かで試験を行うことにより、試験場周辺の水理地質構造を明らかにする。

(2) 間隙水圧の異なるパッカー区間からの採水・分析

平成7年度までの調査の結果、試験対象領域では水理学的に独立した複数の領域に区分されることが明らかになっており、異なる領域からの採水・分析を行い、地下水の地球化学的な検討を実施する。

(3) 試錐孔掘削

① 外側境界条件設定用試錐孔（KH-22 孔）の掘削

原位置において動水勾配を取得するために、アクセス坑道北側側壁において、試験用試錐孔の西側に5～10m離れた地点から、KH-23 孔の西側に外側境界条件設定用試錐孔（孔長80m）を掘削する（図1）。

なお、最初の試錐孔掘削後、パッカーシステムを設置し、圧力回復後に、次の試錐孔の掘削を開始する。

② 試験用試錐孔（KH-24 孔）の掘削

アクセス坑道北側側壁から、KH-20 孔およびKH-25 孔平行にKH-24 孔（孔長80m）を掘削する（図1）。

なお、最初の試錐孔掘削後、パッカーシステムを設置し、圧力回復後に、次の試錐孔の掘削を開始する。

(4) 観測・調査

観測・調査は、今年度掘削する試錐孔における非収着性トレーサー試験対象割れ目の位置および高間隙水圧領域の位置を明らかにするとともに、それらの分布をより詳細に把握するために実施する。これらの結果を整理・検討し、各試錐孔にパッカーシステムを設置する。

① 試錐孔掘削中に行う観測・調査

(a) 周辺試錐孔における間隙水圧観測

本観測の結果は、高間隙水圧領域および透水性割れ目の位置・連続性を把握す

るための情報となる。掘削試錐孔が高間隙水圧領域あるいは透水性亀裂を通過したとき、それらが周辺試錐孔に連続していれば周辺試錐孔の間隙水圧に変化が生じる。この間隙水圧の変化を把握することにより、掘削中の試錐孔における高間隙水圧領域および透水性割れ目の位置・連続性を把握する。

観測孔は、昨年度までに掘削した試錐孔および、本年度掘削終了後の試錐孔である。

(b)掘削中の試錐孔口元での水圧観測

本観測の結果は、高間隙水圧領域の位置・連続性を把握するための情報となる。観測の方法は、毎日の試錐孔掘削終了後に試錐孔口元に蓋をし、次の掘削開始まで放置し、蓋を開放する直前に掘削終了区間における間隙水圧を観測する。掘削試錐孔が高間隙水圧領域を通過したとき、口元の水圧は上昇する。この間隙水圧の変化を把握することにより、掘削中の試錐孔における高間隙水圧領域の位置・連続性を把握する。

(c)試錐孔掘削深度の連続観測

本観測の結果は、高間隙水圧領域と透水性割れ目の位置を把握するための情報となる。エンコーダーにより掘削深度を自動的かつ連続的に観測を行い、この結果と間隙水圧観測結果を比較することにより（両者は時間軸で比較）、掘削中の試錐孔における高間隙水圧領域の位置・連続性を把握する。

(d)毎日の試錐孔掘削後の試錐孔口元での湧水量観測

本観測の結果は、高間隙水圧領域の位置および透水性割れ目の位置把握するための情報となる。掘削中の試錐孔が高間隙水圧領域や透水性割れ目を通過したとき、口元での湧水量は大きくなる。この湧水量の変化を把握することにより、掘削中の試錐孔における高間隙水圧領域の位置および透水性割れ目の位置を把握する。

②試錐孔掘削後に行う観測・調査

(a)コア観察

本観察により亀裂の位置・頻度・開口の有無を把握することにより、高間隙水圧領域および透水性割れ目地質学的特性を把握するために情報を取得する。

(b)BTV調査

本観察により亀裂の位置・方向・頻度・開口幅を把握することにより、高間隙水圧領域および透水性割れ目地質学的特性を把握するために情報を取得する。

(c)孔曲り検層

本検層により試錐孔の3次元的位置を把握し、非収着トレーサー試験・孔間透水試験のジオメトリーを決定するための基礎データとする。

(d)流量検層

本検層により試錐孔に沿って流量を把握することにより、掘削中の試錐孔における、高間隙水圧領域および透水性割れ目の位置を把握するための情報を取得する。

(e)レーダー法シングルホール調査

本調査の結果は透水性割れ目の位置・連続性を把握するための情報となる。

本調査で取得したデータよりレーダー反射面を抽出し、抽出結果とBTV結果等を比較することにより透水性割れ目の位置・連続性を推定する。

③パッカーシステム設置

上記①②の観測・調査結果を整理・検討し、孔間透水試験および非収着トレーサー試験の対象割れ目を抽出し、パッカー位置の決定後、試錐孔に非収着トレーサー試験が実施可能なパッカーシステムを設置する。

パッカーシステム設置後に、ビルドアップ試験を実施し各区間の透水性・間隙水圧を把握する。

ビルドアップ試験後、次の試錐孔の掘削を開始する。次の試錐孔掘削中は、本試錐孔は間隙水圧観測用試錐孔となる。

(5)パッカーシステムの更新

平成7年度までに実施した観測・調査結果および(1)の試験結果から、非収着性トレーサー試験の対象割れ目を決定し、平成7年度までに掘削した試錐孔に設置してあるパッカーシステムを、非収着性トレーサー試験が実施可能なパッカーシステムに更新する。

(6)孔間透水試験

非収着性トレーサー試験対象割れ目の水理特性を把握するとともに、試験対象領域内の割れ目の水理学的な連結性を確認するために、複数の試錐孔を利用した孔間透水試験を実施する。

(7)予備的トレーサー試験

非収着性トレーサー試験対象割れ目の物質移行特性を概略的に把握するとともに、孔間透水試験結果と合わせて、非収着性トレーサー試験の試験条件を決定するために、予備的なトレーサー試験を実施する。

(8)水理地質構造モデルの検討

(1)～(7)で得られた結果と平成7年度までに得られた結果を合わせて総合的に解析し、試験対象領域の水理地質構造モデルを検討する。

3. 実施場所

・550mレベル坑道のKD-90 坑道奥、アクセス坑道北側

4. スケジュール

	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
(1)圧力応答試験	-----											
(2)採水・分析	-----											
(3)パッカーシステム更新								-----				
(4)試錐孔掘削			-----		-----							
(5)観測・調査			-----		-----							
・試錐孔掘削中の観測・調査			-----		-----							
・試錐孔掘削後の観測・調査			-----		-----							
・パッカーシステム設置			-----		-----							
・ビルドアップ			-----		-----							
(6)孔間透水試験									-----			
(7)予備的トレーサー試験										-----		
(8)モデル化検討												-----

5. マイルストーン

- ・ 8月上旬 : 試錐孔掘削および試錐孔掘削中の試験開始
- ・ 12月中旬 : 孔間透水試験開始
- ・ 2月上旬 : 予備的トレーサー試験開始

6. 実施体制

- ・試験実施計画作成 ⇒直営（東海・釜石）、大成建設〔+日鉄鉱業、Golder〕
- ・機器調達 ⇒大成建設〔+Golder〕
- ・圧力応答試験 ⇒直営（東海・釜石）
- ・採水分析 ⇒直営（東海・釜石・東濃）
- ・パッカーシステム更新 ⇒大成建設〔+日鉄鉱業、Golder〕
- ・試験孔掘削 ⇒大成建設〔+日鉄鉱業〕
- ・試験孔掘削中の観測・調査 ⇒大成建設〔+日鉄鉱業〕
- ・試験孔掘削後の観測・調査 ⇒大成建設〔+日鉄鉱業、Golder〕、一部直営（レダ-法：東濃、釜石）
- ・孔間透水試験 ⇒大成建設〔+日鉄鉱業、Golder〕
- ・予備的トレーサー試験 ⇒大成建設〔+日鉄鉱業、Golder〕
- ・評価・解析 ⇒直営（東海・釜石）、大成建設、Golder

7. 留意事項

- ・圧力応答試験終了後、それまでに取得したデータから早急に試験対象割れ目を決定し、非収着トレーサー試験が実施可能なパッカーシステムの更新にそなえる必要がある。

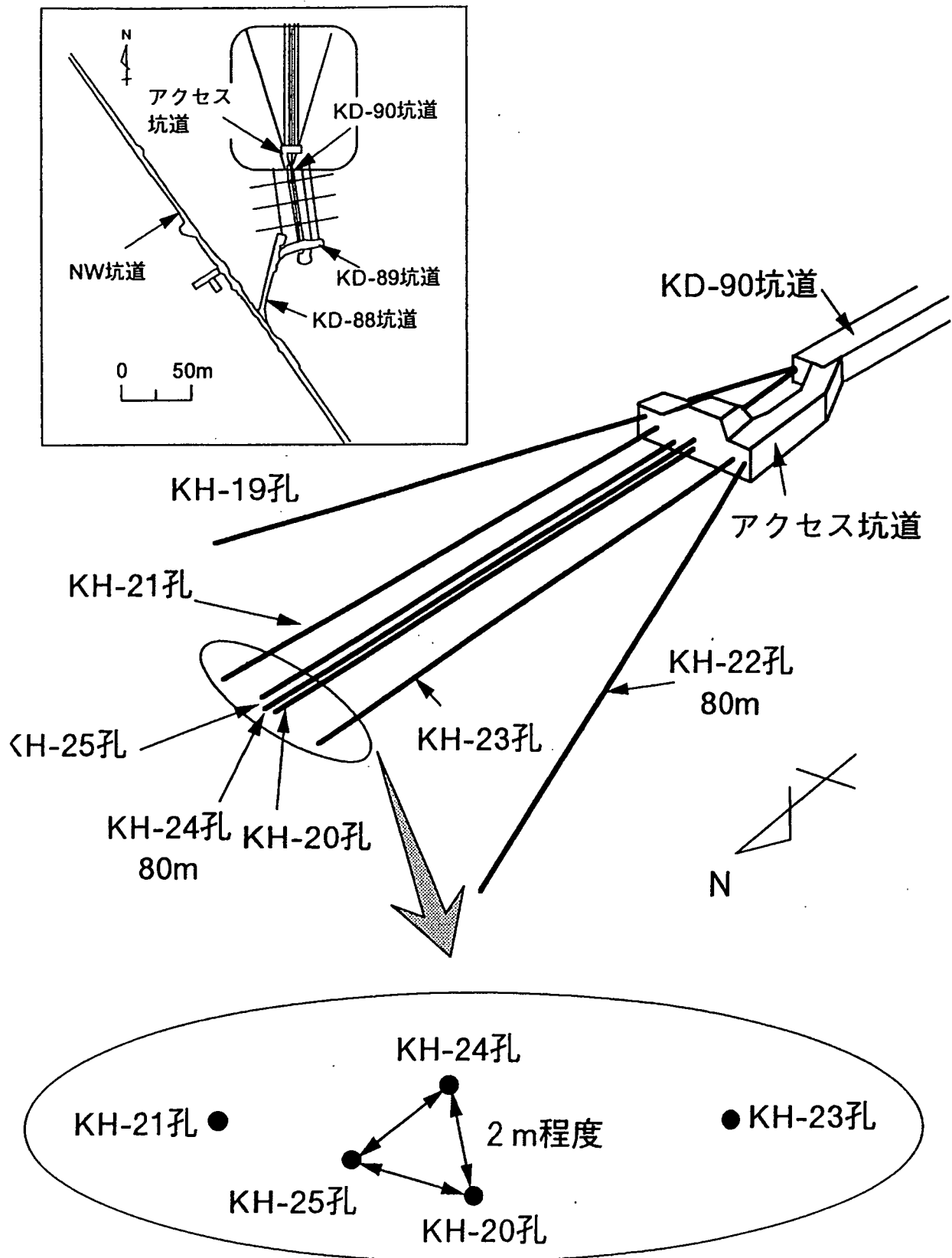


図1 TASK 3-2 試錐孔および坑道レイアウト

〔TASK 4〕人工バリア試験

〔SUBTASK4-1〕グラウト技術の適用試験

1. 概要

粘土系グラウトは、セメントグラウトに比べて長期耐久性、低濃度でゲルを生じうる吸収性、微細な亀裂にも注入できるような小さな粒径等の長所を有している。しかしながら、原位置における施工例も少ないことから、原位置における粘土系グラウト試験を実施し、亀裂性状（主として亀裂幅）、施工条件（注入圧、粘性度）とグラウトの基本特性（安定性、止水効果、改良範囲）との関係を確認する。これらにより、施工条件の明確化、シーリング概念の詳細化を図ることを目的とする。

平成5年度は試験計画の詳細設計、最適化を検討し、平成6年度は試験計画に基づいてグラウト試験坑道の掘削を行った。平成7年度は事前調査として試験対象とした性状の異なる2つの亀裂群に対する事前の水理特性の把握、岩盤の割れ目の3次元的分布を把握するための亀裂調査（BTV等）を行い、注入圧、粘性度をパラメータとした粘土系グラウトを注入孔に注入するグラウト試験を実施し、注入孔において低圧ルジオン試験を実施した。その結果、粘土グラウトによって岩盤内の透水係数が低下し、粘土グラウトが岩盤の透水係数を低下させる手段として有効であることを示した。また、トモグラフィー調査を実施し、グラウトの浸透範囲の確認手法への適用の可能性を示した。

本年度は、平成7年度に確認されたグラウトの止水性の安定性を把握するため、昨年度実施したグラウト試験孔において透水試験を実施する。

2. 実施内容

(1)グラウト注入孔における透水試験

昨年度確認されたグラウトにおける注入孔の透水係数の低下の安定性を把握するため、注入孔において低圧ルジオン試験を実施し、グラウトの止水効果の安定性を把握する。

(2)整理・まとめ

昨年の試験結果と合わせ、総合的な検討を行う。

3. 実施場所

図-1に示すグラウト試験坑道において、亀裂群Aにおいては注入孔KBG-3、亀裂群Bにおいては注入孔KBG-6においてそれぞれ透水試験を実施する。

4. スケジュール

項 目	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
グラウト技術の適用試験 (1)グラウト注入孔における 透水試験 (2)整理, まとめ												

5. マイルストーン

- ・ 2月：試験の実施
- ・ 3月：整理, まとめ

6. 実施体制

- ・ 実施計画作成 ⇨ 外部委託：鹿島建設
- ・ 透水試験 ⇨ 外部委託：鹿島建設
- ・ 整理, まとめ ⇨ 外部委託：鹿島建設

7. 留意事項

SUBTASK4-2, 粘土充填・熱負荷試験と連続性のある亀裂が存在すると思われることから、試験の実施についてはSUBTASK4-2の試験工程について留意する。

〔TASK 4〕人工バリア試験

〔SUBTASK4-2〕粘土充填・熱負荷試験

1. 概要

人工バリアの施工方法とその品質は、人工バリアの定置方式、その規模および環境条件（湧水量や岩盤と人工バリアの接合面の条件）に依存する。そのため、ここでは人工バリアの定置方式、その規模および環境条件に関して、原位置で実規模の人工バリア試験を行い施工性とその品質を確認する。これにより、人工バリア性能の定量化のための実際的な施工条件の明確化および人工バリア技術の信頼性向上を図る。また、熱-水-応力の連成試験を実施し、人工バリアの設置初期の熱-水-応力連成挙動を観察し連成モデルの妥当性を確認する。これにより、長期の人工バリア挙動予測の信頼性を高めることを目的とする。

平成5年度は試験計画の詳細設計、最適化を検討し、平成6年度は試験計画に基づいて粘土充填・熱負荷試験坑道の掘削を行った。平成7年度は岩盤特性調査として試験坑道より各種計測（透水試験、間隙水圧測定、孔内載荷試験、ひずみ計測、ジョイント変位計測、岩盤変位）用の試錐孔を掘削し、BTVおよび岩芯観察を行った。試錐孔には各種計測機器を設置し、計測を開始した。また、大口径のボーリング掘削機により直径1.7m、孔長5mの試験孔を掘削し、孔内壁面の亀裂観察を行った。

本年度は、引き続き岩盤特性調査を実施するとともに、緩衝材施工確認試験および熱-水-応力連成試験を実施する。

2. 実施内容

(1)緩衝材施工試験

緩衝材をタンパーを用いて試験孔（直径1.7m、深さ5.0m）内に直接締固める方式により、施工試験を実施する。締固めの際には、これまでの予備試験の結果を十分検討した上で、緩衝材とその設置の仕様を決定し、設置する。また、施工途上で各層毎に高さ測定、密度測定等を行う。なお、緩衝材の充填乾燥密度は1.6g/cm³程度、1層当たりの締固め高さは10cm程度を目安とする。緩衝材の施工に並行して炭素鋼を用いた発熱体（直径1.0m、長さ2.0m）を設置する。

緩衝材設置後に、コンクリートの蓋（約直径2.3m）を設置する。コンクリート蓋は坑道に固定する。

(2)岩盤特性調査及び連成試験

発熱体を加熱し、連成試験を行う。その際に、試験坑道に堰を設置し、水を溜めた坑道床部を水位固定境界とするとともに、試験坑道内の温度管理を行い、試験を実施する。連成試験中に岩盤内及び緩衝材内に設置された各計測機器で連続計測を実施する。

①膨潤圧測定

土圧計により、緩衝材内の膨潤圧の発生状況を測定する。

②水分量測定

水分計により、緩衝材の水分量の経時変化を測定する。

③伝熱特性測定

熱流束計，熱電対により，緩衝材の伝熱特性の変化を測定する。また，岩盤内の温度の経時変化も測定する。

④間隙水圧測定

岩盤内，緩衝材内の間隙水圧の経時変化を測定する。

⑤岩盤変位測定

孔径ひずみ計，岩盤ひずみ計，亀裂変位計により岩盤変位の経時変化を測定する。また，岩盤変位計（トリベック）を用い，適宜岩盤変位を測定する。

3. 実施場所

図-2に示す粘土充填・熱負荷試験試験坑道において実施する。

4. スケジュール

	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
粘土充填・熱負荷試験												
(1)緩衝材施工試験												
(2)連成試験												

5. マイルストーン

- ・ 6月：緩衝材施工試験の開始
- ・ 12月：熱－水－応力連成試験の開始

6. 実施体制

- ・ 緩衝材施工試験 ⇨ 外部委託：間組
- ・ 連成試験 ⇨ 外部委託：間組

7. 留意事項

SUBTASK4-1，グラウト技術の適用試験と連続性のある亀裂が存在すると思われることから，試験の実施についてはSUBTASK4-1の試験工程について留意する。

参考文献

- (1)PLAN OF COUPLED THERMO-HYDRO-MECHANICAL EXPERIMENT AT THE KAMAISHI MINE, 1994, 12, PNC TN8020 94-005
- (2)釜石人工バリア試験の実施計画書, 1995, 1, PNC PN8020 95-001

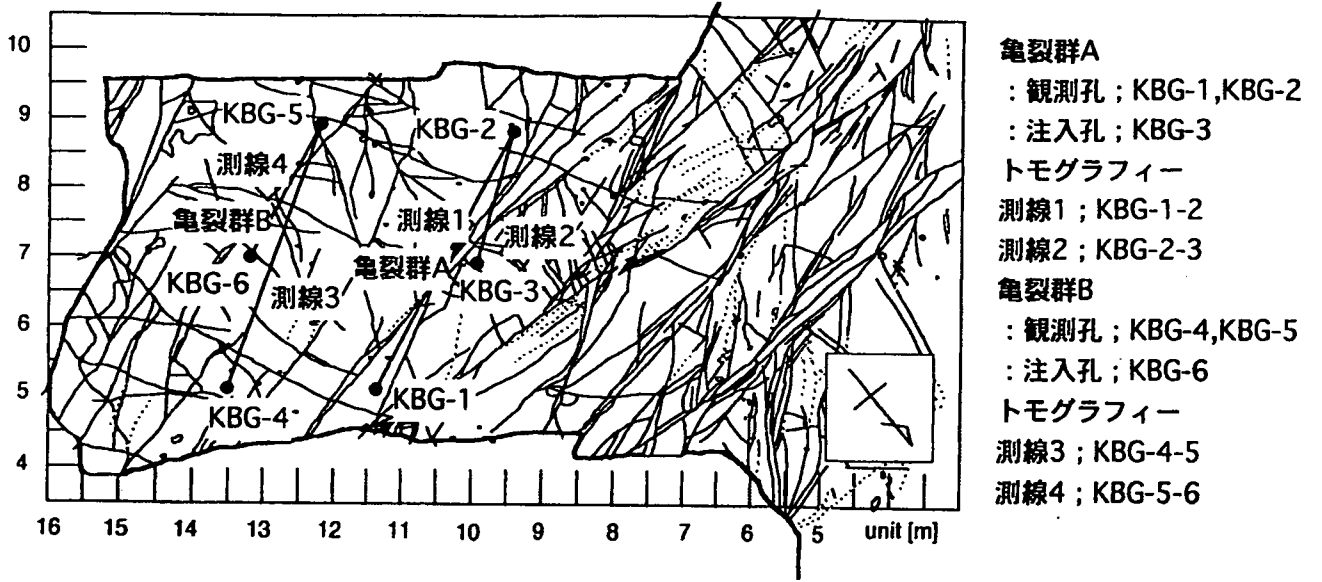


図-1 グラウト技術の適用試験レイアウト

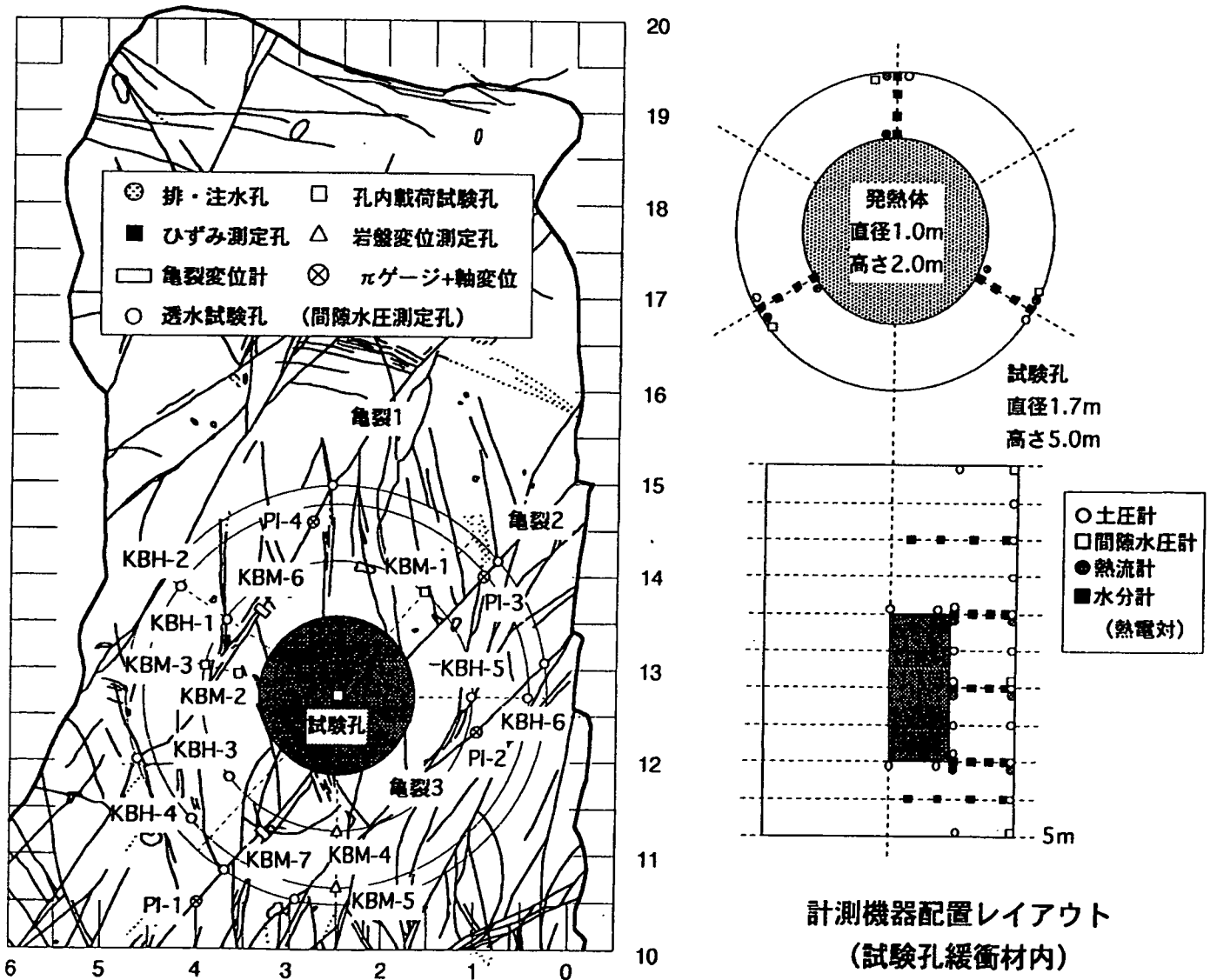


図-2 粘土充填・熱負荷試験レイアウト

〔TASK 5〕地震に関する調査研究

1. 概要

本研究では、地下深部の地震動特性を把握し空洞の地震時の安定性および、地震が地質環境に与える影響を把握するために以下の目的を設定した。

- ①一般に地表と比較して地下は地震動の影響が小さいと言われているが、これを実際に観測して確かめ、地下空洞の耐震性評価に用いる入力地震波を一般化する。
- ②また、長期にわたり地震が地質環境に与える影響を評価するために、地震前後の地下水の水理および地球化学的な特性の変化の有無を確認すること。そして可能ならばそのメカニズムを解明する。

以上の研究目的を達成するために、平成8年度は次の調査を実施する。

- ①地震の観測を継続し、地下での地震動の低減特性の把握と、地形が地震動におよぼす影響の引き続きの検討およびこれまでの成果のまとめを行う。
- ②地震時の地下水特性の観測を継続し、地震に起因すると考えられる水理学的および地球化学的变化を把握する。またこれまでの成果のまとめを行う。

2. 実施内容

(1)地震観測

①観測

標高の異なる4つの坑道に設置した7つの地震計により、地震動の継続観測を行う。

②整理、解析、まとめ

観測データを用いて、地震の種類（震源位置、マグニチュード、加速度、周波数）を考慮した地震動の増幅特性の検討を行う。また、地山の地形が地震動におよぼす影響を検討する。

また、これまで得られた観測データを、主に地下での地震動の低減特性の観点からとりまとめをはじめめる。

(2)地震時地下水理・地球化学特性観測

①観測

(a)地下水理の観測

KWP-1, 2, 3 孔の間隙水圧の継続観測、K0-10 地点の湧水量の継続観測および、岩盤ひずみの継続観測を行う。

(b)地球化学特性の観測 (K0-10 地点)

[地震時(K-4の地震計が4gal以上を観測したとき)]

- ・地震前後の水質の経時変化を明らかにするために、自動採水装置を用いて地震発生前2日と地震後4日までは、主に4時間毎に採水分析を実施し、4日目以降から30日までは、3日に1回の頻度で定時に湧水の採取を行いその分析を行う。

・水質分析項目

Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , SiO_2 , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^-

[地震時以外]

通常時の水質変化のバックグラウンド・データを収集するために、降雨時に採水分析する。

○月1回の採水、分析

- ・水質の季節変化を確認するために、月1度の採水分析を行う。
- ・水質分析項目は上記 [地震時] と同じ。

○降雨時 (年1回実施)

- ・これまでの降水量の資料では、日雨量が50mmを越えた日数は年間5日程度あり、その内数回は連続雨量で100mmを越えている。このようなことから、日雨量が50mmを越えた時(例年では、6月～9月頃が多い)、降雨前1日から降雨後6日まで、毎日1回定時に湧水を採水し、その分析を実施する。
- ・6日目以降から30日までは、3日に1回の頻度で定時に湧水の採取を行いその分析を行う。
- ・水質分析項目は上記 [地震時] と同じ。

②整理、解析

(a)地下水理の整理、解析

上記で観測された水圧、湧水量、岩盤ひずみの通常時の変化の幅の確認と地震時の変化の有無を確認する。

地震時に水圧等に変化が確認された場合は、変化を与えた地震と変化を与えない地震について、地震のマグニチュードや、最大加速度、震源方向、震源距離等との関係を整理し、その変化の原因について検討する。

(b)地球化学特性の整理、解析、まとめ

上記で観測された電気伝導度、pH、水質の通常時の変化の幅の確認と地震時の変化の有無を確認する。

地震時に水質等に変化が確認された場合は、変化を与えた地震と変化を与えない地震について、地震のマグニチュードや、最大加速度、震源方向、震源距離等との関係を整理し、水の混合モデル等によりその変化の原因について検討する。

また、これまでに観測された地下水理・地球化学的データについて、これまでの成果のとりまとめをはじめ

3. 実施場所

(1)地震動観測

- ・図-1 に示すK-1～7の地震計により観測を継続する。

(2)地震時地下水理・地球化学特性観測

- ・図-2 に示すKWP-1～3孔の水圧計、K0-10地点の水量計、岩盤ひずみ計、pH計、電気伝導度計、自動採水装置により観測を継続する。

4. スケジュール

項 目	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
(1)地震観測 ・継続観測 ・整理, 解析, まとめ												
(2)地震時地下水理・地球化学 特性観測 ・継続観測 ・整理, 解析, まとめ												

5. マイルストーン

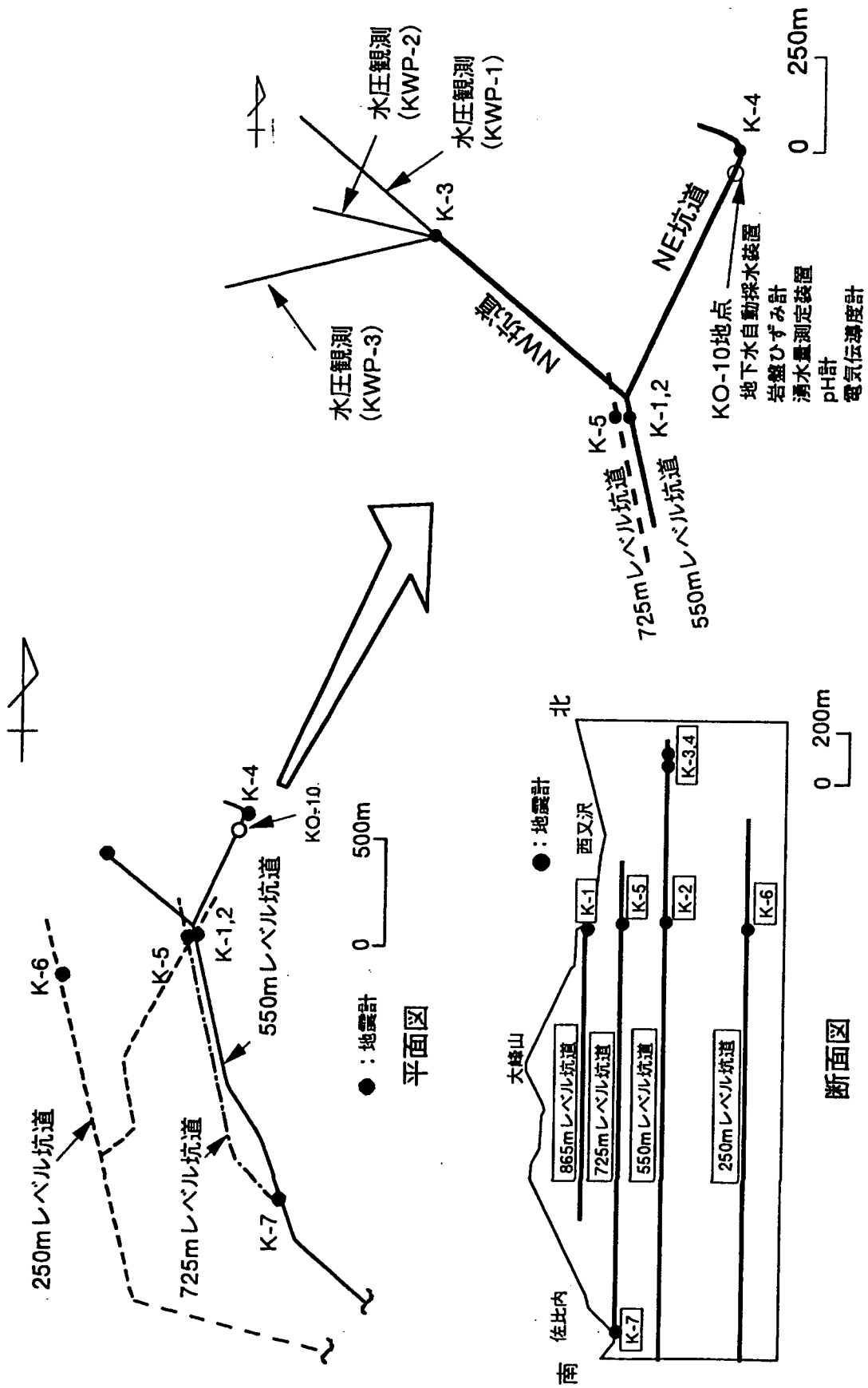
- ・常時：地震動, 地震時地下水理・地球化学特性観測
- ・8月～9月?：降雨時の採水, 分析

6. 実施体制

- ・実施計画作成 ⇨直営（釜石、東濃、本部、東海） / （社）資源・素材学会
- ・観測、解析 ⇨ 外部委託；（社）資源・素材学会 /直営(KD-90周り他)
- ・まとめ ⇨直営（釜石、東濃、本部、東海） / （社）資源・素材学会

7. 留意事項

- ①地震時の地下水理・地球化学特性の観測は、通常時の水圧、水量、水質の把握が重要となるため、他のTASKの試験実施状況にも留意する。
- ②また、TASK 1でのKD-90 坑道周りの水圧モニタリング、TASK 2での水圧モニタリング、REDOX 調査での水質モニタリングで得られた値についても、地震時に変化したか調査、検討する。



図一1 地震計配置図

図一2 地下水理・水質観測位置 (平面図)