

本資料は 2001. 6. 6 日付で登録区分、  
変更する。

[技術情報室]

# 釜石鉱山における非収着性トレーサー試験のた めの水理地質学的調査研究

(平成6年～平成7年9月)

1995年12月

動力炉・核燃料開発事業団  
東海事業所

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大字村松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

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)  
2001



釜石鉱山における非吸着性トレーサー試験のための水理地質学的調査研究  
(平成6年～平成7年9月)

澤田 淳\*、内田雅大\*、仙波 毅\*\*

要 旨

本報告書は、平成5年から5ヶ年計画で実施されている釜石原位置試験フェーズ2のうちTASK3-2と呼ばれる「割れ目性岩盤中の移流・分散現象に関する調査研究」の試験計画とこれまで（平成7年9月まで）の結果をまとめたものである。

釜石原位置試験フェーズ2計画のTASK3は花崗岩中の割れ目を対象とした移流・分散・吸着・マトリクス拡散現象について原位置で把握することを目的とした調査試験であり、そのうちSub-TASK2は割れ目の幾何学に支配された移流・分散現象を把握することを目的としている。具体的には、岩盤中に存在する透水性割れ目の水理地質学的調査を行い数10mスケールの水理地質状況を把握するとともに、透水性割れ目を対象に非吸着性トレーサー試験を実施し、移流・分散に係るパラメーター（物質移行に係る亀裂間隙幅、分散係数等）を取得する。また、本試験を通して室内試験レベルで検証されたモデルの適用性について検討する。

平成5年度に実施計画を策定し、平成6年度からこれまでにトレーサー試験対象領域の水理地質構造を把握するための調査を継続して実施している。

本報告書は、平成6年度からこれまで（平成7年9月まで）に実施した試験についてその試験方法と結果を整理し、今後の試験対象領域の水理地質構造モデルを構築する際の基礎資料とする。

---

\*:東海事業所 環境技術開発部 地層処分開発室

\*\* :釜石事務所

## 目 次

1 はじめに.....	1
2 試験計画.....	1
2.1 水理地質構造調査試験計画.....	1
2.2 これまでの進捗状況.....	2
3 KH-19 孔.....	2
3.1 掘削計画.....	2
3.2 掘削時の湧水量と圧力変化.....	3
3.3 割れ目の地質学的調査.....	3
3.4 パッカー位置と間隙水圧分布.....	4
4 KH-20 孔.....	4
4.1 掘削計画.....	4
4.2 掘削時の KH-19 孔への圧力応答.....	4
4.2.1 6m 付近.....	5
4.2.2 7.7m 付近.....	5
4.2.3 33m、37.5m 付近.....	5
4.2.4 72.8m 付近.....	6
4.3 掘削時の湧水量変化と間隙水圧変化.....	6
4.4 流量検層.....	7
4.5 孔曲がり検層.....	7
4.6 割れ目の地質学的調査.....	8
4.7 パッカー位置と間隙水圧分布.....	8
5 アクセス坑道の掘削.....	8
5.1 掘削計画.....	8
5.2 KH-19 孔流量検層.....	9
5.3 アクセス坑道掘削後のパッカー位置.....	10
6 KH-23 孔.....	10
6.1 掘削計画.....	10
6.2 掘削時の KH-19 孔への圧力応答.....	10
6.2.1 KH-20 孔区間 7.....	10
6.2.2 KH-20 孔 6 区間.....	11
6.2.3 KH-20 孔 5 区間.....	11

6.2.4 KH-20 孔 4 区間.....	11
6.2.5 KH-20 孔 3 区間.....	11
6.2.6 KH-20 孔 2 区間.....	12
6.2.7 KH-20 孔 1 区間.....	12
6.2.8 KH-19 孔 8 区間.....	12
6.2.9 KH-19 孔 7 区間.....	12
6.2.10 KH-19 孔 2～6 区間.....	12
6.3 掘削時の湧水量変化と間隙水圧変化.....	13
6.4 流量検層.....	13
6.5 孔曲がり検層.....	14
6.6 割れ目の地質学的調査.....	14
6.7 レーダー検層.....	14
6.8 パッカー位置と間隙水圧分布.....	15
7 KH-19 孔、KH-20 孔、KH-23 孔による水理地質学的調査のまとめ.....	15
8 今後の予定.....	16
9 参考文献.....	17

## 1 はじめに

花崗岩等に代表される亀裂性岩盤における水理物質移行現象は岩盤中にネットワーク状に分布する割れ目に支配され、その割れ目が選択的な移行経路となると考えられる。また、ニアフィールド岩盤中における遅延効果として期待されるマトリクス拡散と割れ目表面（あるいは割れ目内充填鉱物）への吸着現象を現実的に評価するためには、割れ目内のチャンネル効果を考慮した移行経路の表面積を見積もる必要がある。したがって、その移行経路となるネットワーク状の割れ目をモデル化し、核種移行評価を行う必要がある。また、単一の割れ目中の開口幅の不均質性に起因するチャンネル現象も核種移行の選択的流路を形成するため、ネットワーク状に分布する割れ目を対象とした調査研究だけではなく、個々の割れ目中の開口幅の不均質性の調査研究を行うことが必要となる。

単一割れ目中の開口幅の不均質性の調査研究については、地層処分基盤研究施設内の亀裂状媒体水理試験設備（LABROCK 試験装置）を用いた試験研究がなされている<sup>1)</sup>。一方で、数 m 以上のスケールの岩盤中に分布する割れ目の水理物質移行特性（透水性割れ目の分布、透水特性、物質移行特性等）の調査研究は、釜石鉱山<sup>2)</sup>やストリパ鉱山<sup>3)</sup>、スウェーデンハードロックラボラトリー<sup>4)</sup>等の原位置試験場を利用した調査研究がこれまでに数多くなされてきている。しかしながら、いまだ透水性割れ目を特定する調査手法が確立していないのが現状である。

釜石原位置試験フェーズⅡ TASK3-2 は花崗岩中の割れ目を対象とした移流・分散現象を把握することを目的とした試験研究である<sup>5)</sup>。具体的には、数 10m スケールの岩盤中の水理地質学的状況を調査し、透水性割れ目の分布、地質学的特徴、水理学的な特性を把握するとともに、透水性割れ目を対象とした非吸着性トレーサー試験を実施し、移流・分散現象に係るパラメーター（物質移行に係る亀裂間隙幅、分散係数等）を取得するものである。

本試験は平成 5 年度に実施計画を策定し、平成 6 年度からトレーサー試験の試験対象領域の水理地質構造を把握するための調査研究を継続して実施している。

本報告書は、平成 6 年度からこれまで（平成 7 年 9 月まで）に実施した試験についてその試験方法と結果を整理し、今後試験対象領域の水理地質構造モデルを構築する際の基礎資料とする。

## 2 試験計画

### 2.1 水理地質構造調査試験計画

本試験はトレーサー試験の実施対象領域としている KD-90 坑道北側の水理地質状況を把握することを目的として、以下のボーリング孔掘削と坑道掘削をならびにそれら掘削に伴う各調査試験を実施する。図.1 にトレーサー試験対象領域ボーリング孔のレイアウト案を示す。

- ① トレーサー試験用ボーリング孔掘削 (80m×2本、100m×1本)
- ② トレーサー試験の境界ボーリング孔掘削 (80m×2本)
- ③ 既存孔である KH-19 孔を含む試験領域の境界ボーリング孔掘削 (100m×1本：KH-19 孔既存、80m×1本)
- ④ アクセス坑道掘削

新規に掘削したボーリング孔においては、下記の水理地質学的調査を実施する。

- 1) 新規孔掘削に伴う既存孔への圧力応答観測
- 2) 流量検層
- 3) 孔曲がり検層
- 4) BTV 検層、コア観察等による割れ目の地質学的調査
- 5) レーダー検層
- 6) マルチパッカーシステムによる圧力モニタリング

平成 4 年度に掘削した KH-19 孔においては、2)、4)、6)がすでに実施されており、今回新たに 2)を実施した。また、5)については KH-23 孔のみ実施した。

## 2.2 これまでの進捗状況

平成 6 年度に KH-20 孔掘削ならびにレーダー検層を除く上記の各種調査試験を行い、アクセス坑道を掘削した。また、KH-19 孔の圧力モニタリングシステムを更新した。平成 7 年度は新規に 3 本のボーリング孔を掘削する予定であるが、平成 7 年 9 月までに KH-23 孔の掘削ならびに各種調査試験を終了している。

以下では、KH-19 孔における水理学的状況を述べるとともに、KH-20 孔、KH-21 孔の掘削調査の結果とアクセス坑道の掘削について、その結果を整理して記載し、試験対象領域の水理地質構造を検討するための基礎資料とする。

## 3 KH-19 孔

### 3.1 掘削計画

KH-19 孔は KD-90 坑道北側の間隙水圧分布を観測するために、KD-90 坑道の北端から N17° E (-1°) の方向に平成 4 年度に掘削したボーリング孔である。孔長は 100m である (図.2参照)。

ボーリング孔掘削時には、下記の観測を行った。

- ① 毎朝掘削前に孔口からの湧水量を測定する。

- ②毎夕掘削終了後に孔口からの湧水量を測定する。
- ③孔口に圧力測定用のブルドン管を設置した蓋を施し、明朝の圧力を測定する。
- ④毎朝掘削開始前に孔口の蓋を取り外し孔口からの湧水量を測定する。

### 3.2 掘削時の湧水量と圧力変化

KH-19 孔掘削時の湧水量観測結果ならびに圧力測定結果を図.3に示す。KH-19 孔掘削の結果、孔口から 45m～50m 付近で急激に湧水量ならびに間隙水圧が急増した。掘削作業日報では孔口から約 48m 付近を掘削中に孔口からの湧水量が急激に増加したとの報告がなされている。

このことから、孔口から約 48m 付近に高透水性の断層や破碎帯等の存在が推定されたが、後述する割れ目の地質学的調査の結果からは孔口から 48m 付近に明瞭な割れ目帯を確認することはできなかった。

### 3.3 割れ目の地質学的調査

KH-19 孔においては、ボアホールテレビ (BTV) 観測ならびにコア観察を実施し、245 個の割れ目を抽出した。コア観察については BTV で観察可能な割れ目を対象に下記の項目について調査を行った。

- ①深度
- ②走向・傾斜
- ③パターン 1
- ④間隙幅
- ⑤パターン 2
- ⑥端形状
- ⑧粗さ
- ⑩変位
- ⑪条線
- ⑫変質の程度
- ⑬変質の色
- ⑭充填鉱物
- ⑮充填鉱物幅

各調査項目の詳細については添付資料.1に記す。

KH-19 孔の割れ目の地質学的調査結果を添付資料.2に示す。図.4に開口割れ目および閉口割れ目の方向分布を、図.5に開口割れ目と閉口割れ目の深度方向の分布を示すが、これらの方向は KD-90 坑道で観察された割れ目の方向分布をほぼ一致



している。

KH-19 孔掘削時に 48m 付近で湧水量の急増が観察され、この付近に高透水性の断層や破碎帯の存在が推定されたが、この付近では明瞭な割れ目帯は観察されなかった。

### 3.4 パッカー位置と間隙水圧分布

KH-19 孔では間隙水圧分布を観測するため、8 個のパッカーからなるダブルパッカーシステムを孔内に設置されている。各パッカーは掘削時の湧水量観測結果、圧力観測結果ならびに割れ目の地質学的な調査結果から表.1 に示す位置に設置されている。各パッカーで挟まれた区間（パッカー区間：孔奥から区間 1、区間 2・・・と呼ぶ）の間隙水圧はブルドン管式圧力計を用いて測定した。平成 6 年 10 月 16 日の間隙水圧分布を図.6 に示す。この図から、区間 1～4 の区間の間隙水圧はそれより手前の区間に比べて非常に高く、区間 4、5 付近を境に間隙水圧分布が極端に異なることがわかる。このことは、区間 4、5 付近に不透水部が存在する可能性を示唆しており、それより北側においては KD-90 坑道等の掘削による水理学的影響（間隙水圧の低下、坑道方向への動水勾配）を受けていない可能性がある。区間 4、5 付近に不透水部の存在」を仮定すると、KH-19 孔掘削時に観察された 48m 付近で湧水量の急増も KH-19 孔がこの不透水部を貫いたことにより急激に湧水量が増加したと説明することができる。

## 4 KH-20 孔

### 4.1 掘削計画

KH-20 孔は、KH-19 孔で観測された高間隙水圧部の分布を把握し、また KH-19 孔掘削調査の結果推定された不透水部について調査するとともに、KH-20 孔掘削時の KH-19 孔への圧力応答を観測することにより KH-19 孔と KH-20 孔間の水理学的に連結した割れ目（水みち）を捉えることを目的に平成 6 年 10 月 14 日から 11 月 14 日に掘削した。

KH-20 孔の位置と方向は図.7 に示すように KD-90 坑道北端から NS ( $-1^{\circ}$ ) 方向で、孔長は 100m である。また、KH-20 孔は、後に KD-90 坑道の北側へ掘削するアクセス坑道のパイロットボーリングとしての役割も兼ねている。

### 4.2 掘削時の KH-19 孔への圧力応答

新規ボーリング孔（KH-20 孔）掘削時にボーリング孔の掘削深度と既存ボーリング孔（KH-19 孔）への圧力応答を組み合わせることで、KH-19 孔の各パッカー区間圧力に変動を与えた深度を求めることができる。このような測定を行うことで、新規ボーリング孔と既存孔間を水理学的に連結する水みちの

位置と連続性を把握することが可能となる。

KH-20 孔掘削中における KH-19 孔での圧力観測を自動化するため、圧力センサーならびにデータ自動収録システムを KH-19 孔に設置してあるマルチパッカーシステムに接続した。また、掘削深度は試錐機のロッドに目盛りを記入し、10cm ロッドが進む（掘削が進む）毎にその時の時間を記録した。

図.8に KH-20 孔掘削期間中（平成 6 年 10 月 17 日から 11 月 14 日）の KH-19 孔の間隙水圧の変化を示す。同図には KH-20 孔の掘削深度も併せて記載している。KH-20 孔掘削時には表.2および図.9に示すように 5ヶ所で KH-19 孔への圧力応答が観測された。

#### 4.2.1 6m 付近

この付近では KH-19 孔の区間 8 と区間 6 で圧力応答が観測された。図.10に掘削深度 7.5m 付近の KH-19 孔区間 8 と区間 6 の間隙水圧変化を示す。同図には、KH-20 孔の掘削深度も併せて示す。

区間 8 の間隙水圧は  $1.66\text{kgf/cm}^2$  であったが、KH-20 孔の深度 5.9～6.0m を掘削中に一時的に  $1.8\text{kgf/cm}^2$  に上昇し、その後  $1.45\text{kgf/cm}^2$  まで低下した。この一時的な圧力上昇は、KH-20 孔を掘削する試錐機からの掘削水の圧力によるものと考えられる（掘削水の圧力は約  $10\text{kgf/cm}^2$ ）。以後の圧力上昇は KH-20 孔の口元に蓋を施したためである。

区間 6 の間隙水圧は  $2.94\text{kgf/cm}^2$  程度であったが、KH-20 孔の深度 5.9～6.0m を掘削中に僅かに低下した。以後の圧力上昇は KH-20 孔の口元に蓋を施したためである。

これらの圧力応答が観測された時点で、KH-19 孔の区間 6 より奥のパッカー区間（区間 1～5）において圧力変動は観測されなかった。

#### 4.2.2 7.7m 付近

この付近では KH-19 孔の区間 6 で圧力応答が観測された。図.11に掘削深度 7.7m 付近の KH-19 孔区間 6 の間隙水圧変化を示す。同図には、KH-20 孔の掘削深度も併せて示す。

区間 6 の間隙水圧は  $2.92\text{kgf/cm}^2$  であったが、10 月 18 日 10 時 42 分に低下しはじめ  $2.6\text{kgf/cm}^2$  まで低下した。その時の KH-20 孔の掘削深度は 7.7m である。

これらの圧力応答が観測された時点で、KH-19 孔の区間 6 より奥のパッカー区間（区間 1～5）において圧力変動は観測されなかった。

#### 4.2.3 33m、37.5m 付近

この付近では KH-19 孔区間 5 で圧力応答が観測された。図.12に掘削深度 33m

付近の KH-19 孔区間 5 の間隙水圧変化を示す。同図には掘削深度も併せて示す。

区間 5 の間隙水圧は、10 月 26 日 10 時 14 分に  $9.79\text{kgf/cm}^2$  から僅かに減少した。その時の、KH-20 孔は 32.7~32.8m を掘削中であつた。また、同日 15 時 8 分に  $9.65\text{kgf/cm}^2$  から急激に減少した。その時の KH-20 孔は 37.5~37.6m を掘削中であつた。

これらの圧力応答が観測された時点で、KH-19 孔の区間 6 より奥のパッカー区間 (区間 1~5) において圧力変動は観測されなかつた。

#### 4.2.4 72.8m 付近

この付近では KH-19 孔区間 1~4 で圧力応答が観測された。図.13 に掘削深度 72m 付近の KH-19 孔区間 1~4 の間隙水圧変化を示す。同図には掘削深度も併せて示す。

区間 1~3 については、11 月 4 日 11 時 35 分に急激な変化を示した。その時 KH-20 孔は深度 72.5~72.6m を掘削中であつた。また、これらに僅かに遅れて区間 4 は 11 時 41 分に急激に減少した。その時、KH-20 孔の掘削深度は 72.9m であつた。

KH-19 孔の区間 1~4 は約  $19\text{kgf/cm}^2$  の高い間隙水圧が観測されているが、KH-19 孔の区間 1~4 に圧力応答が観測された時点で KH-20 孔の掘削を一時中断し、約 72m 付近にパッカーを設置してパッカーより奥の間隙水圧を観測した。その結果、約  $19\text{kgf/cm}^2$  の水圧を得たため、72m 付近で高間隙水圧帯に到達したと判断される。

### 4.3 掘削時の湧水量変化と間隙水圧変化

KH-20 孔掘削時には、毎日の掘削終了後に掘削用のロッドを引き抜き、孔口からの湧水量が安定するのを待って、口元からの湧水量をメスシリンダーを用いて測定した。図.14 にその結果を示す。

湧水量は約 10m 付近まで増加した後、30m 付近までほぼ一定の値を示している。50m 付近で一時的に増加し、73m 付近で急激に増加した。KH-20 孔の湧水量も KH-19 孔と同様にある深度を境に急激に湧水量が増大したが、KH-20 孔全体からの湧水量は KH-19 孔の約 1/10 であつた。

また、KH-20 孔では毎日の掘削終了後、孔口に圧力センサーを接続した蓋を設置し、その日の掘削深度における間隙水圧を観測した。図.15 にその結果を示す。この図では、毎日掘削前に孔口の蓋をはずす直前の圧力を示している。間隙水圧は 30m 付近で増加した後ほぼ一定となり、72m を超えた後急激に増加した。72m 付近での湧水量の急増は、KH-19 孔区間 1~4 の高間隙水圧部への圧力応答が観測された圧力応答観測と一致している。

#### 4.4 流量検層

KH-20 孔掘削後、KH-20 孔全長にわたって湧水量の分布を調査することを目的として流量検層を実施した。調査方法は1本のパッカーを用いて熱パルス式流量計とメスシリンダーを用いる方法の2つの方法で実施した。熱パルス式流量計は、熱パルスの発信源と温度測定器を一定間隔で離し、両者間での熱パルスの移動時間ならびに熱の減衰から流量を求める方法である。

検層方法は、1インチのロッドの先端にシングルパッカーおよび熱パルス式流量計を設置し、ロッドを継ぎ足しながら孔内に挿入し、任意の位置でパッカーを膨らましてその奥（もしくは手前）からの湧水量を上記の2つの方法で測定し、その後パッカーを任意の長さずつ移動させながら測定を繰り返すという方法で、KH-20 孔全長の流量検層を実施した。検層方法の概念図を図.16に示す。

熱パルス式流量計を用いた方法で同一区間で湧水量を測定したところ、同一区間からの湧水量を測定しているにもかかわらず異なる値を示し、測定値の再現性が悪いことが判明した。原因としては、KH-20 孔はほぼ水平方向へ掘削されたボーリング孔であり、同一の深度でも孔断面における上部や下部で流量が異なることが考えられる。一方で熱パルス式流量計本体は孔の中心部に位置するようパッカーに設置しているものの、熱パルス発信器や温度測定器の位置は孔断面内の流量の違いを考慮して設計されたものではなく、それらの機器が孔断面内のどこに位置するかによって測定される流量が異なることが考えられる。そこで、試験深度を固定し、流量計を回転させ熱パルス発信器や温度測定器の位置の違いにより測定される流量が異なるかどうかを確認するための試験を行った。その結果、流量計の位置により測定される流量に5倍程度の誤差を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湧水量測定を中止した。

その後、メスシリンダーを用いた湧水量測定を行なった。その結果を表.3と図.17示す。この図はパッカーより奥からの湧水量を深度毎に示したもので、深度が深くなるにつれて測定される流量は減少することになる。つまりパッカー以深の積算流量変化を示している。流量は5~40m 付近まではほぼ一定であり、70m を超えた付近で急激に変化し、それ以降は徐々に変化している。この図をパッカーの移動区間毎の湧水量に変換したもの（すなわち差分）を図.18に示す。有意な湧水量を示す所はKH-20 孔掘削中のKH-19 孔へ圧力応答があった箇所とほぼ一致している。

#### 4.5 孔曲がり検層

本検層から KH-20 孔の三次元的な空間分布を把握する。検層結果を表.4に示す。

#### 4.6 割れ目の地質学的調査

KH-20孔においてもBTV検層ならびにコア検層による割れ目の地質学的調査を実施し、443個の割れ目を抽出した。割れ目の抽出基準ならびに調査方法ならびに調査項目はKH-19孔と同様である。KH-20孔の割れ目の地質学的調査結果を添付資料3に示す。図.19に開口割れ目および閉口割れ目の方向分布を示す。これら割れ目の方向はKH-19孔やKD-90坑道で観察された割れ目の方向とほぼ一致している。図.20に開口割れ目と閉口割れ目の深度方向の分布を示す。このことからKH-19孔同様に割れ目の孔に沿って均一ではなく、割れ目の集中している箇所とそうでない箇所に分けることができる。流量検層の結果6m付近、50m付近、73m付近、98m付近の各深度で孔内への湧水が確認されているが、これらの区間は開口割れ目が集中している区間に対応している。このことから、開口性割れ目が集中している箇所が水みちとなっており、開口割れ目が集中していない箇所が不透水部となっている可能性がある。

#### 4.7 パッカー位置と間隙水圧分布

KH-20孔掘削時のKH-19孔への圧力応答観測、流量検層の割れ目の地質学的な調査を参考に、KH-20孔に設置するパッカーの位置を検討した。その結果を表.5に示す。平成7年2月1日の各パッカー区間の間隙水圧分布を図.21に示す。KH-19孔区間1～4への圧力応答が観測された73m付近（区間3）では約19kgf/cm<sup>2</sup>程度のKH-19孔区間1～4とほぼ同様の間隙水圧が観測され、KH-19孔で観察された高間隙水圧部の延長が確認された。しかし、KH-20孔区間2では9kgf/cm<sup>2</sup>程度と間隙水圧が相対的に低く、KH-20孔区間1では再び15kgf/cm<sup>2</sup>程度の高い間隙水圧が観測されていることから、KH-19孔で観察された高間隙水圧部の北側に低水圧部を挟んでさらに別の高間隙水圧部が存在すると推定される。

### 5 アクセス坑道の掘削

#### 5.1 掘削計画

トレーサー試験はKH-19孔で観測された高間隙水圧領域を対象としており、計画ではKH-19孔とKH-20孔を含めて7本のボーリング孔を掘削する予定となっている。アクセス坑道は、試験対象領域へのアクセスならびに新規ボーリング孔の掘削作業、各試験の作業エリアの確保を目的として図.22に示すレイアウトでKD-90坑道の北側を拡張した。掘削期間は平成7年2月8日から4月4日である。アクセス坑道は既存のボーリング孔であるKH-19孔とKH-20孔を横切るレイアウトになっているため、アクセス坑道坑道が両ボーリング孔を横切る直前に両ボーリング孔に設置したダブルパッカー装置を回収し、アクセス坑道掘削終了後再び

パッカーを両孔に設置した。

KH-19 孔においてはアクセス坑道掘削後、アクセス坑道から北方部分（およそ 80m）について流量検層を実施した。また、坑道掘削後に坑道を横切る規模の割れ目（38 本）について、その地質学的な調査を実施した。その結果を図.23および表.6に示す。その結果、アクセス坑道の北西部に割れ目の少ない部分存在し、KH-19 孔と KH-20 孔で観測されたように割れ目の集中している部分とそうでない部分に分けられることが坑道壁面で確認することができた。

## 5.2 KH-19 孔流量検層

アクセス坑道の北壁から北方向の約 80m の部分について（KD-90 坑道北壁の孔口からアクセス坑道北壁の孔口まで 20.36m である）流量検層を実施した。2 つのパッカー（ダブルパッカー）を用いて任意の区間を独立させ、その区間からの湧水量を 1/4 インチのチューブで孔口まで導き、孔口においてフロート式の流量計（ローターメーター：rotarmeter、図.24）を用いて測定した。ローターメーターは流量毎に表.7に示す 3 種類用意し、測定すべき湧水量の大小から任意に選択して湧水量を測定する。他の区間の水理的擾乱をなるべく押さえるために、ダブルパッカーの奥からの湧水はロッドを介して孔口へ導いた。また、1/4 インチのチューブによる抵抗の有無を確認するために測定区間内の圧力も同時に測定した。図.25 に流量検層に用いたダブルパッカー装置の概念図を示す。

検層は概査と精査を組み合わせて実施した。すなわち、まずダブルパッカーで挟まれた区間（測定区間）を約 5m に設定し（正確には 5.02m）、5m ずつ測定区間を移動させながら湧水量を測定し、KH-19 孔全体のおおよその湧水量分布を測定する。次いで、湧水量が観測された区間において測定区間を約 1m に設定して（正確には 1.01m）詳細な湧水量分布を調査するものである。

図.26、表.8にパッカー区間 5m の検層結果を、図.27と表.9にパッカー区間 1m の検層の結果を示す。アクセス坑道北壁の孔口から 17m までほとんど湧水が観測されず、17m～22m の区間で 193.4ml/min.の湧水が観測された。その後 27m までは湧水量が減少し、27m 以深で多くの湧水量が観測された。26.5m～27.21m 区間ではこの湧水が確認されず、27.5～28.01m の区間（KD-90 坑道北の孔口から 47.87～48.37m の区間）から 1520ml/min.湧水していることが分かった。この深度は、KH-19 孔掘削時に観測された湧水量急増箇所と一致している。また、観測された湧水量のほとんどが KD-90 坑道坑口から 47m 以深からのものであることがわかった。そして、湧水量の大きい箇所と小さい箇所が明確に別れていることから、そこでは 10 数 m 規模の湧水帯が存在しているのではなく、1m～数 m の独立した湧水箇所が存在することがわかった。

### 5.3 アクセス坑道掘削後のパッカー位置

アクセス坑道を掘削する際に KH-19 孔、KH-20 孔に設置したマルチパッカーを一旦回収したため、KH-19 孔の流量検層終了後に KH-19 孔に 8 個のパッカーを KH-20 孔に 7 個のパッカーを用いたマルチパッカーを設置した。それぞれのパッカー位置を表.10に示す。KH-19 孔のパッカー位置については新たに流量検層の結果を考慮した。パッカー設置後の各パッカー区間の圧力を図.28、図.29にそれぞれ示す。その結果、KH-19 孔においては区間 2～5 の区間で  $20\text{kgf/cm}^2$  程度の高い間隙水圧が観測された。区間 1 は低い間隙水圧を示しているが、流量検層の結果からはこの区間において有意な湧水量が観測されておらず、この区間は低透水部である可能性がある。KH-20 孔においては、区間 3 の比較的低い間隙水圧部を境にしてその前後で高い間隙水圧を観測している。特に、区間 4～5 において約  $20\text{kgf/cm}^2$  程度の高い間隙水圧を観測しており、この区間は KH-20 孔掘削時の KH-19 孔への圧力応答観測時に KH-19 孔の高間隙水圧部へ圧力応答が観測された箇所に対応する。したがって、KH-20 孔の区間 4～5 と KH-19 孔区間 2～6 が水理的に連結していると考えられ、KH-20 孔区間 3 と KH-19 孔区間 1 の間がその高間隙水圧部の北側の低透水部であると考えられる。

## 6 KH-23 孔

### 6.1 掘削計画

KH-23 孔は KH-20 孔掘削調査の結果推定された水みち、ならびに高間隙水圧部の KH-20 孔西側への延長を把握することを目的として KH-20 孔の西 5m の位置から KH-20 孔と平行に掘削した（図.30参照）。

### 6.2 掘削時の KH-19 孔への圧力応答

KH-23 孔掘削時には KH-19 孔および KH-20 孔において間隙水圧を連続観測し、KH-23 孔掘削時の KH-19 孔と KH-20 孔への圧力応答を観測した。また、掘削深度の測定については、試錐機のロッドに変位計を設置し、掘削深度を自動的に観測できるようにした。

KH-23 孔掘削期間（平成 7 年 8 月 7 日～28 日）の KH-20 孔の圧力変化を図.31 に、KH-19 孔の圧力変化を図.32に示す。個々の圧力変化についてそれぞれ以下に記す。

#### 6.2.1 KH-20 孔区間 7

KH-20 孔 7 区間では 8 月 10 日 13:34 に圧力が徐々に減少しはじめた（図.33）。

その時 13:34 の KH-23 孔の掘削深度は 16.10m である。

#### 6.2.2 KH-20 孔 6 区間

KH-20 孔 6 区間では 8 月 11 日 10:51 に圧力が徐々に減少しはじめた (図.34)。その時 10:51 の KH-23 孔の掘削深度は 21.3m である。

また、14:41 に  $0.1\text{kgf/cm}^2$  急激に圧力が上昇し、その後急激に圧力が減少した。その時 14:41 の KH-23 孔の掘削深度は 26.91m である。

#### 6.2.3 KH-20 孔 5 区間

KH-20 孔 5 区間では 8 月 11 日にスパイク状の圧力変化が観測されているが (図.35)、KH-23 孔掘削中ではなく作業終了後の変動である。15:00 に KH-19 孔と KH-20 孔の各パッカー圧を 27.8bar から 35bar に調整しており、この影響と考えられる。

また、8 月 19 日 11:14 に圧力が徐々に減少しはじめた (図.36)。その時 11:14 の KH-23 孔の掘削深度は 44.9m であった。

#### 6.2.4 KH-20 孔 4 区間

KH-20 孔 4 区間では 8 月 19 日 14:00 付近からと、21 日 10:00 付近で僅かに減少した (図.37)。しかし、その減少幅は小さく約  $0.1\text{kgf/cm}^2$  程度で、その後約  $19.8\text{kgf/cm}^2$  で安定した圧力を示している。通常圧力応答が観測された場合は、その後の掘削作業や KH-23 孔口元開閉の影響を受けて変動するが、この区間では 21 日以降そのような圧力変動は観測されていない。したがって、8 月 19 日ならびに 21 日の圧力減少の原因を KH-23 孔掘削によるものとは断定できない。

#### 6.2.5 KH-20 孔 3 区間

KH-20 孔 3 区間では 8 月 21 日 11:10 に圧力が徐々に減少しはじめた (図.38)。その時 11:10 の KH-23 孔の掘削深度は 50.9m であった。

その後、13:16、14:08 にそれぞれスパイク状に圧力が上昇しており、その時の KH-23 孔の掘削深度はそれぞれ 52.28m、52.7m であった。これらスパイク状の圧力上昇についてはそれぞれの深度で新たな水みちにあたって掘削水の圧力が伝播したものか、ロッドの出し入れの影響が 50.9m 付近の水みちを介して伝わってきたものかどうか検討する必要がある。

同時刻の作業を下記に記す。

11:55	掘削水ポンプ停止
13:02	掘削水ポンプ開始
13:12	掘削水ポンプ停止



13:13	掘削水ポンプ開始
13:23	掘削水ポンプ停止
13:27～13:36	ロッド抜き出し
13:52～14:02	ロッド挿入
14:08	掘削水ポンプ開始
14:22	掘削水ポンプ停止

これらの作業タイムテーブルから、スパイク状に圧力が上昇しているのは、掘削水のポンプを数 10 分停止した後再び掘削水のポンプを開始した時刻であることがわかる。したがって、これらのスパイク状の圧力上昇は掘削水のポンプアップの影響であると推定される。

#### 6.2.6 KH-20 孔 2 区間

KH-20 孔 2 区間では 8 月 25 日 14:54 に急激に圧力が減少した (図.39)。その時 14:54 の KH-23 孔の掘削深度は 78.47m であった。

#### 6.2.7 KH-20 孔 1 区間

KH-20 孔 1 区間では 8 月 25 日 14:48 に急激に圧力が減少した (図.40)。その時 14:48 の KH-23 孔の掘削深度は 78.31m であった。

#### 6.2.8 KH-19 孔 8 区間

KH-19 孔 8 区間では 8 月 11 日 16:24 に急激に圧力が減少した (図.41)。その時 16:24 の KH-23 孔の掘削深度は 27.3m であるが、8 月 11 日の掘削はすでに終えており、KH-23 孔口の蓋をした (15:44) 後であった。

#### 6.2.9 KH-19 孔 7 区間

KH-19 孔 7 区間は KH-20 孔 7 区間とほぼ同様の圧力変化を示している。8 月 10 日 14:16 に圧力が徐々に減少しはじめた (図.42)。その時 14:16 の KH-23 孔の掘削深度は 17.3m である。また、8 月 11 日 15:17 に急激に圧力が減少したが、その時 15:17 にはすでに KH-23 孔の掘削を終了している (掘削深度 27.3m)。なお、8 月 11 日 15:00 に KH-19 孔、KH-20 孔のパッカー圧を 27.8bar から 35bar に昇圧している。

#### 6.2.10 KH-19 孔 2～6 区間

KH-19 孔 2～6 区間は KH-20 孔 4 区間とほぼ同様の圧力変化を示している (図.43)。8 月 21 日 10:00 付近で僅かに減少した。その減少幅は小さく約  $0.1\text{kgf/cm}^2$  程度で、その後約  $19.8\text{kgf/cm}^2$  で安定した圧力を示している。通常圧力応答が観測

された場合は、その後の掘削作業や KH-23 孔口元開閉の影響を受けて変動するが、この区間では 21 日以降そのような圧力変動は観測されていない。したがって、8 月 19 日ならびに 21 日の圧力減少の原因を KH-23 孔掘削によるものと断定することはできない。

KH-23 孔掘削時の KH-19 孔と KH-20 孔への圧力応答の結果をまとめて表.11、図.44に示すが、KH-19 孔と KH-20 孔で観測された高間隙水圧部への明瞭な圧力応答は観測されなかったことから、KH-19 孔と KH-20 孔の高間隙水圧部（KH-19 孔区間 2~6 と KH-20 孔区間 4,5）への水理的連結性に乏しいと考えられる。

### 6.3 掘削時の湧水量変化と間隙水圧変化

KH-23 孔掘削時には、毎日の掘削終了後に掘削用のロッドを引き抜き、孔口からの湧水量が安定するのを待って、口元からの湧水量をメスシリンダーを用いて測定した。図.45にその結果を示す。

湧水量は約 30m 付近で一旦増加した後減少し、70m 付近まではほぼ一定の値を示している。78m 付近で急激に増加した。

また、KH-23 孔では毎日の掘削終了後、孔口に圧力センサーを接続した蓋を設置し、その日の掘削深度における間隙水圧を観測した。図.46にその結果を示す。この図でも、約 30m 付近で一旦増加した後減少し、70m 付近まではほぼ一定の値を示している。78m 付近で急激に増加した。

### 6.4 流量検層

試験は KH-19 孔で実施した方法と同様の方法で実施した。

まず、測定区間を 5m (5.023m) に設定してボーリング孔全長にわたって概略的に調査し、流量が確認された区間において測定区間を 1m (1.095m) に変更して詳しく調査した。その後、5m (5.005m) 区間にて再び概略的に調査を行い再現性を確認した。

測定区間長 5.023m の結果を、表.12および図.47に示す。

KH-23 孔の孔口から 40m まで湧水が観測されず、湧水が観測されたのは、40~45.023m 区間、45~50.023m 区間、55~60.023m 区間、60~65.023m 区間、65~70.023m 区間、74~79.023m 区間の 6 区間である。特に、74~79.023m 区間では他の区間に比べて多い湧水量を観測した。

測定区間長 5.023m の結果から、有意な湧水量が観測された 6 区間について測定区間長を 1.095m に設定して流量を測定した。その結果を表.13および図.48に示す。流量が多い区間は 44.1~46.195m 区間、47.1~49.195m 区間、58.1~60.195m 区間、77.1~79.045m 区間である。なかでも、77.95~78.45m の区間では 1350ml/min.の流

量を観測した。これは KH-23 孔全体からの流量の 9 割以上を占める値である（KH-23 孔全体からの流量は約 1450ml/min.）。この区間は KH-23 孔掘削時に湧水量が急増した箇所とよく一致しており、また KH-20 孔区間 1~2 で観測された圧力応答が観測された掘削深度ともよく一致している。

測定区間長 5m 測定の再現性を確認することを目的として、再度測定区間長約 5m で流量検層を実施した。測定区間長が 5.023m と 5.005m と異なっているのは、パッカー間のロッドをより短いものに変更したためである。測定の結果を表.14、図.49に示す。ほぼ、再現性があることがわかったが、10m~20m の区間で測定区間長が 5.023m の時には 0 であったのに対して僅かに流量を測定することができた。

### 6.5 孔曲がり検層

本検層から KH-23 孔の三次元的な空間分布を把握する。検層結果を表.15に示す。

### 6.6 割れ目の地質学的調査

KH-23 孔においても BTV 検層ならびにコア検層による割れ目の地質学的調査を実施し、441 個の割れ目を抽出した。割れ目の抽出基準ならびに調査方法ならびに調査項目は KH-19 孔と同様である。KH-23 孔の割れ目の地質学的調査結果を添付資料.4に示す。図.50に開口割れ目および閉口割れ目の方向分布を、図.51に開口割れ目と閉口割れ目の深度方向の分布を示す。

### 6.7 レーダー検層

KH-23 孔周辺の割れ目の連続性を推定するために、レーダー法シングル調査を実施した。レーダー法シングルホール（反射法）調査は、波長が 2m 程度のパルス状の電磁波を岩盤内に発信し、電磁波が岩盤内の電気特性（比抵抗、比誘電率）の変化する部分で反射する現象を利用して、電気的な特性の変化する部分の位置、傾斜角度、連続性を調査する方法である。岩盤内の電気特性が変化する部分としては、金属鉱石、空洞、含水量の変化する場所等が考えられるが、KH-23 孔周辺では含水量の異なる部分として割れ目や割れ目帯が相当すると考えられる。

シングルホール調査では、電磁波の発信器（トランスミッタ）と受信器（レシーバ）を同一孔に一定間隔で設置し、一定間隔で挿入あるいは引き抜きをおこなってそれぞれの点で測定を行う（図.52参照）。この場合、測定深度はレシーバ先端からトランスミッタ先端までの距離の中心点で定義される。

KH-23 孔では深度 4.95m から 72.95m まで 0.5m 毎に測定を繰り返し実施した。測定の様態を表.16に示す。

図.53に測定結果（レーダー反射面、デコンボリューションフィルター処理結果）を示す。縦軸は KH-23 孔の深度を横軸は電磁波の往復伝播時間を示している。

同図から、21本の反射面を抽出した。抽出した反射面のKH-23孔との交差深度、傾斜角度、反射面の連続長を表.17に示す。同表の内、No.1は比較的明瞭な反射面であり、KH-23孔口元におけるKH-23孔とNo.1との距離は約8mであるものの、傾斜角度が $17^{\circ}$ であることから、No.1反射面はKH-19孔であると考えられる(KH-23孔とKH-19孔の孔口距離は約10m)。

レーダー検層の結果、抽出された反射面とボーリング孔の交差深度ならびに交差する傾斜角度とBTV検層やコア観察等の割れ目の地質学的調査結果を対比させることで、反射面の地質学的な特徴を把握できると期待される。しかし、レーダー検層の解像度と地質学的調査のボーリング孔方向の解像度を比較すると、レーダー検層は約数10cmあるのに対して地質学的調査ではcmオーダーであり、レーダー検層結果は地質学的調査結果と直接対比できるほどの解像度を持っていない。しかし、レーダー検層で抽出される反射面は岩盤中における物理特性の不連続な面であり、花崗岩の場合は透水性割れ目もしくは水を含む割れ目を抽出している可能性が高い。今後、はボーリング孔掘削時の圧力応答観測の結果抽出された水みちと割れ目の地質学的調査結果の対比から透水性割れ目を同定し、その同定された透水性割れ目とレーダー検層結果を対比することで、その透水性割れ目の連続性を検討する予定である。

#### 6.8 パッカー位置と間隙水圧分布

KH-23孔掘削時のKH-19孔、KH-20孔への圧力応答観測、流量検層の割れ目の地質学的な調査を参考に、KH-20孔に設置するパッカーの位置を検討した。その結果を表.18に示す。平成7年10月15日の各パッカー区間の間隙水圧分布を図.54に示す。KH-23孔掘削時にはKH-19孔とKH-20孔で観測された高間隙水圧部への明瞭な圧力応答を確認することはできなかったが、KH-23孔区間4では約 $17\text{kgf/cm}^2$ 程度の高い間隙水圧を観測している。このことはKH-23孔区間4がKH-19孔、KH-20孔の高間隙水圧部につながっている可能性を示しているが、主要な圧力応答が観察されなかったことからその水頭拡散率が非常に低いと考えられる。流量検層の結果から最も多くの湧水量が観測されたのは孔口から77m以深の区間からであり、この区間ではKH-20孔区間1~2への水みちが観測されている。この付近(区間1)の間隙水圧は約 $13\text{kgf/cm}^2$ であり、隣接する区間2がその前後に比べて間隙水圧が低いことから、区間2の北側にKH-23孔区間1とKH-20孔区間1~2を連結する別の独立した水みちが存在する考えられる。

### 7 KH-19孔、KH-20孔、KH-23孔による水理地質学的調査のまとめ

KH-19孔、KH-20孔ならびにKH-23孔の掘削調査の結果、互いに独立した複数の水みちを特定することができた。これらの水みちはそれぞれ異なる間隙水圧を

保持している可能性がある。また、KH-19 孔で観察された高間隙水圧部に連結する水みちについては KH-20 孔の 73m 付近で確認されたが、KH-23 孔へ連結する主要な水みちは観察されなかった。

KH-20 孔区間 1~2 と KH-23 孔区間 1 ではその隣接する低間隙水圧部の北側に別の独立した水みちが存在することが分かった。

KH-19 孔掘削調査の結果から推定された不透水部については、何が不透水部を形成しているか未だ明らかにはなっていないが、KH-20 孔において割れ目の集中している箇所とそうでない箇所の分布と湧水量の分布に相関性が認められることから割れ目のまばらな箇所が不透水部を形成している可能性がある。

今回実施した調査法では、試錐孔掘削時に水圧応答が得られた時点の掘削深度が記録されているので、コア観察や BTV 観察による割れ目の地質学的な調査結果とを対比することにより水みちとなる透水性割れ目を特定することができる。ただし、水圧応答には時間遅れが生じるので、より正確な割れ目の同定には、それぞれの水みちの水頭拡散率を考慮した解析が必要となる。

KH-23 孔においては単孔式レーダー検層を実施し、透水性割れ目もしくは水を含む割れ目の可能性のあるレーダー反射面を抽出した。今後はこれらレーダー反射面と透水性割れ目を対比させることで、透水性割れ目の連続性について検討する。

## 8 今後の予定

平成 7 年度中に残り 2 本のボーリング孔 (KH-21 孔、KH-25 孔) を掘削し、それら新規孔で各種調査試験を継続して実施し、KH-20 孔を中心とした試験対象領域の水理地質構造調査を継続して実施する。さらに、KH-25 孔においては簡易的な透水試験を実施し、透水性割れ目の透水特性を把握する予定である。

そして、平成 8 年度にはさらに残り 2 本のボーリング孔を掘削して試験対象領域の水理地質構造調査を継続して実施するとともに、トレーサー試験の対象となる割れ目を選定し、平成 8 年度から 9 年度にかけてトレーサー試験を実施する予定である。

## 9 参考文献

- 1) 野田兼司、内田雅大、亀裂状媒体水理試験設備 (LABROCK 試験装置) による人工亀裂を用いた透水性の応力依存性試験、PNC TN 8410 94-335、1994
- 2) Sawada, A. and Uchida, M.、Discrete Fracture Network Modelling of Tracer Migration Experiments at Kamaishi Mine、Mat.Res.Soc.Symp.Proc、vol.353、p387-394、1995
- 3) Rouleau, A. and Gale, J. E.、Statistical Characterization of the fracture system in Stripa Granite, Sweden、J. Rock Mech. Min. Sci & Geomech. Abstr.、vol.22、No.6、p 353-367、1985
- 4) Nilson, L.、Hydraulic Tests on Äspö KAS05-KAS08, HAS12-HAS17, Evolution、SKB Äspö Hard Rock Laboratory PR 25-89-20
- 5) 動力炉・核燃料開発事業団 環境技術開発推進本部、釜石原位置試験第2フェーズ計画 - 平成7年度～平成9年度計画 -、PNC TN 1010 95-004、1995

表 1. KH-19 孔パッカー位置

パッカーNo.	KD-90 坑道からの深度 (m)
8	1.0
7	20.5
6	32.5
5	43.0
4	54.0
3	69.7
2	80.5
1	91.7

表.2 KH-20 孔掘削時の KH-19 孔への圧力応答

KH-20 孔掘削深度 (m)	KH-19 孔圧力応答区間
5.9	区間 8, 6
7.7	区間 6
32.7	区間 5
37.5	区間 5
72.5	区間 1, 2, 3
72.9	区間 4

表.3 KH-20 孔流量検層結果

深度 (m)	パッカー以深からの湧水量 (ml/min.)
95	174
91	201
88	319
76	373
74	410
71	1140
60	1185
52	1182
50	1194
47.5	1239
45	1239
42.5	1299
40	1302
38	1320
34	1338
30	1347
20	1347
15	1350
10	1350
7	1380
5.5	1680
孔口からの全湧水量	1766



表 4 KH-20孔曲がり測定結果 (平成7年1月25日)

深度	計画方位 0				計画傾斜角 -1				計画鉛直計画との差		
	方位角	東西方向	南北方向	計画東西	計画南北	傾斜角	水平方向	鉛直方向		計画水平	
0		0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	0.30	0.03	5.00	0.00	5.00	-1.20	5.00	-0.10	5.00	-0.09	0.03
8	0.80	0.07	8.00	0.00	8.00	-1.20	8.00	-0.17	8.00	-0.14	0.07
11	0.30	0.08	11.00	0.00	11.00	-1.20	11.00	-0.23	11.00	-0.19	0.09
14	-0.20	0.07	14.00	0.00	14.00	-1.20	14.00	-0.29	14.00	-0.24	0.09
17	-0.20	0.06	17.00	0.00	17.00	-1.20	17.00	-0.36	17.00	-0.30	0.09
20	-0.50	0.04	20.00	0.00	20.00	-1.00	20.00	-0.41	20.00	-0.35	0.07
23	-0.50	0.01	23.00	0.00	23.00	-1.00	23.00	-0.46	23.00	-0.40	0.06
26	-0.50	-0.02	26.00	0.00	26.00	-1.00	25.99	-0.51	26.00	-0.45	0.06
29	-0.50	-0.04	29.00	0.00	29.00	-1.20	28.99	-0.58	29.00	-0.51	0.08
32	-0.20	-0.05	32.00	0.00	32.00	-1.20	31.99	-0.64	32.00	-0.56	0.10
35	-0.20	-0.06	35.00	0.00	35.00	-1.20	34.99	-0.70	34.99	-0.61	0.11
38	-0.20	-0.07	38.00	0.00	38.00	-1.20	37.99	-0.76	37.99	-0.66	0.12
41	0.00	-0.07	41.00	0.00	41.00	-1.20	40.99	-0.83	40.99	-0.72	0.13
44	0.50	-0.05	44.00	0.00	44.00	-1.00	43.99	-0.88	43.99	-0.77	0.12
47	0.50	-0.02	47.00	0.00	47.00	-1.20	46.99	-0.94	46.99	-0.82	0.12
50	0.30	-0.01	50.00	0.00	50.00	-1.20	49.99	-1.01	49.99	-0.87	0.13
53	0.50	0.02	53.00	0.00	53.00	-1.20	52.99	-1.07	52.99	-0.92	0.14
56	0.50	0.05	56.00	0.00	56.00	-1.20	55.99	-1.13	55.99	-0.98	0.16
59	0.30	0.06	59.00	0.00	59.00	-1.20	58.99	-1.19	58.99	-1.03	0.18
62	-0.20	0.05	62.00	0.00	62.00	-1.20	61.99	-1.26	61.99	-1.08	0.18
65	-0.20	0.04	65.00	0.00	65.00	-1.20	64.99	-1.32	64.99	-1.13	0.19
68	0.30	0.06	68.00	0.00	68.00	-1.30	67.99	-1.39	67.99	-1.19	0.21
71	-0.20	0.05	71.00	0.00	71.00	-1.20	70.99	-1.45	70.99	-1.24	0.22
74	0.00	0.05	74.00	0.00	74.00	-1.20	73.98	-1.51	73.99	-1.29	0.23
77	0.00	0.05	77.00	0.00	77.00	-1.20	76.98	-1.58	76.99	-1.34	0.24
80	0.50	0.07	80.00	0.00	80.00	-1.20	79.98	-1.64	79.99	-1.40	0.25
83	-0.20	0.06	83.00	0.00	83.00	-1.20	82.98	-1.70	82.99	-1.45	0.26
86	0.30	0.08	86.00	0.00	86.00	-1.30	85.98	-1.77	85.99	-1.50	0.28
89	0.30	0.09	89.00	0.00	89.00	-1.20	88.98	-1.83	88.99	-1.55	0.29
92	0.30	0.11	92.00	0.00	92.00	-1.20	91.98	-1.90	91.99	-1.61	0.31
95	0.30	0.13	95.00	0.00	95.00	-1.30	94.98	-1.96	94.99	-1.66	0.33
98	0.30	0.14	98.00	0.00	98.00	-1.20	97.98	-2.03	97.99	-1.71	0.35
100.3	0.30	0.15	100.30	0.00	100.30	-1.20	100.28	-2.07	100.28	-1.75	0.36

表.5 KH-20 孔パッカー位置

パッカーNo.	KD-90 坑道からの深度
8	4.519
7	12.61
6	28.54
5	41.48
4	57.72
3	69.66
2	75.60
1	87.53

表.7 ローターメーターの種類

種類	測定可能範囲
大	1~20 litre/min
中	30~1900 ml/min.
小	0.2~36 ml/min.

表.6 割れ目の調査結果一覧表

区間	割れ目番号	走向	傾斜	開口の有無	開口幅	PT1	端形状	PT2	変位	条線の走向	条線の傾斜	変質程度	変質の色	変質の幅(mm)	充填鉱物1	充填鉱物2	充填鉱物3	充填鉱物4	充填鉱物5	充填鉱物6	充填鉱物7	充填幅(mm)	滴水
A	1	N35E	55N	PO	1	Pj	XX	P		N15W	30N	MD	WT-PK	100	DGM	BKM	CAL	CHL				15	90滴/min
A	2	N65E	85N	C		Pj	XX	S				IL	PK	70	EP	YGM	CAL					2	20滴/min
A	3	N65E	55N	C		Pj	BB	S				MD-IL	PK	150	CHL	DGM	CAL	EP				30	
A	4	N65E	60N	C		Pj	XD	S		N25E	45N	MD-IL	PK	150	CHL	DGM	CAL	EP				30	
A	5	N75E	55N	C		Pj	BB	S				IL	PK	150	DGM	ST	EP	BKM				50	
A	6	N85E	80S	PO	<1	Pj	XX	S				MD-IL	PK	300	DGM	BKM	ST	CHL				100	
A	7	N70W	85N	C		Pj	XB	S		N05E	90S	MD	PK	50	BKM	CAL	CHL	ST	WT			20	
A	8	N35E	55N	PO	<1	Pm	XD	P				MD	WT-PK	50	CHL	DGM	ST					5	濡れ
A	9	N60E	50N	PO	<1	Pm	XD	P				MD-IL	PK	100	DGM	BKM	CAL	PY	ST			40	濡れ
A	10	N35E	45N	C		Cm	XD	S				WK-MD	WT	70	EP	YGM	CHL	DGM				20	
A	11	N75E	70N	PO	<1	Pj	XX	S				IL	PK	300	BKM	DGM	GYM	CAL	EP	CHL	ST	50	3滴/min
AB	12	N80E	75N	C		Pj	XB	S				IL	PK	200	EP	BKM	YGM	CAL				50	濡れ
AB	13	N65E	50N	C		Pj	XX	S				WK	WT	50	ST	EP	YGM	BKM				30	
B	14	N90W	80N	PO	2	Pj	BB	S				MD-IL	PK	150	EP	ST	YGM	CAL	DGM			10	3滴/min
B	15	N80E	75N	PO	<1	Pj	XX	S				IL	WT-PK	200	EP	ST	YGM	CAL	DGM			50	
B	16	N75E	70N	C		Pj	XX	S				MD-IL	PK	200	YGM	ST	CAL	DGM				10	
B	17	N85E	70N	PO	<1	Pj	XX	S				WK-MD	PK	200	EP	YGM	DGM	CAL				10	濡れ
BC	18	N35E	70N	PO	<1	Cm	XX	S				WK-MD	WT	50	DGM	EP	BKM	ST				20	
BC	19	N35E	55N	PO	<1	Pm	XX	S		N45W	60N	WK-MD	WT	50	DGM	YGM	ST	EP				20	濡れ
C	20	N65E	65N	PO	1	Pm	XB	P				WK	WT	40	DGM	ST	CHL					5	濡れ
C	21	N65E	65N	PO	<1	Pm	XR	P		N25E	40N	WK	WT	40	DGM	ST	CHL					5	濡れ
C	22	N70E	75N	PO	<1	Cm	XB	S				VW	WT	20	ST	CHL						2	
C	23	N60E	60N	PO	<1	Cm	XR	S				VW	WT	20	ST	CHL						5	濡れ
C	24	N75E	55S	C		Cm	XR	S				VW	WT	60	ST	CHL						5	
C	25	N70E	80S	C		Cm	XR	S				WK	WT	20	ST	CHL						5	
C	26	N45E	70N	PO	1	Cm	XR	S				WK	WT	30	ST	CHL						5	
C	27	N35E	80N	C		Pm	XR	S				WK	WT	80	CAL	ST	CHL					30	
C	28	N65E	60N	C		Pm	XR	P		N35E	40N	WK	WT	20	ST	CHL						3	
C	29	N75E	85N	PO	<1	Cm	XB	S		N85E	35E	WK	WT	30	CHL	ST						3	濡れ
C	30	N60E	65N	PO	<1	Pj	XX	P				WK	BR-PK	20	DGM	ST	CHL	EP	YGM			20	濡れ
C	31	N45E	40N	C		Pm	XB	P		N00E	15N	WK-MD	PK	70	CAL	CHL	ST	BKM				10	
C	32	N50E	60N	PO	<1	Pm	XX	P				WK-MD	WT	30	DGM	ST	BKM	CAL				15	滴水
C	33	N45E	50N	C		Pm	XB	P				WK	WT	80	DGM	ST						5	
C	34	N55E	65N	PO	<1	Pm	XX	P				WK	WT	80	DGM	ST	CAL					10	滴水
C	35	N65E	85N	PO	<1	Pm	XD	S				MD-IL	PK	200	EP	YGM	DGM	CAL				40	滴水
C	36	N65E	50N	C		Pm	XX	P				IL	PK	200	YGM	ST						10	
C	37	N65E	50N	C		Pm	XX	P				MD	PK	100	YGM	EP	BKM	ST	CHL			20	
C	38	N65E	50N	C		Pm	XX	P				IL	PK	100	ST	EP	YGM	CHL				10	

表.8 KH-19 孔流量検層結果 (5m 区間)

パッカー区間(m)	流量(ml/min.)
2~7.02	0.0
7~12.02	0.6
12~17.02	12.7
17~22.02	193.4
22~27.02	14.2
27~32.02	1921.1
32~37.02	2355.8
37~42.02	1734.8
42~47.02	727.1
47~52.02	1859.0
52~57.02	989.6
57~62.02	860.6
62~67.02	527.0
67~72.02	438.0
72~77.02	0.4
77~78.3	0.3

表.9 KH-19 孔流量検層結果 (1m 区間)

パッカー区間 (m)~(m)		流量 (ml/mi.)	パッカー区間 (m)~(m)		流量 (ml/mi.)
25	26.01	0.1	48	49.01	20.1
26	27.01	0.7	49	50.01	21.7
27	28.01	1520	50	51.01	550
26.5	27.51	0	51	52.01	670
28	29.01	0	52	53.01	415.8
29	30.01	324	53	54.01	438
30	31.01	18.5	54	55.01	38.1
31	32.01	0.1	55	56.01	1.2
32	33.01	638.2	56	57.01	7.4
33	34.01	380	57	58.01	393.6
34	35.01	10.7	58	59.01	304.6
35	36.01	1786	59	60.01	12.2
36	37.01	0	60	61.01	1.8
37	38.01	0.7	61	62.01	260.1
38	39.01	670	62	63.01	304.6
39	40.01	255	63	64.01	39.7
40	41.01	1080	64	65.01	2.7
41	42.01	33.1	65	66.01	44.1
42	43.01	5.7	66	67.01	175
43	44.01	0.4	67	68.01	393.6
44	45.01	330	68	69.01	15.5
45	46.01	349.1	69	70.01	371.3
46	47.01	310	70	71.01	82.2
47	48.01	780	71	72.01	1.8

表.10 アクセス坑道掘削後の KH-19 孔、KH-20 孔パッカー位置

パッカーNo	KH-19 孔 深度* (m)	KH-20 孔 深度* (m)
8	1.6515	-
7	15.2625	3.4515
6	25.8735	23.0625
5	28.4845	39.6735
4	34.5145	51.2845
3	37.1255	55.3145
2	56.7365	68.9255
1	71.3475	76.5365
**	20.36	19.34

\*:アクセス坑道北壁の孔口位置からの深度

\*\*:KD-90 坑道北壁の孔口からアクセス坑道北壁の孔口までの距離

表.11 KH-23 孔掘削時の KH-19 孔、KH-20 孔への圧力応答

KH-23 孔掘削深度	圧力応答区間
16.1	KH-20 孔区間 7
26.91	KH-20 孔区間 6
27.3	KH-19 孔区間 8、 KH-19 孔区間 7
44.9	KH-20 孔区間 5
50.9	KH-20 孔区間 3
78.31	KH-20 孔区間 1
78.47	KH-20 孔区間 2

表.12 KH-23 孔流量検層結果 (5m 区間)

測定区間 (m)	流量 (ml/min.)
5 ~ 10.023	0
10 ~ 15.023	0
15 ~ 20.023	0
20 ~ 25.023	0
25 ~ 30.023	0
30 ~ 35.023	0
35 ~ 40.023	0
40 ~ 45.023	9.7
45 ~ 50.023	31.9
50 ~ 55.023	0
55 ~ 60.023	15.8
60 ~ 65.023	145
65 ~ 70.023	0.286
70 ~ 75.023	0
74 ~ 79.023	1350
合計	1553.226

表.13 KH-23 孔流量檢層結果 (1m 区間)

測定区間 (m)	流量 (ml/min.)	測定区間 (m)	流量 (ml/min.)
40 ~ 41.095	0.44	56.1 ~ 57.095	145
41 ~ 42.095	0.68	57.1 ~ 58.095	9.21
42 ~ 43.095	0	58.1 ~ 59.095	8.74
43 ~ 44.095	0.34	59.1 ~ 60.095	3.78
44 ~ 45.095	13.7	60.1 ~ 61.095	4.94
45 ~ 46.095	9.21	61.1 ~ 62.095	1.37
45.1 ~ 47.195	12.7	62.1 ~ 63.095	0.44
46.1 ~ 48.195	0.83	63.1 ~ 64.095	0.55
47.1 ~ 49.195	15.3	64.1 ~ 65.095	0.68
48.1 ~ 50.195	23.8	65.1 ~ 66.095	0.68
49.1 ~ 51.195	22.7	66.1 ~ 67.095	0.44
50.1 ~ 52.195	0.34	67.1 ~ 68.095	0.55
51.1 ~ 53.195	0	68.1 ~ 69.095	0.55
52.1 ~ 54.195	0	77.1 ~ 78.095	666
53.1 ~ 55.195	3.78	77.95 ~ 79.095	1350
54.1 ~ 56.195	21.7	76.855 ~ 77.95	232
55.1 ~ 46.195	22.2	合計	2572.65



表.14 KH-23 孔流量検層結果 (5m 区間、2 回目)

測定区間 (m)	流量 (ml/min.)
5 ~ 10.005	0
10 ~ 15.005	0.5
15 ~ 20.005	3.9
20 ~ 25.005	0
25 ~ 30.005	0
30 ~ 35.005	0
35 ~ 40.005	0
40 ~ 45.005	10.2
45 ~ 50.005	35.3
45 ~ 50.005	32.5
50 ~ 55.005	0
55 ~ 60.005	14.2
60 ~ 65.005	96
65 ~ 70.005	0
70 ~ 75.005	0
74.08 ~ 79.085	1330
合計	1490.1

表.16 レーダー検層測定仕様

アンテナ中心周波数	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	0.5	m
測定深度	4.95~72.95	m
測定点数	137	

表.15 KH-23孔孔曲がり検層結果

NO.	掘進長(m)	方位角	傾斜角	$\theta$	$\alpha$	dx	dz	水平方向距離(m)	水平方向変位(m)	垂直方向変位(m)
1	2.0	N 0° 32' E	89° 0'	0.53	89.00	0.019	0.000	2.000	0.019	0.000
2	4.0	N 0° 20' E	89° 0'	0.33	89.00	0.012	0.000	4.000	-0.030	0.000
3	6.0	N 0° 40' W	89° 0'	-0.67	89.00	-0.023	0.000	6.000	0.007	0.000
4	8.0	N 0° 40' W	89° 0'	-0.67	89.00	-0.023	0.000	8.000	-0.016	0.000
5	10.0	N 0° 40' W	89° 0'	-0.67	89.00	-0.023	0.000	9.999	-0.040	0.000
6	12.0	N 0° 40' W	89° 0'	-0.67	89.00	-0.023	0.000	11.999	-0.063	0.000
7	14.0	N 0° 40' W	89° 0'	-0.67	89.00	-0.023	0.000	13.999	-0.086	0.000
8	16.0	N 0° 40' W	89° 0'	-0.67	89.00	-0.023	0.000	15.999	-0.109	0.000
9	18.0	N 0° 40' W	89° 0'	-0.67	89.00	-0.023	0.000	17.999	-0.133	0.000
10	20.0	N 0° 40' W	89° 0'	-0.67	89.00	-0.023	0.000	19.999	-0.156	0.000
11	22.0	N 0° 40' W	89° 0'	-0.67	89.00	-0.023	0.000	21.999	-0.179	0.000
12	24.0	N 0° 40' W	89° 0'	-0.67	89.00	-0.023	0.000	23.999	-0.202	0.000
13	26.0	N 0° 40' W	89° 0'	-0.67	89.00	-0.023	0.000	25.998	-0.226	0.000
14	28.0	N 0° 40' W	89° 0'	-0.67	89.00	-0.023	0.000	27.998	-0.249	0.000
15	30.0	N 0° 40' W	89° 0'	-0.67	89.00	-0.023	0.000	29.998	-0.272	0.000
16	32.0	N 0° 40' W	89° 0'	-0.67	89.00	-0.023	0.000	31.998	-0.296	0.000
17	34.0	N 0° 40' W	89° 0'	-0.67	89.00	-0.023	0.000	33.998	-0.319	0.000
18	36.0	N 0° 40' W	89° 0'	-0.67	89.00	-0.023	0.000	35.998	-0.342	0.000
19	38.0	N 0° 40' W	89° 0'	-0.67	89.00	-0.023	0.000	37.998	-0.365	0.000
20	40.0	N 0° 40' W	89° 0'	-0.67	89.00	-0.023	0.000	39.997	-0.389	0.000
21	42.0	N 0° 40' W	88° 48'	-0.67	88.80	-0.023	0.007	41.997	-0.412	-0.007
22	44.0	N 0° 40' W	89° 0'	-0.67	89.00	-0.023	0.000	43.997	-0.435	-0.007
23	46.0	N 0° 40' W	89° 0'	-0.67	89.00	-0.023	0.000	45.997	-0.458	-0.007
24	48.0	N 0° 40' W	88° 54'	-0.67	88.90	-0.023	0.003	47.997	-0.482	-0.010
25	50.0	N 0° 40' W	88° 54'	-0.67	88.90	-0.023	0.003	49.997	-0.505	-0.014
26	52.0	N 0° 10' W	88° 48'	-0.17	88.80	-0.006	-0.007	51.997	-0.511	-0.021
27	54.0	N 0° 40' W	88° 48'	-0.67	88.80	-0.023	0.007	53.997	-0.534	-0.028
28	56.0	N 0° 10' W	88° 48'	-0.17	88.80	-0.006	-0.007	55.997	-0.540	-0.035
29	58.0	N 0° 10' W	88° 48'	-0.17	88.80	-0.006	-0.007	57.997	-0.546	-0.042
30	60.0	N 0° 10' W	88° 42'	-0.17	88.70	-0.006	-0.010	59.997	-0.552	-0.052
31	62.0	N 0° 10' W	88° 36'	-0.17	88.60	-0.006	-0.014	61.996	-0.557	-0.066
32	64.0	N 0° 10' W	88° 42'	-0.17	88.70	-0.006	-0.010	63.996	-0.563	-0.077
33	66.0	N 0° 10' W	88° 42'	-0.17	88.70	-0.006	-0.010	65.996	-0.569	-0.087
34	68.0	N 0° 10' W	88° 42'	-0.17	88.70	-0.006	-0.010	67.996	-0.575	-0.098
35	70.0	N 0° 10' W	88° 36'	-0.17	88.60	-0.006	-0.014	69.996	-0.581	-0.112
36	72.0	N 0° 10' W	88° 42'	-0.17	88.70	-0.006	-0.010	71.996	-0.586	-0.122
37	74.0	N 0° 10' W	88° 36'	-0.17	88.60	-0.006	-0.014	73.996	-0.592	-0.136
38	76.0	N 0° 10' W	88° 42'	-0.17	88.70	-0.006	-0.010	75.996	-0.598	-0.147
39	78.0	N 0° 8' E	88° 36'	0.13	88.80	0.005	-0.014	77.996	-0.593	-0.161
40	80.0	N 0° 10' W	88° 36'	-0.17	88.60	-0.006	-0.014	79.996	-0.599	-0.175

表.17 反射面抽出結果

反射面 No.	KH-23 孔との 交差深度*	傾斜角度**		反射面の 長さ (m)
		上向き	下向き	
1	(-25.6)			38
2	(-10.6)			3
3	(-5.5)			8
4	15.2	40		8
5	15.5	32		9
6	19.5	40		10
7	23	32		11
8	25.5	56		9
9	29.5	53		11
10	31.7		37	19
11	43.5	37		23
12	46.5	35		17
13	50.5	43		15
14	51.7	32		26
15	54.5	34	38	36
16	58.2	58		8
17	63.5	40		10
18	69.0	40		13
19	(74.9)	40		14
20	(76.8)	39		9
21	(88.2)	39		9

\*:( )は反射面が KH-23 孔の延長まで連続していると仮定した時の KH-23 孔との交差深度

\*\*：交差角度は、不連続面と KH-23 孔とのなす角を図中で上向き、下向きに区別した。

表.18 KH-23 孔パッカー位置

パッカーNO.	アクセス坑道からの深度 (m)
7	4.49
6	17.428
5	30.366
4	39.3045
3	46.393
2	54.332
1	74.269

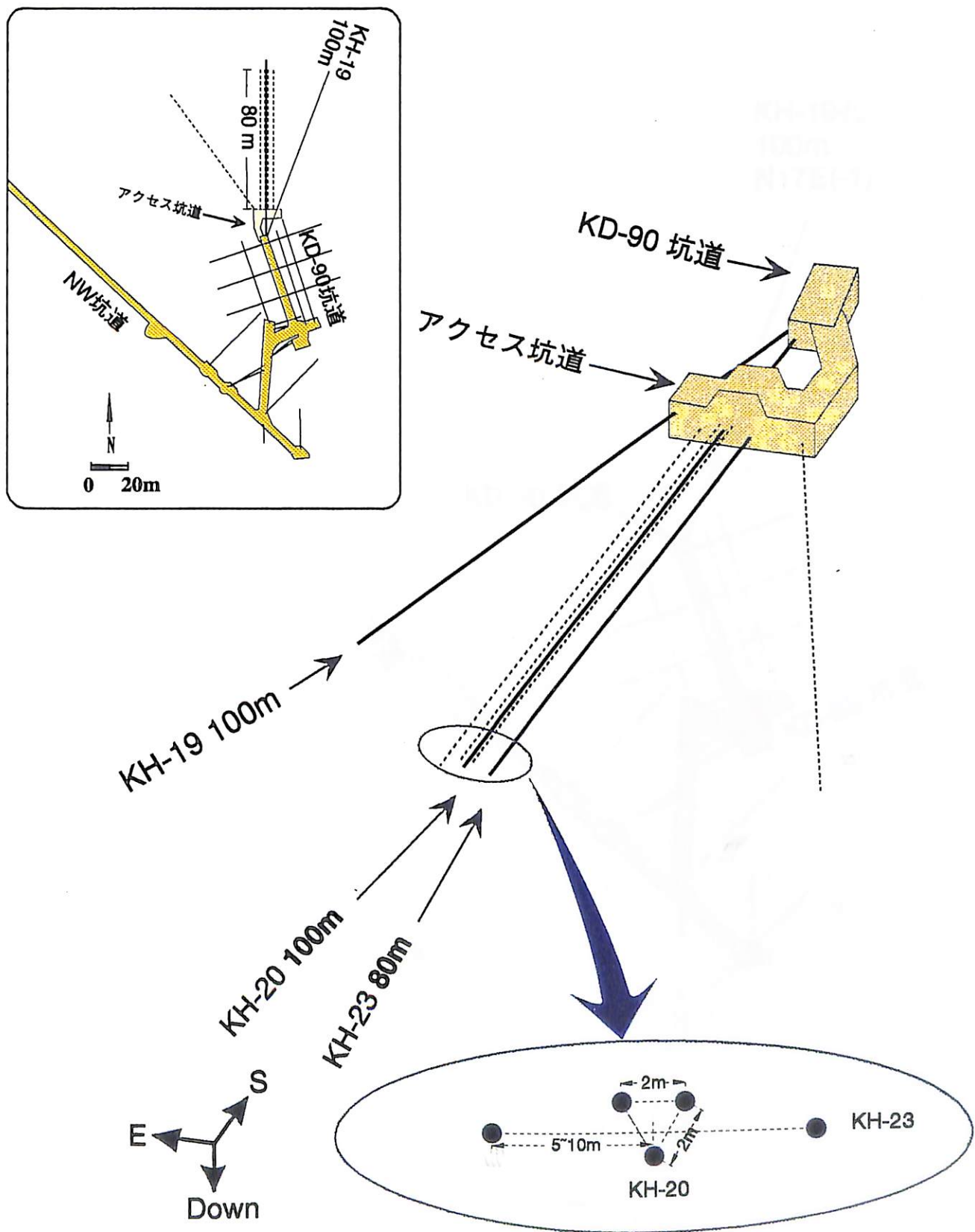


図.1 釜石原位置試験TASK3-2ボーリング孔レイアウト

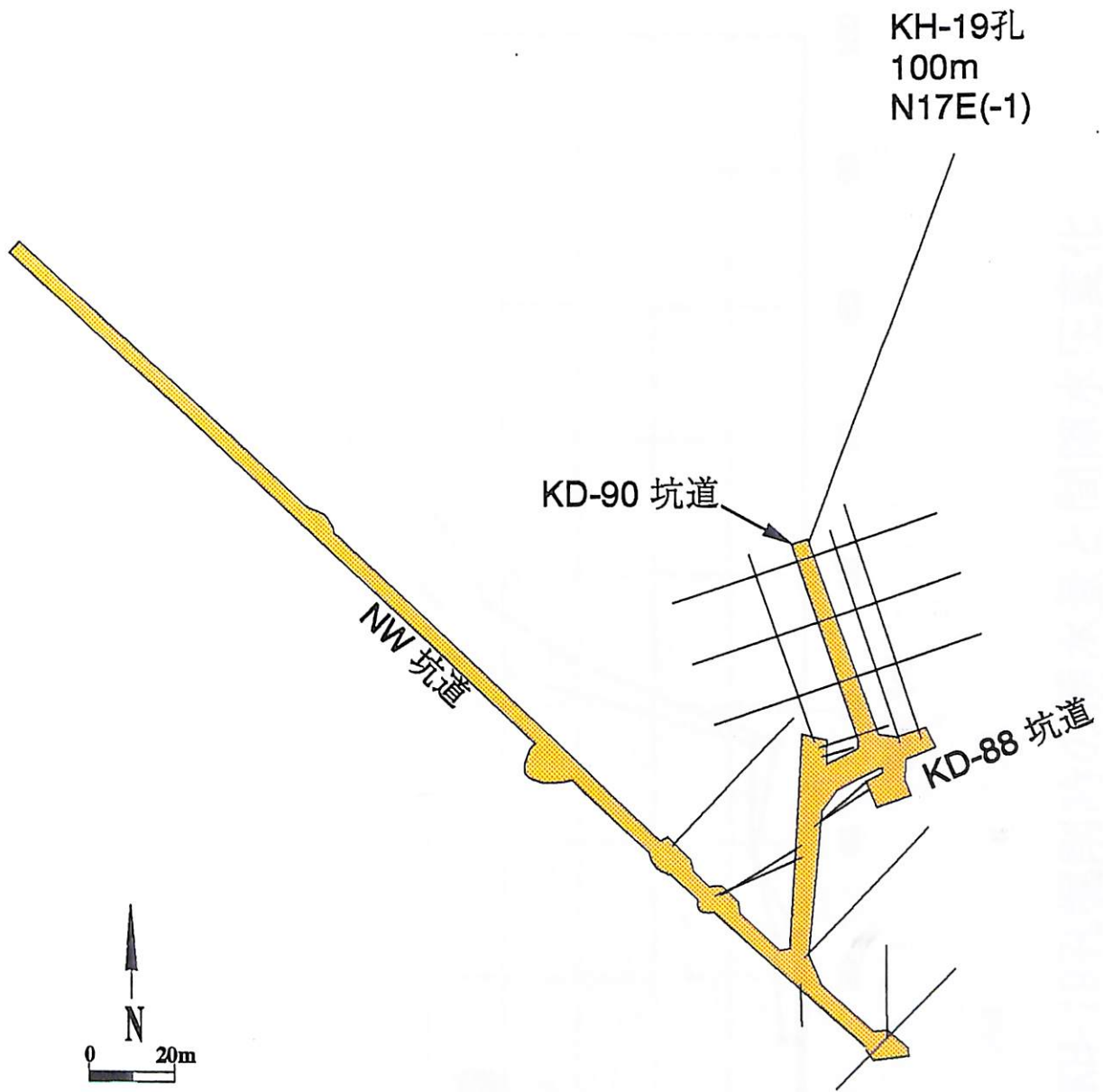


図.2 KH-19孔の位置方向

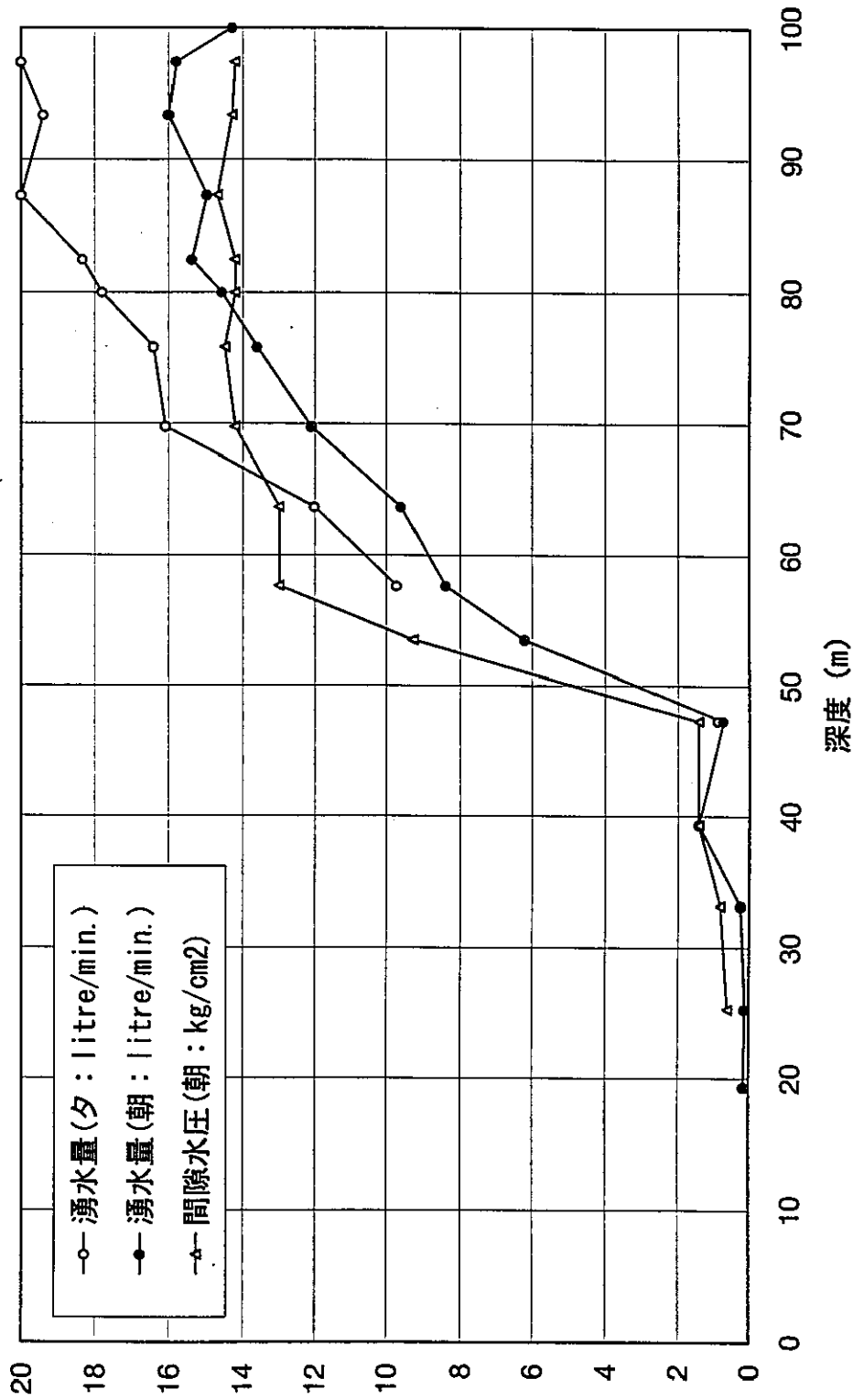


図. 3 KH-19孔掘削時の湧水量と間隙水圧変化

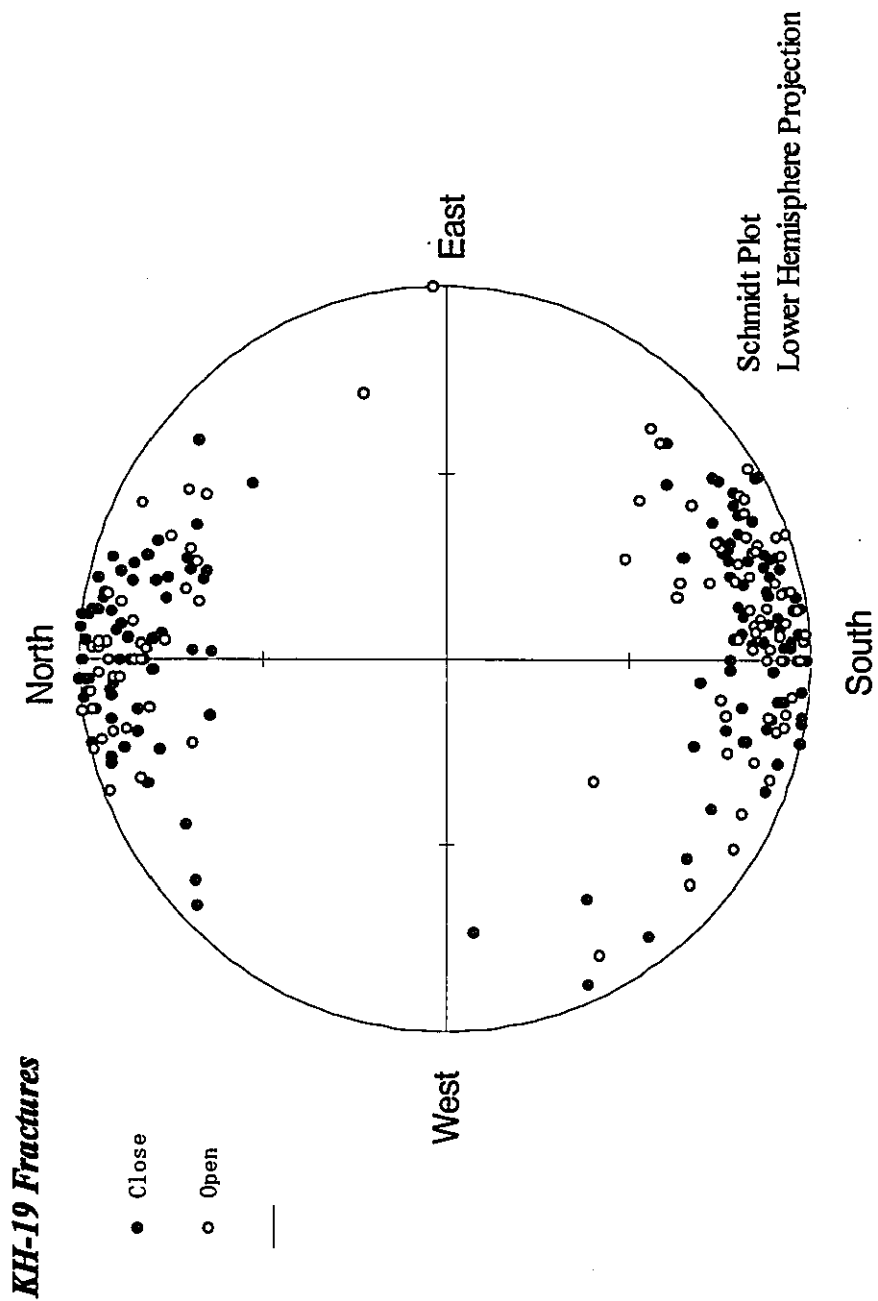


図. 4 KH-19孔の開方割れ目と閉方割れ目の方向分布



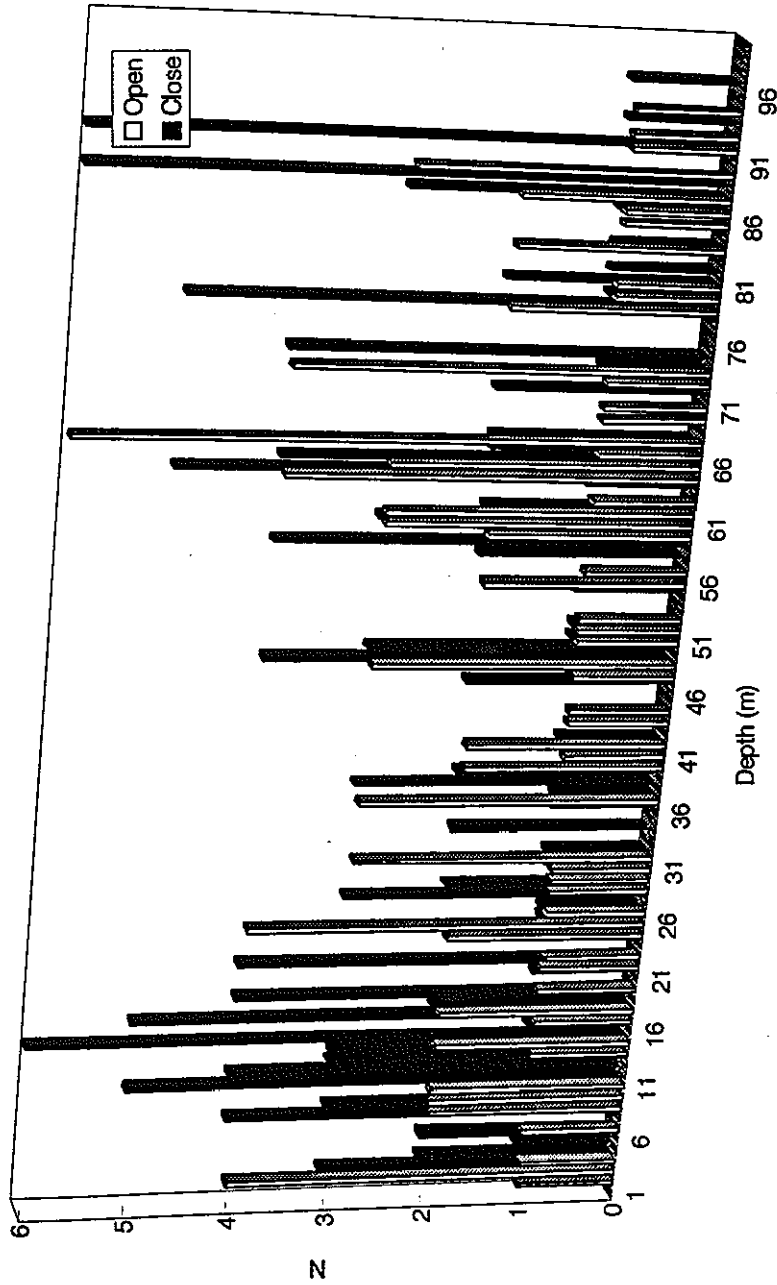


図.5 KH-19孔の開口割れ目と閉口割れ目の頻度分布

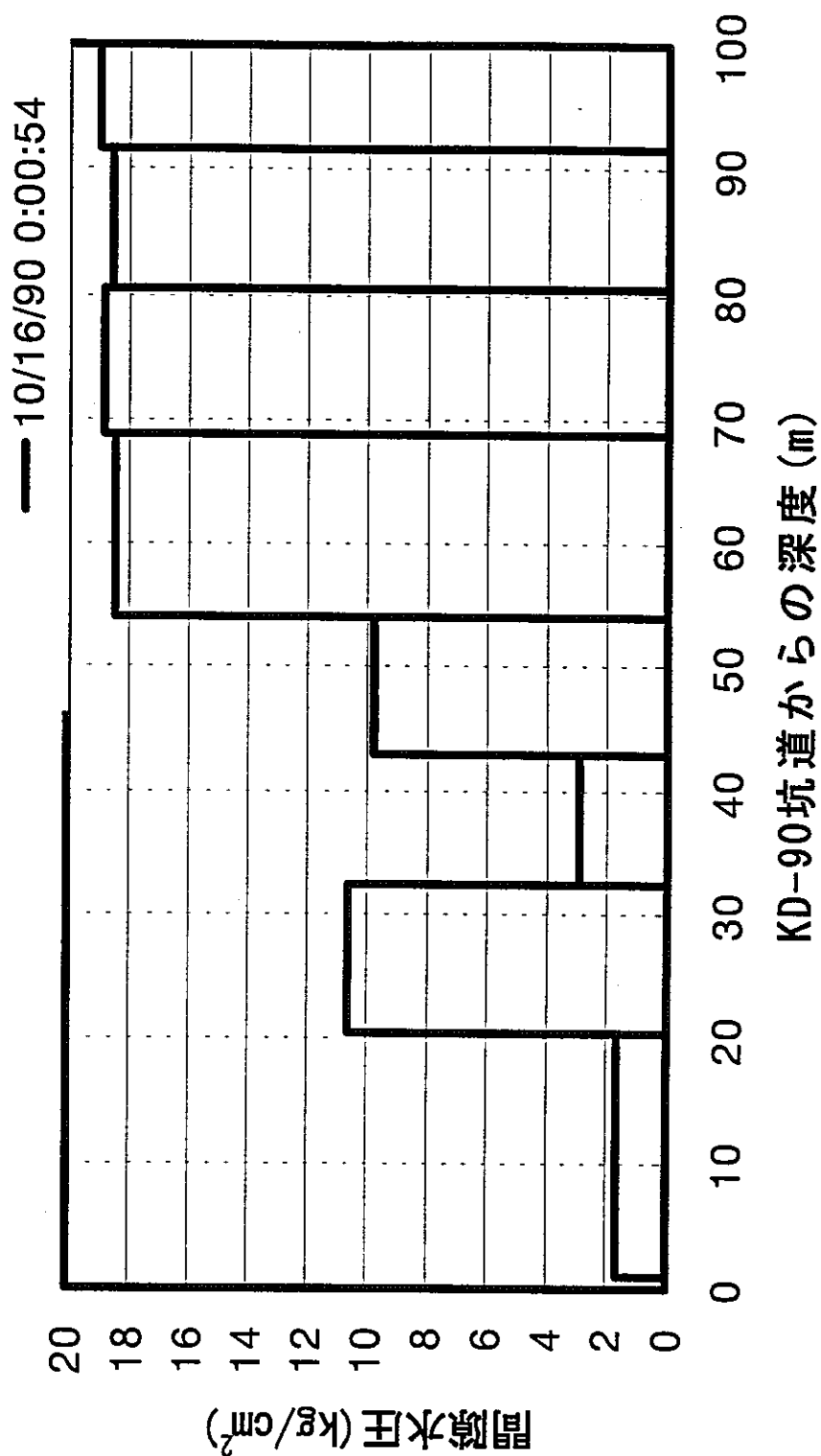


図.6 KH-19孔の間隙水圧分布

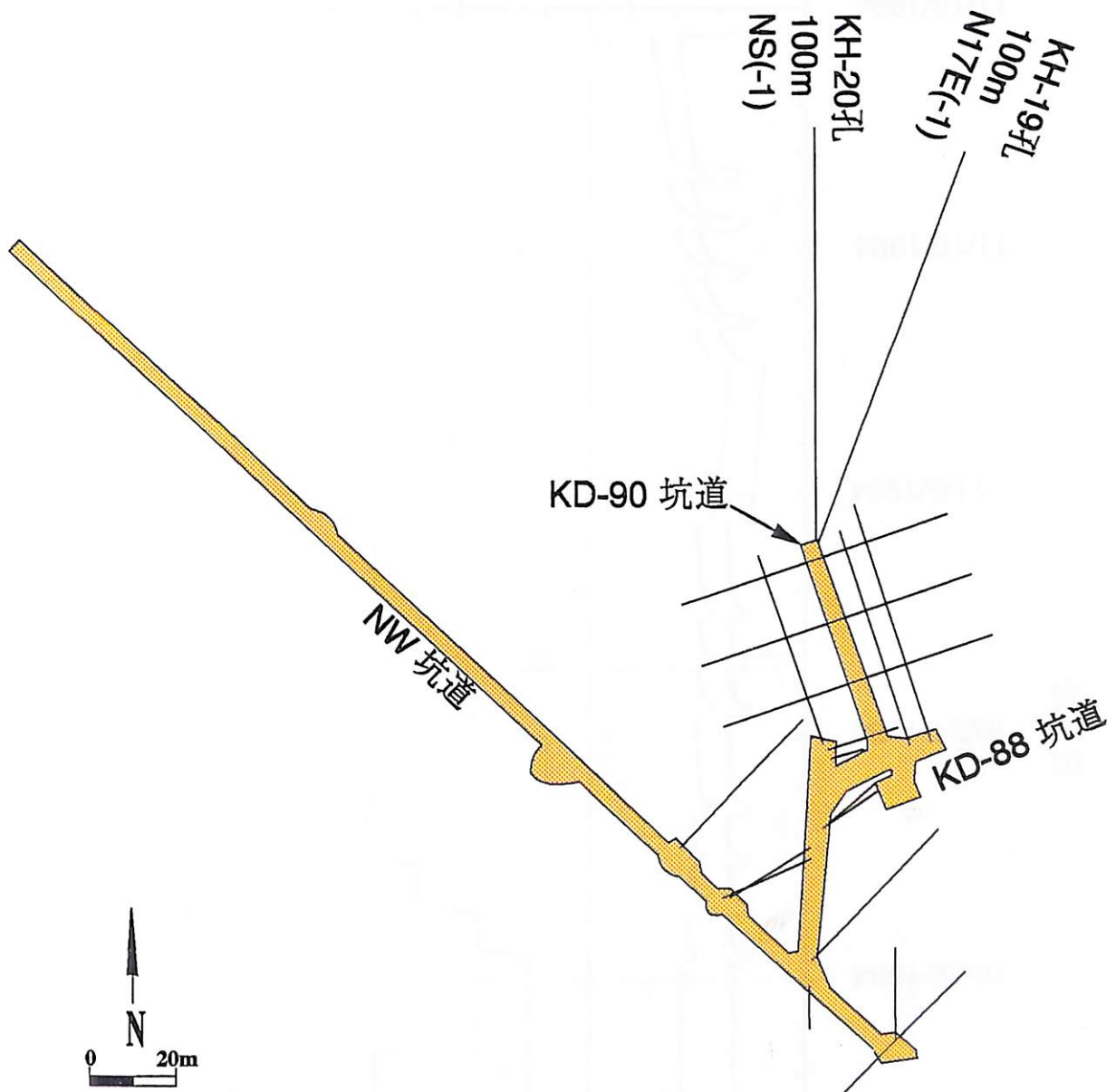


図.7 KH-19孔の位置と方向

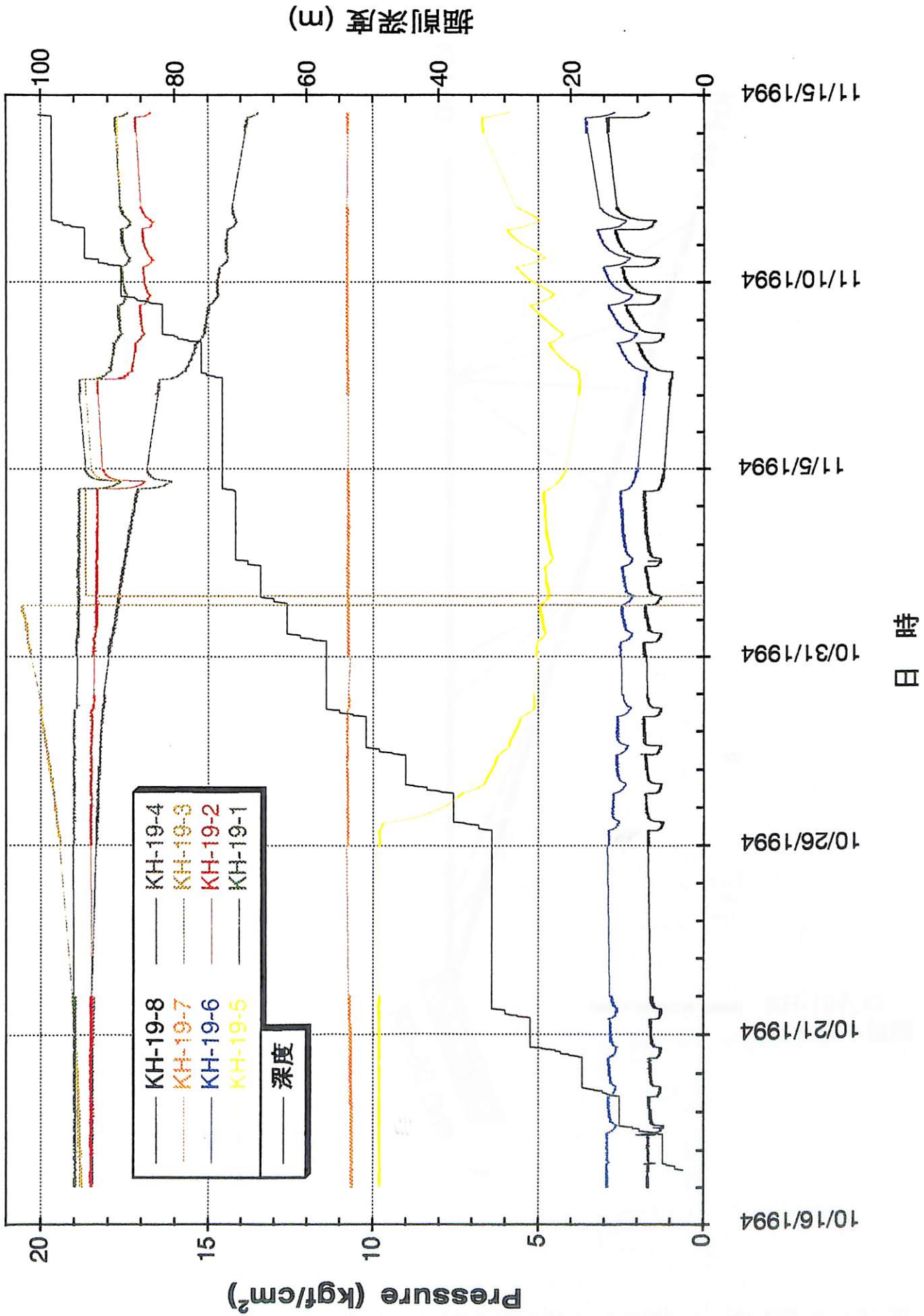


図.8 KH-20孔掘削期間中のKH-19孔の間隙水压変化とKH-20孔掘削深度

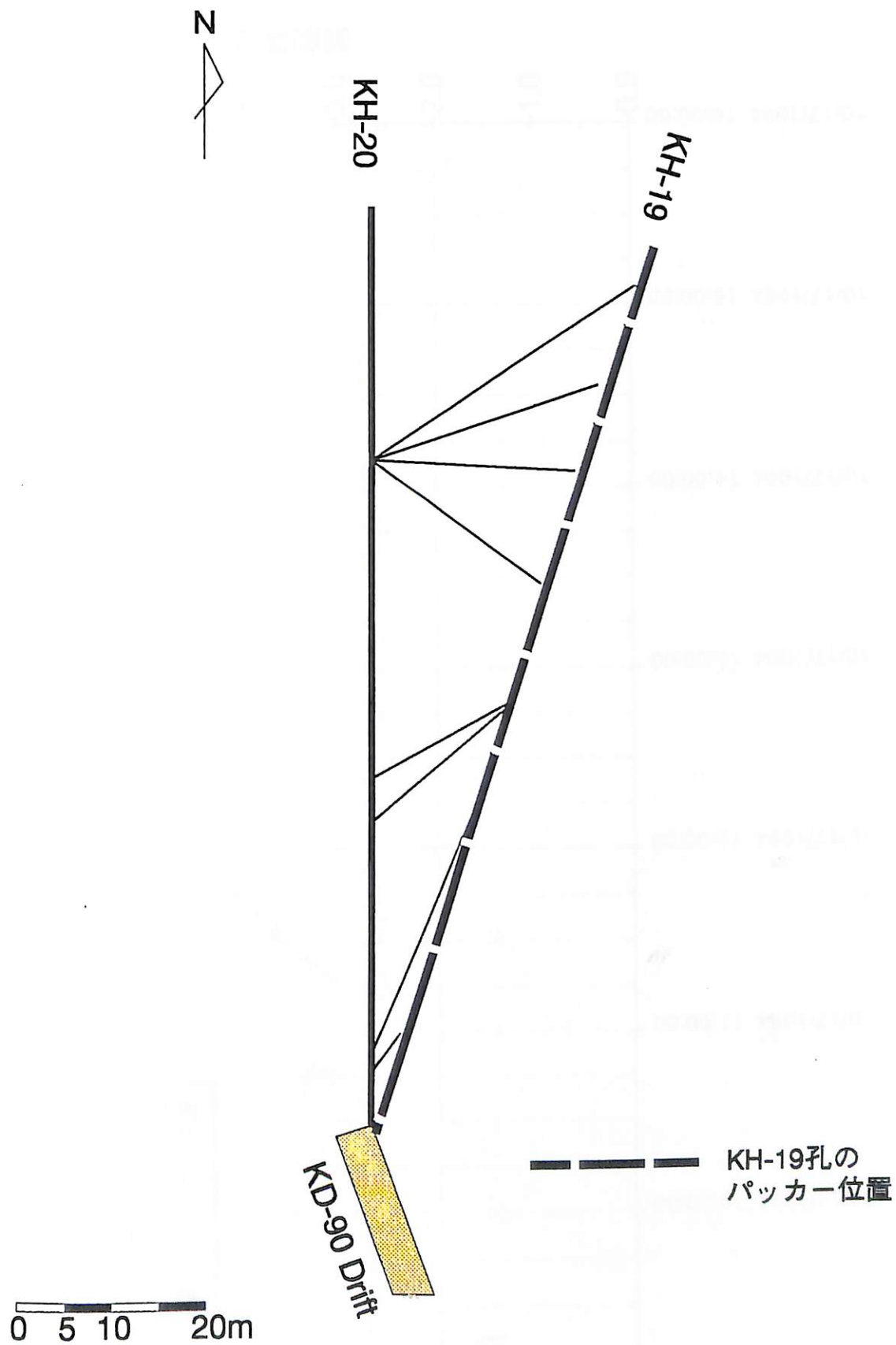
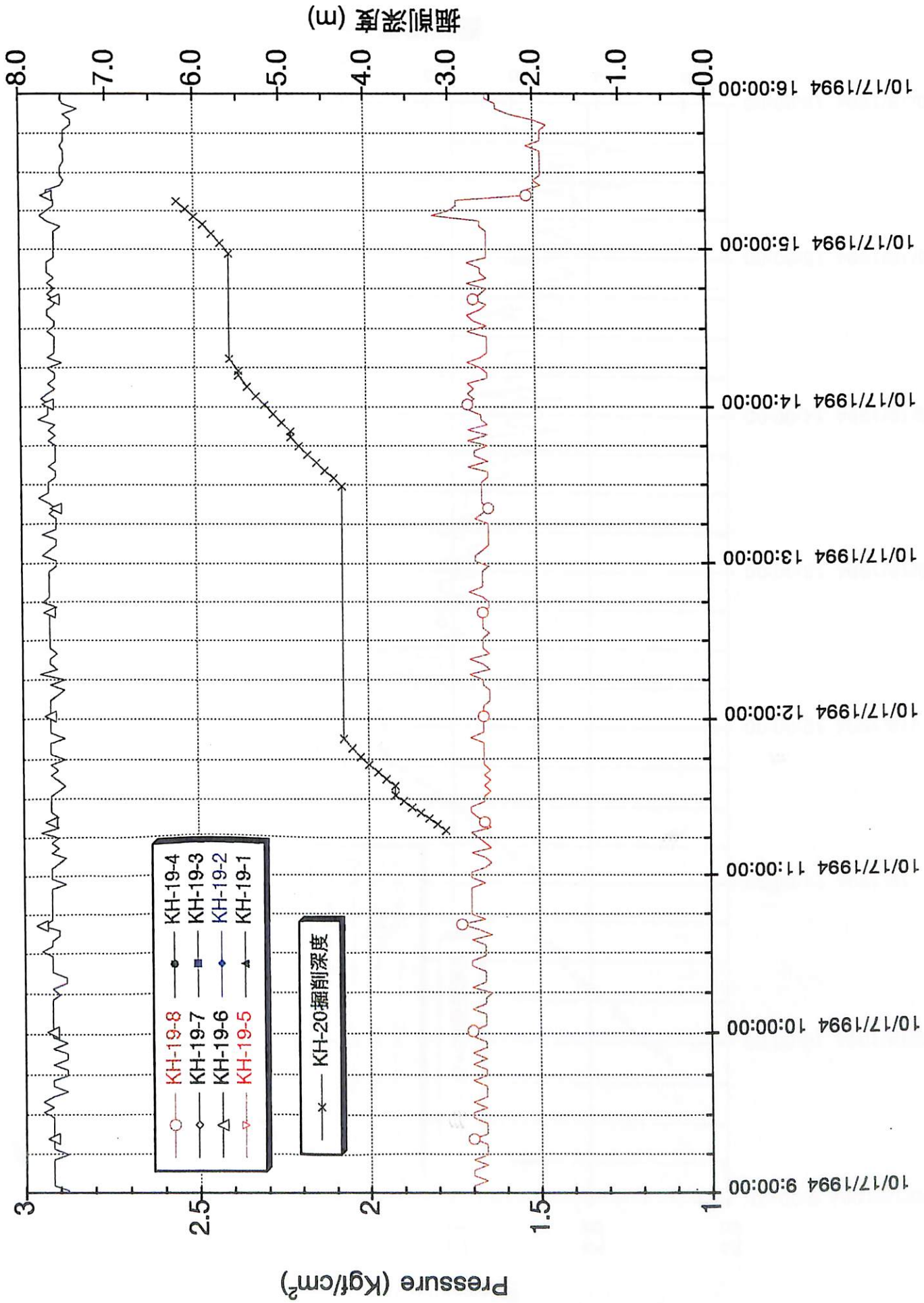


図.9 KH-20孔掘削時のKH-19孔への圧力応答



日時

図.10 掘削深度6m付近のKH-19孔区間8と区間6の間隙水圧

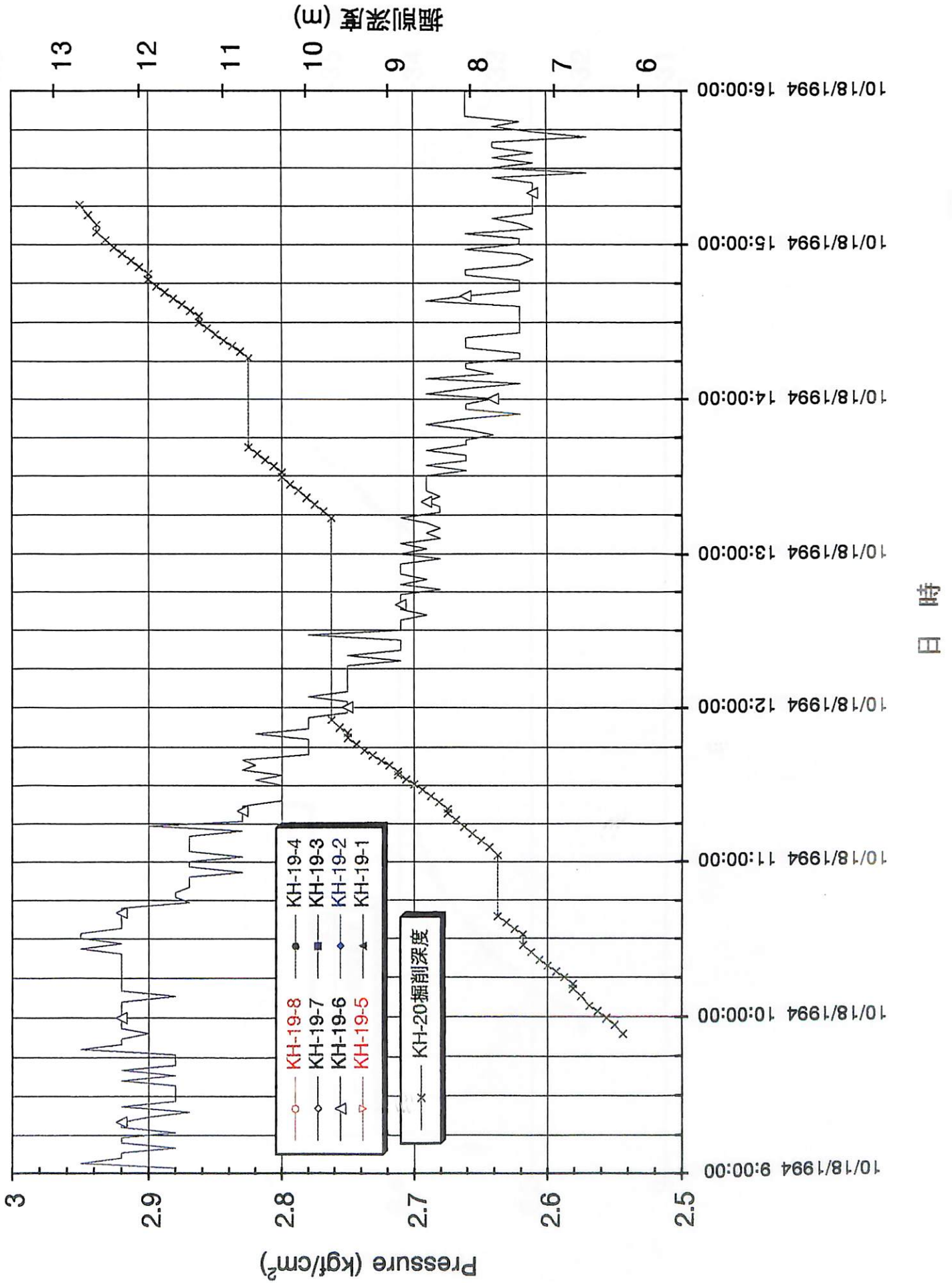


図.11 掘削深度7.7m付近のKH-19孔区間6の間隙水圧

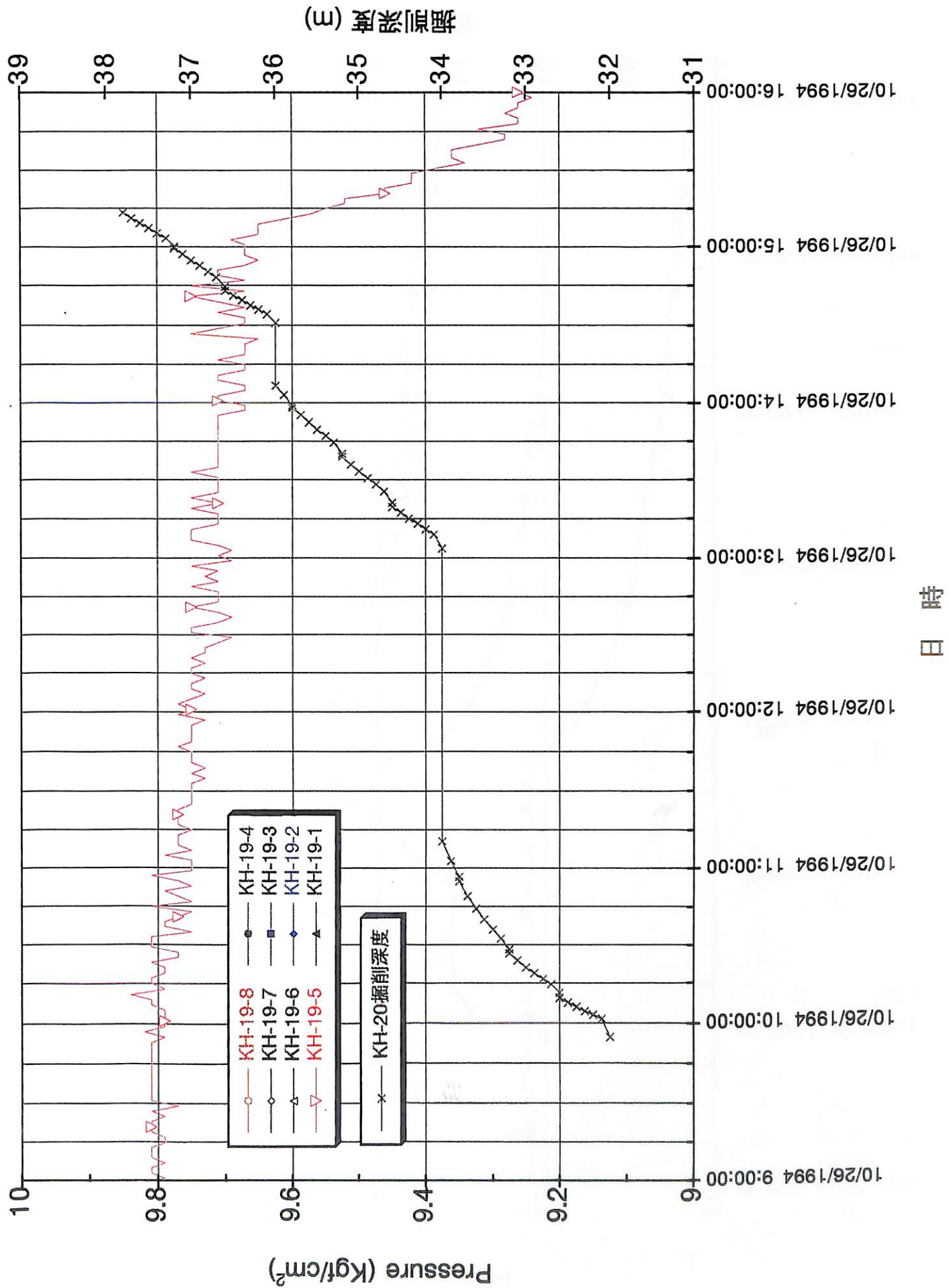


図.12 掘削深度33m付近のKH-19孔区間5の間隙水圧



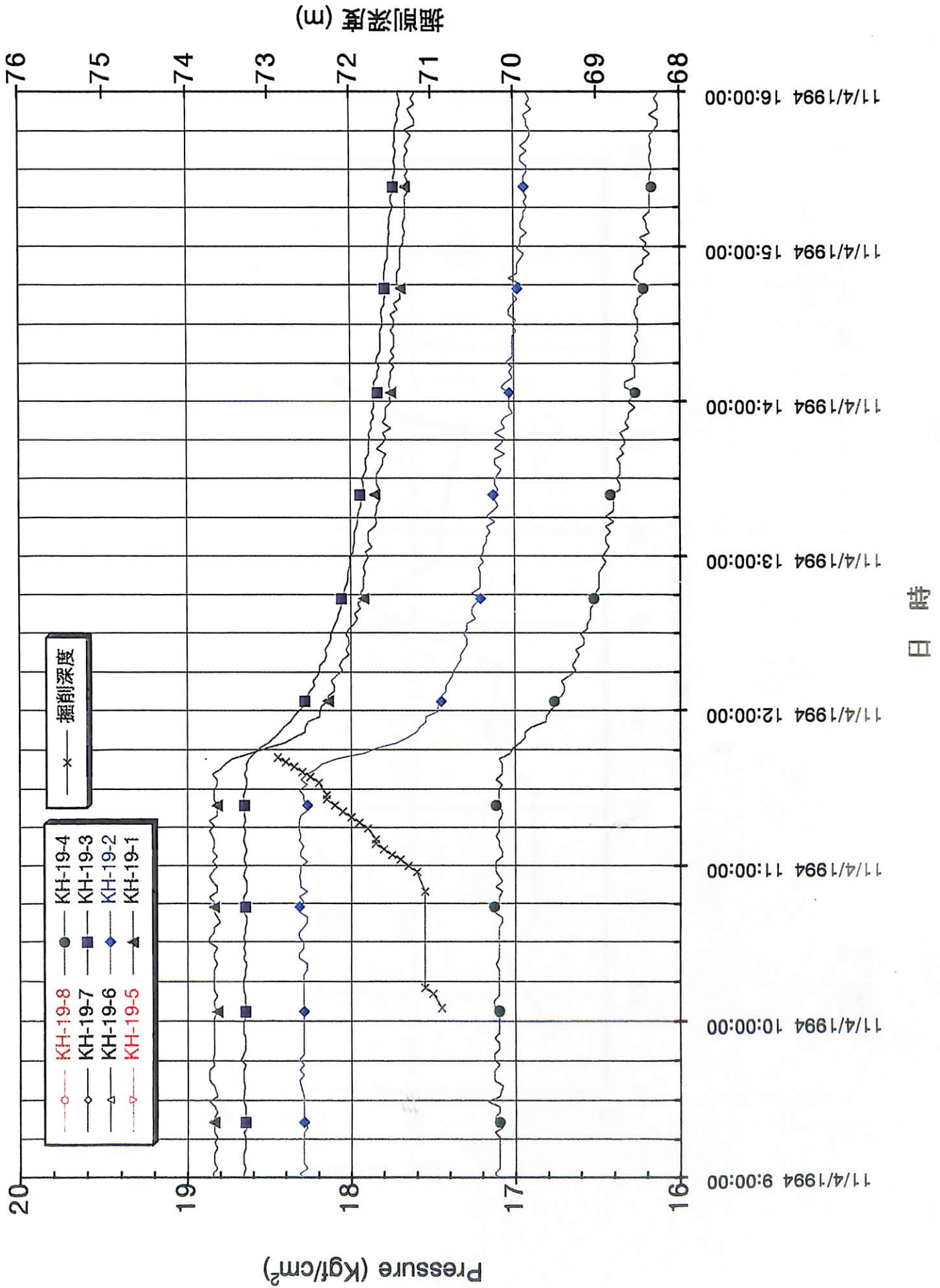


図.13 掘削深度72m付近のKH-19孔区間1~4の間隙水圧

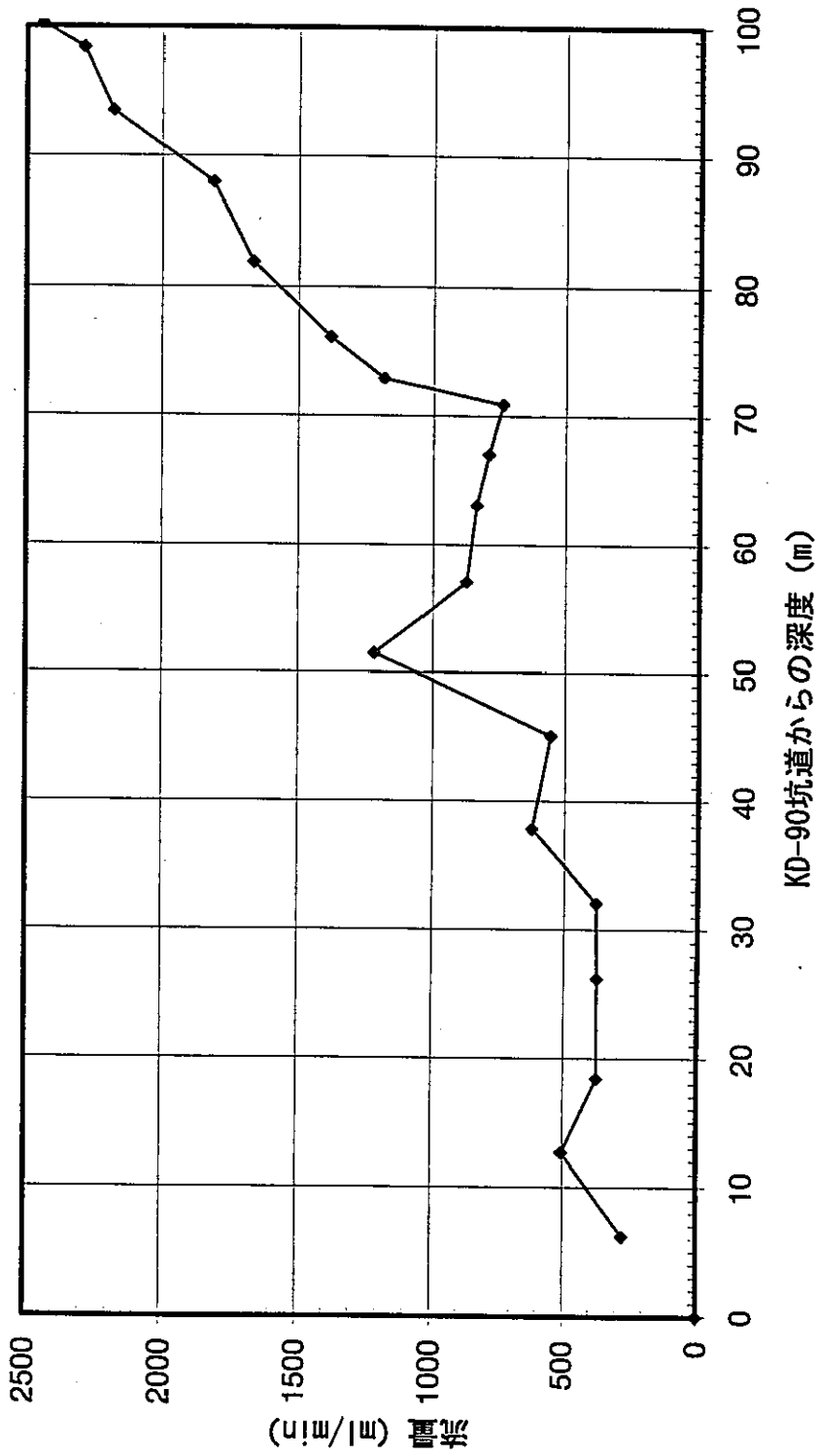


図. 14 KH-20孔掘削時の孔口からの湧水量変化

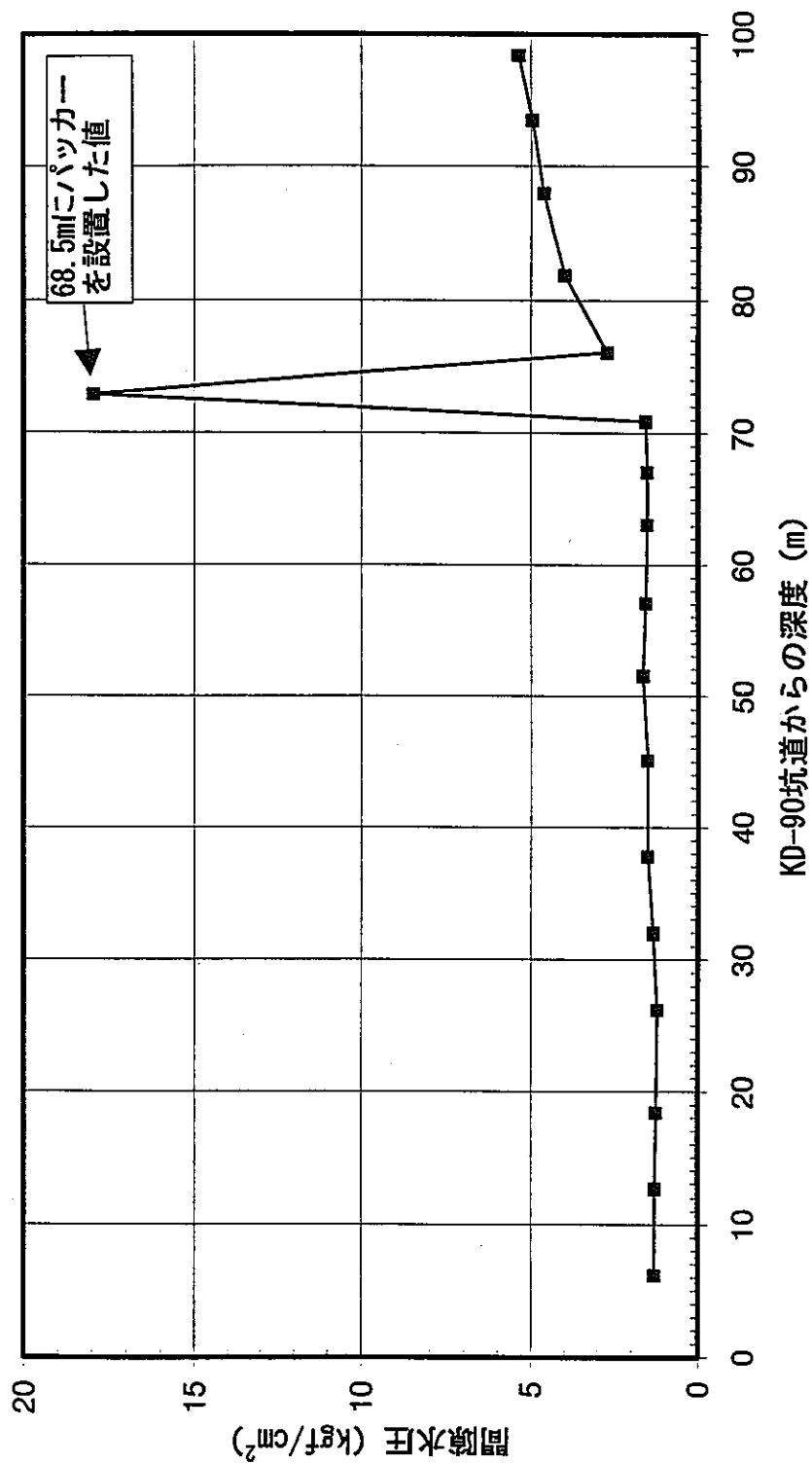
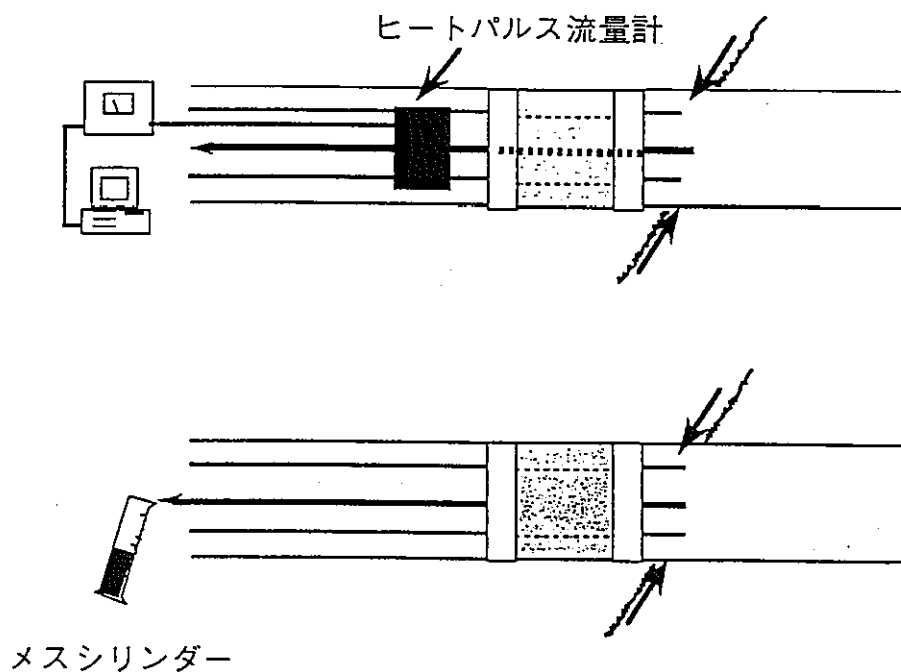


図. 15 KH-20孔掘削時の孔口での間隙水圧変化

1. シングルパッカー法 (KH-20孔) → 累積流量



2. ダブルパッカー法 (KH-19孔) → 区間流量

フロート式流量計

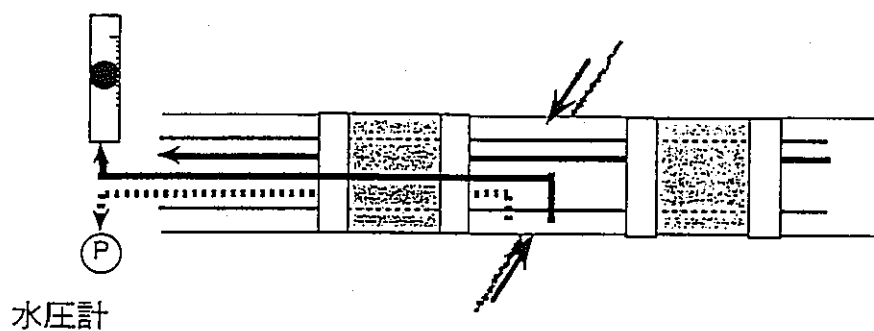


図.16 流量検層概念図

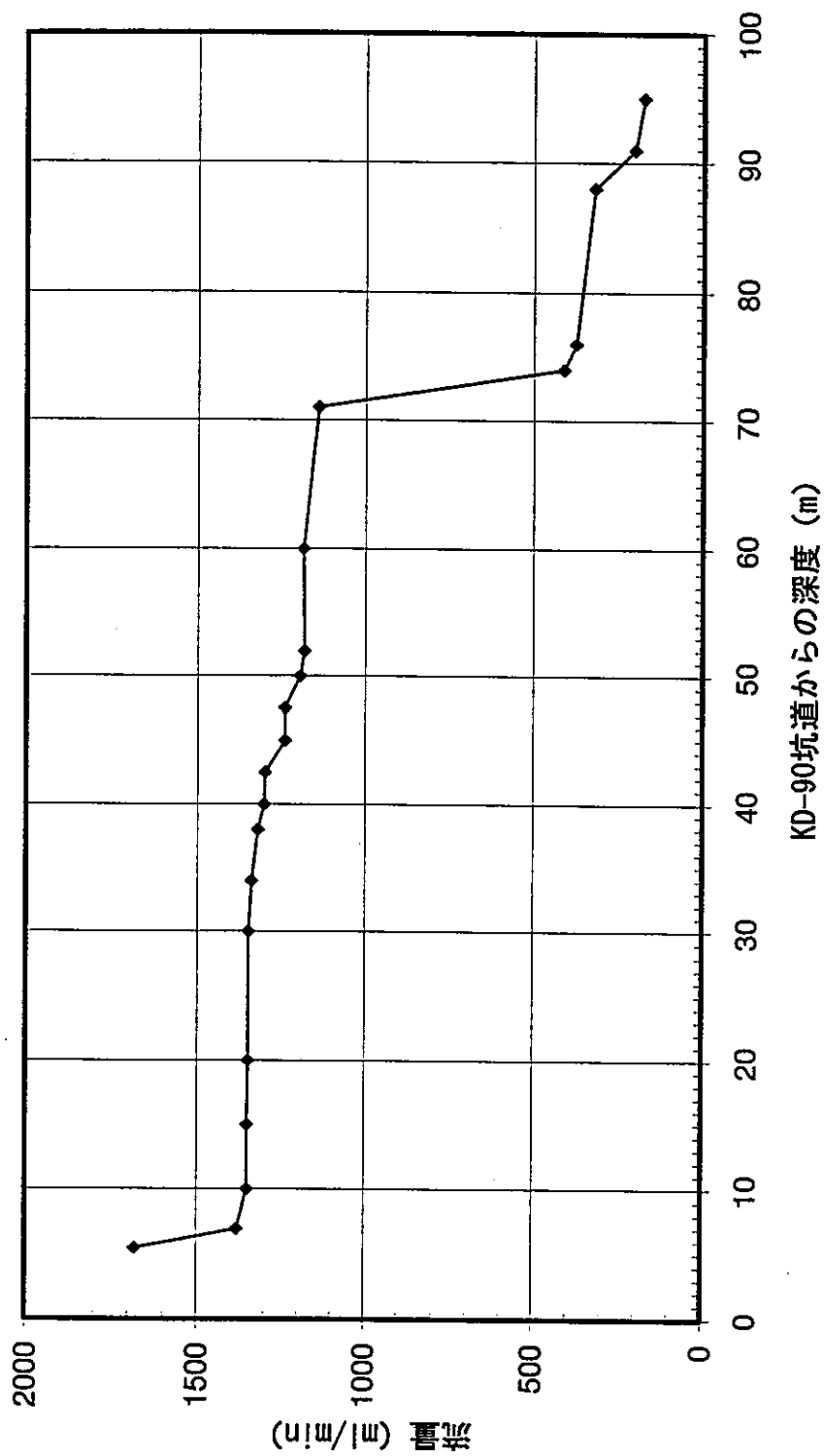


図. 17 KH-20の流量検層結果

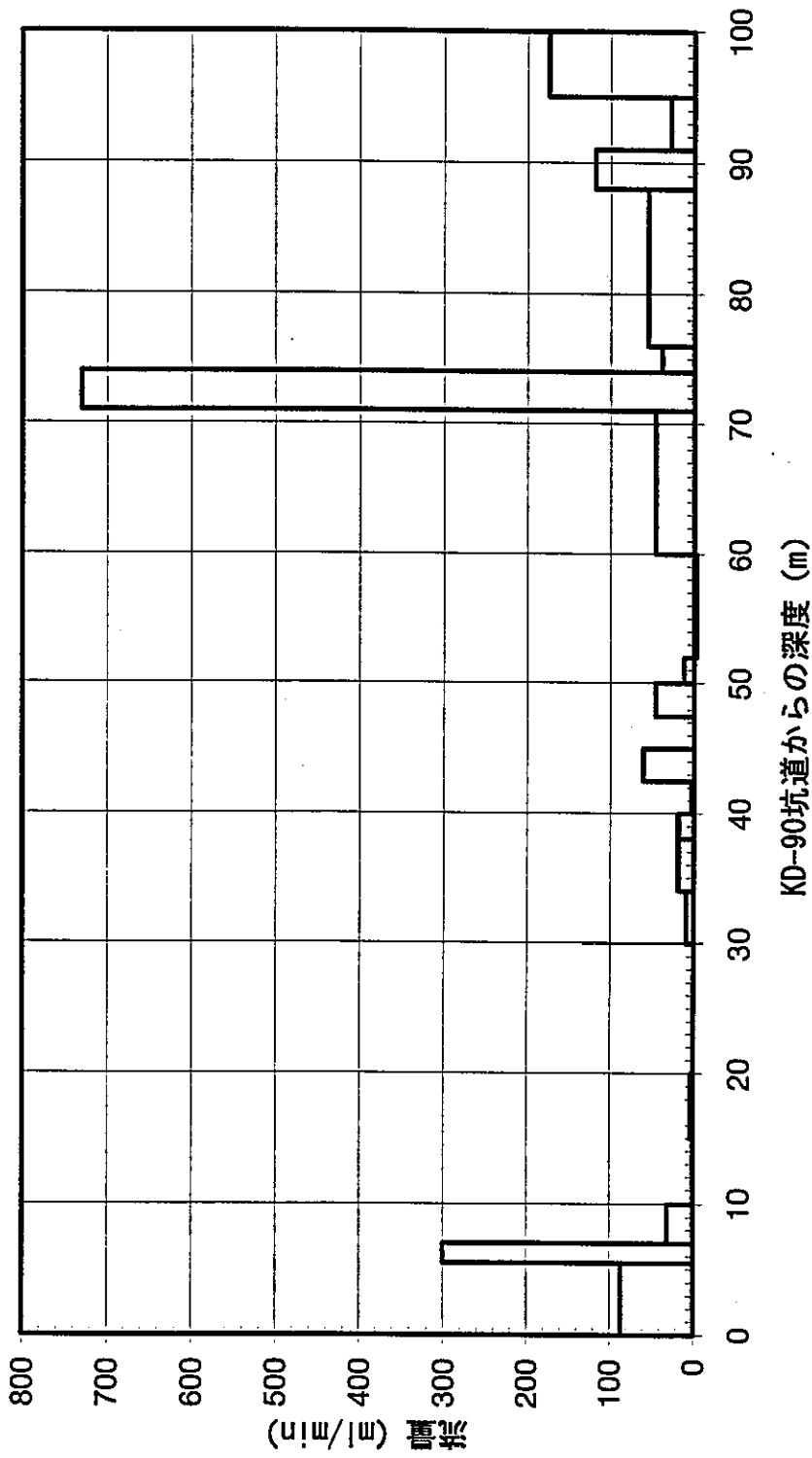


図. 18 KH-20の流果検層結果（区間毎の湧水量）

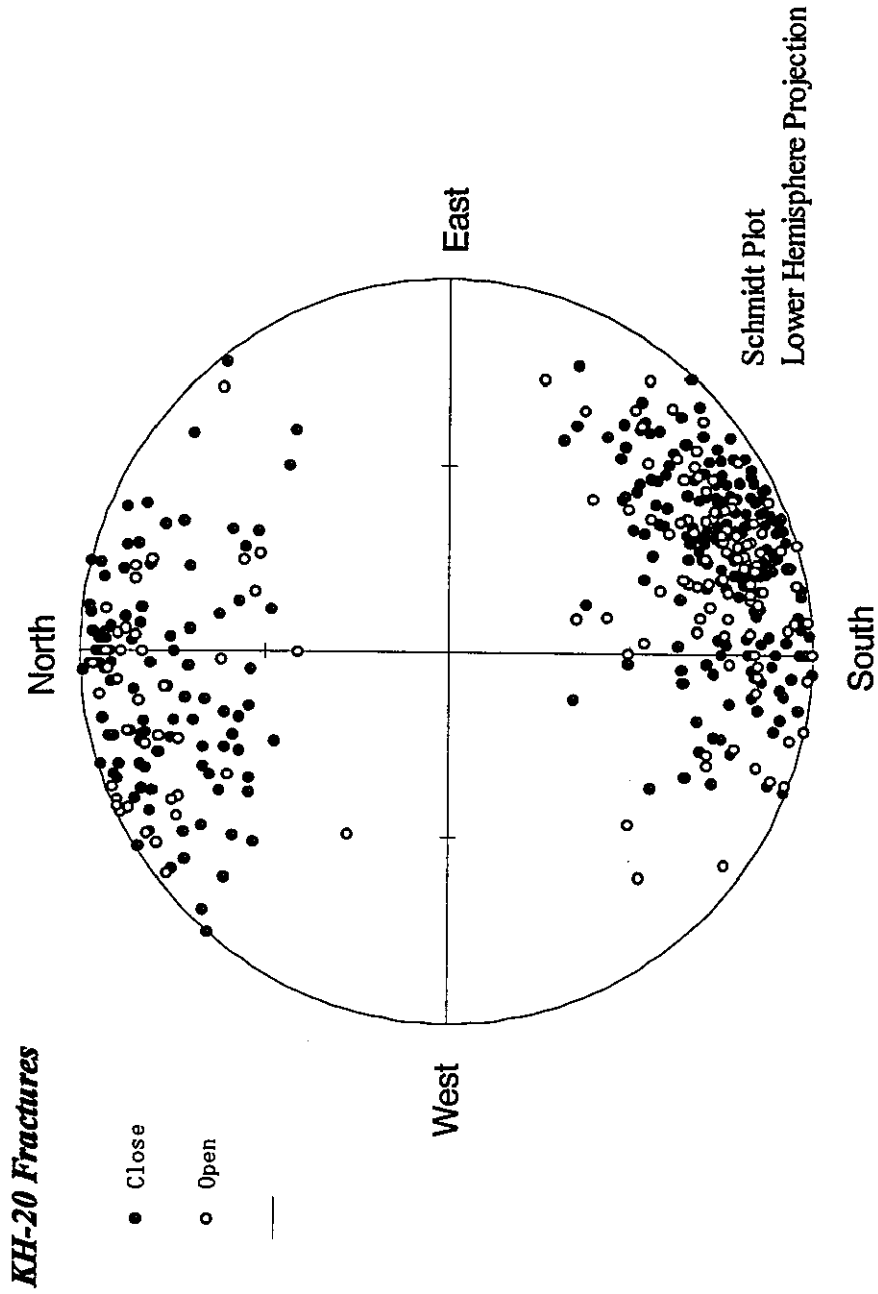


図. 19 KH-20孔の開方割れ目と閉方割れ目の方向分布

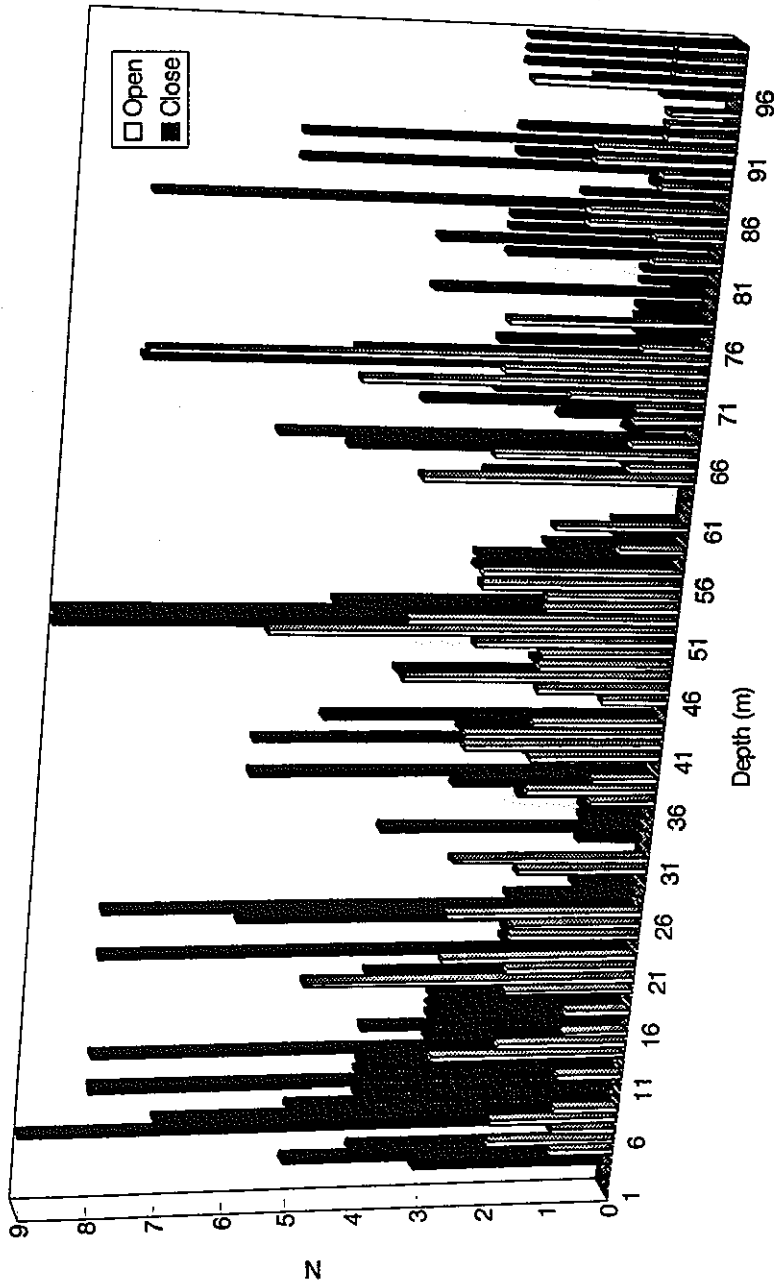


図. 20 KH-20孔の開方割れ目と閉方割れ目の方向分布



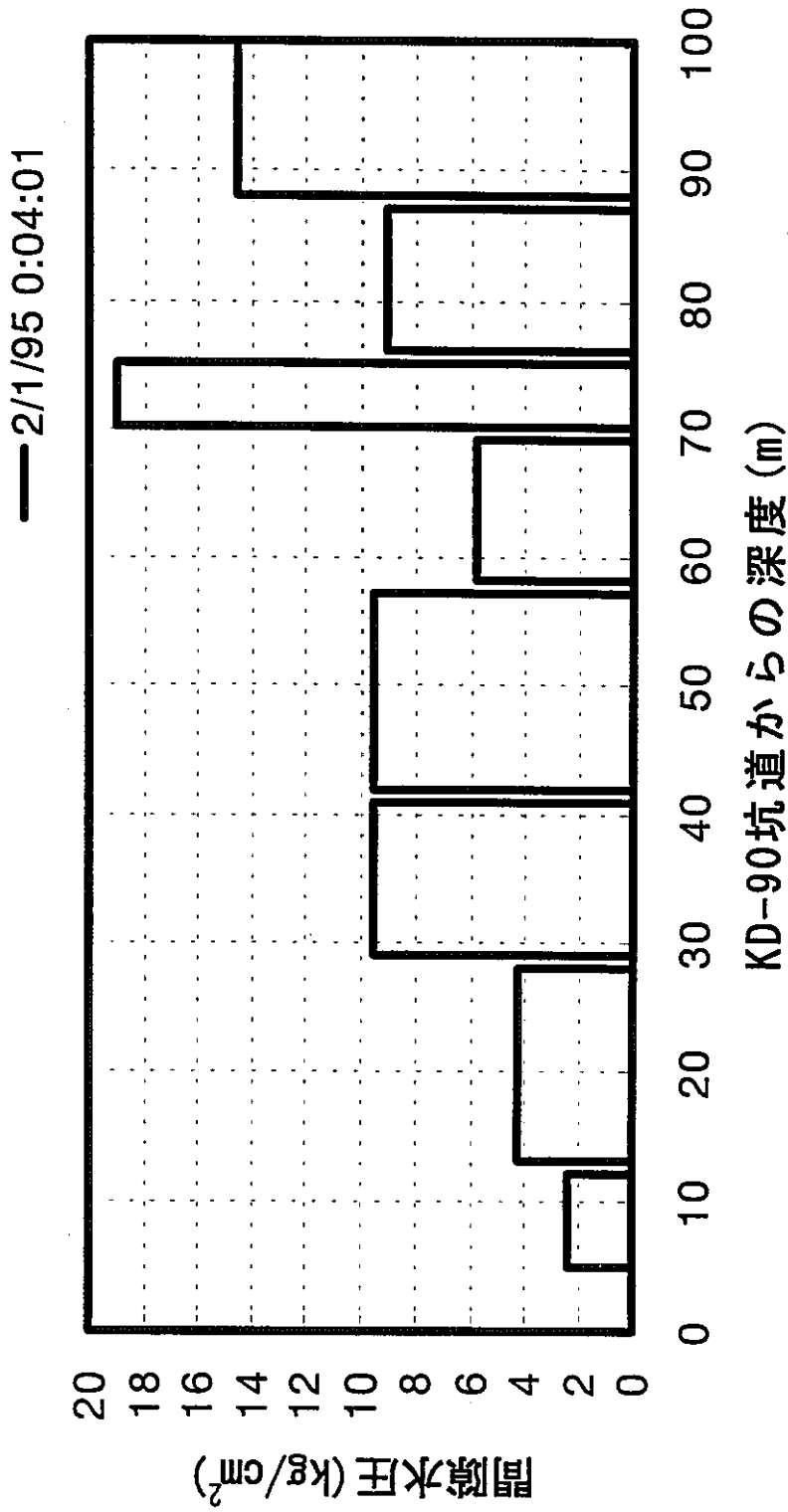


図. 21 KH-20孔の間隙水圧分布

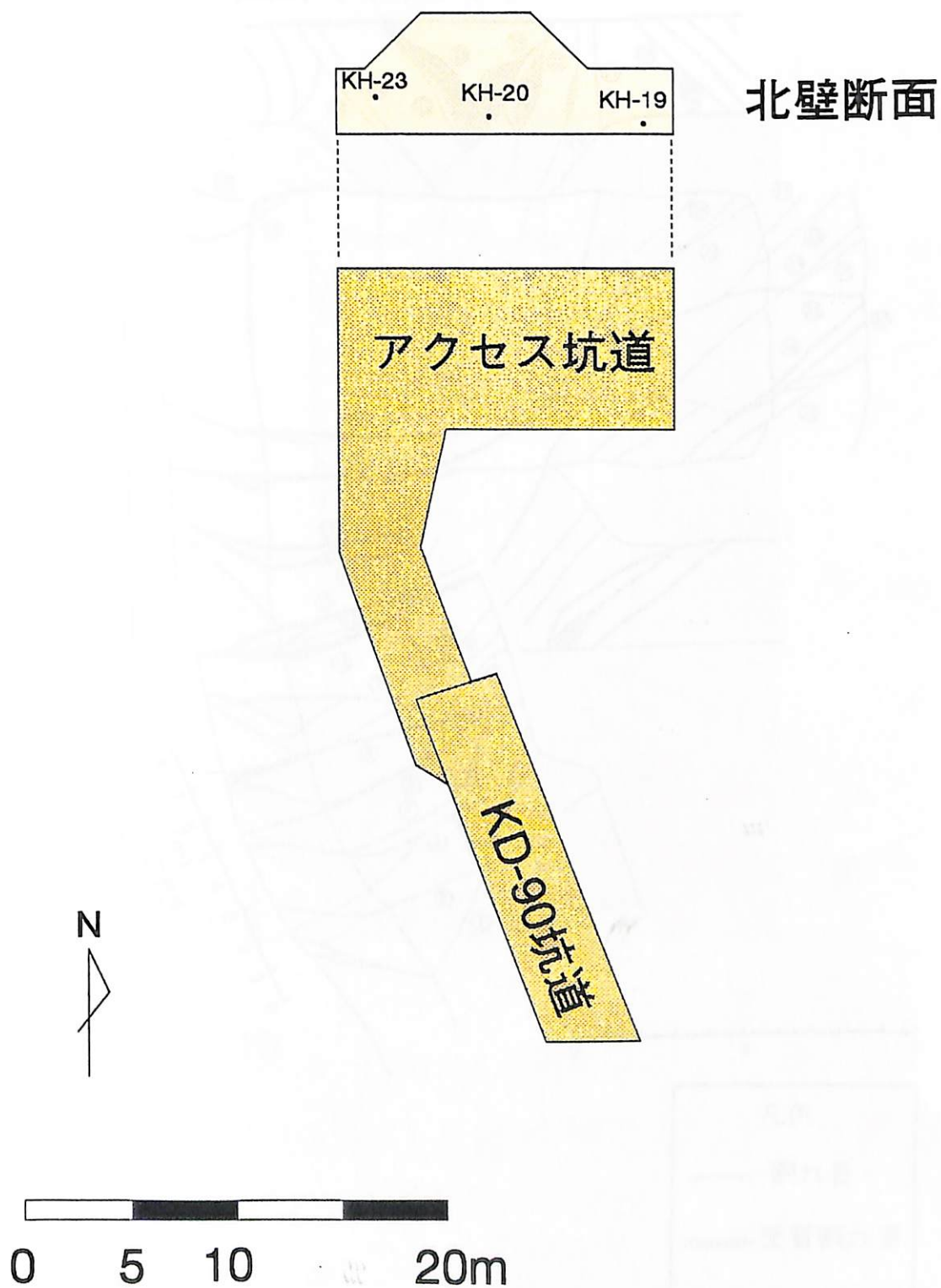


図.22 アクセス坑道レイアウト

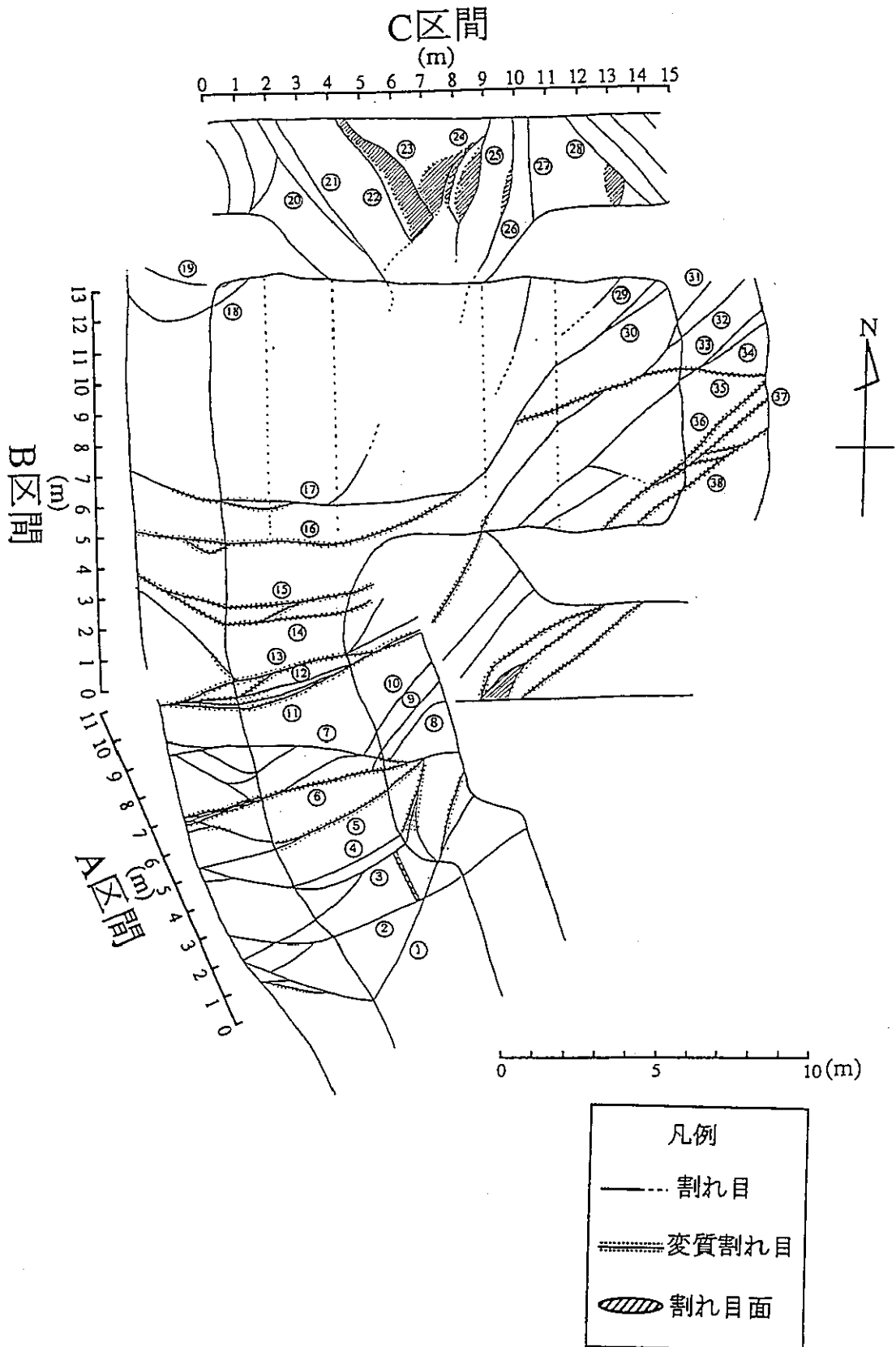


図.23 アクセス坑道割れ目スケッチ図

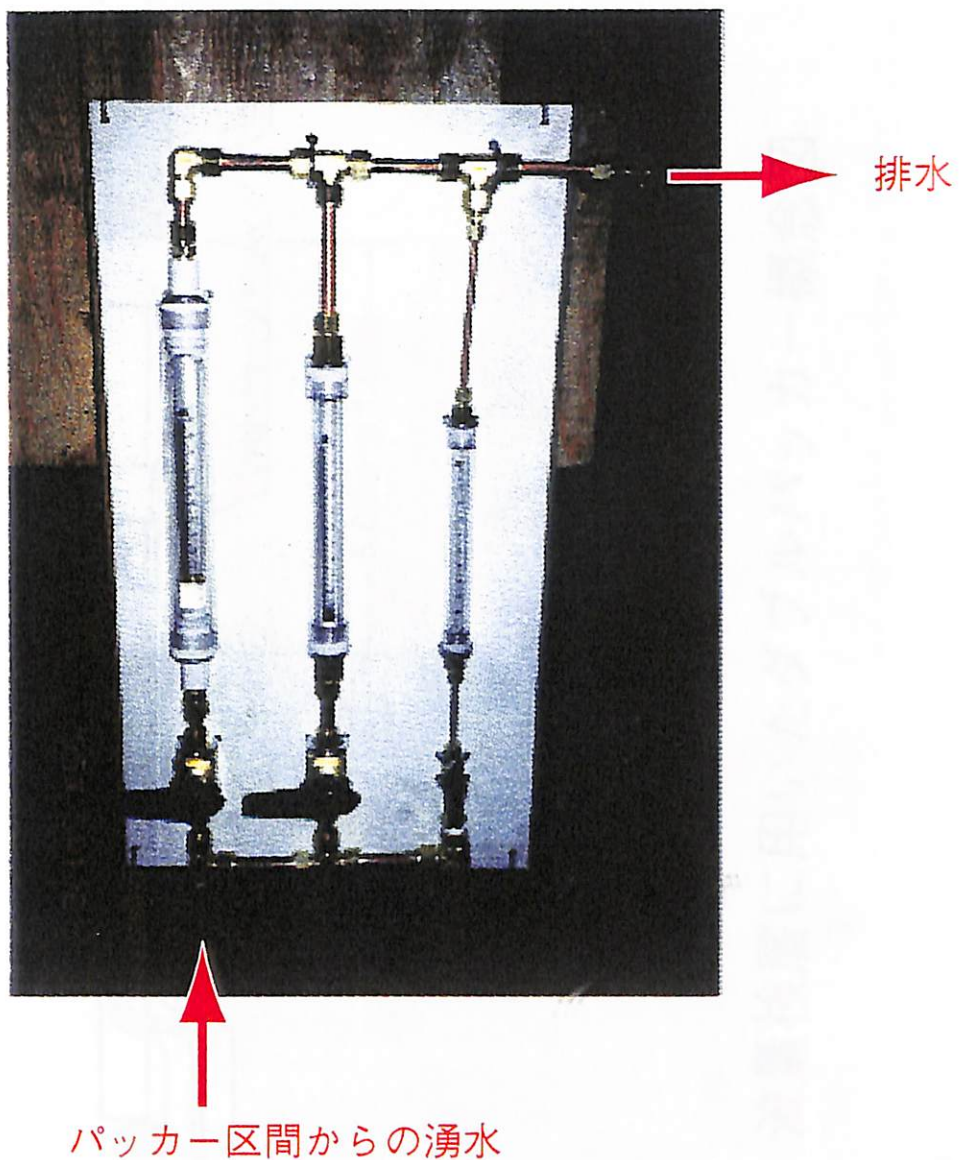


図.24 KH-19孔の流量検層に使用した流量計  
(RoterMeter)

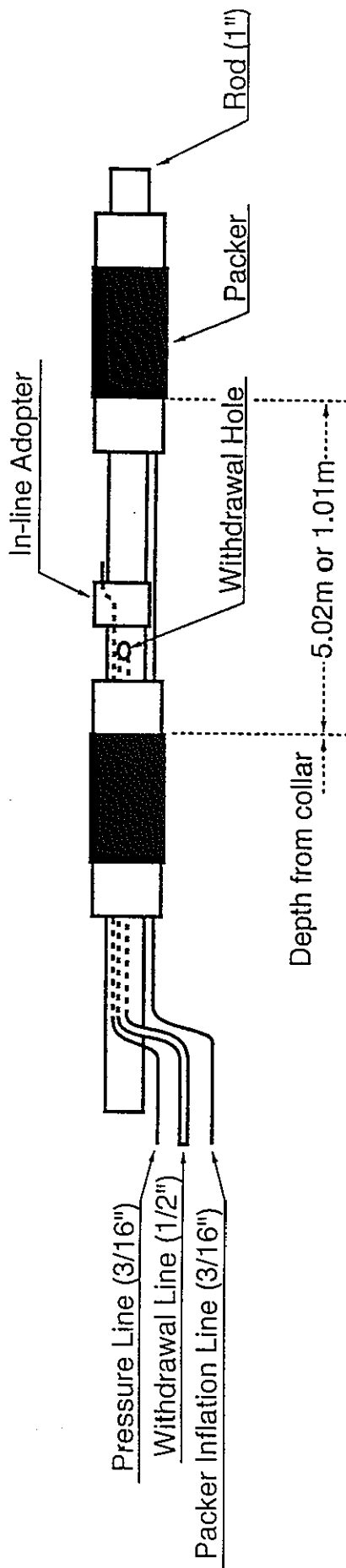


図.25 流量検層に用いたダブルパッカー概念図

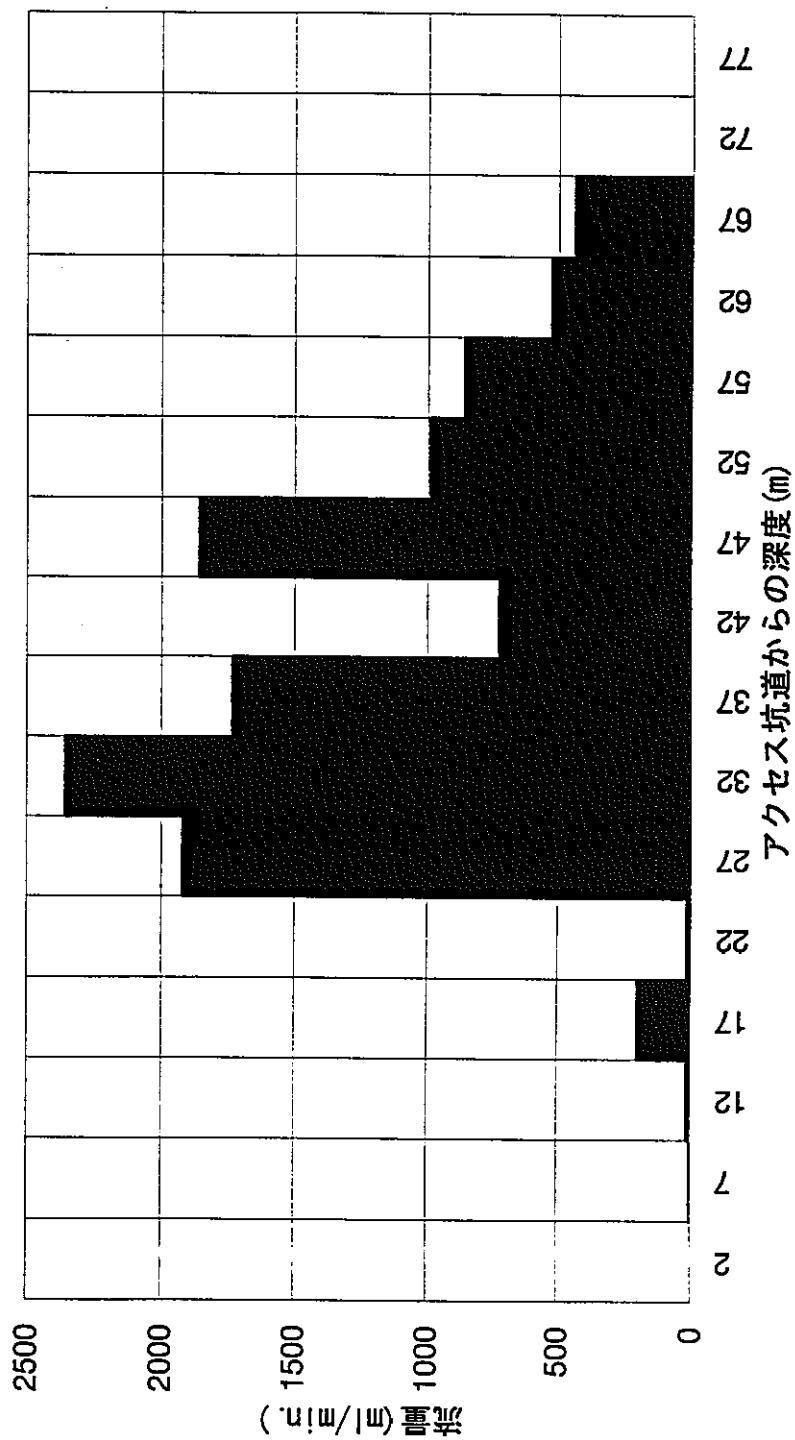


図. 26 KH-19 流量検層結果 (5m区間)

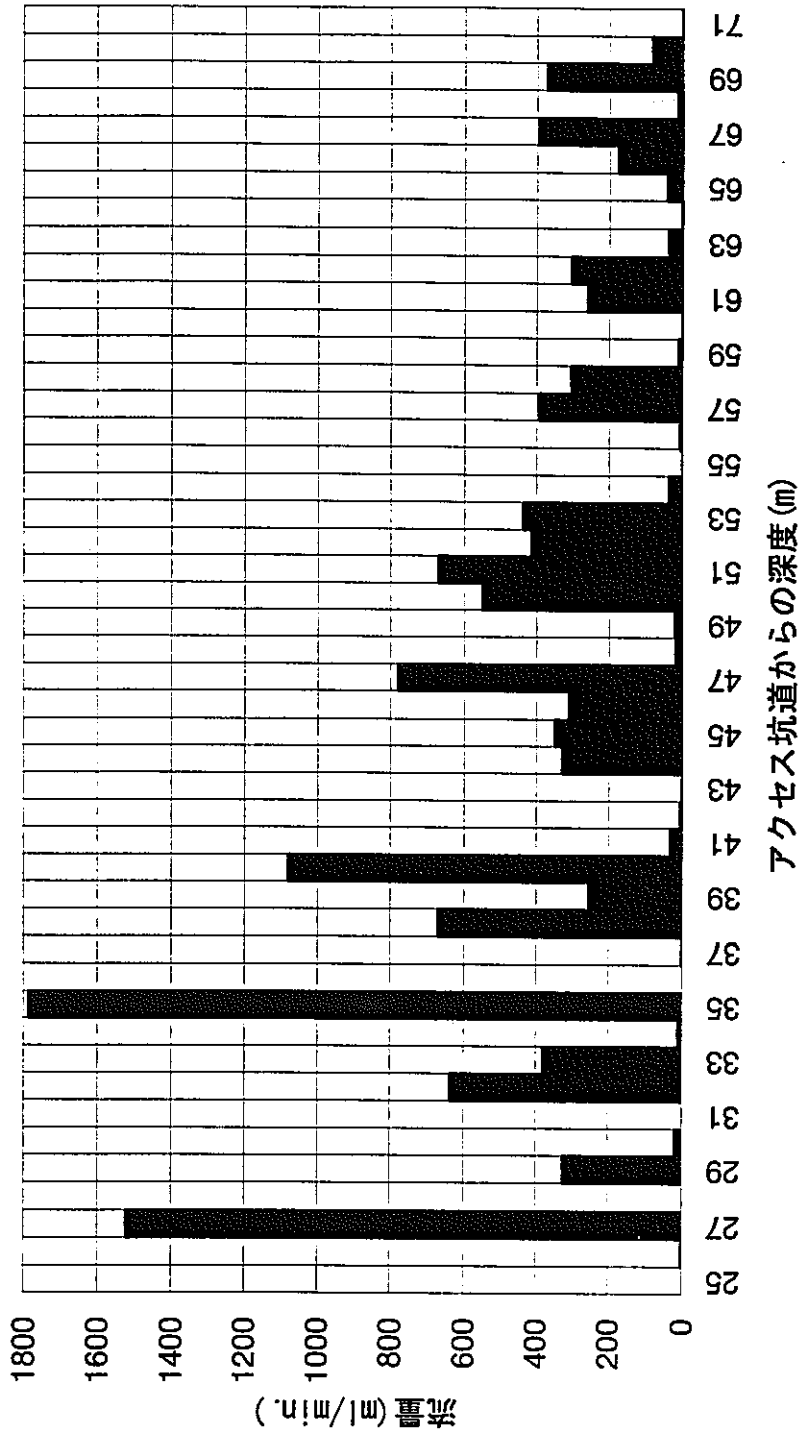


図. 27 KH-19流果検層結果 (1m区間)

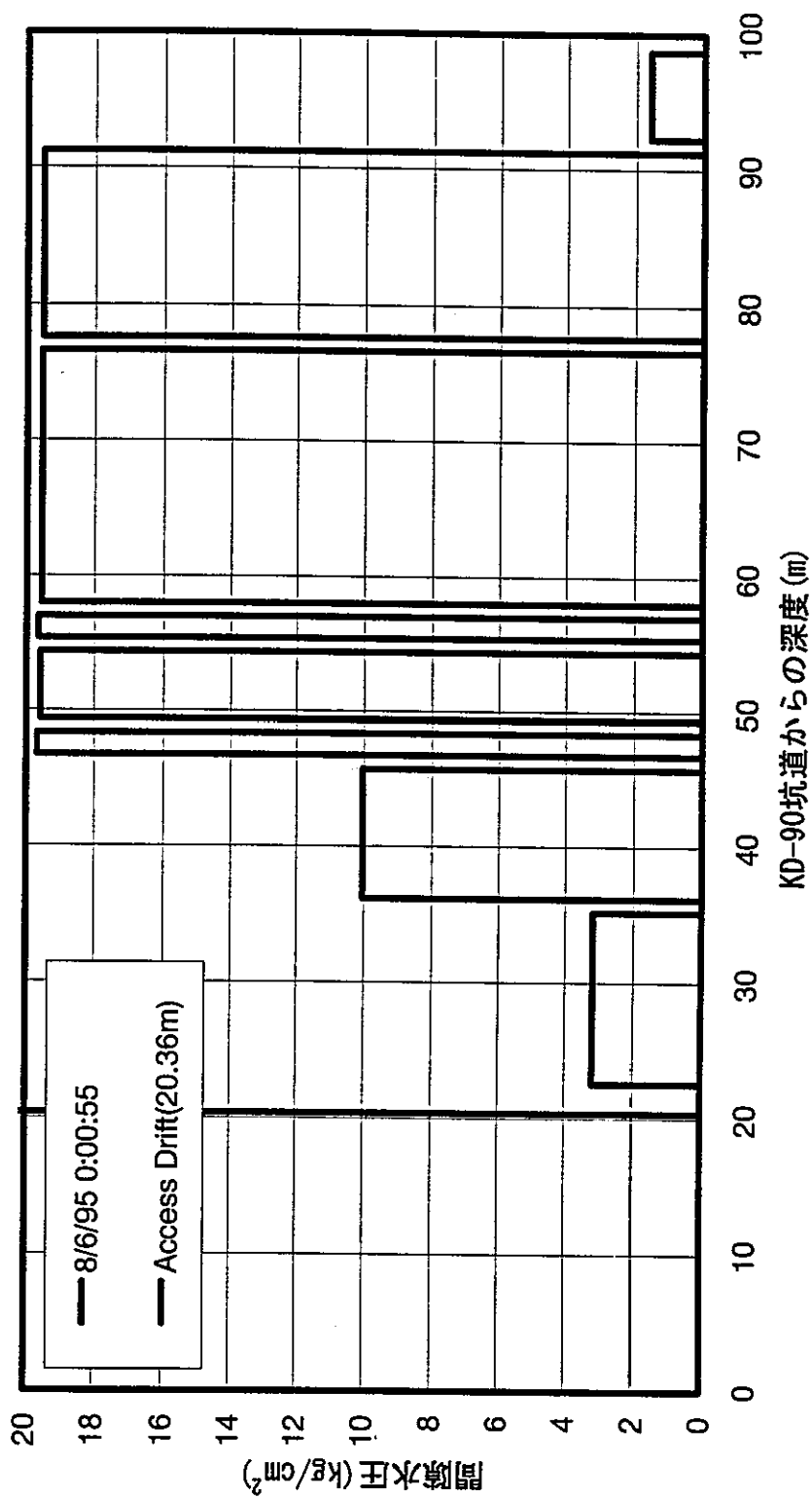


図. 28 KH-19孔の間隙水圧分布



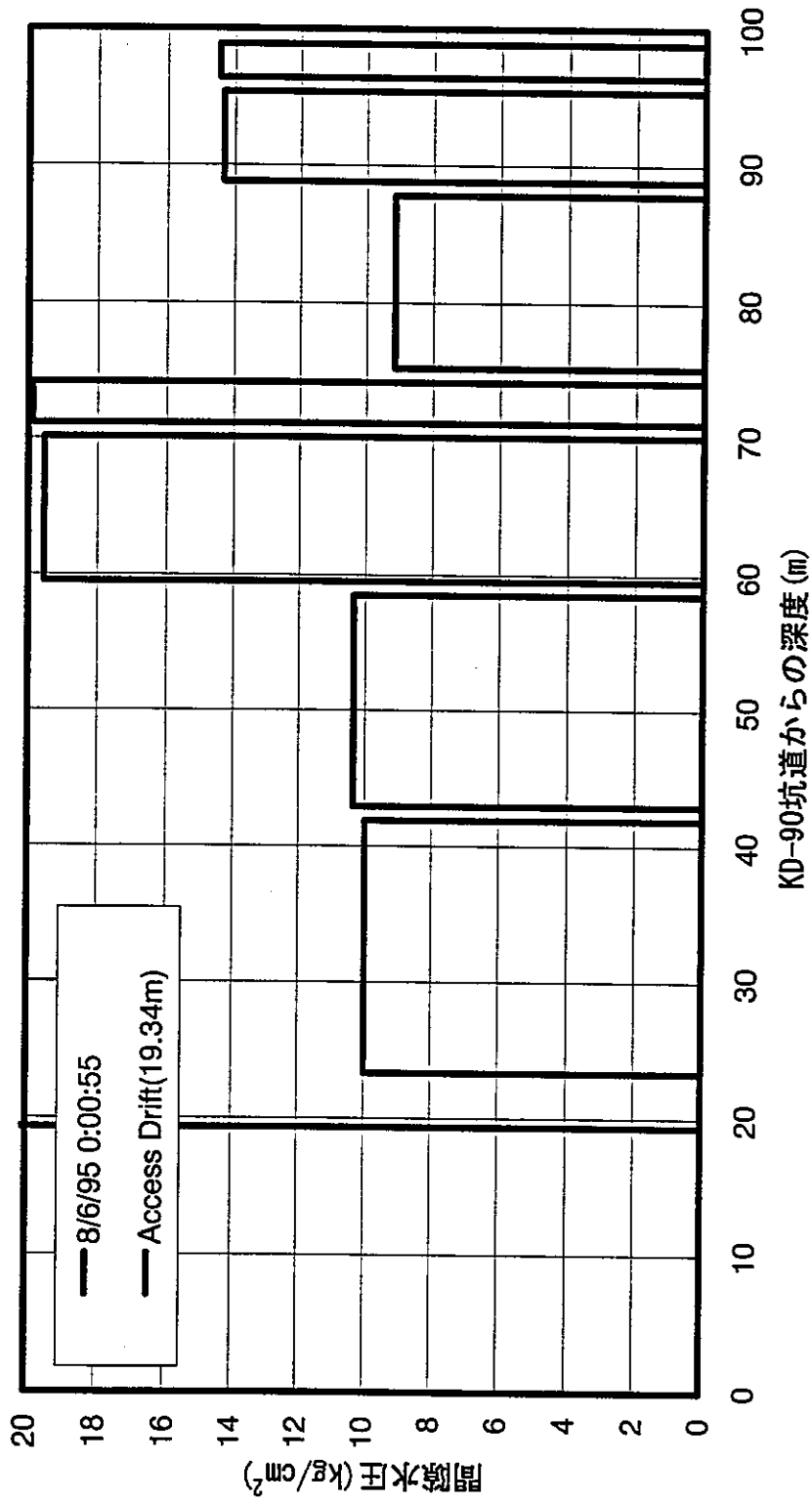


図. 29 KH-20孔の間隙水圧分布

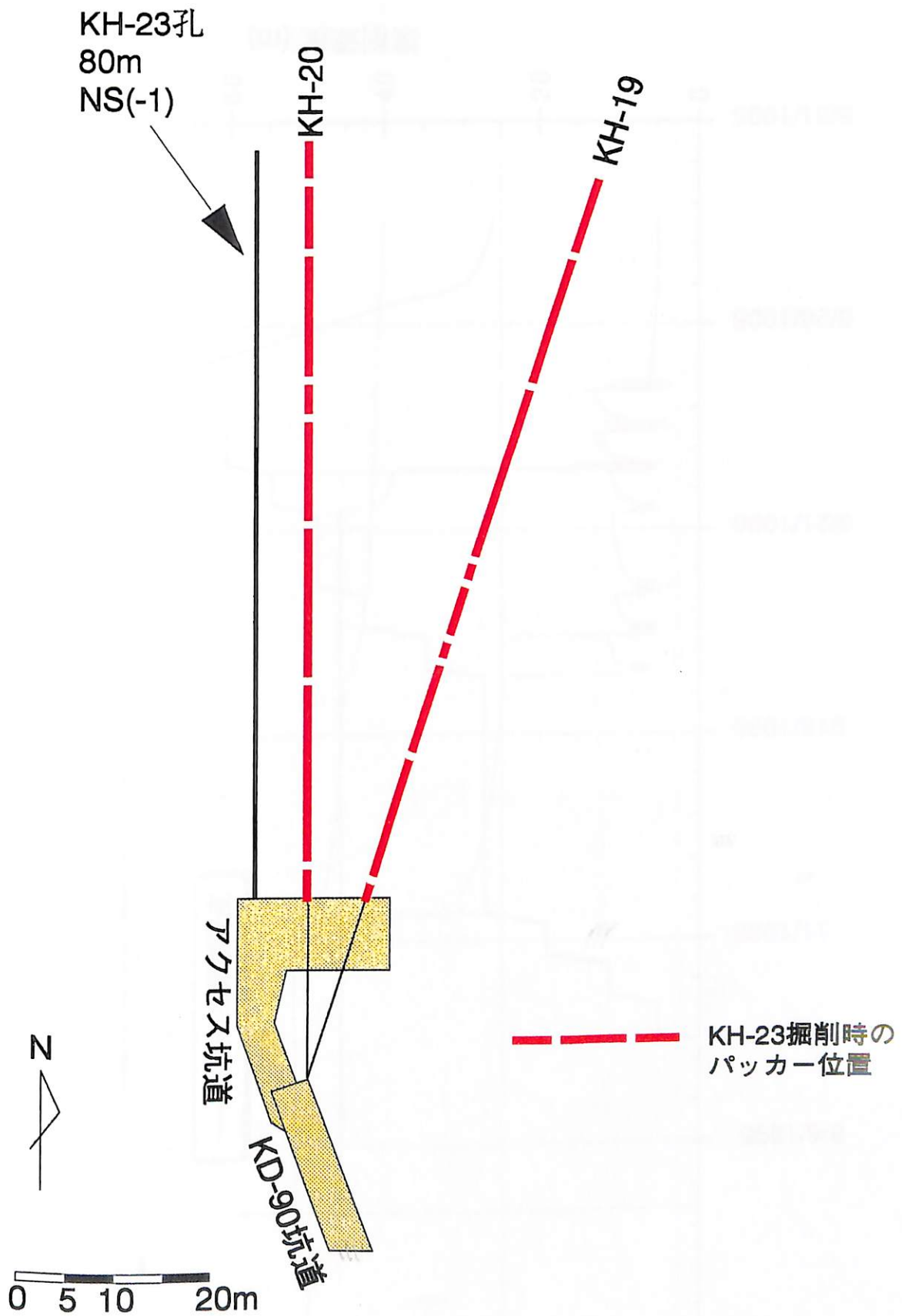


図.30 KH-23孔の位置と方向

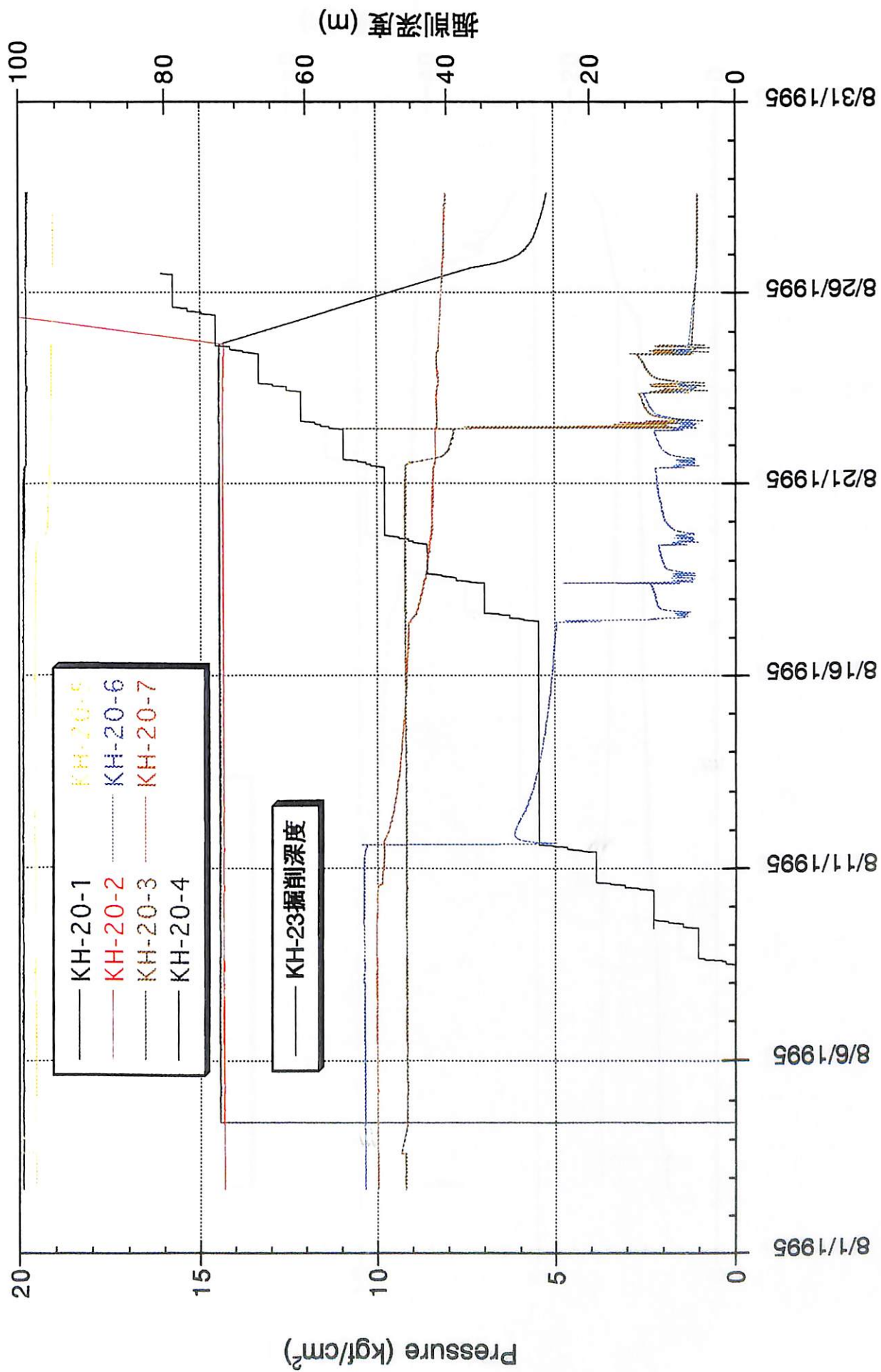


図.31 KH-23 孔掘削時の KH-20 孔への圧力応答

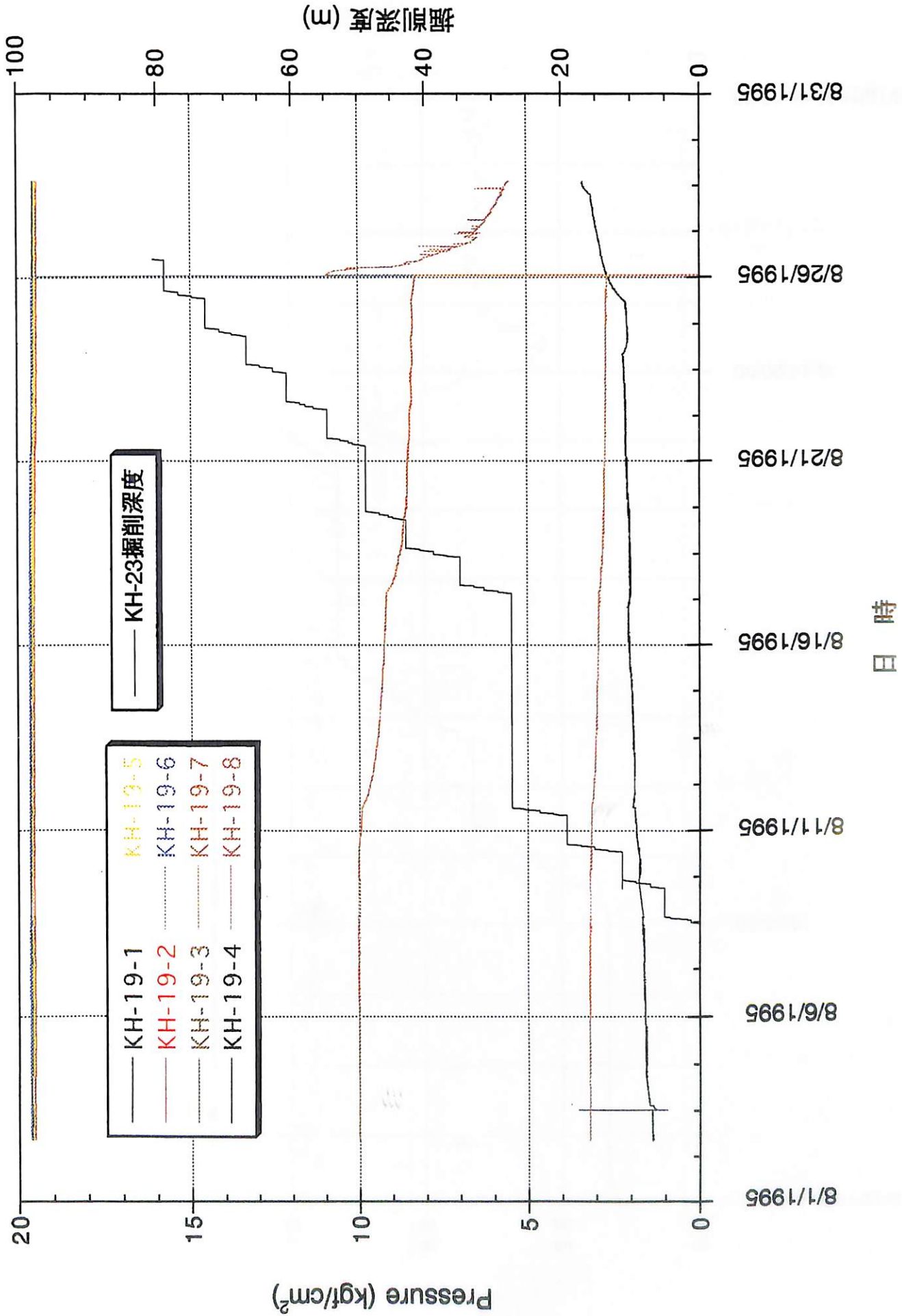
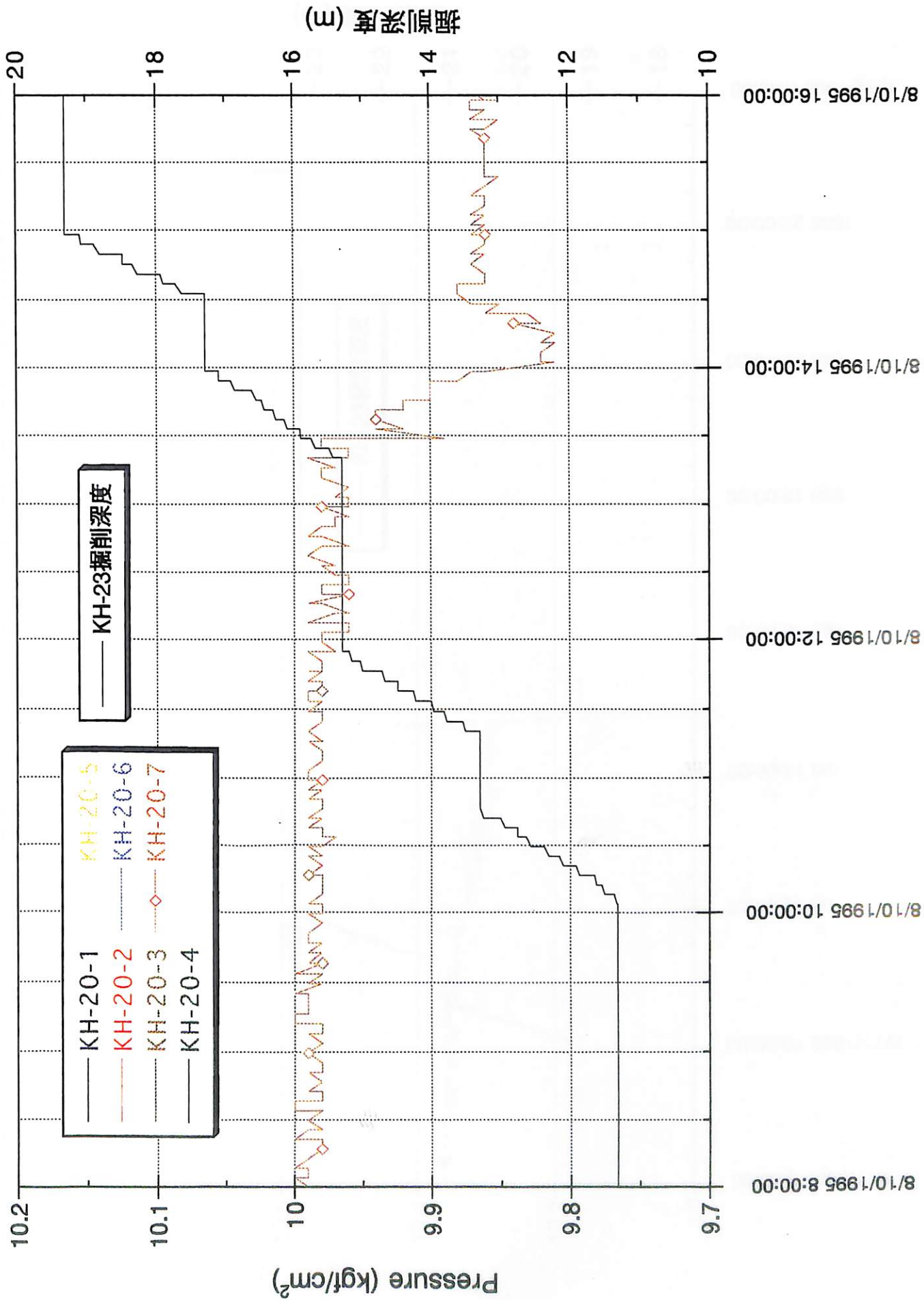
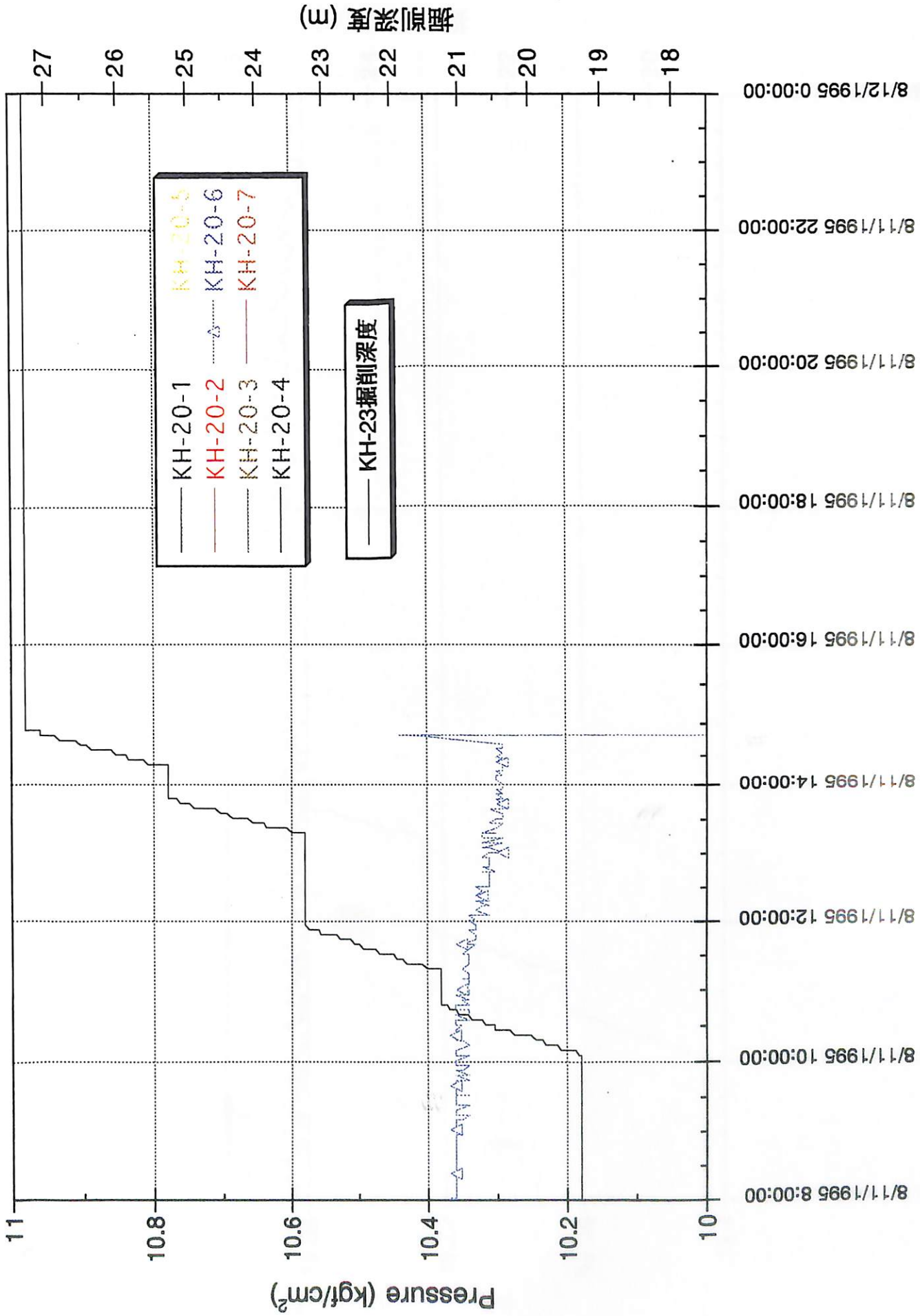


図.32 KH-23 孔掘削時の KH-19 孔への圧力応答



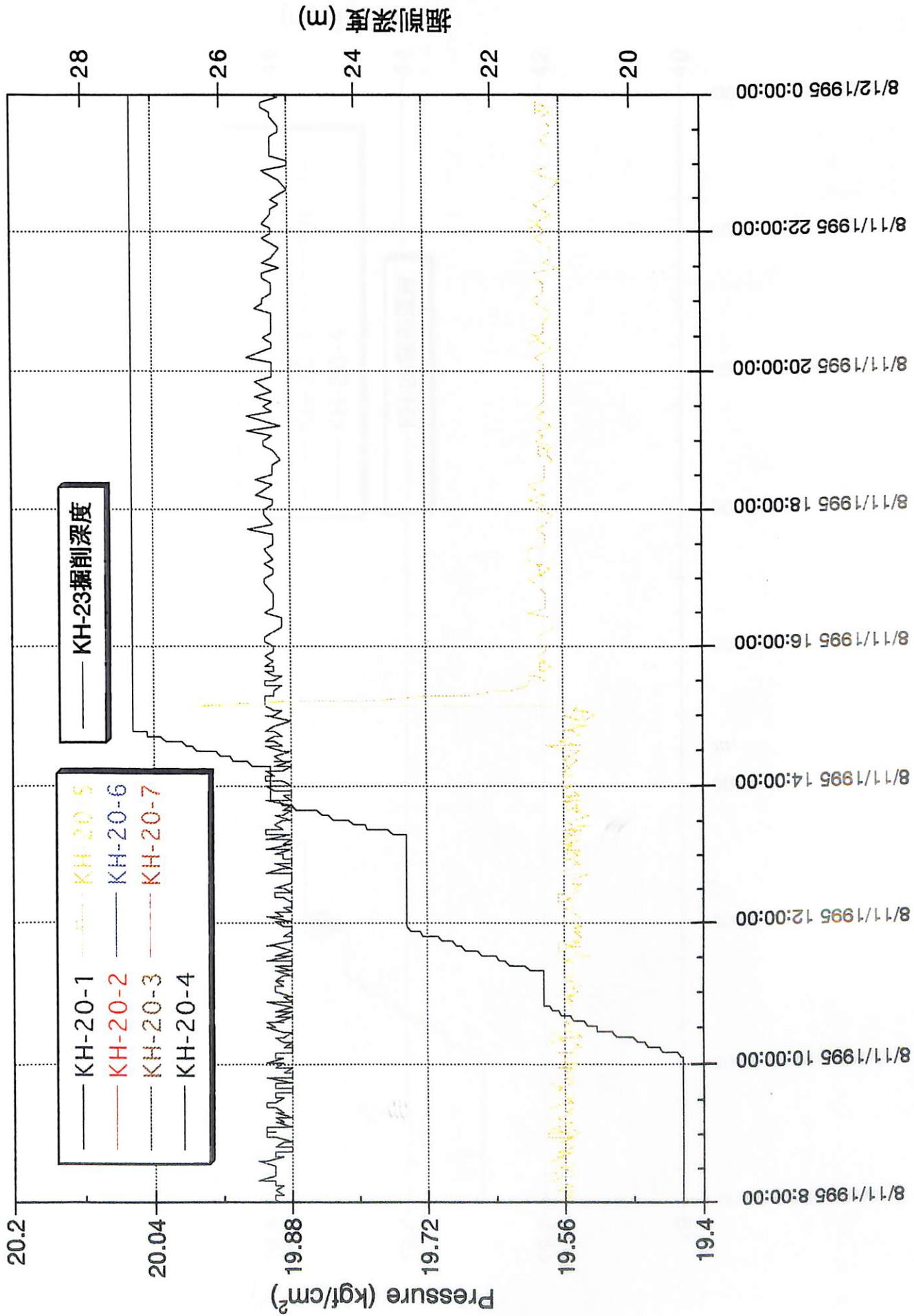
日時

図.33 KH-23 孔掘削時の KH-20 孔区間 7 への圧力応答



日 時

図.34 KH-23 孔掘削時の KH-20 孔区間 6 への圧力応答



日時

図.35 KH-23 孔掘削時の KH-20 孔区間 5 への圧力応答 (その 1)

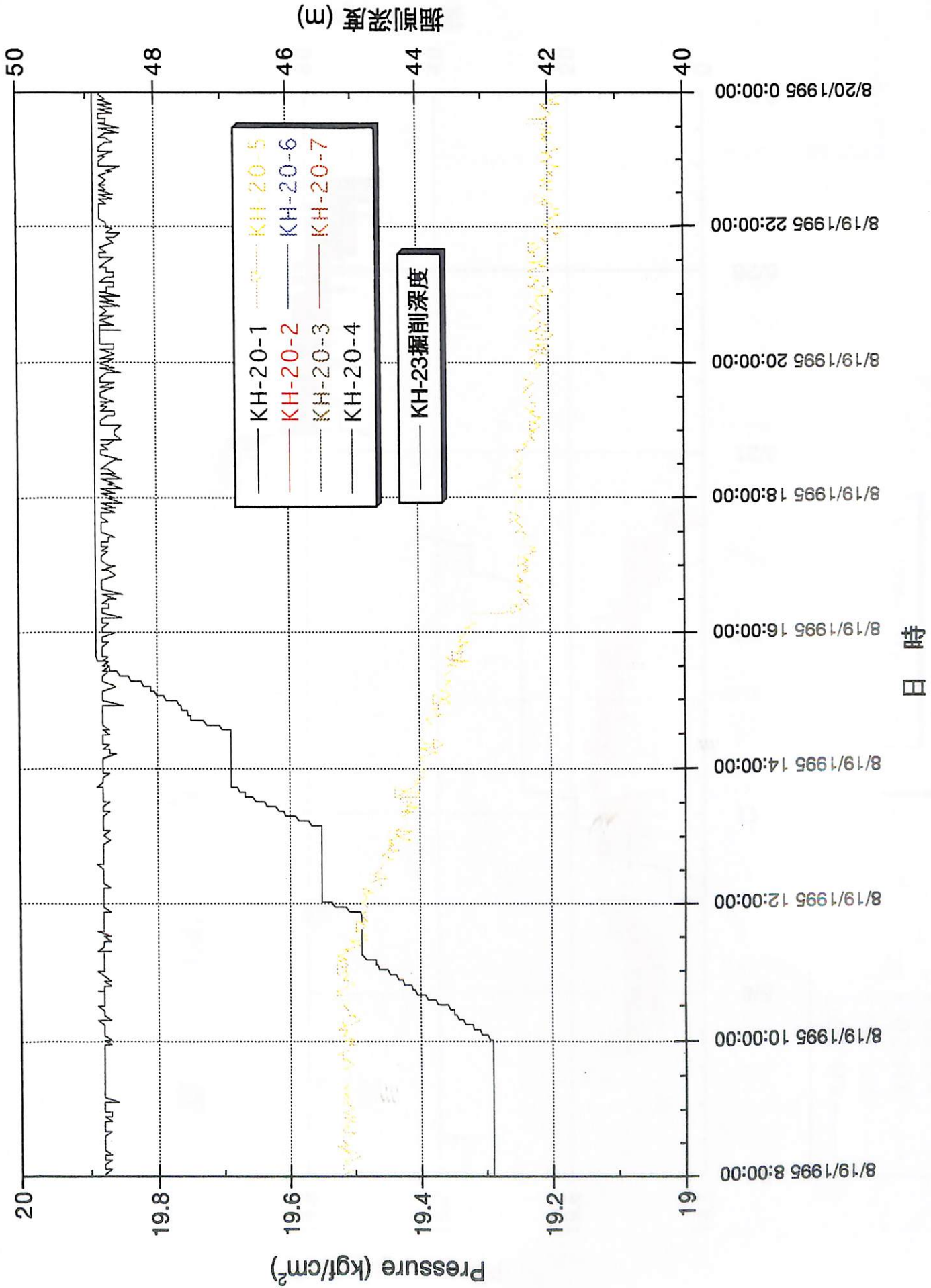


図.36 KH-23 孔掘削時の KH-20 孔区間 5 への圧力応答 (その 2)



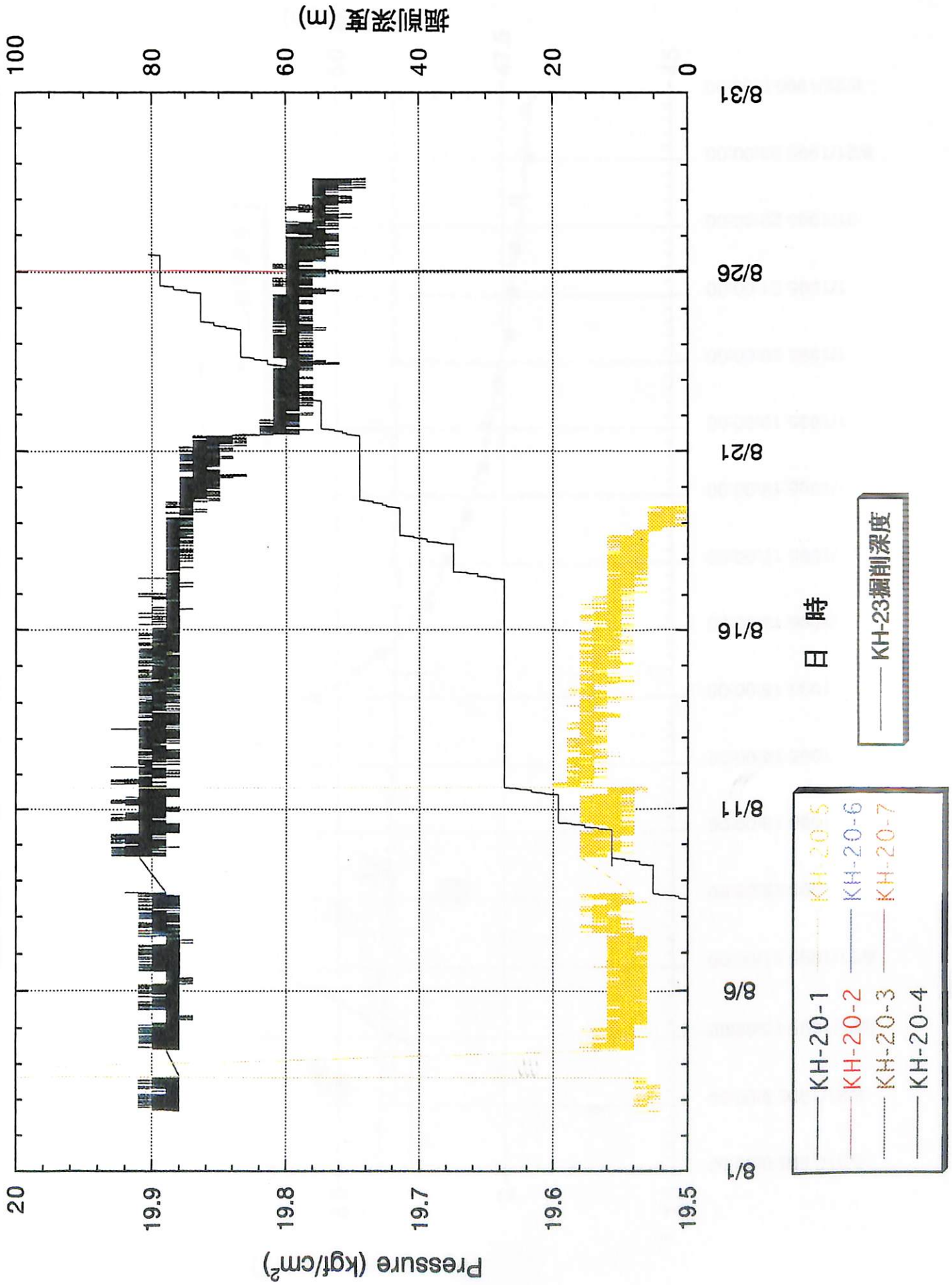


図.37 KH-23 孔掘削時の KH-20 孔区間 4 への圧力応答

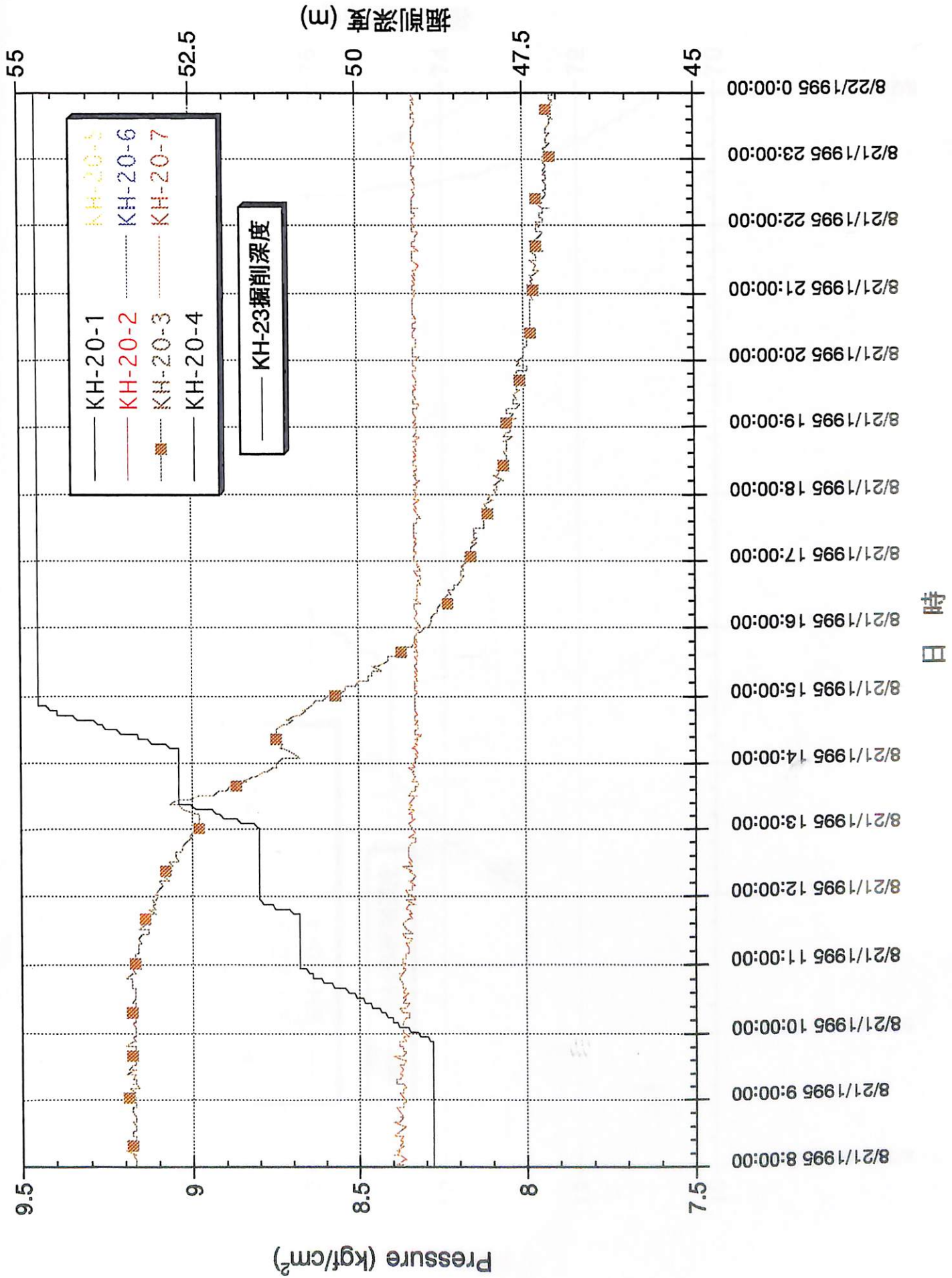
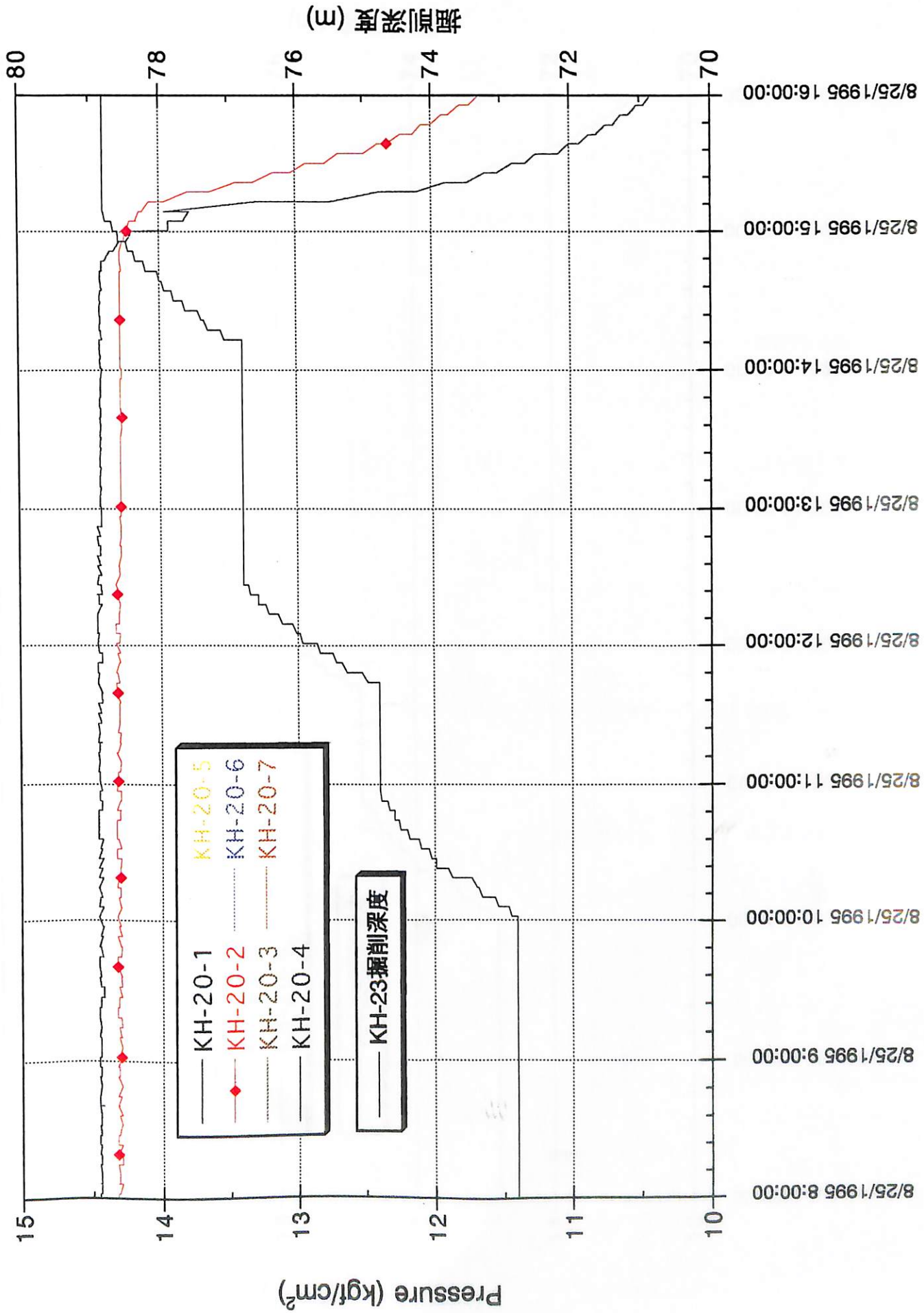


図.38 KH-23 孔掘削時の KH-20 孔区間 3 への圧力応答



日 時

図.39 KH-23 孔掘削時の KH-20 孔区間 2 への圧力応答

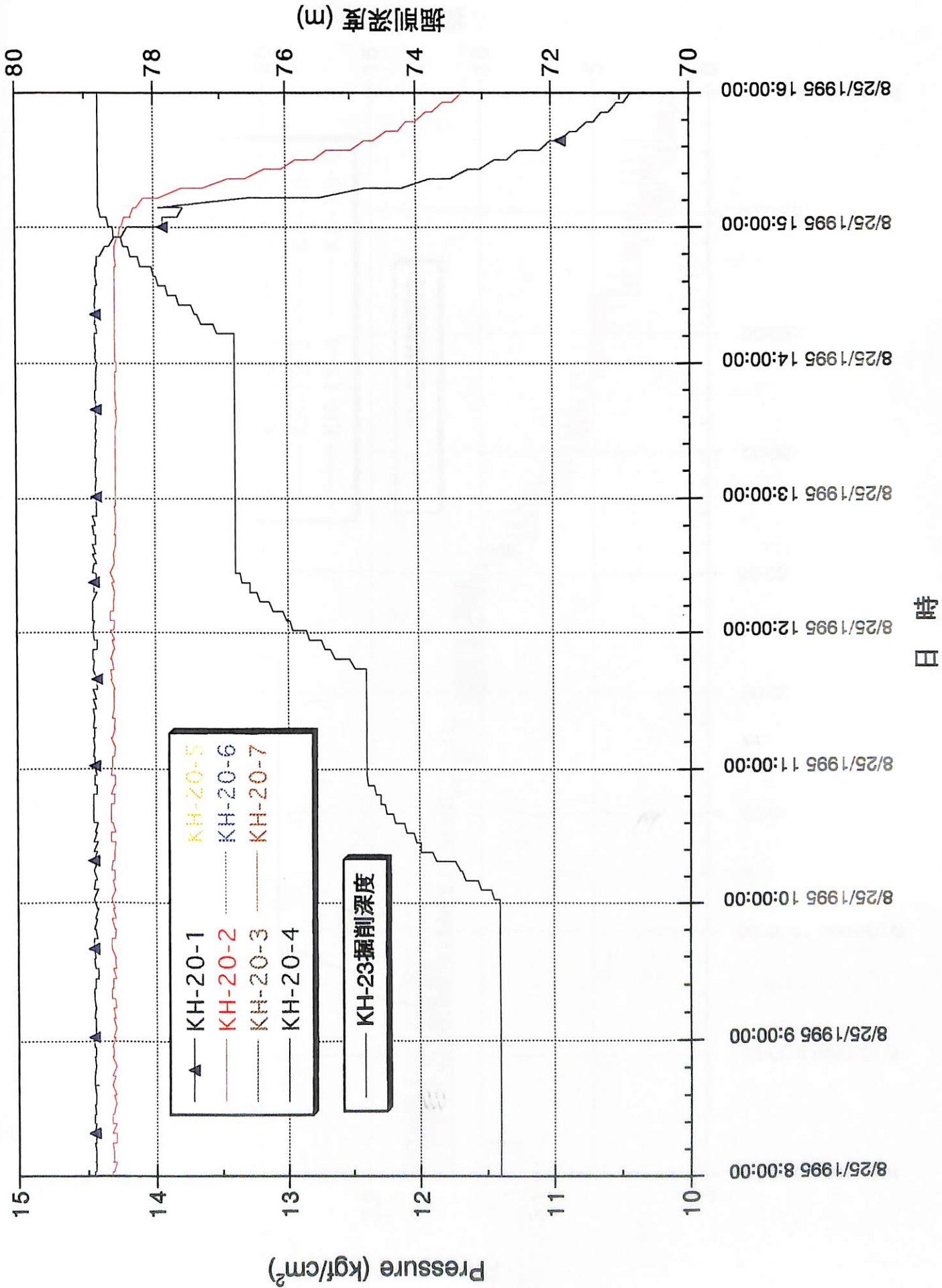


図.40 KH-23孔掘削時のKH-20孔区間1への圧力応答

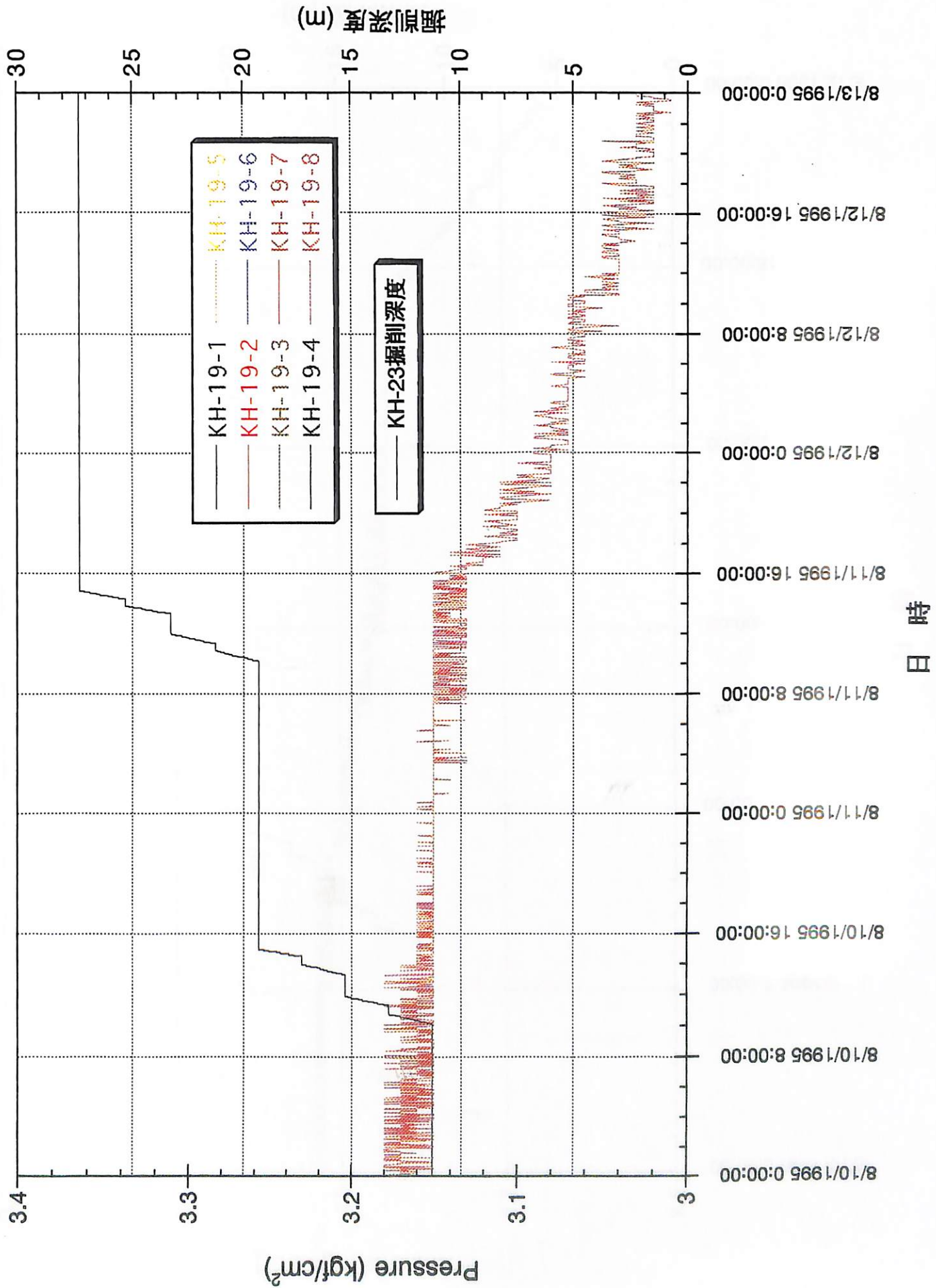
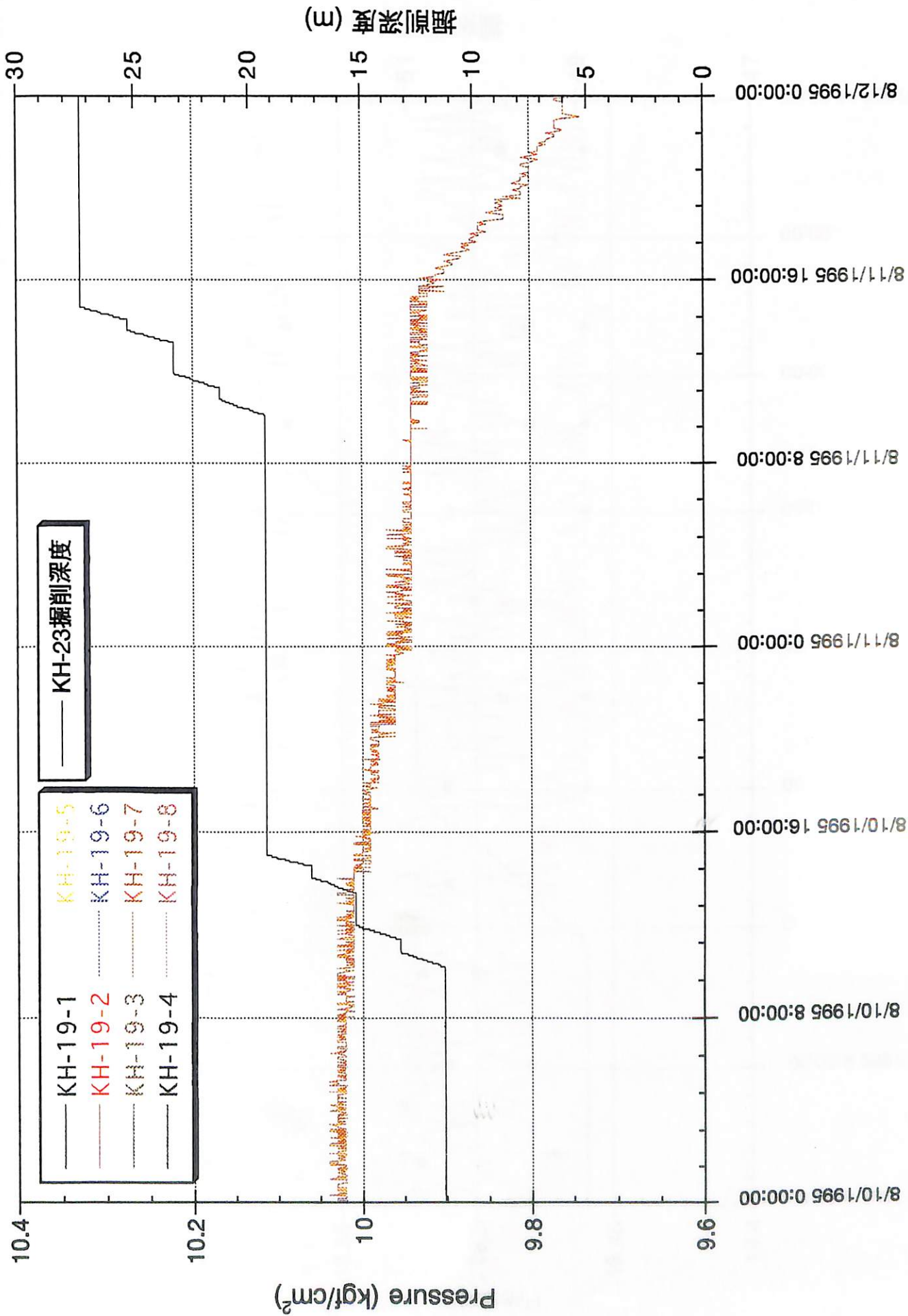


図.41 KH-23 孔掘削時の KH-19 孔区間 8 への圧力応答



日時

図.42 KH-23 孔掘削時の KH-19 孔区間 7 への圧力応答

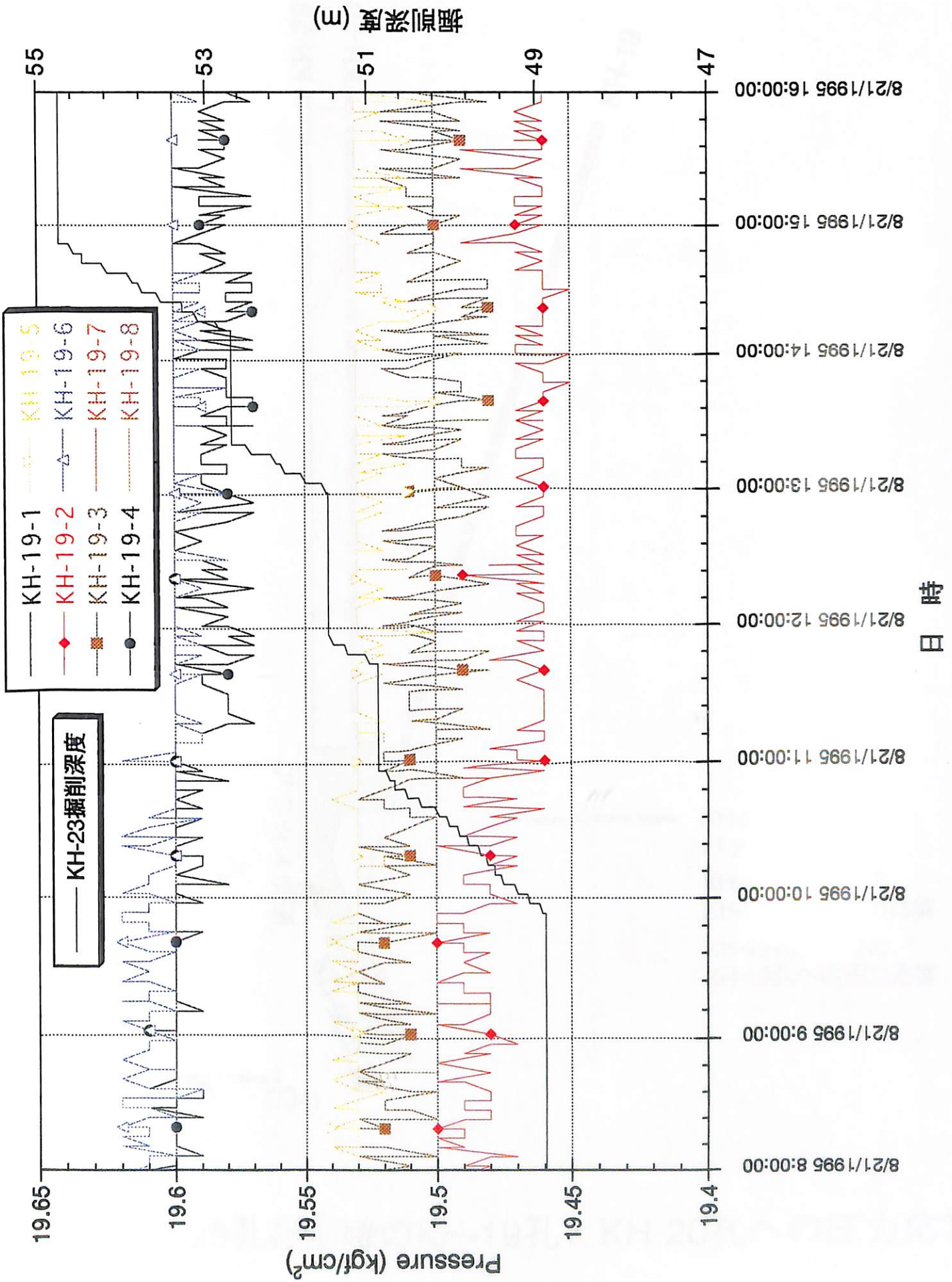


図.43 KH-23 孔掘削時の KH-19 孔区間 2~6 への圧力応答

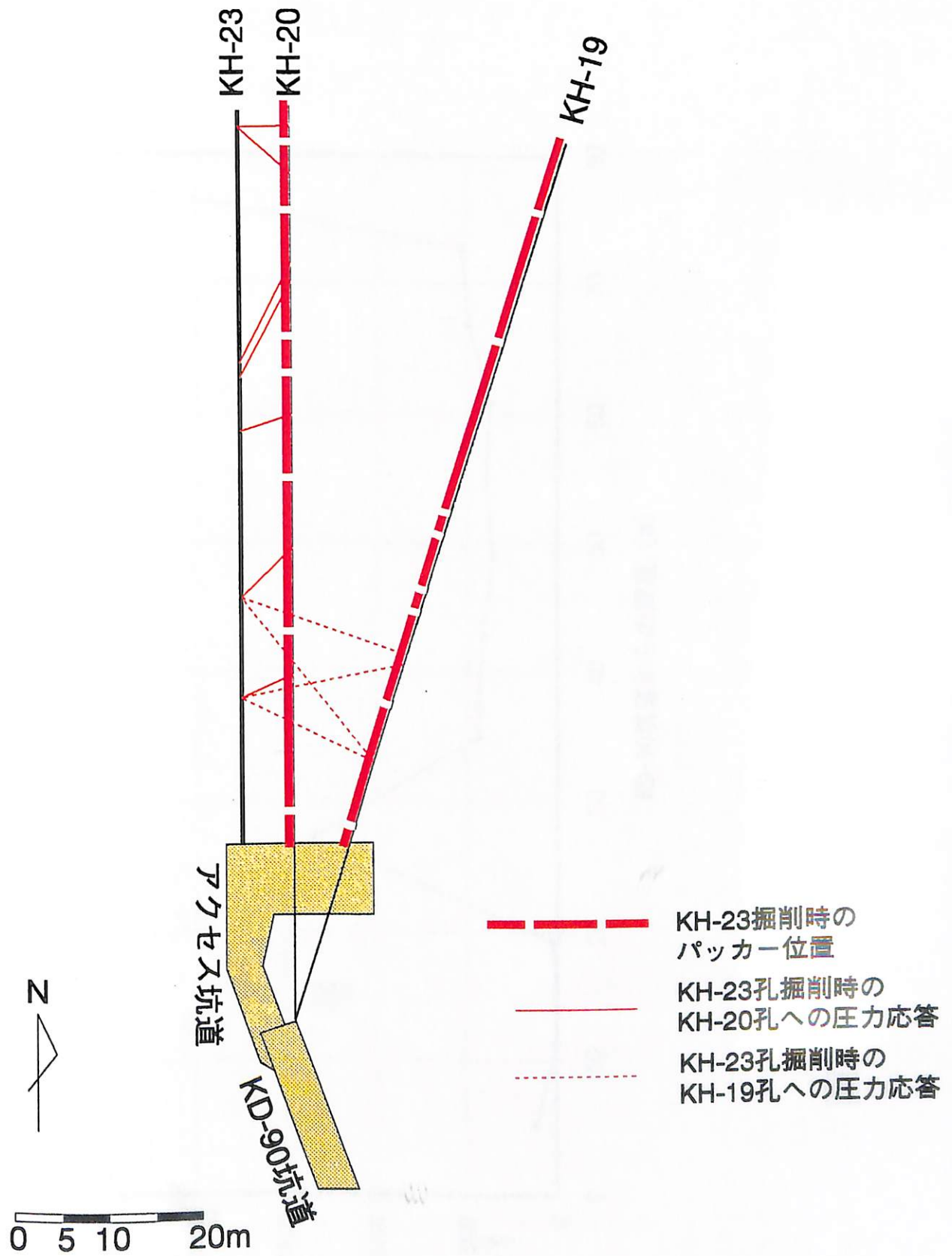


図.44 KH-23孔掘削時のKH-19孔とKH-20孔への圧力応答



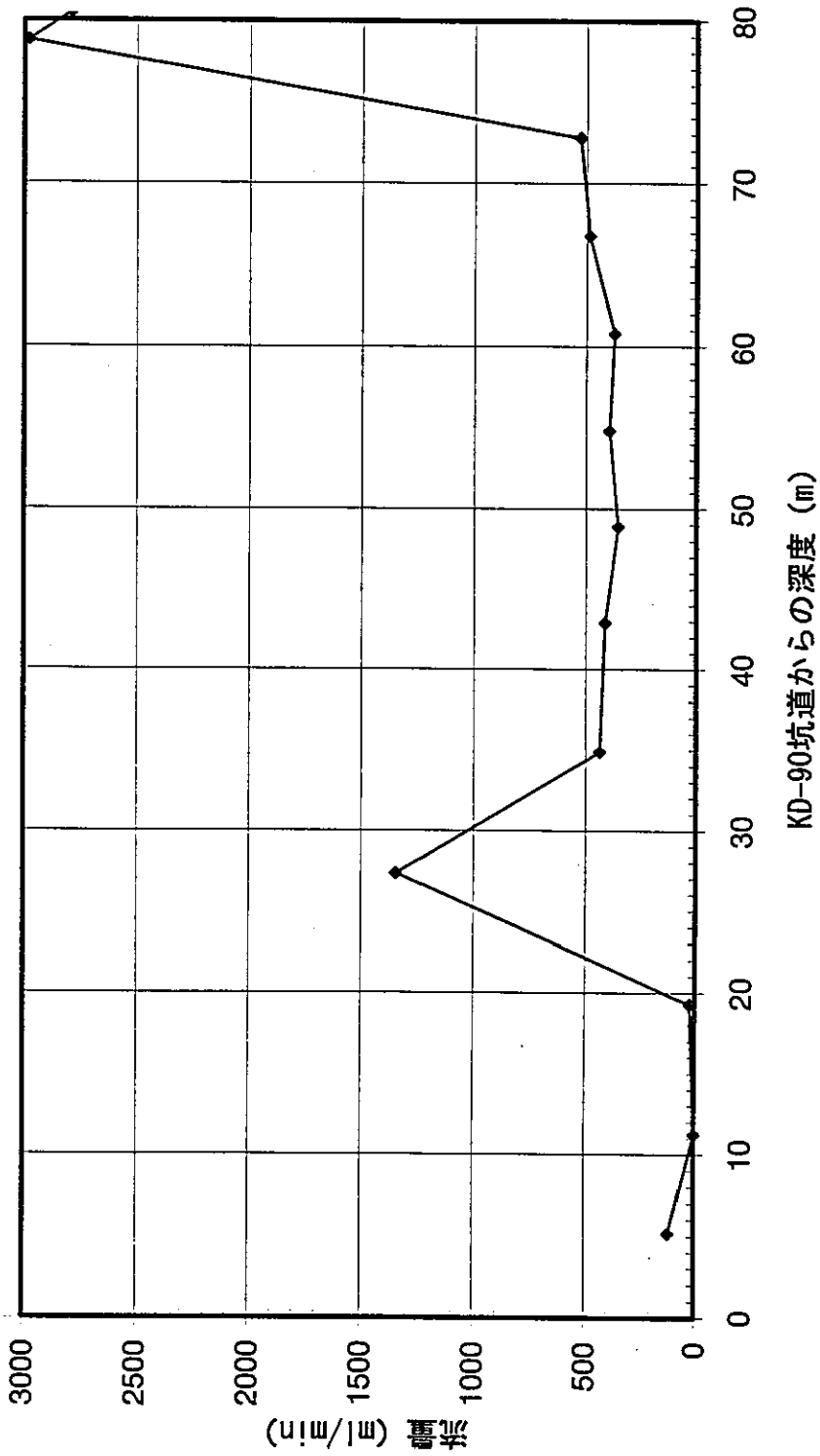


図. 45 KH-23孔掘削時の孔口からの湧水量変化

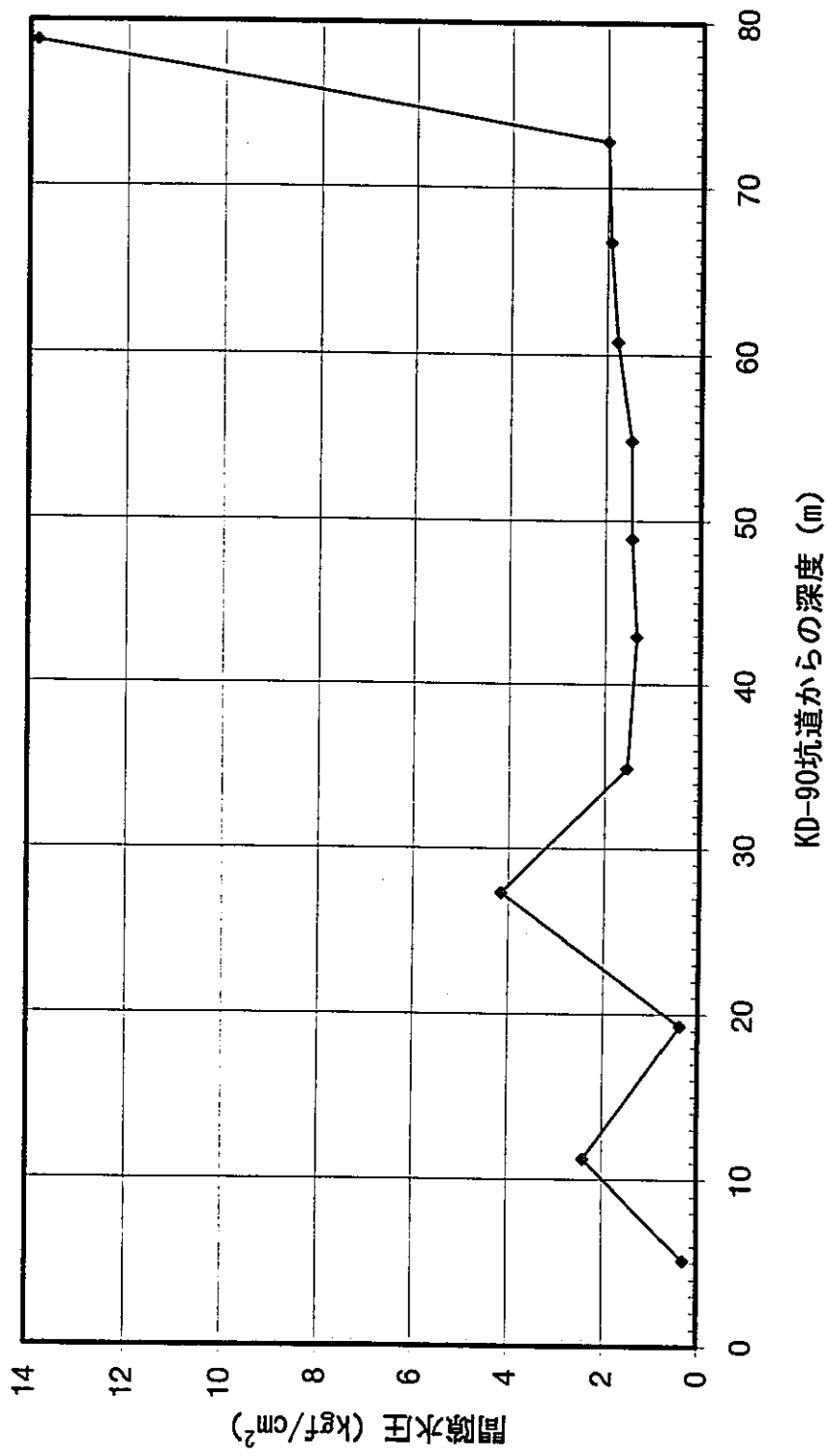


図. 46 KH-23孔掘削時の孔口での間隙水圧変化

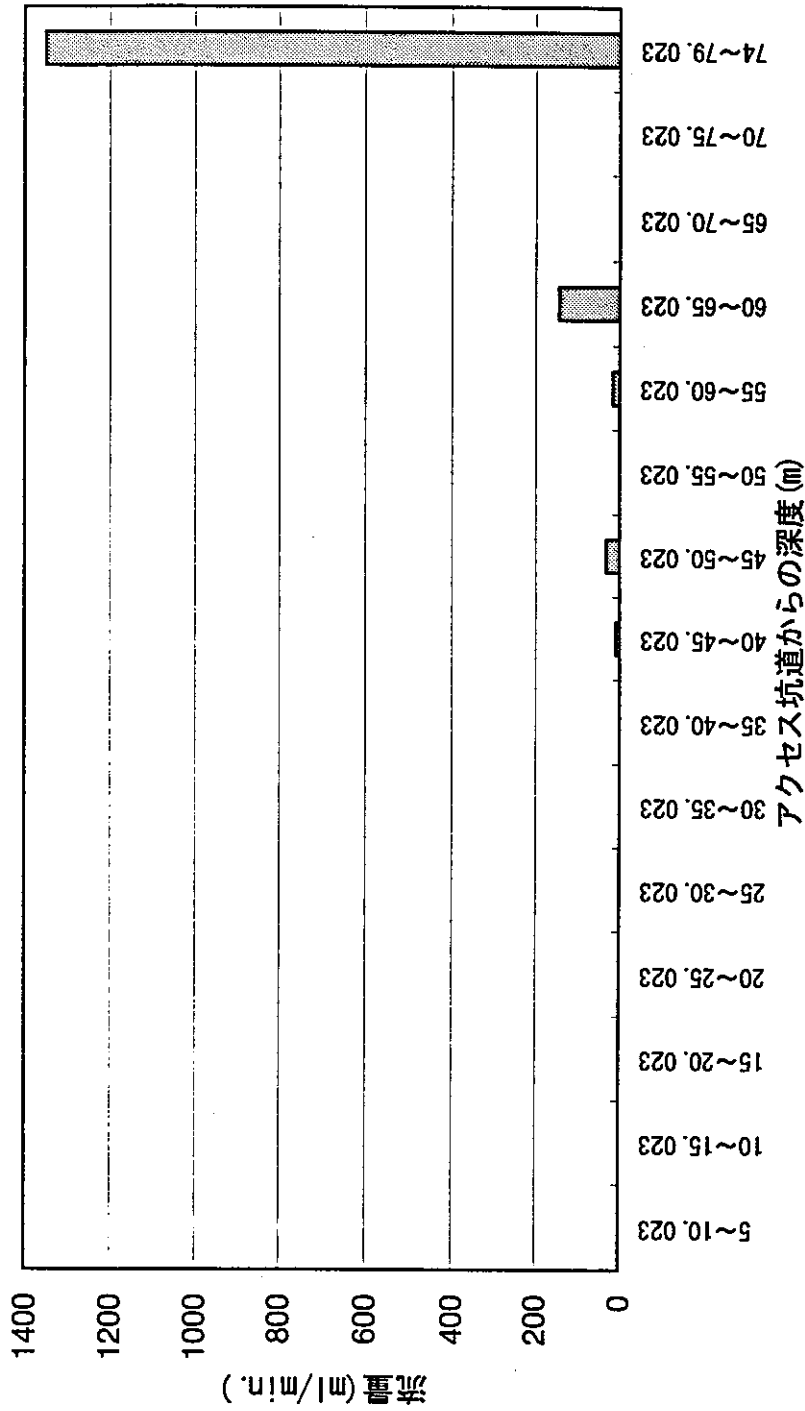


図. 47 KH-23孔流果検層結果 (5m区間その1)

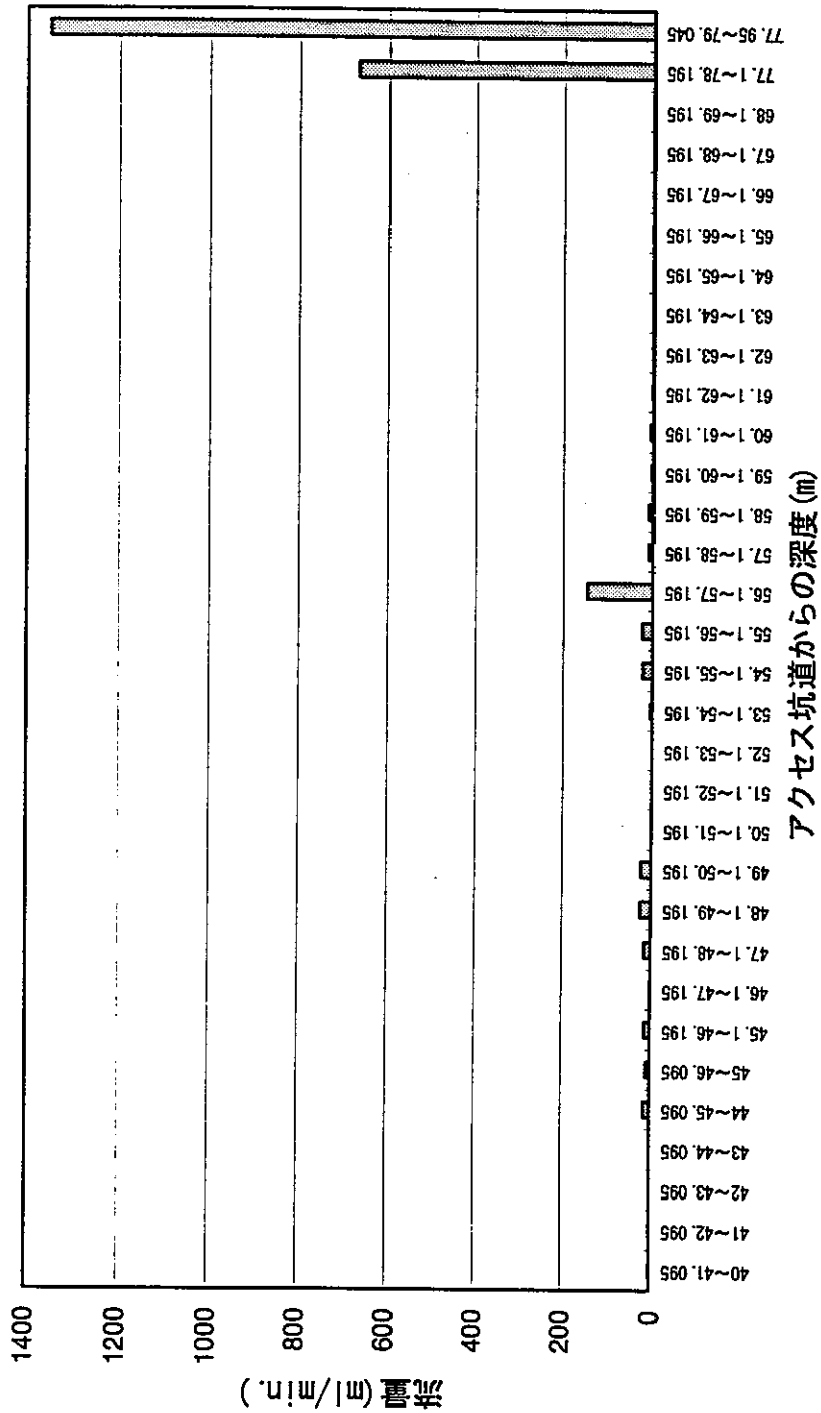


図. 48 KH-23孔流量検層結果 (1m区間)

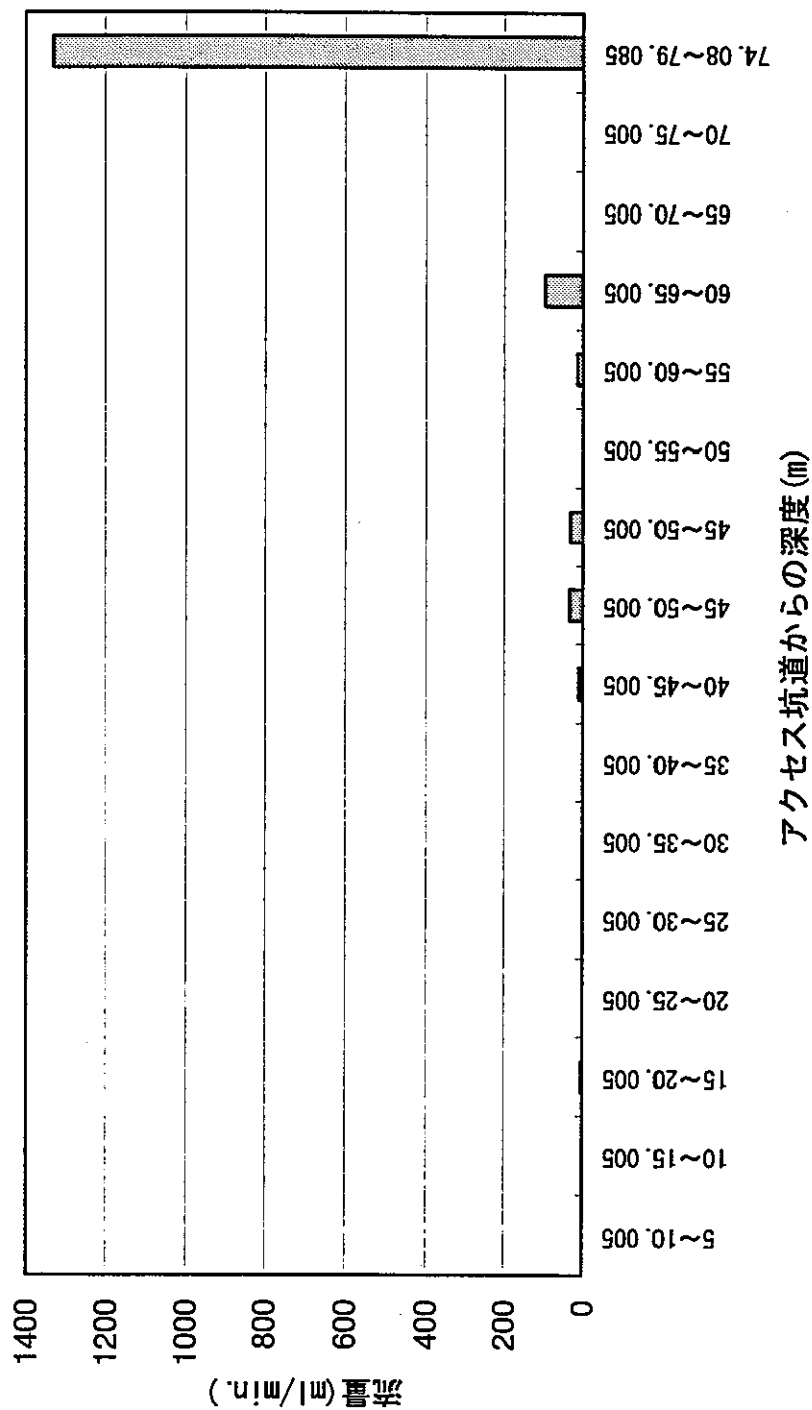


図. 49 KH-23孔流果検層結果 (5m区間その2)

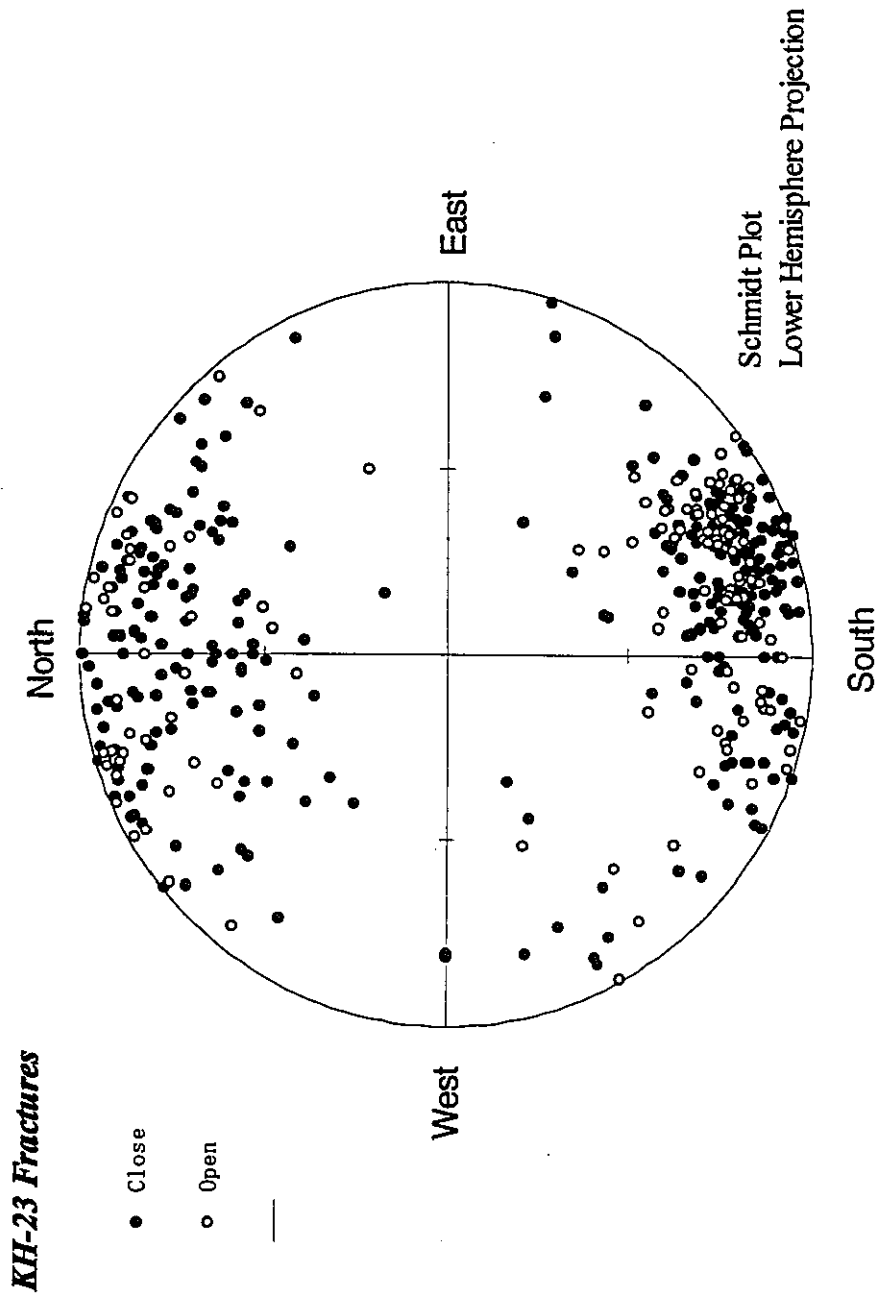


図. 50 KH-23孔の開方割れ目と閉方割れ目の方向分布

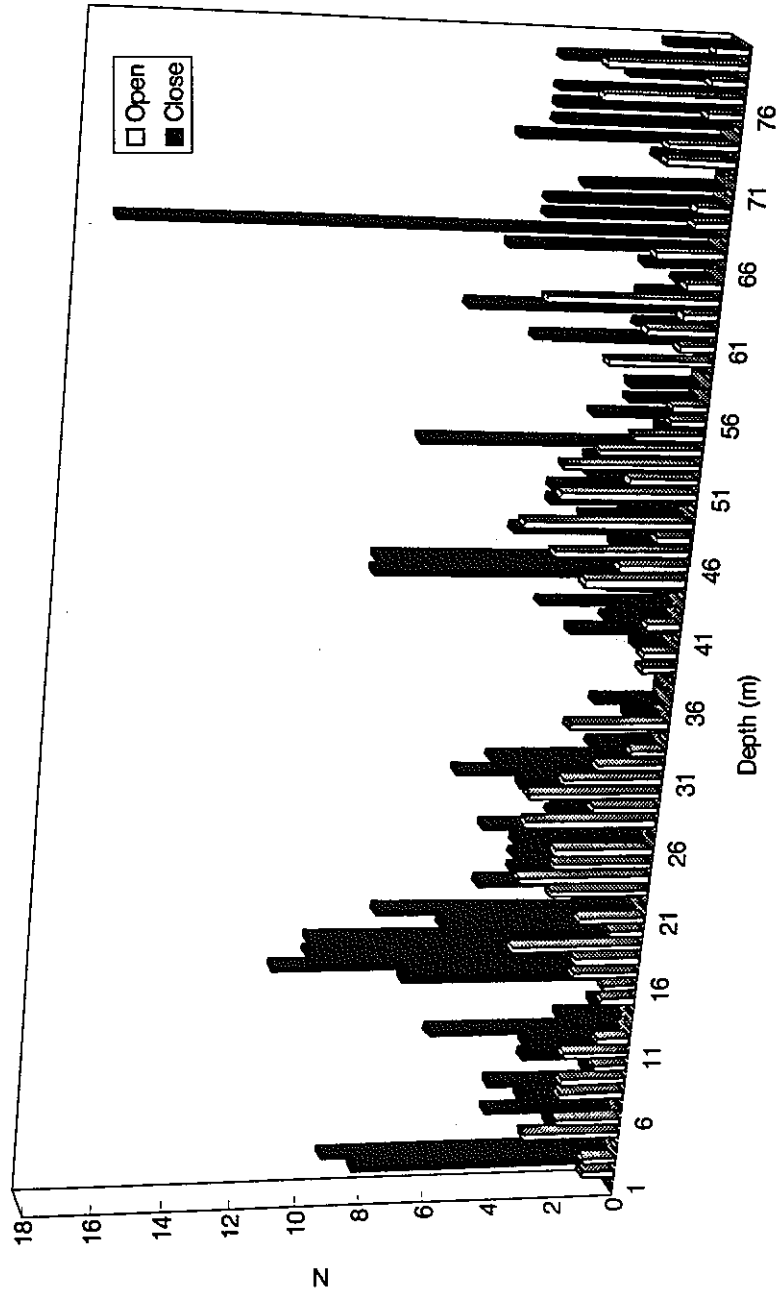


図. 51 KH-23孔の開割れ目と閉割れ目の頻度分布

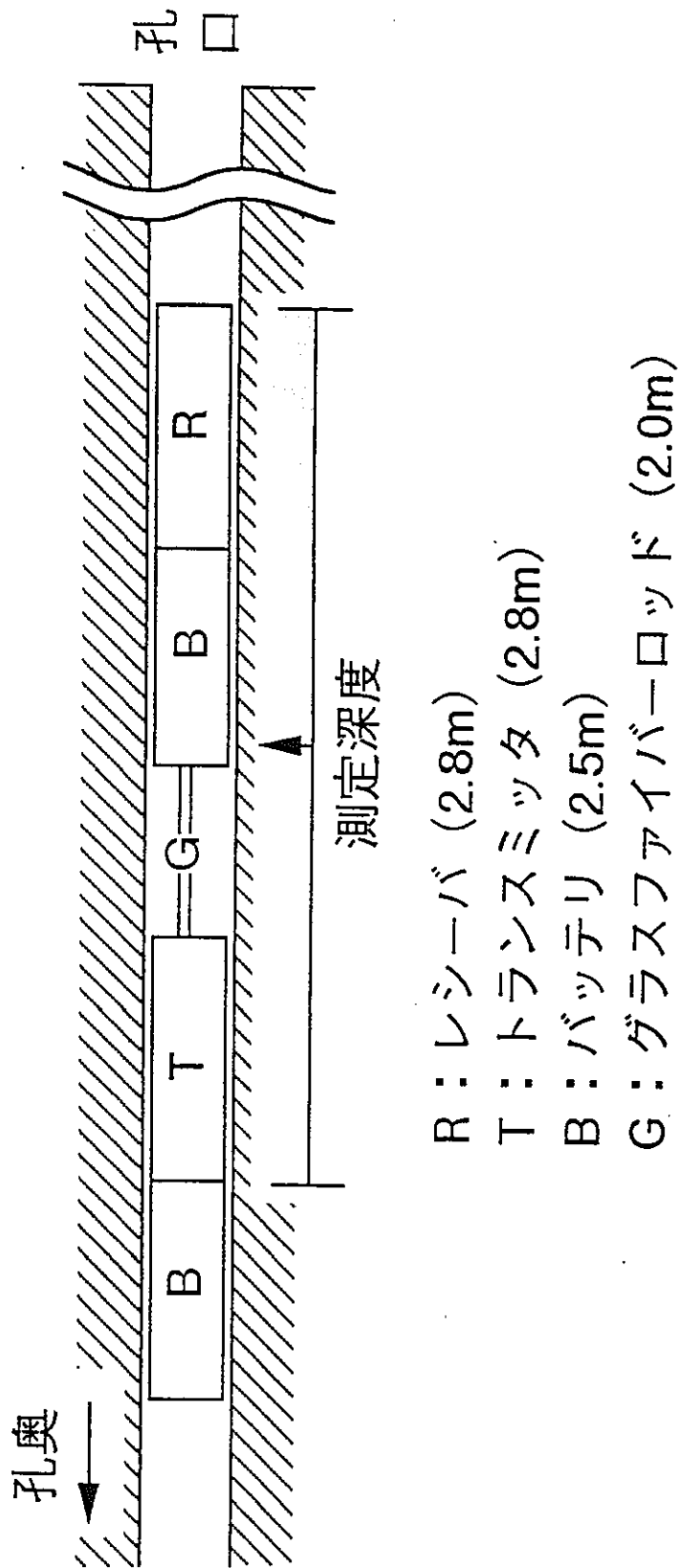


図.52 シングルホールレーザー検層装置概念図



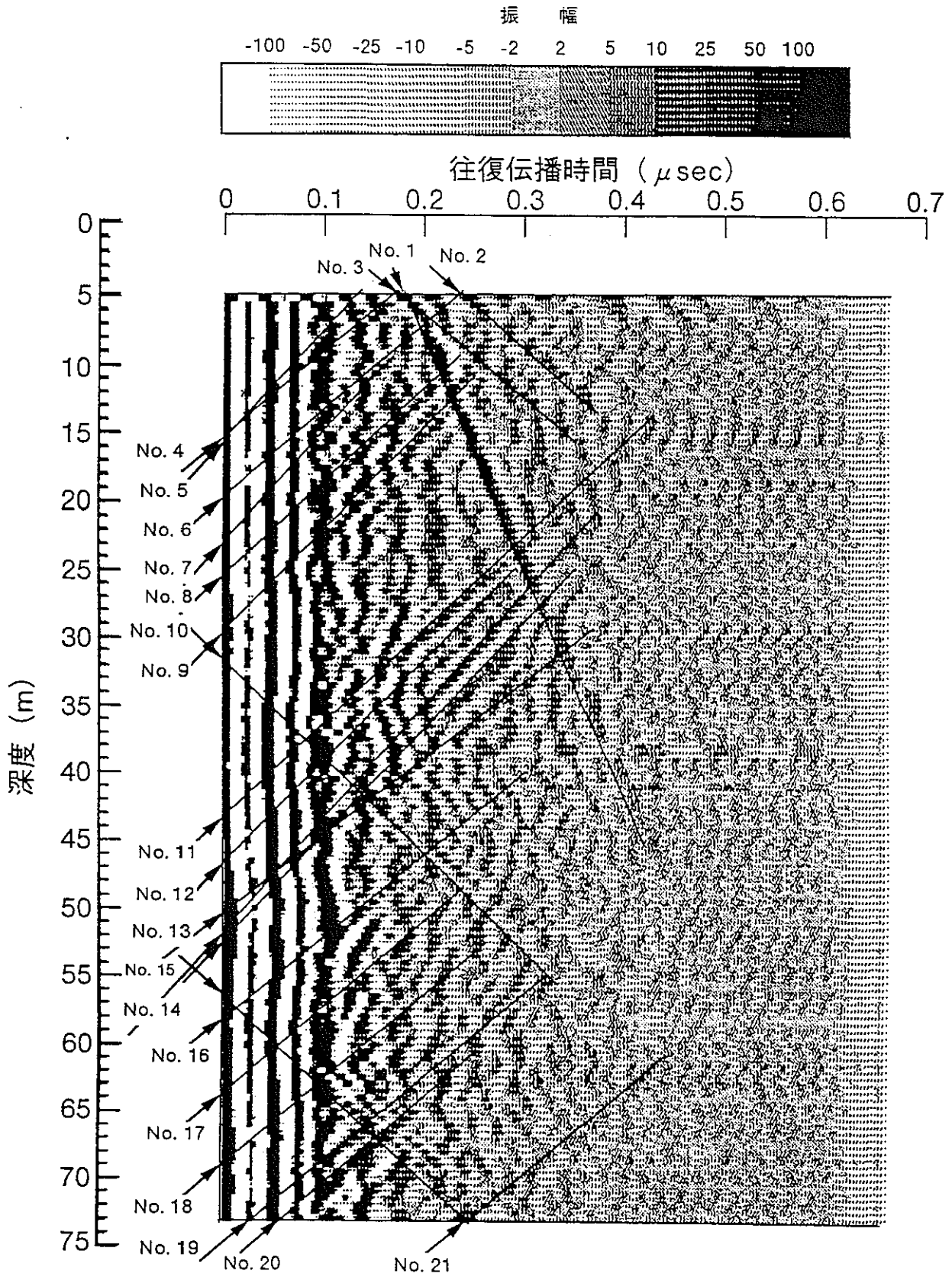


図.53 レーダー反射図

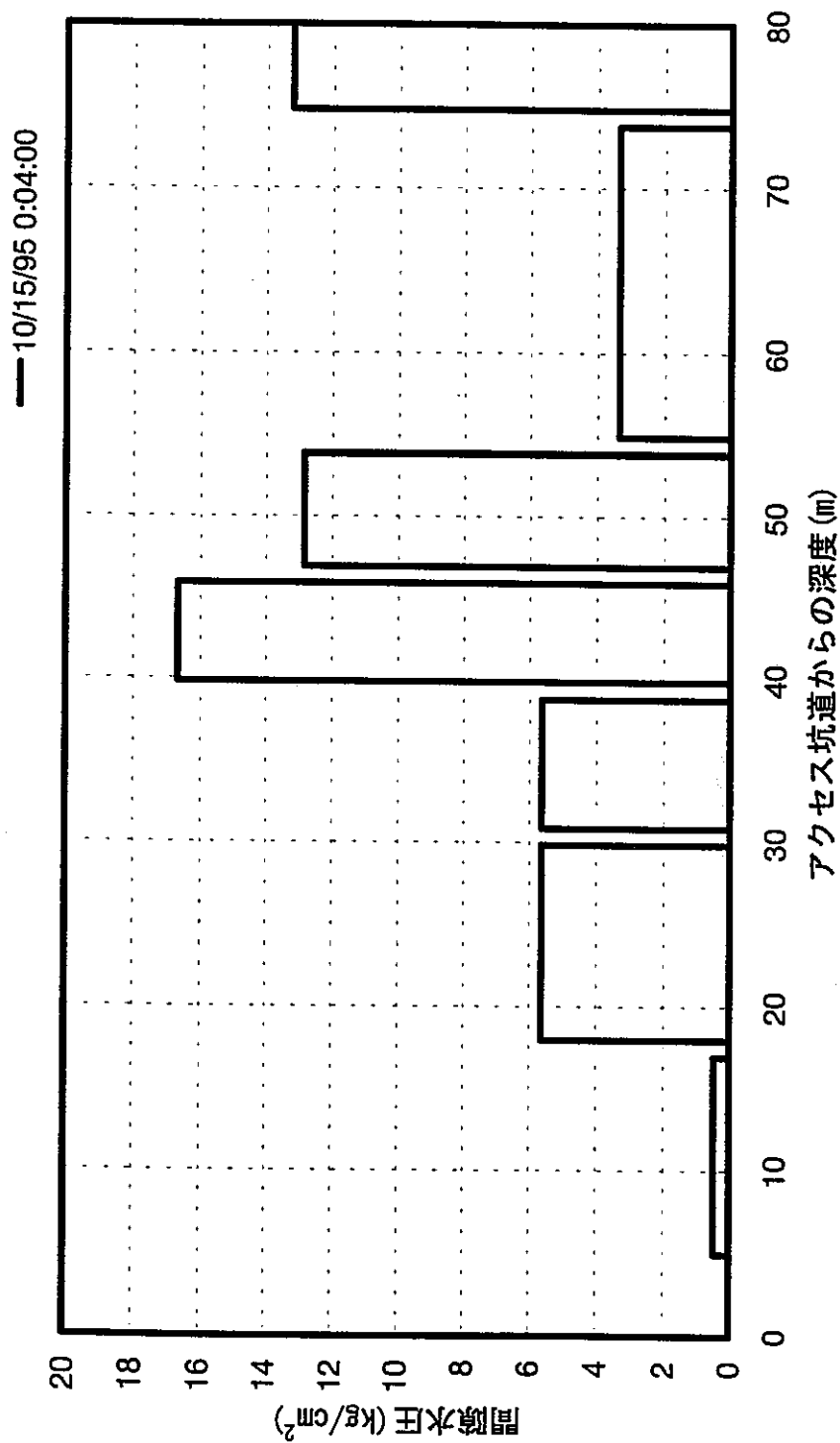


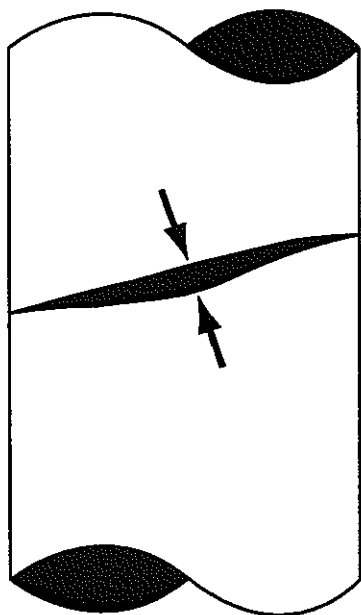
図. 54 KH-23孔の間隙水圧分布

## 添付資料.1

## 割れ目パターン1

- . . . 開口割れ目
- . . . 閉鎖割れ目


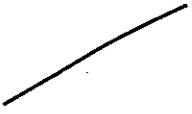


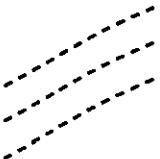

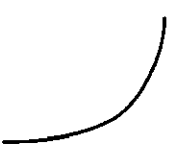





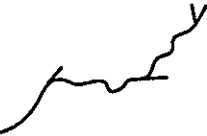



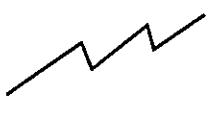
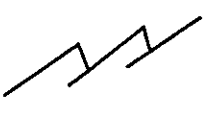

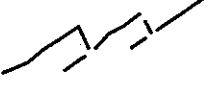
開口割れ目なら開口割れ目幅を測定



開口割れ目幅が変化している場合は  
最大値を記載

mm単位で測定

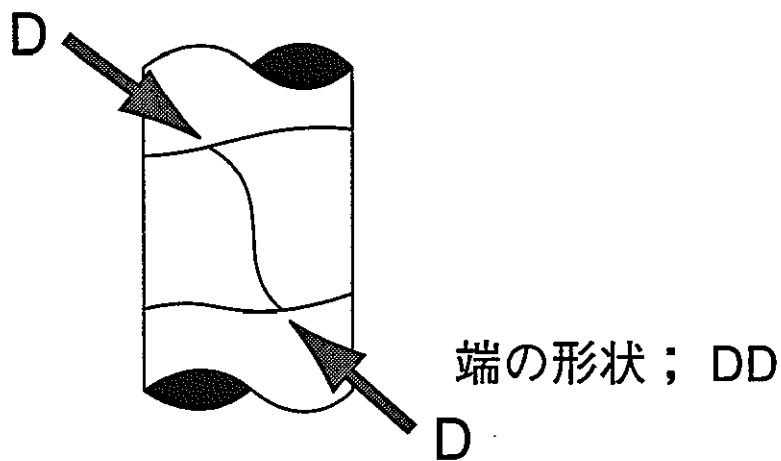
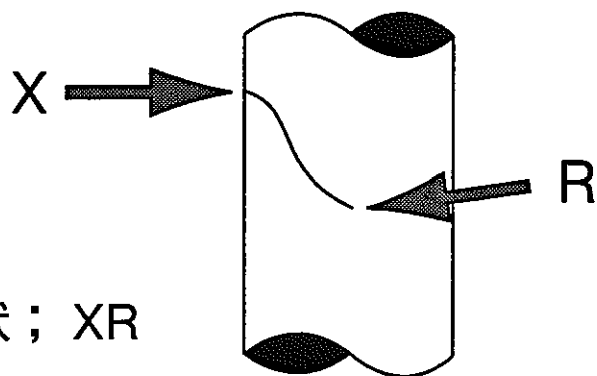
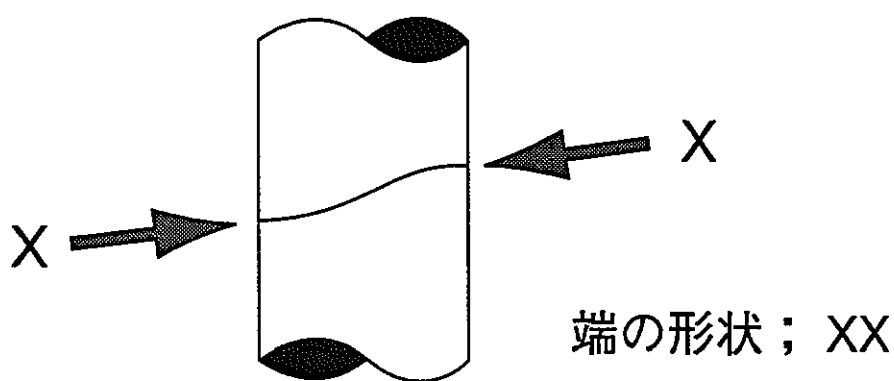
# 割れ目パターン2

基本グループ	副パターン			
	毛状割れ目を伴わないパターン	短い毛状の割れ目を伴うパターン	長い毛状の割れ目を伴うパターン	不連続な割れ目パターン
 P (Planar)	 Pm	 Pi	 Pj	 Pd
 C (Curved)	 Cm	 Ci	 Cj	 Cd
 I (Irregular)	 Im	 Ii	 Ij	 ———
 S (Stepped)	 Sm	 Si	 Sj	 Sd

———— は、今回の調査では認められなかったパターン  
 この割れ目パターンは、この試験のために、AECLに準拠して日鉄鉱業で作成した

## 割れ目端の形状

- X . . . 割れ目の端が調査範囲外で不明のもの
- R . . . 割れ目の端が調査範囲内で岩石中に消滅するもの
- D . . . 割れ目の端が調査範囲内で他の割れ目に切られるもの



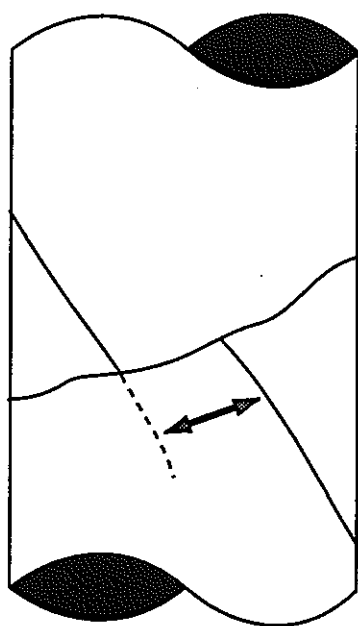
## 粗 さ

割れ目面の粗さを4つに分類する

- P . . . 滑らか
- S . . . やや滑らか
- I . . . やや粗い
- C . . . 粗い

## 変 位

割れ目によって移動した量を記載する



mm単位で測定

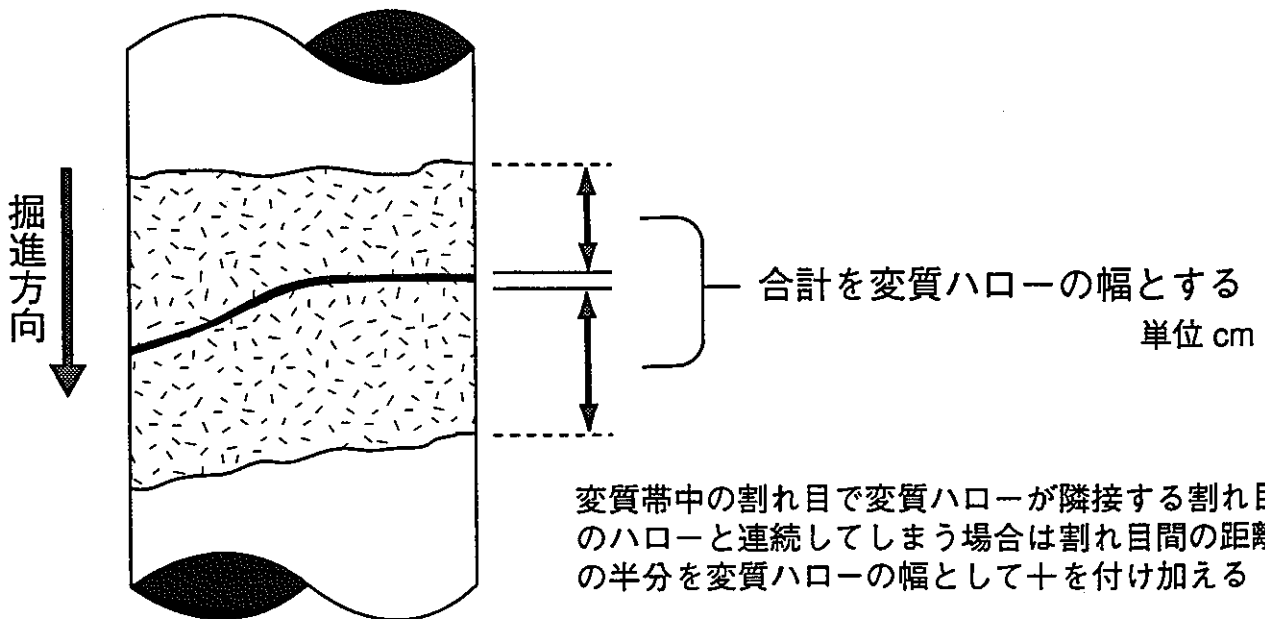
## 変質の程度

記号	変質程度	変質率%	備考
WH	全体	100	母岩と流体が十分に反応
IL	強	50~100	母岩組織が一部不明瞭
MD	中	50±	
WK	弱	10~50	母岩組織明瞭
VW	微弱	0~10	初生鉱物の一部が変質
FS	未	0	流体が全く到達しない

**色**

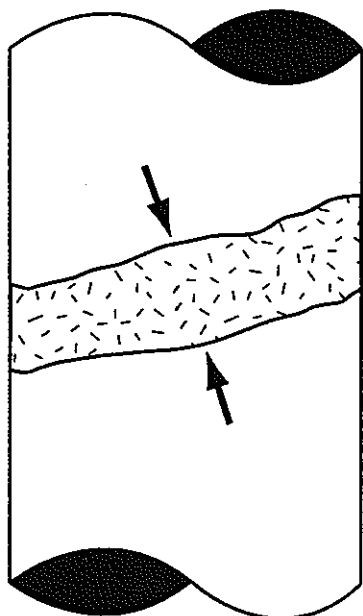
PK・・・ピンク色    WT・・・白色    GN・・・緑色  
 GY・・・灰色        BR・・・褐色

## 変質ハローの幅





## 充填鉱物の幅



変質鉱物の幅が変化している場合は  
最大値を記載

mm単位で測定

## 備考

- Z . . . 充填鉱物に異帯構造が認められる
- S . . . せん断が認められる
- Z&S . . . せん断と充填鉱物に異帯構造が認められる

ボアホールテレビにより得られた割れ目の走向傾斜、  
開口幅のデータも追加し、記載する

# 充填鉱物凡例

初生鉱物		変質鉱物		不透明鉱物		岩 石	
Qz	石英	Cal	方解石	Py	黄鉄鉱	GD	花崗閃緑岩
Kf	カリ長石	Ep	緑レン石	He	赤鉄鉱	Di	閃緑岩
Or	正長石	Act	アクチノ角閃石	Mt	磁鉄鉱	Ap	アプライト
Pl	斜長石	Pre	ブドウ石	Ilm	チタン鉄鉱	Lp	ランプロファイヤー
Ab	曹長石	L	濁沸石	Cp	黄銅鉱		
Hd	普通角閃石	St	束沸石	OPQ	不透明鉱物		
Bt	黒雲母	Se	絹雲母				
Apt	燐灰石	Chl	緑泥石				
Tour	電気石	Chl/Mo	緑泥石/ モンモリロナイト				
Zr	ジルコン		混合層鉱物				
Sph	クサビ石	Mo	モンモリロナイト				
Dp	透輝石	Cl	粘土鉱物				
Hd	灰鉄輝石						
En	頑火輝石						
Fs	フェロシライト						
Fo	フォルステライト						
Fa	ファヤライト						

## 添付資料. 2













## 添付資料. 3







KH-20割れ目データ

位置 (m)	7 7/2	No.	走向	傾斜	走向 (BHTV)	傾斜 (BHTV)	Dip (trem)	Plunge	角度	Pattern1	間隙幅 (mm)	間隙幅 (BHTV)	割れ目形状	向き	傾斜帯 (cm)	条線 (角度)	条線 (向き)	色 (Alt. C. Alt. W.)	幅 (cm)	1	2	3	4	5	6	7	幅 (mm) Min. Thick	1	2	3	4	5	その他
33.54	KH-20	167			N83E	66S	353	68		C			PM	XX	P			WT	0.5	ST							0.2						
33.74	KH-20	158			N86E	54S	328	54		C			PM	XX	S			WT	2	ST							1						
34.68	KH-20	159			N62E	81S	332	81		C			PM	XX	S			WT	2	ST							0.2						
35.59	KH-20	160			N69W	65N	21	63		C			PJ	XX	S			WT	3	CAL	CHL	ST	PY			5	DGM						
36.46	KH-20	161			N73E	68S	343	68		C			PM	XX	P			WT	1.5	ST	CAL	CHL				2							
36.88	KH-20	162			N29E	47S	299	47		O			CM	XX	S			OR	1.5	CHL	ST					1	DGM						
36.96	KH-20	163			N65E	53S	335	53		C			PJ	XX	S			WT	1.5	CAL	CHL					1	DGM						
37.46	KH-20	164			N73E	74N	343	74		O	8		PM	XX	S			WT	3	ST	CHL					8							
37.62	KH-20	165			N88E	70S	358	70		C			PM	XX	S			WT	1	CHL	CAL					1.5	DGM						
37.84	KH-20	166			N90E	64S	360	64		C			PJ	XX	S			WT	1	CHL	CAL					1	DGM						
37.82	KH-20	167			N67E	56S	337	56		C			PJ	XX	P			WT	1.5	CHL	CAL					1.5	DGM						
37.89	KH-20	168			N41W	69N	49	69		O			PM	XX	P			WT	2	ST						1							
38.08	KH-20	169			N79E	95S	349	85		C			PM	XX	P			WT	0.8	CHL	CAL					0.8	DGM						
38.12	KH-20	170			N79E	70N	348	70		C			PM	XX	P			WT	0.8	CAL	CHL					0.8	DGM						
38.15	KH-20	171			N76E	79N	346	79		C			PJ	XX	S			WT	2	CHL	ST	CAL				1	DGM						
38.18	KH-20	172			N63E	68N	333	68		O			PJ	XX	S			WT	3	CHL	ST					5	DGM						
38.44	KH-20	173			N90E	71N	360	71		C			PM	XX	S			WT	1	CHL						1	DGM						
38.62	KH-20	174			N67E	73N	337	73		C			PM	XX	P			WT	2	CHL	ST	EP	CAL			3	YGM						
38.94	KH-20	175			N87E	77N	357	77		C			PM	XX	S			WT	3	ST	CHL					2	DGM						
40.06	KH-20	176			N79W	73S	17	73		O			PJ	XX	P			WT	2	CAL	CHL	ST				3	DGM						
40.57	KH-20	177			N83E	85S	353	85		O			PM	XX	P			WT	1	CHL	ST	CAL				1	DGM						
40.60	KH-20	178			N89E	84S	358	84		C			PM	XX	S			WT	1.5	CHL	ST	CAL				2	DGM						
40.87	KH-20	179			N90E	85S	360	85		C			PM	XX	S			WT	1	CHL	CAL					2	DGM						
41.05	KH-20	180			N87W	79S	3	79		O			PM	XX	P			WT	3	CAL	ST	CHL				4	DGM						
41.09	KH-20	181			N87W	83S	3	83		C			PM	XX	S			WT	2	CAL	ST	CHL				2	DGM						
41.14	KH-20	182			N89W	81S	4	81		C			PM	XX	S			WT	1	CAL	CHL					1	DGM						
41.16	KH-20	183			N78W	87S	14	87		C			PJ	XX	S			WT	2	ST	CAL					3							
41.26	KH-20	184			N83W	83S	7	83		O			PM	XX	P			WT	3	ST	CAL	CHL				2	DGM						
41.31	KH-20	185			N84W	87S	6	87		C			PM	XX	S			WT	3	CHL	CAL					1	DGM						
41.41	KH-20	186			N62E	74S	332	74		O			PM	XX	S			MD	BR	4	EP	CAL				10	YGM						
41.46	KH-20	187			N78W	80S	14	80		C			PM	XX	P			WT	1	CAL	ST	CHL				1	DGM						
41.65	KH-20	188			N82W	73N	8	73		C			PM	XX	S			WT	2	EP	CAL	CHL				2	YGM						
42.49	KH-20	189			N59E	71N	325	71		C			PM	XX	S			WT	1	CHL	CAL					0.6	DGM						
42.58	KH-20	190			N59E	73N	323	73		O	5		PM	XX	S			IL	OR	2	EP	CHL	CAL			5	DGM	YGM					
42.60	KH-20	191			N47E	64N	317	64		O	3		PM	XX	S			IL	OR	4	EP	CHL	CAL			30	DGM	YGM					
42.62	KH-20	192			N54E	69N	324	69		O	2		PM	XX	S			IL	OR	3	EP	CHL	CAL			10	DGM	YGM					
42.78	KH-20	193			N65E	70N	335	70		C			PJ	XX	S			MD	OR	2	CHL	CAL				2	DGM						
42.85	KH-20	194			N48E	59N	319	59		C			PJ	XX	S			WT	OR	1	CHL					2	DGM						
43.05	KH-20	195			N50E	68N	320	68		C			PM	XX	S			WT	WT	1	CAL	CHL				0.8	DGM						
43.08	KH-20	196			N51E	63N	321	63		C			PM	XX	S			WT	WT	1.5	CAL	CHL				1	DGM						
43.09	KH-20	197			N76E	85N	346	85		C			PM	XX	S			WT	WT	1	CAL	CHL				1	DGM						
43.11	KH-20	198			N50E	62N	320	62		C			PM	XX	S			WT	WT	1	CAL	CHL	L			1.5	DGM						
43.36	KH-20	199			N69E	60N	339	60		C			PM	XX	P			WT	WT	3	CHL	CAL				2	DGM						
43.42	KH-20	200			N89E	68N	353	66		O			PJ	XX	S			WT	WT	2	CHL	CAL				1	DGM						
43.52	KH-20	201			N90E	73N	360	73		O			PJ	XX	S			WT	WT	2	CHL	CAL	ST			1	DGM						
45.73	KH-20	202			N70E	70N	340	70		O			PM	XX	P			MD	BR	2	CHL	ST				1	DGM						
46.30	KH-20	203			N50E	71N	320	71		O			PM	XX	P			WT	WT	1	CHL	CAL				0.8	DGM						
46.39	KH-20	204			N69E	72N	328	72		O			PM	XX	P			WT	WT	1.5	CHL	CAL				0.5	DGM						
46.86	KH-20	205			N48E	63S	318	63		C			PM	XX	S			WT	WT	1	CHL	CAL				1	DGM						
47.05	KH-20	206			N87E	45N	357	45		O			PJ	XX	P			WT	WT	3	CHL	CAL				1	DGM						
47.09	KH-20	207			N86E	72N	356	72		O			PJ	XX	S			WT	WT	4	CAL	CHL	PY			1							
47.15	KH-20	208			N73E	82N	343	82		C			PJ	XX	P			WT	WT	1	CHL	CAL				2	DGM						





KH-20割れ目データ

位置 (m)	ノック No.	走向	傾斜	走向 (BHTV)	傾斜 (BHTV)	Dip (trend)	Plunge	口径	Pattern1 Open/Close	間隙幅 (mm)	高線幅 (BHTV)	Pattern2	縦形状 主	家位	系類 (角度)	系類 (向き)	結核層 (cm)	家 色	厚 Alt. W.	幅 Alt. W.	1	2	3	4	5	6	7	幅(mm) Min. Thick	混合部材	その他	
70.37	KH-20	313		N77E	72N	347	72		C			PM	XX	P					Alt. W.	1.5	CHL	CAL									
70.42	KH-20	314		N67E	73N	330	73		C			PI	XX	S					Alt. W.	1	CHL	CAL									
70.50	KH-20	315		N75E	75S	345	75		C			PJ	XX	S					Alt. W.	2	ST	L	CHL								
70.61	KH-20	316		N60E	81S	360	81		C			PM	XX	S					Alt. W.	3	ST	CHL	CAL								
71.31	KH-20	317		N76E	76S	346	76		C			PM	XX	P					Alt. W.	3	CAL	CHL	ST								
71.45	KH-20	318		N66W	89N	4	89		O	8		PM	XX	S					Alt. W.	10	EP	L	CAL	CHL							
71.81	KH-20	319		N61E	56S	331	59		O			PM	XX	P					Alt. W.	1.5	CHL										
71.91	KH-20	320		N57W	56N	33	56		C			PM	XX	P					Alt. W.	1.5	CHL	CAL									
71.98	KH-20	321		N83W	55N	7	55		C			PM	XX	S					Alt. W.	2	L	ST	CAL								
72.52	KH-20	322		N90E	34S	360	34		O			PM	XD	S					Alt. W.	1	ST	CAL									
72.54	KH-20	323		N75W	77S	15	77		O			PM	XX	S					Alt. W.	1	ST	CAL									
72.82	KH-20	324		N44E	86S	314	86		C			PM	XX	P					Alt. W.	0.5	CHL	CAL									
72.78	KH-20	325		N69W	65N	21	65		O	10		PJ	XX	S					Alt. W.	6	EP	CHL	L	CAL							
72.82	KH-20	326		N69W	65N	21	65		O			PJ	XX	S					Alt. W.	6	EP	CHL	L	CAL							
72.87	KH-20	327		N71W	76S	19	78		C			PJ	XX	S					Alt. W.	5	CHL	CAL									
72.89	KH-20	328		N76W	86N	14	86		O	2		PJ	XX	S					Alt. W.	6	ST	CAL									
73.05	KH-20	329		N82W	73S	8	73		C			PJ	XX	S					Alt. W.	6	ST	CAL									
73.09	KH-20	330		N87W	65S	3	65		C			PJ	XX	S					Alt. W.	3	CHL	CAL									
73.18	KH-20	331		N86E	83N	356	83		O			PM	XX	P					Alt. W.	7	CHL	EP	CAL								
73.44	KH-20	332		N73E	50S	343	50		C			PM	XX	S					Alt. W.	15	CAL	EP									
73.58	KH-20	333		N59E	62S	329	62		C			PM	XX	P					Alt. W.	2	CAL	ST									
73.78	KH-20	334		N63E	44S	333	44		C			PM	XX	P					Alt. W.	2	CAL	ST									
73.90	KH-20	335		N69E	61S	339	61		C			PM	XX	P					Alt. W.	3	CAL										
73.87	KH-20	336		N61E	74N	331	74		C			PM	XX	S					Alt. W.	8	CHL										
73.90	KH-20	337		N57E	75N	327	75		O			PM	XX	P					Alt. W.	7	CHL										
73.96	KH-20	338		N72E	66S	342	66		O			PM	XX	S					Alt. W.	6	CHL	CAL									
74.00	KH-20	339		N63W	82N	7	82		C			PJ	XX	S					Alt. W.	5	CHL										
74.05	KH-20	340		N58E	79N	311	79		C			PM	XX	S					Alt. W.	3	CHL	CAL									
74.08	KH-20	341		N41E	70N	311	70		O	10		PM	XX	S					Alt. W.	11	RE	4	CHL	CAL							
74.31	KH-20	342		N49E	79N	313	79		O			PM	XX	S					Alt. W.	8	ST	CAL									
74.36	KH-20	343		N69E	76N	333	76		O			PM	XX	P					Alt. W.	4	ST	CAL									
74.41	KH-20	344		N70E	64N	340	64		O			PM	XX	P					Alt. W.	4	ST	CAL									
74.46	KH-20	345		N56E	74N	325	74		C			PM	XX	P					Alt. W.	3	CHL	ST									
74.54	KH-20	346		N57E	84N	327	84		O			PM	XX	P					Alt. W.	2	CHL	CAL									
74.59	KH-20	347		N48E	83N	318	83		O			PJ	XX	S					Alt. W.	6	CHL	CAL	PY								
74.63	KH-20	348		N82E	59N	352	59		O			PJ	XX	P					Alt. W.	10	CHL	CHL									
74.68	KH-20	349		N61E	85N	331	85		C			PJ	XX	S					Alt. W.	6	CHL	CAL									
74.72	KH-20	350		N63E	74N	333	74		O			PM	XX	S					Alt. W.	6	CHL										
74.79	KH-20	351		N78W	65S	12	85		C			PJ	XX	S					Alt. W.	0.5	L	CAL									
74.83	KH-20	352		N41W	56S	49	56		C			PM	XX	P					Alt. W.	0.5	CHL	ST									
75.05	KH-20	353		N75E	72N	345	72		C			PM	XX	S					Alt. W.	1	CAL	CHL									
75.09	KH-20	354		N74E	58N	344	58		O			PM	XX	S					Alt. W.	2	CAL	CHL									
75.12	KH-20	355		N70E	64N	340	64		C			PJ	XX	S					Alt. W.	6	CAL	CHL									
75.45	KH-20	356		N71E	64N	341	64		C			PM	XX	S					Alt. W.	3	ST										
76.35	KH-20	357		N64E	87S	334	87		C			PM	XX	S					Alt. W.	1	ST										
77.36	KH-20	358		N74E	73N	344	73		O			PJ	XX	P					Alt. W.	8	EP	ST	CAL	L							
77.43	KH-20	359		N89E	65N	356	65		O			PJ	XX	S					Alt. W.	6	CAL	L									
77.45	KH-20	360		N80E	73N	350	73		O	10		PJ	XX	S					Alt. W.	6	CAL	CHL	EP	L							
77.61	KH-20	361		N39W	62S	55	62		C			PM	XX	I					Alt. W.	3	L	CAL									
78.91	KH-20	362		N42E	89N	312	89		C			PM	XX	P					Alt. W.	0.5	ST										
79.16	KH-20	363		N65E	79N	335	79		C			PM	XX	P					Alt. W.	1.5	EP	CAL									
79.52	KH-20	364		N64W	81N	311	81		C			PM	XX	P					Alt. W.	0.5	ST										





## 添付資料.4



















