JAEA-Technology 2013-044



# 深度500m研究アクセス北坑道における 先行ボーリング調査報告書 (12MI27号孔, 12MI33号孔)

Results of Pilot Borehole Investigation in -500m Access/Research Gallery-North (12MI27 and 12MI33 Boreholes)

> 露口 耕治 黒岩 弘 川本 康司 山田 信人 大貫 賢二 岩月 輝希 竹内 竜史 尾方 伸久 須藤 正大 見掛 信一郎

Koji TSUYUGUCHI, Hiroshi KUROIWA, Koji KAWAMOTO, Nobuto YAMADA Kenji OHNUKI, Teruki IWATSUKI, Ryuji TAKEUCHI, Nobuhisa OGATA Masahiro SUTO and Shinichiro MIKAKE

> 地層処分研究開発部門 東濃地科学研究ユニット

Tono Geoscientific Research Unit Geological Isolation Research and Development Directorate

February 2014

Japan Atomic Energy Agency

日本原子力研究開発機構

本レポートは独立行政法人日本原子力研究開発機構が不定期に発行する成果報告書です。 本レポートの入手並びに著作権利用に関するお問い合わせは、下記あてにお問い合わせ下さい。 なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ホームページ(<u>http://www.jaea.go.jp</u>) より発信されています。

独立行政法人日本原子力研究開発機構 研究技術情報部 研究技術情報課
〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根2番地4
電話 029-282-6387, Fax 029-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency. Inquiries about availability and/or copyright of this report should be addressed to Intellectual Resources Section, Intellectual Resources Department, Japan Atomic Energy Agency. 2-4 Shirakata Shirane, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1195 Japan

Tel +81-29-282-6387, Fax +81-29-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

© Japan Atomic Energy Agency, 2014

## 深度 500m 研究アクセス北坑道における先行ボーリング調査報告書 (12MI27 号孔, 12MI33 号孔)

日本原子力研究開発機構

地層処分研究開発部門 東濃地科学研究ユニット 露口 耕治<sup>\*1</sup>,黒岩 弘<sup>\*2</sup>,川本 康司<sup>\*2</sup>,山田 信人<sup>\*2</sup>,大貫 賢二<sup>\*2</sup>, 岩月 輝希,竹内 竜史,尾方 伸久,須藤 正大<sup>+</sup>,見掛 信一郎<sup>+</sup>

(2013年10月31日受理)

本報告書は、「第1段階において構築した地質環境モデルの妥当性の確認および第2段階の地 質環境モデル更新のためのデータの蓄積」を目的とし、瑞浪超深地層研究所の深度500m研究ア クセス北坑道における先行ボーリング(12MI27号孔:掘削長37mabh,12MI33号孔:掘削長 107mabh)の調査結果を取りまとめたものである。

ボーリング調査では、地質学的、水理学的、地球化学的データ(岩盤等級、湧水箇所、湧水量、 湧水圧、透水係数等)を取得するとともに、これらに加えて12MI33 号孔においては第3段階の 再冠水試験に関する地下水の水圧・水質の初期状態および冠水坑道掘削時の変化の把握を目的に 水圧・水質モニタリング装置を設置した。

先行ボーリング調査による主な結果を以下に示す。

- ・深度 500m 研究アクセス北坑道周辺には、割れ目の少ない中粒から粗粒の等粒状組織を示す黒 雲母花崗岩(土岐花崗岩)が分布する。
- ・岩盤等級は両孔ともに概ね CH~B 級である。
- ・12MI33 号孔の 13mabh 付近に当初モデルで推定していなかった断層ガウジを伴う小規模断層 が認められた。
- ・12MI33 号孔に比べ,主立坑断層に近い 12MI27 号孔での割れ目密度は大きくなる傾向が認め られる。
- ・孔内湧水は両孔ともに少ない(最大で15L/min程度)。
- ・透水係数は、母岩の変質を伴う割れ目帯において 1.9E-10~2.6E-08m/sec、非変質帯で湧水量 が少ない区間で 4.8E-10~6.1E-09m/sec、非変質帯で湧水量が多い区間で 1.1E-07~
   2.7E-07m/sec の範囲であった。
- ・地下水の水質は、Na、Clに富む水質であり、Na 濃度は約 120~180mg/L、Cl 濃度は約 210~410mg/L の範囲であった。

東濃地科学センター(駐在):〒509-6132 岐阜県瑞浪市明世町山野内1-64

+ 東濃地科学センター 施設建設課

※1 技術開発協力員(現所属:株式会社四電技術コンサルタント)

※2 技術開発協力員

# Results of Pilot Borehole Investigation in -500m Access/Research Gallery-North (12MI27 and 12MI33 Boreholes)

## Koji TSUYUGUCHI<sup>\*1</sup>, Hiroshi KUROIWA<sup>\*2</sup>, Koji KAWAMOTO<sup>\*2</sup>, Nobuto YAMADA<sup>\*2</sup> Kenji OHNUKI<sup>\*2</sup>, Teruki IWATSUKI, Ryuji TAKEUCHI, Nobuhisa OGATA, Masahiro SUTO<sup>+</sup>and Shinichiro MIKAKE<sup>+</sup>

Tono Geoscientific Research Unit

Geological Isolation Research and Development Directorate, Japan Atomic Energy Agency Akiyo-cho, Mizunami-shi, Gifu-ken

(Received October 31, 2013)

This document summarizes the data of pilot boreholes (12MI27, 12MI33) in the -500m Access/Research Gallery-North of Mizunami Underground Research Laboratory (MIU). The boreholes were drilled to verify the geological environment model in phase I (Surface-based Investigation Phase) and the update in phase II (Construction Phase). The geological, hydraulic and geochemical data such as rock mass classification, groundwater inflow points and the volume, water pressure, and hydraulic conductivity at the -500m Access/Research Gallery-North were obtained. In addition, groundwater monitoring system was installed into 12MI33 borehole to observe the groundwater pressure and chemistry in initial condition and change during the excavation of closure test gallery for the flooding test in phase III (Operation Phase) research.

The outline of results of pilot boreholes investigation is follows:

- Biotite granite (Toki granite) with medium to coarse-grained equigranular texture with few fractures are characterized around the -500m Access/Research Gallery-North.
- $\cdot$  Rock mass classification is B to CH class in general.
- Minor fault with fault gouge (that was not presumed by an original model) are observed around 13 mabh in 12MI33 borehole.
- Density of fracture in 12MI27 borehole near the Main-shaft fault tends to be compared to 12MI33 borehole.
- Water inflow in both boreholes is less (Approx. 15mL/min).
- Permeability ranges from 1.9E-10 to 2.6E-08m/sec at the fracture zone with accompanying host rock alteration, from 4.8E-10 to 6.1E-09m/sec at the zone without alteration and with low inflow, from 1.1E-07 to 2.7E-07m/sec at the zone without alteration and with high inflow, respectively.
- $\cdot$  Groundwater chemistry is rich in Na and Cl ion with the concentration range from 120 to 180 mg/L, from 210 to 410 mg/L, respectively.

Keywords: Mizunami Underground Research Laboratory (MIU) Project, Crystalline Rock, Pilot Borehole Investigation

<sup>+</sup> Geoscience Facility Construction Section, Tono Geoscience Center

<sup>\*1</sup> Collaborating Engineer (Presently, Yonden Consultants, Inc.)

<sup>\*2</sup> Collaborating Engineer

# 目 次

1. はじめに	• 1
2. 調査概要	$\cdot 2$
2.1 調查目的	$\cdot 2$
2.2 調査期間	$\cdot 2$
2.3 調査位置	· 2
2.4 調査内容・数量	• 3
3. ボーリング孔の掘削	• 5
3.1 12MI27号孔	• 5
3.1.1 資材搬入・設営・準備作業	• 5
3.1.2 掘削作業	· 6
3.1.3 コア回収率	· 8
3.1.4 掘削水モニタリング測定結果(送水量、排水量)	· 8
3.1.5 孔芯傾斜測定結果	· 9
3.2 12MI33号孔	· 9
3.2.1 資材搬入・設営・準備作業	10
3.2.2 掘削作業	12
3.2.3 コア回収率	14
3.2.4 掘削水モニタリング測定結果(送水量、排水量)	14
3.2.5 孔芯傾斜測定結果	14
3.2.6 解体・撤去・搬出作業	15
4. 地質学的調査	16
4.1 コア観察	16
4.1.1 目的・方法 ·······	16
4.1.2 コア観察結果 ······	16
4.2 ボアホールテレビ (BTV) 観察	25
4.2.1 BTV観察方法	25
4.2.2 BTV観察結果	26
4.3 物理検層	29
4.3.1 実施内容	29
4.3.2 物理検層結果	30
5. 水理学的調査	39
5.1 水理試験	39
5.1.1 水理試験で使用する装置	39

5.1.2 水理試驗方法	40
5.1.3 解析方法	42
5.2 水理試験結果	42
5.2.1 12MI27号孔	42
5.2.2 12MI33号孔	48
5.3 代表値の選定	68
<b>6.</b> 地下水の地球化学的調査	75
6.1 掘削水の管理	75
6.1.1 掘削水の管理方法	75
6.1.2 掘削水の管理結果	75
6.2 地下水の採水・分析	78
<b>6.2.1</b> 地下水の採水・分析方法	78
6.2.2 地下水の採水・分析結果	81
7. 水圧・水質モニタリング装置の設置	83
7.1 水圧・水質モニタリング装置の設置の概要	83
7.2 水圧・水質モニタリング装置の設置の手順	85
7.3 水圧・水質モニタリング装置の設置状況の確認	85
8. まとめ	87
8.1 12MI27号孔	87
8.2 12MI33号孔	87
参考文献	89

## 付録CD

付録4.1.1:コア観察記載要領 付録4.1.2-1:コア写真\_12MI27号孔 付録4.1.2-2:コア観察記載シート\_12MI27号孔 付録4.1.2-3:コア写真\_12MI33号孔 付録4.1.2-4:コア観察記載シート\_12MI33号孔 付録4.2.2-1:BTV観察結果一覧・画像\_12MI27号孔 付録4.2.2-2:BTV観察結果一覧・画像\_12MI33号孔 付録5.2.1:12MI27号孔における単孔式水理試験結果 付録5.2.2:12MI33号孔における単孔式水理試験結果

## CONTENTS

1. Introduction	·· 1
2. Investigation outline	$\cdot \cdot 2$
2.1 Objects	$\cdot \cdot 2$
2.2 Investigation period ······	$\cdot \cdot 2$
2.3 Investigation site	$\cdot \cdot 2$
2.4 Investigation activities and quantities	·· 3
3. Borehole drilling	. 5
3.1 12MI27 pilot borehole ······	•• 5
3.1.1 Installation of equipment/ Set up/ Preparations	•• 5
3.1.2 Borehole drilling ······	. 6
3.1.3 Core recovery rate ·····	. 8
3.1.4 Monitoring result of drilling fluid (Delivery water and discharged water)	. 8
3.1.5 Result of borehole inclination measurement	·· 9
3.2 12MI33 pilot borehole ······	·· 9
3.2.1 Installation of equipment/ Set up/ Preparations	10
3.2.2 Borehole drilling ·····	12
3.2.3 Core recovery rate ·····	14
3.2.4 Monitoring result of drilling fluid (Delivery water/Discharged water	14
3.2.5 Result of borehole inclination measurement	14
3.2.6 Dismantlement/ Removal/ Discharge of equipment	15
4. Geological investigations	16
4.1 Core description ·····	16
4.1.1 Method of core description ·····	16
4.1.2 Results of core description	16
4.2 Borehole Television (BTV) ·····	25
4.2.1 Method of BTV	25
4.2.2 Results of BTV ·····	26
4.3 Geophysical logging ·····	29
4.3.1 Investigation outline ·····	29
4.3.2 Results of geophysical logging ·····	30
5. Hydraulic investigations	39
5.1 Hydraulic test ·····	39
5.1.1 Installation of hydraulic test equipment	39

5.1.2 Method of hydraulic test ·····	40
5.1.3 Analysis method of hydraulic test ·····	42
5.2 Results of hydraulic test ·····	42
5.2.1 12MI27 pilot borehole ·····	42
5.2.2 12MI33 pilot borehole ·····	48
5.3 Representative values of hydraulic conductivities	68
6. Hydrochemical investigations	75
6.1 Control of drilling fluid ·····	75
6.1.1 Method of controlled drilling fluid	75
6.1.2 Results of controlled drilling fluid	75
6.2 Groundwater sampling/ water analysis ·····	78
6.2.1 Method of groundwater sampling/ water analysis	78
6.2.2 Results of groundwater sampling/ water analysis	81
7. Installation of groundwater monitoring system	83
7.1 Summary of monitoring system ·····	83
7.2 Installation of monitoring system ·····	85
7.3 Confirmation of installation state of monitoring system	85
8. Conclusions	87
8.1 12MI27 pilot borehole ·····	87
8.2 12MI33 pilot borehole ·····	87
References ·····	89

## Appendix CD

#### 1. はじめに

独立行政法人日本原子力研究開発機構では、「地層処分技術に関する研究開発」のうち深地層の 科学的研究(地層科学研究)の一環として、結晶質岩(花崗岩)を対象とした超深地層研究所計 画を岐阜県瑞浪市において進めている。本計画は、「深部地質環境の調査・解析・評価技術の基盤 の整備」および「深地層における工学技術の基盤の整備」を全体目標として定め、「第1段階: 地表からの調査予測研究段階」、「第2段階:研究坑道の掘削を伴う研究段階」、「第3段階:研究 坑道を利用した研究段階」の3段階からなる約20年の計画である。現在は、第2段階および第3 段階における調査研究を実施している。そのうち第2段階では、「研究坑道の掘削を伴う調査研 究による地質環境モデルの構築、および研究坑道の掘削による深部地質環境の変化の把握」を段 階目標の一つとして調査研究を進めている。

本報告書は、瑞浪超深地層研究所(以下,研究所)において、実施中の「瑞浪超深地層研究所 研究坑道掘削工事(A工区その5)」において、深度500m研究アクセス北坑道の掘削に先駆けて 実施された2本の先行ボーリング孔の掘削・調査の結果を取りまとめたものである。先行ボーリ ング孔は、深度500m研究アクセス北坑道の主立坑中心から10.90m地点を孔口として北西方向 に掘削した12MI27号孔(掘削長:37.00mabh;<u>meter along borehole</u>)および同坑道の57mボ ーリング西横坑から同坑道に沿って掘削した12MI33号孔(掘削長:107.00mabh)である(図 2.3-1)。

## 2. 調査概要

## 2.1 調査目的

本調査は、「深度 500m 研究アクセス北坑道の施工情報(岩盤等級、湧水箇所、湧水量、湧水 圧、透水係数等)の取得」、「第1段階において構築した地質環境モデルの妥当性の確認および第 2段階モデル更新のためのデータの蓄積」を目的とし、2孔の先行ボーリング孔の掘削、地質学 的、水理学的、地下水の地球化学的調査および水圧・水質モニタリング装置を設置した。

## 2.2 調査期間

調査期間を以下に示す。

- ・12MI27 号孔:(自) 2012 年 5 月 15 日~(至) 2012 年 6 月 18 日 (35 日間,休日含む)
- ・12MI33 号孔:(自) 2013 年1月21日~(至) 2013 年3月21日(60日間, "))

## 2.3 調査位置

先行ボーリング孔(12MI27 号孔, 12MI33 号孔)の位置を,図 2.3-1,図 2.3-2 に示す。





(Shaft500 地質構造モデル 深度 500m 水平断面図) 図 2.3-2 深度 500m における先行ボーリング孔の位置<sup>2)</sup>

深度 500m 研究アクセス北坑道における 2本の先行ボーリング孔は、土岐花崗岩の下部割れ目 低密度帯の分布域に位置しており、上部割れ目帯と比較して透水係数が低いことを確認している<sup>1)</sup>。 また、先行ボーリング孔は、図 2.3-2 に示す地質構造モデル上 <sup>2)</sup>で推定されている断層 (SH460\_15\_3 断層)には遭遇しないと予測した。

## 2.4 調査内容·数量

12MI27 号孔, 12MI33 号孔の調査内容および数量を以下に示す。

## (1) 12MI27 号孔

①ボーリング孔の掘削長: 37.00mabh (7-5/8 インチシングルコアバーレル掘削区間;

0.00~4.00mabh, HQ-3WL (3 重管コアバーレル) 掘削区間; 4.00~37.00mabh)

②コア観察: 37.00mabh (0.00~37.00mabh)

③ボアホールテレビ (BTV) 観察 (以下, BTV 観察): 32.94 mabh (4.00~36.94 mabh)

④物理検層(孔径,電気,音波,中性子,密度,電磁フローメーター):32.60mabh(4.00~36.60mabh)

⑤水理試験:2区間(6.70~20.00mabh, 20.00~37.00mabh)

⑥採水・水質分析:2区間(6.70~20.00mabh, 20.00~37.00mabh)

## (2) 12MI33 号孔

- ①ボーリング孔の掘削長:107.00mabh(8-5/8インチシングルコアバーレル掘削区間;
- 0.00~4.00mabh, PQ-3WL(3 重管コアバーレル)掘削区間;4.00~42.56mabh, HQ-3WL (3 重管コアバーレル)掘削区間;42.56~107.00mabh)
- ②コア観察:107.00mabh (0.00~107.00mabh)
- ③BTV 観察:102.66mabh (4.00~42.23mabh, 42.56~106.99mabh)
- ④孔内検層(孔径,電気,音波,中性子,密度,電磁フローメーター): 102.50mabh (4.00~42.10mabh, 42.50~106.90mabh)
- ⑤水理試験:6区間(12.10~18.90mabh, 37.10~42.60mabh, 44.20~54.50mabh, 53.20~63.50mabh, 65.20~85.50mabh, 105.20~107.00mabh)

⑥採水・水質分析:3区間(12.10~18.90mabh, 37.10~42.60mabh, 105.20~107.00mabh) ⑦水圧・水質モニタリング装置の設置:観測区間6区間

## 3. ボーリング孔の掘削

## 3.1 12MI27 号孔

表 3.1-1 に 12MI27 号孔の作業概要を示す。

No	作業内容	作業日
1	【資材搬入・設営・準備作業】	2012 年 5 月 15~5 月 19 日
2	<ul> <li>【第1段掘削】</li> <li>0.00~4.00mabh:HQ-3WL(3 重管コアバーレル: Ø99.0mm) コアリング掘削およびコア観察</li> <li>0.00~4.00mabh: 7-5/8 インチ (Ø193.7mm) シングルコアバーレルにより拡孔</li> <li>0.00~4.00mabh: 5 インチケーシング設置および フルホールセメンチング</li> <li>5 インチケーシング加圧試験 (5MPa/10min)</li> </ul>	2012 年 5 月 21 日~5 月 30 日
3	【第2段掘削】 4.00~37.00mabh:HQ-3WLコアリング掘削および コア観察,孔内洗浄	2012 年 5 月 31 日~6 月 7 日
4	【BTV 観察・物理検層】4.00~36.94mabh	2012 年 6 月 8 日~6 月 12 日
5	【水理試験・採水】 2区間	2012 年 6 月 12 日~6 月 14 日
6	【解体・撤去・搬出作業】	2012 年 6 月 15 日~6 月 18 日

表 3.1-1	12MI27	号孔の	作業概要

## 3.1.1 資材搬入·設営·準備作業

2012年5月15日から16日まで資機材を荷卸, 試錐機を分解して立坑運搬を行い, 深度500m ステージ下で組立, 搬入した。設営作業は17日から19日まで1方作業にて実施した。スピンド ル型ボーリングマシンを傾斜角度-1°, 掘削方位N33°57′E(真北を基準)に設置した。 機材配置図および主要機材一覧表を図3.1.1-1, 表3.1.1-1に示す。



表 3.1.1-1 主要機材一覧表

名称		型式	規格	質量	数 量
ボーリングマシン		L-38-150	巻上げ能力 480kN 30kW	2, 060kg	1台
ボー	-リングポンプ	MG-25	吐出量 45~400L/min 22k₩	1, 700kg	1台
タ	排水タンク	_	0. 75m <sup>3</sup>	80kg	1槽
ン	デッチライン	-	0. 72m <sup>3</sup>	120kg	1槽
ク	貯水用タンク	_	3. 00m <sup>3</sup>	31kg	1槽
類	サクションタンク	_	2. 40m <sup>3</sup>	150kg	1槽
ロッ	ィド	HQ	長さ:3.00m, 1.00m	11.5kg/m	40.00m
コアバーレル		HQ-3WL (3 重管コアバーレル)	長さ:4.20m 外形:99.0mm, コア径:61.1mm インナーチューブ (アクリルチューブ内包)	40.0kg/m	1式
		7-5/8 インチシングル コアバーレル	長さ:2.00m 外径:193.7mm, コア径:168.3mm	40.0kg/m	1式
5イ	ンチケーシング	STGP-sch40	長さ:2.15m 外径:139.8mm,内径:126.6mm	12.9kg/m	2本
HW 🥠	テーシング	_	長さ:3.00m,1.00m 外径:114.3mm,内径:101.6mm	17.0kg/m	各1本
孔口	マニホールド	_	6インチ 30K フランジ	20kg	1式
装置	ゲートバルブ	_	6インチフランジ	60kg	1式
	プリペンダー	-	6インチフランジ	15kg	1式
配電	盤	_	200V (屋外用)	40kg	1式
孔芯傾斜測定器		Type-SR 村田製作所製	シングルショット 測定傾斜角 : 5-100°計	20kg	1式
掘	電磁流量計	LF410/400 東芝製	Ф 50mm, Ф 80mm	7kg	各1台
削	pH 測定器	HDM-136 東亜 DKK 製	測定範囲:pH1.00~14.00	3kg	1台
水 モ	pH 測定用センサー	HC-763 東亜 DKK 製	ヘッド圧方式 (一般用:-5~70℃)	1kg	1 台
ニタ	電気伝導度計 測定器	CEH-200 堀場アドバンテクノ製	電極式(4 電極方式) 測定 1. 0/2. 0/5. 0/10. 0/20. 0mS/cm	1kg	1台
リン	電気伝導度用 センサー	CHE-200 堀場アドバンテクノ製	投げ込みタイプ	1kg	1台
グ 装 置	温度計	E52-P5A-40 オムロン製	熱電対式 5m 測定範囲:0~350℃	1kg	1 台

## 3.1.2 掘削作業

12MI27 号孔の掘削は,深度 500m 研究アクセス北坑道内で実施することから,最大で 5MPa の湧水を伴うことが想定される。そのため,ボーリング孔の口元は,5 インチケーシングを 4.00mabh まで設置し,5 インチケーシングに暴墳対策として孔口装置(マニホールド,ゲート バルブ,プリペンダー)を取り付け,被圧条件下での掘削の安全性の担保と,各種調査時の湧水 量を適切にコントロールできるように計画した。

また,4.00~35.00mabh 間の掘削では,先行ボーリング計画段階(2011 年度末)で主立坑断 層周辺岩盤(母岩の変質を伴う割れ目帯)の割れ目や変質などが想定されており,新たな断層の 出現は予測されていないことから,35.00mabh まで BTV 観察,物理検層,水理試験が可能な孔 径: HQ-3WL(3 重管コアバーレル)で計画した。

12MI27 号孔の計画図を図 3.1.2-1 計画(a),完成図を図 3.1.2-1 完成(b)に示す。

## (1) 第1段掘削(0.00~4.00mabh)

第1段掘削は2012年5月21日から開始し、1方作業にて実施した。掘削用水は、深度500m研究アクセス北坑道に配管されている水道水を貯水用タンクに貯め、蛍光染料(アミノG酸)を5mg/L±10%の濃度で混入したものを使用した。当初計画は7-5/8インチシングルコアバーレルで0.00~4.00mabh区間を掘削する予定であったが、掘削に伴って大量湧水が発生した場合の対処等を考慮してHQ-3WL(3重管コアバーレル)での掘削を実施した。掘削中は掘削水のモニタリング装置(電磁流量計等,表3.1.1-1)を用いて自動計測で実施した。4.00mabhまでに湧水は認められなかったことから拡孔を実施し、図3.1.2-1完成(b)に示すように5インチケーシングを4.00mabhまで設置し、フルホールセメンチングを実施した。設置した5インチケーシングは、湧水抑制作業に対する耐圧性を確認するため、5MPa/10minでケーシング加圧試験を2回実施した。

## (2) 第 2 段掘削(4.00~37.00mabh)

第2段掘削は、5月31日にHWケーシングを仮ケーシングとして4.00mabhにセットした後, 孔口装置(マニホールド、ゲートバルブ、プリペンダー)を取付け、HQ-3WLでコアリング掘削 を37.00mabhまで1方作業にて実施した。ただし、物理検層を孔底の35.00mabhまで実施する ためには、余掘りを1.50m程度必要としたため、掘削長を2.00m追加し37.00mabhまで掘削を 行った。掘削中は第1段掘削と同様に掘削水のモニタリング装置を用いて自動計測で実施した。 また、掘削長20.00m毎に孔芯傾斜測定を行いボーリング孔跡(傾斜・方位)を管理した。

37.00mabh まで掘削した後に孔内を洗浄し,BTV 観察,物理検層(孔径検層等を36.60m),水理試験,採水作業(2区間)を1方作業にて実施した。



#### 3.1.3 コア回収率

本調査では、コア回収率向上のため、HQ-3WL を使用した。HQ-3WL はインナーチューブの 内側にアクリルチューブを内包している。アクリルチューブは縦に分かれる構造となっており、 コアの形状を壊すことなくアクリルチューブから取り出しが可能である。また、掘削時にコアが アクリルチューブに入ってくる際、ボーリングポンプからの送水と接触する度合いが一般的な 2 重管コアバーレルより少ないため、送水に起因するコアロスが軽減(特に軟質の場合は顕著)さ れる利点を持つ。ただし、コア径が 2 重管コアバーレルより小さくなるが(2 重管コアバーレル: コア径 63.5mm、3 重管コアバーレル:コア径 61.1mm)、調査への影響はないと判断した。 HQ-3WL でコアリング掘削した 0.00~37.00mabh 区間のコア採取率は、100%であった。

#### 3.1.4 掘削水モニタリング測定結果(送水量,排水量)

本調査では、掘削中の湧水量を把握するため、送水量および排水量を掘削水モニタリング装置 により自動計測で実施した。送水量および排水量の結果を、図 3.1.4-1 に示し、電気伝導度、PH、 温度については、6章の地下水の地球化学的調査、図 6.1.2-1 および図 6.1.2-2 に示す。

送水量および排水量については、一部、送水量に対し排水量に変化が見られる。これは湧水の 影響ではなく、掘削時の掘りくずが排水と一緒に排水されないことが起因し、排水量が安定しな かったと考えられる。また、掘削した 0.00~37.00mabh 区間の湧水は約 2.5L/min と少量のため、 掘削水モニタリング装置では確認することが困難であった。



図 3.1.4-1 12MI27 号孔における送水量および排水量データ

## 3.1.5 孔芯傾斜測定結果

ボーリング孔の方位は、N33°57′E (真北), 傾斜: -1.0°で掘削を開始した。ボーリング孔掘 削時の孔跡管理は, 20.00mabh 毎の測定を基本とし, 20.00mabh と 35.00mabh の箇所にて計測 を行った。測定方法は、磁気の影響を排除するために HQ-3WL 内のインナーチューブ先端に非 磁性ステンレスコンテナを接続し, その中に傾斜方位測定器を収納し, 写真記録方式で測定した。 結果,ほぼ掘削開始時の方位と傾斜を維持されたことが確認できた。結果を表 3.1.5-1 に示す。

表 3.1.5-1 孔芯傾斜測定結果

深度(mabh)	孔径	方位	傾斜
20.00	HQ-3WL ( $\phi$ 99.0mm)	N33° 50′ E	-1.0°
35.00	HQ-3WL ( $\phi$ 99.0mm)	N33° 50′ E	-1.0°

## 3.2 12MI33 号孔

表 3.2-1 に 12MI33 号孔の作業概要を示す。

No	作業内容	作業日時
1	【資材搬入・設営・準備作業】	2013年1月21日~1月25日
2	<ul> <li>【第1段掘削】</li> <li>0.00~4.00mabh:HQ HQ-3WL(3 重管コアバーレル: φ99.0mm) コアリング掘削およびコア観察</li> <li>0.00~4.00mabh:8-5/8 インチ(φ220.0mm) シングルコアバーレルにより拡孔</li> <li>0.00~4.00mabh:6 インチステンレスケーシング設置および フルホールセメンチング,</li> <li>6 インチステンレスケーシング加圧試験(5MPa/10min)</li> </ul>	2013 年 1 月 26 日~2 月 5 日
3	【第2段掘削】 4.00~42.56mabh:PQ-3WL(3重管コアバーレル:	2013 年 2 月 5 日~2 月 12 日

表 3.2-1 12MI33 号孔の作業概要(その 1)

No	作業内容	作業日
4	【BTV 観察・物理検層】4.00~42.23mabh	2013 年 2 月 14 日~2 月 16 日
5	【水理試験・採水】2 区間	2013 年 2 月 18 日~2 月 19 日
	【4 インチステンレスケーシングによる保孔対策】 0.00~42.56mabh:4 インチステンレスケーシング設置	
6	およびフルホールセメンチング	2013 年 2 月 20 日~2 月 21 日
	4インチステンレスケーシンク加圧試験(5MPa/10min)	
7	【第3段掘削】 42.56~107.00mabb、H0~2WI コマルング掘当はとたび	2012 年 2 日 22 日 - 2 日 1 日
/	42.30~107.00mlabil: ht=5ml コアウンウ掘削るよび コア観察,孔内洗浄	2013 4 2 7 22 6 ~ 3 7 1 6
8	【BTV 観察・物理検層】42.50~106.99mabh	2013 年 3 月 2 日~3 月 6 日
9	【水理試験・採水】4 区間(採水;1 区間)	2013 年 3 月 7 日~3 月 13 日
10	【水圧・水質モニタリング装置の設置】	2013 年 3 月 14 日~3 月 19 日
11	【解体・撤去・搬出作業】	2013 年 3 月 18 日~3 月 21 日

表 3.2-1 12MI33 号孔の作業概要(その 2)

## 3.2.1 資材搬入 設営 準備作業

2013年1月21日から22日に資機材を荷卸,ボーリングマシンを分解して立坑内に搬入を行い,深度500mステージ下で組立,設置した。設営作業は23日から25日まで1方作業にて実施した。スピンドル型ボーリングマシンを傾斜角度-3.0°,N3°23′W(真北)に設置した。





図 3.2.1-1 機材配置図

表 3.2.1-1	ボーリング孔掘削の主要機材
-----------	---------------

	名称	型式	規 格	質量	数量
ボー	-リングマシン	L-38-150	巻上げ能力 480kN, 30kW	2060kg	1台
ボー	-リングポンプ	MG-25	吐出量 45~400L/min, 22kW	1700kg	1 台
タ	排水タンク	_	0.75m <sup>3</sup>	80kg	1 槽
ン	デッチライン	_	0.72m <sup>3</sup>	120kg	1 槽
ク	貯水用タンク	_	3.00m <sup>3</sup>	31kg	1 槽
類	サクションタンク	_	2.40m <sup>3</sup>	150kg	1 槽
_	18	PQ	長さ:3.00m	15.50kg/m	120.00m
<u>ロ</u> ツ		HQ	長さ:3.00m	11.50kg/m	120.00m
		PQ-3WL(3 重管コアバ	長さ:3.20m 外径:122.0mm, コア径:85.0mm	F0 001 /	1 -
		ーレル)	インナーチューブ (アクリルチューブ内包)	50.00kg/m	I IL
コア	バーレル	HQ-3WL(3 重管コアバ ーレル)	長さ: 4.20m 外径:99.0mm, コア径:61.1mm インナーチューブ (アクリルチューブ内包)	40.00kg/m	1 式
		8-5/8 インチシングルコ アバーレル	長さ:2.00m 外径:220.0mm, コア径:188.7mm	50.0kg/m	1 式
6 インチステンレスケーシング		SUS304-sch40	長さ:1.00m, 1.50m, 2.20m 外径:165.2mm, 内径:151.0mm	28.0kg/m	各1本
4 インチステンレスケーシング		SUS304-sch40	長さ:3.00m 外径:114.3mm, コア径:102.3mm	11.0kg/m	15 本
PW ケーシング		DCDMA	長さ:3.00m, 1.00m 外径:139.8mm, コア径:126.3mm	17.0kg/m	各1本
孔	マニホールド	-	6 インチ 30K フランジ	20kg	1 式
払装	ゲートバルブ	-	6 インチフランジ	60kg	1 式
置	プリペンダー	-	6 インチフランジ	15kg	1 式
配冒	盤	-	200V(屋外用)	40kg	1 式
孔芯	5傾斜測定器	Type-SR 村田製作所製	シングルショット 測定傾斜角:5~100°	20kg	1 式
掘	電磁流量計	LF410/400 東芝製	Ф50mm, Ф80mm	7kg	各1台
削	pH 測定器	HDM-136 東亜DKK製	測定範囲:pH1.00~14.00	3kg	1 台
水 モ	水 <sub>モ</sub> PH 測定用センサー HC-763 東亜 DKK 製		ヘッド圧方式 (一般用:-5~70℃)	1kg	1 台
ニ タ 電気伝導度計測定器 リ		CHE-200 堀場アドバンテクノ製	電極式(4 電極方式) 測定範囲: 1.00/2.00/5.00/10.0/20.0mS/cm	1kg	1 台
ング	電気伝導度用センサー	CHE-200 堀場アドバンテクノ製	投げ込みタイプ	1kg	1 台
装 置	温度計	E52-P5A-40 オムロン製	熱電対式 5m 測定範囲∶0~350℃	1kg	1台

#### 3.2.2 掘削作業

12MI33 号孔の掘削計画は、12MI27 号孔と同様に、最大で 5MPa の湧水を伴うことが想定さ れることから、ボーリング孔の口元は、6 インチケーシングを 4.00mabh まで設置し、6 インチ ケーシングに暴墳対策として孔口装置(マニホールド、ゲートバルブ、プリペンダー)を取り付 け、被圧条件下での掘削の安全性の担保と、各種調査時の湧水量を適切にコントロールできるよ うに計画した。

また,4.00~105.00mabh間の掘削では,先行ボーリング計画段階(2011年度末)で断層の出 現は予測されていないことから,105.00mabhまで BTV 観察,物理検層,水理試験が可能な孔 径:HQ-3WL(3 重管コアバーレル)で計画した。しかし,本調査実施直前の坑道掘削における壁 面地質調査において,S500\_prov\_22 断層が確認されたことからボーリング孔掘削計画を見直し, 10MI23 号孔で実績のある多段ケーシング工法に掘削計画を変更した。

12MI33 号孔の計画図を図 3.2.2-1 計画(a),完成図を図 3.2.2-1 完成(b)に示す。

#### (1) 第1段掘削(0.00~4.00mabh)

第1段掘削は2013年1月26日より着手し、1方作業で実施した。掘削に必要な用水は、深度500m研究アクセス東横坑の切羽からの湧水を貯水用タンクに貯め、蛍光染料(アミノG酸)を5mg/L±10%の濃度で混入したものを使用した。当初計画は8-5/8インチシングルコアバーレルで0.00~4.00mabh区間を掘削する予定であったが、掘削に伴って大量湧水が発生した場合の止水対処等を考慮してHQ-3WL(3重管コアバーレル)での掘削を実施した。掘削中は掘削水モニタリング装置(電磁流量計等、表 3.2.1-1)を用いて自動計測で実施した。4.00mabhまでに湧水は認められなかったことから拡孔を実施し、図3.2.2-1完成(b)に示すように、6インチステンレスケーシングを4.00mabhまで設置し、フルホールセメンチングを実施した。設置した6インチステンレスケーシングのフルホールセメンチングは、湧水抑制作業に対する耐圧性を確認するため、5MPa/10minでケーシング加圧試験を2回実施した。

#### (2) 第 2 段掘削(4.00~42.56mabh)

第2段掘削は2月5日にPWケーシングを仮ケーシングとして4.00mabhにセットした後,孔 口装置(マニホールド,ゲートバルブ,プリペンダー)を取付け,PQ-3WL(3重管コアバーレ ル)によって4.00~42.56mabhまでの掘削を2方作業にて実施した。掘削中は第1段掘削と同 様に掘削水モニタリング装置を用いて自動計測で実施した。また,掘削長20m毎に孔芯傾斜測定 を行い,ボーリング孔跡(傾斜・方位)を管理した。

コア観察によると 12.60~18.40mabh 区間に S500\_prov\_22 断層が確認されたことから 42.56mabh までの掘削後に孔内を洗浄し, BTV 観察, 物理検層, 水理試験(2 区間)を実施し た。

#### (3) 4 インチステンレスケーシングによる保孔対策

PQ-3WL で 42.56mabh 以深の掘削時に大量湧水が発生した場合, S500\_prov\_22 断層部の孔 壁が保持できないと判断したため,図 3.2.2-1 完成(b)に示すように、4 インチステンレスケーシ ングによる保孔対策を実施した。

保孔対策は、BTV 観察、物理検層、水理試験を実施した後に図 3.2.2-1 完成(b)に示すように、

4インチステンレスケーシングを 42.56mabh まで設置し,フルホールセメンチングを実施した。 孔内に設置した 4 インチステンレスケーシングは,湧水抑制に対する耐久性を確認するため,ケ ーシング加圧試験を 2 回実施した。

## (4) 第3段掘削(42.56~107.00mabh)

第3段掘削はHQ-3WLによって42.56~107.00mabhまで掘削を実施した。また,掘削長 20.00m毎に孔芯傾斜測定を行いボーリング孔跡の傾斜・方位を管理した。

107.00mabh まで掘削後に孔内を洗浄し,BTV 観察,物理検層,水理試験(4区間)を実施した後に,水圧・水質モニタリング装置を設置した。



図 3.2.2-1 12MI33 号孔の計画および完成図

## 3.2.3 コア回収率

コア回収率向上のため、12MI27 号孔と同様に HQ-3WL および PQ-3WL を使用した。

HQ-3WL で掘削した 0.00~4.00mabh および 42.56~107.00mabh 区間,また, PQ-3WL で掘 削した 4.00~42.56mabh 区間ともコア採取率は,100%であった。

## 3.2.4 掘削水モニタリング測定結果(送水量,排水量)

本調査では、掘削中の湧水量を把握するため、12MI27 号孔と同様に、送水量および排水量を 掘削水モニタリング装置により自動計測で実施した。送水量および排水量の結果を、図 3.2.4-1 に示し、電気伝導度、PH、温度については、6章の地下水の地球化学的調査、図 6.1.2-3、4 およ び図 6.1.2-5、6 に示す。また、掘削した 0.00~107.00mabh 区間の湧水は最大で約 15.0L/min と少量のため、掘削水モニタリング装置では確認することが困難であった。



図 3.2.4-1 12MI33 号孔における送水量および排水量データ

## 3.2.5 孔芯傾斜測定結果

ボーリング孔の方位は, N3<sup>°</sup> 23′ W (真北), 傾斜: -3.0<sup>°</sup>で掘削を開始した。ボーリング孔掘 削時の孔跡管理は, 20mabh 毎に方位と傾斜の測定を行った。

測定方法は、12MI27 号孔と同様に PQ-3WL および HQ-3WL 内のインナーチューブ先端に孔 芯傾斜測定器を収納し測定した。孔芯傾斜測定結果は、60.00mabh までは傾斜が-3.0°、方位 N3°W と概ね当初設定と近似する状況であったが、80.00mabh 以深では、徐々に上向きになり 100.00mabh では-1.0°となった。結果を表 3.2.5-1 に示す。

深度(mabh)	孔径	方位	傾斜
20.00	PQ-3WL (¢122.0mm)	N3° 00″W	-3.0°
40.00	PQ-3WL (¢122.0mm)	N3° 00″W	-3. 0°
60.00	HQ-3WL ( $\phi$ 99.0mm)	N3° 00″W	-3. 0°
80.00	HQ-3WL ( $\phi$ 99.0mm)	N3° 00″W	−2. 5°
100.00	HQ−3WL (φ99.0mm)	N3° 00″W	-1.0°

表 3.2.5-1 孔芯傾斜測定結果

## 3.2.6 解体 撤去 搬出作業

ボーリングマシンを分解し、3月18日から20日にかけて深度500mステージから主立坑地上 設備まで資機材の荷揚げ作業を1方作業にて実施し、3月21日にすべての資機材を敷地外に搬出 した。

#### 4. 地質学的調査

#### 4.1 コア観察

#### 4.1.1 目的·方法

コア観察は、12MI27 号孔では主立坑断層周辺岩盤(母岩の変質を伴う割れ目帯)の割れ目や 変質、12MI33 号孔では下部割れ目低密度帯の地質学的特徴を把握することが先行ボーリング計 画段階(2011 年度末)での目的であった。しかし、12MI33 号孔の実施直前の坑道掘削における 壁面地質調査において、S500\_prov\_22 断層が確認されたことから、この断層とその分布および 周辺岩盤の割れ目や変質についても把握することを目的として実施した。

コアの記載は、これまでの研究所およびその周辺において実施してきたボーリング調査の基準 に基づいて行うこととし(付録 4.1.1)、記載用紙のスケールは 1/10 とした。

#### 4.1.2 コア観察結果

#### (1) 12MI27 号孔

12MI27 号孔におけるコア観察および BTV 観察の結果をまとめた総合柱状図を図 4.1.2-1 に示 す。また、コア写真を付録 4.1.2-1、コア観察記載シートを付録 4.1.2-2 に示す。

#### 1) 岩相

12MI27 号孔のコアは,主に黒雲母花崗岩で構成される。その他に,9.05~9.15mabh,24.97 ~25.10mabh, 25.32~25.40mabh, 33.95~34.00mabh および 36.10~36.30mabh ではペグマ タイトが認められた。黒雲母花崗岩とペグマタイトの境界は明瞭である。

黒雲母花崗岩は,主に中粒〜粗粒の等粒状組織を示す(写真 4.1.2-1)。主要構成鉱物は,石英, カリ長石,斜長石,黒雲母であり,石英,カリ長石,斜長石は自形〜半自形,黒雲母は半自形〜 他形である。鉱物の粒径は,石英,斜長石および黒雲母が 2~10mm,カリ長石が 2~15mm で ある。なお,24.70~31.40mabh では黒雲母が帯状に濃集する(写真 4.1.2-2)。

ペグマタイトは幅 5~20cm で認められる(写真 4.1.2-3)。粗粒で等粒状組織を示し,主要構成 鉱物は,鉱物の粒径が 20~30mm の石英とカリ長石からなる。



図 4.1.2-1 12MI27 号孔コア観察・BTV 観察総合柱状図



写真4.1.2-1 中粒~粗粒の黒雲母花崗岩(6.20 ~6.40mabh)



写真 4.1.2-2 黒雲母が帯状に濃集した中粒~ 粗粒の黒雲母花崗岩(25.30~25.50mabh)



写真 4.1.2-3 ペグマタイト(9.00~9.20mabh)

## 2) 断層

12MI27 号孔では断層は確認されなかった。

## 3)割れ目記載

## (a) 割れ目密度

割れ目密度は平均 7.3 本/m で,最大は 22.00~23.00mabh の 19.0+本/m,最小は 8.00~ 9.00mabh と 10.00~11.00mabh の 1.0 本/m であった。

注)コアが礫状となり割れ目を正確に数えることが出来ない区間は割れ目密度の数値に「+」を記した。

## (b)割れ目沿いの周辺の変質

割れ目沿いの変質は,新鮮〜弱変質を主体とするが,13.00~18.00mabh では中〜強変質となる。特に14.00~16.70mabh では,ほとんどの黒雲母が緑泥石に置き換わっており,コア全体が暗緑色〜淡緑色を呈する(写真4.1.2-4)。

#### JAEA-Technology 2013-044



## 写真 4.1.2-4 コア全体が暗緑色~淡緑色を呈する変質(14.25~14.45mabh)

#### (c) 割れ目の介在鉱物

割れ目の介在鉱物は,緑泥石がほぼ全区間において認められた。方解石は 0.00~14.00mabh と 23.00~37.00mabh, 黄鉄鉱は 32.00mabh 以深,スメクタイトおよび雲母粘土鉱物に相当する と考えられる淡緑色の粘土鉱物は 14.00~16.00mabh, 22.00~23.00mabh および 32.00mabh 付 近,赤鉄鉱と考えられる赤色細粒の鉱物を 20.47mabh で確認した。これ以外の鉱物は認められ なかった。

#### 4) RQD

RQD は平均 68.3%で,最大は 8.00~9.00mabh, 10.00~12.00mabh および 23.00~24.00mabh の 100%,最小は 14.00~15.00mabh の 0.0%であった。

#### 5) 岩盤等級

岩盤等級はCH級を主体とし、割れ目の少ない箇所でB級、割れ目が多い箇所でCM級となる。 14.35~16.70mabhでは、母岩が緑色に変質しコアが軟質になっているためCL級となる。なお、 12MI27号孔ではA級およびD級は認められなかった。

#### (2) 12MI33 号孔

12MI33 号孔におけるコア観察および BTV 観察の結果をまとめた総合柱状図を図 4.1.2-2 に示 す。また、コア写真を付録 4.1.2-3、コア観察記載シートを付録 4.1.2-4 に示す。

#### 1) 岩相

12MI33 号孔のコアは,主に黒雲母花崗岩で構成される。その他に,39.00~39.05mabh,76.60 ~76.63mabh,80.50~80.60mabh および 103.10~103.20mabh ではペグマタイト,26.60~ 26.65mabh,57.40~58.70mabh,63.80~64.00mabh および 66.00~66.35mabh ではアプライ トが認められた。黒雲母花崗岩とペグマタイトやアプライトの境界は明瞭である。

黒雲母花崗岩は, 主に中粒〜粗粒の等粒状組織を示す (写真 4.1.2-5)。主要構成鉱物は, 石英, カリ長石, 斜長石, 黒雲母であり, 石英, カリ長石, 斜長石は自形〜半自形, 黒雲母は半自形〜 他形である。鉱物の粒径は, 石英, 斜長石および黒雲母が 2~10mm, カリ長石が 2~20mm で ある。



図 4.1.2-2 12MI33 号孔コア観察・BTV 観察総合柱状図

ペグマタイトは幅 3~10cm で認められる(写真 4.1.2-6)。粗粒で等粒状組織を示し,主要構成 鉱物は,鉱物の粒径が 20~30mm の石英とカリ長石からなる。

アプライトは幅 5~35cm で認められる(写真 4.1.2-7)。粒径 1mm 以下の石英,カリ長石と少量の黒雲母が帯状に分布し,黒雲母花崗岩との境界は漸移的である。



写真 4.1.2-5 中粒〜粗粒の黒雲母 花崗岩(41.10〜41.30mabh)



写真 4.1.2-6 ペグマタイト(103.10~103.30mabh)



写真 4.1.2-7 アプライト(34.70~34.90mabh)

## 2) 断層

12MI33 号孔では,坑道の壁面地質調査で確認されていた S500\_prov\_22 断層を 12.60~ 18.40mabh で確認した(図 4.1.2·3)。この断層では,13.00mabh 付近および 15.17mabh 付近に 断層ガウジが認められる。15.17mabh 付近の断層ガウジ(写真 4.1.2·8) は,幅は 1cm 未満で, 淡灰色の粘土が帯状に分布する。断層面の条痕は不明瞭である。断層ガウジの走向傾斜は,BTV 観察の結果から N43°W62°Nで,壁面地質調査で確認された S500\_prov\_22 断層の走向傾斜とほ ぼ一致する。13.00mabh 付近の断層ガウジは,コアが角礫化し詳細は不明だが,BTV 観察の結 果から断層ガウジの走向傾斜は N33°W49°Nで,幅は 4mm であった。

#### JAEA-Technology 2013-044



写真 4.1.2-8 S500\_prov\_22 断層の 15.17mabh 付近の断層ガウジ(15.10~15.30mabh)



図 4.1.2-3 先行ボーリング調査結果にもとづく地質平面図 2)に加筆

## 3) 割れ目記載

## (a) 割れ目密度

割れ目密度は平均 3.3 本/m で,最大は 15.00~16.00mabh の 21.0 本/m, 21.00mabh 以深では 割れ目が少なく 34 区間/m で 0.0 本/m であった。

## (b) 割れ目沿いの変質

割れ目沿いの変質は,新鮮〜弱変質を主体とするが,10.40~18.40mabh では中〜強変質となる。特に 15.00mabh 付近では,ほとんどの黒雲母が緑泥石に置き換わっており,コア全体が暗緑色~淡緑色を呈する(写真 4.1.2-9)。

#### JAEA-Technology 2013-044



## 写真 4.1.2-9 コア全体が暗緑色~淡緑色を呈する変質(14.10~14.30mabh)

#### (c)割れ目の介在鉱物

割れ目の介在鉱物は、方解石がほぼ全区間において認められた。緑泥石は 0.00~85.00mabh, 黄鉄鉱は 10.00~80.00mabh, スメクタイトおよび雲母粘土鉱物に相当すると考えられる淡緑色 の粘土鉱物は 0.00~20.00mabh で確認した。これ以外の鉱物は認められなかった。

#### 4) RQD

RQD は平均 89.1%で, 20.00mabh 以深は RQD が高く平均 96.0%であった。最小は 15.00~ 16.00mabh の 0.0%であった。

#### 5) 岩盤等級

岩盤等級は、18.40mabh まで CM~CH 級が主体で、18.40mabh 以深では CH 級~B 級が主体 となるが、割れ目の少ない箇所で A 級、割れ目の多い箇所で CM 級となる。10.40~10.85mabh、 13.00~13.20mabh および 14.85~16.00mabh では、母岩が変質しコアが軟質になっているため CL 級となる。なお、12MI33 号孔では D 級岩盤は認められなかった。

## 4.2 ボアホールテレビ(BTV)観察

## 4.2.1 BTV 観察方法

BTV 観察は、ボーリング孔内の壁面情報(割れ目の位置・方位・開口幅・形状、ペグマタイトや貫入岩脈の位置・方位)を連続的かつ詳細に取得することを目的として実施した。BTV 観察の 実施内容を表 4.2.1-1 に示す。

孔番	観察区間(mabh) 測定長(m)		作業期間	備考
12MI27	4.00~36.94	32.94	2012 年 6 月 8 日	孔底 37.00mabh
12MI33	4.00~42.23	38.23	2013 年 2 月 13 日	孔底 42.23mabh
	42.56~106.99	64.43	2013 年 3 月 2 日	孔底 106.99mabh

表 4.2.1-1 BTV 観察の数量・作業工程

BTV 観察は、リアルタイムでの孔壁全周の展開画像をフルカラーで記録でき、幅 0.1mm 以下の割れ目を解析可能な精度で、展開画像と方位データを連続的に記録できる機器を使用した。表 4.2.1-2 に使用機器・機材一覧を示す。

名 称	型 式	機能	数量	備考
BIP システム コントロールユニット	ODS-200	プローブ・ウインチ制御	1	レアックス社製
BIPS データ解析 プログラム	Ver2.71	データ解析	1	レアックス社製
ノート型 PC	Tough Book CF-30	展開画像作成·記録	1	パナソニック社製 143GB HDD 内臓
展開画像専用 プローブ	BPR-555A	孔壁の展開画像撮影	1	レアックス社製 CCD カメラ, 円錐ミラー 蛍光燈照明 磁気方位センサー φ50mm アクリル窓 耐圧 10MPa, 1ライン 720 画素
水平押込装置	BIP-SCR2	深度測定	1	レアックス社製 0.25mm/Pulse 深度測定機能のみ使用
200mケプラーケーブル &ウインチ	BIPV-200W	プローブ昇降装置	1	レアックス社製
バックアップ用 HDD レコーダ	GR-D650	バックアップ用画像記録	1	ビクター社製 MiniDV 方式録画

表 4.2.1-2 BTV 観察の使用機器・機材

## 4.2.2 BTV 観察結果

#### (1) 12MI27 号孔

12MI27 号孔における BTV 観察結果の一覧と展開画像を付録 4.2.2-1 に示す。

## 1)割れ目の本数と密度

展開画像で確認された割れ目は,全体で205本,そのうちへアークラックが全体の半数以上を 占め,明瞭割れ目,不連続割れ目の順となる。割れ目全体の平均割れ目密度は6.2本/mであるが, 開口した明瞭割れ目は0.4本/mにすぎない。観察された割れ目の本数と平均割れ目密度を表 4.2.2-1に示す。

割れ目の	)区分	本数		割合(%)		平均害 密度(:	削れ目 本/m)
明時割を日	開口なし	50	45	20.2	22.0	10	1.4
97-17-17-17-17-17-17-17-17-17-17-17-17-17	開口あり	50	13	20.3	6.3	1.0	0.4
ヘアークラック		119		58.0			3.6
不連続害	不連続割れ目		28	13.7			0.9
合	計	205		100.0			6.2

表 4.2.2-1 12MI27 号孔の割れ目本数と平均割れ目密度

(測定長=32.94m)

## 2)割れ目の方位

割れ目の方位データを基に、割れ目沿いの変質が強い区間(12.00~18.00mabh)と割れ目沿 いの変質が弱い区間(4.00~12.00mabh, 18.00~36.94mabh)のステレオネットを作成した(図 4.1.2-1「割れ目方位」)。ステレオネットを作成した各区間の走向傾斜毎の割れ目本数を表 4.2.2-2 に示す。傾斜は、30°未満を低角度傾斜、30°以上 60°未満を中角度傾斜、60°以上を高角度傾斜 として示している。

表 4.2.2-2 12MI27 号孔のステレオネット区間の走向傾斜毎の割れ目本数

组成现由	NW走向				소락		
說佘沐皮 (mabh)	低角度 傾斜	中角度 傾斜	高角度 傾斜	低角度 傾斜	中角度 傾斜	高角度 傾斜	(本)
4.00~12.00	1	7	7	0	0	2	17
12.00~18.00	0	5	57	0	0	5	67
18.00 <b>~</b> 36.94	0	3	67	0	5	46	121

割れ目沿いの変質が強い区間では,NNW 走向で高角度傾斜,割れ目沿いの変質が弱い区間では WNW~EW 走向で高角度傾斜が卓越する。

## (2) 12MI33 号孔

12MI33 号孔における BTV 観察結果の一覧と BTV 画像を付録 4.2.2-2 に示す。

## 1)割れ目の本数と密度

展開画像で確認された割れ目は,全体で291本,そのうちへアークラックが全体の半数以上を 占め,明瞭割れ目,不連続割れ目の順となる。割れ目全体の平均割れ目密度は2.8本/mであるが, 開口した明瞭割れ目は0.2本/mにすぎない。観察された割れ目の本数と平均割れ目密度を表 4.2.2-3に示す。

割れ目の区分		本数		割合(%)		平均割れ目 密度(本/m)	
開口なし	0.4	77	20.2	26.5	0.0	0.8	
開口あり	54	17	32.3	5.8	0.9	0.2	
ヘアークラック		150		51.5		1.5	
不連続割れ目		47	16.2			0.5	
計	291		100.0			2.8	
	D区分 開口なし 開口あり ラック リれ目 計	D区分 本 開口なし 開口あり ラック - リれ目 - 計	DE分 本数 開口なし 開口あり 94 77 94 17 17 うック 150 小日 291	DE分 本数 割合 開口なし 94 77 開口あり 17 ラック 150 小和目 47 計 291	DE分     本数     割合(%)       開口なし     94     77     32.3     26.5       開口あり     94     17     32.3     5.8       ラック     150     51.5       小日     47     16.2       計     291     100.0	DE分     本数     割合(%)     平均語 密度(2)       開口なし 開口あり     94     77     32.3     26.5     0.9       ブック     17     51.5     51.5     100.0       기れ目     47     16.2     100.0	

表 4.2.2-3 12MI33 号孔の割れ目本数と平均割れ目密度

(測定長=102.66m)

## 2) 割れ目の方位

割れ目の方位データを基に、割れ目沿いの変質が強い区間(10.40~18.40mabh)と割れ目沿 いの変質が弱い区間(4.00~10.40mabh, 18.40~50.00mabh, 50.00~106.99mabh)のステレ オネットを作成した(図 4.1.2-2「割れ目方位」)。ステレオネットを作成した各区間の走向傾斜毎 の割れ目本数を表 4.2.2-4 に示す。傾斜は, 30°未満を低角度傾斜, 30°以上 60°未満を中角度傾 斜, 60°以上を高角度傾斜として示している。

表 4.2.2-4 12MI33 号孔のステレオネット区間の走向傾斜毎の割れ目本数

组成次由	NW走向				소린		
戰奈/木皮 (mabh)	低角度 傾斜	中角度 傾斜	高角度 傾斜	低角度 傾斜	中角度 傾斜	高角度 傾斜	(本)
4.00~10.40	0	0	13	0	11	16	40
10.40~18.40	0	10	42	0	8	22	82
18.40 <b>~</b> 50.00	0	1	62	0	2	45	110
50.00~106.99	1	4	39	0	4	11	59

割れ目沿いの変質が強い区間では、NW 走向で高角度傾斜が、割れ目沿いの変質が弱い区間では、NW~NE 走向で高角度傾斜が卓越する。

## 4.3 物理検層

## 4.3.1 実施内容

物理検層の実施項目および実績を表 4.3.1-1 に、使用機器一覧表を表 4.3.1-2 に示す。

커포	調本項目	調査実績						
九會	調査項日	調査区間	作業期間					
1204127	孔径検層	4.00~36.60mabh	2012年6月8日					
	電気検層	4.00~36.60mabh	2012年6月11日					
	密度検層	4.00~36.60mabh	2012年6月12日					
I ZIVIIZ /	中性子検層	4.00∼36.60mabh	2012年6月11日					
	音波検層	4.00~34.90mabh	2012年6月11日					
	電磁フローメーター検層	4.00~36.60mabh	2012年6月9日					
	孔径検層	[1回目] 4.00~41.10mabh	2013年2月14日					
		[2回目] 42.50~106.80mabh	2013年3月4日					
	電気検層	[1回目] 4.00~42.00mabh	2013年2月15日					
		[2回目] 42.50~106.90mabh	2013年3月5日					
	密度検層	[1回目] 4.00~42.10mabh	2013年2月16日					
1014100		[2回目] 42.50~106.80mabh	2013年3月6日					
1210133	山井スな屋	[1回目] 4.00~42.10mabh	2013年2月16日					
	中住于俠眉	[2回目] 42.50~106.80mabh	2013年3月6日					
	<b>去</b> 边检网	[1回目] 4.00~41.20mabh	2013年2月15日					
	百次快借	[2回目] 42.50~105.90mabh	2013年3月5日					
	●磁フロ ↓友 诠网	[1回目] 4.00~42.00mabh	2013年2月14日					
	電磁フローメーター検層	[2回目] 42.50~106.80mabh	2013年3月4日					

表 4.3.1-1 物理検層の実施項目・実績

## 表 4.3.1-2 物理検層の使用機器

種目	機器	型式	仕様
	測定機器	LPM-202 RMM-2003 (×2)	電源 : AC100V±10% 50/60Hz BIN DC 300V・測定電源 90mA
孔径検層	孔内機器(ゾンデ)	X-Y AXIS	外径 : 44.0mm 全長 : 2.17m 測定範囲 : 5~71cm 耐圧 : 15,000psi 測定温度 : max 190℃
電気検層	測定機器	ELM-204 SCM-304	測定動作周波数:240Hz±10Hz 出力:25cmノルマル/100cmノルマル/SP 動作範囲:比抵抗(0~20kΩm) SP(0~200mV)
	孔内機器(ゾンデ)		外径:51.0mm 全長:1.7m 電極:25cmノルマル/100cmノルマル/SP
	測定機器	SYSTEM VI	
密度検層	孔内機器 (ゾンデ)	CNL-9139	外径:51mm 全長:2.83m 線源: <sup>137</sup> Cs (74GBq) ディテクタ:Nalシンチレーション 測定誤差:0.05g/cm <sup>3</sup> 以内
	測定機器	SYSTEM VI	
中性子検層	孔内機器 (ゾンデ)	CNL-9073	外径:50.8mm 全長:2.83m 線源: <sup>241</sup> Am-Be(185GBq) ディテクタ:He-3 比例計数管
	測定機器	MATRIX Logger	
音波検層	孔内機器(ゾンデ)	FWS50	外径:50.0mm 全長:3.9m 最小対応孔径:60mm 耐圧:20.0MPa 耐温:70℃ Tx-Rx:Rx1 0.8m, Rx2 1.2m, Rx3 1.6m 基本周波数:20kHz 収録時間間隔:最小2.0μS
	測定機器	SYSTEM VI	
電磁フローメー ター検層	孔内機器 (ゾンデ)	EMFM-9721	外径:60.0mm 全長:1.6m 流速範囲:0~60℃ 精度:±5% 泥水比抵抗測定範囲:0~500Ωm 精度:±5%

## 4.3.2 物理検層結果

## (1) 12MI27 号孔

12MI27 号孔の物理検層結果をコア観察データと対比して図 4.3.2-1 に示す。また, 1)~6)に各 物理検層結果について示す。なお,密度検層と中性子検層の結果は,孔径の補正を適応した値で ある。

## 1) 孔径検層

測定区間の平均孔径は 99.1mm で、ほぼ掘削孔径( φ 99.0mm)に等しい。

孔径拡大は 14.50~15.80mabh と 31.70~31.80mabh の短い区間で認められ, それぞれの最大 孔径は X 軸で 109.5mm(15.80mabh)と 112.2mm(31.70mabh)となっている。15.80mabh はコア観察から強変質と認められる箇所, 31.70mabh は, 電磁フローメーター検層での最大流入 区間に相当している。

## 2) 電気検層

大部分の区間でロングノルマル値は 1000Ω・m 以上の高比抵抗値となっており, 概ね健岩部 であるといえる。比抵抗の減少は 14.00~18.00mabh および 31.50~32.00mabh でみられ, これ らの区間はコア観察結果の中~強変質部および, 電磁フローメーター検層での流体流入区間に相 当する。また, 22.00~23.00mabh でも比抵抗は減少しており, 割れ目密度の増加に起因するも のと考えられる。

#### 3) 密度検層

密度値は大部分で2.6g/cm<sup>3</sup>以上の高密度となっており,測定区間の平均は2.61g/cm<sup>3</sup>であった。 強変質部および流体流入箇所でも2.50g/cm<sup>3</sup>以上であり、全区間で概ね均質な高密度区間となっ ている。密度の減少区間は、15.00mabh付近と31.50mabh付近であり、これらは強変質区間お よび流体流入区間に該当している。

#### 4) 中性子検層

ほぼすべての測定区間で1%以下の低い間隙率となっている。間隙率の増加は,15.00mabh付近と31.50mabh付近でみられ,密度検層における密度の低下箇所と調和的である。

#### 5) 音波検層

P波速度の平均は5.5km/secで、S波速度が読み取れた区間での平均値は3.2km/secである。 P波速度、S波速度ともに概ね健岩の花崗岩の弾性波速度を示している。コア観察で中〜強変質 がみとめられた13.40~17.90mabh付近ではP波速度の低下がみられ、とくに強変質と認められ る14.00~16.00mabh付近でその傾向が顕著である。変質部以外にも、電磁フローメーター検層 で最大流入区間となっている31.70mabh付近においても、強変質部と同程度のP波速度の低下 がみられる。なお、P波速度の低下区間では、波形の減衰によりS波の初動が不明瞭となること があることから、13.40~17.90mabh、30.30~32.40mabhではS波速度の算出が行えなかった。
## 6) 電磁フローメーター検層

電磁フローメーター検層の解釈結果を表 4.3.2・1 に示す。電磁フローメーター検層の結果は, 全区間で孔底から孔口方向へ向かう流れであり,流出区間は存在しない。31.60~33.00mabh が 最大流入区間となっている。その他の区間からの流入は微小であり,コア観察から変質が認めら れた 13.00mabh~18.00mabh の区間においても流入は認められない。36.00mabh 以深に流入箇 所が存在しているが,36.00mabh 以深は孔径検層からも孔径拡大は認められず,また,電磁フロ ーメーター検層は孔底付近でデータの乱れが生じる可能性がある点から,これは,測定エラーで ある可能性も否定できない。

掘削深度 (mabh)	流出入	流出入量 <sup>(*)</sup> (L/min)	備考
13.0~16.5	微流入	+0.23	
16.5~31.6	微流入	+0.27	
31.6~33.0	流入	+1.16	最大流入区間
36.0以深	微流入	+0.51	

表 4.3.2-1 12MI27 号孔電磁フローメーター検層解釈結果

(\*) 流出入量 +: 孔井内への流入, -: 孔井外への流出

This is a blank page.



図4.3.2-1 12MI27 号孔 ボーリング調査結果(物理検層)

#### (2) 12MI33 号孔

12MI33 号孔は,42.56m まで PQ サイズでの掘削を行った後にケーシングを挿入し,その後, 掘削径を HQ サイズに変更して再度掘削を行ったため,物理検層を 2 回に分けて実施している。 4.00~41.00mabh の PQ サイズ区間のデータを取得したものを 1 次検層,HQ サイズでの掘削に 変更した後に,41.00~107.00mabh 区間について実施したものを 2 次検層とした。12MI33 号孔 の物理検層結果を図 4.3.2・2 に示す。また,1)~6)に各物理検層結果について示す。なお,12MI27 号孔と同様,密度値および間隙率は,孔径の補正を適用した結果である。

#### 1) 孔径検層

1 次検層区間の平均孔径は 124.1mm で,ほぼ掘削孔径( φ 123mm) に等しい。浅部の孔径拡大区間の中で,コア観察の結果から割れ目密度の高い 12.00~18.20mabh 区間の変化が大きく,なかでも,断層ガウジが認められる 13.00mabh 付近の孔径拡大が顕著である。孔径の最大値は,X 軸で 157.7mm (13.10mabh), Y 軸で 176.7mm (13.00mabh) である。

2 次検層区間の平均孔径は 99.9mm であり,1 次検層と同様,ほぼ掘削孔径(φ99mm)に等 しい。X 軸と Y 軸の平均値はそれぞれ 99.4mm, 100.4mm であり,Y 軸が X 軸よりも 1mm 大 きくなっている。これは、水平ボーリング孔での測定であることから、ツールのセントラライズ が完全にできないことの影響であると考えられる。

#### 2) 電気検層

1 次検層区間では、12.00~18.20mabh の中~強変質区間を除いて、ロングノルマル値は 1000  $\Omega$ ・m 以上の高比抵抗となっている。中~強変質区間では比抵抗の低下が顕著で、 1000  $\Omega$ ・m 以下の低比抵抗値を示している。

2 次検層区間は、全区間において高比抵抗値を示しており、コア観察結果から全区間にわたって割れ目密度が低い点とも調和的である。

#### 3) 密度検層

1次検層区間における密度値の平均は2.56g/cm<sup>3</sup>となっている。測定区間全体で変化が小さく, 12.00~18.20mabh の中~強変質区間でも平均は 2.52g/cm<sup>3</sup>である。ただし、断層ガウジが確認 された 13.1mabh 付近は最も密度が低下しており、2.36g/cm<sup>3</sup>を示している。

2次検層区間での密度値の平均は2.58 g/cm<sup>3</sup>となっており,顕著な密度低下区間は存在しない。

#### 4) 中性子検層

1 次検層区間での間隙率は概ね 2%以下の低間隙率である。中~強変質区間の 12.00~ 18.20mabh とそれ以外の区間を比較すると、中~強変質区間での間隙率の平均値は 2.64%、それ 以外の区間では 1.72%であり、変質区間で間隙率の増加がみられる。最大の間隙率は、13.30mabh での 3.8%である。

2次検層区間でもほぼ全区間で2%以下の低間隙率となっており,割れ目密度の高い68.00m付近の2.6%が最も高い間隙率である。

#### 5) 音波検層

1次検層区間のうち,速度の読み取りができた区間の平均速度は、4.00~11.80mabh 区間で P 波速度が5.56km/sec,S波速度が3.12km/sec,18.80~35.70mabh 区間で P波速度が5.79km/sec, S波速度が3.17km/sec である。11.90~18.70mabh と 35.70~42.10mabh は P 波,S 波ともに初 動を読取ることができず,速度算出が行えなかった。これらの区間は、ともに電磁フローメータ 一検層における流体の流出入区間に相当しており、岩盤中の流体がボーリング孔内に流入した際 に流体の圧力が低下し、溶存気体が遊離したことにより音波の減衰が発生したことが、速度算出 不能となった原因であると考えられる。

2次検層区間のうち、速度の読み取りができた区間の平均速度は P 波速度が 5.70km/sec, S 波 速度が 3.21km/sec である。概ね全区間において健岩の花崗岩に相当する高い速度値を示してい るが、47.00mabh 付近と 68.00mabh 付近は相対的に低速度で、P 波速度が 5.00km/sec を下回 っている。また、89.20~94.00mabh と 104.40~105.90mabh では速度算出が行えなかった。 47.00mabh 付近および 89.20~94.00mabh と 104.40~105.90mabh はいずれも電磁フローメー ター検層での流入区間となっていることから、速度低下および速度算出不能の原因は 1 次検層と 同様に流体中の溶存気体の遊離であると考えられる。68.00mabh 付近は流入区間ではないが、コ ア観察から割れ目沿いの変質が確認されていることから、変質の影響を受けた速度低下であると 考えられる。

#### 6) 電磁フローメーター検層

電磁フローメーター検層の解釈結果を表 4.3.2-2 に示す。

1 次検層の結果は、全区間で孔底から孔口方向への流れであり、12.00~15.00mabh と 36.80~ 41.00mabh からの流入が顕著である。

2 次検層の結果は、1次検層同様、全区間で孔底から孔口方向への流れであり、孔底付近と90.00~ 94.00mabhからの流入が顕著である。90.00~94.00mabhは、2 次検層区間での最大流入区間であり、 次の主流入区間は孔底付近の106.00~106.80mabhである。

	掘削深度 (mabh)	流出入	流出入量 <sup>(*)</sup> (L∕min)	備考	
	4.0~8.0	微流出	-1.5		
1 次 検 層	12.0~15.0	流入	+5.9		
	15.0~18.0	微流出	-2.1		
	24.0~26.0	微流入	+1.3		
	36.8~38.0	流入	+3.7		
	38.0~40.0	微流入	+1.2		
	40.0~41.0	流入	+3.3		
2	46.0~48.0	流入	+2.6		
2 次	54.0 <b>~</b> 56.0	微流入	+0.7		
検	90.0~94.0	流入	+7.9	最大流入区間	
層	106.0~106.8	流入	+6.3		

表 4.3.2-2 12MI33 号孔電磁フローメーター検層解釈結果

(\*) 流出入量 +: 孔井内への流入, -: 孔井外への流出



図 4.3.2-2 12MI33 号孔 ボーリング調査結果(物理検層)

### 5 水理学的調査

#### 5.1 水理試験

#### 5.1.1 水理試験で使用する装置

水理試験では、日本原子力研究開発機構が所有する「深度 1000m 対応揚水試験機<sup>3</sup>」を、地下 坑道内での湧水環境下における試験を念頭に改良<sup>4)</sup>した水理試験装置を使用した(JAEA 揚水試 験機改良型1号機;図5.1.1-1)。水理試験装置の孔内部仕様を表5.1.1-1に、孔外部仕様を表5.1.1-2 に示す。

本水理試験装置は、圧力計、気圧計、流量計などの電気・通信系機器を孔外に配置し、孔内部 はパッカー、ロッドおよびストレーナのみの単純な構成としたものである。孔内部を単純な構成 にすることにより挿入時および回収時における孔内部の取扱いが容易となり、かつ漏水などによ る電気的なトラブルを避けることができる。パッカー編成は、試験区間をダブルパッカーで形成 し、試験区間の上部区間における湧水を止めるためのロ元パッカーを追加したトリプルパッカー 編成としている。ボーリング孔の孔底部を含む区間で試験を行う場合は、下部パッカーで試験区 間を形成し、その上部にはロ元パッカーを設置する編成とする。試験区間からの揚水量は、孔口 のロッドに電磁流量計を取り付け測定する。試験区間の開閉はメインバルブによって制御し、試 験区間からの揚水量はグローブバルブおよびボールバルブの開度によって制御する。

本水理試験装置では,各区間の圧力,湧水量を連続的に測定することで,区間の透水係数等を 算定・評価する。なお,閉鎖区間の圧力漏えい等の監視とデータの品質管理のため,各パッカー 圧力の連続測定が可能である。



図 5.1.1-1 水理試験装置(JAEA 揚水試験機改良型1号機)概念図

分類	装 置(図5.1.1-1に対応)	主要部品 数量など	仕様
	パッカーユニット	3台(下部用、上部用、口元用)	スライド式 最大拡張圧5MPa. 適用孔径 <i>φ</i> 100~140mm
	ストレーナ(試験区間用)	0.5m,1m,2m,3m(ステンレス製)	穴あきパイプ, 外形 \$42.7mm
		1m,2m,2.5m,3m	外形 <b>φ42.7mm 内径</b> φ35.8mm
孔内部		ステンレス製	連結部外径 $\phi$ 49.0mm
-	パッカーライン(パッカー圧用)	設置深度に応じて調整	ナイロン製 6×4mm 最高使用圧力5.0MPa
	圧カライン(区間圧用)	設置深度に応じて調整	ナイロン製 6×4mm 最高使用圧力3.0MPa

表 5.1.1-1 水理試験装置の構成・仕様(孔内部)

### 表 5.1.1-2 水理試験装置の構成・仕様(孔外部)

分類	装 置(図5.1.1-1に対応)	主要部品 数量など	仕様
	電磁流量計	2台	MAX:290L/min, 精度:0.1%FS MAX:30L/min, 精度:0.1%FS
	メインバルブ	1台	ボールバルブ 高耐圧仕様
	グローブバルブ	2台	流量調整用(1-1/2"、1/2")
	ボールバルブ	1台	パルス試験流量調整用(1/4")
		水晶振動式絶対圧計2台	MAX:13.8MPa 精度:0.01%FS
	圧力計ボックス	ひずみゲージ圧力計4台	MAX:10MPa 精度:0.1%FS
孔外部		気圧計1台	0~1034hPa,精度0.05%FS
	パッカー拡張用タンク	3台(パッカー1台につきタンク1台)	パッカー拡張用 容量10L
	水質モニタリング電極	1台	測定範囲 pH:0~14 COND:0~9.99S/m Do:0~19.99mg/L TEMP:0~55℃ ORP:±1999mV
	データ表示・収録コンピュータ	パソコン(PC)、表示器、バッテリー	HOST-PC(サンプリング間隔1sec)、 Graph-PC

#### 5.1.2 水理試験方法

水理試験は、パルス試験(PW:Pulse Withdrawal),定流量揚水試験(RW:Constant Rate Withdrawal)を実施した。

湧水量が 2L/min となる区間については、水理試験装置の構造上、バルブ操作による定流量制 御の方が定圧力制御よりも安定した精度を保て、かつ操作が容易であることから、定流量揚水試 験(RW)を選択した。図 5.1.2-1 に基本的な試験手順フローを示す。

また,パルス試験(PW)は低透水性区間に適用する試験方法であるが,今回は概算の透水性の把握と地下水中の溶存ガスの遊離状況を把握するための圧縮率の算定を目的として,湧水量に関わらず全区間で実施した。

水理試験中は、原位置にて圧力の時間変化とそのデリバティブプロットを用いた実測データを リアルタイムで確認することにより<sup>5</sup>、解析の前提となる放射状の均質な流れ(Infinite acting radial flow: IARF),井戸貯留の影響および境界条件の影響の有無を判断することで品質の向上 に努めた。以下にパルス試験(PW)および定流量揚水試験(RW)の概要を示す。



### (1)パルス試験(PW)

パルス試験(PW)は、メインバルブを閉鎖して閉鎖区間を形成し、瞬時にボールバルブの開 閉を行うことにより区間の間隙水圧に対して差圧を生じさせ、その後の水圧変化を水圧計で測定 する方法である(図 5.1.2-2)。パルス試験(PW)は、試験に伴う水の移動量が少なく水圧収束 が早いため、透水性の低い箇所での試験に適している。



図 5.1.2-2 パルス試験(PW)概要

### (2) 定流量揚水試験(RW) および定流量揚水試験後の回復試験(RWS)

定流量揚水試験(RW)は、一定の揚水量で試験区間の地下水を汲み上げ、このときの試験区間の水位変化を水圧計で測定する方法である(図 5.1.2-3)。

定流量揚水試験後の回復試験(RWS:Pressure Recovery after Constant Rate Withdrawal (shut-in))は、定流量揚水試験(RW)終了後、メインバルブを閉鎖し、閉鎖系での圧力回復を 水圧計で測定する方法である。

定流量揚水試験(RW)は試験区間の湧水量が2L/min以上の場合に実施した。



図 5.1.2-3 定流量揚水試験(RW)概要

#### 5.1.3 解析方法

水理試験結果に基づく水理特性の算出は理論式による解析を基本とし、パルス試験(PW)は Hvorslev法<sup>6)</sup>または Cooper 法<sup>7)</sup>、定流量揚水試験(RW)は Jacob-Cooper 法<sup>8)</sup>、定流量揚水試 験後の回復試験(RWS)は Agarwal 法<sup>9)</sup>による解析を行った。その他の解析方法として、水理 解析ソフトウェアである nSIGHTS(旧 GTFM<sup>10)</sup>)によるカーブマッチング手法を用いた。

各試験方法の詳細は、付録 5.2.3 水理試験解析式を参照。

#### 5.2 水理試験結果

各ボーリング孔で実施した水理試験結果を下記に示す。

表 5.3-1, 図 5.3-1, 2 に水理試験の結果(代表値)を示す。代表値の一覧には,各ボーリング 孔における試験実施日,試験区間,区間長ならびに水理特性を算出した試験イベントと解析方法 など,トレーサビリティーの観点から必要と考えられる情報についても記載した。

#### 5.2.1 12MI27 号孔

#### (1)試験区間 No.1(6.30~20.00mabh)

本試験は、母岩の変質を伴う割れ目帯における割れ目沿いの変質が著しい区間を対象として実 施した。

## 1)装置構成

図 5.2.1-1 に試験区間 No.1 の装置構成を示す。

装置構成はダブルパッカー編成とした。試験区間の湧水量の測定結果は0.38L/minのため,パルス試験(PW)のみを2回実施した。そのためパルス試験(PW)のみを行う装置編成とした。



図 5.2.1-1 試験区間 No.1 装置構成

## 2)各区間の間隙水圧測定

図 5.2.1-2 に試験区間 No.1 の圧力変化を示す。

パルス試験(PW)前日の17時37分に間隙水圧測定(PSR)を開始し、夜間は間隙水圧の回 復に充てた。

間隙水圧はなだらかな曲線を描き,約15時間後のパルス試験前には18cm/hの変化に落ち着いた。間隙水圧は,期間全体を通して最大値を確認したパルス試験(PW)1直前の値(3.6468MPa)とした。

試験区間 No.1 の試験中に P1 区間への明瞭な圧力応答は確認できなかった。



図 5.2.1-2 試験区間 No.1 の圧力変化図

### 3)試験結果

表 5.2.1-1 に試験区間 No.1 の結果を示す。

試験区間 No.1 のパルス試験 (PW) 1, パルス試験 (PW) 2 の結果, 透水係数はパルス試験 (PW) 1 で 3.69E-10m/sec, 2.84E-10m/sec, パルス試験 (PW) 2 で 1.92E-10m/sec, 2.27E-10m/sec であった。解析結果からパルス試験 (PW) 2 の結果を選定した。なお, 個々の試験解析図や考察 は付録 5.2.1 に示した。

パルス試験 (PW) の排水量から算定した圧縮率の値はパルス試験 (PW) 1, パルス試験 (PW) 2 ともほぼ同様の値であり,表 5.2.1-1 に示す試験区間内を水+パッカーと仮定した圧縮率に近い 値を示した。

		12MI27号孔	No.1			
試験開始日	2012/6/	13 8:57	試験終了日	2012/6/1	3 14:00	
使用装置	JAEA揚水試験機	改良型 1号機	パッカー構成	ダブルノ	ペッカー	
試験区間上端	(mabh)	6.70	掘削深度	(mabh)	37.00	
試験区間下端	(mabh)	20.00	掘削孔半径	(m)	0.05	
試験区間長	(m)	13.30	掘削傾斜角		水平下向	
圧力計高さ	(底盤+m)	0.15	ロッド半径	(m)	0.0179	
		計驗概更	- -			
宝施試驗	$INF \sim PSR \sim PW$	$1 \sim PW2 \sim DFF$				
大・パッカーのCompressh	ility (m <sup>3</sup> /Pa)	6.52E-11	システム容積	(L)	106_30	
ガス+パッカーのCompresse	sshility (m <sup>3</sup> /Pa)	5. 32E-08	区間運水量	(L/min)	0.38	
<u> 間隙水圧測定</u>						
水圧記録時のイベント	PW1	PW2	DEF		備考	
試験前P1水圧 (MPa)	4.0257	4.0262	4.1290	_	上昇傾向	
試験前P2水圧(MPa)	3.6468	3.6345	3.6228	_	ほぼ安定	
試験前P3水圧(MPa)	_	_	_	_	P3区間無し	
		PW1試験結:	 果			
試験区間のCompressibility	(m³/Pa)	1.04E-10	PWの排水量	(L)	0.15	
仮想半径Rw	(m)	4.31E-04	最大水位低下量	(m)	146.57	
		PW2試験結:	果			
試験区間のCompressibility	(m³/Pa)	1.09E-10	PWの排水量	(L)	0.15	
仮想半径Rw	(m)	—	最大水位低下量	(m)	140.00	
		韶长结甲	·			
	$T_{1}(2/2)$	<u></u> 唐彻祏术	S(-)	$S_{c}(1/m)$	韶垢古注	
边小武歌石	I (m/sec)	x (III/ Sec)	3(-)	5 62E-07	所切力伝 Cooper	
PW1	4.911-09 3.77E-00	2 8/F-10	· · 4/E-00	5. 02E-07	Huorolov	
	2 56F-09	2.040 - 10 1 02F-10	3 71F-05	2 79F-06	Cooper	
PW2	3. 02E-09	2. 27E-10	-	-	Hvorslev	

表 5.2.1-1 試験区間 No.1 の結果

## (2)試験区間 No.2(20.00~37.00mabh)

本試験は、母岩の変質を伴う割れ目帯における割れ目沿いの変質が弱い区間(31.00~34.00mabh付近の湧水割れ目を含む)を対象として実施した。

# 1)装置構成

図 5.2.1-3 に試験区間 No.2 の装置編成を示す。

試験区間湧水量測定結果は 1.95L/min であり、パルス試験(PW)のみとする基準の 2L/min 以下である。しかしながら基準の湧水量に近いことと採水を実施することから定流量揚水試験

(RW)/定流量揚水試験後の回復試験(RWS)を試験的に試みた。そのため、揚水試験用の装置 編成とした。



図 5.2.1-3 試験区間 No.2 装置構成

# 2)各区間の間隙水圧測定

図 5.2.1-4 に No.2 の圧力変化を示す。

パルス試験(PW)前日の16時13分に間隙水圧測定(PSR)を開始し、夜間は間隙水圧の回 復に充てた。間隙水圧はなだらかな曲線を描き、約16時間後のパルス試験(PW)前には0.02m/h の変化に落ち着いた。間隙水圧の回復はNo.1試験区間より早く、透水性がより高い状況を反映 していると考えられる。

間隙水圧は、期間全体を通して最大値を確認したパルス試験(PW)1直前の値(4.0223MPa) とした。なお試験区間 No.2 の試験中に孔口側区間の P2 区間への明瞭な圧力応答は確認できなかった。



図 5.2.1-4 試験区間 No.2 の圧力変化図

### 3)試験結果

表 5.2.1-2 に試験区間 No.2 の結果を示す。

定流量揚水試験(RW)/定流量揚水試験後の回復試験(RWS)は湧水量が少ないことから揚水 量が安定しなかったため、定流量とならなかった。そのため、解析を実施していない。ただしパ ルス試験(PW)の結果は良好であり、試験区間の透水係数が得られた。透水係数はパルス試験

(PW)1で7.52E-09m/sec, 5.57E-09m/sec, パルス試験(PW)2で6.55E-09m/sec, 5.02E-09m/sec
であった。透水試験は、パルス試験(PW)1、パルス試験(PW)2の結果に優劣は特になく、
+分な間隙水圧測定(PSR)の時間を設けたパルス試験(PW)1の結果を選定した。個々の試験の解析図や考察は付録5.2.1に示した。

パルス試験 (PW) の排水量から算定した圧縮率の値はパルス試験 (PW) 1, パルス試験 (PW) 2 ともほぼ同様の値であり,表 5.2.1-2 に示す試験区間内を水+パッカーと仮定した圧縮率に近い 値を示した。

表 5.2.1-2 試験区間 No.2 の結果

		12MI27号孔	No.2		
試験開始日	2012/6/	14 9:00	試験終了日	2012/6/14 15:00	
使用装置	JAEA揚水試験機	改良型 1号機	パッカー構成	シングル	パッカー
試験区間上端	(mabh)	20.00	掘削深度	(mabh)	37.00
試験区間下端	(mabh)	37.00	掘削孔半径	(m)	0.05
試験区間長	(m)	17.00	掘削傾斜角		水平下向
圧力計高さ	(底盤+m)	0.15	ロッド半径	(m)	0.0179
		試験概要			
実施試験	INF~PSR~PW	l~RW/RWS (水	質モニタリン	グ)~PW2~DE	F
水+パッカーのCompress	bility (m <sup>3</sup> /Pa)	8.27E-11	システム容積	(L)	153.40
ガス+パッカーのCompre	ssbility (m³/Pa)	7.67E-08	区間湧水量	(L/min)	1.95
		間隙水圧測	定		
水圧記録時のイベント	PW1	RW/RWS	PW2	DEF	備考
試験前P1水圧(MPa)	4.0223	4.0178	4.0195	4.0177	ほぼ安定
試験前P2水圧(MPa)			3.6457	ほぼ安定	
試験前P3水圧(MPa) -		_	_	_	P3区間無し
		PW1試験結	果		
試験区間のCompressibility	(m³/Pa)	1.09E-10	PWの排水量	(L)	0.14
仮想半径Rw	(m)	4.82E-04	最大水位低下量	(m)	130.93
		RW/RWS試験約	吉果		
平均揚水流量	(L/min)	_	揚水時間	(min)	_
Shut-In時水位低下量	(m)	_	積算揚水量	(L)	-
		PW2試験結	果		
試験区間のCompressibility	(m³/Pa)	1.04E-10	PWの排水量	(L)	0.21
仮想半径Rw	(m)	_	最大水位低下量	(m)	205.67
		解析結果			
透水試験名	T $(m^2/sec)$	k(m/sec)	S ( - )	Ss(1/m)	解析方法
1 אות	1.28E-07	7.52E-09	9.31E-11	5.48E-12	Cooper
LM1	9.54E-08	5.57E-09	_	_	Hvorslev
	解析不可				Cooper-Jacob
KW/ KWS	解析不可				Agarwal
DWO	1.11E-07	6.55E-09	9.30E-11	5.47E-12	Cooper
rw∠	8.53E-08	5.02E-09	—	—	Hvorslev

## 5.2.2 12MI33 号孔

## (1)試験区間 No.1(12.10~18.90mabh)

本試験は、母岩の変質を伴う割れ目帯における断層主要部を含む区間を対象として実施した。

### 1)装置構成

図 5.2.2-1 に試験区間 No.1 の装置構成を示す。

試験区間 No.1 は、ダブルパッカーで閉塞する編成とした。湧水量が 2.5L/min であるため、定流量揚水試験(RW)/定流量揚水試験後の回復試験(RWS)を実施することから、揚水試験用の装置編成とした。



図 5.2.2-1 試験区間 No.1 装置構成

# 2)各区間の間隙水圧測定

図 5.2.2-2 に試験区間 No.1 の圧力変化を示す。

試験区間である P2 区間の間隙水圧は、パッカー拡張後から短時間で 3MPa 程度まで上昇し、 その後はなだらかな上昇が継続した。ただし、全体的な変化の傾向から間隙水圧収束の末期であ ると考えられる。間隙水圧は、期間全体を通して最大値を確認した定流量揚水試験(RW)直前 の値(4.0215MPa)とした。

P1 区間の間隙水圧は、パッカーの拡張後から数秒足らずで 4MPa まで上昇し、その後はほぼ 安定した。P1 区間は孔底付近の湧水量 7.5L/min の割れ目を含んでおり、透水性が高い状況を反 映していると考えられる。





図 5.2.2-2 試験区間 No.1の圧力変化図

### 3) 試験結果

表 5.2.2-1 に試験区間 No.1 の試験結果一覧を示す。

試験区間 No.1 のパルス試験(PW)1, 定流量揚水試験(RW)/定流量揚水試験後の回復試験(RWS),パルス試験(PW)2の結果,透水係数はパルス試験(PW)1で2.21E-08m/sec,定流量揚水試験(RW)/定流量揚水試験後の回復試験(RWS)で2.62E-08m/sec,5.10E-08m/sec,パルス試験(PW)2で2.81E-08m/secであった。解析結果から定流量揚水試験(RW)の結果を 選定した。なお,個々の試験解析図や考察は付録5.2.2に示した。

パルス試験 (PW) の排水量から算定した圧縮率の値はパルス試験 (PW) 1, パルス試験 (PW) 2 ともほぼ同様の値であり,表 5.2.2-1 に示す試験区間内を水+パッカーと仮定した圧縮率に近い 値を示した。

表	5.	2.	2-	1	試験区間	No.	1	の結果
---	----	----	----	---	------	-----	---	-----

		12MI33号孔	No.1				
試験開始日	2013/2/1	8 22:00	試験終了日	2013/2/2	19 18:00		
使用装置	JAEA揚水試験機	改良型 1号機	パッカー構成	ダブルバ	ペッカー		
試験区間上端	(mabh)	12.10	掘削深度	(mabh)	42.56		
試験区間下端	(mabh)	18.90	掘削孔半径	(m)	0.06		
試験区間長	(m)	6.80	掘削傾斜角		水平下向		
圧力計高さ	(底盤+m)	0.30	ロッド半径	(m)	0.0179		
		試験概要					
実施試験	INF~PSR~PW	$L \sim RW/RWS \sim PW$	2~DEF(水質=	モニタリングノ	<ul><li>/採水4L)</li></ul>		
水+パッカーのCompress	oility (m <sup>3</sup> /Pa)	5.57E-11	システム容積	(L)	87.10		
ガス+パッカーのCompre	ssbility (m <sup>3</sup> /Pa)	4.36E-08	区間湧水量	(L/min)	2.50		
		間隙水圧測	定				
水圧記録時のイベント	PW1	RW/RWS	PW2	DEF	備考		
試験前P1水圧(MPa)	4.0211	4.0215	4.0205	4.0204	ほぼ安定		
試験前P2水圧 (MPa)	3.7294	3.7292	3.7083	3.7109	上昇傾向		
試験前P3水圧 (MPa) -		_	-	_	P3区間無し		
PW1試験結果							
試験区間のCompressibility	(m³/Pa)	3.41E-10	PWの排水量	(L)	0.32		
仮想半径Rw	(m)	1.03E-03	最大水位低下量	(m)	9.58		
		RW/RWS試験約	吉果				
平均揚水流量	(L/min)	0.80	揚水時間	(min)	228		
Shut-In時水位低下量	(m)	98.81	積算揚水量	(L)	182.40		
		PW2試験結:	果				
試験区間のCompressibility	(m <sup>3</sup> /Pa)	3.15E-10	PWの排水量	(L)	0.32		
仮想半径Rw	(m)	9.91E-04	最大水位低下量	(m)	103.74		
		解析結果					
透水試験名	T $(m^2/sec)$	k(m/sec)	S ( - )	Ss(1/m)	解析方法		
DW1	解析不可				Cooper		
1 1 1	1.50E-07	2.21E-08	-	-	Hvorslev		
RW/RWS	1.78E-07	2.62E-08	7.95E-08	1.17E-08	Cooper-Jacob		
Λ₩/ Λ₩Ο	3.47E-07	5.10E-08	2.86E-12	4.21E-13	Agarwal		
PW9	解析不可				Cooper		
1 W Z	1.91E-07	2.81E-08	-	_	Hvorslev		

## (2) 試験区間 No. 2 (37. 10~42. 56mabh)

本試験は、非変質帯で湧水量 7.5L/min の湧水区間を対象として実施した。

## 1)装置構成

図 5.2.2-3 に試験区間 No.2 の装置構成概略を示す。

36.00~37.00mabh に上部パッカーを配したシングルパッカーとした。また、ロ元パッカーは、 健岩部である 20.00~36.00mabh 区間の透水性の概略を把握するために 20.00mabh 付近とした。 湧水量が 7.5L/min であるため、定流量揚水試験(RW)/定流量揚水試験後の回復試験(RWS) を実施することから、揚水試験用の装置編成とした。



図 5.2.2-3 試験区間 No.2 装置構成

## 2)各区間の間隙水圧測定

図 5.2.2-4 に試験区間 No.2 の圧力変化を示す。

P2の間隙水圧は、パッカーの拡張後から短時間で4MPa付近まで上昇した。その後は、パルス試験(PW)や定流量揚水試験(RW)/定流量揚水試験後の回復試験(RWS)の実施前後においても、間隙水圧測定(PSR)で確認した間隙水圧とほぼ同じ値へ収束しており、人為的な影響を除き間隙水圧は安定した。間隙水圧は、期間全体を通して最大値を確認したパルス試験(PW)1直前の値(4.0201MPa)とした。

P3 区間の間隙水圧は、パッカー拡張後に短時間で3.8MPa 付近まで上昇し、その後は3.80~ 3.88MPa 間で変動した。全体的な変化の傾向から、間隙水圧は3.8MPa 付近まで上昇した時点で ほぼ収束状態に達したと考えられる。なお、ここで述べた間隙水圧の収束とは、区間の開放や閉 塞に伴う水圧変化を指す。間隙水圧収束後の変動は、パルス試験(PW)1以降は P2 区間の透水 試験の影響とほぼ断定できるが、間隙水圧測定(PSR)期間中の変化については水理試験による 人為的な影響ではないと考えられる。



図 5.2.2-4 試験区間 No.2 の圧力変化図

#### 3)試験結果

表 5.2.2-2 に試験区間 No.2 の結果を示す。

試験 No.2 のパルス試験 (PW) 1, 定流量揚水試験 (RW) /定流量揚水試験後の回復試験 (RWS), パルス試験 (PW) 2 の結果,透水係数はパルス試験 (PW) 1 で 2.34E-07m/sec, 定流量揚水試 験 (RW) /定流量揚水試験後の回復試験 (RWS) で 3.62E-07m/sec, 5.05E-08m/sec, パルス試 験 (PW) 2 で 2.44E-07m/sec であった。解析結果から定流量揚水試験 (RW) の結果を選定した。 なお,個々の試験解析図や考察は付録 5.2.2 に示した。

パルス試験 (PW) の排水量から算定した圧縮率の値はパルス試験 (PW) 1, パルス試験 (PW) 2 ともほぼ同様の値であり,表 5.2.2・2 に示す試験区間内を水+パッカーと仮定した圧縮率に近い 値を示した。

表 5.2.2-2 試験区間 No.2 の結果

		12MI33号孔	No.2		
試験開始日	2013/2/	18 9:00	試験終了日	2013/2/	18 21:00
使用装置	JAEA揚水試験機	改良型 1号機	パッカー構成	シングル	パッカー
試験区間上端	(mabh)	37.10	掘削深度	(mabh)	42.56
試験区間下端	(mabh)	42.56	掘削孔半径	(m)	0.06
試験区間長	(m)	5.46	掘削傾斜角		水平下向
圧力計高さ	(底盤+m)	0.30	ロッド半径	(m)	0.0179
		試験概要			
実施試験	INF~PSR~PW	$L \sim RW/RWS \sim PW$	2~DEF(水質=	モニタリングノ	<ul><li>「採水4L)</li></ul>
水+パッカーのCompress	oility (m <sup>3</sup> /Pa)	6.21E-11	システム容積	(L)	100.00
ガス+パッカーのCompre	ssbility (m³/Pa)	5.00E-08	区間湧水量	(L/min)	7.50
		間隙水圧測	定		
水圧記録時のイベント	PW1	RW/RWS	PW2	DEF	備考
試験前P1水圧(MPa)	-	-	-	_	P1区間なし
試験前P2水圧(MPa)	4.0201	4.0200	4.0199	4.0200	ほぼ安定
試験前P3水圧(MPa)	3.8339	3.8203	3.8306	3.8381	不規則に変動
		PW1試験結:	果		
試験区間のCompressibility	(m³/Pa)	1.60E-10	PWの排水量	(L)	0.30
仮想半径Rw	(m)	7.08E-04	最大水位低下量	(m)	190.60
		RW/RWS試験約	吉果		
平均揚水流量	(L/min)	5.26	揚水時間	(min)	143
Shut-In時水位低下量	(m)	228.27	積算揚水量	(L)	646.98
		PW2試験結:	果		
試験区間のCompressibility	(m <sup>3</sup> /Pa)	1.51E-10	PWの排水量	(L)	0.32
仮想半径Rw	(m)	6.87E-04	最大水位低下量	(m)	215.81
		解析結果			
透水試験名	T $(m^2/sec)$	k(m/sec)	S ( - )	Ss(1/m)	解析方法
DW1	解析不可				Cooper
1 W1	1.28E-06	2.34E-07	-	_	Hvorslev
RW/RWS	1.98E-06	3.62E-07	1.05E-27	1.92E-28	Cooper-Jacob
<u>Λ₩/ </u> Μ₩Ο	解析不可				Agarwal
PW2	解析不可				Cooper
1 11/2	1.33E-06	2.44E-07	-	_	Hvorslev

## (3)試験区間 No.2'(20.10~36.10mabh)

試験区間 No.2(図 5.2.2-3)の 20.10~36.10mabh(P3 区間)区間を試験区間 No.2'とした。

本試験は、非変質帯で湧水量 0.1L/min と湧水がほとんど無い区間を対象として概略的な透水 性を把握するためにパルス試験(PW)を実施した。パルス試験(PW)のバルブ操作は、圧力計 ボックスのバルブを用いて実施した。

表 5.2.2-3 に No.2'の試験結果一覧を示す。なお,装置構成や間隙水圧は,試験区間 No.2 の試験結果と内容が重複するので本章では省略する。

試験区間 No.2'のパルス試験 (PW)の結果,透水係数はパルス試験 (PW) で 6.11E-09m/sec, 2.52E-09m/sec であった。なお,個々の試験解析図や考察は付録 5.2.2 に示した。

パルス試験(PW)の排水量から算定した圧縮率の値は,表 5.2.2-3 に示す試験区間内を水+パッカーと仮定した圧縮率に近い値を示した。

12MI33号孔 No.2'							
試験開始日	2013/2/	18 9:00	試験終了日	2013/2/2	18 21:00		
使用装置	JAEA揚水試験機	改良型 1号機	パッカー構成	ダブルノ	ペッカー		
試験区間上端	(mabh)	20.10	掘削深度	(mabh)	42.56		
試験区間下端	(mabh)	36.10	掘削孔半径	(m)	0.06		
試験区間長	16.00	掘削傾斜角		水平下向			
試験概要							
水+パッカーのCompressbility (m <sup>3</sup> /Pa) 9.15			システム容積	(L)	158.80		
ガス+パッカーのCompres	7.94E-08	区間湧水量	(L/min)	約0.1			
		PW1試験結:	果				
試験区間のCompressibility	(m <sup>3</sup> /Pa)	1.40E-10	PWの排水量	(L)	0.05		
仮想半径Rw	(m)	6.61E-04	最大水位低下量	(m)	36.87		

# 表 5.2.2-3 試験区間 No.2'の結果

解析結果								
透水試験名	T $(m^2/sec)$	k(m/sec)	S ( - )	Ss(1/m)	解析方法			
PW	9.78E-08	6.11E-09	1.21E-08	7.59E-10	Cooper			
	4.03E-08	2.52E-09	-	-	Hvorslev			

# (4)試験区間 No.3(44.20~54.50mabh)

本試験は,非変質帯中の湧水量 1.9L/min 程度の湧水区間で,再冠水坑道プラグ手前にあたる 区間を対象として実施した。

### 1)装置構成

図 5.2.2-5 に試験区間 No.3 の装置構成を示す。

試験区間 No.3 は 44.20~54.50mabh 区間をダブルパッカーで閉塞する編成とした。また、ロ 元パッカーは 4 インチケーシング内の孔口付近に設置した。試験区間の湧水量の測定結果は 1.9L/min のため、パルス試験(PW)のみを 2 回実施した。そのためパルス試験(PW)のみを 行う装置編成とした。



図 5.2.2-5 試験区間 No.3 装置構成

# 2)各区間の間隙水圧測定

図 5.2.2-6 に試験区間 No.3 の圧力変化を示す。

P2 区間の間隙水圧は、パッカー拡張後から短時間で 3.9MPa 付近まで上昇し、その後は緩や かな上昇に転じた。P2 区間の間隙水圧は、間隙水圧測定 (PSR) 終了時点で時間当たりの変化量 が約 35cm と上昇が継続しており、平衡水圧となるまでにさらに数十 cm の上昇が見込まれる。 しかし、変化の傾向からは平衡水圧に近い状態であると考えられる。間隙水圧は、期間全体を通 して最大値を確認したパルス試験 (PW) 2 直前の値 (3.9847MPa) とした。

P1 区間の間隙水圧は、パッカーの拡張後から数秒足らずで 4MPa まで上昇し、その後はほぼ 安定した。P3 区間の間隙水圧は、約1時間を要して 4MPa まで上昇し、その後はほぼ安定した。

12MI33号孔 No.3全体図 44.20-54.50mabh



図 5.2.2-6 試験区間 No.3 の圧力変化図

### 3)試験結果

表 5.2.2-4 に試験区間 No.3 の結果を示す。

試験区間 No.3 のパルス試験 (PW) 1, パルス試験 (PW) 2 の結果, 透水係数はパルス試験 (PW) 1 で 1.83E-08m/sec, パルス試験 (PW) 2 で 1.87E-08m/sec であった。解析結果からパルス試験

(PW)1を選定した。なお、個々の試験解析図や考察は付録5.2.2に示した。

パルス試験 (PW) の排水量から算定した圧縮率の値はパルス試験 (PW) 1, パルス試験 (PW) 2 ともほぼ同様の値であり,表 5.2.2-4 に示す試験区間内を水+パッカーと仮定した圧縮率に近い 値を示した。

表	5.2.2-4	試験区間	No.3	試験結果-	·覧
---	---------	------	------	-------	----

12MI33号孔 No.3						
試験開始日	2013/3/11 11:30		試験終了日	2013/3/11 16:00		
使用装置	JAEA揚水試験機	改良型 1号機	パッカー構成	ダブルノ	ペッカー	
試験区間上端	(mabh)	44.20	掘削深度	(mabh)	107.00	
試験区間下端	(mabh)	54.50	掘削孔半径	(m)	0.05	
試験区間長	(m)	10.30	掘削傾斜角		水平下向	
圧力計高さ	(底盤+m)	0.30	ロッド半径	(m)	0.0179	
[		試驗概要				
実施試験	INF~PSR~PW	$1 \sim PW2 \sim DEF$				
水+パッカーのCompressb	oility (m <sup>3</sup> /Pa)	7.22E-11	システム容積	(L)	120.20	
ガス+パッカーのCompre	ssbility (m³/Pa)	6.01E-08	区間湧水量	(L/min)	1.90	
		間隙水圧測	定			
水圧記録時のイベント	PW1	PW2	DEF		備考	
試験前P1水圧(MPa)	4.0147	4.0149	4.0150	—	ほぼ安定	
試験前P2水圧(MPa)	3.9837	3.9847	3.9841	_	上昇傾向	
試験前P3水圧(MPa)	3.9969	3.9970	3.9969	_	ほぼ安定	
		PW1試験結:	果			
試験区間のCompressibility	(m³/Pa)	1.98E-10	PWの排水量	(L)	0.25	
仮想半径Rw	(m)	7.87E-04	最大水位低下量	(m)	128.49	
PW2試験結果						
試験区間のCompressibility (m <sup>3</sup> /Pa)		2.11E-10	PWの排水量	(L)	0.28	
仮想半径Rw	(m)	8.12E-04	最大水位低下量	(m)	135.07	
解析結果						
透水試験名	T $(m^2/sec)$	k(m/sec)	S ( - )	Ss(1/m)	解析方法	
PW1	解析不可				Cooper	
	1.88E-07	1.83E-08	_		Hvorslev	
PW2	解析不可				Cooper	
	1.93E-07	1.87E-08	-	_	Hvorslev	

## (5)試験区間 No.4(53.20~63.50mabh)

本試験は、非変質帯中の湧水量 0.4L/min 程度でほとんど湧水が無く、再冠水坑道止水壁にあたる区間を対象として実施した。

## 1)装置構成

図 5.2.2-7 に試験区間 No.4 の装置構成を示す。

53.20~63.50mabh 区間をダブルパッカーで閉塞する編成とした。また、ロ元パッカーは4インチケーシング内の孔口付近に設置した。試験区間の湧水量の測定結果は0.42L/minのため、パルス試験(PW)のみを2回実施した。そのためパルス試験(PW)のみを行う装置編成とした。



図 5.2.2-7 試験区間 No.4 装置構成

# 2)各区間の間隙水圧測定

図 5.2.2-8 に試験区間 No.4 の圧力変化を示す。

P2 区間の間隙水圧は,極めて緩やかに上昇し収束時間が長期化したが,日曜を挟み約45時間を間隙水圧測定(PSR)の測定時間に充てることができたため,間隙水圧測定(PSR)終了時には時間当たり約5cmの上昇に収まるまで収束した。間隙水圧は,期間全体を通して最大値を確認したパルス試験(PW)1直前の値(3.9960MPa)とした。

P1 区間の間隙水圧は、パッカー拡張後に短時間で 4MPa 付近まで上昇し、その後はほぼ安定 した。P3 区間の間隙水圧も P1 区間と同様に、パッカー拡張後に短時間で 4MPa 付近まで上昇し、 その後はほぼ安定した。





図 5.2.2-8 試験区間 No.4 の圧力変化図

### 3)試験結果

表 5.2.2-5 に試験区間 No.4 の結果を示す。

試験区間 No.4 のパルス試験 (PW) 1, パルス試験 (PW) 2 の結果, 透水係数はパルス試験 (PW) 1 で 4.82E-10m/sec, パルス試験 (PW) 2 で 5.30E-10m/sec であった。解析結果からパルス試験 (PW) 1 を選定した。なお, 個々の試験解析図や考察は付録 5.2.2 に示した。

パルス試験 (PW) の排水量から算定した圧縮率の値はパルス試験 (PW) 1, パルス試験 (PW) 2 ともほぼ同様の値であり,表 5.2.2-5 に示す試験区間内を水+パッカーと仮定した圧縮率に近い 値を示した。

12MI33号孔 No.4						
試験開始日	2013/3/	9 10:00	試験終了日	2013/3/1	2013/3/11 11:30	
使用装置	JAEA揚水試験機	改良型 1号機	パッカー構成	ダブルノ	ペッカー	
試験区間上端	(mabh)	53.20	掘削深度	(mabh)	107.00	
試験区間下端	(mabh)	63.50	掘削孔半径	(m)	0.05	
試験区間長	(m)	10.30	掘削傾斜角		水平下向	
圧力計高さ	(底盤+m)	0.30	ロッド半径	(m)	0.0179	
		試験概要				
実施試験	INF~PSR~PW1	$l \sim PW2 \sim DEF$				
水+パッカーのCompressh	oility (m <sup>3</sup> /Pa)	7.68E-11	システム容積	(L)	129.30	
ガス+パッカーのCompre	ssbility (m <sup>3</sup> /Pa)	6.47E-08	区間湧水量	(L/min)	0.42	
		間隙水圧測	定			
水圧記録時のイベント	PW1	PW2	DEF		備考	
試験前P1水圧(MPa)	4.0152	4.0151	4.0152	_	ほぼ安定	
試験前P2水圧(MPa)	3.9960	3.9889	3.9865	_	微上昇傾向	
試験前P3水圧(MPa)	4.0142	4.0142	4.0141	_	ほぼ安定	
		PW1試験結:	果			
試験区間のCompressibility	(m <sup>3</sup> /Pa)	1.78E-10	PWの排水量	(L)	0.25	
仮想半径Rw (m)		7.46E-04	最大水位低下量	(m)	143.16	
PW2試験結果						
試験区間のCompressibility (m <sup>3</sup> /Pa)		1.92E-10	PWの排水量	(L)	0.13	
仮想半径Rw	(m)	7.74E-04	最大水位低下量	(m)	69.16	
解析結果						
透水試験名	T $(m^2/sec)$	k(m/sec)	S ( - )	Ss(1/m)	解析方法	
PW1	4.96E-09	4.82E-10	4.45E-04	4.32E-05	Cooper	
	解析不可				Hvorslev	
PW2	5.46E-09	5.30E-10	4.79E-04	4.65E-05	Cooper	
	解析不可				Hvorslev	

表 5.2.2-5 試験区間 No.4 試験結果一覧

## (6)試験区間 No.5(65.20~85.50mabh)

本試験は、非変質帯中で、湧水を伴わない割れ目部(湧水量 0.5L/min 程度)にあたる区間を 対象として実施した。

## 1)装置構成

図 5.2.2-9 に試験区間 No.5 の装置構成を示す。

65.20~85.50mabh 区間をダブルパッカーで閉塞する編成とした。また、ロ元パッカーは4インチケーシング内の孔口付近に設置した。試験区間の湧水量の測定結果は0.5L/minのため、パルス試験(PW)のみを2回実施した。そのためパルス試験(PW)のみを行う装置編成とした。



図 5.2.2-9 試験区間 No.5 装置構成

## 2) 各区間の間隙水圧測定

図 5.2.2-10 に試験区間 No.5 の圧力変化を示す。

試験区間 No.5 では掘削状況や検層結果より,透水性が低く間隙水圧の安定に時間を要すると 予測したため,試験区間 P2 区間と P1 区間を 2 区間一括で 4MPa まで間隙水圧を回復させた後, 下部パッカーを拡張する手順で間隙水圧測定 (PSR)を開始した。この手順は,間隙水圧が 0MPa から立ち上がる過程を省略できるので,間隙水圧の収束時間の短縮効果を期待した。

P2 区間の間隙水圧は、パッカーの拡張完了後は一時的に 3.5MPa まで下降したが、約 10 分後 からは上昇に転じ、翌朝まで緩やかに上昇した。間隙水圧測定(PSR)終了時には、時間当たり 約 13cm の上昇に収まるまで収束した。間隙水圧は、期間全体を通して最大値を確認したパルス 試験(PW)1 直前の値(4.0001MPa)とした。

P1 区間の間隙水圧は, P2 区間と 2 区間一括で 4MPa に回復するまで間隙水圧を測定し,下部 パッカー拡張後も 4MPa でほとんど変化無く推移した。また,P3 区間の間隙水圧は 2~3 時間掛 けて緩やかに上昇し,4MPa まで上昇した後は安定した。





図 5.2.2-10 試験区間 No.5 の圧力変化図

#### 3)試験結果

表 5.2.2-6 に試験区間 No.5 の結果を示す。

試験区間 No.5 のパルス試験 (PW) 1, パルス試験 (PW) 2 の結果, 透水係数はパルス試験 (PW) 1 で 9.53E-10m/sec, パルス試験 (PW) 2 で 8.63E-10m/sec であった。解析結果からパルス試験 (PW) 1 を選定した。なお, 個々の試験解析図や考察は付録 5.2.2 に示した。

パルス試験 (PW) の排水量から算定した圧縮率の値はパルス試験 (PW) 1, パルス試験 (PW) 2 ともほぼ同様の値であり,表 5.2.2-6 に示す試験区間内を水+パッカーと仮定した圧縮率に近い 値を示した。

12MI33号孔 No.5							
試験開始日	2013/3/11 16:00		試験終了日	2013/3/1	12 11:00		
使用装置	JAEA揚水試験機	改良型 1号機	パッカー構成	ダブルノ	ペッカー		
試験区間上端	(mabh)	65.20	掘削深度	(mabh)	107.00		
試験区間下端	(mabh)	85.50	掘削孔半径	(m)	0.05		
試験区間長	(m)	20.30	掘削傾斜角		水平下向		
圧力計高さ	(底盤+m)	0.30	ロッド半径	(m)	0.0179		
		試験概要					
実施試験	INF~PSR~PW	$1 \sim$ PW2 $\sim$ DEF					
水+パッカーのCompressb	oility (m <sup>3</sup> /Pa)	1.21E-10	システム容積	(L)	217.80		
ガス+パッカーのCompre	ssbility (m <sup>3</sup> /Pa)	1.09E-07	区間湧水量	(L/min)	0.50		
間隙水圧測定							
水圧記録時のイベント	PW1	PW2	DEF		備考		
試験前P1水圧(MPa)	4.0150	4.0149	4.0149	_	ほぼ安定		
試験前P2水圧(MPa)	4.0001	3.9981	3.9965	_	微上昇傾向		
試験前P3水圧(MPa)	4.0089	4.0087	4.0089	_	ほぼ安定		
PW1試験結果							
試験区間のCompressibility	(m <sup>3</sup> /Pa)	1.39E-10	PWの排水量	(L)	0.10		
仮想半径Rw	(m)	6.58E-04	最大水位低下量	(m)	73.61		
PW2試験結果							
試験区間のCompressibility (m <sup>3</sup> /Pa)		1.74E-10	PWの排水量	(L)	0.30		
仮想半径Rw	(m)	7.36E-04	最大水位低下量	(m)	176.06		
解析結果							
透水試験名	T $(m^2/sec)$	k(m/sec)	S ( - )	Ss(1/m)	解析方法		
PW1	1.93E-08	9.53E-10	1.73E-06	8.53E-08	Cooper		
	解析不可				Hvorslev		
PW2	1. 75E-08	8. 63E-10	2. 17E-06	1. 07E-07	Cooper		
	解析不可				Hvorslev		

表 5.2.2-6 試験区間 No.5 の結果

## (7)試験区間 No.6(105.20~107.00mabh)

本試験は、非変質帯中で、湧水を伴う割れ目部(湧水量 5.2L/min 程度)にあたる区間を対象 として実施した。

# 1)装置構成

図 5.2.2-11 に試験区間 No.6 の装置構成を示す。

105.20~107.00mabh 区間をシングルパッカーで閉塞する編成とした。また、ロ元パッカーは 4インチケーシング内の孔口付近に設置した。湧水量が 5.2L/min であるため、定流量揚水試験 (RW)/定流量揚水試験後の回復試験(RWS)を実施することから、揚水試験用の装置編成とした。



図 5.2.2-11 試験区間 No.6 装置構成

# 2)各区間の間隙水圧測定

図 5.2.2-12 に試験区間 No.6 の圧力変化を示す。

P2 区間の間隙水圧は、パッカー拡張後から短時間で 4MPa 付近まで上昇し、その後は安定した。P2 区間では潮汐の影響とみられる周期変動が認められた。間隙水圧は、期間全体を通して最大値を確認したパルス試験(PW)1 直前の値(4.0001MPa)とした。

また, P3 区間の間隙水圧もパッカー拡張後から短時間で 4MPa 付近まで上昇し, その後は安定した。

12MI33号孔 No.6全体図 105.20-107.00mabh



図 5.2.2-12 試験区間 No.6 の圧力変化図

#### 3)試験結果

表 5.2.2-7 に試験区間 No.6 の結果を示す。

試験区間 No.6 区間のパルス試験(PW)1,定流量揚水試験(RW)/定流量揚水試験後の回復 試験(RWS),パルス試験(PW)2の結果,透水係数はパルス試験(PW)1で2.20E-07m/sec, 定流量揚水試験(RW)/定流量揚水試験後の回復試験(RWS)で5.45E-07m/sec,パルス試験(PW) 2は解析不可であった。解析結果から定流量揚水試験(RW)/定流量揚水試験後の回復試験(RWS) の結果を選定した。なお,個々の試験解析図や考察は付録5.2.2に示した。

パルス試験 (PW) の排水量から算定した圧縮率の値はパルス試験 (PW) 1, パルス試験 (PW) 2 ともほぼ同様の値であり,表 5.2.2-7 に示す試験区間内を水+パッカーと仮定した圧縮率に近い 値を示した。

表	5.2.2-7	試験区間	No.6	試験結果-	−覧
---	---------	------	------	-------	----

12MI33号孔 No.6							
試験開始日	2013/3/8 9:00		試験終了日	2013/3/9 10:00			
使用装置	JAEA揚水試験機改良型 1号機		パッカー構成	シングルパッカー			
試験区間上端	(mabh)	105.20	掘削深度	(mabh)	107.00		
試験区間下端	(mabh)	107.00	掘削孔半径	(m)	0.05		
試験区間長	(m)	1.80	掘削傾斜角		水平下向		
圧力計高さ	(底盤+m)	0.30	ロッド半径	(m)	0.0179		
		試験概要					
実施試験	INF~PSR~PW1	$l \sim RW/RWS \sim PW$	2~DEF(水質=	モニタリング/	「採水4L)		
水+パッカーのCompress	oility (m <sup>3</sup> /Pa)	7.21E-11	システム容積	(L)	120.00		
ガス+パッカーのCompre	ssbility (m <sup>3</sup> /Pa)	6.00E-08	区間湧水量	(L/min)	5.20		
		間隙水圧測	定				
水圧記録時のイベント	PW1	RW/RWS	PW2	DEF	備考		
試験前P1水圧 (MPa)	-	—	—	—	P1区間なし		
試験前P2水圧(MPa)	4.0162	4.0163	4.0156	4.0158	ほぼ安定		
試験前P3水圧(MPa)	3.9960	3.9967	4.0058	4.0057	微上昇傾向		
PW1試験結果							
試験区間のCompressibility	(m <sup>3</sup> /Pa)	1.69E-10	PWの排水量	(L)	0.30		
仮想半径Rw (m)		7.27E-04	最大水位低下量	(m)	180.55		
		RW/RWS試験約	吉果				
平均揚水流量 (L/min)		2.52	揚水時間	(min)	165		
Shut-In時水位低下量 (m)		104.67	積算揚水量	(L)	415.80		
PW2試験結果							
試験区間のCompressibility (m <sup>3</sup> /Pa)		2.13E-10	PWの排水量	(L)	0.15		
仮想半径Rw (m)		8.15E-04	最大水位低下量	(m)	71.85		
解析結果							
透水試験名	T $(m^2/sec)$	k(m/sec)	S ( - )	Ss(1/m)	解析方法		
DW1	解析不可				Cooper		
PWI	3.96E-07	2.20E-07	—	-	Hvorslev		
	9.80E-07	5.45E-07	1.96E-13	1.09E-13	Cooper-Jacob		
<u>Γ₩/ </u> Γ₩Ο	解析不可				Agarwal		
DWO	解析不可				Cooper		
Γ₩Δ					Hvorslev		

#### 5.3 代表値の選定

透水量係数は、各試験区間において、試験手法や解析方法の違いから複数の係数が得られる試 験区間がある。以下に各試験区間において代表値を選定した理由を記すとともに、表 5.3-1 に最 も水理特性を反映した透水試験、解析方法等を示す。また、両孔の水理試験結果をボーリング調 査結果と併記した図を図 5.3.1~図 5.3.2 に示し、試験結果は付録資料として添付した。

### (12MI27 号孔)

・試験区間 No.1, No.2:各区間共にパルス試験(PW)を2回実施した。初期間隙水圧までの回 復過程から,No.1は貯留性の大きい結果と判断し,Cooper法7の解析結果を選定した。No.2 は初期間隙水圧までの回復過程から,貯留性の小さい結果と判断し,Hvorslev法<sup>60</sup>の解析結果 を選定した。なお,No.2は試験結果に示したとおり,定流量揚水試験(RW)/定流量揚水試験 後の回復試験(RWS)を実施したが湧水量が少ないため,揚水量が安定せず,定流量とならな かった。そのため,解析を実施していない。

#### (12MI33 号孔)

- ・試験区間 No.1: 定流量揚水試験(RW)/定流量揚水試験後の回復試験(RWS)の解析結果を 採用した。定流量揚水試験後の回復試験(RWS)は、デリバティブプロットに示される IARF (放射状浸透流)が不明瞭であることから、間隙水圧変化の影響が大きいと判断したため、定 流量揚水試験(RW)の解析結果を選定した。
- ・試験区間 No.2:定流量揚水試験(RW)/定流量揚水試験後の回復試験(RWS)の解析結果を 採用した。定流量揚水試験後の回復試験(RWS)は試験区間閉鎖後の数秒で初期間隙水圧まで 回復し直線勾配が特定できない。また、定流量揚水試験(RW)の解析では透水量係数を算出 したが、デリバティブプロットに示される IARF(放射状浸透流)が不明瞭である。よって、 nSIGHTS<sup>8</sup>を用いた逆解析手法により、解析結果の妥当性の確認および逆解析による透水量係 数の算出を行った。
- ・試験区間 No.2':初期間隙水圧までの回復過程から、貯留性が大きい結果と判断し、Cooper 法 <sup>7)</sup>の解析結果を選定した。
- ・試験区間 No.3, No.4, No.5:各区間共にパルス試験(PW)を2回実施し再現性のある結果が 得られた。試験前の間隙水圧測定に十分な時間を掛けたパルス試験(PW)1の結果を採用する。 また,解析手法は,初期間隙水圧までの回復過程から,貯留の影響が大きい試験区間 No.4, No.5は Cooper 法 7を採用し,貯留の影響が小さい No.3は Hvorslev 法 60の解析結果を採用す る。貯留係数が算出できない試験区間 No.3のパルス試験(PW)1については,nSIGHTS<sup>8)</sup> を用いた逆解析により解析結果の妥当性の確認,および水理定数の算出を行った。
- ・試験区間 No.6:定流量揚水試験(RW)/定流量揚水試験後の回復試験(RWS)の結果を採用 する。ただし、定流量揚水試験(RW)/定流量揚水試験後の回復試験(RWS)はデリバティブ プロットで示される IARF(放射状浸透流)は不明瞭である。よって、nSIGHTS<sup>80</sup>を用いた逆 解析手法により、解析結果の妥当性の確認および逆解析による透水量係数の算出を行った。な お、パルス試験(PW)は透水係数が1E-07m/sec オーダーの当区間に対して、水理定数の把握 を目的とした試験手法としては不適であり、選定対象から除外した。
## 表 5.3-1 水理試験結果一覧(代表値)

孔名	試験	(	. 孔口座標 世界測地系)			試験区間		区間長(m)		※水理試験から得	試験結果(代表値) られた数値を記載のた	とめ,使用には留意		代表値算定	代表値解析方法
	<b>H</b> 7	N-S(m)	E-W(m)	E.L.m	上端(mabh)	下端(mabh)	中点(mabh)		透水量係数(m <sup>2</sup> /sec)	透水係数(m/sec)	貯留係数	比貯留係数(1/m)	水頭(E.L. m)	山山河大・ハント・	
101107	No.1	-68998.2	6457.7	-297.8	6.7	20.0	13.4	13.3	2.6E-09	1.9E-10	3.7E-05	2.8E-06	72.3	PW2	Cooper et al.
1 2 10112 /	No.2	-68998.2	6457.7	-297.8	20.0	37.0	28.5	17.0	9.5E-08	5.6E-09	-	-	112.1	PW1	Hvorslev
	No.1	-68949.2	6464.2	-297.8	12.1	18.9	15.5	6.8	1.8E-07	2.6E-08	8.0E-08	1.2E-08	82.6	RW	Jacob
	No.2	-68949.2	6464.2	-297.8	37.1	42.6	39.8	5.5	6.0E-07	1.1E-07	1.1E-15	2.0E-16	112.1	RW	nSIGHTS逆解析
	No.2'	-68949.2	6464.2	-297.8	20.1	36.1	28.1	16.0	9.8E-08	6.1E-09	1.2E-08	7.6E-10	93.8	PW	Cooper et al.
12MI33	No.3	-68949.2	6464.2	-297.8	44.2	54.5	49.4	10.3	8.7E-08	8.4E-09	6.9E-09	6.7E-10	109.1	PW1	nSIGHTS逆解析
	No.4	-68949.2	6464.2	-297.8	53.2	63.5	58.4	10.3	5.0E-09	4.8E-10	4.5E-04	4.3E-05	109.1	PW1	Cooper et al.
	No.5	-68949.2	6464.2	-297.8	65.2	85.5	75.4	20.3	1.9E-08	9.5E-10	1.7E-06	8.5E-08	110.1	PW1	Cooper et al.
	No.6	-68949.2	6464.2	-297.8	105.2	107.0	106.1	1.8	4.9E-07	2.7E-07	1.6E-12	8.8E-13	111.1	RW/RWS	nSIGHTS逆解析

PW: Pulse withdrawal

RW: Constant rate withdrawal

RWS: Pressure recovery after RW (shut-in) mabh:meters along borehole



図 5.3-1 12MI27 号孔 ボーリング調査結果(コア観察,物理検層,水理試験)



図 5.3-2 12MI33 号孔 ボーリング調査結果(コア観察,物理検層,水理試験)

#### 6. 地下水の地球化学的調査

本調査では、水理試験に付随して得られる地下水を対象として採水、分析を行い研究アクセス 北坑道の掘削前の地下水の地球化学特性を把握することを目的とする。そのために、先行ボーリ ング孔掘削時の掘削水の管理、水理試験時の地下水の採水、分析を行った。

#### 6.1 掘削水の管理

#### **6.1.1 掘削水の管理方法**

12MI27 号孔の掘削には水道水,12MI33 号孔には壁面湧水を坑道内において専用のタンクに 貯水して使用した。掘削水には蛍光染料(アミノG酸)を5mg/Lの濃度となるよう添加した。 分析には、蛍光染料計測装置(島津製作所 RF1500)を使用した。また、添加は原則として掘削 直前に実施し、掘削中は、掘削リターン水を1掘削長ごとに1回サンプリングして、ボーリング 現場において濃度を測定し、蛍光染料濃度が設定濃度の±10%以内の範囲になるように調整した。

また,掘削水タンクを介して循環する掘削リターン水の pH,電気伝導度,温度について,電 極法により計測するとともに,掘削リターン水をポリビンに採取し化学分析を行った。

#### **6.1.2 掘削水の管理結果**

両孔の掘削水の pH, 温度, 電気伝導度を図 6.1.2-1~図 6.1.2-6 に示す。湧水によるそれぞれ の値の変化は, 湧水量が少量のため掘削水モニタリング装置では確認できなかったと判断した。 なお, これらの変化は, 掘削水の入れ替えや, サクションタンク内での掘削くずの清掃に起因し ていると考えられる。また, 12MI33 号孔においてアルカリ性の pH が観察されるのはセメント 材料による保孔の影響と考えられる。掘削水の分析結果を表 6.2.2-1 に示す。









図 6.1.2-3 12MI33 号孔掘削中における温度・pH データ(4~42.56mabh)







図 6.1.2-5 12MI33 号孔掘削中における電気伝導度データ(4~42.56mabh)



図 6.1.2-6 12MI33 号孔掘削中における電気伝導度データ(42.56~107mabh)

## 6.2 地下水の採水·分析

## 6.2.1 地下水の採水·分析方法

両孔の水理試験時に定流量揚水試験を実施した区間を対象として地下水の採水を行った。 12MI27 号孔では 2 区間, 12MI33 号孔では 3 区間である (表 6.2.1-1)。また, 電極法により pH, 電気伝導度, 温度, 溶存酸素濃度, 酸化還元電位を測定するとともに, 採水した地下水の化学分 析を行った。

	水理試験区間	試験深度(mabh)	試料採取日時
			2012/6/13 10:54
12MI27	No.1	6.70~20.00	2012/6/13 11:50
			2012/6/13 13:30
			2012/6/14 9:34
	No.2	20.00~37.00	2012/6/14 10:34
			2012/6/14 11:34
			2013/2/19 9:48
	No.1	12.10~18.90	2013/2/19 11:48
			2013/2/19 12:48
			2013/2/18 17:10
12MI33	No.2	37.10~42.56	2013/2/18 18:10
			2013/2/18 19:10
			2013/3/8 15:15
	No.6	105.20~107.00	2013/3/8 16:15
			2013/3/8 17:15

表 6.2.1-1 12MI27, 12MI33 号孔における地下水採水の概要

地下水の分析は以下の方法で行った。

## (1) ウラニン, アミノG酸, ナフチオン酸ナトリウム

ウラニンについては, 試料 9mL に対して, 0.05mol/L 四ほう酸ナトリウム溶液 1mL を加えて 試料液とした。アミノG酸, ナフチオン酸ナトリウムについては, 四ほう酸ナトリウム溶液を加 えず到着した試料を試料液とした。試料液については, 蛍光分光光度計(日立製作所製 F-3000 型)を使用して各励起波長および, 検出波長で蛍光強度を測定した。あらかじめ段階的に希釈した 標準試料を用いて検量線を作成し, 作成した検量線より濃度を算出した。

#### (2) Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>

試料をメンブランフィルター(0.45μm)でろ過し,ろ過液を試料液とした。試料液をイオン クロマトグラフ(ダイオネクス社製 イオンクロマトグラフ ICS-1000)に導入し測定した。あらか じめ段階的に希釈した標準試料を用いて検量線を作成し,作成した検量線より濃度を算出した。

## (3) Mn, Total-Fe, Si, Al, B

試料を硝酸で pH2 以下に調整し、メンブランフィルター(0.45 μm) でろ過し、ろ過液を試料 液とした。ICP 発光分光分析装置(リガク製 CIROS-Mark II)に試料液を導入して測定した。 あらかじめ段階的に希釈した標準試料を用いて検量線を作成し、作成した検量線から濃度を算出 した。

#### (4) Fe<sup>2+</sup>

試料をメンブランフィルター(0.45μm)でろ過し,ろ過液を試料液とした。試料液(Fe<sup>2+</sup>として 0.01~0.05mg を含む量,最大で 40mL)を取り,体積比で塩酸1に対して超純水1の割合で調整した塩酸(1+1)1mLを加えた。1,10-フェナントロリン溶液(1.3g/L)2.5mLと酢酸アン モニウム溶液(500g/L)5mLを加えた後,50mLに定容し,20分間放置した。この溶液の一部を10mm吸収セルに移し,波長510nmの吸光度を紫外可視分光光度計(島津製作所製 UVmini-1240型)で測定した。あらかじめ段階的に希釈した標準試料を用いて検量線を作成し, 作成した検量線から濃度を算出した。

## (5) $F^-$ , $CI^-$ , $Br^-$ , $NO_3^-$ , $NO_2^-$ , $SO_4^{2-}$ , $I^-$ , $PO_4^{3-}$

試料をメンブランフィルター(0.45μm)でろ過し,ろ過液を試料液とした。試料液をイオン クロマトグラフ(ダイオネクス社製 イオンクロマトグラフ ICS-1000)に導入して測定した。 あらかじめ段階的に希釈した標準試料を用いて検量線を作成し、作成した検量線より算出した。

#### (6) S<sup>2-</sup>

試料をメンブランフィルター(0.45µm)でろ過し,ろ過液を水酸化ナトリウム水溶液でpH12 にして固定し,試料液とした。試料液(S<sup>2</sup>として0.005~0.4mgを含む量)を取り,溶存酸素を 含まない水を加えて40mlとした後,体積比で硫酸1に対して超純水1の割合で調整した硫酸(1+1) 1mLを加え,さらに溶存酸素を含まない水で50mLに定容した。N,N'-ジメチル-p-フェニレンジ アンモニウム溶液 0.5mLを加えて振り混ぜた後,塩化鉄(Ⅲ)溶液 1mLを加え,再び振り混ぜ, 1分間放置し,りん酸水素二アンモニウム溶液 1.5mLを加えて振り混ぜ,5分間放置した。この 溶液の一部を吸収セルに移し,波長 670nmの吸光度を紫外可視分光光度計(島津製作所製 UVmini-1240型)で測定した。あらかじめ段階的に希釈した標準試料を用いて検量線を作成し, 作成した検量線から濃度を算出した。

#### (7) 全炭素, 全無機炭素, 全有機炭素

全炭素と全無機炭素については試料をよく振り混ぜて均一にした後,試料液をTOC 測定装置 (Analytikjena 社製 multi N/C 2100S 型全自動液体 TOC 測定装置) へ導入し,あらかじめ段階 的に希釈した標準試料を用いて検量線を作成し,作成した検量線より全炭素濃度,全無機炭素濃 度を算出した。全有機炭素については,試料に酸溶液を加えて pH2 以下に調整し,酸素ガスを通 気して無機炭酸を除去した溶液を試料液とし,あらかじめ段階的に希釈した標準試料を用いて検 量線を作成し,作成した検量線により全有機炭素を算出した。

#### (8) アルカリ度

試料 20~100mL をビーカーに分取し、ブロモクレゾールグリーン・メチルレッド溶液を指示薬 として 3~5 滴加えた。マグネチックスターラーでゆっくり撹拌しながら、0.01mol/L 硫酸で溶液 の色が青から灰紫 (pH4.8) に達するまで滴定した。これに要した 0.01mol/L 硫酸の量 (a) を求 め、次式よりアルカリ度 (pH4.8) を算出した。 アルカリ度 (meq/L) = a × f × 1/50 × 1000/v a: 滴定に要した 0.01mol/L 硫酸量 (mL) f: 0.01mol/L 硫酸のファクター v: 試料量 (mL)

## 6.2.2 地下水の採水·分析結果

分析結果を表 6.2.2・1 に示す。12MI27 号孔の地下水の塩分濃度は、12MI33 号孔の地下水の塩 分濃度に比べ低い値となっており、相対的に浅部の塩分濃度の低い地下水を引き込んでいる可能 性が示唆されたが詳細は不明である。12MI27 号孔は坑道掘削により現時点で消失しているため、 今後、周辺の壁面湧水などの長期観測を行い、塩分濃度の違いについて検証していく必要がある。 両孔で観測された地下水の特徴として Na, Cl イオンに富む水質であることが確認された。また、 塩分濃度は、既存のデータの深度依存性に基づいて予想される濃度範囲にあり、今後計画されて いる再冠水試験の初期水質データを把握することができた。

なお,酸化還元電位(Eh)については,水理試験終了時の測定データを示しているが,データ 取得時も測定値が低下傾向にあり,定常状態に至っていないため参考値として取り扱う必要があ る。

衔
若
3
3
ħ
Ĕ
芤
5
ゴ
潕
揭
N0
Ë
÷Ŕ
Ц
Ч,
叱
g
¥
3
Ξ.
屯
αĥ
Ė
5
2
-
-

#### JAEA-Technology 2013-044

## 7. 水圧・水質モニタリング装置の設置

## 7.1 水圧・水質モニタリング装置の設置の概要

研究アクセス北坑道先端(再冠水坑道)周辺の坑道掘削前の地下水圧,水質を把握することを 目的として,12MI33 号孔に水圧・水質モニタリング装置を設置した。孔内部装置は掘削時の状 況,コア観察結果,各種物理検層結果,水理試験結果を踏まえて作成したレイアウト計画(表 7.1-1) に従って設置した。観測区間の深度は次のとおりである。また設置深度の概要図を図 7.1-1 に示 す。

> 観測区間 I : 105.429 ~ 107.000 mabh 観測区間 II : 85.729 ~ 104.479 mabh 観測区間 III : 64.029 ~ 84.779 mabh 観測区間 IV : 53.829 ~ 63.079 mabh 観測区間 V : 44.129 ~ 52.879 mabh 観測区間 VI : 0.000 ~ 43.179 mabh

各ポートの配置は,間隙水圧測定ラインと採水ラインを観測区間下端付近,注水ラインを観測 区間上端付近となるように配置した。



図 7.1-1 水圧・水質モニタリング装置 孔内部装置設置概要図

# 表 7.1-1 水圧・水質モニタリング装置のレイアウト計画(12MI33 号孔)

パーツNo.	部品名	単体長	挿入長	閉鎖区間	区間圧力・採水	注水ポート位置	全長(m)
	нрин ш	(m)	(mabh)	(mabh)	ポート位置(mabh)	(mabh)	
1	ヘッドブロック	0.195	106.939	107.000	106.884		0.195
2	ケーシングロッド-1	0.500	106.744				0.695
				105.429		105.999	
3	パッカーマンドレル-1	2.200	106.244				2.895
				104.479	104.289		
4	ケーシングロッド-2	2.500	104.044				5.395
5	ケーシングロッド-3	2.500	101.544				7.895
6	ケーシングロッド-4	2.500	99.044				10.395
7	ケーシングロッド-5	2.500	96.544				12.895
8	ケーシングロッド-6	2.500	94.044				15.395
9	ケーシングロッド-7	2.500	91.544				17.895
10	ケーシングロッド-8	2.500	89.044				20.395
				85.729		86.299	
11	パッカーマンドレル-2	2.200	86.544				22.595
				84.779	84.589		
12	ケーシングロッド-9	2.500	84.344				25.095
13	ケーシングロッド-10	2.500	81.844				27.595
14	ケーシングロッド-11	2 500	79 344				30 095
15	ケーシングロッド-12	2 500	76.844				32 595
16	ケーシングロッド-13	2.500	74.344				35.095
17	<u> </u>	2.500	71.044				27 505
10		2.500	60.244				40.005
10	<u> </u>	1.000	66 044				40.095
19		1.000	00.044				41.095
20	りーシンクロッド-17	1.000	00.844	e4 000		84 E00	42.095
0.1		0.000		64.029		04.099	44.005
21	ハッカーマントレル-3	2.200	64.844				44.295
				63.079	62.889		
22	ケージンクロット-18	0.500	62.644				44./95
23		2.500	62.144				47.295
24	ケーシングロット-20	2.500	59.644				49./95
25	ケーシンクロッド-21	2.500	57.144				52.295
				53.829		54.399	
26	バッカーマンドレル-4	2.200	54.644				54.495
				52.879	52.689		
27	ケーシングロッド-22	2.500	52.444				56.995
28	ケーシングロッド-23	2.500	49.944				59.495
29	ケーシングロッド-24	2.500	47.444				61.995
				44.129		44.699	
30	パッカーマンドレル-5	2.200	44.944				64.195
				43.179	42.989		
31	ケーシングロッド-25	2.500	42.744				66.695
32	ケーシングロッド-26	2.500	40.244				69.195
33	ケーシングロッド-27	2.500	37.744				71.695
34	ケーシングロッド-28	2.500	35.244				74.195
35	ケーシングロッド-29	2.500	32.744				76.695
36	ケーシングロッド-30	2.500	30.244				79.195
37	ケーシングロッド-31	2.500	27.744				81.695
38	ケーシングロッド-32	2.500	25.244				84.195
39	ケーシングロッド-33	2.500	22.744				86.695
40	ケーシングロッド-34	2.500	20.244				89.195
41	ケーシングロッド-35	2.500	17.744				91.695
42	ケーシングロッド-36	2.500	15.244				94.195
43	ケーシングロッド-37	2.500	12.744				96.695
44	ケーシングロッド-38	2.500	10.244				99.195
45	ケーシングロッド-39	2 500	7 744				101 695
46	ケーシングロッドームの	2.500	5 244				104 195
47	ケーシングロッド-41	2 500	2 744				106 695
49	ケージングロッド-49	1 000	0.244				107 695
40	<u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u>_</u> <u></u>	0.756	-0.756				
51	オロマニホールド	0.700	-				-
53	1.ロフランジ	0.318	-	-1.074		-1 074	108 013
00	10H / // /	0.010		1.074		1.0/4	100.010

注1 基準面は壁面とする。 注2 パッカー有効長=0.95m (拡張時のスライド幅を0.05mとする)

## 7.2 水圧・水質モニタリング装置の設置の手順

孔内部装置設置後に、各パッカーを拡張した。下記に手順を記す。またパッカー拡張時の概要 を図 7.2-1 に示す。パッカー拡張は孔底側から1台ずつ拡張し、間隙水圧の変化からパッカーに よる閉塞性を確認した。



図 7.2-1 パッカー拡張方法の概略図

パッカー拡張の手順は以下のとおりである。

- ①パッカー拡張ラインにチャンバータンクを取り付ける。
- ②パッカー区間の間隙水圧を計測する。
- ③パッカーにチャンバータンクから注水しパッカーを拡張する。
- ④パッカー区間の間隙水圧が上昇したことを確認する。
- ⑤全てのパッカーについて、同様の手順を繰り返し、すべてのパッカー圧を5MPaとする。

#### 7.3 水圧・水質モニタリング装置の設置状況の確認

表 7.3-1 にパッカー拡張時の間隙水圧の挙動を示す。各パッカーを拡張することにより、閉塞 された区間の水圧が上昇しており、すべてのパッカーが正常に機能していることが確認された。

単位:MPa

	ᅒᅖᄪᄪ	四四			パッカ-	−拡張時の間隙	<b>款</b> 下		間隙水圧測定
観測区間	的州间	四日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日	パッカー1	パッカー2	パッカー3	パッカー4	パッカー5	パッカー1~5	反問問始味
	原小庄	用加叶	拡張時	拡張時	拡張時	拡張時	拡張時	拡張時	区间闭頭时
I	3.9	0.0	3.8	-	-	-	-	3.7	4.0
Π	4.0	0.0	—	3.8	_	_	_	3.8	4.0
Ш	3.9	0.0	_	_	0.2	_	_	0.4	1.0
IV	4.0	0.0	-	-	-	0.2	-	0.2	0.4
V	4.0	0.0	—	_	_	_	2.1	2.1	4.0
Ī	3.9	0.0	—	-	_	-	0.1	0. 2	3.5
採水/注水ライン	閉鎖	盟故	盟故	盟故	盟故	盟放	盟故	開放	閉銷

パッカー拡張後,各観測区間の間隙水圧を測定した。間隙水圧の測定は,間隙水圧計測ライン にブルドン管式圧力計を取り付けて実施した。

表 7.3・2 に間隙水圧の計測結果を示す。比較的湧水量の多かった観測区間 I ・ II ・ V ・ VIにおいては、区間閉塞後、間隙水圧が 4.0MPa まで急速に上昇した。一方比較的湧水量の少ない観測区間 III・IVでは、区間閉塞後の間隙水圧の上昇は緩やかで、閉塞後約 4 時間で 3.2MPa (観測区間 III) ~3.8MPa (観測区間 III) となり、ほかの観測区間より低かった。閉塞後約 46 時間後の間隙水圧は、すべての区間で 4.0MPa 程度となりほぼ安定したと考えられる。

なお 2013 年 3 月 18 日~19 日にかけて, 観測区間IVにおいて採水・水質分析を実施したため, 当該区間の間隙水圧が低くなっている。

観測区間	2013/3/16 10:05	2013/3/16 12:50	2013/3/16 14 : 00	2013/3/18 8 : 25	2013/3/19 8 : 50	2013/3/19 9 : 55
	閉鎖直後	2.8時間後	3.9 時間後	46.3時間後	70.8時間後	71.8時間後
I	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
П	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Ш	1.0	3.8	3.8	4.1	4. 1	4. 1
IV	0.4	3. 2	3. 3	4. 1	0. 7 <sup>%1</sup>	1.9 <sup>%2</sup>
v	4.0	4. 1	4. 1	4.1	4. 1	4. 1
VI	3.5	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0

表 7.3-2 各観測区間の間隙水圧計測結果

※1:採水中の値 ※2:採水終了直後の値

間隙水圧計測後,各観測区間の湧水量を測定した。湧水量の測定は採水ラインのバルブを開放 し、湧水量および区間の間隙水圧が安定するまで放置し(最大 20 分間程度),メスシリンダーを 使用して湧水量を測定した。

表 7.3-3 に湧水量の測定結果を示す。湧水量は 360 ~ 950 mL/min となった。ただし、湧水 量測定時の間隙水圧は 0.0MPa まで低下しておらず、採水用チューブの圧力損失により湧水量 が制限された結果と考えられる。水圧・水質モニタリング装置に使用した内径  $\phi$  2.5 mm チュー ブの圧力損失は、流量 700mL/min の時、4.0 MPa であり(チューブ長:100m)、観測区間 I ・ II の湧水量とほぼ等しくなる。

このような原因から、水圧・水質モニタリング装置を使用した場合の区間湧水量は、ボーリン グ孔掘削・物理検層時の区間湧水量とは異なる結果となった。物理検層実施時の湧水量は17.5 L/min であるのに対し、各観測区間の湧水量の合計は約4.0 L/min である。

	深度	間隙水圧	湧水量計測時		
観測区間	(mabh)	(MPa)	湧水量 (mL/min)	間隙水圧 (MPa)	
I	105. 429~107. 00	4.00	760	3.90	
Π	85. 729 <b>~</b> 104. 479	4.00	780	3.90	
Ш	64.029~84.779	4.10	360	0.90	
IV	53.829~63.079	4.05	590	1.65	
V	44. 129 <b>~</b> 52. 879	4.05	950	3. 20	
ул	$0.000 \sim 13.170$	1 00	650	1 05	

表 7.3-3 各観測区間の湧水量測定結果

## 8. まとめ

深度 500m 研究アクセス北坑道における先行ボーリング(12MI27 号孔, 12MI33 号孔)の調 査結果の概略を以下に示す。

## 8.1 12MI27 号孔

## 1)コア観察:

- ・ 岩相: 中粒から粗粒の等粒状組織を示す黒雲母花崗岩
- ・断層:認められない
- ・割れ目密度:平均7.3本/mで主立坑断層に近いほど大きい
- ・割れ目の変質:全体に新鮮〜弱変質,部分的に黒雲母が緑泥石化
- ・割れ目の介在鉱物:主に緑泥石, 方解石
- ・RQD: 平均 68.3%で主立坑断層に近いほど小さい
- ・岩盤等級:ほぼ全体が CH 級

## 2) BTV 観察

- ・平均割れ目密度: 6.2 本/m (明瞭な開口割れ目: 0.4 本/m)
- ・割れ目の走向・傾斜:割れ目沿いの変質が強い区間ではNNW 走向で高角度,変質が弱い区間 は WNW~EW 走向で高角度傾斜

#### 3)物理検層

- ・電気検層:比抵抗値1,000Ω・m以上で概ね健岩
- ・密度検層:平均値 2.61g/cm<sup>3</sup>で概ね均質な高密度
- ・中性子検層:全体に1%以下の低間隙率
- ・音波検層:平均値 5.5km/s(P波速度) で概ね健岩
- ・電磁フローメーター検層: 31.6~33.0mabh 区間で 1.16L/min の湧水が孔内へ流入

## 4)水理試験

- ・母岩の変質を伴う割れ目帯(割れ目沿いの変質が著しい 6.7~20.0mabh 区間): 1.9E-10m/sec
- ・母岩の変質を伴う割れ目帯(割れ目沿いの変質が弱い 20.0~37.0mabh 区間): 9.5E-09m/sec

## 5) 地下水の水質

・Na, Cl に富む水質であり, Na 濃度は 121~122mg/L, Cl 濃度は 209~211mg/L の範囲

## 8.2 12MI33 号孔

#### 1)コア観察:

- ・ 岩相: 中粒から粗粒の等粒状組織を示す黒雲母花崗岩
- ・断層:12.6~18.4mabh で断層ガウジを伴う S500\_prov\_22 断層を確認
- ・割れ目密度:平均 3.3 本/m
- ・割れ目の変質:全体に新鮮〜弱変質,部分的に黒雲母が緑泥石化
- ・割れ目の介在鉱物:主に緑泥石, 方解石
- ・RQD:平均 89.1%
- ・岩盤等級:CH~B級

## 2)BTV 観察

- ・平均割れ目密度: 2.8 本/m (明瞭な開口割れ目: 0.2 本/m)
- ・割れ目の走向・傾斜:割れ目沿いの変質が強い区間ではNW 走向で高角度,変質が弱い区間は NW~NE 走向で高角度傾斜

#### 3)物理検層

- ・電気検層:比抵抗値1,000Ω・m以上で概ね健岩
- ・密度検層:平均値 2.56g/cm<sup>3</sup>で概ね均質な高密度。13.1mabh 付近の断層部で 2.36g/cm<sup>3</sup>
- ・中性子検層:全体に2%以下の低間隙率
- ・音波検層:全体に 5.5~5.7km/s(P波速度)で概ね健岩
- ・電磁フローメーター検層:12.0~15.0mabh 区間で5.9L/minの湧水が孔内へ流入。90.0~
   94.0mabh 区間で7.9L/minの湧水が孔内へ流入

#### 4)水理試験

- ・母岩の変質を伴う割れ目帯(断層主要部を含む 12.1~18.9mabh 区間): 2.6E-08m/sec
- ・非変質帯(区間湧水量が 0.1L/min の 20.1~36.1mabh 区間): 6.1E-09m/sec
- ・非変質帯(区間湧水量が 7.5L/min の 37.1~42.6mabh 区間): 1.1E-07m/sec
- ・非変質帯(区間湧水量が1.9L/minで再冠水坑道プラグ手前の44.2~54.5mabh区間):
   8.4E-09m/sec
- ・非変質帯(区間湧水量が 0.4L/min で再冠水坑道プラグ部の 53.2~63.5mabh 区間):
   4.8E-10m/sec
- ・非変質帯(区間湧水量が 0.5L/min で湧水を伴わない割れ目部の 65.2~85.5mabh 区間):
   9.5E-10m/sec
- ・非変質帯(区間湧水量が 5.2L/min で湧水を伴う割れ目部の 105.2~107.0mabh 区間):
   2.7E-07m/sec
- 5)地下水の水質
- ・Na, Cl に富む水質であり, Na 濃度は 167~185mg/L, Cl 濃度は 343~409mg/L の範囲

## 6)水圧・水質モニタリング装置の設置

- ・冠水坑道周辺の坑道掘削前の地下水圧,水質を把握することを目的として,水圧・水質モニタ リング装置を設置
  - 観測区間 1:105.429 ~ 107.000 mabh 観測区間 2:85.729 ~ 104.479 mabh 観測区間 3:64.029 ~ 84.779 mabh 観測区間 4:53.829 ~ 63.079 mabh 観測区間 5:44.129 ~ 52.879 mabh 観測区間 6:0.000 ~ 43.179 mabh

以 上

## 参考文献

- 下茂 道人,熊本 創,露口 耕治,尾上 博則,三枝 博光,水野 崇,大山 卓也:超深 地層研究所計画(岩盤の水理に関する調査研究)研究坑道掘削に伴う地下水流動場及び地下 水水質の変化を考慮した地下水流動のモデル化・解析(2009年度), JAEA-Research 2012-043 (2013).
- 2) 石橋正祐紀, 笹尾英嗣, 窪島光志, 松岡稔幸: 超深地層研究所計画におけるサイトスケール 地質構造モデルの構築 -第2 段階における Stage460 及び Shaft500 地質構造モデルへの更 新-, JAEA-Research 2013-019 (2013).
- 3) 後藤和幸, 牧野章也, 奥寺勇, 松本隆史: 1,000m 対応水理試験装置(高温環境型)の製作, JNC TJ7440 99-001(1999).
- 4) 鶴田忠彦, 竹内真司, 竹内竜史, 水野崇, 大山卓也:瑞浪超深地層研究所における立坑内からのパイロットボーリング調査報告書, JAEA-Research 2008-098(2009).
- 5) 竹内真司,中野勝志,平田洋一,進士喜英,西垣誠:深層岩盤を対象としたシーケンシャル水 理試験手法の開発と適用,地下水学会誌,第49巻,第1号,pp.17-32(2007).
- 6) Hvorslev, M.T., Time lag and soil permeability in ground-water observations, U.S. Army Waterways Experiment Station, Bull No.36, 50p. (1951).
- 7) Cooper, H.H.JR., J.D.Bredehoeft and I.S.Papadopulos, Response of a finite-diameter well to an instantaneous charge of water, Water Resource Research, Vol.3, No.1, pp.263-269(1967).
- Cooper, H.H.JR. and C.E.Jacob, A generalized graphic method for evaluating formation constants and summarizing well-field history, Transactions, American Geophysical Union, Vol.27, No.4, pp.526-534(1946).
- 9) Agarwal, R.G., A New Method to Account for Producing Time Effects When Drawdown Type Curves are Used to Analyze Pressure Buildup and Other Test Data, paper SPE 9289 presented at the 55<sup>th</sup> SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Dallas, TX, Sept.21-24(1980).
- 10) R.L. Beauheim, R.M. Robert, Hydralogy and hydraulic properties of a bedded evaporaite formation, J. Hydrol., 259, pp.66-88(2002).

This is a blank page.

表 1. SI 基本 単位							
甘大昌	SI 基本単位						
盔半里	名称	記号					
長さ	メートル	m					
質 量	キログラム	kg					
時 間	秒	s					
電 流	アンペア	А					
熱力学温度	ケルビン	Κ					
物質量	モル	mol					
光度	カンデラ	cd					

表2. 基本単位を用いて表されるSI組立単位の例							
知力量	SI 基本単位						
和立里	名称	記号					
面積	平方メートル	$m^2$					
体 積	立法メートル	$m^3$					
速 さ , 速 度	メートル毎秒	m/s					
加 速 度	メートル毎秒毎秒	$m/s^2$					
波 数	毎メートル	m <sup>-1</sup>					
密度,質量密度	キログラム毎立方メートル	kg/m <sup>3</sup>					
面積密度	キログラム毎平方メートル	kg/m <sup>2</sup>					
比 体 積	立方メートル毎キログラム	m <sup>3</sup> /kg					
電流密度	アンペア毎平方メートル	$A/m^2$					
磁界の強さ	アンペア毎メートル	A/m					
量濃度 <sup>(a)</sup> ,濃度	モル毎立方メートル	mol/m <sup>3</sup>					
質量濃度	キログラム毎立法メートル	kg/m <sup>3</sup>					
輝 度	カンデラ毎平方メートル	$cd/m^2$					
屈折率()	(数字の) 1	1					
比透磁率(b)	(数字の) 1	1					
(a) 量濃度 (amount conce	entration) は臨床化学の分野では	物質濃度					
(substance concentration) とも上げれる							

(substance concentration)ともよばれる。
 (b)これらは無次元量あるいは次元1をもつ量であるが、そのことを表す単位記号である数字の1は通常は表記しない。

#### 表3. 固有の名称と記号で表されるSI組立単位

	SI祖立单位				
組立量	名称	記号	他のSI単位による 表し方	SI基本単位による 表し方	
亚 面 角	ラジアン(b)	rad	1 <sup>(b)</sup>	m/m	
· 協 乃 立 休 角	フテラジア、(b)	cm <sup>(c)</sup>	1 (b)	$m^{2/m^2}$	
		51 H7	1		
月 10 <u>数</u>		N		s ha a <sup>-2</sup>	
		D	221 2	11 Kg S	
	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	Ра	N/m <sup>2</sup>	mikgs	
エネルギー,仕事,熱量	ジュール	J	Nm	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup>	
仕 事 率 , 工 率 , 放 射 束	ワット	W	J/s	m <sup>2</sup> kg s <sup>-3</sup>	
電荷,電気量	クーロン	С		s A	
電位差(電圧),起電力	ボルト	V	W/A	$m^2 kg s^{-3} A^{-1}$	
静電容量	ファラド	F	C/V	$m^{-2} kg^{-1} s^4 A^2$	
電 気 抵 抗	オーム	Ω	V/A	$m^2 kg s^{-3} A^{-2}$	
コンダクタンス	ジーメンス	s	A/V	$m^{-2} kg^{-1} s^3 A^2$	
磁東	ウエーバ	Wb	Vs	$m^{2} kg s^{2} A^{1}$	
磁束密度	テスラ	Т	Wb/m <sup>2</sup>	kg s <sup><math>\cdot</math>2</sup> A <sup><math>\cdot</math>1</sup>	
インダクタンス	ヘンリー	Н	Wb/A	$m^2 kg s^2 A^2$	
セルシウス温度	セルシウス度 <sup>(e)</sup>	°C		К	
光東	ルーメン	lm	cd sr <sup>(c)</sup>	cd	
照度	ルクス	lx	$lm/m^2$	m <sup>-2</sup> cd	
放射性核種の放射能 <sup>(f)</sup>	ベクレル <sup>(d)</sup>	Βα		s <sup>-1</sup>	
吸収線量 比エネルギー分与				~	
カーマ	クレイ	Gy	J/kg	m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup>	
線量当量,周辺線量当量,方向	2 ( P) ( P)	e.,	Ultra	2 -2	
性線量当量,個人線量当量		SV	J/Kg	m s	
酸素活性	カタール	kat		s <sup>-1</sup> mol	

酸素活性(カタール) kat [s<sup>1</sup> mol]
 (a)SI接頭語は固有の名称と記号を持つ組立単位と組み合わせても使用できる。しかし接頭語を付した単位はもはや ュヒーレントではない。
 (b)ラジアンとステラジアンは数字の1に対する単位の特別な名称で、量についての情報をつたえるために使われる。 実際には、使用する時には記号rad及びsrが用いられるが、習慣として組立単位としての記号である数字の1は明 示されない。
 (a)測光学ではステラジアンという名称と記号srを単位の表し方の中に、そのまま維持している。
 (d)へルツは周崩現象についてのみ、ペシレルは抜焼性核種の統計的過程についてのみ使用される。
 (a)セルシウス度はケルビンの特別な名称で、セルシウス温度度を表すために使用される。
 (d)やレシウス度はケルビンの特別な名称で、セルシウス温度を表すために使用される。
 (d)かけ性核種の放射能(activity referred to a radionuclide) は、しばしば誤った用語で"radioactivity"と記される。
 (g)単位シーベルト(PV,2002,70,205) についてはCIPM勧告2 (CI-2002) を参照。

#### 表4.単位の中に固有の名称と記号を含むSI組立単位の例

	S	[ 組立単位	
組立量	名称	記号	SI 基本単位による 表し方
粘度	パスカル秒	Pa s	m <sup>-1</sup> kg s <sup>-1</sup>
力のモーメント	ニュートンメートル	N m	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup>
表 面 張 九	コニュートン毎メートル	N/m	kg s <sup>-2</sup>
角 速 度	ラジアン毎秒	rad/s	$m m^{-1} s^{-1} = s^{-1}$
角 加 速 度	ラジアン毎秒毎秒	$rad/s^2$	$m m^{-1} s^{-2} = s^{-2}$
熱流密度,放射照度	ワット毎平方メートル	$W/m^2$	kg s <sup>-3</sup>
熱容量、エントロピー	ジュール毎ケルビン	J/K	$m^2 kg s^{-2} K^{-1}$
比熱容量, 比エントロピー	ジュール毎キログラム毎ケルビン	J/(kg K)	$m^2 s^{-2} K^{-1}$
比エネルギー	ジュール毎キログラム	J/kg	$m^2 s^{-2}$
熱 伝 導 率	ワット毎メートル毎ケルビン	W/(m K)	m kg s <sup>-3</sup> K <sup>-1</sup>
体積エネルギー	ジュール毎立方メートル	J/m <sup>3</sup>	m <sup>-1</sup> kg s <sup>-2</sup>
電界の強さ	ボルト毎メートル	V/m	m kg s <sup>-3</sup> A <sup>-1</sup>
電 荷 密 度	クーロン毎立方メートル	C/m <sup>3</sup>	m <sup>-3</sup> sA
表 面 電 荷	「クーロン毎平方メートル	C/m <sup>2</sup>	m <sup>-2</sup> sA
電 束 密 度 , 電 気 変 位	クーロン毎平方メートル	C/m <sup>2</sup>	m <sup>-2</sup> sA
誘 電 卒	ファラド毎メートル	F/m	$m^{-3} kg^{-1} s^4 A^2$
透 磁 率	「ヘンリー毎メートル	H/m	m kg s <sup>-2</sup> A <sup>-2</sup>
モルエネルギー	ジュール毎モル	J/mol	$m^2 kg s^2 mol^1$
モルエントロピー, モル熱容量	ジュール毎モル毎ケルビン	J/(mol K)	$m^2 kg s^{-2} K^{-1} mol^{-1}$
照射線量(X線及びγ線)	クーロン毎キログラム	C/kg	kg <sup>-1</sup> sA
吸収線量率	グレイ毎秒	Gy/s	$m^{2} s^{3}$
放 射 強 度	ワット毎ステラジアン	W/sr	$m^4 m^{-2} kg s^{-3} = m^2 kg s^{-3}$
放 射 輝 度	ワット毎平方メートル毎ステラジアン	$W/(m^2 sr)$	$m^2 m^{-2} kg s^{-3} = kg s^{-3}$
酵素活性濃度	カタール毎立方メートル	kat/m <sup>3</sup>	$m^{-3} s^{-1} mol$

表 5. SI 接頭語						
乗数	接頭語	頭語 記号 乗数		接頭語	記号	
$10^{24}$	<b>э</b> 9	Y	10 <sup>-1</sup>	デシ	d	
$10^{21}$	ゼタ	Z	10 <sup>-2</sup>	センチ	с	
$10^{18}$	エクサ	E	10 <sup>-3</sup>	ミリ	m	
$10^{15}$	ペタ	Р	10 <sup>-6</sup>	マイクロ	μ	
$10^{12}$	テラ	Т	10 <sup>-9</sup>	ナノ	n	
$10^{9}$	ギガ	G	$10^{-12}$	ピコ	р	
$10^{6}$	メガ	М	$10^{-15}$	フェムト	f	
$10^{3}$	+ 1	k	10 <sup>-18</sup>	アト	а	
$10^{2}$	ヘクト	h	$10^{-21}$	ゼプト	z	
$10^{1}$	デカ	da	$10^{-24}$	ヨクト	v	

表6.SIに属さないが、SIと併用される単位				
名称	記号	SI 単位による値		
分	min	1 min=60s		
時	h	1h =60 min=3600 s		
日	d	1 d=24 h=86 400 s		
度	٥	1°=(п/180) rad		
分	,	1'=(1/60)°=(п/10800) rad		
秒	"	1"=(1/60)'=(п/648000) rad		
ヘクタール	ha	1ha=1hm <sup>2</sup> =10 <sup>4</sup> m <sup>2</sup>		
リットル	L, 1	1L=11=1dm <sup>3</sup> =10 <sup>3</sup> cm <sup>3</sup> =10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup>		
トン	t	$1t=10^{3}$ kg		

## 表7. SIに属さないが、SIと併用される単位で、SI単位で

衣される奴値が夫缺的に待られるもの					
名称 言				記号	SI 単位で表される数値
電	子ズ	ドル	ŀ	eV	1eV=1.602 176 53(14)×10 <sup>-19</sup> J
ダ	N	ŀ	$\sim$	Da	1Da=1.660 538 86(28)×10 <sup>-27</sup> kg
統-	一原子	質量単	〔位	u	1u=1 Da
天	文	単	位	ua	1ua=1.495 978 706 91(6)×10 <sup>11</sup> m

#### 表8. SIに属さないが、SIと併用されるその他の単位

	名称		記号	SI 単位で表される数値
バ	-	N	bar	1 bar=0.1MPa=100kPa=10 <sup>5</sup> Pa
水銀	柱ミリメー	トル	mmHg	1mmHg=133.322Pa
オン	グストロ・	- 4	Å	1 Å=0.1nm=100pm=10 <sup>-10</sup> m
海		里	М	1 M=1852m
バ	-	ン	b	1 b=100fm <sup>2</sup> =(10 <sup>-12</sup> cm)2=10 <sup>-28</sup> m <sup>2</sup>
1	ツ	ŀ	kn	1 kn=(1852/3600)m/s
ネ	-	パ	Np	の形はないの教徒的な眼球は
ベ		N	В	31単位との数値的な関係は、 対数量の定義に依存。
デ	ジベ	N	dB -	

#### 表9. 固有の名称をもつCGS組立単位

名称	記号	SI 単位で表される数値		
エルグ	erg	1 erg=10 <sup>-7</sup> J		
ダイン	dyn	1 dyn=10 <sup>-5</sup> N		
ポアズ	Р	1 P=1 dyn s cm <sup>-2</sup> =0.1Pa s		
ストークス	$\operatorname{St}$	$1 \text{ St} = 1 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1} = 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$		
スチルブ	$^{\mathrm{sb}}$	$1 \text{ sb} = 1 \text{ cd } \text{ cm}^{\cdot 2} = 10^4 \text{ cd } \text{m}^{\cdot 2}$		
フォト	ph	1 ph=1cd sr cm <sup>-2</sup> 10 <sup>4</sup> lx		
ガ ル	Gal	1 Gal =1cm s <sup>-2</sup> =10 <sup>-2</sup> ms <sup>-2</sup>		
マクスウェル	Mx	$1 \text{ Mx} = 1 \text{ G cm}^2 = 10^{-8} \text{Wb}$		
ガウス	G	1 G =1Mx cm <sup>-2</sup> =10 <sup>-4</sup> T		
エルステッド <sup>(c)</sup>	Oe	1 Oe ≙ (10 <sup>3</sup> /4π)A m <sup>·1</sup>		
(c) 3元系のCGS単位系とSIでは直接比較できないため、等号「 ≦ 」				

は対応関係を示すものである。

	表10. SIに属さないその他の単位の例					
名称		記号	SI 単位で表される数値			
キ	ユ	IJ	ĺ	Ci	1 Ci=3.7×10 <sup>10</sup> Bq	
$\scriptstyle  u$	$\sim$	トゲ	$\sim$	R	$1 \text{ R} = 2.58 \times 10^{-4} \text{C/kg}$	
ラ			K	rad	1 rad=1cGy=10 <sup>-2</sup> Gy	
$\scriptstyle  u$			ム	rem	1 rem=1 cSv=10 <sup>-2</sup> Sv	
ガ	3	~	7	γ	1 γ =1 nT=10-9T	
フ	T.	N	"		1フェルミ=1 fm=10-15m	
メー	ートルチ	系カラゞ	ット		1メートル系カラット = 200 mg = 2×10-4kg	
ŀ			N	Torr	1 Torr = (101 325/760) Pa	
標	進	大気	圧	atm	1 atm = 101 325 Pa	
力	П	IJ	ļ	cal	lcal=4.1858J(「15℃」カロリー), 4.1868J (「IT」カロリー) 4.184J(「熱化学」カロリー)	
3	カ	17	~		$1 = 1 = 10^{-6}$ m	

この印刷物は再生紙を使用しています