



JAEA-Data/Code

2025-007

DOI:10.11484/jaea-data-code-2025-007

幌延深地層研究計画
換気立坑および東立坑掘削を対象とした
地下施設計測データ集

Collection of Measurement Data Obtained
in the Excavation of Ventilation and East Access Shaft
at the Horonobe Underground Research Laboratory Project

青柳 和平 村上 裕晃 田村 友識 藤枝 大吾
戸賀瀬 和輝 櫻井 彰孝

Kazuhei AOYAGI, Hiroaki MURAKAMI, Tomonori TAMURA, Daigo FUJIEDA
Kazuki TOGASE and Akitaka SAKURAI

幌延深地層研究センター
Horonobe Underground Research Center

August 2025

Japan Atomic Energy Agency

日本原子力研究開発機構

JAEA-Data/Code

本レポートは国立研究開発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。本レポートはクリエイティブ・コモンズ表示 4.0 国際 ライセンスの下に提供されています。本レポートの成果（データを含む）に著作権が発生しない場合でも、同ライセンスと同様の条件で利用してください。（<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ja>）
なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ウェブサイト（<https://www.jaea.go.jp>）より発信されています。本レポートに関しては下記までお問合せください。

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 研究開発推進部 科学技術情報課
〒 319-1112 茨城県那珂郡東海村大字村松 4 番地 49
E-mail: ird-support@jaea.go.jp

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en>).

Even if the results of this report (including data) are not copyrighted, they must be used under the same terms and conditions as CC-BY.

For inquiries regarding this report, please contact Library, Institutional Repository and INIS Section, Research and Development Promotion Department, Japan Atomic Energy Agency.

4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1112, Japan

E-mail: ird-support@jaea.go.jp

幌延深地層研究計画 換気立坑および東立坑掘削を対象とした地下施設計測データ集

日本原子力研究開発機構 幌延深地層研究センター

青柳 和平, 村上 裕晃, 田村 友識, 藤枝 大吾, 戸賀瀬 和輝[※], 櫻井 彰孝^{*}

(2025年4月1日受理)

幌延深地層研究センターでは、「令和2年度以降の幌延深地層研究計画」で示された研究課題である、「実際の地質環境における人工バリアの適用性確認」、「処分概念オプションの実証」、「地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証」に取り組んでいる。さらに、深度500mまで坑道を展開してこれらの研究課題に取り組むこととしている。2023年度以降は掘削工事を再開し、350m調査坑道の拡張工事として、3本の試験坑道（試験坑道6, 7, 東立坑側第1ボーリング横坑）を掘削するとともに、深度500mに向けた東立坑, 西立坑, 換気立坑および500m調査坑道の掘削が実施される。本データ集は、現在掘削している切羽や後続施工箇所的设计・施工にフィードバックする情報化施工プログラムを実施していくための基礎データとすること、地下施設建設時に取得した調査・計測データの共有化ならびに散逸防止を図ることを目的として、換気立坑および東立坑掘削時の調査・計測結果を取りまとめたものである。

幌延深地層研究センター: 〒098-3224 北海道天塩郡幌延町字北進 432-2

※ 技術開発協力員

* 地層科学研究所（令和7年3月まで技術開発協力員として在籍）

Collection of Measurement Data Obtained in the Excavation of Ventilation and East Access Shaft at the
Horonobe Underground Research Laboratory Project

Kazuhei AOYAGI, Hiroaki MURAKAMI, Tomonori TAMURA,
Daigo FUJIEDA, Kazuki TOGASE* and Akitaka SAKURAI*

Horonobe Underground Research Center
Japan Atomic Energy Agency
Horonobe-cho, Teshio-gun, Hokkaido

(Received April 1, 2025)

We currently focus on the three tasks that were identified as “Key R&D challenges to be tackled” in the “Horonobe Underground Research Plan for the Fiscal Year 2020 Onwards”. These tasks include “Study on near-field system performance in geological environment”, “Demonstration of repository design options”, and “Understanding of buffering behaviour of sedimentary rocks to natural perturbations”. To implement these tasks, we excavate shafts and galleries to the 500 m depth. From Fiscal Year 2023, we started extension of the 350 m gallery excavating 3 horizontal gallery (Niches No.6, No.7, and 350m Niche off the East Shaft No.1) and excavation of the shaft to the 500 m depth and excavation of 500 m gallery.

This report summarizes the measurement data acquired during the excavation of Ventilation and East access shaft to accumulate the basic data for carrying out the Observational Construction Program for the excavation of the shaft to the 500 m depth.

Keywords: Horonobe URL Project, R&D on High-level Radioactive Waste Disposal, Geoscientific Research, Observational Construction, Measurement Data

※Collaborating Engineer

* Geoscience Research Laboratory (Collaborating Engineer until March 2025)

目次

1.	はじめに	1
2.	実施した調査・計測	2
2.1.	地質・地質構造に関する調査	2
2.1.1.	底盤観察	3
2.1.2.	簡易壁面観察	13
2.1.3.	先行ボーリング調査	14
2.2.	内空変位	14
2.3.	覆工・吹付コンクリート応力計測	18
2.4.	立坑水収支測定および水質分析	21
2.5.	室内力学試験	31
3.	調査・計測データ	33
3.1.	地質・地質構造に関する調査	33
3.1.1.	底盤観察	33
3.1.2.	簡易壁面観察	45
3.1.3.	先行ボーリング調査	51
3.2.	内空変位	52
3.3.	覆工・吹付コンクリート応力	53
3.4.	立坑水収支測定および水質分析結果	54
3.5.	室内試験結果	55
3.6.	掘削実績	56
4.	まとめと今後の課題	57
	謝辞	57
	参考文献	57
	付録 DVD-ROM 収録内訳	59

Contents

1.	Introduction	1
2.	In situ observation and measurement	2
2.1.	Geological observation	2
2.1.1.	Geological observation on the floor of the gallery	3
2.1.2.	Simplified geological observation	13
2.1.3.	Pilot borehole investigation	14
2.2.	Measurement of the horizontal convergence	14
2.3.	Stress of concrete lining	18
2.4.	Water-ring exudation quantity and hydrochemical analysis	21
2.5.	Laboratory experiment	31
3.	Result of the observation and measurement	33
3.1.	Geological observation	33
3.1.1.	Geological observation on the floor of the gallery	33
3.1.2.	Simplified geological observation	45
3.1.3.	Pilot borehole investigation	51
3.2.	Measurement of the horizontal convergence	52
3.3.	Stress of concrete lining	53
3.4.	Water-ring exudation quantity and hydrochemical analysis	54
3.5.	Result of the laboratory experiment	55
3.6.	Excavation progress report	56
4.	Summary and future tasks	57
	References	57
	Acknowledgment	57
	Appendix File list of DVD-ROM	59

1. はじめに

幌延深地層研究センターでは、「令和2年度以降の幌延深地層研究計画」¹⁾で示された研究課題である、「実際の地質環境における人工バリアの適用性確認」、「処分概念オプションの実証」、「地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証」に取り組んでいる。さらに、これらの研究課題の遂行に当たっては、深度500mまで坑道を展開して研究に取り組むこととしている²⁾。

これまで、坑道掘削に関しては、幌延深地層研究計画の第2段階「坑道掘削（地下施設建設）時の調査研究段階」において、2006年度から2014年度までに140m、250mおよび350m調査坑道の掘削、東立坑と換気立坑の深度380mまで、西立坑の深度365mまでが施工された。これらの施工中に実施した調査や計測の結果は各年度にデータ集として取りまとめられている^{3)~11)}。2014年度以降、2022年度までは深度350mの調査坑道における原位置試験や調査坑道の維持管理が主な実施内容であったが、2023年度以降は掘削工事を再開し、350m調査坑道の拡張として、3本の試験坑道（350m試験坑道6、7、350m東立坑側第1ボーリング横坑）を掘削するとともに、深度500mに向けた各立坑および500m調査坑道の掘削を行っている。なお、350m調査坑道の拡張時のデータについても、2024年度に取りまとめ、公開されている¹²⁾。

本データ集は、現在掘削している切羽や後続施工箇所設計・施工にフィードバックする情報化施工プログラムを実施していくための基礎データとすること、地下施設建設時に取得した調査・計測データの共有化ならびに散逸防止を図ることを目的として、換気立坑および東立坑での掘削時の調査・計測結果を取りまとめたものである。紙面の都合上、調査・計測データは代表例について示しているが、その他のデータについては、DVD-ROMに収録し、巻末に添付した。

2. 実施した調査・計測

2.1. 地質・地質構造に関する調査

図 2-1 赤枠部に示す，令和 6 年度に実施した換気立坑および東立坑掘削箇所において，地質・地質構造に関する調査を実施した。換気立坑深度 GL-480m では，底盤部の西側半断面の浮石の除去等の清掃を行って岩盤部を露出させたうえで，割れ目の分布や産状等の詳細な観察を実施した（図 2-2）。底盤観察については，過年度の計測データ集⁸⁾に準拠し，2.1.1 項に示す項目を実施した。

換気立坑および東立坑深度 GL-380m～GL-500m の区間で毎切羽において，「社団法人日本道路協会 道路トンネル観察・計測 平成 21 年度改訂版，平成 21 年 2 月¹³⁾」を参考に，定量的評価法内の 9 の観察項目を用いた加重平均法にて地山評価し簡易壁面観察を実施した。

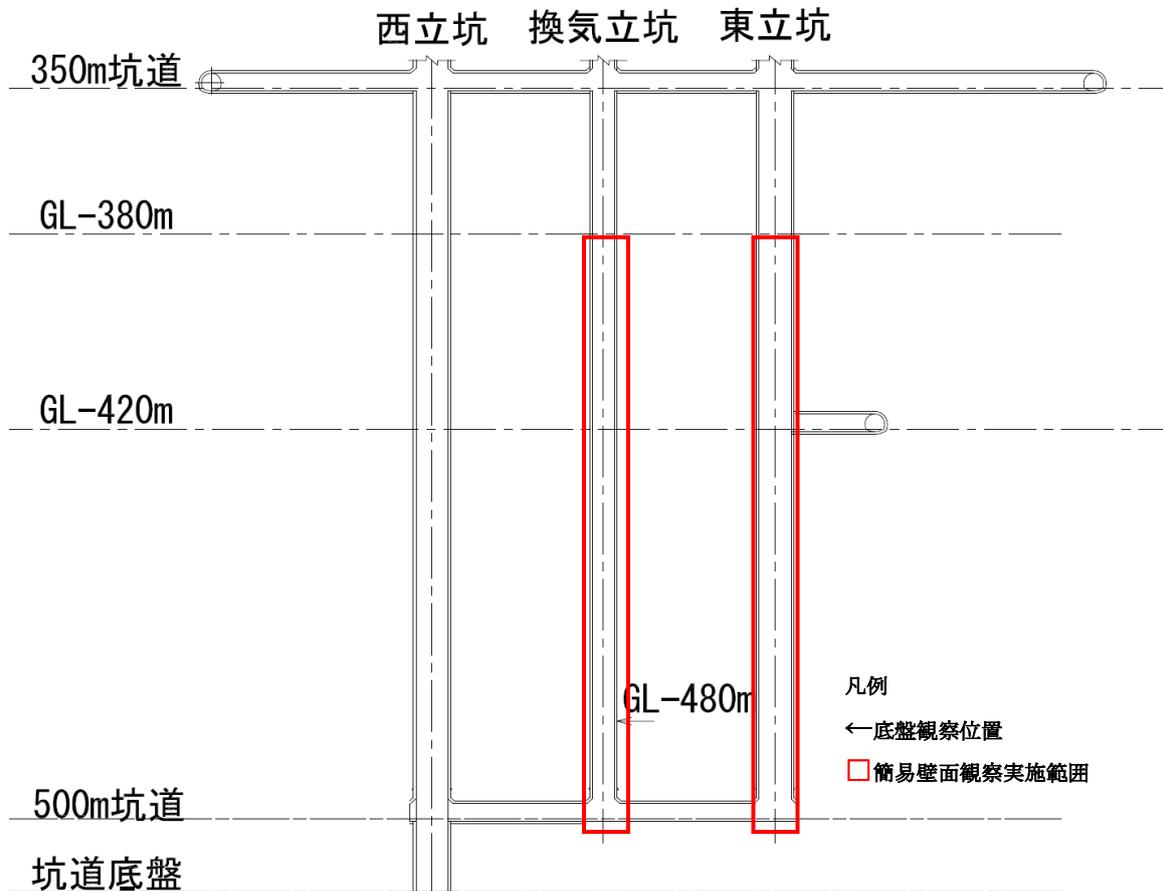


図 2-1 換気立坑および東立坑で実施した地質・地質構造に関する調査実施場所



図 2-2 換気立坑 GL-480m における底盤観察の様子

2.1.1. 底盤観察

2.1.1.1. 地質観察

対象とする底盤部の岩相，化石，風化・変質部，湧水の程度などを Autodesk® AutoCAD® および AutoCAD LT®（以下，Autodesk® AutoCAD® および AutoCAD LT® を“CAD”，これらのソフトウェアにより作成した図面を“CAD 図”という）によりマッピングする。不連続構造については，天然のもの（掘削時に機械的に生成されたものは除く）について割れ目の分布状況（頻度，連続性，密集する様子など）が把握できるようにスケッチし，それらの分布する性状を代表すると判断するものとして，大局的な傾向を表す割れ目や，長さ 50cm 以上の割れ目について情報を記載した。

(1) 岩相記載

1) 岩種

坑道壁面で認められる岩石について泥岩，砂岩などを判別した。

2) 色調，粒度

原則的に標準土色帖のカラーチャートに従い，岩種毎に色調を判別した。また，岩種毎の粒度についてもウェントワースの粒度スケールに基づき分類した¹⁴⁾。

3) 堆積構造

級化構造，ラミナ，変形構造について記載した。

4) 化学的風化部

風化部の色の記載，風化部の軟質化の程度について記載した。

5) 化石

貝化石の産状，生物擾乱の程度，植物片・炭質物の色と大きさについて記載した。

6) 湧水

岩石からの湧水については、表 2-1 に従い記載した。

表 2-1 湧水の分類基準

記号	F	D	W	—
分類基準	流下している	滴下している	湿っている	なし, 不明

(2) 割れ目記載

1) 番号

記載した全割れ目について、記載番号を N-1, 2, 3・・・と付番し、整理した。

2) 割れ目の種類

割れ目は、表 2-2 に示す基準で分類した。

表 2-2 割れ目の分類基準

記号	種類	分類基準
F	断層 (Fault)	断層岩が認められるもの
g	癒着割れ目 (Granulation seam)	固結した黒色細粒破砕物が認められるもの
S	せん断割れ目 (Shear fracture)	鏡肌または条線が認められるもの (断層岩は認められない)
T	引張割れ目 (Tensile fracture)	羽毛状構造が認められるもの
TS	引張せん断割れ目 (Sheared tensile fracture)	引張性の痕跡 (羽毛状構造) が優勢で、せん断性の痕跡 (鏡肌, 条線) を伴うもの
ST	せん断引張割れ目 (Tensile shear fracture)	せん断性の痕跡 (鏡肌, 条線) が優勢で、引張性の痕跡 (羽毛状構造) を伴うもの
ex	ゆるみ割れ目 (Exfoliation fracture)	掘削に伴う応力開放により形成されたと考えられるもの (機械割れ目は含まない)
u	成因不明割れ目 (Unknown fracture)	上記のいずれにも当てはまらないもの (人為的と考えられる割れ目は含まない)

3) 割れ目の形態

割れ目の形態について、表 2-3 に示す基準で分類した。

表 2-3 割れ目の形態の分類基準

記号	P	I	C	S
種類	直線状 (Planar fracture)	ジグザグ状 (Irregular fracture)	曲線状 (Curved fracture)	階段状 (Stepped fracture)

4) 割れ目面の形態

割れ目面の形態については、表 2-4 に示す基準で分類した。

表 2-4 割れ目面の形態の分類基準

記号	F	R	S
種類	シャープ (Flat)	凹凸状 (Rough)	滑り痕跡あり (Slickensided)

5) 条線の方向

割れ目面に条線については、表 2-5 に示す基準で条線の方向を記載した。

表 2-5 条線の方向

記号	°R	°L
記載基準	水平面より°右傾斜	水平面より°左傾斜

6) 変位・向き

断層の見かけの鉛直変位量 (cm)，変位センス (正断層，逆断層，右横ずれ断層，左横ずれ断層)，変位の指標とした構造名 (岩相など) を記載した。

7) 割れ目面の姿勢

割れ目面の姿勢は，北を基準として時計回りの角度で記載する方位 (Azimuth) 法と，北または南から，東または西の方向に，どの程度の角度をとるかを示す方角 (Bearing) 法の2通りの記載を行った。

8) 断層岩

断層岩が認められる場合は，表 2-6 に従って分類した。また，断層岩の最大幅は当該断層の壁面全体での最大真幅 (mm) を，分布率は当該断層に断層岩がどの程度側方へ連続性を持って分布しているのか (断層岩が認められる長さ/壁面全体で認められる断層の長さ×100) を記載した。

表 2-6 断層岩の分類

記号	B	G
種類	断層角礫 (Fault breccia)	断層ガウジ (Fault gouge)
分類基準	角礫 30%以上	角礫 30%以下

9) 割れ目の開口幅

割れ目の開口最大幅は当該する壁面全体での最大真幅 (mm) を，開口率は開口が認められる割れ目における開口部分の分布の割合 (%) を記載する。

10) 充填鉱物

割れ目に充填鉱物が認められる場合は，マンガン，黄鉄鉱，粘土鉱物，炭酸塩鉱物などの推定鉱物，最大幅，黒，赤茶，茶，黄，緑，灰，白などの色調を記載する。なお，充填鉱物の最大幅は当該する壁面全体での最大真幅 (mm) を記載する。

11) 割れ目発達部 (密集部)

割れ目発達部のうち，目視による平均的な割れ目間隔 (mm) を記載した。なお，割れ目密集部の最大幅は当該する壁面全体での最大真幅 (mm) を記載した。

12) 変質

割れ目周辺に変質が認められる場合は，変質の最大幅は当該する壁面全体での最大真幅 (mm) を記載した。

13) 湧水

割れ目からの湧水については、表 2-7 の分類基準に従って記載した。

表 2-7 湧水の分類基準

記号	F	D	W
分類基準	流下している	滴下している	湿っている

2.1.1.2. 地質スケッチ

底盤観察およびそのスケッチに当たっては、基本的には縮尺 1/50 程度の観察用紙を用いた。スケッチは、2.1.1 の岩相記載および割れ目記載項目に従い、10cm 以上の長さを持つ構造を対象とした。

壁面観察時に得られる割れ目などの地質情報および原位置試験の実施位置などの情報は、連続地質展開図の作成や以後の分析・研究へ利用するために電子データとした。電子化するためのソフトウェアは、汎用性の高い CAD を使用した。

(1) CAD による地質図作成時の留意点

底盤観察時に得られた情報は、以下の点に留意して CAD 図化した。

- ・ 作図単位は、m 単位とした。
- ・ CAD 図には割れ目・礫・化石・ノジュールなどの地質情報のほか、採取位置・原位置試験位置、さらにガス排出箇所も記載する。
- ・ CAD を用いた地質図作成は、以後の分析・研究などをより効率的に行えるように、記載データを地質要素・構造物線・注釈などの種別により画層（レイヤー）分けする。

表 2-8 に底盤観察の結果を整備する際の CAD 図の画層（レイヤー）設定を示す。

表 2-8 CAD 図画層 (レイヤー) 設定 (1/2)

レイヤー名	色	線種	線の太さ
00方位縦線	white	Continuous	0.05
00方位線	white	Continuous	0.05
00方位値	white	Continuous	0.05
00凡例	white	Continuous	0.05
0	white	Continuous	0.05
01割れ目 ex	8	Continuous	0.05
01割れ目 ex走向・傾斜データなし	8	Continuous	0.05
01割れ目D	white	Continuous	0.05
01割れ目F	red	Continuous	0.05
01割れ目F走向・傾斜データなし	red	Continuous	0.05
01割れ目g	40	Continuous	0.05
01割れ目g走向・傾斜データなし	40	Continuous	0.05
01割れ目S	magenta	Continuous	0.05
01割れ目ST	142	Continuous	0.05
01割れ目ST走向・傾斜データなし	142	Continuous	0.05
01割れ目S走向・傾斜データなし	magenta	Continuous	0.05
01割れ目T	green	Continuous	0.05
01割れ目TS	224	Continuous	0.05
01割れ目TS走向・傾斜データなし	224	Continuous	0.05
01割れ目T走向・傾斜データなし	green	Continuous	0.05
01割れ目u	blue	Continuous	0.05
01割れ目u走向・傾斜データなし	blue	Continuous	0.05
01割れ目密集部	cyan	Continuous	0.05
01基質支持-礫支持境界	blue	Continuous	0.05
01盛土-粘土層-礫層境界	blue	Continuous	0.05
01脱水構造	white	HIDDEN2	0.05
01断層角礫	red	Continuous	0.05
01破碎部	cyan	STYLE_01	0.05
01浮石・抜け落ち・肌落ち	white	STYLE_01	0.05
01変位方向F(切った側)	red	Continuous	0.05
01変位方向S(切った側)	magenta	Continuous	0.05
01葉理	8	HIDDEN2	0.05
01礫支持-珪藻質泥岩境界	white	Continuous	0.05
01礫支持-声間層境界	blue	Continuous	0.05
02凝灰岩	white	Continuous	0.05
003Dスキャン画像	blue	Continuous	0.05
3次吹付範囲	90	Continuous	既定
04ガス	blue	Continuous	0.05
04コンクリーション	white	Continuous	0.05
04ノジュール	red	Continuous	0.05
04異質礫	white	Continuous	0.05
04貝化石	white	Continuous	0.05
04貝化石密集部境界	white	STYLE_01	0.05
04砂岩	white	Continuous	0.05
04生痕	white	Continuous	0.05
04大礫(10cm以上)	white	Continuous	0.05
04炭質物	white	Continuous	0.05
04湧水	blue	Continuous	0.05
05A計測ピン位置	blue	Continuous	0.05
05B計測(地中変位計)位置	green	Continuous	0.05
05コーチップ・土色計試料採取位置	white	Continuous	0.05
05グラウト材	white	Continuous	0.05
05ノジュール採取位置	white	Continuous	0.05
05花粉試料採取位置	white	Continuous	0.05
05貝化石採取位置	white	Continuous	0.05
05簡易弾性波探査側線	magenta	Continuous	0.05
05岩石試料採取位置	white	Continuous	0.05
05原位置試験箇所	magenta	Continuous	0.05
05鉱物試験試料採取位置	white	Continuous	0.05
05試験孔	white	Continuous	0.05
05詳細観測窓	magenta	Continuous	0.05
05接写位置	red	Continuous	0.05
05接写位置(特別)	red	Continuous	0.05
05探り孔	white	Continuous	0.05
05炭質物採取位置	white	Continuous	0.05
05点載荷試料採取位置	white	Continuous	0.05
05崩落土	white	STYLE_01	0.05
05埋め戻し土	12	Continuous	0.05

表 2-8 CAD 図画層 (レイヤー) 設定 (2/2)

レイヤー名	色	線種	線の太さ
05礫径・割れ目計測位置	white	Continuous	0.05
06A計測ピン位置名称	blue	Continuous	0.05
06B計測(地中変位計)位置名称	green	Continuous	0.05
06コーチップ・土色計試料採取位置名称	white	Continuous	0.05
06ガス名称	blue	Continuous	0.05
06グラウト材名称	white	Continuous	0.05
06コンクリーション名称	white	Continuous	0.05
06ノジュール名称	red	Continuous	0.05
06異質礫名称	white	Continuous	0.05
06花粉試料採取位置名称	white	Continuous	0.05
06貝化石密集部名称	white	Continuous	0.05
06貝化石名称	white	Continuous	0.05
06割れ目走向傾斜 ex	8	Continuous	0.05
06割れ目走向傾斜D	white	Continuous	0.05
06割れ目走向傾斜F	red	Continuous	0.05
06割れ目走向傾斜g	40	Continuous	0.05
06割れ目走向傾斜S	magenta	Continuous	0.05
06割れ目走向傾斜ST	142	Continuous	0.05
06割れ目走向傾斜T	green	Continuous	0.05
06割れ目走向傾斜TS	224	Continuous	0.05
06割れ目走向傾斜u	blue	Continuous	0.05
06割れ目頻度	white	Continuous	0.05
06割れ目密集部名称	white	Continuous	0.05
06簡易弾性波探査側線名称	magenta	Continuous	0.05
06岩石試料採取位置名称	white	Continuous	0.05
06凝灰岩名称	white	Continuous	0.05
06原位置試験名称	magenta	Continuous	0.05
06鉱物試験試料採取位置名称	white	Continuous	0.05
06砂岩名称	white	Continuous	0.05
06最大礫径名称	white	Continuous	0.05
06試験孔名称	white	Continuous	0.05
06詳細観測窓名称	magenta	Continuous	0.05
06生痕名称	white	Continuous	0.05
06盛土-粘土層-礫層境界名称	white	Continuous	0.05
06接写位置名称	red	Continuous	0.05
06接写位置名称(特別)	red	Continuous	0.05
06大礫(10cm以上)名称	white	Continuous	0.05
06脱水構造走向傾斜	white	Continuous	0.05
06探り孔名称	white	Continuous	0.05
06炭質物名称	white	Continuous	0.05
06点載荷試料採取位置名称	white	Continuous	0.05
06破碎部名称	white	Continuous	0.05
06浮石・抜け落ち・肌落ち名称	white	Continuous	0.05
06崩落土名称	white	Continuous	0.05
06埋め戻し土名称	12	Continuous	0.05
06湧水名称	blue	Continuous	0.05
06葉理名称	white	Continuous	0.05
06礫径・割れ目計測名称	white	Continuous	0.05
Defpoints	white	Continuous	0.05
GLメートル	white	Continuous	0.05
その他	white	Continuous	0.05
一般	white	Continuous	0.05
下書きレイヤ(割れ目密集部)	white	Continuous	0.05
下書きレイヤ(計算調整)	cyan	Continuous	0.05
下書きレイヤ(断層岩)	white	Continuous	0.05
割れ目・面情報	white	Continuous	0.05
割れ目番号	blue	Continuous	0.05
観察No	white	Continuous	0.05
躯体	white	Continuous	0.05
繋がり記号	white	HIDDEN2	0.05
構造線	white	Continuous	0.05
支保工	white	Continuous	既定

(2) データの管理

取りまとめた CAD 展開図の保存形式は、CAD 形式とした。

2.1.1.3. 写真撮影

底盤観察時には、合成写真作成用の撮影および底盤を代表する地質構造、重要な地質構造の接写写真の撮影の2通りの撮影を実施した。撮影にはデジタル一眼レフカメラ（D850, Nikon）を使用した。仕様を表 2-9 に、撮影の手順を以下に示す。

表 2-9 デジタル一眼レフカメラ（D850, Nikon）仕様表¹⁵⁾

項目	内容
有効画素数	4.6 メガピクセル
撮像素子	35.9×23.9mm サイズ CMOS センサー ニコン FX フォーマット
オートフォーカス	TTL 位相差検出方式 フォーカスポイント 153 点（選択可能 55 点）
露出制御（測光方式）	180K ピクセル RGB センサーによる TTL 開放測光方式
使用レンズ	AF-S NIKKOR 24-85mm f/3.5-4.5G ED VR

(1) マーカー・撮影準備

投光機を設置して照明を確保した。底盤の小石や土砂を除去し、岩盤の隙間に溜まった水については、スポンジを用いて水分を拭き取った後、水系を使用して、1m×1m のグリッド線を設置した。

(2) 撮影

各画像は隣り合う画像（上下、および左右）が、互いに 5 %以上重複するように撮影した。一方で、壁面を代表する地質構造、重要な地質構造の接写写真の撮影はその都度適宜デジタルカメラを用いて実施した。

(3) 画像処理方法

底盤合成写真作成用に撮影した画像は、以下に示す各補正を行った。

① レンズ収差補正

カメラのレンズは球面であるため、レンズを通して撮影した画像は、カメラの中心以外では歪んでおり（例えば、長方形の物体が樽状に写っているなど）、この歪みを補正するのがレンズ収差補正である。カメラの中心と被写体上の一点を結ぶ線を光軸と呼ぶが、収差補正とは、光軸に垂直な平面上にある直線は画像上でも直線に、点は点に補正する処理である。

② 曲率補正

被写体が円筒形のような曲率を持っている場合、被写体は歪んで写る（例えば、直線は凹曲線に写る、など）。曲率補正とは曲率を持った被写体を、平面化するための処理である。

③ 基準点座標（4点）の設定

基準点を設定することにより、縦方向と横方向のスケールを補正する。

④ あおり補正

曲率補正後の画像は、実際の被写体の形状と相似形をしているとは限らない（光軸に斜交して

いるため、縦方向もしくは横方向に延伸されている場合がある)。そのため、あおり補正により、光軸に垂直な画像を作成する。

2.1.1.4. 地山特性に関する調査

地山特性に関する調査では、地山評価、断面形状計測、原位置試験を実施した。また、湧水および岩石のサンプリングを実施した。以下に各調査の項目などの詳細を示す。

(1) 地山の評価

幌延深地層研究計画地下施設工事の実施設設計¹⁶⁾における岩盤等級区分は、岩石の硬さ・割れ目頻度・ヘアークラックの有無の3つの指標により決定していることから、地山評価シート①(表3-2に例示)を用いて地山評価を行った。ヘアークラックについては、底盤観察時に、底盤と掘削ズリの双方を用いて観察した。

なお、当該底盤において複数の評価区分が混在する場合は、同シート上にその構成比を記載するとともに、特記事項欄に当該切羽における最終的な岩盤等級評価の決定根拠および空洞安定性に影響を及ぼす可能性のある地質の性状を記載した。

岩盤評価については、通常、支保設計とリンクした岩盤等級評価¹⁶⁾に加え、3つの岩盤分類法(新JH方式¹⁷⁾、地盤工学会¹⁸⁾、電研式¹⁹⁾)についても適用することとしているが、当該底盤では電研式¹⁹⁾のみを適用し地山評価シート④を用いて併行してデータの取得を行った(表3-3に例示)。

(2) 支保設計とリンクした岩盤等級評価

支保設計とリンクした岩盤等級評価¹⁶⁾については、地山評価シート①(表3-2に例示)に記載した。記載する評価項目は以下の通りである。

- A. 母岩の硬さ (判定方法: カッター刃の貫入深さ)
 - D: カッター刃が2mm以上刺さる (一軸圧縮強さ3MPa未満)
 - CL: カッター刃が1mm以上刺さる (一軸圧縮強さ3~5MPa程度)
 - CM: カッター刃で表面が傷つく程度 (一軸圧縮強さ5~30MPa程度)
- B. 割れ目頻度 (判定方法: コアでの割れ目頻度に置き換えた割れ目情報)
 - L: 高密度 (割れ目間隔が2cm未満, コアでは角礫状~岩片状)
 - M: 中密度 (割れ目間隔が2cm以上10cm未満, コアでは短柱状)
 - H: 低密度 (割れ目間隔が10cm以上, コアでは棒状・長柱状)
- C. ヘアークラックの有無 (判定方法: 切羽(壁面)からの採取岩石の観察)
 - Hr有: 当該区間の岩盤露出面の10%以上にヘアークラックが確認される。
 - Hr無: 当該区間の岩盤露出面の10%未満しかヘアークラックが確認されない。
- D. 破碎帯(切羽(壁面)内弱層)
 - 破碎帯に関する情報は、特記事項に記載する。

(3) 電研式岩盤分類(田中の方法)による評価

電研式岩盤分類(田中の方法)による岩盤評価¹⁹⁾については、地山評価シート④(表3-3に例示)に記載した。記載する評価項目は以下の通りである。

- A. ハンマーの打撃音と切羽（壁面）観察結果（風化変質、割れ目の状態）について総合的に評価（観察者の主観を重視した定性的評価）する。
- B. 岩級評価基準に基づき、6段階（A, B, CH, CM, CL, D）で岩盤等級を評価する。

2.1.1.5. 3D スキャンによる測定

本計測では、3D スキャナ（BLK360, Leica）を使用した（図 2-3 参照）。この装置により底盤部および壁面部の凹凸形状を三次元的な点群としてデータ取得するとともに、写真撮影を実施した。測定手順は、測定対象範囲および 3D スキャナの計測範囲を考慮し、任意の位置で三脚を設置し計測した。表 2-10 に装置の仕様を示す。



図 2-3 3D スキャナ（BLK360, Leica）²⁰⁾

表 2-10 3D スキャナ（BLK360, Leica）仕様表²⁰⁾

項目	内容
測距方式	パルス
測距範囲：鉛直方向／水平方向	300°／360°
スキャンニングスピード	360,000 点／秒程度
測距精度	4mm@10m／7mm@20m

2.1.1.6. 原位置試験

(1) エコーチップ硬さ試験

底盤観察と同時にエコーチップ硬さ試験を実施した。測定位置等を表 2-11 に示す。また、使用機器を図 2-4 に仕様を表 2-12 に示す。なお、試験結果は、「2.1.1.4 地山特性に関する調査」で作成する地山評価シート④に整理した。

表 2-11 試験坑道 6 において実施するエコーチップ硬さ試験

測定位置	測定回数	適用範囲	測定値	試験結果
15, 17, 19, 20～21, 22 基目	5 地点測定	L 値 200～900	反発値	L 値



図 2-4 エコーチップ (エコーチップ 3, 富士物産)

表 2-12 エコーチップ (エコーチップ 3, 富士物産) 仕様表 ²¹⁾

項目	内容
測定範囲	HL (測定される L 値) 100~990
測定精度	平均測定誤差±0.5%または±4HL
分解能	1HL
表示装置	100×75mm, QVGALCD 液晶, バックライト付き
バッテリー	充電式 Li-Ion 電池
外部端子	Ethernet, USB, RS232C
許容温度	0°C~50°C (測定時), -10°C~60°C (保管時)
寸法・重量	表示装置=200 (L) ×170 (W) ×45 (H) mm・900g

試験方法は、「簡易反発硬度試験による岩質材料の物性評価手法の開発—試験条件の影響と基本特性に関する調査²²⁾」に準じて以下に示す方法で実施した。

図 2-5 に示すように、測定器に接続されたインパクト装置を壁面に当て、押し付ける。壁面からの反発値 (反発速度と打撃速度との比の千分率) を岩盤の硬さとする。硬い岩盤ほど反発値が大きく、軟らかい岩盤ほど反発値が小さい。測定は、1 地点 1 回打撃とし、測定箇所を順次変更する単打方式とした。

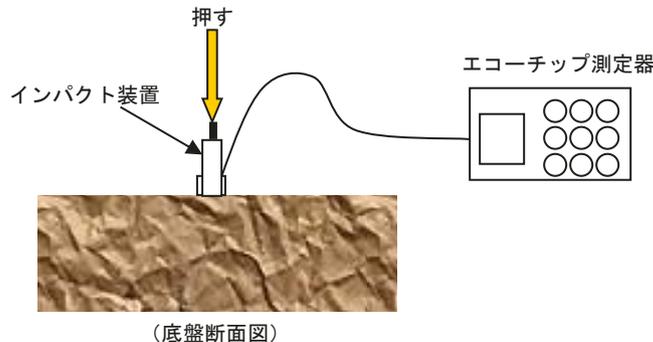


図 2-5 エコーチップ硬さ試験方法

(2) 岩石色彩測定

底盤部の岩石に土色計を押し当てて色彩を測定した。色彩の数値化に当たり、測定場所において取得された、 L^* 、 a^* 、 b^* の値 ($L^*a^*b^*$ 色空間) を整理した。

2.1.1.7. 観察結果の取りまとめ方法

実施した地質・地質構造に関する調査と地山特性に関する調査結果は、両内容を包括する資料となる地質記載シートとして取りまとめた。地質記載シートは、地質観察を実施した場所、地層名、岩種、岩級区分、壁面スケッチ、可視画像などの結果を記載したものを作成し、計測会議にて内容について確認および議論を行った後、必要に応じて修正を加えたものを整理した。

表 2-13 に地質記載シートに記載する調査結果の項目を示す。

表 2-13 地質記載シート記載項目一覧

記載項目	記載内容	用途
シート番号	V (換気立坑) - 番号	共通
位置	坑道名称	共通
地層名	角礫層, 声問層など	地質・地質構造に関する調査
岩種	礫層, 珪藻質泥岩など	共通
風化	強, 中, 微, なし	地山特性に関する調査
変質	あり, なし	共通
湧水	あり, なし	共通
化石	あり, なし	地質・地質構造に関する調査
特記事項	岩種, 色調, 堆積構造の有無, ノジュール・化石についての情報, 割れ目についての情報など	地質・地質構造に関する調査
岩級区分図	実施設計とリンクした岩級評価の範囲を図示	地山特性に関する調査
底盤スケッチ図	10cm 以上の礫および最大礫径, 割れ目および走向傾斜, ノジュール・化石などの出現位置, サンプルングおよび原位置試験・計測位置, 内空変位測定ピン設置位置, 接写写真位置など	共通
底盤写真	各種補正済みの合成写真	共通

2.1.2. 簡易壁面観察

簡易壁面観察では、壁面状況を確認して、下記の事項を記入したスケッチを作成した。また、毎壁面で写真撮影を行った。

- 地質 (岩石名) とその分布, 性状および切羽の自立性
- 地山の硬軟, 割れ目の間隔とその卓越方向などの地山の状態
- 断層の分布, 走行, 傾斜, 粘土化の程度
- 湧水箇所, 湧水量とその状態
- 軟弱層の分布
- その他

2.1.3. 先行ボーリング調査

換気立坑および東立坑の坑底（GL-380m）より掘削予定断面内で先行ボーリング調査を行った。各立坑のボーリング孔の掘削本数は1本で、掘削方向は鉛直下向き、掘削径は66mm、掘削長は換気立坑で125.7m、東立坑で141.4mである。採取したコアを観察し下記事項を取りまとめるとともに、BTV観察の結果を取りまとめた。

- 割れ目リスト
- 総合柱状図
- コア写真

2.2. 内空変位

内空変位の計測は、コンバージェンスメジャーによる測定とした。実施した計測断面位置は、換気立坑で3断面、東立坑で6断面とした。計測断面位置を図2-6に示す。

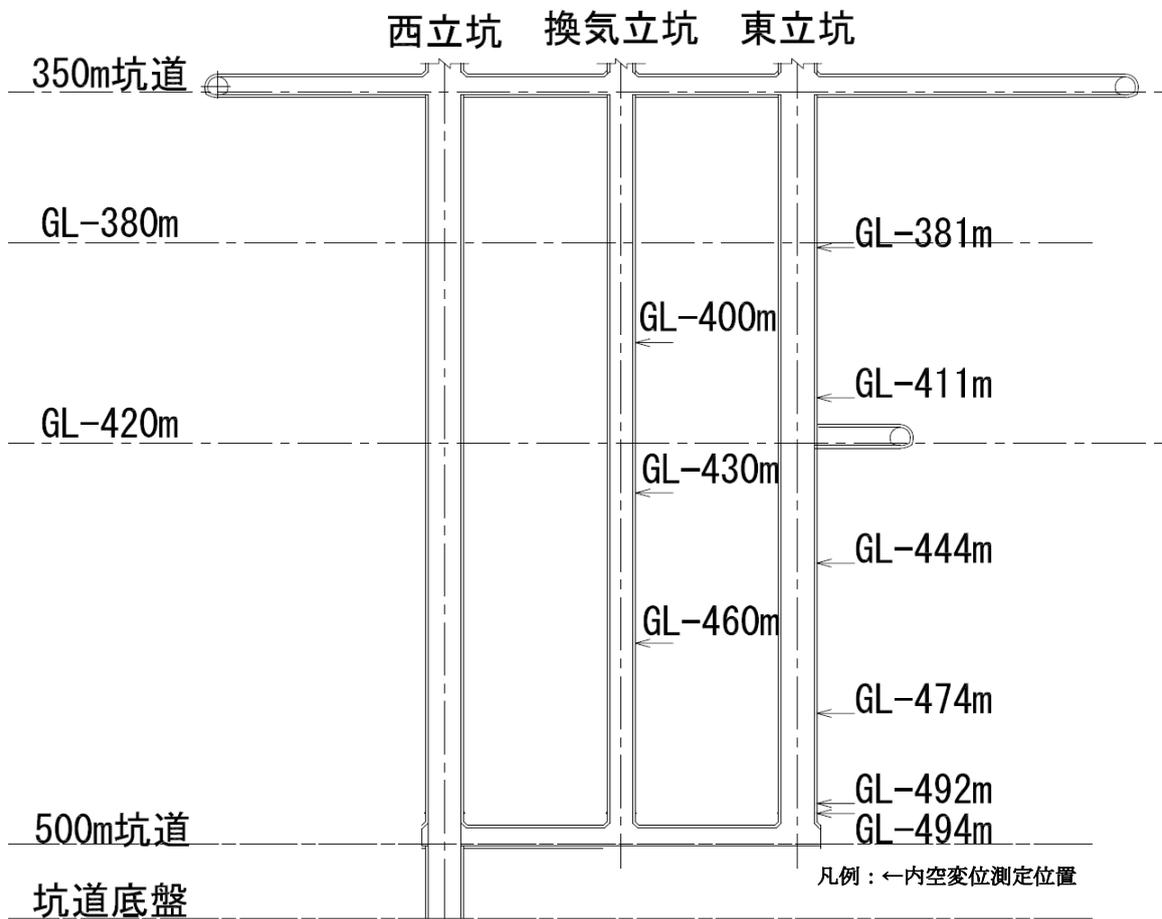


図 2-6 内空変位計測断面位置

(1) 計測機器

計測に使用したコンバージェンスメジャー（NH-15F）を図 2-7 に示す。また、コンバージェンスメジャーの仕様を表 2-14 に示す。

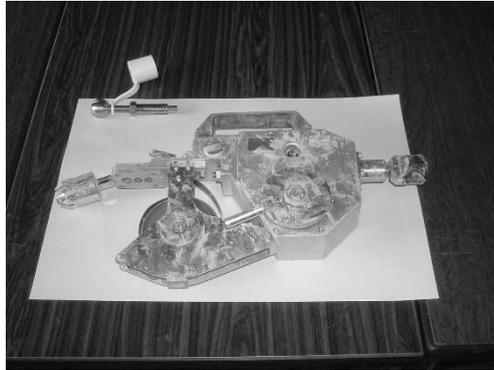


図 2-7 ボールポイントおよびコンバージェンスメジャー（NH-15F，東横エルメス）

表 2-14 コンバージェンスメジャー（NH-15F，東横エルメス）仕様表²³⁾

[本体]		[測定ポイント]	
型式	NH-15F	型式	MP-F
測定範囲	0.5～15m	構成	ボールポイントと グリップアンカー
最小読取値	0.1mm	寸法	全長 87mm
測定時の張力	約 0.13kN	質量	約 150g
測温範囲	-15～+65℃	付属品	ボールポイント保護キャップ
温度係数	13.8×10 ⁻⁶ /℃		
寸法	L399×H230×D50mm		
質量	約 3kg		
付属品	携帯用ケース		

(2) 計測手順

内空変位測定の概要を図 2-8 に示す。ボールポイントは、掘削完了後速やかに設置し、コンバージェンスメジャーにより初期値を計測した。その後、掘削進行毎に計測した。なお、内空変位測線については、南北測線および東西測線の 2 測線を基本とするが、スcafford 上で計測を行うため、スcafford 設備を避けた方位とした。

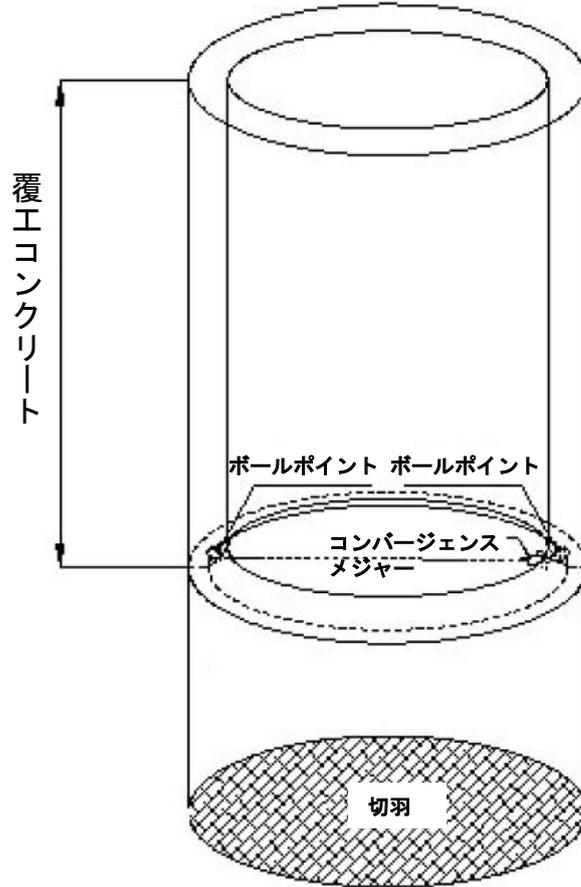


図 2-8 立坑における内空変位測定模式図

(3) 計測頻度

計測頻度は表 2-15 に示す通りとした。

表 2-15 内空変位測定頻度

測定箇所	設置頻度	測定頻度
南北線近傍の測線	30m 毎	適宜 (スcafford 上で 1 回)
東西線近傍の測線	30m 毎	適宜 (スcafford 上で 2 回)

(4) 管理基準値

管理基準値は、解析手法により表 2-16 に示す通りに設定し、レベル別の管理体制は「社団法人日本道路協会 道路トンネル観察・計測 平成 21 年度改訂版、平成 21 年 2 月¹³⁾」に準拠して設定し、表 2-17 に示す通りとした。

表 2-16 管理基準値

内空変位量		
管理レベルI	管理レベルII	管理レベルIII
解析値 50%	解析値	解析値 150%

※設計基準強度/許容値=1.85

表 2-17 レベル別管理体制

管理レベル	管理体制
レベルI (注意体制)	計測頻度強化, 現場点検, 作業員への注意強化
レベルII (要注意体制)	計測体制の強化, 最終変位の予測, 対策工の実施
レベルIII (嚴重注意体制)	掘削の全面停止, 変位発生 of 要因・傾向の分析, 支保パターン・対策

2.3. 覆工・吹付コンクリート応力計測

(1) 計測方法

コンクリート応力の計測は、コンクリート有効応力計により測定し、換気立坑で2断面、東立坑で5断面実施した。覆工コンクリート打設前に計測器を設置し、打設完了後に自動計測を行った。なお、東立坑の深度415～416mについては、覆工コンクリートではなく吹付けモルタルによる施工であったことから、吹付けコンクリート施工前に計測器を設置した。図2-9に測定位置図、図2-10に測定断面図を示す。

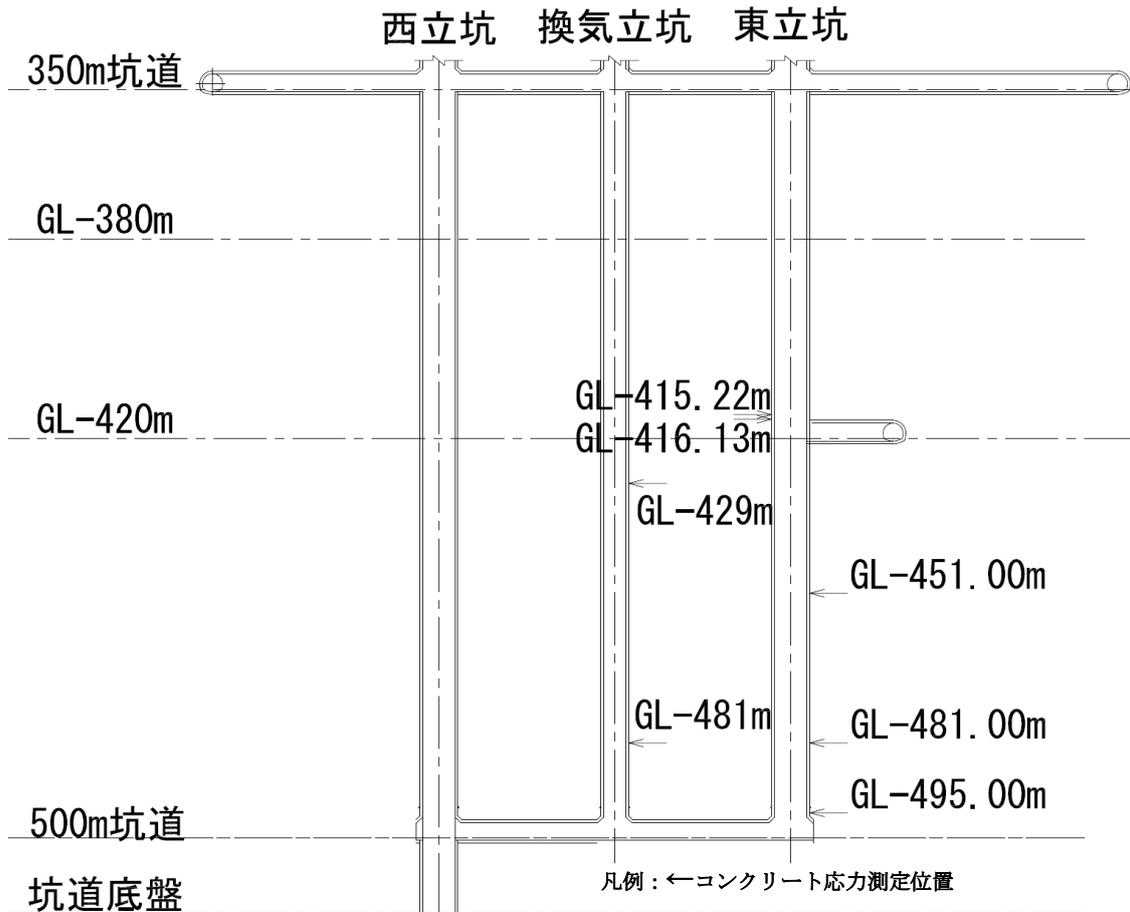


図2-9 コンクリート応力測定位置図

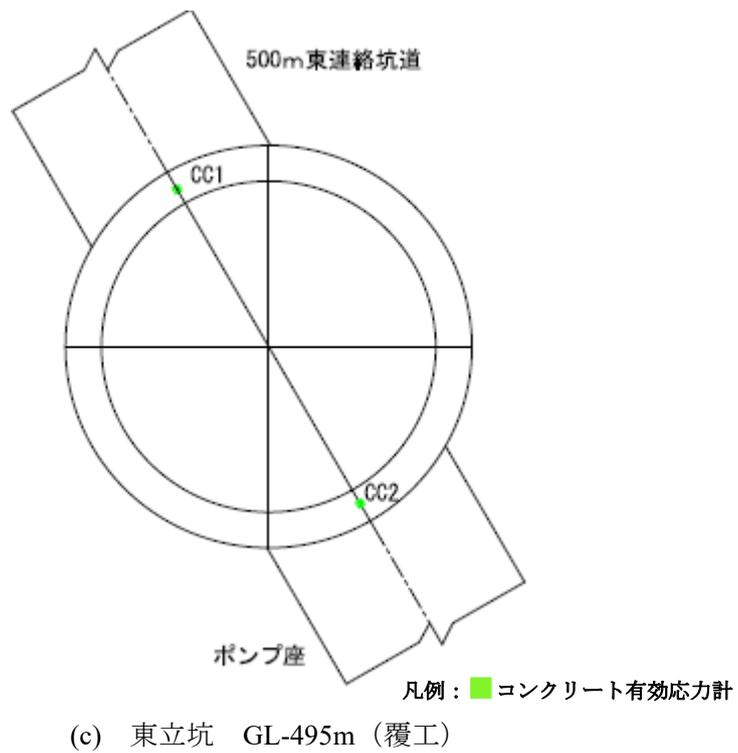
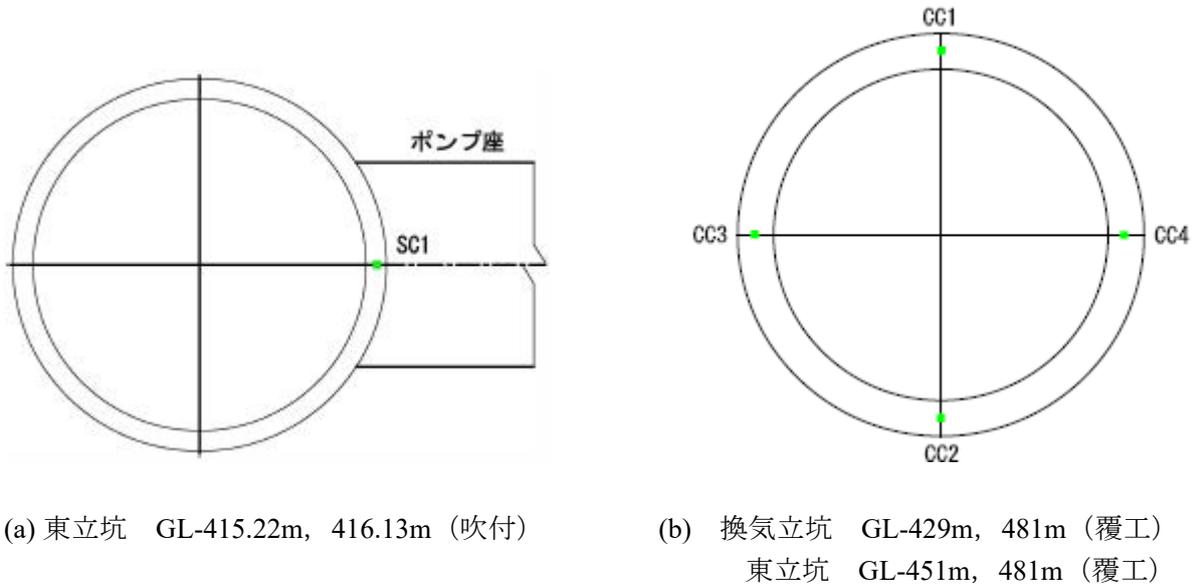


図 2-10 コンクリート応力測定断面図

(2) 計測機器

コンクリート有効応力計 (GK-○N-505) の外観を図 2-11 に、仕様を表 2-18 に示す。型式の○には測定範囲の数字が入る。当該立坑の場合は、コンクリートに作用すると予想される応力値に合わせ 40～90 N/mm² までを使用している。



図 2-11 コンクリート有効応力計 (GK-ON-505, 東横エルメス)

表 2-18 コンクリート有効応力計 (GK-ON-505, 東横エルメス) 仕様表²⁴⁾

型式	GK-ON-505
測定範囲	ON/mm ²
定格出力(RO)	1.0mV/V 以上
非直線性	±1.0%RO 以内
ヒステリシス	±1.0%RO 以内
許容過負荷	120%
許容温度範囲	-10～+80°C
最大印加電圧	10V
入出力抵抗	350Ω ±2%
許容耐水圧	0.8MPa
寸法	5×5×L50(フランジ部 φ8)cm
質量	約 2.2kg
ケーブル	S4-5 (0.5mm ² 4心, シングルシース)

(3) 計測手順

コンクリート応力測定の流れを以下に示す。図 2-12 に計測器設置状況を示す。

① 準備作業

- ・計測器設置前に計測前の測定値を確認する。

② 応力計設置

- ・コンクリート有効応力計は、コンクリート中空に位置させる必要があるため、取り付け治具等で設置する (図 2-12(a))。
- ・計測用ケーブルは、アンカー等で適切な間隔で固定する。
- ・計測器内の空隙部にはコンクリートを充填し、空隙が発生しないように、木槌などで振動を与え締め固める。コンクリート充填完了後、コンクリート応力計のふたを取り付け、バインド線で固定する (図 2-12(b))。
- ・コンクリート打設中は、締め固め機が計測器に当たらないように注意する。
- ・打設完了後、測定値を確認する。

③ コンクリート応力測定

- ・自動計測にて測定する。

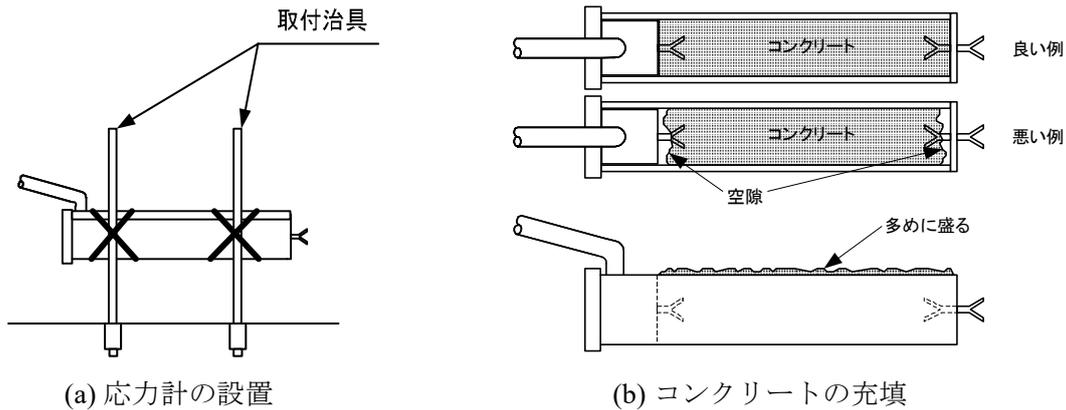


図 2-12 計測器設置状況

(4) 計測頻度

自動計測を基本とする。継続して 1 時間毎にすべての計測データ取得を行い、2 時間毎に計測データの保存を行った。なお、測定間隔は、状況に応じて変更した。

(5) 計測期間

工事期間中継続して計測を行うことを基本とした。

(6) 管理基準値

管理基準値は、支保パターン別に設定した。設定した管理基準値は、施工中に得られる実測値と対比し、適宜見直しを実施した。

- レベルI (注意喚起) : 実施設計にて実施した空洞安定解析で得られた、予測解析結果の応力度に到達した時
- レベルII (対策検討) : 支保部材に発生する応力度が、使用限界状態に到達した時
- レベルIII (切羽停止) : 支保部材に発生する応力度が、終局限界状態に到達した時

2.4. 立坑水収支測定および水質分析

ウォーターリングは各立坑において深度約 35m 間隔で設置し、それぞれの区間での湧水量(流量)の連続観測を行うとともに、立坑壁面と覆工コンクリートの間に設置した裏面排水材により導水した湧水(地下水)を採取し、簡易水質分析(水温、pH、溶存酸素濃度(DO)、電気伝導度(EC)、酸化還元電位(ORP))を行い、掘削工事の進行に伴う湧水量や水質の変化に関するデータを取得した。水質測定は東亜ディーケーケー社のポータブルマルチ水質計 MM-42DP を用いた。

(1) 計測機器

1) 熱線式流量計

熱線式流量計（フローキャプター4115.30）の概観を図 2-13 に示す。また，熱線式流量計の仕様を表 2-19 に示す。

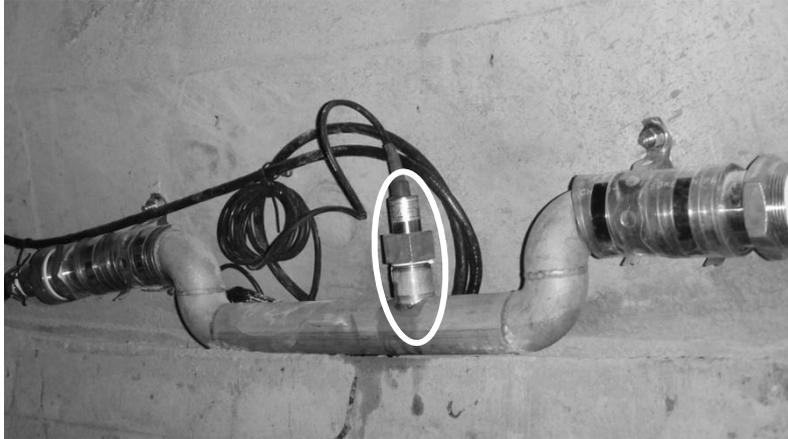


図 2-13 熱線式流量計（フローキャプター4115.30，Weber，図中白丸で囲ったもの）

表 2-19 熱線式流量計（フローキャプター4115.30，Weber）仕様表²⁵⁾

測定物	水，水溶液，油，クーラント液，スラリー液，半固形液
測定可能流速	0.01～2m/s（オプション・3m/sMAX）
対象配管口径	φ25mm～1000mm
材質	標準 SUS304 オプション SUS316Ti
動作圧力	最大 3MPa
測定温度	-10℃～+80℃（100℃ MAX はオプション）
周囲温度	-10℃～+60℃
精度	±5%
再現性	±2%
温度ドリフト	0.3%/K
電源	24VDC ±10%
消費電流	Max 200mA（0.5A 以上必要）
出力	4-20mA
保護規格	IP65
重量	260g

2) 電磁式流量計

電磁式流量計（MTG11A）の概観を図 2-14 に示す。また、電磁式流量計の仕様を表 2-20 に示す。

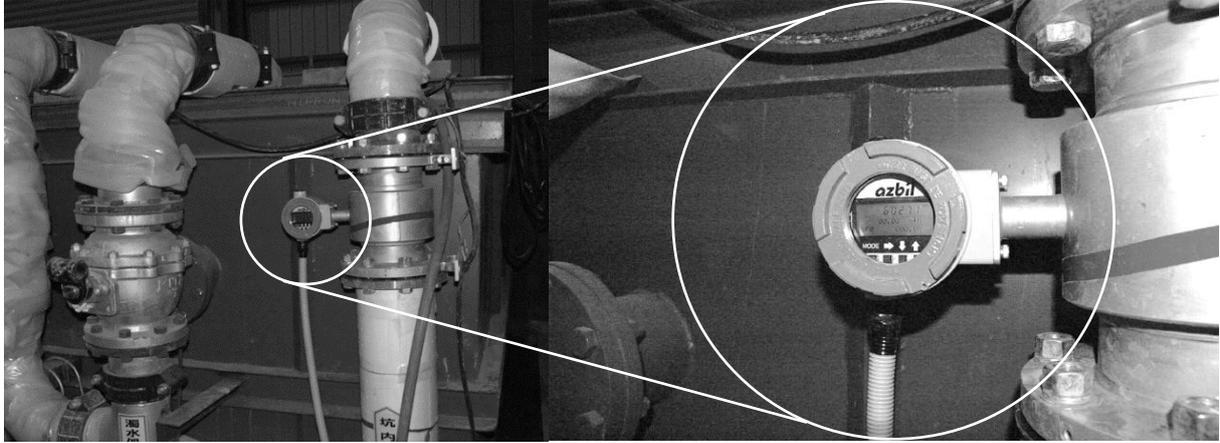


図 2-14 2 線式電磁式流量計（MTG11A，アズビル）

表 2-20 2 線式電磁式流量計（MTG11A，アズビル）仕様表(1/2)²⁶⁾

口径	2.5/5/10/15/25/40/50/65/80/100/150/200mm
接続	ウエハ（口径 2.5～15mm） フランジ（口径 2.5～200mm）
通信	SFC 通信，HART 通信
HART	マルチドロップモード（12mA 固定）
電源	DC15.6～42V（通信を使用しない場合） DC21.05～42V（通信を使用した場合）
出力	4～20mADC，オープンコレクタパルスまたは接点，DE（デジタル出力）
測定可能導電率	10 μ S/cm 以上
測定流体温度範囲	-20～130 $^{\circ}$ C（口径 15～200mm） -20～100 $^{\circ}$ C（口径 2.5～10mm）
精度	指示値の \pm 0.5%

[検出器仕様]

構造	JIS C0920 防浸形 NEMA ICS6-110 TYPE 4X IEC PUBL 529 IP67
電極構造	2.5A～15A 外挿形 25A～200A 内挿形
周囲温度	-20～+60 $^{\circ}$ C
周囲湿度	10～90%RH
直管長	上流側：口径の 5 倍以上，ただし拡大管，バルブ，ポンプ等がある場合は口径の 10 倍以上 下流側：不要，ただしバルブ等偏流の影響がある場合は口径の 2 倍以上
取付姿勢	電極水平位置取付

表 2-20 2線式電磁式流量計 (MTG11A, アズビル) 仕様表(2/2)

[変換器仕様]

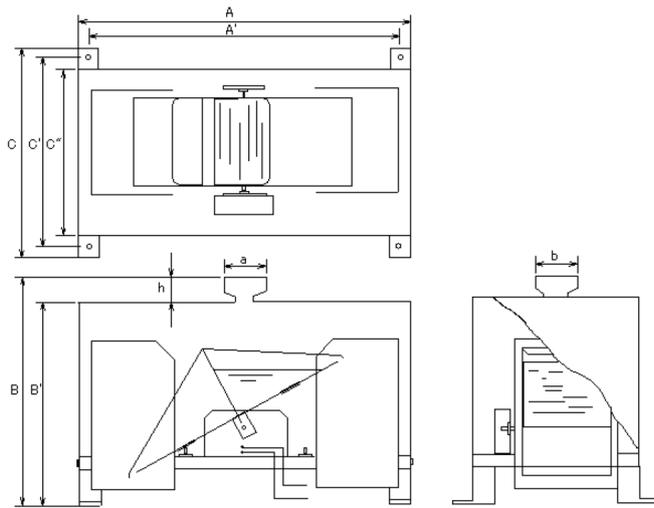
構造	JIS C0920 防浸形 NEMA ICS6-110 TYPE 4X IEC PUBL 529 IP67
入力信号	検出器からの流量比例電圧信号
出力信号	励磁電流：検出器コイルへの励磁電流出力 アナログ出力：4~20mADC (デジタル出力と選択) デジタル出力：DE パルス出力：オープンコレクタ出力 (出力接点と DC30V, 100mA max 選択) 接点出力：オープンコレクタ出力 (DC30V, 100mA max)
通信の負荷抵抗特性	通信用外部電源 DC21.1~42V
ディスプレイ	LCD8桁, キースイッチ4個付 表示種類：瞬時%流量, 瞬時実流量, 積算表示
流量単位	%, 体積流量単位, 質量流量単位, 時間単位より任意選択
避雷機能	12kV, 1,000A 電流出力端子にバリスタとして内蔵
周囲温度	-20~+60°C
周囲湿度	10~90%RH
取付	検出器/変換器一体形

3) 転倒ます型量水計

転倒ます型量水計（UIZ-TB1000）概観を図 2-15 に示す。また、内部構造図および仕様を図 2-16 に示す。



図 2-15 転倒ます型量水計（UIZ-TB1000，ウイジン）



(a) 内部構造図

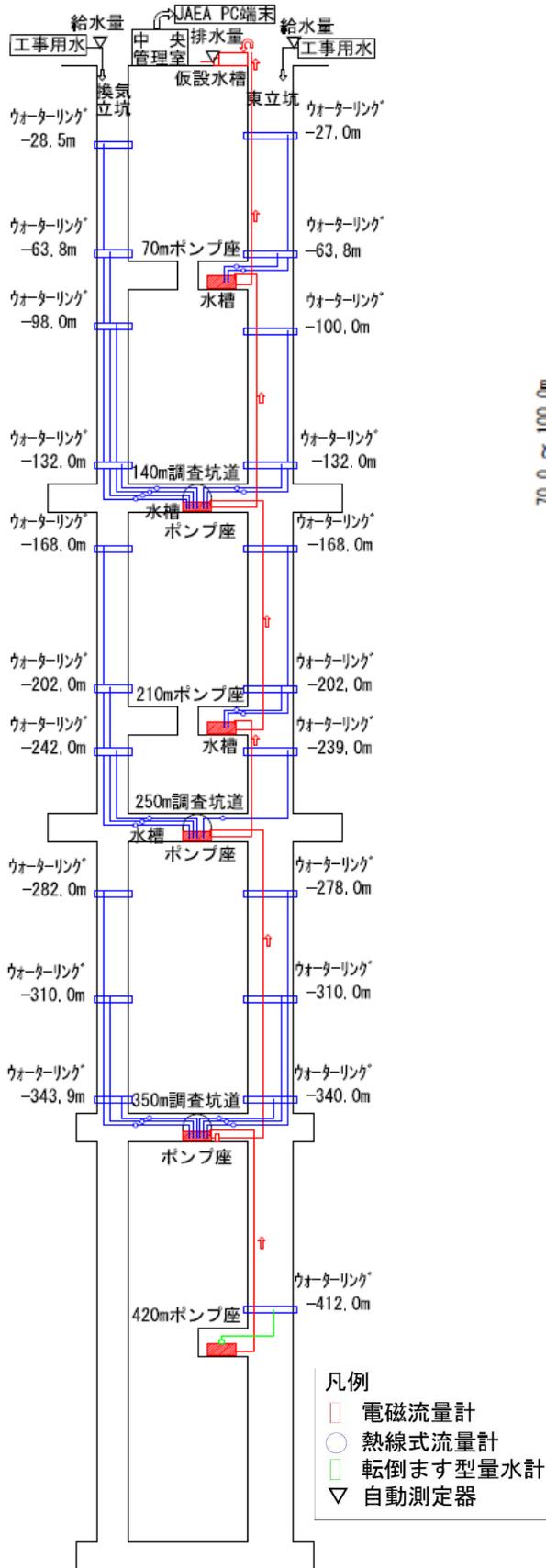
1 転倒容量	1000mL	
精度	±3%	
寸法 (mm)	A	483
	A'(孔間)	445
	B	311
	B'	251
	h	60
	a	100
	b	100
	C	270
寸法 (mm)	C'(孔間)	246
	C''	213
	孔	φ11mm×4 個
	材質	ステンレス SUS304, アクリル（接点カバー）
出力	無電圧接点	

(b) 仕様表

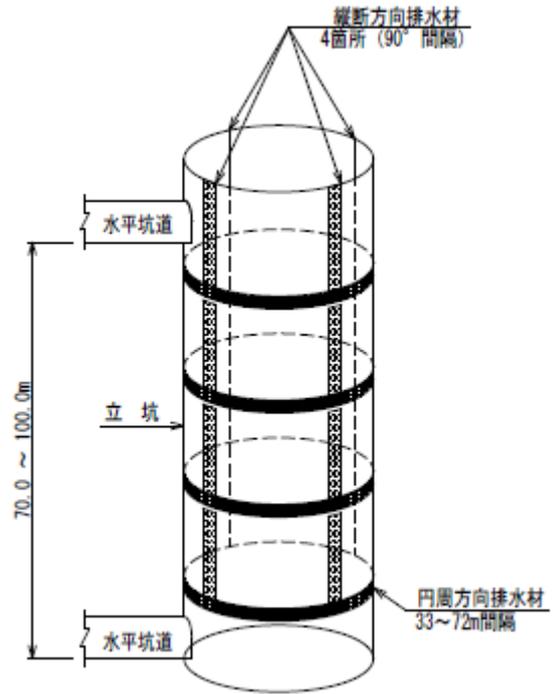
図 2-16 内部構造図および仕様表²⁷⁾

(2) 設置手順

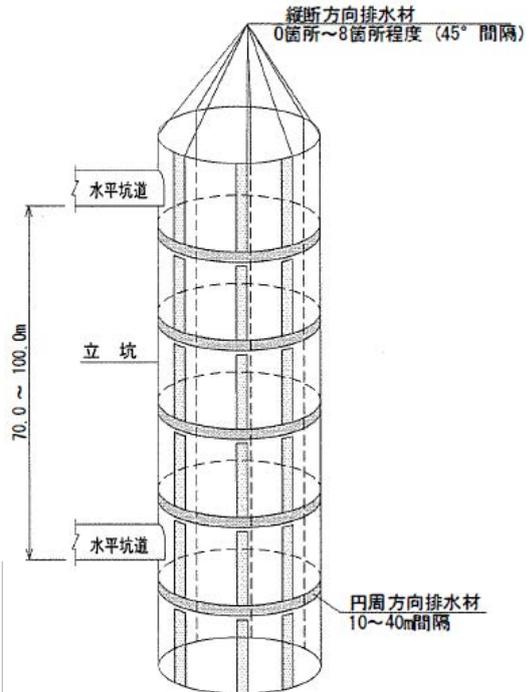
流量計配置の模式図および裏面排水材の概念図を図 2-17 に示す。



(a) 流量計配置模式図



(b) 換気立坑裏面排水材概念



(c) 東立坑裏面排水材概念図

図 2-17 流量計配置模式図および裏面排水材概念図

図 2-18 および図 2-19 に熱線式流量計の設置手順および設置概略図を示す。

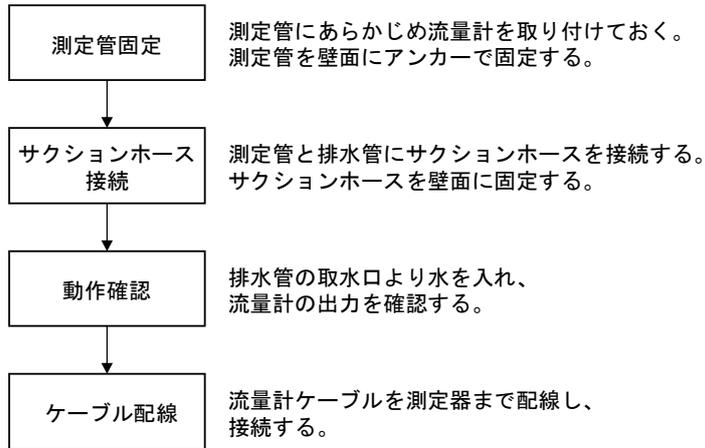


図 2-18 熱線式流量計設置手順図

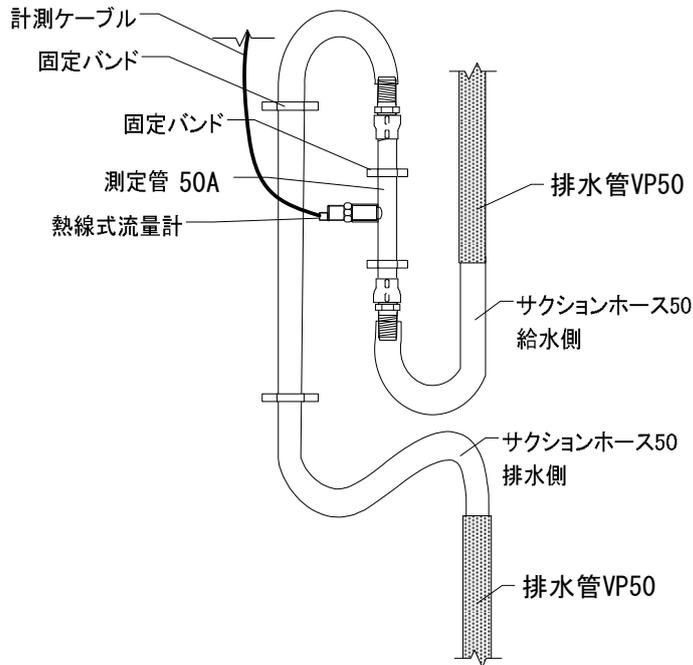


図 2-19 熱線式流量計設置概略図

図 2-20 および図 2-21 に電磁式流量計の設置手順および設置概略図を示す。

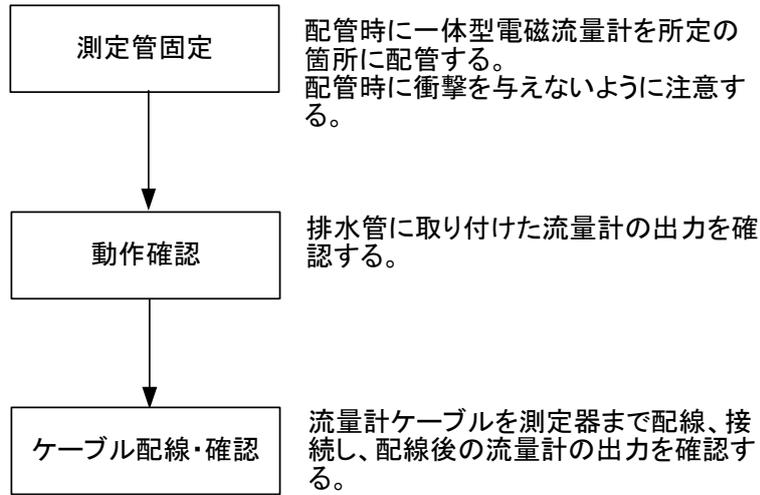


図 2-20 電磁式流量計設置手順図

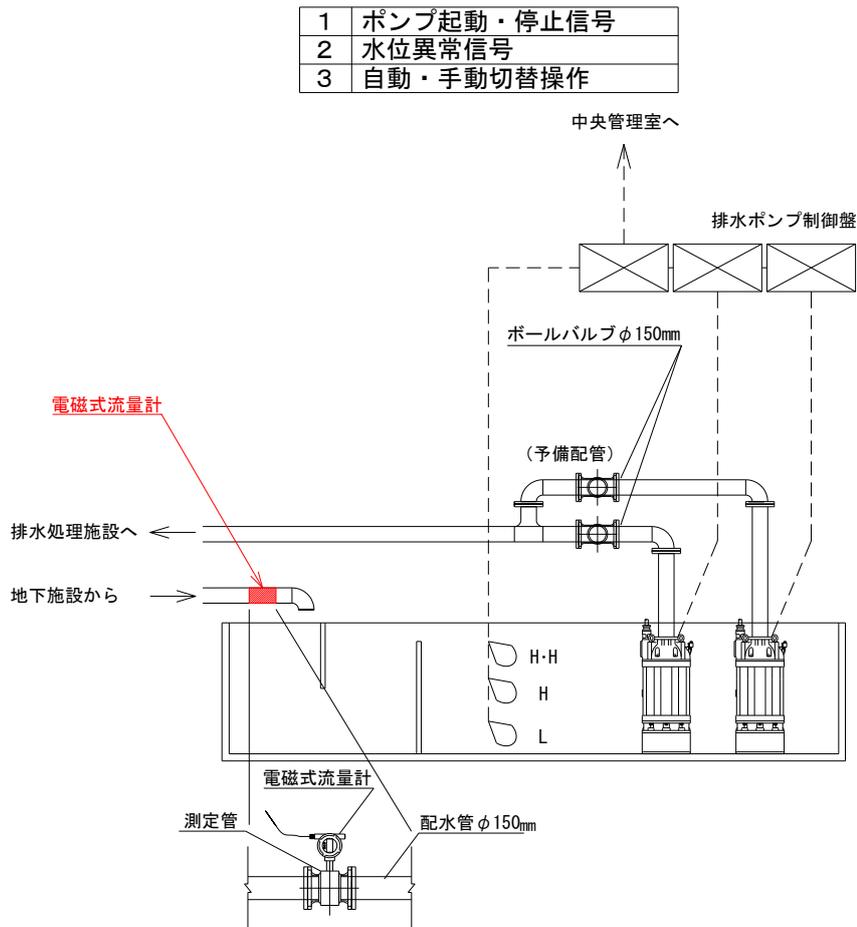


図 2-21 電磁式流量計設置概略図

図 2-22 および図 2-23 に転倒ます型量水計の設置手順および設置概略図を示す。

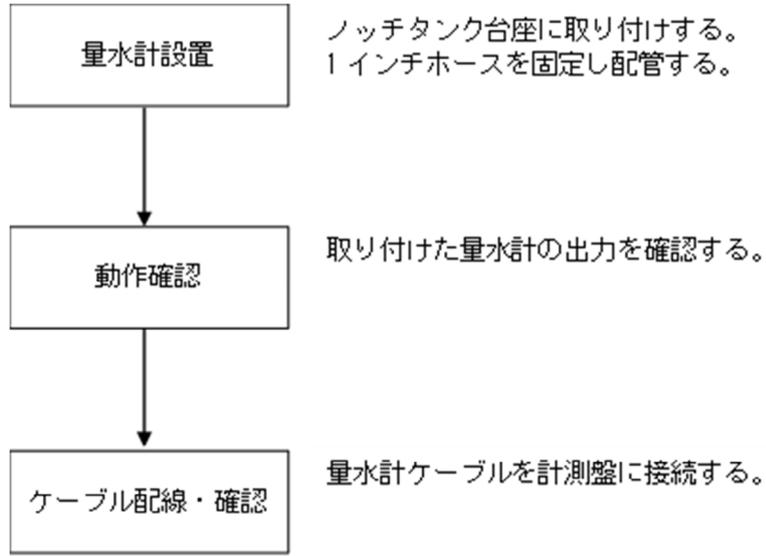


図 2-22 転倒ます型量水計設置手順

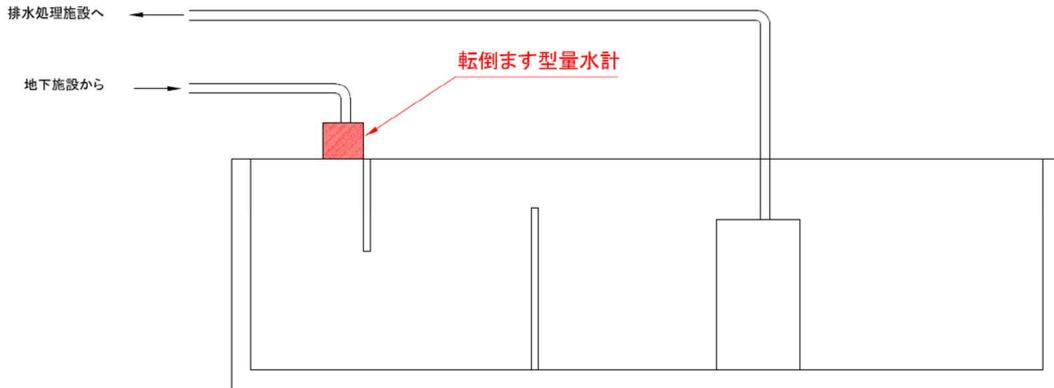


図 2-23 転倒ます型量水計設置概略図

(3) 計測頻度

電磁式流量計は立坑内の総排水量の積算値が付属メーターで表示される。データベースとして管理する排水量のデータは1週間分の積算流量で取りまとめた。

熱線式流量計および転倒ます型量水計はウォーターリングに集水された区間毎の湧水量を自動測定する。熱線式流量計および転倒ます型量水計は10分毎でデータを取得し、データベースとして管理する湧水量のデータは1週間分の積算流量で取りまとめた。

ウォーターリングにおいて集水された湧水は、定期的に(6か月に1回程度)採水および物理化学パラメータ測定を実施した。

物理化学パラメータ測定用の試料として、分析用3リットル、保存用1リットルの計4リットルを採水した。採取容器は蒸留水で洗浄したものをを用い、採水した試料には、サンプル番号を付けた。

2.5. 室内力学試験

(1) 試験方法

換気立坑および東立坑の掘削深度と岩盤の力学挙動を検討することを目的として、各立坑の GL-380m～500m の掘削に伴って採取されたズリ試料より作成した供試体を用いて、岩石の密度試験、超音波速度測定、一軸圧縮試験および圧裂引張試験を実施した。

1) 供試体の作成

GL-384m, 400m, 420m, 440m, 460m, 480m, 500m および東立坑の GL-420m, 440m, 460m, 480m, 500m よりズリ試料（およそのサイズ：15 cm×15 cm×10 cm）を採取した。このズリ試料を用いて、一軸圧縮試験および圧裂引張試験に供する供試体を作成した。具体的にはズリから一軸および圧裂試験供試体試料を1つずつ作成し、合計で40試料（一軸圧縮試験で30試料分、圧裂引張試験で10試料分）を作成した。供試体のサイズは、一軸圧縮試験に関しては直径30 mm、高さ60 mm、圧裂引張試験に関しては直径30 mm、高さ30 mmとした。供試体の保存に用いる水は NaCl (5 g/l) 溶液とした。

また、各深度の試料について層理面の影響を把握するために、図 2-24 に示すように同一深度試料において層理面の方向に対して一軸圧縮試験供試体では0°、30°、60°、90°の4シリーズ（一部の深度は0°、30°、90°の3シリーズ）、圧裂引張試験供試体では90°でのコアリングを標準とした。東立坑の試料については一軸供試体、圧裂供試体ともに90°のみとした。なお、換気立坑の GL-500m では、試料にはスレーキングが著しく発達していたため、代替えとして GL-490m で採取した試料を用いることとした。

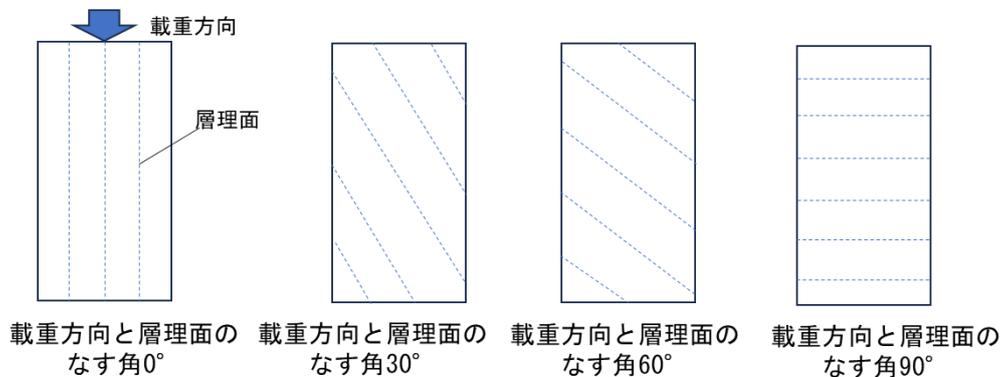


図 2-24 コアリング模式図

2) 岩石の密度試験（ノギス法）

作成した一軸圧縮試験供試体について地盤工学会基準 JGS2132²⁸⁾ に準じて、ノギス法で湿潤密度を測定した。即ち、湿潤質量を測り、ノギスで供試体の寸法（高さおよび直径）を測定して湿潤時の密度を算出した。

3) 超音波速度測定

作成した一軸圧縮試験供試体を用いて地盤工学会の「パルス透過法による岩石の超音波速度測定方法（JGS2564）」²⁹⁾ に準じた超音波速度測定を実施した。測定方法は、測定用の発振子と受振子の間に供試体を挟み、振動子を供試体に十分密着させて P 波、S 波を測定した。必要に応じ、

少量の密着剤（シリコングリス等）を供試体の両端面に塗布する。また一連の試験で圧力をほぼ一定となるようにした。測定時は超音波パルスを発生させ、受振した波の初動の立上りが鋭いことを確認した。初動の立上りが明瞭でない場合には出力や増幅度を増す。透過時間 T_s を原則として $0.1\mu\text{s}$ まで読みとった。同一供試体において P 波、S 波とも発振子と受振子の位置を入れ替えて合計 2 回の測定を行った。

4) 一軸圧縮試験

一軸圧縮試験状況を図 2-25 に示す。地盤工学会の「岩石の一軸圧縮試験方法（JGS2521）」³⁰⁾ に準拠した試験を行った。試験条件を以下に示す。なお、試験時の片あたりに留意した。

- ・歪み速度：0.02%/min で行う。
- ・歪み測定方法：2 軸ゲージ（縦・横歪み）およびストローク（軸歪み）で実施する。

測定は載荷装置および荷重・歪データ記録用のロガーを用いて行い、荷重データおよび 2 軸ゲージの測定値から圧縮強度、静弾性係数およびポアソン比を求めた。



図 2-25 一軸圧縮試験状況

5) 圧裂引張試験

圧裂引張試験の試験状況を図 2-26 に示す。地盤工学会の「岩石の圧裂引張り試験方法（JGS2551）」³¹⁾ に準拠した試験を行った。

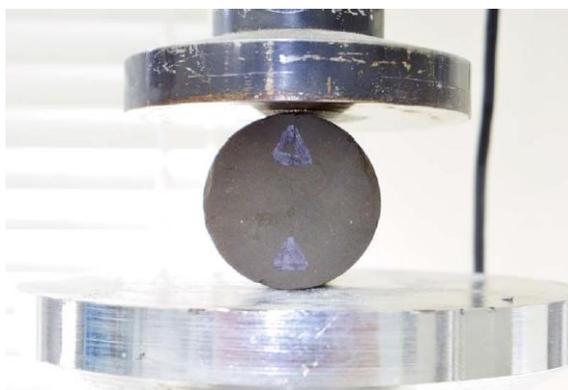


図 2-26 圧裂引張試験状況

3. 調査・計測データ

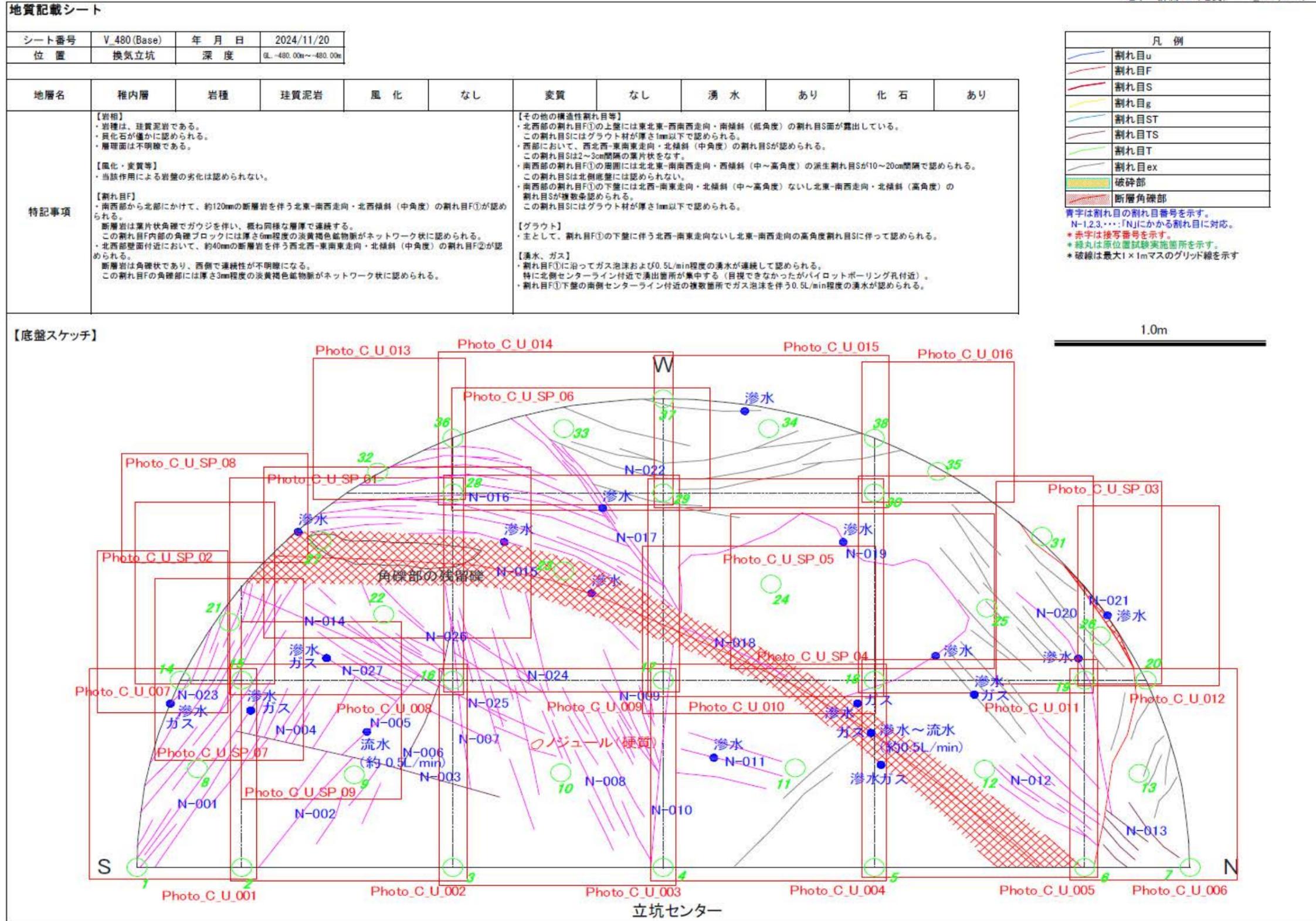
本章では、換気立坑および東立坑掘削時に取得した各調査・計測データを取りまとめた。それぞれの調査・計測結果の例を以降示す。なお、本章で掲載したデータも含めすべてのデータについては巻末の DVD-ROM に収録した。

3.1. 地質・地質構造に関する調査

3.1.1. 底盤観察

2.1 節の調査方法に沿って実施した換気立坑 GL-480m での底盤観察について、地質記載シート、CAD 図、底盤観察画像を図 3-1～図 3-3 に示す。また、割れ目記載シート、地山評価シート、原位置試験結果を表 3-1～表 3-3 に示す。

This is a blank page.



凡例

	割れ目u
	割れ目F
	割れ目S
	割れ目g
	割れ目ST
	割れ目TS
	割れ目T
	割れ目ex
	破碎部
	断層角礫部

青字は割れ目の割れ目番号を示す。
 N-1,2,3,...:「N」にかかる割れ目に対応。
 *赤字は接写番号を示す。
 *緑丸は原位置試験実施箇所を示す。
 *破線は最大1×1mマスのグリッド線を示す

【底盤スケッチ】

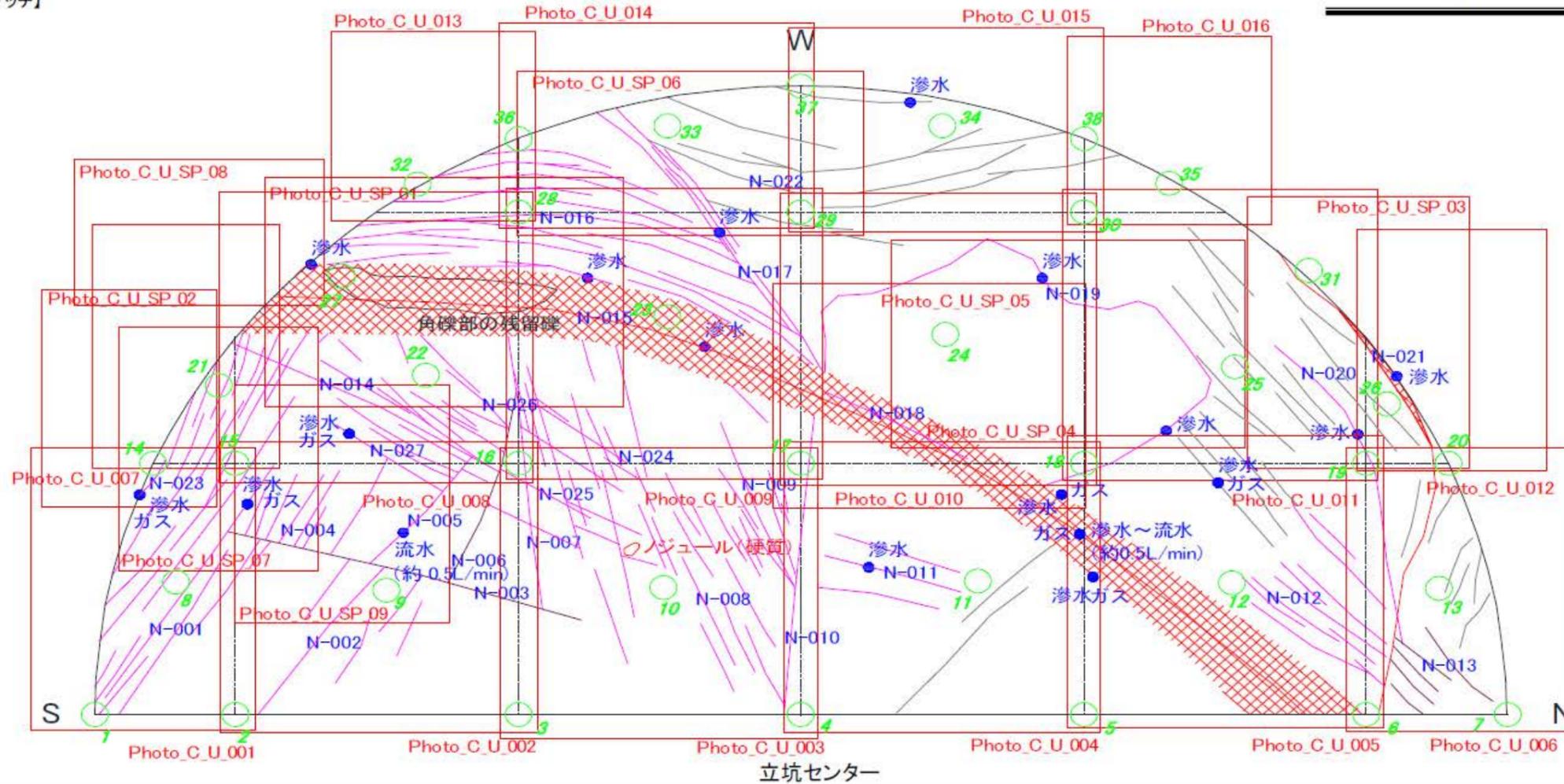


図 3-1 地質記載シート (1)

地質記載シート

シート番号	V_480(Base)	年月日	2024/11/20
位置	換気立坑	深度	GL-480.00m~480.00m

地層名	稚内層	岩種	珪質泥岩	風化	なし	変質	なし	湧水	あり	化石	あり	
特記事項	<p>【岩相】</p> <ul style="list-style-type: none"> 岩種は、珪質泥岩である。 頁化石が僅かに認められる。 層理面は不明瞭である。 <p>【風化・変質等】</p> <ul style="list-style-type: none"> 当該作用による岩壁の劣化は認められない。 <p>【割れ目F】</p> <ul style="list-style-type: none"> 南西部から北部にかけて、約120mmの断層岩を伴う北東-南西走向・北西傾斜（中角度）の割れ目F①が認められる。 断層岩は葉片状角礫でガウジを伴い、概ね同様な層厚で連続する。 この割れ目F内部の角礫ブロックには厚さ6mm程度の淡黄褐色鉱物膜がネットワーク状に認められる。 北西部壁面付近において、約40mmの断層岩を伴う西北西-東南東走向・北傾斜（中角度）の割れ目F②が認められる。 断層岩は角礫状であり、西側で連続性が不明瞭になる。 この割れ目Fの角礫部には厚さ3mm程度の淡黄褐色鉱物膜がネットワーク状に認められる。 					<p>【その他の構造性割れ目等】</p> <ul style="list-style-type: none"> 北西部の割れ目F①の上盤には北東-南西走向・南傾斜（低角度）の割れ目S面が露出している。 この割れ目Sにはグラウト材が厚さ1mm以下で認められる。 西部において、西北西-東南東走向・北傾斜（中角度）の割れ目Sが認められる。 この割れ目Sは2~3cm間隔の葉片状をなす。 南西部の割れ目F①の周囲には北北東-南南西走向・西傾斜（中~高角度）の派生割れ目Sが10~20cm間隔で認められる。 この割れ目Sは北側底盤には認められない。 南西部の割れ目F①の下盤には北西-南東走向・北傾斜（中~高角度）ないし北東-南西走向・北傾斜（高角度）の割れ目Sが複数認められる。 この割れ目Sにはグラウト材が厚さ1mm以下で認められる。 <p>【グラウト】</p> <ul style="list-style-type: none"> 主として、割れ目F①の下盤に伴う北西-南東走向ないし北東-南西走向の高角度割れ目Sに伴って認められる。 <p>【湧水、ガス】</p> <ul style="list-style-type: none"> 割れ目F①に沿ってガス泡沫および0.5L/min程度の湧水が連続して認められる。 特に北側センターライン付近で湧出箇所が集中する（目視できなかったがパイロットボーリング孔付近）。 割れ目F①下盤の南側センターライン付近の複数箇所がガス泡沫を伴う0.5L/min程度の湧水が認められる。 						

【可視画像】

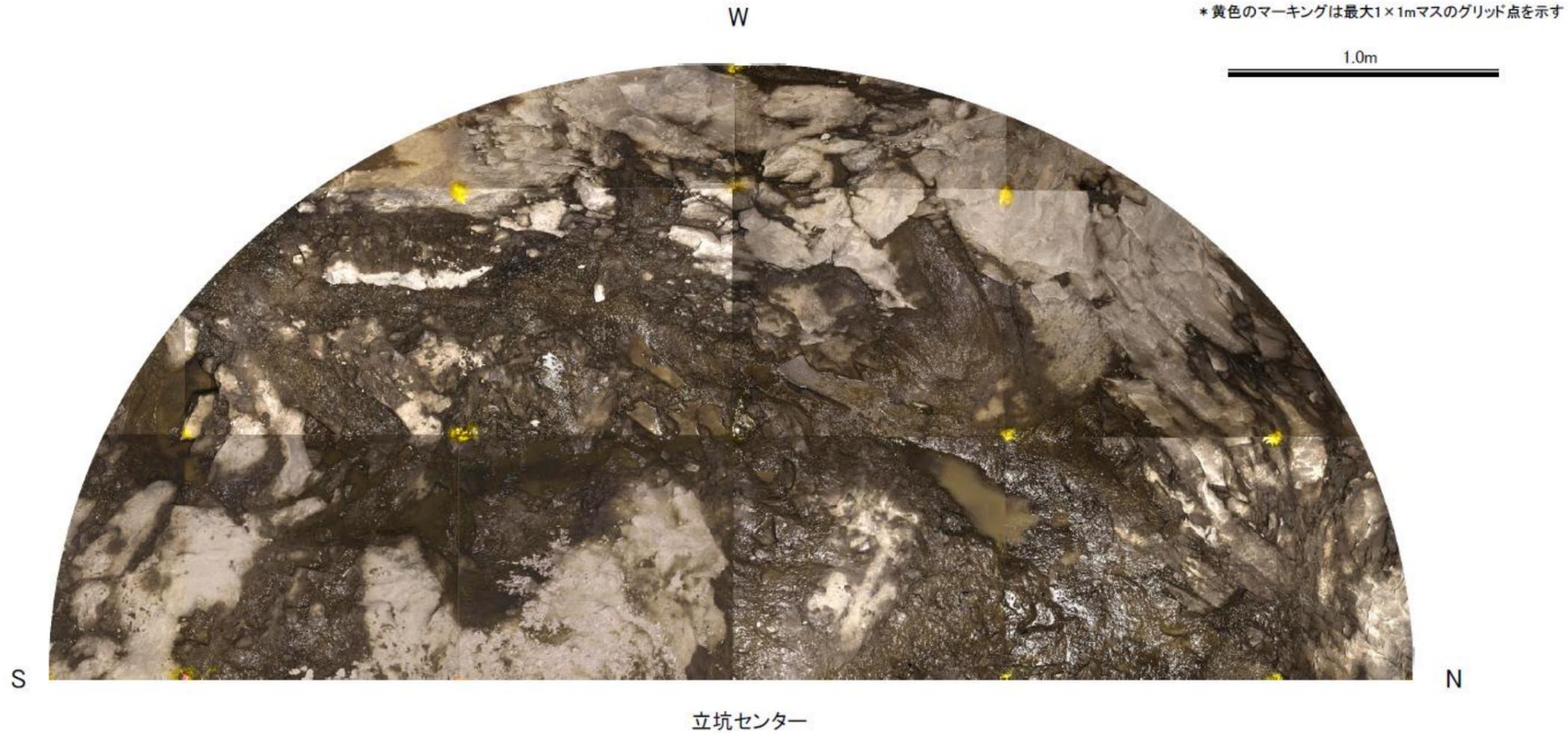


図 3-2 地質記載シート（2）

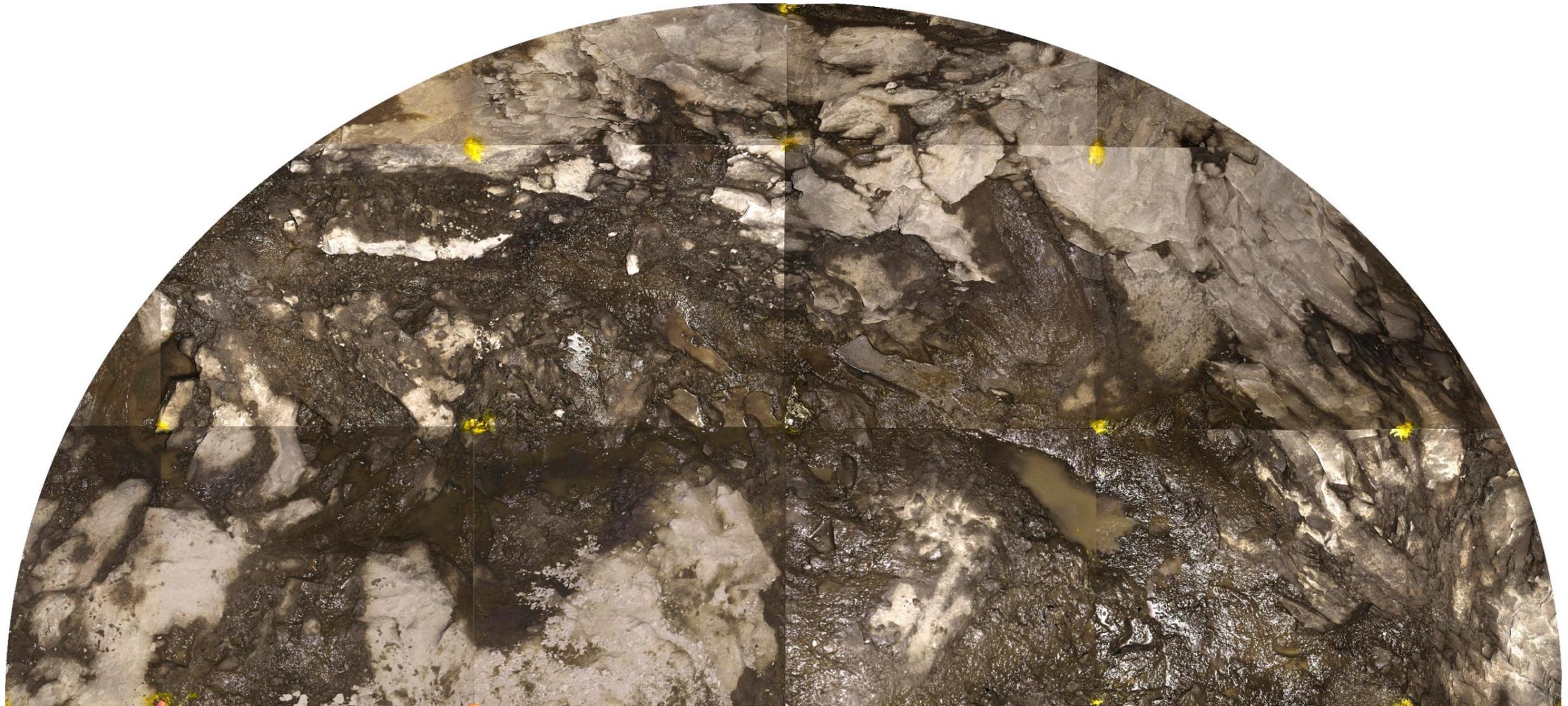


図 3-3 底盤観察画像

表 3-2 支保設計とリンクした岩盤等級評価（地山評価シート①）

地山評価シート①

シート番号	V_480(Base)		
年月日	2024/11/20	時間	13:00~19:00
位置	換気立坑	深度	GL.-480.00m

支保パターン選定根拠（現設計とリンクした岩級評価）

観察項目	評価区分		
	D	CL	CM
1. 母岩の硬さ (カッター刃の貫入深さ)	カッター刃2mm以上刺さる	カッター刃1mm以上刺さる	カッター刃で表面傷つく程度
2. 割れ目頻度 (コアでの割れ目頻度に置き換えた割れ目情報)	Ⓛ 10% 高密度 角礫状～岩片状	Ⓜ 27% 中密度 割れ目間隔が10cm未満 コアでは短柱状	Ⓜ 63% 低密度 割れ目間隔が10cm以上 コアでは棒状・長柱状
3. ヘアークラックの有無 (切羽(壁面)からの採取岩石の観察)	Ⓜ有 当該区間の岩盤露出面の10%以上にヘアークラック	Ⓜ無 当該区間の岩盤露出面の10%未満にヘアークラック	

特記事項

【岩級評価】
 ・当該区間の岩級はCM-H区間が63%、CM-M区間が27%、CM-L区間が10%分布することから、全体の岩級評価はCM-M、Hr有と評価される。

【岩相】
 ・岩種は、珪質泥岩である。
 ・具化石が僅かに認められる。
 ・層理面は不明瞭である。

【風化・変質等】
 ・当該作用による岩盤の劣化は認められない。

【割れ目F】
 ・南西部から北部にかけて、約120mmの断層岩を伴う北東-南西走向・北西傾斜（中角度）の割れ目F①が認められる。断層岩は葉片状角礫でガウジを伴い、概ね同様な層厚で連続する。この割れ目F内部の角礫ブロックには厚さ6mm程度の淡黄褐色鉄物脈がネットワーク状に認められる。
 ・北西部壁面付近において、約40mmの断層岩を伴う西北西-東南東走向・北傾斜（中角度）の割れ目F②が認められる。断層岩は角礫状であり、西側で連続性が不明瞭になる。この割れ目Fの角礫部には厚さ3mm程度の淡黄褐色鉄物脈がネットワーク状に認められる。

【その他の構造的割れ目等】
 ・北西部の割れ目F①の上盤には北東-南西走向・南傾斜（低角度）の割れ目S面が露出している。この割れ目Sにはグラウト材が厚さ1mm以下で認められる。
 ・西部において、西北西-東南東走向・北傾斜（中角度）の割れ目Sが認められる。この割れ目Sは2~3cm間隔の葉片状をなす。
 ・南西部の割れ目F①の周囲には北東-南西走向・西傾斜（中~高角度）の派生割れ目Sが10~20cm間隔で認められる。この割れ目Sは北側底盤には認められない。
 ・南西部の割れ目F①の下盤には北西-南東走向・北傾斜（中~高角度）ないし北東-南西走向・北傾斜（高角度）の割れ目Sが複数条認められる。この割れ目Sにはグラウト材が厚さ1mm以下で認められる。

【グラウト】
 ・主として、割れ目F①の下盤に伴う北西-南東走向ないし北東-南西走向の高角度割れ目Sに伴って認められる。

【湧水、ガス】
 ・割れ目F①に沿ってガス泡沫および0.5L/min程度の湧水が連続して認められる。特に北側センターライン付近で湧出箇所が集中する（目視できなかったがパイロットボーリング孔付近）。
 ・割れ目F①下盤の南側センターライン付近の複数箇所でもガス泡沫を伴う0.5L/min程度の湧水が認められる。

岩級評価

CM-M、Hr有

D	岩石は軟質で、カッターの刃が2mm以上刺さる。コアは、角礫状～岩片状～粘土状を示す。		
CL	L	岩石は、カッターの刃が1mm程度刺さる硬さを有する。コアは、角礫状～岩片状を示す。	Hr有
	M	岩石は、カッターの刃が1mm程度刺さる硬さを有する。コアは、概ね10cm未満の短柱状コアを主体とする。	Hr無
	H	岩石は、カッターの刃が1mm程度刺さる硬さを有する。コアは、概ね10cm以上の長柱状～棒状コアを主体とする。	Hr無
CM	L	岩石は、カッターの刃で傷が付く程度の硬さを有する。コアは、概ね10cm未満の短柱状コアを主体とする。	Hr有
	M	岩石は、カッターの刃で傷が付く程度の硬さを有する。コアは、概ね10cm未満の短柱状コアを主体とする。	Hr有
	H	岩石は、カッターの刃で傷が付く程度の硬さを有する。コアは、概ね10cm以上の長柱状～棒状コアを主体とする。	Hr無

表 3-3 電研式岩盤分類（田中の方法）による評価例（地山評価シート④）と原位置試験結果

地下—地山評価④— V_480(Base)

地山評価シート④

シート番号	V_480(Base)		
年月日	2024/11/20	時間	13:00~19:00
位置	換気立坑	深度	GL -480.00m~-480.00m

電研式岩盤分類（田中の方法）

評価項目	A	B	CH	CM	CL	D
岩石強度 (岩質)	極めて新鮮	堅硬	比較的堅硬	多少軟らかい	軟らかい	著しく軟らかい
ハンマー 打撃			強打で割れ目 に沿って岩塊剥脱	打撃で割れ目 に沿って岩塊剥脱	軽打で割れ目 に沿って岩塊剥脱	僅打で割れ目 に沿って岩塊剥脱
	澄んだ音を出す		少し濁った音を出す		濁った音を出 出す	著しく濁った 音を出す
風化変質	風化変質無し	多少風化変質	風化あり	風化で多少 軟質化	風化で軟質化	風化で著しく 軟質化
割れ目の 状態	密着		-	-	-	-
			粘土の薄層	粘土の層	粘土	
	風化は無い	多少風化変質	粘着力僅かに 減少	粘着力多少 減少	粘着力減少	粘着力殆ど 無し

◆原位置岩石試料試験データ

項目	原位置岩石試料試験位置 No.												
色彩判定	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
(L)	25.3	21.1	22.0	27.4	29.6	25.0	32.5	27.3	28.6	39.3	23.4	33.3	25.6
(a)	3.0	5.8	4.7	3.1	2.1	3.8	2.7	3.5	2.3	3.1	3.1	3.4	3.7
(b)	7.4	7.3	10.0	8.8	6.7	7.3	8.5	8.7	7.0	10.3	6.7	9.7	7.9
エコーチップ硬さ 試験 (L値)	577	557	391	389	246	302	443	430	281	441	387	388	473

項目	原位置岩石試料試験位置 No.												
色彩判定	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
(L)	26.2	26.1	26.2	26.6	28.8	35.0	27.0	23.7	28.7	26.2	26.8	35.9	30.1
(a)	2.8	2.1	2.0	3.0	2.5	2.2	3.4	5.1	2.0	2.7	2.9	2.4	3.1
(b)	7.2	5.7	5.1	6.7	7.7	9.3	8.1	6.9	6.3	6.7	7.2	8.1	8.2
エコーチップ硬さ 試験 (L値)	449	526	463	369	454	451	488	464	372	360	459	389	461

項目	原位置岩石試料試験位置 No.											
色彩判定	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
(L)	26.1	33.6	37.6	40.6	38.8	23.9	35.4	36.4	40.8	23.5	22.7	38.7
(a)	2.3	2.3	2.5	2.0	2.4	3.1	2.8	2.1	2.6	3.9	3.1	2.4
(b)	5.2	7.5	3.6	8.8	8.4	8.1	10.0	7.3	9.6	9.3	5.7	8.0
エコーチップ硬さ 試験 (L値)	370	491	413	530	523	419	461	354	443	491	434	417

3.1.2. 簡易壁面観察

換気立坑および東立坑で実施した簡易壁面観察について、取りまとめた壁面観察簿および 3D スキャナによる壁面写真の例を図 3-4 および図 3-5 に示す。なお、3D スキャナによる断面形状計測結果として本章では 3D スキャナ可視化画像を掲載しているが、データ容量の都合上、巻末の DVD-ROM へは可視化画像のみの収録としている。

This is a blank page.

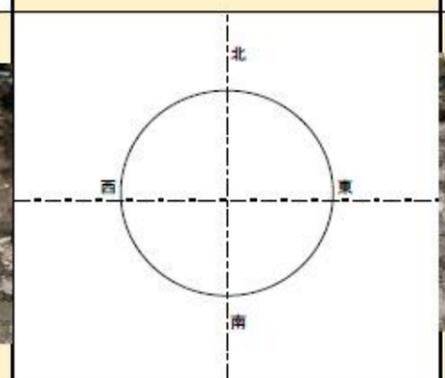
壁面観察簿(換気立坑 No.01)

トンネル名: 横延深地層研究計画 地下研究施設整備(第三期)等事業

断面番号: No. 1	支保パターン: DIV-2	深度: GL-380m ~ GL-381m			
地質時代: 第三紀層	岩石グループ(1~5): 軟質岩・層状	岩石名コード: 4	岩石名コード: 30		









観察項目	評価区分						評価点記入欄			
	100以上	100~50	50~25	25~10	10~3	3以下	北	南	東	西
A.圧縮強度 (N/mm ²)	100以上 ボルトロッド 4以上	100~50 4~2	50~25 2~1	25~10 1~0.4	10~3 0.4以下	3以下				
B.風化変質	概ね新鮮		割れ目沿いの風化変質		岩芯まで風化変質		土砂状風化、未固結土砂			
C.割れ目間隔	d ≥ 1m RQD 80以上	1m > d ≥ 50cm 80~50	50 > d ≥ 20cm 60~30	20 > d ≥ 5cm 40~10	5cm > d 20以下					
D.割れ目状態	割れ目の開口度 割れ目は密着している。	割れ目の一部が開口している。	割れ目の多くが開口している。	割れ目が開口している。 (幅1~5mm)	割れ目が開口し5mm以上の幅がある。					
E.走向傾斜	縦断方向 1.差し目 傾斜45~90°		横断方向 1.傾斜 0~20°		2.傾斜 20~45°					
F.湧水量	状態 なし 滲水 1ℓ/分以下		湧水程度 1~20ℓ/分		集中湧水 20~100ℓ/分		全面湧水 100ℓ/分以上			
G.劣化	水による劣化 なし		緩みを生ず		軟弱化		流出			

	A	B	C	D	F,G
北	18	14	5	13	0
南	25	14	5	13	0
東	25	21	5	13	0
西	25	21	5	13	0

※走行傾斜については評価に反映しない

加重平均点 = (北+南+東+西) ÷ 4

北	南	東	西
50	57	64	64
58.75			

速報コメント

南東上部から南西下部にかけて断層が認められた。上部は断層角礫厚さ5cm~20cm、下部に断層粘土1cm~3cm、黒色

下面は、明瞭な剥離面を成し、北面N20E35W(磁北基準)、南面N80E40W(磁北基準)

東面、西面は引張性割れ目(一部せん断性割れ目が発達している)

北東面全体に湧水(0.5ℓ/min)程度認められた。南東面での山鳴り(バキッ)、肌落ちが認められた。

ガスの排出は認められない。

図 3-4 壁面観察簿出力例

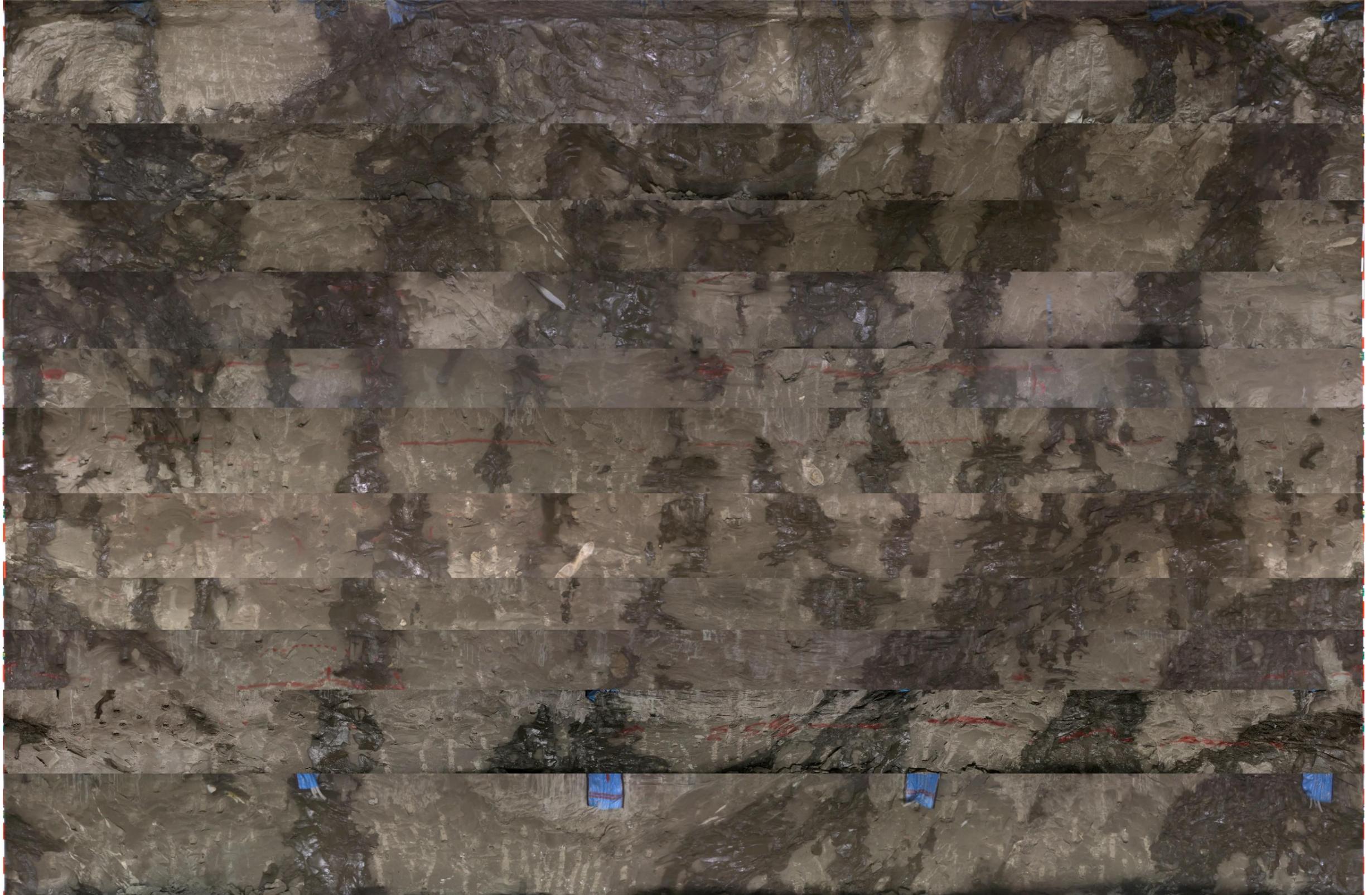


图 3-5 壁面写真出力例

3.1.3. 先行ボーリング調査

換気立坑および東立坑坑底（GL-380m）で実施した、先行ボーリングデータの一例として本章では換気立坑の総合柱状図を図 3-6 に示す。

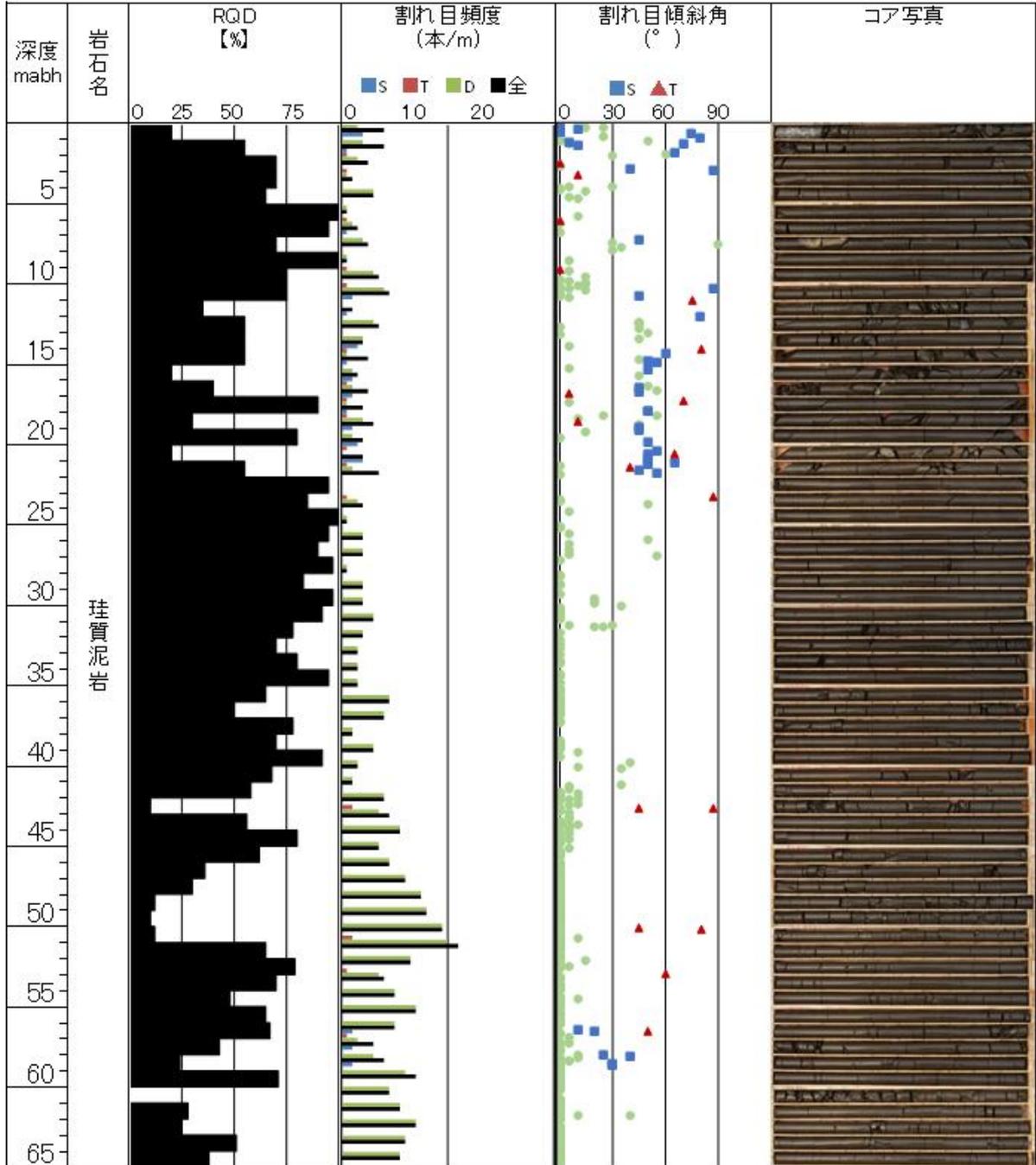


図 3-6 換気立坑総合柱状図

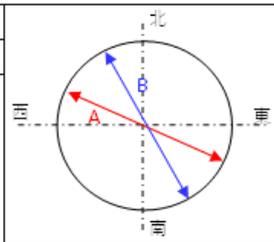
3.2. 内空変位

換気立坑および東立坑で実施した、内空変位計測結果の一例として本章では換気立坑 GL-400m の内空変位結果を図 3-7 に示す。

■ A計測データシート

工事名	幌延深地層研究計画 地下研究施設整備（第Ⅲ期）等事業	
立坑名	換気立坑	

計測断面	400	m
覆工仕様	設計基準強度	60 N/mm ²
	覆工厚	400 mm
	打設スパン	1 m



No.	測定日	測定時刻	計測時の切羽位置(m)	切羽との距離(m)	側線A		側線B	
					測線長(m)	変位量(mm)	測線長(m)	変位量(mm)
1	2024/05/14	12:49	401.0	1.0	4,634.0	0.0	4,629.7	0.0
2	2024/07/10	15:45	427.0	27.0	4,633.4	-0.6	4,630.1	0.4
3	2024/09/23	13:35	457.0	57.0	4,632.8	-1.2	4,629.3	-0.4
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								

※変位量 内空が拡大：+ 内空が縮小：-

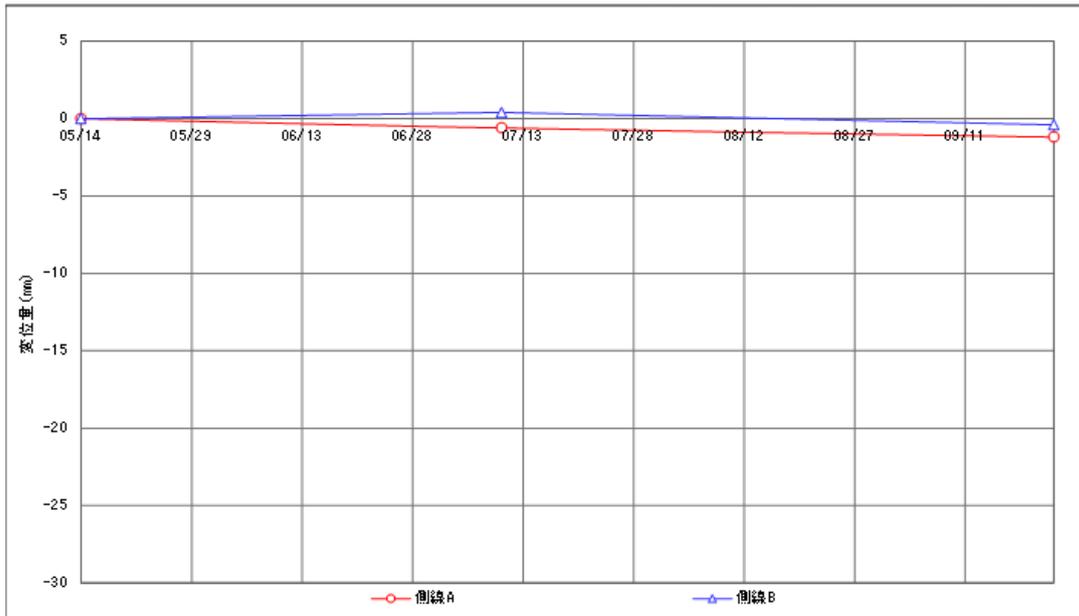


図 3-7 換気立坑 GL-400m 内空変位計測結果例

3.3. 覆工・吹付コンクリート応力

覆工・吹付コンクリート応力の結果の一例として、本章では換気立坑 GL-429m の覆工コンクリート応力測定結果を図 3-8 に示す。

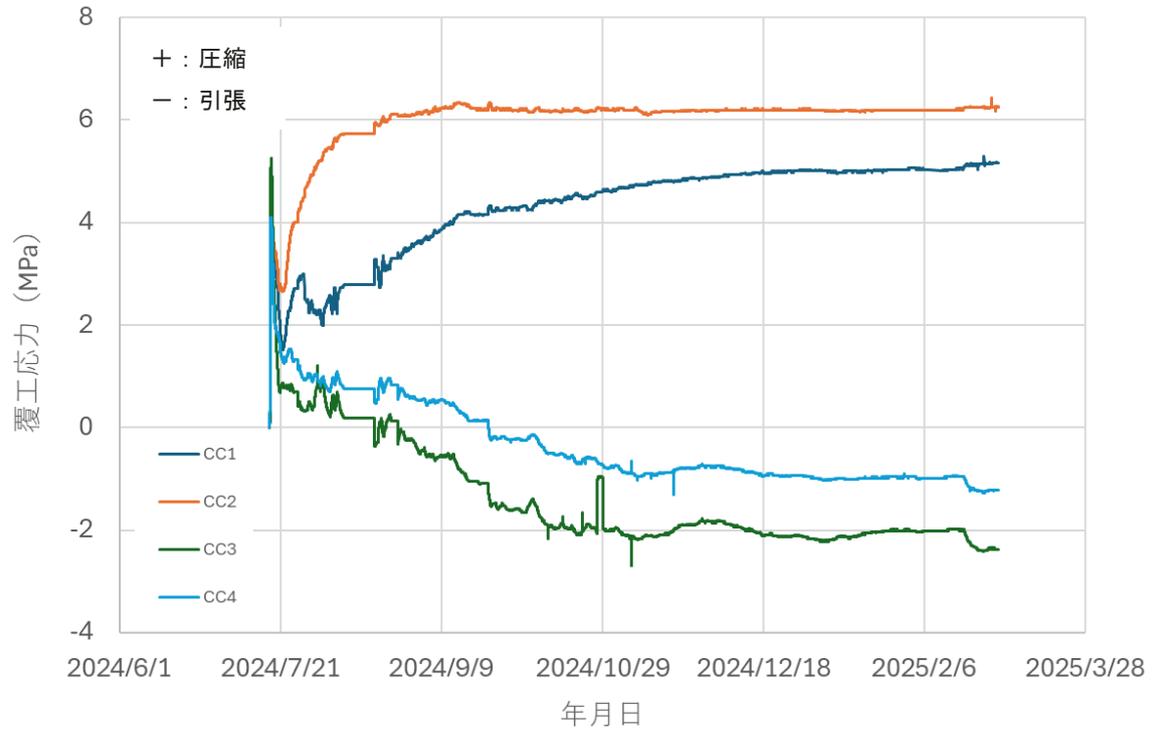


図 3-8 GL-429m の覆工コンクリート応力測定結果

3.4. 立坑水収支測定および水質分析結果

立坑水収支測定および水質分析結果の一例として本章では換気立坑ウォーターリング水質表を表 3-4 に示す。

表 3-4 換気立坑ウォーターリング水質表

測定箇所		換気V_28.5m	換気V_63.8m	換気V_98.0m	換気V_133.8m	換気V_168.0m	換気V_202.0m
採水1L×4個 (保管用1個, 分析用3個)	計画	○	○	○	○	○	○
	実績						●
測定日		2024/12/12 16:00	2024/12/12 16:00	2024/12/12 15:30	2024/12/12 15:30	2024/12/12 15:20	2024/12/12 15:20
水質分析データ	DO [mg/l]						8.84
	pH [-]						8.54
	EC [mS/m]						1301
	Eh(ORP) [mV] <small>標準電極法</small>						109
	水温 [°C]						15.7
	湧水量 [l/min]						0.11
備考		水量がない為、採水・測定できず	水量がない為、採水・測定できず	水量がない為、採水・測定できず	水量がない為、採水・測定できず	水量がない為、採水・測定できず	

測定箇所		換気V_242.0m	換気V_282.0m_新	換気V_310.0m	換気V_336.0m①_北	換気V_336.0m②_東	換気V_343.9m
採水1L×4個 (保管用1個, 分析用3個)	計画	○	○	○	○	○	○
	実績		●	●	●	●	●
測定日		2024/12/12 15:20	2024/12/12 14:50	2024/12/12 15:00	2024/12/12 14:40	2024/12/12 14:20	2024/12/12 14:00
水質分析データ	DO [mg/l]		4.70	5.54	4.99	3.21	7.62
	pH [-]		7.64	7.54	7.50	7.36	7.78
	EC [mS/m]		1169	1472	1117	1115	1272
	Eh(ORP) [mV] <small>標準電極法</small>		186	195	75	91	181
	水温 [°C]		13.1	13.8	17.7	17.9	14.4
	湧水量 [l/min]		1.13	0.76	1.66	1.84	0.16
備考		水量がない為、採水・測定できず					

※ 「Eh(ORP)」 は実測値を記入 (標準水素電極基準に換算されていない)

3.5. 室内試験結果

室内試験結果の一例として、一軸圧縮試験により得られた各立坑深度と一軸圧縮強度の関係を図 3-9 に示す。

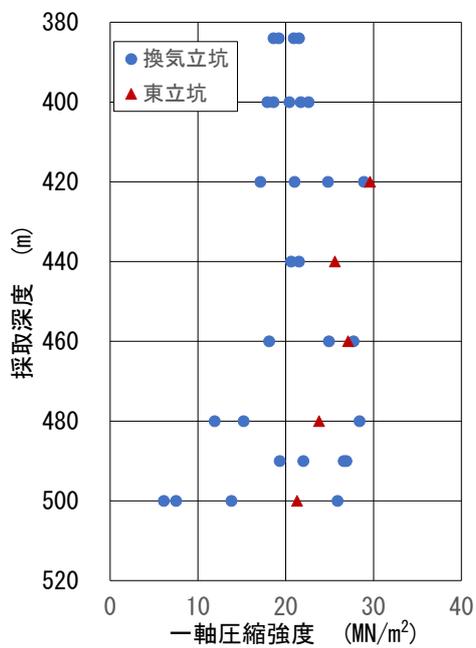


図 3-9 一軸圧縮試験結果

3.6. 掘削実績

換気立坑および東立坑の掘削方法は機械掘削方式を採用した。掘削実績の一例として本章では換気立坑の掘削進捗表を表 3-5 に示す。

表 3-5 換気立坑掘削進捗表

換気立坑 掘削覆工進捗						
掘削深度	掘削		覆工深度	覆工		備考
	施工完了月日 (D:日動,N:夜動)			支保工No	コンNo	
GL-380.0m ~ GL-382.0m	R6. 2. 19	N	GL-380.0m ~ GL-381.0m	1	1	R6. 2. 21 N
			GL-381.0m ~ GL-382.0m	2	2	R6. 2. 26 D
GL-382.0m ~ GL-383.0m	R6. 2. 24	N	GL-382.0m ~ GL-383.0m	3	3	R6. 2. 28 N
GL-383.0m ~ GL-384.0m	R6. 2. 28	D	GL-383.0m ~ GL-384.0m	4	4	R6. 3. 4 N
GL-384.0m ~ GL-385.0m	R6. 3. 4	D	GL-384.0m ~ GL-385.0m	5	5	R6. 3. 7 D
GL-385.0m ~ GL-386.0m	R6. 3. 6	N	GL-385.0m ~ GL-386.0m	6	6	R6. 3. 9 D
GL-386.0m ~ GL-387.0m	R6. 3. 8	N	GL-386.0m ~ GL-387.0m	7	7	R6. 3. 12 N
GL-387.0m ~ GL-388.0m	R6. 3. 12	D	GL-387.0m ~ GL-388.0m	8	8	R6. 3. 14 D
GL-388.0m ~ GL-389.0m	R6. 3. 13	N	GL-388.0m ~ GL-389.0m	9	9	R6. 3. 18 D
GL-389.0m ~ GL-390.0m	R6. 3. 15	N	GL-389.0m ~ GL-390.0m	10	10	R6. 3. 20 N
GL-390.0m ~ GL-391.0m	R6. 3. 20	D	GL-390.0m ~ GL-391.0m	11	11	R6. 3. 27 N
GL-391.0m ~ GL-392.0m	R6. 3. 27	N	GL-391.0m ~ GL-392.0m	12	12	R6. 3. 29 N
GL-392.0m ~ GL-393.0m	R6. 3. 29	D	GL-392.0m ~ GL-393.0m	13	13	R6. 4. 2 N
GL-393.0m ~ GL-394.0m	R6. 4. 2	D	GL-393.0m ~ GL-394.0m	14	14	R6. 4. 4 N
GL-394.0m ~ GL-395.0m	R6. 4. 4	D	GL-394.0m ~ GL-395.0m	15	15	R6. 4. 9 D
GL-395.0m ~ GL-396.0m	R6. 4. 8	D	GL-395.0m ~ GL-396.0m	16	16	R6. 4. 11 D
GL-396.0m ~ GL-397.0m	R6. 4. 10	N	GL-396.0m ~ GL-397.0m	17	17	R6. 4. 15 N
GL-397.0m ~ GL-398.0m	R6. 4. 15	D	GL-397.0m ~ GL-398.0m	18	18	R6. 4. 18 N
GL-398.0m ~ GL-399.0m	R6. 4. 18	D	GL-398.0m ~ GL-399.0m	19	19	R6. 4. 23 N
GL-399.0m ~ GL-400.0m	R6. 4. 23	D	GL-399.0m ~ GL-400.0m	20	20	R6. 5. 7 D
GL-400.0m ~ GL-401.0m	R6. 4. 25	N	GL-400.0m ~ GL-402.0m	21 ~ 22	21	R6. 5. 14 N
GL-401.0m ~ GL-402.0m	R6. 5. 9	D				
GL-402.0m ~ GL-403.0m	R6. 5. 13	D	GL-402.0m ~ GL-404.0m	23 ~ 24	22	R6. 5. 20 N
GL-403.0m ~ GL-404.0m	R6. 5. 16	D				
GL-404.0m ~ GL-405.0m	R6. 5. 20	D	GL-404.0m ~ GL-406.0m	25 ~ 26	23	R6. 5. 24 D
GL-405.0m ~ GL-406.0m	R6. 5. 22	D				
GL-406.0m ~ GL-407.0m	R6. 5. 23	N	GL-406.0m ~ GL-408.0m	27 ~ 28	24	R6. 5. 30 D
GL-407.0m ~ GL-408.0m	R6. 5. 27	N				
GL-408.0m ~ GL-409.0m	R6. 5. 29	D	GL-408.0m ~ GL-410.0m	29 ~ 30	25	R6. 6. 5 N
GL-409.0m ~ GL-410.0m	R6. 5. 31	D				
GL-410.0m ~ GL-411.0m	R6. 6. 5	D	GL-410.0m ~ GL-412.0m	31 ~ 32	26	R6. 6. 11 D
GL-411.0m ~ GL-412.0m	R6. 6. 6	N				
GL-412.0m ~ GL-413.0m	R6. 6. 10	N	GL-412.0m ~ GL-414.0m	33 ~ 34	27	R6. 6. 14 N
GL-413.0m ~ GL-414.0m	R6. 6. 12	D				
GL-414.0m ~ GL-415.0m	R6. 6. 14	D	GL-414.0m ~ GL-416.0m	35 ~ 36	28	R6. 6. 19 N
GL-415.0m ~ GL-416.0m	R6. 6. 17	N				
GL-416.0m ~ GL-417.0m	R6. 6. 19	D	GL-416.0m ~ GL-418.0m	37 ~ 38	29	R6. 6. 25 D
GL-417.0m ~ GL-418.0m	R6. 6. 20	N				
GL-418.0m ~ GL-419.0m	R6. 6. 24	D	GL-418.0m ~ GL-420.0m	39 ~ 40	30	R6. 6. 27 N
GL-419.0m ~ GL-420.0m	R6. 6. 25	N				
GL-420.0m ~ GL-421.0m	R6. 6. 27	D	GL-420.0m ~ GL-422.0m	41 ~ 42	31	R6. 7. 2 D
GL-421.0m ~ GL-422.0m	R6. 6. 28	D				
GL-422.0m ~ GL-423.0m	R6. 7. 1	N	GL-422.0m ~ GL-424.0m	43 ~ 44	32	R6. 7. 4 N
GL-423.0m ~ GL-424.0m	R6. 7. 3	D				
GL-424.0m ~ GL-425.0m	R6. 7. 4	D	GL-424.0m ~ GL-426.0m	45 ~ 46	33	R6. 7. 10 D
GL-425.0m ~ GL-426.0m	R6. 7. 5	N				
GL-426.0m ~ GL-427.0m	R6. 7. 9	N	GL-426.0m ~ GL-428.0m	47 ~ 48	34	R6. 7. 12 N
GL-427.0m ~ GL-428.0m	R6. 7. 11	D				
GL-428.0m ~ GL-429.0m	R6. 7. 12	D	GL-428.0m ~ GL-430.0m	49 ~ 50	35	R6. 7. 17 D
GL-429.0m ~ GL-430.0m	R6. 7. 15	N				
GL-430.0m ~ GL-431.0m	R6. 7. 16	N	GL-430.0m ~ GL-432.0m	51 ~ 52	36	R6. 7. 19 N
GL-431.0m ~ GL-432.0m	R6. 7. 18	D				
GL-432.0m ~ GL-433.0m	R6. 7. 19	D	GL-432.0m ~ GL-434.0m	53 ~ 54	37	R6. 7. 24 D
GL-433.0m ~ GL-434.0m	R6. 7. 22	N				

4. まとめと今後の課題

本報告書は、幌延深地層研究計画における地下施設建設のうち、令和5年度から令和6年度に換気立坑および東立坑掘削時に取得した調査・計測結果について取りまとめた。

今後、西立坑の深度500mまでの掘削や、500m調査坑道の掘削が予定されているが、これらの掘削に伴い得られたデータについて、適宜データ集として取りまとめて公開する予定である。また、既設の地中変位計やコンクリート応力の計測結果、定期的を実施している内空変位測定の結果等を取りまとめ、地下施設設計の妥当性や、長期にわたる岩盤や支保の安定性の検討に資するためのデータを整備していく。

謝辞

調査・計測の実施に当たっては、大成・大林・三井住友特定建設工事共同企業体の八木啓介氏、高橋昭博氏をはじめとする多くの関係者の方々のご協力をいただいた。この場を借りて、これらの関係各位に深く御礼申し上げる次第である。

参考文献

- 1) 日本原子力研究開発機構:“令和2年度以降の幌延深地層研究計画”, 令和2年1月28日(2020).
- 2) 中山雅:“幌延深地層研究計画 令和5年度調査研究計画”, JAEA-Review 2023-019 (2023), 70p.
- 3) 熊谷恭人, 舟木泰智, 山崎雅直, 山口雄大, 尾留川剛, 真田祐幸, 阿部寛信:“幌延深地層研究計画 平成18年度地下施設計測データ集”, JAEA-Data/Code 2007-025 (2008), 106p.
- 4) 山崎雅直, 舟木泰智, 山口雄大, 新沼寛明, 藤川大輔, 真田祐幸, 平賀正人, 津坂仁和:“幌延深地層研究計画 平成19年度地下施設計測データ集”, JAEA-Data/Code 2008-023 (2008), 136p.
- 5) 佐野満昭, 石井英一, 新沼寛明, 藤川大輔, 真田祐幸, 平賀正人, 津坂仁和, 山崎雅直:“幌延深地層研究計画 平成20年度地下施設計測データ集”, JAEA-Data/Code 2009-015 (2009), 142p.
- 6) 稲垣大介, 石井英一, 新沼寛明, 真田祐幸, 津坂仁和, 佐野満昭, 澤田純之:“幌延深地層研究計画 平成21年度地下施設計測データ集”, JAEA-Data/Code 2010-027 (2011), 151p.
- 7) 稲垣大介, 澤田純之, 常盤哲也, 津坂仁和, 天野由記, 新沼寛明:“幌延深地層研究計画 平成22年度地下施設計測データ集”, JAEA-Data/Code 2012-019 (2012), 137p.
- 8) 稲垣大介, 常盤哲也, 村上裕晃:“幌延深地層研究計画 平成23年度地下施設計測データ集”, JAEA-Data/Code 2012-029 (2013), 132p.
- 9) 稲垣大介:“幌延深地層研究計画 平成24年度地下施設計測データ集”, JAEA-Data/Code 2013-022 (2014), 116p.
- 10) 青柳和平, 川手訓:“幌延深地層研究計画 平成25年度地下施設計測データ集”, JAEA-Data/Code 2015-017 (2015), 118p.
- 11) 櫻井彰孝, 青柳和平:“幌延深地層研究計画 平成26年度地下施設計測データ集”, JAEA-Data/Code 2016-003 (2016), 84p.

- 12) 櫻井彰孝, 青柳和平, 村上裕晃, 田村友識, 藤枝大吾, 戸賀瀬和輝: “幌延深地層研究計画 350m 調査坑道の拡張工事を対象とした地下施設計測データ集”, JAEA-Data/Code 2024-005 (2024), 48p.
- 13) 社団法人日本道路協会, “道路トンネル観察・計測 平成 21 年度改訂版” (2009), 290p.
- 14) Fritz, W. J. and Moore, J. N.: “Basics of Physical Stratigraphy and Sedimentology” (1988).
- 15) 株式会社ニコン: “D850 デジタル一眼レフカメラ 製品カタログ”.
- 16) 松永浩一, 田村彰教, 村川史朗, 西山誠治, 青木七郎, 布施正人, 與三智彦, 高橋剛弘: “幌延深地層研究計画 地下施設実施設計 -設計報告書-”, JNC TJ5410 2005-002 (2005), 4897p.
- 17) 日本道路公団: “トンネル施工管理要領” (1997).
- 18) 岩盤分類基準化委員会 編: “新規制定地盤工学会基準・同解説 岩盤の工学的分類方法 (JGS3811-2004)”, 地盤工学会 (2004).
- 19) 田中治雄: “土木技術者のための地質学入門”, 山海堂, (1964), pp.28-36.
- 20) ライカジオシステムズ株式会社: “BLK360 イメージングレーザースキャナー 製品カタログ”.
- 21) Proceq: “equotip 3 Portable Hardness Testar”(2013),
- 22) 川崎了, 吉田昌登, 谷本親伯, 舛屋直: “簡易反発硬度試験による岩質材料の物性評価手法の開発 -試験条件の影響と基本特性に関する調査-”, 応用地質, 41(4), (2000), pp. 230-241.
- 23) 株式会社東横エルメス・東亜エルメス株式会社: “内空変位計カタログ, 仕様書”.
- 24) 株式会社東横エルメス・東亜エルメス株式会社: “覆工コンクリート応力計カタログ, 仕様書”.
- 25) Weber: “flow-capter Type 4114.30, 4115.30”, 2p.
- 26) アズビル株式会社: “MagneWTM Neo PLUS(マグニュー ネオプラス) スマート 2 線式電磁流量計 一般型(一体型)MTG11A 型 製品カタログ”(2010),16p.
- 27) 株式会社ウイジン: “転倒ます型量水計カタログ”, <https://www.uizin.co.jp/wp-content/uploads/2024/12/202412-UIZ-TB-1.pdf> (参照: 2025 年 6 月 18 日).
- 28) 地盤工学会, 岩石の密度試験方法, JGS 2132-2020.
- 29) 地盤工学会, パルス透過法による岩石の超音波速度測定方法, JGS 2564-2020.
- 30) 地盤工学会, 岩石の一軸圧縮試験方法, JGS 2521-2020.
- 31) 地盤工学会, 岩石の圧裂引張り試験方法, JGS 2551-2020.

付録
DVD-ROM 収録内訳

This is a blank page.

DVD 収録内訳

フォルダまたはファイル名称 (【フォルダ名】 ファイル名)	摘要
[DVD]	
【1000地質・地質構造に関する調査結果】	
【1100底盤観察結果】	
01_01_Rep_V_480(Base).xlsx	----- 地質記載シート
02_Geo_Map_V_480(Base).dwg	----- 底盤観察スケッチCAD図
03_Photo_V_480(Base).png	----- 底盤写真
04_Fra_Data_V_480(Base).xlsx	----- 割れ目記載シート
05(地山評価)Rep_V_480(Base).xlsx	----- 地山評価シート
【1200簡易観察結果】	
【1210換気立坑】	
【1211壁面写真】	----- 換気立坑 壁面写真(付表1)
壁面観察簿_換気立坑_GL-380m~-498.5m.pdf	----- 換気立坑 簡易観察結果
【1220東立坑】	
【1221壁面写真】	----- 東立坑 壁面写真(付表2)
壁面観察簿_東立坑_GL-380m~-501.5m.pdf	----- 東立坑 簡易観察結果
【2000先行ボーリング調査結果】	
【2010換気立坑】	
【2011BTV観察】	----- 換気立坑 先行ボーリングBTV観察結果(付表3)
【2012コア観察】	----- 換気立坑 先行ボーリングコアV観察結果(付表4)
【2020東立坑】	
【2021BTV観察】	----- 東立坑 先行ボーリングBTV観察結果(付表5)
【2022コア観察】	----- 東立坑 先行ボーリングコアV観察結果(付表6)
【3000内空変位測定結果】	
内空変位_換気立坑.xlsx	----- 換気立坑 内空変位 計測結果
内空変位_東立坑.xlsx	----- 東立坑 内空変位 計測結果
【4000覆工・吹付コンクリート応力測定結果】	
【4001換気立坑】	
換気立坑_GL-429.000m_覆工応力.xlsx	----- 換気立坑 深度429m 覆工コンクリート応力測定結果
換気立坑_GL-481.000m_覆工応力.xlsx	----- 換気立坑 深度481m 吹付コンクリート応力測定結果
【4002東立坑】	
東立坑_GL-415.220m_吹付応力.xlsx	----- 東立坑 深度415.22m 吹付コンクリート応力測定結果
東立坑_GL-416.130m_吹付応力.xlsx	----- 東立坑 深度416.13m 吹付コンクリート応力測定結果
東立坑_GL-451.000m_覆工応力.xlsx	----- 東立坑 深度451m 覆工コンクリート応力測定結果
東立坑_GL-481.000m_覆工応力.xlsx	----- 東立坑 深度481m 覆工コンクリート応力測定結果
東立坑_GL-495.000m_覆工応力.xlsx	----- 東立坑 深度495m 覆工コンクリート応力測定結果
【5000立坑水収支測定および水質分析結果】	
水収支実績一覧表.xlsx	----- 換気・東立坑水収支
換気立坑WR水質表.xlsx	----- 換気立坑ウォーターリング水質測定結果
東立坑WR水質表.xlsx	----- 東立坑ウォーターリング水質測定結果
【6000室内力学試験結果】	
【6100試験データ】	
【データシート】	----- 室内試験結果シート(付表7)
01_全試験結果まとめ.xlsx	
02_一軸圧縮試験載荷データ1.xlsx	
03_一軸圧縮試験載荷データ2.xlsx	
04_一軸圧縮試験載荷データ3.xlsx	
05_圧裂試験載荷データ.xlsx	
【6200試験写真】	----- 試験写真(付表8)
【7000掘削実績】	
換気立坑_掘削進捗表.xlsx	----- 換気立坑掘削実績表
東立坑_掘削進捗表.xlsx	----- 東立坑掘削実績表

付表1 【1211壁面写真】内ファイル

ファイル名	摘要
V_380-392.jpg	換気立坑 壁面写真 深度380m~392m
V_392-404.jpg	換気立坑 壁面写真 深度392m~404m
V_404-416.jpg	換気立坑 壁面写真 深度404m~416m
V_416-428.jpg	換気立坑 壁面写真 深度416m~428m
V_428-440.jpg	換気立坑 壁面写真 深度428m~440m
V_440-452.jpg	換気立坑 壁面写真 深度440m~452m
V_452-464.jpg	換気立坑 壁面写真 深度452m~464m
V_464-476.jpg	換気立坑 壁面写真 深度464m~476m
V_476-488.jpg	換気立坑 壁面写真 深度476m~488m
V_488-500.jpg	換気立坑 壁面写真 深度488m~500m

付表2 【1221壁面写真】内ファイル

ファイル名	摘要
E_380-392.jpg	東立坑 壁面写真 深度380m~392m
E_392-404.jpg	東立坑 壁面写真 深度392m~404m
E_404-415.8.jpg	東立坑 壁面写真 深度404m~415.8m
E_415.8-420.4.jpg	東立坑 壁面写真 深度415.8m~420.4m
E_420.4-428.jpg	東立坑 壁面写真 深度420.4m~428m
E_428-440.jpg	東立坑 壁面写真 深度428m~440m
E_440-452.jpg	東立坑 壁面写真 深度440m~452m
E_452-464.jpg	東立坑 壁面写真 深度452m~464m
E_464-476.jpg	東立坑 壁面写真 深度464m~476m
E_476-488.jpg	東立坑 壁面写真 深度476m~488m
E_488-500.jpg	東立坑 壁面写真 深度488m~500m

付表3 【2011BTV観察】内ファイル

ファイル名	摘要
換気_インデックス(トレース無).pdf	換気立坑 BTV画像 割れ目トレース無し
換気_インデックス(トレース有).pdf	換気立坑 BTV画像 割れ目トレース有り
換気_インデックス.pdf	換気立坑 BTV画像
換気_ステレオネット図.pdf	換気立坑 ステレオネット図
換気_岩盤状態図.pdf	換気立坑 岩盤状態図
換気_見掛け傾斜図.pdf	換気立坑 見掛け傾斜図
換気_不連続面一覧表.xlsx	換気立坑 不連続面一覧表

付表4 【2012コア観察】内ファイル

ファイル名	摘要
換気_コア写真.pdf	換気立坑 コア写真
換気_総合柱状図.pdf	換気立坑 総合柱状図
換気_割れ目リスト.xlsx	換気立坑 割れ目リスト

付表5 【2021BTV観察】内ファイル

ファイル名	摘要
東_インデックス(トレース無).pdf	東立坑 BTV画像 割れ目トレース無し
東_インデックス(トレース有).pdf	東立坑 BTV画像 割れ目トレース有り
東_インデックス.pdf	東立坑 BTV画像
東_ステレオネット図.pdf	東立坑 ステレオネット図
東_岩盤状態図.pdf	東立坑 岩盤状態図
東_見掛け傾斜図.pdf	東立坑 見掛け傾斜図
東_不連続面一覧表.xlsx	東立坑 不連続面一覧表

付表6 【2022コア観察】内ファイル

ファイル名	摘要
東_コア写真.pdf	東立坑 コア写真
東_総合柱状図.pdf	東立坑 総合柱状図
東_割れ目リスト.xlsx	東立坑 割れ目リスト

付表7 【データシート】内ファイル

ファイル名	摘要
01_岩石の密度試験(ノギス法).pdf	岩石の密度試験(ノギス法)結果
02_超音波伝播速度測定表.pdf	超音波伝播速度測定結果
03_岩石の一軸圧縮試験.pdf	岩石の一軸圧縮試験結果
04_岩石の圧裂試験.pdf	岩石の圧裂試験結果

付表8 【6200試験写真】内ファイル

ファイル名	摘要
01_試験状況.pdf	試験状況写真
02_歪ゲージ貼り付け.pdf	歪ゲージ貼り付け写真
03_一軸試験前供試体.pdf	一軸試験前供試体写真
04_一軸試験後供試体.pdf	一軸試験後供試体写真
05_圧裂試験前供試体.pdf	圧裂試験前供試体写真
06_圧裂試験後供試体.pdf	圧裂試験後供試体写真
07_追加試験分.pdf	追加試験分写真

