JAEA-Data/Code
2012-003

超深地層研究所計画における地下水の地球化学に関する調査研究

ー瑞浪層群・土岐花崗岩の地下水の地球化学特性データ集ー（2010 年度）

Hydrochemical Investigation at the Mizunami Underground Research Laboratory
-Compilation of Groundwater Chemistry in the Mizunami Group and Toki Granite-
(Fiscal Year 2010)

新宮 信也　萩原 大樹　増田 薫　飯塚 正俊
乾 道春　水野 崇

Shinya SHINGU, Hiroki HAGIWARA, Kaoru MASUDA, Masatoshi IIZUKA
Michiharu INUI and Takashi MIZUNO

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

June 2012

Japan Atomic Energy Agency　日本原子力研究開発機構

JAEA-Data/Code

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（http://www.jaea.go.jp）
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, 2012

JAEA-Data/Code 2012-003

超深地層研究所計画における地下水の地球化学に関する調査研究
－瑞浪層群・土岐花崗岩の地下水の地球化学特性データ集－
（2010 年度）

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
新宮 信也※、萩原 大樹、増田 薫*、飯塚 正俊*、乾 道春*、水野 崇

（2012 年 2 月 21 日受理）

日本原子力研究開発機構は岐阜県瑞浪市で進めている超深地層研究所計画において、研究坑道の掘削が周辺の地下水の地球化学特性に与える影響を把握することを目的とした調査研究を行っている。

本データ集は、超深地層研究所計画において、2010 年度に実施した地下水の採水調査によって得られた地球化学データをとりまとめたものである。また、データのトレーサビリティーを確保するため、試料採取場所、試料採取時間、採取方法および分析方法などを示し、あわせてデータの品質管理方法について示した。

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
※　技術開発協力員
＊　株式会社コベルコ科研

JAEA-Data/Code 2012-003

Hydrochemical Investigation at the Mizunami Underground Research Laboratory
－Compilation of Groundwater Chemistry in the Mizunami Group and Toki Granite－
(Fiscal Year 2010)

Shinya SHINGU※, Hiroki HAGIWARA, Kaoru MASUDA*,
Masatoshi IIZUKA*, Michiharu INUI* and Takashi MIZUNO

Tono Geoscientific Research Unit
Geological Isolation Research and Development Directorate
Japan Atomic Energy Agency
Akeyo-cho, Mizunami-shi, Gifu-ken

(Received February 21, 2012)

Japan Atomic Energy Agency has been investigated the groundwater chemistry on excavating the underground facilities as part of the Mizunami Underground Research Laboratory (MIU) Project at Mizunami City, Gifu Prefecture, Japan.

This report compiles data set of the groundwater chemistry obtained at MIU in the fiscal year 2010. In terms of ensuring traceability of data, basic information (e.g. sampling location, sampling date, sampling method, analytical method) and methodology for quality control is described.

Keywords : Mizunami Underground Research Laboratory (MIU), Groundwater Chemistry, Data Set, Quality Control

※ Collaborating Engineer
* KOBELCO RESEARCH INSTITUTE, INC.

目次

1. はじめに 1
2. 調査概要 2
3. 調査方法 4
3.1 採水装置 4
3.2 採水場所 8
3.3 調査実績 15
3.4 採水頻度および分析項目 16
3.5 採水・分析方法 21
3.5.1 物理化学パラメータ・主要成分・蛍光染料 21
3.5.2 酸素・水素同位体 25
3.5.3 炭素同位体 27
3.5.4 微量元素 28
3.5.5 溶存酸素 31
3.5.6 コロイド 31
3.6 品質管理方法 32
3.6.1 採水における品質管理 33
3.6.2 分析における品質管理 34
3.6.3 イオンバランスによる確認 34
3.6.4 既存データとの比較 35
4. 調査結果 36
4.1 分析数量 36
4.2 品質管理の事例 36
4.3 分析結果 41
参考文献 42
付録 DH-2 号孔における地下水採水・水質分析の概要および分析結果 43

CONTENTS

1. Introduction 1

2. Outline of investigation 2

3. Methodology 4

3.1 Sampling equipment 4
3.2 Sampling location 8
3.3 Performance 15
3.4 Sampling frequency and analysis item 16
3.5 Sampling and analytical methods 21
3.5.1 Physicochemical parameters / Major components / Fluorescent dye 21
3.5.2 Oxygen and hydrogen isotope 25
3.5.3 Carbon isotope 27
3.5.4 Trace elements 28
3.5.5 Dissolved oxygen 31
3.5.6 Colloid 31
3.6 Methodology for quality control 32
3.6.1 Quality control of sampling 33
3.6.2 Quality control of analysis 34
3.6.3 Ion balance calculation 34
3.6.4 Comparison with existing data 35

4. Result 36

4.1 Quantity of analyses 36
4.2 Cases of quality control 36
4.3 Results of analyses 41

References 42

Appendix Outline of sampling / analyses and results of analyses in DH-2 43

1. はじめに

日本原子力研究開発機構は、岐阜県瑞浪市において瑞浪超深地層研究所（以下、研究所）の建設を進めている。研究所用地内には、主立坑、換気立坑および深度 100m ごとに主立坑と換気立坑をつなぐ予備ステージなどの水平坑道からなる研究坑道が掘削されている。

地下水の地球化学に関する調査研究では、深度ごとの地下水の地球化学特性の把握および研究坑道の建設が地下水の地球化学特性に与える影響を把握することを目的とした調査を行っている。調査は、研究坑道内の壁面や立坑坑壁に設置した集水リング、研究坑道内から掘削したボーリング孔および地表から掘削したボーリング孔で実施している。

本データ集は、2010 年度に委託した「地下水分析業務（平成 22 年度）」における分析結果を主体としてとりまとめたものである。

なお、本年度は、広域地下水流動研究のために掘削されたボーリング孔である DH-2 号孔においても、地下水採水・水質分析および間隙水圧・水温の測定を実施した。DH-2 号孔における地下水採水・水質分析の概要および分析結果について、併せて付録にまとめた。

2. 調査概要

本調査研究は、地表から掘削したボーリング孔および研究坑道内で実施した。調査位置を図 2-1、図 2-2 および表 2-1 に示す。2010 年度は、地表から掘削したボーリング孔のうち、浅層ボーリング孔（MSB-2、MSB-4 号孔）、深層ボーリング孔（MIZ-1 号孔）において採水調査を実施した。研究坑道内では、深度 300m 研究アクセス坑道におけるボーリング調査（10MI22、10MI23 号孔）および深度 400m 予備ステージにおけるボーリング調査（10MI26 号孔）を実施し、それぞれのボーリング調査の過程で地下水の採水・水質分析を実施した。その後、10MI26 号孔においては、05MI01、07MI07、09MI20 号孔および 09MI21 号孔と同様に定期的な水質観測を開始した。また、立坑坑壁に設置した集水リングに流入した地下水、深度 300m 研究アクセス坑道における壁面からの湧水についても水質分析を実施した。なお、09MI21 号孔は産業技術総合研究所との共同研究において掘削したボーリング孔である。

図 2-1　研究坑道周辺の調査位置図

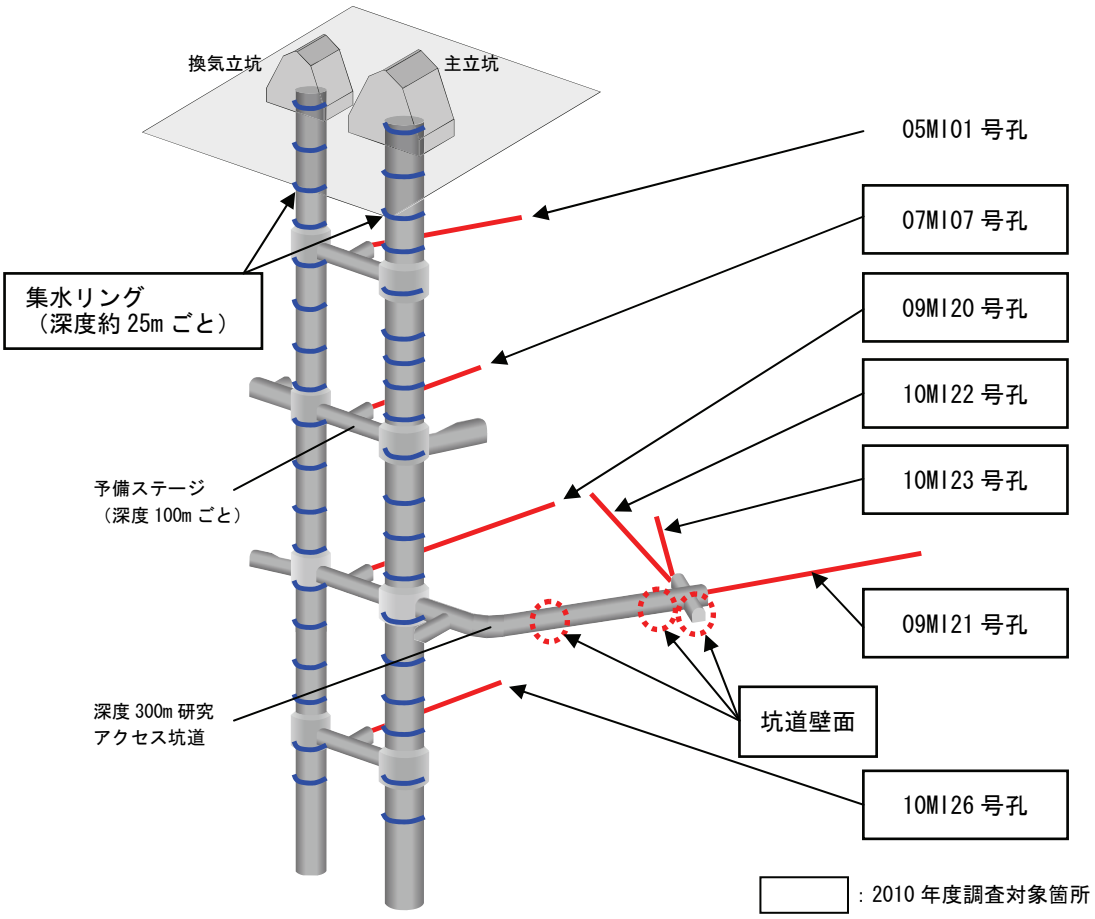


図 2-2　研究坑道内の調査位置図

表 2-1　採水場所一覧

採水場所		
研究坑道内	集水リング	主立坑
		換気立坑
	坑道壁面	深度300m研究アクセス坑道
	ボーリング孔	05MI01号孔
		07MI07号孔
		09MI20号孔
		09MI21号孔＊
		10MI22号孔
		10MI23号孔
		10MI26号孔
地表から掘削したボーリング孔		MSB-2号孔
		MSB-4号孔
		MIZ-1号孔

＊：産業技術総合研究所との共同研究において掘削

3. 調査方法

3.1 採水装置

各ボーリング孔に設置している採水装置を示す。なお、集水リングや坑道壁面からの地下水の採水には採水装置を利用しておらず、集水リングに接続されたホースや坑道壁面から直接採取している。

(1) 研究坑道内から掘削したボーリング孔

研究坑道内の各深度の予備ステージから掘削した 05MI01、07MI07、09MI20、10MI26 号孔および深度 300m 研究アクセス坑道北端から掘削した 09MI21 号孔には、日本原子力研究開発機構が開発した多区間水質連続モニタリング装置を設置している。多区間水質連続モニタリング装置の概要図を図 3-1 に示す。装置はパッカーで区分された区間ごとに採水および間隙水圧と物理化学パラメータ（pH、電気伝導度、温度、酸化還元電位、溶存酸素濃度）の連続測定ができる仕様となっており、物理化学パラメータは被圧・嫌気状態で測定可能である。なお、10MI26 号孔の多区間水質連続モニタリング装置においては、被圧・嫌気状態での連続測定に加え、圧力を減圧した常圧・嫌気状態での連続測定も可能である。

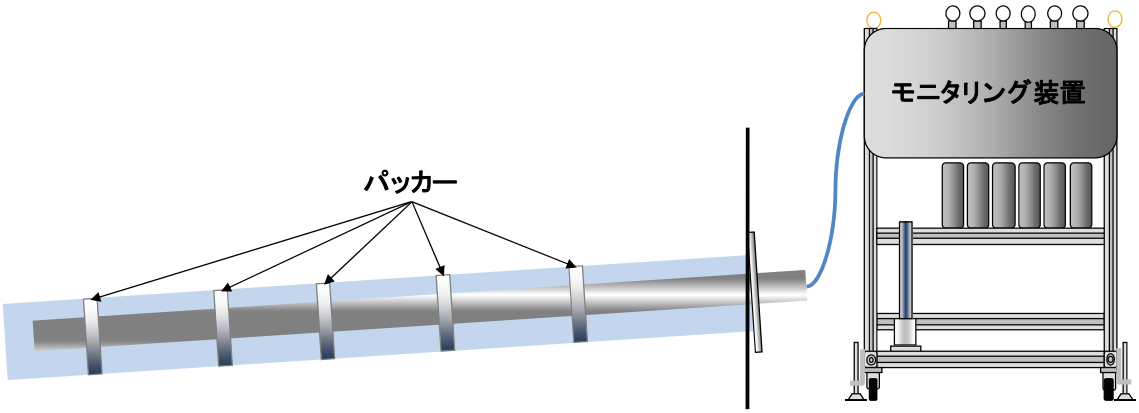


図 3-1　多区間水質連続モニタリング装置概要図

(2) 地表から掘削したボーリング孔

MSB-2、MSB-4 号孔には多区間間隙水圧モニタリングシステム（Westbay instruments 社製　以下 MP システム、図 3-2、図 3-3 を参照）を設置しており、区間ごとにバッチ採水およびポンプ採水が可能である。

MIZ-1 号孔にはハイブリッドスタンドパイプマルチパッカーシステム（Solexperts 社製以下 HSPMP システム、図 3-4 を参照）を設置しており、区間ごとにポンプ採水が可能である。

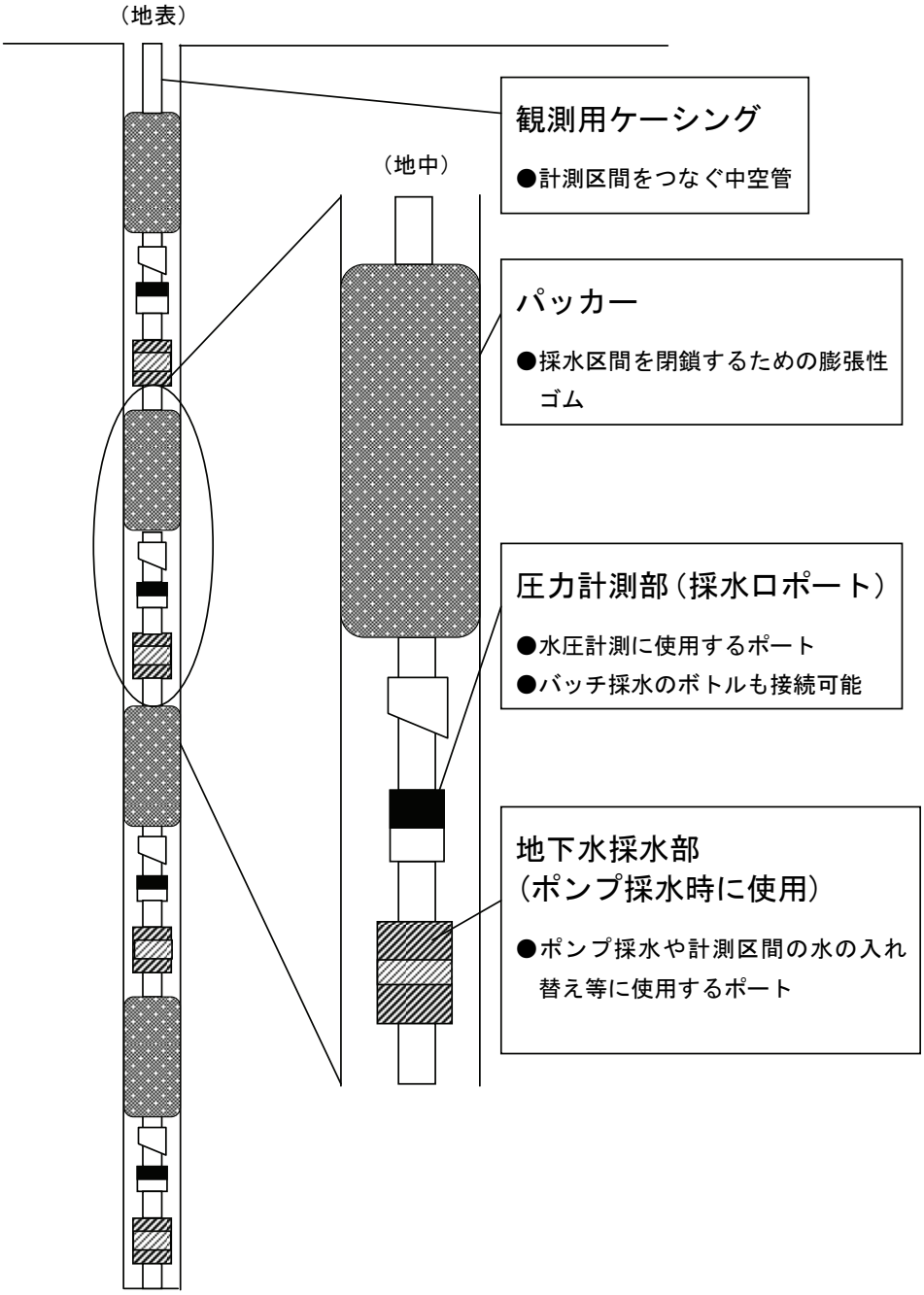


図 3-2　MP システム概略図 [2)]

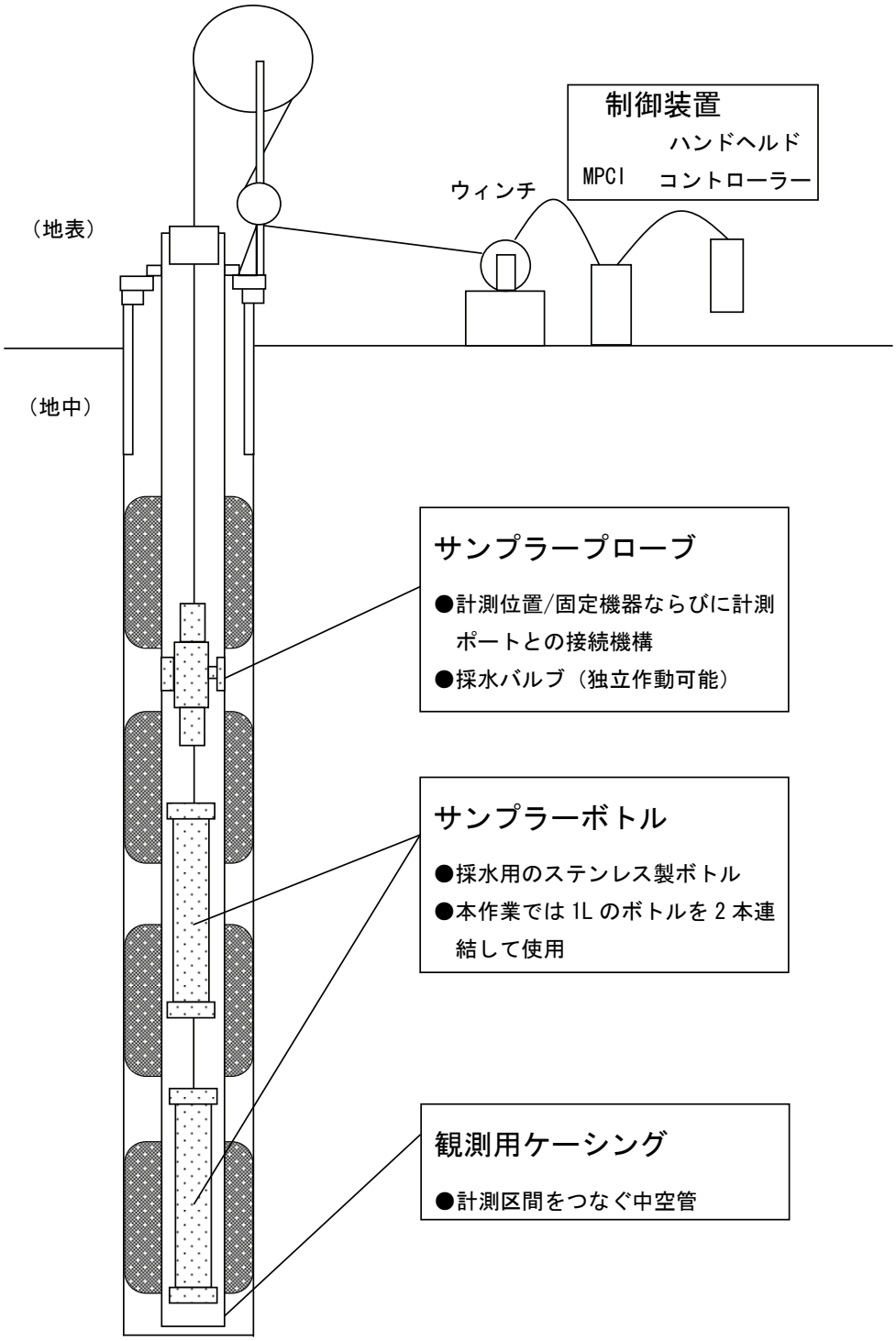


図 3-3　MP システムを用いたバッチ採水の概要図 [2)]

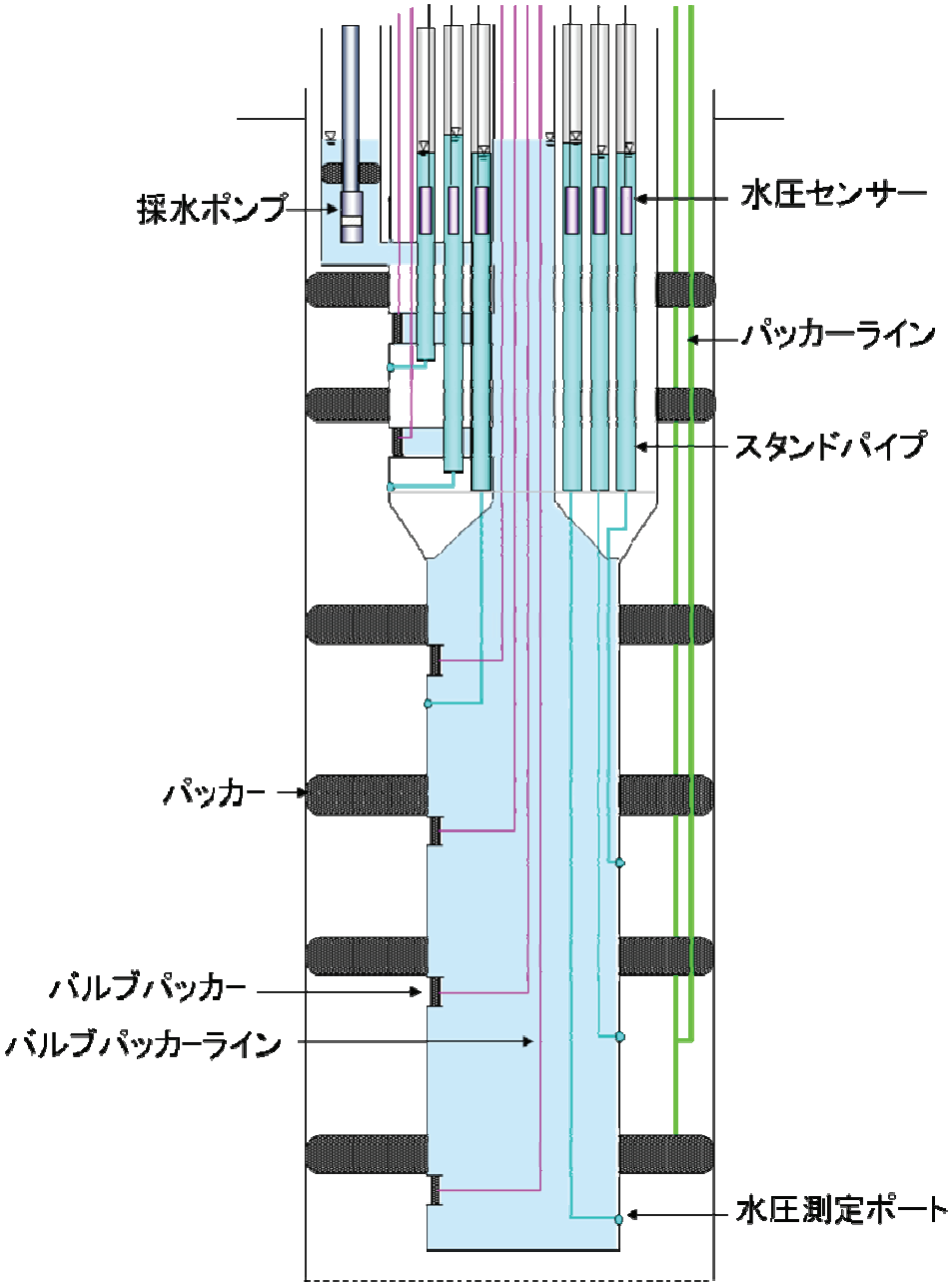


図 3-4　HSPMP システム概要図 [3)]

3.2　採水場所

本調査研究における採水場所の詳細を表 3-1～表 3-15 および図 3-5 に示す。

表 3-1　主立坑における集水リングの採水場所

No.	mbgl※1	masl※2	地質	
1	10.0	190.9	明世累層	戸狩層
2	43.5	157.4		
3	77.0	123.9		月吉層
4	94.4	106.5	本郷累層	
5	102.6	98.3	土岐夾炭累層	
6	136.2	64.7		
6(1)	151.8	49.1		
7	167.4	33.5	土岐花崗岩	
8	194.4	6.5		
9	202.6	-1.7		
10	236.2	-35.3		
11	264.8	-63.9		
12	294.4	-93.5		
13	302.6	-101.7		
14	336.2	-135.3		
15	372.0	-171.1		
16	394.4	-193.5		
17	405.2	-204.3		
18	436.2	-235.3		

※1：meter below ground level

※2：meter above sea level

主立坑における集水リングの No.6(1)は、No.6 から No.7 にかけての湧水量が多いため、変則的に設置したものである。

表 3-2　換気立坑における集水リングの採水場所

No.	mbgl	masl	地質	
1	11.6	189.3	明世累層	戸狩層
2	39.5	161.4		月吉層
3	68.5	132.4	本郷累層	
4	94.0	106.9	土岐夾炭累層	
5	102.6	98.3		
6	131.2	69.7		
7	165.0	35.9	土岐花崗岩	
8	191.0	9.9		
9	200.0	0.9		
10	231.0	-30.1		
11	265.0	-64.1		
12	294.0	-93.1		
13	302.6	-101.7		
14	331.2	-130.3		
15	365.0	-164.1		
16	393.9	-193.0		
17	402.6	-201.7		
18	431.2	-230.3		

表 3-3　深度 300m 研究アクセス坑道における壁面湧水の採水場所

No.	坑道延長（m）※3	mbgl	masl	地質
1	44.8	300.2	-99.3	土岐花崗岩
2	79.7	300.2	-99.3	
3	100.0	300.2	-99.3	

※3：研究アクセス坑道起点（主立坑中心より 4.35m 地点）からの距離

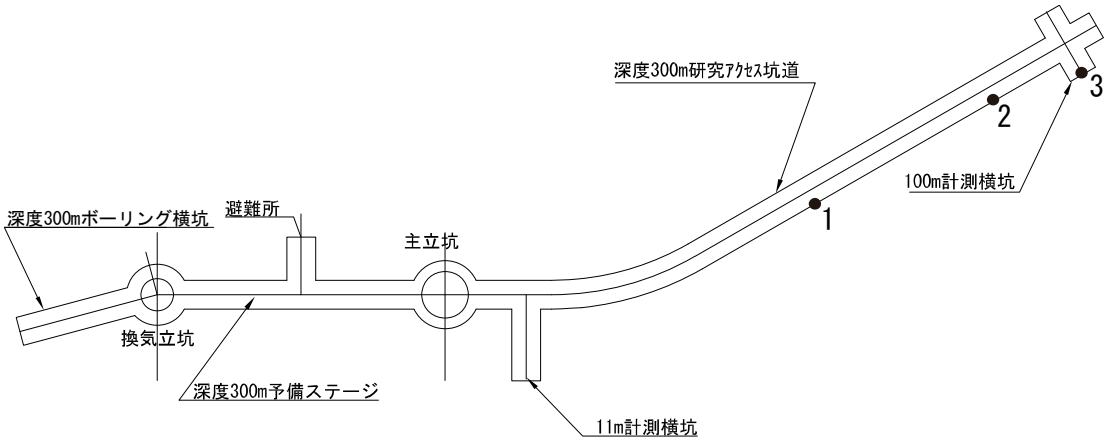


図 3-5　深度 300m 研究アクセス坑道における壁面湧水の採水場所

表 3-4　07MI07 号孔の採水場所（多区間水質連続モニタリング装置）

区間		mabh※4	mbgl	masl	地質
1	区間上端	48.11	203.29	-2.39	土岐花崗岩
	区間下端	55.30	203.92	-3.02	
2	区間上端	38.69	202.47	-1.57	
	区間下端	47.21	203.21	-2.31	
3	区間上端	31.27	201.82	-0.92	
	区間下端	37.79	202.39	-1.49	
4	区間上端	26.85	201.44	-0.54	
	区間下端	30.37	201.74	-0.84	
5	区間上端	16.93	200.57	0.33	
	区間下端	25.95	201.36	-0.46	
6	区間上端	0.00	199.10	1.80	
	区間下端	16.03	200.49	0.41	

※4：meter along borehole

表 3-5　09MI20 号孔の採水場所（多区間水質連続モニタリング装置）

区間		mabh	mbgl	masl	地質
1	区間上端	96.08	303.75	-102.85	土岐花崗岩
	区間下端	101.90	304.06	-103.16	
2	区間上端	84.66	303.16	-102.26	
	区間下端	95.18	303.71	-102.81	
3	区間上端	58.74	301.80	-100.90	
	区間下端	83.76	303.11	-102.21	
4	区間上端	34.82	300.55	-99.65	
	区間下端	57.84	301.75	-100.85	
5	区間上端	19.40	299.74	-98.84	
	区間下端	33.92	300.50	-99.60	
6	区間上端	0.00	298.73	-97.83	
	区間下端	18.50	299.69	-98.79	

表 3-6　09MI21 号孔の採水場所（多区間水質連続モニタリング装置）

区間		mabh	mbgl	masl	地質
1	区間上端	-0.59	298.09	-97.19	土岐花崗岩
	区間下端	66.13	300.42	-99.52	
2	区間上端	67.08	300.45	-99.55	
	区間下端	77.10	300.80	-99.90	
3	区間上端	78.05	300.83	-99.93	
	区間下端	88.07	301.18	-100.28	
4	区間上端	89.02	301.21	-100.31	
	区間下端	103.00	301.70	-100.80	

表 3-7　10MI22 号孔の採水場所（掘削リターン水）

No.	mabh	mbgl	masl	地質
1	1.3	297.5	-96.6	土岐花崗岩
2	3.2	297.6	-96.7	
3	4.1	297.7	-96.8	
4	5.1	297.8	-96.9	
5	7.7	297.9	-97.0	
6	15.4	298.4	-97.5	
7	22.6	298.8	-97.9	
8	23.4	298.9	-98.0	
9	26.3	299.1	-98.2	
10	30.5	299.3	-98.4	
11	36.0	299.7	-98.8	
12	46.2	300.3	-99.4	
13	53.4	300.7	-99.8	
14	58.6	301.0	-100.1	
15	65.4	301.4	-100.5	
16	76.2	302.1	-101.2	
17	79.2	302.3	-101.4	
18	88.2	302.8	-101.9	
19	93.0	303.1	-102.2	
20	97.9	303.4	-102.5	
21	100.0	303.6	-102.7	
22	103.3	303.8	-102.9	
23	104.8	303.8	-102.9	
24	117.1	304.6	-103.7	
25	123.4	305.0	-104.1	
26	138.4	305.9	-105.0	

表 3-8　10MI22 号孔の採水場所（長期揚水試験）

試験区間		mabh	mbgl	masl	地質
1	区間上端	6.20	297.83	-96.93	土岐花崗岩
	区間下端	59.00	301.05	-100.15	

表 3-9　10MI23 号孔の採水場所（掘削リターン水）

No.	mabh	mbgl	masl	地質
1	2.1	297.6	-96.7	土岐花崗岩
2	13.2	298.2	-97.3	
3	27.0	298.9	-98.0	
4	43.2	299.5	-98.6	
5	56.5	299.9	-99.0	
6	69.0	300.1	-99.2	
7	80.9	300.1	-99.2	
8	95.4	299.9	-99.0	
9	105.9	299.7	-98.8	
10	109.7	299.6	-98.7	

表 3-10　10MI23 号孔の採水場所（単孔式水理試験）

試験区間		mabh	mbgl	masl	地質
4	区間上端	70.00	300.06	-99.16	土岐花崗岩
	区間下端	74.30	300.09	-99.19	
5	区間上端	52.00	299.77	-98.87	
	区間下端	68.80	300.05	-99.15	
6	区間上端	48.00	299.67	-98.77	
	区間下端	52.30	299.78	-98.88	
7	区間上端	40.00	299.43	-98.53	
	区間下端	48.30	299.68	-98.78	
8	区間上端	26.00	298.86	-97.96	
	区間下端	39.30	299.40	-98.50	

表 3-11　10MI26 号孔の採水場所（掘削リターン水）

No.	mabh	mbgl	masl	地質
1	1.5	398.3	-197.4	土岐花崗岩
2	2.1	398.3	-197.4	
3	4.8	398.4	-197.5	
4	8.9	398.5	-197.6	
5	19.4	398.6	-197.7	
6	33.4	398.7	-197.8	
7	42.0	398.6	-197.7	
8	55.5	398.2	-197.3	
9	69.1	397.6	-196.7	
1’	0.8	398.3	-197.4	
2’	4.1	398.4	-197.5	
3’	1.5	398.3	-197.4	
4’	5.2	398.5	-197.6	
5’	10.4	398.8	-197.9	
6’	20.0	399.3	-198.4	
7’	31.3	399.9	-199.0	

10MI26 号孔は、掘削中のロッドの抑留により 36.1mabh で掘進不能となったため、掘削方向を西方へ 15 度転換し、改めて掘削した。表中の No.1’～No.7’は当初掘削したボーリング孔の掘削深度である。No.3’は 4.1mabh まで先行掘削した後の拡孔掘削深度である。

表 3-12　10MI26 号孔の採水場所（多区間水質連続モニタリング装置）

区間		mabh	mbgl	masl	地質
1	区間上端	52.79	398.31	-197.41	土岐花崗岩
	区間下端	70.60	397.56	-196.66	
2	区間上端	50.59	398.37	-197.47	
	区間下端	51.84	398.34	-197.44	
3	区間上端	37.89	398.62	-197.72	
	区間下端	49.64	398.40	-197.50	
4	区間上端	30.19	398.68	-197.78	
	区間下端	36.94	398.63	-197.73	
5	区間上端	9.99	398.51	-197.61	
	区間下端	29.24	398.68	-197.78	
6	区間上端	0.00	398.26	-197.36	
	区間下端	9.04	398.49	-197.59	

表 3-13　MSB-2 号孔の採水場所（MP システム）

区間		mabh	mbgl	masl	地質	
1	区間上端	18.8	18.8	179.7	明世累層	戸狩層
	区間下端	22.7	22.7	175.8		
2	区間上端	23.6	23.6	174.9		
	区間下端	38.9	38.9	159.6		月吉層
3	区間上端	39.8	39.8	158.7		
	区間下端	68.2	68.2	130.3	本郷累層	
4	区間上端	69.1	69.1	129.4		
	区間下端	77.4	77.4	121.1		
5	区間上端	78.3	78.3	120.2	土岐夾炭累層	
	区間下端	120.2	120.2	78.3		
6	区間上端	121.1	121.1	77.4		
	区間下端	130.4	130.4	68.1		
7	区間上端	131.3	131.3	67.2		
	区間下端	153.7	153.7	44.8		
8	区間上端	154.6	154.6	43.9		
	区間下端	170.4	170.4	28.1		
9	区間上端	171.3	171.3	27.2	土岐花崗岩	
	区間下端	175.2	175.2	23.3		
10	区間上端	176.1	176.1	22.4		
	区間下端	180.0	180.0	18.5		

表 3-14　MSB-4 号孔の採水場所（MP システム）

区間		masl	mbgl	mabh	地質	
1	区間上端	198.7	15.8	15.8	明世累層	戸狩層
	区間下端	188.9	25.6	25.6		
2	区間上端	188.0	26.5	26.5		
	区間下端	180.6	33.9	33.9		月吉層
3	区間上端	179.7	34.8	34.8		
	区間下端	152.4	62.1	62.1	本郷累層	
4	区間上端	151.5	63.0	63.0		
	区間下端	137.6	76.9	76.9		
5	区間上端	136.7	77.8	77.8	土岐夾炭累層	
	区間下端	132.8	81.7	81.7		
6	区間上端	131.9	82.6	82.6		
	区間下端	120.6	93.9	93.9		
7	区間上端	119.7	94.8	94.8	土岐花崗岩	
	区間下端	115.5	99.0	99.0		

表 3-15　MIZ-1 号孔の採水場所（HSPMP システム）

区間		masl	mbgl	mabh	地質
4	区間上端	-435.1	641.7	648.3	土岐花崗岩
	区間下端	-510.6	717.1	725.8	
9	区間上端	-922.1	1128.7	1148.8	
	区間下端	-942.6	1149.1	1169.8	

3.3　調査実績

2010 年度の調査実績を採水場所ごとに示す。なお、採水や分析方法の詳細については「3.5　採水・分析方法」に示す。

(1) 集水リング

立坑坑壁に設置した集水リングから定期的な採水・水質分析を実施した。なお、主立坑の No.1、No.4、No.5、No.12 および換気立坑の No.1、No.2 は湧水量が微量で採水が困難であるため、採水調査を中断している。

(2) 壁面湧水

坑道壁面から採取可能な湧水が認められた場合に湧水を採取した。なお、深度 300m 研究アクセス坑道の 44.8m、79.7m 地点の壁面（表 3-3 および図 3-5 の No.1、No.2）からは、湧水が定常的に採取可能であるため、定期的な採水・水質分析を実施した。

(3) 05MI01 号孔

研究坑道掘削の進捗に伴って水圧が低下し、採水が困難となったために 2006 年度末で採水調査を中断している。

(4) 07MI07、09MI20、09MI21 号孔

多区間水質連続モニタリング装置を利用した間隙水圧の連続測定および定期的な採水・水質分析を実施した。なお、物理化学パラメータの連続測定については、測定するための電極のメンテナンスと測定方法の検討のみを実施し、実際の測定は実施していない。

(5) 10MI22 号孔

ボーリング調査における掘削リターン水、長期揚水試験時の地下水の採水・水質

分析を実施した。

（6）10MI23 号孔

ボーリング調査における掘削リターン水、単孔式水理試験時の地下水の採水・水質分析を実施した。なお、単孔式水理試験の試験区間のうち、区間 1～3 および 9 は湧水量が 2L/分未満であり定流量試験を実施しなかったため、採水調査を実施していない。

（7）10MI26 号孔

ボーリング調査における掘削原水（水道水）、掘削リターン水の採水・水質分析を実施した。多区間水質連続モニタリング装置設置後に予備排水を実施し、予備排水後に多区間水質連続モニタリング装置を利用した間隙水圧と物理化学パラメータ（被圧・嫌気状態のみ）の連続測定および定期的な採水・水質分析を実施した。なお、金沢大学との共同研究（先行基礎工学研究：原位置試験による元素の固液分配係数（K_d）の決定及び評価手法の構築）において多区間水質連続モニタリング装置を利用した原位置試験を実施するため、区間 2 を割れ目のない区間として設定している。そのため、区間 2 では採水が困難なため、採水調査を実施していない。

（8）MSB-2、MSB-4 号孔

MP システムを利用したバッチ採水により定期的な採水・水質分析を実施した。なお、MSB-2 号孔の区間 3、5 および MSB-4 号孔の区間 4 は、研究坑道掘削の進捗に伴って水圧が低下し、採水が不能になったため、採水調査を中断している。また、MSB-2 号孔の区間 10 は、間隙水圧測定用のポートのみが設定されているため、採水調査を実施していない。

（9）MIZ-1 号孔

2008 年度に区間 4、9 において HSPMP システムを利用したポンプによる予備排水を実施し、予備排水後に試料を採取した。冷蔵保存しておいた試料の水質分析を 2010 年度に行った。

3.4 採水頻度および分析項目

地下水の分析項目は、物理化学パラメータ（pH、電気伝導度、温度、酸化還元電位、溶存酸素濃度）、主要成分濃度（Na^+、Cl^-など）、蛍光染料濃度（ウラニン、アミノ G 酸、ナフチオン酸ナトリウム）、酸素・水素同位体（$\delta^{18}O$、δD、トリチウム）、炭素同位体（^{13}C、^{14}C）、微量元素濃度（Al、Ti など）、コロイドである。分析項目は採取する試料の種類ごとに選定している。採水場所ごとの採水頻度および分析項目を表 3-16 に示す。

表 3-16　採水場所ごとの採水頻度および分析項目（1/2）

測定・分析項目		測定・分析場所	測定・分析方法	集水リング			坑道壁面		07MI07号孔		09MI20号孔		09MI21号孔	10MI22号孔		
				集水リング試料（設置後6ヶ月まで）	集水リング試料（設置後6ヶ月から2年まで）	集水リング試料（設置から2年以降）	壁面湧水試料（定期的に採取可能）	壁面湧水試料	地下水試料	限外ろ過試料	地下水試料	限外ろ過試料	地下水試料	掘削リターン水	予備排水試料（長期揚水試験）	地下水試料（長期揚水試験）
物理化学パラメータ	pH	現場	電極法	1回/週	1回/月	4回/年	1回/月	－	－	－	－	－	－	1回/日	連続測定	連続測定
	電気伝導度	現場	電極法	1回/週	1回/月	4回/年	1回/月	－	－	－	－	－	－	1回/日	連続測定	連続測定
	温度	現場	電極法	1回/週	1回/月	4回/年	1回/月	－	－	－	－	－	－	1回/日	連続測定	連続測定
	酸化還元電位	現場	電極法	1回/週	1回/月	4回/年	1回/月	－	－	－	－	－	－	－	連続測定	連続測定
	溶存酸素濃度	現場	電極法	1回/週	1回/月	4回/年	1回/月	－	－	－	－	－	－	－	連続測定	連続測定
	溶存酸素濃度	現場	比色法	－	－	－	－	－	都度	－	都度	－	都度	－	－	－
	pH	分析室	電極法	1回/週	1回/月	4回/年	1回/月	都度	6回/年	都度	1回/月	都度	1回/月	1回/日	1回/日	排水終了時に1回
	電気伝導度	分析室	電極法	1回/週	1回/月	4回/年	1回/月	都度	6回/年	都度	1回/月	都度	1回/月	1回/日	1回/日	排水終了時に1回
	温度	分析室	電極法	1回/週	1回/月	4回/年	1回/月	都度	6回/年	都度	1回/月	都度	1回/月	1回/日	1回/日	排水終了時に1回
	酸化還元電位	分析室	電極法	－	－	－	－	都度	6回/年	都度	1回/月	都度	1回/月	－	－	排水終了時に1回
	溶存酸素濃度	分析室	電極法	－	－	－	－	都度	6回/年	都度	1回/月	都度	1回/月	－	－	排水終了時に1回
主要成分濃度	Na^{+}	分析室	イオンクロマトグラフ法	1回/週	1回/月	4回/年	1回/月	都度	6回/年	都度	1回/月	都度	1回/月	1回/日	1回/日	排水終了時に1回
	K^{+}	分析室	イオンクロマトグラフ法	1回/週	1回/月	4回/年	1回/月	都度	6回/年	都度	1回/月	都度	1回/月	1回/日	1回/日	排水終了時に1回
	Ca^{2+}	分析室	イオンクロマトグラフ法	1回/週	1回/月	4回/年	1回/月	都度	6回/年	都度	1回/月	都度	1回/月	1回/日	1回/日	排水終了時に1回
	Mg^{2+}	分析室	イオンクロマトグラフ法	1回/週	1回/月	4回/年	1回/月	都度	6回/年	都度	1回/月	都度	1回/月	1回/日	1回/日	排水終了時に1回
	全炭素	分析室	赤外線吸収法	1回/週	1回/月	4回/年	1回/月	都度	6回/年	都度	1回/月	都度	1回/月	1回/日	1回/日	排水終了時に1回
	全無機炭素	分析室	赤外線吸収法	1回/週	1回/月	4回/年	1回/月	都度	6回/年	都度	1回/月	都度	1回/月	1回/日	1回/日	排水終了時に1回
	全有機炭素	分析室	赤外線吸収法	1回/週	1回/月	4回/年	1回/月	都度	6回/年	都度	1回/月	都度	1回/月	1回/日	1回/日	排水終了時に1回
	アルカリ度	分析室	滴定法	1回/週	1回/月	4回/年	1回/月	都度	6回/年	都度	1回/月	都度	1回/月	1回/日	1回/日	排水終了時に1回
	SO_4^{2-}	分析室	イオンクロマトグラフ法	1回/週	1回/月	4回/年	1回/月	都度	6回/年	都度	1回/月	都度	1回/月	1回/日	1回/日	排水終了時に1回
	S^{2-}	分析室	比色法	－	－	－	1回/月	都度	6回/年	都度	1回/月	都度	1回/月	－	－	排水終了時に1回
	F^{-}	分析室	イオンクロマトグラフ法	1回/週	1回/月	4回/年	1回/月	都度	6回/年	都度	1回/月	都度	1回/月	1回/日	1回/日	排水終了時に1回
	Cl^{-}	分析室	イオンクロマトグラフ法	1回/週	1回/月	4回/年	1回/月	都度	6回/年	都度	1回/月	都度	1回/月	1回/日	1回/日	排水終了時に1回
	NO_3^{-}	分析室	イオンクロマトグラフ法	1回/週	1回/月	4回/年	1回/月	都度	6回/年	都度	1回/月	都度	1回/月	1回/日	1回/日	排水終了時に1回
	NO_2^{-}	分析室	イオンクロマトグラフ法	1回/週	1回/月	4回/年	1回/月	都度	6回/年	都度	1回/月	都度	1回/月	1回/日	1回/日	排水終了時に1回
	Br^{-}	分析室	イオンクロマトグラフ法	1回/週	1回/月	4回/年	1回/月	都度	6回/年	都度	1回/月	都度	1回/月	1回/日	1回/日	排水終了時に1回
	I^{-}	分析室	イオンクロマトグラフ法	－	－	－	－	都度	6回/年	都度	1回/月	都度	1回/月	－	－	排水終了時に1回
	NH_4^{+}	分析室	イオンクロマトグラフ法	－	－	－	1回/月	都度	6回/年	都度	1回/月	都度	1回/月	－	－	排水終了時に1回
	PO_4^{3-}	分析室	イオンクロマトグラフ法	－	－	－	－	都度	6回/年	都度	1回/月	都度	1回/月	－	－	排水終了時に1回
	Si	分析室	ICP発光分光法	1回/週	1回/月	4回/年	1回/月	都度	6回/年	都度	1回/月	都度	1回/月	1回/日	1回/日	排水終了時に1回
	Al	分析室	ICP発光分光法	1回/週	1回/月	4回/年	1回/月	都度	6回/年	－	1回/月	－	1回/月	1回/日	1回/日	排水終了時に1回
	Total Fe	分析室	ICP発光分光法	1回/週	1回/月	4回/年	1回/月	都度	6回/年	－	1回/月	－	1回/月	1回/日	1回/日	排水終了時に1回
	Fe^{2+}	分析室	比色法	－	－	－	1回/月	都度	6回/年	都度	1回/月	都度	1回/月	－	－	排水終了時に1回
	Mn	分析室	ICP発光分光法	1回/週	1回/月	4回/年	1回/月	都度	6回/年	－	1回/月	－	1回/月	1回/日	1回/日	排水終了時に1回
	B	分析室	ICP発光分光法	－	－	－	1回/月	都度	6回/年	都度	1回/月	都度	1回/月	－	－	排水終了時に1回
	U	分析室	ICP質量分析法	－	－	－	1回/月	都度	6回/年	－	1回/月	－	1回/月	－	－	排水終了時に1回
蛍光染料濃度	ウラニン	分析室	蛍光光度法	1回/週	1回/月	4回/年	1回/月	都度	6回/年	－	1回/月	－	1回/月	1回/日	1回/日	排水終了時に1回
	アミノG酸	分析室	蛍光光度法	1回/週	1回/月	4回/年	1回/月	都度	6回/年	－	1回/月	－	1回/月	1回/日	1回/日	排水終了時に1回
	ナフチオン酸ナトリウム	分析室	蛍光光度法	1回/週	1回/月	4回/年	1回/月	都度	6回/年	－	1回/月	－	1回/月	1回/日	1回/日	排水終了時に1回
酸素・水素同位体	$\delta^{18}O$	分析室	質量分析法	1回/年	1回/年	1回/年	－	－	1回/年	－	2回/年	－	1回/年	－	－	－
	δD	分析室	質量分析法	1回/年	1回/年	1回/年	－	－	1回/年	－	2回/年	－	1回/年	－	－	－
	トリチウム	分析室	電解濃縮−液体シンチレーション測定法	1回/年	1回/年	1回/年	－	－	1回/年	－	2回/年	－	1回/年	－	－	－
炭素同位体	^{13}C	分析室	質量分析法	－	－	－	－	－	1回/年	－	2回/年	－	1回/年	－	－	－
	^{14}C	分析室	加速器質量分析法	－	－	－	－	－	1回/年	－	2回/年	－	1回/年	－	－	－
微量元素濃度	Al	分析室	ICP質量分析法	－	－	－	－	－	－	都度	－	都度	－	－	－	－
	Ti	分析室	ICP質量分析法	－	－	－	－	－	－	都度	－	都度	－	－	－	－
	Cr	分析室	ICP質量分析法	－	－	－	－	－	－	都度	－	都度	－	－	－	－
	Mn	分析室	ICP質量分析法	－	－	－	－	－	－	都度	－	都度	－	－	－	－
	Fe	分析室	ICP質量分析法	－	－	－	－	－	－	都度	－	都度	－	－	－	－
	Co	分析室	ICP質量分析法	－	－	－	－	－	－	都度	－	都度	－	－	－	－
	Ni	分析室	ICP質量分析法	－	－	－	－	－	－	都度	－	都度	－	－	－	－
	Cu	分析室	ICP質量分析法	－	－	－	－	－	－	都度	－	都度	－	－	－	－
	Zn	分析室	ICP質量分析法	－	－	－	－	－	－	都度	－	都度	－	－	－	－
	As	分析室	ICP質量分析法	－	－	－	－	－	－	都度	－	都度	－	－	－	－
	Rb	分析室	ICP質量分析法	－	－	－	－	－	－	都度	－	都度	－	－	－	－
	Sr	分析室	ICP質量分析法	－	－	－	－	－	－	都度	－	都度	－	－	－	－
	Y	分析室	ICP質量分析法	－	－	－	－	－	－	都度	－	都度	－	－	－	－
	Mo	分析室	ICP質量分析法	－	－	－	－	－	－	都度	－	都度	－	－	－	－
	Cs	分析室	ICP質量分析法	－	－	－	－	－	－	都度	－	都度	－	－	－	－
	Ba	分析室	ICP質量分析法	－	－	－	－	－	－	都度	－	都度	－	－	－	－
	Pb	分析室	ICP質量分析法	－	－	－	－	－	－	都度	－	都度	－	－	－	－
	W	分析室	ICP質量分析法	－	－	－	－	－	－	都度	－	都度	－	－	－	－
	Th	分析室	ICP質量分析法	－	－	－	－	－	－	都度	－	都度	－	－	－	－
	U	分析室	ICP質量分析法	－	－	－	－	－	－	都度	－	都度	－	－	－	－
	La	分析室	ICP質量分析法	－	－	－	－	－	－	都度	－	都度	－	－	－	－
	Ce	分析室	ICP質量分析法	－	－	－	－	－	－	都度	－	都度	－	－	－	－
	Pr	分析室	ICP質量分析法	－	－	－	－	－	－	都度	－	都度	－	－	－	－
	Nd	分析室	ICP質量分析法	－	－	－	－	－	－	都度	－	都度	－	－	－	－
	Sm	分析室	ICP質量分析法	－	－	－	－	－	－	都度	－	都度	－	－	－	－
	Eu	分析室	ICP質量分析法	－	－	－	－	－	－	都度	－	都度	－	－	－	－
	Gd	分析室	ICP質量分析法	－	－	－	－	－	－	都度	－	都度	－	－	－	－
	Tb	分析室	ICP質量分析法	－	－	－	－	－	－	都度	－	都度	－	－	－	－
	Dy	分析室	ICP質量分析法	－	－	－	－	－	－	都度	－	都度	－	－	－	－
	Ho	分析室	ICP質量分析法	－	－	－	－	－	－	都度	－	都度	－	－	－	－
	Er	分析室	ICP質量分析法	－	－	－	－	－	－	都度	－	都度	－	－	－	－
	Tm	分析室	ICP質量分析法	－	－	－	－	－	－	都度	－	都度	－	－	－	－
	Yb	分析室	ICP質量分析法	－	－	－	－	－	－	都度	－	都度	－	－	－	－
	Lu	分析室	ICP質量分析法	－	－	－	－	－	－	都度	－	都度	－	－	－	－
コロイド		分析室	SEM観察、SEM-EDX分析、FT-IR分析	－	－	－	－	－	－	都度	－	都度	－	－	－	－

表 3-16　採水場所ごとの採水頻度および分析項目（2/2）

測定・分析項目		測定・分析場所	測定・分析方法	10MI23号孔			10MI26号孔					MSB-2号孔	MSB-4号孔	MIZ-1号孔
				掘削リターン水	予備排水試料（長期揚水試験）	地下水試料（長期揚水試験）	掘削原水	掘削リターン水	予備排水試料（多区間水質連続モニタリング装置設置後）	地下水試料	限外ろ過試料	地下水試料	地下水試料	限外ろ過試料
物理化学パラメータ	pH	現場	電極法	1回/日	連続測定	連続測定	－	1回/日	1回/日	連続測定	連続測定	4回/年	4回/年	連続測定
	電気伝導度	現場	電極法	1回/日	連続測定	連続測定	－	1回/日	1回/日	連続測定	連続測定	4回/年	4回/年	連続測定
	温度	現場	電極法	1回/日	連続測定	連続測定	－	1回/日	1回/日	連続測定	連続測定	4回/年	4回/年	連続測定
	酸化還元電位	現場	電極法	－	連続測定	連続測定	－	－	－	連続測定	連続測定	－	－	連続測定
	溶存酸素濃度	現場	電極法	－	連続測定	連続測定	－	－	－	連続測定	連続測定	－	－	連続測定
	溶存酸素濃度	現場	比色法	－	－	－	－	－	－	都度	－	－	都度	－
	pH	分析室	電極法	1回/日	排水中に2回	排水終了時に1回	掘削前に1回	1回/日	1回/日	1回/週	都度	4回/年	4回/年	排水終了時に1回
	電気伝導度	分析室	電極法	1回/日	排水中に2回	排水終了時に1回	掘削前に1回	1回/日	1回/日	1回/週	都度	4回/年	4回/年	排水終了時に1回
	温度	分析室	電極法	1回/日	排水中に2回	排水終了時に1回	掘削前に1回	1回/日	1回/日	1回/週	都度	4回/年	4回/年	排水終了時に1回
	酸化還元電位	分析室	電極法	－	－	排水終了時に1回	－	－	－	1回/週	都度	4回/年	4回/年	排水終了時に1回
	溶存酸素濃度	分析室	電極法	－	－	排水終了時に1回	－	－	－	1回/週	都度	4回/年	4回/年	排水終了時に1回
主要成分濃度	Na^{+}	分析室	イオンクロマトグラフ法	1回/日	排水中に2回	排水終了時に1回	掘削前に1回	1回/日	1回/日	1回/週	都度	4回/年	4回/年	排水終了時に1回
	K^{+}	分析室	イオンクロマトグラフ法	1回/日	排水中に2回	排水終了時に1回	掘削前に1回	1回/日	1回/日	1回/週	都度	4回/年	4回/年	排水終了時に1回
	Ca^{2+}	分析室	イオンクロマトグラフ法	1回/日	排水中に2回	排水終了時に1回	掘削前に1回	1回/日	1回/日	1回/週	都度	4回/年	4回/年	排水終了時に1回
	Mg^{2+}	分析室	イオンクロマトグラフ法	1回/日	排水中に2回	排水終了時に1回	掘削前に1回	1回/日	1回/日	1回/週	都度	4回/年	4回/年	排水終了時に1回
	全炭素	分析室	赤外線吸収法	1回/日	排水中に2回	排水終了時に1回	掘削前に1回	1回/日	1回/日	1回/週	都度	4回/年	4回/年	排水終了時に1回
	全無機炭素	分析室	赤外線吸収法	1回/日	排水中に2回	排水終了時に1回	掘削前に1回	1回/日	1回/日	1回/週	都度	4回/年	4回/年	排水終了時に1回
	全有機炭素	分析室	赤外線吸収法	1回/日	排水中に2回	排水終了時に1回	掘削前に1回	1回/日	1回/日	1回/週	都度	4回/年	4回/年	排水終了時に1回
	アルカリ度	分析室	滴定法	1回/日	排水中に2回	排水終了時に1回	掘削前に1回	1回/日	1回/日	1回/週	都度	4回/年	4回/年	排水終了時に1回
	SO_4^{2-}	分析室	イオンクロマトグラフ法	1回/日	排水中に2回	排水終了時に1回	掘削前に1回	1回/日	1回/日	1回/週	都度	4回/年	4回/年	排水終了時に1回
	S^{2-}	分析室	比色法	－	－	排水終了時に1回	－	－	－	1回/週	都度	4回/年	4回/年	排水終了時に1回
	F^{-}	分析室	イオンクロマトグラフ法	1回/日	排水中に2回	排水終了時に1回	掘削前に1回	1回/日	1回/日	1回/週	都度	4回/年	4回/年	排水終了時に1回
	Cl^{-}	分析室	イオンクロマトグラフ法	1回/日	排水中に2回	排水終了時に1回	掘削前に1回	1回/日	1回/日	1回/週	都度	4回/年	4回/年	排水終了時に1回
	NO_3^{-}	分析室	イオンクロマトグラフ法	1回/日	排水中に2回	排水終了時に1回	掘削前に1回	1回/日	1回/日	1回/週	都度	4回/年	4回/年	排水終了時に1回
	NO_2^{-}	分析室	イオンクロマトグラフ法	1回/日	排水中に2回	排水終了時に1回	掘削前に1回	1回/日	1回/日	1回/週	都度	4回/年	4回/年	排水終了時に1回
	Br^{-}	分析室	イオンクロマトグラフ法	1回/日	排水中に2回	排水終了時に1回	掘削前に1回	1回/日	1回/日	1回/週	都度	4回/年	4回/年	排水終了時に1回
	I^{-}	分析室	イオンクロマトグラフ法	－	－	排水終了時に1回	－	－	－	1回/週	都度	4回/年	4回/年	排水終了時に1回
	NH_4^{+}	分析室	イオンクロマトグラフ法	－	－	排水終了時に1回	－	－	－	1回/週	都度	4回/年	4回/年	排水終了時に1回
	PO_4^{3-}	分析室	イオンクロマトグラフ法	－	－	排水終了時に1回	－	－	－	1回/週	都度	4回/年	4回/年	排水終了時に1回
	Si	分析室	ICP発光分光法	1回/日	排水中に2回	排水終了時に1回	掘削前に1回	1回/日	1回/日	1回/週	都度	4回/年	4回/年	排水終了時に1回
	Al	分析室	ICP発光分光法	1回/日	排水中に2回	排水終了時に1回	掘削前に1回	1回/日	1回/日	1回/週	－	4回/年	4回/年	－
	Total Fe	分析室	ICP発光分光法	1回/日	排水中に2回	排水終了時に1回	掘削前に1回	1回/日	1回/日	1回/週	－	4回/年	4回/年	－
	Fe^{2+}	分析室	比色法	－	－	排水終了時に1回	－	－	－	1回/週	都度	4回/年	4回/年	排水終了時に1回
	Mn	分析室	ICP発光分光法	1回/日	排水中に2回	排水終了時に1回	掘削前に1回	1回/日	1回/日	1回/週	－	4回/年	4回/年	－
	B	分析室	ICP発光分光法	－	－	排水終了時に1回	－	－	－	1回/週	都度	4回/年	4回/年	排水終了時に1回
	U	分析室	ICP質量分析法	－	－	排水終了時に1回	－	－	－	1回/週	－	4回/年	4回/年	－
蛍光染料濃度	ウラニン	分析室	蛍光光度法	1回/日	排水中に2回	排水終了時に1回	掘削前に1回	1回/日	1回/日	1回/週	－	4回/年	4回/年	－
	アミノG酸	分析室	蛍光光度法	1回/日	排水中に2回	排水終了時に1回	掘削前に1回	1回/日	1回/日	1回/週	－	4回/年	4回/年	－
	ナフチオン酸ナトリウム	分析室	蛍光光度法	1回/日	排水中に2回	排水終了時に1回	掘削前に1回	1回/日	1回/日	1回/週	－	4回/年	4回/年	－
酸素・水素同位体	$\delta^{18}O$	分析室	質量分析法	－	－	－	－	－	－	1回	－	1回/年	1回/年	－
	δD	分析室	質量分析法	－	－	－	－	－	－	1回	－	1回/年	1回/年	－
	トリチウム	分析室	電解濃縮-液体シンチレーション測定法	－	－	－	－	－	－	1回	－	1回/年	1回/年	－
炭素同位体	^{13}C	分析室	質量分析法	－	－	－	－	－	－	1回	－	－	都度	－
	^{14}C	分析室	加速器質量分析法	－	－	－	－	－	－	1回	－	－	都度	－
微量元素濃度	Al	分析室	ICP質量分析法	－	－	－	－	－	－	－	都度	－	－	排水終了時に1回
	Ti	分析室	ICP質量分析法	－	－	－	－	－	－	－	都度	－	－	排水終了時に1回
	Cr	分析室	ICP質量分析法	－	－	－	－	－	－	－	都度	－	－	排水終了時に1回
	Mn	分析室	ICP質量分析法	－	－	－	－	－	－	－	都度	－	－	排水終了時に1回
	Fe	分析室	ICP質量分析法	－	－	－	－	－	－	－	都度	－	－	排水終了時に1回
	Co	分析室	ICP質量分析法	－	－	－	－	－	－	－	都度	－	－	排水終了時に1回
	Ni	分析室	ICP質量分析法	－	－	－	－	－	－	－	都度	－	－	排水終了時に1回
	Cu	分析室	ICP質量分析法	－	－	－	－	－	－	－	都度	－	－	排水終了時に1回
	Zn	分析室	ICP質量分析法	－	－	－	－	－	－	－	都度	－	－	排水終了時に1回
	As	分析室	ICP質量分析法	－	－	－	－	－	－	－	都度	－	－	排水終了時に1回
	Rb	分析室	ICP質量分析法	－	－	－	－	－	－	－	都度	－	－	排水終了時に1回
	Sr	分析室	ICP質量分析法	－	－	－	－	－	－	－	都度	－	－	排水終了時に1回
	Y	分析室	ICP質量分析法	－	－	－	－	－	－	－	都度	－	－	排水終了時に1回
	Mo	分析室	ICP質量分析法	－	－	－	－	－	－	－	都度	－	－	排水終了時に1回
	Cs	分析室	ICP質量分析法	－	－	－	－	－	－	－	都度	－	－	排水終了時に1回
	Ba	分析室	ICP質量分析法	－	－	－	－	－	－	－	都度	－	－	排水終了時に1回
	Pb	分析室	ICP質量分析法	－	－	－	－	－	－	－	都度	－	－	排水終了時に1回
	W	分析室	ICP質量分析法	－	－	－	－	－	－	－	都度	－	－	排水終了時に1回
	Th	分析室	ICP質量分析法	－	－	－	－	－	－	－	都度	－	－	排水終了時に1回
	U	分析室	ICP質量分析法	－	－	－	－	－	－	－	都度	－	－	排水終了時に1回
	La	分析室	ICP質量分析法	－	－	－	－	－	－	－	都度	－	－	排水終了時に1回
	Ce	分析室	ICP質量分析法	－	－	－	－	－	－	－	都度	－	－	排水終了時に1回
	Pr	分析室	ICP質量分析法	－	－	－	－	－	－	－	都度	－	－	排水終了時に1回
	Nd	分析室	ICP質量分析法	－	－	－	－	－	－	－	都度	－	－	排水終了時に1回
	Sm	分析室	ICP質量分析法	－	－	－	－	－	－	－	都度	－	－	排水終了時に1回
	Eu	分析室	ICP質量分析法	－	－	－	－	－	－	－	都度	－	－	排水終了時に1回
	Gd	分析室	ICP質量分析法	－	－	－	－	－	－	－	都度	－	－	排水終了時に1回
	Tb	分析室	ICP質量分析法	－	－	－	－	－	－	－	都度	－	－	排水終了時に1回
	Dy	分析室	ICP質量分析法	－	－	－	－	－	－	－	都度	－	－	排水終了時に1回
	Ho	分析室	ICP質量分析法	－	－	－	－	－	－	－	都度	－	－	排水終了時に1回
	Er	分析室	ICP質量分析法	－	－	－	－	－	－	－	都度	－	－	排水終了時に1回
	Tm	分析室	ICP質量分析法	－	－	－	－	－	－	－	都度	－	－	排水終了時に1回
	Yb	分析室	ICP質量分析法	－	－	－	－	－	－	－	都度	－	－	排水終了時に1回
	Lu	分析室	ICP質量分析法	－	－	－	－	－	－	－	都度	－	－	排水終了時に1回
コロイド		分析室	SEM観察、SEM-EDX分析、FT-IR分析	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－

3.5　採水・分析方法

3.5.1　物理化学パラメータ・主要成分・蛍光染料

(1) 試料採取方法

1) 集水リング試料

集水リングに流入した地下水を、接続されたホースよりポリエチレン製容器に 1L 採取した。採取前に容器内部を地下水で 3 回以上共洗いした。

2) 壁面湧水試料

①深度 300m 研究アクセス坑道の 44.8m、79.7m 地点の壁面

壁面からの湧水をポリエチレン製容器に 1L 採取した。採取前に容器内部を地下水で 3 回以上共洗いした。

②深度 300m 研究アクセス坑道の 100m 計測横坑の壁面

壁面からの湧水をシリンジにより吸引し、アルミバッグに 1L 採取した。

3) 07MI07、09MI20、09MI21、10MI26 号孔における地下水試料

多区間水質連続モニタリング装置にステンレス製容器を設置し、被圧・嫌気状態で地下水を 1L 採取した。

4) 10MI26 号孔における掘削原水

深度 400m 予備ステージにおいて、地上から配管された給水管口より水道水をポリエチレン製容器に 1L 採取した。採取前に容器内部を試料で 3 回以上共洗いした。

5) 10MI22、10MI23、10MI26 号孔における掘削リターン水

ボーリング孔口元より掘削リターン水をポリエチレン製容器に 1L 採取した。採取前に容器内部を地下水で 3 回以上共洗いした。

6) 10MI22 号孔の長期揚水試験、10MI23 号孔の単孔式水理試験における予備排水試料および地下水試料

試験装置に接続した配管より地下水をポリエチレン製容器に 1L 採取した。採取前に容器内部を地下水で 3 回以上共洗いした。

7) 10MI26 号孔の多区間水質連続モニタリング装置設置後の予備排水試料

多区間水質連続モニタリング装置の地下水流出口よりポリエチレン製容器に 1L 採取した。採取前に容器内部を地下水で 3 回以上共洗いした。

8）MSB-2、MSB-4 号孔における地下水試料

MP システムを利用したバッチ採水によりサンプラーボトルに被圧・嫌気状態で地下水を 1L 採取した。採取前にサンプラーボトル内部を地下水で 1 回共洗いした。

9）07MI07、09MI20、10MI26、MIZ-1 号孔における限外ろ過試料

後述する「3.5.4　微量元素」の試料採取方法を参照。

（2）前処理方法

1）ウラニン

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。

2）Na^{+}、K^{+}、NH_4^{+}、Ca^{2+}、Mg^{2+}

試料をメンブランフィルター（0.45μm）で加圧ろ過し、ろ液を試料液とした。

3）Mn、Total-Fe、Si、Al、B

試料を硝酸で pH=2 以下に調整し、メンブランフィルター（0.45μm）で加圧ろ過し、ろ液を試料液とした。

4）Fe^{2+}

試料をメンブランフィルター（0.45μm）で加圧ろ過し、ろ液を試料液とした。

5）F^{-}、Cl^{-}、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）で加圧ろ過し、ろ液を試料液とした。

6）S^{2-}

試料をメンブランフィルター（0.45μm）で加圧ろ過し、ろ液を水酸化ナトリウム水溶液で pH=12 にして固定し、試料液とした。

7）全有機炭素

試料に酸溶液を加えて pH=2 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た。

8）U

試料を高純度硝酸添加により pH=6.2 に調整後、ディスクカートリッジキレート（3M 製 10mm/6mL：P/N4371）により濃縮した溶液を試料液とした。

なお、10MI22、10MI23、10MI26 号孔の掘削リターン水については、懸濁物質を除去するため、分析項目にかかわらずメンブランフィルター（0.45μm）で試料を吸引ろ過し、ろ液を試料液とした。

(3) 測定・分析方法

1) 物理化学パラメータ

①現場での測定

(a) 集水リング試料、壁面湧水試料

採水後直ちに以下に示す測定器を用いて測定した。

・主立坑、深度 300m 研究アクセス坑道

U-22XD（堀場製作所製）

・換気立坑

pH ：HI98128（ハンナインスツルメンツジャパン製）

電気伝導度、温度、酸化還元電位、溶存酸素濃度：WQC-24（東亜 DKK 製）

(b) 10MI26 号孔における地下水試料

多区間水質連続モニタリング装置に設置した多項目水質計（イドロノート社製オーシャンセブン 305）を用いて被圧・嫌気状態で連続測定した。

(c) 10MI22、10MI23、10MI26 号孔における掘削リターン水

採水後直ちに多項目水質計（堀場製作所製　U-22XD）を用いて測定した。

(d) 10MI22 号孔における長期揚水試験、10MI23 号孔における単孔式水理試験時の排水試料

多項目水質計（堀場製作所製　W-22XD）を用いてフローセルにより嫌気状態で連続測定した。なお、10MI22 号孔における長期揚水試験の採水時は、多項目水質計（堀場製作所製　U-22XD）を用いて測定した。

(e) 10MI26 号孔における多区間水質連続モニタリング装置設置後の予備排水試料

採水後直ちに多項目水質計（堀場製作所製　U-22XD）を用いて測定した。

(f) MSB-2、MSB-4 号孔における地下水試料

採水後直ちに以下に示す測定器を用いて測定した。

pH：D-13（堀場製作所製）

電気伝導度：ES-12（堀場製作所製）

温度：ガラス製棒状温度計

②分析室での測定

以下に示す測定器を用いて測定した。

pH、温度、電気伝導度：D-54（堀場製作所製）

酸化還元電位、溶存酸素濃度：D-55（堀場製作所製）

2）ウラニン、アミノ G 酸、ナフチオン酸ナトリウム（使用機器：日立製　F-3000 型蛍光分光光度計）

蛍光分光光度計を使って各測定条件で蛍光強度を測定し、作成した検量線より濃度を算出した。

3）Na^{+}、K^{+}、Ca^{2+}、Mg^{2+}、NH_4^{+}（使用機器：ダイオネクス社製　イオンクロマトグラフ ICS-1000）

試料液をイオンクロマトグラフに導入し、作成した検量線より算出した。

4）全炭素、全無機炭素、全有機炭素（使用機器：Analytikjena 社製　multi N/C 2100S 型全自動液体 TOC 測定装置）

試料液を TOC 測定装置へ導入し、作成した検量線より全炭素濃度、全無機炭素濃度、全有機炭素濃度を算出した。

5）アルカリ度（使用機器：マグネチックスターラー）

試料 20～100mL をビーカーに分取し、3～5 滴の指示薬を加える。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。

$$\text{アルカリ度（meq / L）} = a \times f \times 1 / 50 \times 1000 / v$$

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）F^{-}、Cl^{-}、Br^{-}、NO_3^{-}、NO_2^{-}、SO_4^{2-}、I^{-}、PO_4^{3-}（使用機器：ダイオネクス社製　イオンクロマトグラフ　ICS-1000）

試料液をイオンクロマトグラフに導入し、作成した検量線より算出した。

7）S^{2-}（使用機器：島津製作所製　UVmini-1240 型紫外可視分光光度計）

試料液（S^{2-}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、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 分間放置した。その後、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 670 nm で吸光度を測定した。その後、検量線から濃度を算出した。

8）Mn、Total-Fe、Si、Al、B（使用機器：リガク製　CIROS-MarkⅡ）

段階的に希釈した標準試料を ICP 発光分析装置に導入して検量線を作成した。その後、装置に試料液を導入して測定を行い、検量線から濃度を算出した。

9）Fe^{2+} （使用機器：島津製作所製　UVmini-1240 型紫外可視分光光度計）

試料液（Fe^{2+}として 0.01～0.05mg を含む量、最大で 40mL）を取り、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 10 mm 吸収セルに移し、波長 510 nm の吸光度を測定し、検量線から濃度を算出した。

10）U（使用機器：パーキンエルマ社製　ELAN DRCⅡ）

段階的に希釈した標準試料を ICP 質量分析装置に導入して検量線を作成した。その後、装置に試料液を導入して測定を行い、検量線から濃度を算出した。

3.5.2　酸素・水素同位体

（1）試料採取方法

1）集水リング試料

集水リングに流入した地下水を、接続されたホースよりポリエチレン製容器に 1L 採取した。採取前に容器内部を地下水で 3 回以上共洗いした。

2）07MI07、09MI20、09MI21、10MI26 号孔における地下水試料

多区間水質連続モニタリング装置の地下水流出口よりポリエチレン製容器に 1L 採取した。採取前に容器内部を地下水で 3 回以上共洗いした。

3）MSB-2、MSB-4 号孔における地下水試料

MP システムを利用したバッチ採水によりサンプラーボトルに被圧・嫌気状態で地

下水を 1L 採取し、ポリエチレン製容器に移し替えた。採取前にサンプラーボトル内部を 1 回、容器内部を 3 回以上、地下水で共洗いした。

(2) 前処理方法

1) 酸素安定同位体（$\delta^{18}O$）（使用機器：Isoprime 社製　MultiFlow Bio　平衡装置）

①バイアル瓶内に試料を 0.2mL 入れ、前処理装置に取り付けた。

②前処理装置の温度調整スイッチ（40℃）を入れた。

③自動測定をスタートさせた（He ガスによるフラッシュ、平衡ガスの導入、4.5 時間の平衡、測定の順に自動で作業が進む）。

④標準試料についても同様に行った。

2) 水素安定同位体（δD）（使用機器：elementar 社製　vario EL cube　元素分析計）

①前処理装置の炉の温度を 1,080℃にセットした。

②バイアル瓶内に試料を十分量（約 2mL）入れ、前処理装置のオートサンプラーに取り付けた。

③自動測定をスタートさせた（試料を 0.5μL 分取、元素分析計内に導入、H_2O を H_2 に還元、測定の順に自動で作業が進む）。

④標準試料についても同様に行った。

3) トリチウム（使用機器：電解濃縮装置）

①約 1L の試料水を、導電率が 10μS/cm 以下になるまで蒸留した（一次蒸留）。

②蒸留した試料水 800～1000mL を電解セルに入れ、過酸化ナトリウムを約 1%のアルカリ溶液となるように加えた。

③直流電流を電極電流密度 100mA/cm^2 で通電し、目的の残存液量になるまで電解濃縮を行った。

④電解濃縮液の蒸留を行った（二次蒸留）。

⑤蒸留後の電解濃縮液 50mL を乳化シンチレータ 50mL と混合した。

⑥対照セル（濃度既知の標準トリチウム水）についても同様に行った。

(3) 分析方法

1) 酸素安定同位体（$\delta^{18}O$）（使用機器：Isoprime 社製　Isoprime コンティニュアスフロー方式安定同位体比質量分析装置）

自動測定により、リファレンスガス（CO_2）、酸素同位体交換平衡になった測定試料の CO_2 ガスの順に一定時間質量分析計に導入され、リファレンスガスに対する測定試料の CO_2 ガス同位体比を算出した。標準試料の測定値と測定試料の測定値から

測定試料の SMOW スケールでの酸素同位体比を換算した。

2）水素安定同位体（δD）（使用機器：Isoprime 社製　Isoprime コンティニュアスフロー方式安定同位体比質量分析装置）

自動測定により、リファレンスガス（H_2）、還元された測定試料の H_2 ガスの順に一定時間質量分析計に導入され、リファレンスガスに対する測定試料の H_2 ガス同位体比を算出した。標準試料の測定値と測定試料の測定値から測定試料の SMOW スケールでの水素同位体比を換算した。

3）トリチウム（使用機器：アロカ社製　LSC-LB5 型低バックグラウンド液体シンチレーション測定器）

前処理操作により得られた測定試料を、低バックグラウンド液体シンチレーション測定器により 1,000 分間測定を行った。同時に測定される外部標準チャンネル比（ESCR）と、トリチウム標準溶液を使用して得られるクエンチング補正曲線（ESCR と計数効率の関係式）から、試料測定時の計数効率を得て、電解濃縮液のトリチウム濃度を算出した。これをトリチウム濃縮率で除することにより試料のトリチウム濃度を得た。

3.5.3　炭素同位体

(1) 試料採取方法

1）07MI07、09MI20、09MI21、10MI26 号孔における地下水試料

多区間水質連続モニタリング装置の地下水流出口より 1L ガラス製容器に試料を採取し、試料をオーバーフローさせた後、5N 水酸化ナトリウム溶液（10mL）および 2N 塩化ストロンチウム溶液（10mL）を添加して、試料中の炭素を固定処理した。採取前に容器内部を地下水で 3 回以上共洗いした。

2）MSB-4 号孔における地下水試料

MP システムを利用したバッチ採水によりサンプラーボトルに被圧・嫌気状態で地下水を採取した。サンプラーボトル内の地下水を窒素ガスで押し出して 1L ガラス製容器に試料を採取し、試料をオーバーフローさせた後、5N 水酸化ナトリウム溶液（10mL）および 2N 塩化ストロンチウム溶液（10mL）を添加して、試料中の炭素を固定処理した。採取前にサンプラーボトル内部を 1 回、容器内部を 3 回以上、地下水で共洗いした。

(2) 前処理方法

①採取時に固定処理した $SrCO_3$ 沈殿を、二酸化炭素（CO_2）を除いた雰囲気の中で

分離・乾燥させた。

②分離した $SrCO_3$ 沈殿を、真空装置内で 100%リン酸（H_3PO_4）と反応させて CO_2 を発生させ、発生した CO_2 を精製した。

③放射性炭素（^{14}C）の測定試料は、精製した CO_2 を高真空装置内で一定の水素ガス分圧下でコバルト（Co）触媒とともに加熱し、加速器質量分析用の炭素ターゲット（グラファイトターゲット）を調製した。精製した CO_2 の一部は炭素安定同位体（$^{13}C/^{12}C$）の測定試料とした。

(3) 分析方法

1）炭素安定同位体（^{13}C）（使用機器：Finnigan MAT 社製　Delta Plus）

炭素安定同位体は、測定試料と標準物質の CO_2 ガスを交互に同位体比質量分析計に導入し、$^{13}C/^{12}C$ 比を測定した。

2）放射性炭素（^{14}C ）（使用機器：NEC 製　Pelletron）

放射性炭素は、グラファイトターゲットを加速器質量分析計のイオン源にセットし、セシウム（Cs）をターゲットに照射して、測定試料と標準物質の $^{14}C/^{12}C$ 比を交互に測定した。

3.5.4　微量元素

(1) 試料採取方法

1）07MI07、09MI20、10MI26 号孔における限外ろ過試料

多区間水質連続モニタリング装置の地下水流出口に原位置ろ過採水システム [4]を接続し、湧水圧を利用して孔径 0.2μm、10kDa、1kDa のろ過膜を用いた限外ろ過を行い、ろ液をテフロン製容器に 1L 採取した。また、ろ過をしない地下水（原水）も採取した。

2）MIZ-1 号孔における限外ろ過試料

HSPMP システムに設置したポンプにより地下水を揚水し、ポンプに接続された配管より嫌気状態でアルミバッグに地下水（原水）を 1L 採取した。

(2) 前処理方法

1）Th、U、希土類元素（La、Ce、Pr、Nd、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb、Lu）

高純度硝酸添加により、試料を pH=6.2（U 濃縮用）および pH=3.5（Th、希土類元素濃縮用）に調整後、ディスクカートリッジキレート（3M 製 10mm/6mL：P/N4371）により濃縮したものを試料液とした。

2）Al、Ti、Cr、Mn、Fe、Co、Ni、Cu、Zn、As、Rb、Sr、Y、Mo、Cs、Ba、Pb、W

試料をあらかじめ洗浄したテフロンビンに分取し、硝酸を添加して pH=2 に調整して試料液とした。

(3) 分析方法

各 ICP 質量分析用多元素混合溶液を用いて検量線を作成し、試料の測定（使用機器：Perkin Elmer 社製　ELAN DRCⅡ）を行い、各元素を定量した。各元素の分析条件を表 3-17 に示す。

表 3-17　ICP 質量分析における各元素の測定条件

測定元素	スキャンモード	AMU あたりの滞在時間(ms)	スキャン回数	繰り返し回数	測定モード
Al	ピークホッピング	50	20	2	標準/DRC※
Ti	ピークホッピング	50	20	2	標準/DRC
Cr	ピークホッピング	50	20	2	DRC
Mn	ピークホッピング	50	20	2	DRC
Fe	ピークホッピング	50	20	2	DRC
Co	ピークホッピング	50	20	2	DRC
Ni	ピークホッピング	50	20	2	標準/DRC
Cu	ピークホッピング	50	20	2	DRC
Zn	ピークホッピング	50	20	2	DRC
As	ピークホッピング	50	20	2	DRC
Rb	ピークホッピング	50	20	2	標準
Sr	ピークホッピング	50	20	2	標準
Y	ピークホッピング	50	20	2	標準
Mo	ピークホッピング	50	20	2	標準
Cs	ピークホッピング	50	20	2	標準
Ba	ピークホッピング	50	20	2	標準
Pb	ピークホッピング	50	20	2	標準
W	ピークホッピング	50	20	2	標準
Th	ピークホッピング	50	20	2	標準
U	ピークホッピング	50	20	2	標準
La	ピークホッピング	50	20	2	標準
Ce	ピークホッピング	50	20	2	標準
Pr	ピークホッピング	50	20	2	標準
Nd	ピークホッピング	50	20	2	標準
Sm	ピークホッピング	50	20	2	標準
Eu	ピークホッピング	50	20	2	標準
Gd	ピークホッピング	50	20	2	標準
Tb	ピークホッピング	50	20	2	標準
Dy	ピークホッピング	50	20	2	標準
Ho	ピークホッピング	50	20	2	標準
Er	ピークホッピング	50	20	2	標準
Tm	ピークホッピング	50	20	2	標準
Yb	ピークホッピング	50	20	2	標準
Lu	ピークホッピング	50	20	2	標準

※DRC（Dynamic Reaction Cell）モード：セルガス（アンモニア）を流す。

3.5.5　溶存酸素

(1) 試料採取・前処理方法

1) 07MI07、09MI20、09MI21、10MI26 号孔における地下水試料

多区間水質連続モニタリング装置の地下水流出口に塩化ビニルチューブを取り付け、チューブから試料をフラッシングしながらアンプル瓶（HACH 社製　DR2010 Accuvac：インジゴカルミン等の必要試薬を封入したガラス製アンプル瓶）をチューブ内に差し込み、アンプル瓶を割って試料を採取した。

2) MSB-4 号孔における地下水試料

MP システムを利用したバッチ採水によりサンプラーボトルに地下水を被圧・嫌気状態で採取する。サンプラーボトル内の地下水を窒素ガスで押し出し、サンプラーボトルに接続した塩化ビニルチューブから試料をフラッシングしながらアンプル瓶をチューブ内に差し込み、アンプル瓶を割って試料を採取した。採取前にサンプラーボトル内部を 1 回、地下水で共洗いした。

(2) 分析方法

試料を採取したアンプル瓶を吸光光度計（HACH 社製　DR2800 型ポータブル吸光光度計）にセットして分析した。

3.5.6　コロイド

(1) 試料採取方法

限外ろ過試料採取時に使用したメンブランフィルターを対象に分析を行った。フィルターを乾燥させたものと、未乾燥の状態でろ過の際のフィルターホルダーに密封されたものを分析した。

(2) 前処理方法

未乾燥のメンブランフィルターについては、低酸素グローブボックス内で開封し、自然乾燥あるいは窒素気流などを利用して乾燥させた。乾燥済みのフィルターは、クリーンルーム（class10,000）で開封し、セラミック製のハサミを用いておよそ 10mm 角の大きさに切断した。切断後のフィルターは、乾燥によりカールしてフィルターサポートから剥離する可能性があったため、フィルター部を分析用の支持台にカーボンテープで貼り付けて固定した。また、SEM-EDX 分析用には、導電性を持たせるために Os 蒸着を行った。

(3) 分析方法

1) 顕微鏡観察（使用機器：FEI 社製　Quanta 200 FEG 走査型電子顕微鏡）

走査型電子顕微鏡（SEM）により 1 枚のメンブランフィルターにつき二次電子像及び反射電子像を 4 箇所観察した。観察は、まず観察場所が確認できるように低倍率での二次電子像を記録した後、試料中のコロイド粒子のサイズに応じ、最大 40,000 倍まで適宜倍率を選定した。

2）定量分析（使用機器：OXFORD INSTRUMENTS 社製　INCA Energy ver4.05 走査型電子顕微鏡-エネルギー分散型 X 線分光装置）

走査型電子顕微鏡-エネルギー分散型 X 線分光装置（SEM-EDX）により、C、N、O、F、Na、Mg、Al、Si、P、S、Cl、K、Ca、Cr、Mn、Fe、Rb、Sr、Y を対象元素として、粒子近傍エリアをマッピング分析した。

3）赤外分光（使用機器：Perkin Elmer 社製　Spectrum Spotlight400 フーリエ変換赤外分光光度計）

SEM-EDX による分析終了後、フィルターに捕集された物質をフーリエ変換赤外分光光度計（FT-IR）で分析した。表面分析手法である顕微 ATR 法で測定した。ATR 結晶はゲルマニウムクリスタルを用い、入射角は 30～35°とし、70×70μm の領域を対象とした。なお必要に応じ、バックグラウンド（フィルター）のシグナルとの違いを確認するため、ろ過前のフィルター素材についての分析も行った。

3.6　品質管理方法

本調査研究で実施した品質管理手順のフローチャートを図 3-6 に示す。

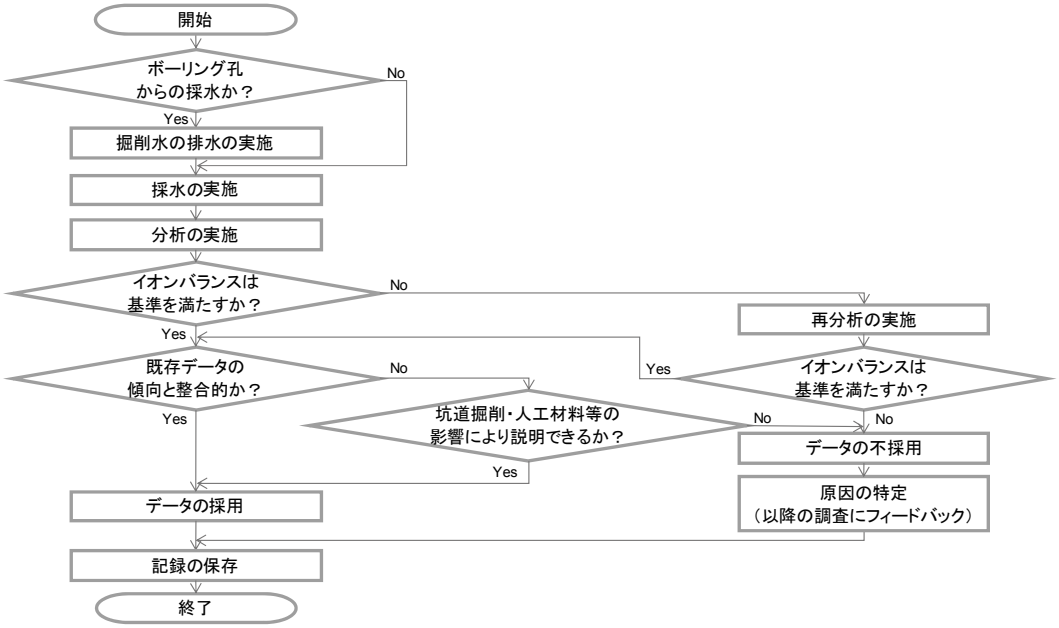


図 3-6　品質管理フローチャート

3.6.1　採水における品質管理

(1) ボーリング孔掘削に使用した掘削水の排水

ボーリング孔から地下水試料を採取する場合、ボーリング孔掘削に使用する掘削水の地下水への混入が生じる [5]。このため、試料を採取する際には掘削水を排水し、掘削水による影響を可能な限り低減させる必要がある。これまでのボーリング調査では、地下水への掘削水の混入量を定量的に把握するため、ボーリング孔掘削時には掘削水に蛍光染料を一定濃度で添加している。掘削水を排水する間、排水試料中の物理化学パラメータと主要化学成分濃度、蛍光染料濃度を連続的に測定することにより、地下水への掘削水の混入を定量的に把握しつつ、どの時点で採水するかを決定する。なお、ボーリング孔が湧水状態であり、湧水により掘削が可能な場合には蛍光染料を添加していない。

(2) 採水方法

地下深部の地下水は地表付近に比べて水圧が高く還元的であることから、採水の過程で大気との反応や大気圧への開放による脱ガスにより地下水の水質が変化するため [6]、原位置の地下水の状態を保持したまま採水することが地下水の水質を把握するために重要となる。そのため、被圧・嫌気状態で採水可能な既存の装置を採用しているほか、装置の開発を行ってきている。採水場所ごとの採水装置、採水容器および採取した試料の状態について表 3-18 に示す。なお、集水リング、坑道壁面の地下水に関しては、地下水が湧出する時点で大気に接触し、圧力開放している状態で採水している。本調査研究では、それぞれの採水方法を採水マニュアルにより規定し、品質管理を行っている。

表 3-18　採水場所ごとの採水装置、採水容器および採取した試料の状態

採水場所		採水装置（製作者）	採水容器	被圧状態の保持	嫌気状態の保持
集水リング		不要	ポリエチレン製容器	×	×
坑道壁面		不要	ポリエチレン製容器	×	×
研究坑道内から掘削したボーリング孔	05MI01号孔	多区間水質連続モニタリング装置（原子力機構）	ステンレス製容器	○	○
	07MI07号孔			○	○
	09MI20号孔			○	○
	09MI21号孔			○	○
	10MI26号孔			○	○
地表から掘削したボーリング孔	MSB-2号孔	MPシステム（Westbay instruments社）	ステンレス製容器	○	○
	MSB-4号孔			○	○
	DH-2号孔			○	○
	MIZ-1号孔	HSPMPシステム（Solexperts社）	各種容器	×	○

（3）採水記録の作成

採水時は、試料ごとに採水者、採水場所、採水日時、採水・保存方法、採水時の観察結果（臭い、色、濁り、沈殿の有無、気泡の有無）といった採水時の情報を記録するデータシートを作成し、データの追跡性を確保している。

3.6.2　分析における品質管理

分析は、分析項目ごとの分析操作および分析装置の校正や維持管理等を規定した標準作業手順書を作成し、手順書に基づいて実施している。それらの実施内容をチェックシートで確認することで、分析装置が正常な状態で動作するか日々管理するとともに、分析操作や装置の校正などにおける手順ミスを防止している。表 3-19 に本研究の分析作業の品質管理に関する文書一覧を示す。なお、本研究では試料の変質を最小限に抑えるため、採水後直ちに分析が実施できる体制を整えている。

表 3-19　分析作業の品質管理に関する文書一覧

文書名	内容
標準作業手順書	分析項目ごとの分析操作および分析装置の校正や維持管理等を規定
品質管理チェックシート	試料ごとの分析操作手順のチェックシート
月次精度管理表	毎月の標準試料の測定による分析装置ごとの精度管理記録
設備・機器動作確認表	分析装置ごとの日々の動作確認記録

3.6.3　イオンバランスによる確認

主要成分の分析結果から得られる主要陽イオンと主要陰イオンについて meq/L で表した数値の和を計算し、以下に示す基準 [7]により分析結果の精度を確認した。

Σ陰イオンが 0～3.0 meq/L の場合

$$\Sigma\text{陽イオン} - \Sigma\text{陰イオン} = \pm 0.2\ \text{meq/L 以内}$$

Σ陰イオンが 3.0～10.0 meq/L の場合

$$\frac{\Sigma\text{陽イオン} - \Sigma\text{陰イオン}}{\Sigma\text{陽イオン} + \Sigma\text{陰イオン}} \times 100 = \pm 2\%\text{以内}$$

Σ陰イオンが 10.0～800 meq/L の場合

$$\frac{\Sigma\text{陽イオン} - \Sigma\text{陰イオン}}{\Sigma\text{陽イオン} + \Sigma\text{陰イオン}} \times 100 = \pm 5\%\text{以内}$$

なお、集水リング試料やボーリング調査時の掘削リターン水については沈殿物の影響を考慮し、以下の基準を採用した。

Σ陰イオンが 0～3.0 meq/L の場合

Σ陽イオン－Σ陰イオン　＝　±0.2 meq/L 以内

Σ陰イオンが 3.0～800 meq/L の場合

$$\frac{\Sigma\text{陽イオン}-\Sigma\text{陰イオン}}{\Sigma\text{陽イオン}+\Sigma\text{陰イオン}}\times 100 = \pm 5\%\text{以内}$$

※陽イオン：Na^{+}、K^{+}、Ca^{2+}、Mg^{2+}、NH_4^{+}、Fe^{2+}
陰イオン：F^{-}、Cl^{-}、Br^{-}、NO_3^{-}、NO_2^{-}、SO_4^{2-}、I^{-}、PO_4^{3-}、アルカリ度

イオンバランスが定めた基準を超過した分析結果は、地下水の採取方法や保存方法に依存する試料の変質、分析過程における作業ミスなどが疑われる。イオンバランスが基準を超過した場合は再分析を行い、再分析においても基準を超過するデータについては参考値として区別した。

3.6.4　既存データとの比較

各分析結果は、既存データの空間的、時間的な変化の傾向と比較して整合的であるかを確認している。比較の結果、整合的であればデータを採用した。整合的でないデータの場合、その原因が研究坑道掘削の影響や坑道内で使用される人工材料の影響等によって合理的に説明できるか検討した。合理的に説明できる場合はデータを採用し、説明できない場合はデータを参考値として区別した。参考値となったデータについては、その原因を可能な限り特定し、以降の調査にフィードバックしている。

4. 調査結果

4.1 分析数量

各採水場所における試料の分析項目ごとの数量を表 4-1 に示す。

表 4-1 分析数量一覧

採水場所		物理化学パラメータ・主要成分	蛍光染料	酸素・水素同位体	炭素同位体	微量元素	溶存酸素（比色法）	コロイド
集水リング	主立坑	100	100	14	0	0	0	0
	換気立坑	169	169	16	0	0	0	0
坑道壁面		25	25	0	0	0	0	0
07MI07号孔		49	41	6	6	8	70	2
09MI20号孔		135	78	12	12	57	78	21
09MI21号孔		44	44	4	3	0	27	0
10MI22号孔		29	29	0	0	0	0	0
10MI23号孔		25	25	0	0	0	0	0
10MI26号孔		94	82	5	5	12	45	0
MSB-2号孔		28	28	7	0	0	0	0
MSB-4号孔		22	22	6	1	0	27	0
MIZ-1号孔		2	0	0	0	2	0	0
合計		722	643	70	27	79	247	23

4.2 品質管理の事例

「3.6 品質管理方法」で示した項目により参考値となったデータの事例を示す。

(1) ボーリング孔掘削に使用した掘削水の排水

10MI23 号孔のボーリング調査において、単孔式水理試験の定流量試験で地下水を揚水し、試験終了時に地下水試料を採水した。揚水（予備排水）中は、排水試料中の物理化学パラメータと蛍光染料濃度、主要化学成分濃度を連続的に測定し、地下水への掘削水の混入を定量的に把握した。図 4-1 に 10MI23 号孔の単孔式水理試験における地下水の物理化学パラメータ、蛍光染料濃度および主要溶存成分濃度の揚水量に伴う変化を示す。地下水試料の採水時には全区間（区間 4～8）において pH がほぼ一定の値を示し、溶存酸素濃度が 0mg/L となっていることを確認した。また、蛍光染料濃度が掘削水の設定濃度（5mg/L）の 0.1%未満に低減していることを確認した。ただし、区間 8 においては、揚水量が少なかったため、電気伝導度および主要溶存成分濃度については、測定値が一定の値に収束するまでには至らなかった。また、酸化還元電位の測定では、調査工程の制約から、各区間の揚水時間が 2～2.5 時間程度であり、測定値の収束に要する十分な時間を確保できなかったため、全区間で一定値への収束を確認できなかった。よって、得られたデータのうち、区間 8 の電気伝導度と主要溶存成分濃度、全区間（区間 4～8）の酸化還元電位については参考値として扱うこととした。

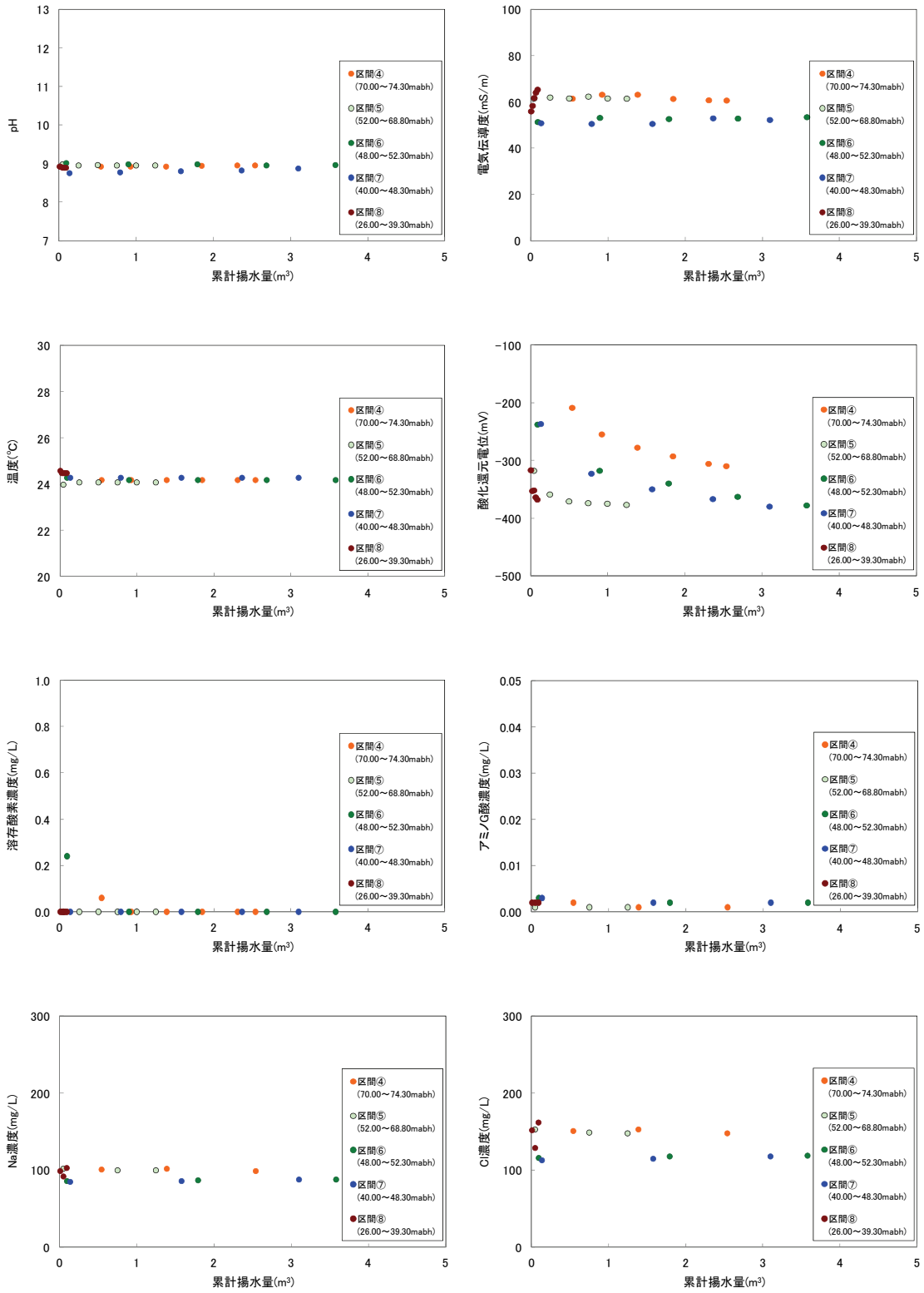


図 4-1　10MI23 号孔の単孔式水理試験における地下水の物理化学パラメータ、
蛍光染料濃度および主要溶存成分濃度の揚水量に伴う変化

(2) イオンバランス

主要成分の分析結果から得られるイオンバランスと電気伝導度の関係を図 4-2 に示す。図中の青い破線はイオンバランスの基準線であり、採水場所に関わらずほぼ基準を満たすことが確認できた。赤い破線で囲った 10MI23 号孔の単孔式水理試験における地下水は再分析を実施したが基準から外れたため、参考値として扱うこととした。

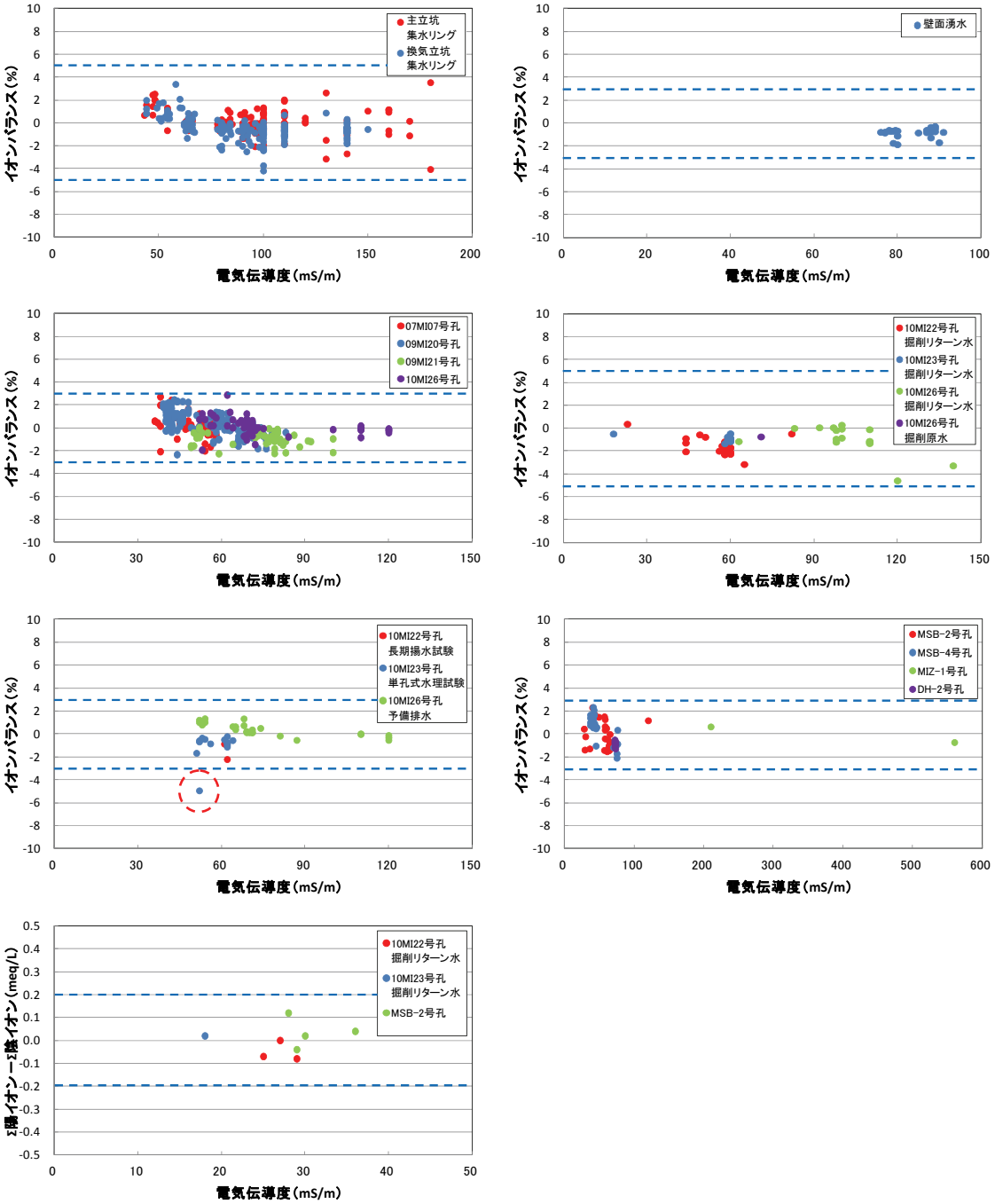


図 4-2　採水場所ごとのイオンバランスと電気伝導度の関係

(3) 既存データとの比較

深度 300m 予備ステージの 09MI20 号孔における Cl^-濃度および間隙水圧の経時変化を図 4-3 に示す。Cl^-濃度は、研究坑道掘削の影響により下降傾向にあるが、図中の破線で囲った①および②において傾向から外れるデータが認められる。

①については、2010 年 3 月から 2010 年 12 月まで研究坑道掘削を中断しており、研究坑道掘削や人工材料等の原因ではなく、人為的な原因によるものと考えられる。分析結果を確認すると、区間 5 のデータはイオンバランスが基準を満たしているものの、Cl^-以外の成分濃度も一様に傾向から外れ、低い値を示している。また、物理化学パラメータ（pH、電気伝導度、酸化還元電位、溶存酸素濃度）も傾向から外れており、pH および電気伝導度が傾向より低い値、酸化還元電位および溶存酸素濃度が傾向より高い値を示している。これらを踏まえると、溶存成分の濃度が低く、酸化的な水が地下水試料と混合された可能性がある。具体的には採水容器に洗浄水が残ったまま採水を行った可能性が考えられる。図 4-4 は、多区間水質連続モニタリング装置で使用する採水容器である。容器はステンレス製で内部が見えない上、重量が約 3kg あるため、内部に洗浄水が残っていても気付かない可能性がある。

他方、②についてはイオンバランスは基準を満たしており、以下の理由から、近傍で実施したボーリング調査の影響と考えられる。09MI20 号孔の間隙水圧は近傍のボーリング調査の湧水の状況に応じて変化しており、図中の「a」は 10MI22 号孔の湧水発生時期、「b」は 10MI26 号孔の湧水発生時期とそれぞれ一致している。すなわち、ボーリング孔掘削に伴う湧水によって 09MI20 号孔の各区間の間隙水圧が変化し、それに伴って水質が変化していると考えられる。

これらの事例において、①は採用せず、参考値として扱うこととした。また、同一試料の他の成分についても同様に参考値として扱った。②は、近傍のボーリング孔掘削による影響であると説明できるため、データを採用することとした。

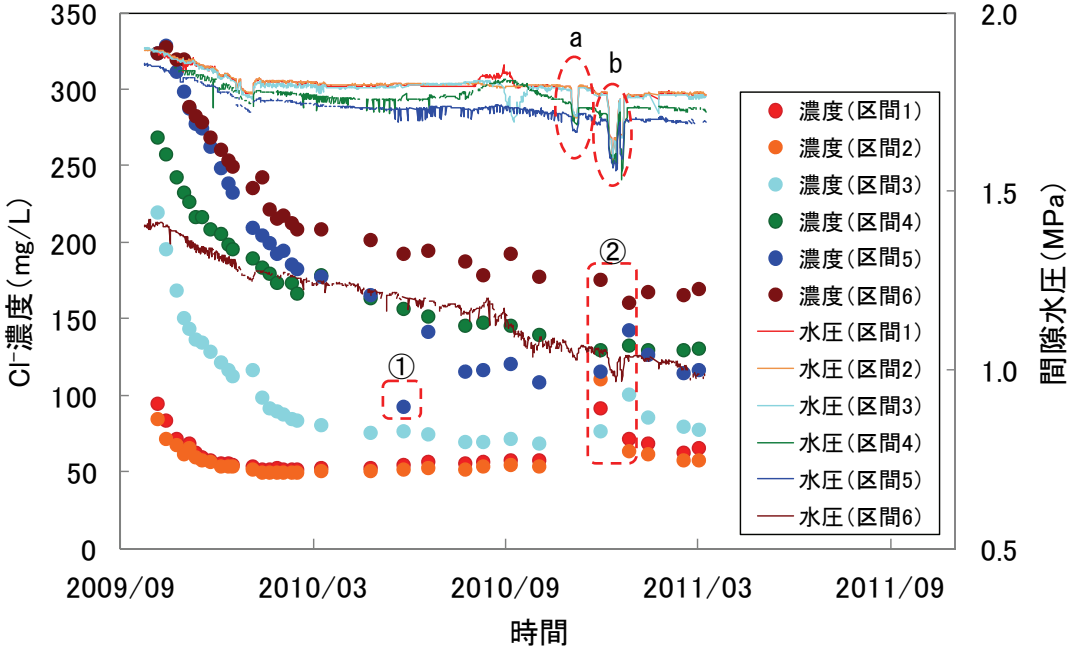


図 4-3　09MI20 号孔における Cl⁻濃度と間隙水圧の経時変化

図 4-4　多区間水質連続モニタリング装置で使用する採水容器
（全長 400mm、外径 90mm、容量 1000mL）

4.3　分析結果

本調査研究で得られた分析結果を電子データとして取りまとめた。表 4-2 に分析結果をとりまとめたファイル一覧を示す。

表 4-2　ファイル一覧

ファイル名	収録内容
分析結果_物理化学パラメータ・主要成分・蛍光染料_2010	物理化学パラメータ・主要成分・蛍光染料分析結果
分析結果_酸素・水素同位体_2010	酸素・水素同位体分析結果
分析結果_炭素同位体_2010	炭素同位体分析結果
分析結果_微量元素_2010	微量元素分析結果
分析結果_溶存酸素（比色法）_2010	溶存酸素（比色法）分析結果
分析結果_コロイド（顕微鏡観察）_2010	コロイドのSEM観察結果
分析結果_コロイド（定量分析）_2010	コロイドのSEM-EDX分析結果
分析結果_コロイド（赤外分光）_2010	コロイドのFT-IR分析結果
連続測定データ_07MI07_2010	07MI07号孔の間隙水圧の連続測定データ
連続測定データ_09MI20_2010	09MI20号孔の間隙水圧の連続測定データ
連続測定データ_10MI26H_2010	10MI26号孔の間隙水圧および物理化学パラメータ（被圧・嫌気状態）の連続測定データ
連続測定データ_10MI22・23	10MI22号孔の長期揚水試験、10MI23号孔の単孔式水理試験時の物理化学パラメータの連続測定データ

参考文献

1) 三枝博光，瀬野康弘，中間茂雄，鶴田忠彦，岩月輝希，天野健治，竹内竜史，松岡稔幸，尾上博則，水野崇，大山卓也，濱克宏，佐藤稔紀，久慈雅栄，黒田英高，仙波毅，内田雅大，杉原弘造，坂巻昌工：“超深地層研究所計画における地表からの調査予測研究段階（第１段階）研究成果報告書”，JAEA-Research 2007-043（2007）

2) 萩原大樹，齋正貴，竹口真人，堀田政國，水野崇：“MSB-2 号孔・MSB-4 号孔における地下水の間隙水圧および水質観測（2009 年 4 月～20010 年 3 月）”，JAEA-Data/Code 2010-032（2011）

3) 齋正貴，萩原大樹，松島博之，野田正利，納多勝，安藤賢一，田中達也，上田正，本田ゆう子，水野崇：“超深地層研究所計画における地下水の地球化学に関する調査研究－瑞浪層群・土岐花崗岩の地下水の地球化学特性データ集－（2004 年 4 月～2008 年３月）”，JAEA-Data/Code 2010-010（2010）

4) 青才大介，吉田治生，水野崇：“超深地層研究所における地下水の地球化学に関する調査研究－地下水の地球化学環境を保持したろ過手法に関する技術開発－”，JAEA-Testing 2009-003（2009）

5) 古江良治，岩月輝希，水野崇，彌榮英樹：試錐孔を利用した地下水の地球化学特性調査手法と品質管理，JNC TN7520 2003-001（2003）

6) M.Gascoyne：Hydrogeochemistry, groundwater ages and sources of salts in a granitic batholith on the Canadian Shield, southeastern Manitoba，Applied Geochemistry,Vol.19,pp519-560.（2004）

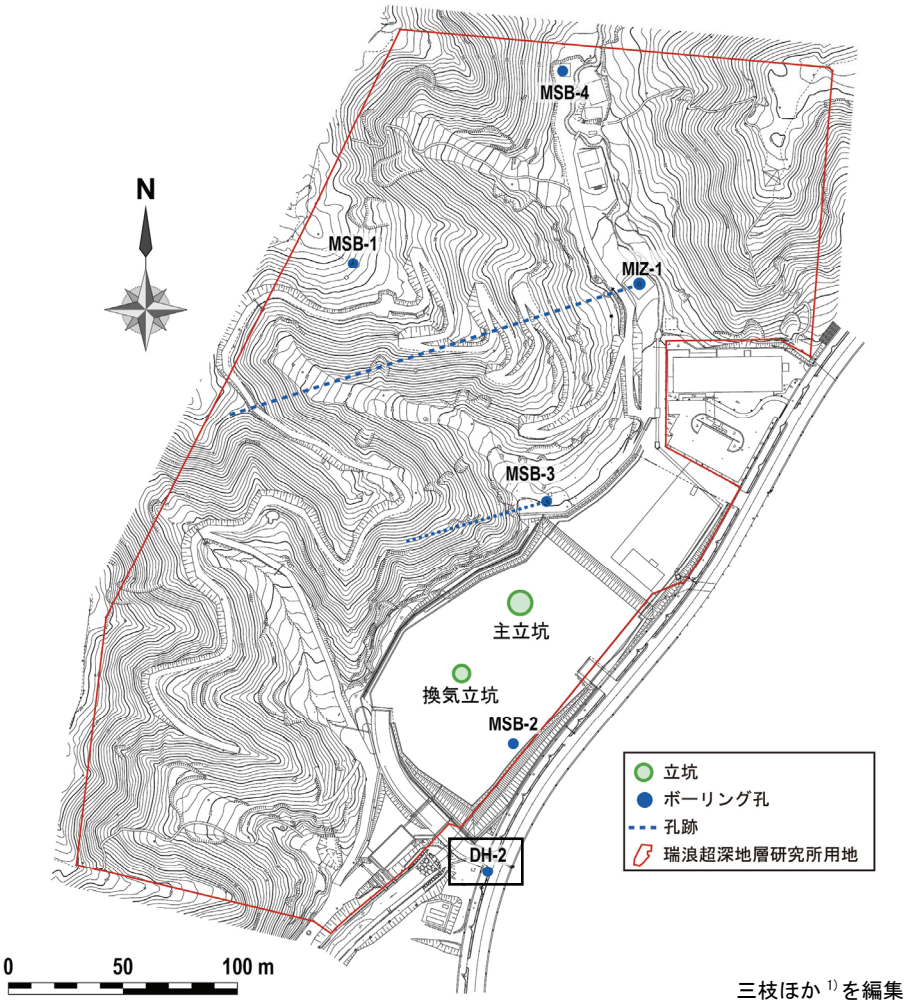
7) 日本分析化学会北海道支部　編：“水の分析－第４版－”，化学同人（1996）

付録　DH-2 号孔における地下水採水・水質分析の概要および分析結果

This is a blank page.

1　概要

本年度は、DH-2 号孔において地下水採水・水質分析を実施した。DH-2 号孔は、広域地下水流動研究のために掘削された深度約 500m のボーリング孔であり、浅層ボーリング孔（MSB-2、MSB-4 号孔）に比べ地下深部の地下水採水が可能である。DH-2 号孔の位置を付図 1-1 に示す。



付図 1-1　DH-2 号孔の位置図

2　実施方法

2.1　採水装置

DH-2 号孔には MP システム（本文中の図 3-2、図 3-3 を参照）を設置しており、区間ごとにバッチ採水およびポンプ採水が可能である。

2.2　採水場所

DH-2 号孔における採水場所の詳細を付表 2-1 に示す。

付表 2-1　DH-2 号孔の採水場所（MP システム）

区間		masl	mbgl	mabh	地質
6	区間上端	-107.5	301.2	301.2	土岐花崗岩
	区間下端	-114.6	308.2	308.2	

2.3　採水実績

区間 6 において MP システムを利用したバッチ採水により予備排水を実施し、予備排水後に採水・水質分析を実施した。

2.4　採水頻度および分析項目

DH-2 号孔における地下水の分析項目は、物理化学パラメータ（pH、電気伝導度、温度、酸化還元電位、溶存酸素濃度）、主要成分濃度（Na^+、Cl^-など）、蛍光染料濃度（ウラニン、アミノ G 酸、ナフチオン酸ナトリウム）、酸素・水素同位体（$\delta^{18}O$、δD、トリチウム）、炭素同位体（^{13}C、^{14}C）、微量元素濃度（Al、Ti など）である。分析項目は採取する試料の種類ごとに選定している。DH-2 号孔における採水頻度および分析項目を付表 2-2 に示す。

付表 2-2　DH-2 号孔における採水頻度および分析項目

測定・分析項目		測定・分析場所	測定・分析方法	DH-2号孔		
				予備排水試料	地下水試料	限外ろ過試料
物理化学パラメータ	pH	現場	電極法	1回/2日	排水終了時に2回	−
	電気伝導度	現場	電極法	1回/2日	排水終了時に2回	−
	温度	現場	電極法	1回/2日	排水終了時に2回	−
	酸化還元電位	現場	電極法	−	−	−
	溶存酸素濃度	現場	電極法	−	−	−
	溶存酸素濃度	現場	比色法	−	−	−
	pH	分析室	電極法	1回/2日	排水終了時に2回	排水終了時に1回
	電気伝導度	分析室	電極法	1回/2日	排水終了時に2回	排水終了時に1回
	温度	分析室	電極法	1回/2日	排水終了時に2回	排水終了時に1回
	酸化還元電位	分析室	電極法	−	排水終了時に2回	排水終了時に1回
	溶存酸素濃度	分析室	電極法	−	排水終了時に2回	排水終了時に1回
主要成分濃度	Na^{+}	分析室	イオンクロマトグラフ法	1回/2日	排水終了時に2回	排水終了時に1回
	K^{+}	分析室	イオンクロマトグラフ法	1回/2日	排水終了時に2回	排水終了時に1回
	Ca^{2+}	分析室	イオンクロマトグラフ法	1回/2日	排水終了時に2回	排水終了時に1回
	Mg^{2+}	分析室	イオンクロマトグラフ法	1回/2日	排水終了時に2回	排水終了時に1回
	全炭素	分析室	赤外線吸収法	1回/2日	排水終了時に2回	排水終了時に1回
	全無機炭素	分析室	赤外線吸収法	1回/2日	排水終了時に2回	排水終了時に1回
	全有機炭素	分析室	赤外線吸収法	1回/2日	排水終了時に2回	排水終了時に1回
	アルカリ度	分析室	滴定法	1回/2日	排水終了時に2回	排水終了時に1回
	SO_4^{2-}	分析室	イオンクロマトグラフ法	1回/2日	排水終了時に2回	排水終了時に1回
	S^{2-}	分析室	比色法	−	排水終了時に2回	排水終了時に1回
	F^{-}	分析室	イオンクロマトグラフ法	1回/2日	排水終了時に2回	排水終了時に1回
	Cl^{-}	分析室	イオンクロマトグラフ法	1回/2日	排水終了時に2回	排水終了時に1回
	NO_3^{-}	分析室	イオンクロマトグラフ法	1回/2日	排水終了時に2回	排水終了時に1回
	NO_2^{-}	分析室	イオンクロマトグラフ法	1回/2日	排水終了時に2回	排水終了時に1回
	Br^{-}	分析室	イオンクロマトグラフ法	1回/2日	排水終了時に2回	排水終了時に1回
	I^{-}	分析室	イオンクロマトグラフ法	−	排水終了時に2回	排水終了時に1回
	NH_4^{+}	分析室	イオンクロマトグラフ法	−	排水終了時に2回	排水終了時に1回
	PO_4^{3-}	分析室	イオンクロマトグラフ法	−	排水終了時に2回	排水終了時に1回
	Si	分析室	ICP発光分光法	1回/2日	排水終了時に2回	排水終了時に1回
	Al	分析室	ICP発光分光法	1回/2日	排水終了時に2回	−
	Total Fe	分析室	ICP発光分光法	1回/2日	排水終了時に2回	−
	Fe^{2+}	分析室	比色法	−	排水終了時に2回	排水終了時に1回
	Mn	分析室	ICP発光分光法	1回/2日	排水終了時に2回	−
	B	分析室	ICP発光分光法	−	排水終了時に2回	排水終了時に1回
	U	分析室	ICP質量分析法	−	排水終了時に2回	−
蛍光染料濃度	ウラニン	分析室	蛍光光度法	1回/2日	排水終了時に2回	−
	アミノG酸	分析室	蛍光光度法	1回/2日	排水終了時に2回	−
	ナフチオン酸ナトリウム	分析室	蛍光光度法	1回/2日	排水終了時に2回	−
酸素・水素同位体	$\delta^{18}O$	分析室	質量分析法	−	排水終了時に1回	−
	δD	分析室	質量分析法	−	排水終了時に1回	−
	トリチウム	分析室	電解濃縮−液体シンチレーション測定法	−	排水終了時に1回	−
炭素同位体	^{13}C	分析室	質量分析法	−	排水終了時に1回	−
	^{14}C	分析室	加速器質量分析法	−	排水終了時に1回	−
微量元素濃度	Al	分析室	ICP質量分析法	−	−	排水終了時に1回
	Ti	分析室	ICP質量分析法	−	−	排水終了時に1回
	Cr	分析室	ICP質量分析法	−	−	排水終了時に1回
	Mn	分析室	ICP質量分析法	−	−	排水終了時に1回
	Fe	分析室	ICP質量分析法	−	−	排水終了時に1回
	Co	分析室	ICP質量分析法	−	−	排水終了時に1回
	Ni	分析室	ICP質量分析法	−	−	排水終了時に1回
	Cu	分析室	ICP質量分析法	−	−	排水終了時に1回
	Zn	分析室	ICP質量分析法	−	−	排水終了時に1回
	As	分析室	ICP質量分析法	−	−	排水終了時に1回
	Rb	分析室	ICP質量分析法	−	−	排水終了時に1回
	Sr	分析室	ICP質量分析法	−	−	排水終了時に1回
	Y	分析室	ICP質量分析法	−	−	排水終了時に1回
	Mo	分析室	ICP質量分析法	−	−	排水終了時に1回
	Cs	分析室	ICP質量分析法	−	−	排水終了時に1回
	Ba	分析室	ICP質量分析法	−	−	排水終了時に1回
	Pb	分析室	ICP質量分析法	−	−	排水終了時に1回
	W	分析室	ICP質量分析法	−	−	排水終了時に1回
	Th	分析室	ICP質量分析法	−	−	排水終了時に1回
	U	分析室	ICP質量分析法	−	−	排水終了時に1回
	La	分析室	ICP質量分析法	−	−	排水終了時に1回
	Ce	分析室	ICP質量分析法	−	−	排水終了時に1回
	Pr	分析室	ICP質量分析法	−	−	排水終了時に1回
	Nd	分析室	ICP質量分析法	−	−	排水終了時に1回
	Sm	分析室	ICP質量分析法	−	−	排水終了時に1回
	Eu	分析室	ICP質量分析法	−	−	排水終了時に1回
	Gd	分析室	ICP質量分析法	−	−	排水終了時に1回
	Tb	分析室	ICP質量分析法	−	−	排水終了時に1回
	Dy	分析室	ICP質量分析法	−	−	排水終了時に1回
	Ho	分析室	ICP質量分析法	−	−	排水終了時に1回
	Er	分析室	ICP質量分析法	−	−	排水終了時に1回
	Tm	分析室	ICP質量分析法	−	−	排水終了時に1回
	Yb	分析室	ICP質量分析法	−	−	排水終了時に1回
	Lu	分析室	ICP質量分析法	−	−	排水終了時に1回
コロイド		分析室	SEM観察、SEM−EDX分析、FT−IR分析	−	−	−

2.5　採水・分析方法

2.5.1　物理化学パラメータ・主要成分・蛍光染料

(1) 試料採取方法

1) 予備排水試料

MP システムを利用したバッチ採水によりサンプラーボトルに被圧・嫌気状態で地下水を 1L 採取し、ポリエチレン製容器に移し替えた。採取前にサンプラーボトル内部を 1 回、容器内部を 3 回以上、地下水で共洗いした。

2) 地下水試料

MP システムを利用したバッチ採水によりサンプラーボトルに被圧・嫌気状態で地下水を 1L 採取した。採取前にサンプラーボトル内部を地下水で 1 回共洗いした。

3) 限外ろ過試料

付録中の「2.5.4　微量元素」の試料採取方法を参照。

(2) 前処理方法

本文中の「3.5.1　物理化学パラメータ・主要成分・蛍光染料」の前処理方法を参照。

(3) 測定・分析方法

以下に示す項目以外は、本文中の「3.5.1　物理化学パラメータ・主要成分・蛍光染料」の測定・分析方法を参照。

1) 物理化学パラメータ

①現場での測定

採水後直ちに以下に示す測定器を用いて測定した。

pH：D-13（堀場製作所製）

電気伝導度：ES-12（堀場製作所製）

温度：ガラス製棒状温度計

2.5.2　酸素・水素同位体

(1) 試料採取方法

MP システムを利用したバッチ採水によりサンプラーボトルに被圧・嫌気状態で地下水を 1L 採取し、ポリエチレン製容器に移し替えた。採取前にサンプラーボトル内部を 1 回、容器内部を 3 回以上、地下水で共洗いした。

(2) 前処理方法

本文中の「3.5.2　酸素・水素同位体」の前処理方法を参照。

（3）分析方法

本文中の「3.5.2　酸素・水素同位体」の分析方法を参照。

2.5.3　炭素同位体

（1）試料採取方法

MP システムを利用したバッチ採水によりサンプラーボトルに被圧・嫌気状態で地下水を採取した。サンプラーボトル内の地下水を窒素ガスで押し出して 1L ガラス製容器に試料を採取し、試料をオーバーフローさせた後、5N 水酸化ナトリウム溶液（10mL）および 2N 塩化ストロンチウム溶液（10mL）を添加して、試料中の炭素を固定処理した。採取前にサンプラーボトル内部を 1 回、容器内部を 3 回以上、地下水で共洗いした。

（2）前処理方法

本文中の「3.5.3　炭素同位体」の前処理方法を参照。

（3）分析方法

本文中の「3.5.3　炭素同位体」の分析方法を参照。

2.5.4　微量元素

（1）試料採取方法

MP システムを利用したバッチ採水によりサンプラーボトルに被圧・嫌気状態で地下水（原水）を 1L 採取し、テフロン製容器に移し替えた。採取前にサンプラーボトル内部を 1 回、地下水で共洗いした。

（2）前処理方法

本文中の「3.5.4　微量元素」の前処理方法を参照。

（3）分析方法

本文中の「3.5.4　微量元素」の分析方法を参照。

2.6　品質管理方法

本文中の「3.6　品質管理方法」を参照。

3　分析結果

3.1　分析数量

DH-2 号孔における試料の分析項目ごとの数量を付表 3-1 に示す。

付表 3-1　分析数量一覧

採水場所	物理化学パラメータ・主要成分	蛍光染料	酸素・水素同位体	炭素同位体	微量元素	溶存酸素（比色法）	コロイド
DH-2号孔	9	8	1	1	1	0	0

3.2　分析結果

DH-2 号孔の分析結果は、超深地層研究所計画における分析結果とともに電子データとして取りまとめた。

国際単位系（SI）

表１．SI 基本単位

基本量	SI 基本単位	
	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	A
熱力学温度	ケルビン	K
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

組立量	SI 基本単位	
	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^{-1}
密度，質量密度	キログラム毎立方メートル	kg/m^3
面積密度	キログラム毎平方メートル	kg/m^2
比体積	立方メートル毎キログラム	m^3/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[a]，濃度	モル毎立方メートル	mol/m^3
質量濃度	キログラム毎立法メートル	kg/m^3
輝度	カンデラ毎平方メートル	cd/m^2
屈折率[b]	（数字の） 1	1
比透磁率[b]	（数字の） 1	1

(a) 量濃度（amount concentration）は臨床化学の分野では物質濃度（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

組立量	SI 組立単位			
	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
平面角	ラジアン[b]	rad	1 [b]	m/m
立体角	ステラジアン[b]	sr[c]	1 [b]	m^2/m^2
周波数	ヘルツ[d]	Hz		s^{-1}
力	ニュートン	N		$m\ kg\ s^{-2}$
圧力，応力	パスカル	Pa	N/m^2	$m^{-1}\ kg\ s^{-2}$
エネルギー，仕事，熱量	ジュール	J	N m	$m^2\ kg\ s^{-2}$
仕事率，工率，放射束	ワット	W	J/s	$m^2\ kg\ s^{-3}$
電荷，電気量	クーロン	C		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	$m^{-2}\ kg^{-1}\ s^3\ A^2$
磁束	ウエーバ	Wb	Vs	$m^2\ kg\ s^{-2}\ A^{-1}$
磁束密度	テスラ	T	Wb/m^2	$kg\ s^{-2}\ A^{-1}$
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A	$m^2\ kg\ s^{-2}\ A^{-2}$
セルシウス温度	セルシウス度[e]	℃		K
光束	ルーメン	lm	cd sr[c]	cd
照度	ルクス	lx	lm/m^2	$m^{-2}\ cd$
放射性核種の放射能[f]	ベクレル[d]	Bq		s^{-1}
吸収線量, 比エネルギー分与, カーマ	グレイ	Gy	J/kg	$m^2\ s^{-2}$
線量当量, 周辺線量当量, 方向性線量当量, 個人線量当量	シーベルト[g]	Sv	J/kg	$m^2\ s^{-2}$
酸素活性	カタール	kat		$s^{-1}\ mol$

(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コ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。
(c)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)ヘルツは周期現象についてのみ、ベクレルは放射性核種の統計的過程についてのみ使用される。
(e)セルシウス度はケルビンの特別な名称で、セルシウス温度を表すために使用される。セルシウス度とケルビンの単位の大きさは同一である。したがって、温度差や温度間隔を表す数値はどちらの単位で表しても同じである。
(f)放射性核種の放射能（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

組立量	SI 組立単位		
	名称	記号	SI 基本単位による表し方
粘度	パスカル秒	Pa s	$m^{-1}\ kg\ s^{-1}$
力のモーメント	ニュートンメートル	N m	$m^2\ kg\ s^{-2}$
表面張力	ニュートン毎メートル	N/m	$kg\ s^{-2}$
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	$kg\ s^{-3}$
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)	$m\ kg\ s^{-3}\ K^{-1}$
体積エネルギー	ジュール毎立方メートル	J/m^3	$m^{-1}\ kg\ s^{-2}$
電界の強さ	ボルト毎メートル	V/m	$m\ kg\ s^{-3}\ A^{-1}$
電荷密度	クーロン毎立方メートル	C/m^3	$m^{-3}\ sA$
表面電荷	クーロン毎平方メートル	C/m^2	$m^{-2}\ sA$
電束密度，電気変位	クーロン毎平方メートル	C/m^2	$m^{-2}\ sA$
誘電率	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	$m\ kg\ s^{-2}\ A^{-2}$
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	$kg^{-1}\ sA$
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^3	$m^{-3}\ s^{-1}\ mol$

表５．SI 接頭語

乗数	接頭語	記号	乗数	接頭語	記号
10^{24}	ヨタ	Y	10^{-1}	デシ	d
10^{21}	ゼタ	Z	10^{-2}	センチ	c
10^{18}	エクサ	E	10^{-3}	ミリ	m
10^{15}	ペタ	P	10^{-6}	マイクロ	μ
10^{12}	テラ	T	10^{-9}	ナノ	n
10^{9}	ギガ	G	10^{-12}	ピコ	p
10^{6}	メガ	M	10^{-15}	フェムト	f
10^{3}	キロ	k	10^{-18}	アト	a
10^{2}	ヘクト	h	10^{-21}	ゼプト	z
10^{1}	デカ	da	10^{-24}	ヨクト	y

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	°	1°=(π/180) rad
分	’	1’=(1/60)°=(π/10800) rad
秒	”	1”=(1/60)’=(π/648000) rad
ヘクタール	ha	$1ha=1hm^2=10^4m^2$
リットル	L，l	$1L=1=1dm^3=10^3cm^3=10^{-3}m^3$
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単位で表される数値が実験的に得られるもの

名称	記号	SI 単位で表される数値
電子ボルト	eV	$1eV=1.602\ 176\ 53(14)\times10^{-19}J$
ダルトン	Da	$1Da=1.660\ 538\ 86(28)\times10^{-27}kg$
統一原子質量単位	u	1u=1 Da
天文単位	ua	$1ua=1.495\ 978\ 706\ 91(6)\times10^{11}m$

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
バール	bar	$1\ bar=0.1MPa=100kPa=10^5Pa$
水銀柱ミリメートル	mmHg	1mmHg=133.322Pa
オングストローム	Å	$1\ Å=0.1nm=100pm=10^{-10}m$
海里	M	1 M=1852m
バーン	b	$1\ b=100fm^2=(10^{-12}cm)2=10^{-28}m^2$
ノット	kn	1 kn=(1852/3600)m/s
ネーパ	Np	SI単位との数値的な関係は、対数量の定義に依存。
ベル	B	
デジベル	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	$1\ erg=10^{-7}\ J$
ダイン	dyn	$1\ dyn=10^{-5}N$
ポアズ	P	$1\ P=1\ dyn\ s\ cm^{-2}=0.1Pa\ s$
ストークス	St	$1\ St=1cm^2\ s^{-1}=10^{-4}m^2\ s^{-1}$
スチルブ	sb	$1\ sb=1cd\ cm^{-2}=10^4cd\ m^{-2}$
フォト	ph	$1\ ph=1cd\ sr\ cm^{-2}\ 10^4lx$
ガル	Gal	$1\ Gal=1cm\ s^{-2}=10^{-2}ms^{-2}$
マクスウェル	Mx	$1\ Mx = 1G\ cm^2=10^{-8}Wb$
ガウス	G	$1\ G =1Mx\ cm^{-2} =10^{-4}T$
エルステッド[c]	Oe	$1\ Oe \triangleq (10^3/4\pi)A\ m^{-1}$

(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
キュリー	Ci	$1\ Ci=3.7\times10^{10}Bq$
レントゲン	R	$1\ R = 2.58\times10^{-4}C/kg$
ラド	rad	$1\ rad=1cGy=10^{-2}Gy$
レム	rem	$1\ rem=1\ cSv=10^{-2}Sv$
ガンマ	γ	1 γ =1 nT=10-9T
フェルミ		1フェルミ=1 fm=10-15m
メートル系カラット		1メートル系カラット = 200 mg = 2×10-4kg
トル	Torr	1 Torr = (101 325/760) Pa
標準大気圧	atm	1 atm = 101 325 Pa
カロリー	cal	1cal=4.1858J（「15℃」カロリー），4.1868J（「IT」カロリー）4.184J（「熱化学」カロリー）
ミクロン	μ	$1\ \mu =1\mu m=10^{-6}m$

（第8版，2006年改訂）

この印刷物は再生紙を使用しています