



JAEA-Data/Code

2016-009

DOI:10.11484/jaea-data-code-2016-009

研究坑道におけるボーリング調査によって 確認された割れ目データ集

Data on Fractures Based on the Borehole Investigations in Underground Facility

石橋 正祐紀 笹尾 英嗣

Masayuki ISHIBASHI and Eiji SASAO

バックエンド研究開発部門

東濃地科学センター

地層科学研究部

Geoscientific Research Department

Tono Geoscience Center

Sector of Decommissioning and Radioactive Waste Management

August 2016

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。

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 研究連携成果展開部 研究成果管理課
〒319-1195 茨城県那珂郡東海村大字白方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
Institutional Repository Section,
Intellectual Resources Management and R&D Collaboration Department,
Japan Atomic Energy Agency.
2-4 Shirakata, 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, 2016

研究坑道におけるボーリング調査によって確認された割れ目データ集

日本原子力研究開発機構
バックエンド研究開発部門 東濃地科学センター
地層科学研究部

石橋 正祐紀, 笹尾 英嗣

(2016年 6月 29日受理)

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構東濃地科学センターでは、「地層処分技術に関する研究開発」のうち深地層の科学的研究(地層科学研究)を進めている。

本データ集は、地層科学研究の一環として地下の研究坑道で実施したボーリング調査のボアホールテレビ観察で把握した割れ目等に関する情報を取りまとめたものである。

Data on Fractures Based on the Borehole Investigations in Underground Facility

Masayuki ISHIBASHI and Eiji SASAO

Geoscientific Research Department
Tono Geoscience Center
Sector of Decommissioning and Radioactive Waste Management
Japan Atomic Energy Agency
Akiyo-cho, Mizunami-shi, Gifu-ken

(Received June 29, 2016)

Japan Atomic Energy Agency (JAEA) Tono Geoscience Center (TGC) is pursuing a geoscientific research in crystalline rock environment in order to construct scientific and technological basis for the geological disposal of High-level Radioactive Waste.

This report compiles the information of the fractures in the Toki Granite, central Japan, obtained by Borehole TV observations of borehole investigations, drilled in underground facility.

Keywords: Mizunami Underground Research Laboratory (MIU) Project, Crystalline Rock, Borehole Television (BTV), Orientation

目 次

1	はじめに	1
2	ボアホールテレビ (BTV) 調査	3
2.1	ボーリング孔の概要	3
2.2	測定方法	4
2.3	割れ目等の方位解析方法	4
2.4	割れ目等データシートの記述内容	5
2.4.1	番号	5
2.4.2	深度	5
2.4.3	走向・傾斜	5
2.4.4	区分	6
2.4.5	開口幅	6
2.4.6	界面形状	6
2.4.7	介在物	7
2.4.8	備考 (産状など)	8
3	調査結果	9
3.1	各ボーリング孔における花崗岩中の割れ目数	9
	参考文献	10
	付録 CD : 割れ目等データシート	

CONTENT

1. Introduction	1
2. Borehole television (BTV) investigation	3
2.1 Outline of each borehole	3
2.2 Method of BTV investigation	4
2.3 Method of orientation analysis	4
2.4 Fractures data sheet	5
2.4.1 No.	5
2.4.2 Depth	5
2.4.3 Strike and dip	5
2.4.4 Types of fractures and other surface structure	6
2.4.5 Aperture	6
2.4.6 Shape of surface	6
2.4.7 Fillings	7
2.4.8 Remarks	8
3. Result	9
3.1 Number of fractures in each borehole	9
References	10
Appendix CD: Result of BTV investigation	

図リスト

図 1-1	瑞浪超深地層研究所用地周辺の地質	1
図 1-2	研究坑道レイアウトおよびボーリング孔の配置図	2
図 2.2-1	BTV 調査のフローチャート	4
図 2.3-1	割れ目等の走向・傾斜の解析ルーチン	4
図 2.4-1	BTV 調査結果の取りまとめフォーマットの例	5
図 2.4-2	割れ目区分のイメージ図	7

表リスト

表 2.1-1	各ボーリング孔の掘削長，掘削方向および掘削区間の地質	3
表 2.4-1	割れ目等の区分の考え方	6
表 2.4-2	介在物の記載内容とその対象	7
表 2.4-3	備考欄に記述される主な内容とその対象	8
表 3.1-1	各ボーリング孔で遭遇した土岐花崗岩中の割れ目本数	9

Figure list

Figure 1-1	Geological map around Mizunami Underground Research Laboratory	1
Figure 1-2	Layout of research gallery and boreholes	2
Figure 2.2-1	Flowchart of BTV investigation	4
Figure 2.3-1	Method of orientation analysis	4
Figure 2.4-1	Example of data sheet	5
Figure 2.4-2	Division of fracture surface shape	7

Table list

Table 2.1-1	Geology, drilling length and direction of each borehole	3
Table 2.4-1	Types of fractures and other surface structure	6
Table 2.4-2	Division of fracture fillings	7
Table 2.4-3	Contents in columns of remark	8
Table 3.1-1	Number of fractures intersected the each borehole in Toki granite	9

This is a blank page.

1 はじめに

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構東濃地科学センターでは、「地層処分技術に関する研究開発」のうち深地層の科学的研究（地層科学研究）を進めている。この一環として、結晶質岩（花崗岩）を主な対象として超深地層研究所計画（MIU 計画）を岐阜県瑞浪市において進めている（図 1-1）。本計画は、「第 1 段階：地表からの調査予測研究段階」、「第 2 段階：研究坑道の掘削を伴う研究段階」、「第 3 段階：研究坑道を利用した研究段階」の 3 段階からなる計画である。超深地層研究所計画は、「深部地質環境の調査・解析・評価技術の基盤の整備」および「深地層における工学技術の基盤の整備」を第 1 段階から第 3 段階までを通した全体目標として定め、調査研究を進めている。この一環として、2015 年度末までに研究坑道から 58 本のボーリング孔を掘削し、コア観察、物理検層などの地質学的調査、単孔式水理試験や長期水圧観測装置の設置などの水理学的調査、地下水採水などの地下水の地球化学的調査、および初期応力測定などの岩盤力学的調査を実施してきた（図 1-2）。これらボーリング調査の実績やデータについては、ボーリングデータ集として公開している^{1),2)}。

各ボーリング調査においては、ボアホールテレビ（BTV）観察で岩盤中の割れ目やその他の面構造の分布深度、方位（走向・傾斜）、開口幅などのデータを取得している。BTV 調査は、原位置での割れ目状況が確認でき、ボーリングコアで認められる掘削に伴う割れ目や移動等に伴う人為的な割れ目を排除することができ、地下環境中の割れ目情報を得る上で有効な手法である。

BTV 調査に基づいて把握された土岐花崗岩中の割れ目等のデータは、ボーリングデータ集^{1),2)}に収録している。しかし、割れ目に関する情報をまとめたフォーマットは、調査の目的に応じて孔ごとに異なっており、データの使用が容易ではない状況である。そこで、本報告書では、MIU 計画で実施したボーリング調査のうち BTV 観察を実施した 39 孔について、BTV 観察に基づき把握した割れ目等の面構造に関するデータを統一的に取りまとめた。なお、共同研究等で掘削されたボーリング孔については各共同研究に関する報告書を参照されたい^{例えば 3)~7)}。

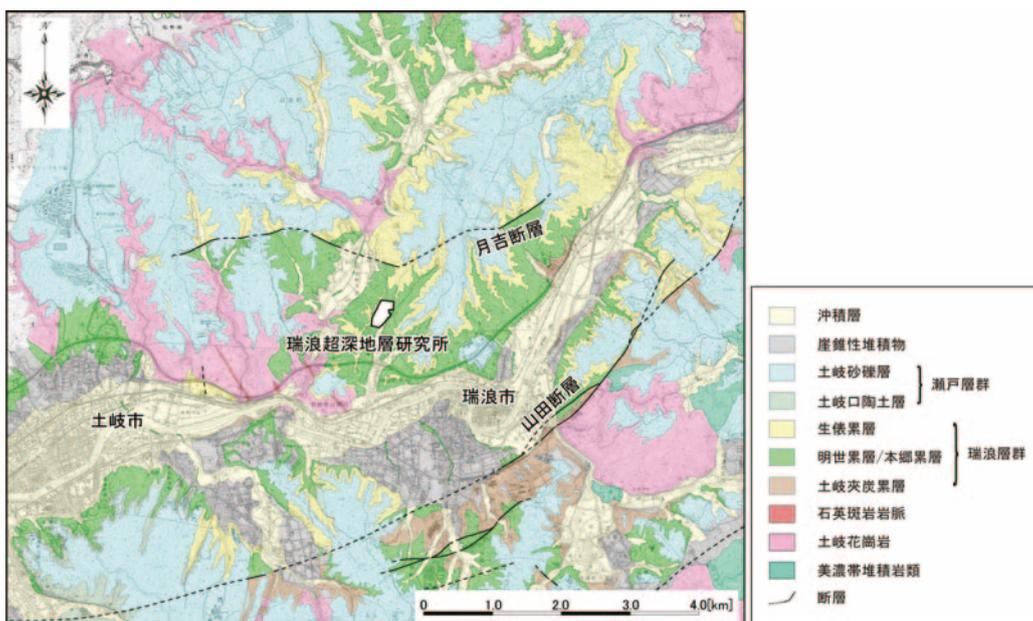


図 1-1 瑞浪超深地層研究所用地周辺の地質⁸⁾より引用加筆

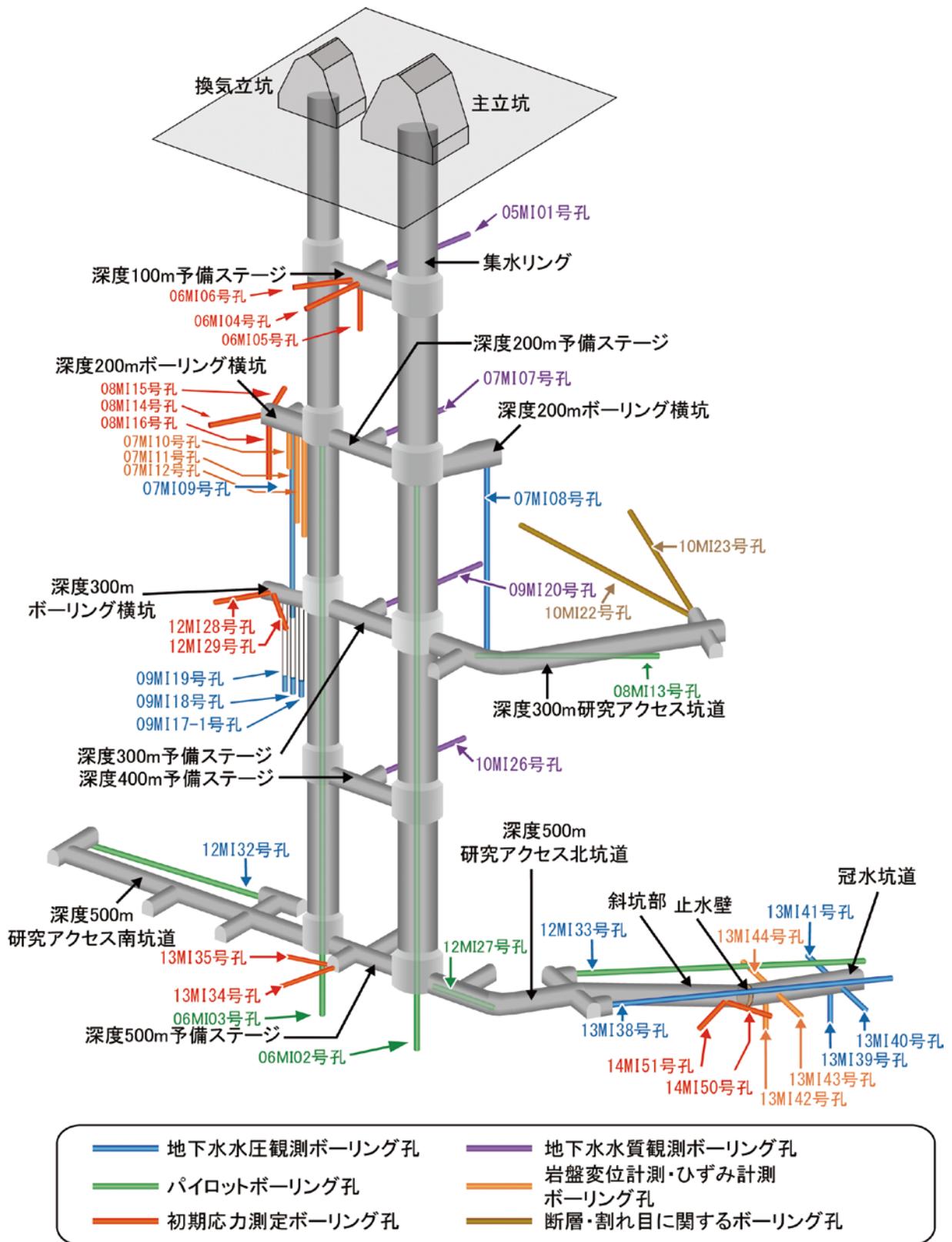


図 1-2 研究坑道レイアウトおよびボーリング孔の配置図

2 ボアホールテレビ (BTV) 調査

2.1 ボーリング孔の概要

整理の対象とした 39 本のボーリング孔の位置を図 1-2 に示す。また、各ボーリング孔の、掘削長、掘削方向、掘削区間の地質について表 2.1-1 に示す。39 本のうち、4 本は瑞浪層群（堆積岩）中で掘削しているボーリング孔である。

表 2.1-1 各ボーリング孔の掘削長、掘削方向および掘削区間の地質

ボーリング 孔名	掘削長 (m)	掘削方向	掘削区間 の地質	ボーリング 孔名	掘削長 (m)	掘削方向	掘削区間 の地質
05MI01	86.0	傾斜	瑞浪層群	10MI22	143.6	水平	土岐花崗岩
06MI02	348.0	鉛直	土岐花崗岩	10MI23	109.7	水平	土岐花崗岩
06MI03	335.0	鉛直	土岐花崗岩	10MI26	70.6	水平	土岐花崗岩
06MI04	20.1	水平	瑞浪層群	12MI27	37.0	水平	土岐花崗岩
06MI05	21.4	鉛直	瑞浪層群	12MI28	20.0	傾斜	土岐花崗岩
06MI06	20.1	水平	瑞浪層群	12MI29	24.0	傾斜	土岐花崗岩
07MI07	55.3	水平	土岐花崗岩	12MI32	106.4	水平	土岐花崗岩
07MI08	125.0	鉛直	土岐花崗岩	12MI33	107.0	水平	土岐花崗岩
07MI09	125.0	鉛直	土岐花崗岩	13MI34	20.5	傾斜	土岐花崗岩
07MI10	16.5	鉛直	土岐花崗岩	13MI35	20.5	傾斜	土岐花崗岩
07MI11	42.0	鉛直	土岐花崗岩	13MI38	102.1	水平	土岐花崗岩
07MI12	52.0	鉛直	土岐花崗岩	13MI39	16.5	鉛直	土岐花崗岩
08MI13	62.5	水平	土岐花崗岩	13MI40	16.6	水平	土岐花崗岩
08MI14	20.0	水平	土岐花崗岩	13MI41	16.6	水平	土岐花崗岩
08MI15	22.3	水平	土岐花崗岩	13MI42	11.6	鉛直	土岐花崗岩
08MI16	19.5	鉛直	土岐花崗岩	13MI43	11.6	水平	土岐花崗岩
09MI17-1	51.0	鉛直	土岐花崗岩	13MI44	11.7	水平	土岐花崗岩
09MI18	51.0	鉛直	土岐花崗岩	14MI50	10.5	傾斜	土岐花崗岩
09MI19	51.0	鉛直	土岐花崗岩	14MI51	10.5	傾斜	土岐花崗岩
09MI20	102.0	水平	土岐花崗岩				

2.2 測定方法

BTV 調査の主な手順を図 2.2-1 に示す。BTV 調査範囲は、ボーリング孔によって異なるが、主に孔口部に設置されたケーシング挿入区間を除き、掘削範囲は全て測定されている。なお、BTV 調査においては、2.4.4 に示すとおり、割れ目面のほかに岩相境界などを計測していることから、以下において、計測された全ての面を指す場合は「割れ目等」と記述する。

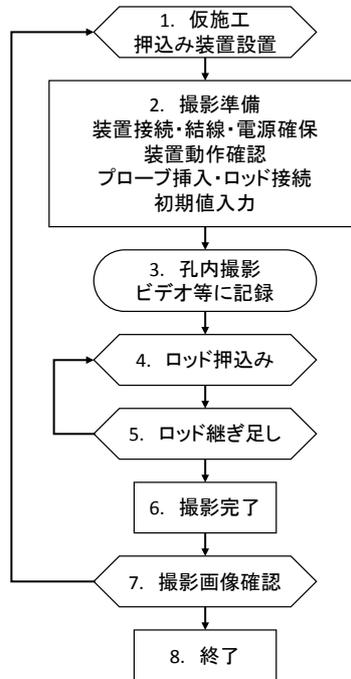


図 2.2-1 BTV 調査のフローチャート

2.3 割れ目等の方位解析方法

割れ目等の走向・傾斜は、現場で記録された画像情報に基づき、図 2.3-1 に示す手順で算出されている。なお、割れ目の開口幅については、マウスカーソルを用いて任意の 2 点を指定することにより算出される。

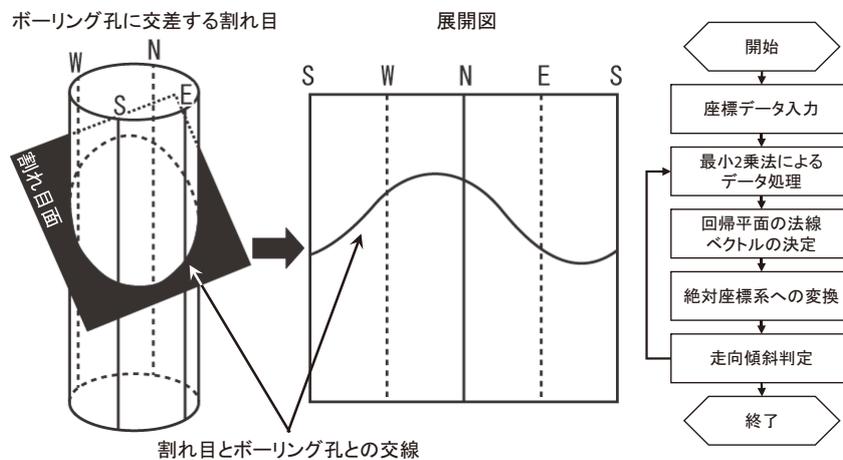


図 2.3-1 割れ目等の走向・傾斜の解析ルーチン

割れ目等の走向・傾斜は、基本的に真北補正が実施されたものが採用されている。偏差角度は、偏角の近似値を用いて計算が行われ、偏角（西偏）＝ $6.89^\circ \div 7.00^\circ$ を真北補正值として採用されている。

2.4 割れ目等データシートの記述内容

BTV 調査結果については、番号、深度、走向・傾斜、区分、開口幅、界面形状、介在物、備考（産状など）として取りまとめた。フォーマットの例を図 2.4-1 に示す。なお、ボーリング孔に応じて、記述される情報が異なることから、情報の無いものは ND（no data）として記述している。それぞれの欄に記述されている内容については、2.4.1～2.4.8 に示す。

ボーリング孔名: 06MIQ2

番号	上端深度 - 下端深度	中間深度	走向・傾斜	区分	開口幅 (mm)	界面形状	介在物	備考（産状など）
1	6.15 - 6.21	6.18	N 55W 23NE	ヘアークラック		P	ND	
2	6.11 - 6.48	6.30	N 72W 70S	ヘアークラック		I -n/h	ND	
3	6.41 - 6.45	6.43	N 36W 16NE	明瞭割れ目		C -n/j	ND	
4	6.44 - 6.50	6.47	N 71W 25S	明瞭割れ目		S	ND	
5	6.55 - 6.62	6.58	N 10W 29E	ヘアークラック		C -n	ND	
6	6.52 - 6.88	6.70	N 54W 70SW	明瞭割れ目		I -n/h/j	ND	
7	7.09 - 7.15	7.12	N 73W 23N	明瞭割れ目		C -j	ND	
8	7.36 - 7.44	7.40	N 30W 31NE	鉱物脈		P -n	ND	
9	6.66 - 8.19	7.42	N 11E 85W	開口割れ目	5.5	I -h/j	ND	

図 2.4-1 BTV 調査結果の取りまとめフォーマットの例

2.4.1 番号

番号は、孔口付近から観察された割れ目等順に 1, 2...と付けられている。

2.4.2 深度

深度値は、各割れ目等とボーリング孔が交差する上端、下端および中間深度を記述する。これらの深度値については、孔壁画像とコア写真を比較し、深度基準となる箇所（岩相境界など）において深度検証を行い、コアでの深度を基準として孔壁画像深度を補正されている。なお、表記は、m 単位で記述され、0.01m（1cm）の精度で観測されている。

2.4.3 走向・傾斜

走向・傾斜は以下の要領で計測したものを記述する。

- ・ ボーリング孔壁全周の約 70%以上連続する割れ目等を対象とする。
- ・ 割れ目面は凹凸を有することもあることから、割れ目面とボーリング孔が交差する面（線）の座標値（3 点以上）を平均化して走向・傾斜を算出する。
- ・ 走向・傾斜は孔曲り測定に基づき、補正する。
- ・ 破碎帯や変質帯など、ある程度の厚さを有する場合は、その上盤および下盤の走向・傾斜を計測する。

2.4.4 区分

割れ目等は、表 2.4-1 に示す 6 つに区分し記述されている。

表 2.4-1 割れ目等の区分の考え方

名称	区分の考え方
明瞭割れ目	亀裂・節理等のうち、孔壁画像上で破断面の形状、連続性ともに極めて明瞭なもの。
開口割れ目	明瞭割れ目のうち、特に、孔壁画像上で開口性が認められ、その開口幅が測定可能なもの。
ヘアークラック	亀裂・節理等のうち、孔壁画像上で形状・連続性ともに不明瞭なもの。または、変質鉱物等の充填物、面沿いの風化・変質などが顕著でない微細なもの。
破碎帯	断層破碎帯などの割れ目が密集し、個々の割れ目の測定が困難なものの上面または下面。
流理構造	花崗岩形成時の流状構造（初生構造）と考えられるもので、明瞭な破断面（分離面）がなく、周囲の岩盤と完全に一体化しているもの。
境界面（岩相境界） または 鉱物脈	岩相境界、貫入岩と母岩の境界または石英等の鉱物脈と母岩の境界面で、明瞭な破断面（分離面）が認められず、周囲の岩盤と完全に一体化しているもの。

2.4.5 開口幅

開口幅は、以下の基準に従って計測が実施されている。

- ・ ボーリング孔壁と割れ目との切合い線の最大傾斜部分の幅が計測されている。
- ・ わずかな凹凸に対しては、全体の平均を求めて算出されている。
- ・ 充填鉱物等を挟む場合は、これらの幅が計測されている。
- ・ 表記は mm となっている。

2.4.6 界面形状

界面形状の区分は、吉田ほか（1998）⁹⁾ に従い、以下の様に記載を実施されている。それぞれのイメージを図 2.4-2 に示す。

P：平滑

I：不規則

C：波状

S：ステップ状

また、上記の派生として以下の細分類も実施されている。

-n : 孔壁の周方向に不連続なもの

-h : 主割れ目（周方向に 70%以上の連続性を有する割れ目）から派生した不規則

- かつ微細で、走向・傾斜の算出が困難なもの（付随割れ目）を伴うもの。
- j : 他の主割れ目と交差するもの。
 - n/h : 周方向に不連続で、付随割れ目を伴うもの。
 - n/j : 周方向に不連続で他の主割れ目と交差するもの。
 - h/j : 付随割れ目を伴い、かつ、他の主割れ目と交差するもの。
 - n/h/j : 不連続で、かつ、付随割れ目を伴い他の主割れ目とも交差するもの。

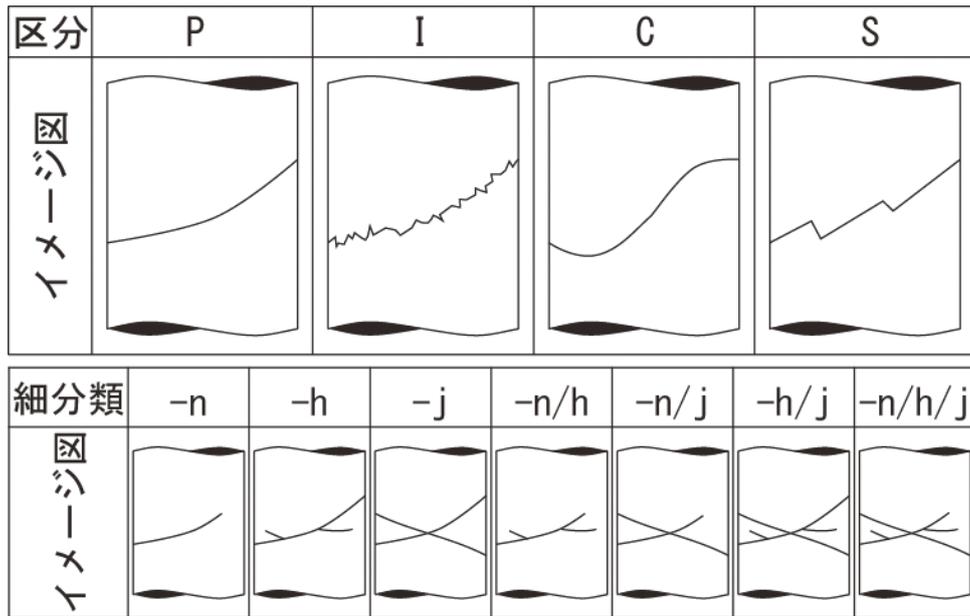


図 2.4-2 割れ目区分のイメージ図

2.4.7 介在物

孔壁画像で観察される介在物については、表 2.4-2 に示す区分に従い記述されている。

表 2.4-2 介在物の記載内容とその対象

記述内容	対象
有色鉱物脈	割れ目沿いに暗緑色の鉱物脈、あるいは付着物が見られるもの。
白色鉱物脈	割れ目沿いに白色の鉱物脈、あるいは付着物が見られるもの。
粘土介在	割れ目内に粘土が充填されている場合で、岩盤との境界が明瞭なもの。
鉱物脈	色調などが不明瞭だが、割れ目沿いに充填鉱物や付着物が認められるもの。
介在物充填	介在物が明瞭では無いが、割れ目沿いに介在物が認められるもの。
岩脈	アプライトなどの岩脈と母岩との境界面。
セメント	割れ目中にセメントが認められるもの。

2.4.8 備考（産状など）

孔壁画像で観察される割れ目やその他境界面などについては、主に表 2.4-3 に示すような内容を記述する。

表 2.4-3 備考欄に記述される主な内容とその対象

記述内容	対象
褐色化	割れ目沿いが褐色化しているもの。
粘土化	割れ目沿いの母岩に粘土化を伴うもの。
角礫状	割れ目沿いの岩盤が付随割れ目等の発達に伴い、角礫化しているもの。
岩相境界	花崗岩粒度の境界や、下記に示すペグマタイトやアプライトの境界面。
ペグマタイト	孔壁画像から、ペグマタイトと判断できるもの。
アプライト	孔壁画像から、アプライトと判断できるもの。
変質部	孔壁画像上で著しく変色を伴う箇所。
変質部上面	孔壁画像上で著しく変色を伴い、変質帯と考えられる範囲の上面。
変質部下面	孔壁画像上で著しく変色を伴い、変質帯と考えられる範囲の下面。
断層	孔壁画像から断層と判断することができるもの。
破砕帯上面	孔壁画像から走向傾斜を判断することが困難なほど細かい亀裂が密集している箇所の上面。
破砕帯下面	孔壁画像から走向傾斜を判断することが困難なほど細かい亀裂が密集している箇所の下面。
崩壊	孔壁崩壊に伴い、孔が明らかに拡大している箇所。
湧水	孔壁画像から、明らかな湧水と判断される箇所。
空洞状	孔壁画像から空洞が確認されるもの。
マサ状	孔壁画像から、花崗岩が粒状となっているもの。

3 調査結果

3.1 各ボーリング孔における花崗岩中の割れ目数

各ボーリング調査で把握された、割れ目数(2.4.4に示す区分のうち、開口割れ目、明瞭割れ目、ヘアークラックの数)について表3.1-1に示す。また、表3.1-1については、各割れ目の傾斜角度(α)に基づき、低角度($0^\circ \leq \alpha < 30^\circ$)、中角度($30^\circ \leq \alpha < 60^\circ$)、高角度($60^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$)に区分した割れ目数も示す。

表 3.1-1 各ボーリング孔で遭遇した土岐花崗岩中の割れ目本数

ボーリング孔名	掘削長 (m)	土岐花崗岩中の割れ目本数				
		全部	低角度	中角度	高角度	中+高角度
06MI02	348	28	14	4	10	14
06MI03	335	733	295	129	309	438
07MI07	55.3	494	31	33	430	463
07MI08	125	444	123	159	162	321
07MI09	125	273	192	30	51	81
07MI10	16.5	33	28	4	1	5
07MI11	42	126	114	8	4	12
07MI12	52	136	110	13	13	26
08MI13	62.5	269	4	29	236	265
08MI14	20	55	3	4	48	52
08MI15	22.28	87	2	4	81	85
08MI16	19.53	106	45	30	31	61
09MI17-1	51	98	32	13	53	66
09MI18	51	77	29	10	38	48
09MI19	51	75	27	2	46	48
09MI20	102	517	34	61	422	483
10MI22	143.6	379	22	19	338	357
10MI23	109.7	454	16	30	408	438
10MI26	70.6	344	3	19	322	341
12MI27	37	205	1	19	185	204
12MI28	20	84	6	18	60	78
12MI29	24	142	7	18	117	135
12MI32	106.36	483	10	39	434	473
12MI33	107	291	1	40	250	290
13MI34	20.5	123	1	5	117	122
13MI35	20.5	68	0	4	64	68
13MI38	102.1	150	0	1	149	150
13MI39	16.5	3	3	0	0	0
13MI40	16.6	5	0	0	5	5
13MI41	16.6	19	0	3	16	19
13MI42	11.55	0	0	0	0	0
13MI43	11.6	3	0	0	3	3
13MI44	11.67	19	1	3	15	18
14MI50	10.5	34	0	0	34	34
14MI51	10.5	15	0	0	15	15

参考文献

- 1) 上野孝志, 徳安真吾, 川本康司, 窪島光志, 石橋正祐紀, 鶴田忠彦, 笹尾英嗣, 池田幸喜, 見掛信一郎, 原郁夫, 山本勝:超深地層研究所計画 瑞浪超深地層研究所 研究坑道におけるボーリングデータ集, JAEA-Data/Code 2012-008, 2012, 136p.
- 2) 黒岩弘, 川本康司, 山田信人, 笹尾英嗣:超深地層研究所計画 瑞浪超深地層研究所 研究坑道におけるボーリングデータ集(12MI27 号孔~14MI51 号孔), JAEA-Data/Code 2015-003, 2015, 108p.
- 3) 電力中央研究所:平成 22 年度地層処分技術調査等委託費(地層処分共通技術調査:岩盤中地下水移行評価調査技術高度化開発-岩盤中物質移行特性評価技術高度化調査-, 経済産業省 資源エネルギー庁, 2011.
- 4) 電力中央研究所:平成 24 年度地層処分技術調査等事業(地層処分共通技術調査:岩盤中地下水移行評価調査技術高度化開発-岩盤中物質移行特性評価技術高度化調査-, 経済産業省 資源エネルギー庁, 2013.
- 5) 電力中央研究所:平成 25 年度地層処分技術調査等事業(岩盤中地下水移行評価確認技術開発)-岩盤中物質移行特性評価技術の確認-, 経済産業省 資源エネルギー庁, 2014.
- 6) 電力中央研究所:平成 26 年度地層処分技術調査等事業(岩盤中地下水移行評価確認技術開発)-岩盤中物質移行特性評価技術の確認-, 経済産業省 資源エネルギー庁, 2015.
- 7) 電力中央研究所:平成 27 年度地層処分技術調査等事業(岩盤中地下水移行評価確認技術開発)-岩盤中物質移行特性評価技術の確認-, 経済産業省 資源エネルギー庁, 2016.
- 8) 動力炉・核燃料開発事業団:日本のウラン資源, 動力炉・核燃料開発事業団技術資料, PNC TN7420 94-006, 1994, pp.85-144.
- 9) 吉田英一, 大澤英昭, 柳澤孝一, 山川 稔:深部花崗岩中の割れ目解析-岐阜県東濃地域に分布する花崗岩類を例にして-, 応用地質, 30, 1989, pp.131-142.

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량	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 組立単位	
	名称	記号
面積	平方メートル	m ²
体積	立方メートル	m ³
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	キログラム毎立方メートル	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
比透磁率 ^(b)	(数字の)	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 ^(e)	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	S	A/V	m ² kg ⁻¹ s ³ A ²
磁束	ウェーバ	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)	°C		K
光路長	ルーメン	lm	cd sr ^(e)	cd
放射線量	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
酸素活性化	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
粘力のモーメント	パスカル秒	Pa s	m ⁻¹ kg s ⁻¹
表面張力	ニュートンメートル	N m	m ² kg s ⁻²
角速度	ニュートン毎メートル	N/m	kg s ⁻²
角加速度	ラジアン毎秒	rad/s	m m ⁻¹ s ⁻¹ = s ⁻¹
角加減	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 s A
電表面積	クーロン毎平方メートル	C/m ²	m ⁻² s A
電束密度, 電気変位	クーロン毎平方メートル	C/m ²	m ⁻² s A
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 s A
吸収線量率	グレイ毎秒	Gy/s	m ² s ⁻³
放射線強度	ワット毎ステラジアン	W/sr	m ⁴ m ⁻² kg s ⁻³ = m ² kg s ⁻³
放射線輝度	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	名称	記号	乗数	名称	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=60 s
時	h	1 h=60 min=3600 s
日	d	1 d=24 h=86 400 s
度	°	1°=(π/180) rad
分	'	1'=(1/60)°=(π/10 800) rad
秒	"	1"=(1/60)'=(π/648 000) rad
ヘクタール	ha	1 ha=1 hm ² =10 ⁴ m ²
リットル	L, l	1 L=1 l=1 dm ³ =10 ³ cm ³ =10 ⁻³ m ³
トン	t	1 t=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	1 eV=1.602 176 53(14)×10 ⁻¹⁹ J
ダルトン	Da	1 Da=1.660 538 86(28)×10 ⁻²⁷ kg
統一原子質量単位	u	1 u=1 Da
天文単位	ua	1 ua=1.495 978 706 91(6)×10 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=100 kPa=10 ⁵ Pa
水銀柱ミリメートル	mmHg	1 mmHg=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
バイン	b	1 b=100fm ² =(10 ¹² cm ²) ² =10 ⁻²⁸ m ²
ノット	kn	1 kn=(1852/3600)m/s
ネーパ	Np	SI単位との数値的関係は、 対数量の定義に依存。
ベレル	B	
デシベル	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 ⁴ cd m ⁻²
フォト	ph	1 ph=1cd sr cm ⁻² =10 ⁴ lx
ガリ	Gal	1 Gal=1cm s ⁻² =10 ⁻² ms ⁻²
マクスウェル	Mx	1 Mx=1 G cm ² =10 ⁻⁸ Wb
ガウス	G	1 G=1Mx cm ⁻² =10 ⁻⁴ T
エルステッド ^(a)	Oe	1 Oe _e =(10 ³ /4π)A m ⁻¹

(a) 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=3.7×10 ¹⁰ Bq
レントゲン	R	1 R=2.58×10 ⁻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 ⁻⁹ T
フェルミ	f	1 フェルミ=1 fm=10 ⁻¹⁵ m
メートル系カラット		1 メートル系カラット=0.2 g=2×10 ⁻⁴ kg
トル	Torr	1 Torr=(101 325/760) Pa
標準大気圧	atm	1 atm=101 325 Pa
カロリ	cal	1 cal=4.1858J (「15°C」カロリ), 4.1868J (「IT」カロリ), 4.184J (「熱化学」カロリ)
マイクロン	μ	1 μ=1μm=10 ⁻⁶ m

