JAEA-Research 2013-014



# 超深地層研究所計画 地質・地質構造に関する調査研究 - 深度 300m から 500m までの地質・地質構造-

Study on Geology on the Mizunami Underground Research Laboratory Project - Geology and Geological Structure from G.L. -300m to G.L. -500m -

> 鶴田 忠彦 笹尾 英嗣 川本 康司 窪島 光志 石橋 正祐紀

Tadahiko TSURUTA, Eiji SASAO, Koji KAWAMOTO, Koji KUBOSHIMA and Masayuki ISHIBASHI

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

November 2013

Japan Atomic Energy Agency

日本原子力研究開発機構

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

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

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

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

© Japan Atomic Energy Agency, 2013

# 超深地層研究所計画 地質・地質構造に関する調査研究 -深度 300m から 500m までの地質・地質構造-

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 鶴田 忠彦, 笹尾 英嗣, 川本 康司\*, 窪島 光志\*, 石橋 正祐紀

### (2013年6月12日 受理)

独立行政法人日本原子力研究開発機構では、「地層処分技術に関する研究開発」のうち深地層 の科学的研究(地層科学研究)の一環として、結晶質岩(花崗岩)を対象とした超深地層研究 所計画を岐阜県瑞浪市において進めている。

本計画は、「深部地質環境の調査・解析・評価技術の基盤の整備」および「深地層における工 学技術の基盤の整備」を第1段階から第3段階までを通した全体目標として定め、「第1段階: 地表からの調査予測研究段階」、「第2段階:研究坑道の掘削を伴う研究段階」、「第3段階:研 究坑道を利用した研究段階」の3段階からなる約20年の計画である。現在は、第2段階およ び第3段階における調査研究を進めている。そのうち第2段階における地質・地質構造の調査 研究では、「研究坑道の掘削を伴う調査研究による地質環境モデルの構築および研究坑道の掘削 による深部地質環境の変化の把握」を段階目標の一つとして調査研究を進めている。

本報告書では,第2段階での主要課題の一つである地質構造モデル構築作業の一環として, 第2段階における地質・地質構造の調査研究結果に基づき,瑞浪超深地層研究所の深度300m から500mまでのうち,2008~2012年度の坑道掘削範囲で認められた地質・地質構造につい て取りまとめた。

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

# Study on Geology on the Mizunami Underground Research Laboratory Project - Geology and Geological Structure from G.L. -300m to G.L. -500m -

Tadahiko TSURUTA, Eiji SASAO, Koji KAWAMOTO<sup>\*\*</sup>, Koji KUBOSHIMA<sup>\*\*</sup> and Masayuki ISHIBASHI

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

(Received June 12, 2013)

Japan Atomic Energy Agency (JAEA) is performing the Mizunami Underground Research Laboratory (MIU) Project, which is a scientific study of the deep geological environment as a basis of research and development for geological disposal of high level radioactive wastes (HLW), in order to establish comprehensive techniques for the investigation, analysis and assessment of the deep geological environment in the fractured crystalline rock.

The MIU Project has three overlapping phases, Surface-based investigation phase (Phase I), Construction phase (Phase II), and Operation phase (Phase III), with a total duration of about 20 years. The goals of the MIU Project from the Phase I to the Phase III are to establish techniques for investigation, analysis and assessment of the deep geological environment, and to develop a range of engineering techniques for deep underground application. Currently, the project is under the Phase II and the Phase III. One of the Phase II goals is set up to develop and revise models of the geological environment using the investigation results obtained during excavation, and to determine and assess changes in the geological environment in response to excavation.

This report aims at compiling results of study on geology and geological structure from G.L. -300m to G.L. -500m in the MIU construction site, investigated in the fiscal years from FY2008 to FY2012, in the Phase II and provides the fundamental information on the geology and geological structure for future study and modeling of geological environment.

Keywords: Mizunami Underground Research Laboratory (MIU) Project, Crystalline Rock, Construction Phase (Phase II), Geology, Geological Structure

<sup>\*</sup> Collaborating Engineer

# 目 次

1. はじめに
1.1 超深地層研究所計画の概要
1.2 本報告書の目的
2. 地質概説
2.1 地質
2.1.1 土岐花崗岩
2.1.2 瑞浪層群
2.1.3 瀬戸層群
2.2 地質構造
3. 深度 300m から 500m に分布する土岐花崗岩 ····································
4. 深度 300m から 500m に分布する貫入岩 ······9
5. 深度 300m から 500m の地質構造
5.1 断層
5.1.1 主立坑断層(SH500_M_SHAFT 断層)
5.1.2 深度 500m ステージで認められた断層
5.2 割れ目 ·····22
<b>5.2.1</b> 割れ目の分布と特徴 ······23
<b>5.2.2</b> 湧水を伴う割れ目
6. まとめ
参考文献

# Contents

1. Introduction ······1
1.1 Overview of the Mizunami Underground Research Laboratory (MIU) project ······1
1.2 Aims of this report ····································
2. Geological setting ····································
2.1 Geology
2.1.1 Toki granite ······5
2.1.2 Mizunami group ······5
2.1.3 Seto group
2.2 Geological structure ····································
3. Granite in the depth from G.L300m to -500 m ······7
4. Intrusive rock in the depth from G.L300m to -500 m ······9
5. Geological structure in the depth from G.L300m to -500 m ······11
5.1 Faults
5.1.1 Main-shaft fault ·····16
5.1.2 Fault observed in the G.L500m stage
5.2. Fractures
5.2.1 Distribution and geological feature of fractures
5.2.2 Water-conducting fractures
6. Summary
References ····································

# 表リスト

表 5.1-1	研究所周辺に分布する断層の特徴
表 5.2-1	各坑道のスキャンラインの高さ

# 図リスト

図 1.1-1	超深地層研究所の設置場所
図 1.1-2	研究所における研究坑道および調査ボーリング孔のレイアウト2
図 1.1-3	空間スケールの概念
図 2.1-1	研究所周辺の地質概要
図 3-1	中~粗粒花崗岩(換気立坑で行われたボーリング調査(06MI03 号孔)
	深度 470~480m のコア写真)
図 3-2	花崗岩の薄片顕微鏡写真(06MI03 号孔 深度 476.5m 付近のコアの
	薄片顕微鏡写真)
図 3-3	ペグマタイトおよび黒雲母の濃集部(換気立坑の深度 425m 付近)8
図 4-1	深度 500m までの研究坑道におけるランプロファイアー岩脈の分布10
図 5.1-1	研究所周辺における Shaft500 地質構造モデルの水平断面図12
図 5.1-2	研究所周辺における Shaft500 地質構造モデルの鉛直断面図13
図 5.1-3	深度 400m 予備ステージおよび深度 500m ステージの壁面地質展開図14
図 5.1.1-1	主立坑の深度 300~500m における主立坑断層の分布
図 5.1.1-2	主立坑壁面において確認された主立坑断層の産状(深度約 377m)18
図 5.1.1-3	主立坑壁面において確認された主立坑断層の産状(深度約 489m)19
図 5.1.2-1	深度 500m 研究アクセス南坑道で確認された SH500_13_2 断層の産状20
図 5.1.2-2	深度 500m 研究アクセス北坑道で確認された S500_prov_22 断層の産状21
図 5.1.2-3	深度 500m 研究アクセス南坑道 20m ボーリング横坑で確認された
	S500_prov_23 断層の産状
図 5.2.1-1	深度 500m までの換気立坑の壁面地質調査とパイロットボーリング
	(06MI03 号孔)による割れ目頻度の比較
図 5.2.1-2	換気立坑の深度 300~500m の壁面地質展開図および割れ目方位25
図 5.2.1-3	深度 400m 予備ステージの割れ目方位
図 5.2.1-4	深度 500m ステージの割れ目方位
図 5.2.2-1	換気立坑の深度 444.2~459.8m の壁面地質展開図と割れ目方位
図 5.2.2-2	深度 400m 予備ステージにおける湧水を伴う割れ目方位
図 5.2.2-3	深度 500m ステージにおける湧水を伴う割れ目方位30

This is a blank page.

### 1. はじめに

### 1.1 超深地層研究所計画の概要

独立行政法人日本原子力研究開発機構東濃地科学センターは,原子力政策大綱<sup>11</sup>に示された 「深地層の研究施設等を活用して,深地層の科学的研究,地層処分技術の信頼性向上や安全評価 手法の高度化等に向けた基盤的な研究開発,安全規制のための研究開発を引き続き着実に進め るべきである」との方針に基づき,「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。このうち,超深地層研究所計画<sup>20</sup>は,結晶質岩(花崗岩) を主な対象として岐阜県瑞浪市において進めている研究計画である。

超深地層研究所計画における調査研究は、研究坑道の建設工程やこれに伴う調査研究の課題、 対象,空間スケールなどの違いを考慮し、「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つの 段階に区分して進められている。第1段階では「地表での調査研究による地質環境モデルの構 築および研究坑道掘削前の深部地質環境の状態把握」、第2段階では「研究坑道の掘削を伴う 調査研究による地質環境モデルの構築および研究坑道の掘削による深部の地質環境の変化」,第 3段階では「研究坑道を利用した調査研究による地質環境モデルの構築および研究坑道の拡張 による深部地質環境の変化の把握」という段階目標を設定している。これらの3つの段階のう ち,現在、瑞浪超深地層研究所(以下,研究所:図1.1-1)において進めている第2段階は、 第1段階で構築した地質環境モデルの妥当性を確認するとともに、そのモデルを更新すること を目的としている<sup>3,4)</sup>。研究所は、研究坑道と地上施設から構成されており、研究坑道は、2 つの立坑(主立坑および換気立坑)と予備ステージ、ボーリング横坑、深度300m研究アクセ ス坑道などの水平坑道からなる。また、これらの水平坑道では多くのボーリング調査が実施さ れている<sup>5)</sup>(図1.1-2)。



### 図 1.1-1 超深地層研究所の設置場所

### JAEA-Research 2013-014



図 1.1-2 研究所における研究坑道および調査ボーリング孔のレイアウト

超深地層研究所計画では、不均質性を有する地質環境を限られた調査量で効率的に理解して いくために、空間スケールが設定されている © (図 1.1-3)。超深地層研究所計画および本計画 に先立って進めてきた広域地下水流動研究 つでは、地層処分にとって重要な地質環境特性を段 階的に理解するとともに地下水流動や物質移動などの評価を行うことから、涵養域から流出域 までの一つの地下水流動系や、研究所および研究坑道の位置などに着目して、図 1.1-3 に示す ようにリージョナル、ローカル、サイトおよびブロックの4つの空間スケールを設定し、調査 研究を進めている<sup>4)</sup>。このうち,超深地層研究所計画では,サイトスケールおよびブロックス ケールにおける調査研究を進めている<sup>6,8)</sup>。サイトスケールの領域は,研究所を中心として月 吉断層などの主要な地質構造の分布を考慮した東西 2km,南北 2km,標高-2km までの領域で ある<sup>9)</sup>(図 1.1-3)。



図 1.1-3 空間スケールの概念<sup>4)</sup>

### 1.2 本報告書の目的

第2段階の地質・地質構造に関する調査研究においては、岩盤の地質学的不均質性の把握、 移行経路として重要な構造の把握、研究坑道周辺の不連続構造などの有無の把握という目的を 設定し<sup>10</sup>,研究坑道の建設に伴う工事振動(坑道掘削時の発破や坑内におけるボーリング孔の 掘削振動)を利用した弾性波探査(逆VSP(Vertical Seismic Profiling)探査),研究坑道の 壁面地質調査,壁面物性計測,ボーリング調査,壁面地質調査やボーリング調査により採取し た岩石試料を用いた室内試験などを実施してきた<sup>11~13)</sup>。そして、これらの調査研究成果を通じ て、第1段階における地表地質踏査やボーリング調査などによって推定した岩盤中の不連続構 造の分布を表現したサイトスケールの地質構造モデルの更新を行っている<sup>9,14)</sup>。

本報告書は,研究所で実施してきた第2段階における地質・地質構造の調査研究結果を取り まとめて,今後の調査研究の基礎資料として活用することを目的としている。本報告書で取り まとめる地質・地質構造の調査研究結果の範囲は,主立坑および換気立坑の深度300mから深 度500.2mまでと,深度400m予備ステージ,深度500mステージのうち2012年度までに掘 削された水平坑道(深度500m予備ステージおよび深度500m研究アクセス北坑道の主立坑の 中心から60.8mまで,および研究アクセス南坑道の換気立坑の中心から22.95m;図1.1-2)で ある。なお,本報告書で取りまとめた断層や割れ目の記載データは地質構造モデルの更新に反 映した<sup>14)</sup>。また,深度300mまでの地質・地質構造の調査研究結果は窪島ほか<sup>15)</sup>にまとめられ ている。

### 2. 地質概説

## 2.1 地質

研究所周辺には、白亜紀後期~古第三紀前期の土岐花崗岩が分布し、この土岐花崗岩を基盤 として、新第三紀中新世の堆積岩(瑞浪層群)と、固結度の低い新第三紀中新世~第四紀更新 世の砂礫層(瀬戸層群土岐砂礫層)が分布する<sup>16,17)</sup>(図 2.1-1)。また、土岐花崗岩中には石英 斑岩の岩脈が分布するほか、研究所の北方と西方には美濃帯堆積岩類が、北東方には濃飛流紋 岩がそれぞれ分布する<sup>16)</sup>(図 2.1-1)。研究所の研究坑道は主に土岐花崗岩中に建設されている。



図 2.1-1 研究所周辺の地質概要(糸魚川<sup>16)</sup>を一部改変)

### 2.1.1 土岐花崗岩

土岐花崗岩は,岐阜県東濃地方の土岐市から瑞浪市にわたって分布する白亜紀後期~古第三 紀前期の深成岩体であり<sup>18,19</sup>,地表では,東西約12km,南北約14kmの範囲に分布する<sup>18</sup>。

土岐花崗岩は、鉱物組み合わせとモード組成から白雲母-黒雲母花崗岩、ホルンブレンド-黒雲母花崗岩および黒雲母花崗岩の3つの岩相に区分されている<sup>20)</sup>。これらの岩相は系統的に 推移しており、岩体中心部には黒雲母花崗岩が、縁辺部には白雲母-黒雲母花崗岩が分布し、 両者の間にホルンブレンド-黒雲母花崗岩が分布する。研究所とその周辺には、ホルンブレン ド-黒雲母花崗岩および黒雲母花崗岩が分布する。

年代としては、CHIME 年代(モナザイト)として 68.3Ma<sup>21</sup>とジルコンフィッショントラ ック年代(以下、ジルコン FT 年代)として 76~53Ma<sup>22,23</sup>が報告されている。

### 2.1.2 瑞浪層群

瑞浪層群は瑞浪市から土岐市周辺に広く分布する。本層群は美濃帯堆積岩類,土岐花崗岩お よび濃飛流紋岩を基盤として,新第三紀中新世〜第四紀更新世の瀬戸層群に不整合で覆われる。 岩相によって下位から土岐夾炭累層,本郷累層,明世累層,生俵累層に区分される<sup>24)</sup>。また, 明世累層と生俵累層の間には,主に砂岩からなる宿洞累層が分布する場所がある<sup>25)</sup>。

土岐夾炭累層は主に礫岩,砂岩,泥岩からなり,凝灰質もしくは亜炭質のことがある。数層 の亜炭層および凝灰岩を挟み,基底部には礫岩が発達する。土岐夾炭累層からは海棲生物の化 石は発見されていないことと,研究所の北西に位置する可児盆地において,土岐夾炭累層と同 じ地質年代および地質環境下で堆積したと考えられている可児層群中村累層(可児夾炭累層と も呼ばれる)からは淡水貝が発見されていることから,本層も淡水成と考えられている<sup>24</sup>。

本郷累層は主に砂岩、シルト岩、泥岩の互層、礫岩および軽石凝灰岩からなり、全体に凝灰 質で、軽石粒を多く含むことがある。基底部には礫岩が発達する<sup>24)</sup>。

明世累層は全体としては細粒~中粒の凝灰質砂岩,凝灰質泥岩を主体とする海成層で,一般 に火山性物質を多く含む。下位から月吉層,戸狩層,山野内層,狭間層に区分される<sup>24,26)</sup>。一 般に月吉層は凝灰質の泥質砂岩,戸狩層は凝灰質砂岩,山野内層は凝灰質シルト岩および細粒 砂岩からなる。狭間層は厚い軽石凝灰岩を下限として,軽石凝灰岩と細粒凝灰岩~凝灰質泥岩 の互層からなる<sup>24)</sup>。明世累層は下位の本郷累層とは整合で接するが,山野内層の層準までは本 郷累層と同時異相の関係にあるとされる<sup>24)</sup>。

生俵累層は下位の明世累層を不整合に覆い,主に塊状無層理の泥岩~極細粒砂岩からなり, 基底部には層厚数~10mの礫岩および中粒砂岩を伴う<sup>24)</sup>。

瑞浪層群の層厚は変化が激しいが, 概ね 170m 程度である<sup>27)</sup>。瑞浪層群の堆積年代は, 凝灰 岩のジルコン FT 年代および産出する貝化石群集から, 20~15Ma と推定されている<sup>22, 25, 28)</sup>。

なお、土岐花崗岩と堆積岩の不整合面には、起伏の変化に富むチャンネル構造が存在する。 このチャンネル構造の一つ(月吉チャンネルと呼ばれている)が、東濃鉱山から研究所にかけ て北西-南東方向に分布しており、研究所の西側では幅は狭く、翼部は急傾斜になる<sup>3)</sup>。

### 2.1.3 瀬戸層群

瀬戸層群は、伊勢湾をとりまく地域(岐阜県の東濃地域・伊勢湾東岸・濃尾平野の地下・知 多半島・伊勢湾西岸部)に分布する東海層群のうち、研究所を含む岐阜県東濃地域から伊勢湾 東岸の名古屋市、瀬戸市にかけて広く分布するものを指す<sup>29)</sup>。瀬戸層群は、美濃帯堆積岩類、 濃飛流紋岩、土岐花崗岩および瑞浪層群を不整合に覆い、層相によって下位から土岐口陶土層 と土岐砂礫層に区分される<sup>29,30)</sup>。

土岐口陶土層は相当層も含め、研究所西方の多治見市から東方の中津川市にかけての広い地域に分布し、その分布は一辺が数~十数kmの小さい凹地に分かれている。本層は主としていわゆる木節粘土と蛙目粘土からなり、レンズ状の花崗岩質砂層や、花崗岩あるいは美濃帯堆積岩類の礫を伴うことがある<sup>30)</sup>。また、本層には不淘汰な礫層や火山灰層などが含まれる<sup>29)</sup>。層厚は最大 50m であるが、一般には 30m 以下である<sup>30)</sup>。

土岐砂礫層は土岐口陶土層を不整合で覆うか漸移関係にあるが、土岐口陶土層よりも分布が 広く、土岐口陶土層を欠く地域では美濃帯堆積岩類、花崗岩類および瑞浪層群を直接不整合で 覆う。本層は主としてチャート、花崗岩、石英斑岩などの円礫または亜円礫からなり、基質は 主に花崗岩質の砂である<sup>30)</sup>。礫の大きさは地域によって異なっているが、径 3~5cm のものが 最も多く、20~30cm の巨礫を含むこともあり、稀に径 1m に及ぶ礫が見られる場合もある<sup>30)</sup>。 層厚は一般には数十~100m である<sup>29)</sup>。

研究所を含む東濃地方に分布する瀬戸層群の堆積年代は、火山灰層のジルコン FT 年代から 12~1.5Ma と推定されている<sup>17)</sup>。

### 2.2 地質構造

研究所の北方には、東西走向の月吉断層が分布し、南方には北東〜東北東走向の山田断層帯 が分布する<sup>24)</sup>(図 2.1-1)。月吉断層は、見かけ上は南側が隆起した逆断層で、土岐花崗岩およ び瑞浪層群を変位させるが、瀬戸層群は変位させていない<sup>31)</sup>。このことから、月吉断層の活動 は瀬戸層群の堆積開始前に終了していたと考えられ、その年代は瀬戸層群の下限の年代である 12Ma<sup>17)</sup>よりも古い。研究所周辺には、このほかに主立坑に沿って分布する主立坑断層<sup>12)</sup>をは じめとした北西走向の断層が認められる。

研究所周辺の土岐花崗岩では、割れ目の発達形態や空間分布から岩体は一様ではなく<sup>32,33</sup>, 低角度傾斜(水平面に対し0~30°の傾斜であることを示す:以下,0~30°未満の角度を低角 度,30~60°未満の角度を中角度,60~90°の角度を高角度とする)を有する割れ目の分布密 度が高く、物理検層で高い空隙率が認められる区間として定義される上部割れ目帯(UHFD; Upper Highly Fractured Domain)と、割れ目密度が低い下部割れ目低密度帯(LSFD;Lower Sparsely Fractured Domain)が認められる<sup>34)</sup>。また、UHFD内部においても低角度傾斜を 有する割れ目の分布密度が有意に高い区間として、低角度傾斜を有する割れ目の集中帯 (LAFZ;Low-Angle Fractured Zone)が区分されている<sup>34)</sup>。

### 3. 深度 300m から 500m に分布する土岐花崗岩

MIZ-1 号孔(図 2.1-1)のコア記載より,研究坑道周辺では,ホルンブレンドー黒雲母花崗 岩と黒雲母花崗岩が分布することが明らかになっている<sup>20)</sup>。これら2つの岩相は深度約500m を境として,浅部ではホルンブレンドー黒雲母花崗岩,深部では黒雲母花崗岩が観察される<sup>20)</sup>。 深度 300~500mの研究坑道に出現する岩相は,ホルンブレンドー黒雲母花崗岩のみであると 考えられる。また,ホルンブレンドは一般に細粒で含有量が少なく,肉眼観察で花崗岩の岩相 を区分することは困難である。このため,本報告書では,岩相を記載する場合には一律に「花 崗岩」とし,岩体を指す場合には「土岐花崗岩」と記述する。なお,主立坑では主立坑断層に 沿う粘土変質の影響を受けており,新鮮な花崗岩はほとんど分布しないことから,ここでは換 気立坑に分布する花崗岩を対象に記載する。

花崗岩は,等粒状で淡灰色~淡桃色を呈する。主に石英,カリ長石,斜長石,黒雲母から構成され,ホルンブレンドを含む。石英,カリ長石,斜長石は自形~半自形,黒雲母は半自形~ 他形である。粒度は,一般には鉱物の長径が5~7mm程度の中~粗粒である(図 3-1 および図 3-2)。

花崗岩中には、ペグマタイトが岩脈として局所的に分布する。ペグマタイトは、換気立坑の 深度 300~500m および深度 500m 研究アクセス南坑道に点在するが、換気立坑の深度約 462 ~471m では比較的規模の大きなペグマタイトが分布する。換気立坑では、一般に幅 5~20cm 程度であり、粗粒で等粒状組織を示す(図 3·3)。主要構成鉱物は、石英(最大粒径 10mm 程 度)、淡橙色を呈するカリ長石(最大粒径 20mm 程度)、白色を呈する斜長石(最大粒径 10mm 程度)、黒雲母(最大粒径 10mm 程度)である。ペグマタイトは、淡橙色のカリ長石を多く含 むため、全体的に橙色がかった色調を呈する(図 3·3)。



図 3-1 中~粗粒花崗岩

(換気立坑で行われたボーリング調査(06MI03 号孔)深度 470~480m のコア写真)<sup>35)</sup>

このほか,花崗岩中には,幅数 cm の黒雲母の濃集部が普遍的に認められる。黒雲母の濃集部は,ペグマタイトの周縁に認められる場合もある(図 3-3)。



図 3-2 花崗岩の薄片顕微鏡写真 (06MI03 号孔 深度 476.5m 付近のコアの薄片顕微鏡写真) a):オープンニコル,b):クロスニコル Qtz;石英,Bt;黒雲母,PI;斜長石,Kfs;カリ長石,HbI;普通角閃石



図 3-3 ペグマタイトおよび黒雲母の濃集部(換気立坑の深度 425m 付近)

### 4. 深度 300m から 500m に分布する貫入岩

貫入岩(ランプロファイアー岩脈 <sup>15</sup>)は、主立坑断層に沿って分布する <sup>12, 15</sup>)。これまでの 調査で、ランプロファイアー岩脈は、主立坑の深度約 180~約 360m で花崗岩中に主立坑断層 に沿って分布するとともに(図 4-1)、深度 300m 研究アクセス坑道の 100m 計測横坑から実施 した 10MI22 号孔のボーリング調査 <sup>12)</sup>によっても確認されている。また、主立坑では、深度 400~416m でも小規模な分布が確認されている。

深度 300m 以深に分布するランプロファイアー岩脈は,走向傾斜は深度 300m 以浅と同様に N30~60°W 走向・20~60°W 傾斜を有し,断層岩を介して花崗岩と接する場合が多い<sup>36)</sup>。 ランプロファイアー岩脈の幅は深度方向に減少し,深度約 323m 以深では,ランプロファイア ー岩脈の幅は十数~数+ cm となり,鉛直方向の連続性も乏しくなりながら,深度約 357m で 消滅する<sup>36)</sup>(図 4-1)。

ランプロファイアー岩脈は壁面では灰白色を呈する細粒な岩相を示す<sup>36)</sup>。深度 300m 以深の ランプロファイアーの顕微鏡観察は行っていないが、肉眼観察からはランプロファイアーのほ とんどは変質により微細な粘土鉱物に置換されていると考えられる。



図 4-1 深度 500m までの研究坑道におけるランプロファイアー岩脈の分布

### 5. 深度 300m から 500m の地質構造

### 5.1 断層

超深地層研究所計画で対象とする空間スケールのうち、サイトスケールおよびブロックスケールでは、第1段階から第2段階までの調査研究によって、複数の不連続構造(断層および割れ目帯)が確認されている <sup>6,9,11</sup>。

サイトスケール(東西2km,南北2km,標高・2kmまでの領域)内に分布する不連続構造<sup>9)</sup> のうち,研究所周辺に分布する断層の多くは,既存地質図<sup>16)</sup>には記載されていない南北〜北西 走向および東西〜西北西走向の比較的小規模な断層である<sup>60</sup>。これらの断層は,詳細な地表踏 査で確認されたもの<sup>37)</sup>のほか,反射法弾性波探査によって,地表露頭で確認された分布と対応 付けられているものや,断層と解釈される反射イベントのずれが複数個所で確認されたもので ある。この結果より,サイトスケール内には,地表までは達していない,変位量の小さい(も しくは古い年代に活動した)断層の分布も推定されている<sup>60</sup>。地表露頭で確認された断層では, 遮水構造として機能する可能性のある,粘土を多く含む断層ガウジや断層角礫が確認されてい ることから,これらの断層が地下水流動に影響を与えている可能性がある。特に研究所では, 北西走向の断層の規模が大きく,その分布は月吉チャンネルの延長と一致することが確認され ている<sup>60</sup>。

三枝ほか<sup>6)</sup>や石橋ほか<sup>9)</sup>では,これらの断層の分布を含む地質・地質構造モデルの作成およ び更新を行っている。図 5.1-1 および図 5.1-2 には,立坑深度 500m までに取得された研究坑 道の壁面地質調査のデータやボーリング調査によって得られたデータに基づいて作成された Shaft500 地質構造モデル(モデル名称は Site\_Geo\_Model\_P2\_sh500\_2011<sup>38)</sup>)の水平断面図 と鉛直断面図 <sup>14)</sup>を示す。

断層をモデル化する際には、断層主要部とダメージゾーンに区分し、それぞれをモデル化要素としている 9。断層主要部は、断層ガウジや断層角礫などの断層岩が分布する区間と定義されている 9。断層主要部には断層のずれによって生じた断層面が分布する。また、ダメージゾーンは、断層主要部周囲の割れ目密度が有意に高い区間と定義されている 9。ダメージゾーンでは、岩盤全体もしくは割れ目沿いの母岩が淡緑色~暗緑色もしくは灰白色などの色相を呈する変質を被る場合がある。

本報告書では,深度 300m から 500m の研究坑道(立坑;深度 500.2m まで,水平坑道;深 度 400m 予備ステージ,深度 500m 予備ステージ,深度 500m 研究アクセス北坑道と南坑道の 一部)の壁面地質調査で認められた断層を記載する。この調査によっては,従来から分布が認 められていた主立坑断層および SH500\_13\_2 断層に加えて,深度 500m 研究アクセス北坑道と 南坑道でそれぞれ1条ずつの断層が確認された(図 5.1-3;研究アクセス北坑道で確認された 断層を S500\_prov\_22 断層,南坑道で確認された断層を S500\_prov\_23 断層と呼ぶ)。以下, 主立坑断層および研究アクセス北坑道と南坑道で確認された断層の分布と産状を報告する。表 5.1-1 には,各断層の特徴をまとめた。





a)深度 300m 水平断面図

b)深度 400m 水平断面図



c)深度 500m 水平断面図





(①~1)は表 5.1-1 の番号に対応。なお、
 ②~4)と15の断層はこの水平断面には
 分布しない)

図 5.1-1 研究所周辺における Shaft500 地質構造モデルの水平断面図<sup>14)</sup>



図 5.1-2 研究所周辺における Shaft500 地質構造モデルの鉛直断面図<sup>14)</sup>





番	断層モ	デル名	分布が確認されている箇所	助層主要郡をなす 断層岩の種類 (幅 <sup>≪)</sup> )	条線の方向と変位センス	最大変位量	走向,很斜
(			露頭2-D(瑞浪層群)	断層 ガウジ・断層角礫(数 cm~0. 2m;瑞浪層群)	正断層, 北西方向に低角度で傾斜する条線(瑞浪層群)	約0.7m以上(瑞浪層群)	N28~57°W・85°NE~鉛直~50°SW(瑞浪層群)
Ð	SH500_M_SHAFT 断層	王立抗断層	主立坑壁面 深度約144.94m以深. 10M122号孔 76.50-110.6mabh(土岐花崗岩)	断層ガウジ・断層角礫(数cm~約7.0m;土岐花崗岩)	北西もしくは南東方向に 低角度で傾斜する条線(土岐花崗岩)	約1.0m(不整合境界) 不明(土岐花崗岩)	N30~40°W・80°SM~鉛直(土岐花崗岩)
0	SH180_F914MSB3班F層		主立坑壁面 深度約9.14~64.60m. MSB-3号孔 87.70~92.20mabh	断層ガウジ・断層角碳(Icm未満~約0. 5m)	正断層。 北西もしくは南東方向に 低角度~中角度で値斜する条線	希54. Om	N33 『E~N5~N62"W,65 "E~鉛直~73"W (主立坑壁面) ; N21 "W・87"W(MSB-3号子L)
0	S200_F13440断層	キ 立坑断層の派牛断層	主立坑壁面 深度約134.40~164.80m	賄層ガウジ・断層角礫(1cm未満~約0. 3m)	正断層もしくは逆断層、 南東方向に低角度で傾斜する条線	約 5cm	N30~56"W・73 "NE~鉛直~50°SW
4	S200_F14660昉曆		主立坑壁面 深度約146. 60~209. 00m	断層ガウジ・断層角線(Iom未満~約0.2m:瑞浪層群) 断層ガウジ・断層角線(約0.6~1.7m:土成花菌指)	正断層, 北西方向に低角度で頓斜する条線	約3cm(瑞浪層群) 不明(土岐花崗岩)	N15~68″W・55~83″NE(瑞過圈群) N18~82″W・80″NE~鉛直~80″SM(土成花簡単)
۹	S200_3-CDE断層		騾頭3C, 騾頭3D, 騾頭3E	賠層 ガウジ(約0.3~0.5m)	南方向に中角度で傾斜する条線	书明	N1°E∼NS∼N13°W • 60∼81°W
9	\$200_1	13 断層	リニアメントL211, 露頭2-B(瑞浪層群) MIZ-1号引 918.50-982.60mabh(土岐花崗岩)	野層ガウジ・野層角線(約0.5~8.0m)	正断層(瑞浪層群), 北東もしくは南西方向に 市会市・七名市と元経会士ス名が、十社ため半)	約1.0m(瑞浪層群) 不明(土岐花崗岩)	N22"W - 78"E(瑞浪 層群) N38"W - 74"NE(土岐花崗岩)
0	SH500_1;	3_2断層	DH2号孔 413.10-460.18mabh, 深度600m研究アクセス南抗道 (換気立抗の中心から約9m付近)	断層ガウジ・断層角張(約10. gm;DH-2号孔), 断層ガウジ・断層角線 (約0. lm;深度500m研究アクセス南抗道)	あっな、ティスを、デオリンを参いていない。	不明	N16 'W + 79 'E(DH-2号孔)、 N12~14 'W + 80 'E ~鉛直 (深度500m研究アクセス南坑道)
0	SB3_13_	ご断層	3-K 課題3-A	断層ガウジ(約0.5m以上)	左横ずれ断層, 北もしくは南方向に低角度で傾斜する条線	平明	N10°W • 80°E(쬃頭3-A), N20°W • 85°E(쬃頭3-B)
6	SB3_13_	3断層	MIZ-1号 孔 1083.17~1117.00mabh	断層角機(約0.5m)	北西もしくは南東方向に低角度で傾斜する条線	不明	N27°W • 85°E
9	\$200_1	15断層	露頭2-1	断層ガウジ・断層角礫(約0.2~0.5m)	正断層, 南方向に低角度で傾斜する条線	<b>徐</b> 匀0.8m	N20°W - 78°W
⊜	\$200_15	52断層	MIZ-1号귀. 174.50-221.70mabh	断層角機(約90.3m)	北もしくは南方向に 低角度~中角度で傾斜する条線	伯业	9°€9°E
8	S200_MIZ1	1FZ04断層	MIZ-1号子L 653.00-725.70mabh	断 躍角礫(約0.4m)	北もしくは南方向に低角度で傾斜する条線	不明	N11°W • 78°SE
9	SH460_1(	5_3断層	MIZ-1号귀. 580. 90-596.40mabh	断層ガウジ (約0.5m)	南方向に低角度で傾斜する条線	不明	N7°W • 72°E
۲	SH180_(	08断層	DH15号귀. 605.30-632.70mabh	断層角碟(約0.9m)	東方向に高角度で傾斜する条線	生明	N69°E • 64°S
9	SH180_(	09断層	DH2号귀. 293.47-328.03mabh	断層角碟(約1.0m)	西方向に中角度で傾斜する条線	本明	N84°E • 69°S
9	SH180_0(	9_1断屠	DH2号귀. 339.18-356.19mabh	断 層角機 (約0.5m)	西方向に高角度で傾斜する条線	不明	N80°W • 73°S
۵	SB3_1(	8断層	MIZ-1号귀. 37.86-43.05mabh	断 曆角碟(約0.2m)	北東方向に低角度で傾斜する条線	伯业	N30°E • 75°S
8	SB3_1(	9断層	MIZ-1号孔 782.40-812.90mabh	断層角碟(約0.2m)	南東方向に高角度で傾斜する条線	全明	N66°E • 73°SE
۲	S500_pr o	∿_22断層	深度500m研究アクセス北抗道 (主立坑の中心から約59m付近)	断層ガウジ・断層角礫(約0.2m)	北西もしくは南東方向に低角度で傾斜する条線	舶业	$N21 \sim 31$ "W · 76 $\sim 82$ "E
8	S500_pr o	₩_23時層	深度500m研究アクセス南抗道 20mポーリング模坑 (換気立坑の中心から約20m付近)	断履ガウジ(約0.1m)	不明	不明	N10~30°₩•80~86°E

の特徴
断層
1 1 2
七十
[] 所居
研究
F
表 5.

※)断層および断層主要部の幅は, 記載データに基づいて, 全て見かけの幅で記載している(以下, 本文においても同様)。

### 5.1.1 主立坑断層(SH500\_M\_SHAFT断層)

主立坑断層は瑞浪層群および土岐花崗岩中で認められており,瑞浪層群中では変位約 1m で, 断層主要部(断層ガウジおよび断層角礫からなる)の幅は最大 0.5m 程度であるが,土岐花崗 岩中では変位は不明ながら断層主要部の幅は 1m 以上に及ぶ<sup>15)</sup>。

主立坑の壁面地質調査により,主立坑断層は深度 500m まで連続することが確認された(図 5.1.1・1)。断層面は深度 450m までは主立坑の調査断面内(直径約 7.3m)に複数条が確認されるが,深度 450m 以深ではほぼ 1 条になる。断層面の走向は深度 300m 以浅と同様に N30°~40°W であるが,傾斜は深度 460m 以浅が鉛直~80°W,それ以深は鉛直~80°Eの傾向を示す。断層主要部は断層ガウジおよび断層角礫からなり,断層主要部の幅は深度 300~410m にかけては概ね幅数 10cm であるが,深度 300~330m および深度 370~410m にかけては数 m に及ぶ場合もある(図 5.1.1・1,図 5.1.1・2)。また,深度 410m 以深では断層主要部の幅は約 10cm~数 cm 程度となり,特に深度 480m 以深は数 cm 程度となる(図 5.1.1・1,図 5.1.1・3)。断層ガウジ中には主に北西もしくは南東方向に低角度(水平から 22°)で傾斜する条線を伴う断層面が確認される場合がある。

深度 400m 予備ステージと深度 500m 予備ステージでは,主立坑の中心から 18m 程度まで 断続的に断層が認められる(図 5.1-3)。断層主要部の幅は主立坑から離れるにしたがって小 さくなり,主立坑から 6.5m(北側壁)では数 10cm~数 m であるが,主立坑から約 11m 付近 では最大 5cm,約 17m 付近では最大 1.5cm となる(図 5.1-3)。

また、断層主要部の周囲には、割れ目頻度が高く(割れ目間隔が十数 cm 程度),原岩組織 は確認されるものの岩盤全体が変質し、淡緑色~暗緑色を呈するダメージゾーンが分布する。 ダメージゾーンは、主立坑では深度 480m までは調査対象範囲の全域がダメージゾーンに相当 するが、深度 480~500m にかけては、北東側の領域にはダメージゾーンが連続しないことが 確認された(図 5.1-3)。深度 400m 予備ステージでは主立坑の中心から 20m 付近、深度 500m 予備ステージでは主立坑の中心から約 20m の範囲に分布する(図 5.1-3)。また、深度 500m 研究アクセス北坑道では、坑道の掘削方向(N41°E 方向)にはダメージゾーンが連続しない (図 5.1-3)。

このように,主立坑断層は断層主要部およびダメージゾーンの分布範囲は,深度の増加とと もに減少する傾向がある。







」 断層面

図 5.1.1-2 主立坑壁面において確認された主立坑断層の産状(深度約 377m) 写真の全体が断層主要部である。断層面の湾曲は壁面の凹凸に起因する。



図 5.1.1-3 主立坑壁面において確認された主立坑断層の産状(深度約 489m) 幅 1~4cm の灰色を呈する断層ガウジが分布する。

### 5.1.2 深度 500m ステージで認められた断層

深度 500m ステージでは,主立坑断層 (SH500\_M\_SHAFT 断層)の他に,SH500\_13\_2 断層と新たに S500\_prov\_22 断層および S500\_prov\_23 断層が壁面地質調査で確認された(図 5.1-3)。

1) SH500\_13\_2 断層

SH500\_13\_2断層は, DH-2号孔の413.10~460.18mabhで認められている断層であり, 427.6 ~428.6mabh で断層角礫およびコアロス区間(断層ガウジが分布すると推定)からなる断層主 要部が確認されている。走向は N16°Wで79°Eの傾斜を示すとともに<sup>15</sup>,南方向に高角度 (水平から76~78°)で傾斜する条線が認められる。本断層は,走向傾斜から深度 500m にお いては,換気立坑近傍の深度 500m 研究アクセス南坑道付近に分布することが推定されていた (図 5.1-1)。

深度 500m 研究アクセス南坑道の壁面地質調査により,SH500\_13\_2 断層が確認された。こ

こで確認された断層は,換気立坑の中心から約9m付近に分布し,走向N12~14°W,傾斜は 鉛直~80°Eであり,幅約10cmの断層ガウジおよび断層角礫からなる断層主要部が認められ る。また,断層主要部の北東側には,最大約100cmの幅にわたって,割れ目間隔が1~5cm程 度のダメージゾーンが分布する(図5.1.2-1)。

### 2) S500\_prov\_22 断層

S5000\_prov\_22 断層は,既往調査では確認されておらず,深度 500m 研究アクセス北坑道の 掘削に伴う壁面地質調査で新たに確認された断層である(図 5.1-3)。

本断層は,主立坑の中心から約 59m 付近に認められ(図 5.1-3),走向 N21~31°W,傾斜 は 76~82°E であり,幅約 20cm の断層ガウジおよび断層角礫からなる断層主要部が認められ る。断層面には北西もしくは南東方向に低角度(水平から 0~17°)で傾斜する条線が認めら れる。また,断層主要部の両側には,幅 2~3m にわたって割れ目間隔 3~30cm 程度のダメージゾーンが分布する(図 5.1.2-2)。



図 5.1.2-1 深度 500m 研究アクセス南坑道で確認された SH500\_13\_2 断層の産状 換気立坑の中心から 8m 付近の北側壁~天端の展開写真。



図 5.1.2-2 深度 500m 研究アクセス北坑道で確認された S500\_prov\_22 断層の産状 主立坑の中心から 61m 付近の鏡面写真。

### 3) S500\_prov\_23 断層

S500\_prov\_23 断層は,既往調査で確認されておらず,深度 500m 研究アクセス南坑道 20m ボーリング横坑の掘削に伴う壁面地質調査で新たに確認された断層である(図 5.1-3)。

本断層は,換気立坑の中心から約 20m 付近で,深度 500m 研究アクセス南坑道 20m ボーリ ング横坑の 3~8m の範囲に認められ,走向 N10~30°W,傾斜は 80~86°E であり,幅 6~ 14cm の断層ガウジからなる断層主要部が認められる。断層主要部は,鏡面下部で 2 条に分岐 し,その周囲にダメージゾーンの分布は認められない(図 5.1.2-3)。



図 5.1.2-3 深度 500m 研究アクセス南坑道 20m ボーリング横坑で確認された S500\_prov\_23 断層の産状 深度 500m 研究アクセス南坑道の壁面から 7m 付近の壁面写真。 断層主要部は壁面の下部で 2 条に分岐している。

### 5.2 割れ目

第2段階の調査研究では、研究坑道の壁面地質調査、研究坑道から掘削したボーリング調査 によって、研究坑道および研究坑道周辺の割れ目に関する情報を取得している。取得する情報 は、壁面地質調査およびボーリング調査とも、目視観察による割れ目面の形状、割れ目表面に 認められる構造(条線など)、割れ目の充填状況や充填鉱物、割れ目周辺の母岩の性状および湧 水の有無である<sup>11,12</sup>)。壁面地質調査においては、立坑では観察時の底面から高さ1.3m、水平 坑道は底面から1.2~2.2mの高さにスキャンラインを設定し(スキャンラインの高さは、坑道 の高さによって変えられている;表5.2·1)、スキャンラインと交差する割れ目を記載している。 スキャンラインに交差しない割れ目については、割れ目のトレース長が2mを越えるものと、 湧水を伴うものを対象に記載している。割れ目の方位については、原則としてクリノメータを 用いて計測しているが、H 形鋼などが設置されている場所では分度器を用いて計測し、計測位 置に基づき走向傾斜を算定している。また、ボーリング調査においては主に BTV 観察によっ て把握している。

主立坑では主立坑断層に沿う粘土変質の影響により、割れ目の情報が限定されることから、 ここでは換気立坑および深度 400m 予備ステージ,深度 500m ステージで取得された情報を中 心に報告する。なお、傾斜角については、低角度:0~30°未満、中角度:30~60°未満、高 角度:60~90°に分けて示す。

	スキャンライン高さ (m)	
深度400m予	備ステージ	1.2
	予備ステージ	1.2
	研究アクセス北坑道	2. 2
深度500m	研究アクセス北坑道57mボーリング西・東横坑	1. 45
ステージ	研究アクセス南坑道	1. 45
	研究アクセス南坑道20mボーリング横坑	1. 45
	研究アクセス南坑道20m計測横坑	1. 45

表 5.2-1 各坑道のスキャンラインの高さ

### 5.2.1 割れ目の分布と特徴

換気立坑における割れ目の分布と特徴として,図 5.2.1-1 に壁面地質調査とパイロットボー リング<sup>35)</sup>で得られたデータに基づく割れ目の頻度を示す。また,図 5.2.1-2 には,深度 300~ 500mの壁面地質展開図と深度 20m 毎の割れ目の方位を示す。

全割れ目の頻度は、深度 320m 付近以深では深度毎の変化が小さいが、深度 460m 付近を境 に、それ以深では全割れ目の頻度が減少する。低角度割れ目はパイロットボーリングおよび壁 面地質調査のいずれでも深度 320m 付近から頻度が少なくなり、特にパイロットボーリングで は、深度 460~510m にかけては確認されない。高角度割れ目は壁面地質調査の結果から、深 度 300~320m で頻度が高く、深度 420~460m 付近で頻度が増加する傾向にあるが、その他の 深度では全割れ目の傾向と同様に、深度毎の変化が小さい(図 5.2.1-1)。

高角度割れ目の深度方向の方位の変化は,深度約 220m 付近から連続していた北西走向の高 角度割れ目 <sup>11,40</sup>は深度 300m にかけて減少し,深度 360m 以深ではほとんど認められない。一 方で,深度 300m 付近から北東走向の高角度の割れ目が卓越する(図 5.2.1-2)。水平方向の方 位の変化は,深度 400m 予備ステージでは,換気立坑の中心から約 12mにかけては,北東走向 の高角度割れ目が卓越する(図 5.1-3)。

割れ目の充填鉱物は北西走向および北東走向いずれも主に炭酸塩鉱物と緑色を呈する粘土鉱物からなり,走向や深度による充填鉱物の種類や量比の違いは認められない。また,割れ目に沿った母岩側では灰色を呈する数 mm 程度の変質が確認される<sup>36,41)</sup>。

次に, 深度 400m 予備ステージと深度 500m ステージの割れ目方位を, 図 5.2.1-3 および図 5.2.1-4 にそれぞれ示す。なお, 図 5.2.1-4 には, 深度 500m 研究アクセス北坑道, 予備ステージおよび研究アクセス南坑道に分けた割れ目方位も合わせて示す。

深度 400m 予備ステージでは、北東走向の高角度割れ目が卓越し、北北東走向および北北西 走向の高角度割れ目を伴う(図 5.2.1-3)。換気立坑の深度 400m 付近では北東走向の高角度割 れ目が認められるのみであり(図 5.2.1-2),割れ目の方位に相違がある。

なお,図 5.2.1-1 に示した壁面地質調査とボーリングで得られたデータを比較すると,深度 ごとの割れ目頻度の傾向や卓越する傾斜に相違が認められる。これは鉛直ボーリングの場合, 高角度割れ目の遭遇率が低下すること,立坑の壁面地質調査ではスキャンラインが水平に設定 されるため,低角度割れ目を過小評価している可能性があることなどに起因すると推察される。



# パイロットボーリングは BTV 画像データに基づく。 (低角度:0~30°未満,中角度:30~60°未満,高角度:60~90°

### JAEA-Research 2013-014



図 5.2.1-2 換気立坑の深度 300~500m の壁面地質展開図および割れ目方位 (極の下半球等積投影コンター図)

深度 500m ステージ全体では、北東および北西走向の高角度割れ目が卓越する(図 5.2.1-4a)。 坑道ごとに見ると、研究アクセス北坑道では北東走向の高角度割れ目が卓越し、同坑道に分布 する S500\_prov\_22 断層と同様の北西走向の高角度割れ目は付随的である(図 5.2.1-4b)。予備 ステージでは北東走向の高角度割れ目の集中度が高く、ほぼ南北走向の高角度割れ目もわずか に認められる(図 5.2.1-4b,c)。これに対し、研究アクセス南坑道では、同坑道に分布する SH500\_13\_2 断層や S500\_prov\_23 断層と同様の北西走向の高角度傾斜の集中度が高く、北北 東~北東走向の高角度傾斜を伴うようになり(図 5.2.1-4d)、予備ステージとは割れ目の卓越方 位が異なる。深度 500m 予備ステージの割れ目方位は、換気立坑の深度 480~500m の割れ目 方位と一致する。これに対して、研究アクセス南坑道の割れ目方位が異なることは、 SH500\_13\_2 断層を挟んで割れ目の卓越方位が変化する可能性を示唆する。

低角度割れ目との交錯関係は北西走向の高角度割れ目と同様に<sup>42)</sup>,低角度割れ目は高角度割 れ目を切らない場合が多い。北西走向と北東走向の高角度割れ目については、換気立坑内のお ける交錯関係は確認できなかったが、深度 400m 予備ステージおよび深度 500m ステージの結 果から、北東走向の割れ目が北西走向の割れ目を切らない場合が比較的多い(図 5.1-3 を参照)。

花崗岩中の低角度割れ目の頻度の違いから、上部割れ目帯(UHFD)、下部割れ目低密度帯 (LSFD)に区分されている 6.9,37)。深度 500mにかけては、パイロットボーリング調査の結 果 35)から、換気立坑の深度 460m 以深が LSFD に相当すると推定されていた 9,35)。しかし図 5.2.1-1aに示す通り、壁面地質調査に基づく割れ目頻度では、深度 460m 付近において低角度 割れ目の頻度に有意な差が認められず、むしろ深度 310m 付近で頻度が減少する。また、深度 460m 付近では高角度割れ目の頻度の変化が明瞭である。UHFD と LSFD の区分については、 低角度および高角度割れ目の頻度や充填鉱物の産状等のより詳細な調査や、成因の検討等を踏 まえて見直す必要がある。



図 5.2.1-3 深度 400m 予備ステージの割れ目方位 (極の下半球等積投影コンター図) カッコ内の数字は割れ目本数を表す。



(a) 深度 500m ステージ全体 (N=3674)



(b) 研究アクセス北坑道(N=2014)



(c) 予備ステージ (N=876)

(d) 研究アクセス南坑道(N=784)

図 5.2.1-4 深度 500m ステージの割れ目方位 (極の下半球等積投影コンター図) カッコ内の数字は割れ目本数を表す。

### 5.2.2 湧水を伴う割れ目

換気立坑においては、パイロットボーリングの調査により、北東走向の高角度割れ目に関連 する湧水を伴う割れ目が確認されている<sup>35)</sup>。当該区間(深度 421~428m および深度 446~453m) においては、立坑掘削に先だってプレグラウトが実施されており、壁面地質観察時に割れ目の グラウト材の充填状況を確認できた<sup>36)</sup>。図 5.2.2-1 に深度 444.2~459.8m の壁面地質展開図と グラウト材に充填された割れ目の方位を示す。

グラウト材の充填は区間中に卓越する北東走向の高角度割れ目に確認され、トレース長の短い割れ目(概ね1m以下)では、割れ目の全トレースがグラウト材に充填されるが、トレース 長が数 m におよぶ割れ目の場合には、グラウト材の充填が数十 cm から数 m の範囲に限定さ れている<sup>36)</sup>。また、割れ目の交差部や平行に分布する高角度割れ目を繋ぐ低角度割れ目にもグ ラウト材が認められる<sup>36)</sup>。

深度 400m 予備ステージでは、全体の約 15%の割れ目で湧水が認められた。その方位として は北東走向の高角度割れ目が卓越し、北北東走向および北北西走向の高角度割れ目を伴う(図 5.2.2-2)。湧水を伴う割れ目の方位は、全体の割れ目の方位(図 5.2.1-3)と同様であり、方位 による湧水の有無の違いは認められない。

深度 500m ステージ全体では、湧水を伴う割れ目は全体の約 13%であり、方位としては北西 走向の高角度が卓越し、北東走向の高角度を伴う(図 5.2.2-3a)。深度 500m ステージ全体とし てみると、湧水を伴う割れ目の方位は、全体の割れ目の方位(図 5.2.1-4a)と同様であり、方 位による透水性の違いは認められない。このような傾向は深度 500m 研究アクセス南坑道でも 同様であり、そこでは全体の割れ目方位(図 5.2.1-4d)と同様に、湧水を伴う割れ目は北西走 向の高角度のものが卓越し、北東走向の高角度のものを伴う(図 5.2.2-3d)。なお、研究アクセ ス南坑道では、全体の約 36%の割れ目で湧水が認められている。

これに対し,研究アクセス北坑道では湧水を伴う割れ目は北西走向の高角度のものが多く(図 5.2.2-3b),全体の割れ目方位(北東走向の高角度傾斜;図 5.2.1-4b)とは異なる傾向を示す。 また,予備ステージでは,湧水を伴う割れ目は北北西走向の高角度が卓越するが(図 5.2.2-3c), 全体の割れ目方位は北東走向の高角度のものが卓越し(図 5.2.1-4c),研究アクセス北坑道と同 様に,全体の割れ目方位とは異なる卓越方位を示す。なお,研究アクセス北坑道では全体の約 6%,予備ステージでは全体の約 8%の割れ目が湧水を伴うのみである。



図 5.2.2-1 換気立坑の深度 444.2~459.8mの壁面地質展開図と割れ目方位 36)



図 5.2.2-2 深度 400m 予備ステージにおける湧水を伴う割れ目方位 (極の下半球等積投影コンター図) カッコ内の数字は湧水を伴う割れ目本数を表す。



カッコ内の数字は湧水を伴う割れ目本数を表す。

### 6. まとめ

深度 300m から 500m までの調査によって明らかになった地質・地質構造を以下にまとめる。

I. 地質

- ●土岐花崗岩
- ・土岐花崗岩は,等粒状で淡灰色~淡桃色を呈し,主に石英,カリ長石,斜長石,黒雲母から構成され,ホルンブレンドを含む。鉱物の粒径は主に5~7mm 程度の中~粗粒の花崗岩である。
- ・土岐花崗岩中にはペグマタイトが岩脈として局所的に分布するほか,幅数 cm の黒雲母の 濃集部も普遍的に認められる。
- ・深度 300m までの調査により確認されている土岐花崗岩の産状と大きな相違は認められない。
- ●貫入岩(ランプロファイアー岩脈)
- ・ランプロファイアー岩脈は主立坑断層に沿って主に深度約 357m まで分布し,深度 400~416m にもわずかに分布する。
- ・ランプロファイアー岩脈の分布幅は深度の増加とともに減少する傾向を示し、深度約 320m 以深では 10~数+ cm となる。
- ・ランプロファイアー岩脈は灰白色の細粒な岩相を呈し,深度 300m までの調査により確認 されている岩相と大きな相違は確認されない。
- Ⅱ. 地質構造
  - ●断層
  - ・深度 300m から 500m までの調査により確認された断層は、これまでに把握されていた断層として主立坑断層と SH500\_13\_2 断層があり、深度 500m 研究アクセス北坑道で S500\_prov\_22 断層が、研究アクセス南坑道で S500\_prov\_23 断層が新たに確認された。
  - ・主立坑断層は少なくとも深度 500m まで連続することが確認されたが、深度の増加ととも に断層主要部およびダメージゾーンの分布範囲は減少する。
  - ・SH500\_13\_2 断層は換気立坑近傍の深度 500m 研究アクセス南坑道に分布し,幅約 10cm の断層主要部および最大幅約 100cm のダメージゾーンからなる。
  - •S500\_prov\_22 断層は主立坑の中心から約 61m 離れた深度 500m 研究アクセス北坑道に分 布し,幅約 20cm の断層主要部および幅 2~3m のダメージゾーンからなる。
  - •S500\_prov\_23 断層は深度 500m 研究アクセス南坑道 20m ボーリング横坑に分布し,幅6
     ~14cm の断層主要部からなる。

●割れ目

・低角度割れ目は深度 320m 以深から頻度が小さくなり、深度 460m 以深ではほとんど確認

されない。高角度割れ目は深度 420~460m にかけて頻度が増加する傾向にある。

- ・深度約 220m 付近から連続していた北西走向の高角度割れ目は,深度 300m にかけて減少 する。一方で深度 300m 付近から北東走向の高角度割れ目が卓越する。
- ・低角度割れ目の頻度の違いに基づき区分されている上部割れ目帯(UHFD)および下部割 れ目低密度帯(LSFD)の境界については、低角度割れ目頻度に加え高角度割れ目の頻度 や、割れ目の充填鉱物の産状等のより詳細な検討を行う必要がある。
- ・深度 500m ステージでは、全体としては北東および北西走向の高角度割れ目が卓越する。
   坑道ごとには、研究アクセス北坑道と予備ステージでは、北東走向の高角度割れ目が卓越
   するが、研究アクセス南坑道では北西走向の高角度割れ目が卓越することから、割れ目の
   卓越方位は SH500 13 2 断層を挟んで変化する可能性が示唆された。
- ・湧水を伴う割れ目は,換気立坑および深度 400m 予備ステージでは,主に北東走向の高角 度割れ目に確認された。これに対して,深度 500m ステージでは,主に北西走向の高角度 割れ目に確認された。

### 参考文献

- 1) 原子力委員会, 原子力政策大綱, 2005, 52p.
- 2) 日本原子力研究開発機構, 超深地層研究所 地層科学研究基本計画, JAEA-Review 2010-016, 2010, 37p.
- 3) 核燃料サイクル開発機構, 東濃地域における地質環境特性に関する研究-地表からの調査研 究の考え方と進め方-, JNC TN7410 2002-008, 2003, 26p.
- 4) 核燃料サイクル開発機構,超深地層研究所計画における調査研究の考え方と進め方(平成 15~17年度), JNC TN7400 2004-008, 2004, 66p.
- 5) 國丸貴紀,見掛信一郎,西尾和久,鶴田忠彦,松岡稔幸,石橋正祐紀,窪島光志,竹内竜史, 水野 崇,佐藤稔紀,真田祐幸,丹野剛男,引間亮一,湯口貴史,笹尾英嗣,尾方伸久,濱 克宏,小出 馨,池田幸喜,山本 勝,島田顕臣,松井裕哉,伊藤洋昭,杉原弘造,超深地 層研究所計画 年度計画書(2012年度),JAEA-Review 2012-028, 2012, 31p.
- 6) 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, 337p.
- 7) 動力炉・核燃料開発事業団, 広域地下水流動研究基本計画書, PNC TN7020 98-001, 1997, 9p.
- 8) 核燃料サイクル開発機構,高レベル放射性廃棄物の地層処分技術に関する知識基盤の構築-平成17年取りまとめ-分冊1深地層の科学的研究, JNC TN1400 2005-014, 2005, 415p.
- 9) 石橋正祐紀,栗原 新,松岡稔幸,笹尾英嗣,超深地層研究所計画におけるサイトスケール 地質構造モデルの構築-第2段階における Shaft180 から Stage300 地質構造モデルへの更 新-, JAEA-Research 2012-018, 2012, 48p.
- 10) 三枝博光,松井裕哉,濱 克宏,佐藤稔紀,鶴田忠彦,竹内竜史,國丸貴紀,松岡稔幸, 水野崇,超深地層研究所計画における調査研究の考え方と進め方-深度 500m までの調査研 究計画-, JAEA-Review 2011-022, 2011, 78p.
- 11) 鶴田忠彦, 松岡稔幸, 程塚保行, 田上雅彦, 石田英明, 早野 明, 栗原 新, 湯口貴史, 超深地層研究所計画 地質・地質構造に関する調査研究 (2008 年度)報告書, JAEA-Research 2010-039, 2011, 131p.
- 12) 鶴田忠彦,武田匡樹,上野孝志,大丸修二,徳安真吾,尾上博則,新宮信也,石橋正祐紀, 竹内竜史,松岡稔幸,水野 崇,田上雅彦,超深地層研究所計画 主立坑断層を対象とした ボーリング調査結果報告書,JAEA-Technology 2012-001, 2012, 134p.
- 13) 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 研究坑道の壁面調査データ集, JAEA-Data/Code 2012-009, 2012, 47p.
- 14) 石橋正祐紀, 笹尾英嗣, 窪島光志, 松岡稔幸, 超深地層研究所計画におけるサイトスケー ル地質構造モデルの構築-第2段階における Stage300 から Shaft500 地質構造モデルへの

更新-, JAEA-Research 2013-019, 2013, 31p.

- 15) 窪島光志,石橋正祐紀,笹尾英嗣,鶴田忠彦,田上雅彦,湯口貴史,超深地層研究所計画 地質・地質構造に関する調査研究-深度 300m までの地質・地質構造-,JAEA-Research 2012-037, 2013, 78p.
- 16) 糸魚川淳二,瑞浪地域の地質,瑞浪市化石博物館専報, no.1, 1980, pp.1-50.
- 17) 陶土団体研究グループ, 断層境界を伴う多数の基盤ブロックからなる内陸盆地 岐阜県多 治見市周辺の東海層群堆積盆地の例 - , 地球科学, vol.53, 1999, pp.291-306.
- 18) 石原舜三, 鈴木淑夫, 東濃ウラン鉱床の基盤花崗岩類, 地質調査所報告, no.232, 1969, pp.113-127.
- 19) Ishihara, S. and Chappel, B., Chemical compositions of the late Cretaceous Ryoke granitoids of the Chubu District, central Japan-Revisited, Bulletin of the Geological Survey of Japan, vol.58, 2007, pp.323-350.
- 20) 湯口貴史, 鶴田忠彦, 西山忠男, 中部日本土岐花崗岩の岩相と化学組成の累帯変化, 岩石 鉱物科学, vol.39, 2010, pp.50-70.
- 21) Suzuki, K. and Adachi, M., Denudation history of the high T/P Ryoke metamorphic belt, south west Japan, constraints from CHIME monazite ages of gneisses and granitoids, Journal of Metamorphic Geology, vol.16, 1998, pp.27-37.
- 22) 笹尾英嗣,岩野英樹,壇原 徹,岐阜県東濃地方に分布する瑞浪層群土岐夾炭層の凝灰質 砂岩のフィッション・トラック年代,地質学雑誌,vol.112,2006, pp.459-468.
- 23) Yuguchi, T., Amano, K., Tsuruta, T., Danhara, T. and Nishiyama, T., Thermochronology and the three-dimensional cooling pattern of a granitic pluton, An example of the Toki granite, Central Japan, Contributions to Mineralogy and Petrology, vol.162, 2011, pp.1063-1077.
- 24) 糸魚川淳二,瑞浪層群の地質,瑞浪市化石博物館研究報告, no.1, 1974, pp.9-42.
- 25)氏原 温,入月俊明,細山光也,岐阜県東濃地域の新第三系,日本地質学会第106年学術 大会見学旅行案内書,1999, pp.97-116.
- 26) 笹尾英嗣, 佐々木圭一, 鶴田忠彦, 大田久仁雄, 瑞浪層群の層序区分について, JNC TN7420 2004-001, 2004, 14p.
- 27) Hiroki, Y. and Matsumoto, R., Magnetostratigraphic correlation of Miocene regression-and-transgression boundaries in central Honshu, Japan, Journal of the Geological Society of Japan, vol.105, 1999, pp.87-107.
- 28) 糸魚川淳二,柴田 博,瀬戸内区の中新世古地理(改訂版),瑞浪市化石博物館研究報告, no.19, 1992, pp.1-12.
- 29) 日本の地質「中部地方Ⅱ」編集委員会, 日本の地質5 中部地方Ⅱ, 共立出版, 1988, 310p.
- 30) 赤嶺秀雄,瀬戸市を中心とする陶土地帯,特に陶土および亜炭を含む地層の堆積状態,資源科学研究所彙報, no.34, 1954, pp.25-39.
- 31) 動力炉・核燃料開発事業団、日本のウラン資源、PNC TN7420 94-006, 1994, 391p.

- 32) 中野勝志,大澤英昭,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の現状, サイクル機構技報, no.12, 2001, pp.91-106.
- 33) 栗原新, 天野賢治, 劉 春学, 小池 克明, 花崗岩体上部に発達する低角度亀裂の空間分布 特性と地質学的解釈-瑞浪超深地層研究所周辺の土岐花崗岩からの知見, Journal of MMIJ, vol.124, 2008, pp.710-718 (2008).
- 34) 三枝博光,須山泰宏,深地層研究所計画における地質構造モデルの構築及び地下水流動解 析,サイクル機構技報, no.9, 2000, pp.89-101.
- 35) 鶴田忠彦,竹内真司,竹内竜史,水野 崇,大山卓也,瑞浪超深地層研究所における立坑 内からのパイロットボーリング調査報告書,JAEA-Research 2008-098, 2009, 81p.
- 36) 國丸貴紀,見掛信一郎, 西尾和久,鶴田忠彦,松岡稔幸,早野 明,竹内竜史,三枝博光, 大山卓也,水野 崇,丹野剛男,平野 享,竹内真司,尾方伸久,濱克宏,池田幸喜,山本 勝,弥富洋介,島田顕臣,松井裕哉,伊藤洋昭,杉原弘造,超深地層研究所計画 年度報告 書(2009年度), JAEA-Review 2011-007, 2011, 145p.
- 37) 松岡稔幸, 熊崎直樹, 三枝博光, 佐々木圭一, 遠藤令誕, 天野健治, 繰り返しアプローチ に基づく地質構造のモデル化 (Step1 および Step2), JNC TN7400 2005-007, 2005, 99p.
- 38) 國丸貴紀,見掛信一郎,西尾和久,鶴田忠彦,松岡稔幸,石橋正祐紀,笹尾英嗣,引間亮一,丹野剛男,真田祐幸,尾上博則,佐藤成二,狩野智之,竹内竜史,新宮信也,大森一秋,萩原大樹,福田朱里,岩月輝希,湯口貴史,濱克宏,尾方伸久,小出 馨,池田幸喜,山本勝,橋詰 茂,島田顕臣,佐藤稔紀,伊藤洋昭,松井裕哉,杉原弘造,超深地層研究所計画 年度報告書(2011年度),JAEA-Review 2013-018, 2013, 169p.
- 39) 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 深度 300m~500m の研究坑道の 壁面地質調査データ集, JAEA-Data/Code 2012-025, 2013, 32p.
- 40) 竹内真司,國丸貴紀,見掛信一郎,西尾和久,鶴田忠彦,松岡稔幸,早野 明,竹内竜史, 三枝博光,大山卓也,水野 崇,平野 享,尾方伸久,濱 克宏,池田幸喜,山本 勝,弥 富洋介,島田顕臣,松井裕哉,伊藤洋昭,杉原弘造,超深地層研究所計画 年度報告書(2008 年度), JAEA-Review 2010-014, 2010, 110p.
- 41) 國丸貴紀,見掛信一郎,西尾和久,鶴田忠彦,松岡稔幸,石橋正祐紀,上野孝志,徳安真 吾,大丸修二,竹内竜史,三枝博光,尾上博則,武田匡樹,狩野智之,水野 崇,萩原大樹, 佐藤稔紀,真田祐幸,丹野剛男,引間亮一,森川佳太,湯口貴史,尾方伸久,濱 克宏,池 田幸喜,山本 勝,島田顕臣,松井裕哉,伊藤洋昭,杉原弘造,超深地層研究所計画 年度 報告書(2010年度),JAEA-Review 2012-020, 2012, 178p.
- 42) 田上雅彦,中俣公徳,早野 明,栗原 新,天野健治,鶴田忠彦,瑞浪超深地層研究所の 花崗岩上部に分布する地質構造について,平成20年度応用地質学会研究発表会講演論文集, 2008, pp.141-142.

This is a blank page.

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

表2. 基本単位を用いて表されるSI組立単位の例				
和辛量	SI 基本単位			
和立里	名称	記号		
面 積平	方メートル	$m^2$		
体 積立	法メートル	$m^3$		
速さ,速度メ	ートル毎秒	m/s		
加速度メ	ートル毎秒毎秒	$m/s^2$		
波 数每	メートル	m <sup>-1</sup>		
密度,質量密度キ	ログラム毎立方メートル	kg/m <sup>3</sup>		
面積密度キ	ログラム毎平方メートル	kg/m <sup>2</sup>		
比 体 積立	方メートル毎キログラム	m <sup>3</sup> /kg		
電流密度ア	ンペア毎平方メートル	$A/m^2$		
磁界の強さア	ンペア毎メートル	A/m		
量 濃 度 <sup>(a)</sup> , 濃 度 モ	ル毎立方メートル	mol/m <sup>3</sup>		
質量濃度キ	ログラム毎立法メートル	kg/m <sup>3</sup>		
輝 度力	ンデラ毎平方メートル	$cd/m^2$		
屈 折 率 <sup>(b)</sup> (	数字の) 1	1		
比透磁率(b)	数字の) 1	1		
(a) 量濃度 (amount concentra	ation)は臨床化学の分野では	物質濃度		
(substance concentration)	とも上げれる			

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

### 表3. 固有の名称と記号で表されるSI組立単位

	SI 租业单位				
組立量	名称	記号	他のSI単位による 表し方	SI基本単位による 表し方	
亚	5.37 v (b)	red	1 (b)	m/m	
	() / / / / / / (b)	(c)	1 1 (b)	2/ 2	
		sr II-	1	m m	
同 仮 多		пг		S .	
カ	ニュートン	N		m kg s <sup>-2</sup>	
E 力 , 応 力	パスカル	Pa	N/m <sup>2</sup>	m <sup>-1</sup> kg s <sup>-2</sup>	
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 <sup>2</sup> kg s <sup>-3</sup>	
電荷,電気量	クーロン	С		s A	
電位差(電圧),起電力	ボルト	V	W/A	$m^2 kg s^{-3} A^{-1}$	
静電容量	ファラド	F	C/V	$m^{-2} kg^{-1} s^4 A^2$	
電気抵抗	オーム	Ω	V/A	$m^2 kg s^{\cdot 3} A^{\cdot 2}$	
コンダクタンス	ジーメンス	s	A/V	$m^{-2} kg^{-1} s^3 A^2$	
磁東	ウエーバ	Wb	Vs	$m^2 kg s^2 A^1$	
磁束密度	テスラ	Т	Wb/m <sup>2</sup>	$kg s^{2} A^{1}$	
インダクタンス	ヘンリー	Н	Wb/A	$m^2 kg s^{-2} A^{-2}$	
セルシウス温度	セルシウス度 <sup>(e)</sup>	°C		K	
光東	ルーメン	lm	cd sr <sup>(c)</sup>	cd	
照度	ルクス	lx	lm/m <sup>2</sup>	m <sup>-2</sup> cd	
放射性核種の放射能 <sup>(f)</sup>	ベクレル <sup>(d)</sup>	Bq		s <sup>-1</sup>	
吸収線量 比エネルギー分与					
カーマ	グレイ	Gy	J/kg	m <sup>2</sup> s <sup>2</sup>	
線量当量,周辺線量当量,方向	2 × 2 2 (g)	C	T/la a	2 -2	
性線量当量,個人線量当量		SV	J/Kg	ms	
酸素活性	カタール	kat		s <sup>-1</sup> mol	

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

### 表4.単位の中に固有の名称と記号を含むSI組立単位の例

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

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

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

# 表7. SIに属さないが、SIと併用される単位で、SI単位で

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

### 表8.SIに属さないが、SIと併用されるその他の単位

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

### 表9. 固有の名称をもつCGS組立単位

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

は対応関係を示すものである。

		表	(10.	SIに 尾	<b>禹さないその他の単位の例</b>
	名称				SI 単位で表される数値
キ	ユ	IJ	ĺ	Ci	1 Ci=3.7×10 <sup>10</sup> Bq
$\scriptstyle  u$	ン	トゲ	$\sim$	R	$1 \text{ R} = 2.58 \times 10^{-4} \text{C/kg}$
ラ			K	rad	1 rad=1cGy=10 <sup>-2</sup> Gy
$\scriptstyle  u$			ム	rem	1 rem=1 cSv=10 <sup>-2</sup> Sv
ガ		$\sim$	7	γ	1 γ =1 nT=10-9T
フ	I.	N	"		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
ŀ			ル	Torr	1 Torr = (101 325/760) Pa
標	進	大気	圧	atm	1 atm = 101 325 Pa
力	П	IJ	ļ	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)
3	カ	17	~		$1 = 1 = 10^{-6}$ m

この印刷物は再生紙を使用しています