

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 5 月 28 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2014

課題番号：23360400

研究課題名(和文) 変動帯における結晶質岩中透水性亀裂の形成・寿命・機能評価に関する応用研究

研究課題名(英文) A study of longevity on groundwater flow-path in granitic rocks of orogenic field of Japan

研究代表者

吉田 英一 (Yoshida, Hidekazu)

名古屋大学・博物館・教授

研究者番号：30324403

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,200,000円

研究成果の概要(和文)：地下環境・岩盤を活用する試みがいろいろな方面で検討されている。例えば、放射性廃棄物の地層処分や温室効果ガスであるCO<sub>2</sub>の地下貯留、液化天然ガス(LPG)の地下備蓄などが代表的な事例として挙げられる。これらでは、地下水の動きを正確に把握し、廃棄物・備蓄物との反応を理解することが必要である。その目論見のもと、花崗岩類(結晶質岩)中の透水性亀裂に着目し、その形成メカニズムの調査を行い、透水性割れ目の成因とシーリングメカニズムを明らかにすることができた。

研究成果の概要(英文)：Usage of underground and surrounding environment has been development particularly for LPG storage, CO<sub>2</sub> storage and radioactive waste disposal. Based on the background, water conducting fractures are focused on to understand the characteristics. The results are to reveal the formation process of fracture and sealing by fillings in the crystalline rocks distributed in orogenic field of Japan.

研究分野：応用地質

キーワード：透水性亀裂 寿命 変動帯結晶質岩

### 1. 研究開始当初の背景

現在、地下環境・岩盤を活用する試みがいろいろな方面で検討されている。例えば、放射性廃棄物の地層処分や温室効果ガスであるCO<sub>2</sub>の地下貯留、液化天然ガス(LPG)の地下備蓄などが代表的な事例として挙げられる。

これらの地下活用の共通点は、(1)大規模な坑道・地下空洞の建設を必要とすること、(2)保存や処分が保証すべき安全期間が非常に長期であること、である。安全期間については、液化天然ガスの地下備蓄の場合は数十年～百年程度、またCO<sub>2</sub>の場合は数百年以上、そして放射性廃棄物の場合は低レベルで数百年、高レベルでは数千年～数万年以上の長期間を必要としている。このような長期間、初期の機能を地下岩盤・環境が果たし続けるかを判断するためには、地下水の動きを正確に把握し、廃棄物・備蓄物との反応を理解することが必要である。したがって、地下岩盤中の透水性割れ目の分布や形態的特徴を明らかにすることは、廃棄物を長期にわたって安全に保存・処分する上で必要不可欠である。

申請者らは、これまでの花崗岩に発達する割れ目地球科学的調査・研究から、変動帯における割れ目密度が、欧米の安定陸塊を形成する花崗岩より一桁高いことを明らかにした(右図参照:Yoshida et al.2005より)。これは変動帯の花崗岩が持つ特徴であり、わが国の地下環境を活用する以上、透水性割れ目の長期挙動の理解は避けて通ることのできない課題である。

### 2. 研究の目的

本研究では、このような学術的な背景のもと、これらのこれまでに蓄積した地球科学的(構造地質学・鉱物学・地球化学)データと工学的手法を融合させ、我が国の花崗岩体中の透水性割れ目の長期的挙動・安定性に関する評価手法を構築することを目的とする。

とくに現在、地下岩盤中へ放射性廃棄物を処分や化石燃料の保存が検討されている。これらの計画を成功裏に進めるためには、地下岩盤中の「割れ目」が長期にわたって水理学的にどのような影響を及ぼすかを明らかにする必要がある。本研究は、我が国の廃棄物保存・処分の対象岩種の1つである花崗岩等の結晶質岩中の透水性割れ目の長期的挙動について、地球科学的データと工学的解析手法を組み合わせた評価手法を構築する。

### 3. 研究の方法

我が国には、形成年代の異なる結晶質岩

(花崗岩類)が分布する。これら形成年代のことになった岩体中の割れ目形態、充填鉱物などを系統的に調査し、変化の傾向と充填鉱物によるシーリングメカニズムを調査・解析する。具体的な実施手法は以下の調査・研究を段階的に実施する。

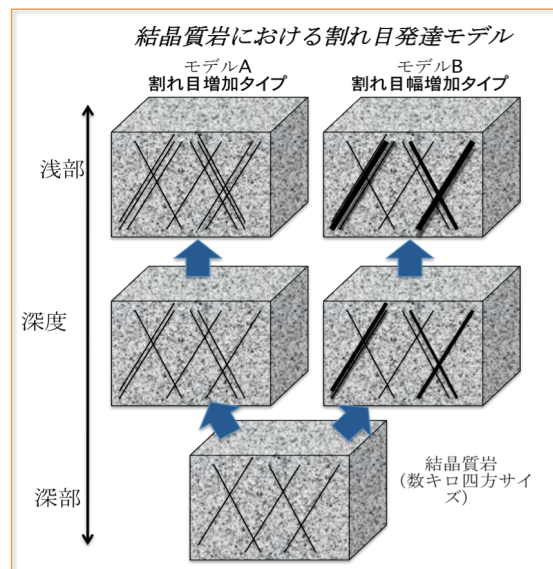
- ①フィールド調査：我が国の異なった年代の結晶質岩体中割れ目の構造地質学的調査
- ②地球化学調査：透水性割れ目の鉱物学的・地球化学的分析
- ③モデル評価：地球統計学的手法を用いた透水性割れ目の長期的挙動解析ならびに透水性割れ目評価項目の検討

### 4. 研究成果

研究の結果、以下の内容が明らかとなった。

1)日本の変動帯地質環境における結晶質岩中の透水性割れ目は、岩体が貫入～冷却した段階で基本的に岩体内部の割れ目頻度が決定され、その後の熱水や地下水の循環によって、充填鉱物の種類が変化すること。下記のモデルで示せば、基本、モデルBに相当する割れ目形成を行うこと。

とくに変動帯花崗岩中の割れ目頻度は、安定した大陸での花崗岩よりも一桁多いことが確認された。これは、変動帯花崗岩の貫入震度が浅く、岩体の規模も小さいため、冷却速度が速く、また隆起速度も速いことによると考えられる。

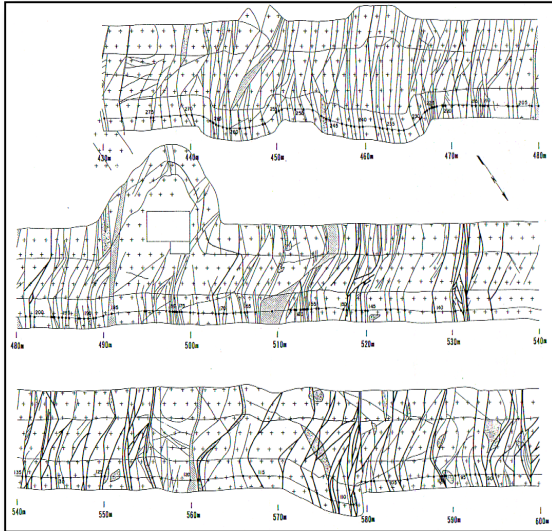


2)透水性割れ目の割れ目充填鉱物として、炭酸塩(カルサイト)の割れ目表面での沈殿がインデックス鉱物として確認されることが確認された。とくに透水性割れ目の表面では、自形のカルサイト結晶が確認され、現在でも地下水との反応を生じさせていることが確認された。

3) 結晶質岩中の割れ目の全てが透水性割れ目として機能しているわけではなく、機能しているのはおよそ1割程度であること。これは、岐阜県瑞浪に建設されている超深地層研究所での研究結果とも一致するものである。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)



花崗岩体(地下750m坑道)中の割れ目ネットワークの状態。割れ目密度は $1.8/m^2$ を示し、この割れ目の約10%が透水性割れ目である(Yoshida et al. 2013より)。

#### [雑誌論文] (計6件)

1) Yoshida, H., Metcalfe, R., Nishimoto, S., Yamamoto, H., Katsuta, N.: Weathering rind formation in buried terrace cobbles during periods of up to 300ka, *Applied Geochemistry*, 26, 1706-1721, 2011. (査読有)

2) 吉田英一, 岩盤中の透水性亀裂とその長期的挙動—現状と今後の課題—, *地学雑誌*, 121, 68-95, 2012. (査読有)

3) Yoshida, H., Maejima, T., Nakajima, S., Nakamura, N., Yoshida, S.: Features of fractures forming flow paths in granitic rock at an LPG storage site in the orogenic field of Japan, *Engineering Geology*, 152, 77-86, 2013b. (査読有)

4) Yoshida, H., Metcalfe, R., Ishibashi, M., Minami, M., Long-term stability of fracture systems and their behaviour as flow-paths in uplifting granitic rocks from the Japanese orogenic field, *Geofluids*, 13, 45-55, 2013a. (査読有)

5) 石橋正祐紀・安藤友美・笹尾英嗣・湯口貴史・西本昌司・吉田英一, 透水性割れ目とその地質学的特徴-土岐花崗岩を例として.

*応用地質学雑誌*, 55, 1-10, 2014. (査読有)

6) Yoshida, H., Nagatomo, A., Oshima, A., Metcalfe, R., Geological characterisation of the active Atera Fault in central Japan: Implications for defining fault exclusion criteria in crystalline rocks around radioactive waste repositories. *Engineering Geology*, 177, 93-103, 2014. (査読有)

#### [学会発表] (計2件)

1) 透水性割れ目の形態と発達プロセス (地質学会)

2) 透水性割れ目充填鉱物の特徴とシーリングメカニズム (地球化学学会)

#### [図書] (計1件)

1) 吉田英一, 地層処分—脱原発後に残された科学課題—, 近未来社, 168 pp., 2012. (著書: 単著)

#### [産業財産権]

○出願状況 (計0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

国内外の別:

○取得状況 (計0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

取得年月日:

国内外の別:

#### [その他]

ホームページ等

<http://num.nagoya-u.ac.jp>

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

吉田 英一 (YOSHIDA, Hidekazu)

名古屋大学・博物館・教授

研究者番号: 30324403

##### (2) 研究分担者

山本 鋼志 (YAMAMOTO, Koshi)

名古屋大学・大学院環境学研究科・教授

研究者番号: 70183689

##### (3) 研究分担者

浅原 良浩 (ASAHARA, Yoshihiro)  
名古屋大学・大学院環境学研究科・助教  
研究者番号：10281065

(4) 研究分担者

勝田 長貴 (KATSUTA, Nagayoshi)  
岐阜大学・教育学部・准教授  
研究者番号：70377985