

深部花崗岩中の透水性割れ目と充填鉱物 -産状と形成プロセス-

Groundwater conducting fracture and fracture fillings in deep crystalline rock -An occurrence and formation process-

吉田英一^{1*}・石橋正祐紀²・南 雅代³

Hidekazu Yoshida^{1*}, Masayuki Ishibashi², Masayo Minami³

¹名古屋大学博物館・²原子力研究開発機構・³名古屋大学年代測定総合研究センター

¹Nagoya University Museum, Nagoya University, Chikusa, Nagoya 464-8602, Japan.

²Japan Atomic Energy Agency, Mizunami, Gifu 509-6110, Japan.

³Center for Chronological Research, Nagoya University, Chikusa, Nagoya 464-8602, Japan.

*Corresponding author. E-mail: dora@num.nagoya-u.ac.jp

Abstract

Fractures distributed in crystalline rock inevitably influence fluid transport and solute migration. Most evaluations of those fluid conducting features and contaminant migration processes have been conducted mainly by the present hydrological characteristic of fractures for deep underground usages (e.g., for high level radioactive waste (HLW) disposal, LPG and CO₂ storage). In the orogenic field of Japan, there are wide areas of crystalline rock. The rocks in each area have a distinctive history which is partly reflected in the characteristics of the fracture systems and associated mineral fillings that occur. The structural and mineralogical features readily illustrate how certain contaminants might react and be retarded by the fracture fillings and open pore geometry, due to chemical sorption and/or physical retardation. The work reported here seeks to provide geological evidence that natural long-term physical and chemical processes are unlikely to change the overall transport and retardation properties of the rock significantly.

Keywords: Groundwater conducting fracture, Fracture filling, Underground usage, Crystalline rock

キーワード：透水性亀裂；充填鉱物；地下環境利用；結晶質岩

1. はじめに

地下岩盤中の環境は、岩石と流体（熱水と地下水）から構成される。流体は、岩盤中の大小の空隙を移動し空隙周辺の鉱物と反応し変質させる（例えば Ferry, 1979; Boyce *et al.*, 2003; Nishimoto and Yoshida, 2010）（図1）。岩盤が、深成岩などのいわゆる結晶質岩類や続成作用の進んだ古い堆積岩の場合、流体が移動する空隙として割れ目とその重要な役割を果たす。ここでは、これまでの研究成果の中から、地下深部結晶質岩（花崗岩）中の透水性割れ目に認められる充填鉱物（炭酸塩鉱物）の産状と形成プロセスについて述べる。

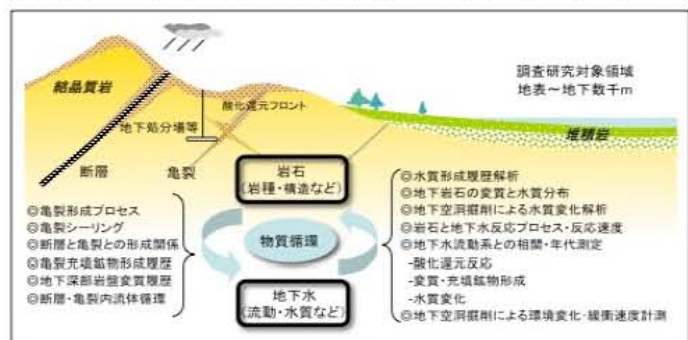


図1：地下深部における透水性割れ目における岩石-地下水反応の概念（吉田, 2012 より修正引用）

2. 地下深部結晶質岩中透水性割れ目における炭酸塩鉱物の産状と意義

これまで地下深部結晶質岩から直接採取した岩石コアや、地下研究所（岐阜県瑞浪市）あるいは LPG 地下備蓄サイトでの、原位置での調査、観察結果から、現在も地下水を透過させている割れ目のほとんどから炭酸塩（カルサイト）の成長が確認される。カルサイトの形態は、肉眼では微細な粒状あるいはペースト状と多くは観察されるが、まれに針状の結晶として観察されることもある。微細な粒状の場合でも、電子顕微鏡（SEM）での観察を行うと結晶成長が観察される。

（図 2）。この結晶形態を有する産状は、応力開放に伴う割れ目形成の後、地下水との反応によって方解石（ CaCO_3 ）が沈殿（結晶成長）した後、比較的安定した状態で空隙構造が維持されていることを示す。

このような保存良好な充填鉱物の産状は、地表での風化の進んだ岩石試料や割れ目充填鉱物での観察は、脆さや地表水（雨水）の浸透（とくに酸性水の浸透による溶解によって）ほとんど不可能である。実際の地下深部における産状を正確に把握し、地下水との反応、そしてその反応によって地下環境がどのように形成されてきたか、現在どのような状態になっているのかを知るには、このような微細ではあるものの、オリジナルな状態が保存された試料の確保が不可欠である。

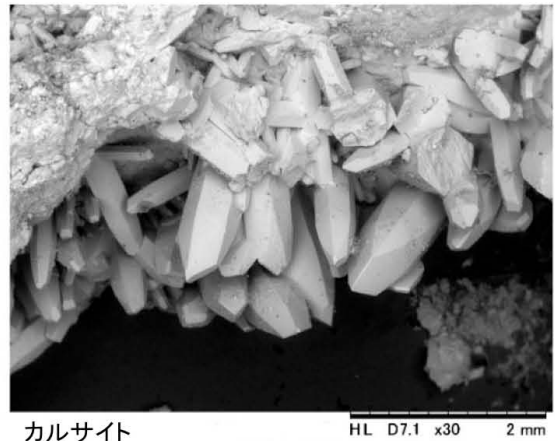


図 2：地下深部岩石コア中の透水性割れ目に認められるカルサイト

3. 炭酸塩鉱物の年代測定を試み

現在、炭酸塩鉱物の形成年代を、タンデム加速器での測定を試みている。測定を試みた試料は、岐阜県瑞浪市超深地層研究所の地下 300m から採取された充填鉱物である（図 3）。産状からは、同じ割れ目においてもカルサイトの充填にいくつかの充填ステージがあることが確認できる。これらのカルサイト中の C-14 並びに同位体の測定を行った結果からは、もっとも後生的に形成されたと思われるカルサイトには modern-C の含有が確認されている（これらの詳細については、現在論文を投稿中である）。

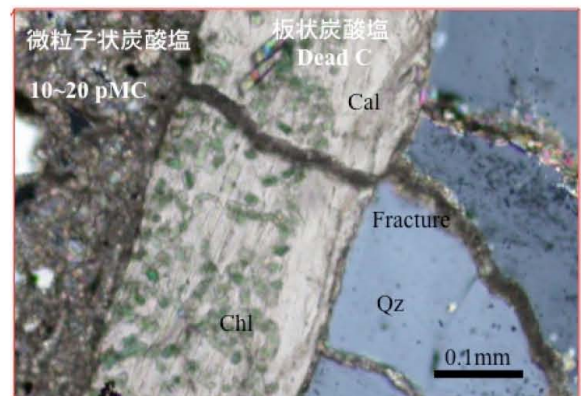


図 3：異なるステージでの異なった形態を有するカルサイトの産状と分析結果

4. おわりに

地下環境における透水性割れ目の機能を把握することは、非常に重要な課題であり、また有効なアプローチである。とくに、放射性廃棄物の地層処分など地下環境の長期的利用、長期的な安全評価においては、その状態をできるだけ正確に把握することが求められる。このようなニーズに対して、加速器を用いた炭酸塩鉱物の年代測定は、形成プロセスは反応プロセスを定量的に理解する上で重要なデータとなることは間違いない。今後も、このような観点からの博物館・年代測定総合研究センターとの共同調査研究を行っていきたい。

謝辞

本調査研究を行うにあたっては、分析などの試料の前処理や加工において、名古屋大学博物館の與語節生技術職員による精細加工技術の支援が不可欠である。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- Ferry, J.M. (1979): Reaction mechanism, physical condition and mass transfer during hydrothermal alteration of mica and feldspar in granitic rocks from south-central Maine, USA. *Contribution to Mineralogy and Petrology* **68**, 125-139.
- Boyce, A.J., Fulignati, P. and Sbrana, A. (2003): Deep hydrothermal circulation in a granite intrusion beneath Larderello geothermal area (Italy): constrains from mineralogy, fluid inclusions and stable isotopes. *Journal of Volcabology and Geothermal Research* **126**, 243-262.
- Nishimoto, S. and Yoshida, H. (2010): Hydrothermal alteration of deep fractured granite: Effect of dissolution and precipitation. *Lithos*, **115**, 153-162.
- 吉田英一 (2012) 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 (印刷中).

日本語要旨

地下深部の環境ならびに物質循環を理解するためには、透水性割れ目の産状とそこでの岩石-地下水反応を理解することが不可欠である。そのための1つのアプローチとして、透水性割れ目に見られる充填鉱物に着目した研究を進めている。これまでの研究結果から、透水性割れ目には炭酸塩鉱物(カルサイト)が充填していることが認められた。本論では、その産状と形成プロセスについての概要を述べる。