

花崗岩の透水-難透水遷移および弾性-塑性遷移 Permeable-Impermeable or Elastic-Plastic Transition of Granite

沼倉 達矢^{1*}; 渡邊 則昭¹; 坂口 清敏¹; 土屋 範芳¹

NUMAKURA, Tatsuya^{1*}; WATANABE, Noriaki¹; SAKAGUCHI, Kiyotoshi¹; TSUCHIYA, Noriyoshi¹

¹ 東北大学大学院環境科学研究科

¹ Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University

近年、再生可能エネルギー開発分野で地熱エネルギーが注目されている。既往の地熱貯留層は比較的低温・低圧領域に形成されるため脆性的な力学挙動を示し、逸水や誘発地震を引き起こしてしまう。一方、超臨界流体となる高温・高圧環境下における地熱貯留層の形成はこれらの課題を解決し、さらに高いエネルギーを生み出す可能性がある。しかし、この領域では岩盤が延性的な力学挙動を示すと考えられており、透水率といった水理特性の評価が困難である。

本発表では稲田花崗岩に対し、力学的に半脆性～延性領域を示す温度・圧力条件の解明と各領域における水理特性の解明に関する研究について報告する。まず所望の環境下における水理学試験を行える実験システムを開発した。実験条件は温度 350, 380, 400, 450 °C, 有効封圧 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90MPa に設定し、間隙流体は 1～2MPa に定圧制御しながら試料内を透過させた。その結果、花崗岩の透水率が急激に低下する脆性-延性（弾性-塑性）遷移の圧力依存性が各温度条件で異なることを明らかにした。また、脆性領域と延性領域での透水率の減少率から透水率および力学挙動を予測する方法を見出した。

キーワード: 地熱貯留層, 花崗岩, 弾性-塑性遷移, 浸透率予測

Keywords: geothermal reservoir, granite, elastic-plastic transition, predicting permeability

メルト包有物解析による地熱資源深度の評価：宮城県白沢カルデラの例 Depth estimation and evaluation of geothermal resource by melt inclusion analysis

鈴木 拓^{1*}; 土屋 範芳¹; 山田 亮一²
SUZUKI, Taku^{1*}; TSUCHIYA, Noriyoshi¹; YAMADA, Ryoichi²

¹ 東北大学大学院環境科学研究科, ² 東北大学大学院環境科学研究科環境科学専攻, ³ 東北大学理学研究科
¹Graduate School of Environmental Sciences, Tohoku University, ²Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University, ³Tohoku Univ.

地熱発電は日本において資源量が豊富なことが長所であるが調査から稼働までに期間を要することが課題である。資源量の分布調査には容積法、より狭い地域での貯留層評価等が用いられる。それら方法の一つとして熱資源・地下水に関する評価のため、噴出前のマグマ組成を残す結晶中のメルト包有物解析による評価法を提案したい。本研究では地熱探査の未探査地域を対象に噴出物中の石英結晶に含まれるメルト包有物を解析することでマグマの温度・圧力を決定し、そのデータを用いた地熱資源評価方法の開発を行うことを目的とする。

仙台市西方に位置する白沢カルデラは鮮新世後期に噴出、カルデラ中心は古仙台湖に堆積した白沢層に覆われる。地震波探査によりカルデラ地下2~5 kmに高温領域(低速度域)が地震波探査によって確かめられている。[1]

試料は白沢カルデラ北端から4試料、中心から南側にかけて8試料を採取した。岩相は凝灰質砂岩、凝灰角礫岩、軽石凝灰岩に分類される。

噴出物から石英結晶をピックアップし、樹脂で固化したものを研磨し薄片とした。EPMAを用いてSi, Ti, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na, K, Pの10元素を定量分析した。北側3試料は石英が微量・微小のため分析を行うことができなかった。

EPMAによって石英に含まれるメルト組成を分析し、ノルム計算により石英(Qtz)・曹長石(Ab)・カリ長石(Or)の割合を推定した(Fig.1)。マグマが冷却される際の圧力によって共融線の位置が変化するため、Qtz-Ab-Orダイアグラム上のプロットと共融線[2]から晶出した圧力を決定した。

カルデラ中央-南側から8試料を採取し解析した結果、試料の殆どは低アルカリソレイト質流紋岩、カルデラ北端の1試料(09)は高アルカリソレイト質流紋岩に分類された。メルト包有物44点を計測して求めた鉱物割合はQtz:30~43%, Ab:35~52%, Or:9~26%であり、一部を除きほぼ直線上にプロットされる。晶出圧力は0.1~320 MPaであり、その多くは30~50 MPaに集中する。一部試料(2305)の圧力は5~320 MPaにプロットされ石英中のメルト包有物はAb-Qtz相図の共融点の組成を保ったまま上昇したと考えられる。流紋岩質マグマ密度を2.0 g/cm³とすると深度は地下16~1.5 kmと見積もられる。マグマは地下約16 kmから上昇、1.5~2.5 kmで平衡状態になり、その後噴出したと推測される。その他の試料においても晶出は同程度の深度を示す。結晶成長に伴い揮発成分濃集により圧力上昇、噴出したと考えられる。地震波探査による高温領域深度と圧力から求められたマグマ深度は矛盾しない。またOrに富む試料は採取地点から他マグマ溜まり由来のものであると考えられる。

本研究ではこれらのデータから地下のマグマ溜まりの温度について議論する。

[1] Sato et al. (2002) Earth Planets Space, 54, 1039-1043.

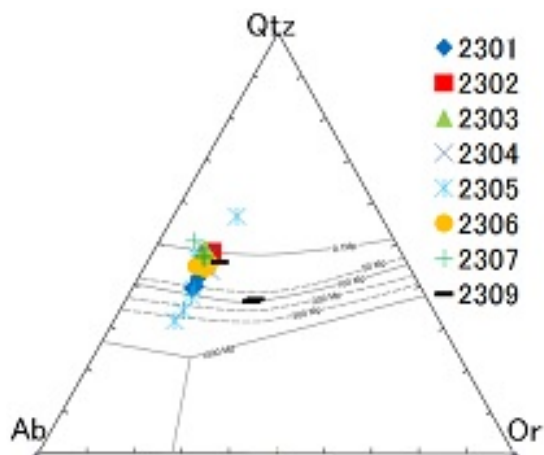
[2] Blundy and Chashman (2001) Contrib. Mineral. Petrol., 54, 631-350.

キーワード: メルト包有物, 白沢カルデラ
Keywords: melt inclusion, Shirasawa caldera

SMP44-P02

会場:コンベンションホール

時間:5月25日 18:15-19:30



き裂の鉱物溶解にともなう空隙構造変化と透水率減少 Porosity structure and permeability reduction by mineral dissolution in a fracture

田中 寛人^{1*}; 岡本 敦¹; 渡邊 則昭¹; 土屋 範芳¹

TANAKA, Hiroto^{1*}; OKAMOTO, Atsushi¹; WATANABE, Noriaki¹; TSUCHIYA, Noriyoshi¹

¹ 東北大学大学院環境科学研究科

¹ Graduate school of environmental studies, Tohoku University

Fractures act as dominant fluid pathways within the crust. Fluid usually control transport of energy and heat. Silica solubility generally increases with increasing pore pressure and temperature, and thus dissolution and precipitation of silica would provide significant effects on fracture permeability. Even by dissolution of minerals within a single fracture, dissolution at free (non-contact) areas increases the aperture, whereas dissolution at the contact areas decreases the aperture, therefore it is not clear how fracture permeability evolves by mineral dissolution under confining pressure.

In this study, we conducted the hydrothermal flow-through experiments at 350 °C, 20~34MPa under confining pressure 10~15MPa to understand the evolution of porosity structure of a fracture and permeability change in granite by mineral dissolution. For this purpose, we developed a novel reactor, which has a inner tube in the vessel. Two types of granite core (Aji granite, ϕ 10mm) were used, first one (85mm length) contained a slit with thickness of 0.5mm as parallel plates flow path. The other one contained the tensile fracture with no shear displacement. During the experiments under constant flow rate, we monitored the fluid pressures, and periodically sampled the solutions. After the experiments, we analyzed the porosity structure by X-ray CT (resolution was 10 μ m/pixel).

In slit-core experiment, the concentrations of Si was 100~120 mg/kg, whereas the concentration of Al, Na, K were 7, 5 and 8 mg/kg respectively, indicating that the ration of dissolved volume of quartz, plagioclase and K-feldspar are 10:2:1. The X-ray CT also revealed that preferential dissolution of quartz, and that the average aperture increases especially near the inlet.

In tensile fracture experiment, fracture permeability decreased continuously from 10⁻¹³ to 10⁻¹⁵ (m²) during the experiment of 90h. An increase in flow rate did not enhance the reduction whereas that in confining pressure accelerated the permeability reduction. The X-ray CT images revealed the complex structure of porosity: quartz dissolution made the local increase in the aperture, but the overall aperture decreased by dissolution of quartz and feldspar at contact areas, which is responsible the permeability reduction.

キーワード: 透水率, き裂, 水熱実験, 溶解

Keywords: permeability, fracture, hydrothermal experiment, dissolution

超臨界地熱貯留層のナチュラル・アナログ Natural Analogue of Supercritical Geothermal Reservoir

土屋 範芳^{1*}; 山田 亮一¹; 宇野 正起¹
TSUCHIYA, Noriyoshi^{1*}; YAMADA, Ryoichi¹; UNO, Masaoki¹

¹ 東北大学大学院環境科学研究科

¹ Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University

To understand the geological properties of a supercritical geothermal reservoir, we investigated a granite?porphyry system as a natural analog. Quartz veins, hydrothermal breccia veins, and glassy veins are present in Neogene granitoids, Tohoku Japan. The glassy veins formed at 500-550 C under lithostatic pressures, and then pressures dropped drastically. The solubility of silica also dropped, and the quartz veins formed under hydrostatic pressures. Connections between the lithostatic and hydrostatic

pressure regimes were key to the formation of the hydrothermal breccia veins, and the granite?porphyry system provides useful information for understanding supercritical geothermal reservoirs.

キーワード: 超臨界流体, 地熱貯留層, 花崗岩-斑岩システム

Keywords: Supercritical fluid, Geothermal reservoir, Granite-Porphyry system