

国際共同研究事業 平成 3 1 年度実施報告書

令和 2 月 年 4 月 6 日

独立行政法人日本学術振興会理事長 殿

共同研究代表者

所属機関・部局 東北大学・大学院環境科学研究科
 職・氏名 (ふりがな) わたなべ のりあき
准教授・渡邊 則昭

1. 事業名 国際共同研究事業 ドイツとの国際共同研究プログラム(JRPs-LEAD with DFG)
2. 研究課題名 (和文) HIGHER: 岩石き裂の高温高压下レオロジー: マグマシステム・熱水循環への影響
(英文) HIGHER: High-temperature and high-pressure rheology of rock fractures: impacts on hydrothermal fluids circulation in magmatic systems
3. 共同研究実施期間 (全採用期間)
 平成 31 年 1 月 1 日 ~ 令和 3 年 12 月 31 日 (3 年 0 ヶ月)
4. 研究参加者 (代表者を含む)
 (1) 日本側参加者 8 名 (2) 相手国側参加者 6 名
5. 主要な物品購入状況 (単価 (一品又は一組) 若しくは一式の価格が 50 万円以上のものを購入した場合は記載)

物品名	仕様 型・性能等	数量	単価(円)	金額(円)	設置研究機関名	備考
米国 Teledyne ISCO 社製 シリンジポ ンプ	65HP 型 (コント ローラ付)	一式	5,718,600	5,718,600	東北大学大学院環境 科学研究科	

備考: 本事業の委託費と他の経費とを合算使用の際は、合算使用した旨を備考欄に記載した上で、金額は本事業の委託費によるもののみ計上してください。

8. 研究実施状況

※ 申請書の内容及び当該年度実施計画書の「5. 本年度実施計画の概要」と対応させつつ、当該年度の研究の実施状況を簡潔に記入してください。年度途中で当初計画を変更した場合にはその内容及び理由も明記してください。

本年度（平成 31 年度）は当初計画通り、PMMA の水圧破砕・AE 計測同時実験を実施した。最大主応力 12 MPa、中間主応力 6 MPa および最小主応力 2 MPa の応力条件下において、22℃（脆性条件）、60℃（延性条件）および 80℃（延性条件）の異なる温度で実験を実施した結果（例えば図1）、温度（脆性／延性条件）によらず実験後には PMMA 内部にボアホールから伸びる単純なき裂が形成され、実験中のボアホール水圧変化および AE 発生挙動もこのような単純なき裂形成を示すものが得られた。つまり脆性－延性遷移が水圧破砕現象に及ぼす影響は無い、もしくは無視できるほど小さいことを明らかにした。

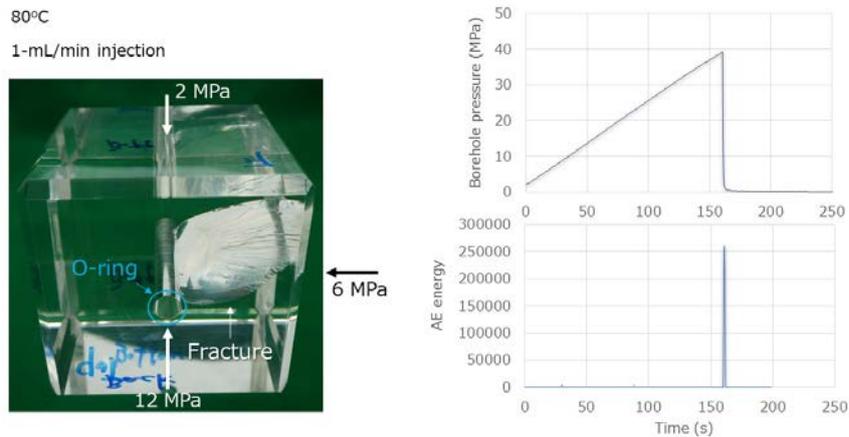


図1: 80℃での PMMA の水圧破砕・AE 計測同時実験結果

加えて複数種類の岩石の水圧破砕・AE 計測同時実験も当初計画通りに実施した。力学的特性や孔隙特性の異なる花崗岩や玄武岩に対して、最高温度 500℃、最大主応力 150 MPa、最大間隙圧 100 MPa までの条件下において実験を実施した結果（例えば図 2）、高温でも脆性的で既存微視き裂の存在が顕著ではない玄武岩の場合に、ボアホールから伸びる単純なき裂が形成されることが示された。上記の PMMA の実験結果を踏まえ、孔隙特性や超臨界流体のレオロジーが水圧破砕現象に及ぼす影響が大きいことを明らかにした。

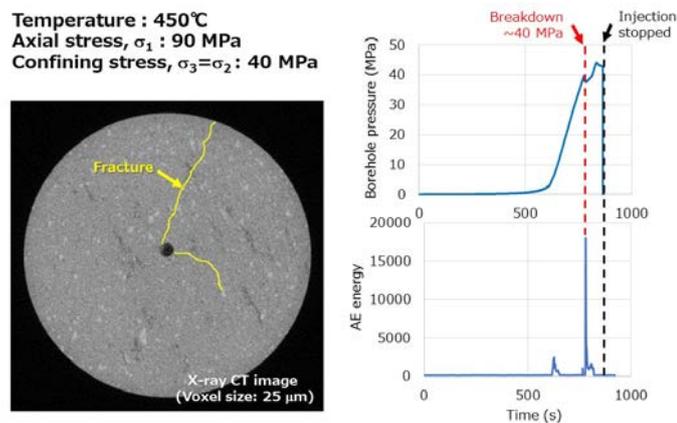


図 2: 450℃での玄武岩の水圧破砕・AE 計測同時実験結果

9. 研究発表（平成 31 年度の研究成果）

【雑誌論文】 計（ 6 ）件 うち査読付論文 計（ 6 ）件

通番	共著の有無*	論文名、著者名等**
1		論文名：Supercritical carbon dioxide fracturing of granite from conventional to superhot geothermal conditions 著者名：E. Pramudyo, N. Watanabe, S. Takeyama, R. Goto, T. Miura, K. Hattori, K. Sakaguchi, T. Komai 掲載誌名：Society of Petrophysicists and Well-Log Analysts 巻号や頁等：SPWLA-JFES-2019-E 発表年：2019
2		論文名：Three-dimensional channeling flow within subsurface rock fracture networks suggested via fluid flow analysis in the Yufutsu fractured oil/gas reservoir 著者名：T. Ishibashi, N. Watanabe, T. Tamagawa, N. Tsuchiya 掲載誌名：Journal of Petroleum Science and Engineering 巻号や頁等：178, 838-851 発表年：2019
3		論文名：脆性から延性を示す条件下における単一き裂を有する模擬岩石の力学挙動と浸透率 著者名：武山詳, 坂口清敏, 渡邊則昭, 土屋範芳 掲載誌名：Journal of MMIJ 巻号や頁等：135(3), 25-30 発表年：2019
4		論文名：Fracture and permeability of granite in superhot geothermal environments 著者名：N. Watanabe, K. Sakaguchi, H. Saishu, R. Goto, T. Ishibashi, A. Okamoto, Y. Chen, S.E. Ingebritsen, T. Komai, N. Tsuchiya 掲載誌名：Proceedings of the YSRM2019 & REIF2019 巻号や頁等：Paper number KL4 発表年：2019
5		論文名：Permeability change of granite fracture due to the pressurized water injection under high stress condition in laboratory 著者名：T. Ishibashi, H. Asanuma, N. Watanabe 掲載誌名：Proceedings of the YSRM2019 & REIF2019 巻号や頁等：Paper number 1-2-6 発表年：2019
6		論文名：Stabilizing and enhancing permeability for sustainable and profitable energy extraction from superhot geothermal environments 著者名：N. Watanabe, K. Saito, A. Okamoto, K. Nakamura, T. Ishibashi, H. Saishu, T. Komai, N. Tsuchiya 掲載誌名：Applied Energy 巻号や頁等：260, 114306 発表年：2020

【学会発表】 計（ 9 ）件 うち招待講演 計（1）件

通番	共著の有無*	標題、発表者名等**
1		標題：超臨界水圧破砕に及ぼす岩石の異方性の影響 発表者名：後藤遼太・渡邊則昭・坂口清敏 学会等名：令和元年度 資源・素材学会東北支部春季大会 発表年：2019年
2	◎	標題：真三軸応力下におけるPMMAの水圧破砕に対する脆性 - 延性条件の効果 発表者名：後藤遼太, 渡邊則昭, 坂口清敏, 三浦崇宏, 五十嵐大樹, 吉岡慶太, Francesco Parisio, 渡邊教弘, 石橋琢也 学会等名：資源・素材2019（京都） 発表年：2019年
3	◎	標題：延性地殻内における水圧破砕メカニズム解明のための真三軸応力下でのアクリル樹脂の水圧破砕実験 発表者名：後藤遼太, 三浦崇宏, 渡邊則昭, 坂口清敏, 五十嵐大樹, 吉岡慶太, Francesco Parisio 学会等名：日本地熱学会 令和元年熊本大会 発表年：2019年

4	<p>標題：弾性波計測に基づく超臨界地熱環境における水圧破碎現象の特性評価 発表者名：三浦崇宏, 渡邊則昭, 坂口清敏, 後藤遼太, 山根宏太, 駒井武, 陳友晴, 石橋琢也, 土屋範芳 学会等名：JpGU2019 発表年：2019年</p>
5	<p>標題：Supercritical carbon dioxide fracturing of granite at geothermal conditions 発表者名：E. Pramudyo, N. Watanabe, S. Takeyama, R. Goto, K. Hattori, K. Nakamura, K. Sakaguchi, T. Komai 学会等名：令和元年度 資源・素材学会東北支部春季大会 発表年：2019年</p>
6	<p>標題：Supercritical carbon dioxide fracturing of granite from conventional to superhot geothermal conditions 発表者名：E. Pramudyo, N. Watanabe, S. Takeyama, R. Goto, T. Miura, K. Hattori, K. Sakaguchi, T. Komai 学会等名：The 25th Formation Evaluation Symposium of Japan 発表年：2019年</p>
7	<p>標題：Characteristics of precipitation of amorphous silica and its influences on permeability of fractured granite in superhot geothermal environments 発表者名：H. Abe, N. Watanabe, K. Nakamura, A. Okamoto, T. Komai 学会等名：JpGU2019 発表年：2019年</p>
8	<p>標題：水圧・減圧破碎による人工超臨界地熱貯留層造成に関する研究 発表者名：渡邊則昭, 坂口清敏, 平野伸夫, 鈴木杏奈, 後藤遼太, 三浦崇宏, L. Bailong, 伊藤高敏, 駒井武, 土屋範芳, 渡邊教弘, 石橋琢也, 浅沼宏 学会等名：日本地熱学会 令和元年熊本大会 発表年：2019年</p>
9	<p>標題：Fracture and permeability of granite in superhot geothermal environments 発表者名：N. Watanabe, K. Sakaguchi, H. Saishu, R. Goto, T. Ishibashi, A. Okamoto, Y. Chen, S.E. Ingebritsen, T. Komai, N. Tsuchiya 学会等名：YSRM2019 & REIF2019 発表年：2019</p>

〔図書〕 計 (0) 件

通番	共著の有無*	題名、著者名等**
1		

* 相手国研究代表者との共著（共同発表）がある場合は○、相手国研究代表者との共著であり謝辞等に事業名を明記している場合は◎と記入。

** 当該発表等を同定するに十分な情報を記載すること。例えば学術論文の場合は、論文名、著者名、掲載誌名、巻号や頁等、発表年（西暦）、学会発表の場合は標題、発表者名、学会等名、発表年（西暦）、著書の場合はその書誌情報、など（順番は入れ替わってもよい）。

*** 足りない場合は適宜行を追加すること。

1. この報告書は、最終年度を除く毎年度提出してください。
2. 本会の事業報告等に記載するための適当な図・写真等があれば、説明を付して添付してください。
3. この報告書は、本共同研究の成果として本会ウェブサイトに掲載します。また、この報告書を本会の事業報告として刊行する場合、内容に影響しない範囲で修正を行うことがあります。
4. 知的財産権等の事情で本報告書の一部の公開を希望しない場合は、対応についてあらかじめ本会担当者に相談してください。