

## 二国間交流事業 共同研究報告書

令和5年4月7日

独立行政法人日本学術振興会理事長 殿

[日本側代表者所属機関・部局]  
東北大学・大学院環境科学研究科  
[職・氏名]  
教授・土屋 範芳  
[課題番号]  
JPJSBP 120214802

1. 事業名 相手国: ロシア (振興会対応機関: RFBR)との共同研究

2. 研究課題名

(和文) 火山システムにおけるマグマ性破砕と流体流動

(英文) Magmatic fracturing and fluid flows in the volcanic systems

3. 共同研究実施期間 令和3年4月1日 ~ 令和5年3月31日 ( 2年 0ヶ月)【延長前】 令和 年 月 日 ~ 令和 年 月 日 (  年 0ヶ月)

4. 相手国側代表者(所属機関名・職名・氏名【全て英文】)

Russian Academy of Science, Laboratory Head, Alexey Vladimirovich Kiryukhin

5. 委託費総額(返還額を除く)

本事業により執行した委託費総額		2,894,075 円
内訳	1年度目執行経費	1,598,403 円
	2年度目執行経費	1,295,672 円
	3年度目執行経費	- 円

6. 共同研究実施期間を通じた参加者数(代表者を含む)

日本側参加者等	12名
相手国側参加者等	5名

\* 参加者リスト(様式 B1(1))に表示される合計数を転記してください(途中で不参加となった方も含め、全ての期間で参加した通算の参加者数となります)。

7. 派遣・受入実績

	派遣		受入
	相手国	第三国	
1年度目			( )
2年度目			( )
3年度目			( )

\* 派遣・受入実績(様式 B1(3))に表示される合計数を転記してください。

派遣: 委託費を使用した日本側参加者等の相手国及び相手国以外への渡航実績(延べ人数)。

受入: 相手国側参加者等の来日実績(延べ人数)。カッコ内は委託費で滞在費等を負担した内数。

## 8. 研究交流の概要・成果等

### (1) 研究交流概要(全期間を通じた研究交流の目的・実施状況)

#### 研究交流の目的

本申請は、東北大学とロシア カムチャッカ地震火山研究所との 25 年におよぶ交流を基礎として、火山―地熱系の学術の展開、再生可能エネルギー供給、また火山―地震の災害研究をリンクさせ、極東地域の、東北日本弧―千島弧―カムチャッカ半島の沈み込み帯のプロセスとエネルギーシステムの理解、そしてその有効利用と災害研究への展開を進めることを目的とする。特に、

- ・日本(葛根田, 後志他)とカムチャッカ(モノフスキー)の超臨界地熱資源の類似性と相違の比較
- ・沈み込み帯でのマグマ供給プロセスと地熱貯留層の形成プロセス
- ・火山―地震災害と津波災害の歴史比較と防災科学への展開

を進める。さらに、当研究室では、ロシア人留学生を受け入れており、千島列島における火山―地熱プロセスの研究を進めて、この地域を対象とした学術交流を築く。

東北日本弧―千島弧―カムチャッカ半島には、地質学的な連続性があるが、この連続性について、系統的には明らかにされていない。火山―地熱系を例にとり、この 2000 km 以上に及び長大な沈み込み帯での流体挙動(マグマ, 超臨界流体)を明らかにする。

本研究の主目的は、カムチャッカ半島、千島列島の火山―地熱そして津波堆積物などの災害研究の現地調査である。カムチャッカ半島モノフスキー火山周辺域には、膨大な地熱資源が分布している。このうち火山北東部は未開発地域であると共に、地質調査、地球化学的探査、地球物理的探査がほとんど行われていない。この地域に対して、MT (MagnetoTelluric) 探査法を適用し、地下のマグマの分布と熱水システムの解明を進める。

地球物理学的な手法を加味して明らかにすると共に、今後のロシアとの共同研究の展開について、特に若手の中心に議論を展開する。研究代表者の土屋は、1990 年代に千島列島の最北部(カムチャッカ半島の南端のシムシュ島とパナムシュール島)の地質調査を短期間行ったが、他メンバーはカムチャッカ半島千島列島への渡航経験ならびに地質調査の経験はない。日本側若手研究者とロシア側研究者の交流の場を設け、合同での現地調査を当該年度の最大の目標とする。

また、いわゆる北方四島のうち、国後島、択捉島への渡航の可能性について検討する。

さらにこの地域は、地震―火山の多発地域であり、特に地震については、M.9.0 クラスの超巨大地震の発生域である。地震―火山プロセスと、地熱資源の形成は不可分の関係にあり、単純な地熱エネルギー開発の共同研究ばかりでなく、この地域の地質特性、とくに災害記録の発掘とその特徴を理解することにより、この地域が、地球の恵み(地熱)に恵まれている一方、それは地震―津波災害と表裏一体であることを理解して、自然災害科学の共通の学術基盤を築く。

#### 実施状況

2021 年度は新型コロナウイルスの感染拡大防止のため、実質的な共同研究は進展せず、email 等による不定期の情報交換にとどまっていた。ただしこの間、国内では、カムチャッカ半島での MT 観測の実施に向けて、装置の改善と野外作業の熟練訓練を行い、国際共同研究の再開に備えた。2022 年になり、2022 年 8 月にカムチャッカ半島のモノフスキー火山―地熱地帯でのマグマの上昇とそれに伴う熱水流動を解明する画期的観測網(地磁気・電磁気探査(MT 観測))の構築を計画し、2022 年年始当初から、カムチャッカの地震―火山研究所の間で、MT 観測用品の輸送、通関手続きなどについて、研究者のみならず、事務担当者も交えた緊密な情報交換と実務作業を進めてきた。しかしながら、2022 年の 2 月 24 日のロシアによるウクライ

ナ侵攻に端を発した国際情勢の急激な変化により、戦略物資の可能性が極めて高いMT用品のロシアへの輸送と通関が実質的に困難となり、カムチャッカ半島でのMT観測についてはいったん中止とし、情勢の変化を見極めることとした。しかしながら現実的には現地訪問は極めて困難であり、emailならびにweb会議を用いた情報交換と討論を行うことで、カムチャッカ半島のムトノフスキー火山—地熱地帯でのマグマと熱水の挙動観測と解析を行う共同研究を行った。あわせて、論文執筆を進めて東北日本弧—千島弧—カムチャッカ半島の環太平洋の沈み込み帯での火山—マグマ—地熱連関を解明することを行ってきた。

ウクライナ侵攻による国際状況の変化ならびに我が国とロシアとの関係悪化から、北方四島への渡航ならびに共同研究は現実的には困難であり、当初の目的は達成できなかった。しかしながら、国後島の火山(メンデレーエフ火山)に関する論文は、岩石学のハイレベル雑誌である、Journal of petrology に投稿することができ、2023年5月には受理されると予測している。このほかにも北方四島の文献調査は行っており、将来の関係改善と学術調査の可能性を待ちたい。

(2)学術的価値(本研究交流により得られた新たな知見や概念の展開等、学術的成果)

東北日本弧—千島弧—カムチャッカ半島は一連の地質場(テクトニック・セッティング)であり、日本とロシア、特に極東地域との研究交流は、地質学的には必然である。研究代表者の土屋は、1990年代に千島列島の最北部(カムチャッカ半島の南端のシムシュ島とパナムシュール島)の地質調査を短期間行ったが、地質構造は、東北日本のいわゆるグリーンタフ地域と類似していることを認識している。東北日本、北海道、千島、カムチャッカの地質構造の関係性と地熱資源の形成、さらに災害科学への展開は、日本列島の発達史と地域エネルギーを考察するうえできわめて重要である。これらの背景から本研究では、

1. 地熱—マグマプロセス:

ムトノフスキー、北部ムトノフスキー地熱地域のマグマ—熱水系、コリャンスキー地熱地域のマグマ—熱水系ならびに両地熱地域と日本の地熱地域(葛根田、後志—ニセコ地熱地域)との類似点、相違点の抽出

2. 超臨界地熱貯留層の地質モデルと地球物理モデル:

日本の超臨界地熱資源とカムチャッカの同類資源との比較検討を行い、地質情報、地化学情報、地球物理情報(電磁波、地震波)情報を統合化し、地質モデル、地球物質モデル、水理モデルを構築して、互いの超臨界地熱貯留層の類似点、相違点とその原因を追及する。

3. 沈み込み帯での水循環モデル:

沈み込み帯での流体流動予測ならびにマグマの流体含有量、マグマの固結深度、地質情報から沈み込み帯での流体の流入量と流出量を推定し、当該地域での水循環モデルを提案する。

4. 歴史津波災害

歴史津波堆積物の探索と、災害記録

当方で開発した、津波堆積物識別技術を用いて、カムチャッカ半島ならびに千島列島に発達する海岸段丘を構成する堆積物からの津波堆積物を識別する。

(3)相手国との交流(両国の研究者が協力して学術交流することによって得られた成果)

A.V. Kiryukhin, A.Y. Polyakov, N.B. Zhuravlev, N. Tsuchiya, T.V. Rychkova, O.O. Usacheva, I.K.

Dubrovskaya, “Dynamics of natural discharge of the hydrothermal system and geyser eruption regime in the Valley of Geysers, Kamchatka”, Applied Geochemistry 136 (2022) 105166. DOI:

Alexey Kotov, Sergey Smirnov, Ildar Nizametdinov, Masaoki Uno, Noriyoshi Tsuchiya, Ivan Maksimovich, "Partial melting under shallow-crustal conditions: a study of the Pleistocene caldera eruption of Mendeleev volcano, southern Kuril Island Arc" *Journal Petrology*, submitted, under review

Kotov Alexey, Okumura Satoshi b, Miyagi Isoji, Shimizu Kenji, Uno Masaoki, Tsuchiya Noriyoshi, "Evolution of the crustal magma plumbing system beneath Naruko caldera, NE Honshu: insight from compositional zoning and volatile budget" *Journal of Volcanology and Geothermal Resources*, submitted, under review

(4)社会的貢献(社会の基盤となる文化の継承と発展、社会生活の質の改善、現代的諸問題の克服と解決に資する等の社会的貢献はどのようにあったか)

上述した地球科学的背景に加えて、本研究では、地熱エネルギー開発に関する共同研究も実施した。特に従来型地熱発電の4~5倍程度の高密度の地熱エネルギーとして約400°Cよりも高い超臨界地熱エネルギーについて、日本との共同研究を強く要望しており、2020,2021年のカムチャッカ地熱ワークショップに参加している。また、超臨界地熱資源開発研究について、ロシア側研究者の関心は高く、当方で進めている超臨界地熱資源に関する様々な研究成果について説明資料の提供を行っている。

カムチャッカ半島では、従来型の地熱エネルギーの開発が進められていたが、カムチャッカ半島西側海域に石油ガス田が発見され(サハリン油田の東方延長もしくは地質的な関係性がある可能性がある)、地熱開発意欲は減反したが、SDGsならびにカーボンニュートラルの国際情勢などから、今一度再生可能エネルギー(とくに地熱と水力)に注目が集まってきている。ただ、産油国であるロシアでは様々な思惑があり、地熱開発はやや停滞気味である。ロシア側としては本共同研究を背景に、カムチャッカ半島の当局に対して、地熱開発の有効性を伝えたいと考えていたが、ウクライナ危機後、カムチャッカ半島での地熱開発状況について、当方では十分な情報を集め切れではない。

さらにこの地域は、地震-火山の多発地域であり、特に地震については、M.9.0クラスの超巨大地震の発生域である。地震-火山プロセスと、地熱資源の形成は不可分の関係にあり、単純な地熱エネルギー開発の共同研究ばかりでなく、この地域の地質特性、とくに災害記録の発掘とその特徴を理解することにより、この地域が、地球の恵み(地熱)に恵まれている一方、それは地震-津波災害と表裏一体であることを理解して、自然災害科学の共通の学術基盤を築くことを目的としていたが、現地訪問が果たせなかったことからこの項目についての研究は進められなかった。

(5)若手研究者養成への貢献(若手研究者養成への取組、成果)

若手助教、ポスドク、博士課程学生は本共同研究に積極的に参加している。若手の養成としては有効に機能したが、現地調査が行えなかったことは極めて残念である。

(6)将来発展可能性(本事業を実施したことにより、今後どのような発展の可能性が認められるか)

2023年8月には、仙台において、Water-Rock Interaction and Applied Isotope Geochemistryの合同国際会議の開催を予定している。この国際会議に、ロシア側研究者が参加表明している。現在、ロシアでは西側クレジ

ットカードが使えないために, この国際会議の登録料などの決済が行えないが, 当日仙台の会場での現金払いを可能にするなどの特例を設けて, ロシア側共同研究者の来日と国際会議への参加を支援したいと考えている.

(7)その他(上記(2)~(6)以外に得られた成果があれば記載してください)

特になし