

国際科学技術共同研究推進事業
地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS)

研究領域「低炭素社会の実現に向けた高度エネルギーシステムに関する研究」
研究課題名「熱発光地熱探査法による地熱探査と地熱貯留層の統合評価システム」

採択年度：2017年（平成29年度）/研究期間：5年

相手国名：エルサルバドル

平成30年度実施報告書

国際共同研究期間*1

平成30年6月15日から令和5年6月14日まで

JST側研究期間*2

平成29年6月1日から令和5年3月31日まで

（正式契約移行日 平成30年4月1日）

*1 R/Dに基づいた協力期間（JICAナレッジサイト等参照）

*2 開始日=暫定契約開始日、終了日=JSTとの正式契約に定めた年度末

研究代表者：東北大学 教授 土屋 範芳

I. 国際共同研究の内容（公開）

1. 当初の研究計画に対する進捗状況

(1) 研究の主なスケジュール

研究題目・活動	2017(H29) 年度 (10ヶ月)	2018(H30) 年度	2019(R1) 年度	2020(R2) 年度	2021(R3) 年度	2022(R4) 年度 (12ヶ月)
(1) 研究題目 1 【熱発光地熱 探査法】						
1-1		熱発光地熱探査法の特徴を確認する。 ←→				
1-2		研究対象地域で地熱探査調査を実施する。 ←→	←→	←→	←→	
1-3		石英・および長石の熱発光地熱探査法を開発する。 ←→	←→	←→	←→	
1-4		熱発光地熱探査法による現場調査を行う。 ←→	←→	←→	←→	
1-5		熱発光地熱探査法と従来の探査手法を比較する。 ←→	←→	←→	←→	
1-6		現場調査で抽出される結果を用いてデータベースを構築する。 ←→	←→	←→	←→	←→
(2) 研究題目 2 【統合システム 地熱探査データ 解析技術】						
2-1		抽出されるデータの解析のため、適切な IT ツールを特定する。 ←→				
2-2		統計分析の手法を確立する。 ←→	←→	←→		
2-3		QGIS をベースとした統合化システムを設計する。 ←→	←→	←→		
2-4		データ入力フォームを作成する。 ←→	←→	←→		
2-5		熱発光、地質、地球物理学、地球化学の地熱探査データを集積する。 ←→	←→	←→	←→	
2-6		データ解析技術にかかる説明マニュアルを策定する。 ←→		←→		
2-7		データ解析技術から抽出されるデータと従来の手法で得られるデータを比較する。 ←→			←→	←→

<p>(3) 研究題目 3 【貯留層シミュレーション】</p> <p>3-1</p> <p>3-2</p> <p>3-3</p> <p>3-4</p> <p>3-5</p>		<p>貯留層シミュレーションのための適切なソフトウェアを選定する。</p> <p>試行的な貯留層シミュレーションを実施する。</p> <p>適用可能な貯留層シミュレーション方法を開発する。</p> <p>既に特性化された貯留層に同方法を適用する。</p> <p>研究対象地域の地熱貯留層のパフォーマンスを評価する。</p>				
<p>(4) 研究題目 4 【スタッフの能力の強化・人材養成】</p> <p>4-1</p> <p>4-2</p> <p>4-3</p>		<p>エルサルバドルにおいて地熱ワークショップを開催する。</p> <p>日本において熱発光地熱探査および貯留層評価に関する地熱スクール(3ヶ月短期コース)を開催する。</p> <p>論文発表に向けて、熱発光地熱探査および貯留層評価の結果や教訓をとりまとめる。</p>				

(2) プロジェクト開始時の構想からの変更点(該当する場合)
特になし。

2. プロジェクト成果の達成状況とインパクト (公開)

(1) プロジェクト全体

本研究プロジェクトは、鉱物の熱発光現象を利用して、地熱徴候を鋭敏に検知し、既存の探査手法に比べて、安価にかつ広範囲の地熱徴候を把握でき、有望地域の絞り込みを行うもので、これに加えて、既存探査結果を含めて、GISを基礎とした統合データ解析システムを構築し、熱水流動シミュレーション技術を開発し、地熱地域の資源量評価と貯留層評価を行うことを目的としている。さらに、これらの技術の基礎から応用までを展開できる人材養成を行っている。

2018年度においては、以下の活動を行った。

- 地熱ワークショップ@エルサルバドル：2018年8月24日から28日にかけてエルサルバドル大学で開催した地熱ワークショップ（講師7名・のべ10講義）には4日間で32名が参加した。参加者の年代は20代から60代まで幅広く、また、受講者は、学生からシニアクラスの教員まで幅広かった。人材養成のニーズが極めて高いこと、またそれに応えるワークショップであった。
- 地熱地質調査：2018年8月25日、29～30日に、AhuachapánならびにBerlín地熱地帯において、地表地質調査を実施した。また2019年3月20日から27日にかけてSan Vicente, Ahuachapán, Chinameca, Lago de Güijaでの調査を行った。エルサルバドルは全土において治安が悪く、またJICA規約による行動制約も課されている。共同研究先である、LaGeoの協力により、しっかりとした警備のもと調査を行い、安全上の大きなトラブルは生じなかった。



Berlín 地熱地帯での地質調査



地熱ワークショップ（土屋教授の講義）

- 地熱スクール@日本：エルサルバドルより5名の研修生が来日し、2018年10月2日から11月28日までの2か月間地熱スクールを開催した。フィールド調査、講義、実習を通して地質学、鉱物学の基礎、分析機器の原理および分析方法、地熱貯留層探査について学んだ。11月22日には駐日エルサルバドル特命全権大使、エルサルバドル大学ならびにLaGeoの研究者を招いて成果報告会を開催し、研修生が成果を発表した。



東北大学での実習



岩手大学での実習



葛根田地熱地帯でのフィールドワーク



産総研での講義



上の岱地熱発電所見学



柳津西山地熱発電所見学

- 供与機材

2019年3月にXRD（X線回折装置）がエルサルバドル大学に到着、4月11日に設置された。さらにICP-OES（誘導結合プラズマ発光分析装置）、試料作製キット、遊星ボールミル、手動プレス機などの供与機材の購入、輸出の準備を進めている。



エルサルバドル大学に設置されたXRD

(2) 研究題目1 熱発光地熱探査法

① 研究題目1の当初の計画（全体計画）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

1-1 熱発光地熱探査法の特性的確認

地熱地帯での地表地熱徴候を確認し、熱発光探査法の有効性を確認した。（この項目は終了）

1-2 研究対象地域で地熱探査調査

Ahuachapán ならびに Berlín 地熱地帯の地表地質調査を実施した。2019年度は、San Vicente と Chinameca およびその周辺地域の地質調査を実施する。

1-3 石英および長石の熱発光地熱探査法の開発

Ahuachapán ならびに Berlín 地熱地帯に分布する岩石には、石英を含有するも

のが極めて限られており、長石を含むものが主体であることが明らかとなった。このことを踏まえ、対象国の熱発光対象鉱物は石英だけでなく、長石類も対象とする必要がある。2019年度は、含石英岩に加えて長石含有試料の採取を進める。

1-4 熱発光地熱探査法による現場調査

Ahuachapán ならびに Berlín 地熱地帯での、地質調査（概査）を実施した。2019年度は、この2地域に加え、San Vicente と Chinameca およびその周辺地域の調査ならびに試料採取を進める。

1-5 熱発光地熱探査法と従来の探査手法との比較

地表地質調査データに基づき、既存地熱探査データの提供を LaGeo に依頼し、2019年度初頭に提供を受けた。さらに、具体的なデータ提供を進めて、地熱探査データの統合化システムの構築を行う。

1-6 現場調査で抽出される結果を用いてのデータベースの構築

既開発地域における地熱探査データについて調査、検討を行った。2019年度は、データベースのフォーマットおよび探査データの入力プロトコルの開発ならびに統一化を進める。

② 研究題目1のカウンターパートへの技術移転の状況

地表地熱調査方法の基礎を習得すると共に、岩石の採取方法、保管、運搬方法などについての基礎的方法については技術移転が終了した。

③ 研究題目1の当初計画では想定されていなかった新たな展開

エルサルバドルに分布する火山岩類には、石英の含有がきわめてまれであることが判明した。各地熱地帯における地質調査ならびに岩石の化学分析を通じて、この特徴は、エルサルバドルの地質発達環境を強く反映したものであることがわかってきた。すなわち、石英含有量が当初予測よりきわめて限られることは、逆にエルサルバドルの地熱地帯の発達史に大きな制約を与えるとともに、探査や地熱貯留層の分布、特徴の抽出に大きな情報を与えることができると考えられる。

これらの地質的な特徴を明確に示して、エルサルバドルの地質発達史ならびに地熱地帯の発達史を編んだ文献はきわめて限定的であることが明らかとなった。本プロジェクトでは、この点についても、研究対象とし、エルサルバドルの地熱地帯の特徴抽出を進め、地熱探査の新たな指針を提供できるようにつなげていきたい。

④ 研究題目1の研究のねらい（参考）

特になし

⑤ 研究題目1の研究実施方法（参考）

特になし



TL 試作機

(3) 研究題目 2 【統合システム地熱探査データ解析技術】

- ① 研究題目 2 の当初の計画（全体計画）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト
 - 2-1 熱発光地熱探査法で抽出されるデータの解析
日本での調査ツール, IT ツールがそのまま適用できることが明らかとなったため, ほぼ所期の目的は達成した。
 - 2-2 統計分析の手法の確立
化学分析などのデータについて, 多変量解析手法など統計解析方法の適用し, その有効性を明らかにした。今後, 機械学習を応用した新たな手法の開発を進める。
 - 2-3 QGIS をベースとした統合化システム設計
QGIS を利用した地熱探査データベースのプロトタイプは完成したが, QGIS のバージョンアップ (ver.2 から ver.3) に対応したデータフォーマットならびに 3 次元化への対応を進める。
 - 2-4 データ入力フォームの作成
QGIS 上位バージョンに対応するデータ入力フォームを開発しているが, 他の探査データのデータフォーマットを検討して, さらに汎用性を高める必要がある。
 - 2-5 熱発光, 地質, 地球物理, 地球化学の地熱探査データ集積
一部の探査データの提供がされた。2019 年度には具体的なデータ開示とデータベースへの入力を進める。
 - 2-6 データ解析技術にかかる説明マニュアル策定
現時点で入力フォーマットやプロトコルの開発段階であり, マニュアル整備は 2020 年度以降実施する。
- ② 研究題目 2 のカウンターパートへの技術移転の状況
地熱スクールなどの研修を通じて基礎技術については習得する機会を与えた。今後, 実データが増えることにより手法の理解とシステムの充実が進むことが期待できる。
- ③ 研究題目 2 の当初計画では想定されていなかった新たな展開
特になし
- ④ 研究題目 2 の研究のねらい（参考）
特になし
- ⑤ 研究題目 2 の研究実施方法（参考）
特になし

(4) 研究題目3 【貯留層シミュレーション】

① 研究題目3の当初の計画（全体計画）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

3-1 貯留層シミュレーションのための適切なソフトウェアの選定

HYDROTHERM（アメリカ地質調査所 開発）を使用し、その有効性を明らかにした。2019年度ではこれに加えて、TOUGHREACT, PetraSim など他のシミュレーターの適用性を検討する。

3-2 試行的な貯留層シミュレーションの実施

HYDROTHERM を用いて、日本の既存地熱地域の流動シミュレーションを行った。2019年度はこのシミュレーションの精密化を進め、また新たな地域への展開を進める。

3-3 適用可能な貯留層シミュレーション方法の開発

貯留層のパフォーマンスを評価する手法の開発を行った。2019年度では熱発光拳動と貯留層の流動シミュレーションのカップリングから、地熱貯留層の発達過程を評価するシミュレーション方法を開発する。

3-4 既に特性化された貯留層に同方法の適用

日本の既存地熱貯留層に対して、地熱貯留層の発達過程を評価するシミュレーション手法の適用性を検討した。2019年度ではこれをさらに進めて、地熱貯留層の発達過程ならびに持続可能な発電量のシミュレーションのケーススタディを行う。

3-5 研究対象地域の地熱貯留層のパフォーマンスの評価

日本の既存地熱貯留層については研究に着手し、一定の成果をあげつつあるが、エルサルバドルについては研究対象地熱地域の特定には至っていない。特定地域に限定するのか、それともエルサルバドル全体での地熱地帯の特徴付けを行って最終目的を達成していくのか、今後の研究の進捗を見ながら適切に判断する。

② 研究題目3のカウンターパートへの技術移転の状況

貯留層シミュレーターを扱える人材を養成したが、人数は限られており、今後の発展や技術の深化を進める必要がある。

③ 研究題目3の当初計画では想定されていなかった新たな展開

特になし。

④ 研究題目3の研究のねらい（参考）

特になし。

⑤ 研究題目3の研究実施方法（参考）

特になし。

(5) 研究題目 4【能力の強化・人材養成】

① 研究題目 4 の当初の計画（全体計画）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

4-1 エルサルバドルにおける熱発光地熱探査および貯留層評価に関するワークショップの開催

前述のように、2018 年は 8 月に実施した。2019 年度も同様規模で実施する。

4-2 日本における熱発光地熱探査および貯留層評価に関する地熱スクール（3 か月短期コース）の開催

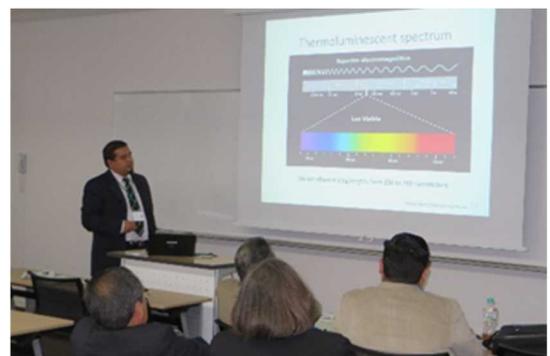
前述のように、2018 年 10～11 月に 2 ヶ月間実施した。2019 年度は 9 月から 12 月にかけて 3 ヶ月間実施する。主として 2018 年度の研修生を再度招聘し、各人の専門性に合わせて、より高度な内容の研修を実施する。

4-3 熱発光地熱探査および貯留層評価の結果や教訓のとりまとめ

2018 年度は日本地熱学会年会ほかで学会発表 33 件、論文 4 編を公表した。また、国際鉱物探査学会（京都大学 11 月開催）では、SATREPS「インドネシアにおける地熱発電の大幅促進を目指した蒸気スポット検出と持続的資源利用の技術開発」プロジェクト（代表・京都大学 小池克明教授）との意見交換会を行い、プロジェクトの相乗効果を高めることができた。2019 年度も日本地球惑星連合研究会（JpGU）、日本地熱学会、Geothermal Resources Council（USA）などの学会発表ならびに論文発表を積極的に進める。さらに、2019 年度には東北大学大学院環境科学研究科に修士課程、博士課程の留学生を受け入れる。



地熱スクール成果報告会 D. Martínez



地熱スクール成果報告会 E. Moran



地熱スクール成果報告会 J. Argueta



地熱スクール成果報告会 S. Campos



地熱スクール成果報告会 J. Erazo



インドネシアプロジェクトとのミーティング



地熱スクール成果報告会集合写真
セラヤンディア 駐日エルサルバドル大使と

② 研究題目4のカウンターパートへの技術移転の状況

人材養成は順調に進んでいる。しかし専門知識、専門技術の移転には相応の時間が
必要である。即席でないしっかりとした技術移転を進めていきたい。

③ 研究題目4の当初計画では想定されていなかった新たな展開

エルサルバドルの大学で地質系学部を有しているところはない。このことは自国で、
地質研究者、地質技術者を養成できないことを意味している。また、地熱に関しても、
きわめて限定的な教科内容のみが開講されているだけで、系統だった教育システムそ
のものがなかったことがわかった。すなわち、今後持続的に地熱技術者、地質技術者を養成
するためには、その教育ができる教員の養成がまず必要である。特定の技術移転にと
どまらず、地質や地熱に関する基礎から応用までを教授することができる人材の養成
を先駆的に進める必要がある。幸い、共同研究先であるエルサルバドル大学はこのこ
との重要性と必要性に理解があり、若手の養成に加えて教育経験が豊富なシニアクラ
スの教員養成も同時並行的に進めることとする。

④ 研究題目4の研究のねらい（参考）

特になし。

⑤ 研究題目4の研究実施方法（参考）

特になし。

II. 今後のプロジェクトの進め方、および成果達成の見通し（公開）

プロジェクト1年でエルサルバドルが進めている地熱開発計画の概要が明らかとなるとともに、その問題点なども理解できるようになってきた。

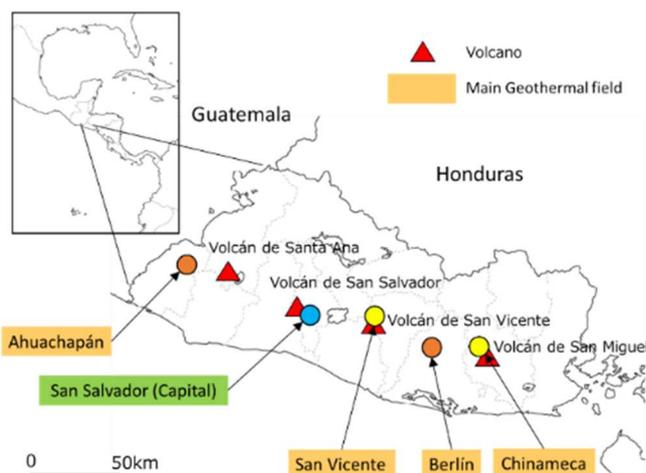
【既開発地域】

Ahuachapán (95MW) ,
Berlín (109.2MW)

【開発予定地域（ポテンシャル）】

San Vicente (30MW) *
Chinameca (50MW) *

*Francisco et al., (2014)



これらの地熱地帯の開発は、地質モデルや地球物理モデルに基づいて持続的な開発を目指した設計が行われているわけではなく、各坑井の応答などに基づいた対症療法的な操業計画が立案されており、将来予測には常に不確定要素が含まれている。これらの問題点を解決し、プロジェクトの上位目標（上位目標：本プロジェクトで開発される技術により、エルサルバドルの地熱エネルギー利用が促進される）が達成されるためには、エルサルバドルの地質発達史や地質モデル、ならびに物理探査データに基づいた貯留層モデルを明確に示す必要がある。これらの基本的な地熱モデルに立脚して持続可能な開発目標を設定することにより、本プロジェクトの上位目標の到達を目指す必要があることが強く認識された。

さらに、エルサルバドルの大学には地質系学部を有しているところはない。このことは、自国で地質研究者、地熱技術者を養成できないことを意味している。一方、地熱開発会社であるLaGeoには優秀な地質技術者、物探技術者がいることがわかったが、多くは外国で教育を受け、また多数の外国籍の技術者により支えられていることもわかってきた。本プロジェクトは熱発光地熱探査法とこれに関連する各種先端的探査技術の技術移転を当初目的としていたが、先端技術を支える基礎知識と技術教育も同時に進める必要があることが強く認識された。地質学、地球物理学の基礎に加えて、総合的な地熱エネルギー技術を教授できる人材の養成が重要である。共同研究先であるエルサルバドル大学はこのことの重要性と必要性を認識し、若手の養成に加えて教育経験が豊富なシニアクラスの教員養成も同時並行的に進めることとし、2019年度以降、若手とシニアの双方の教員の日本派遣(修士ならびに博士学生として東北大学に在籍)を決めている。

また、2019年2月に大統領選挙が実施され、新たな大統領が選出された。政権を支えるブレーションらと協議を始め、エルサルバドルの新たなエネルギービジョンと地熱エネルギー開発の方向性についての議論を開始している。

Ⅲ. 国際共同研究実施上の課題とそれを克服するための工夫、教訓など（公開）

(1) プロジェクト全体

現地は治安の問題があり、行動する時間と場所に制約がある。現地では警備が必要、首都サンサルバドルからの日帰り調査となっているが、調査効率を向上については JICA 現地事務所と検討する。

(2) 研究題目1：「熱発光地熱探査法」

- 地質概査調査が2地域（Ahuachapán, Berlin）+2地域（San Vicente, Chinameca）で終了した。この結果を踏まえ、石英だけでなく長石も熱発光地熱探査法の対象とする。
- 2019年は当該地域の調査をより精密に実施する。

(3) 研究題目2：「統合システム地熱探査データ解析技術」

- 多変量解析などの統計解析手法を適用し、さらに地熱情報解析のための高度な手法を開発する。
- QGIS のバージョンアップ（ver.2 から ver.3）に対応したデータ形式と3次元解析を進める。

(4) 研究題目3：「貯留層シミュレーション」

- 他の地熱貯留層シミュレーター（例：Thunderhead Engineering Consultants, Inc.による PetraSim, LBNL による TOUGHREACT）を適用して、地熱流体の熱伝達と流動を解析する。
- 地熱貯留層の発達過程を熱ルミネッセンス挙動と貯留層流動シミュレーションの組み合わせから評価するためのシミュレーション手法を開発する。

(5) 研究題目4：「能力の強化・人材養成」

- エルサルバドルには地質学部がないため、能力開発の候補者は地質学と地熱工学に関する知識が限られている。このことを克服するために、若手に加え、シニアに対しても人材養成の範囲を拡充し、幅広い人材養成を進める。
- 地熱スクールでは2019年にも研修生を招き、各自の専門知識に合わせてより高度なコンテンツ研修を実施する。

IV. 社会実装（研究成果の社会還元）（公開）

(1) 成果展開事例

現時点ではなし。

(2) 社会実装に向けた取り組み

- 6月に就任する新大統領のブレーン等と協議を行い、本 SATREPS プロジェクトの内容について紹介するとともに協力を要請した。

V. 日本のプレゼンスの向上（公開）

エルサルバドル大学、国営地熱開発会社 LaGeo の要人を日本に招聘し、本プロジェクトの遂行への理解と協力を得ている。また、駐日エルサルバドル大使を東北大学に招聘し、国際親善と技術移転の重要性についての理解を得ている。エルサルバドルは基本的には親日的であることに加え、本プロジェクトの活動により、エルサルバドルの地熱開発には、日本の大学、研究所ならびに地熱開発会社の協力が不可欠であることの意識はかなり浸透してきていると考えている。

VI. 成果発表等【研究開始～現在の全期間】（公開）

VII. 投入実績【研究開始～現在の全期間】（非公開）

VIII. その他（非公開）

以上

VI. 成果発表等

(1) 論文発表等【研究開始～現在の全期間】(公開)

①原著論文(相手国側研究チームとの共著)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ～おわりのページ	DOIコード	国内誌/ 国際誌の別	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項(分野トップレベル雑誌への掲載など、 特筆すべき論文の場合、ここに明記ください。)

論文数 0 件
 うち国内誌 0 件
 うち国際誌 0 件
 公開すべきでない論文 0 件

②原著論文(上記①以外)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ～おわりのページ	DOIコード	国内誌/ 国際誌の別	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項(分野トップレベル雑誌への掲載など、 特筆すべき論文の場合、ここに明記ください。)
30	Oyanagi, R., Okamoto, A. and Tsuchiya, N. (2018) , Multiple Kinetic Parameterization in a Reactive Transport Model Using the Exchange Monte Carlo Method, Minerals, 8, 10.3390/min8120579	10.3390/min8120579	国際誌		
30	Dandar, O., Okamoto, A., Uno, M., Batsaikhan, U., Ulziiburen, B., Tsuchiya, N. (2018). DRONE BRINGS NEW ADVANCE OF GEOLOGICAL MAPPING IN MONGOLIA: OPPORTUNITIES AND CHALLENGES, Mongolian Geoscientist, 47, 53-57. 10.5564/mgs.v0i47.1063	10.5564/mgs.v0i47.1063	国際誌		
30	澤山 憲吾, 土屋 範芳(2018). 秋田県大立鉱山下流域の河川中垂鉛に関する鉱山坑廃水の影響評価, Journal of MMIJ Journal of MMIJ, 134, 46-52. 10.2473/journalofmmij.134.46	10.2473/journalofmmij.134.46	国内誌		
30	岡田宏信, 大庭雅寛, 山田亮一, 土屋範芳(2018). 苦鉄質砕石岩を用いた酸性温泉水の中和に伴うレアメタルおよびヒ素、鉛の挙動に関する基礎的研究, Journal of MMIJ Journal of MMIJ, 134, 53-59. 10.2473/journalofmmij.134.53	10.2473/journalofmmij.134.53	国内誌		
30	Setiani, P., Watanabe, N., Sondari, R. R. and Tsuchiya, N. (2018), Mechanisms and kinetic model of hydrogen production in the hydrothermal treatment of waste aluminum, Materials for Renewable and Sustainable Energy, 7, 10.1007/s4024	10.1007/s4024	国際誌		
30	Takeda, A., Nakao, A., Yamasaki, S. and Tsuchiya, N. (2018), Distribution and Speciation of Bromine and Iodine in Volcanic Ash Soil Profiles Distribution and Speciation of Bromine and Iodine in Volcanic Ash Soil Profiles, Soil Science Society of America Journal Soil Science Society of America Journal, 10.2136/sssaj2018.01.0019	10.2136/sssaj2018.01.0019	国際誌		
30	Amaya, A., Hirano, N. and Tsuchiya, N. (2018), Thermal Prospection of Geothermal Reservoirs by Using Thermoluminescence of Quartz, Geothermal Resources Council Transactions, 42.		国際誌		

論文数 7 件
 うち国内誌 2 件
 うち国際誌 5 件
 公開すべきでない論文 0 件

③その他の著作物(相手国側研究チームとの共著)(総説、書籍など)

年度	著者名,タイトル,掲載誌名,巻数,号数,頁,年		出版物の種類	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項

著作物数 0 件
公開すべきでない著作物 0 件

④その他の著作物(上記③以外)(総説、書籍など)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ-おわりのページ		出版物の種類	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項

著作物数 0 件
公開すべきでない著作物 0 件

⑤研修コースや開発されたマニュアル等

年度	研修コース概要(コース目的、対象、参加資格等)、研修実施数と修了者数	開発したテキスト・マニュアル類	特記事項

VI. 成果発表等

(2) 学会発表【研究開始～現在の全期間】(公開)

①学会発表(相手国側研究チームと連名)(国際会議発表及び主要な国内学会発表)

年度	国内/ 国際の別	発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、月日等	招待講演 /口頭発表 /ポスター発表の別
30	国内学会	土屋 範芳, 山岸 裕幸, 浅沼 宏, 越谷 信, 梶原 竜哉, Erazo J., Campos S., Moran E., Argueta J., Martinez D. エルサルバドル共和国におけるSATREPSプロジェクト「熱発光地熱探査法による地熱探査と地熱貯留層の統合評価システム」の紹介, 日本地熱学会 平成30年東京大会11月14日—16日	ポスター発表

招待講演 0 件
口頭発表 0 件
ポスター発表 1 件

②学会発表(上記①以外)(国際会議発表及び主要な国内学会発表)

年度	国内/ 国際の別	発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、月日等	招待講演 /口頭発表 /ポスター発表の別
30	国内学会	土屋範芳(招待講演), 超臨界地熱資源の地質モデルと実験岩石学的アプローチ, 日本地質学会 つくば特別大会 12月1日	招待講演
30	国内学会	岡本敦・天谷宇志・大柳良介・Nurdiana Astin・土屋範芳超臨界条件の岩石-水相互作用と斜長石の溶解・析出.	口頭発表
30	国際学会	Atsushi Okamoto, Takashi Amagai, Nobuo Hirano, and Noriyoshi Tsuchiya ,Silica nanoparticles produced by flash vaporization and their rapid diagenesis in hydrothermal fluids, European Geosciences Union General Assembly 2018	口頭発表
30	国内学会	増田 俊太郎, Bahr Kyle, 土屋 範芳, 地熱開発におけるステークホルダーネットワークの意見形成に関わるエージェントベースモデルによりパラメータ推定, 日本地熱学会 平成30年東京大会11月14日—16日	口頭発表
30	国内学会	岡本 敦, 大柳 良介, 天谷 宇志, 土屋 範芳, 超臨界条件の水-岩石相互作用の理解のための熱力学データ構築の試み, 日本地熱学会 平成30年東京大会11月14日—16日	口頭発表
30	国内学会	アマヤ アルバロ, 平野 伸夫, 土屋 範芳, HYDROTHERMIによる探査初期段階のTL探査データと数値地熱貯留層モデル, 日本地熱学会 平成30年東京大会11月14日—16日	口頭発表
30	国内学会	岡野 広樹, 平野 伸夫, 土屋 範芳, 山谷 祐介, 曾 國軒, 小川 康雄, 八幡平西部地域における熱発光による地熱探査および探査情報の統合化, 日本地熱学会 平成30年東京大会11月14日—16日	口頭発表
30	国内学会	アマンダ F. F., 山田 亮一, 宇野 正起, 土屋 範芳, カルデラ堆積物中のメルト包有物を用いた水収支と地熱エネルギーポテンシャル評価, 日本地熱学会 平成30年東京大会11月14日—16日	口頭発表
30	国内学会	三浦 崇宏, 渡邊 則昭, 坂口 清敏, 後藤 遼太, 山根 宏太, 駒井 武, 土屋 範芳, 陳 友晴, 石橋 琢也, 弾性波計測に基づく超臨界地熱環境における水圧破砕現象の特性評価, 日本地熱学会 平成30年東京大会11月14日—16日	ポスター発表
30	国内学会	ゲリー, 土屋 範芳, 斑岩銅鉛床中の超臨界流体の移動と反応 -モンゴル北部エルデネット, Cu - Mo鉛床-, 日本地熱学会 平成30年東京大会11月14日—16日	口頭発表
30	国内学会	高木 健太, 平野 伸夫, 土屋 範芳, 超臨界および亜臨界状態での減圧破砕による岩石の物理特性変化, 日本地熱学会 平成30年東京大会11月14日—16日	口頭発表
30	国内学会	大島 悠太, 石川 慧, 平野 伸夫, 土屋 範芳, 光散乱特性を応用した流体の臨界点の推定とその分子力学的評価, 日本地熱学会 平成30年東京大会11月14日—16日	口頭発表
30	国際学会	Tsuchiya N, Energy System of Subduction Zone -Supercritical Geothermal Energy -, Goldschmids Boston 2018 1 August 12-17	ポスター発表

招待講演 1 件
口頭発表 10 件
ポスター発表 2 件

VI. 成果発表等

(3) 特許出願【研究開始～現在の全期間】(公開)

①国内出願

	出願番号	出願日	発明の名称	出願人	知的財産権の種類、出願国等	相手国側研究メンバーの共同発明者への参加の有無	登録番号 (未登録は空欄)	登録日 (未登録は空欄)	出願特許の状況	関連する論文のDOI	発明者	発明者所属機関	関連する外国出願※
No.1													
No.2													
No.3													

国内特許出願数 0 件
 公開すべきでない特許出願数 0 件

②外国出願

	出願番号	出願日	発明の名称	出願人	知的財産権の種類、出願国等	相手国側研究メンバーの共同発明者への参加の有無	登録番号 (未登録は空欄)	登録日 (未登録は空欄)	出願特許の状況	関連する論文のDOI	発明者	発明者所属機関	関連する国内出願※
No.1													
No.2													
No.3													

外国特許出願数 0 件
 公開すべきでない特許出願数 0 件

VI. 成果発表等

(4) 受賞等【研究開始～現在の全期間】(公開)

①受賞

年度	受賞日	賞の名称	業績名等 (「〇〇の開発」など)	受賞者	主催団体	プロジェクトとの関係 (選択)	特記事項

0 件

②マスコミ(新聞・TV等)報道

年度	掲載日	掲載媒体名	タイトル/見出し等	掲載面	プロジェクトとの関係 (選択)	特記事項
2018	2019/3/3	河北新報	玉川温泉水から水素燃料	1面	3.一部当課題研究の成果が含まれる	
2018	2018/8/5	サイエンスZERO	東北の地に知られざる資源あり	2018年08月05日(日) 午後11:30～午後11:59	3.一部当課題研究の成果が含まれる	「カガクの“カ” #6 超臨界地熱発電・内視鏡AI」

2 件

VI. 成果発表等

(5) ワークショップ・セミナー・シンポジウム・アウトリーチ等の活動【研究開始～現在の全期間】(公開)

① ワークショップ・セミナー・シンポジウム・アウトリーチ等

年度	開催日	名称	場所 (開催国)	参加人数 (相手国からの招聘者数)	公開/ 非公開の別	概要
2018	8月24日- 28日	geothermal workshop	エルサルバドル	32	公開	
2018	11月22日	geothermal School 成果報告会	日本	12	公開	サラヤンディア駐日エルサルバドル大使を含む
2018	11/26-27	15th International Symposium on Mineral Exploratio	日本	11	公開	

3 件

② 合同調整委員会(JCC)開催記録(開催日、議題、出席人数、協議概要等)

年度	開催日	議題	出席人数	概要
2018	11月22日	2018年度活動報告 活動計画	17	仙台にて開催
2018	3月22日	2019年度計画	16	エルサルバドルにて開催

2 件

成果目標シート

研究課題名	熱発光地熱探査法による地熱探査と地熱貯留層の統合評価システム
研究代表者名 (所属機関)	土屋範芳 (東北大学 大学院環境科学研究科 教授)
研究期間	H29採択(平成29年6月1日~令和5年3月31日)
相手国名/主要相手国研究機関	エルサルバドル/エルサルバドル大学、LaGeo(国営地熱公社)
関連するSDGs	目標7「すべての人々に手ごろで信頼でき、持続可能かつ近代的なエネルギーへのアクセスを確保する」

付随的成果

日本政府、社会、産業への貢献	<ul style="list-style-type: none"> 地球規模の気候変動枠組みへの活用 日本企業による成果の事業化
科学技術の発展	<ul style="list-style-type: none"> 地熱資源の精密評価 ラテンアメリカの地熱資源の評価技術 地殻熱流量と地球温暖化
知財の獲得、国際標準化の推進、生物資源へのアクセス等	<ul style="list-style-type: none"> 熱発光法の国際特許 新地熱探査法の国際標準化 LaGeoのラテンアメリカ進出に伴う熱発光探査法の推進
世界で活躍できる日本人人材の育成	<ul style="list-style-type: none"> 日本人若手研究者・技術者の国際展開(エルサルバドルを中心としてラテンアメリカ全体へ)
技術及び人的ネットワークの構築	<ul style="list-style-type: none"> ラテンアメリカの地熱技術者ネットワーク ラテンアメリカの大学との連携 人材養成の中核組織
成果物(提言書、論文、プログラム、マニュアル、データなど)	<ul style="list-style-type: none"> 熱発光地熱探査システムの導入 地熱貯留層評価シュミレーション・システムの導入 新地熱探査法のトレーニング・マニュアルの導入

上位目標

エルサルバドルの地熱エネルギー利用が促進される。
本プロジェクトで開発される技術を適用し、XX以上の地熱候補地が検証される。

相手国での地熱開発への関心が高まり、新たな地熱開発計画が策定される。

プロジェクト目標

- 有望地域を確定するための効果的な方法論が開発され、地熱貯留層の性能や抽熱量が正確に設計される。
- 1.熱発光探査法による探査面積が、従来の探査手法で開始当初に行われる探査面積のXX%以下となる。
- 2.QGISデータベースの3次元可視化により、地熱貯留層の構造が明らかにされる

