

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先進的エネルギーシステムに関する研究」

研究課題名「東アフリカ大地溝帯に発達する地熱系の最適開発のための包括的ソリューション」

採択年度：平成・令和元年（2019年）度/研究期間：3・4・5年/

相手国名：ケニア共和国

令和4（2022）年度実施報告書

国際共同研究期間^{*1}

2021年 3月12日から2026年 3月11日まで

JST側研究期間^{*2}

2019年 6月 1日から2025年 3月31日まで

（正式契約移行日 2020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：藤光康宏

九州大学・教授

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	2019年度 (10ヶ月)	2020年度	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度
1. 研究題目1						
1-1 研究活動1-1		← ハイブリッド物理探査の実施とデータ解析 →				
1-2 研究活動1-2		← 物理探査データを基にした地下温度分布推定 →				
1-3 研究活動1-3		← GISを用いた統合データ解釈と地熱系概念モデルの構築 →				
1-4 研究活動1-4		← 精密地熱貯留層モデルの構築と高精度地熱資源量評価法の開発 →				
2. 研究題目2						
2-1 研究活動2-1		← 地熱流体の地化学分析とデータ解釈 →				
2-2 研究活動2-2		← シリカ沈殿物の特性の把握とデータ解釈 →				
2-3 研究活動2-3		← カッティングスから得られる地質データの解析 →				
2-4 研究活動2-4		← 適用可能な地熱貯留層管理手法の構築に向けたデータの統合 →				
3. 研究題目3						
3-1 研究活動3-1		← 地熱利用の社会受容性の評価 →				
3-2 研究活動3-2		← 地熱エネルギーのカスケード利用の研究 →				
4. 研究題目4						
4-1 研究活動4-1		← 短期人材育成 →				
4-2 研究活動4-2		← 長期人材育成 →				

(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)

プロジェクトの構想自体に大きな変更点はないが、新型コロナウイルス感染症の世界的拡大の影響で JICA 側の研究開始が丸一年遅れとなった。そのため、ほとんど全ての研究活動の実施期間を見直した。

【令和4年/2022年度実施報告書】【230531】

2. 計画の実施状況と目標の達成状況（公開）

(1) プロジェクト全体

2022 年度も引き続き新型コロナウイルス感染症の世界的拡大で、多くの活動が影響を受けた。このような中、九州大学に留学生として在学している JKUAT、KenGen、GDC の研究者が、コロナ対策を講じた上でケニアのオルカリア、メネンガイの現地調査を実施した。

また、短期の本邦研修として、11 月 29 日から 12 月 9 日まで九州大学において JKUAT、UoN 各 2 名、合計 4 名の研究者を受け入れ、JKUAT (Output 1) 及び UoN (Output 2) に導入する機材の使用方法、解析方法の研修を行った。

さらに、International Symposium on Earth Science and Technology 2022 を 2022 年 12 月 1-2 日に、九州大学伊都キャンパス椎木講堂とオンラインのハイブリッドで開催した。参加者は海外 8 か国（国内留学生の母国を除く）と国内を合わせて 218 名あり、研究発表件数は口頭 93 件、e-ポスター 15 件で、そのうち LENGO プロジェクトに関する発表は口頭 4 件（加えて Proceedings の論文発表のみが 1 件）であり、そのうち口頭発表 1 件が Best Presentation Award を受賞した。

(2) 各研究題目

(2-1) 研究題目 1 : 「大地溝帯に発達する地熱系の解明 (Output 1)」

(グループリーダー：辻 健)

① 研究題目 1 の当初計画 (全体計画) に対する実施状況 (カウンターパートへの技術移転状況含む)

重力探査について、博士後期課程 3 年の KenGen の留学生が、7 月～9 月にオルカリア地熱発電所地域の現地調査を実施した。地下の比抵抗構造についての結果を Geothermics 誌で論文にまとめ出版した。また、これまで纏めた地下の密度構造についての結果を International Symposium on Earth Science and Technology 2022 で発表した。

熱水系の数値モデリングについては、博士後期課程 3 年の JKUAT の留学生が、8 月～9 月にオルカリア地熱発電所地域の現地調査を実施すると共に、これまで纏めた同地域東部及び南東部の地熱貯留層数値モデルについての結果を Geothermics 誌に投稿し受理されると共に、生産井の挙動解析の結果を International Symposium on Earth Science and Technology 2022 で発表した。この発表は同シンポジウムの Best Presentation Award を受賞した。また、博士後期課程 2 年の GDC の留学生が、10 月～12 月にメネンガイ地熱地域の現地調査を実施すると共に、生産井の地熱流体の性状についての結果を International Symposium on Earth Science and Technology 2022 の Proceedings に掲載した。

短期の本邦研修として、11 月 29 日から 12 月 9 日まで九州大学において JKUAT から 2 名の研究者を受け入れ、JKUAT に導入する機材の使用方法、解析方法の研修を行った。

② 研究題目 1 の当該年度の目標の達成状況と成果

新型コロナウイルス感染症の世界的拡大の影響で Output 1 のフィールド調査などの活動は、当初計画より規模と期間を縮小し、コロナ対策講じた上で実施した。

- 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
特になし。

(2-2)研究題目 2 : 「シリカスケール防止を通じた大地溝帯に特徴的な地熱貯留層の開発と管理 (Output 2)」

(グループリーダー：米津幸太郎)

- ①研究題目 2 の当初計画 (全体計画) に対する実施状況 (カウンターパートへの技術移転状況含む)
シリカスケールの防止に関する調査を、博士後期課程 2 年の KenGen の留学生が、2022 年 11 月～2023 年 1 月にかけてオルカリア地熱発電所内の複数の熱水流路にて実施した。また、地上配管に付着したシリカスケール及び熱水の地化学分析を実施し、その結果を International Symposium on Earth Science and Technology 2022 で発表した。加えて、大地溝帯に特有なフッ素を含有かつアルカリ性の熱水中でのケイ酸の挙動を解析する室内実験を実施した。
短期の本邦研修として、11 月 29 日から 12 月 9 日まで九州大学において UoN から 2 名の研究者を受け入れ、UoN に導入する機材の使用方法、解析方法の研修を行った。
- ②研究題目 2 の当該年度の目標の達成状況と成果
研究題目 2 のケニア側代表機関であるナイロビ大学の担当者とオンライン打ち合わせを行い、供与機材、現地調査、2022 年度の本邦でのトレーニング実施などについて協議を行った。新型コロナウイルス感染症の世界的拡大の影響で Output 2 のフィールド調査などの活動は、当初計画より時期を後ろ倒ししたうえで、規模と期間を縮小し、コロナ対策講じた上で実施した。
- 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
Output 2 のケニア側代表機関であるナイロビ大学の代表者の交代に伴い、研究内容の大幅な変更はないものの、供与機材に一部変更が生じた。

(2-3)研究題目 3 : 「地熱エネルギーの直接利用と地熱開発への社会受容性 (Output 3)」

(グループリーダー：分山達也)

- ①研究題目 3 の当初計画 (全体計画) に対する実施状況 (カウンターパートへの技術移転状況含む)
地熱直接利用については、昨年度に引き続き博士後期課程 3 年の JKUAT の留学生が 9 月～11 月に行ったメネンガイにおける調査やリモートセンシングによる解析を基に、穀物の乾燥への地熱利用に関する提案のための研究を実施した。本成果は Geothermal Resources Council Transactions 2021 や 44th New Zealand Geothermal Workshop にて発表した。なお、地熱エネルギーのカスケード利用の更なる調査のために昨年度カウンターパート機関に導入する機材の調達を行ったが、2022 年度内の輸送が間に合わず、機器を用いた現地調査に至らなかった。
- ②研究題目 3 の当該年度の目標の達成状況と成果
新型コロナウイルス感染症の世界的拡大の影響で Output 3 のフィールド調査などの活動は、2021 年度から引き続き当初計画より縮小または国内活動に代替し、一部を延期した。
具体的には地熱発電の地域合意形成を分析する方法の一つとして、ゲーム理論を用いた合意形成成立の分析をエージェントベースモデルによる地域合意の伝播モデルに組み込む手法の開発を、日本の地熱地域を事例として行った。関連する研究成果は、Energy and Climate Transformations:

【令和 4 年 / 2022 年度実施報告書】【230531】

3rd International Conference on Energy Research & Social Science や日本地熱学会にて発表した。2022 年度も地域合意形成のモデル研究は、主に日本の事例を参考に研究開発を行ったが、2023 年度は調査のための渡航が可能になる見込みであることから、ケニア現地での調査を行い、ケニアにおける地熱発電の地域合意形成に関する数理モデルの開発への応用を目指す。

- 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。

(2-4)研究題目 4 : 「ケニア側プロジェクト参加機関の人材育成 (Output 4)」
(グループリーダー：西島 潤)

- ①研究題目 4 の当初計画 (全体計画) に対する実施状況 (カウンターパートへの技術移転状況含む)
短期人材育成では、新型コロナウイルス感染症の世界的な感染拡大により 2020 年度の JICA 課題別研修「地熱資源エンジニア (Intensive Training for Geothermal Resource Engineers)」は中止となったが、2021 年度と 2022 年度はオンライン授業形式で実施した。

長期人材育成で受け入れているカウンターパートのそれぞれの留学生への指導については、研究課題 1～3 の技術移転の状況のところで記しているとおりである。また、JKUAT からの留学生 2 名、KenGen からの留学生 1 名が、2023 年 3 月で博士 (工学) の学位を取得した。プロジェクト期間中にカウンターパート機関において博士、修士を合わせて 8 名という目標に対し、2022 年度末で 3 名が博士号を、2 名が修士号を取得した。

- ②研究題目 4 の当該年度の目標の達成状況と成果

短期人材育成に関しては、新型コロナウイルス感染症の世界的な感染拡大により、JICA 課題別研修「地熱資源エンジニア」は、2022 年度も期間を短縮したオンライン授業のみで実施した。研修員は自国からの参加となるが、参加国は東南アジア、アフリカ、中南米にわたり時差が大きいため、Region 1 (中南米地域) と Region 2 (インドネシア、東アフリカ地域) の 2 地域に分け、Region 1 は 2022 年 11 月 7 日～12 月 16 日の平日の日本時間 8:30～9:30、Region 2 は 2023 年 1 月 10 日～2 月 17 日の 15:30～17:00 に実施した。合計 10 名が修了し、ケニアは KenGen から 1 名が Region 2 に参加した。

2023 年 3 月 24-29 日に、JKUAT Juja キャンパス内にある African Institute of Capacity Development (AICAD) の Assembly Hall において、地熱トレーニングコース (International Training on Geothermal Technology) を開催した。九州大学の 5 名のプロジェクト参加者に加えて、JKUAT、UoN、KenGen のプロジェクト参加者が講師として授業を行った。また、トレーニングの一環で 25 日はオルカリア地熱地域のフィールドトリップを実施した。

長期人材育成に関しては、ABE イニシアティブによる 2021 年度の GDC からの研究生 1 名は、2022 年 10 月に九州大学の修士課程に入学した。

- 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

短期人材育成について、「地熱資源エンジニア」は 2021 年度と同様に、オンラインによる授業のみの研修コースとした。

II. 今後のプロジェクトの進め方、およびプロジェクト／上位目標達成の見通し（公開）

(1) プロジェクト全体

- ・2023年度は、前年度に引き続き相手国供与機材の調達と導入、及び各研究題目における調査を実施する。また、11月～12月に International Symposium on Earth Science and Technology 2023 を開催し研究成果を発表すると共に、これにあわせてケニア側研究者4名を招へいし、シンポジウムへの参加及び研究課題1や2のトレーニングを実施する。状況により、数名をもっと早い時期に招聘する可能性もある。長期本邦研修として、SATREPS経費による2名のケニアのプロジェクト参加機関からの博士後期課程入学者を受け入れる予定である。

(2) 研究題目1：「大地溝帯に発達する地熱系の解明（Output 1）」

研究活動 1-1 ハイブリッド物理探査の実施とデータ解析

- ・収集すべき既存データも含めて探査計画を作成し、フィールド調査を実施する。（重力、地震、MT）
- ・相手国へ相対重力計、地震計を導入する。（重力、地震）
- ・相手国へ導入するGNSS受信機の手配を行う。（重力、地震、MT）
- ・相手国へ導入するMT測定器の手配を行う。（MT）

研究活動 1-2 物理探査データを基にした地下温度分布推定

- ・地下温度推定のための既存坑井検層データ（温度、比抵抗、岩種）の収集を継続する。

研究活動 1-3 GISを用いた統合データ解釈と地熱系概念モデルの構築

- ・GISで統合するための探査データ（地質、物理探査、地化学）の収集を継続する。

研究活動 1-4 精密地熱貯留層モデルの構築と高精度地熱資源量評価法の開発

- ・新たに得られたデータを加えてオルカリア地域の予察的な地熱貯留層数値モデルの更新を行う。

(3) 研究題目2：「シリカスケール防止を通じた大地溝帯に特徴的な地熱貯留層の開発と管理（Output 2）」

研究活動 2-1 地熱流体の地化学分析とデータ解釈

- ・熱水流路に沿ったシリカスケール沈殿物に関する調査を前年度に引き続き実施し、熱水の化学分析データとスケール沈殿物に関する現存データを収集し、前年度に採取した地熱熱水及びシリカスケール試料の各種分析も実施しながら、熱水中での元素の挙動を把握する。
- ・現地にて熱水流路に沿って地熱流体試料を採取し、地化学分析（モノケイ酸やポリケイ酸の定量分析、主要な陽・陰イオンの定量分析、ポリマーサイズ測定、pH、温度など）を実施する。
- ・相手国へ導入する蛍光X線分析装置、ハンドヘルド型蛍光X線分析装置、岩石薄片作成装置一式、前処理用品一式の手配を行う。

研究活動 2-2 シリカ沈殿物の特性の把握とデータ解釈

- ・入手したシリカスケール試料の化学分析や化学状態分析を行い、シリカスケールの生成機構の解明を進める。

研究活動 2-3 カッティングスから得られる地質データの解析

- ・熱水変質鉱物及び流体包有物マイクロサモメトリーに基づく地下深部での水-岩石反応を推定するために、ドリルコアカッティングスを収集する。

研究活動 2-4 適用可能な地熱貯留層管理手法の構築に向けたデータの統合

- ・既存データと新規データを統合し、シリカスケール生成を抑制しながらの適切な貯留層管理手法を構築する。

(4) 研究題目 3 : 「地熱エネルギーの直接利用と地熱開発への社会受容性 (Output 3)」

研究活動 3-1 地熱利用の社会受容性の評価

- ・地熱開発の社会的受容性にかかる課題についての文献調査を実施する。
- ・JKUAT の研究協力者とともにステークホルダーへのインタビューを行い、社会受容性に関する課題や社会的便益拡大のための地域との共創の可能性について調査する。
- ・調査結果をもとにゲーム理論やエージェントベースモデルを用いたモデル分析に着手する。

研究活動 3-2 地熱エネルギーのカスケード利用の研究

- ・熱水の農業利用など、地熱エネルギーのカスケード利用についての可能性調査を実施する。
- ・相手国へ導入する・ワークステーション及び Engineering Equation Solver などのソフトウェアの手配を行う。

(5) 研究題目 4 : 「ケニア側プロジェクト参加機関の人材育成 (Output 4)」

研究活動 4-1 短期人材育成

- ・2023 年度は JICA 課題別研修「地熱資源エンジニア」の研修員が来日できる可能性が高いため、ケニア側の参加者を含め研修員を選出し、受け入れを行う。
- ・2023 年度の JKUAT 地熱ショートコースの開催準備を進める。開催時期 (2022 年度と同じ 3 月に行うのか、あるいは当初の計画どおり 9 月に戻すのか) については、カウンターパート機関と検討する。

研究活動 4-2 長期人材育成

- ・資源の絆プログラムや ABE イニシアティブによる九州大学への大学院入学者を選出し、受け入れを行う。
- ・SATREPS 経費による 2 名のケニアのプロジェクト参加機関からの博士後期課程入学者を受け入れる。

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

- ・プロジェクト全体の現状と課題、相手国側研究機関の状況と問題点、プロジェクト関連分野の現状と課題。当該課題や問題点を解決するために取り組んだ事項。

詳細計画策定調査の結果、ケニアの地熱開発に関する研究は、産業界の KenGen や GDC が自社あるいはドナーによる研究や探査のための資金や機材を備え、独自に研究開発を進めているのに対して、学界は UoN や JKUAT の総合大学でさえ、地熱研究のための資金の獲得に苦勞しており、研究に必要な機器や設備もほとんどない状態であることが明確になった。そのため、KenGen や GDC の職員や研究者の多くは海外の大学への留学や研修を通して技術や学位を取得しているのが現状で

ある。本プロジェクトによりケニアの高等教育機関の底上げを行うことは、自国の産業界に学界から優秀な人材を供給するシステムを構築することにつながり、ケニアの地熱分野の研究開発の将来的な躍進が期待される。

また、ケニアの治安状況は特に都市部で悪く、警察機関も信用できないことも詳細計画策定調査で判明した。本プロジェクトを実施する上で障害とならないよう注意する必要がある。

詳細計画策定調査で判明した JKUAT 及び UoN の研究機材の整備状況に基づき、限られた予算内で最大限の効果が得られるように、両大学に導入する研究機材の選定を行った。カウンターパート機関には、本プロジェクトで導入される研究機材を運用するための消耗品費や光熱費、及び現地調査するための旅費などを自力で工面する努力が求められる。

- ・ 諸手続の遅延や実施に関する交渉の難航など、進捗の遅れた事例があれば、その内容、解決プロセス、結果。類似プロジェクト、類似分野への今後の活動実施にあたっての教訓、提言等。

新型コロナウイルス感染症の世界的拡大の影響で、2020 年度は日本、ケニア両国の機関とも事実上活動が停止した。そのため、JICA 側の研究期間の開始が約一年遅れた。また、ケニア側参加機関のうち KenGen と GDC において CRA と RD の区別の理解が進まず、CRA の合意と署名が 2023 年度になる見込みである。

(2) 研究題目 1：「大地溝帯に発達する地熱系の解明 (Output 1)」

現時点ではなし。

(3) 研究題目 2：「シリカスケール防止を通じた大地溝帯に特徴的な地熱貯留層の開発と管理 (Output 2)」

現時点ではなし。

(4) 研究題目 3：「地熱エネルギーの直接利用と地熱開発への社会受容性 (Output 3)」

現時点ではなし。

(5) 研究題目 4：「ケニア側プロジェクト参加機関の人材育成 (Output 4)」

- ・ 相手国側研究機関の状況と問題点、プロジェクト関連分野の現状と課題。当該課題や問題点を解決するために取り組んだ事項。

短期人材育成について、2020 年度の「地熱資源エンジニア」はコロナ禍で中止となったが、2021 年度、2022 年度については授業のみで期間もこれまでより短くなったものの、オンラインという新しい形態で実施することができた。

IV. 社会実装に向けた取り組み (研究成果の社会還元) (公開)

- ・ LENGO プロジェクトの研究題目 4 の研究活動 4-1 において、KenGen からの研修員 1 名が 2022 年度 JICA 課題別研修「地熱資源エンジニア」を修了した。また、研究活動 4-2 において、JKUAT からの

【令和 4 年 / 2022 年度実施報告書】【230531】

留学生 2 名、KenGen からの留学生 1 名が、2023 年 3 月で博士（工学）の学位を取得した。

V. 日本のプレゼンスの向上（公開）

- ・2023 年 3 月 23 日にナイロビで開催された第 1 回 JCC ミーティングにおいて、ケニア教育省の代表者から、本プロジェクトで実施されているケニアの人材育成（特にケニア側機関のスタッフの学位取得）について謝意が示された。また、エネルギー・石油省の代表者から、本プロジェクトがケニアの地熱資源開発に大きく貢献することを期待する旨が述べられた。

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。)
2022	Philip Omollo (KenGen), Jun Nishijima, Yasuhiro Fujimitsu and Kazuki Sawayama (Kyushu University), "Resistivity structural imaging of the Olkaria Domes geothermal field in Kenya using 2D and 3D MT Data inversion", Geothermics, Vol.103, No.2, 102414	10.1016/j.geothermics.2022.102414	国際誌	発表済	
2022	Bett Gilbert (JKUAT), Yasuhiro Fujimitsu (Kyushu University), "Integrated geological assessment and numerical simulation for Olkaria's East and Southeast geothermal fields", Geothermics, Vol.109, 102652	10.1016/j.geothermics.2023.102652	国際誌	発表済	
2022	Ngethe John (JKUAT), Saeid Jalilinasrabad (Kyushu University), "GIS-based multi-criteria decision making under Silica Saturation Index (SSI) for selecting the best direct use scenarios for geothermal resources in Central and Southern Rift Valley, Kenya", Geothermics, Vol.109, 102656	10.1016/j.geothermics.2023.102656	国際誌	発表済	
2022	Philip Omollo (KenGen), Jun Nishijima (Kyushu University), "Analysis and Interpretation of the gravity data to delineate subsurface structural geometry of the Olkaria geothermal reservoir, Kenya", Geothermics, Vol.110, 102663	10.1016/j.geothermics.2023.102663	国際誌	発表済	
2022	Bett Gilbert (JKUAT), Tatsuya Wakeyama (Tokyo Institute of Technology), Yasuhiro Fujimitsu (Kyushu University), "Application of LANDSAT 8 images to map surface heat loss on Olkaria East and Southeast Geothermal Field, Naivasha, Kenya", 日本地熱学会誌, 45巻3号		国内誌	in press	

論文数 5 件
うち国内誌 1 件
うち国際誌 4 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。)
2021	Koki Aizawa, Mitsuru Utsugi, Keigo Kitamura, Takao Koyama, Makoto Uyeshima, Nobuo Matsushima, Shinichi Takakura, Haruhisa Inagaki, Hiroki Saito, Yasuhiro Fujimitsu, "Magmatic fluid pathways in the upper crust: insights from dense magnetotelluric observations around the Kuju Volcanoes, Japan", Geophysical Journal International, 2022, Volume 228, Issue 2, pp.755-772	10.1093/gji/ggab368	国際誌	発表済	
2021	C. Chhun, T. Tsuji, "Pore pressure and gas saturation distribution in the forearc basin of the Nankai subduction zone inferred from high-resolution Vp and Vs", Journal of Petroleum Science and Engineering, Vol. 205, 108911, doi: 10.1016/j.petrol.2021.108911	10.1016/j.petrol.2021.108911	国際誌	発表済	
2021	T. Ikeda, T. Tsuji, C. Konishi, H. Saito, "Spatial autocorrelation method for reliable measurements of two-station dispersion curves in heterogeneous ambient noise wavefields", Geophysical Journal International, Volume 226, Issue 2, pp.1130-1147	10.1093/gji/ggab150	国際誌	発表済	
2022	B. Nthaba, T. Ikeda, H. Nimiya, T. Tsuji, Y. Iio, Ambient noise tomography for a high-resolution 3D S-wave velocity model of the Kinki Region, Southwestern Japan, using dense seismic array data. Earth Planets Space, 74, 96, 2022	10.1186/s40623-022-01654-x	国際誌	発表済	
2022	T.S. Imam, M.I. Abdel-Fattah, T. Tsuji, H.A. Hamdan, Mapping the geological structures in the Ras El Ush field (Gulf of Suez, Egypt), based on seismic interpretation and 3D modeling techniques, Journal of African Earth Sciences, 193, 104596, 2022	10.1016/j.jafrearsci.2022.104596	国際誌	発表済	
2022	N. Suwandi, F. Jiang, T. Tsuji, Relative Permeability Variation Depending on Viscosity Ratio and Capillary Number, Water Resources Research, 58, B10, 2022	10.1029/2021WR031501	国際誌	発表済	
2022	R. D. Andajani, T. Tsuji, R. Snieder, T. Ikeda, Spatial and temporal influence of sea level on inland stress based on seismic velocity monitoring. Earth Planets Space, 74, 97, 2022	10.1186/s40623-022-01657-8	国際誌	発表済	

論文数 7 件
うち国内誌 0 件
うち国際誌 7 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
2020	Ngethe John (JKUAT), Saeid Jalilinasrabad (Kyushu University), "Considering Future Feasible Agricultural Projects for Direct Use of Geothermal Energy at Eburru Geothermal Field", Geothermal Resources Council Transactions, 2020, Vol. 44, pp.268-283	Transactions	発表済	
2020	Ngethe John (JKUAT), Saeid Jalilinasrabad (Kyushu University), "Analysis of Land Use within Close Proximity of Menengai Geothermal Resources in Kenya via Remote Sensing", Proceedings of International Symposium on Earth Science and Technology 2020, 2020, pp.259-263	Proceedings	発表済	
2020	Ngethe John (JKUAT), Saeid Jalilinasrabad (Kyushu University), "Optimization of Geothermal Greenhouses Design for Kenyan Fresh-cut Flowers", Proceedings of 46th Workshop on Geothermal Reservoir Engineering, Stanford University, 2021, 8p	Proceedings	発表済	
2021	Bett Gilbert (JKUAT), Yasuhiro Fujimitsu (Kyushu University), "Assessing the geophysical enablers for the Olkaria's East and Southeast fields huge expansion", Proceedings of International Symposium on Earth Science and Technology 2021, 2021, pp.127-135	Proceedings	発表済	
2021	Philip Omollo (KenGen), Jun Nishijima, Yasuhiro Fujimitsu (Kyushu University), "Unraveling the subsurface architectural design of the Olkaria geothermal reservoir using 2D and 3D MT Data Inversion", Proceedings of International Symposium on Earth Science and Technology 2021, 2021, pp.136-142	Proceedings	発表済	

2021	Ngethe John (JKUAT), Saeid Jalilinasrabady (Kyushu University), "Potential of cascaded use of geothermal energy to uplift fish production in Kenyan aquaculture", Geothermal Resources Council Transactions, 2021, Vol. 45, pp.486-498		Transactions	発表済	
2021	Marietta Mutonga (GDC), Yasuhiro Fujimitsu (Kyushu University), "An Insight of the Subsurface through Borehole Images Case Study of MW-34 Menengai Geothermal Field, Kenya", Proceedings 43rd New Zealand Geothermal Workshop, 7p		Proceedings	発表済	
2022	Ngethe John (JKUAT), Saeid Jalilinasrabady (Kyushu University), "Community Usage of Low Enthalpy Geothermal Resources in Kenya: Case Study of Warm and Hot Springs", Geothermal Rising (GRC 2022) Transactions, 2022, Vol. 46, pp.663-672		Transactions	発表済	
2022	Ngethe John (JKUAT), Saeid Jalilinasrabady (Kyushu University), "Proposal of Crop Dring by Analysis of Grain Farms Within Close Proximit of Menengai Geothermal Resource in Kenya via Remote Sensing", Proceedings 44th New Zealand Geothermal Workshop, 5p		Proceedings	発表済	
2022	Wanyonyi Edwin (KenGen), Kotaro Yonezu, Akira Imai (Kyushu University), Takushi Yokoyama (West JEC), Kizito Opondo (KenGen), "Characterization of Amorphous Silica Scales at Flash Separators in the Olkaria Geothermal Field, Naivasha, Kenya", Proceedings of International Symposium on Earth Science and Technology 2022, 2022, pp.52-56		Proceedings	発表済	
2022	Marietta Mutonga (GDC), Yasuhiro Fujimitsu (Kyushu University), "Geochemistry of discharged fluids from production well MW-20B Menengai Geothermal Field, Kenya", Proceedings of International Symposium on Earth Science and Technology 2022, 2022, pp.162-167		Proceedings	発表済	
2022	Philip Omollo (KenGen), Jun Nishijima (Kyushu University), "Analysis of the Olkaria geothermal reservoir Internal structure from 3D gravity models", Proceedings of International Symposium on Earth Science and Technology 2022, 2022, pp.168-173		Proceedings	発表済	
2022	Bett Gilbert (JKUAT), Yasuhiro Fujimitsu (Kyushu University), "Analytical description of the production decline at the Olkaria East geothermal field, Naivasha Kenya", Proceedings of International Symposium on Earth Science and Technology 2022, 2022, pp.174-181		Proceedings	発表済	

著作物数 13 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
2021	Kotaro Shinozaki, Tatsuya Wakeyama (Kyushu University), "A Game Theoretic Analysis Regarding Consensus Building of Geothermal Power Plant Development in Kyushu Area, Japan", Proceedings of International Symposium on Earth Science and Technology 2021, 2021, pp.387-390		Proceedings	発表済	
2022	Kotaro Shinozaki (Kyushu University), Tatsuya Wakeyama (Tokyo Institute of Technology), Jun Nishijima (Kyushu University), "Agent-based Model Analysis on the Consensus Building of Geothermal Development from the Viewpoint of Individual Rationality", Proceedings of International Symposium on Earth Science and Technology 2022, 2022, pp.157-161		Proceedings	発表済	

著作物数 2 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
2021	JICA課題別研修「地熱資源エンジニア(Intensive Training for Geothermal Resource Engineers)」 新型コロナウイルス感染症の世界的な感染拡大により2020年度は中止となった「地熱資源エンジニア」を、2021年度は期間を短縮したオンライン授業のみで実施した。研修員は自国からの参加となるが、参加国は東南アジア、アフリカ、中南米にわたり時差が大きいため、Region1(インドネシア、東アフリカ地域)とRegion2(中南米地域[Region1に参加できなかったタンザニアの研修員1名が参加])の2地域に分け、Region1は11/8~12/17の平日の日本時間15:30~17:00、Region2は1/10~2/18の7:00~8:30に実施した。18名が登録し、17名が修了した。ケニアはGDCから1名がRegion1に参加した。	九州大学および学外の講師合計30名が、担当する講義のスライド(PowerPoint)を作成し、講義資料とした。	
2022	JICA課題別研修「地熱資源エンジニア(Intensive Training for Geothermal Resource Engineers)」 2022年度も前年度と同様、期間を短縮したオンライン授業のみで実施した。研修員は自国からの参加となるため、時差を考慮してRegion1(中南米地域)とRegion2(インドネシア、東アフリカ地域)の2地域に分け、Region1は11/8~12/16の平日の日本時間8:00~9:30、Region2は1/9~2/22の15:30~17:00に実施した。10名が登録、修了した。ケニアはKenGenから1名がRegion2に参加した。	前年度の講義資料を一部改訂して使用した。	

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
2020	国際学会	Milton Utwolo Alwanga (Jomo Kenyatta University of Agriculture and Technology) Governance Reforms and access to Electrification in Rural Kenya, Kyushu University Energy Week 2021, Online, January 22, 2021	ポスター発表
2021	国内学会	Bett Gilbert (JKUAT), Tatsuya Wakeyama, Yasuhiro Fujimitsu (Kyushu University) Application of Landsat 8 images to map surface heat loss on Olkaria East and Southeast Geothermal Field, Naivasha, Kenya, 日本地熱学会令和3年学術講演会、仙台市・東北大学青葉キャンパス、2021年10月27日(発表日)	口頭発表
2021	国際学会	Bett Gilbert (JKUAT), Yasuhiro Fujimitsu (Kyushu University) Assessing the geophysical enablers for the Olkaria's East and Southeast fields huge expansion, International Symposium on Earth Science and Technology 2021, Shiiki Hall, Ito Campus, Kyushu University, Fukuoka City, November 25, 2021(発表日)	口頭発表
2021	国際学会	Philip Omollo (KenGen), Jun Nishijima, Yasuhiro Fujimitsu (Kyushu University) Unraveling the subsurface architectural design of the Olkaria geothermal reservoir using 2D and 3D MT Data Inversion, International Symposium on Earth Science and Technology 2021, Shiiki Hall, Ito Campus, Kyushu University, Fukuoka City, November 25, 2021(発表日)	口頭発表
2021	国際学会	Marietta Mutonga (GDC), Yasuhiro Fujimitsu (Kyushu University) An Insight of the Subsurface through Borehole Images Case Study of MW-34 Menengai Geothermal Field, Kenya, 43rd New Zealand Geothermal Workshop, Online, February 2, 2022(発表日)	口頭発表
2022	国際学会	Ngethe John (JKUAT), Saeid Jalilinasrabady (Kyushu University), "Community Usage of Low Enthalpy Geothermal Resources in Kenya: Case Study of Warm and Hot Springs", Geothermal Rising (GRC 2022), Online, August 28, 2022(発表日)	口頭発表
2022	国際学会	Ngethe John (JKUAT), Saeid Jalilinasrabady (Kyushu University), "Proposal of Crop Dring by Analysis of Grain Farms Within Close Proximit of Menengai Geothermal Resource in Kenya via Remote Sensing", 44th New Zealand Geothermal Workshop, Online, November 24, 2022(発表日)	口頭発表
2022	国際学会	Wanyonyi Edwin (KenGen), Kotaro Yonezu, Akira Imai (Kyushu University), Takushi Yokoyama (West JEC), Kizito Opondo (KenGen) Characterization of Amorphous Silica Scales at Flash Separators in the Olkaria Geothermal Field, Naivasha, Kenya, International Symposium on Earth Science and Technology 2022, Shiiki Hall, Ito Campus, Kyushu University, Fukuoka City, December 1, 2022(発表日)	口頭発表
2022	国際学会	Philip Omollo (KenGen), Jun Nishijima (Kyushu University) Analysis of the Olkaria geothermal reservoir Internal structure from 3D gravity models, International Symposium on Earth Science and Technology 2022, Shiiki Hall, Ito Campus, Kyushu University, Fukuoka City, December 1, 2022(発表日)	口頭発表
2022	国際学会	Bett Gilbert (JKUAT), Yasuhiro Fujimitsu (Kyushu University) Analytical description of the production decline at the Olkaria East geothermal field, Naivasha Kenya, International Symposium on Earth Science and Technology 2022, Shiiki Hall, Ito Campus, Kyushu University, Fukuoka City, December 1, 2022(発表日)	口頭発表

招待講演 0 件
口頭発表 9 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
2019	国内学会	藤光康宏・西島潤・辻健・米津幸太郎・分山達也・糸井龍一(九州大学) SATREPS:ケニアとの地熱共同研究、日本地熱学会令和元年学術講演会、熊本市・くまもと県民交流館パレオ、2019年11月20日(コアタイム日)	ポスター発表
2019	国際学会	Yasuhiro Fujimitsu (Kyushu University) Comprehensive Solutions for Optimum Development of Geothermal Systems in East African Rift Valley (Kenya), Kyushu University Energy Week 2020, Shiiki Hall, Ito Campus, Kyushu University, Fukuoka City, January 29, 2020	口頭発表
2021	国内学会	篠崎航太郎・分山達也(九州大学)地熱発電開発の合意形成に関するゲーム理論的分析、第30回日本エネルギー学会、オンライン、2021年8月4日(発表日)	口頭発表
2021	国際学会	Kotaro Shinozaki, Tatsuya Wakeyama (Kyushu University) A Game Theoretic Analysis Regarding Consensus Building of Geothermal Power Plant Development in Kyushu Area, Japan, International Symposium on Earth Science and Technology 2021, Shiiki Hall, Ito Campus, Kyushu University, Fukuoka City, November 25, 2021(発表日)	ポスター発表
2022	国内学会	藤光康宏・西島潤・米津幸太郎(九州大学)・辻健(東京大学)・分山達也(東京工業大学) SATREPS:ケニアとの地熱共同研究(その2)、日本地熱学会令和4年学術講演会、東京都大田区・大田区産業プラザPiO、2022年11月8日(コアタイム日)	ポスター発表
2022	国際学会	Kotaro Shinozaki (Kyushu University), Tatsuya Wakeyama (Tokyo Institute of Technology), Jun Nishijima (Kyushu University) Agent-based Model Analysis on the Consensus Building of Geothermal Development from the Viewpoint of Individual Rationality, International Symposium on Earth Science and Technology 2022, Shiiki Hall, Ito Campus, Kyushu University, Fukuoka City, December 1, 2022(発表日)	口頭発表
2022	国際学会	Chanmaly Chhun (Kyushu University), Takeshi Tsuji (The University of Tokyo), Tatsunori Ikeda (Kyushu University) Potential fluid pathways and supercritical fluid accumulations in the Taupo Volcanic Zone based on ambient noise data, AGU Fall Meeting, Online, December 15, 2022(発表日)	口頭発表

招待講演 0 件
口頭発表 4 件
ポスター発表 3 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
2020	2021/10/15	JICA理事長賞	50年にわたる国際地熱研修コースによる人材育成、資源の絆プログラムによる留学生受け入れ、ジョモ・ケニヤッタ農工大学とのSATREPS事業の形成	九州大学大学院工学研究院地球資源システム工学部門	国際協力機構	3.一部当課題研究の成果が含まれる	
2021	2021/11/26	International Symposium on Earth Science and Technology 2021 Best Paper Award	Proceedingsに掲載された“Assessing the geophysical enablers for the Olkaria's East and Southeast fields huge expansion”が優れた論文と認められた	Bett Gilbert	Cooperative International Network for Earth Science and Technology	1.当課題研究の成果である	
2021	2021/11/26	International Symposium on Earth Science and Technology 2021 Best Poster Award	ポスター発表“A Game Theoretic Analysis Regarding Consensus Building of Geothermal Power Plant Development in Kyushu Area, Japan”が優れた発表と認められた	篠崎航太郎	Cooperative International Network for Earth Science and Technology	2.主要部分が当課題研究の成果である	
2022	2022/12/2	International Symposium on Earth Science and Technology 2022 Best Presentation Award	口頭発表“Analytical description of the production decline at the Olkaria East geothermal field, Naivasha Kenya”が優れた発表と認められた	Bett Gilbert	Cooperative International Network for Earth Science and Technology	1.当課題研究の成果である	

4 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

0 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
2020	2020/12/11	11th INCUBATION WEBINAR – Collaboration between JKUAT (Kenya) & Kyushu University (Japan) to strengthen Geothermal Energy in Kenya-	オンライン (ケニア)	約80名	公開	JKUAT、GDC、九州大学によるジョイントセミナー。GDCは東アフリカ大地溝帯の地熱地域の開発状況の紹介を、九州大学は藤光教授、西島准教授、Chhun学術研究員、米津准教授、分山准教授によるSATREPS (LENGOプロジェクト)の概要と各研究題目に関する説明を行った。
2021	2021/11/25-26	International Symposium on Earth Science and Technology 2021	九州大学伊都キャンパス椎木講堂とオンラインのハイブリッド (日本)	196名	公開	SATREPSの活動がプロジェクト関係者以外にも広く認知されるように、International Symposium on Earth Science and Technology 2021を開催した。初日のオープニングセッションではJSTの上阪氏による講演“Introduction of SATREPS program”と鹿園研究主幹によるPlenary Lecture “Quantitative Analysis of Nanoporous Microstructures”が行われた。参加者は20か国(国内留学生の母国を除く)と国内を合わせて196名であり、上阪氏のSATREPS紹介、および鹿園研究主幹とインドネシア・ガジャマダ大学Agung Harijoko博士のPlenary Lectureを除いた発表件数は口頭74件、e-ポスター22件で、そのうちLENGOプロジェクトに関する発表は口頭2件であった。
2022	2022/12/1-2	International Symposium on Earth Science and Technology 2022	九州大学伊都キャンパス椎木講堂とオンラインのハイブリッド (日本)	218名	公開	International Symposium on Earth Science and Technology 2022を2022年12月1-2日に、九州大学伊都キャンパス椎木講堂とオンラインのハイブリッドで開催した。参加者は海外8か国(国内留学生の母国を除く)と国内を合わせて218名あり、研究発表件数は口頭93件、e-ポスター15件で、そのうちLENGOプロジェクトに関する発表は口頭4件(加えてProceedingsでの論文発表のみが1件)であった。
2022	2023/3/24-29	International Training on Geothermal Technology	JKUAT JujaキャンパスAICAD Assembly Hall (ケニア)	72名 (67名)	非公開	2023年3月24-29日に、JKUAT Jujaキャンパス内にあるAfrican Institute of Capacity Development (AICAD)のAssembly Hallにおいて、地熱トレーニングコース(International Training on Geothermal Technology)を開催した。九州大学の藤光教授、西島准教授、米津准教授、Saeid准教授、池田准教授に加えて、JKUAT、UoN、KenGenのプロジェクト参加者が講師として授業を行った。また、トレーニングの一環で25日はオルカリア地熱地域のフィールドトリップを実施した。

4 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
2022	2023/3/23	第1回JCCミーティング	現地:29 オンライン:8	第1回JCCミーティングがケニアのサロバ・バナリフィック・ナイロビの会議室で開催された。プロジェクト開始年度から新型コロナウイルス感染症により事実上ストップしていたため、プロジェクトの概要説明と各Outputの現在までの進捗状況報告がなされた。また、LENGOを正式なプロジェクトニックネームとして今後使用すること、JCCを含めて3か月毎にプロジェクトのモニタリング会議を開催することが決定した。

1 件

成果目標シート

研究課題名	東アフリカ大地溝帯に発達する地熱系の最適開発のための包括的ソリューション
研究代表者名 (所属機関)	藤光康宏 (九州大学大学院工学研究院)
研究期間	2019年度～2024年度
相手国名／主要相手国研究機関	ケニア／ジョモ・ケニヤッタ農工大学
関連するSDGs	目標7、目標13、目標9、目標17

上位目標

ケニアにおける地熱発電設備容量を、2030年までに5,000MWにするという政府目標に向けて着実に増加させる。

東アフリカ大地溝帯内諸国の地熱開発において大地溝帯の地熱系モデルや流体特性に応じた特有の管理法が採用されると共に、二国間カーボンオフセットメカニズムに活用される。

プロジェクト目標

東アフリカ大地溝帯の特性を反映した持続的な開発・利用のための包括的ソリューションが提案される。

成果の波及効果

日本政府、社会、産業への貢献	<ul style="list-style-type: none"> 気候変動枠組条約への寄与 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"> 東アフリカ大地溝帯の地熱系のモデル化 東アフリカ大地溝帯の地熱資源の持続可能な利用のための科学・技術の開発
知財の獲得、国際標準化の推進、遺伝資源へのアクセス等	<ul style="list-style-type: none"> 東アフリカ大地溝帯の地熱流体の化学特性に適応した地熱貯留層管理技術の確立 地熱資源開発を担う人材育成の中核組織の形成
世界で活躍できる日本人人材の育成	<ul style="list-style-type: none"> 国際的に活躍可能な日本側の若手研究者・技術者の育成と、ケニア及び東アフリカ大地溝帯内諸国への展開
技術及び人的ネットワークの構築	<ul style="list-style-type: none"> 東アフリカ大地溝帯内諸国の地熱関係研究者・技術者のネットワーク 日本とケニアの大学間連携
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"> 東アフリカ大地溝帯の精密地熱系モデル 地熱資源の持続可能な利用技術 カスケード地熱利用のミニチュアモデル

