

地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS)

研究課題別中間評価報告書

1. 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
(2021年3月～2026年3月)

2. 研究代表者

2. 1. 日本側研究代表者：藤光 康宏

(九州大学 大学院工学研究院 教授)

2. 2. 相手側研究代表者：Bernard W. IKUA

(ジョモ・ケニヤッタ農工大学 教授／副学長)

3. 研究概要

ケニアの主力電源は、度重なる干ばつで不安定化する水力発電から、発電ポテンシャルが高く安定供給が可能な地熱発電に転換しつつある。そこで、本プロジェクトでは、ハイブリッド物理探査の実施と大地溝帯特有の地熱系モデルの構築、発電所稼働率向上のためのスケール対策手法の確立、地熱利用の社会的受容性向上のためのシナリオ提案により、計画から利用までそれぞれの段階における問題を解決し、同国と周辺国の持続可能な地熱エネルギー利用の促進を目指す。

本プロジェクトの成果は、地熱発電設備容量を2030年までに5,000 MWにするというケニア政府の目標達成に寄与し、ビジョン2030としてケニア政府が掲げる工業国としての経済的な発展に貢献することが期待される。また、同国の再生可能エネルギー主体の電源構成は地球環境保全にも貢献する。

プロジェクトは下記の4つの研究題目で構成されている。

(1) 大地溝帯に発達する地熱系の解明

(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

(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

(4) ケニア側プロジェクト参加機関の人材育成

4. 評価結果

総合評価：A

(所期の計画と同等の取組みが行われ、成果が期待できる。)

本プロジェクトは、ケニアの大地溝帯における地熱発電の計画から利用に至る課題の解決を図るために、ハイブリッド物理探査の実施と大地溝帯特有の地熱系モデルの構築、発電所稼働率向上のためのスケール対策手法の確立、地熱利用の社会的受容性向上のためのシナリオ提案、現地

の将来を担う人材育成を研究題目として設定している。コロナ禍によりケニア側が1年間ロックダウンしたことや、コロナ感染によって相手国側研究者の一部が交代せざるを得なくなるなど深刻な影響が出たが、苦勞しながらも適切にマネジメントがなされている。供与機材の搬入やその機材を使った現地調査などの進捗に多少の遅れが出ているが、計画の遅れを最低限にとどめる努力がなされ、ハード研究とソフト研究の双方で着実な研究の進捗が図られている。また、相手国側の地熱発電所の企業が本研究に高い関心を持つようになってきていることから、本研究成果が実際に発電所建設計画・運用に利用されたり、政策に反映される可能性が十分に期待できる。渡航も再開され機材導入も進んできたので、後半に向けて社会実装に必要な課題を整理することで、目標以上の成果が得られることも期待できる。

4-1. 国際共同研究の進捗状況について

コロナ禍の影響で、遅れが生じてはいるものの、適切なマネジメントにより、全ての研究題目がほぼ順調に進捗している。一方で、当初想定されていなかった新たな展開は生じていない。各研究題目の進捗については、以下の通りである。

研究題目(1) 大地溝帯に発達する地熱系の解明では、相手国への供与機材が未だ導入できていないため、当初計画からの遅れはある。日本人研究者が渡航できない間は、ケニアからの留学生が帰国して現地調査を実施した。また、導入予定機材の使用法、解析方法の研修も実施しており、機材が導入されれば研究が急速に進展することが期待できる。さらに、現地データを活用した熱源の有無や、熱水の通路などをシミュレーションできるモデル構築のための現地調査を今秋に予定している。現地へ導入した機材により、微小振動や地震波を用いた断層の位置や状態などの調査を加速させるとともに、個々のモデルの統合を行う予定である。相手国側企業の Kenya Electricity Generating Company Ltd. (KenGen) や Geothermal Development Company Ltd. (GDC) の協力も得られ、今までに明らかにされていなかった地下構造の解明といった高いレベルの研究成果が得られている。多くの論文、国際会議での発表がなされており、学術的成果を多く創出している。これまでの交流で実績のある物理探査などは、今後も着実に進展していくことが期待できる。

研究題目(2) シリカスケール¹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では、配管内に沈殿するスケールの生成メカニズムの調査や生成を防ぐ対策を研究している。ケニアからの留学生が、日本で習得した技術を用いて、ケニア大地溝帯の熱水および熱水から沈殿したシリカスケールの調査を実施した。持ち帰ってきた試料から、アルカリ性の熱水中にはフッ素が多く溶けていることが分かったが、強アルカリ性熱水に対するシリカスケール生成およびその防止の知見は少なく、溶存成分の分析や有効な薬剤についての研究を進めている。また、スケール沈殿量をなるべく短いモニタリング期間で推測する研究も計画し、ステンレス板等の金属板による浸漬実験でスケールの生成メカニズム解明と表裏一体の生成防止といった短期的な対策について

¹ 水中に溶けている無機塩類(シリカ)が析出した物質

も検討中である。現時点で、まだ研究成果を問える段階では無いが、スケール付着の分析は着実に進むことが期待される。一方で、個別の状況に対応した効果的な対策が提案されることが期待される。

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では、地熱エネルギーの社会受容性を高めるために、地熱のカスケード利用の拡大を提案、推進している。提案にあたっては、日本やニュージーランドの事例をもとに、ケニアに受け入れられるモデルを検討している。また、熱水の直接利用では、シリカが飽和した温水の農業や魚の養殖などへの利用可能性を検討している。シリカスケール生成防止対策後の熱水からはリチウム回収の、アフリカ地溝帯のアルカリ性熱水はフッ素含有量が高いことから、レアアース抽出の可能性もあり、今後の研究成果に期待したい。社会受容性を高めるには、相手国の社会システムとの親和性や経済性評価の視点が必要であるが、相手国側の自主的活動や企業意見などの取り組みがまだ十分とは言えない状況だと考えられ、社会実装に向け戦略の見直しも含め、取り組みの強化が望まれる。

研究題目（4）ケニア側プロジェクト参加機関の人材育成では、コロナ禍においても短期/長期の留学生の受け入れを進めてきた。その結果、SATREPS 開始後に入学した留学生のうち、2022年度末までに2名が修士課程を、3名が博士課程を修了した。さらに、現在、1名の修士学生と2名の博士学生が在学しており、今年度は4月にさらに2名の博士課程学生を受け入れている。また、コロナ禍にあっても、オンラインを活用して、国際シンポジウムや国際研修コース「地熱資源エンジニア」が開催された。2023年3月23日には、ケニアにて開催されたJCCに合わせて、Jomo Kenyatta University of Agriculture and Technology (JKUAT) にて日本からの派遣メンバーによる地熱ショートコースセミナーが開催され、今年度も同様に開催が計画されている。ケニアからの留学生の育成が主であったため、日本人の育成がやや手薄になっていたが、今後は日本人学生や若手研究者の参画や研究成果発表などの育成にも注力していくとのことで、さらなる成果に期待する。

4-2. 国際共同研究の運営体制について

研究チームの体制・遂行状況、および研究代表者のリーダーシップは優れており、コロナ禍でプロジェクト遅延を余儀なくされた中でも、密なコミュニケーションと適切なマネジメントがなされている。プロジェクト発足当初よりもケニア側企業の本研究への期待が高まったことで、ケニア側企業がケニア側大学をサポートして学の強化を図ろうという体制づくりが進みつつある。留学生への指導、国際会議の開催、日本側研究者も参加した現地セミナー開催や機材の現地設置の調整などでも研究代表者のリーダーシップが発揮されている。ただし、ケニアの大学側が本プロジェクト終了後も継続してアクティビティを維持するためには、ケニアの大学側への更なる支援が必要だと考えられる。

相手国側への機材の導入は遅れているものの、予算執行に不備は見当たらず、妥当だと考えられる。為替変動の影響に対しても適切に対応している。

4-3. 科学技術の発展と今後の研究について

今後はケニア側での調査や導入機材の利用などの研究進捗が想定されることから、研究の更なる進展に大いに期待できる。研究題目（1）に関しては、大地溝帯のみならず、広く一般に適用できる普遍的な研究成果としてまとめることが期待される。技術的な実力の高いケニア側企業からの本研究成果への期待も大きいことから、社会実装につながる実施体制が構築できていると考える。

ケニアは地熱資源ポテンシャルが高く、今後の地熱発電の大幅な増加が期待されている。相手国の KenGen や GDC といった企業が、本プロジェクトに大きな関心を持ってくれるようになったことから、本研究成果の社会実装、ならびに相手国側の大学の発展についても波及効果が期待できる。もとより、本技術は政策決定に非常に有用であるため、相手国のエネルギー政策にも反映される可能性が高い。ケニアでの地熱発電は、日本の地熱発電企業にとっても大きなビジネスチャンスであり、本プロジェクトの成果は我が国の地熱開発においても重要な取り組みである。そのためにも、個別技術あるいは固有技術の向上だけでなく、複数の技術を統合して実効ある有益な成果としてまとめて欲しい。

相手国の大学、企業からの留学生を数多く受け入れており、相手国の人材育成には大いに貢献しているものと考えられるが、日本人若手研究人材の育成、グローバル化に対応した日本人人材の育成などについては、今後さらに強化されることを期待する。

4-4. 持続的研究活動等への貢献の見込みについて

相手国大学側については、研究の特に財政的な基盤が弱いことから、相手国企業側との積極的な交流構築が重要である。ケニアからの留学生は、それぞれの研究項目において着実に成果を上げており、帰国した留学生を通じて相手国内でのコミュニケーションが促進されつつあり、この効果は継続することが期待できる。一方で、相手国側の研究者の自立性や自主性を高めるための継続的な努力が今後とも必要である。

本研究の成果が相手国の政策に反映され、相手国企業の中で活用され、日本側が継続的に企業留学生を受け入れながら発展する可能性は高いと考える。相手国企業と相手国大学の間の交流についても、本プロジェクトの留学生ネットワークなどを通じて実質的なものに変わっていくことが期待できる。一方で、社会実装のためには学術研究活動だけでなく、関係省庁などの協力・支援をお願いし、あらゆる可能性を追求して欲しい。

5. 今後の研究に向けての要改善点および要望事項

- 1) 社会実装に向けたゲーム理論²やエージェントベースモデル³を用いたモデル分析や、地熱エネルギーのカスケード利用⁴可能性調査など、今後実施予定の課題については、これまでの経験や実績をうまく活用して、社会実装を十分に意識した上で実施することを期待する。特に、社会受容性に関しては、様々なケニア側関係者とのコミュニケーションをより頻繁に図りつつ、実施されることを期待する。
- 2) 長期的な視点での基盤研究も重要であり、相手国の大学が本分野での活動継続できるかが、本成果の持続的発展には不可欠と思われる。今後のケニアの地熱発電の成長のためには、相手国の企業、関係省庁、大学を交えた議論の場において、ケニア側大学にも継続的な研究支援が必要であることを積極的にアピールすることを期待する。

以上

² 社会や自然界における複数の主体が関わる意思決定の問題や行動の相互依存的状況の数学的モデルによる研究

³ 自律的なエージェントの行為と相互作用を、それらがシステム全体に与える影響を評価するためにシミュレートするコンピュータによるモデル

⁴ 資源やエネルギーを1回の利用だけではなく、利用後、性質が変わった資源や利用時に出る廃棄物を別の用途に使い、その後もさらに別の用途に活かす、といった多段階（カスケード）の活用

成果目標シート

公開資料

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

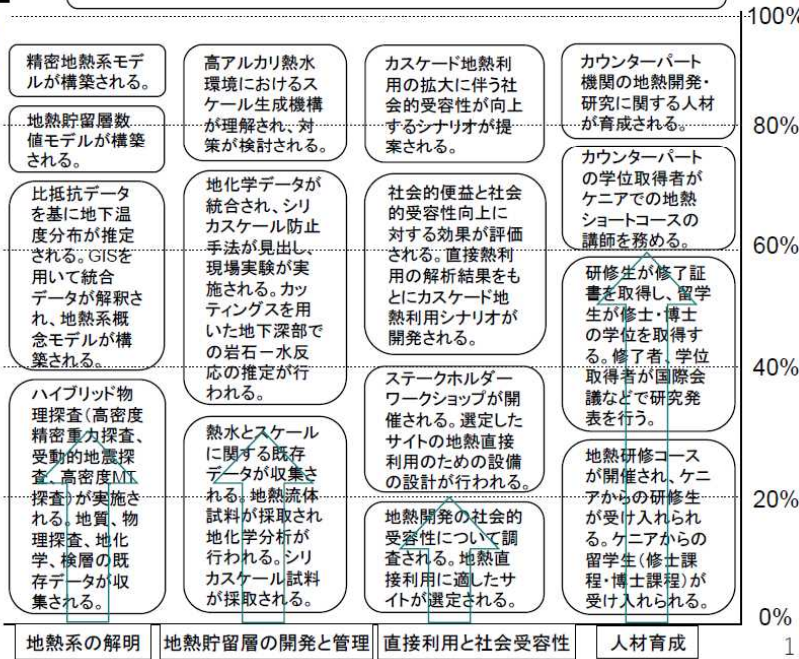
ケニアにおける地熱発電設備容量を、2030年までに5,000MWにするという政府目標に向けて着実に増加させる。

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用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



Ver.170401

図1 成果目標シートと達成状況 (2023年6月時点)