

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

「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」(2015年4月～2020年3月)

2. 研究代表者

2.1. 日本側研究代表者： 小池 克明 (京都大学 大学院工学研究科 教授)

2.2. 相手国側研究代表者：スダルト ノトシスウォヨ

(バンドン工科大学 鉱山石油工学部 教授)

3. 研究概要

本研究課題は、地熱資源を利用した発電量の大幅な増加と環境と調和した長期間の持続的地熱発電の2点を実現する事を目的とするものであり、リモートセンシング・数理地質学・地球化学・鉱物学での最先端手法を統合して発電に最適な蒸気スポットを高精度で検出できる技術、リモートセンシングを利用した地熱発電所周辺の広域環境モニタリング技術、長期にわたる地熱エネルギーの持続的利用・産出を可能にするための最適化システム設計技術を開発する。これに加えて、地熱開発を担える人材をバンドン工科大学 (ITB) と協同で育成する事を目的とする。

上位目標は、開発された技術の適用によって、地熱発電所の予定地における探査ボーリング掘削費が減少することであり、

プロジェクト目標は、プロジェクトで開発された技術の適用性が、モデル・サイトにおいて実証される事である。

また、研究題目は以下の4つである。

- ① 蒸気スポットと地熱発電適地の高精度検出技術開発。
- ② 環境調和型地熱利用のためのモニタリング技術開発。
- ③ 地熱エネルギー利用・産出の最適化システム設計。
- ④ インドネシアにおける地熱開発を担える人材の育成。

4. 評価結果

総合評価：A+

(所期の計画をやや上回る取り組みが行われ、大きな成果が期待できる。)

全体として、計画に沿って研究が進捗し一部前倒しで実施している研究題目もある。その結果、技術の有効性相手国の期待などが当初より明確になっている。投入された機材が有効活用されて

おり、人的交流や論文発表も活発である。学術的にも実用的にもインパクトのある成果がいくつか得られており、順調に成果をあげつつある。研究代表者のリーダーシップが優れ、研究者間の長い交流関係を基にした非常に良い共同研究体制が構築されている。

以上のことから、所期の計画をやや上回る取り組みが行われ、大きな成果が期待できると高く評価できる。

4-1. 国際共同研究の進捗状況について

リモートセンシング等の各種モニタリング技術、貯留層の評価のためのシミュレーション等において、学術的にも実用的にもインパクトのある成果がいくつか得られており、全体的に順調に進捗している。京大に導入した分析機器なども利用して、野外調査による試料採取・分析などを前倒しに実施し、研究計画は当初の計画に沿って順調に進捗している。ただし、蒸気スポットと地熱発電適地の高精度検出技術の開発については、プロジェクトの最終目標に対して個々の技術についての当初の計画や目標の妥当性を見直しつつ進めていることがうかがえる。

新たな方向性・展開として特筆すべきものは無いが、本プロジェクトにて新規の機器が開発できれば、更に望ましい展開として評価できる。

研究のレベルは非常に高く、特に、蒸気スポットと地熱発電適地の検出技術やリモートセンシングを用いたモニタリング技術などの技術レベルは極めて高く、世界的にトップレベルと評価できる。また、各種モニタリング技術、シミュレーション等で大きな科学技術的インパクトが期待できるのに加え、社会的ニーズに即しているため波及効果にも期待できる。植生が深い地域においても熱水変質鉱物の分布域を詳細に抽出できる可能性を見出したことは、他分野も含め今後の展開が期待できる。

これらの事実から、研究成果の発展状況や活用状況は、優れていると判断される。

4-2. 国際共同研究の実施体制について

各研究題目が順調に進捗し、各研究機関の連携も極めて良く、研修プログラムもよく計画・実施されている。研究代表者のリーダーシップは非常に優れ、ITB との積極的な協力体制が構築されている。供与機材についても問題なく有効に活用されている状況である。

以上の結果から、国際共同研究の実施体制、研究代表者のリーダーシップについては、相当に優れていると判断される。

なお、他の関係プロジェクトとの連携、社会実装の担い手となる公共機関や企業との連携など、研究代表者が中心になり戦略を立て相手国関係者とも相談し、積極的に進めることを期待する。

4-3. 科学技術の発展と今後の研究について

全般に、課題を的確にとらえた優れた研究の進め方であり、すでにいくつかのインパクトある成果が得られており、今後の展開が大いに期待できると評価される。一層の成果のため、以下のような進め方を期待する。

科学技術としての学問の深化と知財戦略の両面を考え、両国の発展につながるような形でプロジェクトを進めて欲しい。個々の技術が他分野への展開を含め活用されるように整理し知財を確保するとともに、学術的に対外発表されることを期待したい。

日本の若手研究者が主体的に関与しており、育成されている状況であるが、更にキャリアアップにつながるように配慮して欲しい。

他の関係プロジェクトとの連携、社会実装の主体となる公共機関や企業との連携などについて、研究代表者が中心になり戦略を立て相手国関係者とも相談し、積極的に進めて欲しい。

種々の技術が混在しているために成果がユーザーサイドにとって利用しにくいものにならない様、プロジェクトの最終的成果として「蒸気スポットの検出と持続的利用」をひとつの技術マニュアルとしてまとめら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

留学生の受け入れ、研究者の受け入れなど、積極的に進められている。地熱技術人材の育成トレーニング用に設計されたカリキュラムに従って、計画的に人材育成・交流が行われている。また、インドネシアに加え、エジプト、ジンバブエなどとも共同研究の輪を拡げ、今後の持続的研究活動が期待できる。相手国に技術開発のニーズが高く、現地にレベルの高い研究者がおり、今後の研究の自律的発展について期待できる。

これらの事実から、今後の持続的研究活動等への貢献が期待できると考えられる。

両国の良好な連携を活かしプロジェクト終了後も継続、発展できるよう、今後の関係者の努力に期待する。

5. 今後の課題・今後の研究者に対する要望事項

今後残りの国際共同研究期間で成果目標を達成するために、下記の要望事項を参考にしてもらいたい。

- ・ 地熱資源の利用には、地下熱水貯留層の位置・規模・性状・熱水の挙動などの予測が必須である。今後検出・予測の確度を高め、合的な地熱開発技術の確立を期待している。また国内の地熱開発にも積極的に関与・適用してほしい。
- ・ 研究成果は、単に地熱資源の蒸気スポットの検出だけでなく他の鉱物資源の探査や持続的資源開発にも適用できるはずであり、広範な波及効果が期待できる。資源工学の発展に大きく寄与すると考えられるので、学理として体系化を図ってほしい。植生の活性度評価やシミュレーションソフトウェア等々、他分野でも適用可能な技術が多いと考えられる。どのような波及効果があるのか、積極的にアピールすべく、幅広く成果を発信して頂きたい。
- ・ JICAの協力のもとに、より積極的に相手国企業と連携を進め、社会実装に向けて努力して欲しい。また、インドネシア政府に政策提言ができるように、頑張ってもらいたい。インドネシアにおける地熱発電の普及計画、普及策（電力買い取り制度、資金補助など）、環境規制などの制約の動きなどの地熱発電の普及に関わる動きをよくウオッチし、場合によっては提言す

- るなどの活動も必要ではないかと思われる。
- ・ 新規に開発したソフトウェアを論文で公開しさらなる改良を図るという方針は適切であると思われるが、知財の獲得につながる技術開発もなされているので、これらについては知財獲得の検討をお願いしたい。
 - ・ 最終成果、とくに本研究によって得られる効果についての目標を定量的に明示すること（蒸気スポットの推定確度の向上など）。また、プロジェクトの活動記録ではなく、成果を纏めたひとつの技術マニュアル（技術体系）を作成してもらいたい。利用者の立場に立った研究成果の取りまとめに期待する。
 - ・ 他のプロジェクトとの連携、日本企業を含むユーザー機関の参画、連携強化を進めて欲しい。

以上

研究課題名	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:先進的地熱資源利用システム
研究代表者名 (所属機関)	小池 克明 (京都大学大学院工学研究科)
研究期間	H26採択(平成26年4月1日～平成32年3月31日)
相手国名/主要相手国研究機関	インドネシア共和国/バンドン工科大学, 地下資源局

付随的成果

日本政府、社会、産業への貢献	<ul style="list-style-type: none"> グリーンイノベーションの推進 安定的なエネルギー供給と脱化石燃料、低炭素社会、持続可能な自然共生社会や循環型社会の実現 インフラ、システムというソフト・ハード両面からの包括的な輸出振興 「2国間炭素クレジット」のスキームの推進
科学技術の発展	<ul style="list-style-type: none"> 地熱発電適地検出精度の画期的向上 インドネシアにおける地熱資源利用促進(低炭素社会の実現、大気環境の保全) 低温地熱地帯や深部高温岩体域における地熱資源開発へのフィードバック
知財の獲得、国際標準化の推進、生物資源へのアクセス等	<p>下記の3技術に関する知財の獲得と世界展開</p> <ul style="list-style-type: none"> リモートセンシング・数値地質学・地球化学・鉱物学での最先端手法を統合した地熱発電適地検出技術 衛星リモートセンシングを利用した広域環境モニタリング技術 地熱エネルギー産出の最適化システム設計技術
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の育成(国際共同研究の立案・実施、著名な国際ジャーナルへの論文掲載、国際会議の主導)
技術及び人的ネットワークの構築	<ul style="list-style-type: none"> バンドン工科大学地熱グループ、および地下資源局と地熱研究に関わる技術・人的ネットワークの構築
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"> 研究成果の国際的地熱シンポジウム等での発表 地熱に関する国際ジャーナルへの論文掲載 地熱エネルギー産出の最適化プログラム 貯留層の温度と圧力変化予測プログラム 地熱発電適地検出法とプログラムのマニュアル

上位目標

開発された技術の適用によって、地熱発電所の予定地における探査ボーリング掘削費が減少する。

プロジェクトで開発された技術の適用性が、モデル・サイトにおいて実証される。

プロジェクト目標

発電に最適な蒸気スポットの検出技術、地熱発電所周辺の広域環境モニタリング技術、および長期にわたる地熱資源利用・発電を可能にするための最適システム設計技術を開発し、インドネシアにおける地熱発電の大幅促進に貢献する。

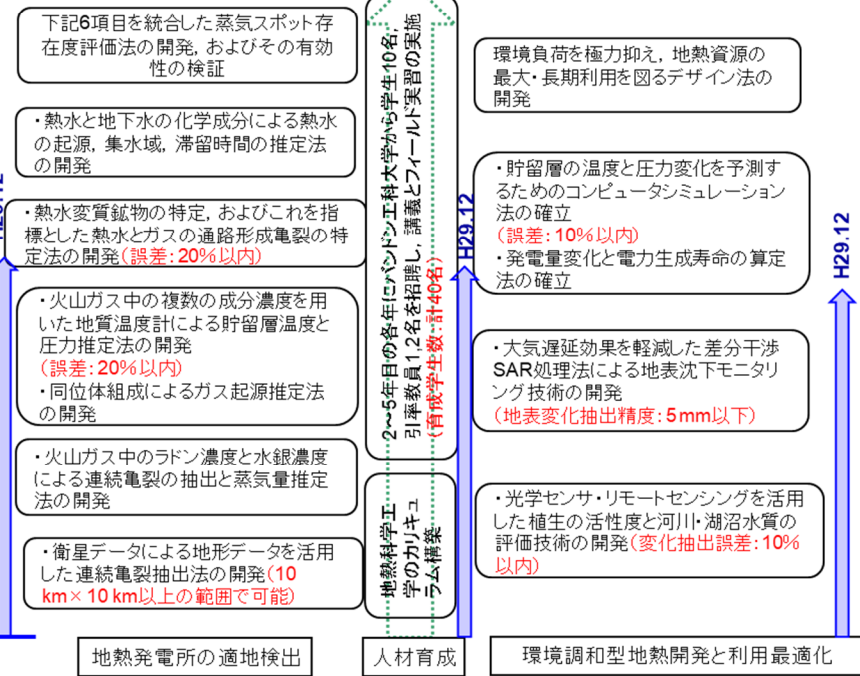


図1 成果目標シートと達成状況 (2018年1月時点)