

地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS)

(環境・エネルギー分野
「低炭素社会の実現に向けたエネルギーシステムに関する研究」領域)

「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」

(インドネシア共和国)

国際共同研究期間*1

平成 27 年 4 月 25 日から平成 32 年 3 月 24 日まで

JST 側研究期間*2

平成 26 年 5 月 1 日から平成 32 年 3 月 31 日まで

(正式契約移行日 平成 27 年 1 月 1 日)

*1 R/D に記載の協力期間

*2 開始日=暫定契約開始日、終了日=R/D に記載の協力期間終了日又は当該年度末

平成 26 年度実施報告書

代表者：小池 克明
京都大学工学研究科・教授
<平成 26 年度採択>

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

研究題目・活動	H26年度 (3ヶ月)	H27年度	H28年度	H29年度	H30年度	H31年度 (12ヶ月)
1. 蒸気スポットと地熱発電適地の高精度検出技術開発 (京大・ITBグループ)						
1-1 地形解析による連続性の良い亀裂の抽出	←		→			
1-2 亀裂系の3次元分布形態推定		←	→			
1-3 ガス中のラドン・水銀濃度分析による亀裂パース性評価			←	→		
1-4 ガス組成分析と貯留層評価				←	→	
1-5 ガスの起源分析				←	→	
1-6 地表付近の変質鉱物の分析	←				→	
1-7 熱水系の化学分析				←	→	
1-8 データ統合と蒸気スポット存在可能性の評価					←	→
2. 環境調和型地熱利用のためのモニタリング技術開発 (京大・ITBグループ)						
2-1 衛星画像解析による植生活性・水質の分析		←			→	
2-2 差分干渉SARによる地表変位の高精度検出			←			→
3. 地熱エネルギー利用・産出の最適化システム設計 (京大・ITBグループ)						
3-1 種々の地質構造と地熱資源利用に対する貯留層の温度・圧力変化のシミュレーション			←			→
3-2 貯留層状態に連動した発電量変化のシミュレーション			←			→
3-3 電力生産寿命の算定					←	→
4. インドネシアにおける地熱開発を担える人材の育成 (京大グループ)						
4-1 カリキュラム構築		←	→			
4-2 研修対象者の選定			←	→	←	→
4-3 講義とフィールド実習実施			↔	↔	↔	↔

2. プロジェクト成果の達成状況とインパクト

(1) プロジェクト全体

- ・プロジェクト全体のねらい、当該年度の成果の達成状況とインパクト等

プロジェクト全体のねらいとして、地熱資源を利用した発電量の大幅な増加、および環境と調和した長期間の持続的地熱発電の2点を実現するために、リモートセンシング・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、の3つを開発する。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（以下ITBと略する）と協同で育成する。

今年度は暫定研究と3ヶ月間の正式契約研究を通じて、主にリモートセンシングの研究に取り組み、デジタル地形データの多方位陰影図を用いた蒸気スポットの形成要因となり得る亀裂の抽出、その方向（走向・傾斜）の算定と分布形態の推定、および光学センサ衛星画像から熱水変質鉱物の分布域とその種類の特定を行った。これらは下記の研究題目1に関する内容であり、本年度は当初計画に従ってこの題目1の研究のみを進めた。

研究では、ボーリング調査により地質構造と地温分布に関する情報が得られているという理由で、岩手県西部の安比地熱地区を対象に選んだ。分解能10mのデジタル地形データを用いて多方位陰影図を作成し（図1）、これに研究代表者らによるリニアメント抽出法、リニアメントを構成する推定亀裂面の構成法とその方向の算定法、および推定亀裂面分布の空間モデリング法を適用して、連続性の良い亀裂の抽出を試みた。リニアメントとは亀裂や断層の存在に関連した直線的な地形的特徴を意味し、地下水や熱水の流動推定、断層の発達形態に基づく広域応力場の推定、熱水性金属鉱床の探査など、広域的な地質構造解析でその抽出とキャラクタリゼーションが一般に行われている。解析の結果を図2に表す。これより全体として北東-南西と北西-南東の2方向の推定亀裂が卓越していることがわかる。当地域においては、(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構の委託により、三菱マテリアル株式会社が「平成12・13・14・15年度地熱開発促進調査 安比地域資源評価報告書」を取りまとめている。図2中の長方形が調査範囲である。5本のボーリング地点での温度検層データを用いて、標高0m（概ね地表から1300mの深度）での地温分布にリニアメントに基づく推定亀裂面の位置を図3で重ね合わせた。この亀裂面は、方位の類似性と距離の近さの基準から複数のリニアメントを繋ぐことで得られる。すなわち、亀裂の長さは連結する複数のリニアメントの分だけあるので、相対的に連続性が良い。図に示すように推定亀裂面の多くは急傾斜であった。また、このような推定亀裂が、領域南東部の高温域（150℃以上）に集中していることが特徴的である。さらに、地温の南北方向の垂直断面と推定亀裂面との重ね合わせを図4に表す。これより、このような複数の連続的亀裂が地下深部からの熱水の通路となることで高温域を形成し、地熱貯留層となっていることが読み取れる。

以上のように、地形データから連続性の良い亀裂を詳細に抽出でき、その分布形態が高温域、すなわち地熱貯留層を形成していることを明らかにできたことは、おそらく初めての成果ではないかと思われる。よって、成果のインパクトは地熱分野では認められる。「発電に最適な蒸気スポットを高精度で検出できる技術」の一要素であるリモートセンシング技術の開発において、第一段階の良好な成果である

と評価できる。

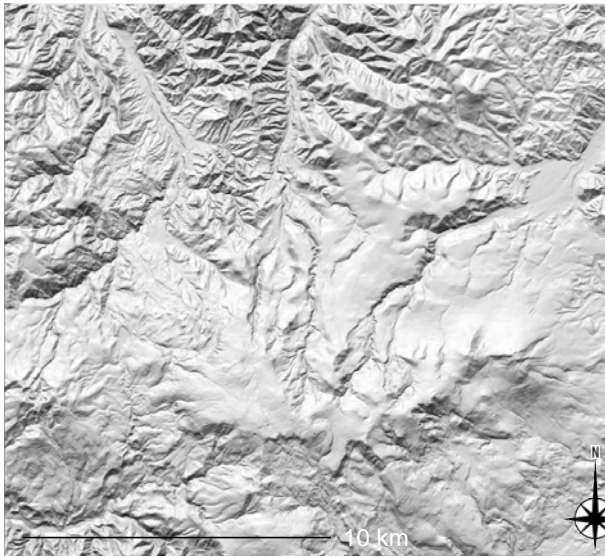


図1 安比地熱地区の10 mメッシュ地形データに基づく多方位陰影面

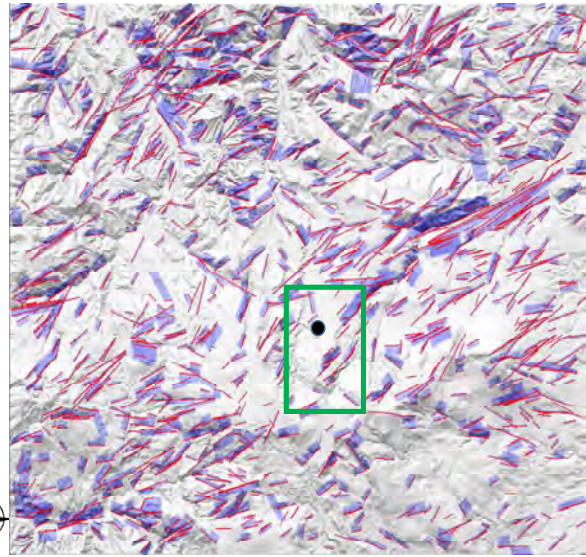


図2 リニアメント抽出結果(赤線)と推定亀裂面(青の四角、傾斜が急なほど直線に近づく)

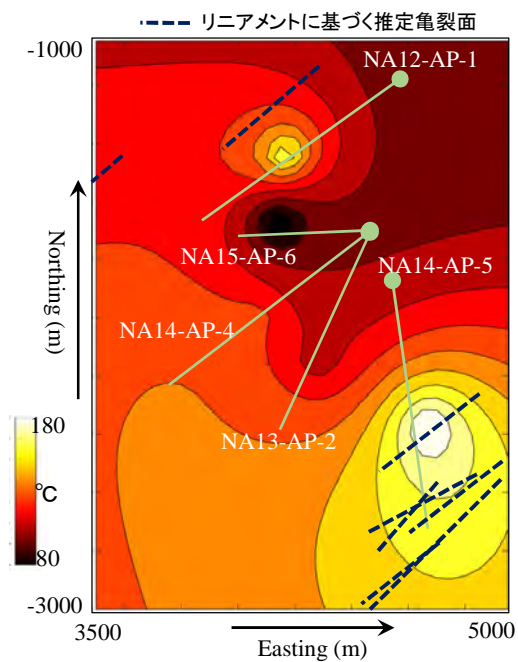
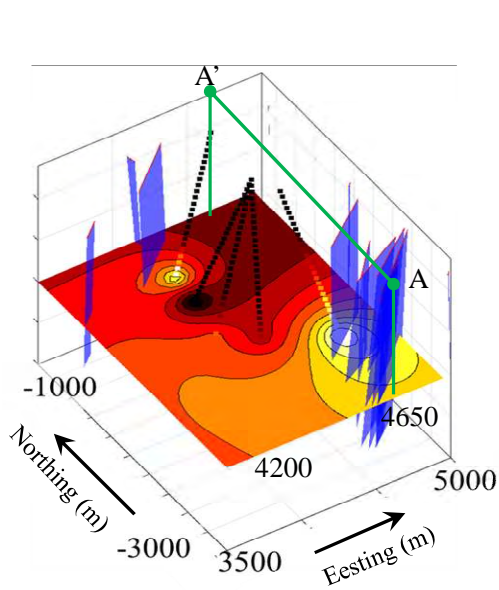


図3 温度検層データに基づく標高0 mでの地温分布と連続性の良い推定亀裂面との重ね合わせ (左図で点線は温度検層用ボーリングの位置, 右図で直線はボーリングの方向, 点線は標高0 mと亀裂面との交線を表す)

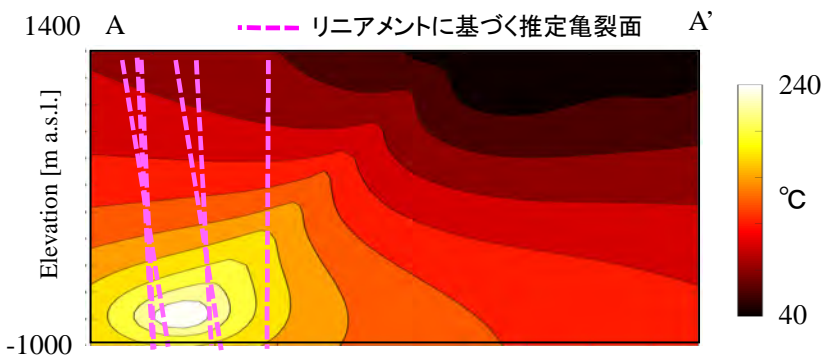


図4 南北方向の地温断面(図3のA-A'の位置)と推定亀裂面との重ね合わせ

さらに、Landsat 8 衛星画像データを用いて地表での熱水変質鉱物の分布域を抽出した。これには Spectral Angle Mapper (SAM) という画像分類法が最も適していることがわかった。変質鉱物の標準的な反射スペクトル（可視から短波長赤外域における反射率）と画像データに基づく反射率との相関を計算し、相関係数が高い地点に目標の鉱物が存在すると判断して、その地点を画像上に表示する。変質鉱物の抽出結果をフォールスカラー合成画像上に重ねて図5に示す。図中の赤点に変質鉱物の存在が推定される地点である。点線で囲った野外調査に基づく分布域に抽出されていることがわかり、さらにはこれまで変質鉱物の存在が知られていない領域南部にも現れている。このように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。

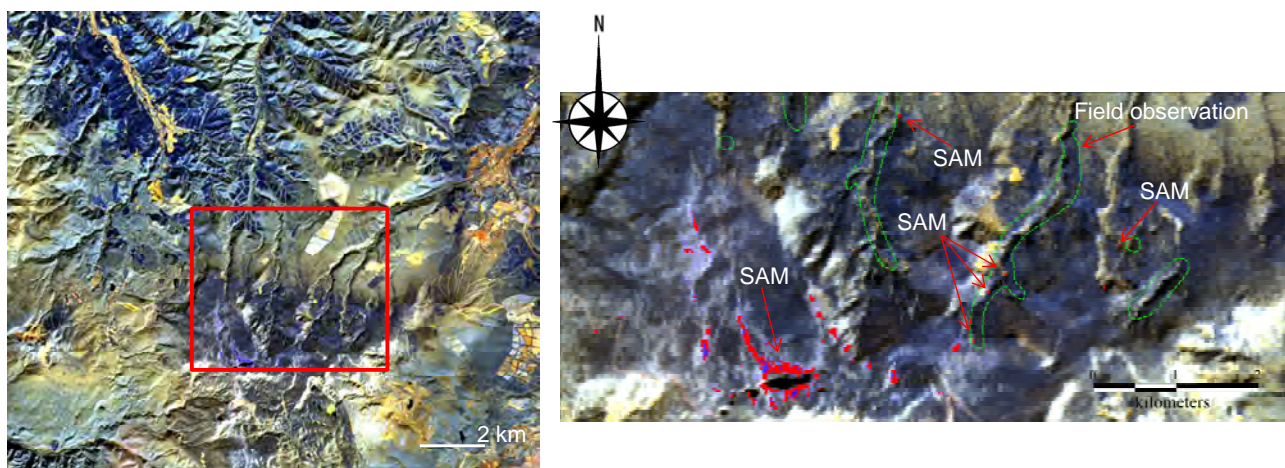


図5 Spectral Angle Mapper (SAM) 法によって Landsat 8 衛星画像データから抽出された熱水変質鉱物の分布（赤点で示す）と現地調査による鉱物分布の範囲（緑の点線内領域）

(2) 研究題目 1

①研究題目 1 の研究のねらい

リモートセンシング、数理地質学、地球化学および鉱物学での各種手法を統合して、地熱発電に最適な蒸気スポットを検出できる技術が開発される。

②研究題目 1 の研究実施方法

- 1-1 衛星画像もしくは地形データから連続性が良く透水性の高い亀裂を抽出する。
- 1-2 各亀裂面の走向および傾斜を算出することによって、3次元的な分布形態を推定する。
- 1-3 土壌ガス中のラドン濃度と水銀濃度により、貯留層から表層まで繋がる連続的な亀裂を特定する。
- 1-4 土壌ガスおよび水化学を活用した地質温度計によって、貯留層の温度・圧力を算定する。
- 1-5 土壌ガス中の安定同位体比によってガス起源の深さを推定する。
- 1-6 地表付近の岩石の鉱物分析および衛星画像解析により、貯留層から地表までの熱水やガスのパスとなる亀裂を特定する。
- 1-7 水試料の化学組成・同位体組成の分析によって、熱水の起源および循環を明らかにする。
- 1-8 数理的な手法により蒸気スポットが存在する可能性を評価する。

③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

上記 1-1・1-2・1-6 は PDM と PO の活動 (Activity) に対応し、研究題目 1 のアウトプット (Output) 「1.リモートセンシング、数理地質学、地球化学および鉱物学での各種手法を統合して、地熱発電に最適な蒸気スポットを検出できる技術が開発される。」において、前述の結果のようにリモートセンシング技術の面で貢献できたと考えられる。当初の計画に従って研究を進め、活動に対する成果は得られた。しかし、真に透水性が高い亀裂が抽出できたかについての検証、およびこの亀裂候補の抽出精度のさらなる向上とそれから最も重要な熱水・蒸気パスの選定が必要である。この改善によって成果のインパクトは強くなると考えられる。

④研究題目 1 のカウンターパートへの技術移転の状況

研究代表者らが開発したプログラムを活用して、地形データの陰影処理によって地形の線状構造や傾斜変換点の連続性を強調する手法、および陰影図から亀裂の存在に関連したリニアメントを自動抽出する手法を移転しているところである。また、後述する ITB からの招聘研究者を通して、携帯型反射スペクトル測定機器によって、岩石試料の反射スペクトルを測定する手法、および反射スペクトルから熱水変質鉱物を同定する手法は移転できた。これに関連して、衛星画像の反射スペクトルデータの解析から地熱地区に分布する鉱物名を推定する手法についても移転できている。

⑤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

熱赤外波長域を利用したリモートセンシングも広域から地熱兆候地を抽出するのに有効であることがわかり、熱赤外画像から地表温度異常を検出する手法について開発できた。この手法については後述する。リモートセンシング技術による亀裂分布と熱水変質鉱物の分布域の抽出に、この地表温度異常を加えれば蒸気スポットの検出精度が向上する可能性が見出された。

以下の研究題目 2・3・4 に関しては実施前であるので、③・④・⑤は省略する。

(3) 研究題目 2

①研究題目 2 の研究のねらい

地熱発電所運転の影響を確認するため、リモートセンシングを利用した環境モニタリング技術が開発される。

②研究題目 2 の研究実施方法

2-1 光学センサ衛星画像を用いて、地熱発電所付近の植物活性や表流水の水質を明らかにする。

2-2 高湿度の気象条件下で、差分干渉 SAR (D-InSAR : Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar) 法を用いて貯留層の圧力変化に伴う地表の変位を検出する。

(4) 研究題目 3

①研究題目 3 の研究のねらい

地熱資源の長期利用に向けて、地熱発電の最適化制御システムが確立される。

②研究題目 3 の研究実施方法

3-1 種々の地質条件と地熱資源利用に対して、貯留層の温度・圧力変化をシミュレートする。

3-2 貯留層の温度・圧力変化に連動した発電量変化をシミュレートする。

3-3 電力生産寿命を算定する。

(5) 研究題目 4

①研究題目 4 の研究のねらい

地熱科学技術に携わる ITB 研究者・学生の能力が向上する。

②研究題目 4 の研究実施方法

4-1 地熱科学技術の基礎に関するカリキュラムを構築する。

4-2 日本における地熱の講義およびフィールド研修に適格な研究者・学生を選定する。

4-3 ITB 研究者・学生のための講義およびフィールド研修を実施する。

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)

研究開始後 3 ヶ月間では研究題目 1 のみを進めているところであり、衛星画像あるいは地形データから連続性が良く透水性の高い亀裂の抽出、および貯留層から地表までの熱水やガスのパスとなる亀裂の特定を主眼としてリモートセンシング技術の開発に取り組んでいる。前述のように、安比地区を対象とした予備的解析によって、貯留層と連続し、熱水の上昇によって高温域形成の要因となっているような亀裂を、地形データのリニアメント解析によって抽出できる可能性が見出された。次年度はさらに手法を改良し、モデル・サイトである Wayang Windu 地熱地区に適用することで、研究題目 1 のアウトプット (Output) 「1.リモートセンシング、数理地質学、地球化学および鉱物学での各種手法を統合して、地熱発電に最適な蒸気スポットを検出できる技術が開発される。」に、まずはリモートセンシング技術の面で貢献する。また、研究題目 2・4 を次年度に取り掛かり、活動 (Activity) に掲げた項目を実施することで、各題目のアウトプットを達成できるものと考えられる。

研究開始後間もない現時点で軌道修正が必要な点はない。上記のリモートセンシング技術によって、平成 27 年度には Wayang Windu 地区から連続性が良く透水性が高い亀裂を抽出する。この亀裂周辺域で 5 m 深度のボーリングを 20 地点ほど掘削し、ボーリング孔からの地殻ガスのサンプリングと分析、ボーリングコアの土壌や岩石の構成鉱物の分析を平成 28 年度から実施する。平成 26 年 8 月に Wayang Windu 地区を実際に巡検したところ予想以上に広範囲であった。よって、このボーリング地点を適切に選定することが困難であるおそれもあるので、選定法に関しての検討も追加が必要となった。これが留意点である。この手法として、データ間の空間的相関構造を考慮する地球統計学 (geostatistics) という数理地質学の一種が適用できると考えられる。

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。」であるが、本年度、地熱開発に関わる国内外企業とのヒアリングを通して、このコスト削減が極めて重要であり、本プロジェクトで開発を目指す地熱発電適地抽出技術が強く望まれていることが確かめられた。よって成果の社会的なインパクトは強いものと思われる。本技術は活火山を有する国の地熱資源利用促進に適用できるので、出口連携は実現可能である。

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：** 本プロジェクトの正式な開始は平成 27 年 1 月であり、開始から間もない段階にある。計画に従って研究題目 1 中の 2 つの項目のみに取り組んでいるが、他の項目や研究題目 2・3・4 についても研究資料・文献の収集、分析に最も適した機器の選定、一部の機器の購入・セッティングと予備実験、および先端的な専門研究者からのヒアリングと情報交換を行っている。
- ・ **各種課題を踏まえ、研究プロジェクトの妥当性・有効性・効率性・自立発展性・インパクトを高めるために実際に行った工夫：** これらが高めるためには中心協力機関である ITB と密な連携を図ることが重要である。そのため、ITB の若手教員（助教）一名を平成 27 年 1 月 12 日から 2 月 11 日の一ヶ月間、京都大学に招聘し、共同研究を実施した。対象者は主要共同研究者の中で最も若く、優秀な人材である。この招聘により、本研究の核の一つであるリモートセンシング技術、および電子顕微鏡を利用した熱水変質鉱物の観察・化学組成の分析技術、および水質分析技術の早期修得を目指した。使用する機器は研究代表者の実験室に設置しており、JICA 予算によりインドネシア側に投入する機器と同様の性能を有する。修得技術、および共同研究の実施内容・成果を ITB に持ち帰ることで、カウンターパートや学生に本プロジェクトの研究内容を正確に伝えられ、5 年間という限られた期間の中で共同研究を潤滑に開始でき、プロジェクト目標への達成に貢献できることが期待される。
- ・ **プロジェクトの自立発展性向上のために、今後相手国(研究機関・研究者)が取り組む必要のある事項：** JICA 予算による投入機器を設置するためのスペースは十分用意されているものの、電源・上下水・排気設備の工事費用、機器維持管理の費用、および消耗品費の確保が必要である。このため、ITB 側が競争的資金に応募し、採択されることが不可欠となる。また、すべての機器を有効に使うためには教員と学生のみでが不十分なおそれがあり、分析機器の取扱に精通している専門技術員の雇用が望まれる。地熱地区サイトでの測定を支障なく実施できるために、Star Energy 社との協力関係をさらに緊密化することも必要である。

(2) 研究題目 1

研究グループは一つであるので、各要点に対して当グループに関する記載のみである。

- ・ **相手国側研究機関との共同研究実施状況と問題点、その問題点を克服するための工夫、今後への活用：** (1) で述べたように研究者の招聘、e-mail でのやり取り、および国際会議での同席という機会を利用して共同研究を進展させている。京都大学グループは衛星リモートセンシング画像と地形の解析を主に担当しているのに対し、ITB グループは Wayang Windu 地熱地区での噴気帯における岩石試料のサンプリングとその鉱物学的分析、当地区を対象とした既存の地質調査資料の収集と資料記載データの解析、および研究代表者らの開発によるリニアメント抽出プログラムの習得とその Wayang Windu 地区への応用に取り組んでいる。これに関連するアウトプット (Output) は「リモートセンシング、数理地質学、地球化学および鉱物学での各種手法を統合して、地熱発電に最適な蒸気スポットを検出できる技術が開発される。」であるが、その最初であるリモートセンシング手法の確立を両グループで目指している。

問題点としては、ITB 側が衛星リモートセンシング画像データの基本的な処理に必要な汎用ソフトウェアを有しておらず、機能が限られたオープンソフトウェアを使用していることがあげられるが、これは平成 27 年度に JICA 予算でソフトウェアを投入することで対処できる。この投入は下記の 3 つの活動 (Activity) に今後活用できる。

- 1-1 衛星画像もしくは地形データから連続性が良く透水性の高い亀裂を抽出する。
- 1-2 各亀裂面の走向および傾斜を算出することによって、3 次元的な分布形態を推定する。
- 1-6 地表付近の岩石の鉱物分析および衛星画像解析により、貯留層から地表までの熱水やガスのパスとなる亀裂を特定する。

- ・ 類似プロジェクト、類似分野への今後の協力実施にあたっての教訓、提言等：e-mail でのやり取りのみでは双方の意図がよく伝わらず、メール書きにも多大の時間と労力を要するので情報量も限られたものとなる。予算を確保して、共同研究者の招聘、あるいは共同研究機関への訪問を通して、できる限り直接打ち合わせを行い、深く議論し、合意が得られる機会を設けることがプロジェクトの進展のために望まれる。

- (3) 研究題目 2・3・4 に関しては実施前の段階である。研究題目 2 と 4 は平成 27 年度、研究題目 3 は平成 28 年度からの実施である。

IV. 社会実装 (研究成果の社会還元) (公開)

(1) 成果展開事例

衛星画像データやデジタル地形データからリニアメントを抽出し、それらの方向(走向・傾斜)の算定と破壊形態(正断層型、逆断層型、横ずれ断層型)の推定は、貯留層から地表までの熱水やガスのパスとなる亀裂を特定する、という本プロジェクトの開発要素の一つにおいて重要である。このリニアメントの抽出と亀裂分布形態の推定は、研究代表者らによって開発された手法であるが、一連のプログラムとして体系化されていなかったために、関連の研究グループ内での使用に限られていた。そこで、汎用的な使用を目的とし、複数のプログラムを繋ぎ合わせて「LINDA: LINEament Detection and Analysis」というソフトを開発した。LINDA では解析に必要なパラメータを自由に設定でき、解析結果を画面上にわかりやすく表示できる。解析手法の原理、プログラムの実行法、得られる結果とその解釈法の例について論文にまとめ、現在、国際数理地質学会誌の一つに投稿中である。受理されればジャーナルの web-site に LINDA が公開され、フリーにダウンロードできるようになる。

(2) 社会実装に向けた取り組み

モデル・サイトである Wayang Windu 地熱地区において、地熱発電を行っているインドネシア Star Energy 社と会合をもち、本プロジェクトの目標と実施内容、基礎となる手法、およびこの手法によってこれまでに得られている予備的成果について紹介するとともに、地熱発電適地を精度良く検出するための手法について議論した。その検出法の開発のために、Star Energy 社から地質分布や地温構造に関する調査データが供与されるとともに、Wayang Windu 地区内での調査が許可されている。本プロジェクトによる開発手法を、実際に民間企業が地熱資源探査・開発に応用することを通して社会実装を目指して

いる。

V. 日本のプレゼンスの向上（公開）

中心協力機関である ITB の学長（Akhmaloka 教授）、および政府関係では国家教育省の高等教育総局長（Djoko Santoso 教授）とエネルギー・鉱物資源省・地質庁長（Surono 博士）から本プロジェクト立案に対する謝意が述べられ、本プロジェクトの成果がインドネシアにおける地熱発電の大幅な促進に貢献できることが期待された。

VI. 成果発表等（公開）

詳細は別表に纏めているが、大きな成果としては下記の論文が平成 27 年 2 月 25 日付で国際誌 *Remote Sensing* に受理された。論文では熱赤外リモートセンシング画像から地熱兆候地である地表温度異常を検出する手法、および温度検層データと地球統計学を用いて、地表から地下 1 km までの 3 次元地温分布を詳細に推定できる手法を開発したとともに、地表温度異常と高地温域とを関連付けられた。*Remote Sensing* のインパクトファクターは 2.6 を超えており、リモートセンシング分野ではトップクラスの国際誌として知られている。この他に国際数理地球科学 2014 年会、第 13 回国際鉱物資源探査会議、国内学会で計 4 件研究成果を発表している。

Bingwei Tian, Ling Wang, Koki Kashiwaya and Katsuaki Koike: Combination of well-logging temperature and thermal remote sensing for characterization of geothermal resources in Hokkaido, northern Japan, *Remote Sensing*

VII. 投入実績（非公開）

VIII. その他（公開）

まだ研究を開始したばかりであるので、これまでの研究代表者らによる手法の小規模な改良と小領域の地熱地区への適用に限られているが、リモートセンシング技術によるデジタル地形データからの連続性の良い亀裂の抽出と亀裂系の 3 次元分布形態推定に関しては、前述の安比地区でのケーススタディを通して、これらが可能となる見通しがついた。衛星画像を利用した地表付近の変質鉱物の分析に関しては、これに適した反射スペクトル処理法（SAM）を特定できた。次年度は亀裂の存在に関連した地形的特徴を高精度に検出できるように手法にさらに改良を加え、画像からの変質鉱物の抽出と鉱物組成の同定に関しても精度を向上させる。これらの手法をモデル・サイトである Wayang Windu 地熱地区に適用し、亀裂系の分布形態、および変質鉱物と関連付けて貯留層から地表までの熱水やガスのパスとなる亀裂の特定を試みる。その結果と既存の地質調査結果との整合性を評価して、手法の妥当性を検証する。

リモートセンシング技術に関して、複数の熱赤外画像をモザイク処理し、地熱兆候地である地表温度

異常を検出する手法が開発でき、その成果論文はリモートセンシング分野ではインパクトファクターの高い国際誌 *Remote Sensing* に掲載できたことは評価できる。これを変質鉱物抽出と組み合わせて、蒸気スポットの検出に応用したい。

以上のような学際的な共同研究の実行により、研究代表者グループの若手研究者と大学院生、ITBの若手教員と地熱グループの大学院生の研究力・コミュニケーション力の向上、ならびに地熱資源開発分野に貢献できる人材の育成を図る。

以上

VI(1)(公開)論文発表等

	国内	国際
原著論文 本プロジェクト期間累積件数	0	6

①原著論文(相手側研究チームとの共著論文)

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	発表日 ・出版日	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。)
Asep Saepuloh, Katsuaki Koike, Minoru Urai and Josaphat Tetuko Sri Sumantyo, "Identifying surface materials on an active volcano by deriving dielectric permittivity from polarimetric SAR data", <i>IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters</i>	10.1109/LGRS.2015.2415871	国際誌	in press	米国電気電子学会(IEEE)発行のリモートセンシング技術の地球科学への応用に関するジャーナルであり、インパクトファクターは1.81であるが、この分野では定評があり、高いレベルのジャーナルとして知られている。
Arie Naftali Hawu Hede, Katsuaki Koike, Koki Kashiwaya and Shigeki Sakurai, "Application of remote sensing to detecting hydrothermal alteration zones covered by thick vegetation", <i>Proceeding of 13th International Symposium on Mineral Exploration</i> , Hanoi, Vietnam, Sept. 22-24, 2014, p. 7-12.		国際誌	出版済み	

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

②原著論文(相手側研究チームとの共著でない論文)

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	発表日 ・出版日	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。)
Bingwei Tian, Ling Wang, Koki Kashiwaya and Katsuaki Koike, "Combination of well-logging temperature and thermal remote sensing for characterization of geothermal resources in Hokkaido, northern Japan", <i>Remote Sensing</i> , vol. 7, no. 3, pp. 2647-2667	10.3390/rs70302647	国際誌	出版済み	インパクトファクターが2.62と高く、リモートセンシング分野ではトップレベルのジャーナルとして知られている。
Nguyen Tien Hoang and Katsuaki Koike, "Combination of landsat and EO-1 hyperion data for accurate mineral mapping", <i>Proceeding of 13th International Symposium on Mineral Exploration</i> , Hanoi, Vietnam, Sept. 22-24, 2014, p. 13-18.		国際誌	出版済み	
Lei Lu, Koki Kashiwaya and Katsuaki Koike, "Geostatistics-based hydro-chemical characterization for deep groundwater system using borehole logs: Application to Horonobe site, northern Japan", <i>Proceeding of 13th International Symposium on Mineral Exploration</i> , Hanoi, Vietnam, Sept. 22-24, 2014, p. 95-99		国際誌	出版済み	
Bingwei Tian and Koike Katsuaki, "3D crustal temperature modeling over Japan for geothermal resource assessment", <i>Proceeding of 16th IAMG Conference</i> , Jawaharlal Nehru Univ., New Delhi, India, Oct. 17-20, 2014, CD-ROM Press		国際誌	出版済み	

論文数 4件
 うち国内誌 0件
 うち国際誌 4件
 公開すべきでない論文 0件

	国内	国際
その他の著作物 本プロジェクト期間累積件数	0	0

③その他の著作物(相手側研究チームとの共著のみ)(総説、書籍など)

著者名,タイトル,掲載誌名,巻数,号数,頁,年	出版物の種類	発表日 ・出版日	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(相手側研究チームとの共著でないもの)(総説、書籍など)

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	発表日 ・出版日	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

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(2)(公開)学会発表

	国内	国際
招待講演 本プロジェクト期間累積件数	0	0
口頭発表 本プロジェクト期間累積件数	2	4
ポスター発表 本プロジェクト期間累積件数	0	0

①学会発表(相手側研究チームと連名のもののみ)(国際会議発表及び主要な国内学会発表)

年度	国内/ 国際の	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
26	国際学会	Arie Naftali Hawu Hede*, Katsuaki Koike, Koki Kashiwaya and Shigeki Sakurai(京大), "Application of remote sensing to detecting hydrothermal alteration zones covered by thick vegetation", 13th International Symposium on Mineral Exploration, Hanoi, Vietnam, Sept. 22-24, 2014 [*京大, バンドン工科大]		○	
			0	1	0

②学会発表(相手側研究チームと連名でないもの)(国際会議発表及び主要な国内学会発表)

年度	国内/ 国際の	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
26	国際学会	Nguyen Tien Hoang and Katsuaki Koike(京大), "Combination of landsat and EO-1 hyperion data for accurate mineral mapping", 13th International Symposium on Mineral Exploration, Hanoi, Vietnam, Sept. 22-24, 2014		○	
26	国際学会	Lei Lu, Koki Kashiwaya and Katsuaki Koike(京大), "Geostatistics-based hydro-chemical characterization for deep groundwater system using borehole logs: Application to Horonobe site, northern Japan", 13th International Symposium on Mineral Exploration, Hanoi, Vietnam, Sept. 22-24, 2014		○	
26	国際学会	Bingwei Tian and Koike Katsuaki(京大), "3D crustal temperature modeling over Japan for geothermal resource assessment", 16th IAMG Conference, Jawaharlal Nehru Univ., New Delhi, India, Oct. 17-20, 2014		○	
26	国内学会	小池克明・柏谷公希・久保大樹(京大), "資源関連の地質構造・物性の3次元モデリング法と形成要因解釈への応用", 資源・素材2014(熊本), 熊本大学黒髪キャンパス, 2014年9月15日		○	
26	国内学会	田 兵偉・柏谷公希・小池克明(京大), "坑井データと熱赤外衛星データを用いた日本列島地殻浅部の地温分布モデリング", 資源・素材学会平成27年度春季大会, 千葉工業大学津田沼キャンパス, 2015年3月28日		○	
			0	5	0

VI(3) (特許出願した発明件数のみを公開し、他は非公開)特許出願

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	その他 (出願取り下げ等についても、こちらに記載して下さい)	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※
記載例	2012-123456	2012/4/1	○○○○						戦略太郎	○○大学 ◎◎研究科△△専	PCT/JP2012/123456
No.1											
No.2											
No.3											
No.4											
No.5											
No.6											
No.7											
No.8											
No.9											
No.10											

※関連する外国出願があれば、その出願番号を記入ください。

国内特許出願数 0
公開すべきでない特許出願数

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	その他 (出願取り下げ等についても、こちらに記載して下さい)	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※
記載例	PCT/JP2012/123456	2012/9/20	○○○○						戦略太郎	○○大学 ◎◎研究科△△専	特願2010-123456
No.1											
No.2											
No.3											
No.4											
No.5											
No.6											
No.7											
No.8											
No.9											
No.10											

※関連する国内出願があれば、その出願番号を記入ください。

外国特許出願数 0
公開すべきでない特許出願数

VI(5) (公開)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

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

年月日	名称	場所	参加人数	概要
		(開催国)	(相手国からの招聘者数)	
平成26年5月23日	SATREPSキックオフシンポジウム	京都大学桂キャンパス	30名(3名)	地熱プロジェクトの概要・目標の説明, 各研究メンバーのこれまでの研究成果紹介と本プロジェクトへの貢献の構想, および意見交換
平成26年5月22日	SATREPSプロジェクト第一回合同打ち合わせ会議(非公開)	京都大学桂キャンパス	10名(3名)	研究の背景, 目標, 実施内容, PDM・POについて説明, 議論, 合意形成
平成26年5月29日	研究打ち合わせ会議(非公開)	三菱マテリアル(株)本社	7名	企業との協力体制と共同研究の内容に関する意見交換, 暫定研究の対象サイトの選定
平成26年8月26日	SATREPSプロジェクト第二回合同打ち合わせ会議(非公開)	バンドン工科大学	14名	PDM・PO, 投入機器について議論と合意形成, および実験室視察
平成26年11月6日	学内研究打ち合わせ会議(非公開)	京都大学吉田キャンパス	4名	研究進捗状況についての報告・意見交換, 今後の研究計画のブラッシュアップ
平成27年3月6日	研究打ち合わせ会議(非公開)	九州電力(株)本社	7名	研究目標・内容, 開発予定の手法に対する電力会社との意見交換, 協力体制形成の議論
平成27年3月27日	研究打ち合わせ会議(非公開)	三菱マテリアル(株)本社	6名	暫定研究成果の報告, および次年度以降の研究内容と手法の改善点に関する意見交換

②合同調整委員会開催記録(開催日、出席者、議題、協議概要等)

年月日	出席者	議題	概要

【要人との面会実績】

面会日: 平成26年8月25日 Surono博士, 26日 Akhmaloka教授, 28日 Djoko Santoso教授

コメント概要: 中心協力機関であるITBの学長(Akhmaloka教授), および政府関係では国家教育省の高等教育総局長(Djoko Santoso教授)とエネルギー・鉱物資源省・地質庁長(Surono博士)から本プロジェクト立案に対する謝意が述べられ, 本プロジェクトの成果がインドネシアにおける地熱発電の大幅な促進に貢献できることが期待された。

JST成果目標シート

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・数理地質学・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。

