

# インドネシア遠隔離島地熱プロジェクト

— エネルギー需要の急増するアジアにクリーンエネルギーを —

地圏資源環境研究部門 村岡 洋文

## プロジェクトの背景

本プロジェクトの正式名称は「遠隔離島小規模地熱の探査に関する研究協力」であり、1997年4月にスタートし、2002年3月に終了した。まず、本プロジェクトの背景を振り返ってみよう。

インドネシア共和国は東西5,100kmに及ぶ広大な地域にあって、約17,000もの島々からなっている(図1)。同国の最近の目覚ましい経済発展も地理的には大いに偏っており、総人口2億人の60%が集中するジャワ島、資源の豊富なスマトラ島、観光の拠点バリ島の3島に限られている。この経済発展から取り残された地域が、東部のヌサテンガラを始めとする離島地域である。

その最大の理由は、離島地域のインフラにあり、中でもエネルギーインフラの未整備によるところが大きい。このため、インドネシア政府は1994年からの第6次5ヶ年計画において、インドネシア東部の生活基盤・産業基盤を抜本的に改善する第2期地方電化計画に着手した。これら多数の島々の全てを、海底ケーブルで結ぶことは現実的でない。そこで、分散型電源として様々な自然エネルギーの開発が模索された。しかし、熱

帯地域には雨季と乾季とがあるため、年間を通じて安定的なエネルギー源は少ない。

他方、これら離島の多くは火山島であり、地熱資源には恵まれている。地熱発電は季節によらず稼働率が高く、二酸化炭素排出量からみても、最もクリーンなエネルギーの一つである(図2)。

このため、インドネシア政府は、地方電化計画の中で、小規模地熱に高い優先順位を与え、217地点での小規模地熱の開発が計画された。そして、地球科学データが乏しい地域で、短期間のうちに地熱資源を探査する技術が必要となり、1995年に我が国に技術協力が求められて来たのである。

## プロジェクトの概要

本プロジェクトは、インドネシア東部の遠隔離島地域において、熱帯地域の遠隔離島の地熱資源に適した探査システムを構築し、その成果を今後のインドネシアの地熱開発に定着させ、同国が重要課題として取り組んでいる地方電化計画に、大いに寄与することを目的とする。

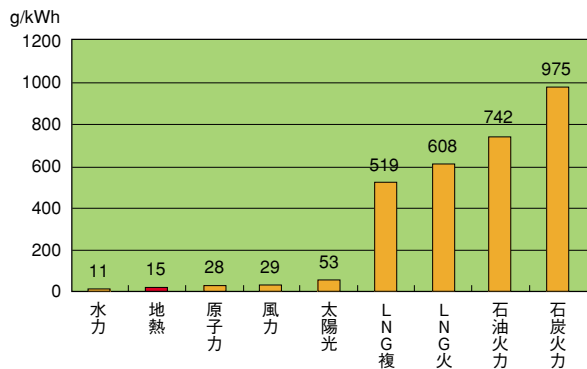
本プロジェクトは旧通商産業省通



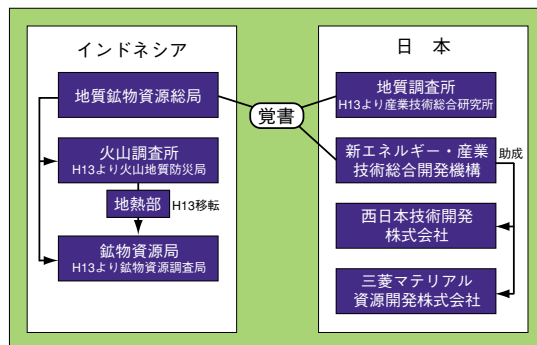
● 図1：インドネシア共和国とその島々の分布

商政策局所管のODA 予算によるODA 大型プロジェクトと呼ばれる事業である。日本側参加機関の予算は5年間で5億円弱の規模であり、その約8割が本体事業を受け持つ新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)に、その約2割が後方支援研究の地質調査所(現産総研)に配分された。

本プロジェクトの共同研究体制は、図3の通りである。覚書は1998年3月26日にジャカルタで、インドネシア地質鉱物資源総局、NEDOおよび地質調査所の間で締結された。NEDOの本体事業は、前期には委託事業、後期には助成事業として、西日本技術開発株式会社と三菱マテリアル資源開発株式会社とが実施した。NEDO



● 図2：各種発電の燃料・設備・運用過程のCO<sub>2</sub>排出量



● 図3：研究協力体制

の分担は地熱徴候地周辺の比較的狭い地域の地熱探査(図4)、調査井掘削、そして各種探査データを総合的に解析するインドネシア版地熱総合解析ソフトウェア iGEMS の構築であった。産総研の分担はより広い範囲(図4)の衛星リモートセンシング、地熱地質調査、地化学調査、重力調査、比抵抗調査、自然電位調査等の地熱探査システムの確立であった。

インドネシア側の覚書締結者は地質鉱物資源総局であるが、実動的なカウンターパートは火山調査所であった。しかし、2001年度の組織改革で、火山調査所は火山地質防災局として再編され、その地熱部は全て鉱物資源調査局に移った。インドネシア側研究機関も独自の調査を行うとともに、ホスト国として、日本側の探査にも献身的に協力した。

遠隔離島に適した地熱探査システムを開発するためには、モデル地域

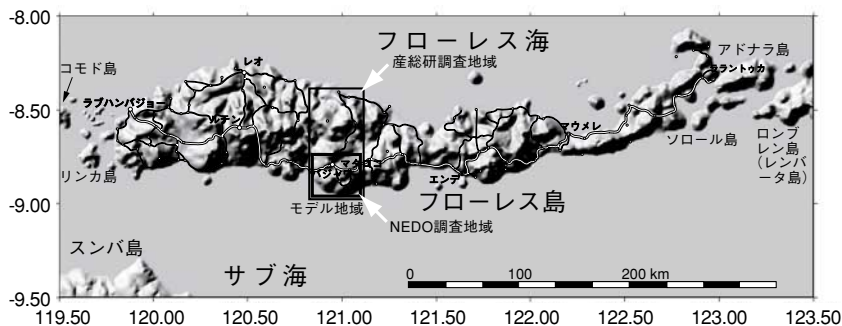
を設定することが必要である。これについては、1997年度の地質調査所の予察調査などによって、フローレス島中部のマタロコ地熱地域が選定された(図4)。

**プロジェクトの成果**

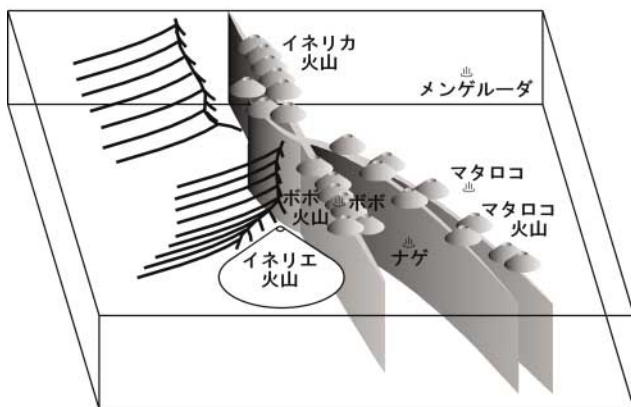
本プロジェクトの詳細で専門的な成果については、産総研が中心となって、地質調査研究報告<sup>2)</sup>に、参加2ヶ国6機関の31論文、348頁の英文特集号をまとめており、本プロジェクトのこぼれ話についても地質ニュース<sup>3)</sup>に掲載されている。詳細は、これらを参照されたい。ここでは、本プロジェクトの成果のうち、いくつかのポイントについて紹介する。

まず、産総研の地熱探査手法を概観する。地球科学データの乏しい地域にあって、衛星リモートセンシングが最大限に利用された。本プロジェクトでは、Terra衛星のASTER

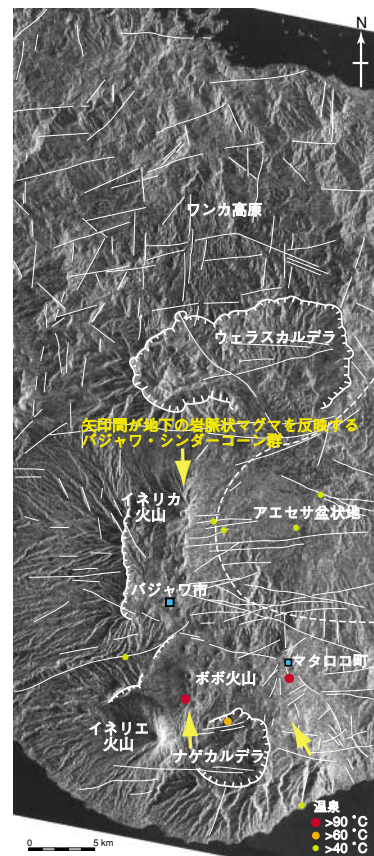
の夜間赤外画像が地熱徴候地の直接抽出を可能にした。また、常に雲の多い熱帯地域にあって、雲を透過するマイクロ波利用のJERS-1衛星のSAR画像が良質のベースマップを提供した(図5)。これは地熱地質の解析にも有用であり、バジャワ・シンダーコーン群の地下の岩脈状マグマが本地域の主要な地熱熱源として認識された(図6)。重力測定は生命線は位置測定にあるが、GPS干渉法を導入することで、大幅に効率率が向上した。比抵抗調査では地熱分野で初めて三次元インバージョン解析が行われた。自然電位測定は地熱流体の上昇流域を抽出し得るため、NEDOの調査井掘削位置の決定に有用なデータを提供した。ここではそれらの詳細は省略するが、アクセス困難な遠隔離島という条件と迅速な探査を意識してコンパクトな地熱探査法が確立され、適用された。



● 図4：フローレス島のデジタル地形陰影図とモデル地域



● 図6：バジャワ・シンダーコーン群の地下岩脈モデル



● 図5：調査地域のJERS-1 SAR画像 (Copyright METI/NASDA) と温泉分布等



本プロジェクトのハイライトは NEDO の地熱調査井掘削であった。その掘削位置は、これら探査結果を総合して選定された。このため、この調査井が蒸気を噴出するか否かが、最も如実に探査手法の有効性を検証することとなる。噴気試験は、2001年1月20日に、計らずもクバンでの重要会議の後にヘリコプターで飛来した2名のインドネシア国会議員、東ヌサテンガラ州知事、地質鉱物資源総局長、電力公社副総裁らと、近隣の村々から駆けつけてきた数百人の地元住民とが見守る中で行われることとなった。遠隔離島における限られた資材の中で掘削されたため、この調査井は深度162.35mという異例に浅い掘削深度に甘んじざるを得なかった。そのため、予想外の見学者を前にして、私たち日本側は大いに緊張することとなった。しかし、その結果は大成功であった(写真1)。坑口バルブ全開状態で、毎時15トンの乾燥蒸気が安定的に噴出した。これは掘削深度を考えれば、特筆すべき量である。これを電力に換算すれば、復水式発電で2.5MW、背圧式で1.2MWの能力である。したがって、この1坑で、近くのバジャワ市の電源である2MWディーゼル発電をほぼ置き換えることが出来る。しかも、乾燥蒸気で熱水を伴わないため、背圧式発電ならば、還元井を必要としない。この坑井はこの地域にきわめて経済的な地熱開発を約束した。このときは、わずか10分間の噴出試験であったが、噴出を止めた後、見学者全員が大きな拍手で讃え合った。もちろん、このとき最も安堵したのは日本側であった。

ODA 大型プロジェクトの最終年度には、相手国においてセミナーを

開き、その成果を相手国に普及することが義務づけられている。このため、2002年2月20日に、インドネシアのバンドン市の地質鉱物資源総局オーデトリウムにおいて、本プロジェクトの最終公開セミナーが開催された(写真2)。このときは、幸運にも2002年2月21～22日のNEDO主催の第4回アジア地熱シンポジウムと抱き合わせて実施されたため、アジア各国から招待された10名の地熱専門家を始め、総参加者は100名を超えた。この中で、産総研は、組織運営、部門長のキーノートスピーチ、8技術講演、3議長等、精力的に働き、インドネシアのみならず、広くアジア各国に向けて、成果の普及活動を行うことが出来た。

#### 今後の課題

本プロジェクトはその理念が崇高であったため、関係者が目的に向かって一丸となって努力し、成功裡に進めることが出来た。その成果についても、迅速かつ網羅的に公表出来た<sup>2)</sup>。これらの成果は、全てすばらしきカウンターパートとの緊密な連携作業によるものであり、本プロ

ジェクトの残した最大の財産は、インドネシアの仲間たちとの間に培われた固い友情と信頼関係であると言えよう。私たちは、これらの点で、本プロジェクトに十分な達成感を感じている。

しかし、クリーンエネルギーのインフラをつくるという観点から言えば、我が国がマタロコ地域に小型地熱発電設備をつくることまで協力することが理想的であることは言うまでもない。発電所建設を担当しているインドネシア電力公社が1997年のアジア通貨危機以降、財政難に陥っていることを考えれば、独力でマタロコ地域に地熱発電所を建設することは、残念ながら当分困難のようにみえる。私たちプロジェクト参加者は本プロジェクトを真に完結させるため、京都議定書のクリーン開発メカニズム等の新しい枠組みが、いつの日か、この願望を成就させてくれるよう祈って止まない。本プロジェクトは終了したが、私たちの努力はまだ終わっていないように思うのである。



●写真1: NEDO地熱調査井の噴気試験の様相 (2001年1月20日)



●写真2: バンドンの最終公開セミナーの集合写真 (2002年2月20日)

#### ● 関連情報

- 1) 本藤祐樹: 電中研ニュース, 338号, 4p (2002).
- 2) Geological Survey of Japan: Bull. Geol. Surv. Japan, 53, No. 2/3, 61-408 (2002).
- 3) 地質調査総合センター編: 地質ニュース, 577号 (印刷中).