

# 心躍るインドネシア遠隔離島地熱プロジェクトの 5年間を顧みて

村岡洋文<sup>1)</sup>

## 1. まえがき

インドネシアとの二国間研究協力「遠隔離島小規模地熱の探査に関する研究協力」は、かつて本誌に紹介したように1997年4月よりスタートした(村岡ほか, 1998; 浦井ほか, 1998; 高橋ほか, 1998)。あれから5年の歳月は瞬く間に流れ、2002年3月にこのプロジェクトは終了した。

その研究面や技術面については、本プロジェクトに参加した2ヶ国6機関の詳しい研究成果が、地質調査研究報告53巻2/3月号に英文特集号としてまとめられている。この特集号には、本プロジェクトの背景から掘削や地熱総合解析ソフトウェア作成の最終成果に至るまで、また、失敗から成功の過程に至るまで、全てが記述されている。地熱井掘削に伴う暴噴の事実については、とかく明らかにされないことが多い。しかし、この特集号では、遠隔離島の限られた資材の中で起こった暴噴と、それに対する対策と、そしてさらに噴気を成功に導くまでの努力が、赤裸々にかつ淡々と記述されている。是非、御覧されたい。

ここでは、このプロジェクトの全般に関する私の様々な感想を手記風に述べ、併せて最終まとめの目的で行われた2002年2月の最終公開セミナーと付随開催の新エネルギー・産業技術総合開発機構(以下NEDOと略称)主催の第4回アジア地熱シンポジウムの模様を紹介したい。

## 2. 遠隔離島地熱プロジェクトの前史

遠隔離島地熱プロジェクトは1997年度からスタートしたが、笹田政克氏の地質調査研究報告53巻2/3月号のPrefaceにも記述されているように

(Sasada, 2002)、本プロジェクトがスタートするまでには、関係者が数年間、その立ち上げに向けて、並々ならぬ努力を傾注した前史があった。この部分についてはいまだから言えるという部分もあり、差し障りがないように、私個人の手記の形で振り返ってみたい。

1993年7月に、私はNEDOへの2度目の出向を命じられ、1995年8月までNEDOに在籍した。出向した頃の私は、共同編集者の高田 亮さん、森下祐一さん、玉生志郎さん、栗田 敬さんらとともに地質学論集第43号をまとめたばかりであり、私の心はマグマとともにあった(村岡ほか編, 1994)。したがって、私はマグマ近傍地熱に傾倒しており、そのようなプロジェクトを立ち上げるばかり考えていた。しかし、1993年の1994年度概算要求ではマグマ近傍地熱プロジェクトは受け入れられなかった。その一つの理由は、当時、深部地熱資源調査が立ち上がったばかりであり、その内容が事実上、マグマ近傍地熱に肉薄して( Sasada *et al.* eds., 1998; 茂野ほか編, 2000)、ことさらにマグマ近傍地熱プロジェクトを立ち上げるだけの説得力に乏しかったためである。

そこで、1994年の1995年度概算要求では、マグマ近傍地熱のテーマに換えて、当時相手国からの要請が強く、より現実的なインドネシア遠隔離島地熱プロジェクトを提案することとなったが、この年は、残念ながら、効を奏しなかった。そして、翌1995年の1996年度概算要求においては、本プロジェクトをODA大プロに応募することとなった。これもこの年は却下されてしまったが、次年度に再検討してもらえるところまで漕ぎ着けた。そして、私が地質調査所に復帰した翌1996年の1997年度概算要求では、再度却下の圧力が強い中、瀬戸際でのど

1) 産総研 地圏資源環境研究部門

キーワード: 二国間研究協力, 地熱探査, 地熱開発, インドネシア, フローレス, 回顧録

んでん返しによって、ようやく、本プロジェクトがそのスタートを勝ち得たのであった。

この間、私自身の力はあまりにも小さく、私以外の多くの力ある方が尽力されたことについては、村岡ほか(1998)の謝辞で述べた通りである。私はただ、このプロジェクトが成立するまでの前史を間近で見続けるといふ立場にあった。そして、私がその後、本プロジェクトの前史だけでなく、その終了まで見届けることになろうとは、当時、知る由もなかった。

### 3. 遠隔離島地熱プロジェクトのグループ運営

上述のような前史から、私自身が地質調査所において、本プロジェクトの地質調査所グループのグループリーダーを命じられたとき、これを十分前向きに受けとめるだけの意識は出来ていた。それと同時に、本プロジェクトの成否に大きな責任を感じていた。もちろん、掘削等の主要事業はNEDOの守備範囲であったので、私に出来ることは、地質調査所チーム内の運営に限られていた。たとえそうであっても、私は本プロジェクトのスタート時点で、グループリーダーとして、密かに期すところがあった。それは理想のグループ研究を運営してみたいという大それた目標であった。地質調査所チームの本プロジェクトの予算規模は、そのような目論見にとって、ほどよい規模であった。

私は、これまでに多数のグループ研究に参加してきたが、グループ員の視点からみて、グループ研究の運営のあり方には、不満の残る場合が少なかつた。たとえば、グループ員の役割がスタート時点で明確化されていない場合がある。これでは、最初からグループ研究の失敗を意味しているに等しい。このような場合には、成果のまとめの段階に至ってもなお、誰が何をまとめるか判然とせず、組織的な成果はほとんど期待出来ない。このような運営は明らかに不適切であるが、日本的風土の中ではままたるごとく思われる。また、役割がスタート時点で複数の研究者からなるサブグループに対しては明確化されているが、個々の研究者に対して明確化されていない場合がある。これは大きなグループ研究では止むを得ない場合が多い。しかし、研究には常に個人的な努力の過程があり、

個人的な成果が発生する。このため、敢えて言うならば、この形も、成果のまとめの段階で、個人的な葛藤や不満が残り、やはり理想的とはいえない。

このような経験を踏まえて、本グループ研究では、グループ員全員が与えられた予算によって研究活動出来る程度の少人数に絞り、スタート時点から、一人一手法という形で、各人の役割を明確化した(Muraoka and Uchida, 2002)。加えて、スタート時点で、全員に最終報告書の論文の題名を想定していただき、参加機関との情報交換用の中間報告書の中で、その題名のもとに論文を書き始め、プロジェクトの進捗とともに次第にそれを肉付けしてもらった(Muraoka and Uchida, eds., 1999, 2000)。実に当たり前の単純な方針である。

5年間を通じて、本グループ研究が終始快適であったかどうかの真相は、それぞれの研究者に聞いてみなければわからない。しかし、私の過去のほろ苦い経験に比べれば、誰もが嬉々としてこのプロジェクトに参加していたように思われる。また、きわめて単純なこの方針により、本グループの研究者は『何をなすべきか』については悩む必要がなく、『いかになすべきか』について自律的に工夫する余裕がもてたように思われる。その成果についても、マタロコ地域の選定からNEDOチーム調査井掘削位置の選定に至るまで、NEDOチームの主要事業に対して補完的データを与えることができ、比較的満足出来る内容になっていると考える(Urai et al., 2002; Muraoka et al., 2002a, 2002b, 2002c; Takashima et al., 2002; Sawaki and Muraoka, 2002; Takahashi et al., 2002a, 2002b; Komazawa et al., 2002; Uchida et al., 2002a, 2002b; Yasukawa et al., 2002a, 2002b)。少なくとも、私にとってこの5年間は素晴らしく充実した日々であり、密かに期していたグループ研究運営の目標をほぼ達成できたのではないかと自負している次第である。そして、この5年間、常に私の心の中心を占めてきた本プロジェクトが終わってしまったことで、心に大きな穴がぽっかりと空いたように感じる今日この頃である。

### 4. 遠隔離島地熱プロジェクトのハイライト

本プロジェクトの目標は熱帯の遠隔離島・火山島

地域に適した地熱探査手法を開発することであった。事実、本プロジェクトではこのような遠隔の未調査地域に適した探査手法が確立され、適用された(Akasako *et al.*, 2002; Tagomori *et al.*, 2002; Muraoka and Uchida, 2002)。それら各探査手法を集約するためのツールとして、iGEMSというインドネシア版地熱総合解析ソフトウェアも開発された(Koseki *et al.*, 2002)。

しかし、全ての地熱探査技術開発プロジェクトに共通するように、もし、地熱調査井掘削が含まれている場合には、その坑井が蒸気を噴出するか否かが、最も如実に地熱探査手法の有効性を検証することとなる。このため、人々の注目はいきおい地熱調査井の噴気試験の成否に集まることになる。本プロジェクトでも、そのような時期が2001年1月20日MT-2号井の噴気試験のときに訪れた。

2001年1月の噴気試験には、地質調査所チームから、高橋正明さんと安川香澄さんとがそれぞれ地化学モニタリングと自然電位モニタリングの目的で参加することが2000年中頃から計画されていた。2001年1月当時、私は、4月からの独立行政法人化もさることながら、自ら事務局を引き受けていた2月28日-3月1日のITIT国際シンポジウム「アジアの地熱開発」(東京)や3月12日-19日のフィリピンPNOC地熱コンファランス出張などを控えて、冷静に考えれば出張できる状態ではなかった。しかし、前史からずっとこのプロジェクトに関わり続けてきた私の中の悪魔が、絶対にこのハイライトを見逃してはならないと囁くのがあった。成田からフローレス島バジャワまでは、順調に行っても片道3日掛かるので、たとえ現地にも3日滞在するだけでも、最低9日間の出張が必要である。そして、私は結局、その誘惑に負けてしまった。以下、その頃の日誌より拾ってみよう。

#### 2001年1月16日(火)

夕方までにITITシンポの見積りを完成させて、国際室の清水さんに提出。夕食後、地調に戻って、PNOCコンファランスのProceedings原稿に着手。

#### 2001年1月17日(水)

夜通し掛けて、朝6:30頃、ようやく曲がりなりにもProceedings原稿を完成させる。私の最速執筆記録ながら、一夜漬けの原稿に深く恥じ入る。し

かし、逡巡する間もなく、添付ファイルにてフィリピンに送る。急遽、自宅にもどり、20分以内に出張準備を行い、辛くもつくばセンター発7:20の成田行きバスに間に合う。これから先はゆっくり眠れる。成田で高橋さん、安川さんと合流。いつものJL725便に乗る。この便は少し遅れて20:30頃デンパサールに着き、Sahid Bali Hotelに21:00過ぎに到着。NEDO二子石正雄さん、西日本技術開発株式会社(以下西技と略称)の下池忠彦さん(NEDO助成先プロジェクトリーダー)たちは、Suryantoroさん(当時地質鉱物資源総局総局長)、Raden Sukhyarさん(地質鉱物資源総局次長)、A. Djumarma Wirakusumahさん(通称Adeさん、インドネシア火山調査所所長)、Sjafra Dwipaさん(インドネシア火山調査所地熱部長)という豪華メンバーと外食中らしく、会えなかったが、深夜、下池さんより部屋に電話をいただく。

#### 2001年1月18日(木)

朝ホテルロビーで二子石さん、下池さんたちと合流。デンパサール空港ではSuryantoroさん、Sukhyarさん、Adeさん、Sjafraさんがインドネシア国会議員の人たちと貴賓室に居て、私たちが招かれたが、どうも居心地が悪い。彼等はこれから、チモール島クパンでの大きな会議に出席し、そのうちの一部が、ヘリコプターにて、MT-2号井の噴気試験に来るとのこと。マウメレ行きMerpati航空MZ6550便は例によって25分遅れて9:45発となり、現地到着が12:00過ぎとなる。しかし、欠航もしばしばであるから、飛んでくれただけで感謝。マウメレにはFredy Nanlohyさんが出迎えてくれる。マウメレから3台のレンタカー(運転手付き)に分乗し、途中、18:00頃150km先のエンデのBamboo Restaurantで夕食をとる。本来3日掛かるところを2日の強行軍で、23:00過ぎにさらに130km先のバジャワのAriesta Hotelに到着。

Ariesta Hotelには、西技の掘削専門家、末吉喜和さんがあるじ然と構えていて、MT-2号井の状況を一通り説明して下さった(写真1)。深度162.35mながら、途中ガスキックが何度もあったので、Barite泥材はもう危険。インドネシア掘削クルーの力量と装置の限界もある。この深度でよしとせざるを得ない。18日の仮噴気ではまあまあ行けそうな様子、等々、末吉さんとは初めて、長時間話した

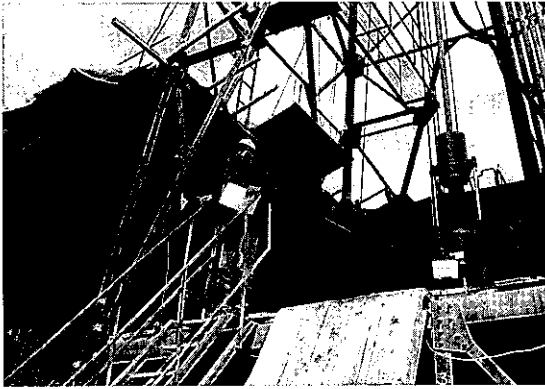


写真1 翌日に大切な噴気試験を控えて、MT-2号井の掘削リグの台座(サブストラクチャー)上で、準備に余念のない末吉喜和さん。2001年1月19日撮影。

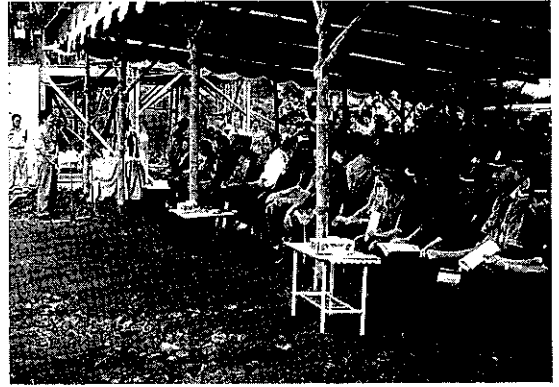


写真3 MT-2号井噴気試験の前の式典。左側でスピーチしているのは地質鉱物資源総局総局長Suryantoroさん。右側後方には大勢の地元住民が鈴なりになっているが、これは撮影者の背後まで続いている。2001年1月20日撮影。

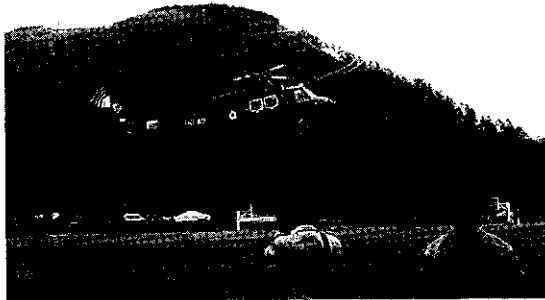


写真2 インドネシア政府要人を乗せて、チモール島クバンより飛来したヘリコプター。2001年1月20日撮影。

が、実に頼もしい。これでスペイン語、英語、インドネシア語に堪能とくれば、もう超人だ。末吉さんが2000年12月にバンドンのインドネシア火山調査所でマタロコ掘削のレクチャーを行い、全てのインドネシア側掘削関係者を叱り飛ばした話は、仲間うちでは有名。それ以来、インドネシア側掘削クルーのチーフで、水牛のように勇猛果敢なKastiman Sitorusさんでさえ、末吉さんに一目置いているらしい。

2001年1月19日

午前8:15にホテルを出発。マタロコのMT-2号井現場をみる。掘削クルーは翌朝に予定されている政府要人向けのセレモニーと噴気試験にピリピリしているので、午前中のみで退散。インドネシア火山調査所の本プロジェクトの新しいチームリーダーのJanes Simanjuntakさんによれば、高橋・安川

両氏の発送した調査機器類は残念ながら、まだジャカルタにあって、1月25日頃到着予定とのこと。これで彼等のモニタリングの予定は大幅に狂う。14:00-21:00の間はずっと雨。やはり雨季にはよく降るが、不快でなく、むしろ爽やか。Janes(ヤヌスと発音)さんより、明朝、日本側から、二子石さん、下池さんと私だけが、政府要人を迎えるグループに参加するようとの連絡があった。

2001年1月20日

朝6:00にホテルにJanesさんが来訪。ヘリコプターの飛来が7:00に早まったので、車ですぐマタロコに出発して欲しいとのこと。ヘリコプターの着陸場所はマタロコの古い教会の裏の広大な運動場。しかし、実際に飛来したのは、8:20頃(写真2)。つい時間に厳しくなってしまうのは日本人の性。結局、ここでは地元住民代表の伝統的歓迎が中心で、我々日本側との挨拶交換はほんの一瞬。

その後、MT-2号井の現場に行くと、数百人の地元住民が集まっていて驚く(写真3)。遠い村からも繰り出して来ているとのこと。もちろん、その中に、高橋さんと安川さんもいた。しかし、さらに驚いたのは、政府要人たちが雨や日差しを防ぐためのバンブーハウス(竹造りの構造物)が、一夜にしてつくられていたこと(写真3)。セレモニーが8:50頃より始まる。最初はインドネシア火山調査所地熱部長のSjafra Dwipaさんがプロジェクトの概要を説明。その後、地元のNgada県知事、地質鉱物資源総局



写真4 MT-2号井噴気試験の様様。上から下に向かって、徐々に噴気量が増大する様子を示す。坑井の深度は162.35mで、バルブ全開状態で約15トン/時の乾燥蒸気が噴出。2001年1月20日撮影。

総局長、インドネシア電力公社 (PLN) 副総裁、そして Nusa Tenggara Timur (向こうでは NTT と略称) 州知事が、順次、祝辞を述べる。インドネシア語のため、内容は定かでないが、地質鉱物資源総局長 Suryantoro さんの祝辞の中で (写真3)、明らかに オラン・ジャパン (日本人) の言葉が聞こえ、我々の方に目礼があったので、我々日本の研究協



写真5 MT-2号井のベースキャンプにおける噴気の成功祝賀パーティーの様様。2001年1月23日下池忠彦氏撮影。

力に対する謝辞が述べられたらしい。

そして、全ての見学者に、噴気音に対する耳栓用の綿が配布された。末吉さんがリグの台座の上から、ゆっくりと船長のように右手を回すと、掘削クーラーが坑口バルブを徐々に開いた。蒸気導出管から出る噴気の量が徐々に拡大し、やがて、綿の耳栓では防ぎ切れないほどの轟音となる (写真4)。地熱井の噴気を初めて見る人々は、その迫力に驚嘆したに違いない。しかも、その力の由来を不思議に思ったであろう。そこはつい先頃まで、牛たちの憩うのどかな牧場だったのだから、これほどの地熱エネルギーの啓蒙活動はない。日本の一般市民が必ずしも知らない地熱エネルギーの力を、マタロコの人々は知ってしまった。イタリアのラルデレロには見学者用に坑口バルブを開閉できる地熱井が用意されている。日本にも必要ではないか。噴気は約10分程度続けられ、やがて坑口バルブが閉じられた。一瞬の静寂の後、万雷の拍手が起こり、誰彼となくお互いに握手し合って、その成功を祝う。また、参加者にお祝いのとうもろこしが振舞われる。

162.35m という浅い井戸ながら、バルブ全開で約15トンの乾燥蒸気が安定的に噴出した。この日のヒーローは何と言っても末吉さんだ。私は悪魔の囁きに耳を傾け、この場に居合わせたことを、心底幸せに思った。下池さんとも話したことだが、唯一残念なことは、プロジェクトの前半でインドネシア火山調査所チームリーダーとして尽した、功労者の一人 Asnawir Nasution さんが人事異動で地熱部を去ったため、この場に出席できなかったことであった。



写真6 2001年1月11日から1月16日に95年ぶりにマグマ-水蒸気噴火を起こしたInie Lika火山の2001年1月22日の様子。まだ、多量の水蒸気を放出しており、水蒸気の左手後方には、新たに発生した噴火割れ目がみられる。

後日談：二子石さん、末吉さんと私が帰国の途につく前夜の1月23日には、噴気試験の成功を祝うため、日本側関係者全員が、Janesさんから夕食に招待された。その場所は掘削リグの近くの、関係者がベースキャンプと呼んでいる民家であった。このときは、御飯とサテ(焼鳥、焼山羊)のみの質素ではあるが、美味で、心尽くしの夕食であった。そして、末吉さんが調達した多量の、生ぬるいビールのお陰で、全員がフィーバーし、踊り始めて、宴は大いに盛り上がった(写真5)。政府要人の前での噴気試験の成功は、その後、鉱物資源調査局地熱部に破格の地熱調査・掘削予算をもたらすことになったらしい。したがって、本プロジェクトの波及効果は独りマタロコ地域に留まらず、インドネシアにおける地熱開発の普及促進に寄与したといえよう。

また、この出張直前の1月11日から1月16日に、本地域の熱源の一つInie Lika火山が突然95年ぶりにマグマ-水蒸気噴火を起こした。このため、この出張の過程では、噴火直後の同火山を観察するという千載一遇の機会にも恵まれた(写真6；Muraoka *et al.*, 2002c)。

## 5. すばらしきカウンターパートたち

本プロジェクトの共同研究体制については、Muraoka and Uchida (2002)に詳細に述べたように、日本側の覚書調印者はNEDOと旧地質調査所

とである。NEDO事業は、前期には委託事業、後期には助成事業として、西枝と三菱マテリアル資源開発株式会社(以下MRCと略称)とが実施した。これら日本側のカウンターパートは、遠隔離島に適した探査手法を確立し、それを現地に適用した(Otake *et al.*, 2002; Akasako *et al.*, 2002; Tagomori *et al.*, 2002)。また、地熱調査井掘削と噴気試験という最も重要な部分を担い、それを成功に導いた(Sueyoshi *et al.*, 2002; Matsuda *et al.*, 2002)。さらには、こうした現地調査と併行して、最終成果物の象徴ともいえるインドネシア版地熱総合解析ソフトウェアiGEMSを完成させた(Koseki *et al.*, 2002)。これらの功績は大いに称えられるべきであろう。

インドネシア側の覚書調印者は鉱山エネルギー省地質鉱物資源総局であるが、実質的なカウンターパートはインドネシア火山調査所であった。しかし、2001年度の組織改革で、鉱山エネルギー省がエネルギー鉱物資源省となり、インドネシア火山調査所の地熱部はそっくり、鉱物資源調査局(Directorate of Mineral Resources Inventory)に移った。また、インドネシア火山調査所は火山地質防災局(Directorate of Volcanology and Geological Hazard Mitigation)となった。これまで、本プロジェクトに参加した大部分のインドネシア側研究者は地熱部とともに、鉱物資源調査局に移ったが、Asnawir Nasutionさんを始め、何人かは火山地質防災局に残った。

これらインドネシア側のカウンターパートは、私たちにとって、最良のパートナーであった。彼等の多くは非常に謙虚かつ勤勉であり、あたかも儒教思想の色濃く残る、一昔前の日本人を連想させるものがある。私がインドネシアのカウンターパートに初めて出会ったのは、1997年3月に、当時NEDOにおられた内田利弘さんほかの労により、仙台で開催されたNEDO International Geothermal Symposiumの席でのことであった。Asnawir Nasutionさんが本プロジェクトのインドネシア火山調査所チームリーダー予定者として、このシンポジウムに招待されていたのである。第一印象のときから同氏の謙虚さに感銘を受けたが、その人柄がその後、両国間の潤滑剤として、プロジェクトの遂行を大いに助けることとなった。同氏は本来、火山研究者であ

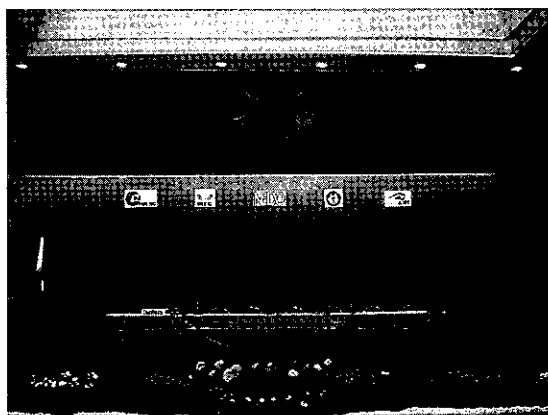


写真7 最終公開セミナー会場となったインドネシア地質鉱物資源総局オーデトリウム。2002年2月20日撮影。

るが、インドネシア火山調査所に地熱研究グループを育てた地熱のパイオニアでもある。その出会い以来、同氏とはプロジェクトの苦楽を共にしてきた。また、私が本プロジェクトの特集号である地質調査研究報告53巻2/3号の原稿の執筆を、関係者に依頼した際にも、印象に残る出来事があった。このとき、原稿提出の締切日は、一応2001年9月15日とした。インドネシア側カウンターパートの多くは、英語をしゃべることは堪能でも、書くことは苦手な人もいと聞いていた。しかも、2001年9月は、ちょうど地熱部が火山地質防災局から鉱物資源調査局に引越す時期に当たっていた。そこで、インドネシア側カウンターパートについては、投稿が相当遅れるのではないかと心配していた。しかし、その予想に反し、2001年10月5日に、新しいチームリーダーJanesさんから、鉱物資源調査局分の10論文の原稿が全て入ったCD-ROMが送られてきた。私はこのとき、彼等の熱意に、感動を禁じ得なかった。

また、もう一つ印象に残ることは、彼等が何から何まで自分たちでこなしている点である。先ず、地質研究者が地球物理や地球化学をカバーすることはインドネシアではむしろ常識である。たとえば、Asnawir Nasutionさんが、温泉化学データ等の解釈に秀でていることは仲間内ではつとに知られていた(Nasution *et al.*, 2002)。しかし、もっと驚くべきことは地質研究者が1,500m級のリグによる掘削を指揮し(Widodo *et al.*, 2002)、グラウティング工事を指揮し(Simanjuntak and Yusup, 2002)、そして、坑井の噴出試験と能力評価を行っている



写真8 100名前後集まった最終公開セミナーの様子。2002年2月20日撮影。

ことである(Sitorus *et al.*, 2002)。もちろん、これを発展途上国の悲しさと揶揄することも出来る。しかし、彼等の地球科学は志が高く、崇高な目的のためには、工学分野にまで踏み込む柔軟性と実践性を備えているといった方が当たっているだろう。私は彼等の全人的な活動と能力に深い感銘を覚えた。

## 6. バンドンでの最終公開セミナー

ODA大プロでは、最終年度にセミナーを開催することが義務づけられている。そこで、2002年2月20日に、インドネシアのバンドンの地質鉱物資源総局オーデトリウムで、本プロジェクトの最終公開セミナーが開催された。主催者は本プロジェクトの参加機関である地質鉱物資源総局、NEDO、西枝、MRCおよび産総研である。

地質鉱物資源総局オーデトリウムは壇上にガルーダ(神鷲)の紋章を配した、300名収容のすばらしい会議場であった(写真7)。また、鉱物資源調査局や火山地質防災局により、完璧なまでの準備がなされていた。そして、そこには5年間、苦楽を共にした懐かしい仲間の顔ぶれが全て揃っていた。これが本プロジェクトの最後の会合であると思うと、私はいささかセンチメンタルにならざるを得なかった。

このセミナーには、各主催機関からの出席者に加えて、アジア各国から招待された10名の招待者、バンドン工科大学やインドネシア石油公社(PERTAMINA)からの参加者などがいたため、総出席者

**第1表 2002年2月20日にバンドンで開催された遠隔離島地熱プロジェクト最終公開セミナーのプログラム、演題は大幅に簡略化させていただいた。**

登録受付 (8:30-9:00)			
<b>開会セッション (9:00-9:15)</b> 座長: 下池忠彦			
9:00-9:05	開会スピーチ	NEDO地熱開発室長	橋本一郎
9:05-9:10	キーノートスピーチ	Secretary of DGGMR	Radon Sukhyar
9:10-9:15	キーノートスピーチ	産総研地圏資源環境研究部門長	野田徹郎
<b>背景セッション (9:15-10:00)</b> 座長: 村岡洋文			
9:15-9:30	インドネシア地方電化計画・地熱開発	DMRI	Sjafra Dwipa
9:30-9:45	NEDO遠隔離島地熱プロジェクト総括	NEDO地熱開発室	二子石正雄
9:45-10:00	シジャラ島地熱の衛星リモートセンシング	産総研地球科学情報研究部門	浦井 登
コーヒーブレイク (10:00-10:15)			
<b>地質セッション (10:15-11:00)</b> 座長: S. Dwipa			
10:15-10:30	バジャワ地熱地域の地質	産総研地圏資源環境研究部門	村岡洋文
10:30-10:45	マタロコの地熱変質鉱物の赤外反射	DMRI	Dany Aswin
10:45-11:00	バジャワ地域火山岩・変質岩のTL年代	秋田大学	高島 勲
<b>地化学セッション (11:00-11:45)</b> 座長: 高橋 洋			
11:00-11:15	バジャワ地熱地域温泉水の地化学	産総研深部地質環境研究センター	高橋正明
11:15-11:30	火山と温泉からみたフローレスの地熱	VSI	Asnawir Nasution
11:30-11:45	マタロコ坑井流体の化学・同位体化学	西技	松田健二
昼食 (11:45-13:00)			
<b>地球物理セッション (13:00-13:45)</b> 座長: J. Simanjuntak			
13:00-13:15	フローレス島中部の重力異常	産総研地球科学情報研究部門	駒澤正夫
13:15-13:30	バジャワ地熱地域の2・3次元MT解析	産総研地圏資源環境研究部門	内田利弘
13:30-13:45	マタロコ・ナゲ地熱地域の5Pマッピング	産総研地圏資源環境研究部門	安川香澄
<b>坑井関係セッション (13:45-14:45)</b> 座長: 安川香澄			
13:45-14:00	マタロコ地熱調査井の掘削と噴気試験	西技	末吉喜和
14:00-14:15	マタロコ地熱地域のグラウディング工程	DMRI	Janes Simanjuntak
14:15-14:30	マタロコMT-1及び2井の流体包有物	産総研地圏資源環境研究部門	佐藤貴之
14:30-14:45	マタロコMT-2井の長期噴出試験	DMRI	Kastiman Sitorus
コーヒーブレイク (14:45-15:00)			
<b>概念モデルセッション (15:00-15:45)</b> 座長: 内田利弘			
15:00-15:15	ウォロボボ、ナゲ及びマタロコのモデル	MRC	高橋 洋
15:15-15:30	インドネシア版iGEMSの開発	MRC	小関武宏
15:30-15:45	プロジェクトの評価	西技	下池忠彦
<b>閉会の辞 (15:45-15:50)</b> 西技取締役地熱部長 松本 正			

は100名前後に達した(写真8, 9)。したがって、本プロジェクトの成果を相手国に普及するという所期の目的に加えて、広くアジアに向けて普及することが出来たのであった。そのプログラムの概要を第1表に示すが、このセミナーの運営には、産総研も大きな役割を果たすことが出来た。

**7. 第4回アジア地熱シンポジウム**

アジア地熱シンポジウムはNEDOの主催で、1998年以来毎年、アジア各地で開催されてきた。本シンポジウムは従来、東・東南アジア沿岸・沿海地球科学調整委員会(CCOP)の年次総会に合わせ、そのサイドミーティングとして開催されてきた。1998年度の第1回はフィリピンのスービックベイで、1999年度の第2回はベトナムのハノイで、2000年度の第3回はタイのバンコクで開催されてきた。しかし、2001年度の第4回については、前述のように遠隔離島地熱プロジェクトの最終公開セミナーが、インドネシアのバンドンで予定されていたため、CCOPの年次総会とは切り離して、バンドンで開催されることとなった。このシンポジウムについては、遠隔離島地熱プロジェクトと直接の関係はないのであるが、アジア地熱研究という意味では大いに関係するため、ここに紹介したい。

この第4回アジア地熱シンポジウムは遠隔離島地熱プロジェクトの最終公開セミナーと同じ地質鉱物資源総局オーデトリウムで、セミナーに引き



写真9 オーデトリウムの前庭における集合写真、2002年2月20日撮影。



写真10 ジャカルタの60km南に位置するサラク地熱発電所ゲストハウス前での集合写真、2002年2月23日撮影(高橋正明氏提供)。



第2表 2002年2月21-22日にバンドンで開催された第4回アジア地熱シンポジウムのプログラム。演者の到着遅延で、講演の入れ替えがあったがこれは省略し、演題を大幅に簡略化させていただいた。

2002年2月21日			
<b>総会セッション (9:30-9:50)</b>			
9:30-9:35	開会挨拶	NEDO地熱開発室長	橋本一郎
9:35-9:45	開会挨拶	DMRI所長	Abdurrohman
9:45-9:50	開会挨拶	CCOP	山田善三
<b>アジア地熱開発戦略セッションI (9:50-12:00)</b>			
座長: 村岡洋文			
9:50-10:20	環境世紀に向けての日本の地熱発電	NEDO地熱開発室	革間常夫
10:20-10:50	産総研における地熱技術研究	産総研地圏資源環境研究部門	野田徹郎
コーヒーブレイク (10:50-11:00)			
11:00-11:30	インドネシアの地熱開発戦略	DMRI	Sjafra Dwipa
11:30-12:00	インドネシアの地熱資源評価	DMRI	Janes Simanjuntak
昼食 (12:00-13:30)			
<b>アジア地熱開発戦略セッションII (13:30-15:00)</b>			
座長: S. Dwipa			
13:30-14:00	21世紀のPNOC-EDC地熱開発戦略	PNOC-EDC	Manuel S. Ogena
14:00-14:30	マレーシアサバの地熱資源と発電	MGDM	Ang Num Kiat
14:30-15:00	ベトナムの地熱資源とその開発戦略	DHES	Nguyen Hong Bang
コーヒーブレイク (15:00-15:15)			
<b>アジア地熱開発戦略セッションIII (15:15-16:45)</b>			
座長: M.S. Ogena			
15:15-15:45	タイの地熱エネルギーの開発利用	DMR	S. Thammitwas
15:45-16:15	中国の地熱開発と将来戦略	CGS	Wen Dongguang
16:15-16:45	バブアニューギニアの地熱探査と開発	GSPNG	Nathan Mosusu
<b>2002年2月22日</b>			
<b>地熱開発最新情報セッションI (9:00-10:15)</b>			
座長: S. Thammitwas			
9:00-9:25	グラジャット地熱地域の地球科学	Amosca Indonesia	Bambang Prarmono
9:25-9:50	サルゥラ地熱地域の地球科学	Unocal Geothermal Indonesia	Alimin Ginting
9:50-10:15	マレーシアタウ火山岩のTL年代	秋田大学	高島 勲ほか
コーヒーブレイク (10:15-10:30)			
<b>地熱開発最新情報セッションII (10:30-11:45)</b>			
座長: Ang N.K.			
10:30-10:55	サラク山地熱地域の地球科学	Unocal Geothermal Indonesia	Glen Meloshほか
10:55-11:20	東ヌサテンガラアタディ地熱地域研究	DMRI	Kasbani
11:20-11:45	ASTER画像解析の地熱への応用	産総研地球科学情報研究部門	浦井 稔ほか
昼食 (11:55-13:00)			
<b>地熱開発最新情報セッションIII (13:00-14:15)</b>			
座長: 内田利弘			
13:00-13:25	衛星リモートセンシングの地熱応用	ERSDAC	広瀬和世ほか
13:25-13:50	貯留層変動探査法開発	NEDO地熱開発室	橋本幸治
13:50-14:15	地熱促進調査への流体包有物応用	NEDO地熱開発室	内ヶ崎健一郎
コーヒーブレイク (14:15-14:30)			
<b>地熱開発最新情報セッションIV (14:30-16:35)</b>			
座長: J. Simanjuntak			
14:30-14:55	東ヌサテンガラウレワン地熱地域研究	DMRI	Edi Suhanto
14:55-15:20	耐折高温岩体プロジェクトの現状	NEDO地熱開発室	及川家巳
15:20-15:45	地熱探査への3次元MT解析の応用	産総研地圏資源環境研究部門	内田利弘
15:45-16:10	CCOP地下水・地熱データベース	CCOP	山田善三
16:10-16:35	京都鑑定書からみたアジア地熱開発	産総研地圏資源環境研究部門	村岡洋文
<b>閉会の辞 (16:35-16:45)</b>			
座長: 久保智司			
16:35-16:45	閉会の辞	産総研地圏資源環境研究部門長	野田徹郎

ウムに招待されたのであり、本シンポジウムにはこれら招待者を始め、合計102名の参加者があった(久保, 2002)。セミナーでの演題が遠隔離島プロジェクトに限られていたのに対して、同シンポジウムでは、アジア各国からの招待者10名の講演を始め、NEDO地熱事業4件の講演、ASTERを始めとする2件の日本の衛星リモートセンシングに関する講演、翌日巡検予定のサラク地熱地帯(写真10)の講演、CCOPアジア地熱資源データベースの講演、等々、様々な講演が発表された。そのプログラムの詳細を、第2表に示す。

そして、シンポジウムの閉会の辞で、地圏資源環境研究部門の野田徹郎部門長が、本シンポジウムの結語として、次のような宣言文を提案して、全参加者にその賛否を問い掛けた。

1. このシンポジウムの参加者はこれ以降、クリーンな地熱エネルギーの優先性を一般市民や政府や世界に向けて普及して行く仲間となることを誓います。
2. このシンポジウムの参加者は仲間がこの普及の目的を促進することを助け合うことを誓います。
3. このシンポジウムの参加者はこの仲間の輪を広げて行くことを誓います。

もちろん、参加者は万雷の拍手で、この宣言文に賛同した。これは同シンポジウムの高揚を締めくくる感動的な終わり方であり、この瞬間、アジアの仲間の心が確かに一つになったように感じられた。

続き2002年2月21-22日に開催された。このシンポジウムの事務局運営は、NEDOの指示のもと、MRCが担当された。アジア各国からの10名の招待者は、厳密に言えばセミナーではなく、本シンポジ

## 8. あとがき

1997年4月より2002年3月まで実施された「遠隔離島小規模地熱の探査に関する研究協力」プロジ

エクトはNEDOチーム、インドネシアチーム、および産総研チームのそれぞれの努力で、多面的な成功を収めたように思われる。遠隔離島に適した探査手法を確立し、これをフローレス島中部で実践した。マタロコ地域はいまや、調査データの希薄なインドネシア東部においては、おそらく最も詳しく調査された地域の一つになったといえるだろう。これら探査の成果を検証するものとして、地熱調査井の噴気試験にも成功した。それは、非常に浅い坑井でも、相当量の乾燥蒸気が得られることを実証し、この地域に経済的な地熱開発を約束した。最終成果物の象徴であった地熱総合解析ソフトウェアiGEMSも完成した。しかし、本プロジェクトで得られた最大の財産は、インドネシアと日本の関係者間の固い友情であり、信頼関係であろう。私たちは、今後、アジアの地熱を研究して行くにしても、この貴重な財産を糧にしたいと考えている。

一方、マタロコ地域の人々は、日本の研究協力で蒸気噴出の威力をみたものの、いったい、いつ地熱発電が開始されるのだろうと思っているに違いない。地方電化計画はインドネシアの国策であるが、発電所建設を担当しているインドネシア電力公社(PLN)が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、インドネシアが独力でマタロコ地域に地熱発電所を建設することは、当面、非常に困難のように見える。本プロジェクトが真にマタロコ地域の人々やインドネシアの人々に感謝されるためには、出来ることならば、たとえ小型でも、我が国が地熱発電設備をつくるところ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。もし、京都メカニズムに積極的なヨーロッパ諸国がマタロコ地域に地熱発電所を建設してしまえば、感謝されるのはその国であり、私たち日本の貢献は簡単に忘れ去られてしまうであろう。

私たちプロジェクト参加者は本プロジェクトを最終的に完結させるために、我が国がマタロコ地域に地熱発電所を建設することを熱望している。事実、それを目指して、ある予算スキームに応募を試みたが、実に簡単に却下されてしまった。たとえ小型の設備でも、高額の予算を必要とするため、応募できる予算スキームはごく限られている。また、地熱発電所建設は研究として位置づけにくいいため、産総研が推進することはむづかしいという実情も

ある。しかし、この悲願が京都メカニズムに合致し、地球環境問題対策に合致するものであることは確かであり、様々な実現策を模索しているところである。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のである。

謝辞：遠隔離島地熱プロジェクトに献身的な努力を払われたインドネシア鉱物資源調査局、インドネシア火山地質防災局、NEDO、西枝、MRC、そして産総研の、全ての参加者に感謝する。査読していただいた高橋正明氏、安川香澄氏に謝意を表する。

#### 文 献

- Akasako, H., Matsuda, K., Tagomori, K., Koseki, T., Takahashi, H. and Dwipa, S. (2002) : Conceptual models for geothermal systems in Wolo Bobo, Nage and Mataloko fields, Bajawa area, central Flores, Indonesia. *Bull. Geol. Surv. Japan*, 53, 375-387.
- Komazawa, M., Matsukubo, K., Nasution, Z. and Sundhoro, H. (2002) : Gravity anomalies of the central Flores Island, Indonesia. *Bull. Geol. Surv. Japan*, 53, 231-238.
- Koseki, T., Takahashi, H., Shimoike, T. and Hiyane, K. (2002) : Development of Indonesia version Geothermal Expert Modeling System (iGEMS). *Bull. Geol. Surv. Japan*, 53, 399-408.
- 久保智司 (2002) : アジア地熱シンポジウム2001開催報告。地熱, 39, 122-126.
- Matsuda, K., Sriwana, T., Primulyana, S. and Futagoishi, M. (2002) : Chemical and isotopic studies of well discharge fluid of the Mataloko geothermal field, Flores, Indonesia. *Bull. Geol. Surv. Japan*, 53, 343-353.
- Muraoka, H. and Uchida, T., eds. (1999) : 1998 Interim Rept., Research Cooperation Project on the Exploration of Small-scale Geothermal Resources in the Eastern Part of Indonesia (ESSEI), *Geol. Surv. Japan, Interim Report no. GT/99/1*, 87p.
- Muraoka, H. and Uchida, T., eds. (2000) : 1999 Interim Rept., Research Cooperation Project on the Exploration of Small-scale Geothermal Resources in the Eastern Part of Indonesia (ESSEI), *Geol. Surv. Japan, Interim Report no. GT/00/2*, 76p.
- Muraoka, H. and Uchida, T. (2002) : Overview of the "Research Cooperation Project on the Exploration of Small-scale Geothermal Resources in the Eastern Part of Indonesia" by the Geological Survey of Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*, 53, 63-77.
- Muraoka, H., Nasution, A., Urai, M., Takahashi, M., Takashima, I., Simanjuntak, J., Sundhoro, H., Aswin, D., Nanlohy, F., Sitorus, K., Takahashi, H. and Koseki, T. (2002a) : Tectonic, volcanic and stratigraphic geology of the Bajawa geothermal field, central Flores, Indonesia. *Bull. Geol. Surv. Japan*, 53, 109-138.
- Muraoka, H., Nasution, A., Urai, M., Takahashi, M. and Takashima, I. (2002b) : Geochemistry of volcanic rocks in the Bajawa geothermal field, central Flores, Indonesia. *Bull. Geol. Surv. Japan*, 53, 147-159.
- Muraoka, H., Yasukawa, K., Urai, M., Takahashi, M., Nasution, A. and Takashima, I. (2002c) : 2001 fissure-forming eruption of Inie

- Lika volcano, central Flores, Indonesia. *Bull. Geol. Surv. Japan*, 53, 175-182.
- 村岡洋文・アズナヴィア ナスティオン・浦井 稔・高橋正明(1998) : インドネシア・日本による「遠隔離島小規模地熱の探査に関する研究協力」の開始. *地質ニュース*, no.521, 34-48.
- 村岡洋文・高田 亮・森下祐一・玉生志郎・栗田 敬編(1994) : 浅部マグマ溜りとその周辺現象の地球科学. *地質学論集*, 第43号. 日本地質学会, 177 p.
- Nasution, A., Muraoka, H., Rani, M., Takashima, I., Takahashi, M., Akasako, H., Matsuda, K. and Badrudin, M. (2002) : Geothermal prospects of Flores Island in Indonesia viewed from their volcanism and hot water geochemistry. *Bull. Geol. Surv. Japan*, 53, 87-97.
- Otake, M., Takahashi, H., Koseki, T. and Yoshiyama, H. (2002) : Geology, geochemistry and geochronology of the Bajawa area, central Flores, Indonesia. *Bull. Geol. Surv. Japan*, 53, 161-173.
- Sasada, M. (2002) : Preface. *Bull. Geol. Surv. Japan*, 53, 61-62.
- Sasada, M., Doi, N., Muffler, L.J.P. and Hedenquist, J.W., eds. (1998) : Deep Geothermal Systems Japanese National Project at Kakkonda. *Geothermics*, 27, 505-732.
- Sawaki, T. and Muraoka, H. (2002) : Fluid inclusion study on the wells MT-1 and MT-2 in the Mataloko geothermal system, Indonesia. *Bull. Geol. Surv. Japan*, 53, 337-341.
- 茂野 博・村岡洋文・石戸経士・金原啓司・玉生志郎・藤本光一郎・内田利弘編(2000) : 深部地熱資源に関する研究. *地質調査所報告*, 第284号, 358 p.
- Simanjuntak, J. and Yusup, M. (2002) : Grouting program in the Mataloko geothermal field. *Bull. Geol. Surv. Japan*, 53, 301-305.
- Sitorus, K., Sulistyohadi, F. and Simanjuntak, J. (2002) : Long term flow test of the MT-2 well, the Mataloko geothermal field, Ngada, Flores Island, Indonesia. *Bull. Geol. Surv. Japan*, 53, 389-397.
- Sueyoshi, Y., Matsuda, K., Shimoike, T., Koseki, T., Takahashi, H., Futagoishi, M., Sitorus, K. and Simanjuntak, J. (2002) : Exploratory well drilling and discharge test of wells MT-1 and MT-2 in the Mataloko geothermal field, Flores, Indonesia. *Bull. Geol. Surv. Japan*, 53, 307-321.
- Tagomori, K., Saito, H., Koseki, T., Takahashi, H., Dwipa, S. and Futagoishi, M. (2002) : Geology and hydrothermal alterations, and those correlations to physical properties obtained from gravity and resistivity measurements in the Mataloko geothermal field. *Bull. Geol. Surv. Japan*, 53, 365-374.
- 高橋正明・村岡洋文・浦井 稔・アズナヴィア ナスティオン(1998) : インドネシア東部高嶼地域の地熱系の予察調査. *地質ニュース*, no.521, 54-64.
- Takahashi, M., Urai, M., Yasukawa, K., Muraoka, H., Matsuda, K., Akasako, H., Koseki, T., Hisatani, K., Kusnadi, D., Sulaeman, B. and Nasution, A. (2002a) : Geochemical characteristics of hot spring water in Bajawa area, central Flores, Indonesia. *Bull. Geol. Surv. Japan*, 53, 183-199.
- Takahashi, M., Urai, M., Yasukawa, K., Muraoka, H., Matsuda, K., Akasako, H., Koseki, T., Hisatani, K., Kusnadi, D., Sulaeman, B., Sriwana, T. and Nasution, A. (2002b) : Hydrogen and oxygen isotopic compositions of subsurface water at Bajawa area, central Flores, Indonesia. *Bull. Geol. Surv. Japan*, 53, 201-209.
- Takashima, I., Nasution, A. and Muraoka, H. (2002) : Thermoluminescence dating of volcanic and altered rocks in the Bajawa geothermal area, central Flores Island, Indonesia. *Bull. Geol. Surv. Japan*, 53, 139-146.
- Uchida, T., Andan, A. and Ashari (2002a) : Interpretation of DC resistivity data in the Bajawa geothermal field, central Flores, Indonesia. *Bull. Geol. Surv. Japan*, 53, 253-263.
- Uchida, T., Lee, T.J., Honda, M., Ashari and Andan, A. (2002b) : 2-D and 3-D interpretation of magnetotelluric data in the Bajawa geothermal field, central Flores, Indonesia. *Bull. Geol. Surv. Japan*, 53, 265-283.
- 浦井 稔・村岡洋文・高橋正明・アズナヴィア ナスティオン(1998) : JERS-1衛星画像から見たインドネシア、スマタテンガラ・チムールの地熱有望地域. *地質ニュース*, no.521, 49-53.
- Urai, M., Muraoka, H. and Nasution, A. (2002) : Satellite remote sensing data and their interpretations for geothermal applications: A case study on the Ngada District, central Flores, Indonesia. *Bull. Geol. Surv. Japan*, 53, 99-108.
- Widodo, S., Nanlohy, F. and Sitorus, K. (2002) : Drilling activity and subsurface geology of the MTL-1 shallow well in the Mataloko geothermal area. *Bull. Geol. Surv. Japan*, 53, 295-300.
- Yasukawa, K., Andan, A., Kusuma, D.S., Uchida, T. and Kikuchi, T. (2002a) : Self-potential mapping of the Mataloko and Nage geothermal fields, central Flores, Indonesia for applications on reservoir modeling. *Bull. Geol. Surv. Japan*, 53, 285-294.
- Yasukawa, K., Kusdinar, E. and Muraoka, H. (2002b) : Reservoir response to a well test identified through a self-potential monitoring at the Mataloko geothermal field, central Flores, Indonesia. *Bull. Geol. Surv. Japan*, 53, 355-363.

---

MURAOKA Hirofumi (2002) : Looking back upon the five years of heart-leaping remote island geothermal project in Indonesia.

---

< 受付 : 2002年7月15日 >