

インドネシア共和国 地熱発電開発マスタープラン調査 プロジェクト形成調査報告書

平成 18 年 3 月
(2006 年)

独立行政法人 国際協力機構
経済開発部

経 済

J R

06-040

インドネシア共和国
地熱発電開発マスタープラン調査
プロジェクト形成調査報告書

平成 18 年 3 月
(2006 年)

独立行政法人 国際協力機構
経済開発部

目 次

第1章 プロジェクト形成調査の概要（小島）

1.1	調査の背景	1
1.2	調査の目的	2
1.3	調査団員構成	2
1.4	調査日程	3
1.5	対処方針	3
1.6	要請内容	5

第2章 調査結果と協議概要

2.1	団長所感（小島）	6
2.2	協議の概要（小島）	8
2.3	今後の課題（柴谷）	10
2.4	主要面談者	11
2.5	面談記録（各団員）	11

第3章 インドネシア共和国における地熱資源（村岡／阪口）

3.1	調査結果概要	28
3.2	今後の協力の方向性	34

第4章 インドネシア共和国における地熱資源による電源開発の現状と課題（湯本）

4.1	調査結果概要	48
4.2	今後の協力の方向性	56

第5章 本格調査への提言

5.1	本格調査の目的	58
5.2	本格調査の概要	58

添付資料

1.	要請書	69
2.	署名した協議議事録(M/M)	80
3.	入手資料	91

第1章 プロジェクト形成調査の概要

1.1 調査の背景

インドネシア共和国（以下、「イ国」と記す）は世界有数の火山国であり、2万 MW を超える発電が可能とされる豊富な地熱資源を有する。

イ国は 2003 年に石油の純輸入国に転じており、一次エネルギー源の分散を図る目的から地熱発電を促進するための施策を打ち出している。2003 年には「地熱エネルギー法」を制定し、地熱発電事業を国、地方、民間（Independent Power Producer : IPP）の参加により推進することとしている。

このためイ国エネルギー鉱物資源省（Ministry of Energy and Mineral Resources : MEMR）では、2020 年までに 600 万 kW の発電を目指した Road Map を作成し、新たに創設する予定の「地質総局」内に地熱開発担当課を設けるなど、地熱開発促進のための体制整備を行っている。

しかしながら、地熱開発政策を促進するための基礎となる、地熱ポテンシャル地点の資源量、電力需要等に基づき、かつ電源開発計画とも整合的な全国地熱発電開発計画（マスタープラン）は未だ策定されていないのが現状である。

こうした状況のもとに、2004 年に日本政府に対し、イ国政府より本件開発調査の要請がなされたものである。

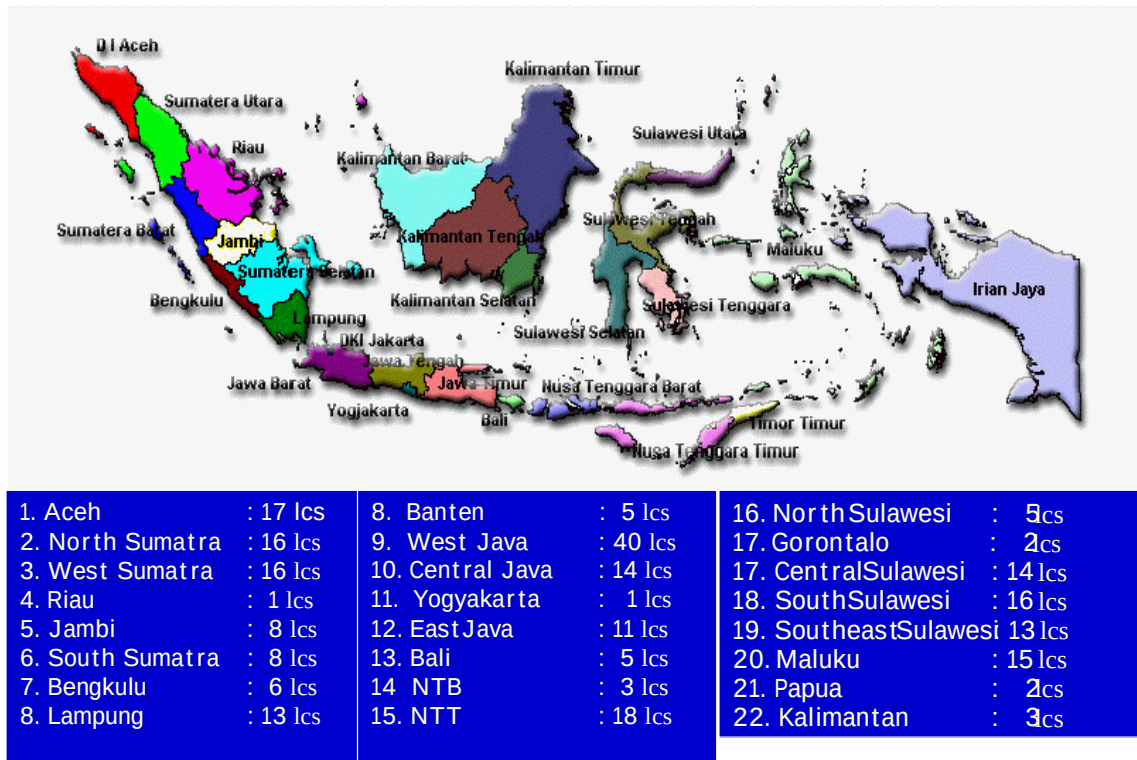


図1-1 Distribution of Geothermal Fields in Indonesia

* 国別事業実施計画等における位置づけ：

イ国協力の柱として「民間主導の経済成長のための環境整備」を掲げており、イ国の地熱資源開発は、国内発電の一次エネルギー源として利用されることにより、①近時価格の騰勢を強める原油消費量を減らし、②長期的にはベース電源として電力の安定供給に寄与することで、間接的にイ国の経済成長のための環境整備に貢献しようとする協力案件であり、独立行政法人国際協力機構（Japan International Cooperation Agency : JICA）の援助方針に合致する。

1.2 調査の目的

本調査の目的は、イ国地熱発電開発マスタープラン調査に係る要請背景および本格調査実施の妥当性を確認するとともに、現況調査等の必要な情報収集を行うとともに、現地関係機関と協議のうえ、本格調査のスコープ案を検討することである。

1.3 調査団員構成

(1) 総括/調査企画

コジマ ゲン
小島 元 JICA 経済開発部資源・省エネルギーチーム

(2) 技術協力行政

シバタニ マサヒロ
柴谷 昌宏 経済産業省貿易経済協力局資金協力課課長補佐

(3) 地熱開発計画

ムラオカ ヒロフミ
村岡 洋文 独立行政法人産業技術総合研究所地熱資源研究グループ長

(4) 地熱資源評価

サカグチ ケイイチ
阪口 圭一 独立行政法人産業技術総合研究所地熱資源研究グループ主任研究員

(5) 電源開発計画／環境社会配慮

ユモト ノボル
湯本 登 コンサルタント

1.4 調査日程

2005 年 9 月 27 日～10 月 7 日（村岡団員は 11 月 6 日まで継続調査）

日順	月 日	曜日	日 程		宿 泊
1	2005 年 9 月 27 日	火	11:25 成田発 (JL725)		Hotel Nikko Tel:21-230-1122
2	9 月 28 日	水	16:50 ジャカルタ着		Hotel Nikko
			08:45 在インドネシア日本大使館表敬		
			09:45 JICA 事務所打ち合わせ		
			13:20 国家開発計画庁 (Bappenas) 表敬		
			14:30 エネルギー・鉱物資源省 (MEMR) 電力エネルギー 利用総局 (Directorate General of Electricity and Energy Utilization : DGEEU)		
			16:30 電力公社 (PT Perusahaan Umum Listrik Negara: PLN) 協議		
			18:30 MEMR 地質・鉱物資源総局 (Directorate General of Geology and Mineral Resources : DGGMR)		
3	9 月 29 日	木	午前 バンドン移動		Hotel Savoy Tel:22-423-2244
			09:00 DGGMR 地質資源インベントリー局 (Directorate of Mineral Resource Inventory : DMRI) 協議		
			11:30 石油・天然ガス公社 (Pertamina) Kamojang 地熱 Working Area (発電所) 調査		
			16:50 Wayang Windu 地熱発電所		
4	9 月 30 日	金	08:10 DMRI 協議		Hotel Savoy
5	10 月 1 日	土	午前 ジャカルタ移動		Hotel Nikko
			午後 資料整理		
6	10 月 2 日	日	現地調査結果取りまとめ 協議議事録 (M/M) 案作成		Hotel Nikko
7	10 月 3 日	月	09:00 PLN 協議		Hotel Nikko
			11:00 DGGMR 協議		
			13:00 JBIC ジャカルタ駐在員事務所訪問		
8	10 月 4 日	火	11:00 環境省協議		Hotel Nikko
			16:30 DGGMR、DGEEU、PLN wrap-up 協議		
9	10 月 5 日	水	09:00 M/M 署名		Hotel Nikko
			午後 帰国報告書作成 (柴谷団員)		
			22:35 ジャカルタ発 (JL726)		
10	10 月 6 日	木	08:30 JICA 事務所報告	(柴谷団員)	(Hotel Nikko)
			22:35 ジャカルタ発 (JL726)	07:55 成田着	
11	10 月 7 日	金	07:55 成田着		

1.5 対処方針

以下の項目に関して情報収集および分析を行い、本件の取り扱いを含む今後の方向性等についてカウンターパートと協議を行う。これにより、開発調査の必要性および実施可能性が確認された場合には、本格調査のスコープ案をまとめ、先方と協議議事録 (Minutes of Meeting : M/M) を締結することとする。

(1) 要請の背景・内容に係る事項

本件要請の骨子は図 1-2 のとおりである。要請内容に関して、質問票、インタビュー、現地踏査により調査を行う。

(2) 本格調査のスコープ案

図1-2のとおり、先方要請は「マスタープラン(M/P)」(2年間)と「資源フィージビリティ調査(F/S)」(3年間)の2つの調査工程に分かれている。このうち、M/P部分については、有望ポテンシャル地域の開発優先順位づけを伴う最適開発計画の策定であり、2003年に制定された地熱エネルギー法を補完することが期待される優良な協力案件である。

一方、資源F/S部分は多額の費用とリスクを伴う「調査井掘削」を含んでいる。F/S部分については資金協力の動向、連携の可能性も視野に入れつつ、委託費開発調査における調査用資機材の取り扱い、掘削に係るJICAの費用負担のあり方についてなお検討を要する。

本格調査のスコープ案として、M/P部分のみとし、F/S部分の実施については別途要請に基づき再検討したい方針であること、また、クリーン開発メカニズム(Clean Development Mechanism : CDM)事業化検討については迅速な調査が期待されることから、M/P部分の調査期間は1年間程度とすることが望ましいことを先方に提案し、理解を得る。

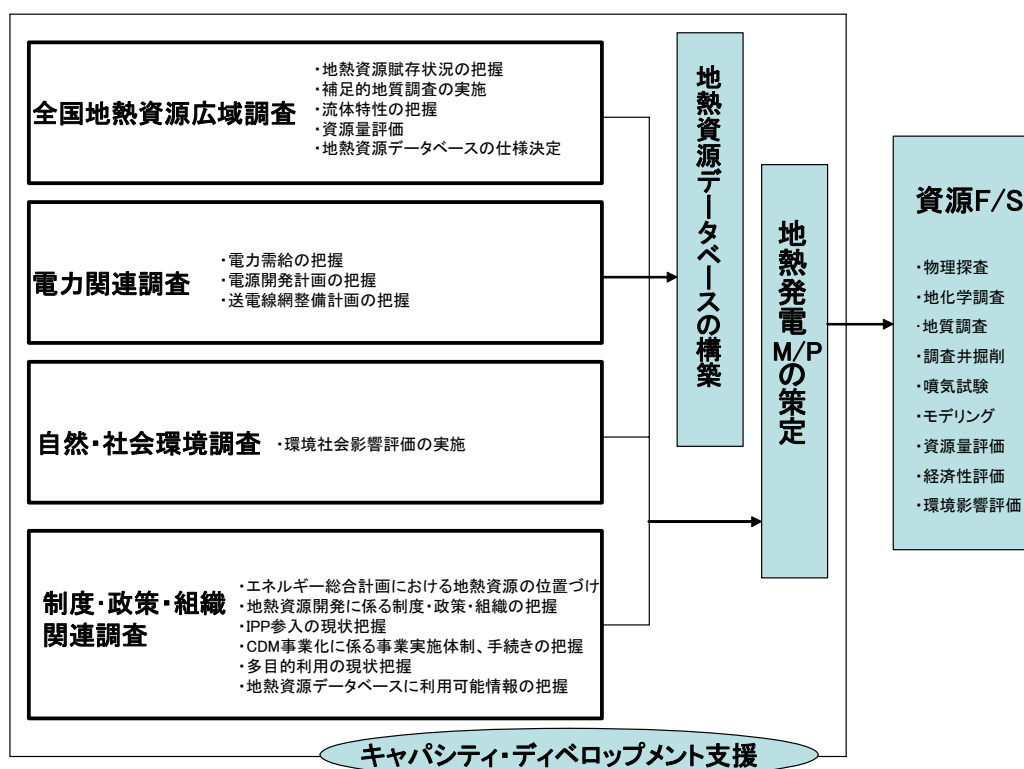


図1-2 インドネシア国地熱発電マスタープラン調査内容

(3) 補足的地質調査実施地域の選定、調査工程、地熱資源データベース仕様の確認

イ国全土で251地域、うち約70地域が有望な地熱資源地域とされている。先方ニーズに照らして、補足的地質調査対象地域の絞り込み、標準的な調査工程、必要とされる地熱資源データベースの仕様等について確認する。

(4) 環境社会配慮

本件は環境社会配慮ガイドライン上「B」分類であり、環境社会配慮に係るイ国の法令に基づく必要な手続き等に関する調査を実施することとする。

(5) カウンターパート機関

各関連機関の役割等について情報収集を行い、開発調査実施について、ステアリング・コミッティの構成、カウンターパート機関としての適性、受け入れ体制を確認する。

(6) 調査資機材

本件調査ではパソコンあるいはコピー機、FAX等の事務機器を含む調査資機材の購入は行わないことを先方に説明し、理解を得る。

補足的地質調査に必要とされる分析機器等に関し、カウンターパート関連機関等での保有状況について調査を行う。

(7) 現地再委託

本件調査では、例えば地熱資源データベースの構築に関し、データ入力等の作業を必要に応じて現地再委託により実施することが想定される。再委託可能な調査項目を洗い出し、発注可能な業者について連絡先や発注単価等を調査する。

(8) 便宜供与事項、安全管理体制の確保

本件調査対象地域はイ国全土において有望な地熱ポテンシャルを有する 70 地域である。本格調査時は地熱開発行政を所掌するエネルギー鉱物資源省地質鉱物資源総局の鉱物資源インベントリー局が所在するバンドン市に調査サイトを構えることを想定しており、調査団オフィスの提供等の便宜供与事項について確認することとする。

また現在、外務省よりイ国のほぼ全土に危険情報が発出されており、一部地域については「渡航是非の検討」「渡航延期」が推奨されていることから、調査地域の選定、調査の実施に当たっては現地日本大使館、先方関連機関等に対し、安全情報の提供、連絡体制の構築等について便宜供与を依頼する。

(9) イ国側の M/M 署名者

イ国側の M/M 署名者は、カウンターパートであるエネルギー鉱物資源省地質鉱物資源総局の総局長秘書官をサイナーとして予定している。

1.6 要請内容

イ国政府より日本政府に対し、2004 年 8 月に出された本件に係る要請書は添付資料 1 のとおりである。

第2章 調査結果と協議概要

2.1 団長所感

(1) 全般

本調査の目的は現地関係機関との協議、現況調査等の必要な情報収集を実施のうえ、①本件要請内容を確認し、②本格調査のスコープ案を検討することであった。

調査により、これらの目的がほぼ達成されたため、協議議事録(M/M、添付資料のとおり)を取りまとめ、10月5日にエネルギー鉱物資源省(MEMR)地質鉱物資源総局(DGGMR)総局長秘書官 Sukhyar 氏、MEMR 電力エネルギー利用総局(DGEEU)電力供給プログラム局次長 Zulfanitra 氏、電力公社(PLN)発電・燃料部長 Ibrahim 氏をサイナー相手方、国家開発計画庁(Bappenas)局長の Hardjakoesoema 氏をウィットネスとして M/M の署名交換を行った。

(2) イ国における地熱資源

イ国における地熱発電可能な高温地熱資源の分布地域数は、500 地域に上るとも言われ、イ国政府が資源ポテンシャルを認める 252 地域の総発電資源量は 27,357.5MWe と見積もられており、世界最大の地熱資源を有している。

(3) イ国エネルギー政策における地熱資源開発

イ国は 2003 年より石油の純輸入国に転じており、2004 年央からの原油価格高騰の影響を受けて、イ国政府は 2005 年 10 月 1 日より石油燃料の価格を改定し、平均で 126%となる値上げを実施した。政府は主要な一次エネルギー源である石油への依存を減らすため、2003 年に地熱法(法 27 号/2003)を制定した。政策面では、「国家エネルギー計画」において 2025 年時点での地熱発電開発の目標を現状の 807MWe から 9,500MWe (一次エネルギー源の 5%) にまで引き上げることとしている。さらに、地熱を含む再生可能エネルギー開発を促進するエネルギー法案を来期国会に提出する予定としており、地熱資源開発の機運が高まっている。

しかしながら、下流部分の電気事業サイドから見ると地熱発電は石炭火力と比較して割高であり、かつ開発リスクの高い電源と評価されている。地熱法では、上流部分の地熱開発における政府の権限を、関連法規の整備、政策立案、開発許認可の発行、事業の監督とともに情報の管理、特に地熱資源のインベントリー作成と規定している(法第 5 条)。

地熱法のもとで、地熱開発を促進するために政府と民間事業者の役割分担を明確にし、地熱発電事業の流れを整理したスキームを用意している(図 2-1 参照)。政府は上流部分における基礎調査によるデータ提供、「地熱開発区域(WA)」入札の実施、開発免許の発行、下流部分における電力需給評価、電源開発計画、発電仮免許の発行という役割を分担し、開発事業者は入札応募から探査、F/S を経て発電所建設に至る事業プロセスを明示している。

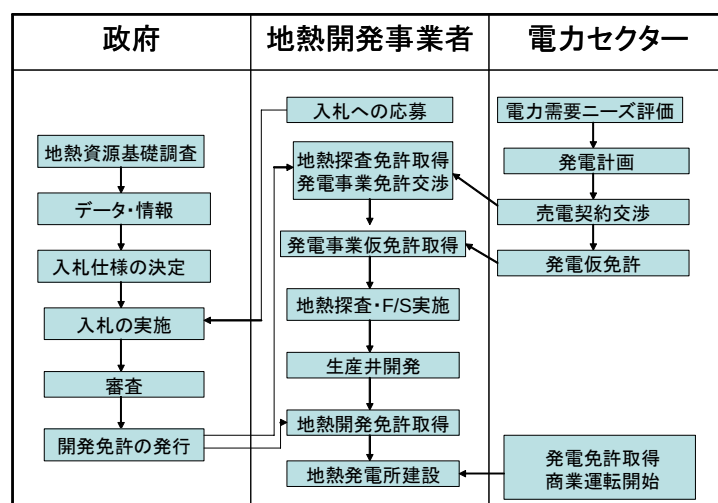


図 2 - 1 地熱法に基づく地熱発電開発の仕組み

(4) 本開発調査の意義

プロジェクト形成調査団は、上述のイ国政府が地熱法のもとで推進する地熱開発政策をさらに後押しするうえで、①地熱資源に関する系統的な調査の実施を支援すること、②情報基盤を整備し、民間事業者、投資家に対する資源情報の開示を促進すること、が有効であると判断している。

そのため本件開発調査では、①既存データ、情報の収集、②有望地域の選定と補足調査の実施、地熱資源データの整備、③「地熱開発データベース」の構築、④電源開発計画とも整合する開発地域の優先順位づけの基準および優先順位を示すマスタープランおよびアクションプランの策定、⑤共同作業の中でのカウンターパートに対するキャパシティ・ディベロップメント支援、を主な内容とすることで先方と合意した。

地熱資源開発において豊富な経験を有するわが国の先進的な技術を活用した本マスタープラン調査の実施により、イ国地熱法が意図する目的の実現に寄与することは重要な意義を有するものであり、時宜にかなったものと思量する。

(5) その他

合意したスコープ案からは切り離れたが、オリジナルの要請において含まれていた有望地域に対する資源 F/S の実施に関し、協議において先方からたびたび言及があり、強い希望が看取された。マスタープランで絞り込まれた地域に対して、生産井開発に向けたより確度の高いデータを入手するための調査は、本マスタープラン調査の目的にも合致するものであり、かつ資金協力事業との連携も期待されるものなので、別途要請してほしい旨を伝えて理解を得た。

新規要請があった場合は、多額の費用を要する「調査井掘削」に係る JICA のコスト負担のあり方などについて考え方を整理する必要がある。

2.2 協議の概要

本格調査の概要を中心として先方との協議結果を以下に報告する。

(1) 要請の内容に係る事項

先方からのオリジナルの要請は「マスタープラン(M/P)」(2年間)と「資源 F/S」(3年間)の2つの調査工程からなり、両者を一体として実施することを求める内容であったが、対処方針どおり、今回は M/P 部分のみを 18 ヶ月間で実施することで先方の理解を得られた。

要請の背景に関し、事前に質問票を用意し送付しておいた事項について、入手した回答、資料に基づき専門団員が国内で分析、評価を行う。

(2) 本格調査の概要

総括協議の結果、本格調査の概要 (M/M、Appendix 1 のとおり) について合意した。

1) 調査名

インドネシア共和国地熱発電開発マスタープラン調査

2) 調査目的

- ①イ国に基づく地熱発電開発事業を支援するため、開発地域の優先順位づけ等を含むマスタープランおよびアクションプランの策定
- ②資源評価、経済性評価、最適電源計画等のための地熱開発データベースの開発
- ③イ国地熱開発関係者のキャパシティ・ディベロップメント支援

3) 調査対象地域

有望な地熱地域 (M/M、Appendix 2 のとおり)。このうち 15～20 地域をステアリング・コミッティにて選定し、補足的地質調査等を実施)

4) 調査スコープ案

本格調査は以下の4つの部分により構成することを合意した (M/M、Appendix 2 のとおり)。

- ①データ／情報の収集
- ②全国地熱資源調査
- ③自然・社会環境調査
- ④マスタープラン策定

5) カウンターパート機関

エネルギー鉱物資源省 (MEMR) 地質鉱物資源総局 (DGGMR) が事務局となり、DGGMR、電力エネルギー利用総局 (DGEEU)、電力公社 (PLN)、国家開発計画庁 (BAPPENAS) および石油・天然ガス公社 (PERTAMINA) のメンバーによりステアリング・コミッティが構成される予定 (M/M、Appendix 3 のとおり)。

6) 調査期間

18 ヲ月間 (M/M、Appendix 4 のとおり)。

7) 調査団員 TOR 案

以下の 9 名とすることで合意した。

- ①総括/資源評価
- ②地質 A
- ③地質 B
- ④地化学調査
- ⑤物理探査
- ⑥資源データベース/経済性評価
- ⑦地熱開発政策
- ⑧電源開発計画
- ⑨環境影響評価／CDM 事業化

8) 調査の成果

本調査により期待される成果は以下のとおり。

- ①地熱発電開発のためのマスタープランとアクションプラン
- ②「地熱資源データベース」、「地熱開発データベース」
- ③共同作業 (OJT) を通じたカウンターパートのキャパシティ・ディベロップメント支援

(3) 調査資機材

本件調査ではパソコンあるいはコピー機、FAX 等の事務機器を含む調査資機材の購入は行わないことを先方に説明し、理解を得た。

補足的地質調査等に関連し、DGGMR が保有する資機材リストの提出を依頼した (村岡団員がフォローの予定)。

(4) 現地再委託

本格調査では補足的地質調査等の結果に基づき、①有望地熱地域のさらなる絞り込みのための物理探査 (1 ~ 2 地域、MT 法および TDEM 法)、②イ国法令に基づく初期環境調査 (IEE)、を必要に応じて現地再委託により実施することを予定しており、発注可能な業者について連絡先や発注単価等を調査した。

(5) 便宜供与事項

本格調査時はバンドン市に所在するエネルギー鉱物資源省 (MEMR) 地質資源総局 (DGGMR) 鉱物資源インベントリー局 (DMRI) 地熱部門の庁舎内の電話、インターネットアクセスを有する一室が提供されることを確認した。また当方より、共同で実施する現場調査のための車両を用意するよう申し入れたところ、バンドン近郊の調査に関し、燃料代を JICA 負担とすることで可能な範囲で対応したい旨の言質を得た。

レポート提出時に実施予定のワークショップに関し、資料作成費、会場借り上げ費等の諸経費を JICA 負担とすることを合意した。

2.3 今後の課題

(1) 本格調査に向けて

以下の点について、本格調査における留意点として、挙げておきたい。

1) 調査体制について (PERTAMINA のインボルブ)

現在、実質的に地熱開発を行っている者は PERTAMINA であるものの、PERTAMINA 所有サイトに係るデータをエネルギー・鉱物資源省地質・鉱物資源総局が所有していないこと、および地熱開発を公的資金で実施する場合は PERTAMINA のサイトになる可能性が高いこと（地熱法によれば、政府が所有しているサイトについては、コンセッションにより、民間企業が開発することになっていることから、基本的に円借款が供与可能なサイトとしては PERTAMINA が所有しているものとなる）から、PERTAMINA を本調査にきちんと巻き込んでいく必要がある。また、それに先駆け、エネルギー・鉱物資源省石油ガス総局とも説明をしておく必要があると思うが、今回の調査では、石油ガス総局および PERTAMINA との接触が全くなかったため、可能であれば、本格調査開始前に、現地事務所を通じた接触等の機会を早期にもつ必要がある。

2) 調査の実施

民間投資家が必要とする情報を本調査で網羅する必要があることから、民間投資家（日本企業の意見は不可欠）を十分に聴取することが求められる。

3) 新地熱法に基づく民間活用のための法執行支援

新地熱法に基づくコンセッションによる地熱開発を本 M/P は支援する側面をもつことから、コンセッションがスムーズに進むような、新地熱法の執行支援についても検討していくことが必要。情報提供のみが地熱開発を進めるものではなく、法的な裏づけや確実な執行を確保することが必要である。

4) CDM クレジットのための支援

CDM クレジットの確保において、まずは PDD (Project Design Document) の作成が重要であることから、PDD 作成のための技術移転を本 M/P の実施を通じて行っていくことが、個別プロジェクトを進捗させるためには非常に重要である。

(2) M/P 終了後のステップとしての資源 F/S に向けて

1) 地域の選定

政府が所有するサイトのみをデータの対象とするのではなく、PERTAMINA の所有するサイトのうち有望なものについても対象とし、最終的に選定された地域にも残すことが必要であろう。

2) F/S の要請

M/P 終了後に、地熱による電源開発を促進のため、調査団はエネルギー・鉱物資源省、PLN および PERTAMINA との調整を十分行っただうえで、国家開発計画庁を通じ資源 F/S に係る要請が行われるよう留意する必要がある。

2.4 主要面談者

(1) 在インドネシア日本大使館

桐部二等書記官

(2) JICA インドネシア事務所

戸塚次長、竹内所員

(3) 国家開発計画庁 (BAPPENAS)

Hardjakoesoema 局長

(4) エネルギー鉱物資源省 (MEMR) 地質鉱物資源総局 (DGGMR)

Sukhyar 総局長秘書官、Sjafra 鉱物資源インベントリー局 (DMRI) 地熱部門長

(5) エネルギー鉱物資源省 (MEMR) 電力エネルギー利用総局 (DGEEU)

Zulfanitra 電力供給プログラム局次長、永井 JICA 専門家

(6) 電力公社 (PLN)

Isworo 財務部長、Agus 燃料部次長、Panjaitan 送配電部門課長、Ciptomulyono 燃料部課長

(7) 環境省 (Ministry of Environment : MOE)

Mulyanto 気候変動部門長

(8) 国際協力銀行 (Japan Bank for International Cooperation : JBIC)

林谷ジャカルタ駐在員

藤川開発セクター部調査役

2.5 面談記録

(1) 在インドネシア日本国大使館

日 時 : 2005 年 9 月 28 日 (水) 08 : 45 - 09 : 15

場 所 : 在インドネシア日本国大使館会議室

参加者 : 桐部二等書記官

調査団全員

双方自己紹介の後、調査団より本プロジェクト形成基礎調査の目的、団員構成、調査日程等について説明した。その際、当方より強調した点は以下のとおり。

- ・マスタープラン調査と資源可能性調査の 2 件に分け、今回はマスタープラン調査の形成調査に専念。
- ・掘削を伴う資源可能性調査を入れると、迅速な開始が難しく、予算が大きく、的中リス

クを伴い、機材供与の整理が必要なため、時間が必要。

- ・マスタープラン調査はデータベースの作成とそのランクづけが中心。70 提案地域のうち、20 地域を 1 ～1.5 年で行う。
- ・DGGMR、DGEEU、PLN がカウンターパートで、DGGMR 秘書官の Dr. Raden Sukhyar がイ国代表。PERTAMINA は利害相反があるため、マスタープラン調査には入れない。
- ・この間の団員の安全に配慮をお願いする。

これに対する先方の質問は以下のとおり。

- ・最終的にデータベースが必要なのは DGEEU ではないか。
- ・ジャワ・バリ中心のこれまでの調査と重ならないか。

これに対する当方の回答は以下のとおり。

- ・その可能性はある。しかし、基礎データは DGGMR がもっているため、ここを中心に作成。
- ・これまで地熱発電開発は西ジャワ中心であったが、より全国的展開のニーズがある。

(2) JICA インドネシア事務所

日 時：2005 年 9 月 28 日（水）09：45－10：50

場 所：JICA インドネシア事務所会議室

参加者：戸塚次長、竹内所員、永井 JICA 専門家（DGEEU）
調査団全員

自己紹介・プロジェクト形成基礎調査の基本説明は（1）に同じ。そのほかに、当方より強調した点はサイナーに DGEEU が入る可能性など。

これに対する先方の質問は以下のとおり。

- ・JBIC と話しているか。
- ・サイナーに BAPPENAS を入れる可能性はあるか。
- ・CDM はどう位置づけるか。
- ・資源可能性調査スタートのタイミングは。
- ・地域選定は委員会で行うのか。

これに対する当方の回答は以下のとおり。

- ・JBIC は 2005 年度イ国で、地熱案件 3 件を出しており、関心が高いことを承知。
- ・サイナーに少なくとも DGGMR は必須、次いで DGEEU、PLN、BAPPENAS は意思や相互関係から判断。
- ・CDM はプロジェクトの発展形として当然考慮。
- ・地域選定は迅速実施のため、JICA 経済開発部で判断（協議の結果、ステアリング・コミッティにて決定することとする）。

(3) 国家開発計画庁 (BAPPENAS)

日 時：2005 年 9 月 28 日 (水) 13：20－14：20

場 所：BAPPENAS エネルギー・通信・情報局長室

参加者：Gumilang Hardjakoesoema エネルギー・通信・情報局長、他
永井 JICA 専門家 (DGEEU)、調査団全員

自己紹介・プロジェクト形成基礎調査の基本説明は (1) に同じ。

これに対する先方の説明は以下のとおり。

- ・地熱発電は地方電化をはじめ、非常に有望。しかし、ポテンシャルに比べて、現開発量は小さい。コスト低減が鍵。
- ・コスト低減の一つの方法が CDM。石油の 37%以上が補助金であり、10 月 1 日には 50～60%値上がりする。これらのエネルギーコストが減少しない中で、地熱発電のコストは徐々に減少している。
- ・本プロジェクトの鍵は、DGGMR、DGEEU、PERTAMINA 等々、主要地熱関係機関に情報が行き渡ること。
- ・地熱発電は地域ごとに蒸気コスト（したがって、売電コスト）がアンバランスになりやすいが、これを極力一定化する努力が必要。

また、先方の質問は以下のとおり。

- ・なぜ、マスタープラン調査に掘削を入れないのか。何がその障害なのか。最も重要なことは、蒸気コストを決めること。それには、“多分”ばかりの資源評価でなく、掘削の必要性は自明。

これに対する当方の回答は以下のとおり。

- ・主張の趣旨は理解できるが、迅速にマスタープラン調査を開始するためには、議論の多い掘削を外す方が効率的であり、掘削については否定しているわけではなく、資源可能性調査で採り上げる。

(4) エネルギー鉱物資源省電力エネルギー利用総局 (DGEEU)

日 時：2005 年 9 月 28 日 (水) 14：30－15：30

場 所：電力エネルギー利用総局会議室

参加者：Satya Zulfanitra 電力供給計画課長、他
永井 JICA 専門家 (DGEEU)、調査団全員

自己紹介・プロジェクト形成基礎調査の基本説明は (1) に同じ。これに対する先方の意見は以下のとおり。

- ・マスタープラン調査のデータベースに関して、基礎データはすでにバンドンにあるので、データの分析・解析により重点を置くべき。
- ・我々の仕事は需要がどこにあるかを調べることにある。特に、地熱はリモート地域にある

ため、それが重要。

- ・ジャワはかなり開発されているので、需要の大きいスマトラが今後の課題。

次いで、事前送付の質問状について、湯本団員が確認したところ、先方のコメントは以下のとおり。

- ・最も優先すべきは再生可能エネルギーであり、エネルギー法草稿を 2005 年度完成させ、次年度国会で審議予定。
- ・地方電化に再生可能エネルギーを利用する場合、5～10%のコストを政府が援助。
- ・地熱はガスなどの火力に比べてややコスト高であるが、出力が安定している。ただし、掘削探査にはギャンブル的要素がある。
- ・地方電化への再生可能エネルギー利用を除き、原則として政府が地熱に補助金を与えることはないが、クロス補助ならあり得る。
- ・電力グリッドのあるジャワやバリの開発優先度が高いということではなく、公平である。地熱法により、遠隔のリスクは政府が負う。IPP も開放している。
- ・電力需要予測・各種発電コストについてはデータをもっており、すべてのデータを永井専門家経由で、調査団に提供する。

サイナーの打診に対する先方の回答は以下のとおり。

- ・本プロジェクトの趣旨に賛同することから、喜んで調印に応じる。

（５）電力公社（PLN）

日 時：2005 年 9 月 28 日（水）16：30－17：30

場 所：電力公社会議室

参加者：F. Parno Isworo 財政部長、Tonny Agus Mulyantono 基盤エネルギー副部長

永井 JICA 専門家（DGEEU）、調査団全員

自己紹介・プロジェクト形成基礎調査の基本説明は（１）に同じ。これに対する先方の意見は以下のとおり。

- ・古い法では地熱発電開発の上流側は PERTAMINA のみであったが、新しい地熱法により、PLN も開発可能となった。現在、PLN は Tulehu（Ambon Island）と Ulumbu（Flores Island）を開発中。
- ・IPP は Bambang Hermawanto 副部長、FS は Satoso Gito Susastro 副部長、JBIC やその他の拡張計画は Tonny Agus Mulyantono 副部長の担当。
- ・質問状については Bambang Hermawanto 副部長が準備中。例えば発電コストは 2 セント／kWh。質問状には調査団が帰国するまでに、Bambang Hermawanto 副部長が答える。
- ・National General Electricity Plan（NEP）はインドネシア語で RUPTL と呼ばれ、地域ごとに最適エネルギーを適用（Bambang Hermawanto 副部長担当）。

サイナーの打診に対する先方の回答は以下のとおり。

- ・本プロジェクトの趣旨に賛同することから、Herman Daniel Ibrahim 部長が喜んで調印に応じる。

(6) エネルギー鉱物資源省 (MEMR) 地質鉱物資源総局 (DGGMR)

日 時：2005 年 9 月 28 日 (水) 18：30－19：30

場 所：地質鉱物資源総局会議室

参加者：Raden Sukhyar 秘書官、Mr.Agung

永井 JICA 専門家 (DGEEU)、調査団全員

まず、当方のアレンジの要請が十分伝わっていないことから、スケジュールを確認する。

- ・ 9 月 29 日 (木) の Wayan Windu と Kamojang 訪問のスケジュールを確認。
- ・ 10 月 4 日 (火) のイ国側 3 パーティーによる wrap-up 協議のアレンジの確認。
- ・ 質問状への回答については、即時の回答が困難のため、後日とする。

自己紹介・プロジェクト形成基礎調査の基本説明は (1) に同じ。これに対する先方の意見は以下のとおり。

- ・ マスタープラン調査と資源可能性調査の 2 件に分けることについては、基本的に賛成。
- ・ マスタープラン調査の期間については、過去の類似の経験からみて、1.5 年が必要。
- ・ 70 調査候補地からの地域の絞り込みについては、PERTAMINA と PLN が関与している 18 地域と完全に政府に利権が移った 13 地域のリストを参考にしてほしい。前者はまだ電力コストが確定していない。後者はいずれも IPP を想定しているが、IRR (Implementing Rule of Regulation) を待っているため、まだ、IPP としてオープンしていない。
- ・ データベースのデータセットについては、基本的に提供するが、ハードコピーから電子化すべきものが含まれる。
- ・ 地熱を含めて、すべての地質資源は、大統領令により、その利益を地方政府に提供しなければならない。
- ・ イ国側コンサルタントのリストについては、DMRI が答える予定。

サイナーの打診に対する先方の回答は以下のとおり。

- ・ 本プロジェクトの要請者であることから、当然ながら喜んで調印に応じる。

(7) Kamojang および Wayang Windu 地熱発電所現地調査

日 時：9 月 29 日 (木) 09：00－20：30

場 所：Directorate of Mineral Resources Inventory, Kamojang 地熱発電所および Wayang Windu 地熱発電所

参加者：調査団全員

調査概要：Dr. Sjafra Dwipa, Head of Geothermal Division と現地調査および 30 日の会議スケジュールを協議後、Geothermal Division スタッフの案内で現地調査を実施。

1) Kamojang 地熱発電所調査 (11：30－14：00)

Kamojang 地熱発電所は、PERTAMINA が蒸気を供給し、PLN の発電会社である PT インドネシア発電会社が発電を行っている。Kamojang 地域の地熱資源賦存量は 300MW と推定されており、現在 140MW (1～3 号機合計) の発電能力を有している。2007 年には 4 号機(60MW)

を増設することにしており、さらに5号機増設のための生産井の掘削を行っている。

開発の歴史は古く、1号～5号井戸は1926～1928年にオランダにより掘削された。このうちの1本の井戸は現在も噴気している。その後、1971年からニュージーランドにより10本の井戸が掘削され、1978年に0.25MWのパイロットプラントが運転開始した。1983年に第1号機（30MW）が、1988年に第2、第3号機（各55MW）がそれぞれ運転開始した。

Kamojang 地熱発電所の地熱開発地域は現在21 km²で、生産井が33本、還元井が5本ある。生産井の深さは最も深いもので2,400m、蒸気条件は温度が230～245℃、圧力が30～45bar、熱水分は1%以下と非常に良好な蒸気条件である。



生産井



還元井（緑色の井戸）



発電所冷却塔およびセパレーター（手前の塀が発電会社との境界）



4号機（増設）用の生産井



1928年に掘削した井戸（現在も噴気）



天然の温泉池

2) Wayang Windu 地熱発電所（16：50－18：30）

Wayang Windu 地熱発電所は、100%インドネシア資本の PT Star Energy Investment 社の子会社の Maguma Nusantara Limited 社が PERTAMINA との 30 年間の BOT 契約に基づき運転している。現在、110MW の世界最大の地熱蒸気タービン発電機（富士電機製）で発電しており、今後 110MW の発電機 1 台の増設を予定（PLN と売電契約交渉中）している。増設計画については CDM プロジェクトとしての実施を検討中である。

地熱開発地域の面積は 14.4 km²で、12 本の生産井と 5 本の還元井（現在使用中の還元井は 2 本）で運転している。現在までに掘削した井戸は 31 本（6 本は非商業生産用の井戸、3 本は放棄、5 本はスライム問題が発生）である。井戸の深さは 1,300～2,500m、蒸気温度 182.5℃である。

蒸気は 3 本のセパレーターで水分を分離したあと、スクラバーで CO₂ を除去（70kg CO₂/MWh）している。発電所の運転状況は非常に良好であり、利用率は 2000 年 5 月の運転開始以来、掘削問題が生じた 2003 年（92%）を除き、95%以上である。セパレーターおよび冷却塔排水はすべて還元井で地下還元している。

同発電所は、PERTAMINA が 1985 年に地質調査を開始し、1991 年に最初の調査井を掘削した。1996 年に PLN と 220MW の売電契約を結び、1997 年から発電所建設を開始し 2000 年 5 月に運転開始した。2001 年にユノカル社が 50%の資本参加したが、2004 年 11 月に PT Star Energy 社が買収した。

発電所は茶畑の中に立地しており、周囲には製茶工場がある。石油価格の上昇に伴い、製茶工場が紅茶乾燥用に地熱蒸気の利用することについて同社と議論をしているが、同社は蒸気を製茶工場に供給することには積極的でない。同社は地元の雇用促進、教育支援、所得増大プログラムの実施等地元コミュニティ対策を実施している。



CO₂ 分離装置



世界最大の 110MW 地熱蒸気タービン発電機



茶畑の中を走る蒸気パイプライン



発電所冷却塔(凝縮水の 75%は大気中に放出)

(8) 地質資源イベントリー局 (DMRI)

日 時：2005 年 9 月 30 日 (金) 08：10－16：00

場 所：DMRI 会議室

参加者：Simon F. Sembiring 局長 (最初の表敬のみ)、Sjafra Dwipa 地熱部長、Kasbani、Rina、調査団全員

局長室にて局長に表敬訪問の後、DMRI 会議室にて自己紹介・プロジェクト形成基礎調査の基本説明。その内容は (1) に同じ。そのほかの要請または確認は以下のとおり。

- ・村岡団員にオフィスを提供してほしい。また、野外調査のアテンドをお願いしたい。
- ・マスタープラン調査が始まった際には、JICA 選定の日本側コンサルタントにオフィスを提供してほしい。
- ・マスタープラン調査が始まった際には、日本側の調査項目ごとの団員に対応するカウンターパートの体制を準備してほしい。

これに対する先方の回答は以下のとおり。

- ・村岡団員のオフィスは了解。野外調査のアテンドも了解するが、スマトラについては PERTAMINA のアテンドも必要であり、これを準備中。

- ・マスタープラン調査時の日本側調査団のオフィスも了解。
- ・カウンターパートの体制も了解。

そのほか、先方のマスタープラン調査に関する説明は以下のとおり。

- ・地熱発電ロードマップの 2025 年目標値は 9,500MWe である。地熱資源量には坑井などで検証されていない資源量（Resource）と坑井などで検証されている確認資源量（Reserve）とがある。現在、資源量は 27,357MWe であり、確認資源量は 2,225MWe である。
- ・PERTAMINA が現在開発利権をもつ地熱地域は 15 地域であり、うち、7 地域は発電しており、残りの 8 地域は未発電である。後者は 2008 年までに発電できなければ、政府に返還される。
- ・2000 年に、PERTAMINA が政府に返還した地熱地域は 18 地域である。
- ・我々はイ国東部のフローレス島・アンボン島など、地方電化計画の対象地域に地熱発電を導入する願望をもっている。

なお、質問状に対しては、分厚い回答状が準備されていた。

（９）PLN（送配電部門）協議

日 時：2005 年 10 月 3 日（月）09：00－09：30

場 所：PLN 会議室

参加者：Mr. Monstar Panjaitan, Manager Perencanaan Luar Jawa
調査団全員、永井 JICA 専門家

調査団より本プロジェクト形成基礎調査の目的および PLN に対する質問事項を説明した。これに対して PLN から以下の説明があった。

- ・電源開発計画、電力需要予測、送電網整備計画については、毎年度 MENR が RUKN（国家電力総合計画）を作成し、これに基づいて PLN が RUPTN（電力開発計画）を作成し、MENR の承認を受けることになっている。現在、2006～2015 年の 10 ヶ年計画について MENR に提出し、承認を待っている段階である。RUPTN は、要約、ジャワ地域、ジャワ地域以外の 3 部で構成されている。2005 年の RUPTN はまだ MENR の承認を受けていない非公式な段階のものであるので、調査団に提供できるかどうか上司の承認を受ける必要がある。
- ・発電原価のベンチマークとしては、4.1～5.0 セント/kWh 程度である。地熱発電は政府の優遇措置があるのでこれよりも高くても開発は可能であろう。地熱発電よりも石炭火力の方が安価である。
- ・地熱開発については、蒸気井の開発費用により発電原価が大きく異なるため、地熱資源探査データを政府が整備すべきである。現状では、電力投資家の立場から見るとコンバインドサイクル発電所の方がリスクは少ない。
- ・プルタミナは地熱開発の権利を有しているだけで、自分の資金を地熱開発に投資しているわけではない。
- ・PLN は地熱開発についてはフローレス島でアジア開発銀行 (Asian Development Bank : ADB)

の融資で小規模地熱発電パイロットプロジェクトを実施しているが、基本的に発電部門のみに投資し、地熱開発段階に投資することはしない。

(10) 環境省 DNA (Designated National Authority) 事務局

日 時：2005 年 10 月 4 日（火）11：00－11：30

場 所：環境省会議室

参加者：Mr. Haneda Sri Mulyanto, Climate Change Division

小島調査団長、湯本団員

調査団より訪問の目的について説明し、イ国の CDM-DNA の整備状況、CDM プロジェクト承認の状況、地熱発電の CDM 化の課題について説明を求めた。先方の対応状況は以下のとおり。

- ・イ国の DNA は環境省、MEMR 等の関係省庁で構成される国家 CDM 委員会で、事務局は環境省である。CDM プロジェクトの国家承認を審査するための手続き、持続可能な開発についての指標(環境、経済、社会、技術)を定めている。
- ・環境省の DNA 事務局のヘッドは、Dra. Masnellyarti Hilman, Deputy for Improvement in Conservation of Natural Resources and Control of Environmental Destruction であり、Ir. Sulistyowati, Assistant Deputy for Climate Change Impact Control がテクニカルチームのヘッドである。
- ・国家承認を行った CDM プロジェクトはまだないが、現在 4 件の承認申請が出されている。4 件の内訳は、インドセメントの燃料転換・混合セメント化プロジェクト、2 件のパームオイルプロジェクト（パームオイルの殻を燃料とする 10MW のバイオマス発電）、太陽熱調理器（ソーラークッカー）プロジェクトである。太陽熱調理器のプロジェクトはドイツの環境省の支援で実施している。
- ・地熱発電については、シェブロンテキサコ社が PDD を作成中である。残された課題は電力の排出係数の算出であり、PLN 社がジャワ・バリ系統の排出係数算出に必要なデータを提供することを待っている段階である。この地熱発電についての PDD が DNA により承認されると、ジャワ・バリ系統の電力排出係数が DNA により承認されたことになる。
- ・地熱発電の CDM 化については、シェブロンテキサコ社の Darajat 地熱発電所のほかに、スラウェシ島の Lahendong 地熱発電所 3 号機（PCI が PDD 作成中）、スマトラ島の Ulubelu 地熱発電所（三菱証券が PDD 作成中）が準備中である。

(11) 地質鉱物資源総局 (DGGMR)

日 時：2005 年 10 月 3 日（月）11：00－12：00

場 所：地質鉱物資源総局会議室

参加者：Raden Sukhyar 秘書官、Agung Pribadi 秘書官付、Sjafra Dwipa (DMRI)、

Udibow Ciptomulyono (PLN)

永井 JICA 専門家 (DGEEU)、調査団全員

本来、wrap-up 協議は 10 月 4 日のはずであるが、バンドンで Sjafra 氏がこの時間帯に召喚さ

れていることから、日本側がこの時間帯に変更されたものと早合点して訪問。しかし、実際は、イ国側の事前打ち合わせであった。しかし、この早合点により、事前に M/M 草稿を渡せたこと、PERTAMINA を Steering Committee に入れてほしいという要望を伝えたことなど、かえって効率的に進んだ。

(12) 国際協力銀行 (JBIC)

日 時：2005 年 10 月 3 日（月）13：00－14：00

場 所：国際協力銀行会議室

参加者：藤川周二調査役、林谷一郎、加々美博成、Sjafra Dwipa (DMRI)、
Udibow Ciptomulyono (PLN)
永井 JICA 専門家 (DGEEU)、調査団全員

双方自己紹介の後、調査団より M/M 案をもとに、本プロジェクト形成基礎調査の目的、団員構成、調査日程等について説明した。

先方からの質問は以下のとおり。

- ・マスタープラン調査の 70 地域はすでに開発された地域の拡張も含むのか。
- ・どのようにして、70 地域から 15～20 地域を選ぶのか。DMRI からのヒアリングか。
- ・DMRI の情報は限られているが、PERTAMINA は入れないのか。

これに対する当方の回答は以下のとおり。

- ・PERTAMINA の利権地域を含んでおり、拡張のケースも含む。
- ・主に DMRI の情報によるが、その他の機関からも情報収集を行う。
- ・その問題もあって、Steering Committee に PERTAMINA を入れることとした。

(13) 地質鉱物資源総局 (DGGMR)

日 時：2005 年 10 月 4 日（火）16：30－17：30

場 所：地質鉱物資源総局会議室

参加者：Raden Sukhyar 秘書官、Agung Pribadi 秘書官付、Satya Zulfanitra 電力供給計画課長、
Sjafra Dwipa (DMRI)、Udibow Ciptomulyono (PLN)
永井 JICA 専門家 (DGEEU)、調査団全員

wrap-up 協議は、10 月 3 日に M/M 草稿案を渡していたおかげで、スムーズに進んだ。サイナー役職表記の修正、イ国側が調査車両のアレンジはするがせめてそのコストは JICA が負担してほしいという点の修正、MT 調査においては浅部の static shift を評価するために TDEM 調査を実施する点。

(14) AMYTHAS 社

日 時：2005 年 10 月 5 日（水）10：30－11：30

場 所：AMYTHAS 社会議室

参加者：Erie Heryadi 取締役、M. Saed Asjari 部長、Sabrian 課長
湯本登団員、村岡団員

湯本団員から本格調査時に実施する予定の初期環境調査の概要等、訪問目的について説明。
同社からは次のような説明があった。

- ・ Amytha 社は、1971 年に PLN 社の計画部長が設立したコンサルタント会社であり、PLN 社の各種調査をはじめ援助機関等の F/S 等も多数実施している。
- ・ 地熱発電関係の調査については、北部スラウェシにおける地熱発電市場可能性調査、地熱管理情報システムの開発、Jambi 州における地熱発電市場可能性調査、ラヘンドン地熱発電所建設管理、小規模地熱開発のための資源評価調査等を実施している。
- ・ 環境影響評価関係に調査実績としては、Pesanggaran Bali 発電所（コンバインドサイクル発電所）の環境調査、小規模地熱開発のための資源評価調査における自然社会環境影響評価等の実績を有している。

湯本団員より、環境影響評価関係の業務受注実績、環境調査担当者の経歴、積算単価の提出を要請。帰国後に e-mail にて要請資料の提出があった。同社の積算によれば、チームリーダークラス（自然環境担当）が月額 43 万円（オーバーヘッドを含む）、調査担当者クラス（社会環境担当）が 39 万円（オーバーヘッドを含む）となっている。なお、スマトラ島およびジャワ島について各 15 日間の現地踏査を行う場合には、航空賃、レンタカー代、宿泊・日当が合計で約 80 万円程度必要となる見込み。

(15) JICA インドネシア事務所

日 時：2005 年 10 月 6 日（木）08：30－10：00

場 所：JICA インドネシア事務所会議室

参加者：戸塚次長、永井 JICA 専門家（DGEEU）

調査団全員

M/M の調印の経過および出張報告書を担当者ごとに説明。これに対する先方の質問は以下のとおり。

- ・ 立ち上げ時期は。
- ・ どのようなコンサルタントが候補になるのか。
- ・ 開発推進の問題点ははっきりしているようだが、マスタープラン調査で本当に改善されるのか。

これに対する当方の回答は以下のとおり。

- ・ 年内に SW 調印・業務指示書作成を行い、年度内にスタートの予定。
- ・ 例えば、西日本技術開発、日本重化学工業、三菱マテリアル資源開発などが想定される。
- ・ すでに、政策転換、PERTAMINA 利権地域の返還など、相当の自助努力が進んでいるため、マスタープラン調査の効果は大きい。

(16) 地質鉱物資源総局 (DGGMR)

日時：2005 年 10 月 7 日（金）11：00－12：30

場所：地質鉱物資源総局 (DGGMR) Agung 氏居室

参加者：Agung Pribadi 秘書官付 (Sukhyar 氏の部下、課長級)

村岡団員

質問状の回答書を書類およびフロッピーにて受け取る。ついでに 2010 年に世界地熱会議を開催予定のバリ島に位置し、要請状に添付された 70 地熱地域の一つである、Bedugul 地熱地域において、この 8 月頃 IPP 募集していたものが、なぜ、1 年延期されたかについて聞いてみた。その回答は以下のとおり。

- ・バリ島はヒンズー教のため、その教義から、掘削をきらう地元住民がおり、地元住民が開発賛成派と反対派に分かれたことによる。
- ・地元 PA はエネルギー鉱物資源省の責任のため、9 月頃、エネルギー鉱物資源大臣からバリ島のガバナーに、反対派を抑えるよう要請状を出した。

(17) 国際協力銀行 (JBIC)

日 時：2005 年 10 月 7 日（金）18：00－19：00

場 所：Hotel Nikko Jakarta ロビー

参加者：林谷一郎、加々美博成、笹 泰子

村岡団員

先方の要請で面談。先方の質問は以下のとおり。

- ・ F/S 調査では 1 地域当たり、何坑くらい掘削を行うのか。
- ・ 円借款につなげる場合、開発リスクが小さいことが前提だが、1 坑だけでリスク軽減できるのか。

これに対する当方の回答は以下のとおり。

- ・ これまでの通例からみて、1 地域 1 坑と理解している。
- ・ リスクを軽減できる場合もある。例えば、イ国には蒸気卓越型地熱資源が多く、貯留層規模の大きいものが多い。このため、例えば地上物理探査で、地下の大きな異常域が明確となり、1 坑の掘削で、そこが蒸気卓越型と判明した場合などである。

(18) Tangkuban Perahu 火口および Ciater 温泉

日 時：2005 年 10 月 9 日（日）09：00－10：00

場 所：Tangkuban Perahu 火口および Ciater 温泉

参加者：Asnawir Nasution（イ国火山地質防災局）

村岡団員

現地調査の概要は以下のとおり。

- ・ Tangkuban Perahu は要請状に添付された 70 地熱地域の一つであり、PERTAMINA が権益を

返還した地域の一つ。

- ・ Nasution 氏より、イ国火山地質防災局発行の火山地質図を入手。
- ・ Tangkuban Perahu 火山 (2,081m) はインドネシア火山地質防災局が A タイプ活火山 (1600 年以降に噴火記録がある火山) しており、1929、1961、1969、1971、1983、1986、1992 年に水蒸気爆発の記録がある。
- ・ 現在も噴気活動が活発である。
- ・ Ciater 温泉は今回測定の結果 45.6℃であった。
- ・ バンドンの中心部から 30km 北に位置するため、需要は大きい、観光地であり、火山が活動的であることも開発にとってマイナス要因。

(19) 火山地質防災局 (VSI)

日 時：2005 年 10 月 14 日 (金) 13：30－16：00

場 所：Nasution 部長室

参加者：Asnawir Nasution 火山ポテンシャル部長
村岡団員

- ・ 火山リストを入手。その結果、70 地熱地域の名称はほとんど、火山名に由来することが判明。
- ・ また、火山地質防災局の認定する活火山 129 個のうち、70 地熱地域のほとんどは、活動度の低い B タイプまたは C タイプの火山に伴うことが判明 (これはセオリーどおり)。
- ・ Lumut Balai 火山の古い資料を入手。

(20) Lumut Balai 地熱地域

日 時：2005 年 10 月 17 日 (月) ～10 月 19 日 (水)

場 所：Lumut Balai 地熱地域

参加者：Eben Ezer Siahaan (PERTAMINA 地熱エネルギー部)
村岡団員、Yuanno Rezky (DMRI)

現地の調査の概要は以下のとおり。

- ・ Palembang から Lumut Balai までのアクセスは厳しいものがある。まず、Palembang から Muara Enim まで、車で 5 時間半 (10 月 17 日)。Muara Enim から Pulau Panggung の村まで、車で 2 時間半 (10 月 18 日)。Pulau Panggung 村から Lumut Balai 噴気帯近くまで、過酷な道をバイクで 1 時間。Lumut Balai 噴気帯までさらに、徒歩で 20 分。
- ・ Lumut Balai 地熱地域の開発には、少なくとも 30km 程度のリグ運送道路建設が必要と思われる。アクセスの悪さがこの地域の開発にとって、最大の問題である。
- ・ このようなアクセスの悪さから、時間が限られ、観察できた噴気口は一つに過ぎない (東経 103.3818°、南緯 4.1914°、標高 1,212 m)。
- ・ この噴気口は規模が大きく、イ国最大規模である。また、測定した噴気口熱水溜まりの温度は 93.7℃、pH 4 であった。しかし、中心には近寄れなかったため、その温度はこの標高における沸点に達しているものと判断される。

- ・また、硫黄臭がせず、pH 4 である。このため、蒸気卓越型地熱系をつくっている可能性が高い。
- ・さらに、同様の噴気口が広い範囲に分布しているため、835MWe というイ国最大の発電資源量が見積もられていることには、十分な根拠があるように思われる。

なお、Eben 氏より PERTAMINA に関する多くの情報を得た。その内容は以下のとおり。

- ・PERTAMINA の地熱エネルギー部は、職員数 250 名であり、うち 50 名がジャカルタに、200 名が現地事務所に勤務している。
- ・しかし、理学系サイエンティストは Eben 氏を含めて、3 名しかいない。
- ・PERTAMINA は近く、部ごとに分社化される予定であり、地熱エネルギー部はこれを待望。地熱エネルギー部は毎年、3000 億～3500 億ルピアの純益を上げているからである。
- ・PERTAMINA は現在 15 地域の利権地域を持っているが、事実上、Sibayak、Lumut Balai、Ulubelu、Kamojang、Lahendong (Tompaso)、Kotamobagu の開発のみに専念している。

(21) インドネシア国営石油会社 (PERTAMINA)

日 時：2005 年 10 月 20 日（木）09：00－11：00

場 所：地熱エネルギー部会議室

参加者：Suroto 地熱部次長、Eben Ezer Siahaan、Imam B. Raharjo（以上、PERTAMINA）、Muhammad Jauzi Arif 営業部長、TS. Winarso 課長、ほか 1 名（以上、ELNUSA GEOSAINS）、村岡団員

まず、準備した書類に基づき、マスタープラン調査の中で予定されている MT（+TDEM）調査の概要を述べ、会社プロフィール、実績、見積もりを依頼する。その結果、10 月 27 日までに作成してくれることとなる。その後、過去の MT 調査実績例として、液晶プロジェクターにより、Kamojang 地熱地域と、Lahendong 地熱地域の MT（+TDEM）調査実績を紹介してくれる。

(22) JICA インドネシア事務所

日 時：2005 年 10 月 21 日（金）08：30－09：30

場 所：JICA インドネシア事務所会議室

参加者：大原企画調査員
村岡団員

中間的出張報告書に基づき、M/M の調印の以降の作業の進捗状況を報告。これに対する先方の意見は以下のとおり。

- ・地域選定には、電力系統を十分に考慮する必要あり。
- ・地域の治安状況も考慮する必要あり。これについては情報提供できる可能性あり。
- ・10 月 28 日の地質鉱物資源総局長への最終報告はレバランのため、繰り上がっているので、要点のみでよい。

(23) Lahendong 地熱発電所および Tompaso 地熱地域

日 時：2005 年 10 月 22 日（土）～10 月 25 日（火）

場 所：Lahendong 地熱発電所および Tompaso 地熱地域

参加者：Toht Suhrlman 所長、Mulyono エンジニアリング部長、Marihot Silaban（PERTAMINA Lahendong 地熱地域事務所）、Sjafra Dwipa、Kastiman Sitorus、Rina（DMRI）、村岡団員

現地の調査の概要は以下のとおり。

- ・この地域は非常にアクセスがよい。まず、Manada 市から PERTAMINA Lahendong 地熱地域事務所のある Tomohon の町までは車で約 1 時間。ここから Lahendong 地熱発電所までは 20 分程度、Tompaso 地熱地域まではさらに 20 分程度。
- ・これは地熱発電所が建設された結果であり、以前は非常に道路状況が悪かった。
- ・Lahendong-1 号地熱発電所は 2001 年 8 月に運開した 20MWe の地熱発電所である。
- ・Lahendong 地熱発電所の拡張計画は、40MWe を一括して 2 号と呼ばれたり、20MWe と 20MWe に分けて、2 号と 3 号と呼ばれたりしており、2007－2008 年の運開を目指している。
- ・現在の 1 号発電所は LHD-8、10、11、12、15 の 5 つを生産井としているが、31MWe の能力をもつため、狭義の 2 号発電所は、現在、噴気試験中の LHD-17 井と LHD-18 井の追加で、ほぼ完成の見込み。
- ・貯留層は熱水卓越型で、貯留層温度 250～350℃、貯留層深度 2,000～2,500m。気／水（重量）比は LHD-8、10、11、12、15 井のある南西地域で 75%と蒸気が多く、LHD-5 のある北東地域で 25%と熱水が多い。
- ・この地域のディーゼル発電コストは 1,500 ルピア／kWh のため、地熱発電運転コスト（初期投資コストは含まない）300～350 ルピア／kWh は十分に競争力がある。
- ・しかし、政府が決めた PLN の 1 号発電所の蒸気買取価格は地元の所得レベルを考慮して 165 ルピア／kWh のため、PERTAMINA は Kamojang の収益を補填している（クロス補助金）。
- ・1 号発電所では LHD-7 井のみが還元井。熱水の一部は地元 NGO による砂糖精製工場の砂糖原液蒸散過程に無料で提供。
- ・Tompaso 地熱地域は Soputan 火山（1,830m）の山頂に近いところにある地滑り状の崖に広がる大規模な噴気帯である。その噴気口下流の沸騰泉（東経 124.76458°、北緯 1.163788°、標高 910m）で温度を測定した結果、98.2℃で、pH 3 であった。

(24) 地質鉱物資源総局（DGGMR）

日 時：2005 年 10 月 28 日（金）09：30－10：30

場 所：地質鉱物資源総局会議室

参加者：Hadiyanto DMRI 所長（Simon Fedlix Sembiring 総局長代理）、大原 JICA 企画調査員、Sulistyo Wardani JICA 企画調査員、村岡団員

当初予定では DGGMR 総局長への最終報告ということであったが、総局長は急遽欠席とな

り、DMRI 局長がヒアリング。また、最終報告ながら、レバランによる繰り上げ報告のため、和文出張報告書案に英文要旨をつけて、要点のみを報告。先方のコメントは以下のとおり。

- ・今まさに、地熱開発に関する新しい規則を答申中であり、これによれば、開発に参入するすべての会社は PLN と MOU を結ぶことになる。
- ・アチェの Sabang 島（自由貿易圏）で、DMRI が掘削を開始する予定。
- ・データベースについては、Government Regulation No.45 により、詳細なデータは公開できない原則となっている（これはデータベースの取り扱い上、重要な情報であり、原典を入手する必要あり）。

(25) 地質資源インベントリー局 (DMRI)

日 時：2005 年 10 月 31 日（月）08：00－17：00

場 所：DMRI 居室

参加者：Janus Simanjuntak 課長、Kasbani 課長、Kastiman Sitorus、Fredy Nanlohy、Rina、
村岡団員

- ・Rina 氏に 70 地熱地域のうち、緯度・経度の不明な 44.G.Gede-Pangrango（ジャワ西部）、57. Ili Muda、61.Mengeboba（ともにフローレス島）について、この地域を記載した PERTAMINA に、再度、問い合わせてもらった。その結果、3 地域とも、担当者が定年退職して不明とのことである。44.の地域名はブンチャク峠の近くの火山名であり、いずれにせよ、森林保護区かつ国立公園のため、開発できない地域とのことである。また、フローレス島の 2 地域は、同島の調査経験からみても、重要な地熱地域とは思われない。そこで、これらの 3 地域は現時点で、初期の 70 地域から除いても差し支えない。しかし、DMRI は 252 の有望地域をリストアップしていることから、Dwipa 氏・Rina 氏と相談のうえ、その中から DMRI が掘削調査を実施している別の 3 地域、すなわち、Wai Sano（フローレス島）、Atedai（レンバータ島）および Marana（スラウェシ島中部）地域を代替地域として入れることとした。
- ・詳細な政府データの公開を禁じた Government Regulation No.45 の入手について、Rina 氏に依頼。しかし、年度が分らないと、容易に探せず、結局、入手できず。

第3章 インドネシア共和国における地熱資源（村岡/阪口）

3.1 調査結果概要

（1）地熱資源の賦存状況

イ国は、元来が広大な国土にあって、その大半の地域に火山帯が分布する。図3-1は、今回、DMRI から入手したイ国の活火山の緯度・経度をもとに作成した火山分布図である。129の活火山のうち、いくつかは緯度・経度が未記載のため、この図から漏れている。それでも、同国の火山帯の広範な分布は明らかである。同国はその火山帯の広がりからみて、間違いなく、世界最大の高温地熱資源賦存国といえることができる。

イ国における地熱発電可能な高温地熱資源の分布地域数は、500地域に上るとも言われている。例えば、経済産業省 ODA による日本・イ国共同研究のフローレス島マタロコ地熱地域の調査の過程で、ナゲ地熱地域の存在が新たに確認されたように、遠隔地では未発見の地熱地域がまだ数多く存在すると思われる。しかし、現時点で、イ国側が概査的に地熱資源ポテンシャルを見積もっている地域としては、252地域という数字が挙げられる（図3-2）。その総発電資源量は 27,357.5MWe と見積もられている。

この評価の中で、例えば、Kamojang 地熱地域の資源量は現在の発電設備容量 140MWe に対して、260MWe と評価されている（図3-3）。Wayang-Windu 地熱地域の資源量は現在の発電設備容量 110MWe に対して、250MWe と評価されている（図3-3）。今回の調査で、調査団は Kamojang と Wayang-Windu の両地域を訪問し、両地域に多数の拡張計画があり、資源賦存地域の広がりにも拡張の余地が大きいことを確認した。このことからみると、総発電資源量 27,357.5MWe という数字は、現実的かつ比較的控えめの評価と考えられる。したがって、政策や地熱賦存基礎データや資金供給の問題を克服すれば、地熱資源の賦存状況からみると、イ国が地熱開発ロードマップに掲げるように、2025年に地熱発電量を 9,500MWe まで拡大するという目標は決して夢物語ではない（図3-4）。

（2）地熱資源の開発政策（行政、政策、組織）

現在、イ国の地熱開発政策のほぼすべてを所管している官庁はエネルギー鉱物資源省であり、ここが中心となって、新しい地熱エネルギー政策を展開しつつある。すなわち、2003年には、過去の地熱開発の停滞を克服すべく、地熱法を制定した。これは地熱開発市場を活性化させるべく、あらゆる施策を導入したものであり、少なくとも理念的には優れた内容となっている。

また、2002年策定の国家エネルギー計画 2002-2020 では、2020年に再生可能エネルギーを総供給エネルギーの5%にすることが掲げられている。これに基づき、地熱発電ロードマップ 2004-2020 が策定され、地熱発電の目標値は 2020年に 6,000 MWe とされた。しかし、今回の電力エネルギー総局でのヒアリング結果によれば、その後、地熱エネルギーはそのポテンシャルが大きいと、基幹エネルギーとして位置づけられ、再生可能エネルギーから区別されている。そして、2005年策定の国家エネルギーマネジメント青写真 2005-2025（National Energy Management Blueprint 2005-2025）によれば、2025年の総供給エネルギー中、地熱エネルギーの目標値が 3.8%、再生可能エネルギーが 4.4%とされている。これに伴って、地熱発電ロードマップ 2005-2025 も、2025年の地熱発電開発の目標値を 9,500MWe としている（図3-4）。

このように、いわば、ここ数年は、イ国の地熱エネルギー政策にとって、数十年に一度の転換期にある。

これらの政策が単なる理念にとどまらないことは、現在、エネルギー鉱物資源省の地熱関係諸機関の大幅な再編計画が進行中であることにも現れている。この再編は、2006 年初頭を目指している。例えば、PERTAMINA の各部は分社化・民営化される予定であり、PERTAMINA 地熱エネルギー部（250 名）も独立・民営化される予定である。また、地質鉱物資源総局は鉱物・石炭・地熱総局と地質庁とに発展的に分割され、現在の DMRI 地熱部（100 名）を母体として、鉱物・石炭・地熱総局のもとに、地熱・地下水局が、残りは地質庁のもとに、地圏資源局がつけられ、この中の石油・地熱部に配属される予定である。ジャカルタを本拠地とする前者は、主に地熱開発の計画・制度を扱い、バンドンを本拠地とする後者はより探査に専念する組織となる予定である。ジャカルタの地質鉱物資源総局では現在、鉱物・石炭・地熱総局の人員を受け入れるために、建物の拡張工事が進められている。したがって、組織再編後も、地熱資源データベースはこれまでどおり、バンドンに置かれる予定である。ただし、組織再編後、地圏資源局石油・地熱部は DMRI の建物から、同じスカルノハッタ通りにあつて、現在、空の状態にある建物に移る予定である。組織再編の時期については、もともと 2005 年 5 月頃の予定であったことから、やや遅延しており、正確な予測は難しい。しかし、現時点からみると、イ国の予算年度の切り替わる 2006 年初頭に一つの可能性がある。

このように、ここ数年のイ国政府の政策的・組織改革的努力には、目を見張るものがある。しかし、今回、調査団が行った調査結果からすれば、これらの努力にもかかわらず、それが着実な成果を上げるうえで、いくつかの問題が残されているように思われる。中でも、イ国の膨大な地熱資源に関しては、系統的な調査が不足しており、かつ、その資源基盤情報の開示が十分でないことが挙げられる。これは、地熱発電の上流側の問題であり、地熱法にも、中央または地方政府の果たすべき役割として規定されている（図 3-5）。しかし、この役割は民間企業の参入リスクを軽減するという、本来の目的ほどには進んでおらず、技術面でも、体制面でも、資金面でも、先進国による支援を必要としているように思われる。ここに、日本の技術協力によるマスタープラン調査の主要な意義が見いだされる。現在、地熱政策が大幅に改善されつつあることから、この技術協力は時期的にいつでも好機であり、まさに時宜を得た支援事業といえる。

（3）開発有望地域の特徴

イ国の地熱資源開発有望地域の特徴として、2つの点を挙げるができる。一つの特徴は貯留層の規模が大きいことである。これは、日本ほど国立公園や既存温泉地など立地条件の制約を受けない地熱地域が多いこと、火山の規模が大きいこと、盛んな地殻変動により割れ目が多いこと、大きな降水量により地下水補給が盛んなこと、などのためと推定される。図 3-6、写真 3-1、写真 3-2 に、今回訪問したスマトラ島南部の未開発の Lumut Balai 地熱地域の事例を示す。これなどは、面積が 100km² に及び、おそらくはイ国最大の地熱地域である。また、図 3-7、写真 3-3 に示すように、今回訪問した Lahendong の南の Tompaso 地熱地域では、噴気帯の広がり、衛星画像でも明瞭なほど大きい。

もう一つの特徴は、蒸気卓越型地熱資源の割合が圧倒的に大きいことである。『蒸気卓越型地熱資源』とは、生産される地熱流体に関して、単に、熱水より蒸気の割合が大きいことを意

味するのではない。水に関する圧力とエンタルピー（熱含量）の図でみたとき（図3-8）、蒸気と熱水の2相共存領域が存在し、沸騰はこの領域内で起こる。このため、通常の熱水卓越型地熱資源はこの領域内の特性をもっている。ところが、貯留層を構成する岩石の浸透率に比べて、相対的に熱供給が過剰な場合には、供給される過剰な熱量のため、地熱流体が徐々に高エンタルピー側に移動し、蒸気の割合が多くなり、やがて、2相共存領域の最大エンタルピー一点に到達する。ここを超えれば、超臨界流体1相の領域となるが、よほどマグマ近傍でない限り、このジャンプは起こらない。そのため、貯留層を構成する岩石の浸透率に比べて、相対的に熱供給が過剰な場合には、地熱流体はこの最大エンタルピー一点にとどまり続けることになる。これが『蒸気卓越型地熱資源』である¹。その地熱流体の特徴は少なくとも貯留層内では蒸気が100%の乾いた蒸気であり、熱水を伴わないことである。また、その地熱流体の特徴は、純水の場合、上述の最大エンタルピー一点に規制されて、温度が236℃程度、圧力が31.8kg/cm²(32.4 bar)程度であることである（図3-8）。

このタイプの地熱資源は、開発コストの点で、何重にも有利である。まず、熱水がほとんど生産されないため、地下に還元する流体は蒸気の凝縮水のみで済み、還元井の個数がごく少数で済む。また、熱水をほとんど伴わないため、坑井内スケール（沈殿付着物）問題や酸性腐食問題があまり生じない。さらに、温度・圧力が一定しており、過度の高温にならないため、掘削や坑井検層が比較的容易である。

蒸気卓越型地熱資源はイタリアのラルデレロ、米国のザ・ガイザーズなどが著名である。わが国では、蒸気卓越型地熱資源が松川に知られており、松川地熱発電所の蒸気コストが小さいのは、上述の理由による。また、大霧地熱発電所も、蒸気卓越型地熱資源に近く、わが国の地熱発電所の中で、最も稼働率が高いのは、上述の理由による。

イ国には、比較的粘性の高い安山岩溶岩の火山が多く、地熱地域がその火山の山腹に分布するため、地熱地域の標高が比較的高い。そのため、地熱地域の地下水位が深く、水の供給に比べて、熱の供給が大きい。これがイ国に、蒸気卓越型地熱資源が多い理由であると思われる。地熱開発が進んでいる西部から中部ジャワ地域の地熱発電所をみると、Salak、Wayang-Windu、Kamojang、Darajat、Dienの5つのうち、Wayang-Windu、Kamojang、Darajatの3つまでが、蒸気卓越型地熱資源である。おそらく、Lumut Balai など、スマトラ島にも蒸気卓越型地熱資源が多いと推定され、フローレス島のマタロコ地熱地域も蒸気卓越型地熱資源と推定されている²。

（4）地熱資源開発の制約要因

上述のような膨大な地熱資源賦存状況や積極的な政策や地熱資源の有利な特性にもかかわらず、イ国の地熱発電設備容量は、2004年現在807MWeに過ぎず、世界第5位にとどまっている。他方、類似した地政学的背景にあつて、フィリピンの地熱発電設備容量は、2004年現在1,931MWeであり、数年以内に世界第1位の米国を抜く勢いである。何が両国の違いとなっているのであろうか？ その理由は大きく、5つにまとめられる。

第1に、イ国は国土が広大なため、その膨大な地熱資源に関して、系統的な調査が不足し、かつ、その資源基盤情報の開示が十分でないことが挙げられる。これは電力開発下流側の政府当局や国内企業や海外企業が投資行為を行ううえで、大きなリスクとなっている。第2に、イ

¹ White et al. (1971)

² Nasution et al. (2002)

国ではこれまで、PERTAMINA（イ国国営石油会社）が有望な地熱地域の開発利権をほとんど独占し、電力開発上流側の地熱開発市場が十分に開放されていなかった。そのため、自由競争原理が働く環境が整っていなかった。第3に、その PERTAMINA でさえ、フィリピンよりは国内に石油・天然ガス資源が豊富なことを背景として、内部的にはフィリピン国営石油会社（PNOC）ほど、地熱開発を重視してこなかった。これは、イ国が 2002 年に石油輸入国に転落して、ようやく再考されることとなる。第4に、地熱開発市場が開放された場合でも、基本的な市場競争のためのルールが不明確であった。これは 1997 年のアジア通貨危機以降の、PLN（イ国国営電力会社）の経済的破綻や IPP に参入した米国企業 UNOCAL の Salak 地熱地域からの撤退などに象徴されている。第5に、フィリピンでは海外企業の IPP 参入に当たって、PNOC が掘削リスクを負うだけの資金力をもっているが、イ国ではそれほどの資金力がないため、参入企業が掘削リスクを背負うこととなっている。

そのほかに、制度上の問題もある。この問題を、今回、訪問したスラウェシ島北部の Lahendong 地熱地域の具体的事例から紹介してみる。この地域は PERTAMINA が地熱開発利権を所有しており、2001 年に運転開始した Lahendong-1 号地熱発電所（20MWe）がほとんど唯一の貴重な電源となっている。主要な消費地はマナド市を中心とするスラウェシ島北部電力網であり、著名な観光地のため、その電力需要は毎年 10MWe の増大ニーズがあるといわれている。しかし、供給は全くこれに追いついていない。この地域で、ディーゼル発電を行えば、kWh 当たりの電力料金は 1,500 ルピアとなり、とても採算に合わない。Lahendong-1 号地熱発電所の建設等に伴う初期投資を除いた運転時蒸気コストは kWh 当たり 300～350 ルピアであり、ディーゼル発電に対しては、圧倒的に十分な競争力をもっている。しかし、不思議なことに、政府が決めた Lahendong-1 号地熱発電所の PLN による蒸気買い取り価格はイ国で最低の kWh 当たり 165 ルピアである。つまり、PERTAMINA は kWh 当たり 300～350 ルピアという運転コストの必要経費に対して、kWh 当たり 165 ルピアという収入しか得ていない。このため、大幅な赤字運転を行っているのである。この赤字は、PERTAMINA 内の経営操作により、Kamojang の利潤によって補填しているのが実情である。これが電力エネルギー総局で聞いた『クロス補助金』という概念の実態である。これは要するに自助努力であって、少しも政府からの補助金になっていないのである。政府があまりに安い蒸気価格設定をした理由は、この地域の電力料金を、この地域の所得水準から決めたためである。また、PERTAMINA がこのような赤字経営に甘んじている理由は、Lahendong 地熱発電所の規模を拡大すれば、いずれ、スケール効果により運転コストが下がり、黒字に転じると予測しているためである。しかし、このような現状の制度が維持される限り、地方電化地域の地熱発電開発は圧倒的に不利であり、その開発が商業的に進むことはないと考えられる。逆説的にいえば、これこそが、これまでの地熱発電開発をジャワ島西部のみに限定させてきた理由であるといえよう。

これらの制約要因の解消に加えて、地熱開発事業における一般的な課題でもある、地熱開発特有の初期の地熱資源開発リスクを低減するシステムの構築が同国においても必要である。地熱発電開発事業を担うのが民間であれ、国の関連機関であれ、地熱資源の賦存確認および開発可能な出力把握ができていなければ、事業開始・投資を行うことはリスクが大きすぎて、行うことはできない。この初期のリスクを低減しなければ、地熱発電事業の促進を図ることは難しい。新たな同国の地熱開発体制では、この初期の地熱資源開発リスクの低減は国（地質鉱物資源総局）が行うこととなっており、そのための活動が早期に実施されることが期待されている。

しかしながら、実際に、開発候補地点選定、地表探査・調査の実施、この結果に基づいた地熱資源の賦存を確認するための調査井の掘削、さらに資源量評価・最適出力把握を実施する事業導入までのプロセスの中で、国の役割と、民間を主体とする事業の役割とが明確化され、確立されるには至っていない。

今回、わが国からの支援による地熱開発マスタープラン調査およびそれに続き実施が検討されている有望地点での調査井掘削を含む事業化調査（F/S 調査）は、これらの制約や課題の解消のために、国の各担当機関が話し合い、解決策を見いだす絶好の機会となるものと期待される。また、国（地質鉱物資源総局）にとっては、データベース作成から調査井掘削・資源量評価・開発計画策定までの一連の地熱開発技術をマスターし、有望地点が抽出できることにより、今まで以上に、より確実に同国における地熱発電開発目標に向かい、事業化を進めることができるようになるはずである。

（５）地熱資源の多目的利用の現状

イ国には発電可能な高温の地熱資源が豊富なため、これまでの開発努力はほとんど、地熱発電に向けられてきた。しかし、今回の調査で、多目的利用に関する多少の事例を情報収集することができた。今回、訪問したスラウェシ島北部の Lahendong 地熱発電所では、蒸気供給者の PERTAMINA が還元熱水の多目的利用の努力を行っていた。Lahendong 地熱地域では、現在運転中の Lahendong-1 号機発電所（20MWe）の還元用廃棄熱水の一部を、サトウキビから砂糖を精製する際の、砂糖原液蒸散工程に利用している。これは PERTAMINA が地元との共存を図るために、地元 NGO に対して無料で提供しているものである。これは還元熱水を軽減できる点で、PERTAMINA 側にもメリットがあり、地熱発電所と地元との共存共栄に関する今後の模範的事例といえる。

また、現在、DMRI はスラウェシ島中部の Marana 地熱地域（Palu 市の 40km 北方）で調査井を掘削中である。この地域は古い火山しか存在しないため、高温の地熱資源は当初から望み薄であった。そして、MM-1 号井を 185m の深度まで掘削した結果、98℃の熱水 500ℓ/分（30t/時）を自噴するに至った。これは将来、ヤシの実から食用油を採取する際の乾燥工程や、魚類を保存するための乾燥工程などに利用される予定であり、数少ない多目的利用を目的とした地熱開発になる可能性がある。

しかし、これらは数少ない事例であって、一般には、多目的利用の努力は少ない。例えば、今回訪問したジャワ島西部の Wayang Windu 地熱地域では、1 基のタービンとしては世界最大の 11 万 kW という設備容量をもつ蒸気卓越型の地熱発電所が稼働中である。この地域は Wayang という火山と Windu という火山が南北に配列しており、地熱発電所はそれらの西斜面に位置する。この地域は広大な茶畑に当たっており、Wayang Windu 地熱発電所は茶畑の中にあるといっても過言でない。このため、もし、地下に還元している還元熱水の一部を茶の葉の乾燥に使用するならば、地熱発電と地元産業の理想的な共存関係が成立すると考えられる。しかし、そのような利用は、なされていないのが実情である。Wayang Windu 地熱発電所の蒸気供給は Star Energy という民間企業が商業的に運営している。そのため、そのような地熱の利益を地元産業に還元する指導は、おそらく政府や地方政府の役割と思われる。

イ国のような膨大な高温地熱資源賦存国にあっては、単独の地熱直接利用を積極的に推進する意義は必ずしも大きくないが、少なくとも、地熱発電の還元熱水をカスケード的に多目的利

用することについては、今後の大きな課題の一つと思われる。

なお、地熱資源の多目的利用ではないが、地熱発電開発が地方の総合的なインフラ整備に貢献することを、ここに付記したい。Lahendong 地熱地域においては、現在、その南の Tompasso 地熱地域に至るまで、快適な道路が整備されており、Tompasso 地熱地域は一つの観光スポットとなっている。しかし、Lahendong 地熱発電所建設以前には、Tompasso 地熱地域までは、山道があるのみであり、非常にアクセスの悪い地域であったそうである。つまり、Lahendong 地熱発電所の建設は、電力供給以外にも、この地域一帯の総合的なインフラ整備に貢献し、結局はこの地域の社会的・文化的な発展に貢献している。未電化地域の地熱発電開発には、このような地域の総合的なインフラ整備に対する波及効果があることを特に指摘しておきたい。

（６）地熱資源データベースの現状

イ国の地熱資源については、地質鉱物資源総局の地質資源インベントリ局（DMRI）がデータを収集し、データベースづくりを行っている。しかし、今回の調査の結果、大きな問題点が明らかとなった。

第１に、既存報告書のデータが、まだほとんど入力されていないため、全国的に地熱有望地域を比較することができない。第２に、これらのデータがウェブ上で公開されていないため、企業はその情報を利用することができない。第３に、情報入力されているデータに関しても、ほとんどがラスター（ビットマップ）データを貼り付けたものが多く、地理学情報システム（Geographic Information System : GIS）的なデータベースになっていない。例えば、図３－２のようなマップを GIS で作成しているならば、地熱地域の緯度・経度は直ちにリストアップできるはずであるが、そのようになっていない。第４に、最も有望な地熱地域は PERTAMINA が、まだ開発利権を有しているため、報告書の形でさえ、データの入手ができていない。第５に、これらの結果として、全国の地熱有望地域の資源量評価や、蒸気開発コストの推定や、開発優先順位づけなどを行うことが事実上できていない。

さらにいえば、それ以前の問題として、地熱法で規定されている、政府が開発参入者のリスクを軽減するために行うべき地熱地域の基礎的調査が、予算不足のため、不十分であることも指摘される。これらの点からみて、日本の技術協力によりマスタープラン調査を実施することは、地熱法が規定している政府の果たすべき役割を、速やかに推進するための、重要なステップとして位置づけられる。

（７）現地ローカル・コンサルタント、現地再委託可能業務（データベース入力等）、単価等

今回、地熱資源データベース・補足資源調査に関連して、３つの案件について、現地ローカル・コンサルタント・単価の調査を行った。１つ目はデータベースのデータ入力作業に関するもの、２つ目はインターネットのブロードバンド化に関するもの、３つ目は物理探査の MT 調査に関するものである。詳細な会社情報・見積もり等は別途、詳細な資料を提出の予定であり、ここでは、その必要性和調査結果のみを要約する。

１つ目のデータベースのデータ入力作業に関しては、人数・滞在時間の限られた M/P 調査団員が実行困難な部分であり、加えて原データの大部分がインドネシア語で書かれた報告書であることから、現地ローカル・コンサルタントを雇うことが適切と思われる。本件については、DMRI が比較的良好に利用している地質系科学に精通した会社として、CV SUMBER BERKAT と

いう会社を紹介された。その単価は1人1ヵ月当たり、以下のとおりである。

1人1ヵ月（実働23日）当たり	4,600 US\$
会社手数料1人1ヵ月当たり	460 US\$
合計	5,060 US\$

2つ目のインターネットのブロードバンド化に関しては、当初、予定していなかった。しかし、今回、DMRIに滞在して、インターネットLANシステムを使用した経験から、不可欠と判断するに至った。すなわち、現在のDMRIにおけるインターネットLANシステムは160個程度のメールのダウンロードに6時間を要し、700kb程度の添付ファイルが付いているメールのダウンロードに30分以上を要した。この環境では、データベースのウェブ上公開はおろか、M/P調査団員の各種ウェブサイトデータの利用やメール通信さえ、長時間を費やすこととなる。よって、Centrin Onlineという会社のインターネットLANシステム高速度化の経費を見積もったところ、以下のとおりである。

初期登録費（LANシステム全体）	2,950,000 Rupiah
毎月費用（Premium 64 kbps、25 Mailbox）	4,600,000 Rupiah
これらにはPPNという10%のTaxがかかる	

3つ目のMT調査（地下比抵抗調査）に関しては、イ国に実施可能な会社がある場合には、MT機材輸送コストなど費用軽減の効果が大きいため、現地会社を雇うことが適切と思われる。調査の結果、ELNUSA GEOSAINS社がイ国において、唯一MT調査を実施可能な会社であることが判明した。同社はかつて、PERTAMINAの一部門であったが、現在ではELNUSAグループに所属する、完全な民間企業となっている。この場合、MT調査とTDEM調査を同時に行うことを前提としている。その経費を見積もったところ、機材輸送の関係で、地域的に費用が異なり、以下のとおりである。

ジャワ島	2,500 US\$/測点
スマトラ島	2,850 US\$/測点
スラウェシ島	2,750 US\$/測点

3.2 今後の協力の方向性

（1）本格調査対象地域の選定

本件に関するイ国側の要請書には、70地熱有望地域がリストアップされている。したがって、本来はこの70地域がマスタープラン調査の初期の対象地域となるはずである。しかし、実際にはなぜか、この70地域がDGGMR-DMRIの252地域からでなく、PERTAMINAの地熱パンフレットの表から引用されている。このため、地域名等、DMRIの252地域のデータベースとの対応がつかない地域が含まれる。この問題により、70地熱有望地域のうち、3地域は緯度・経度等、その位置を特定できない状況にある。しかも、これは当のPERTAMINAに問い合わせても、担当者が定年退職したため、不明のままであった。この状況ではこれら3地域を初期の対象地域に採り上げることはできない。幸いにしてこれら3地域はさほど重要な地域ではないため、DMRIと相談のうえ、3地域の代替案を決めた。表3-1には、初期の提案書にある70地域と、この3地域を修正した後の70地域を示す。また、図3-9にその分布と資源量の大きさをマップ化して示す。なお、表3-1には修正した70地域について、DMRI

によるおよその緯度・経度を示している。しかし、今回 Lumut Balai 地熱地域に訪問した経験からみると、その値は本来の位置から 15km 程度ずれていた。したがって、実際の調査に当たっては注意を要する。Lumut Balai の緯度・経度のみは、今回の GPS 測位により修正した。

マスタープラン調査の基本的コンセプトはこの 70 地域のデータベースを作成したうえで、地熱資源・地熱発電ポテンシャル、電力需要・供給バランス、送電網条件、開発コスト、自然・社会環境条件、政策ニーズ等を評価して開発の優先順位をつけ、地域ごとの将来の最適開発シナリオを作成するとともに、政策的提言を行うことにある。

その手順は、まず 70 地域について既存データを収集し、第一次評価を行い、その結果から、優先順位の高い 15～20 地域を選定する。この 15～20 地域においては、地質調査・地化学調査を補足的に行い、より詳細な第二次評価を行う。その結果から、優先順位が高く、かつ開発シナリオ上、重要な 2 地域程度を選定し、MT 調査（+TDEM 調査）を行うこととなっている。

この 70 地熱有望地域のうち、20 地熱有望地域が PERTAMINA の利権地域である（表 3－1）。PERTAMINA の利権地域は「Kamojang + Darajat」や「Patuha + Wayang-Windu + Cibuni」や「Lahendong + Tompaso」などのように、一地域が広く設定されている。このため、このような広域地域でいえば、PERTAMINA 利権地域は 15 地域となる。しかし、70 地域の区分では、より狭い個々の地熱地域に分けられているため、PERTAMINA 利権地域が 20 地域となる。さらに、この 20 利権地域のうち、7 地域はすでに地熱発電所が稼働している地域である。これらの 20 の PERTAMINA 利権地域は当然ながら、地熱資源・地熱発電ポテンシャルが大きく、電力需要の大きい地域ばかりである。地熱資源・地熱発電ポテンシャル、電力需要・供給バランス、送電網条件、開発コスト、開発の優先順位づけまでは、PERTAMINA の利権の有無にかかわらず、画一的に評価することが望ましい。このため、PERTAMINA の利権地域はいずれも、優先順位が高くなると予想される。

他方、自然・社会環境条件や政策ニーズまでを加えた将来の開発シナリオについては、PERTAMINA の利権の有無により、基本的な開発手順が大きく異なってくる。そのため、将来の開発シナリオでは、PERTAMINA の利権地域、非利権地域の IPP 対象地域、非利権地域の地方電化推進地域などに分けて評価する必要がある。MT 調査（+TDEM 調査）の対象となる最終的な 2 地域程度は、ここまでを考慮したうえで選定する必要がある。単に資源量やコストの優先順位だけでなく、開発シナリオ上の重要性も考慮して選定する必要がある。例えば、今回接触したイ国側の関係諸機関の多様な要望を考慮すると、おそらく、PERTAMINA の利権地域から 1 地域、非利権地域から 1 地域を選定することが妥当のように考えられる。このような決定に当たっては、イ国側のマスタープラン調査に関する Steering Committee と意見を調整することが必要であるが、それ以前に、十分説得性のある選定基準を構築する必要がある。

（２）地表調査の標準工程

地表調査の標準工程は、全体の流れの中で位置づけるべきであるため、詳細は第 5 章にまとめて記述することとする。

（３）必要とされる地熱資源データベースの仕様案

これについても、地熱資源データベースのみの仕様案を単独に記述することが難しいため、詳細は第 5 章に記述することとする。ただし、ここで仕様案の前提となる事項について、簡単

に記述する。

マスタープラン調査においては、2つのデータベースの構築が必要となる。一つは地熱資源データベースであり、いま一つは地熱開発データベースである。前者は地熱資源・地熱発電ポテンシャル、電力需要・供給バランス、送電網条件、開発コスト、開発の優先順位づけまでの評価を行う。後者はこれに自然・社会環境条件や政策ニーズまでのデータを加え、あらかじめ作成された開発優先順位づけのための総合的な評価基準によって評価を行い、将来の開発シナリオを提供する。

また、面談記録で記述したように、イ国では Government Regulation No.45（年度不明）により、政府の詳細なデータは完全には公開できない原則となっている。したがって、M/M の行動計画にうたわれている「地熱開発データベースに関する WEB ベースの情報提供プログラムを開発する」という点の実行に当たっては、この制約に十分配慮する必要がある。

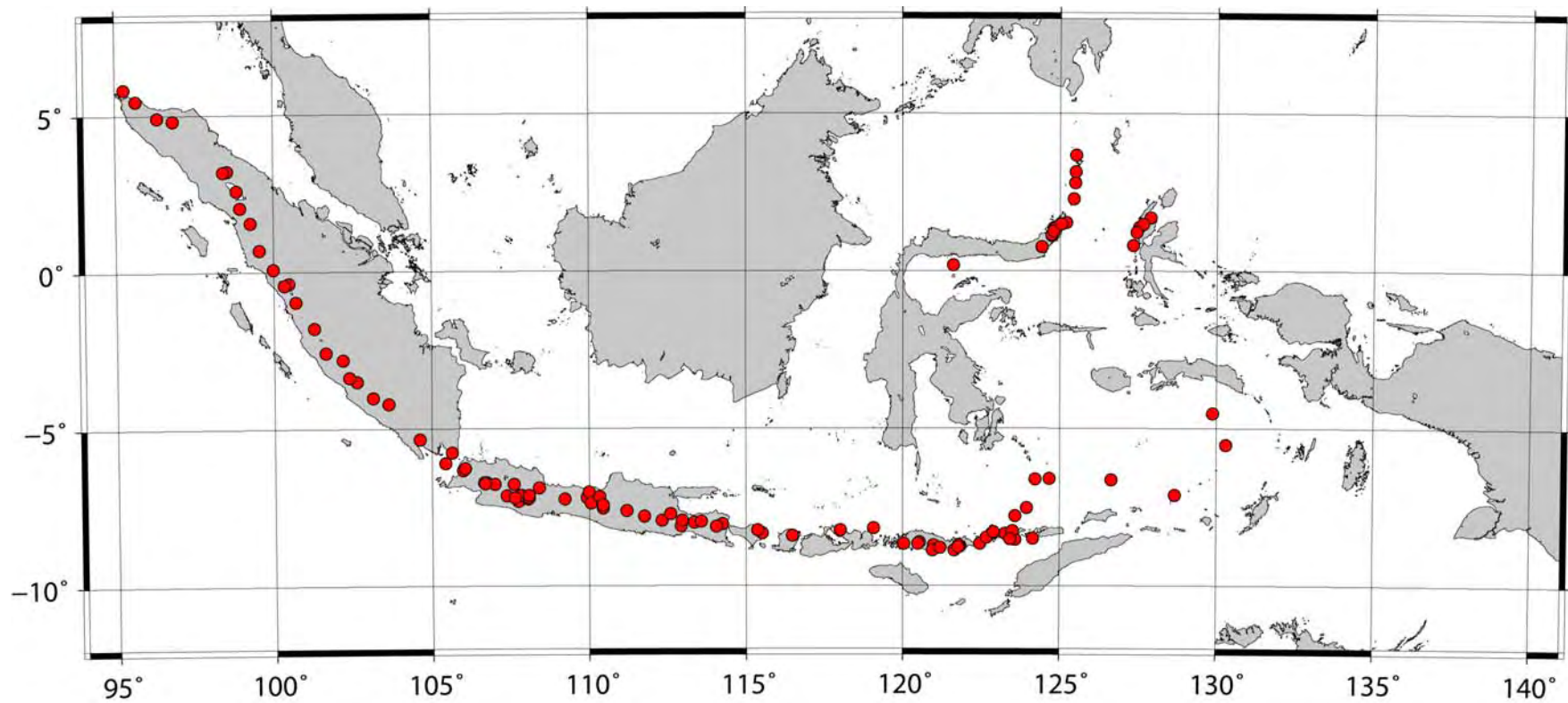


图 3-1 Distribution of active volcanoes in Indonesia (made by the GMT software in this survey)

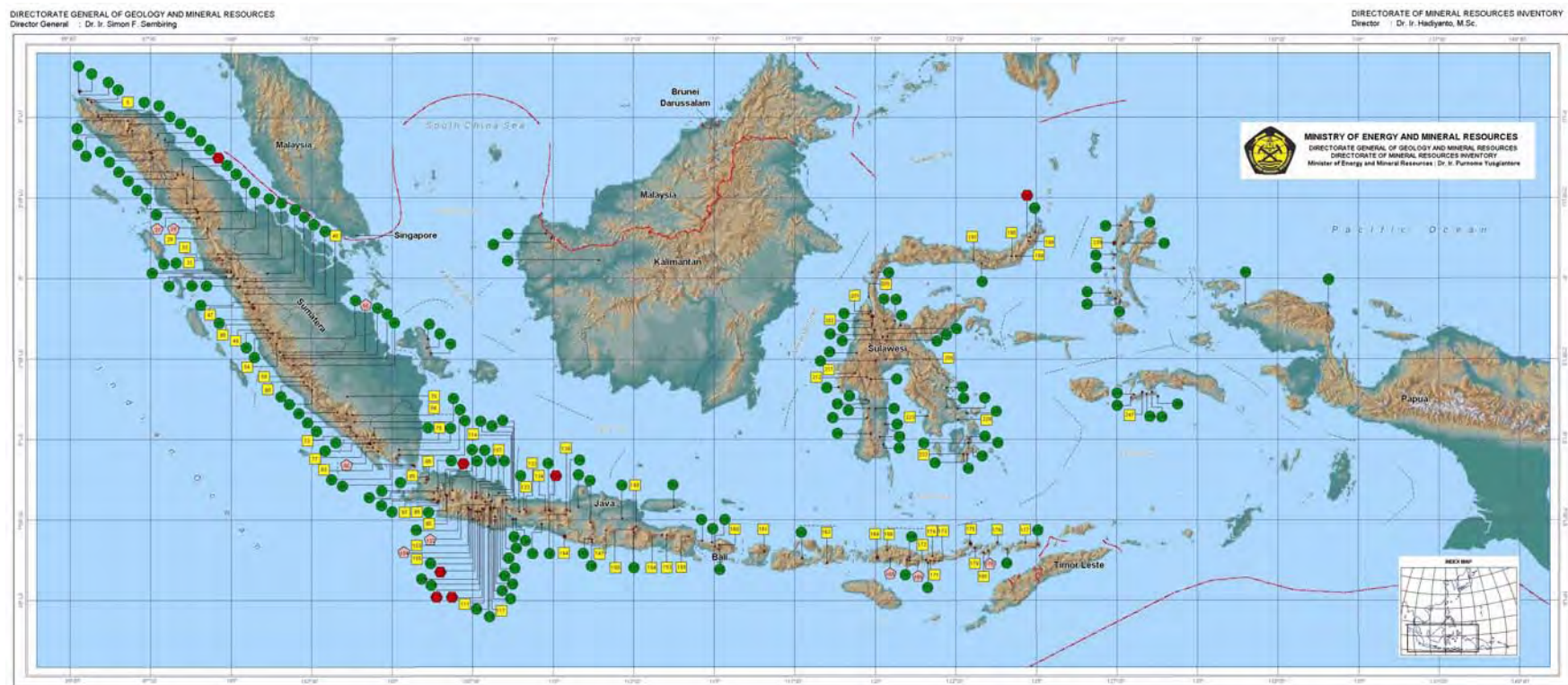


图 3-2 Distribution of 252 geothermal prospects in Indonesia (courtesy from DMRI)



图 3-3 Potentials of 252 geothermal prospects in Indonesia (legend for Fig 3-2, courtesy from DMRI)

ATTACHMENT P1 GEOHERMAL DEVELOPMENT ROADMAP 2004-2025

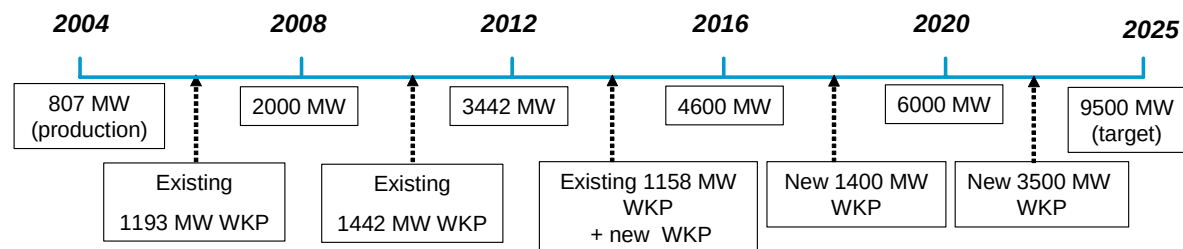


图 3-4 Geothermal Development Roadmap 2004-2025 in Indonesia (DGGMR)

GEOHERMAL DEVELOPMENT PROCESS (LAW NO. 27/2003)

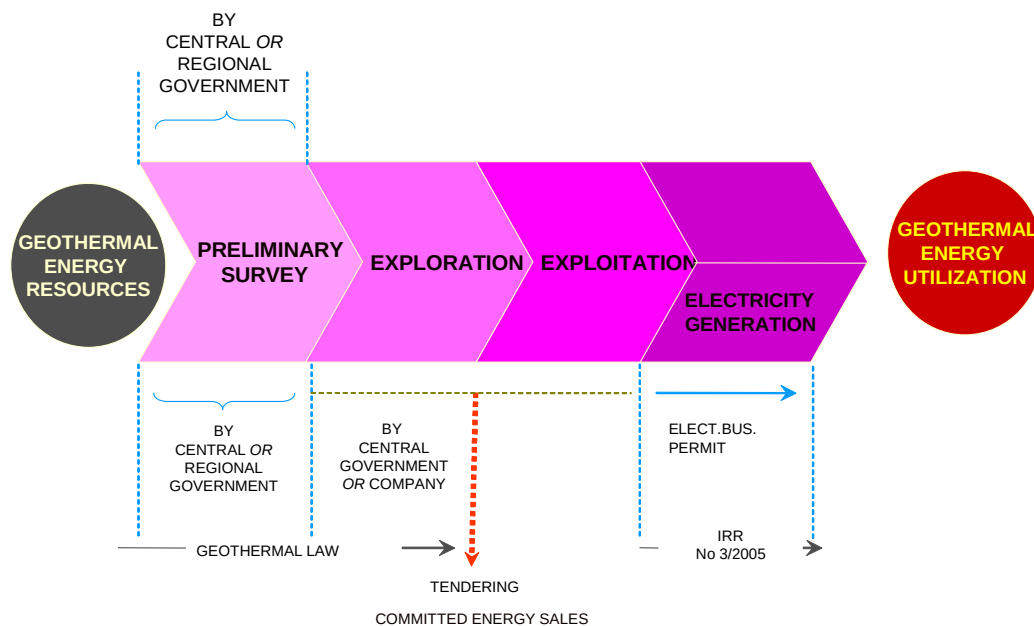


図 3-5 A role of central or regional government defined by the Geothermal Law (DGGMR)



注：図中の Fig.8 は写真 3-2 を指す。

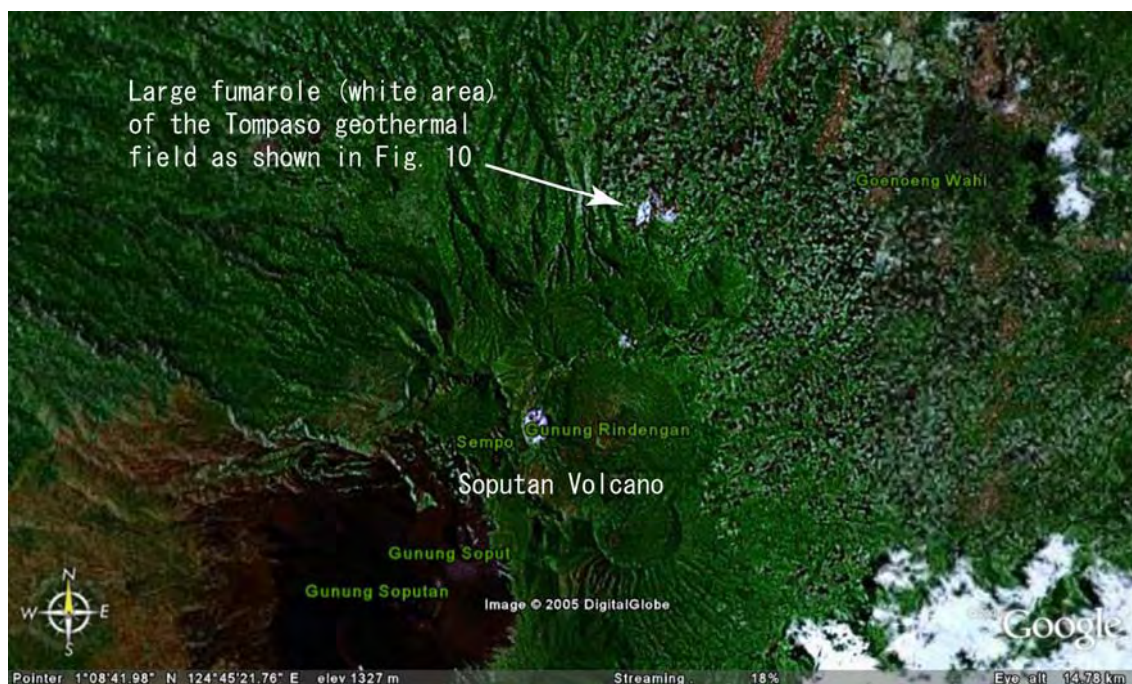
図 3-6 Satellite oblique view of the Lumut Balai geothermal field. A circular topographic area is probably a caldera where white colored spots show alteration zones and steaming grounds. The width of the area reaches 100 km², promising a subsurface enormous geothermal reservoir.



写真3－1 Lumut Balai geothermal field. It requires to be accessed in a 20 km narrow road by car, a 10 km mountainous way by motor cycle and 2 km by walk. Road construction is a major problem.



写真3－2 Lumut Balai geothermal field. Fumarole seems the largest class in Indonesia and no sulfur smells at all.

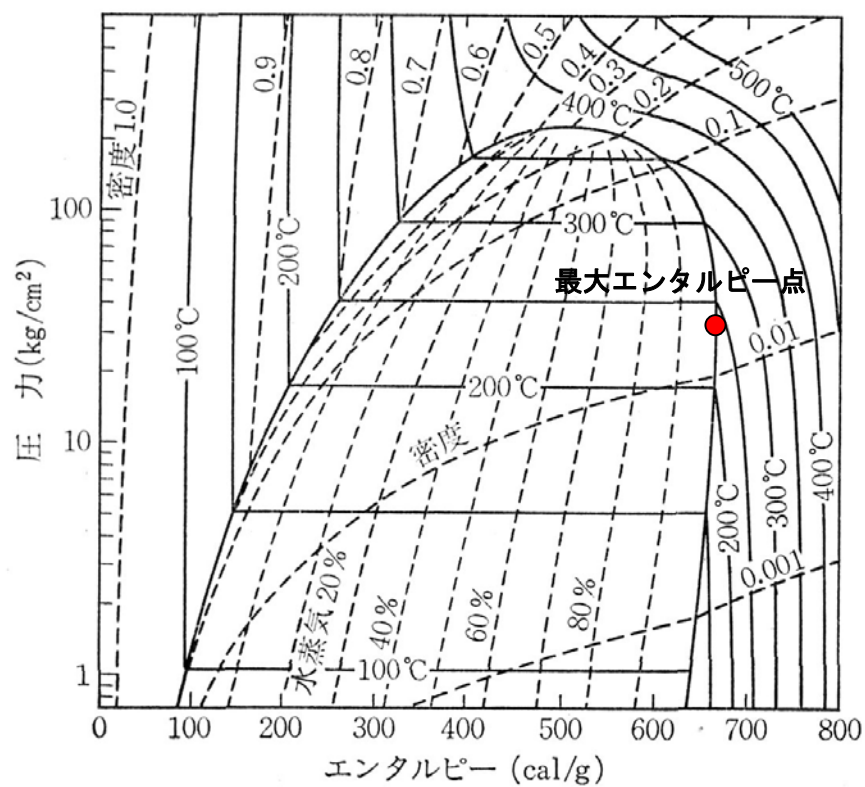


注：図中の Fig.10 は写真 3－3 を指す。

図 3－7 Satellite view of a large fumarole of the Tompaso geothermal field.



写真 3－3 A large fumarole of the Tompaso geothermal field, detectable on the satellite imagery as shown in Fig 3-7.



出典：White et al. (1971)

図3-8 Definition of the vapor-dominated geothermal system

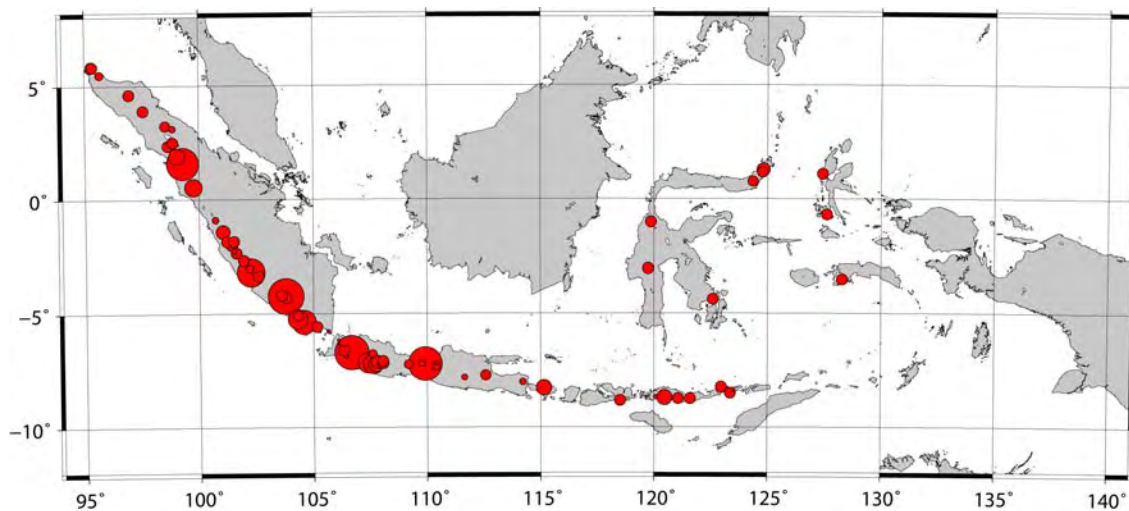


図3-9 Initial 70 geothermal prospects for MP study represented by the radius of the circle as a geothermal potential (Table 3-1, made by the GMT software in this survey). The largest and smallest circles show 835 MWe in Lumut Balai and 40 MWe in Marana, respectively.

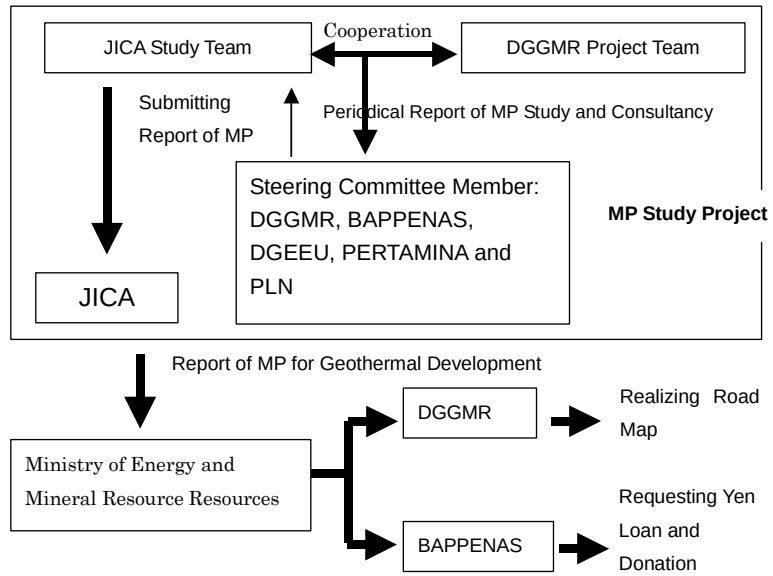


図 3-10 Flow chart of Master Plan Study

表3-1 Initial 70 fields for Master Plan Survey (defined in this Survey)

Region	No	Names of the 70 fields in the Proposal	Locality	Region	No	Names of the 70 fields in this Survey	Coordination		Install MWe	PERTAMINA	Resource MWe
							Longitude	Latitude			
Nangroe Aceh Darussalam	1	IBOIH - JABOI		Nangroe Aceh Darussalam	1	IBOIH - JABOI	95.2847	5.8407		Returned	250
	2	LHO PRIA LAOT			2	LHO PRIA LAOT	95.3162	5.8144			250
	3	SEULAWAH AGAM			3	SEULAWAH AGAM	95.6589	5.4808		Returned	185
	4	G. GEUREUDONG			4	G. GEUREUDONG	96.9373	4.5938			250
North Sumatera	5	G. KEMBAR		North Sumatera	5	G. KEMBAR	97.5421	3.8819			250
	6	G. SINABUNG			6	G. SINABUNG	98.8290	3.1050		Concession	150
	7	LAU DEBUK-DEBUK / SIBAYAK			7	LAU DEBUK-DEBUK / SIBAYAK	98.5058	3.2277	2	Concession	240
	8	SARULA			8	SARULA	99.0244	1.8897		Concession	380
	9	SIBUAL BUALI			9	SIBUAL BUALI	99.2750	1.5694		Concession	750
	10	S. MERAPI - SAMPURAGA			10	S. MERAPI - SAMPURAGA	99.7506	0.5316		Returned	400
	11	PUSUK BUKIT - DANAU TOBA			11	PUSUK BUKIT - DANAU TOBA	98.6333	2.3333			250
West Sumatera	12	SIMBOLON - SAMOSIR		West Sumatera	12	SIMBOLON - SAMOSIR	98.8420	2.4780			250
	13	MUARALABUH			13	MUARALABUH	101.0270	-1.4333		Returned	325
	14	G. TALANG			14	G. TALANG	100.6990	-0.9050			160
Jambi	15	LEMPUR / KERINCI		Jambi	15	LEMPUR / KERINCI	101.5140	-2.2833		Returned	115
	16	SUNGAI TENANG			16	SUNGAI TENANG	101.9390	-2.6922			250
	17	SUNGAI PENUH			17	SUNGAI PENUH	101.4180	-2.0233		Concession	270
	18	SUNGAI BETUNG			18	SUNGAI BETUNG	101.2050	-1.8650			250
	19	AIR DIKIT			19	AIR DIKIT	101.6220	-2.3767			250
	20	G. KACA			20	G. KACA	101.5040	-1.8583			250
Bengkulu	21	B. GEDUNG HULU LAIS		Bengkulu	21	B. GEDUNG HULU LAIS	102.2540	-3.2067		Concession	650
	22	TAMBANG SAWAH			22	TAMBANG SAWAH	102.2000	-3.0522		Concession	173
South Sumatera	23	BUKIT DAUN		South Sumatera	23	BUKIT DAUN	102.5920	-3.3618			250
	24	MARGA BAYUR			24	MARGA BAYUR	103.7940	-4.3256		Returned	250
	25	LUMUT BALAI			25	LUMUT BALAI	103.6382	-4.1914		Concession	835
Lampung	26	RANTAU DADAP - SEGAMIT		Lampung	26	RANTAU DADAP - SEGAMIT	103.6010	-4.2029		Returned	250
	27	ULUBELU			27	ULUBELU	104.5690	-5.3769		Concession	556
	28	SUOH ANTATAI			28	SUOH ANTATAI	104.2960	-5.2500			463
	29	G. SEKINCAU			29	G. SEKINCAU	104.3170	-5.1139		Returned	230
	30	RAJABASA			30	RAJABASA	105.6360	-5.7908		Returned	80
	31	WAI RATAI			31	WAI RATAI	105.1430	-5.5869			250
	32	KAMOJANG			32	KAMOJANG	107.8000	-7.1414	140	Concession	300
West Java	33	G. SALAK		West Java	33	G. SALAK	106.6630	-6.7163	375	Concession	800
	34	DARAJAT			34	DARAJAT	107.7360	-7.2361	145	Concession	362
	35	CISOLOK - CISUKARAME			35	CISOLOK - CISUKARAME	106.4310	-6.9111		Returned	88
	36	G. PATUHA			36	G. PATUHA	107.3950	-7.1728		Concession	482
	37	G. WAYANG - WINDU			37	G. WAYANG - WINDU	107.6200	-7.2272	110	Concession	460
	38	G. KARAH			38	G. KARAH	108.0430	-7.0989		Concession	250
	39	G. TELAGABODAS			39	G. TELAGABODAS	108.0460	-7.1754			275
	40	TANGKUBANPERAHU			40	TANGKUBANPERAHU	107.5880	-6.7758		Returned	190
	41	G. GEDE - PANGRANGO	unknown		41	BATUKUWUNG	106.0840	-6.1698		Returned	75
	Banten	42	BATUKUWUNG			Banten	42	CITAMAN - G. KARANG	106.0820	-6.3422	
43		CITAMAN - G. KARANG		43	G. ENDUT		106.3060	-6.6447			260
44		G. ENDUT		44	DIENG		109.9020	-7.2169	60	Concession	780
45		DIENG		45	MANGUNAN		109.7640	-7.2092		Returned	153
Central Java	46	MANGUNAN		Central Java	46	TELOMOYO	110.3830	-7.3333		Returned	185
	47	TELOMOYO			47	UNGARAN	110.4180	-7.1986		Returned	102
	48	UNGARAN			48	G. SLAMET	109.1670	-7.2500			200
East Java	49	G. SLAMET		East Java	49	G. ARJUNO - WELIRANG	112.5660	-7.7211			230
	50	G. ARJUNO - WELIRANG			50	WILIS / NGEBEL	111.6440	-7.8186		Returned	130
	51	WILIS / NGEBEL			51	IJEN	114.2120	-8.0194		Returned	154
Bali	52	IJEN		Bali	52	BEDUGUL	115.1370	-8.2758		Concession	350
Bali	53	BEDUGUL		West Nusa Tenggara	53	HU'U DAHA	118.5000	-8.8333			250
West Nusa Tenggara	54	HU'U DAHA		East Nusa Tenggara	54	WAI SANO	120.0580	-8.6681			90
East Nusa Tenggara	55	ULUMBU			55	ULUMBU	120.4630	-8.7072		Returned	350
	56	SOKORIA - MUTUBUSA			56	BENA - MATALOKO	121.0630	-8.7566			250
	57	ILI MUDA	unknown		57	SOKORIA - MUTUBUSA	121.5830	-8.7500			250
	58	OKA - LARANTUKA			58	OKA - LARANTUKA	122.9590	-8.2415			250
	59	ILI LABALEKEN			59	ILI LABALEKEN	123.3610	-8.5070			250
	60	BENA - MATALOKO			60	ATADEI	123.5000	-8.4444			40
North Sulawesi	61	MENGEBODA	unknown	North Sulawesi	61	LAHENDONG	124.8140	1.2742	20	Concession	300
	62	LAHENDONG			62	KOTAMOBAGU	124.3510	0.7583		Concession	235
	63	KOTAMOBAGU			63	TOMPASO	124.7580	1.1564		Concession	230
	64	TOMPASO			64	BORA	119.8660	-1.0227			250
Central Sulawesi	65	BORA		Central Sulawesi	65	MARANA	119.8460	-0.1218			40
South Sulawesi	66	BITUANG		South Sulawesi	66	BITUANG	119.7370	-3.0616			250
Southeast Sulawesi	67	LAINEA		Southeast Sulawesi	67	LAINEA	122.5830	-4.3919			250
Maluku	68	TONGA WAYANA		Maluku	68	TONGA WAYANA	127.6000	-0.7000			250
	69	TULEHU			69	TULEHU	128.2850	-3.5275			250
	70	JAILOLO			70	JAILOLO	127.4220	1.0892			250
							Total		852	Total	19373

- 46 -

[illegible]

表 3－3 Required equipments in MP Study

	Term of Works	Required Equipments	Construction Works
Geological survey	1.5 months	Handy equipments such as GPS	No
Alteration survey	1.5 month	X-ray diffractometer (Japan)	No
Geochemical Survey	1.5 months	Samplers, analyzers (Japan)	No
Magnetotelluric Survey	Two months	MT measurement equipments (A few hundreds kg)	No
Reservoir analog modeling	One month	Computer, software (Japan)	No
Database construction	Three months	Computer, database software (Japan)	No
Hot spring monitor	Three months	Samplers, analyzers (Japan)	No
Animal and plants species survey	Two months	Samplers	No

第4章 インドネシア共和国における地熱資源による電源開発の現状と課題（湯本）

4.1 調査結果概要

（1）電力需給および送電網の現状

国家電力総合計画（2005年4月）によれば、イ国の2004年の地域別電力需給は表4-1に示すとおりである。ジャワ島・バリ島においてはPT PTNの電力送電網により100%電力が供給されているが、スマトラ島、カリマンタン島、スラウェシ島においてはPT PLNの送電網電力を通じた電力供給地域と独立電源（小規模発電と配電網）による電力供給地域が混在している。そのほかの島はすべて独立電源による電力供給が行われている。

表4-1 2004年の地域別電力需要および供給形態

地域名		最大電力 (MW)	発電電力量 (GWh)	電力供給
スマトラ島	NAD 州	210	748	50%が系統電力
	北スマトラ州	926	4,870	ほぼ全量が系統電力
	西スマトラ州	295	1,676	90%が系統電力
	Riau 州	322	1,654	55%が系統電力
	Jambi・南スマトラ・ Bengkulu 州	472	118	90%が系統電力
	Lampung 州	306	1,370	99%程度が系統電力
	Bangka Belitung 諸島 州	60	273	独立電源
	Batam 州	32	838	系統電力
ジャワ・ バリ島	バリ州	389	1,896*	系統電力
	東ジャワ州	3,107	16,421*	系統電力
	中部ジャワ・ジョグジャ カルタ特別州	2,220	10,843*	系統電力
	西ジャワ・バンテン州	4,682	27,279*	系統電力
	ジャカルタ特別州・ Tangerang 州	3,912	23,333*	系統電力
カリマンタン島	東カリマンタン州	245	1,420	80%が系統電力
	中部・南カリマンタン 州	289	1,552	80%が系統電力
	西カリマンタン州	196	989	60%が系統電力
スラウェシ島	北・中部スラウェシ州、 Gorentalo 州	242	1,125	60%が系統電力
	南・東南スラウェシ州	490	2,485	85%が系統電力
Nusa Tenggara 島	西 Nusa Tenggara 州	105	423	独立電源
	東 Nusa Tenggara 州	62	263	独立電源
マルク島	—	78	305	独立電源
パプア	—	90	485	独立電源

注：*は需要電力量である。

出典：国家電力総合計画（2005年4月）に基づき作成。

イ国の電力需要（PT PLN 社管内）は、表４－２に示すように年々増加しており、特に 2004 年には対前年比 13.8%と大幅な増加となっている。

表４－２ PT PLN 社の料金区分別販売電力量の推移

料金区分	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	構成比 (%)
家庭用	22,739	24,866	26,884	30,563	33,340	35,836	37,775	38,318	38.67
増加率 (%)		9.4	8.1	13.7	9.1	7.5	5.4	6.9	
業務用	7,250	8,667	9,330	10,576	11,395	11,845	13,224	14,128	14.26
増加率 (%)		19.5	7.6	13.4	7.7	3.9	11.6	19.3	
工業用	30,709	27,985	31,338	34,013	35,593	36,831	36,497	40,058	40.43
増加率 (%)		(8.9)	12.0	8.5	4.6	3.5	(0.9)	8.8	
その他	3,554	3,743	3,780	4,012	4,192	2,576	2,945	6,581	6.64
増加率 (%)		5.3	1.0	6.1	4.5	(38.5)	14.3	155.5	
合計	64,252	65,261	71,332	79,164	84,520	87,088	90,441	99,085	100.0
増加率 (%)		1.6	9.3	11.0	6.8	3.0	3.9	13.8	

単位：GWh

出典：PT PLN 社ホームページ (<http://www.pln.co.id/>)

イ国の電力需要の 80%を占めるジャワ・バリ系統の今後 10 年間の電力需給バランスは表 4－3 に示すように、長期的に供給力不足が継続する見通しであり、電源開発の促進が緊急の課題となっている。

表４－３ ジャワ・バリ系統の電力需給バランス

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
最大電力	14,851	15,886	17,008	18,090	19,525	21,152	22,563	24,393	26,362	28,262
既設設備	18,658	18,658	18,658	18,658	18,658	18,658	18,658	18,471	18,287	18,288
増設設備	0	2,770	350	1,525	720	0	0	0	0	0
うち地熱	0	120	300	180	0	0	0	0	0	0
新設設備	0	145	375	0	1,230	2,380	2,330	1,890	2,360	2,320
うち地熱	0	0	0	0	0	60	0	0	0	0
総設備容量	18,658	21,573	22,298	23,823	25,773	28,153	30,483	32,186	34,362	36,683
必要出力	20,048	21,446	22,961	24,421	26,359	28,556	29,332	31,711	34,271	36,741
不足／余剰電力	-1,390	127	-663	-598	-586	-403	1,151	475	91	-58

注：単位：MW、不足電力量は－表示

出典：国家電力総合計画（2005 年 4 月）

インドネシアの送電系統は、ジャワ・バリ、スマトラ、スラウェシ、カリマンタンの各島部に分かれており、さらにスマトラ、スラウェシ、カリマンタンでは南北あるいは東西に分断された系統となっている。ジャワ・バリ系統は、首都ジャカルタを中心とするジャワ島西部に電力需要が集中しており、潮流は常にジャワ島東部から西部への重潮流となっている。以下に各島の送電系統を示す³。



図 4-1 ジャワ・バリ送電系統



図 4-2 スマトラ島の送電系統

³ 出典：国家電力総合計画（2005 年 4 月）



図 4－3 カリマンタン島の送電系統



図 4－4 スラウェシ島の送電系統

(2) 地熱資源による電源開発の現状

国家電力総合計画（2005 年 4 月）によれば、2025 年までの電源構成は表 4－4 に示すように推移するものと予想されている。石炭火力がベースロード用電源として大勢を占めており、2005 年の 38%から 2025 年には 51%に増加するものと予測されている。石油火力については、2005 年の 22%から 2025 年には 7%に低下する見込みである。地熱発電については、2005 年の 3%から 2025 年には 5%まで上昇し、その後構成比はやや低下して 2025 年には 4%になるものと予測されている。

表 4－4 発電用一次エネルギー構成比の推移（％）

一次エネルギーの種類	2005 年	2010 年	2015 年	2020 年	2025 年
石炭	38	40	44	52	51
ガス	30	34	34	29	27
石油	22	15	11	7	7
地熱	3	5	5	3	4
水力	7	6	6	4	4
原子力	0	0	0	5	7

現在運転中の地熱発電所は表 4－5 に示すように、7 ヲ所、807MW である。国家電力総合計画（2005 年 4 月）によれば、2005 年から 2015 年までに運転開始予定の地熱発電所は、下記のとおりであり、ジャワ・バリ系統で 650MW、外島地域で 318MW、合計で 968MW となっている。

ジャワ・バリ系統

2006 年：	Kamojang (IPP)	：	60MW
	Patuha (IPP)	：	60MW
2007 年：	Wayang Windu (IPP)	：	110MW
	Darajat 3 号機 (IPP)	：	110MW
	Dieng (IPP)	：	60MW
	Bedugul (IPP)	：	10MW
2008 年：	Patuha (IPP)	：	120MW
	Dieng (IPP)	：	60MW
2010 年：	Kamojang (PLN)	：	60MW
小計		：	650MW

外島地域

2006 年：	Teluk Lembu (IPP)	：	20MW
2007 年：	Ulumbu (PLN)	：	3MW
	Tenjung Batu Mel (IPP)	：	20MW
	Sengkang (IPP)	：	65MW
2009 年：	Lahendong (PLN)	：	20MW
	Arun (IPP)	：	60MW
2010 年：	Lahendong (PLN)	：	20MW
2011 年：	Ulubelu (PLN)	：	110MW
小計		：	318MW

表 4－5 運転開始および開発中の地熱発電所

No.	名称	開発者	発電中	売電 契約	POTENCY (JOC*/ ENTERPRISE)	開発計画 2008	開発計画 2012	開発計画 2016
1	SIBAYAK	PERTAMINA	2	120	120	10	40	20
2	SIBUAL-BUALI (SARULA)	PLN		330	1000	220	220	110
3	SUNGAIPENUH	PERTAMINA					55	55
4	HULULAIS-TAMBANG SAWAH	PERTAMINA					55	55
5	LUMUT BALAI	PERTAMINA			400	110	110	110
6	WAYPANAS (ULU BELU)	PERTAMINA			330	110	110	55
7	CIBEUREUM-PARABAKTI (SALAK)	UNOCAL	330	495	500	0	110	0
8	PANGALENGAN ■ KAWAH CIBUNI ■ GUNUNG PATUHA ■ WAYANG WINDU	YALA TEKNOSA GEODIPA MNL		10 400 400	20 400 400	10 120 110	0 60 110	0 0 0
9	KAMOJANG-DARAJAT ■ KAMOJANG ■ DARAJAT	PERTAMINA AMOSEAS	140 145	260 330	300 450	60 190	60 110	0 0
10	KARAHA, CAKRABUANA	KBC		400	400	55	55	0
11	DTT. DIENG	GEODIPA	60	400	400	120	60	60
12	IYANG, ARGOPURO	PERTAMINA					55	55
13	TABANAN BALI (BEDUGUL)	BUMI BALI		175	400 (reserve)	10	175	0
14	LAHENDONG	PERTAMINA	20	60	200	60	40	20
15	KOTAMOBAGU	PERTAMINA			185		60	60
16	TULEHU	PLN			16		16	0
17	MATALOKO	PLN			60	2	6	0
18	ULUMBU	PLN			10	6	0	0
合計			807	3605	5491	1193	1442	600

出典：DGGMR

PLN 資料に記載されている電源別発電オペレーショナルコストは表 4－6 に示すとおりであり、地熱発電のオペレーショナルコストは全電源平均よりも高い水準にある。

表 4－6 平均オペレーショナルコスト

年	水力	汽力	ディーゼル	ガスタービン	地熱	コンバインド サイクル	平均
1999	29.55	116.08	221.36	224.38	275.26	192.63	146.79
2000	32.61	109.79	231.92	324.29	262.00	204.51	148.33
2001	36.31	149.09	408.15	592.06	319.95	265.36	203.71
2002	208.53	236.73	849.60	875.02	368.90	316.32	329.74
2003	128.81	265.47	701.89	791.29	400.42	362.88	339.29
2004	123.26	273.46	673.34	862.66	415.62	370.27	351.34

単位：Rp/kWh（1999～2000 年は維持コスト含まず）

出典：Statistik PLN 2004

（３）地熱資源開発に係る環境社会配慮

イ国は環境影響評価に係る政令（Government Regulation No.51, 1993）に基づき、環境に大きな影響をもたらす恐れがある事業について環境影響評価を義務づけている。地熱発電所については、出力が 55MW 以上の発電所が環境影響評価の対象となっている。また、55MW 未満の地熱発電所であっても表 4－7 に示す保護地域に立地する場合には環境影響評価を義務づけられている。

表 4－7 保護地域の一覧

森林保護地域、ピート地域、水源地域、海岸、河川岸、湖沼・貯水池周辺地域 自然保護地域、海洋および淡水保護地域、マングローブ地域、国立公園、 リクレーション公園、文化遺跡および科学的研究地域、自然災害の恐れがある地域

環境影響評価は、スコーピングを主たる内容とする実施計画書（KA-ANDAL）の提出およびプロジェクトを管轄する省庁に設置される環境評価委員会の審査と環境影響評価書（Analisis Dampak Lingkungan : ANDAL）、環境管理計画（RPL）、環境モニタリング計画（RKL）の提出および環境評価委員会の審査の２段階で実施される。なお、イ国の環境影響評価制度では、初期環境調査の義務づけについては、特段の規定はない。

また、地熱発電に特に関連する環境規制としては、下記の硫化水素の大気排出基準がある。

- ・硫化水素（H₂S）：35mg/m³（約 25ppm）

また、硫化水素の環境基準は 0.03ppm である。

（４）CDM 事業化検討

イ国の DNA は環境省、MEMR 等の関係省庁で構成される国家 CDM 委員会で、事務局は環境省である。国家 CDM 委員会のメンバーは表 4－8 のとおりで、次官、局長クラスで構成されている。また、実際の審査を行うテクニカルチーム（Ir. Sulistyowati, Assistant Deputy for Climate Change Impact Control, 環境省が委員長）が設置されており、テクニカルチームには各省局長クラスおよび NGO の WWW Indonesia により構成されている。

表 4－8 国家 CDM 委員会メンバー

氏名	省庁名	役職
Dra Masnellyarti Hilman (議長)	環境省	Deputy for Improvement in Conservation of Natural Resources and Control of Environmental Destruction
M. Hikman Manaf	エネルギー・鉱物資源省	Expert Staff of the Ministry on Regional and Environmental Affairs
Ir. Sunaryo	森林省	Expert Staff of the Ministry on Forestry Partnership
Ir. Agus Tjahana	工業省	Head of the Industry and Development Agency
Susanto Sutoyo	外務省	Director General of Multilateral Economy, Finance and Development
Seman Widjoyo	内務省	Director General of Regional Development Improvement
Ir. Abdul Razak Manan	通信省	Expert Staff of the Minister on Environment and Energy
Ir. Achmad Suryana	農業省	Head of the Agricultural Research and Development
Ir. Dedi M Masykur Riyadi	国家開発企画省	Deputy for Natural Resources and Environment

DNA はすでに CDM プロジェクトの国家承認を審査するための手続き、持続可能な開発についての指標（環境、経済、社会、技術）を定めている。CDM プロジェクトの承認手続きは図 4－5 に示すとおりである。

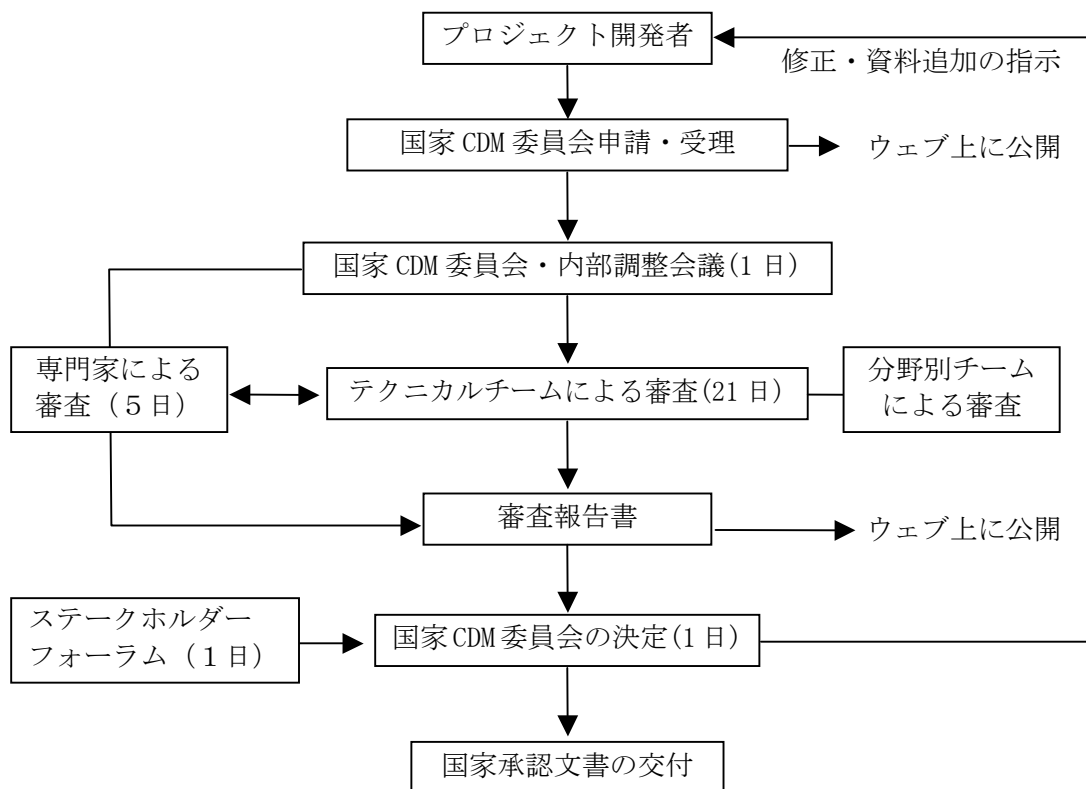


図 4－5 CDM プロジェクト国家承認手続きフロー

個別プロジェクトの審査の基準は、経済、環境、社会、技術移転の4つであり、それぞれの評価内容は次のとおりである。

- ① 経済的評価
 - ・ 所得の創出
 - ・ 地域コミュニティの繁栄
 - ・ 投資資金の流入
- ② 環境面の評価
 - ・ 自然環境の保全と多様性による環境持続性
 - ・ 地域コミュニティの健康と安全
- ③ 社会的評価
 - ・ 地域コミュニティの参加
 - ・ 地域コミュニティの社会的健全性に悪影響を及ぼさないこと
 - ・ 社会施設の向上
- ④ 技術移転
 - ・ 技術移転
 - ・ 固有・既存の技術の向上
 - ・ 知識の移転
 - ・ 実験段階の技術を用いないこと

個別 CDM プロジェクトの審査状況については、国家承認を行ったプロジェクトはまだないが、現在4件の承認申請が出されている。4件の内訳は、インドセメントの燃料転換・混合セメント化プロジェクト、2件のパームオイルプロジェクト（パームオイルの殻を燃料とする10MWのバイオマス発電）、太陽熱調理器（ソーラークッカー）プロジェクトである。太陽熱調理器のプロジェクトはドイツの環境省の支援で実施している。

地熱発電については、シェブロンテキサコ社が PDD を作成中である。残された課題は電力の排出係数の算出であり、PLN 社がジャワ・バリ系統の排出係数算出に必要なデータを提供することを待っている段階である。シェブロンテキサコ社の Darajat 地熱発電所のほかに、スラウェシ島の Lahendong 地熱発電所3号機（PCI が PDD 作成中）、スマトラ島の Ulubelu 地熱発電所（三菱証券が PDD 作成中）が準備中である。

4.2 今後の協力の方向性

イ国は、ジャワ・バリ系統を中心に急増する電力需要に対応するため、大規模な電源開発を必要としている。一方、国内石油資源の枯渇等を背景に、石油に代わる再生可能エネルギー開発を積極的に推進することにしており、その中でも地熱発電に対する期待が大きい。

地熱発電の開発促進のため、民間投資家の地熱資源開発への参入を可能とする地熱法が制定されており、政府は地熱資源地域について入札により新規開発事業者を選定することとしている。この地熱法に基づく新規地熱資源開発を軌道に乗せ、新規電源開発に結びつけるためには、政府が地熱資源地域についての地熱資源賦存量、環境影響、送電線へのアクセス等にかかる基礎的な情報を整備し民間投資家に提供することにより、民間投資家の地熱資源開発のリスク低減を図ることが最も重要な政策課題である。

地熱資源開発のリスクとしては、地熱資源量評価のリスクが最大であるが、このほかにすべての電源開発プロジェクトに共通する電力会社との売電交渉に伴うリスク（送電容量、売電価格等売電条件）、地熱開発地域周辺の住民・自治体との紛争リスク、自然環境保全等環境問題をめぐる紛争リスク等がある。また、地熱資源開発会社と地熱発電会社が別法人の場合には、蒸気供給契約にかかるリスクも存在する。情報提供に当たっては、このような地熱資源評価以外にリスクについてどのような情報を投資家が必要とするか、どの程度情報提供が可能かについて分析し、投資家にとって役に立つ情報提供を目指す必要がある。

また、地熱資源開発の投資収益性を高め、民間事業者の地熱資源開発に対する投資意欲を高めるため、CDM の適用可能性を明らかにし、地熱発電を容易に CDM プロジェクト化できる支援ツールを開発することも地熱資源開発に大きく寄与するものと考えられる。

第5章 本格調査への提言

本プロジェクト形成調査の結果に基づき、想定される本格調査の TOR (Terms of Reference : TOR) に関して以下のとおり提言する（なお、本提言が本格調査の公示に際し業務指示書等になるものではない）。

5.1 本格調査の目的

イ国は、地熱発電資源量が 27,357.5MWe と見積もられる世界最大の地熱資源賦存国であるが、2004 年現在の発電設備容量は 807MWe であり、資源量の 3 % にも満たない。また、イ国は 2002 年に石油の純輸入国に転じており、一次エネルギー源の分散を図る目的から地熱発電を促進するために、2025 年における地熱発電設備容量の開発目標を 9,500MWe とし、立法的にも、政策的にも、組織改変の面でも、抜本的な自助努力を行いつつある。このような背景から、本調査事業の目的は、地熱発電開発の促進を目指しているイ国エネルギー・鉱物資源省の開発計画の策定および開発調査の実施を支援することにある。

- ①2025 年までを目途とした地熱発電開発マスタープラン（M/P）を作成する。
- ②同国技術者が、今後自力で M/P 作成（精度向上のための見直し）および F/S を実施することができるように、地熱発電開発計画策定に関するデータベースとマニュアルを作成し、エネルギー・鉱物資源省技術者（カウンターパート）への技術移転を図る。

5.2 本格調査の概要

（1）調査対象地域

イ国全地域の地熱開発有望地点 252 地域のうち 70 地点とする（第3章 表3-1 参照）。

（2）調査の範囲および項目

本調査事業は 2005 年 10 月 5 日に合意された M/M に基づき実施されるものである。したがって、下記の調査内容に示す事項の調査を行い、成果品に示す報告書を作成し、調査報告についてはイ国側に対して説明・協議を行うものとする。調査内容は M/M に基づき、大きく、1) データ・情報収集、2) 全国地熱資源調査、3) 自然・社会環境調査、4) マスタープラン策定、に分けられる。

1) データ・情報収集

データ・情報収集では M/P 策定の背景となる、イ国の地熱発電開発に関連する基礎的情報を収集する。具体的には以下の項目に関して情報を収集する。

- ・地熱エネルギー開発政策および地熱開発に関連する法律・規則
- ・地熱開発に関連する政府組織・研究機関の役割・所掌範囲
- ・地熱資源ポテンシャルに関する資源量と確認資源量
- ・地熱探査・開発の活動動向
- ・地熱 IPP 事業と運営
- ・電力の需給バランス

- ・発電所と送電網に関する電源開発計画
- ・地熱発電に対する競合エネルギーの発電コスト見積もり
- ・地熱開発に関連する環境規則
- ・イ国環境省法令 No.11、1994 の保護区を含む自然および社会環境状況

2) 全国地熱資源調査

全国地熱資源調査では、70 地熱地域において既存資料を収集し、データベース化して、地熱資源ポテンシャルの観点から、優先的に開発すべき 15～20 地熱地域を選定する。この 15～20 地熱地域においては、補足資源（地質・流体地化学および環境）調査を行い、その資料をさらにデータベースに追加する。その結果をもとに、主に 15～20 地熱地域の資源を評価する。ただし、これらの地域のみでは 2025 年までに 9,500MWe を目指すための M/P は描けない。このため、それ以外の 70 地熱地域においても、簡易的に地熱資源を評価する必要がある。評価結果は、既存の評価ソフトをイ国の地熱プロジェクト評価用に改良し、資源量（出力）および事業経済性で評価結果を表現する。具体的には以下の項目に関して作業を行う。

- ・70 地熱有望地域の予備的評価
- ・15～20 補足資源調査地域の選定
- ・15～20 選定地域における補足地質調査
- ・15～20 選定地域における補足地化学調査
- ・地熱資源データベースの設計の研究
- ・15～20 選定地域における詳細資源量評価と他の 70 地域における簡易資源量評価
- ・15～20 選定地域における詳細経済性評価と他の 70 地域における簡易経済性評価
- ・最も有望な 1～2 選定地域における電磁気探査(MT 調査)と時間領域電磁気探査(TDEM)による補足物理探査

3) 自然・社会環境調査

自然・社会環境調査では、15～20 地熱地域については自然環境・社会環境等の開発上の情報収集・課題抽出を行い、これを取りまとめる。具体的には以下の項目に関して作業を行う。

- ・地熱探査および地熱発電開発を含む地熱開発のための AMDAL（環境影響評価）のスコアリング作業（環境影響評価の対象項目等の特定）
- ・15～20 選定地域における初期環境調査
- ・15～20 選定地域における温室効果ガス削減量見積もり
- ・地熱発電プラントのための標準化された CDM Project Design Document（PDD）の開発

4) マスタープラン策定

マスタープラン策定ではこれらの結果を総合して、a) 地熱開発データベース、b) 地熱地域ごとの開発優先順位づけ、c) 実行計画、の 3 つの内容について策定を行う。

a) 地熱開発データベース

このデータベースは 70 地熱地域における以下のデータや情報を含むものとする。

<70 地域における地熱資源データ>

- ・地熱資源分布とそのポテンシャル

- ・蒸気コストの見積もり

<15～20 地域における電力の需給データ>

- ・電力の需給バランス
- ・発電所や送電網を含む電源開発計画
- ・送電網までのアクセス
- ・地熱発電コストと競合エネルギーの発電コスト（見積もり）

<15～20 地域における自然・社会環境データ>

- ・イ国環境省法令 No.11、1994 で指定されている保護区の分布と対象地域との関係
- ・初期環境影響調査
- ・温室効果ガス削減量見積もり

b) 地熱地域ごとの開発優先順位づけ

地熱開発の優先順位は以下の項目の研究を通じて行う。

- ・地熱地域の評価基準の構築。この評価基準は地熱資源ポテンシャル、地熱エネルギーに対する競合エネルギーのポテンシャル、電力の需給バランス、送電網へのアクセス、開発事業の経済性、自然・社会環境影響などを含む
- ・地熱資源データベースとこの評価基準とに基づき、地熱地域を評価
- ・地熱地域の開発優先順位の決定

c) 実行計画

実行計画は以下の項目を含む。

- ・選定地点の開発計画
- ・CD-ROM やウェブ等の利用による地熱開発データベースの一部データの公開方法の確立
- ・地熱開発データベースを更新する研究機関の実施体制や能力の確立
- ・地熱探査データから地熱資源の資源量、開発方法を把握し、経済性を評価するための地熱開発データベース・評価ソフトウェアの改良と将来的改良指針の確立
- ・CDM の適用を含め、地熱地域の探査を促進するためのインセンティブの提言
- ・地熱資源の多目的利用の提言

(3) 調査工程

本調査事業は 2005 年 10 月 5 日調印の M/M により、その実施期間が 18 ヶ月と定められている。調査期間は 2005 年度から 2007 年度の 3 年次にわたり、大きく 1) 予備調査段階、2) マスタープラン調査段階、3) マスタープラン策定段階に分けられる。したがって、この時系列的な調査工程においては、前出の 4 つの調査区分が複合的に含まれる。その詳細スケジュール案を表 3-2（第 3 章）に示す。

1) 予備調査段階

○国内準備作業

関連資料・情報を収集・分析し、インセプションレポートを作成する。これには調査の基本方針、調査方法、数量、工程等を検討のうえ、記述する。また、技術移転計画を作成し、この中でイ国側に技術移転を行う分野、項目、内容、方法、時期等についての計画を作成す

る。

○第1次現地調査

インセプションレポートをイ国側に提出し、説明・協議を行う。あわせて、技術移転計画を提示し、調査における技術移転の概要についてイ国側の理解を得る。これが第1回ワークショップである。また、調査を実施するうえで必要となる次のデータ・情報を収集する。必要に応じて現地再委託業者の選定、契約を行う。

①地熱資源

②電力需要、既設電力設備・送電線網、電源開発計画、送電線整備計画

③自然・社会環境

④電力政策、電源開発組織・制度、開発権、ドナーの支援計画

⑤地熱多目的利用

⑥地方産業育成計画等中央・地方政府方針政策

さらに、調査を実施するうえで必要となるイ国側が保有する資機材について確認する。

2) マスタープラン調査段階

○第1次国内調査

収集したデータ・情報を目的別に整理し、分析・解析する。分析・解析結果をもとに地熱資源データベースを構築する。これを用いて、地熱開発調査候補地点70点を、地熱資源の有望度の観点から評価する。この結果に基づき、開発を優先すべき15～20地点を抽出する。この15～20地点については、イ国側の関心が高いため、あらかじめ、先方の了解をとる。そのうえで、15～20地点の補足調査の計画を立てる。この中では、評価された地熱開発調査候補地点の地熱資源量評価に不足している地熱資源（量・質）に関する情報を収集するために、地質・流体地化学調査等の補足調査を計画する。また、候補地点については、社会・自然環境上の課題を明らかにし、対策を検討するための現地調査も併せて計画する。それらの内容は以下のとおりである。

①地質調査については地質構造や熱構造、貯留層構造・分布を検討するために必要な地質層序、変質帯、断裂系調査等について検討し、岩石や変質岩の分析が必要な場合その分析項目、数量を決定する。

②流体地化学調査については、地熱地域の貯留層構造・周辺水理、さらには地熱流体の特性（温度、化学組成）を把握するために必要な温泉水（地熱水）、噴気（蒸気）や地表水の化学・同位体分析結果について検討し、不足しているものについて調査すべき項目・数量を明らかにする。

③候補地点について「JICA 環境社会ガイドライン」に沿った検討を行うのに情報が不足している場合には、現地調査を行い、情報が収集できるように計画する。

④電力セクターや関連法規・政策等について情報が不足している場合には、情報収集や関係機関の意見聴取を補足調査に含める。

さらに、以下のよう、地熱資源評価方法を検討する。

①抽出された地熱開発調査候補地点の地熱資源量評価方法を検討する。

②抽出された地熱開発調査候補地点の地熱開発経済財務評価方法を検討する。

③地熱資源データベース構築方法を検討する。

○第2次現地調査

まず、現地補足調査に関する相互理解のために、プロGRESSレポート（草稿、非成果品）をイ国側に提出するとともに、現地補足調査計画に関する説明・協議を行う。これが第2回ワークショップである。その後、15～20 地域において、地質鉱物資源総局と協力して、現地補足調査を実施する。その内容は以下のとおりである。

- ①地質調査については地質構造や熱構造、貯留層構造・分布を検討するために必要な地質層序、変質帯、断裂系調査等の現地調査を行い、岩石や変質岩の分析を行う。
- ②流体地化学調査については、地熱地域の貯留層構造・周辺水理、さらには地熱流体の特性（温度、化学組成）を把握するために必要な温泉水（地熱水）、噴気（蒸気）や地表水の現地調査を行い、化学・同位体分析のための流体採取を行う。
- ③電力セクターに関して、電力総局、PLN から、電源開発計画、送電線網整備計画、電力需要想定等に関する情報を収集する。
- ④候補地点の自然・社会環境について、課題の抽出・対策の検討のために必要な情報を現地にて収集する。

○第2次国内調査

補足調査の分析結果をもとに、最終的な地熱資源データベースを構築し、地熱資源量評価を行う。また、以下のように、補足調査結果の分析を行う。

- ①各地熱開発調査候補地点の地質構造、熱構造、流体流動についてまとめ、それらを総合的に検討し、地熱構造・地熱貯留層構造、地熱流体特性を明らかにする。
- ②地熱調査候補地点の地熱資源量を、統計的手法を適用した容積法により推定する。地熱貯留層の規模等入力するパラメータについては、想定されたモデルに基づいて適切な値を設定できるように留意する。
- ③各地熱調査候補地点で推定された地熱資源量の開発を行うために必要なコストを概算し、発電原価の試算を行う。計算に当たっては日本国内の既存の地熱評価ソフトウェアを適切に改良し利用する。
- ④地熱資源評価に必要な地熱貯留層分布および流体流動・特性（温度、流体化学特性等）を把握するために必要な情報を、補足的に地質調査・流体地化学調査を行うことで収集する。地質調査では岩石・変質岩の分析や断裂系調査等を実施し、また流体地化学調査では熱水・ガスの化学組成・同位体組成を分析し、モデル構築、流体特性把握に用いることができるように調査結果をまとめる。
- ⑤電力セクター調査結果等の分析を行い、現在の電源開発計画および送電線網整備計画を把握し、各地点の地熱発電開発の電力供給上の位置づけを明確にする。
- ⑥地熱開発調査候補地点の開発現状と課題を、技術的および自然・社会環境の観点から抽出し、整理する。

これらの結果から、開発優先度が高く、かつ最も重要な1～2の地熱地域を抽出する。

○第3次現地調査

抽出された1～2の地熱地域において、MT 調査およびTDEM 調査を実施する。

○第3次国内調査

MT 調査およびTDEM 調査の解析結果をまとめるとともに、中間報告書を作成する。

○第4次現地調査

インテリムレポートの結果をイ国側に報告・協議する。これが第3回ワークショップである。

3) マスタープラン策定段階

○第4次国内調査

最終的な地熱資源データベースをもとに、自然・社会環境条件や政策的要素を加味した評価基準を作成し、地熱開発データベースを構築する。これをもとに、地熱開発シナリオや政策提言など、地熱発電開発 M/P を策定する。その内容は以下のとおりである。

- ①資源評価・コスト計算システムを用いて、各候補地点の地熱資源を評価する。開発有望地点の事業計画を検討し、その経済性を検討する。経済性の検討は、事業の発電単価、内部収益率等を算出し評価する。重要なパラメータに関しては感度解析を行う。
- ②評価結果を数値化し、これに加えて自然・社会環境、送電線網整備、電力需要、国・地方の開発政策等を考慮し、開発優先順位を決める。上位の有望地点 15～20 地域について具体的な開発方法を検討し、提案するとともに、開発に必要なコストの提示を行う。
- ③M/P は 2025 年の 9,500 MWe に至る開発シナリオへの支援を目的としているため、15～20 地域の評価のみでは資源量的に不十分である。そのため、70 地域の残りの地域についても、限られたデータを用いて、簡易的または画一的な方法により、資源量、コスト、開発優先順位等を評価する。
- ④70 地域の自然・社会環境の状況についてまとめ、解決すべき課題がある場合には対策を検討し提案する。
- ⑤15～20 地域についての地熱発電電源開発計画を作成する。作成に当たっては他の電源開発計画や送電線開発計画との調整を行い、電力需要想定に整合させる。
- ⑥地熱発電を核とした地熱多目的利用による地域経済振興策を検討する。
- ⑦15～20 地域を開発するうえで必要な資金の調達方法について整理し、最適な事業形態を検討する。特に、円借款事業の対象となる可能性のある地点については、詳細に検討する。
- ⑧15～20 地域の CDM を利用した事業化の可能性について検討し、モデル的 PDD を作成し、その承認手続きを行う場合の方法を検討する。

4) ドラフトファイナルレポートの作成

2 年次の調査結果をまとめドラフトファイナルレポートを作成する。

○第5次現地調査

イ国側関係者を招き、ドラフトファイナルレポートについてイ国側関係機関との調整・技術移転・プロジェクトの妥当性確認・成果アピールのため、これまでの内部的な3回のワークショップと異なり、公開方式の本格的な第4回ワークショップを開催する。また、ファイナルレポートを作成する。これにはワークショップの結果を反映させる。なお、DMRI の意見によれば、本ワークショップに希望するテーマ名は **Investment Opportunity in Geothermal Development -After Geothermal Law-** である。その理由は、2005 年 10 月 24 日の週に、地熱に関する新しい政府規則草案 **Government Implementation Guideline for Law** が内閣に上程され、これより 1 ヶ月以内に発効される予定だからである。M/P の成果である政策提言などを、こ

のようなテーマとともにアピールすれば、相乗効果が期待されるとのことである。

(4) 調査業務量および団員 T/R

調査に参加が必要な専門家と予定期間は以下のとおりである（第3章 表3-2）。

1) 日本側（11名構成、リーダーはいずれかの資源関係専門家が兼務）

表3-2（第3章）のように、補足資源調査に許された調査期間は、1.5 ヶ月に過ぎないため、地質専門家と地化学専門家は2チーム編成にすることが必須の条件である。このため、両専門家とも2名としている。各専門家の目安となる業務量は下記のとおり（詳細は第3章 表3-2 参照）。

日本側：65.5MM（うち現地 24.0MM）

・地質専門家A	9.6MM（うち現地 3.5MM）
・地質専門家B	1.5MM（うち現地 1.5MM）
・地化学専門家A	9.6MM（うち現地 3.5MM）
・地化学専門家B	1.5MM（うち現地 1.5MM）
・物理探査専門家A	4.5MM（うち現地 2.5MM）
・物理探査専門家B	1.5MM（うち現地 0.0MM）
・資源データベース・経済性評価専門家	7.9MM（うち現地 2.0MM）
・地熱多目的利用専門家	7.9MM（うち現地 2.0MM）
・法制度・政策関係専門家	7.5MM（うち現地 2.5MM）
・電力需要・送電システム専門家	6.0MM（うち現地 2.5MM）
・環境影響評価・CDM 専門家	8.0MM（うち現地 2.5MM）

2) イ国側

日本側に対応する資源調査評価専門家（地質専門家、地化学専門家、物理探査専門家、資源データベース・経済性評価専門家）、電力需要・送電システム専門家、環境影響評価専門家、法制度・政策・CDM 関係専門家である。

(5) 調査フロー

第3章 図3-10 に本格調査のフローを示す。

(6) 調査用資機材

第3章 表3-3 に本格調査の調査用機材をまとめて示す。

(7) 現地再委託先

これについては、別途資料を提出する予定であるが、今回、地熱資源・データベースに関連して、4つの案件について、現地ローカル・コンサルタント・単価の調査を行った。1つ目はデータベースのデータ入力作業に関するもの、2つ目はインターネットのブロードバンド化に関するもの、3つ目は物理探査の MT 調査に関するものである。4つ目は環境調査に関するものである。詳細な会社情報・見積もり等は別途、詳細な資料を提出の予定であり、ここでは、

その必要性と調査結果概要のみを要約する。

1) データベースのデータ入力作業

データベースのデータ入力作業に関しては、人数・滞在時間の限られた調査団員が実行困難な部分であり、加えて原データの大部分がインドネシア語で書かれた報告書であることから、現地ローカル・コンサルタントを雇うことが適切と思われる。本件については、DMRI が比較的良好に利用している地質系科学に精通した会社として、CV SUMBER BERKAT という会社を紹介された。その単価は1人1ヵ月当たり、以下のとおりである。

1人1ヵ月（実働23日）当たり	4,600 US\$
会社手数料1人1ヵ月当たり	460 US\$
合計	5,060 US\$

2) インターネットのブロードバンド化

本格調査のベースを置くことが想定される DMRI の現在のインターネット環境に制約があることから、インターネットのブロードバンド化は不可欠と判断するに至った。700kb 程度の添付ファイルが付いているメールのダウンロードに 30 分以上を要する環境では、データベースのウェブ上公開はおろか、調査団員の各種ウェブサイトデータの利用やメール通信さえ、長時間を費やすこととなる。現地の会社にインターネット LAN システム高速化の経費を見積もったところ、以下のとおりであった。

初期登録費（LAN システム全体）	2,950,000 Rupiah
毎月費用（Premium 64 kbps、25 Mailbox）	4,600,000 Rupiah
これらには PPN という 10% の Tax がかかる	

3) MT 調査（地下比抵抗調査）

MT 調査（地下比抵抗調査）に関しては、イ国に実施可能な会社がある場合には、MT 機材輸送コストなど費用軽減の効果が大きいため、現地会社を雇うことが適切と思われる。調査の結果、ELNUSA GEOSAINS 社がインドネシアにおいて、唯一 MT 調査を実施可能な会社であることが判明した。同社はかつて、PERTAMINA の一部門であったが、現在では ELNUSA グループに所属する、完全な民間企業となっている。この場合、MT 調査と TDEM 調査を同時に行うことを前提としている。その経費を見積もったところ、機材輸送の関係で、地域的に費用が異なり、以下のとおりである。

ジャワ島	2,500 US\$/測点
スマトラ島	2,850 US\$/測点
スラウェシ島	2,750 US\$/測点

4) 現地作業員雇い上げ

このほかに、現地調査の円滑な遂行のため、以下の項目について、それぞれのローカルコンサルタントまたはローカル会社を通じて、作業員を雇用する。

- ①第1次現地調査の助勢人件費： 1人×1ヵ月
- ②第2次現地調査の助勢人件費： 1人×2.5ヵ月

- ③第3次現地調査の助勢人件費： 1人×2ヵ月
- ④第4次現地調査の助勢人件費： 1人×0.5ヵ月
- ⑤第5次現地調査の助勢人件費： 1人×0.5ヵ月
- ⑥第2次現地調査の交通費・日当・宿泊費 1人×2.5ヵ月
- ⑦第3次現地調査の交通費・日当・宿泊費 1人×2ヵ月
- ⑧ワークショップの助勢： 4回
- ⑨データ・情報収集の助勢： 1人×3ヵ月
- ⑩現地調整員：1人×3ヵ月
- ⑪以上の諸経費

(8) 技術移転計画

データ・情報収集、全国地熱資源調査、自然・社会環境調査、マスタープラン策定のそれぞれにおいて、カウンターパートの DGGMR 技術者と共同で作業を進め、その過程で技術移転を図る。特にデータベースに関しては、地熱資源データベース、地熱開発データベースともに、イ国側が独自で維持・発展可能な体制を確立する。また、マスタープラン策定は、その大半の目的が技術移転にある。さらに、ワークショップにおける情報交換の場も、成果移転の機会であると同時に、技術移転の機会である。

添付資料

1. 要請書

Application form for the Japanese Government's Development Study

2. 署名した協議議事録

3. 入手資料

1. 要請書

APPLICATION FORM FOR THE JAPANESE GOVERNMENT'S DEVELOPMENT STUDY

Application: the Government of Indonesia

1. Project Digest

(1) Project Title;

Master Plan Study for Geothermal Power Development in the Republic of Indonesia

(2) Requested Amount of Japanese Inputs

1) Master Plan for Promotion of Geothermal Power Business; Approx. 200 Million yen

2) Exploration Survey at the Most Promising Fields; Approx. 350 Million Yen per field (Surveys for 2 or 3 fields are expected)

(3) Location; To cover all geothermal fields in Indonesia: more than 70 prospective geothermal fields (Java, Bali, Sumatra, Sulawesi and Nusa Tenggara)

(4) Implementing Agency;

1) The Ministry of Energy and Mineral Resources; Directorate General of Geology and Mineral Resources (DGGMR)

2) Directorate General of Electricity and Energy Utilization (DGEEU)

3) Pertamina

4) PLN

- Number of Staff: DGGMR: 40 Pertamina: 50 PLN: 30 DGEEU: 10

- Annual Budget Allocation of the Agency: DGGMR: 20 billion Pertamina: 50 billion
PLN: 50 billion DGEEU: 50 billion

- Budget Allocation for Foreign Project: DGGMR: 0 Pertamina: 0 PLN: 0 DGEEU: 0

(5) Justification for the Conduct of the Study

(i) Present condition in the sector

a. The power expansion program for increasing power demand prepared by PLN does not include the precise geothermal power capacity even at the area where a large scale geothermal power can be developed. Lack of long-term geothermal power development plan.

b. The present geothermal map in Indonesia does not clarify the development method of the geothermal power; the fields to be developed by the private sectors and by national agencies (Pertamina/PLN) with international financial assistance, or with grant

aids. Each field should be evaluated with a certain development method.

- c. At most of the geothermal fields, i) confirmation of geothermal resource capacity, ii) formulation of development plan, and iii) coordination between geothermal power development and national power expansion plan (power source and transmission facilities) have not been carried out yet. These are indispensable for geothermal power development program and undeveloped these factors have delayed the geothermal power development in Indonesia.
 - d. Needs for regional development or possibility for use of multi-purpose geothermal energy are unclear.
- (ii) National/Local government development policy in the sector
- a. Geothermal power development agrees with the national policy as oil-alternative power source.
 - b. At the geothermal fields in Java and Bali Islands, private developers (resource developers and IPPs) have been participating in addition to the conventional geothermal development of upstream by Pertamina and downstream by PLN. So if the terms for development should be complete, the geothermal power development will be accelerated.
 - c. At the outside Java-Bali, geothermal development is, in principle and with some exceptions, carried out by Pertamina and PLN relationship. There is no outlook of expansion by private sectors.
 - d. It is understood that the ODA (Yen) loan will be applicable for downstream development (geothermal power plant) by PLN.
 - e. The geothermal resource can be applicable for agricultural industries at lowest possible cost. The geothermal energy can give additional values to the agricultural products by drying and air conditioning.
- (iii) Problems to be solved in the sector:
- a. In spite of a huge potential, the geothermal power development is far behind expectation.
 - b. There is no practical policy or financial plan to carry out the activities necessary for geothermal power development such as i) to confirm potential geothermal capacity, ii) to grasp power-generating capacity, and iii) to formulate the optimum development plan.
- (iv) Outline of the Project Study

- a. Each geothermal fields will be studied in view of technical (resource and possible power generation capacity), economic (power rate, economic viability and finance procurement), institutional (development policy and development assistance program) aspects together with power demand and supply balance. Then, the cause of delay in development will be studied. (Study of present situations)
 - b. According to the data and information available, possible development capacity (generating method) will be determined, the geothermal power development plan suitable for each fields will be formulated taking into account the power expansion program and environmental conditions, and then development scheme considering the economy and polity will be presented. (Master Plan Study)
 - c. A comprehensive geothermal resource utilization program will be planned incorporating the multi-purpose use of geothermal energy for regional development: development of small-scale industry using geothermal energy. (Master Plan Study)
 - d. At the most promising geothermal fields appropriate for development with Japanese ODA assistance, detailed geothermal resource study including exploration survey, slime hole drilling and reservoir simulation to accelerate the geothermal power development.
- (v) Overall Goal of the Project/Study
- a. To promote power development and multi-purpose utilization of geothermal resources in Indonesia for increasing power demand and electrification of remote areas and for activating rural industries.
 - b. To realize ODA Yen loan project of geothermal power development and to promote IPP project.
 - c. Capacity building for geothermal power development independent from foreign support.
- (vi) Purpose of the Project/Study
- a. To accelerate the development, the constraints and problem for undertaking at each geothermal field will be surveyed and studied in view of the geothermal resource, power demand, regional needs,

and institutional aspects, and then recommendations for appropriate development scheme will be made.

- b. Based on the studies above, the geothermal fields will be prioritized for development and an optimum development plan will be presented.
 - c. For a few geothermal fields evaluated appropriate for Yen Loan assistance, but lacking the geoscientific data necessary for project investment, the exploration survey to clarify the geothermal potential and to evaluate the reservoir capacity will be carried out including a few slim hole drillings and optimum power development capacity for development and development plan will be recommended.
 - d. The exploration survey stage will include the Capacity Building to enhance capability of counterparts (geoscientists); resource evaluation and geothermal power development planning technologies.
- (vii) Prospective beneficiaries of the Project/Study
- a. MP; Indonesian Government (DGGM/MEMR, Pertamina and PLN)
 - b. Resource FS; Indonesian Government (DGGM/MEMR, Pertamina and PLN), local government and people in and around the selected geothermal fields.
- (viii) Project's Priority relative to the National Development Plan/ Public Investment Program
- The project is not included in the national development plan but conducting MP study is very important to incorporate geothermal power project the national development plan by PLN. Resource FS is also indispensable to realize ODA Yen Loan project. Priority of these projects is high for MEMR
- (ix) Desired Commencement Date for the Study: Month February Year 2005
- (x) Expected Funding Source for the Resulting Capital Project after the Study is completed: The government projects; Yen Loan for outside Java-Bali, Private sector development project for Java-Bali fields.

(6) Other relevant projects, if any:

Promotion of domestic geothermal power related industries and multi-purpose geothermal energy related local small scale industries..

2. Terms of Reference of the proposed Study

(1) Necessity/Justification for the Study

In spite of a huge potential, the geothermal power development is far behind expectation. The power expansion program prepared by PLN does not include the precise geothermal power capacity even at the area where a large-scale geothermal power can be developed (Lack of long term geothermal power development plan). The above is due to unclear geothermal development plan and schedule.

The present geothermal map in Indonesia is not classified by the development method of the geothermal power; the fields to be developed by the private sectors and by national agencies (Pertamina/PLN) with international financial assistance, or with grant aids. Each field should be evaluated with a certain development method.

There are various barriers to promote geothermal power developments in Indonesia. From viewpoints of geothermal resource, power demand-supply and official policy and supports, identifications of the barriers and proposals of the solutions should be conducted.

At most of the geothermal fields, i) confirmation of geothermal resource capacity, ii) formulation of development plan, and iii) coordination between geothermal power development and national power expansion plan (power source and transmission facilities) have not been carried out yet. These are indispensable for geothermal power development program and undeveloped these factors have delayed the geothermal power development in Indonesia.

Since technologies of geothermal resource evaluation (reservoir simulation) and planning of development are indispensable for successful development, capacity building of PERTAMINA and DGGMR should be included in this project. Further This project should play an important role to incorporate geothermal power developments in power supply and multipurpose utilization of geothermal resource for local industry in and should be worthy for getting GER in CDM.

(2) Necessity/Justification for Japanese Cooperation:

Japan has excellent technologies for geothermal development considering environmental preservation and multi-purpose utilization for local industries and almost all Japanese geothermal fields have been evaluated by new resource evaluation program, which was developed by NEDO, (the Japanese Government, METI). Since geothermal power development

in Indonesia is stagnant and confused, technical and financial support from Japan are necessary to promote geothermal development in Indonesia systematically.

(3) Objectives of the Study

- a. To clarify constraints and barriers for promotion of geothermal power developments
- b. To study the financing and cost sharing schemes apply to geothermal development and total investment needed.
- c. To evaluate and study the problems of existing geothermal field licenses (which are more than 5000MW, while the existing development only around 800 MW)
- d. To select geothermal power projects for preferential development based on geothermal potential, power demand, transmission network, environmental preservation and local demand for multipurpose utilization to promote domestic industries.
- e. To formulate optimum proper power development, geothermal power plants construction program and private participation.
- f. To propose adequate organization, system and management and official supports for promotion of geothermal power development.
- g. To confirm characteristics and potential (power output) of geothermal resources in the selected fields by surface surveys, exploratory well drilling and reservoir simulation.
- h. To make basic plans for geothermal power development and plant construction of the selected fields.
- i. To make capacity building on resource evaluation, planning and CDM for geothermal power development.

(4) Area to be covered by the Study

To cover all geothermal fields in Indonesia: more than 70 prospective geothermal fields (Java, Bali, Sumatra, Sulawesi and Nusa Tenggara)

(5) Scope of the Study

(i) Master Plan

- a. Collection and data and information of geothermal fields
- b. Selection of prospective fields
- c. Analysis of the present status of each field
- d. Resource evaluation (modeling and potential evaluation)

- e. Adjustment with power demand and development plan
- f. Check of environment of the project fields
- g. Proposal of development method and priority
- h. Proposal of official support for projects acceleration
- i. Selection of the fields for resource feasibility study

(ii) Resource FS

- a. Surface surveys for delineating geothermal reservoir and detecting geothermal structure
- b. Exploratory well drilling
- c. Well discharge test
- d. Modeling of geothermal system
- e. Potential evaluation (Reservoir simulation)
- f. Planning of geothermal power development
- g. Environmental protection study

(6) Study Schedule

Year	1	2	3	4	5	6
Master Plan Study	▼ ▼	▼	□			
Exploration Survey (A-field)	=====	Exploration Survey Well Drilling	=====	Resource Evaluation/Project Formulation		
Exploration Survey (B-field)				=====		
Exploration Survey (C-field)					=====	
Outcome Presentation	□ □ □ ▼	□	▼	▼	□ □ ▼	▼

(7) Expected Major Outputs of the Study

- a. Present development status of each field
- b. Clarified geothermal fluid characteristics and estimated potentials of geothermal resources in each field
- c. Clarified barriers to promote geothermal power developments and proposed solutions
- d. Selection of the fields for preferential development
- e. Proposed adequate development method and organization for the selected field
- f. Proposed official supports for promotion of geothermal power development.
- g. Confirmed geothermal reservoir existence in the objected development fields by

well drilling and test

- h. Clarified capacity and scenario of the objected development fields
- i. Procedure for getting CER in CDM of the objected geothermal development

(8) Possibility to be implemented/ Expected funding resources

Government finance ?

(9) Request for assistance from other donor agencies, if any

None so far ?

3. Input from the Implementing Agency

(1) Assignment of counterpart personnel (number, level of technical capacity)

DGGMR :	Graduate geoscientists:	10 persons
Perlamina:	Graduate geoscientists:	10 persons
PLN;	Graduate electro-mechanical engineers:	10 persons
DGEEU	Graduate geoscientists:	5 persons

(2) Available data, information, documents, maps etc. to the Study:

Basic topographic, geoscientific data (including data of existing wells and distribution of alteration zones, etc), power system data and power expansion program will be provided.

(3) Security conditions in the Study Area:

For the field survey, the counterpart engineers or scientists will always accompany the study team to ensure the safety of the study team. Prior to the fields survey, necessary information will be collected to assure the safety of the study team and the utmost efforts for the safety of the study team will be made by the Indonesian counterparts.

Upon arrival of Study Team members in Indonesia, the credential or Identification cards will be issued to the team members.

1. Global Issues (Environment, Gender, Poverty etc.)

- (1) Environmental components (such as pollution control, water supply, sewage, environmental management, forestry, biodiversity) of the Project/Study, if any.
The environmental preservation survey will be carried out by the Study Team in collaboration with the counterparts.

The necessary certificate for environmental preservation necessary for development, i.e., well drilling, will be filed and obtained by the counterpart.

- (2) Anticipated environmental impacts of the Project/Study (both natural and man-made), if any.

No impacts are anticipated during the master plan study but some minor impacts will be expected during slime hole well drilling. The certain measures for such impacts will be studied before drilling and the measures will be taken during drilling and well discharge tests. The environmental certificate for well drilling will be applied for the government of Indonesia.

- (3) Whether or not women are main beneficiaries of the Project/Study.

Where the small scale agricultural industries using geothermal energy should be created, the local people including women will have job opportunities and benefit the higher living standard. Even where the geothermal power should be implemented, the local communities will benefit with the job opportunities during construction and after start of operation.

- (4) Project components which require special consideration for women (such as gender difference, women specific role, participation): If any

No specific women requirements nor gender difference.

- (5) Anticipated impact on women caused by the Project/Study, if any

None

(6) Poverty alleviation components of the Project/Study, if any

Project implementation will create the job opportunity in the objective fields, and accordingly enhance the living of standards.

(7) Projects/Study's possible adverse effects against the low-income people, if any.

None

5. Undertaking of the Indonesian Government.

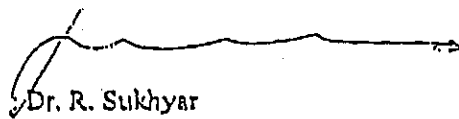
- 1) In order to facilitate the smooth and efficient conduct of the Study, Indonesian Government shall take the following measures:
 - (1) Permit the members of the Study Team to enter, leave and sojourn in Indonesia for the duration of their assignment therein and exempt them from foreign registration requirements and consular fees;
 - (2) Exempt the Study Team from taxes, duties and any other charges on equipment, machinery and other materials brought into Indonesia for the implementation of the Study;
 - (3) Exempt the members of the Study Team from income tax and charges of any kind imposed on or in connection with any emoluments or allowances paid to the members of Team for their services in connection with the implementation of the Study;
 - (4) Provide necessary facilities to the Study Team for the remittance as well as utilization of the funds introduced into Indonesia from Japan in connection with the implementation of the Study;
- 2) The Government of Indonesia shall bear claims, if any arises, against the members of the Study Team resulting from, occurring in the course of, or otherwise connected with, the discharge of their duties in the implementation of the Study, except when such claims arise from gross negligence or willful misconduct on the part of the Study Team.
- 3) (Counterpart Agency) shall, at its own expense, provide the Study Team with the following, in cooperation with other organization concerned:
 - (1) Security-related information on as well as measures to ensure the safety of the Study Team;
 - (2) Information on as well as support on obtaining medical service; available data and information related to the Study;

- (3) Counterpart personnel;
- (4) Suitable office space with necessary office equipment and furniture
- (5) Credentials or identification cards and
- (6) Vehicles and drivers

The Indonesian government shall ensure that all of the above -stated undertakings and commitments are adhered to, to facilitate smooth conduct of the Development Study by the Japanese Study Team.

On behalf of the Indonesia Government

Signed



Designation (title)

: Secretary to Directorate General of Geology and
Mineral Resources

Date.

: 18th August, 2004

2. 署名した協議議事録

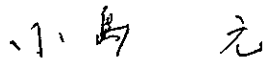
Minutes of Meeting of the Project Formulation Study on the Master Plan Study for Geothermal Power Development in the Republic of Indonesia

The Project Formulation Study Team (hereinafter referred to as "the Team"), organized by the Japan International Cooperation Agency (hereinafter referred to as "JICA") and headed by Mr. Gen Kojima, visited Indonesia from September 27, 2005 to October 6, 2005.

The Team had a series of discussions with National Development Planning Agency (hereinafter referred to as "BAPPENAS"), Ministry of Energy and Mineral Resources (hereinafter referred to as "MEMR"), State Owned Electricity Company PT PLN (Persero) (hereinafter referred to as "PLN") and other related authorities.

Discussions were conducted in a cooperative atmosphere, and both sides agreed to record the following points as the summary conclusion of the discussions.

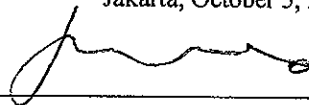
Jakarta, October 5, 2005



Mr. Gen Kojima

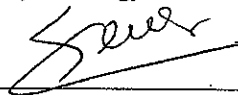
Leader

Project Formulation Study Team
Japan International Cooperation Agency



Mr. R. Sukhyar

Secretary to Directorate General of
Geology and Mineral Resources
Ministry of Energy and Mineral Resources



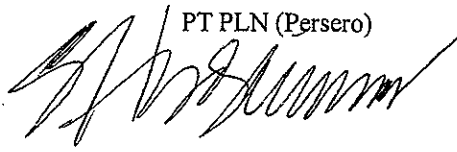
Ms. Satya Zulfanitra

Acting Director of Director of Electric Power Program,
Directorate General of Electricity and Energy Utility
Ministry of Energy and Mineral Resources



Mr. Ali Herman Ibrahim

Director of Generation and Primary Energy
PT PLN (Persero)



(in witness)

Mr. Gumilang Hardjakoesoema

Director

National Development Planning Agency

1. Confirmation of the facts

The team confirmed the following facts.

(1) Nation-wide geothermal resource potential in Indonesia

- 1) From a quick outlook at the expanding Kamojang and Wayang-Windu geothermal power stations and available data on the numerous geothermal fields, the nation-wide potential 27,357.5 MWe estimated by Directorate General of Geology and Mineral Resources (hereinafter referred to as DGGMR) - Directorate of Mineral Resources Inventory (hereinafter referred to as DMRI) in 2004 seems reasonable and modest estimation.
- 2) Prevalence of the vapor-dominated geothermal systems is promising relatively low-cost as well as efficient geothermal developments in Indonesia.
- 3) One of the major obstacles to the prompt developments as shown in the Geothermal Development Road Map 2005-2025 is ascribed to the fact that the priority of development among the numerous geothermal fields are not ensured.
- 4) The priority of development can be attained by the systematic exploration surveys, systematic database formulation, systematic potential assessment, systematic cost evaluation, systematic demand evaluation and social condition surveys, particularly the integration of all of them.

(2) Power development issues

- 1) Renewable energy development including geothermal energy is one of the top priorities of power development policy. The government of Indonesia is drafting Energy Law which intends to promote renewable energy development.
- 2) MEMR, Directorate General of Electricity and Energy Utility (hereinafter referred to as DGEEU) is responsible for electricity demand and will provide those data to the Master Plan Study.
- 3) DGEEU will provide the data on generation cost comparison in Java-Bali grid and will provide those data to the Master Plan Study.
- 4) PLN is responsible for generating, transmission and distribution services in Java-Bali grid and other electricity grids.

(3) Natural & social environmental issues

- 1) Geothermal power plant, which generation capacity is equal or greater than 55 MW, is subject to require environmental impact assessment, under the Regulation regarding Environmental Impact Assessment, Government Regulation No.51, 1993.
- 2) Government of Indonesia established the Designated National Authority of Clean

Development Mechanism (hereinafter referred to as CDM) this year. Geothermal development is expected to be one of potential CDM project activities in Indonesia.

(4) Issues related to Institution, Policy and Organization

- 1) The challenging geothermal policy in Indonesia is the “Geothermal Development Road Map 2005-2025” under the National Energy Policy drawn up in 2005 that will go toward 9,500 MWe by the year 2025.
- 2) Geothermal Law was enacted in 2003. The government has authority to issue concessions on geothermal development in each geothermal field by tendering procedures under the Law.
- 3) Pertamina has already returned concessions of 18 geothermal fields to the government. Therefore the government is able to issue concessions of these geothermal fields to other entities, which want to enter geothermal development. Pertamina still holds concessions to develop 8 geothermal fields until 2008.

2. Outline of the Study (as shown in Appendix 1)

The Team and the Indonesian side discussed and drafted an outline of the Study. Both parties shared ideas on the tentative Scope of Work of the Study and agreed with following points.

(1) Title of the Study

The Master Plan Study for Geothermal Power Development in the Republic of Indonesia

(2) Objectives of the Study

The objectives of the Study are:

- 1) to formulate a master plan of geothermal power development illustrating the criteria/priority of development with preparing action plans in order to support geothermal power development activities under the Geothermal Law in Indonesia,
- 2) to develop a database for geothermal resource for resource evaluation, economic evaluation, optimal power development planning, and multi-purpose use, and
- 3) to develop the capacity of the counterpart personnel and experts concerned in geothermal development

(3) Area to be covered by the Study (as shown in Appendix 2)

Prospective geothermal fields in Indonesia.

(4) Tentative scope of the Study

In order to achieve the objectives, the study will be composed of the following 4 components.

- 1) Data and information collection
- 2) Nation-wide survey for geothermal resources
- 3) Natural and social environmental study
- 4) Formulation of the master plan

1) Data and information collection

The following data and information will be collected.

- Geothermal energy development policy and legal framework on geothermal development
- Role and responsibility of the governmental organizations and institutions related to geothermal development
- Geothermal reserves and potential of resources
- Exploration and development activities
- Geothermal IPP business and operations
- Electricity demand and supply balance
- Power development plans including both power generation plants and transmission lines
- Generation cost estimations of alternative power generation to geothermal power generation
- Environmental regulations on geothermal development
- Natural and social environmental situations, including distribution of the Protected Areas, as defined in the Appendix . List of Protected Areas of MOE Decree No. 11, 1994

2) Nation-wide survey for geothermal resource

The following surveys will be conducted.

- Preliminary analysis of the (70) prospective fields
- Selection of the (15-20) supplemental survey fields
- Supplemental geological survey in the (15-20) selected fields
- Supplemental geochemical survey in the (15-20) selected fields
- Study of specification of geothermal resource database
- Resource evaluation in the (15-20) selected fields
- Preliminary economic evaluation
- Supplemental geophysical surveys of magneto telluric (MT) and time domain electromagnetic (TDEM) methods in the most prospective (1-2) fields

3) Natural and social environmental study

The following studies will be conducted.

- Scoping of AMDAL (Environmental Impact Assessment) for geothermal development including exploration surveys and geothermal power developments
- Initial environmental studies in the selected fields
- Estimation of GHG emission reductions in the selected fields
- Development of standardized CDM Project Design Document (PDD) for geothermal power plants

4) Formulation of the master plan

The master plan, which is composed of the following 3 contents, is formulated.

A. Geothermal development database

The database includes the following data and information in each geothermal field.

a) Geothermal resource data

- Geothermal resource potential
- Estimation of steam costs

b) Electricity demand and supply data and information in the selected geothermal fields

- Electricity power demand and supply balance
- Electric power development plans including power generation plants and transmission lines
- Access to transmission lines
- Generation cost estimations of alternative energy resources to geothermal generation

c) Natural and social environmental data and information in the selected geothermal fields

- Distribution of the Protected Areas, as defined in the Appendix . List of Protected Areas of MOE Decree No. 11, 1994
- Initial environmental study
- Estimation of GHG emission reductions

B. Prioritization of geothermal development by geothermal field

Priority of geothermal development will be identified through the following studies.

- Develop evaluation criteria of geothermal field. The criteria include geothermal resources potentials, potential alternative energy resources to geothermal energy, electricity demand and supply balance, access to transmission lines, natural and social environmental impacts
- Evaluate geothermal fields based on the geothermal resource database and the evaluation criteria
- Identify priority of geothermal development by geothermal field with cost estimations of geothermal development

C. Action plans

Action plans include the following issues.

- Develop web-based information provision program on geothermal development database
- Establish institutional framework and capacity to update the geothermal development database
- Develop measures to improve geothermal development database, mainly focusing on exploratory survey data with identification of potential financial resources for exploratory surveys
- Propose incentives to encourage investors to explore geothermal fields, including application of CDM
- Propose multi-purpose use of geothermal resource for community development

(5) Counterpart organization

MEMR is the responsible ministry for the Study in Indonesia. MEMR will organize the Steering Committee (as shown in *Appendix 3*) and appoint the appropriate personnel for the Study by the commencement of the Study.

(6) Tentative Study schedule

18 months (as shown in *Appendix 4*).

(7) Tentative TOR of member of the Study team

- 1) Leader/ Resource evaluation
- 2) Geology A
- 3) Geology B
- 4) Geochemistry
- 5) Geophysics
- 6) Resource database/ Economic evaluation
- 7) Geothermal development policy
- 8) Power development planning
- 9) Natural and social environmental assessment/ CDM project

(8) Expected outputs of the Study:

- 1) Master plan and recommendations to geothermal power development policy with action plan,
- 2) Database for resource and economic evaluation for geothermal development, and

- 3) Assistance to capacity development of the counterpart personnel through joint work (OJT) and workshops.

3. Data and information required

The Team requested that the additional necessary data and information for drafting the Scope of Work for the Study shall be provided to JICA at the earliest convenience.

4. Undertakings of JICA

For the Implementation of the Study, JICA shall take the following measures:

- (1) to dispatch, at its own expense, study team to Indonesia,
- (2) to prepare the necessary equipments for the Study,
- (3) to pursue technology transfer to the counterpart personnel in the course of the Study, and
- (4) to provide workshops materials, venue, etc

5. Office

The Indonesian side provides the Study team with adequate furnished offices including utilities and its costs. A telephone line and an internet access shall be prepared by the Indonesian side in the office. A base-site of the Team is planned to set at the DMRI, MEMR in Bandung City.

6. Vehicle

The Indonesian side will arrange the necessary vehicles for transportation and joint field survey for the Study, and its cost would be provided by JICA.

7. Expected procedures and steps for the Study

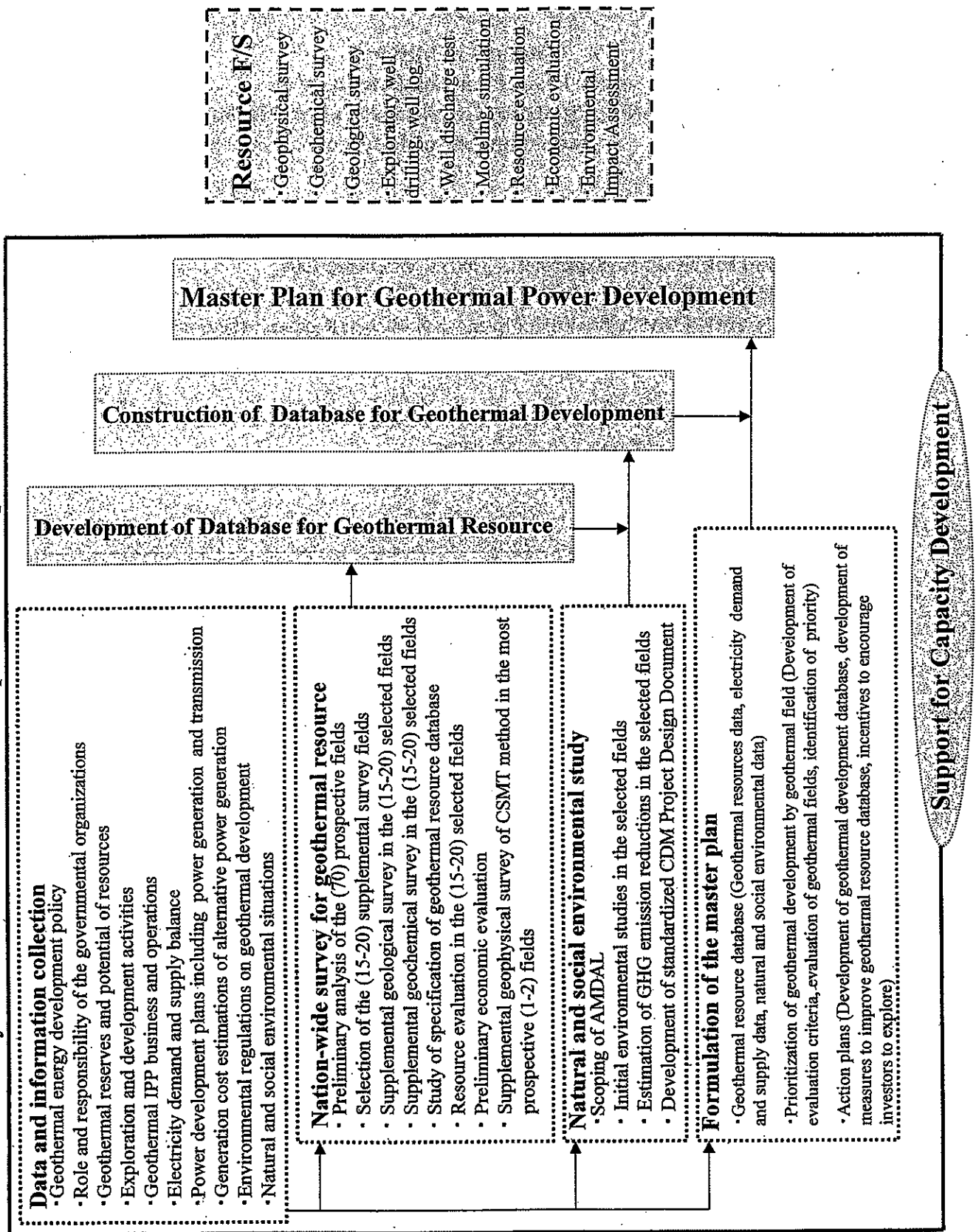
The Team explained that the final decision on the Study implementation would be subject to relevant reviews by JICA and consultation with concerned officials in the Government of Japan.

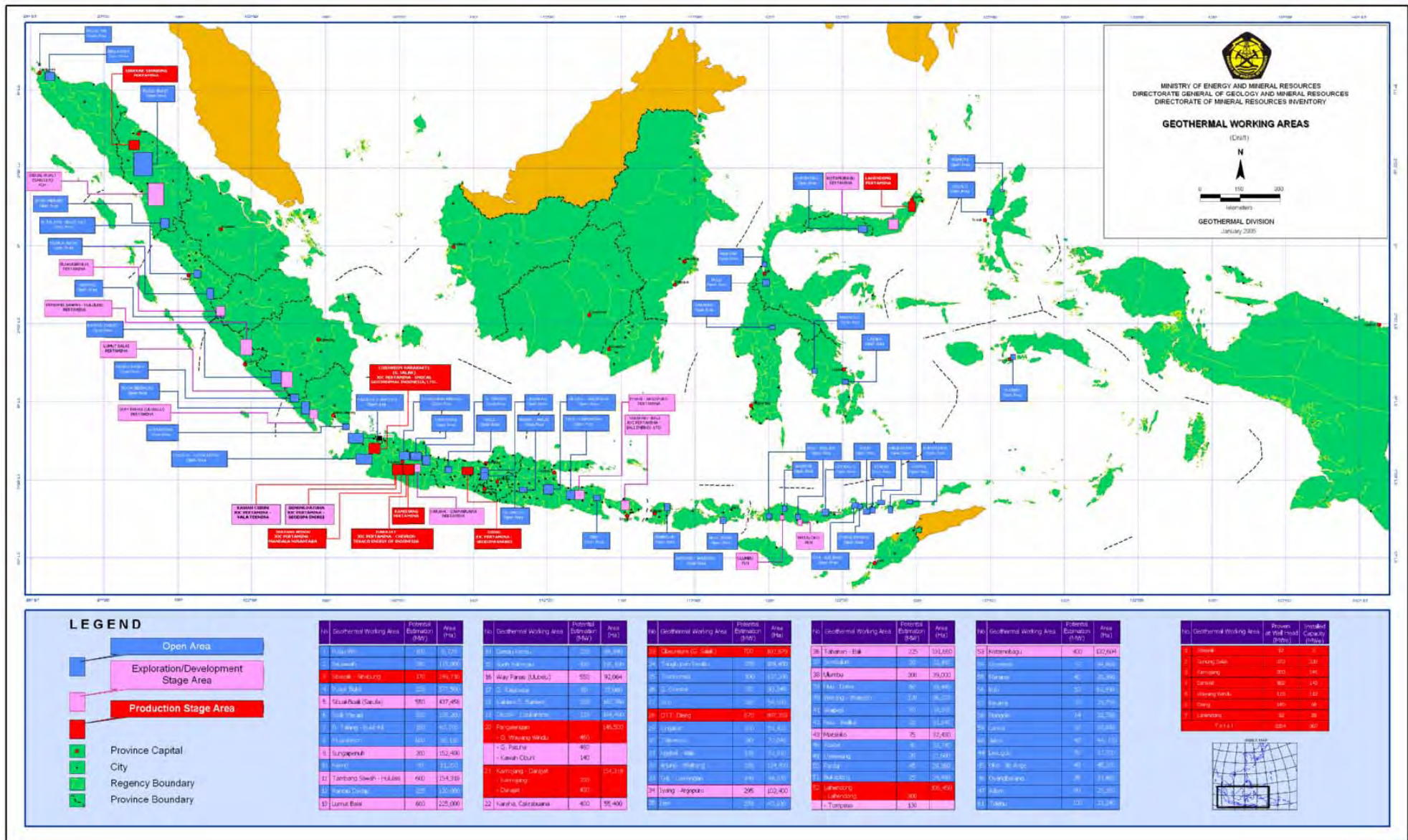
After the favorable decision made by GOJ, JICA will make necessary arrangements for the commencement of the Study, including dispatching a preparatory study team to further discuss and decide the Scope of Work of the Study, if necessary.

The Indonesian side requested the Team to pursue the matter with GOJ so that the Study can be implemented in the earliest convenience.

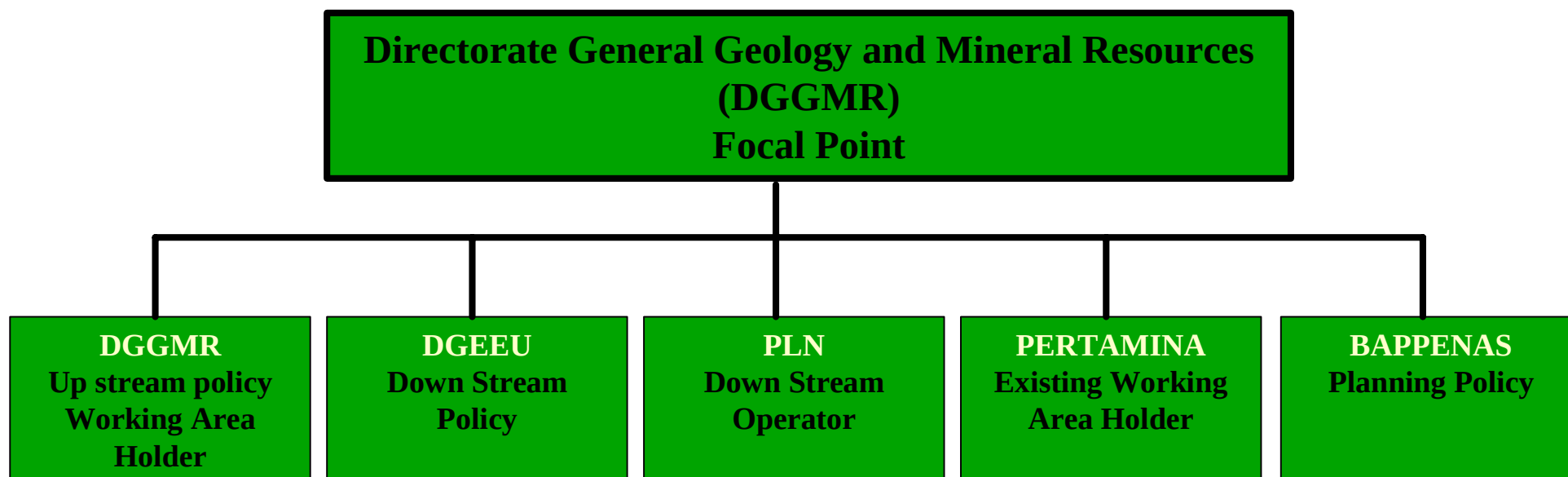
8. Others

The Indonesian side requested the Team to provide counterpart training in Japan. The Team pledged to convey this request to JICA headquarters.





Scheme of Steering Committee



Tentative Study Schedule

	Project month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
	Calendar month																			
1	Data and information collection																			
2	Nation-wide survey for geothermal resource																			
3	Natural and social environmental study																			
4	Formulation of the master plan																			
	Report presentation/ Workshop	*				*				*	*							*	*	*
		IC/R				PR/R				IT/R	W/S							DF/R	W/S	F/R

Ic/R=Inception Report

Pr/R=Progress Report

It/R=Interim Report

Df/R=Draft Final Report

F/R=Final Report

W/S=Workshop

入手資料

1. Availability of nationwide geothermal resource inventory data;

Nangroe Aceh Darussalam				
No	Field Name	exploration data		
		Geological survey	Geochemical survey	Geophysics survey
1	IBOIH - JABOI	available	available	-
2	LHO PRIA LAOT	available	available	-
3	SEULAWAH AGAM	available	available	available
4	G. GEUREUDONG	available	available	-
5	G. KEMBAR	available	available	-
North Sumatera				
No	Field Name	exploration data		
		Geological survey	Geochemical survey	Geophysics survey
6	G. SINABUNG	available	available	available
7	LAU DEBUK-DEBUK / SIBAYAK	available	available	available
8	SARULA	available	available	available
9	SIBUAL BUALI	available	available	available
10	S. MERAPI - SAMPURAGA	available	available	available
11	PUSUK BUKIT - DANAU TOBA	available	-	-
12	SIMBOLON - SAMOSIR	available	-	-
West Sumatera				
No	Field Name	exploration data		
		Geological survey	Geochemical survey	Geophysics survey
13	MUARALABUH	available	available	available
14	G. TALANG	available	available	available
Jambi				
No	Field Name	exploration data		
		Geological survey	Geochemical survey	Geophysics survey
15	LEMPUR / KERINCI	available	available	available
16	SUNGAI TENANG	available	available	-
17	SUNGAI PENUH	available	available	available
18	SUNGAI BETUNG	available	-	-
19	AIR DIKIT	available	-	-
20	G. KACA	available	-	-
Bengkulu				
No	Field Name	exploration data		
		Geological survey	Geochemical survey	Geophysics survey
21	B. GEDUNG HULU LAIS	available	available	available
22	TAMBANG SAWAH	available	available	available
23	BUKIT DAUN	available	-	-
South Sumatera				
No	Field Name	exploration data		
		Geological survey	Geochemical survey	Geophysics survey
24	MARGA BAYUR	available	available	available
25	BUKIT LUMUT BALAI	available	available	available
26	RANTAU DADAP - SEGAMIT	available	-	-
Lampung				
No	Field Name	exploration data		
		Geological survey	Geochemical survey	Geophysics survey
27	ULUBELU	available	available	available
28	SUOH ANTATAI	available	available	available
29	G. SEKINCAU	available	available	available
30	RAJABASA	available	available	available
31	WAI RATAI	available	-	-
West Java				
No	Field Name	exploration data		
		Geological survey	Geochemical survey	Geophysics survey
32	KAMOJANG	available	available	available
33	G. SALAK	available	available	available
34	DARAJAT	available	available	available
35	CISOLOK - CISUKARAME	available	available	available
36	G. PATUHA	available	available	available
37	G. WAYANG - WINDU	available	available	available
38	G. KARAH	available	available	available
39	G. TELAGABODAS	available	available	available
40	TANGKUBANPERAHU	available	available	available
41	G. GEDE - PANGRANGO	available	available	available

	Banten				
No	Field Name	exploration data			exploration drilling survey
		Geological survey	Geochemical survey	Geophysics survey	
42	BATUKUWUNG	available	available	available	available
43	CITAMAN - G. KARANG	available	available	available	-
44	G. ENDUT	available	available	available	-
	Central Java				
No	Field Name	exploration data			exploration drilling survey
		Geological survey	Geochemical survey	Geophysics survey	
45	DIENG	available	available	available	available
46	MANGUNAN	available	available	available	-
47	TELOMOYO	available	available	available	available
48	UNGARAN	available	available	available	available
49	G. SLAMET	available	available	available	-
	East Java				
No	Field Name	exploration data			exploration drilling survey
		Geological survey	Geochemical survey	Geophysics survey	
50	G. ARJUNO - WELIRANG	available	available	available	-
51	WILIS / NGBEL	available	available	available	available
52	IJEN	available	available	available	available
	Bali				
No	Field Name	exploration data			exploration drilling survey
		Geological survey	Geochemical survey	Geophysics survey	
53	BEDUGUL	available	available	available	available
	West Nusa Tenggara				
No	Field Name	exploration data			exploration drilling survey
		Geological survey	Geochemical survey	Geophysics survey	
54	HU'U DAHA	available	available	available	-
	East Nusa Tenggara				
No	Field Name	exploration data			exploration drilling survey
		Geological survey	Geochemical survey	Geophysics survey	
55	ULUMBU	available	available	available	available
56	SOKORIA - MUTUBUSA	available	available	available	available
57	ILI MUDA	available	-	-	-
58	OKA - LARANTUKA	available	available	available	-
59	ILI LABALEKEN	available	available	available	-
60	BENA - MATALOKO	available	available	available	available
61	MENGEBOBA	available	-	-	-
	North Sulawesi				
No	Field Name	exploration data			exploration drilling survey
		Geological survey	Geochemical survey	Geophysics survey	
62	LAHENDONG	available	available	available	available
63	KOTAMOBAGU	available	available	available	-
64	TOMPASO	available	available	available	-
	Central Sulawesi				
No	Field Name	exploration data			exploration drilling survey
		Geological survey	Geochemical survey	Geophysics survey	
65	BORA	available	-	-	-
	South Sulawesi				
No	Field Name	exploration data			exploration drilling survey
		Geological survey	Geochemical survey	Geophysics survey	
66	BITUANG	available	-	-	-
	South East Sulawesi				
No	Field Name	exploration data			exploration drilling survey
		Geological survey	Geochemical survey	Geophysics survey	
67	LAINEA	available	-	-	-
	Maluku				
No	Field Name	exploration data			exploration drilling survey
		Geological survey	Geochemical survey	Geophysics survey	
68	TONGA WAYANA	available	-	-	-
69	TULEHU	available	-	-	-
70	JAILOLO	available	-	-	-

2. The geothermal power potentials on this 70 prospective geothermal fields had been estimated. Geothermal power potential estimation based on geology, geochemistry, Geophysics and reservoir engineering. Geologic study focused on volcanism system, structure geology, rock dating, rock type and alteration interconnection with geothermal system. Geochemistry focused on type and level of water maturation, hotwater environment, hydrology model, and fluid system. Geophysics study results rock physics parameter and subsurface structure of geothermal system. Reservoir method results technical phase which define resource classification including physics character of rock and fluid, and also fluid movement from reservoir. With these studies geothermal power potential and geothermal system model can be estimated. The procedure we have used in estimation, are;

1. Natural heatloss estimation, to classify hypothetical resource and speculative resource;

a. Hypothetical resource

Hypothetical Resource are determined from regional geologic survey and thermal features geochemistry. Stored heat calculations and estimated are used for resource sizing.

b. Speculative resource

Less certain than Hypothetical Resource and is based on the presence of geothermal surface manifestations and other sign of heat flow. Each resource is considered to have extent area of 20km². It is assumed that the recoverable resource has a power density at 12.5 MWe for every square kilometer and therefore 20km² give approximately 250 MWe.

2. Comparison method

Equalize power potential of new geothermal field (unknown potential) with other field (known potential) which has geologic condition similarity. Could be estimated by :

$$H = A \times Q$$

H = power potential (MWe)

A = geothermal prospect area(km²)

Q = electrical power could be developed per area

3. Volumetric Heat Stored method

Assuming geothermal reservoir as a square so volume could be calculated by;

- a. Reservoir energy content in early condition calculation.
- b. Reservoir energy content in end condition calculation.
- c. Energy maximum could be used calculation.
- d. Heat energy could be used (geothermal resource) calculation.
- e. Geothermal power potential could be developed (MWe) per year.

4. Reservoir Simulation

Using distributed parameter approach model. With this method we could have permeability variation, porosity, water content and steam content in reservoir, and also fluid character, laterally or vertically.

3.

Nangroe Aceh Darussalam

No	Field Name	Koordinat		topography (feet)	existing wells	distribution of alteration zones	discharge fluid		possible reservoir formation
		Bujur	Lintang				locations	chemistry	
1	IBOIH - JABOI (WEH)	95.2847	5.8407	1300	-	available	?	volcanic water	tuffaceous sandstone
2	LHO PRIA LAOT(WEH)	95.3162	5.8144	30	-	available	?	pheripheral water	?
3	SEULAWAH AGAM	95.6589	5.4808	?	-	?	?	?	?
4	G. GEUREUDONG	96.9373	4.5938	?	-	?	?	?	?
5	G. KEMBAR	97.5421	3.8819	?	-	?	?	?	?
North Sumatera									

No	Field Name	Koordinat		topography	existing wells	distribution of alteration zones	discharge fluid		possible reservoir formation
		Bujur	Lintang				locations	chemistry	
6	G. SINABUNG	?	?	?	-	?	?	?	?
7	LAU DEBUK-DEBUK / SIBAYAK	98.5058	3.2277	?	-	?	?	?	?
8	SARULA	99.0244	1.8897	?	-	?	?	?	?
9	SIBUAL BUALI	99.2750	1.5694	?	-	?	?	?	?
10	S. MERAPI - SAMPURAGA	99.7506	0.5316	?	-	?	?	?	?
11	PUSUK BUKIT - DANAU TOBA	98.6333	2.3333	?	-	?	?	?	?
12	SIMBOLON - SAMOSIR	98.8420	2.4780	?	-	?	?	?	?
West Sumatera									

No	Field Name	Koordinat		topography	existing wells	distribution of alteration zones	discharge fluid		possible reservoir formation
		Bujur	Lintang				locations	chemistry	
13	MUARALABUH	101.0270	-1.4333	?	-	?	?	?	?
14	G. TALANG	100.6990	-0.9050	?	-	-	?	?	sheared volcanic rocks
Jambi									

No	Field Name	Koordinat		topography	existing wells	distribution of alteration zones	discharge fluid		possible reservoir formation
		Bujur	Lintang				locations	chemistry	
15	LEMPUR / KERINCI	101.5140	-2.2833	?	-	?	?	?	?
16	SUNGAI TENANG	101.9390	-2.6922	?	-	?	?	?	?
17	SUNGAI PENUH	?	?	?	-	?	?	?	?
18	SUNGAI BETUNG	101.2050	-1.8650	?	-	?	?	?	?

19	AIR DIKIT	101.6220	-2.3767	?	-	?	?	?	?
20	G. KACA	101.5040	-1.8583	?	-	?	?	?	?
Bengkulu									
No	Field Name	Koordinat		topography	existing wells	distribution of alteration zones	discharge fluid		possible reservoir formation
		Bujur	Lintang				locations	chemistry	
21	B. GEDUNG HULU LAIS	102.2540	-3.2067	?	-	?	?	?	?
22	TAMBANG SAWAH	102.2000	-3.0522	?	-	?	?	?	?
23	BUKIT DAUN	?	?	?	-	?	?	?	?
South Sumatera									
No	Field Name	Koordinat		topography	existing wells	distribution of alteration zones	discharge fluid		possible reservoir formation
		Bujur	Lintang				locations	chemistry	
24	MARGA BAYUR	103.7940	-4.3256	?	-	?	?	?	?
25	BUKIT LUMUT BALAI	103.7730	-4.2394	?	-	?	?	?	?
26	RANTAU DADAP - SEGAMIT	103.6010	-4.2029	?	-	?	?	?	?
Lampung									
No	Field Name	Koordinat		topography	existing wells	distribution of alteration zones	discharge fluid		possible reservoir formation
		Bujur	Lintang				locations	chemistry	
27	ULUBELU	104.5690	-5.3769	?	-	?	?	?	?
28	SUOH ANTATAI	104.2960	-5.2500	?	-	?	?	?	?
29	G. SEKINCAU	104.3170	-5.1139	?	-	?	?	?	?
30	RAJABASA	?	?	?	-	?	?	?	?
31	WAI RATAI	105.1430	-5.5869	?	-	?	?	?	?
West Java									
No	Field Name	Koordinat		topography	existing wells	distribution of alteration zones	discharge fluid		possible reservoir formation
		Bujur	Lintang				locations	chemistry	
32	KAMOJANG	107.8000	-7.1414	?	-	?	?	?	?
33	G. SALAK	106.6630	-6.7163	?	-	?	?	?	?
34	DARAJAT	107.7360	-7.2361	?	-	?	?	?	?
35	CISOLOK - CISUKARAME	106.4310	-6.9111	?	-	?	?	?	?
36	G. PATUHA	107.3950	-7.1728	?	-	?	?	?	?
37	G. WAYANG - WINDU	107.6200	-7.2272	?	-	?	?	?	?
38	G. KARAHA	108.0430	-7.0989	?	-	?	?	?	?

39	G. TELAGABODAS	108.0460	-7.1754	?	-	?	?	?	?
40	TANGKUBANPERAHU	107.5880	-6.7758	?	-	?	?	?	?
41	G. GEDE - PANGRANGO	?	?	?	-	?	?	?	?

Banten

No	Field Name	Koordinat		topography	existing wells	distribution of alteration zones	discharge fluid		possible reservoir formation
		Bujur	Lintang				locations	chemistry	
42	BATUKUWUNG	?	?	?	-	?	?	?	?
43	CITAMAN - G. KARANG	106.0820	-6.3422	?	-	?	?	?	?
44	G. ENDUT	106.3060	-6.6447	?	-	?	?	?	?

Central Java

No	Field Name	Koordinat		topography	existing wells	distribution of alteration zones	discharge fluid		possible reservoir formation
		Bujur	Lintang				locations	chemistry	
45	DIENG	109.9020	-7.2169	?	-	?	?	?	?
46	MANGUNAN	109.7640	-7.2092	?	-	?	?	?	?
47	TELOMOYO	110.3830	-7.3333	?	-	?	?	?	?
48	UNGARAN	110.4180	-7.1986	?	-	?	?	?	?
49	G. SLAMET	109.1670	-7.2500	?	-	?	?	?	?

East Java

No	Field Name	Koordinat		topography	existing wells	distribution of alteration zones	discharge fluid		possible reservoir formation
		Bujur	Lintang				locations	chemistry	
50	G. ARJUNO - WELIRANG	112.5660	-7.7211	?	-	?	?	?	?
51	WILIS / NGEDEL	111.6440	-7.8186	?	-	?	?	?	?
52	IJEN	114.2120	-8.0194	?	-	?	?	?	?

Bali

No	Field Name	Koordinat		topography	existing wells	distribution of alteration zones	discharge fluid		possible reservoir formation
		Bujur	Lintang				locations	chemistry	
53	BEDUGUL	?	?	?	-	?	?	?	?

West Nusa Tenggara

No	Field Name	Koordinat		topography	existing wells	distribution of alteration zones	discharge fluid		possible reservoir formation
		Bujur	Lintang				locations	chemistry	
54	HU'U DAHA	118.5000	-8.8333	?	-	±407,100 m ²	7 locations	Bicarbonate deep	Sheared volcanic rock

East Nusa Tenggara			waters ±1000m depth						
No	Field Name	Koordinat		topography	existing wells	distribution of alteration zones	discharge fluid		possible reservoir formation
		Bujur	Lintang				locations	chemistry	
55	ULUMBU	120.4630	-8.7072	?	-	?	?	?	?
56	SOKORIA - MUTUBUSA	121.5830	-8.7500	?	-	?	?	?	?
57	ILI MUDA	?	?	?	-	?	?	?	?
58	OKA - LARANTUKA	122.9590	-8.2415	?	-	?	?	?	sheared volcanic rocks
59	ILI LABALEKEN	123.3610	-8.5070	?	-	available	?	?	Kiro Formation
60	BENA - MATALOKO	121.0630	-8.7566	?	-	?	?	?	sheared volcanic rocks
61	MENGEBOBA			?	-	?	?	?	?
North Sulawesi									
No	Field Name	Koordinat		topography	existing wells	distribution of alteration zones	discharge fluid		possible reservoir formation
		Bujur	Lintang				locations	chemistry	
62	LAHENDONG	124.8140	1.2742	?	-	?	?	?	?
63	KOTAMOBAGU	124.3510	0.7583	?	-	?	?	?	?
64	TOMPASO	124.7580	1.1564	?	-	?	?	?	?
Central Sulawesi									
No	Field Name	Koordinat		topography	existing wells	distribution of alteration zones	discharge fluid		possible reservoir formation
		Bujur	Lintang				locations	chemistry	
65	BORA	119.8660	-1.0227	?	-	?	?	?	?
South Sulawesi									
No	Field Name	Koordinat		topography	existing wells	distribution of alteration zones	discharge fluid		possible reservoir formation
		Bujur	Lintang				locations	chemistry	
66	BITUANG	119.7370	-3.0616	?	-	?	?	?	?
South East Sulawesi									
No	Field Name	Koordinat		topography	existing wells	distribution of alteration zones	discharge fluid		possible reservoir formation
		Bujur	Lintang				locations	chemistry	
67	LAINEA	122.5830	-4.3919	?	-	?	?	?	?

Maluku

No	Field Name	Koordinat		topography	existing wells	distribution of alteration zones	discharge fluid		possible reservoir formation
		Bujur	Lintang				locations	chemistry	
68	TONGA WAYANA	127.6000	-0.7000	?	-	?	?	?	?
69	TULEHU	128.2850	-3.5275	?	-	?	?	?	?
70	JAILOLO	127.4220	1.0892	?	-	?	?	?	?

4. Data set of Quaternary volcanoes in Indonesia;

DISTRIBUTION TABLE OF VOLCANOES IN INDONESIA

No	Name of volcano	Coordinate		Name of observatory	Volcano types	Volcano types
	SUMATERA					
1	Peuet Sagoe	4.914° N	96.329° E	Mane	A Type	Complexvolcano
2	<i>Bur Ni Telong</i>			Kute Lintang	A Type	
3	Seulawah Agam	5.448° N	95.658° E	Lambro	A Type	Stratovolcano
4	Sorik Marapi	0.686° N	99.539° E	Tunong	A Type	Stratovolcano
5	Marapi	0.381° S	100.473° E	Tonga	A Type	Complexvolcano
6	Tandikat	0.433° S	100.317° E	Batu Palano	A Type	
7	Talang	0.978° S	100.679° E	Bukittinggi	A Type	Stratovolcanoes
8	Kerinci	1.814° S	101.264° E	Ganting	A Type	Stratovolcano
9	Kaba	3.52° S	102.62° E	Batubajaranjang	A Type	Stratovolcano
10	Dempo	4.03° S	103.13° E	Kersik Tuo	A Type	Stratovolcano
11	Anak Krakatau	6.102° S	105.423° E	Sumberurip	A Type	Stratovolcano
12	Jaboi	5.82° N	95.28° E	Pagaralam	A Type	Stratovolcano
13	Bur Ni Geureudong	4.813° N	96.82° E	Pasauran	A Type	Caldera
14	<i>Gayolesten</i>			Lampung	A Type	
15	Sibayak	3.20° N	98.52° E		C Type	Stratovolcano
16	Sinabung	3.17° N	98.392° E		C Type	Stratovolcanoes
17	Pusuk Bukit	2.58° N	98.83° E		B Type	Stratovolcanoes
18	Helatoba	2.03° N	98.93° E		B Type	Stratovolcano
19	Bual Buali	1.556° N	99.255° E		B Type	Caldera
20	Talakmau	0.079° N	99.98° E		C Type	Fumarole Field
					B Type	Stratovolcano
					B Type	Complexvolcano

21	Kunyt	2.592° S	101.63° E		B Type	Stratovolcano
22	Belirang Beriti	2.82° S	102.18° E		B Type	Compoundvolcano
23	Bukit Daun	3.38° S	102.37° E		B Type	Stratovolcanoes
24	Lumut Balai	4.22° S	103.62° E		B Type	Stratovolcano
25	<i>Marga Bayur</i>				C Type	
26	Sikincau Belerang	45.12° S	104.32° E		B Type	Calderas
27	<i>Pematang Bata</i>				C Type	
28	Hulubelu	5.35° S	104.60° E		C Type	Caldera
29	Rajabasa	5.78° S	105.625° E		B Type	Stratovolcano
30	JAWA Salak	6.72° S	106.73° E	Cibenda	A Type	Stratovolcano
31	Gede	6.78° S	106.98° E	Ciloto	A Type	Stratovolcano
32	Tangkubanparahu	6.77° S	107.60° E	Cikole	A Type	Stratovolcano
33	Cereme	6.892° S	108.4° E	Sampora	A Type	Stratovolcano
34	Guntur	7.13° S	107.83° E	Sirnajaya	A Type	Complexvolcano
35	Papandayan	7.32° S	107.73° E	Pakuwon	A Type	Stratovolcano
36	Galunggung	7.25° S	108.05° E	Sayuran	A Type	Stratovolcano
37	Slamet	7.242° S	109.208° E	Gambuhan	A Type	Stratovolcano
38	Dieng	7.20° S	109.92° E	Karangtengah	A Type	Complexvolcano
39	Sundoro	7.03° S	109.992° E	Genting Sari	A Type	Stratovolcano
40	Sumbing	7.38° S	110.058° E	Genting Sari	A Type	Stratovolcano
41	Kelut	7.93° S	112.308° E	Margomulyo	A Type	Stratovolcano
42	Semeru	8.108° S	112.92° E	Gunung Sawur Argosuko Tawonsongo	A Type	Stratovolcano
43	Merapi	7.542° S	110.442° E	Yogyakarta Babadan Plawangan Ngepos Jrakah Selo	A Type	Stratovolcano
44	Arjuno Welirang	7.725° S	112.58° E	Sukoreno	A Type	Stratovolcano

45	Bromo	7.942° S	112.95° E	Cemorolawang	A Type	Stratovolcanoes
46	Lamongan	8.00° S	113.342° E	Gunung Meja	A Type	Stratovolcanoes
47	Kawah Ijen	8.058° S	114.242° E	Jambu	A Type	Stratovolcano
48	Raung	8.125° S	114.042° E	Mangarang	A Type	Stratovolcano
49	Pulosari	6.342° S	105.975° E		B Type	Stratovolcano
50	Karang	6.27° S	106.042° E		B Type	Stratovolcano
51	Kiaraberes Gagak	6.73° S	106.65° E		C Type	Stratovolcano
52	Perbakti	6.75° S	106.68° E		C Type	Stratovolcano
53	Kawah Kamojang	7.125° S	107.80° E		C Type	Stratovolcanoes
54	Talaga Bodas	7.208° S	108.07° E		B Type	Stratovolcano
55	Kawah Karaha	7.125° S	108.08° E		C Type	Fumarole Field
56	Patuha	7.15° S	107.37° E		B Type	Stratovolcano
57	Wayang Windu	7.208° S	107.63° E		B Type	Lava dome
58	Kawah Manuk				C Type	
59	Butak Paparangan				A Type	
60	Ungaran	7.18° S	110.33° E		B Type	Stratovolcano
61	Merbabu	7.45° S	110.43° E		A Type	Stratovolcano
62	Lawu	7.625° S	111.192° E		B Type	Stratovolcano
63	Wilis	7.808° S	111.758° E		B Type	Stratovolcano
64	Iyang Argopuro	7.97° S	113.57° E		B Type	Complexvolcano
65	BALI & NTB Agung	8.342° S	115.508° E	Rendang Budakeling Batulompeh	A Type	Stratovolcano
66	Batur	8.242° S	115.375° E	Panelokan Sembalun	A Type	Caldera
67	Rinjani	8.42° S	116.47° E	Lawang	A Type	Stratovolcano
68	Tambora	8.25° S	118° E	Doropeti	A Type	Stratovolcano
69	Sangeangapi	8.18° S	119.058° E	Sangeangdarat	A Type	Complexvolcano
70	NTT Anak Ranakah	8.62° S	120.52° E	Lando	A Type A Type	Lava dome

71	Inie Lika	8.73° S	120.98° E	Ngelapadi	A Type	Complexvolcano
72	Inie Rie	8.875° S	120.95° E	Romari	A Type	Stratovolcano
73	Ebulobo	8.808° S	121.18° E	Ekowolo	A Type	Stratovolcano
74	Iya	8.88° S	121.63° E	Tawejangga	A Type	Stratovolcano
75	Kelimutu	8.758° S	121.83° E	Kolorongo	A Type	Complexvolcano
76	Rokatenda			Ropa	A Type	
77	Egon	8.67° S	122.45° E	Egon	A Type	Stratovolcano
78	Lewotobi Laki-laki			Bawalang	A Type	
79	Lewotobi Perempuan			Bawalang	A Type	
80	Lereboleng	8.358° S	122.842° E	Lewuingu	A Type	Complexvolcano
81	Ili Boleng	8.342° S	123.258° E	Harubala	A Type	Stratovolcano
82	Ili Werung	8.540° S	123.590° E	Lamaheki	A Type	Complexvolcano
83	Hobal			Lamaheki	A Type sub marine	
84	Ili Lewotolo	8.272° S	123.505° E	Iliape	A Type	Stratovolcano
85	Sirung	8.510° S	124.148° E	Puntaro	A Type	Complex volcano
86	Waisano	8.68° S	120.025° E		C Type	Caldera
87	Pocoleok	8.68° S	120.48° E		C Type	
88	Ndetu Napi	8.72° S	121.78° E		C Type	Fumarolic Field
89	Sukoria	8.792° S	121.77° E		C Type	Fumarolic
90	Ili Muda	8.478° S	122.671° E		B Type	Stratovolcano
91	Riangkotang	8.30° S	122.892° E		C Type	Fumarolic Field
92	Ili Labalekan	8.53° S	123.42° E		B Type	Stratovolcano
93	Batutara	7.792° S	123.579° E		A Type	Stratovolcano
94	Yersey	7.53° S	123.95° E		B Type Submarine	Submarine volcano
LAUT BANDA						
95	Banda Api	4.525° S	129.871° E	Bandaneira	A Type	Caldera
96	Wurlali	7.125° S	128.675° E	Wulur	A Type A Type Sub marine	Stratovolcano Sub marinevolcano
97	Emperor of China	6.62° S	124.22° E			
98	Niuwerkerk	6.60° S	124.675° E		A Type	Sub

99	Gunungapi Wetar	6.642° S	126.65° E		Sub marine A Type	marinevolcano Stratovolcano
100	Sarawerna	7.125° S	128.675° E		A Type	
101	Laworkawra	7.125° S	128.675° E		A Type	
102	Legatala	7.125° S	128.675° E		A Type	
103	Manuk	5.53° S	130.292° E		B Type	Stratovolcano
104	MALUKU/HALMAHERA Kie Besi			Tafaga	A Type	
105	Gamalama	0.80° N	127.325° E	Marikurubu	A Type	Stratovolcanoes
106	Gamkonora	1.375° N	127.52° E	Gamsungi	A Type	Stratovolcano
107	Dukono	1.68° N	127.88° E	Mamuya	A Type	Complexvolcano
108	Ibu	1.475° N	127.642° E		A Type	Stratovolcano
109	Tadoko	1.22° N	127.43° E		B Type	Caldera
110	Malupang Werirang				A Type	
	SULAWESI & KEP SANGIHE					
111	Soputan	1.108° N	124.725° E	Maliku	A Type	Stratovolcano
112	Lokon	1.358° N	124.792° E	Kakaskasen	A Type	Stratovolcano
113	Mahawu	1.358° N	124.858° E	Kakaskasen	A Type	Stratovolcano
114	Tangkoko	1.52° N	125.20° E	Duasaudara	A Type	Stratovolcano
115	Ruang	2.28° N	125.425° E	Tagulandang	A Type	Stratovolcano
116	Karangetang	2.78° N	125.48° E	Maralawa	A Type	Stratovolcano
117	Awu	3.67° N	125.50° E	Tahuna	A Type	Stratovolcano
118	Colo	0.17° N	121.608° E	Wakai	A Type	Stratovolcano
119	Ambang	0.75° N	124.42° E	Purworejo	A Type	Complexvolcano
120	Sempu	1.143° N	124.73° E		B Type	Caldera
121	Batu Kolok				C Type	
122	Tempang				C Type	
123	Tompusu				C Type	
124	Lahendong				C Type	
125	Sarongsong				C Type	

126	Kalabat	1.47° N	125.03° E		B Type A Type	Stratovolcano
127	Banua Wuhu	3.138° N	125.491° E		Sub marine A Type	Submarine volcano
128	Sangir				Sub marine	

Explanation

- A-type volcanoes are those which had undergone magmatic eruption or other related processes, at least once after the year 1600 AD, being 80 volcanoes of A.
- B-type volcanoes are those in solfataric and fumarolic stages and no magmatic eruption known since the year 1600 AD, being 28 volcanoes of B.
- C-type volcanoes are those which had no eruption registered/known (since 1600 AD) at present are in the form of solfataric and fumarolic fields, being 21 volcanoes of C.

5. From 70 prospective geothermal field, only 17 fields have enough data to roughly estimate the lateral extent and vertical thickness of the geothermal reservoir. They are;

No	Field Name	exploration drilling survey	Installed Power Plant Capacity (MW)	Proven Reserves (Mwe)
1	LAU DEBUK-DEBUK / SIBAYAK	available	2	39
2	SUNGAI PENUH	available		
3	SIBUAL BUALI	available		
4	B. GEDUNG HULU LAIS	available		
5	BUKIT LUMUT BALAI	available		
6	ULUBELU	available		
7	KAMOJANG	available	140	227
8	DARAJAT	available	145	362
9	G. SALAK	available	375	485
10	G. PATUHA	available		170
11	G. WAYANG - WINDU	available	110	250
12	G. KARAH	available		30
13	DIENG	available	60	280
14	SOKORIA - MUTUBUSA	available		
15	BENA - MATALOKO	available		1.5
16	LAHENDONG	available	20	80
17	KOTAMOBAGU	available		

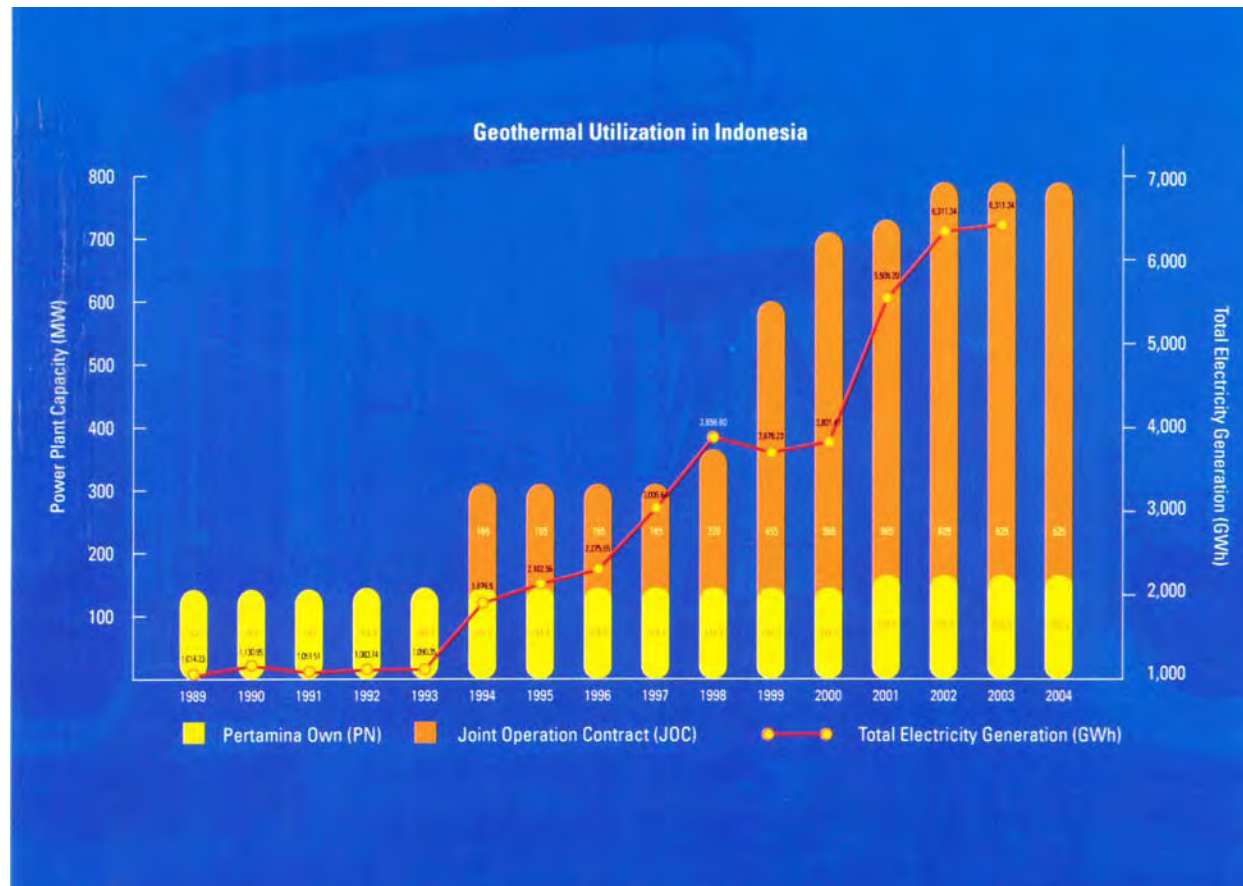
6. Detail geological, geochemistry, and geophysics surveys and exploration drilling surveys are additionally needed in some fields to increasing degree of confidence for identify resources, calculate energy potential estimation, and also to estimate the lateral extent and vertical thickness of the geothermal reservoir. There are 53 fields which need additional field surveys.

7. Current installed geothermal power plant in Indonesia;

No	Working Area	Owner/operator	Power Plant Capacity (MW)	Remark
1	Kamojang, WestJava	Pertamina	1 x 30 MW 2 x 55MW	• Steam Sales Contract (SSC) Pertamina—PTPLN(Persero) • Commercially operated since December 1982, and September 1987 respectively
2	Lahendong, North Sulawesi	Pertamina	20 MW 2.5 MW	• SSC Pertamina—PT PLN (Persero) • Commercially operated since August 2001
3	Sibayak, North Sumatra	Pertamina	2 MW	• Energy Sales Contract (ESC) Pertamina—PT PLN (Persero) • Commercially operated since August 1996
4	Salak, West Java	Unocal Geothermal of Indonesia (UGI)	3 x 65 MW 3 x 60 MW	• SSC Pertamina/UGI—PT PLN (Persero) for Unit 1,2,3 (Commercially operated since 1994) March, June 1994, and July respectively • Total Project (ESC Pertamina/UGI—PT PLN (Persero) for unit 4,5,6 (commercially operated since 1997) October, November 1997 and November 1997 respectively
5	Darajat, West Java	ChevronTexaco Energy Indonesia	1 x 55 MW 1 x 90 MW	• SSC Pertamina/AI—PT PLN (Persero) for unit 1 (Commercially operated since January 1994) • Total Project (ESC Pertamina/AI—PT PLN Persero for unit 2, Commercially operated since June 2000)
6	Wayang-Windu, West Java	Magma Nusantara limited (MNL)	1 x 110 MW	• Total Project (ESC Pertamina/MNL—PT PLN Persero for unit 1) • Commercially operated since August2000
7	Dieng, Central Java	PT Geodipa Energy (GDE)	1 x 60 MW	• Total Project (ESC Pertamina/HCE—PT PLN Persero) • Commercially operated since 2003

No	Working Area	Location Coordinate		Σ wells prod./inj.	Generation cost per kWh	Depth range of prod. zone
		Long	Lat			
1	Kamojang, WestJava	107.8°	-7.14139°	33/5	?	?
2	Lahendong, North Sulawesi	124.814°	1.27417°	6/1	?	?
3	Sibayak, North Sumatra	98.5058°	3.22767°	7/2	?	?
4	Salak, West Java	106.663°	-6.71628°	34/16	?	?
5	Darajat, West Java	107.736°	-7.23611°	18/3	?	?
6	Wayang-Windu, West Java	107.62°	-7.22722°	12/5	?	?
7	Dieng, Central Java	109.902°	-7.21694°	8/4	?	?

Annual production and total electricity generation in Indonesia;



8. Drilling cost per meter in Indonesia;
\$1400-1600 per meter, not including mob-demob, road and location.

	O&M cost		
	small	medium	large
steam field	0.35-?	0.25-0.35	0.15-0.25
power plant	0.45-?	0.35-0.45	0.25-0.45

Note : small : <5 MW
Medium : 5-30 MW
Large : >30MW

Average cost for geothermal drilling

e.g

1. Drilling for wells in Kamojang (West Java)

USD 1.75 – 2 million per well

Depth : 600 – 2200 m

2. Drilling for wells in Lahendong (North Sulawesi)

USD 2.5 – 3 million per well

Depth : 2000 – 2500 m

9. Names of geothermal developer companies in Indonesia

1. Unocal Geothermal Indonesia
2. Unocal North Sumatera Geothermal
3. Chevron Texaco Energy Indonesia
4. PT. Latoka Trimas Bina Energi
5. PT. Geodipa Energy
6. Karaha Bodas Company, LLC
7. Magma Nusantara Limited
8. Patuha Power Limited
9. Bali Energy Limited
10. PT. Dizamatra Powerindo

11. PT. Pertamina Geothermal Energy

Names of drilling companies in Indonesia

1. Pertamina Drilling Service Indonesia (PDSI)
2. Elnusa
3. Ogspiras Bina Drilling (OBD)
4. Medco/Apexindo Pratama Duta
5. Bormindo Nusantara
6. Binakarindo Yacoagung

Names of geothermal exploration companies

1. Geosystem, Elnusa for Magnetotelluric method
2. Geoservice for gravity method
3. Batan for Geochemistry survey

1. Composition of staffs of Geothermal Division in DMRI :

Administration staffs	17
Surveyor	15
Technical Operation	24
Geophysicist	15
Geologist	13
Geochemist	3
Petroleum Engineer	1

2. Composition of staffs in DMRI

Administration staffs	217
Surveyor	50
Technical Operation	74
technical Assistance	15
Chemistry / Geochemist	36
Geologist	107
Physics / Geophysicist	17
Petroleum Engineer	2
Computer Engineer	2
Math Engineer	5
Mining Engineer	22
Industry Management Engineer	2
Planology Engineer	1

3. Facilities of Geothermal Division in DMRI

Data Base :	8 PC
	3 Printer
	Internet networking
Geophysic :	
1.Resistivitymeters	1 (Nainura NRD 225)
	1 (Iris)
	1 (Geoex)
2.Gravitymeters	2 (G 914 & G826)
3.Magnetometers	2 (Unimag Proton 836)
	2 (tipe Geometric G856 / G)
Geochemist :	2 (Kimoto C02 Monostat/ Kimoto Gas)
	Mercury Analyzer
Drilling equipments :	1 (Koken / Model Gsr-100 CL)
	1 (Tone Model TXL-2E)

4. Facilities Of DMRI :

o Central Information & Website DMRI	
o Laboratory	
	1. Sample Preparation Laboratory
	2. Mineral Physics Laboratory
	3. X-Ray Laboratory
	4. Geochemical & Metallic Laboratory
	5. Industry Mineral Laboratory
o Drilling Workshop	

