

平成25年度外務省政府開発援助海外経済協力事業
(本邦技術活用等途上国支援推進事業) 委託費「案件化調査」

ファイナル・レポート

インドネシア国

未利用廃棄地中熱源（再生可能エネルギー）
の有効活用による村落電化のための案件化調
査－小型排熱温度差発電装置
(Mini-DTEC) の普及

平成26年3月
(2014年)

日本蓄電器工業株式会社
オガワ精機株式会社・オーピーシー株式会社共同企業体

本調査報告書の内容は、外務省が委託して、日本蓄電器工業株式会社・オガワ精機株式会社・オーピーシー株式会社共同企業体が実施した平成25年度外務省政府開発援助海外経済協力事業（本邦技術活用等途上国支援推進事業）委託費（案件化調査）の結果を取りまとめたもので、外務省の公式見解を表わしたものではありません。

目 次

巻頭写真

略語表

要旨

はじめに（調査概要）

第1章 対象国における当該開発課題の現状及びニーズの確認	1 - 1
1.1 対象国の政治・経済の概況.....	1 - 1
1.2 対象国の対象分野における開発課題の現状.....	1 - 2
1.3 対象国の対象分野の関連計画、政策及び法制度.....	1 - 4
1.4 対象国の対象分野のODA事業の事例分析および他ドナーの分析.....	1 - 10
第2章 提案企業の技術の活用可能性及び将来的な事業展開の見通し	2 - 1
2.1 提案企業及び活用が見込まれる提案製品・技術の強み.....	2 - 1
・業界分析、提案企業の業界における位置付け	
・国内外の同業他社比較、類似製品・技術の概況	
2.2 提案企業の事業展開における海外進出の位置づけ.....	2 - 7
・提案企業の事業展開方針	
・これまでの準備状況	
2.3 提案企業の海外進出による日本国内地域経済への貢献.....	2 - 7
・国内における雇用への影響	
・中小企業が所在する地域の産業振興策との関連性	
・その他、地方自治体、地域の研究機関や大学等との連携の可能性	
2.4 想定する事業の仕組み.....	2 - 9
・流通・販売計画（販路の確保状況、販売方法、販売網の構築）	
・売上規模、市場規模感、市場マーケットにおいて想定する需要の見込み等	
2.5 想定する事業実施体制・具体的な普及に向けたスケジュール.....	2 - 14
・現地パートナーの確保状況及び見通し	
・普及・販売等に関する具体的なスケジュール、課題等	
2.6 リスクへの対応.....	2 - 17
・想定していたリスクへの対応結果	
・新たに顕在化したリスク及びその対応方法等	
第3章 製品・技術に関する紹介や試用、または各種試験を含む現地適合性検証活動（実証・パイロット調査）	3 - 1
3.1 製品・技術の紹介や試用、または各種試験を含む現地適合性検証活動（実証・パイロット調査）の概要.....	3 - 1
3.2 製品・技術の紹介や試用、または各種試験を含む現地適合性検証活動（実証・パイロット調査）の結果.....	3 - 2
3.3 採算性の検討.....	3 - 11

第4章 ODA 案件化による対象国における開発効果及び提案企業の事業展開に係る効果	4 - 1
4.1 提案製品・技術と開発課題の整合性.....	4 - 1
4.2 ODA 案件化を通じた製品・技術等の当該国での適用・活用・普及による開発効果.....	4 - 3
4.3 ODA 案件の実施による当該企業の事業展開に係る効果.....	4 - 5
第5章 ODA 案件化の具体的提案	5 - 1
5.1 ODA 案件概要.....	5 - 1
・活用可能な ODA スキーム	
5.2 具体的な協力内容及び開発効果.....	5 - 3
・案件の目標・成果	
・投入	
・先方実施機関（カウンターパート機関）	
・実施体制及びスケジュール	
・協力概算金額	
5.3 他 ODA 案件との連携可能性.....	5 - 17
5.4 その他関連情報.....	5 - 18
・今後の ODA 案件化や事業展開に向けた当該国カウンターパート機関との協議の状況や課題 について記載	

付属資料（現地調査資料等）

1. 先方提供資料
2. 面談記録
3. 現地調査写真集
4. 先方政府機関説明資料
5. 村落住民調査結果

英文要旨

巻頭写真



写真 1 対象地域の村落風景



写真 2 対象地域の訪問家庭



写真 3 候補地(スカラメ地区)の河川



写真 4 Mini-DTEC 設置候補地(スカラメ地区)



写真 5 スカラメ村長と候補地を確認



写真 6 ワークショップ実施風景



写真7 アンケート実施の様子



写真8 ワングサリ村落事務所



写真9 チソロック地区熱源(熱水噴出)



写真10 ワングサリ村長への結果報告



写真11 BPPTとの協議



写真12 先方協力機関への説明会



写真 13 説明会参加の協力機関



写真 14 協力関係者一同



写真 15 BPPT 外観



写真 16 合意書取り交わしにかかる協議

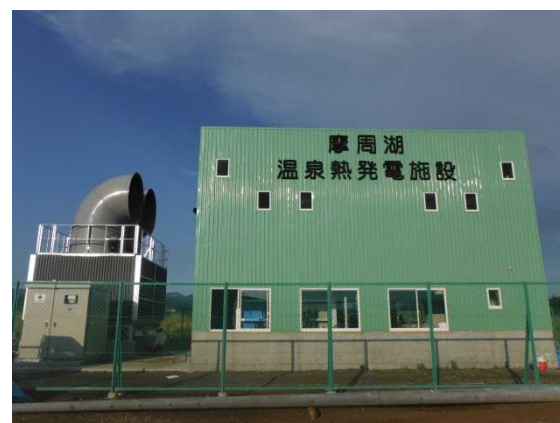


写真 17 製品技術(国内実例)



写真 18 製品技術(国内実例)

略語表

略 語	正式名称 (英訳名称)	和訳名称
ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
AMDAL	Analisa Mengenai Dampak Lingkungan (Environmental Impact Assessment Process)	環境影響評価制度
ANDAL	Analisis Dampak Lingkungan (Environmental Impact Assessment Report)	環境影響評価報告書
BAPEDAL	Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Environmental Impact Management Agency	環境管理庁
BAPEDALDA	Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Daerah (Provincial and District/Municipal Environment Management Agency)	地区環境管理局
BAPPENAS	Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (National Development Planning Board)	国家開発企画庁
BPLHD	Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Hidup Daerah (Local Government Environmental Management Organization)	州環境管理局
BPPT	Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (Agency for the Assessment and Application of Technology)	技術評価応用庁
DEN	Dewan Energi Nasional (National Energy Council)	国家エネルギー審議会
EIA	Environmental Impact Assessment	環境影響評価
EIS	Environmental Impact Statement	環境影響評価書
EPA	Environmental Preservation Area	環境保護地域
ESDM MEMR	Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (Ministry of Energy and Mineral Resources)	エネルギー鉱物資源省
IBRD	International Bank for Reconstruction and Development	国際復興銀行
IPP	Independent Power Producer	独立発電事業者
JBIC	Japan Bank for International Cooperation	国際協力銀行
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構
KLH	Kementerian Lingkungan Hidup (Ministry of Environment)	環境省
LIPI	Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia The Indonesian Institute of Sciences	インドネシア科学院
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助

PLN	Perusahaan Listrik Negara (Persero) (State Electricity Company)	国営電力公社
RISTEK	Kementerian Riset dan Teknologi (State Ministry of Research and Technology)	研究技術省
RPL	Rencana Pengelolaan Lingkungan (Environmental Management / Mediation Plan)	環境管理/緩和計画
UKL	Upaya Pengelolaan Lingkungan Hidup (Environmental Management Plan)	環境管理方針
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change	国連気候変動枠組条約
UPL	Upaya Pemantauan Lingkungan Hidup (Environmental Monitoring Plan)	環境モニタリング方針
USAID	United States Agency for International Development	合衆国国際援助庁

要旨

第1章 対象国における当該開発課題の現状及びニーズの確認

2000年以降、内需主導型経済政策の結果、インドネシア共和国（以下、「イ」国）の経済成長率は年率平均4~6%で推移している。「イ」国CO₂排出量は世界第12位にとどまるが、森林や泥炭地の開拓・喪失等によるCO₂排出量が膨大であることに加え、今後、電力及び輸送部門における増大が見込まれている。将来にわたって、産業活動の活性化を図る方針であるが、エネルギー利用に伴うCO₂排出量の縮減政策を掲げている。その中で、化石燃料から再生可能エネルギーへの転換を強力に推進する考えである。自国の豊富な地熱エネルギーを電力に変換することで、産業活動の一層の進展とCO₂排出縮減を達成する狙いである。同時に、地方村落の電化率を改善し、インフラの地域間格差是正を目指している。政府方針の具体化技術は、自国の再生可能エネルギーである地熱エネルギー利用による発電技術の開発・普及であり、本調査で設置可能性を検討したバイナリー発電システムは、CO₂縮減と電力生産増強を掲げる政策目標に合致しており、同時に地域のニーズ・関心も非常に高いことを確認した。

第2章 提案企業の技術の活用可能性及び将来的な事業展開の見通し

定格出力50~100kWレベルのバイナリー発電システムは、本提案企業のほか、本邦数社が開発しており、すでに実証・普及レベルにあり、電力会社への売電が行われると共に、実証試験を通じて一層の改良が図られている。本案件化調査対象機器であるMini-DTECにおいても、国内では北海道の温泉を利用した売電事業に適用して現在本格稼働に向けた調整運転が行われており、競合他社を含め温泉熱や排熱を利用した民間企業向け小規模バイナリー事業の普及拡大への取り組みとして注目されている。これらハードウェアの製造技術に加え、現地条件に適合する設計仕様への変更や運転管理業務（O&M）等のソフト面まで一貫して対応する計画である。また、「イ」国の自然条件並びに法制度等の社会条件に適合するバイナリー発電システムを提供できる体制を整備し、海外での販路拡大機会を得ることにより、機器類製造等を担う地方経済振興に対し、利益拡大・雇用の増大等を通じて寄与することができる。

第3章 製品・技術に関する紹介や試用、または各種試験を含む現地適合性検証活動（実証・パイロット調査）

本バイナリー発電システム設置候補地として選定した2か所の熱源調査を、西ジャワ州、スカブミ県、現地村長、地熱開発業者のガイドを得て実施した。熱源のある西ジャワ州スカブミ県スカラメ地区及びチソロック地区において、公開ヒアリングにより地区の受益者に関わるベースライン条件と電力源利用ニーズの把握を行った。また、立地条件、自然環境、地形、地盤、熱水流出量、温度等の情報を簡易測定器による測定又は目視、写真撮影によって収集し、これら情報に基づいて発電システムの運転並びに維持管理要件が満たされるかを検証した。その結果、熱源温度及び湯量の確保可能との見通しを得たスカラメ地区を第一候補とし、さらに設備施設建設場所の詳細調査と共に、事業用地確保手順の概要把握、事業効果の検討を重ね、事業プランを作成した。

第4章 ODA 案件化による対象国における開発効果及び提案企業の事業展開に係る効果

本バイナリー発電システムは運搬・組立性能に優れていることから、ディーゼル発電に頼る島嶼地域等の遠隔地において再生可能エネルギーを利用した電化の実現可能性を有する。この事は、ディーゼ

ル燃料費の節減と地球温暖化ガス削減の可能性を示唆し、「イ」国政府が掲げる政策目標と合致する。本バイナリー発電システムの設置予定場所は、年間を通じて高温多湿の「イ」国西ジャワ州スカブミ県スカラメ地区である。装置部品の搬入には、村落中心部、さらにその奥にある地熱源までの急峻なアクセス道路を使用するため、C/P 機関との協議を通じて、本邦仕様から「イ」国向け仕様に設計変更する予定である。「イ」国エネルギー・鉱物資源省が編集・発行する地熱ポテンシャルマップで同様の条件を揃えた熱源開発可能地域が 15 カ所あるため、この現地適合型 Mini-DTEC は、これら地域への設置・事業展開が視野に入っている。同時に、関連技術の普及を図るための「イ」国技術者教育、メンテナンス事業の展開、さらには他の温泉熱源を有する周辺諸国への ODA 事業への展開などの波及効果が期待できる。

第 5 章 ODA 案件化の具体的提案

Mini-DTEC 実証ステージにおける活動は、「民間提案型普及・実証事業」スキームの下、西ジャワ州スカブミ県スカラメ地区において行うことが最も適切であると判断し、現情報に基づいて作成したプロジェクト・デザイン・マトリックス (PDM) 及び工程表 (PO) を提案した。本フェーズでは、バイナリー発電システムを PLN 管理下にある配電網に接続しないオフグリッド条件で検証する。この検証活動において、配電網への接続にかかる発電システムの課題の抽出とその解決法につき、C/P 機関並びにステークホルダーと協議・検討を行う。

案件化調査 インドネシア国
未利用廃棄地中熱源（再生可能エネルギー）の有効活用による村落電化のための案件化調査
— **小型排熱温度差発電装置（Mini-DTEC）の普及**

企業・サイト概要

- 提案企業：日本蓄電器工業株式会社
- 提案企業所在地：東京都福生市
- サイト・C/P機関：技術評価応用庁 (BPPT)

「イ」国の開発課題

- インドネシアが抱える開発課題には、インフラ整備（特に電力）の遅れや地域間の開発格差、災害等へのリスクに対する脆弱性などが挙げられる（外務省：国別データブック）。
- インドネシアの2012年の電化率は75.3%であり（6000万人が無電化）、国家電化率目標は2014年80%、2020年で99%に設定されている。
- 調査対象の西ジャワ州の2012年の電化率は75.98%である。
- 2012年の電力供給の現状は石炭51%、ガス22%、石油16%、水力6%、地熱5%であるが、地熱は全ポテンシャル（28000MW）の4%程度（1341MW）の利用率である。
- 2015年までに全ポテンシャルの12%程度（3516MW）の開発ロードマップ（2006-2015）が策定されている（再生可能エネルギー）。

中小企業の技術・製品

- Mini-DTECは現在使われずに捨てられている100℃以下の温泉水や低温蒸気など小規模地熱（地熱発電として活用できずに未利用）を利用して発電できる小型発電装置である。
- CO²を排出しないクリーンな電力を供給できる。
- 独立システムで発電が可能であり、熱源利用が可能な状況を維持することで高い設備利用率（90%以上）の運転が可能である。
- 独自開発の熱交換器、タービン発電機、パワーコンディショナー等によるユニット化を実現した小型発電装置であるため、現地の熱源条件に合わせたカスタマイズが可能である。
- 熱交換器、タービン発電機ともに作動流体である代替フロンを漏れない構造となっており、環境にやさしいシステムである。
- ユニートを小型化することで輸送・設置が容易にできる。

調査を通じて提案されているODA事業及び期待される効果

- 民間提案普及・実証事業によりMini-DTECの発電実証試験（100kw程度）を行う。その技術検証結果のフィードバックは、更なる装置性能の向上、コストダウンの促進、関係各政府機関との関係強化や運営維持管理体制の構築といった効果が期待できる。
- インドネシア仕様Mini-DTECの実証期間中に、他の有力候補地の選定と無償資金協力のODA事業への展開策をインドネシア関係政府機関とともに策定し事業化を推進することで、中期的には地方村落部での温泉熱利用地方電化の普及による広範な開発効果が期待できる。

日本の中小企業のビジネス展開

- ODA事業の展開により、日本国内仕様としてモジュール化したものを、インドネシア型モデル、ひいては開発途上国モデルとして改良・仕様変更を行うことで、インドネシアのみならず温泉熱源を有する他の周辺諸国へと海外ビジネス展開をはかる。
- 長期的にはインドネシア国のFIT制度を活用した普及促進事業の拡大を目指す。



はじめに（調査概要）

（１）調査の背景と目的

「イ」国は、近年、政治的安定と順調な経済成長を実現し、気候変動対策や民主化支援などアジア地域及び国際社会の課題に対して積極的に取り組んでいる。今後、同国が中長期的な安定を確保するためには、インフラ整備（特に電力）が地域格差の是正、災害等に対する脆弱性の克服などとともに重要な課題として挙げられる。また、「イ」国の温室効果ガス（GHG）排出量は、2010年8月ユドヨノ大統領が組織した閣僚、官僚、有識者から構成される気候変動国家評議会の報告書において森林喪失や泥炭地荒廃等による二酸化炭素排出を加えると世界第3位としており（JETRO アジア経済研究所「アジアの出来事」2011年12月）、同国は2020年までにGHG排出量を26%削減することを国家目標とし気候変動対策を重要な政策課題として位置付けている。

日本国政府は、「イ」国の重要課題解決に資する援助の基本方針（大目標）として、「均整の取れたさらなる発展とアジア地域及び国際社会への課題への対応能力向上への支援」を挙げており、その中の重点分野（中目標）に（1）さらなる経済成長への支援、（2）不均衡の是正と安全な社会造りへの支援、（3）アジア地域及び国際社会への課題への対応能力向上への支援を掲げている。また、インフラ整備支援については、「官民連携（PPP）の枠組みの強化を促すことで、民間資金の動員を図ることに留意しつつ、可能な限り、我が国の技術力を活用できるよう、企業との連携も十分視野に入れることとする」ことが留意事項として述べられている。

本調査にて案件化を検討する製品である小型排熱温度差発電装置（Mini-DTEC）は、規模の大きい地熱発電としては熱量不足で使用することができずに放棄された地熱用井戸等における未利用の地熱や温泉熱などの再生利用可能エネルギーを発電用熱源に用いるため、代替化石エネルギー源として安定した発電が可能である。この結果、本製品に対する貧困層からの高いニーズも期待されている。

（２）調査の目的

本調査は、提案製品である小型排熱温度差発電装置（Mini-DTEC）を「イ」国へ導入し、環境負荷軽減及び環境改善への貢献を念頭に、具体的なODA案件を提案・企画することを目的とするものである。

特に、本調査においては、現地市民にとって電力インフラの整備、地域格差の是正、災害等に対する脆弱性の克服の重要性を再確認し、小型排熱温度差発電装置の普及の可能性を把握する。

（３）調査実施上の方針

- ① 現地調査実施にあたっては、これまで乙が実施した調査結果や文献調査を踏まえ、ODA案件化の際、カウンターパート機関となる村落部の電化を所管する行政機関への働きかけを行い、提案製品の「イ」国での導入への理解を得る。
- ② 調査中に製品の導入ニーズを把握するのみならず、導入候補サイトの特定や製品導入に関する技術面、運営面での課題について十分検討し、実施可能性の検討を行う。
- ③ 調査を通じてカウンターパート機関が提案製品の特長をよりよく理解できるよう、製品の特徴をわかりやすく取りまとめる。

- ④ 調査中に予定している製品の紹介のために、現地の状況に合わせた製品仕様を確認するために必要な情報を収集する。
- ⑤ 調査後、本格的な普及・実証活動を検討するに際して考慮すべき環境社会配慮等についても基礎情報を収集する。

(4) 団員リスト

	所属	部署、職位	担当分野
渡邊淳市	JCC	事業化推進部 温度差発電グループ 課長	総括
北川裕隆	JCC	事業化推進部 温度差発電グループ 技師	電気設備
實原定幸		補強	発電システム
太田和寿		補強	機材計画
福田篤子	OSK	営業部 課長	市場調査/業務調整2
辻 正道	OPC	海外コンサルタント部 専門部長	業務主任/環境社会配慮/電力行政
宇佐美栄邦		補強	現地基礎調査1/報告書作成1
大橋 正	OPC	海外コンサルタント部 担当部長	現地基礎調査2/報告書作成2
藤井 雅規	OPC	海外コンサルタント部 主任	業務調整1

(5) 調査スケジュール

第一次現地調査行程

日付			団員1 宇佐美栄邦	団員2 藤井 雅規	滞在都市
1	10月9日	水	成田空港発(JL726) ジャカルタ空港着(JL726)		ジャカルタ
2	10月10日	木	鉱山資源エネルギー省関係者訪問 大使館・JICA表敬	羽田空港発(TG661) ジャカルタ空港着(TG443) 大使館・JICA表敬	ジャカルタ
3	10月11日	金	ジャカルターバンドン 先方実施機関協議 バンドン→ジャカルタ	ジャカルターバンドン 先方実施機関協議 バンドン→ジャカルタ	ジャカルタ
4	10月12日	土	インドネシア地熱開発協会訪問 ジャカルタ空港発(JL725)	インドネシア地熱開発協会訪問 ジャカルタ空港発(JL726)	ジャカルタ
5	10月13日	日	成田空港着(JL725)	ジャカルタ空港発(TG434)	

日付	団員1 渡邊 淳市	団員2 北川 裕隆	団員3 實原 定幸	団員4 大田 和寿	団員5 福田 篤子	団員6 辻 正道	団員7 大橋 正	滞在都市	
1	11月3日	日		成田空港発(JL725) ジャカルタ空港着(JL725)	成田空港発(JL725) ジャカルタ空港着(JL725)	成田空港発(JL725) ジャカルタ空港着(JL725)		ジャカルタ	
2	11月4日	月		JICA挨拶	JICA挨拶	JICA挨拶		ジャカルタ	
3	11月5日	火		ジャカルターサイト移動	ジャカルターサイト移動	ジャカルターサイト移動		サイト周辺	
4	11月6日	水		サイト調査	サイト調査	サイト調査		サイト周辺	
5	11月7日	木		サイト調査	サイト調査	サイト調査		サイト周辺	
6	11月8日	金		サイト→ジャカルタ	サイト→ジャカルタ	サイト→ジャカルタ		ジャカルタ	
7	11月9日	土		書類整理	書類整理	書類整理		ジャカルタ	
8	11月10日	日	成田空港発(JL725) ジャカルタ空港着(JL725)	成田空港発(JL725) ジャカルタ空港着(JL725)	成田空港発(JL725) ジャカルタ空港着(JL725)	成田空港発(JL725) ジャカルタ空港着(JL725)	成田空港発(JL725) ジャカルタ空港着(JL725)	ジャカルタ	
9	11月11日	月	大使館訪問→バンドン移動	大使館訪問→バンドン移動	大使館訪問→バンドン移動	大使館訪問→バンドン移動	大使館訪問→バンドン移動	バンドン	
10	11月12日	火	西ジャワ州・PLN西ジャワ面 談→サイト移動	西ジャワ州・PLN西ジャワ面 談→サイト移動	西ジャワ州・PLN西ジャワ・地 熱局面談→サイト移動	西ジャワ州・PLN西ジャワ・地 熱局面談→サイト移動	西ジャワ州・PLN西ジャワ面 談→サイト移動	サイト周辺 /ジャカルタ	
11	11月13日	水	サイト調査(別候補)	サイト調査(別候補)	サイト調査(別候補)	サイト調査(別候補)	関連部署調査	サイト周辺 /ジャカルタ	
12	11月14日	木	サイト調査	サイト調査	サイト調査	サイト調査	関連部署調査	サイト周辺 /ジャカルタ	
13	11月15日	金	サイト調査	サイト調査	サイト調査	書類整理 ジャカルタ空港発(JL726)	関連部署調査 /市場調査	サイト周辺 /ジャカルタ	
14	11月16日	土	サイト→ジャカルタ移動 団内会議	サイト→ジャカルタ移動 団内会議	サイト→ジャカルタ移動 団内会議	成田空港着(JL726)	関連部署調査 団内会議	サイト→ジャカルタ移動 団内会議	ジャカルタ
15	11月17日	日	書類整理	書類整理	書類整理	書類整理	書類整理	ジャカルタ	
16	11月18日	月	大使館訪問 ジャカルタ空港発(JL726)	大使館訪問 ジャカルタ空港発(JL726)	大使館訪問 ジャカルタ空港発(JL726)	大使館訪問 ジャカルタ空港発(JL726)	大使館訪問 ジャカルタ空港発(JL726)	ジャカルタ	
17	11月19日	火	成田空港着(JL726)	成田空港着(JL726)	成田空港着(JL726)	成田空港着(JL726)	関連部署調査 /市場調査	ジャカルタ	
18	11月20日	水					関連部署調査 /市場調査	ジャカルタ	
19	11月21日	木					関連部署調査 /市場調査	ジャカルタ	
20	11月22日	金					関連部署調査 ジャカルタ空港発(JL726)	ジャカルタ	
21	11月23日	土					成田空港着(JL726)	-	

第二次現地調査行程

日付	団員1 太田 和寿	団員2 辻 正道	団員3 藤井 雅規	滞在都市
1	12月15日	日	成田空港発(JL725) ジャカルタ空港着(JL725)	ジャカルタ
2	12月16日	月	ジャカルターバンドン バンドン実施機関協議	バンドン
3	12月17日	火	バンドン協力機関協議	バンドン
4	12月18日	水	先方政府実施機関協議 バンドン→ジャカルタ ジャカルタ空港発(JL726)	ジャカルタ
5	12月19日	木	成田空港発(JL726)	ジャカルタ
6	12月20日	金	ジャカルターバンドン バンドン実施機関協議	ジャカルタ
7	12月21日	土	書類整理	ジャカルタ
8	12月22日	日	書類整理・団内会議	ジャカルタ
9	12月23日	月	ジャカルターバンドン 先方協力機関協議 バンドン→ジャカルタ	ジャカルタ
10	12月24日	火	大使館・JICA報告 先方政府実施機関協議 ジャカルタ空港発(JL726)	機内/ ジャカルタ
11	12月25日	水	成田空港着(JL726)	ジャカルタ
12	12月26日	木		機内
13	12月27日	金		成田空港着(JL726)

追加現地調査行程

日付			団員1 藤井 雅規	滞在都市
1	1月26日	日	成田空港発(JL725) ジャカルタ空港着(JL725)	ジャカルタ
2	1月27日	月	先方協力機関協議	ジャカルタ /バンドン
3	1月28日	火	先方実施機関(技術評価応用庁)協議	ジャカルタ
4	1月29日	水	先方実施機関(技術評価応用庁)協議	ジャカルタ
5	1月30日	木	大使館・JICA報告 ジャカルタ空港発(JL726)	機内
6	1月31日	金	成田空港着(JL726)	

第 1 章 対象国における当該開発課題の現状及びニーズの確認

1.1 対象国の政治・経済の概況

「イ」国は赤道直下の環太平洋火山帯にあって、広大な国土と石油、石炭、天然ガス等、豊富な天然資源に恵まれている。ASEAN 諸国の中でも安定した経済成長を続けており、近年の経済成長率は、内需主導型経済政策の結果、年率平均 4~6%で推移している。中間所得層の拡大に経済拡大の特徴がある。中間所得層は、都市部を中心に 2000 年から 2010 年の 10 年間で 274 万世帯から 3,322 万世帯と約 10 倍（人口の約 35%）に増加している。

世界第 2 位の石炭輸出国であり、主な輸出先は日本及び中国である。2011 年の対日輸出は 2.7 兆円、対日輸入は 1.4 兆円で、日本の大幅な輸入超過となっている。

韓国に次ぎ世界第 16 位の GDP（名目、2010 年）規模を有し、ASEAN 諸国唯一の G20 国である。2025 年には世界トップ 10 入りを政策目標に掲げる。近年の順調な経済活動の拡大により、「BRICs」にインドネシアを加えて「BRIICs」と呼称することもある。

人口の 6 割がジャワ島に集中しており、中でもジャカルタ市は、人口集中による交通渋滞が発生することが多い。表 1-1 に主な国勢項目を示す。

表 1-1 インドネシアの主な国勢項目

項目	内容
人口	2 億 3,764 万人*
国土面積	191 万 931km ² **
年間降水量	735 ~ 4,329mm（2007 年）
気候	熱帯気候、年間を通じて 25 以上、乾季と雨季がある
首都	ジャカルタ（人口 959 万人 *2010 年）
公用語	インドネシア語
宗教	イスラム教 88.6%、キリスト教 8.9%、ヒンズー教 1.7%、仏教 0.6%
民族	多民族国家***
名目 GDP	7,427 兆ルピア（約 8,547 億米ドル）（2011 年）
GDP/人	3,509 米ドル/人（2011 年）
GDP 成長率	2000 年以降、年率平均値 4%~6%
通貨	インドネシアルピア(IDR)****

（出典）外務省及び JETRO ホームページ

* ASEAN 合計の約 4 割を占め域内トップ、世界第 4 位、日本の 2 倍

** 日本の 5.1 倍。約 18,000 以上の島々が赤道上に広がる広大な国土（北緯 6 度～南緯 11 度・東経 95 度～141 度、東西 5,110km、南北 1,888km）から成る世界最大の群島国家である。領土の広さは、米合衆国とほぼ同じである。

*** 300 以上とも言われる多民族が共存する。

**** 1 米ドル = 115,00 IDR（本調査時、2013 年 11 月）

1.2 対象国の対象分野における開発課題の現状

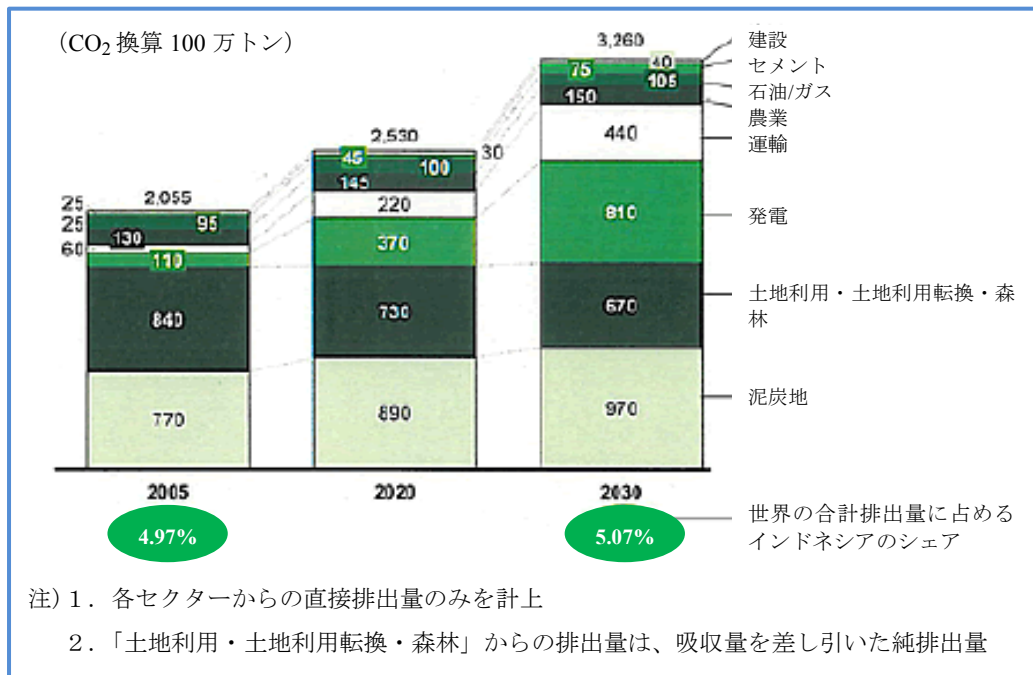
「イ」国は、近年、政治的安定と順調な経済成長を実現し、気候変動対策や民主化支援などアジア地域及び国際社会の課題に対して積極的に取り組んでいる。将来にわたって中長期的な安定を確保するため、インフラ整備（特に電力）、地域間格差の是正、災害等に対する脆弱性の克服などを重要な課題として挙げている（外務省 ODA ホームページ国別・地域別政策・情報 / 東アジア地域 / 「イ」国）。

温室効果ガス（GHG）の一つである二酸化炭素の排出量は、「イ」国の 2010 年の段階でのエネルギー起源としての排出量は世界第 12 位であった。しかし、エネルギー起源以外に森林喪失や泥炭地荒廃等を原因とする二酸化炭素の排出を加えた GHG 総排出量は、2005 年時点の CO₂ 換算で約 21 億トンに達し、中国、米国に次ぐ世界第 3 位ともいわれている。「イ」国においてエネルギー起源以外による二酸化炭素排出量比は大きな部分を占めているものの、今後の排出量は、ほぼ横ばいになると予想される。一方、商業・鉱工業生産活動の拡大に伴う発電及び運輸部門が活発化して、エネルギー起源の二酸化炭素の排出は一層増大すると予想されている（図 1-1 参照）。

「イ」国の 2005 年における GHG 排出量は CO₂ 換算で 21 億トンであり、このまま有効な対策を取らない場合、2030 年には 33 億トンに増加するとの予測がされている（Dewan Nasional Perubahan Iklim [気候変動国家評議会] , Indonesia's Greenhouse Gas Abatement Cost Curve, Jakarta, August 2010）。

経済成長を続ける新興国や途上国では、電力需要の拡大などに伴い、GHG の排出量増大が懸念されており、「イ」国においても GHG を排出しないクリーンな再生可能エネルギーによる電力整備が急務となっている。特に、インフラ整備が不十分な地方村落ではディーゼル発電に頼る所も多く、電力網整備と共にその CO₂ 排出削減が急務となっている。

このため資源量の多い地熱発電の開発に期待が高まっているが、「イ」国では 2003 年制定の地熱法で鉱山開発と地熱開発の区分けが不明瞭であり、森林などの自然保護区内での鉱山開発を禁じた別の法律があるため、地熱資源の 6 割が位置する保護区内での地熱発電開発に着手しにくい状況で、また、探査・開発コストのリスクが大きく、外国企業からの投資が進んでいない（Sankei Biz 2013 11 5）。



(出典：JETRO アジア経済研究所「アジアの出来事」2011年12月)

図 1-1 インドネシアの GHG 排出量の実績と予測

1.3 対象国の対象分野の関連計画、政策及び法制度

1.3.1 「イ」国におけるエネルギー関連計画

GHG 排出量を抑制しつつ、産業活動から日常生活までを支えるベースインフラとしての電力網整備を進めるため、同国に豊富に存在する再生可能エネルギーである地熱エネルギーを用いた発電量を増大させる方針を打ち出すと共に、エネルギー及び地下資源開発利用を所掌する「イ」国エネルギー・鉱物資源省を改組した。すなわち、旧電力・エネルギー利用総局と旧鉱物・石炭・地熱総局の2部門を電力総局、鉱物石炭総局、新再生可能・省エネルギー総局、地質局の計4部門に再編した。このうち、地質局は全国に出先機関を有し、地質構造やエネルギー賦存量の把握・調査を担っている。

表 1-2 に示す通り、かつて「イ」国は一次エネルギーのほとんどを石油が占めていた。しかし、国内産業の発展に伴い、国内の石油需要が増加して 2000 年代後半には石油の純輸入国になった。2006 年に国家エネルギー政策に関する大統領令 5 号が発令され、化石燃料比率を一層下げると共に、新・再生可能エネルギーの比率を 15%と掲げた。ヴィジョン 25/25 では、2025 年の政策目標として新・再生可能エネルギー比率 25%を目指している。

表 1-2 「イ」国における一次エネルギーの比率

1970年実績(%)		2004年実績(%)		国家エネルギー政策に関する大統領令 2006年5号		ヴィジョン25/25		
2025年目標値(%)		2025年目標値(%)						
石油	88	石油	52	天然ガス	30	天然ガス	23	
天然ガス	6	天然ガス	21	石炭	33	石炭	32	
石炭	1	石炭	20	石油	20	石油	20	
水力	5	水力	4	新・再生可能 エネルギー	バイオ燃料	5	新・再生可能 エネルギー	25
地熱	0	地熱	2		地熱	5		
					その他(原子力含む)	5		
				液化石炭	2			

1.3.2 「イ」国政府エネルギー政策方針

「イ」国政府は、2013 年 3 月に新エネルギー政策(Policies and Strategies for the Development of New Renewable Energy, DEN)(案)を発表し、2012 年から 2050 年までのエネルギー政策を含んだ国家エネルギー法(エネルギー独立性、エネルギー安全保障、国家エネルギー管理の基本的考え方の提示)草案を準備し、その中の政策方針として以下の 7 項目を掲げている。

- 1) エネルギー資源を商品(輸出品)から投資開発(国家開発戦略)に転換したパラダイムシフト
- 2) 国家エネルギー原油依存の割合を 20%未満として、石油に依存する割合を減らす。
- 3) 再生可能エネルギーの割合を 2025 年に 25%、2030 年には 30%に増やす。

- 4) エネルギーへの人々のアクセスを増やす。2020年には、電化率約100%とする。
- 5) 省エネを強化する。2025年目標として弾性値1以下（エネルギー/GDP増加率比）
（注）2009年の「イ」国は2.69（日本：0.47）
- 6) 戦略的なエネルギー備蓄を確立する。
- 7) エネルギー開発は、経済成長、エネルギー安全保証、環境保全の均衡を考慮し実施する。

1.3.3 「イ」国政府産業振興政策

「イ」国政府は、産業振興政策に関し、2011年5月に「2011-2025年におけるインドネシア経済開発加速化及び拡大マスタープラン」を策定している。以下は、主要な項目である。

- スマトラ：天然資源生産加工センター、エネルギー供給基地
- ジャワ：国家工業・サービス促進
- カリマンタン：鉱産資源生産加工センター、エネルギー供給基地
- スラウェシ：農水産業・石油ガス・鉱産物生産加工センター
- バリ・ヌサトゥンガラ：観光のゲートウェイ及び国家食糧補助
- パプア・マルク諸島：食糧、漁業、エネルギー、鉱業促進センター

今後、これら地域産業に必要な電力供給に向けて一層の電力需要が喚起されることとなる。「イ」国の再生可能エネルギーを利用した発電分野は、特に重点分野である。2020年までの電力開発の優先項目を以下に示す。

1) 発電設備の増強

- 第1次クラッシュプログラム(10,000MW)及び第2次クラッシュプログラム(10,000MW)の完結
- 既存計画のPLN（国営電力公社）及びIPP（独立系発電事業）による発電設備の完結
- 新・再生可能エネルギーの利用計画（地熱発電所、水力発電所）の完結
- ジャワ-バリ系統のピーク負荷電力時の石油利用最小化のための揚水発電所の開発
- 低品位炭と排ガス削減の超臨界技術の利用による山元火力発電所の開発
- 石油消費削減のため、ガス代替及び天然ガス発電の加速

2) 送電網の整備

- 第1次クラッシュプログラム(10,000MW)及び第2次クラッシュプログラム(10,000MW)に関連した送電設備（網）の完結
- ジャワ-バリ系統及びスマトラ系統システムでの送電設備のボトルネックの解消
- スマトラからジャワ-バリへの山元発電からの電力送電連結システムの開発
- カリマンタン、スラウェシでの連結システムの開発
- 電力需要対応と石油消費削減のため、西カリマンタン-サラワク（マレーシア）連結システムの開発
- 電力システム最適化のため、スマトラ-マレー半島連結システムの開発

3) 電化率の向上

地方電化計画と電化率向上に関し、以下の目標を掲げている。

- 政府は、全国の未開発地域、へき地等での地方電化率を向上し、社会開発を促進する。
- 国家電化率目標は、2014年までに80%、2020年までに99%とする。
- DRAFT GENERAL PLAN OF ELECTRICITY (RUKN) 2012-2031(エネルギー鉱物資源省資料、2013.2)

1.3.4 各州の電化率の現状

エネルギー鉱物資源省再生可能・省エネルギー総局によれば、州毎の電化率の現状は図1-2に示す通りである。ジャワ島やスマトラ島各州の電化率は75%~80%と非常に高いが、パプア州では32%に留まっており、地域間格差が大きい。

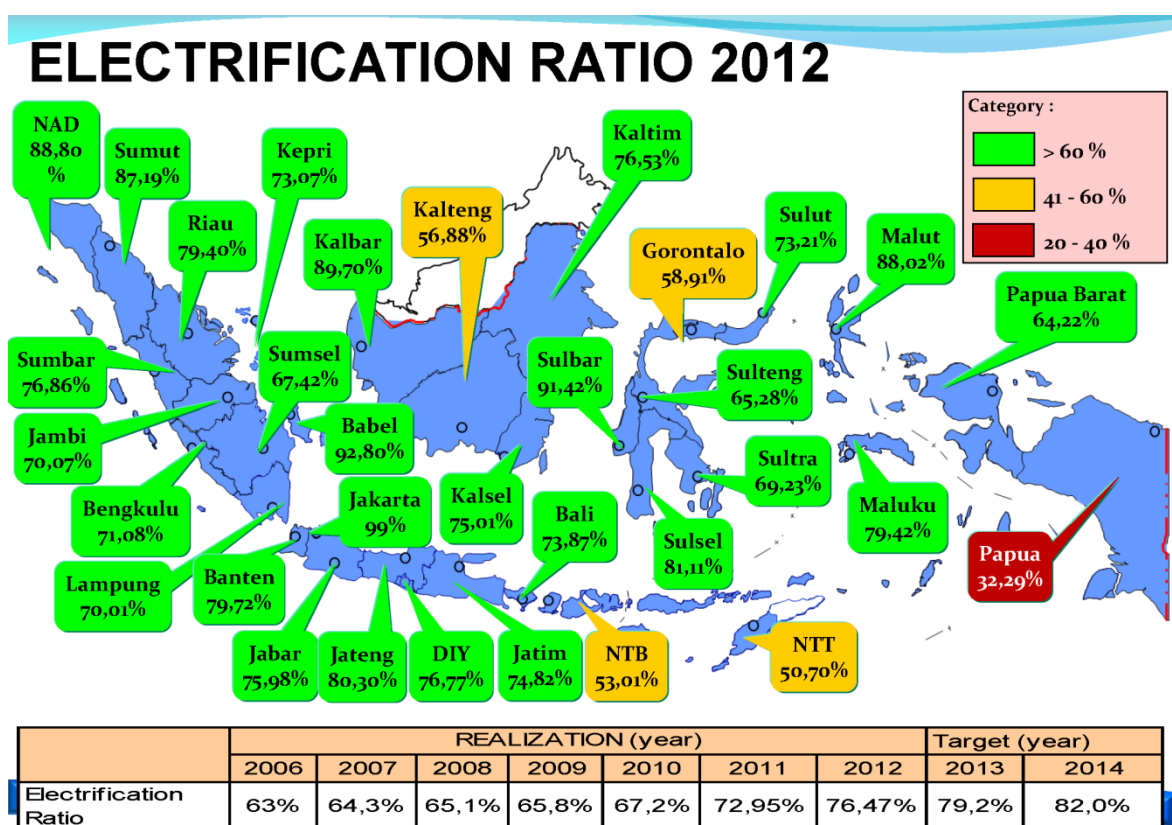


図 1-2 各州の電化率マップ

1.3.5 地熱発電分野の現状

「イ」国政府が公表した地熱発電工程表では、2025年目標値を9,500MWとしているが、エネルギービジョンでは12,000MWを掲げている。また、2012年目標量3,442MWに対して現状の設備容量は1,341MWに留まる（図1-3参照）。今後、急速に拡大を図る考えである（Development of New & Renewable Energy and Energy Conservation in Indonesia, Global Workshop on Clean Energy Development Dec. 2012）。

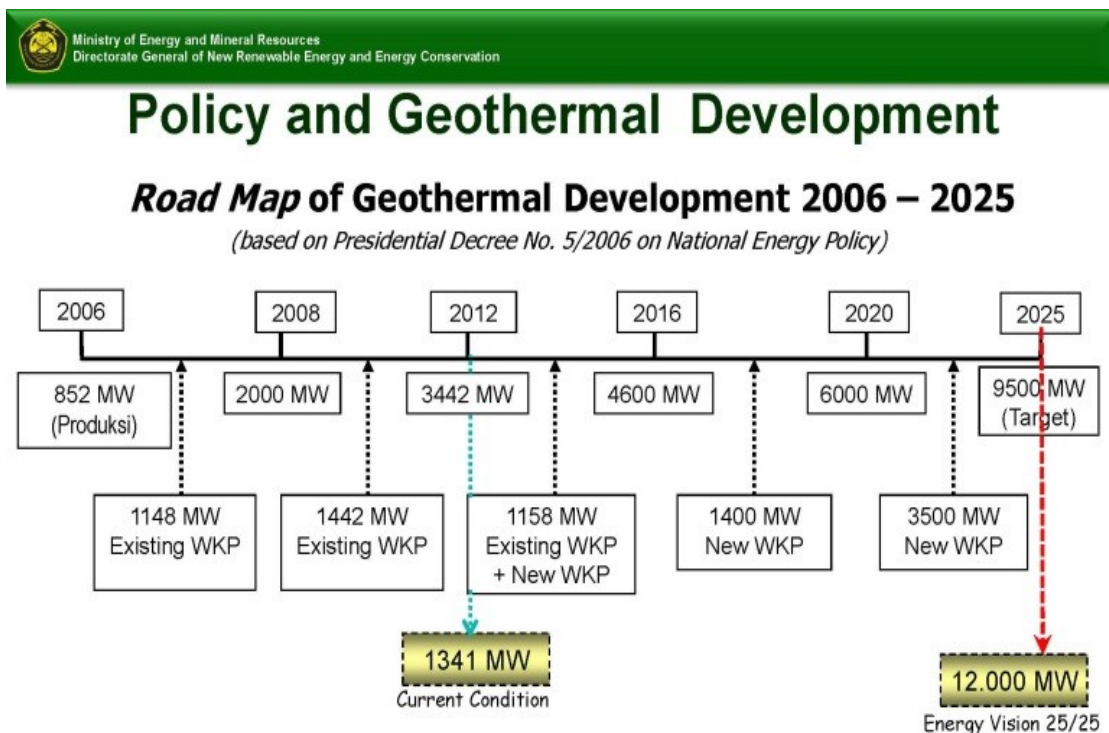


図 1-3 地熱発電開発工程表

「イ」国地熱発電設備容量の現状（1,341MW）は、賦存地熱エネルギー量（29,000MW：Geological Survey, MEMR 2010）に対して4.6%に留まっている。このような低い設備容量達成率の要因の一つには、以下に述べる発電コストと比較して安価な電力買取価格にもあると考えられる。

電力価格は、エネルギー源や地域により国の電力供給事業計画の中で決定され、一律に実施される。地熱発電など再生エネルギーによる事業地域を有する電力事業者は、国家電力総合計画（RUKN）に基づいて電力供給事業計画を作成することが求められる。

RUPTL 策定の目的は、2011～2020年の全インドネシアにおける PLN の電力供給事業計画の概略を提示することであり、企業の長期計画のひな形として、また年次事業プログラムの策定にも利用されることになる（2011年策定、RUPTL 2011-2020）。

「イ」国のエネルギー部門の政策実施においては、数多くの政府機関や自治体が影響力を有している。再生可能エネルギーにかかる政府関連省庁は以下のとおりである。

・MEMR（エネルギー鉱物資源省）

エネルギー分野に関する日常の監視活動を担う主要機関で、主に国営企業の監査を行っている。また、エネルギーの開発に加えて、調査・研究の実施、エネルギー分野に関するデータ分析や提供を行っている。2010年には再生可能エネルギーの開発・推進を管理するためにエネルギー総局を設立して、この補佐機関により再生エネルギー全体の規制監督が強化されている。

・DEN（国家エネルギー委員会）

2009年に設立された本委員会は、MEMRが実施予定のエネルギー戦略を策定し、包括的な国家エネルギー政策を管理・調整する。

・BAPPENAS（国家開発企画庁）

「イ」国の国家レベルの開発計画を担う機関で、エネルギー政策全般および国家経済計画や規制との調整機能を果たしている。MEMRが実行する再生可能エネルギー開発計画を定めている。

・SOEs（国有企業省）

エネルギー部門に関して圧倒的な力を持つ国営企業の規制が強く、国営企業の運営を管理するSOEsはエネルギー政策の方向性、実施を決定する上での重要な役割を果たしている。

・MoF（財務省）

政府の年次予算、支出の用途を承認する権限を持つ。

・環境省・森林省

環境保護地域の環境影響評価や森林の開発許認可を承認する権限を持つ。

また、2003年に施行された新地熱法により地方分権が確保されたため、地方自治体が再生可能エネルギーの開発についての規制・管理・許認可発行権限を持ち重要な役割を果たしている。

1.3.6 電気料金について

「イ」国では、2013年に電気料金が値上げされた。「イ」国において公共料金の値上げは、約30年間のスハルト政権崩壊の引き金となった経験からも容易とは言えない。しかし、PLN（国営電力会社）の健全な経営のためにも増加する電力供給を賄うには政府の電力補助金（国家予算から PLN 抛出の補助金）を頼りにしない、電気料金の値上げが不可欠である。「イ」国においては、2013年からの電気料金の値上げ案が国会で採択された。2014年1月21日に MEMR からの発表によれば、総選挙後の5月1日から200kVA以上の需要者（I3）の371社に対して2~4ヶ月に8.6%、30,000kVA超の需要者（I4）の64社に対しては2~4ヶ月で13.3%値上げして、最終的に電気料金の値上げはI3で38.9%、I4で64.7%となり、電力補助金が8兆8500億ルピア節約されるとしている（News Weekly Indonesia）。

2012年8月から MEMR によって導入された FIT(Feed in Tariff)については、今後の10年間のグリーンエネルギー政策に大きな影響を与えるもので、政府はマーケット・インセンティブを付与してエネルギーミックス政策の強力な支援ツールとして矢継ぎ早に新しい買取価格を公表している。これまでに、地熱、バイオ、水力が既に公表され、今後は新規太陽光、バイオ、水力の改定案が公表される予定である。原子力については、PLN 独自の調査がバンカ島で進んでいるが、本格的な調査開始は2014年4月の大統領選挙後と言われている。

1.4 対象国の対象分野の ODA 事業の事例分析および他ドナーの分析

1.4.1 日本国政府の支援状況

日本国政府は、「イ」国に対する援助の基本方針（大目標）を、「均整の取れたさらなる発展とアジア地域及び国際社会への課題への対応能力向上への支援」とし、その重点分野（中目標）として

- 1) さらなる経済成長への支援、
- 2) 不均衡の是正と安全な社会造りへの支援、
- 3) アジア地域及び国際社会への課題への対応能力向上への支援

を掲げている。インフラ整備支援については、「官民連携（PPP）の枠組みの強化を促すことで、民間資金の動員を図ることに留意しつつ、可能な限り、我が国の技術力を活用できるよう、企業との連携も十分視野に入れる」としている（外務省：対インドネシア共和国国別援助方針、平成 24 年 4 月）。

これら方針の下、温室効果ガス排出削減を図りつつ、地熱エネルギー並びに電源開発に資する支援を多数実施してきている（表 1-3 参照）。

「イ」国は 2020 年までに GHG 排出量を積極的な対策を取らない場合に比べて 26%削減することを国家エネルギー政策とし、気候変動対策を重要な政策課題として位置付け、我が国は「イ」国の GHG 削減に資する以下プロジェクトを実施してきている。

表 1-3 日本国政府による対インドネシア GHG 対策案件リスト

< ジャカルタ及びその周辺 >		
P	インドネシア中部ジャワ州グンディガガス田における二酸化炭素の地中貯留及びモニタリングに関する先導的研究	2012.9-2017.9
P	地熱開発技術力向上支援プロジェクト	2010.10-2013.9
P	気候変動政策推進のためのナショナルフォーカルポイント能力開発プロジェクト	2012.12-2014.9
< スマトラ島 >		
L	ルムットバライ地熱発電事業	2011.3
< 中央カリマンタン州 >		
P	泥炭・森林における火災と炭素管理プロジェクト	2010.7-2015.7
< マルク州 >		
L	地熱開発促進プログラム（トゥレフ地熱発電事業）	2013.3
< ジャワ島 >		
L	カモジャン地熱発電所拡張事業（西ジャワ州）	2006.3
< 全域または複合地域 >		
P	泥炭湿地林周辺地域における火災予防のためのコミュニティ能力強化プロジェクト（泥炭地の州、リアウ、西カリマンタン州）	2010.7-2015.7
P	気候変動対策能力強化プロジェクト	2010.10-2015.10

P：実施中技術協力案件 L：貸付中有償資金協力案件

出典：JICA 案件情報、案件配置図

その他、以下の電力・エネルギー分野に係る技術プロジェクト等を実施し政策支援を行っている。

表 1-4 日本国政府による電力・エネルギー分野に係る案件リスト

案件名・内容等	
JICA/JBIC 地熱発電開発マスタープラン調査	2007.9
スラウェシ島最適電源開発計画調査	2008.8
個別専門家派遣事業 C/P: エネルギー鉱物資源省、電力エネルギー利用総局 期間: 3年間(2007.12~2010.12) 支援内容: 政策アドバイザー派遣	2010.12
気候変動対策プログラム・ローン(II)(景気刺激支援含む) i) 限度額 374 億 4,400 万円 ii) フランス開発庁(Agence Francaise de Developpement)が協調融資を実施 iii) C/P: 国家開発企画庁(National Development Planning Agency)	2009.12.10
JICA 技プロ(地熱開発技術力向上プロジェクト) C/P: 地下資源局(Center for Geological Resources, CGR)	2013.09
上記後続技プロ(地熱開発における中長期的な促進制度設計支援プロジェクト) C/P: エネルギー鉱物資源省(MEMR)及びインドネシア財務省(MOF)	(予定)
JICA 技プロ PPP ネットワーク機能強化プロジェクト 内容: 案件選定、ファンド運営の制度設計、パイロットプロジェクトの選定、試掘	2014.2
地熱開発促進プログラム(トゥレフ地熱発電事業(E/S)) i) 対象地: マルク州中央マルク県アンボン島 ii) 事業: トゥレフ地熱発電所(20MW)建設、アンボン系統への接続 iii) 承諾金額: 5,104 百万円(総事業費 6,703 百万円) iv) 第2次クラッシュプログラム(2010年1月制定、計画年次 2010~2014年) v) C/P: PLN(Persero) vi) 環境管理方針(UKL)及び環境モニタリング方針(UPL): 2010.3 に中央マルク県環境保護局により承認済み	L/A 調印日: 2013.3.28
ルムットバライ地熱発電事業 i) 南スマトラ州ムアラエニム県 ii) 円借款貸付契約限度額 269 億 6,600 万円 iii) C/P: 国営石油会社(PT. Pertamina)	L/A 調印日: 2011.3.29
その他、円借款事業 ・カモジャン地熱発電所拡張事業(E/S)(2005年度) ・ウルブル地熱発電所建設事業(2004年度) ・ラヘンドン地熱発電所拡張事業(2003年度)	

1.4.2 他ドナーの支援状況

世界銀行は、プログラムレポート“Country Partnership Strategy (2009-2012)”に基づき支援を実施している。

表 1-5 世界銀行による電力・エネルギー分野に係る案件リスト

案件名・内容等	
ウルブル（スマトラ島）、ラヘンドン（スラウェシ島）拡張事業支援 i) 追加設備容量：最大 150MW ii) 融資額：3 億ドル(内訳：国際復興開発銀行 IBRD 1 億 7,500 万ドル、クリーン・テクノロジー基金 CTF 1 億 2,500 万ドル) iii) C/P：プルタミナ地熱エネルギー社（Pertamina Geothermal Energy：PGE）	完工予定： 2015 年
地熱発電開発プロジェクト支援 i) C/P：エネルギー鉱物資源省 Directorate General for Mineral, Coal and Geothermal ii) 支援額：US400 万ドル iii) 内容：行政キャパシティビルディング	(予定)

アジア開発銀行は、プログラムレポート：“Country Operations Business Plan (2012-2014)”に基づいて支援を実施している。

表 1-6 アジア開発銀行による電力・エネルギー分野に係る案件リスト

案件名・内容等	
再生可能エネルギー導入促進・送電網効率向上支援 対象地：スンガイブヌウ（スマトラ島）、マタロコ（フローレス島）	2011 年
ラヘンドン II 地熱発電所建設 i) PJ サイト：北スラウェシ州トモホン市、マナドの南 30km、ラヘンドン村 ii) C/P：PLN iii) 設備容量：20MW iv) 世界銀行支援：発電所からの CO ₂ クレジットの購入	(予定)

米国輸出入銀行や世銀、欧州投資銀行などの開発金融機関は昨年、相次いで石炭火力への融資基準を厳しくしたが、2007 年以降、JBIC は「イ」国石炭火力発電所建設への主要なドナーとなっている。今後、地熱エネルギー開発への支援シフトが一層望まれている。

本調査は、事前に実施した現地予備調査（2013 年 6 月に実施した Mini-DTEC 設置候補地リスト及び関連資料の入手、MEMR への製品説明・協力要請、Mini-DTEC 適用サイトの現地確認調査）に基づき、再生可能エネルギーを利用して「イ」国の課題の一つである GHG 削減効果のある地方村落の地産地消型小規模電源の普及を目指して実施したものである。想定する「イ」国カウンターパート機関はもとより、今後のより一層の調査進展のため、上記ドナーとの協力が期待される。

第2章 提案企業の技術の活用可能性及び将来的な事業展開の見通し

2.1 提案企業及び活用が見込まれる提案製品・技術の強み

2.1.1 業界分析、提案企業の業界における位置付け

2.1.1.1 業界分析

小規模地熱バイナリー発電、および温泉発電装置に関わる発電出力 100kW 以下の製品を展開している製造業者は複数社存在する。日本国内では本調査の共同企業体代表者である日本蓄電池工業（株）（以下、JCC）とその補強で参画する（株）ゼネシス（以下、Xenesys）、株式会社神戸製鋼所、地熱技術開発株式会社など、海外では米国のアクセスエナジー社、エレクトラサーム社等あるが、いずれの製品についても、これからの普及拡大に向けた新しい技術の導入・実施がようやく始まった段階である。

2.1.1.2 提案企業の業界における位置付け

Mini-DTEC は、JCC と Xenesys で共同開発した小型の温度差発電装置である。Xenesys は佐賀県伊万里市に温度差発電研究・開発センター（伊万里工場）を有し、これまで両社は佐賀大学と温度差発電に関わる調査・研究を共同で実施してきた。また、2009 年には伊万里工場に Mini-DTEC 実証機を設置し、工場排熱による発電の各種実証実験を行い、小規模温度差発電に関わる各種試験、データの取得を実施してきた（図 2-1：Xenesys 伊万里工場に設置の Mini-DTEC 実験機）。



図 2-1 Mini-DTEC 実験機（伊万里工場）

また、2013 年には沖縄県の事業による海洋温度差発電（OTEC）の実証事業を委託され、IHI プラント建設（株）、Xenesys、横河電機（株）の 3 社の共同企業体（JV）により海水の温かい表層水（平均 26℃）と冷たい深層水（約 9℃：取水水深 612m）との温度差で発電を行なうバイナリー発電設備を沖縄県久米島にて 2013 年 4 月に竣工し、現在実証試験を継続して実施している（図 2-2 参照）。発電試験設備は 50kW 発電設備が 1 基と要素技術試験設備 1 基（ター

ビン発電機無し) で、表層海水と深層海水との温度差を利用して、最大 50kW の世界初の継続的な海洋温度差発電の各種発電実証試験を行っている。

Xenesis 伊万里工場の位置する佐賀県は平成 17 年に「新エネルギー・省エネルギー促進条例」を定め、平成 19 年には「佐賀県の新総合計画」を策定、「新産業の創出」、「チャレンジする中小企業の育成支援」を掲げて重点分野のひとつに海洋温度差発電が取り上げられている。さらに、平成 24 年には、再生可能エネルギー等事業化支援として Mini-DTEC による熱回収実証試験調査案件を Xenesis が受託し、次段階として Mini-DTEC の本格運用を佐賀県内で目指しているところである。



図 2-2 OTEC 実証試験機 (久米島)

2.1.1.3 国内外の同業他社比較

国内メーカーである神戸製鋼所の「マイクロバイナリー」を適用し、大分県別府市にて温泉熱エネルギーによるバイナリー発電を「瀬戸内エナジー」が実施し、九州電力に 40~50kW の売電を実施している。また、長崎県雲仙市の小浜温泉においても温泉発電事業化実証事業を開始し、温泉バイナリー発電の実証実験が行なわれている。小浜温泉は、日量 1 万 5 千トンの 100℃ を超える高温の温泉水が産出するが、その 70% の熱が未利用のまま海に捨てられており、その有効活用策として検討されている。なお、神戸製鋼所は、小型バイナリー発電システムのほか、小型蒸気発電機や蒸気圧縮機、ヒートポンプなどの製品を保有しているところも強みとなるが、基本的には装置販売が主体となっている。

また、地熱技術開発株式会社は、平成 22 年度から 3 カ年の予定で、「温泉発電システムの開発と実証」として国内で唯一のカーリーナサイクル方式の温泉を利用した 50kW 級の発電装置を新潟県十日町市松之山温泉に設置して実証試験を実施している (弘前大学及び独立行政法人産業技術総合研究所と共同)。いずれも実証試験の段階である。

2.1.1.4 類似製品・技術の概要

小規模地熱バイナリー発電、温泉発電をターゲットにしている製品は、平成 24 年度に独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構の委託調査にて、一般財団法人 エンジニアリング協会が実施した「小規模地熱発電及び地熱水の多段階利用事業の導入課題調査 手引書」の中で最新状況が取りまとめられ、以下のように現状が報告されている。

- 1) 国内先発メーカーの大部分は、送電端出力 50kW 前後としたモデルが主である。一部には、100kW 超や MW クラスのシステムも見られる。
- 2) 後発メーカーでは、より低い温度、少ない湯量にも適用できる数 kW～20kW 程度のモデルを開発、市場投入している。または、その予定である。
- 3) 蒸気サイクルとしては、ランキンサイクルとカーリーナサイクルに分けられる。ランキンサイクルでは、有機媒体を用いるオーガニック・ランキンサイクルが殆どである。
- 4) 発電機駆動機構は、大部分が蒸気タービン方式であるが、数 kW 程度のモデルでは、より高い効率の得られるスクロール圧縮機（膨張機）を利用するものもある。
- 5) 発電機本体の価格帯としては、50kW クラスで本体数千万円、数 kW クラスでは 1 千万円未満。これに設置条件や泉質などによる補機類や工事費用が加わる。なお、100kW 超や MW クラスでは、設置環境や作動条件による特注的な扱いであり、価格も公表されていない。

本装置 Mini-DTEC は上記説明の中で、先発メーカーの 100kW クラスのランキンサイクル発電装置に相当する。なお、バイナリー発電とは、大型のフラッシュ発電や蒸気発電のように地熱流体の蒸気成分を直接タービンの動力とせず、熱交換器（蒸発器）を介して地熱流体の熱エネルギーを低沸点の作動媒体に伝え、これを沸騰させた蒸気でタービンを駆動する発電方式をいう。Mini-DTEC の場合、作動流体には代替フロン R245fa を用い、熱交換器（蒸発器）を介して、地熱流体（蒸気や温泉水）と低沸点の作動媒体の二つのサイクルで構成されることからバイナリー発電と呼ばれている。

作動媒体としては、Mini-DTEC と同様に R-245fa（沸点；15.3℃）などの代替フロン、ペンタン（沸点；36.1℃）などの炭化水素ガス、不活性ガスやアンモニア（沸点；-33.34℃）と水の混合液が使用され、炭化水素ガスや不活性ガスを用いるものがランキンサイクル、アンモニア水を用いるものがカーリーナサイクルである。

温泉熱発電装置（Mini-DTEC）は、温泉熱を利用して発電を行うことの可能な発電装置である。本装置は、工場などで既存の技術では経済的に有効利用ができず、未利用のまま廃棄されてしまっている 200℃以下の低温排熱を対象にして開発された発電装置である。「イ」国においては、世界第 3 位の地熱発電大国であることから地熱発電用井戸の開発が進んでいる一方、大規模な地熱発電には適さずに放置されてしまっているものや、井戸や地熱水が自噴して温泉施設として利用されている地域が多数存在する。本装置では 65℃～120℃程度の温泉水や、低温蒸気で最大 100kW の発電が可能であり、村落レベルの発電に供する開発に役立つ地産地消費型の発電設備としての活用を検討するものである。なお、熱源が大きく 100kW 以上の発電が可能であれば複数台の機器を設置することで対応することも可能である。

その発電原理は、図 2-3 に示す通り、通常の火力発電と基本的に同じである。火力発電との

違いは、火力の代わりに温泉水や地熱発電を行う際の熱量的に不十分な蒸気などを熱源として使用するところにある。つまり、火力発電であれば燃料を燃やして水を沸騰させ、その蒸気でタービンを回して発電を行うが、温泉熱発電の場合は、65℃～120℃程度の温泉の源泉、または水蒸気で低沸点の代替フロンを蒸発させ、温泉周辺の地下水や河川水などを冷却水源として利用して（冷却水量が限られる場合は冷却塔で対応可能）代替フロンを凝縮するサイクルの中で、代替フロンの蒸気によりタービンを回して発電するシステムである。

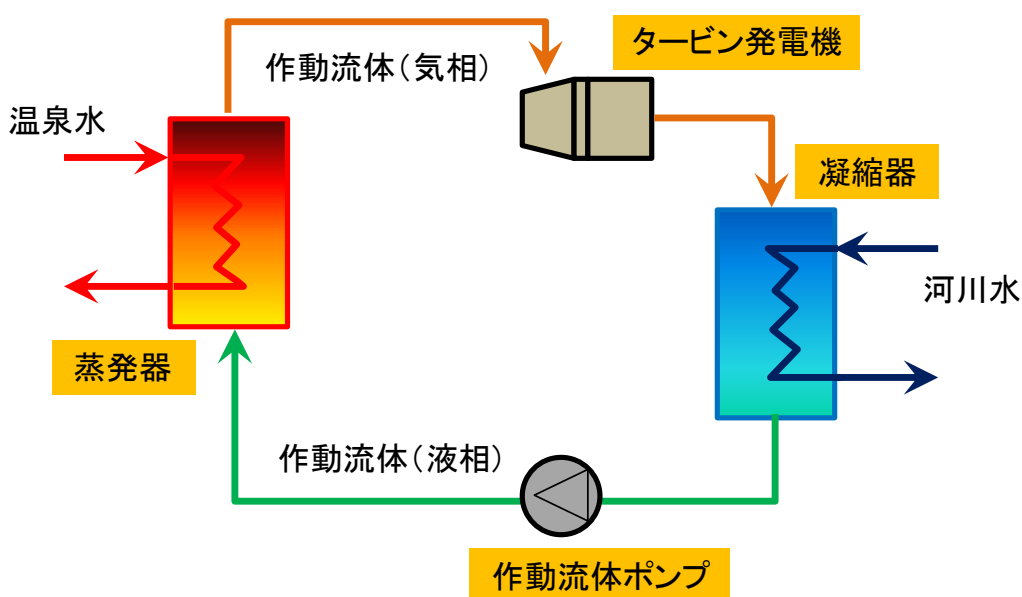


図 2-3 Mini-DTEC 発電原理

Mini-DTEC では、地熱発電としては熱量不足で使用することができずに放棄された地熱用井戸や、地熱発電で使いきれないなどの未利用の地熱や温泉熱を用いて発電することが可能なため、発電用の化石燃料が一切不要であり、低い運転コストで安定した発電を行うことができる。また、発電する上で化石燃料を使用しないため、追加的に二酸化炭素その他の有害物質を排出しないクリーンな電力を供給することができる。さらに、本装置は、現状日本国内仕様として小型化を実現し、製作工場内で装置をほぼ完成させた状態で現場に搬入することにより、現地設置工事を極力減らし、竣工から電力供給までのリードタイムを短くすることで事業コストの低減を実現可能なモジュールとしている。「イ」国内の場合、特に地熱や温泉水を熱源とした発電を提案する場合の候補地は、そのほとんどが遠隔地や島嶼地域であり、道路幅が狭く輸送上の問題があるケースとなることが想定される。そのため、本装置は改良を加え、日本国内でモジュール化した一体ものをさらに 4 分割して簡易に運搬が可能となる海外用モデルの開発を前提とした事業実施を予定している。

また、一軸一体型のタービン・発電機及び全溶接型プレート式熱交換器を独自開発して Mini-DTEC に搭載しているため、作動流体（代替フロン）の漏れがなく、煩雑な作動流体の補

充作業が不要であり、周辺環境への影響も心配のない構造となっている。特に熱交換器においては同性能の他社製プレート式熱交換器及びシェルアンドチューブ（多管式熱交換器）と比べ非常にコンパクトな作りとなっており、システム全体の小型化を可能としている。

さらに、Mini-DTEC においては熱交換器、タービン発電機に加え、パワーコンディショナーなどの発電した電気を安定した出力に調整する主要機器を独自開発・製造しており、条件の異なる熱源に対して、モジュール化された本体部分でも柔軟な対応、システムの最適化・高効率化が可能となっている（Mini-DTEC 本体モジュール：図 2-4 参照）。



図 2-4 Mini-DTEC 本体モジュール

以下に、Mini-DTEC の日本国内における現状版モジュールでの特徴を示す。

- 1) Mini-DTEC を構成する全ての機器が日本国製である。
- 2) Xenosys 独自のプレート式熱交換器を開発・製造して組み込んでいる。
- 3) JCC/Xenosys 独自（他社共同）のタービン発電機を開発・製造して組み込んでいる。
- 4) 発電効率・システムの最適化の提案が可能である。
- 5) 現場条件に合わせたシステム構築を柔軟に対応可能である。
- 6) 設計～工事までのトータルエンジニアリングが可能である。
- 7) 保守・管理契約に基づくアフターサービスの実施が可能である。

表 2-1 に示すとおり、Mini-DTEC の日本国内でのモジュール製作単価は現状 35 万円/kW である。他の自然エネルギーと比べても発電単価は比較的安く、また最も大きな特徴としては 90～95%という非常に高い設備利用率がある。一方で、Mini-DTEC を含む数 10 kW～数 100kW クラスの小規模バイナリー発電装置は近年の省エネルギー政策、再生エネルギーの固定買取制度、代替フロン使用による電気事業法の規制緩和と政策などにより、ようやく商用としての実用化が経済的に成立可能となり、日本国内においてもこれから急速な普及が期待されている新しい技術である。日本国内での実績数の増加、普及拡大に伴い、機器の量産、改良を重ね、低価格化を図る努力が業界内で続けられているものである。

表 2-1 各種発電方式との Mini-DTEC 比較表

	発電単価	設備利用率	建設コスト目安
Mini-DTEC	7-10 円/kWh	90-95%	35 万円/kW
太陽光発電	37-46 円/kWh	12-15%	40 万円/kW
小水力発電	10-36 円/kWh	65%	110 万円/kW
水力発電	8-13 円/kWh	20-25%	67 万円/kW
風力発電	11-26 円/kWh	24-31%	30 万円/kW
石油火力発電	14-17 円/kWh	30-80%	30 万円/kW
LNG 火力発電	6-7 円/kWh	30-80%	30 万円/kW
石炭火力発電	5-7 円/kWh	30-80%	30 万円/kW
原子力発電	5-6 円/kWh	55-80%	30 万円/kW
地熱発電	11-27 円/kWh	70-90%	20 万円/kW

出典：発電単価：エネルギー・環境会議資料（総合資源エネルギー調査会）
 設備利用率・建設コスト：「エネルギー政策の選択肢に関わる調査報告書」
 （日本学術会議東日本大震災対策委員会エネルギー選択分科会）

下表に Mini-DTEC の現状国内モデルの標準仕様概要を示す。

表 2-2 Mini-DTEC（現状国内モデル）標準仕様

項目	標準仕様
定格出力	100kW
適用熱源	低温域地熱蒸気、温泉水、200℃以下の工場排熱
適用熱源温度	65 ～ 120℃（温水または蒸気）
温泉水量（温水の場合）	500L～1,500L/分（湯温による）
冷却水	温泉水量と同等、または冷却塔使用
機器サイズ	幅 2.5 m x 奥 3.2 m x 高 3.2 m
重量	7,500kg 程度
タービン・発電機	一軸一体型
定格回転数	35,000 rpm
熱交換器	全溶接型プレート式

なお、温泉熱によるバイナリー発電においては、熱源が各サイトの自然条件により左右されるため、機器の発電条件、設置条件がそれぞれサイトにより千差万別である。国内において、本製品は装置の販売のみではなく、装置の適用・設置に関わるエンジニアリングから機器のメンテナンスまで一貫した事業へのサービスを提供することで競合他社との差別化を図っている。

2.2 提案企業の事業展開における海外進出の位置づけ

国内市場においては同業他社である株式会社神戸製鋼所、地熱技術開発株式会社など実績のあるメーカーが先行している。「イ」国はメガワット(MW)クラスの地熱開発は進む一方、100kW以下の小型バイナリー発電装置設置の実績はなく、内陸部や島嶼など、独立電源としても利用可能な本装置 Mini-DTEC の利用価値があると判断される。また国家レベルで進行している地熱開発によって、既に試掘済みの熱源や自噴する温泉源を活用することで、開発コストの圧縮も期待できる。他社に先んじた「イ」国進出により、現地の熱源情報の把握、既存電力への系統連系や土地取得からオペレーション訓練、メンテナンス体制の事業化、現地調達システムの構築などに優位性を持つことが狙いである。

そのためには、「イ」国のような高温多湿な環境下でも日本と同様に Mini-DTEC を適用して安定した発電の可能性を確認するための実証試験を行うことを海外事業展開の第一方針とする。

また、中長期的には「イ」国各地に賦存する温泉熱を利用した発電装置の販売、「イ」国にて技術者を教育してのメンテナンス事業展開、さらには今後工業的な発展を期待した工場排熱利用発電や、エレクトラサーモ社が進めているようなバイオガス利用発電などへの応用も念頭に事業展開を考えている。

さらに本事業の展開により、「イ」国のみならず、周辺国のフィリピンなど同様に地熱開発の進んでいる国に対しても確度の高い波及効果を想定している。

2.3 提案企業の海外進出による日本国内地域経済への貢献

JCC は、関東経済産業局の首都圏西部ネットワークを推進する TAMA 協会の首都圏西部地域広域基本計画を参考に活動しており、特に以下の推進計画に基づく活動に重点を置いている。

- (1) 「地域資源活用企業化プログラム」の推進
- (2) 中小小売商業振興を通じたまちづくりプロジェクトの推進
- (3) 地域におけるモノ作り中小企業の振興
- (4) 小規模・零細企業の振興
- (5) 中小企業の再生・再起業の推進
- (6) 地域活性化のための新たな金融手法・主体の活用
- (7) 女性や高齢者を活かした地域中小企業の事業展開支援

中でも、中小企業の海外進出という点においては、上述(3)「地域におけるモノ作り中小企業の振興」を基軸とした活動と併せ、関係企業との情報共有やコンサルティングを受け、製品の国際競争力の強化を目指している。さらに、近隣の大学や研究機関などと研究開発などで相互連携を深めつつ、新たな事業創出と地域経済全体の自立的な発展に寄与している。

また、Mini-DTEC を JCC と共同開発を行う Xenesys は、佐賀県伊万里市に温度差発電研究・開発センター伊万里工場を有している。JCC 及び同社は、平成 9 年以降、佐賀大学に専属研究員を派遣し地熱水発電に関する調査を行い、各種共同研究契約を締結しながら同大学と温度差発電に関する調査活動を実施してきている。さらに、平成 12 年には、同大学と海洋温度差

発電装置及び温度差発電装置に関わる国有特実施契約（専用実施権）の調印を行っている。

一方、佐賀県は、平成 17 年に佐賀県新エネルギー・省エネルギー促進条例を定め、海洋温度差、排熱利用による電気を新エネルギーとして位置づけるとともに、その 15 条（国際協力の推進）で「県は、新エネルギーの研究開発・導入の促進及び省エネルギーの促進に関する国際協力を推進するため、情報収集、技術提供等必要な措置を講ずるよう努めるものとする」ことを謳っている。

また、平成 24 年には、同県の再生可能エネルギー等事業化支援事業として「Mini-DTEC による排熱温度差発電への適用を目的とした産業廃棄物処理施設からの熱回収実証事業」を Xenesys が受託、熱回収実証調査を行い、次段階として現在、工場排熱、および低温域地熱利用による Mini-DTEC の本格運用を目指している。こうした Xenesys の企業活動は、佐賀県の振興経済分野に整合するとともに地域経済に大きく貢献している。

Mini-DTEC の国内、海外での本格運用後は、関連中小企業との連携や近隣の大学・研究機関などとの相互連携を深めつつ、新たな事業創出と地域経済の自立的発展につながり「地域におけるモノ作り中小企業」の国際競争力が強化されることで地域経済の発展に大きく貢献できるものと推察する。

2.4 想定する事業の仕組み

2.4.1 売り上げ規模、市場規模感、において想定する需要の見込み、および想定する事業概要

2.4.1.1 売り上げ規模、市場規模感

Mini-DTEC の想定需要見込みを推計する上で、「イ」国のエネルギー・鉱物資源省が発行する全国地熱ポテンシャルデータブックを基礎データとして、Mini-DTEC 候補地域を下表 2-3 に取りまとめた。

ここでは、全国 176 カ所（開発業者に権利を割り振られた地熱開発地域を除く）の熱源データから、熱源の温泉温度が 65℃以上のサイト 46 カ所を抽出した。ただし、流量のデータが十分把握できていないため、温度条件だけの判断である。本調査では、これら地域における機材の搬入・可能性について詳細な情報を入手できなかったが、一体型の本製品国内モデルを 4 分割とする等、海外向けの改良モデルを開発し多くの地域への搬入可能性を高める予定である。

表 2-3 「イ」国における Mini-DTEC 候補地域（源泉温度より選定）

サイト番号	地区	県	州	温度(℃)	潜在的発電量(MW)
180	SIRUNG	Alor	Nusa Tenggara Timur	105	100
247	WAPSARIT-WAEAPO	Buru	Maluku	101	30
261	TEHOLU	Maluku Tengah	Maluku	100	35
193	MARANDA	Poso	Sulawesi Tengah	100	20
258	LILLI-SEPPORAKI	Polewali Mandar	Sulawesi Barat	97	292
214	BITTUANG	Kabupaten Tana Toraja	Sulawesi Selatan	97	35
164	WAISANO	Manggarai Barat	Nusa Tenggara Timur	96	90
282	WARMONG	Maluku Barat Daya	Maluku	96	30
57	GRAHO NYABU	Merangin	Jambi	95	185
16	GUNUNG KEMBAR	Gayo Lues	Nanggroe Aceh Darussalam	95	92
42	MANINJAU	Agam	Sumatera Barat	95	25
71	WAI SELABUNG	Ogan Komering Ulu Selatan	Sumatera Selatan	93	70
37	PANTI	Pasaman	Sumatera Barat	92	150
15	KAFI	Aceh Tenggara	Nanggroe Aceh Darussalam	90	25
278	SAJAU	Bulungan	Kalimantan Timur	90	10
166	WAI PESI	Manggarai	Nusa Tenggara Timur	89	54
246	WAE SEKAT	Buru Selatan	Maluku	88	6
56	AIR DIKIT	Merangin	Jambi	87	225
7	ALUE LONG-BANGGA	Pidie	Nanggroe Aceh Darussalam	85	100
194	SAPO	Sigi	Sulawesi Tengah	82	25
182	ALOR TIMUR	Alor	Nusa Tenggara Timur	80	190
72	WAI UMPU	Way Kanan	Lampung	80	100
230	LAINEA	Konawe Selatan	Sulawesi Tenggara	80	70
204	LOMPIO	Kabupaten Donggala	Sulawesi Tengah	78	30
274	LOSSENG	Kabupaten Kepulauan Sula	Maluku Utara	77	30
283	ESULIT	Kabupaten Maluku Barat Daya	Maluku	76	25
243	INDARI	Halmahera Selatan	Maluku Utara	76	25
285	KARBUBU.MALUKU	Maluku Barat Daya	Maluku	76	10
53	SUNGAI BETUNG	Kerinci dan Pesisir Barat	Jambi	75	100
35	CUBADAK	Pasaman	Sumatera Barat	75	75
252	OMA-HARUKU	Maluku Tengah	Maluku	74.0(78.0)	25
191	PENTADIO	Gorontalo	Gorontalo	74	25
89	PAMANGALAN	Kabupaten Lebak	Banten	72	48
131	BUMIAYU	Brebes	Jawa Tengah	72	25
43	SUMANI	Kabupaten Solok	Sumatera Barat	72	100
100	TANGGEUNG-CIBUNGUR	Cianjur	Jawa Barat	71	100
101	SAGULING	Bandung Barat	Jawa Barat	71	25
248	BATABUAL	Buru	Maluku	69	25
10	GUNUNG GEUREUDONG	Aceh Tengah	Nanggroe Aceh Darussalam	69	120
223	MASSEPE	Sidenreng Rappang	Sulawesi Selatan	68	80
281	RANANG-KASIMBAR	Parigi Moutong	Sulawesi Tengah	68	10
9	RIMBA RAYA	Bener Meriah	Nanggroe Aceh Darussalam	67	100
262	BANDABARU-MALUKU	Maluku Tengah	Maluku	67	54
233	KANALE	Buton Utara	Sulawesi Tenggara	67	25
21	DOLOK MARAWA	Simalungun	Sumatera Utara	66	100
244	LABUHA	Kabupaten Halmahera Selatan	Maluku Utara	65	25

一方、上述のデータブックは、エネルギー鉱物資源省が実施する新たな地熱源の現地踏査、及び確認調査の結果を反映し毎年更新されている。地質局によれば、これらの調査により、年々地熱源のサイト数が増加しているとのことである。

これらの情報から、65℃以上の 46 サイトプラスアルファを実現可能性のあるサイトとして「イ」国における Mini-DTEC の市場規模感を約 50 サイトと推計する。

さらに、この推計 50 サイトの条件を厳しく絞り込み、Mini-DTEC 仕様の最大出力に近い性能を出せることを優先して、熱源温度が 90℃以上との条件をあてはめ Mini-DTEC の適用台数を推計した。これらのサイトの流量情報は不明確であるため、潜在的発電量の項目を基準に、その 1%だけを Mini-DTEC の熱源として活用できたと仮定すると、その総量は 11,890KW と推計できる。これは Mini-DTEC (100kW) 約 120 台分のポテンシャルとなり(表 2-4 参照)、「イ」国での 1 基当たりの標準価格を 5,000 万円と見た場合、少なくとも 50 億円程度の市場があると試算できる。

なお、Mini-DTEC の 1 基当たりの単価に加え、事業としてはさらに現場ごとに付帯設備、建屋建設、機器設置の費用で概算 5,000 万円がかかるものと想定すると 1 カ所当たりの総事業費はおよそ 1 億円程度となり(土地買収、アクセス道路等の整備費用は除く)、Mini-DTEC 事業の市場マーケットとしてはさらに大規模となるものと想定できる。

表 2-4 「イ」国における提案製品の市場規模

	ポイント番号	場所	県	州	発電可能容量	潜在的発電量の1%	MINI-DTECの発電規模を100kw/台とした時の台数	同サイトのMINI温度(℃)	同サイトのMAX温度(℃)
1	180	SIRUNG	Alor	Nusa Tenggara Timur	100,000kw	1000kw	10台	95	105
2	247	WAPSARIT-WAEAPO	Buru	Maluku	30,000kw	300kw	3台	60.5	101.3
3	261	TEHOLU	Maluku Tengah	Maluku	35,000kw	350kw	4台	40	100
4	193	MARANDA	Poso	Sulawesi Tengah	20,000kw	200kw	2台	65	100
5	258	LILLI-SEPPORAKI	Polewali Mandar	Sulawesi Barat	292,000kw	2920kw	29台	60.9	97
6	214	BITTUANG	Kabupaten Tana Toraja	Sulawesi Selatan	35,000kw	350kw	4台	37	97
7	164	WAISANO	Manggarai Barat	Nusa Tenggara Timur	90,000kw	900kw	9台	47	96
8	282	WARMONG	Maluku Barat Daya	Maluku	30,000kw	300kw	3台		95.5
9	57	GRAHO NYABU	Merangin	Jambi	185,000kw	1850kw	19台	70	95
10	16	GUNUNG KEMBAR	Gayo Lues	Nanggroe Aceh Darussalam	92,000kw	920kw	9台	35	95
11	42	MANINJAU	Agam	Sumatera Barat	25,000kw	250kw	3台		95
12	71	WAI SELABUNG	Ogan Komering Ulu Selatan	Sumatera Selatan	70,000kw	700kw	7台	40	92.5
13	37	PANTI	Pasaman	Sumatera Barat	150,000kw	1500kw	15台	50	92
14	15	KAFI	Aceh Tenggara	Nanggroe Aceh Darussalam	25,000kw	250kw	3台	85	90
15	278	SAJAU	Bulungan	Kalimantan Timur	10,000kw	100kw	1台		90

地熱エネルギーは化石燃料に比べて地域に「広く、薄く」存在するエネルギーである。従って、潜在的に膨大な量があっても、多くは社会的条件や技術的条件等による制約から、その全量が発電に利用可能なものとなっていない。そのため、地熱エネルギーの賦存量に対して最大可採量もおおのずとサイト毎に違ってくる。現段階では社会的・自然的条件などにより期待可採量が把握できない。また、上記検討ではより高い可能性として熱源が 90℃以上のサイト 15 カ所に関する適用可能性として市場規模を 50 億円規模と算出しているが、90℃未満のサイトは現時点で合計 46 カ所あり、流量が確保でき、その他の村落条件等が適用条件を満たせば十分に Mini-DTEC で発電事業を検討することが可能である。

上記 90℃以上の熱源 15 カ所については、温度的には問題無いため、その流量ほか地理的条件などを各々確認してゆく必要がある。また、リスト以外の熱源も含めて、県または州ごとに情報を集め普及・実証事業後の一般無償での案件形成を進めて行く必要がある。

2.4.1.2 想定する事業概要

「60℃～120℃」の温水または熱水を活用し100kW以下の小型バイナリー発電を行う本事業に類似する案件は、過去「イ」国では実施されていない。したがって、今次調査の結果を踏まえて、想定する本事業に関しては、図2-5に示す通り事業の展開モデル及びロードマップを策定した。

事業は、概ね2015年から2018年までの普及・実証事業期間（以下、「実証フェーズ」と称す）、続く概ね2020年までをODA無償資金協力事業によるMini-DTECプロジェクトの普及・導入期間（以下「普及・導入フェーズ」と称す）、そして概ね2021年までを民間レベルでのMini-DTECの販売網の整備による更なる普及拡大を目指す期間（以下、「普及拡大フェーズ」と称す）として位置付け、事業展開を計っていく（図2-5 事業の展開モデル及びロードマップ参照）。

「実証フェーズ」に先立ち1年の準備期間を設定する。この期間には、本案件化調査の結果を反映し、「イ」国内のアクセスの悪い遠隔地や島嶼地域への事業の展開を想定したMini-DTECの改良設計、並びに、対象サイトにおける土地の確保やアクセス路の整備に関わるカウンターパート機関の予算確保と作業の期間が含まれる。

「実証フェーズ」では、まず、カウンターパート機関であるBPPTや西ジャワ州、スカブミ県、西ジャワ州エネルギー・鉱物資源局、エネルギー・鉱物資源省の本省、地質局、PLNや地熱開発業者などのステークホルダーと十分な協議、準備を進めつつ、Mini-DTEC並びにその付帯施設を設備する。そして、3年間の事業期間の最後の1年間にMini-DTECの実証運転を行う。同時に普及・啓蒙活動を行い、州あるいは県単位でのODA無償案件に繋げる準備を進め、「実証フェーズ」の完了時には、ODA無償資金協力事業によるMini-DTECプロジェクトを立ち上げる。

「普及導入フェーズ」では、数フェーズに分けて、県や州単位で複数のODA無償資金協力事業を実施していく。また、対象となる県、あるいは州で、Mini-DTECの導入普及に意欲的な機関に対しては、技術協力プロジェクトを活用し、操作・維持管理等の技術移転、温泉熱発電計画の策定、各種体制整備等を行う。

事業の最終目標である「普及拡大フェーズ」では、「普及導入フェーズ」の完遂によるMini-DTECに関わる各種体制の確立、「イ」国政府による温泉熱の利用などに対する再生エネルギー政策の見直し、電力価格、買取制度の見直しなどを前提とし、事業者による機器の価格低減努力も踏まえた採算性の確保の可能性を見極めつつ、Mini-DTEC販売網を整備し民間レベルでの更なる事業展開を目指す。「普及拡大フェーズ」では、県や州、あるいは地熱開発業者や独立系発電事業者をターゲットにB to G (Business to Government)、B to B (Business to Business)の事業展開を行ってゆく。ただし、最終的な受益者はあくまでも村落単位のビジネスモデルの構築である。

「普及拡大フェーズ」では、Mini-DTEC本体装置の核となるタービン発電機と熱交換器、キュービクル（変圧受電装置）やPCS（パワーコンディショナー）などを日本国内生産し、その他ポンプ類や配管、冷却塔などの汎用品の現地調達を前提とした現地組み立てとその実施体制を構築し、現地代理店を通じた機器の販売から現場設置工事、メンテナンス事業を実施する。

Mini-DTEC 事業展開モデル及びロードマップの検討

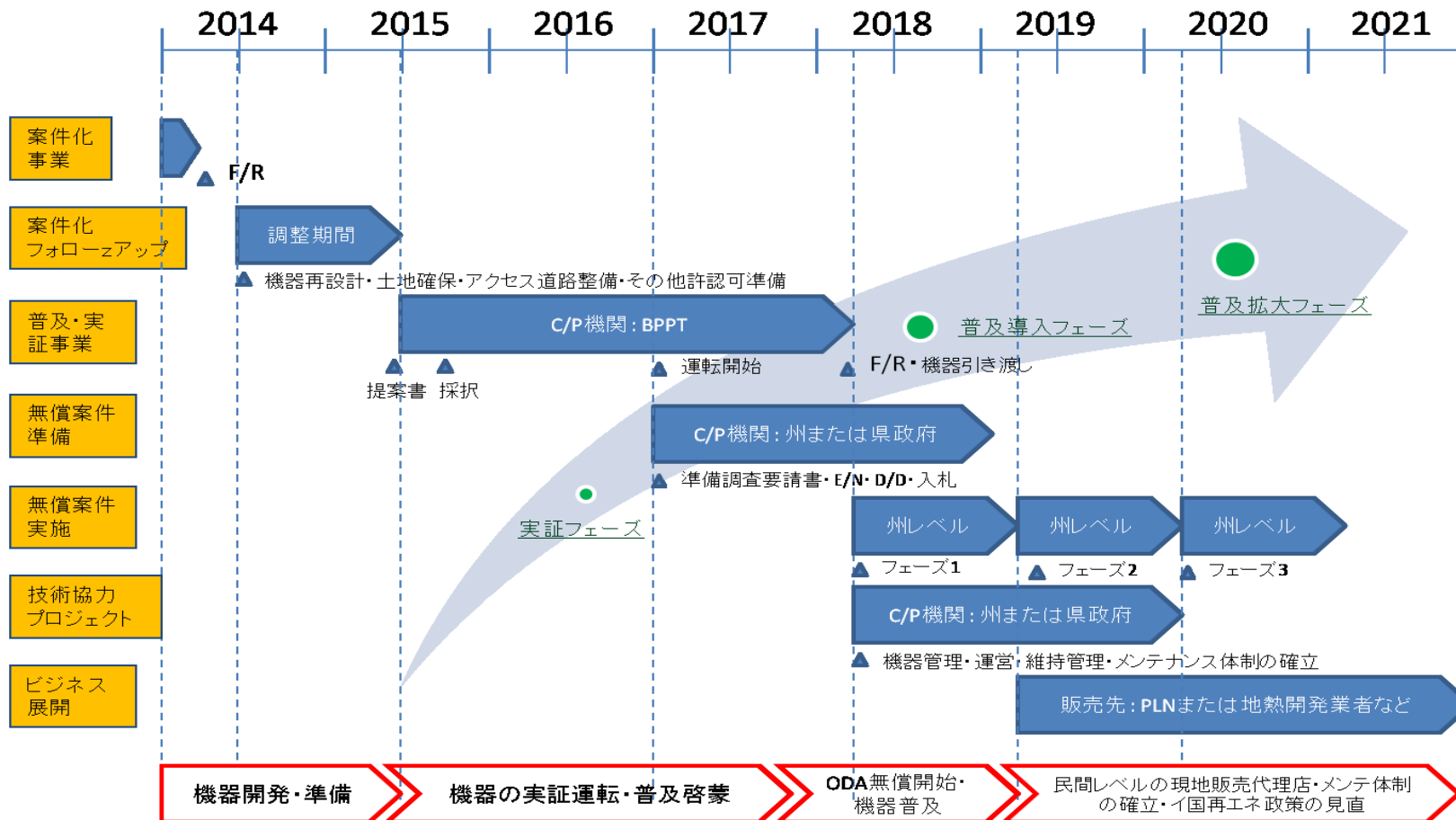


図2-6 事業の展開モデル及びロードマップ

2.4.2 流通・販売計画（販路の確保状況、販売方法、販売網の構築）

現段階では Mini-DTEC の「イ」国における販路確保は未整備である。基本的には本件調査に参画しているオガワ精機（株）（以下、OSK）は「イ」国で既に機器商社としての実績を有しており、その延長線にて Mini-DTEC の普及に向けた販路の確保等を普及・実証事業期間に調整する予定である。

ただし、当面は日本の ODA 事業による無償案件で、「イ」国での州単位、あるいは県単位での複数案件の実施を計画する。また、「イ」国での実績が積み上がった段階では、並行して OSK の現地事務所を通して、現地代理店を持ち、州や県、地熱開発業者や独立系発電事業者を通して温泉源を所有する自治体や村落への販売ルートを確認・形成することとする（図 2-6 参照）。

一方、「イ」国においては電力料金が非常に安価におさえられていることから、最大出力 100kW の Mini-DTEC による単純な発電・売電により事業採算性を得るには非常に厳しい条件となっていることも事実である。従って、ODA 案件以外の現地代理店を通じた販売ルートを検討するにあたっては、発電した電力の使用用途（例えば農作物加工などの地域産業振興事業）による副次的な効果による採算性を見越した発電事業の発掘が必要となると考える。

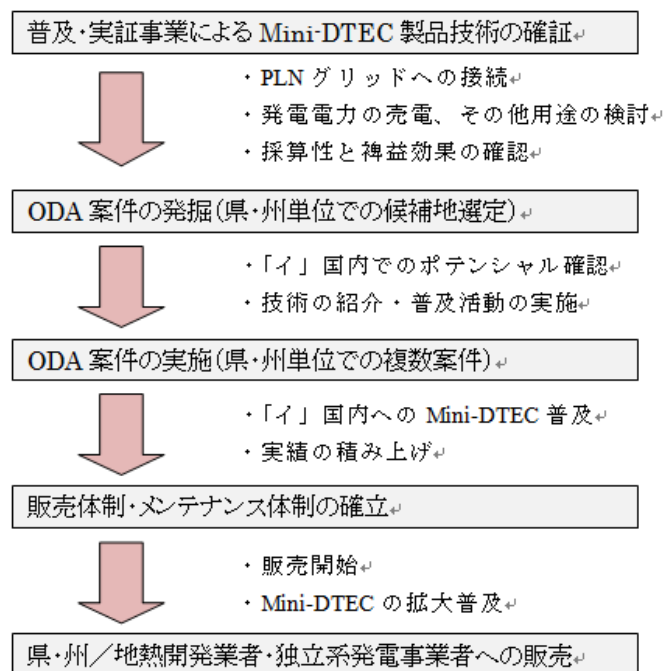


図 2-6 「イ」国における販路確保までの流れ

地熱源に関わる情報に関しては、エネルギー鉱物資源省本省、地質局、地熱開発業者及び各州または各県のエネルギー鉱物資源局との関係を強化し、情報を一本化して温泉熱による小型バイナリー発電の適用可能サイトの全国リストアップが必要である。

また、本調査に続くスカラメ地区における普及・実証事業の成功事例を全国、関係機関に幅広く情報発信することで、未利用の地熱源や温泉熱の有効利用の可能性を周知して、関心ある村落や県、州への普及促進を図る必要がある。

2.5 想定する事業実施体制・具体的な普及に向けたスケジュール

2.5.1 現地パートナーの確保状況及び見通し

本事業を成功させるためには、まずは本案件化調査の次のステップとなる普及・実証事業において、Mini-DTECの「イ」国での製品技術の確証を得ることが必須条件となる。

普及・実証事業での相手政府カウンターパート機関としては「イ」国技術評価応用庁（以下、BPPT）と確認できており、土地取得その他各種許認可手続きの手配、予算措置につき対応してくれる予定である。

なお、カウンターパートとして当初は対象村落の位置する西ジャワ州のエネルギー鉱物資源局を想定していた。しかし、本件の場合、Mini-DTECが現行の日本国内モデルから「イ」国用に改良（輸送の都合上、4分割して小型・軽量化）が必要なことや普及・実証事業自体が実証ベースであり、「イ」国で初めての100kWクラスの小型バイナリー発電装置であることから、最終的には西ジャワ州エネルギー鉱物資源局からも推薦を受け、スカブミ県、地熱開発業者、PLN、BPPT及び西ジャワ州エネルギー鉱物資源局との協議を経てBPPTに決定している。

2.5.2 想定する事業実施体制

本事業は小規模とはいえ「イ」国のインフラ整備に関わる電力を取り扱う製品であり、かつ民間レベルでの事業展開を行うには電力料金の変動や買取価格などの関わる「イ」国の政策面での改革・支援なども必要であることなどから、比較的長期的な取り組みが求められるものとする。よって、ビジネス展開するにあたり、上述2.4.1の通り「実証フェーズ」「普及導入フェーズ」「普及拡大フェーズ」という3つの段階を設定することで、確実な事業の海外展開を目指す。

まず、実証フェーズではODAによる民間提案型普及・実証事業を行い、3年間に及ぶ一連のMini-DTECの「イ」国での実証運転を行い稼働実績をつくることに注力する。続く普及導入フェーズでは中小企業と連携したプロジェクト型の無償資金協力を活用し、県または州単位でのMini-DTECの「イ」国での量産型普及を図ることとする。最終ゴールである普及拡大フェーズでは県や州へのB to G、あるいは民間の地熱開発業者や独立系発電事業者へのB to BでのMini-DTECの一般販売については現地代理店を活用して積極的に実施してゆくステージとなる。各フェーズの事業実施体制図を図2-7、図2-8、図2-9に示す。

<実証フェーズ>

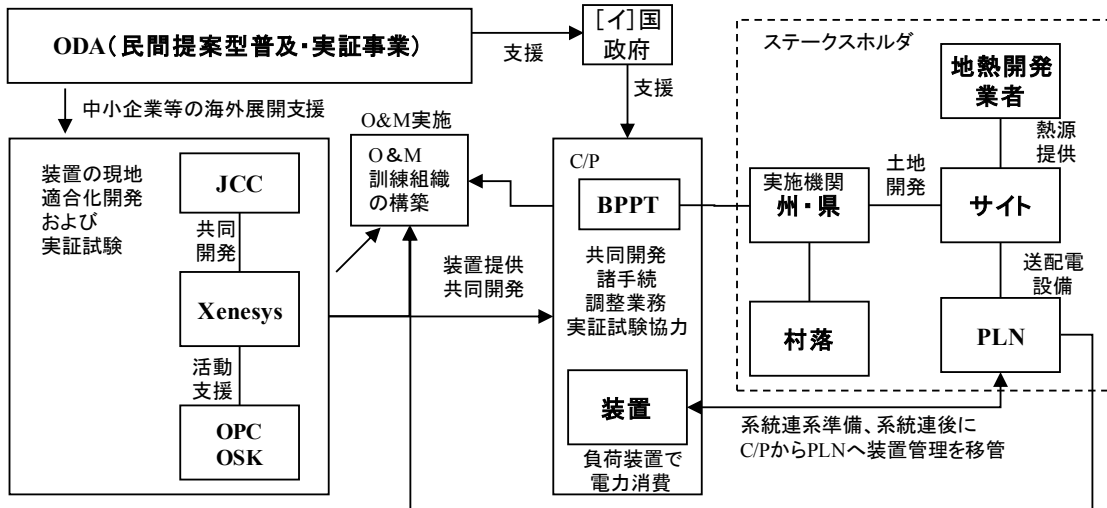


図 2-7 実証フェーズの実施体制図

<普及導入フェーズ>

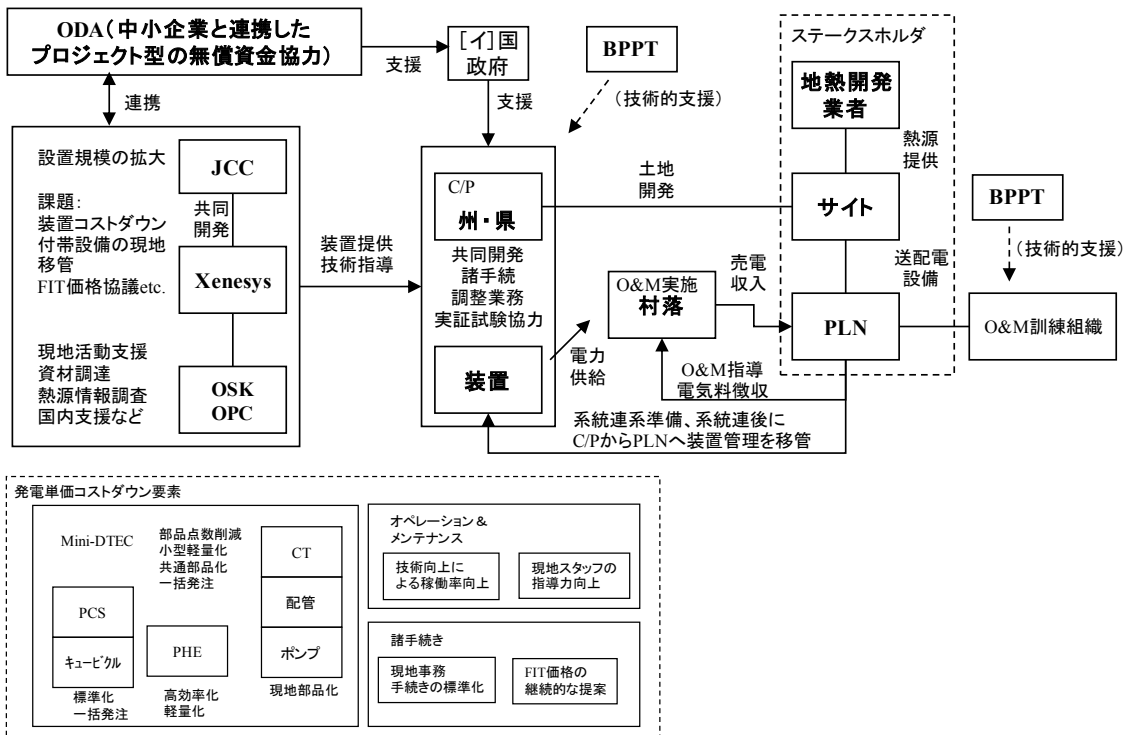


図 2-8 普及導入フェーズの実施体制

＜普及拡大フェーズ＞

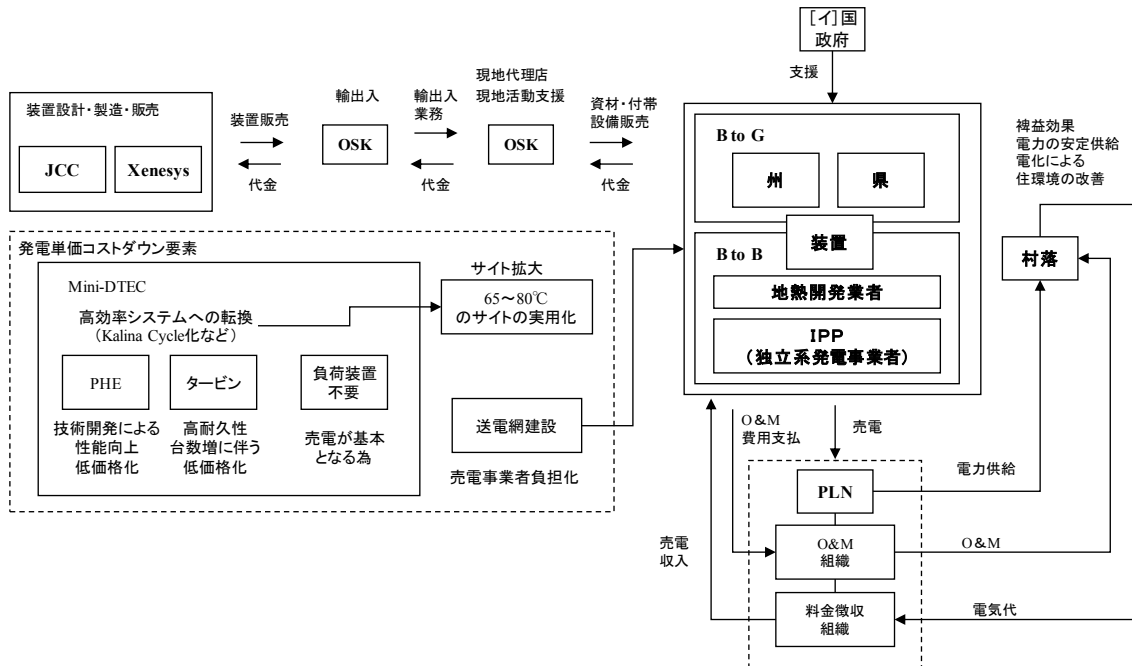


図 2-9 普及拡大フェーズの実施体制

2.5.2 普及・販売に関する具体的なスケジュール、課題

上記2.5.1での説明及び図2-5に示す通り、実証フェーズにおいてODAによる民間提案型の普及・実証事業の実施を計画する。しかしながら、BPPTの年度会計期間が12月締めであることから、平成26年度予算については2013年9月時点ですでに確定してしまっているため、2015年の予算措置（2014年9月申請）を見据えて、普及・実証事業を実施するスケジュールを計画する。

従って、本件調査終了後カウンターパート機関のBPPTと事前協議を開始し、今年9月までの期間に来年度予算について詳細を確認するとともに、MOUの締結を含む、普及・実証事業の提案書提出までの事前調整を行うこととする。

普及・実証事業は2015年10月の事業開始を想定し、2016年内のMini-DTECの製造・輸送・設置及び調整を行い、2017年より事業終了の2018年3月までの1年間に実証運転及び運転・メンテナンスの教育訓練を実施、最終的にはBPPT、電力公社（PLN）に対して施設の移管を行う計画を策定する。

また、3年間の普及・実証事業の実施期間中、運転が始まる2017年頃より、無償資金協力による県・州レベルのMini-DTEC普及事業の準備を開始して、普及・実証事業が終了する2018年には無償資金協力によるMini-DTECの普及導入ステージを想定する。

民間ベースでの販売準備は無償資金協力によるMini-DTECの普及とともに運営・維持管理面では技術協力プロジェクトの実施と並行して、現地代理店の準備を進め、さらにMini-DTEC本体の現地組み立て、量産体制を確立して更なる価格競争力をつけて「イ」国全土への販売事業の展開を計画する。

2.6 リスクへの対応

2.6.1 想定していたリスクへの対応結果

2.6.1.1 土地の取得問題

Mini-DTEC の設置には土地の取得が必ず必要となる。設置に必要な土地面積は比較的小規模で施設建設用地としては約 20m×20m (400m²) 程度の土地と熱源 (温泉水) 及び冷熱源 (河川水など) の取水施設 ~ Mini-DTEC へ接続する配管路とアクセス路の確保である。また、建設時には設置位置周辺にある程度の広さの建設資機材置き場が仮設で必要となる。土地の取得手続きに関しては本件調査では西ジャワ州の国家土地局州事務所 (BPN Province) にて下記の通り内容を確認した。

土地購入に関わる実務は各県事務所が実施する。

(スカラメの場合、手続きは Kontar Pertanahan Sukabumi の本局にて実施する)。

現状の土地利用区分及び地図関係の資料も県事務所が所有している。

手続き書類については、購入する名義人が個人か、会社か等により異なる。

(土地所有者が個人の場合 (村の土地の場合も同様)、所有者と購入者との直接の交渉で売買契約を実施する。特に標準価格は規定されていない。)

購入予定地が広く、複数の所有者となる場合、各所有者との交渉で各土地の価格が決定される。従って交渉次第で隣接する土地の価格は異なる場合もある。

購入予定の土地が森林局に属する場合は、森林局にて別途手続きが必要となる。

(対象サイトが森林局の土地でなければ特に問題は無い)

土地所有者との売買契約が成立した後、購入した土地の名義変更手続きが必要となる。これには、購入前後の土地利用の変更、測量作業等、必要な作業があり、土地の大きさや位置、利用用途などによりその料金、必要となる手続き期間が異なる。

コストや手続き期間、その他手続き書類などに関しては各県事務所を確認が必要である。日本人が土地を購入することはできないが、日本の会社などで「イ」国に登記していれば土地を購入することは可能である。

購入前の土地が田畑などで利用されていた場合、その土地を購入する際には、場合によっては田畑での収入分なども加味した価格交渉となる。

2.6.1.2 森林伐採問題

個人所有の土地の森林伐採に関しては特に土地局州事務所への手続きをする必要がなく所有者の権利で伐採、伐採後の樹木の処理をできる旨確認した。スカラメ地区の場合、設置予定地および設置場所までのアクセス道路の建設時に一部、土地の購入が必要であり森林伐採が発生するが個人所有地であるため、上記の通り土地局州事務所への面倒な手続きは必要なく済むと考える。

2.6.1.3 熱源・冷熱源 (河川) の使用・開発許可

スカラメ地区の地熱源開発権を有する地熱開発業者の PT. Jabar Rekind Geothermal 社から

は口頭で、スカラメ地区の自噴温泉源の利用、及びスカラメ川の河川水の利用については問題無い旨回答をもらっている。しかし、最終的には書面での利用許可を得る必要があるものとする。

一方、PT. Jabar Rekind Geothermal 社はスカラメ地区の地熱開発計画を遂行するための水源確保（地熱井戸掘削用水）にスカラメ川の河川水利用でポンプ場の建設を予定しており、そのための許認可を既に取り付けているとの情報も得ている。いずれにしても、熱源、水源の利用許可に関しては BPPT を通して再確認が必要である。

なお、インドネシアには 58 カ所に及ぶ WKP と呼ばれる地熱開発地域があり、それぞれのサイトで政府が実施する入札を経て開発権を保有する地熱開発業者が存在している。

2.6.1.4 電力関係（系統連系の課題・PLNとの責任分界点など）

次段階の普及・実証事業期間は基本的に発電した電力は系統連系せずに自己消費または放熱処理する形で、発電実証を優先した運転を行う。一方で、将来的な既存電力網への系統連系に関しては、PLNと協議をしながら問題点を抽出し、普及・実証事業期間にその解決策を検討することとする。

現段階で想定する問題点を以下に列挙する。

- ① 頻繁に発生する停電時の対策
 - ・基本的に停電発生時にはMini-DTECも緊急停止を余儀なくされる。
 - ・停電時の単独運転の可否
 - ・系統連系／単独運転切り換え方法など
- ② 売電による事業性の検討
- ③ IPP事業などの運営・維持管理対策（料金徴収、故障時の対応等）
- ④ 送電延長計画などとの調整問題

2.6.1.5 アクセスルートに関する問題（サイトまでの道路建設）

村落道から Mini-DTEC 設置予定地までは数百メートルに及びアクセスルートが無く、土地の買収と共にアクセスルートの建設が必要な状況である。比較的短距離であるため大工事を想定していないが、数量を確定した上で、アクセスルート確保のための予算を「イ」国側で準備してもらう必要がある。

なお、スカラメ地区に限らず、機器の搬入を念頭に置くと搬入路としては最低限 2 トントラック及び 2 トン程度を釣り上げ可能なクレーン搭載のユニック車が通行できることが Mini-DTEC 適用のためのサイト選定条件の重要な項目としてあげられる。

2.6.1.6 設置予定サイトの測量・地耐力調査、洪水の影響確認

村落委員へのヒアリングでは洪水は大きな雨の後に年に 1～2 度は起こるとの話はあったものの、周辺農地や建物、橋などの被害を伴う洪水の発生は無い模様であった。しかし、設置予定サイトが河川周辺となるため、特に雨季の洪水の可能性やその影響を加味したサイト情報の確認を「イ」国側の責任事項として依頼し、設置サイトは確実に洪水の影響の無い位置とする必要がある。また、土地取得問題と同時にサイトの測量、地耐力調査についても「イ」国側の責任事項として実施を依頼する。

2.6.1.7 熱源、水源の水量に関する季節変動、雨季の増水、熱源の枯渇リスク

自然エネルギーである地熱（温泉水）を利用する限り、熱源の温度変化や、湯量の増減など季節変動や、熱源の枯渇リスクが懸念事項としてあげられる。地元住民からの聞き取り調査より、熱源となる温泉水の自噴量は年間を通してあまり変動はなく、何十年もの間、枯渇することなく安定した水量が湧出していることが確認されている。

本事業での温泉水の利用も特に源泉に手を加えることなく、自然に自噴する量を一定量発電に利用するだけであるため、枯渇を促すような利用・開発はない。ただし、枯渇のリスクはいわば天災の一種としての認識を明確にしておく必要がある。

2.6.1.8 環境規制（UKL-UPL/EIA/AMDAL等）

環境規制に関しては西ジャワ州の地方環境管理庁（BPLHD）を訪問し、環境規制に関わる手続き内容について確認した。スカラメ地区では設置候補地がスカラメ川対岸の国立公園の規制区域に含まれるか否かで大きく手続きが異なる。

開発の候補地（表 2-3 に示す 46 カ所サイト）における位置情報は入手できなかったが、地熱開発（温泉水利用）の発電容量が最大 100kW と小規模であることから、環境影響評価の申請は EIA（AMDAL）手続きではなく、より簡易な UKL-UPL 報告書の申請であることを聞き取り調査により確認している。

なお、普及・実証事業の予定サイトのスカラメ地区は国立公園外であり保護地域、水資源保護区域でないことを聞き取り、EIA 報告書または UKL-UPL 報告書についてはスカブミ県事務所（プラブハンラトゥ）へ提出・申請し、許認可を得る手続きを行うことになる。許認可は申請書類提出から EIA で 125 日間、UKL-UPL であれば 1 カ月程度であることを確認している。

2.6.1.9 発電した電力の利活用

発電した電力は普及・実証事業期間中は PLN の既存電力網への系統連系は行わないが、将来的な利活用を検討する上では、系統連系手法の検討に加え、Mini-DTEC により発電された地産地消型小規模電力の活用方法を抽出する必要がある。ただし、発電電力は Mini-DTEC を適用する熱源により電力量が異なること、また適用サイトの条件（裨益地区、裨益人口、その他の村落状況）によってはニーズが異なることが予想され、一概に利活用方を設置側で特定するのではなく、条件毎に検討する必要がある。

現時点での発電電力の活用例としては下記のような用途を想定している。

- ① 地域振興促進のための電力供給
 - ・農産物加工場、ハウス栽培、保冷库など
 - ・女性や子供のための福祉施設
 - ・地域産業拠点等
- ② 公共施設への電力供給
 - ・診療所、学校、村役場、集会場、モスクなど
 - ・村落街灯等

なお、スカラメ地区における村落委員からの聞き取りや、住民に対するアンケート調査結果としては、現状の PLN による電力供給には決して満足しておらず、特に公共施設である学校や病院、モスクへの安定した電力の供給や村落内の街灯の設置、あるいは各家庭で行われている家庭内工業（手工芸や製錬事業）への安定した安い電力の供給が強く望まれている状況であった。

2.6.1.10 設備の維持管理方法、村落における維持管理能力

Mini-DTEC による発電設備は計画では 2017 年 1 月より試運転を開始し、2017 年中に運転・維持管理に関わる教育訓練を終了して BPPT へ設備の移管を行う予定である。普及・実証事業期間中にマニュアルの作成及び、On the Job Training (OJT) を通して、BPPT、西ジャワ州エネルギー鉱物資源局、PLN、地熱開発公社並びにスカラメ村落の住民から構成される予定の設備維持管理委員会に対し運転・維持・管理、メンテナンス手法を教育する。末端の村落住民から構成される設備維持管理委員会メンバーの能力が非常に重要になるところでもあり、カウンターパートと相談して十分な能力の者を選任して教育する。

特に、日々の点検、定期点検を確実に行うことが重要であり、図 2-12 に示すような点検項目を確実に検査できる能力を持ったメンバーが常に対象サイトの村落委員会に常駐できる体制を考えている。消耗品の調達、Mini-DTEC モジュール内の熱交換器の定期洗浄を行える体制の確立も必要となる。

2.6.1.11 設備の安全管理問題

設備の安全管理上の問題から、Mini-DTEC を建屋内に格納することを想定している。また、設備には高温の温泉水を用いるため、取水口からの配管、施設周りの温泉水の保護等を含めてフェンスの設置などを検討する。現状は限りなく 100℃に近い 97℃の源泉がスカラメ川の河床のあちこちから自然に湧出しており、500 トン毎時程度の大きな流れとなって、スカラメ川本流に合流している。またスカラメ村落の病院に設置されている既存の太陽光発電装置部品の盗難事例もあるため、Mini-DTEC 設備の盗難防止なども考慮して建屋の建設、施設周りのフェンスの設置は必須である。

2.6.1.12 「イ」国側責任範囲についてのMOUへの記載について

上述の土地購入（測量、地耐力調査を含む）、森林伐採、アクセスルート確保の問題や洪水の影響についての情報確認、その他熱源枯渇のリスクについては、本件事業の責任機関であり実施機関となる BPPT と協議を行い「イ」国側の責任範囲とすることとし、普及・実証事業の契約段階での Minutes of Understanding (MOU) にてその旨を明記しておくこととした。

Mini-DTEC温泉熱温度差発電所点検報告書										
平成 年 月 日 曜日 天候										
サイト名	点検種別				月次		年次		臨時	
					毎月	隔月	3ヶ月	4ヶ月	前	後
立会	有・無	系統連系	有・無	点検者						
本日実施の発電設備の点検結果を以下に示す。										
異常あり				改修要請箇所を、このまま放置すると、感電・火災・停電などの原因となるおそれがあるため、速やかな改修が必要です。						
改修要請あり										
要望事項あり										
※点検報告書(別紙)有・無										
発電装置制御盤										
発電所出力	kw	タービン回転数	rpm	検査時間	時	分				
〔付帯設備の点検記録〕										
1	高圧受電盤		2	昇圧変圧器(6600/420v)		3	昇圧変圧器(6600/200・100v)		4	力率
電圧(V)	電流(A)	電圧(V)	電流(A)	電圧(V)	電流(A)					%
漏れ電流 I_0				mA						mA
〔パワーコンディショナ計器等指示記録〕										
パワコン	容量	入力電圧	入力電流	出力電圧	出力電流	周波数	出力電力			
PCS	KVA	V	A	V	A	Hz	kw			
〔運転記録〕										
総発電電力kW										
発電所設備										
				判定	附帯設備				判定	
1. タービン発電機異音・振動					1. 引込施設					
2. TG入口・出口圧力は適正範囲か					2. 開閉器・遮断器類					
3. 軸受け温度					3. 母線・支持物					
4. 系統連系盤(パワコン)運転状況					4. 高圧機器					
5. UPS(安定化電源)運転状況					5. 保護継電器					
6. 接地装置					6. 接地装置					
7. 周囲環境					7. 建物・室キュービクル等の箱					
8. その他					8. その他					
1. チェック欄は、良は空欄・該当なしは／・改修要請は×・要望は△で表示する。 2. チェック欄で、複数の設備にポイントのあるものは、該当機器を○で囲み表示する。 3. ×・△及び問診の内容がある場合は、具体的に改修内容等を記事欄に記入する										

図 2-10 Mini-DTEC 定期点検報告書 (案)

2.6.2 新たに顕在化したリスク及びその対応方法等

2.6.2.1 機材設計変更の検討

Mini-DTEC の日本での 100kW モジュールの機器サイズは縦幅 3.2m、横幅 2.5m、高さ 3.2m で重量がおよそ 7.5 トンである。「イ」国での交通事情、特に村落までのアクセスや村落中心部から未利用の地熱源（温泉水）までのアクセスを考えた場合、未舗装路である可能性が高く、本件調査対象サイトであるスカラメ地区においても道幅 3 メートルの未舗装路が約 7km 程度あり、かつ数十から百数十メートルの熱源までのアクセス道路の建設が必要である（図 2-11 参照）。



図 2-11 ジャカルタ～プラブハンラトゥ～スカラメへの機器輸送ルート

こうした現地条件を鑑みた場合、Mini-DTEC を運搬する上で機材のサイズをよりコンパクトにする必要がある。道幅 3 メートル程度の未舗装路では 2 トン車トラックでの輸送が限度であることから、現在 7.5 トンの機材を 4 分割して、重量的にもサイズの的にも 2 トントラックでの輸送が可能なサイズに設計変更し、かつ現場でユニック車を用いて組立可能なモデルの検討が必要となっている（図 2-12）。

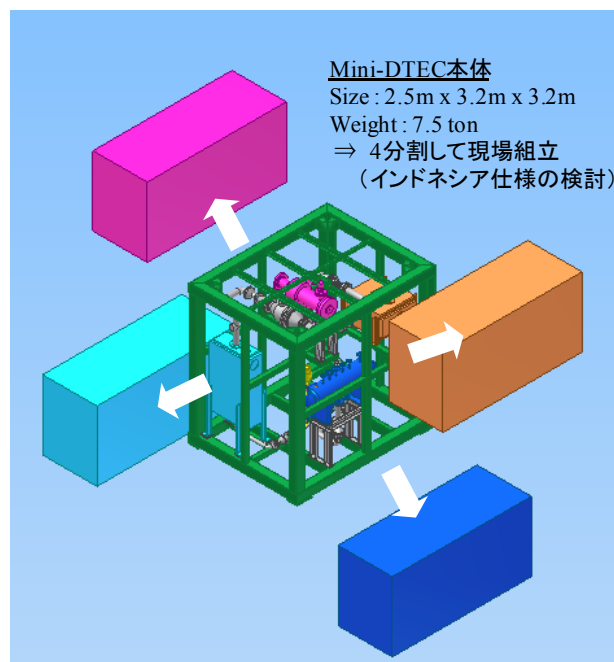


図 2-12 Mini-DTEC 本体モジュール分割案

2.6.2.2 相手政府の予算確保の問題

カウンターパート機関の BPPT では、来年度 2014 年度予算については 2013 年 9 月までの調整で既に確定しているため、2015 年以降の予算を 2014 年 9 月に申請して確保する。土地の確保、アクセス道路の建設、その他予定サイトの地耐力調査、建屋の建設など、PDM に記載した「イ」国側の所掌範囲に基づき、予算の確保を行うとともに、MOU に諸条件を明記する。

そのため、2014 年度の民間提案型 普及・実証事業への提案申請では、事業実施の前提条件である対象サイトの土地買収の問題やアクセス道路の問題解決が間に合わないことから、本事業は 2015 年度の提案申請を計画している。

第3章 製品・技術に関する紹介や試用、または各種試験を含む現地適合性検証活動（実証・パイロット調査等）

3.1 製品・技術の紹介や試用、または各種試験を含む現地適合性検証活動（実証・パイロット調査）の概要

第1次現地調査（サイト状況調査：自然条件、熱源、社会条件等）は2013年11月3日から19日までの17日間、第2次現地調査は2013年12月15日から27日までの13日間、西ジャワ州スカブミ県のスカラメ地区及びチソロック地区の2カ所を対象に実施した。現地調査には西ジャワ州エネルギー・鉱物資源局及び両地区の地熱開発業者である PT Jabar Rekind Geothermal 社の職員同行のうえ、下記の方針・手順で実施した。

3.1.1 サイト状況調査（自然条件、熱源、社会条件等）実施方針

以下の実施方針により、サイト状況調査を行った。

- 1) 自然状況調査については、立地、自然環境、地形、地盤等の把握を目的に現地踏査を行う。
- 2) 熱源調査については、使用可能な熱水流出量と温度を調査する。また冷水用河川についての調査を行う。
- 3) 社会条件調査については、対象地域の受益者に関わるベースライン条件と電力源利用ニーズの把握を目的とし、調査対象村落各々にて10サンプル程度実施し、プロジェクト上位目標達成のための資料とする。

3.1.2 サイト調査手順

以下の調査手順により、サイト状況調査を実施した。

- 1) 村落委員会への基本情報確認（質問表）
- 2) 現地踏査（熱源、冷熱源、アクセス、土地利用など）
- 3) 電力使用状況調査（社会条件調査）
- 4) 設置サイト選定調査
- 5) 既存送電線網確認調査
- 6) 住民意識調査（ワークショップ開催・アンケートの実施）
注）3）、4）、6）はスカラメ地区のみで実施

3.2 製品・技術の紹介や試用、または各種試験を含む現地適合性検証活動（実証・パイロット調査）の結果

3.2.1 スカラメ地区

3.2.1.1 村落基本データ

スカラメ村落は 728 世帯、人口 2,666 名の小規模農業と家内工業や日用品小売店を営むことで生計を立てている村落である。村落はプラブハンラトゥの町から一般道を 10km ほど西に進み、そこからゴムのプランテーションの中を 3m 幅の未舗装道路を 7km 程度入ったところに位置する。

村落の基本データについては、温泉熱源、冷却水源、村落一般情報、経済・社会情報、その他インフラ、電力供給状況などの情報をスカラメ村落委員より聞き取りした。温泉熱発電の熱源（温泉水の湧出）は村役場から 600m ほど村落道を下った先のスカラメ川があり、川に並行した状態で 97℃の源泉が約 500 トン毎時以上の流量で湧き出している。この温泉水は現状利用されておらず、湧出地点から数十メートル下流で横を流れるスカラメ川に合流して流れ下り、最終的にはプラブハンラトゥ湾の海へ流出している。

村落は 728 世帯のうち 28 世帯を残して PLN により電化されており、各家庭では 450w または 900w の電力が供給されている。停電はほぼ毎日発生しており、平均月収 5,000 円程度の中で電気料金 500 円ほどを各家庭が支払っている状況である（付属資料参照）。また、基本データの聞き取り調査に加え、村落実態調査を実施し、村落内の複数の一般家庭での生活状況や、学校・モスクなどの公共設備における電気の利用状況等を確認した。村落実態調査の中で特に特記すべきことは各家庭の部屋の電球が 20～30w 程度の非常に暗い電気で生活している事実である。また、公共施設にも十分な電気が来ておらず、さらに村落内には街灯もなく日没後の外出には非常に苦労している様子であった。

また、ワークショップを村落事務所にて開催し、村落民 50 名程度、村落関係者（村長及び村落委員）6 名、西ジャワ州エネルギー・鉱物資源局、チソロック郡からの出席者に対し本件調査内容及び事業概要説明を実施し、Mini-DTEC の概要、これまで使用されずにいる温泉水を活用して 100kW の発電を行いその電力をスカラメ村で有効に活用できる可能性に関して理解を得ることができた。さらに、事業概要を理解してもらった上で電力事情に関するアンケート調査を住民に対し実施した。

アンケート結果として主要なところでは、各家庭では電球、テレビ、衛星放送受信機、冷蔵庫のほか、炊飯器や音楽プレーヤーなどに 450 ～900w/家庭の電気を利用していることがわかった。電気の供給量、料金には 90%ほどが満足しておらず、特にその安定性への要望が強い。料金支払いは PLN への料金徴収人への支払いまたは Plusa と呼ばれるプリペイドカードを購入して支払われている。温泉水を活用した地産地消型の発電には非常に高い関心が示され、より安定した料金の安い電力の供給を地域社会の公共施設や家庭内工業への電力として活用したいといった意見が大半であった。

3.2.1.2 熱源・冷熱源状況

既存の熱源調査資料（収集資料「LAPORAN HASIL PENGUKURAN DEBIT AIR PANAS Cisukarame」）によると、スカラメ地区より湧出する温泉水の温度、流量は98℃、200～250リットル/秒（720トン～900トン/時）、また源流部の湧水のみでは80リットル/秒（300トン/時）の流量が三角堰の流量測定で確認・報告されている。今回、三角堰下流部で簡易に流量を測定した結果は576トン/時（熱水河川流路断面積・流速測定より）であり、スカラメの熱源流量に関しては300トン以上、季節によっては900トン/時の流量があるということが推定できる。

住民からの聞き取りによれば、雨期の方が降雨の浸透圧により温泉水の湧出量は夏期に比べ減少するため、今回の調査は雨期での比較的流量の少ない季節における観測結果とみなす。また、源泉温度を水温計にて実測した結果、熱水河川源流部において82.5℃（水田からの淡水流入あり）、通常河川水、水田の水が混じらない状態での河床噴出源泉では95℃の水温が観測された。

温水が流出する脇を通常河川（スカラメ川）が流れており、その流量は源泉流量より常に大きく1,000トン/時（年に数回洪水発生）以上であることを確認した。今回調査では降雨後の流量変化や濁度の変化も観察することができた。水温は実測値で26℃であった。調査時の様子、その他河川周辺の様子を添付の付属資料（現地調査写真集）に示す。

以上の熱源（源泉）及び冷熱源（河川水）の温度・流量条件よりMini-DTECによる発電量の試算、検討結果を図3-1に示す。結論として、100kWの発電が十分可能と判断する。

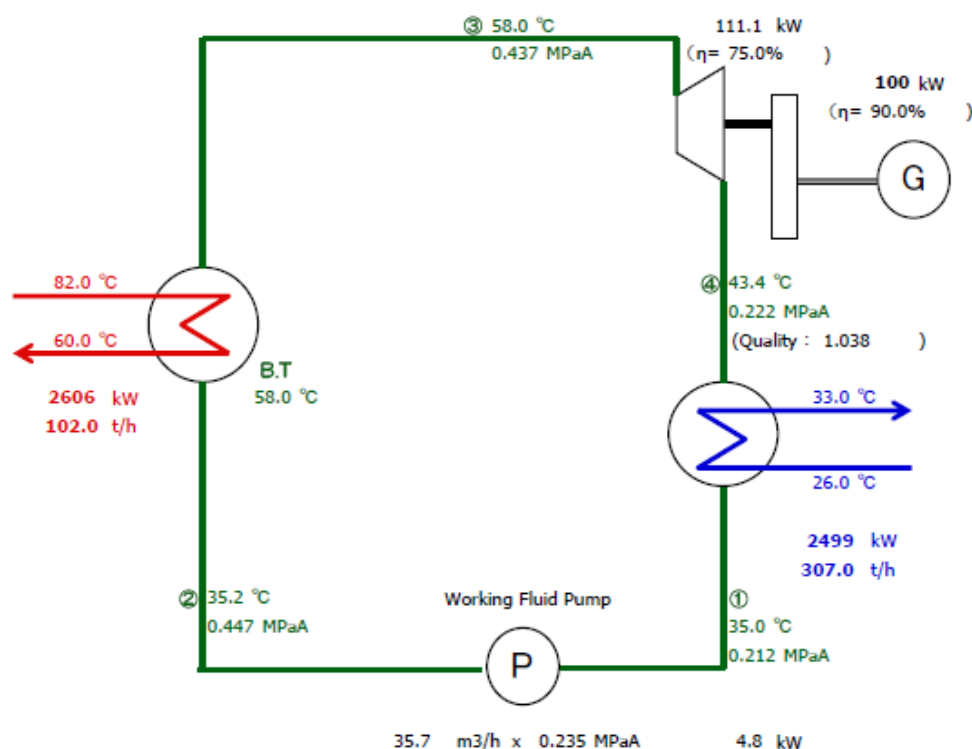


図 3-1 スカラメ地区における Mini-DTEC 適用概算出力検討結果

3.2.1.3 土地利用状況・設備設置位置の検討

周辺の土地利用について、源泉の位置よりスカラメ川を挟んだ右岸側はハリムン山国立公園（保護地区指定：Gunung Halimung National Park）であるが、左岸側（スカラメ村役場側）は指定区域外である。河川敷周辺は稲作が行われており、土地は村落民の個人所有となっている。従って Mini-DTEC 施設の設置位置の決定後、土地所有者との土地買収に関する協議が必要となる。個人所有の土地の価格は100,000ルピア/m²程度とのことであった。Mini-DTEC 設置位置に関しては、現場にてS1～S3の候補地3カ所を選定した(図3-2参照)。

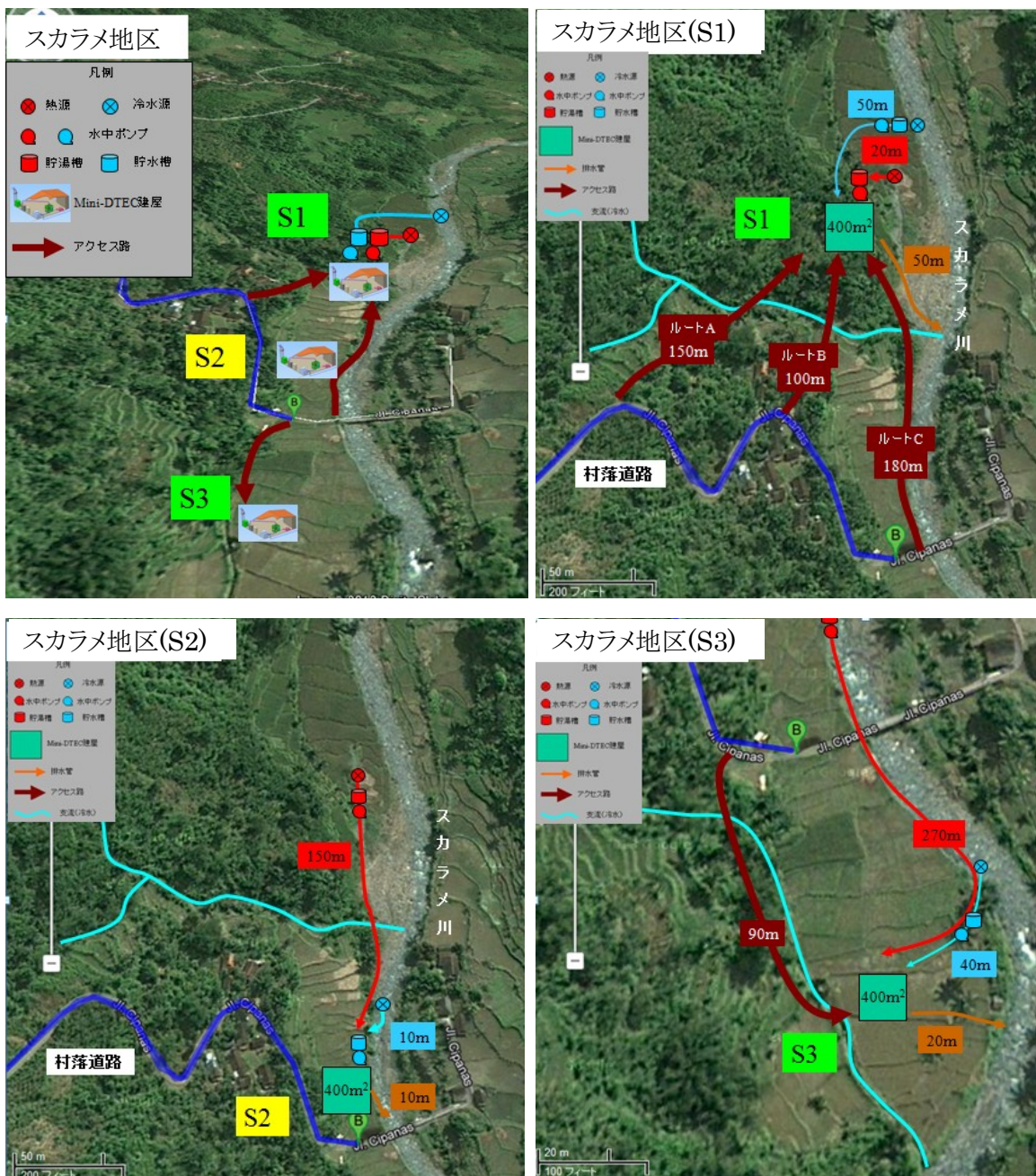


図 3-2 スカラメ地区 Mini-DTEC 設置候補地 (3カ所：S1 / S2 / S3)

一部は国外に住む住人の土地であり、また一部は地熱開発業者である PT. Jabar Rekind Geothermal 社が購入予定（リース契約）の土地となっている。

土地の使用面積、その他各種条件を考慮して候補地 3 カ所に対し現時点での優先順位づけを検討した。土地の確保に関してはカウンターパート機関の所掌範囲とする方向で調査を進めた。

3.2.1.4 村落・サイトへのアクセス状況

スカラメ地区へのアクセス道は西ジャワ州南部の港町プラブハンラトウからの主要道路は舗装されているが、主要道から外れ、ゴムのプランテーションに入る道から村落中心部に至る約 7 キロの道路は未舗装の砂利道となる。一部雨が降った後にはぬかるむ所もあり、四輪駆動車でないと走行が困難となる。農作物輸送用の 10 トントラックなどが頻繁に往来しているため、村落までの資機材運搬大型トラックの通行は可能と判断できるが、特に雨季のアクセスに注意が必要である。

また、Mini-DTEC 本体の輸送に関しては、機器の大きさ（3.2x2.5x3.2m）、重量(7.5 トン)を鑑み、十分な検討が必要と判断される。村落から熱源までの数 100 メートルほどの移動も、河川敷までの高度差が 50m 以上（GPS による簡易計測では 75m）あり、かつ道路状況も悪路となるため、搬入に関しては現在の国内仕様の機器デザインの改良も含めた検討が必要である。

3.2.1.5 既存電力網

スカラメ村落の現場にて既存の PLN による電力網の実態につき調査を実施した（図 3-3 参照）。変圧盤の末端は村落道沿いに各 3 地点の候補サイトから 100m～200m 地点まできており、いずれのサイトに決定しても、200m 程度の電線の接続が必要な状況であることが確認された。また、変圧盤の機器仕様についても現場で確認ができた。

Mini-DTEC による発電電力は最大で 100kW であるが、機器の仕様、運転管理上、頻繁に ON/OFF を繰り返すような構造には現状設計されていない。そのため、既存の系統に連系する場合の問題点として、頻繁に発生する停電などへの対処法などを含めて、PLN と十分な協議を必要とする。

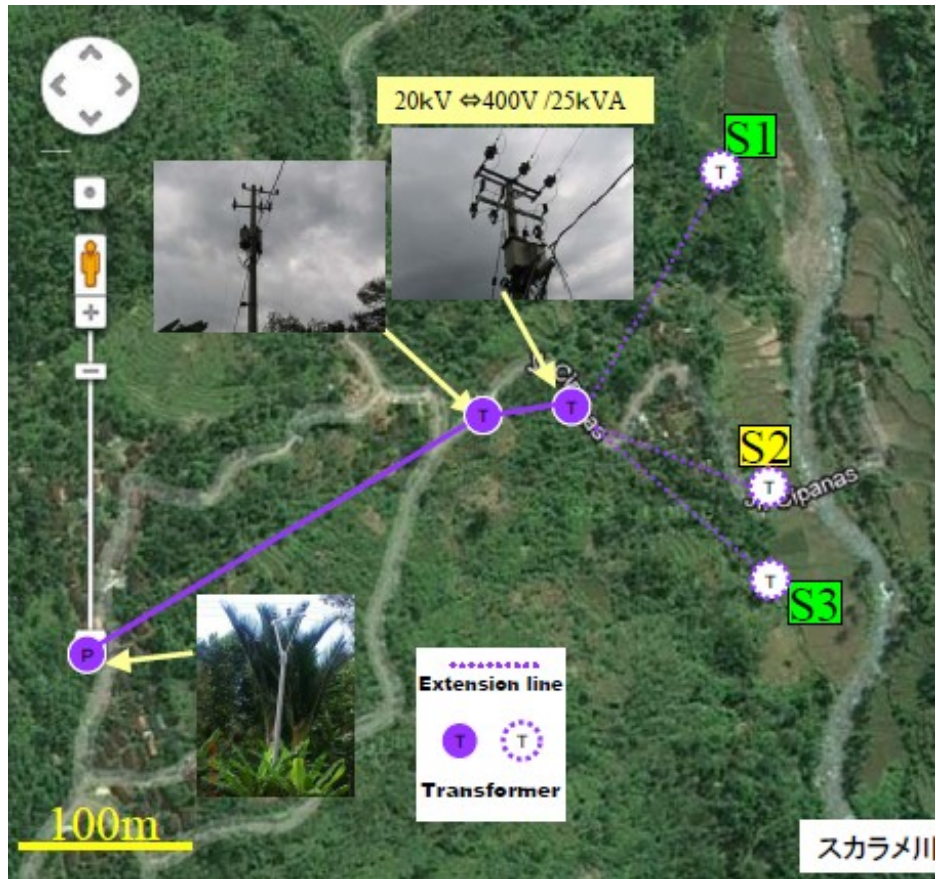


図 3-3 スカラメ地区の既存 PLN 電力網

3.2.2 チソロック地区

チソロック地区での Mini-DTEC の検討は、スカラメ及びチソロック地区の地熱開発権を有する地熱開発業者の PT. Jabar Rekind Geothermal 社、及び西ジャワ州エネルギー鉱物資源局からの推薦があり今回の調査対象となった。本地区であれば、Mini-DTEC で発電した電力を、今後、温泉保養施設を拡張しジオパークとして整備する計画、およびお土産工場などの建設計画と協調させ、工場などに電力を利用し、地域の雇用拡大・地域振興に役立てることができるのではないかと考えから推薦されている。しかし、保養施設の温水プールへの源泉からの送水を閉じ、貯留槽からオーバーフローする流量を実測した結果、95℃の利用可能な源泉流量は 3.545 トン/時しかなく、その概算発電量は 5kW にも満たない結果となった。

最終的にチソロックの熱源を管轄するワングサリ村の村長に、Mini-DTEC を適用して発電事業を実施するには熱源の流量が少なく対応できないことを説明した。ただし、現場は現状の貯水槽への熱水取り入れ口のスケール除去や、現場の熱源ポテンシャルからも処置の仕方によっては流量を確保できる可能性もあるため、流量が確保できるのであれば、温水温度や立地、その他発電した電力の用途などから考えても非常に適したサイトであることを説明した。

3.2.2.1 村落基本データ

チソロック地区では河床から勢いよく噴き出す温泉水（蒸気及び熱水）を観光資源とし、温泉水を活用した温泉水プールやスパ施設を有した温泉保養地となっている。チソロックの現場まではプラブハンラトゥからの主要道路沿いに進み、ワングサリ村役場手前の道を右折して舗装された道路で 1.5km ほどの距離にある。近年、人口の増加に伴い、チソロック村がワングサリ村とチソロック村に分割され、温泉保養施設は現在ワングサリ村に所属している。

村落基本データに関して、ワングサリ村落委員より聞き取り調査を実施した。チソロック村から分割されたワングサリ村の現在の人口は 1300 世帯で 4020 人である。村落は PLN により電化されており、ほぼ 100%の電化率となっている。ただし、停電は頻繁に発生し、一世帯あたり 450w の低い電力供給との事であった。また、主要な産業は農漁業であり主要な作物は米とバナナ、月平均の収入は 5000 円程度である（付属資料参照）。

温泉を活用した Mini-DTEC による発電事業に関しては村長から強い関心が得られた。特にチソロック温泉施設を近々に拡張して、ジオパークとして整備し、お土産工場などの建設計画もあることから、発電した電力をお土産工場の電力に利用し、地域の雇用拡大・地域振興に役立てることができるのではとの意見が村長からあり、裨益効果が高く、優良な案件を形成できる可能性が確認できた。

なお、チソロックの温泉保養施設は 18 年前（1995 年）に建設され、朝 6 時から夕方 6 時まで営業している。入園料は大人 2,500 ルピア、子供 1,500 ルピアで、スパ（個室の温泉施設）の利用には別途 35,000 ルピアが必要となる。また、施設手前の道路では通行料として、徒歩の場合 3,000 ルピア、バイク 8,000 ルピア、乗用車 20,000 ルピア、ミニバス 30,000 ルピア、マイクロバス 70,000 ルピア、大型バス 135,000 ルピアの徴収も実施されている。

施設内の街灯は 9 か所設置されているが 8 か所は故障したまま放置されており、1 か所のみ使用可となっていた。

3.2.2.2 熱源・冷熱源状況

現地踏査を行い源泉（保養施設で現在利用可能な熱源）の流量及び温度を確認した。当初、地熱開発業者から聞き取りした内容ではチソロックの温泉流量は 50～75 リットル/秒（180 トン/時）であり、Mini-DTEC の適用には十分な水量であると期待されたが、現場での実測値はわずか 3.5 トン/時であった（温水プールへの送水を閉じ、貯留槽からオーバーフローする流量を実測した結果）。地熱開発業者の情報は、河床を含め数多くある熱水源の総流量である可能性があるものと判断した。源泉温度は貯水槽上層で 87℃、貯水槽下部からの排水口で 97℃、河床に湧き出す別の源泉にて 97℃といった結果であった。

また、冷却水側の通常河川流量に関しては、水温 27～29℃（河床からの温泉水の噴き出し混入あり）の常に流量は大きく 1000 トン/時以上の流量があることを確認した。河川は年に数回程度の洪水が発生するとのことであり、大きなものでは近年では 1991 年に発生して近隣に被害があったとの情報を住民からの聞き取り調査で確認している。調査期間中は雨期にあたり、強度の強い雨の後の増水の様子もまた観測することができた（付属資料（現地調査写真集）参照）。

上記現場観測結果より、熱水温 95℃、水量 3.5 トン/時での概算発電量を検討した（図

3-4 参照)。予測していた水量より大幅に温泉量が少なく、Mini-DTEC を適用して発電できる電力量は、わずか 4.7kW と算出された。

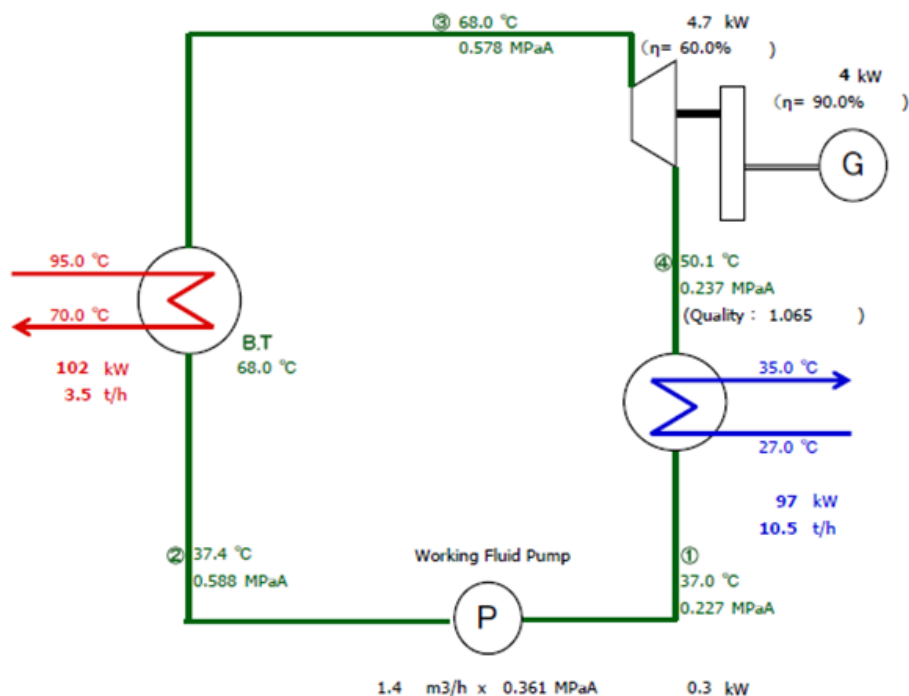


図 3-4 チソロック地区における Mini-DTEC 適用概算出力検討結果

3.2.2.3 土地利用状況・設備設置位置の検討

チソロック周辺の土地利用に関して、源泉は温泉保養地として利用されており、チソロック郡が施設を運営し、年間使用量を ワングサリ村に払っている状況である。本来であれば村が独自に設備を運営する権利を有しているとのことであったが、郡との詳細な関係は不明である。村としては独自に運営したい希望を持っている様子であった。村長から、保養施設内に Mini-DTEC を設置する用地を確保できる旨を確認することができた。このような決定権は村が持ち、郡役場には報告するのみで問題無いとの話であった。また、設備を設置した場合、村で維持管理を行いたいとの意見が聞かれた。

温泉施設の土地はワングサリ村の所有であるが、川を挟んで施設管理事務所側の一部の土地はインドネシア国営油会社であるプルタミナの所有となっており、お土産屋などが立ち並ぶ土地も私有地となっている。

河川敷周辺は土地を掘れば温泉が湧出するため、周辺家屋では各家庭で数メートルの温泉井戸（手掘り）を有し、温泉の湯を家庭生活に利用し、一部は飲用にも利用している。

3.2.2.4 村落・サイトへのアクセス状況

プラブハンラトゥからチソロックまでのアクセスは、舗装路のため比較的良好であり、Mini-DTEC を設置する場合の本体輸送に関しては、温泉保養施設入口までは問題ないが、入口から源泉へアクセスするには、河川幅 25m 程度の河川を跨ぐ吊り橋を使用する必要がある。この河川横断箇所については、現状のユニット重量を許容する仮道工事が必要と判断される。あるいは、対岸に Mini-DTEC ユニートを運ばないとした場合、ユニットは温泉施設から川を挟んで手前側の橋の脇（現在バイクなどの駐車場になっている部分か、その脇の公園部分）が候補地としては有力である（図 3-5 参照：ポイント C1）。

しかしながら、当該サイト候補地については、現時点では利用可能な湯量が少ないため、5kW 程度の発電量での提案となってしまうプロジェクトとしては現実的な提案は困難と判断せざるを得ない。

ただし、将来的に温泉熱源の開発が進み湯量が確保できるのであれば、温度的には問題なく、かつ発電した電力で温泉施設の小規模お土産工場などへの電力供給、夜間街灯などの電力供給に利用し、「イ」国における Mini-DTEC の実証施設として観光客、その他関係機関への視察、再生エネルギー教育機器としての効果など、大きな期待が持てるサイトであると考えられる。



図 3-5 チソロック地区の Mini-DTEC 設置候補検討

3.2.3 候補地の選定

スカラメ地区及びチソロック地区の2カ所の対象地区を調査した結果から、Mini-DTEC適用サイト候補地の選定評価表を各種条件から下記の通り作成して、その評価上の優先順位を検討した。チソロック地区については既に説明したとおり、十分な発電を行うには熱源となる温泉水の流量が不足しているため、表3-1の通り候補地はスカラメ地区の3カ所を評価の対象として検討した。

表3-1 Mini-DTEC設置候補地選定評価表

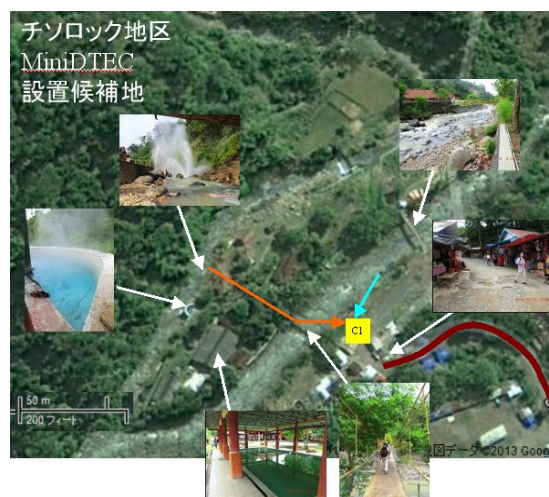
対象サイト	設置場所	熱源温度	熱源流量	冷水温度	冷水流量	アクセス	地権	配管長さ	保守管理	難易度	特記事項
スカラメ地区 スカラメ村	S1	○1	○1	○1	○1	×-1	△0	○1	△0	4	第一候補
	S2	○1	○1	○1	○1	△0	×-1	△0	△0	3	地権交渉
	S3	○1	○1	○1	○1	△0	△0	×-1	△0	3	第二候補
チソロック地区 ワグンサリ村	C1	○1	×-1	○1	○1	○1	△0	○1	○1	5	熱源流量不足

(設置の難易度 易 (○ : +1) 普通 (△ : 0) 難 (× : -1))

スカラメ (S1/S2/S3)



チソロック (C1)



スカラメ地区の3カ所の候補地のうち、S2に関しては地権者が外国籍（カナダ）のため、土地買収の交渉が困難であるとの情報を得たため、マイナス評価とした。残るS1とS3に関しては、施工時の配管の長さを考慮した場合、熱源に近いS1の方が有利であり、村落道からサイトまでのアクセス道の問題はあるものの、カウンターパート機関による所掌範囲であることから、現段階ではS1を第1候補、S3を第2候補とした。

3.3 採算性の検討

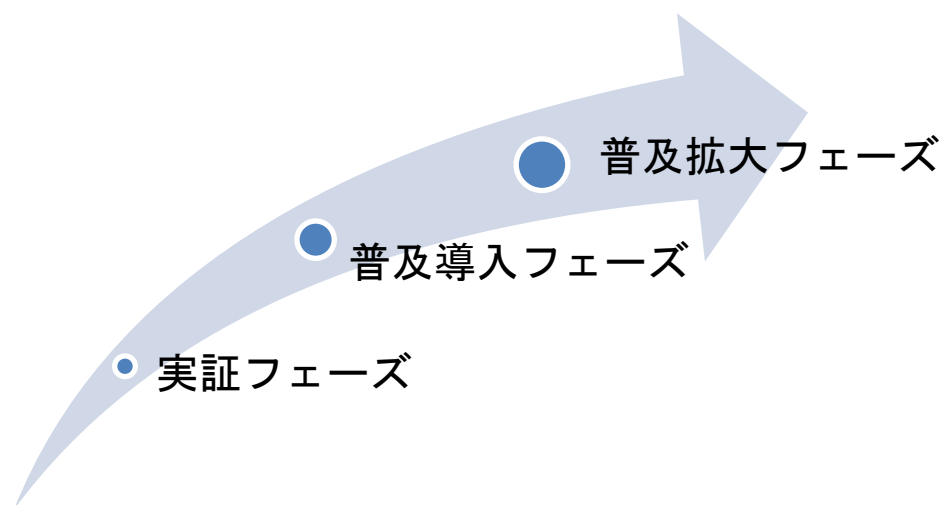
3.3.1 現地適合性検証活動結果からの検討

本案件化調査を通じて、Mini-DTECによる温泉熱を利用した小規模バイナリー発電が「イ」国のエネルギー開発の課題解決の上での有効な手段の一つであることが確認された。一方、調査期間や費用の制約から、調査対象地区での実証試験による検証作業には至っていない。このため、本装置の運営維持管理費や製造コスト削減幅等についての推計をするまでには至っていない。

また、提案企業が「イ」国を対象に、本格的なバイナリー発電事業を展開するためには、採算が確保できる有望なサイトが具体的にどの程度存在しているかが重要な判断基準のひとつとなる。しかしながら、本調査終了時点では、エネルギー・鉱物資源省より入手した地熱ポテンシャルデータブックをもとに市場規模を推計するに留まる段階である。

Mini-DTECによる「イ」国でのバイナリー発電事業の展開が、提案企業の人的資源や機械費用投資に見合うものであり、かつ投資効果を発現させるためには、装置のコストダウンによるサイトあたりの収益を向上させるとともに、初期投資を抑えつつ現地普及化を目指す必要がある。従って、事業投資の初期段階において活用可能なODA スキームによる事業展開を図りつつ、同時に上述の課題解決のための方策を模索していくことが肝要となる。

具体的には、初期段階での提案製品の性能評価に関わる現地での実証試験が必要である（実証フェーズ）。この段階をODA 事業である民間提案型普及・実証事業を活用し実施することで、提案企業の資金負担の軽減、技術的な検証と結果のフィードバックによる装置性能等の向上、コストダウンの促進、関係政府機関との関係強化や折衝の円滑化といった効果が期待できる。さらにはカウンターパート機関（BPPT）との協力の下で導入した装置が、実証検証後PLNへ移管され持続的に維持管理されれば、Mini-DTECの有効性を如実に示す市場拡販効果が得られると考える。



この実証フェーズ期間中には、他の有力候補地の選定と無償資金協力等のODA事業への展開策を「イ」国政府機関とともに策定していくことなども含まれる。この段階で提案された案件を取り込み、Mini-DTECによる地方村落電化率向上、およびCO2削減効果を発現できる事業を提供していくことが中期的な次段階（普及導入フェーズ）への取り組みとなる。

今回の案件化調査では時間と資金に制約により、複数地に赴くことは出来なかったが、エネルギー・鉱物資源省発行の地熱ポテンシャルデータブックを入手することができ、熱源の温泉温度が90℃以上のサイトが15カ所の有力候補地があることが判明している。さらに今般の調査で搬入や設置における特殊要因などを考慮した装置設計を行うことで適合性を高め、より多くの事業実施可能サイトを発掘することが可能となる感触を得た。長期的には普及拡大フェーズに向け「イ」国のFIT制度を活用した普及促進事業拡大に向けた提案を行っていく必要がある。

以上の通り、実証フェーズにおいて「イ」国の電力事情に適した電源開発（停電対策）、実地調査、設計、実機導入、維持管理への移行といった一連の事業化のプロセスを、今般の案件化調査から得られた候補対象地で実施しつつ、施設導入から維持管理にかかる技術を「イ」国政府（BPPTおよびPLN）に移転し、組織・制度的な能力として定着させることが大切と考える。

3.3.2 採算性に関わる課題

「イ」国政府では、中長期の電化率向上を掲げているが、首都圏を中心に電力開発が進められている一方で、離島や山間部では未電化地域が依然として多くなっている。これは PLN の系統連携地域から離れていることや、需要が各地に点在することなどから大規模な送電網などを整備しても採算性が見込めないことに起因している。さらに、PLN の経営が厳しいことも地方・離島における電力開発事業推進の妨げとなっているが、その要因のひとつとして、「イ」国政府が政策的に貧困層に配慮した電気料金設定にしていることが掲げられる。

現行の電気料金は、2010 年の大統領令（Peraturan Presiden No8 Tahun 2010）により改定され、同年 7 月より施行された。料金は基本的に、全国一律であり、顧客の種類別に設定されている。

2010 年度の平均発電単価は 796Rp/kWh で、平均販売単価 699Rp/kWh よりも高く、逆ザヤの状況である。PLN の経営環境の厳しさは、電気料金に比して生産基本費用がかなり高いこと、事業利益から拠出する内部資金に乏しいことに起因する。

前述の通り、Mini-DTECによるバイナリー発電は、売電収入による収益から利益を捻出することは現状の「イ」国電力料金体系では困難である。日本国内では、次頁、表3-2「再生可能エネルギー買取り制度について（経済産業省）」に示すとおり、再生可能エネルギー利用促進のために、開発企業や導入企業の採算を考慮した買取り価格が設定された経緯がある。

表3-2 再生可能エネルギー買取り制度について（経済産業省）

電源		太陽光		風力		地熱		中小水力		
調達区分		10kW以上	10kW未満 (余剰買取)	20kW以上	20kW未満	1.5万kW以上	1.5万kW未満	1,000kW以上 30,000kW未満	200kW以上 1,000kW未満	200kW未満
費用	建設費	32.5万円/kW	46.6万円/kW	30万円/kW	125万円/kW	79万円/kW	123万円/kW	85万円/kW	80万円/kW	100万円/kW
	運転維持費 (1年当たり)	10千円/kW	4.7千円/kW	6.0千円/kW	—	33千円/kW	48千円/kW	9.5千円/kW	69千円/kW	75千円/kW
IRR		税前6%	税前3.2% (*1)	税前8%	税前1.8%	税前13% (*2)		税前7%	税前7%	
調達価格 1kWh 当たり	税込 (*3)	42.00円	42円 (*1)	23.10円	57.75 円	27.30円	42.00 円	25.20円	30.45円	35.70 円
	税抜	40円	42円	22円	55円	26円	40円	24円	29円	34円
調達期間		20年	10年	20年	20年	15年	15年	20年		

「イ」国においても同様な政策で再生可能エネルギー購入に関するエネルギー鉱物資源大臣令が施行され、再生可能エネルギー促進のため、「PLN による中小規模再生可能エネルギーからの電力購入価格に関するエネルギー鉱物資源大臣令(2009年31号)」が規定されている。ここでは、「PLN は国営企業、公営企業、民間事業者等による10MWまでの中小規模再生可能エネルギー電力に対して購入義務を負う」としている。

PLN の電力購入価格は以下の通りである。

- 中圧連系の場合： $Rp.656/kWh \times F$
- 低圧連系の場合： $Rp1,004/kWh \times F$

注) F：電力購入場所に応じた係数で、ジャワ・バリ地域では1.0、スマトラ・スラウェシ地域では1.2等)

PLN は協議により上記価格よりも高い価格で電力購入を行うことができる。しかし、現在の買い取り価格の設定ではMini-DTECによる発電単価を大幅に下回るため、現段階では営利事業を想定することは難しい(表3-3、図3-6参照)。

表3-3 実証フェーズ時のMini-DTECの発電単価

	項目	単位	単価
1	イニシャルコスト	円	135,200,000
2	耐用年数	年	20
3	発電出力	kWh	100
4	システム稼働率	%	85
5	年間発電量	kWh	744,600
6	年間装置費	円/年	6,760,000
7	年間修繕・保守費	円/年	1,352,000
8	発電コスト	円/kWh	11
	(為替：2014/1/11時点)	Rp/¥	114
	現地通貨換算発電コスト	Rp/kWh	1,242

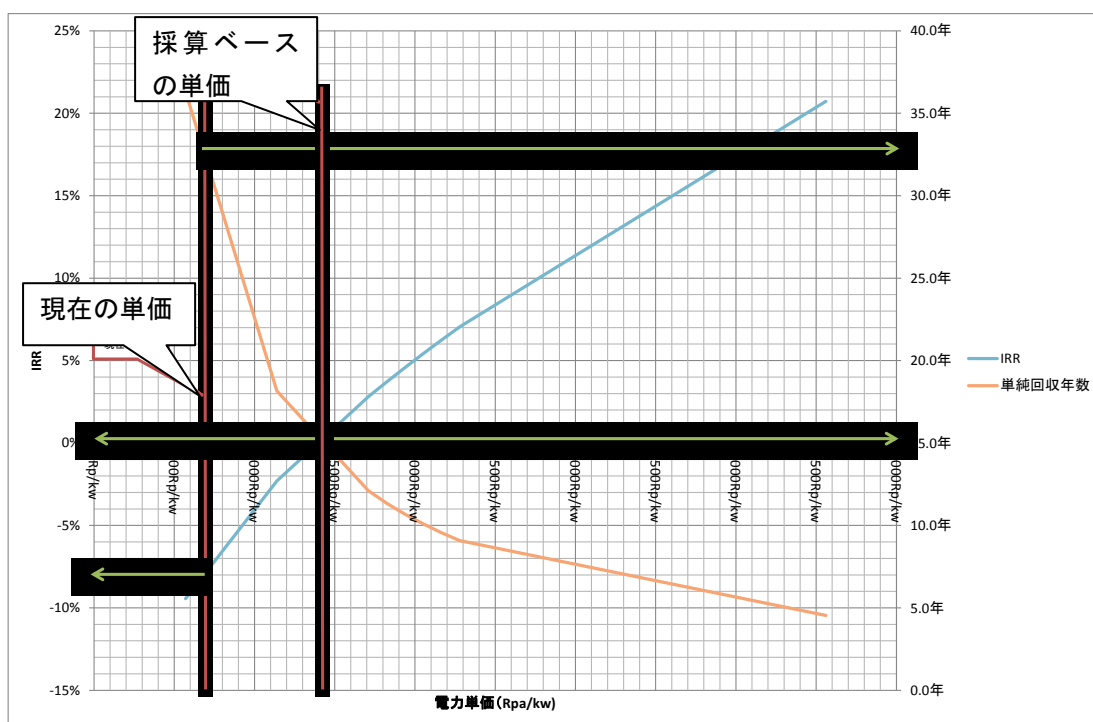


図3-6 MD電力単価とIRR、単純回収期間

また、「イ」国の平均電力単価（700Rp/kw）ではIRRは-8%、単純回収年数は33年を要し、これらの指標からみると投資案件としては成り立たない。

2002-2012年の電気代推移から各業種の電気代の平均的な上昇率を算出し、実証フェーズから普及導入フェーズさらには普及拡大フェーズである2020年までの電気代推移を図3-7に示す通り想定した。現状の計画では、実証フェーズの発電コストを1,242Rp./kWh、普及導入フェーズでは主要機器の標準化、現地コンサル費削減、ODA一般無償資金協力によるMini-DTECの複数台導入見込み等による経費圧縮で997Rp./kWh、普及拡大フェーズでは売電主体による負荷装置の不要化、送電網建設の売電事業者負担などで846Rp./kWhまでコストを下げる事が可能と判断している（表3-3、表3-4参照）。

従って、現段階ではMini-DTECによる小規模発電事業は投資案件として大きなリスクを伴うが、実証フェーズより特に経済性に関わる様々な課題に取り組み、普及導入フェーズ～普及拡大フェーズと各フェーズへ移行するにつれて、技術開発による機器のコスト低減を図って行く計画であり、また量産化効果により普及拡大フェーズでは発電単価が買電単価を下回ることも想定され、新規電源開発事業は民間投資家などの地熱資源開発への参入が可能となるステージに移行してゆくものとする。

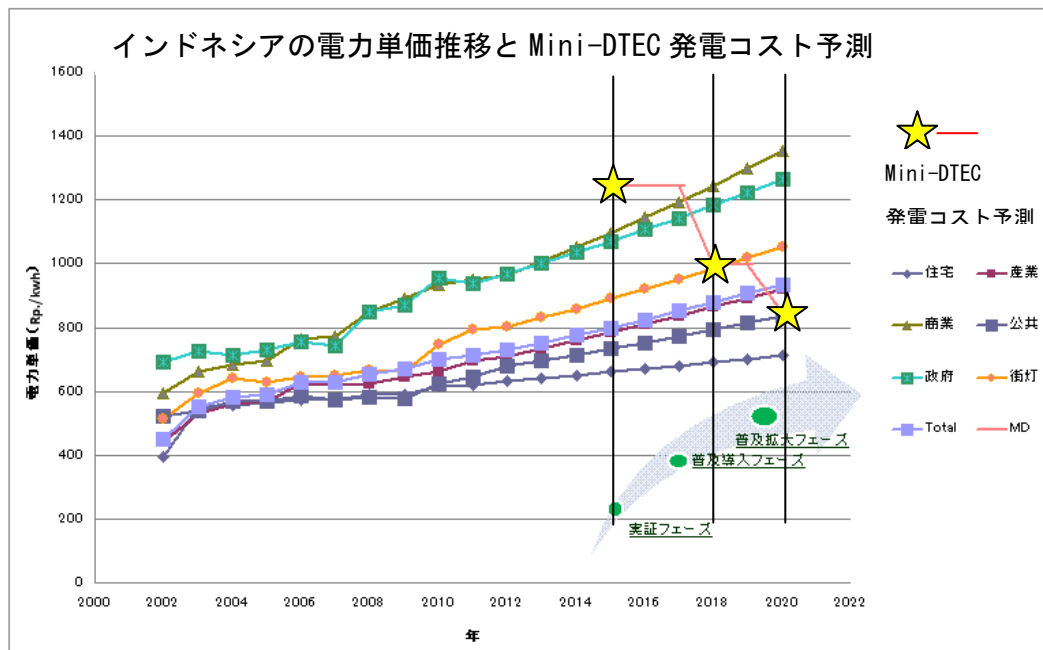


図3-7 インドネシアの電力単価推移とMini-DTEC発電コスト予測

フェーズ毎のMini-DTEC発電コストに関して、表3-4にその推移予測を取りまとめた。発電コストには厳密には対象となるサイト条件にもよるがその他、用地取得費やアクセス道路や建屋の建設費などが必要になるが、本表での検討では考慮していない。また、各種申請手続き費用などについても考慮していない。

表3-4 フェーズ毎のMini-DTEC発電コスト推移

		実証フェーズ	普及導入フェーズ	普及拡大フェーズ	
1	イニシャルコスト	¥	135,200,000	108,520,000	92,100,000
2	運転年数	年	20	20	20
3	発電出力	kw	100	100	100
4	システム稼働率		85%	85%	85%
5	年間発電量	kwh	744,600	744,600	744,600
6	年間装置費	¥/y	6,760,000	5,426,000	4,605,000
7	年間修繕・保守費		1,352,000	1,085,200	921,000
8	発電コスト	¥/kWh	11	9	7
	(為替)2014/1/11	Rp/¥	114	114	114
	発電コスト	Rp/kWh	1,242	997	846

3.3.3 課題解決に向けた取り組み

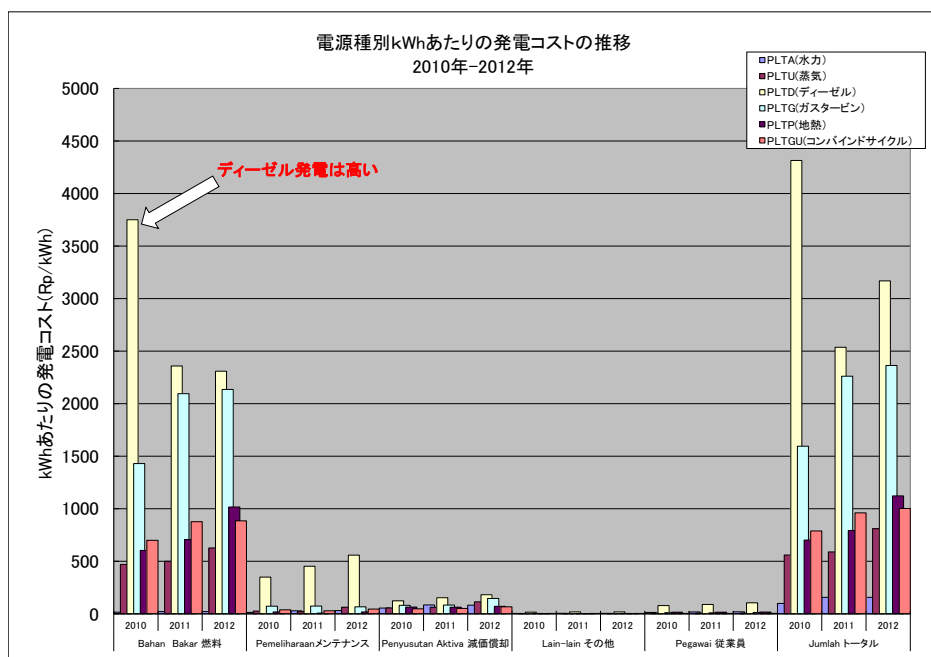


図3-8 電源別発電単価の推移 (出典：PLN STATISTICS 2010-12)

PLN は国家エネルギー政策に関する 2006 年第 5 号大統領令に盛り込まれた新エネルギーおよび再生可能エネルギーの利用方針に沿って、地熱と水力の開発を優先的に進める方針である。この方針に基づき策定された RUPTL (電力供給事業計画) では、大規模な地熱発電所と小・中・大規模の水力発電所、ソーラー発電や風力、バイオマス、バイオ燃料、ガス化石炭 (新エネルギー) による小規模な再生エネルギー発電の開発が計画されている。RUPTLによる再生可能エネルギーの利用は採算性を常に求めるわけではなく、遠隔地住民に対する電力普及機会を早期に与えるという課題解決に向けた PLNの取り組みによるものである。

しかしながら、現実的には村落が散在しているような島嶼地域・山間部においては、コスト効率性から、PLN による電力インフラの整備は必ずしも進んでいない。山間部や島嶼地域でのコスト高なディーゼル発電量は 2010 年 5,099GWh で IPP を除く総発電量の 4%であるにもかかわらず、発電コストは発電総費用の23%を占めている。ディーゼル発電単価は 2010 年において Rp.4,315/kWhであり、水力発電と比べて 44 倍、蒸気発電と比較すると約 8 倍、ガス発電と比較すると約 3 倍、地熱発電と比較すると約 6倍と他の電源に比べ極めて高くなっている (図3-8)。

本事業の普及拡大フェーズでは、実証フェーズ期の主な課題として挙げた、本発電装置のイニシャルコストに占める技術上の開発課題を克服し、現地の環境に適した装置の「イ」国標準化を図る計画である (図3-9)。また、本装置を適用するにあたり小規模用地熱資源データベースを作成することで、普及導入フェーズ、普及拡大フェーズの事業実施をより確実なものとしてゆく。さらに、自然・社会環境条件や政策的要素を加味

したMini-DTEC導入に関わる評価基準を整え販売促進に生かせるデータベースとして構築する。これをもとに、発電単価が高いディーゼル発電が行われている地域の低採算という課題の解決策に、本発電システムを代替電源として導入する等の事業展開シナリオなど、小規模地熱発電開発計画を策定してゆく計画である。

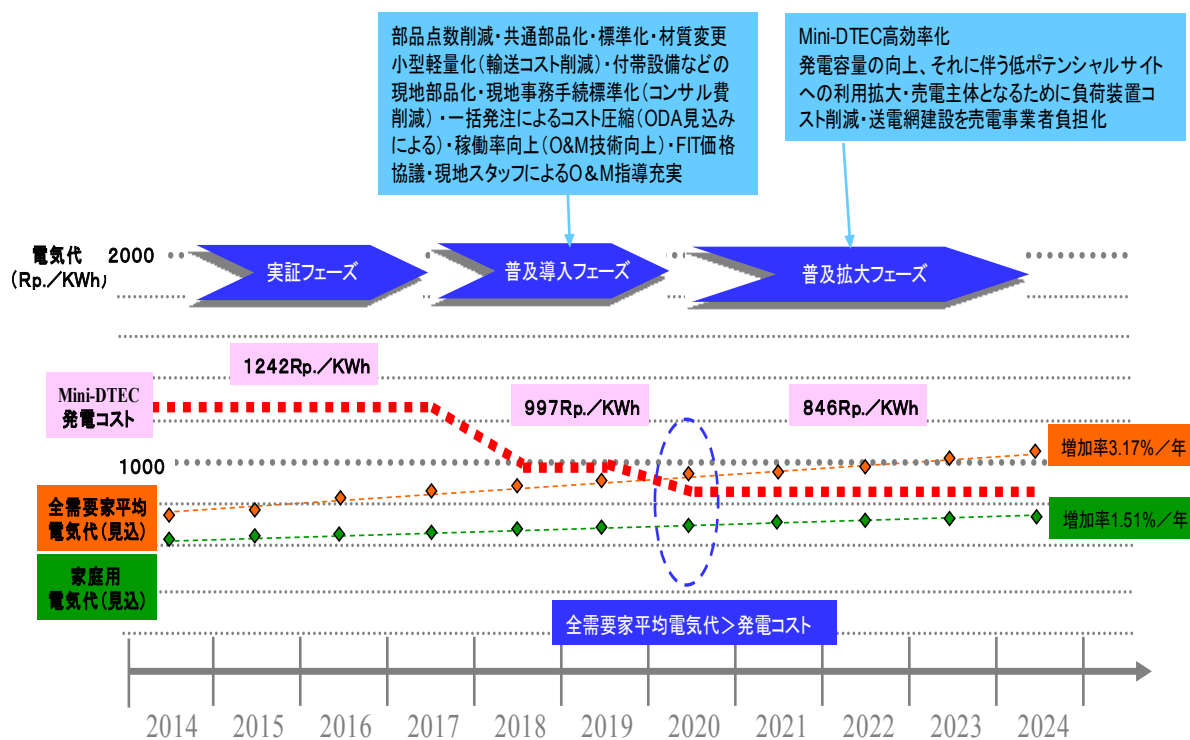


図3-9 Mini-DTECの普及に向けた時系列開発イメージ

なお、新規電源開発に結びつけるためには、「イ」国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も重要な課題と考える。

第4章 ODA案件化による対象国における開発効果及び提案企業の事業展開に係る効果

4.1 提案製品・技術と開発課題の整合性

本案件化調査で提案している温泉水（河川熱水）利用型バイナリー発電システムのコア技術は、日本企業により開発実証段階から普及段階に入ってきている。しかしながら、「イ」国ではバイナリー発電システムの成功事例は未だない。

本案件化調査で提案しているシステムで想定しているエネルギー源は河川熱水（表流水）であり、発電規模は100kwを想定しているのに対し、新設・増設されている地熱発電所の設備容量の規模は、数十～数百MWに達する。これは、地下数百メートルまで掘削することにより地熱蒸気を地上まで汲みあげ、利用後、地下に戻す複雑な地熱エネルギー利用形態を取っている。そのため、調査から発電開始までに数十～数百億円規模の事業経費と数年～10年に及ぶ建設期間を要するのが一般的である。

現行の電力料金は発電コストの15%～20%程度に設定されているため、徴収した電気料金で要した事業費を賄うことは現行政策下では容易ではない。これら要因もあって、「イ」国の地熱エネルギー賦存量の大きさと予想される電力市場の大きさにも係らず、地熱発電事業は停滞しているのが現状である。しかしながら、エネルギー鉱物資源省地熱局や地質局は、独自予算により九州大分県別府市で商業運転中のバイナリー発電システム（設備容量2000kW）の見学ミッションを実施しており、関心は極めて高い。

本事業でのMini-DTECによる発電コストと「イ」国の電気料金については、前述の3.3.2節にて説明の通り、現時点では発電コストは電気料金を大幅に上回り、さらにPLNによる電力購入価格もMini-DTECの発電コストを下回っている状況である。しかしながら、ODAによる一般無償資金協力ステージにおける普及導入フェーズを経て、Mini-DTEC事業の普及拡大フェーズに移行する段階では、「イ」国の電気料金の引き上げと、Mini-DTEC及び付帯設備の製造コスト削減、高効率化により十分な採算性を得られる見通しで事業展開を検討している。

本バイナリー発電システムは、可搬型装置から構成されているため、運営維持管理が他の大型地熱発電所と異なり、比較的容易であり、かつ、小規模予算で設置可能な利点を有している。このことは、「イ」国政府の開発課題である地域格差の是正、すなわち島嶼地域等の電化事業に貢献することが期待される。島嶼地域等、大都市商業地域から離れている場所は、主としてディーゼル発電による電力供給が実施されており、頻繁に停電が発生している。本調査対象地域は電化率の高い西ジャワ州スカブミ県に位置しているが、支線配電網への電力供給はディーゼル発電によって実施されている。そのため、頻繁に停電が発生する状況である。

支線配電網に頼る、これら遠隔地において停電の無い電力供給を実現し、かつ、化石燃料の節減と地球温暖化ガス(GHG)であるCO₂削減の観点からも、第1章に述べた再生可能エネルギー利用による発電量を拡大させる「イ」国国家電力供給方針との整合性が確認で

きる。

さらに、C/P 機関である BPPT は、ドイツが保有する技術によりバイナリー発電システムの基本設計を開始しているとの情報もあり、本案件化調査で提案するバイナリー発電技術に対して高い関心を抱いている。

このような背景の下、日本の中小企業の優れた技術が提案されようとしている。

4.2 ODA案件化を通じた製品・技術等の当該国での適用・活用・普及による開発効果

4.2.1 想定する ODA 案件化

典型的な技術プロジェクトは、プロジェクト形成調査、要請書確認、当該国 C/P の確定とミニッツ締結、投入機材詳細設計調査を経て、本格事業が実施に移される。プロジェクト実施までに数年を要することも想定される。また、途上国援助を旨とする ODA 事業の性格上、法制度や技術力が成熟していない地域を対象として実施されるため、機材の通関の遅れによる工事遅延と技術移転の不完全さを招来することがある。これらは、提案するスキームに依らず、共通の要留意事項である。

本案件化調査で提案しているコア技術は日本で開発され、商用発電システムとして普及しつつあるが、「イ」国の自然条件や社会条件の下でも直ちに適合するかは、機材構成上、未確認の要素がある。設置予定地域である西ジャワ州スカブミ県スカラメ地区は、熱帯の高温多湿地域にある（「イ」国の平均湿度は約 80%、平均気温は 25℃以上）。その中を流れるスカラメ川上流の河岸に設置する予定であるので、高温多湿条件に加え、しばしば発生する停電に対応可能な装置設備構成とする必要がある。オフグリッド条件下での実証に特化する理由の一つもここにある。

上で述べたように、機器特性の本邦仕様を「イ」国仕様に変更するためには、注意深い技術的検証が必須である。電気工学分野、機械工学分野の知見・経験を有する技術者との共同作業が欠かせない。これら分野の技術者を擁する BPPT と提案事業者は、可能な限り早い段階で、技術上の検討項目の詳細を相互に確認することが求められる。

さらに、本邦中小企業の性格上、長期債務の発生を極力避けることは事業運営上最重要事項であることに鑑み、短期サイクルが想定される ODA 事業を選定することとなる。これら諸条件を加味すると、現状で推奨されるスキームは「民間提案型普及・実証事業」である。

所与の会計制度として、「イ」国会計年度が 1 月~12 月であるのに対して、日本は 4 月~翌年 3 月であることを勘案する必要がある。

これら諸条件を考慮した上で、C/P 機関である BPPT に、事業内容を表 5-1 に示す PDM 及び表 5-2 に示す工程表（Plan of Operation、PO）にまとめて説明した。いずれも案として提示したものであり、成案を得るには、共同事業にかかる覚書を交換し、予算措置を図った上で技術上の詳細を検討することを申し合わせた（添付資料中、会議録（英文）に記載した概要の通り）。

BPPT との協議により、事業開始までに以下の点を慎重に手順確認を行うこととしている。上に述べた通り、これら作業を進めるには、事業計画書（英文版又は「イ」語版）を作成の上、今後の協議に臨むことが求められる。環境管理方針 - 環境モニタリング方針（UKL-UPL）申請手続も同様である。

BPPT の ODA 事業立上げ協力への熱意は強く、「イ」国側の許認可にかかる事務上の手順確認等については、MOU 締結後、次年度予算による措置を待たなくても実施できるとの意向を確認している。事業実施にかかる MOU 締結には、本邦事業者による正式レターを添えた事業計画の提案が不可欠であるとの指摘があった。本案件化調査報告書（案）も付属資料として有効に活用できるものとする。

4.2.2 提案製品・技術による開発効果

前項 4.1 で記述したとおり、提案する製品（Mini-DTEC）・技術（温泉水（河川熱水）利用型バイナリー発電システム）は「イ」国の開発課題との整合性が保たれている。

本案件化調査により、調査地域であるスカラメ地区における 100kW の発電の可能性が極めて高いことが推計されている。また、Mini-DTEC によるバイナリー発電システムは、可搬型装置から構成されているため、運営維持管理が他の大型地熱発電所と異なり比較的容易であり、かつ、小規模予算で設置可能な利点を有している。

一方、「イ」国内の場合、特に地熱や温泉水を熱源としたバイナリー発電を提案する場合の候補地は、そのほとんどが遠隔地や島嶼地域となる。「イ」国での交通事情、特に村落までのアクセスや村落中心部から未利用の地熱源（温泉水）までのアクセスを考えた場合、日本国内仕様としてモジュール化したものをさらなる軽量化を図るため 4 分割に設計変更し、簡易に運搬が可能となるインドネシア型モデルの開発を行い、これを ODA 事業である民間提案型普及・実証事業の枠組みを活用し、改良型 Mini-DTEC による安定した発電の確認実証試験を行う。

この「イ」国モデル Mini-DTEC の実証期間中に、他県または州単位の Mini-DTEC の候補地の発掘を行い、ODA 事業のその他枠組みを利用した温泉熱利用による地方村落電化普及活動を C/P 機関である BPPT を通じ計画することにより「イ」国での広範な地方村落部での開発効果が期待できる。

4.3 ODA案件の実施による当該企業の事業展開に係る効果

日本国内仕様としてモジュール化したものを、インドネシア型モデル、ひいては開発途上国モデルとして設計変更を行い、ODA 事業の実施によりその実証試験を行いその有効性を確認することは、当該企業である JCC 及び Xenosys の Mini-DTEC による海外事業展開に大きな効果をもたらすことが推察される。

前述 2.4 節において想定する「イ」国における Mini-DTEC の需要見込みについて言及した通り、「イ」国 MEMR 発行の「地熱ポテンシャルデータブック」では、熱源温度が 65°C 以上で 46 カ所、90°C 以上に限っては 15 カ所の開発可能地域があることが判明している。特に「地熱ポテンシャルデータブック」に掲載されているサイトに関しては、メガワットクラスの地熱発電開発を対象とした候補地が取り上げられており、本装置のようにわずか 100kW の発電に資する熱源としての情報は網羅されていない。「イ」国は世界有数の地熱大国であり、特に地域を限ることなく地熱を活用した温泉熱発電を適用できる可能性は高いと考えられ、そのためにも、次段階の普及・実証事業による Mini-DTEC 稼働による「イ」国での成功事例の達成と、その宣伝効果による熱源情報の収集が普及拡大への大きなカギになるものとする。

また、インドネシア型 Mini-DTEC の開発は、中期的にはこれら開発可能地域での新たな ODA 事業の展開とこの間の「イ」国技術者教育、メンテナンス事業の展開、さらには他の温泉熱源を有する周辺諸国への ODA 事業への展開などの波及効果が大きく期待されるものである。

第5章 ODA 案件化の具体的提案

5.1 ODA 案件概要

「イ」国ではメガワット（MW）クラスの地熱開発が進む一方、100kW 以下の小型バイナリー発電装置設置の実績はない。このため、内陸部や離島など、独立電源としても利用可能な本装置 Mini-DTEC の有効性は高い。また国家レベルで進行している地熱開発によって、既に試掘済みの熱源や自噴する温泉源を活用することで、開発コストの圧縮も期待できる。

Mini-DTEC は、これまでのところ、日本国内仕様として小型化を実現し、製作工場内で装置をほぼ完成させた状態で現場に搬入することにより、現地設置工事を極力減らし、竣工から電力供給までのリードタイムを短くすることで事業コストの低減を実現可能なモジュールとしている。しかし、「イ」国内の場合、特に地熱や温泉水を熱源とした発電を提案する場合の候補地は、そのほとんどが遠隔地や島嶼地域となるケースが多いことが想定される。本件調査対象サイトであるスカラメ地区においても道幅 3 メートルの未舗装路が約 7km 程度あり、かつ数十から百数十メートルの熱源までのアクセス道路の建設が必要な状況である。Mini-DTEC の日本での 100kW モジュールの機器サイズは縦幅 3.2m、横幅 2.5m、高さ 3.2m で重量がおよそ 7.5 トンとなっている。「イ」国での交通事情、特に村落までのアクセスや村落中心部から未利用の地熱源（温泉水）までのアクセスを考えた場合、Mini-DTEC を運搬する上で機材のサイズをよりコンパクトにする必要がある。したがって、日本国内仕様としてモジュール化したものをさらに 4 分割に設計変更し、簡易に運搬が可能となる「イ」国モデルの開発を行い、これを ODA 事業である民間提案型普及・実証事業の枠組みを活用し、改良型 Mini-DTEC による安定した発電の確認実証試験を行うことを第一の方針とする。

本案件化調査により、スカラメ地区における 100kW の発電の可能性が極めて高いことが推計されている。当該地域における「イ」国モデル Mini-DTEC の実証期間中に、他県または州単位の Mini-DTEC の候補地の発掘を行い、ODA 事業のその他枠組みを利用した温泉熱利用による地方村落電化普及活動の実施を計画するとともに、他の近隣国への普及効果を目指していく。

先方実施機関である BPPT と協力同意書として LoI（Letter of Intent）を既に発行されており（図 5-1）、民間提案型普及実証事業のために、契約書にあたる MoU（Minute of Understanding）を締結する準備を進めており、実証事業時における必要不可欠な合意書を交わせるよう BPPT と協議を続けている。



**AGENCY FOR THE ASSESSMENT AND APPLICATION OF TECHNOLOGY
(BADAN PENGKAJIAN DAN PENERAPAN TEKNOLOGI)**

Science & Technology Park (PUSPIPTEK), Energy Building No.625, Serpong 15314
Phone/Fax (+62.21) 7579.1366, <http://www.bppt.go.id>

Letter of Intent

Our ref. : 06/BPPT/PTKKE/01/2014

Jakarta, January 29th, 2014

To:

Dr. Masamichi Tsuji

Team Leader

A joint study team consisting of
JAPAN CAPACITOR INDUSTRIAL CO.,LTD.,
OGAWA SEIKI CO., LTD. and
O.P.C. CORPORATION

Referring to proposed project, namely the "Pilot Survey for Disseminating SME's Technologies", on behalf of the Center for Energy Conversion & Conservation Technology under the Agency for the Assessment and Application of Technology (BPPT) of the Government of Indonesia, I would like to express our interest in participating the project as a counterpart, especially for the village electrification through unused geothermal waste heat source by applying Mini-Discharged Thermal Energy Conversion System (Mini-DTEC).

The proposed project is in-line with our R&D activities on geothermal power plant technology, especially the binary cycle technology, so that we hope that the project can give a significant contribution to the village electrification as well as geothermal development programs in Indonesia.

Best regards,



Dr. M.A.M. Partaefik
Director
Center for Energy Conversion & Conservation Technology
BPPT

図 5-1 協力同意書 (Letter of Intent)

5.2 具体的な協力内容及び開発効果

5.2.1 具体的な協力内容

5.2.1.1 プロジェクト・デザイン・マトリックス

本事業のプロジェクト・デザイン・マトリックス（PDM）を表 5-1 に示す。本事業は対象地域であるスカラメ村落において温泉水を用いた発電実証を行い、Mini-DTEC による発電効果の有効性を確立することを目標とするものである。

その上位目標には、第一にスカラメ村落において、温泉水を用いた地産地消型小規模電源開発が行われ、村落の生活が改善され、第二に、スカラメ村落における実証結果を基礎として、リモート村落や島嶼地域における温泉水による発電開発計画が「イ」国で策定されることとする。

本事業では Mini-DTEC の有効性を確立することを優先するため、本調査事業に続く普及・実証事業においては発電した電力は既存の国有電力公社（PLN）グリッドラインには繋げず、安定した運転・維持管理を継続して行える体制の確立を行う（引き渡し前までにオングリッド化の検討・実証を実施）。その中で、PLN グリッドラインに繋ぐための手続き、および繋いだ際の Mini-DTEC 運転との問題点の抽出とその解決法につき協議・検討して実証フェーズ終了後の Mini-DTEC の普及に向けた障壁を事前に解決する。

さらに発電した電力の使用用途についてもスカラメ村落内で十分な検討を行い、最も有益な活用法を決定し、実証ステージから実用ステージへ確実に移行できる計画を立案する。

また、Mini-DTEC の事業化における設置イメージ及びシステムダイアグラムを図 5-1、図 5-2 に、発電システム全体配置図、及び温泉・河川水の取り込み箇所工事想定図を図 5-3、図 5-4 示す。Mini-DTEC は屋外仕様ではあるが、安全面・治安面及び管理上の問題があるため、建屋を建設したイメージで検討を進める。上記のとおり、設計上は PLN への系統連係を前提としているためイメージ図は既存 PLN グリッドに接続しているが、各種問題点解決のための協議・検討を普及・実証ステージの期間に将来的な系統連係に先行して実施する。

普及・実証事業において以下の項目について確認調査を実施する。すなわち、事業の採算性や事業性に繋がる項目として、様々な手続き上の問題、「イ」国での地理・地形・気候条件下での機器の有効性、電力の系統連係に関わる問題点、村落での電力活用・維持管理手法など、確認事項は多岐に及ぶ。ただし、最終的には PDM にも示している通り、その成果指標としては、1) Mini-DTEC が正常に稼働・発電を行うこと、2) PLN との Mini-DTEC 運営手法に関する合意が得られること、3) 住民による電力需要計画が策定されること、4) 運営維持管理ガイドラインが作成されることを十分に確認し、提案予定の民間提案型普及・実証事業終了までに温泉熱を利用した発電が継続的に実施可能であることを確実に確認することとしている。

表 5-1 PDM (プロジェクト・デザイン・マトリックス)

事業名 : 「イ」国 未利用廃棄地中熱源 (再生可能エネルギー) の有効活用による村落電化事業

— 小型排熱温度差発電装置 (Mini-DTEC) の普及実証事業 —

実施期間 : 2015 年 10 月から 2018 年 3 月までの 2 年 6 カ月

対象地域 : 西ジャワ州スカブミ県スカラメ地区

受益者層 : スカラメ地区住民 728 家族 / 約 2,700 名

(2014 年 1 月 8 日作成)

プロジェクト要約 (Narrative Summary)	指標 (Objectively Verifiable Indicators)	指標データ入手手段 (Means of Verification)	外部条件 (Important Assumptions)
<p><u>上位目標 (Overall Goal)</u> 対象地域において、温泉水を用いた地産地消型小規模電源開発が行われ、村落の生活が改善される。また、本対象地域における実証結果を基礎として、リモート村落や島嶼地域における温泉水による発電開発計画が「イ」国で策定される。</p>	<p>プロジェクト終了後 3 年後までに</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 温泉水を用いた発電電力を有効活用した村落での産業活動が活性化する。 2) 停電頻度が大幅に改善される。 3) 「イ」国での温泉熱発電計画が策定される。 	<ol style="list-style-type: none"> 1) 村落収益 2) 停電頻度 3) 温泉熱発電計画 	<p>対象サイトにおいて本プロジェクトの実施を阻害する、他の開発計画などが無い。</p>
<p><u>プロジェクト目標 (Project Purpose)</u> 対象地域において、温泉水を用いた発電実証を行い、Mini-DTEC による発電効果の有効性を確立する。</p>	<p>プロジェクト終了までに</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 温泉熱を利用した発電が継続的に可能であることが確認される。 	<ol style="list-style-type: none"> 1) 発電した電力の出力データ 	<p>温泉熱を利用した発電システムの導入が「イ」国政府によって支持される。</p>
<p><u>成果 (Output)</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 温泉熱による発電が継続して行われる。 2) PLN の既存設備に系統連系した運営手法が確立される (オフグリッドで実証し、実証期間中にオングリッドへの対策を講じる)。 3) 電力の安定供給に伴う利用計画が住民組織を中心に策定される。 4) 運営維持管理に関わるメカニズムが構築される。 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Mini-DTEC が正常に稼働・発電を行う。 2) PLN との Mini-DTEC 運営手法に関する合意が得られる。 3) 住民による電力需要計画が策定される。 4) 運営維持管理ガイドラインが作成される。 	<ol style="list-style-type: none"> 1) 発電した電力の出力データ 2) PLN との合意文書 3) 村落電力需要計画書 4) 運営維持管理ガイドライン 	<p>対象サイトの必要な土地がカウンタートパートにより買収され確保される。</p> <p>対象サイトがプロテクションエリアに指定されていない。</p>

	投入 (Input)		
	日本側	現地側	
<p>活動 (Activities)</p> <p>1) 温泉熱発電の実施</p> <p>1-1 Mini-DTEC 設置サイトを確定する。</p> <p>1-2 各種許認可を取得する。</p> <p>1-3 Mini-DTEC 海外用モデルを製作する。</p> <p>1-4 Mini-DTEC を輸送・搬入する。</p> <p>1-5 Mini-DTEC を設置する。</p> <p>1-6 Mini-DTEC による発電実証を行う。</p> <p>2) PLN への系統連系</p> <p>2-1 PLN の既存設備に系統連系法、特に、停電時の対策、その他緊急時の対応策に関し協議・検討する。</p> <p>2-2 具体的な対策を講じた接続法を確立する。</p> <p>2-3 プロジェクトとの責任分界点を明確にする。</p> <p>3) 村落への電力供給</p> <p>3-1 村落振興、生活向上に繋がる電力の有効利用について住民が協議・検討する。</p> <p>4) 運営維持管理</p> <p>4-1 機器の運営維持管理組織が形成される。</p> <p>4-2 維持管理研修が実施される。</p> <p>4-3 運営維持管理に関わるガイドラインを作成する。</p>	<p><人的投入></p> <ul style="list-style-type: none"> ・短期専門家 詳細設計 現場施工管理 業務調整 試運転 維持管理 <p><資機材></p> <ul style="list-style-type: none"> ・Mini-DTEC (発電機) ・冷却塔 ・取水施設建設 ・取水施設～発電機への配管 ・系統連系 ・変圧装置 ・出力調整器 (パワコン) <p><必要経費></p> <ul style="list-style-type: none"> ・プロジェクト活動経費 ・現場事務所経費 ・車両借り上げ経費 ・アシスタント/通訳 	<p><人的投入></p> <ul style="list-style-type: none"> ・カウンターパート <p><施設></p> <ul style="list-style-type: none"> ・プロジェクトサイト確保 (機器設置、アクセス道路等の土地買い上げ) ・プロジェクトサイト整地 (測量・地耐力調査の実施) ・アクセス路整備 ・プロジェクト事務室 <p><必要経費></p> <ul style="list-style-type: none"> ・プロジェクト活動経費 ・プロジェクトサイト買収経費 ・カウンターパートの旅費・日当 <p><u>前提条件 (Pre-condition)</u></p> <p>対象サイトにおけるプロジェクト実施に際して関係政府及び地域住民が反対しない。</p>	<p>核となるカウンターパート担当者、対象サイトでの機器の維持管理に関わる研修を受ける人材が継続的にプロジェクトに参画する。</p> <p>開発に関わる許認可取得が遅延することなく完了する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・土地買収 ・森林伐採 ・温泉水利用 ・河川水利用 ・排水規制 ・建屋建設規制 ・系統連系 ・環境規制 (EIA / AMDAL) ・その他

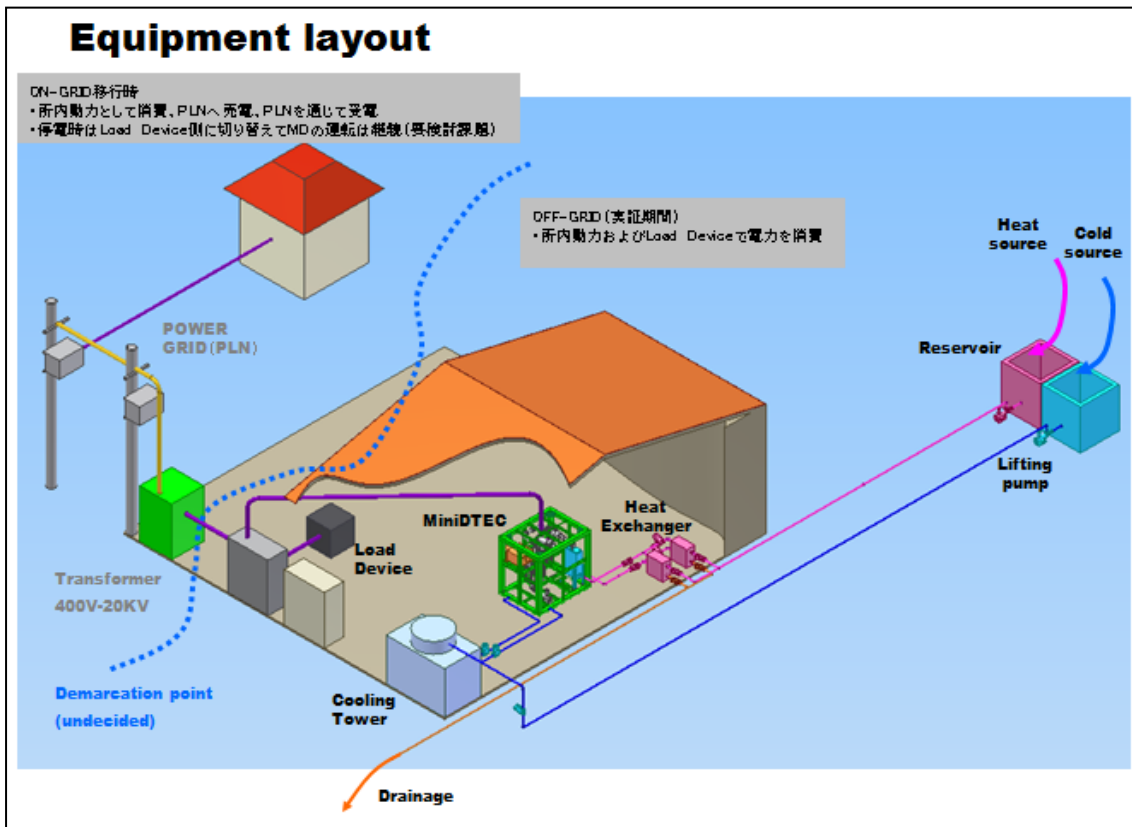


図 5-2 Mini-DTEC 設置イメージ図

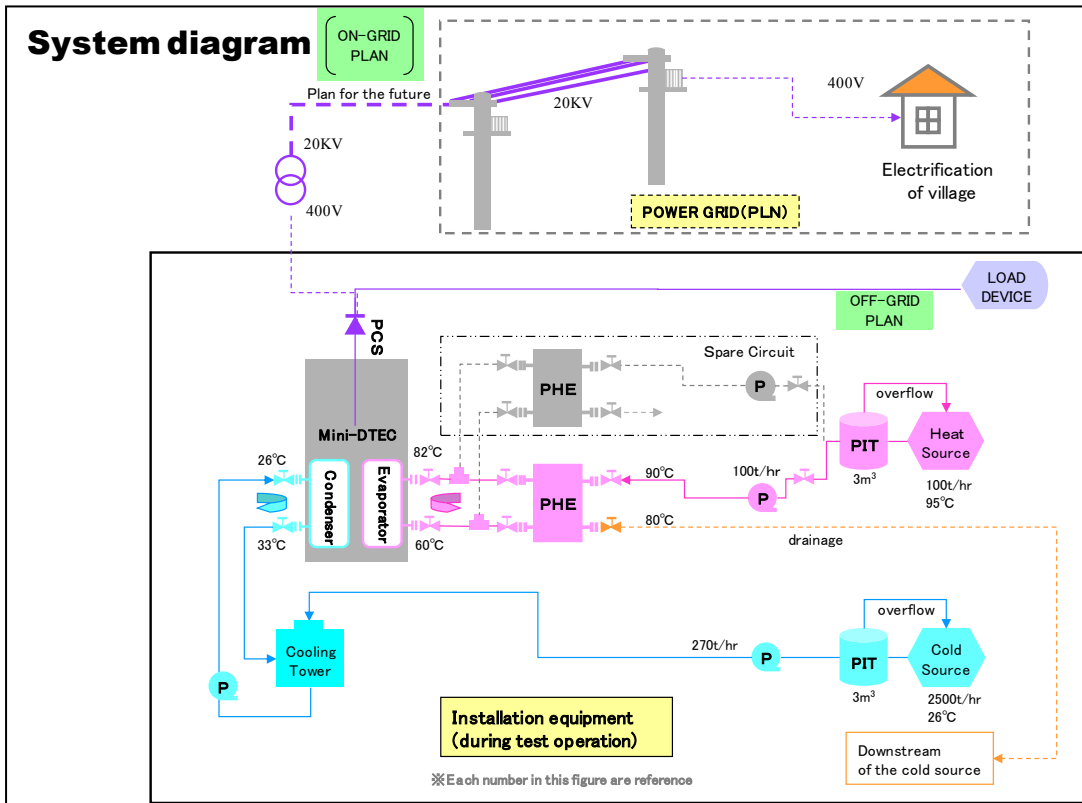


図 5-3 Mini-DTEC システムダイアグラム

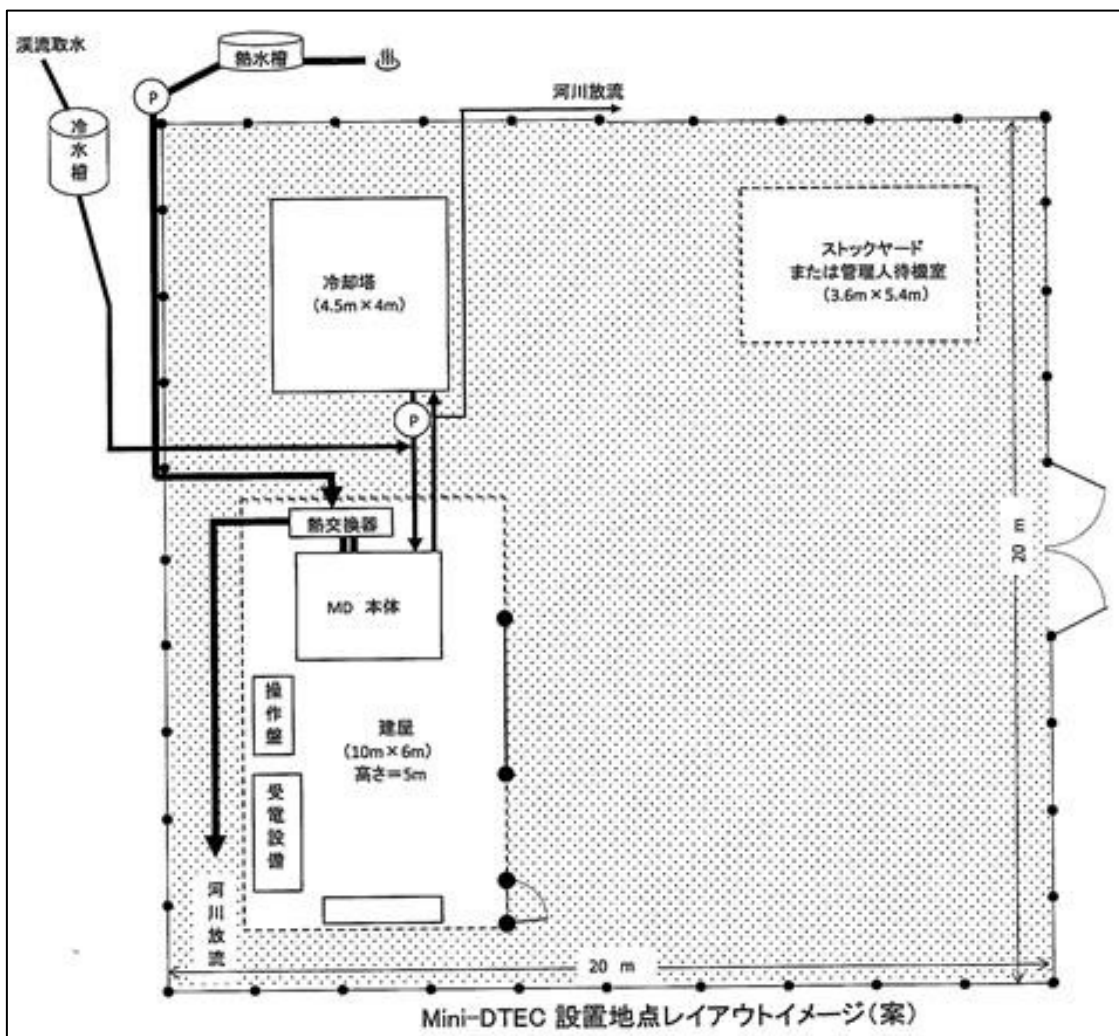


図 5-4 発電システム全体配置図 (案)

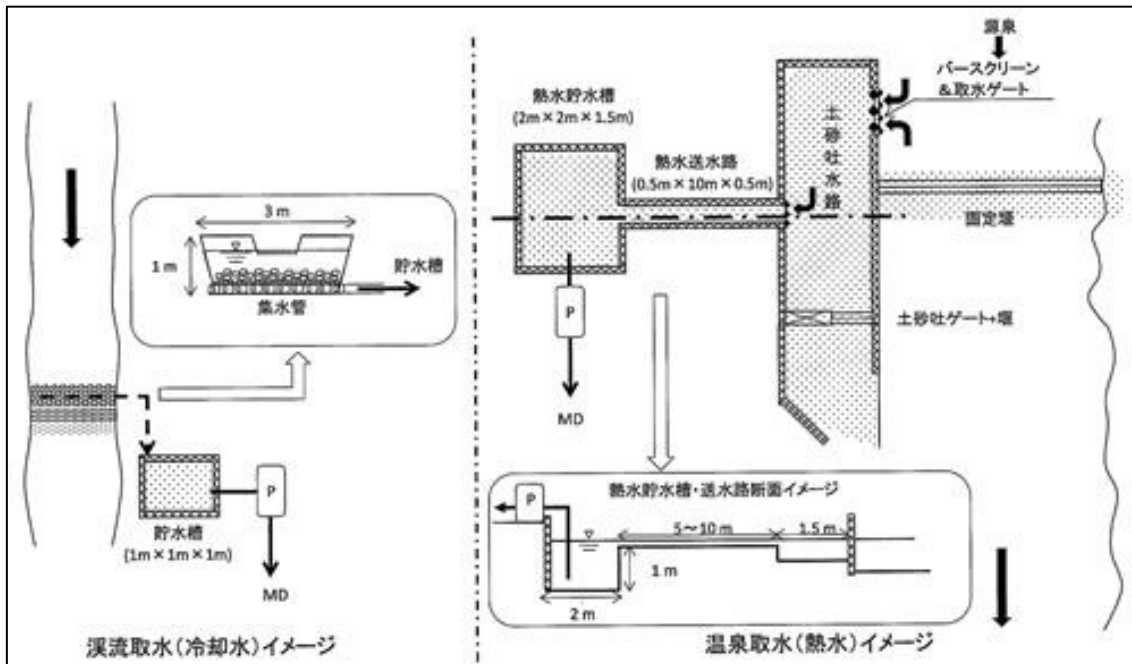


図 5-5 温泉・河川水の取り込み箇所工事想定図

以上、設置工事の概略に示す通り、本プロジェクトは、アクセス道路整備・附帯土木工事から本体設置工事までを含む。このため、全体プロジェクト工程の円滑な監理と推進を図るために、日本側事業実施体による施工監理を予定する。

5.2.1.2 日本側及び「イ」国側の投入

現在、以下の通り投入を想定しているが、詳細については BPPT と協議して確認する。

【日本側】

- 1) 必要な設備の設計、製造及び現地搬入
- 2) 税関手続き
- 3) 道路整備・施設設備の建設指導
- 4) 運営維持管理手順の作成と指導

【「イ」国側】

Mini-DTEC を用いたバイナリー発電システム建設及び運営維持管理業務への主な協力事項として、以下を想定する。

- 1) 事業用地取得手続及び提供
- 2) 資機材運搬用アクセス道路の整備にかかる地方政府との交渉
- 3) 設備建設用資機材のストックヤードの提供
- 4) 「イ」国の気象データ・河川流量データ・地熱エネルギー源等の情報収集への協力

5.2.1.3 カウンターパート機関 (C/P)

カウンターパート機関は、技術評価応用庁 BPPT とすることで既に合意を得ている。

同時にステークホルダーとして西ジャワ州政府、スカブミ県庁、PLN、及び地熱開発業者である PT. Jabar Rekind Geothermal 社も想定している。特に、本件事業は現在の日本国仕様の Mini-DTEC に改良を加え、「イ」国用に設計し直す必要があり新たな開発要素を含むこと、また温泉熱を利用した 100kW 級の小型のバイナリー発電装置の適用は、「イ」国のリモートエリアなどで今後大いに期待される新しい技術であることから、BPPT との連係が円滑な事業実施のために重要である。

西ジャワ州政府の西ジャワ州エネルギー鉱物資源局及びスカブミ県のエネルギー鉱物資源局は、対象サイトであるスカラメの地熱源を管轄し、BPPT からの業務委託により現場作業を担当することを予定している。

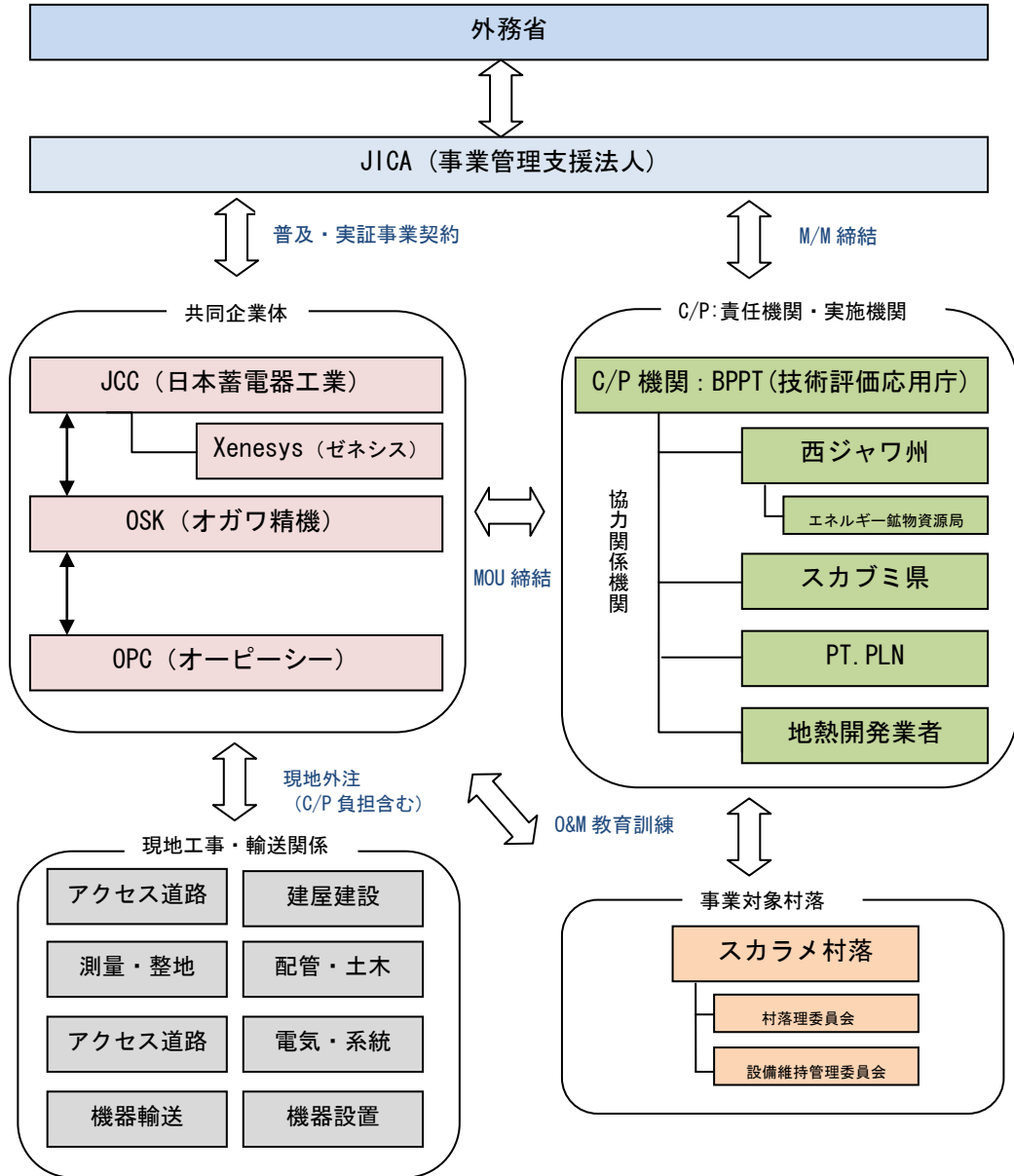
将来的に Mini-DTEC による発電設備は BPPT に移管し、その管理は PLN または地熱開発業者が引き受けるものとなる。したがって設備の運転・維持管理教育は政府機関～PLN～地熱開発業者～地元住民組織メンバーに対して幅広く実施する。

普及・実証期間に実際に発電施設の運営・維持管理を実施する中で、上記関係機関との調整を行い、将来的な ODA での活用手法ほか、民間ベースでの販路の確保、組織体制を確立する。その中で、特に民間ベースでの販路を確保する場合、発電した電力の既存の PLN グリッドへの系統連系した場合の問題点の解決、売電による事業の採算性の問題、村落ベースでの発電電力の有効な使用用途など総合的な検討が必要となる。

5.2.1.4 実施体制及びスケジュール

【実施体制】

現段階で想定する普及・実証事業における事業実施体制図（案）を図5-5に示す。



【補足説明】

- ◆発電機メーカー（JCC/ゼネシス）
- ◆現地販売代理店（オガワ精機）・小売業者
- ◆C/P: 責任機関 / 実施機関（BPPT ・西ジャワ州エネルギー鉱物資源局）
- ◆協力関係機関＝ステークホルダー（西ジャワ州/スカブミ県/PLN/地熱開発業者）
- ◆事業対象村落（スカラメ村落）
- ◆村落委員会（村落管理委員会/施設維持管理委員会）
- ◆現地工事関係：日本側負担工事・「イ」国側負担工事を要協議（アクセス道路、建屋建設、測量・整地は C/P 側負担を想定し M/M に記載予定）

図 5-6 民間提案型 普及・実証事業における事業実施体制図（案）

【スケジュール】

実施工程の策定に当たって検討すべき主たる要素には以下のものが掲げられる。

- 「イ」国仕様Mini-DTECへの設計変更、改良、国内試験（国内モデルの4分割化を想定）
- 設置用地の土地取得とその他各種許認可手続き（BPPTが対応）、及び予算措置（2015年の予算措置：2014年9月に承認）
- アクセス道路の建設工事
- 施設詳細設計

以上を踏まえ、本件調査終了後、BPPTと事前協議を開始し、2014年9月までに来年度予算についての詳細を確認し、普及・実証事業の提案書提出までに事前調整を行う。さらに、2015年10月の事業開始を想定し、2016年内のMini-DTECの製造・輸送・設置～調整を行い、2017年より事業終了の2018年3月まで実証運転及び運転・メンテナンスの教育訓練を実施、最終的にはBPPT、PLNに対して施設の移管を行うスケジュールとした（表5-2参照）。

5.2.1.5 協力概算金額

民間提案型普及・実証事業の協力概算金額等は以下の通りである。なお、詳細については実証事業実施前に BPPT と交わす契約書 MoU によって確認する。

表 5-3 民間提案型普及・実証事業 協力概算金額（千円）

費用項目	(A)普及・実証 事業概算見積 金額	(B)企業側 負担額	(C)相手国政府 負担額*1
1. 直接費	87,500		
（1）直接人件費	0	4,300	
（2）直接経費	87,500		
ア 機材購入・輸送費	66,400	14,600	
イ 現地渡航旅費 （国外渡航航空賃、日当・宿泊料等）	10,400		
ウ 現地普及促進費	10,700		
（ア）車両関係費・現地交通費	2,200		
（イ）再委託費及び現地傭人費	8,500		
（ウ）上記以外	0		
エ 国内普及促進費	0		
（ア）国外渡航航空賃	0		
（イ）国内普及促進業務費	0		
（ウ）上記以外	0		
2. 管理費	0		
3. 外部人材活用費	12,300		
（1）直接人件費	4,000		
（2）間接原価	4,800		
（3）一般管理費等	3,500		
4. 上記1～3以外	0		附帯土木工事、用 地費等 16,500
1～4合計	99,800	18,900	16,500
総事業費合計（直接人件費を除く） =(A)+(B)+(C)			135,200

* 1 ---事業開始前、MoU 締結時に C/P 機関と調整する。

- * 2-本邦調達機材は Mini-DTEC 本体ユニット、冷却塔、熱水用ポンプを想定、付帯土木工事に必要資材（コンクリート、建屋建設、フェンス等）は現地調達を想定した。
- * 3-発電施設は維持管理の容易性を鑑みて、現地コンサルタント、ローカルコントラクターによる施工を想定する。工事費の負担については上記のとおり C/P 機関との調整で決定する。
- * 4-市場調査では具体的な工種、工事量が不明であったことや商習慣の違い（実際の取引がないので見積りを依頼しても回答が出ない）から現地コンサルタント、ローカルコントラクターからの回答が得られず、本邦における調達、建設費用を想定した参考価格である。

このうち、Mini-DTEC 本体が最も高単価の機材である。2 国間政府 ODA 事業であるため、免税措置が受けられることを BPPT とも確認しているが、プロジェクトの実施形態・手順について「イ」国側の理解を確認して、確実な実施がされるように図る。

JICA インドネシア事務所も免税手続きについては懸念事項としており、場合によっては数千万円の機材に 10%程度の関税が課されることも予測される。

免税措置が確実に実施されるために、機材構成・仕様書（現行関税率は機器毎に異なる：JETRO 資料による）及び実証スキームについて、BPPT を通して関係政府機関へ説明して書面確認することを考えている。

発注から建設工事にかかる作業工程表を表 5-4 に示す。

5.2.2 開発効果

「イ」国政府は、その開発課題として中長期的な安定の確保、インフラ整備（特に電力）、地域格差の是正、災害等に対する脆弱性の克服、2006年時点で中国、米国に次ぐ世界第3位の温室効果ガス（GHG）排出量を2020年までに無策ケースと比較して26%削減する（気候変動対策は重要な政策課題としての位置付け）ことを掲げている。

提案する民間提案型普及・実証事業により、「イ」国モデルのMini-DTECの有効性が確認され、我が国中小企業の製品・技術が途上国の持続的開発と温暖化緩和に有効であることの実証を通じて、以下のODA事業へと発展するプログラム開発効果が期待される。

- プロジェクト型無償資金協力案件、環境・気候変動対策無償資金協力案件の形成：有望な低温域熱源が期待される地域での村落電化、ハウス栽培等の農業用電源、あるいは地下水を水源とする上水道施設の電源等、一般無償資金協力による村落開発事業分野への貢献、及び環境・気候変動対策無償資金協力を活用したスキームへの取り組み
- 技術協力プロジェクトへの取り組み：インフラ整備支援の早い段階からMini-DTECを活用した村落電化事業の運営、料金徴収、維持管理、ならびにこれらを取り巻く環境の整備（制度、人材育成等）を含めたパッケージインフラ支援への取り組み

以上の取り組みによる「イ」国地方村落での電力普及率・安定電源確保の改善により、上述の開発課題である経済的不均衡・格差の是正と健康で安全な社会造りへの支援、および気候変動対策に資する協力として明確な解決策を提供することができる。

また、無電化あるいはディーゼル発電に依存する主要グリッドから離れた山間地や遠隔地、島嶼地域に地産地消型電力が供給され、「各種情報へのアクセス改善」、「教育機会の拡大（学習時間の拡大、情報量の拡大）」、「農業等地域産業の活性化」、「地域の夜間治安の向上」など、地域間格差の是正への貢献などが想定される。さらに、Mini-DTECによる、再生可能エネルギーである温泉水を利用した省エネルギー・化石燃料代替エネルギーの促進は、温室効果ガスの排出抑制にも寄与することができ、民間提案型普及・実証事業への取り組みによる開発効果は高い。

5.3 他 ODA 案件との連携可能性

本件調査における協議を通じてカウンターパート機関引受に対し同意を表明した BPPT を通じ、JICA プロジェクト経験があるエネルギー・鉱物資源省との連携が重要と推察する。例えば、地質局は、全国の地熱に関する地質情報を豊富に有しており、有用な地域情報の共有ができれば Mini-DTEC 利用による発電事業拡大にも貢献すると考える。

5.4 その他関連情報

調査当初、プロジェクト立上げ準備会合を数次にわたって実施した。経過を簡単に時系列で以下に記載する。

6月：バイナリー発電システム設置適合性確認調査(自然条件関連事項)及びカウンターパート候補機関打診(実施条件関連事項)、

同月：案件化調査プロポーザル提案

「インドネシア国未利用廃棄地中熱源（再生可能エネルギー）の有効活用による村落電化のための案件化調査－小型排熱温度差発電装置（Mini-DTEC）の普及－」

5.4.1 ODA プロジェクト立上げに向けたカウンターパート機関(C/P)との協議状況

以下、カウンターパートと機関との協議状況を示す。

9月：同案件化調査プロポーザル採択

10月：調査開始

11月～12月：本調査期間中、カウンターパート候補機関とのプロジェクト準備会合を開催し、引き受け機関への打診を行った。最終的に、BPPTが責任機関としてC/Pを引き受けてくれることとなった。

また、予定事業用地は、地熱開発業者が鉱業権を設定、認可を受けている。したがって、プロジェクト実施予定の日本側が事業計画書を速やかに作成した上で、正式交渉を開始する。すでに、当該地区地熱開発業者、管轄行政機関であるスカブミ県と数度のヒアリングによって土地利用手続に関して協力承諾を確認しており、全関係者が出席した会合の席上でも確認している。今後、具体的な書面の交換作業着手により、円滑に進むと予想している。

「イ」国側会計年度は1月～12月であり、2014年度予算は10月に決定済み。予算編成時期は、例年、8～9月である。従って、本格的なプロジェクト実施は、2015年度になるが、出来るだけ早期に事業者との間で契約書にあたるMoUを締結した上で、事業内容の確認を行い、コーディネータとして活動する意思があるとの表明に至った。

再生可能エネルギーを利用する電力生産セクターへの影響は小さいと予想されるが、本年は大統領選挙が実施されるため、人事異動の可能性があることにも留意する。

5.4.2 ODA プロジェクト立上げに向けた課題

【「イ」国側の課題】

- 1) C/P 機関（BPPT）との NDA 及び MOU 締結、
- 2) 予算措置準備、
- 3) 土地利用詳細の確認と利用手続、
- 4) 地熱開発業者の鉱業権確認、
- 5) その他関係事項

【日本側の課題】

- 1) 事業詳細計画書の作成、
- 2) NDA 及び MOU の作成、
- 3) 先方とのバイナリー発電事業工程表確認、
- 4) UKL-UPL 作成と環境管理局への提出、
- 5) 免税措置手続、
- 6) その他関係事項

これらの課題解決のために、事業計画書詳細版を作成した上で、協議を開始する。