

二国間クレジット制度に係る実現可能性調査 最終報告書概要版

| | |
|--------|------------------|
| 調査案件名 | サンティアゴ南部における地熱発電 |
| 調査実施団体 | 有限責任監査法人トーマツ |
| ホスト国 | チリ |

1. 調査実施体制:

| 国 | 団体名 | 受託者との関係 | 実施内容 |
|----|--|---------|--|
| 日本 | 三菱日立パワーシステムズ株式会社 | 外注先 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 概念設計及び概算建設コストの算出 ・ プロジェクト実現に向けてのEPC事業者視点による技術的調査の実施 |
| チリ | Energy Development Corporation Chile Ltda. | 協力企業 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 地熱発電サイトの視察と地熱発電開発情報提供の協力 ・ MRV の実施可能性検討協力 |

2. プロジェクトの概要:

| 調査対象プロジェクトの概要 | | | |
|-----------------------|---|------------|----------|
| プロジェクトの概要 | <p>現在チリではエネルギー需要の 75%以上を輸入に頼る上、電力需要は近年急激に増加しているため、国産エネルギーによる発電容量増強に対するニーズが非常に大きい。本プロジェクトは、同国に比較的豊富に存在する地熱資源を発電に活用することで、上記ニーズの充足及び CO₂ 削減を目指すものである。加えて、本プロジェクトを契機に、南米諸国に対する地熱発電技術の普及拡大も期待される。</p> | | |
| 予定代表事業者 | 三菱日立パワーシステムズ株式会社(MHPS) | | |
| プロジェクト実施主体 | Energy Development Corporation Ltda.(EDC) | | |
| 初期投資額 | 11,400,000(千円) | 着工開始予定 | 2016年11月 |
| 年間維持管理費 | 590,000(千円) | 工期(リードタイム) | 約4~5年 |
| 投資意志 | 強い(取得コンセッションに基づき、生産井掘削スケジュールを含めた送電線接続の事前協議を行い、作業計画をエネルギー省(ME)へ報告済み。) | 稼働開始予定 | 2021年 |
| 資金調達方法 | チリ政府は特定の再生可能エネルギー発電を優遇する補助金等の政策的な推進事業は実施しない方針であるため、EDCは海外からの設備補助事業等の活用に関心がある。EDCは、この他IDB(Inter-American Development Bank)の掘削補償付融資枠取得やJBIC等国際開発銀行からの融資枠享受等の制度金融を含む資金調達により資金コスト負担の軽減を検討している。 | | |
| CO ₂ 排出削減量 | $2,426,625 \text{ [t-CO}_2\text{]} = \text{年間排出削減量[t-CO}_2\text{/年]} \times \text{導入設備の法定耐用年数 15[年]}$ <ul style="list-style-type: none"> ・ リファレンス排出量: 166,622 [t-CO₂/年] = プロジェクトによりグリッドに供給される電力量 (366.6[GWh/年]) × プロジェクトにより代替されるグリッドの排出係数 (0.455[t-CO₂/MWh])[*] ・ プロジェクト排出量: 4,847 [t-CO₂/年] <p>*: CDM の排出係数算定ツール(TOOL07)を用いて、チリ SIC グリッド内の発電量と燃料消費量より算定</p> | | |
| GHG 削減量 | CO ₂ 排出削減量と同じ。 | | |

3. 調査対象プロジェクト

(1) 調査対象プロジェクトの概略

・プロジェクトの目的

本プロジェクトは、チリの首都サンティアゴから約 300km 南の Mariposa において、開発中の地熱発電所建設プロジェクトへの本邦技術による地熱発電設備導入と JCM 方法論の実現可能性を確認することを目的とする。

・GHG 排出削減効果

調査結果を用いて、調査対象プロジェクトの GHG 削減量を求める。EDC は Mariposa において当初に建設する発電所容量を 50MW とする計画である。CDM の排出係数算定ツールを用いて最新の排出係数を試算したところ、0.455[t-CO₂/MWh]となった。

この結果を用いて、チリにおける地熱発電の稼働率を 90%、発電所内での自己消費を発電量の 7%として GHG 排出削減効果を試算すると、

$$RE_y = RG_{PJ,y} * RF_{grid,CM,y}$$

RE_y : リファレンス排出量 [t-CO₂/y]
 $RG_{PJ,y}$: JCM プロジェクトによりグリッドに供給された発電量[MWh/y]
 $RF_{grid,CM,y}$: CM 排出係数 0.455 [t-CO₂/MWh]

$$RE_y = 50 \text{ [MW]} \times 8,760 \text{ [h]} \times 0.9 \times (1-0.07) \times 0.455 \text{ [t-CO}_2\text{/MWh]} = 366.6 \text{ [GWh]} \times 0.455 \text{ [t-CO}_2\text{/MWh]} = 166,622 \text{ [t-CO}_2\text{]}$$

プロジェクト排出量は次のように算定される。

$$PE_y = PE_{FF,y} + PE_{GP,y}$$

PE_y : プロジェクト排出量 [t-CO₂/y]
 $PE_{FF,y}$: プロジェクトにおける化石燃料の使用による排出量 [t-CO₂/y]
 $PE_{GP,y}$: プロジェクトにおいて地熱発電所から放出される NCG に含まれる CO₂ 排出量 [t-CO₂/y]

プロジェクトにおける化石燃料の使用による排出量 ($PE_{FF,y}$) は次のように算定される。

$$PE_{FF,y} = PFC_{i,y} * NCV_{i,y}$$

$PFC_{i,y}$: プロジェクトにおける化石燃料の使用量 i (ディーゼル、灯油、天然ガス等) [kl, t, 1000Nm³ /y]
 $NCV_{i,y}$: 使用した化石燃料の排出係数 i (ディーゼル、灯油、天然ガス等) [t-CO₂/ kl, t, 1000Nm³]

発電所で使用する補機等による化石燃料は一般に少量である。ここでは便宜上 0 とする。

$$PE_{FF,y} = 0$$

プロジェクトにおいて地熱発電所から放出される NCG に含まれる CO₂ 排出量 ($PE_{GP,y}$) は次のように算定される。

$$PE_{GP,y} = (W_{steam,CO_2,y} + W_{steam,CH_4,y} * GWP_{CH_4}) * M_{steam,y}$$

$W_{steam,CO_2,y}$: 生産蒸気あたりの NCG の CO₂ 濃度 [t-CO₂/t steam]
 $W_{steam,CH_4,y}$: 生産蒸気あたりの NCG の CH₄ 量 [t-CH₄/t steam]
 GWP_{CH_4} : CH₄ の温暖化係数 [t-CO₂/t-CH₄]
 $M_{steam,y}$: 生産蒸気量 [t steam/y]

プロジェクトでは生産井の蒸気条件が不明であるため、仮の値(他の CDM プロジェクト等データ)を用いて算定すれば

$$PE_{GP,y} = (0.001 \text{ [t-CO}_2\text{/kWh]} + 0.0000012 \text{ [t-CH}_4\text{/t steam]} * 21) * 4,728,045 \text{ [t steam]} = 4,847 \text{ [t-CO}_2\text{]}$$

排出削減推定量は次のように計算される

$$ER_y = RE_y - PE_y$$

ER_y : 排出削減量 [t-CO₂/y]

RE_y : リファレンス排出量 [t-CO₂/y]
 PE_y : プロジェクト排出量 [t-CO₂/y]

$$ER_y = 166,622 \text{ [t-CO}_2\text{/y]} - 4,847 \text{ [t-CO}_2\text{/y]} \\ = 161,775 \text{ [t-CO}_2\text{/y]}$$

導入設備となる地熱発電用タービンの法定耐用年数 15 年での CO₂ 削減量は、
 $161,755 \text{ [t-CO}_2\text{/y]} * 15 = 2,426 \text{ [千 t-CO}_2\text{]}$ となる。

・導入する設備・機器の規模及び性能

地熱発電設備の検討に際しては、まず基本となる発電設備容量を設定した。チリでの現地調査において、2016 年から 2017 年にかけて Mariposa で 3,000m 級の生産井を 3 本掘削する計画であることを把握した。蒸気条件は生産井の掘削の後噴気試験後に確定する。本調査時点において蒸気条件は未確定であるため、仮の蒸気条件に基づいて 50MW の発電設備を前提に検討を行った。

地熱発電システムの選定においては、世界各国の地熱発電所に数多く採用され、最も一般的な発電方式である「シングルフラッシュ方式」を採用した。ここで、今回の検討で採用した「シングルフラッシュ方式」のシステム概要を図 1 に示す。

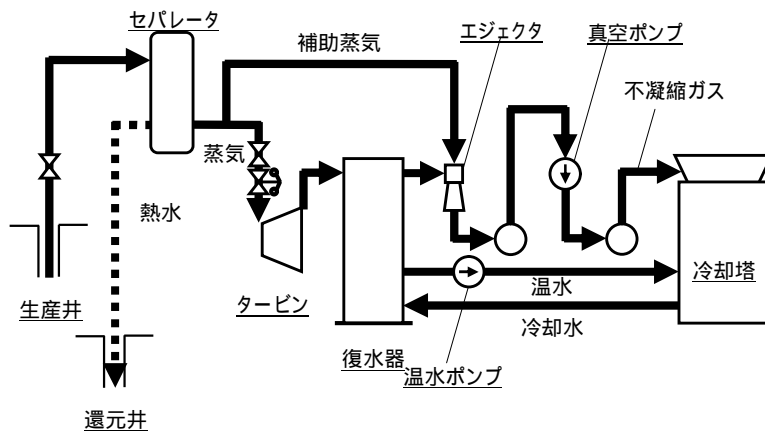


図 1 シングルフラッシュ方式のシステムフロー

50MW 地熱発電設備の検討においては、このシングルフラッシュ方式をベースとして地熱発電設備の概念設計を行った。前述の条件に基づいた仕様検討結果を表 1 に示す。なお、この仕様は将来掘削される予定の生産井の特性に基づき最適化を実施する必要がある。

表 1 導入設備規模・性能

| 項目 | 結果 |
|---------------|------------------|
| 定格出力(発電端) | 50MW |
| ユニット数 | 1 ユニット |
| 発電方式 | 復水式シングルフラッシュサイクル |
| 主蒸気量(タービン入口) | 320 t/h(不凝縮ガス含む) |
| 主蒸気圧力(タービン入口) | 1.1 MPa A |
| 復水器内圧力 | 0.01 MPa A |
| 周波数 | 50Hz |
| 所内動力 | 定格出力に対し約 7% |

・実施サイト

実施サイトとなる Mariposa は 2003 年にチリ政府による地熱調査により、その存在が確認された。その後、2010 年

の追加調査によって同エリアは 320MW の 30 年以上の地熱発電が可能な生産井が開発可能であると報告された。実施サイトを図 2 に示す。サイトはチリの首都サンティアゴ(Santiago) から南へ約 300km の山脈地帯に位置しており、標高は約 2,000m である。チリの Region としては に属する。

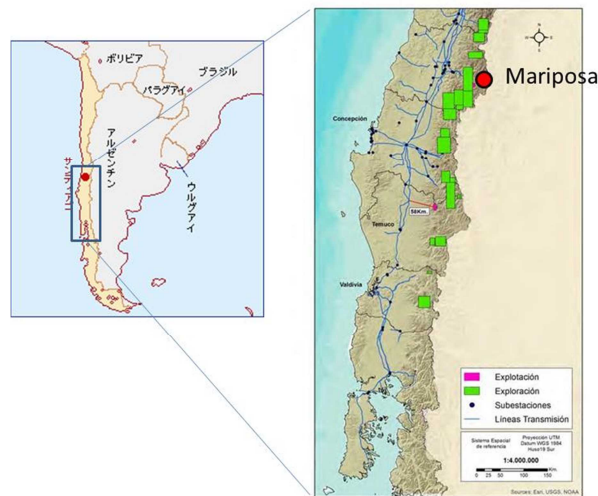


図 2 実施サイト

(2) 調査対象プロジェクトを実施する背景及び理由

・日本の予定代表事業者が関与する動機

Mariposa サイトは標高約 2,000m、冬の期間が年 5 か月間あるという高所の寒冷地であり、プラント建設についてはその点を十分に留意して計画する必要がある。日本の予定代表事業者候補となる三菱日立パワーシステムズ(以下、MHPS)は、高地と寒冷地での地熱発電所建設実績と技術力を有する。具体的には、高地の地熱発電所でメキシコ Los Azufres 発電所(3,000m)やケニア Olkaria(2,000m)等の建設経験があり、また寒冷地の地熱発電所では秋田澄川地熱発電所での建設経験があり、高度なノウハウを有している。こうした実績・ノウハウは、チリにおける高所の寒冷地における地熱開発を推進できると考えられ、これが対象プロジェクトを実施する動機である。

また同社は地熱発電所建設に必要な設備・機器の納入のみならず、発電プラントの EPC(設計・調達・建設)を手がけることが可能である。地熱発電デベロッパーへのパッケージ化された発電所建設サービスを提供でき、世界で数多くの EPC 実績を持つ。加えて、2015 年 2 月に EDC からフィリピン Tongonan 地熱発電所のリハビリ工事を受注し、地熱発電ビジネスにおいて EDC との良好な関係構築がなされている。

EDC と MHPS 双方のノウハウを活かした PS(Project planning Study)による実証、さらには設備補助事業の実施を提案・計画することで、JCM のプロジェクト組成に向けたプラント建設準備を推進することができると考えられる。

・現地のプロジェクト実施主体が関与する動機

Mariposa の事業オーナーである EDC は地熱プロジェクトの運営実績が豊富であり、運転・メンテナンスの十分な経験がある。同社はフィリピンに本社を持つ世界でも最大級の地熱発電事業者である。地熱開発の世界戦略としてチリやペルー、インドネシアでの地熱開発を進めており、チリとペルーではコンセッションを取得し、地熱開発を推進している。開発サイトの運営・管理の技術力が高く、多くの実績を保有する企業である。

EDC は 2011 年よりチリにおける地熱調査を開始し、Mariposa において 155MW の地熱発電所の建設に向けた生産井掘削の準備と作業をすすめている。

チリでは発電事業が高度に自由化されており、その競争力は開発コストの低減、電力販売価格に集約化される。このため発電コストを低減できる可能性が高い JCM や補助制度の活用、さらには日本のインフラ等ファイナンススキームの活用による事業推進は、現地のプロジェクト実施主体にとって非常に大きなインセンティブとなる。

・ホスト国における調査対象プロジェクトのニーズ

チリでは 1960 年代からチリ経済開発公社(CORFO)と国連開発計画(UNDP)による地熱エリアの調査が行われ、

調査により選択された地域において地質、地化学、物理探査が実施されてきた。その後、地熱開発の法的確実性を開発事業者へ与えるための地熱開発法(19657)が施行され、地熱開発の権益取得による開発を推進してきた。しかしながら、2016年2月時点において、チリ国内で運転中の地熱発電所は存在しない。Mariposaでの地熱発電事業はチリのエネルギー自給率の向上、電力の安定供給に資する意義の大きなプロジェクトになると考えられる。

チリは再生可能エネルギーの導入戦略に基づき、2010年よりMariposaを含めた50箇所以上での地熱開発を検討している。また電力需要の増加が著しく、安定的に発電可能な設備容量を市場メカニズムの活用を前提として大きく増加させたいニーズが存在する。

・ホスト国の関連法制度・政策との整合性

チリは地熱発電に対する法的な確実性がある。地熱発電開発のコンセッションに関し、エネルギー省(ME)法19657号(2000年)が承認され、地熱エネルギー開発のコンセッションナリーに与えられる独占権に法的な確実性が与えられた。

チリのエネルギー政策は、National Energy Strategy 2012-2030により、NCRE(Non Conventional Renewable Energy)による電源開発を推進することが表明され、地熱発電を有力な電源として位置づけている。2008年に成立、2013年に改正されたPRS法では200MW以上の発電設備を持つ発電事業者は2015年で7%のNCREによる発電量が割り当てられている。また2025年までに割当量は20%まで増加する。

さらに、日本・チリ間では2015年5月26日に二国間クレジット制度(JCM)の制度運用に係る二国間文書に署名が行われ、両国間での環境・エネルギー協力をより一層強化していくことで合意した。

4. 調査実施方針

(1) 調査課題及び調査内容

調査対象プロジェクトを実現するために解決すべき課題と、調査課題を解決するために実施した調査内容は次のとおり。

調査課題1：地熱発電の規制・推進政策

チリにおける地熱発電に関わる規制・推進政策を確認し、本邦技術の導入が可能であるか把握する必要があった。調査では規制・推進政策に関する文献調査とチリ政府関係者へのヒアリングにより導入障壁や利活用可能な推進政策を把握した。

調査課題2：地熱発電所開発におけるグリッドへの接続と売電

地熱発電による電気の供給において事業性を検討する必要があった。チリの地熱開発サイトは高地であり、グリッドへの接続にあたり送電線建設の費用負担が大きいと事業性は低下する。また発電電力の卸売・小売といった売電方法、市場価格を把握する必要があった。調査では現地サイトの視察とエネルギー委員会等へのヒアリングにより事業性を検討した。

調査課題3：地熱発電所開発状況の確認とコスト競争力・経済性評価

調査サイトでの地熱発電所建設の経済性を評価する必要があった。調査では、概念設計を通して発電設備に関するコスト見積もりを行った。また、チリでは地熱発電所の建設に活用できる補助金はないため、JCM補助事業の活用による建設コスト低減はプロジェクト実施主体にとってインセンティブとなる。調査では、補助事業活用によるインパクト、活用スケジュールを検討した。

調査課題4：JCM方法論構築のためのMRV実施可能性

チリにおける地熱発電所の運営において、地熱発電の方法論案で想定する各種パラメータのモニタリング可否等を調査する必要があった。調査では事業オーナーとなるEDCへのヒアリング、これまでの類似業務経験についてヒアリングした。

調査課題5： JCM 方法論構築のための電気の排出係数・各種パラメータの設定

グリッドの電気の排出係数を調査する必要があった。Mariposa はチリの最大グリッドである SIC の管内である。SIC は水力発電の割合が高く、また近年、地熱を除く NCRE が運転を開始しており、最新情報に基づく排出係数の確認が必要であった。調査ではチリ政府による電気の排出係数の公表有無や検討状況をヒアリングした。

(2) 調査実施体制

調査課題を解決するために構築した調査実施体制を図 3 に示す。監査法人トーマツが JCM の FS 調査に精通したメンバーを配置し、中心となって調査を行い、MHPS の調査サポートを受け、EDC より調査サイト視察機会の提供や各種地熱開発情報を受ける体制をとった。

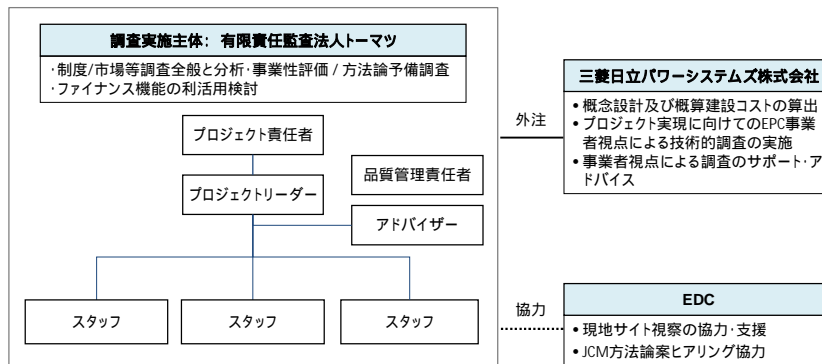


図 3 調査実施体制

(3) 調査実施スケジュール

調査実施期間の調査スケジュールを表 2 に示す。

表 2 調査実施スケジュール

| 業務内容 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 | 1月 | 2月 |
|--------------------|----|----|----|-----|-----|-----|----|----|
| 現状調査 | | | | | | | | |
| 現状の関係法規制等の把握・課題の調査 | | □ | | | | | | |
| 導入システム検討 | | □ | | | | | | |
| ステークホルダー調査 | | | □ | | | | | |
| 方法論予備調査 | | | | | | | | |
| 排出削減方法論予備調査 | | | □ | □ | | | | |
| 現地調査 | | | | ■ | ■ | | | |
| JCM関連省庁へのヒアリング・協議 | | | | ■ | ■ | | | |
| サイト訪問 | | | | | ■ | | | |
| 方法論案・事業計画検討 | | | | | | □ | | |
| 地熱発電市場調査 | | | | | | □ | | |
| 排出削減見込量の試算 | | | | | | | □ | |
| 事業計画・資金計画 | | | | | | | | □ |
| 報告書作成 | | | | | | | | □ |

□ : 国内作業 ■ : 現地作業

5. プロジェクト実現に向けた調査結果

(1) プロジェクトの実現性に関する調査結果

1) プロジェクト計画

国内・現地調査による実現可能性の調査結果は次のとおりである。

調査課題1：地熱発電の規制・推進政策

地熱発電の規制・推進政策として、地熱開発法(Law 19,657)がある。2000年にそれまでの地熱開発の停滞を受けて、地熱探査と開発のためのコンセッションの法的定義、鉱業権益との違い・重複部分の明示化、各種申請手続等を定めた。その後、同法は2013年に改定が行われ、コンセッションの獲得や申請に係わる手続の簡素化が進められた。同法は、地熱開発プロジェクトの進捗を年次報告することを定めており、試掘、発電所建設でエネルギー省への報告が必要である。

地熱発電を含めた再生可能エネルギーの推進政策として、RPS(Renewable Portfolio Standard)法(Law 20,698)がある。RPS法では発電容量200MW以上の発電事業者を対象に2013年より5%のNCRE((Non Conventional Renewable Energy)非在来型エネルギーで地熱、風力、太陽光、バイオマス、小水力(20MW未満)が対象)による発電量が割当てられ、この達成が義務となった。

発電事業者がNCREを所有しない場合や所有していても割当量を超過できない場合、罰則として割当量あたりUS\$47/MWhで購入する必要がある。また、割当量は2013年に導入された市場(New public auction system)において市場取引可能であり、他社のNCRE発電量を購入して割当義務量を満たすこともできる。

NCREの開発プロジェクトについて、チリ政府から導入推進のための補助金制度、その他の普及促進制度の導入可能性についてエネルギー省へのヒアリングを行ったが、そのような計画・方針はないことがわかった。また特定の発電技術を促進するような考えも現在のところないとのことであった。NCREの開発は、あくまで民間事業が自ら採算性を判断し、自ら開発を進めてもらう方針である。チリの政策は基本的に市場メカニズムを活用する方針である。その代わりに、エネルギー省にプロジェクトの計画から実施、運用までの法規制・届出関連の手続等のサポートを行う専用のアドバイザー部署をつくり、プロジェクトを支援する体制をとっている。

調査課題2：地熱発電所開発におけるグリッドへの接続と売電

チリでは220kV以上の基幹系統(Trunk Transmission System)と需要家または基幹系統に接続するための私設送電線(Additional Transmission System)とでグリッド接続の区分を分けている。発電所は規制部門の需要家(一般家庭等)に供給する場合、私設送電線を介して基幹系統に接続する必要がある。基幹系統の増設は系統全体の電源配置の必要性を毎年検討し、増設可否が判断される。このため発電事業者は発電所建設当初からCDECSIC(SICグリッドの経済給電センター)との調整を行う必要がある。

売電について、チリではCNE(チリ国家エネルギー委員会)が規制部門の需要家(一般家庭等、ただし規制部門の配電会社を介して供給)への供給のための売電入札を実施する。

地熱発電による電気の販売は、発電事業者の自由な選択に委ねられる。自由化部門である2MW以上の大規模事業者との相対契約となるのか、規制部門への長期売電とするのか、さらには自由化部門と規制部門との双方への供給となるのか、売電方法は事業性を検討するうえでの重要ファクターとなる。

調査課題3：地熱発電所開発状況の確認とコスト競争力・経済性評価

現地サイトの視察により開発状況を確認した。図4に現地サイトの視察写真を示す。

Mariposaエリアはアルゼンチン国境付近で、地域首都のTalcaから118kmの場所にある。サイト内道路は整備済みであった。サイトの途中にはEDCが建設したベースキャンプが既に運営されていた。これらのことからMariposaでの地熱開発へのEDCの積極的な姿勢が窺えた。



Mariposa キャンプ(100 名ほどが宿泊可能)



生産井用ケーシング(掘削準備を進めている)

図 4 キャンプと生産井用ケーシング

EDC は 3000m の生産井を Laguna del Maule に 2 つ、Pellado に 1 つ掘削する計画である。その後噴気試験を行い、蒸気条件が確定する。本調査時点では蒸気条件が未確定であるため、現地視察を踏まえた仮の条件において発電設備を検討した。

地熱発電所建設について、EDC は 2017 年頃より EPC 事業を発注して発電所を建設し、2021 年からオペレーションを開始する計画である。2015 年中に送電線接続交渉をまとめ、その後 EIA を開始するスケジュールである。発電所当初運転開始時の発電容量は 50MW で最終検討をしている。

地熱発電所の建設には環境影響評価の実施が必要となる。チリの環境影響評価は開発エリアに住宅等のコミュニティがなければ比較的短期間で許可が得られる。

調査課題 4： JCM 方法論構築のための MRV 実施可能性

チリにおける地熱発電所の運営において、地熱発電の方法論案で想定する各種パラメータのモニタリング可否について検討を行った。

JCM 方法論案として、先行調査案件で設計された地熱発電の方法論を参考に、ドラフトした方法論案を EDC との協議で持参し、モニタリングの可否や頻度についてヒアリングを行った。EDC は地熱発電所をフィリピンにおいて所有・運転しており、発電所運営に必要なモニタリング項目について、問題なく実行が可能である。

調査課題 5： JCM 方法論構築のための電気の排出係数・各種パラメータの設定・推定

Mariposa の地熱発電所が接続する SIC のグリッド排出係数について、CNE の公表データから算定を行った。

本調査では SIC のグリッド排出係数について、CDM の Tool to calculate the emission factor for an electricity system (version 4.0) を用いた。本ツールに従い、算定した OM と BM、そして CM は表 3 のとおりである。

表 3 SIC 排出係数の CDM 算定ツールによる計算結果

| | OM | BM | CM |
|------------------------------|-------|-------|-------|
| 排出係数[t-CO ₂ /MWh] | 0.321 | 0.588 | 0.455 |

・プロジェクトの実施体制

Mariposa の地熱発電所建設プロジェクトは、図 5 のようなプロジェクト実施体制を想定している。

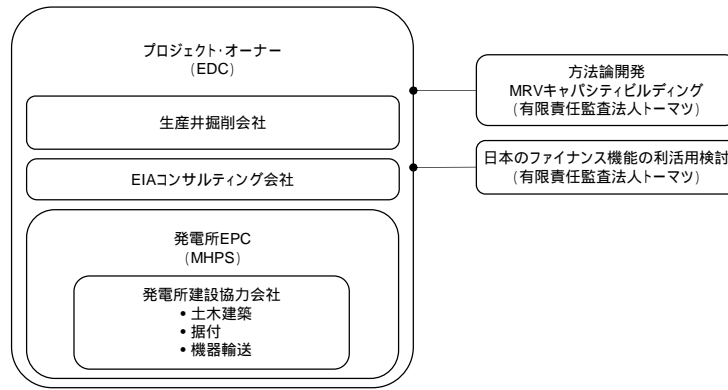


図5 プロジェクトの実施体制

・プロジェクト実施主体の経営体制・実績等

EDC は 1GW を超える地熱発電所の運営を行っている世界最大級の地熱発電ディベロッパーである。2007 年-14 年の年平均売上伸び率 7.2%p.a.と安定的な伸びが見られる一方、債務の平均利率が 5%前後と財務体質は極めて健全であり、資金調達に関して現時点では特段の問題は見当たらない。EDC はこれまでフィリピンが主戦場であり、海外チリ、ペルー、インドネシアなどに進出を図っている。チリでも豊富な運転・メンテナンスの経験を活かし、慎重な経営戦略を着々とすすめている。MHPS は、高地、寒冷地での地熱発電所建設の実績を活かし、EPC の他、予備品の供給や定検時の指導員派遣等、EDC をサポートできる。

2) 資金計画の評価結果

事業収益性検討の結果は以下のとおりである。

表 4 事業収益性検討の前提条件

| 項目 | 前提条件 |
|-----------|---|
| 建設期間 | 5 年 |
| プラント規模 | 50MW |
| 費用 | 2 億ドル弱(プラント建設は EPC ベース、井戸掘削・送電建設等を含む想定値。) |
| 資本構成 | 負債資本比率は 70:30 と仮定 |
| 運転時間 | 年間稼働率 90% |
| O&M 費用 | EPC 費用の 5.5% |
| 売電単価 | 10US セント/kWh と想定 |
| 減価償却 | 15 年 定額法 |
| 割引率 | 5% |
| JCM 設備補助額 | 8.3MiiUSD(10 億円)と想定 |

表 5 プロジェクト IRR の検討結果

| ケース | PIRR(20 年) |
|------------|------------|
| 通常 | 11.3% |
| JCM 設備補助あり | 11.8% |

EDC は IDB による CTF (Clean Technology Fund) の地熱リスク緩和プログラム (MiRiG : Geothermal Risk Mitigation Program) を活用することで、地熱探索フェーズのリスク低減を図っている。2014 年に始まった本プログラムは、米州開発銀行 (IDB)、および CIF (Climate Investment Fund) の政府間のパートナーシップであり、CIF は、譲許的リスク軽減のサポートなしでは進捗しないプロジェクトを支援することを目的としている。このプログラムの投資規模は \$ 20M

(2000 万ドル)であり、生産井の掘削や発電所建設のために必要な追加投資を行うデベロッパー等を支援し、プロジェクトを推進するために利用されることを前提としている。EDC は、このプログラムの利用について内諾を得ている。

(2) プロジェクト許認可取得

Mariposa の地熱発電プロジェクトにおいて許認可の取得状況は表 6 のとおりである。

表 6 プロジェクト許認可の取得状況

| 許認可の名称 | 取得に向けた進捗状況 | 内容 | 許認可を行う機関 | 必要書類 |
|--------------------------------------|-----------------------------|---|---|----------|
| 採掘・運営権 (Geothermal Concession) | 取得済 (EDC が所有) | 地熱発電所の建設のための生産井掘削と発電所建設の許認可。チリでは採掘と建設許可はセットでの付与となっている | ME (地熱開発サイトが鉱山に隣接している場合は鉱山省への事前調整が必要。また発電所建設エリアの土地借用が必要な場合は国家資産省 MBN: Ministerio de Bienes Nacionales) | 入札関連文書一式 |
| 環境影響評価 (EIA) | 実施中 (EDC が EIA のコンサル入札を準備中) | 地熱発電所の建設・運転のライフサイクル全般にあたり周辺環境への影響を調査し、文書化する | 持続可能性のための閣僚委員会 MMA (環境省) ほか省庁連合でのレビューを実施 | 環境影響評価書 |

許認可の他、地熱発電開発において必要となる報告は表 7 のとおりである。

表 7 必要となる報告

| 届出・報告の名称 | 状況 | 内容 | 届出・報告を受ける機関 | 必要書類 |
|----------|-----|-----------------------------|-------------|------------|
| 採掘開始 | 報告済 | コンセッションナーによる生産井の掘削開始時に報告を行う | ME | 採掘開始の報告 |
| 発電所建設開始 | 準備中 | 発電所の建設開始時に報告を行う | ME | 発電所建設開始の報告 |

(3) 日本の貢献

ホスト国への社会経済効果

Mapriposa の地熱発電により生産された電力を送電することにより、天候に左右される水力発電への依存から脱却し、エネルギーミックスの実現と電力供給の安定化をはかることが可能となると想定している。

日本の地熱技術移転、インフラ輸出拡大

チリは大きな地熱ポテンシャルを有しており、その他の南米諸国においても日本勢による地熱発電事業が実現されれば、ハード(プラント)及びソフト(運営)の両面において本邦企業の卓越した技術の輸出機会拡大に貢献するものとする。また、電力供給が安定することで他分野においても本邦企業の進出が進むことが期待される。

JCM 普及拡大と日本の温室効果ガス削減

地熱発電開発を契機にチリでの JCM が普及拡大することで、我が国の温室効果ガス排出量の削減にも寄与するものとする。現時点での試算では、チリに 25MW の地熱発電が導入された場合の排出削減量は約 16 万 tCO₂/年となる。チリの地熱ポテンシャル 3GW の仮に 1/3 に日本の地熱発電が導入された場合、単純計算で 320 万 tCO₂/年にも上る大規模排出削減に寄与することとなる。

(4) 環境十全性の確保、ホスト国の持続可能な開発への貢献

1) 環境十全性の確保

地熱発電所の導入によって再生可能エネルギー電力がチリのグリッドに供給される。このため火力発電による電力が代替され、SO_x、NO_x の排出が削減される。

一方で、地熱発電所の建設・運転に伴う景観の変化や周辺エリアの地盤沈下、水質汚染等の悪影響が想定される。しかし、チリでは、2013年8月に環境影響評価システムに関する規則令(Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental、以下EIA)が2013年12月に施行されている。チリの地熱発電プロジェクトはEIAの対象であり、環境への悪影響はEIAによってチェックされ、影響がある場合には建設ができない。このため、地熱発電による悪影響は大きな問題とはならないものと想定する。

2) ホスト国の持続可能な開発への貢献

本プロジェクトの実施、また、類似プロジェクトを実施することによって、チリの電力の安定供給に貢献できる。チリはエネルギー需要の75%以上を輸入に頼っており、チリの全発電量に占める火力発電割合は2012年時点で64%で、次いで水力発電が29%を占める。地熱発電の導入により、電力の国産化により火力発電の代替が可能になる。また、気象により発電出力が変動する水力発電を代替できる。このため長期的なエネルギーのベストミックスに寄与すると考えられる。

また、本プロジェクトの実施により、地熱開発技術の移転に寄与する。チリは現在、地熱発電の開発勃興期であり、日本は優れた地熱発電技術の移転することで、持続的な地熱資源の開発とともに主要産業である鉱山の持続的な開発にも貢献できる。

さらに、地熱発電で得られる廃熱・余熱の利用による新たな産業創出に期待できる。

6. JCM 方法論の予備調査結果

(1) 方法論に必要なデータ収集等の予備調査結果

対象案件に適用が想定される方法論の開発に必要なと考えられるデータのリストは表8のとおりである。データの収集についてはEDCとの協議を通して実行可能であることを確認した。

チリのグリッドに接続される発電所の発電量はMEへの報告が必要であり、発電量のモニタリングについては報告データをそのまま利用できる。

表8 GHG 排出削減量の算定に必要な主なデータ

| 変数 | データの説明 | 単位 | モニタリング方法 | データソース | 測定方法と手続 | モニタリング頻度 |
|--------------------|------------------------------------|-----------------------------|----------|--------------|--|----------------|
| $PFC_{i,y}$ | 発電所で使用した年間の化石燃料(施設暖房、自家発電等) | kl, t, 千 Nm ³ /年 | 実測 | プロジェクトサイト | 現地での計測(メータ、購買伝票等) | 1月/回 |
| $RG_{P,y}$ | グリッドに供給した発電電力量 | MWh/y | 実測 | プロジェクトサイト | <ul style="list-style-type: none"> 発電所の発電端送電電力量計による計測 グリッドからの受電電力量計による計測 | 1月/回 (常時計測) |
| $W_{steam,CO_2,y}$ | NCGに含まれるCO ₂ の濃度(年間平均値) | t-CO ₂ /t-steam | 実測 | プロジェクトサイト | NCGのサンプリング取得によるガスクロマトグラフィー分析(ASTM E1675に準拠する等) | 3月/回 |
| $W_{steam,CH_4,y}$ | NCGに含まれるCH ₄ の量(年間平均値) | t-CH ₄ /t-steam | 実測 | プロジェクトサイト | NCGのサンプリング取得によるガスクロマトグラフィー分析(ASTM E1675に準拠する等) | 3月/回 |
| $M_{steam,y}$ | NCGの量 | t-steam | 実測 | プロジェクトサイト | NCGの計測(メータ、センサ) | 1月/回 (常時計測) |
| $RF_{grid,OM,y}$ | オペレーティングマージン(OM)の計算値 | t-CO ₂ /MWh | 公表データ | CNE web site | SICグリッドに接続された発電機の発電量と燃料消費量から産出したOM。 | 1年/回 |
| $RF_{grid,BM,y}$ | ビルドマージン(BM)の計算値 | t-CO ₂ /MWh | 公表データ | CNE web site | グリッドに接続された発電機の発電量と燃料消費量から産出したBM | 1年/回 |

(2)MRV 実施体制

MRV の実施体制は図 6 のとおりである。プロジェクトオーナーの EDC への初期ヒアリングから、JCM の過去の地熱発電の方法論案で提案されたモニタリング項目や CDM 等地熱発電の方法論で要求されるモニタリング項目を問題なくモニタリングし、算定・報告可能であるとの所感を得た。

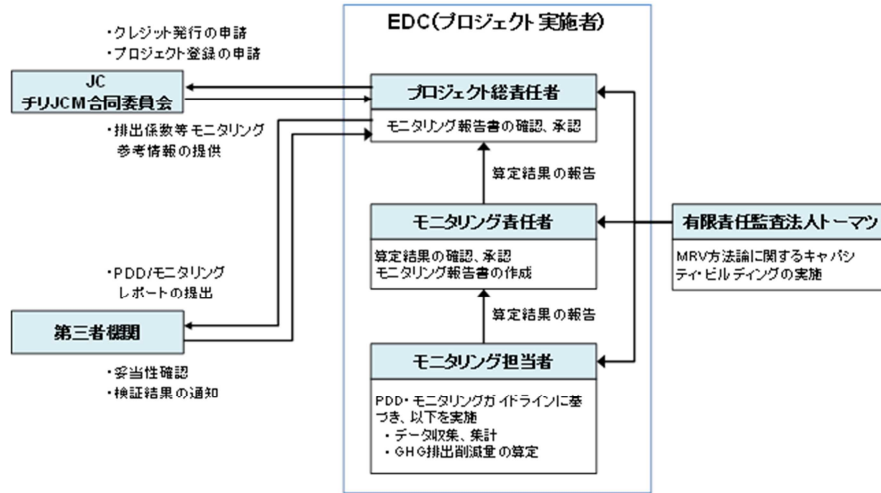


図 6 MRV 実施体制

7. 今後の予定

本調査により、事業オーナーである EDC は日本の優れた地熱発電技術を理解し、頻繁なコミュニケーションにより信頼関係がさらなる高まりをみせている。今後も継続的なコミュニケーションを行い、プロジェクト組成のための協力を進めていく計画である。