

ペルー共和国

ペルー国
地熱開発における民間投資促進支援
に係る情報収集・確認調査
ファイナルレポート
和文要約

2017年1月

独立行政法人
国際協力機構（JICA）

有限責任監査法人トーマツ

中南
JR
16-043

目次

略語表	ii
図目次	iv
表目次	iv
1. 業務の目的・内容に関する事項	6
(1) 業務実施の背景	6
(2) 業務の目的	6
(3) 業務の対象地域	7
(4) 相手国関係機関	7
2. ペルーにおける民間投資促進制度	8
(1) 関連法制度	8
(2) 関係機関と役割	9
(3) 各種手続	9
3. ペルーの電力セクター及び地熱開発の現状確認・課題の分析	11
(1) 関連法制度	11
(2) 概況	12
(3) 再生可能エネルギー資源発電オークション	18
(4) 民間投資インセンティブ制度	21
4. 主要諸外国の地熱発電普及促進制度の確認・分析	22
(1) 諸外国の地熱開発初期のコスト・リスクシェアスキーム	22
(2) マルチドナー枠組の地熱開発初期のコスト・リスクシェアスキーム	23
(3) 開発初期段階における地熱発電投資促進のための関連スキーム	25
(4) 第三国調査（チリ）の民間投資による地熱開発推進	27
(5) 地熱開発初期の政府の関与による地熱開発推進	32
5. 地熱資源評価等の能力強化に向けた現状確認・分析	33
(1) INGEMMET の能力獲得状況	33
(2) INGEMMET の能力強化の必要性	33
6. 民間投資による地熱開発の促進策	35
(1) 民間投資による地熱開発推進に係る課題の分析	35
(2) 課題解決に向けたペルー政府がとるべき施策の分析と提案	37
(3) ペルーの民間主導による地熱開発に対する JICA 支援策の提案	45

略語表

略語	日本語名称	英語名称
ADEME	フランス環境エネルギー管理庁	-
ARGeo	アフリカリフトバレー地熱エネルギー開発ファシリティ	African Rift Geothermal Development Facility
BAU	-	Business as usual
CAF	ラテンアメリカ開発銀行	Development Bank of Latin America
CDM	クリーン開発メカニズム	Clean Development Mechanism
COES-SINAC	電力系統経済運用委員会	-
COP	国連気候変動枠組条約締約国会議	Conference of the Parties
CTF	クリーンテクノロジー基金	Clean Technology Fund
DB	データベース	Database
DGAEE	エネルギー環境局	General Directorate of Energetic Environmental Affairs
DGE	電力局	Directorate General of Electricity
EDC	エナジー・デベロップメント・コーポレーション	Energy Development Corporation
EGASA	アレキパ発電公社	Electric Generation Company of Arequipa S. A.
EGP	エネル・グリーン・パワー	Enel Green Power
EIA	環境影響評価	Environmental Impact Assessment
ENAP	チリ石油公社	National Petroleum Company
GDF	地熱開発ファシリティ	Geothermal Development Facility
GEF	地球環境ファシリティ	Global Environment Facility
GEOCATMIN	鉱物・地質データベース	Mineralogical and Geological Database
GIZ	ドイツ国際協力公社	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit
GRMF	地熱リスク緩和ファシリティ	Geothermal Risk Mitigation Facility
IDB	米州開発銀行	Inter-American Development Bank
IFC	国際金融公社	International Finance Corporation
INDC	気候変動対策に関する約束草案	Intended Nationally Determined Contribution
INGEMMET	鉱業冶金地質研究所	Institute of Geology, Mining and

		Metallurgy
IRENA	国際再生可能エネルギー機関	National Institute of Natural Resources
IRR	内部収益率	Internal Rate of Return
JICA	独立行政法人国際協力機構	Japan International Cooperation Agency
JOGMEC	独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構	Japan Oil, Gas and Metals National Corporation
KenGen	ケニア国営電力公社	Kenya Electricity Generating Company
KfW	ドイツ復興金融公庫	Kreditanstalt für Wiederaufbau
LNG	液化天然ガス	Liquefied Natural Gas
MDB	国際開発金融機関	Multilateral Development Bank
MEF	経済財政省	Ministry of Economy and Finance
MEM	エネルギー鉱山省	Ministry of Energy and Mines
MINAM	環境省	Ministry of Environment
NAFIN	メキシコ産業金融公社	Nacional Financiera
NEDO	国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構	New Energy and Industrial Technology Development Organization
O&M	運転・保守	Operation and Maintenance
ODA	政府開発援助	Official Development Assistance
OSINERGMIN	エネルギー鉱業投資監督庁	Organization of Supervising for Investments in Energy and Mines
PPA	電力販売契約	Power Purchase Agreement
PPP	官民パートナーシップ	Public-Private Partnership
RER	再生可能エネルギー資源	Renewable Energy Resource
RMF	探査・掘削段階のリスク削減ファシリティ	Risk Mitigation Facility
RPS	電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法	Renewable portfolio standard
SNIP	国家公共投資システム	National System of Public Investment
SPC	特別目的会社	Special purpose company
UNEP	国連環境計画	United Nations Environment Programme
VAT	付加価値税	Value added tax

図目次

図 1	ペルー全土の地熱発電資源量マップ	13
図 2	RER 発電オークションの結果	20
図 3	電力セクターの民間投資インセンティブ制度	21
図 4	チリの Cerro Pabellón プロジェクトエリア	28
図 5	Cerro Pabellón の PPP を利用したリスクシェア	29
図 6	Cerro Pabellón のリスク低減プログラム利用	29
図 7	Cerro Pabellón のインセンティブ活用	29
図 8	地熱開発の政府主導から民間主導への開発形態の移行	32
図 9	民間投資による地熱開発推進要因	35
図 10	ペルー地熱開発プロジェクトのバランスシート	37
図 11	INDC の削減対策の内訳	51
図 12	ペルー地熱開発における民間投資プロジェクトの組成に向けた支援イメージ	52

表目次

表 1	PPP プロジェクトの 4 種類の申請の概略	10
表 2	電気事業、地熱発電に係る主な法規制	11
表 3	ペルーの地熱探査エリア（2016 年 5 月時点）	15
表 4	地熱開発コンセッション	17
表 5	RER 発電オークション概要と仕様	18
表 6	リスク・コストシェアスキーム（自国向け）	22
表 7	リスク・コストシェアスキーム（マルチドナー・ファシリティ）	23
表 8	開発初期段階における地熱発電投資促進のための関連スキーム	26
表 9	民間投資による地熱開発推進要件による課題抽出と解決の方向性案	36
表 10	民間金融の活用を想定した場合の試算結果（プロジェクトファイナンス想定）	39
表 11	民間金融の活用を想定した場合の試算結果（コーポレートファイナンス想定）	39
表 12	解決方向性がペルー政府により受諾・実行された場合の民間投資への影響（直接）	41
表 13	解決方向性がペルー政府により受諾・実行された場合の民間投資への影響（間接）	42
表 14	解決の方向性案に関するペルー政府への具体的な提案方法	44
表 15	JICA の地熱開発の事業性を高めるスキーム	46
表 16	JICA 海外投融資の概要	47
表 17	JICA 円借款を活用した場合の FIRR 試算結果	48
表 18	GDF Loan & Grant を活用した場合の FIRR 試算結果	48

表 19	PPA 試算結果案	49
表 20	FIRR が 12%となる地熱発電と天然ガス火力発電の PPA 価格試算結果.....	50
表 21	2030 年のエネルギーセクターへの CO2 排出削減インパクト	51

1. 業務の目的・内容に関する事項

(1) 業務実施の背景

ペルーでは近年の堅調な経済成長を背景にエネルギー需要（最終消費量）が年平均 8% 増加しており、今後もこのペースで進んだ場合、2030 年には発電・供給能力を現在の約 3 倍に増やす必要があるとされている。

ペルー政府は「再生可能エネルギーを使用した発電への投資奨励に関する法令」（2008 年）を制定し、2013 年までに総電力消費量の 5% を再生可能エネルギーにより賄う方針を打ち出した。同法令に従い、ペルー政府は再生可能エネルギー購入枠を設定し、発電事業者による入札を通じて再生可能エネルギー電源の確保を図っている。しかしながら、2015 年末時点で 1.5% までしか達成できておらず、その内訳は、バイオマス 0.5%、太陽光 0.4%、風力 0.5% となっており、更なる拡大が必要である。

他方、地熱発電については、概算で 3,000MW 以上の豊富な利用可能資源賦存量があると報告されているが、未だ開発実績はない。ペルー政府は 1992 年の「電気事業法」の制定により民間主導による発電事業を推進しており、地熱発電についても、2016 年 5 月時点で 18 地点で民間企業に探査権が与えられている。しかしながら、試掘等の初期段階投資リスク等が障害となり、開発は進展していない。このような中、ペルー政府は、タクナ州において公的資金を活用した地熱開発をパイロット事業として実施することを検討している。

ペルー政府は、上記タクナ州のパイロット事業実施後においても、民間投資を活用した地熱開発を行うとする方針を踏襲し、残りの有望な地熱サイトについて民間投資による開発を進める意向である。しかしながら、これまでの他国での経験から、政府による何らかの財政的支出／支援、ないし地熱開発リスク軽減措置の導入なしには、ペルーにおける民間投資による地熱開発の進展は困難となることが予想される。

本業務は、ペルーでの地熱開発を民間投資により進めるにあたり、既存制度における阻害要因、ペルー政府が取組み可能な財政的支出／支援・リスク軽減制度、更に独立行政法人国際協力機構（JICA）が持つ官民連携（PPP）インフラ支援に資する支援メニューの活用可能性の確認・検討を通じ、ペルー政府にとって最適な地熱開発制度設計のベースとなる基礎情報の収集、及び JICA が協力可能な地熱開発促進支援スキームについて考察・提言を行うものである。

(2) 業務の目的

ペルーでの地熱開発における民間投資促進の阻害要因等の諸条件を整理の上、民間投資による地熱開発を促進するための制度設計のベースとなる基礎情報の収集、及び JICA が協力可能な有償資金協力による地熱開発促進支援スキーム (Equity Back Finance (EBF) 円借款、Viability Gap Funding (VGF) 円借款、PPP インフラ信用補完スタンドバイ円借款等の円借款新手法、JICA 海外投融資) について考察・提言することを目的とする。

(3) 業務の対象地域

ペルー共和国 リマ市

(4) 相手国関係機関

ペルーの本件業務における主な政府関係機関は次の通り。

エネルギー鉱山省 (Ministerio de Energía y Minas, MEM)

電力局 (Dirección General de Electricidad)

電力局 電力コンセッション課 (Dirección de Concesiones Eléctricas)

エネルギー環境局 (Dirección General de Asuntos Ambientales Energéticos, DGAAE)

経済財政省 (Ministro de Economía y Finanzas, MEF)

民間投資促進政策局 (Dirección General de Política de Promoción de la Inversión Privada)

公債・国庫局 (Dirección General de Endeudamiento y Tesoro Público)

鉱業冶金地質研究所 (Ministerio de Economía y Finanzas, INGEMMET)

鉱物・エネルギー資源課 (Dirección de Recursos Minerales y Energéticos)

2. ペルーにおける民間投資促進制度

(1) 関連法制度

① 主要な法制度

ペルーでは90年代から民間投資によるインフラ整備の強化を法制度で根拠づけし、推進を図ってきた。それまで中央政府により運営されていた公社を民営化するとともに民間投資プロジェクトを県レベルの24の地方政府（Regional Government）や郡レベルの195の地方自治体（Municipal Government）が実施できるよう分権化を図ってきた歴史がある。現在では、インフラ投資の大部分を民間投資により実施する体制を整えている。

② 外資企業による出資比率に関する制限

本件調査に係る地熱開発と電力セクターの外資企業による出資比率に関する制限について、ペルーでは、外資出資比率に関する規制はない。

③ 資本金に関する規制

ペルーでは、会社設立時に登録資本の最低25%の払い込みが必要である。株主数は非公開会社と商事有限会社では2~20人、公開会社には制限はない。商事有限会社では現物出資は認められていない。外国人が出資する場合は民間投資促進庁（Proinversión）への登記義務がある。なお、商事有限会社とは、株主数が2~20人の会社で、商号には末尾にS. R. L.を付す。必置機関は株主総会と支配人で出資金は現金出資に限られる。一人有限会社とは、出資者一人で設立できる会社形態で、商号の末尾にE. I. R. L.を付す。必置機関は、代表者と支配人であり、兼務も可能である。現金出資、現物出資のいずれも可能である。

④ PPP制度

ペルー政府は、PPP方式により多くのインフラプロジェクトを推進している。

PPPに係る法規制は、基幹インフラ整備などの公共事業推進に民間活力の導入を図る目的で2008年に官民連携（PPP）関連法令が整備された。これによりPPPプロジェクトが推進された¹。PPPは、中央政府や地方政府、地方自治体が政策的にインフラ整備を提案し、民間の技術、ノウハウ、資金を活用してインフラの建設、およびサービス提供を行う「公的イニシアティブ」と民間企業が政府資産・事業を民間投資で実施するよう提案し、民間企業が主体となりインフラの建設およびサービス提供を行う「民間イニシアティブ」がある。プロジェクトの組成手続、手順が官民連携関連法令によって明示化され、改善が重ねられた上で現在に至っている。

¹ JETRO HP

(2) 関係機関と役割

ペルーにおいて、中央政府が提案する PPP プロジェクトや 15,000UITs 以上の規模の PPP プロジェクトの民間投資促進機関は、MEF 傘下の民間投資促進庁である。民間投資促進庁は最高意思決定組織として GC (Governing Council) を持ち、MEF、運輸通信省 (Ministerio de Transportes y Comunicaciones)、MEM、住居建設衛生設備省 (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento)、農業省 (Ministerio de Agricultura y Riego) の大臣で構成され、民間投資促進の基本計画や民間投資プロジェクト範囲を承認する権限を持つ。

地方政府や地方自治体も民間投資促進機関を有するが、地方政府や地方自治体による PPP によるプロジェクトは非常に少ないのが実態である。

民間投資プロジェクトは、プロジェクトの提案者 (公的イニシアティブ vs. 民間イニシアティブ) と、政府が投資するかどうかの投資タイプ (民間との共同投資 (Co-financed) vs. 民間資金のみ (Self-sustainable)) で区分でき、その手続やプロジェクトの促進機関が区分の組合せにより変わる。

(3) 各種手続

① SNIP への適合

ペルー政府、地方政府・自治体と民間との共同投資 (Co-financed) によりプロジェクトを実施する場合の留意点として、PPP の分析・評価・手続を定めたペルー公共投資国家システム (SNIP) への適合が必要となることがあげられる。

SNIP は MEF の公共投資局が所管する。民間投資による公共サービスの品質向上、効率的な整備や運営の実施を推進するため、ペルー政府が基本方針や手続、方法論・技術的な基準を定めている。国民の福祉に資する持続可能な公共サービスや公共事業の運営について、その品質を維持するための民間投資プロジェクトの評価制度である。SNIP の対象は、公共部門による公的資金を必要とする投資プロジェクト、金融以外の公益セクターである。

② 官民連携 (PPP) に関する優遇措置

基幹インフラ整備などの公共事業推進に民間活力の導入を図るため、2008 年に官民連携 (PPP) 関連法令が整備された。2015 年に PPP 枠組新法および同施行細則が施行され、時限立法から恒久法に移行した。コンセッション方式を用いた公共事業に用いる資材・サービスは、その輸入や購入費用に付加価値税が課税されるが、この付加価値税の還付制度がある。発電事業の場合、発電事業の開始前に付加価値税の払戻 (VAT refund) が可能であり、MEM の投資許可と 5 MUS\$ 以上の投資であれば払い戻しの対象となる。基本的には購入するもの全てを対象とすることができる。

③ PPP プロジェクトの申請フロー

PPP プロジェクトの申請 4 類型の申請概略を表 1 に示す。

表 1 PPPプロジェクトの4類型の申請の概略

	民間投資のみ	民間との共同投資
公的イニシアティブ	<ul style="list-style-type: none"> プロジェクト公示情報は民間投資促進庁 HP に公示 GC がプロジェクト実施要否を判断 	<ul style="list-style-type: none"> プロジェクト公示情報は民間投資促進庁 HP に公示 SNIP への適合が必要 GC がプロジェクト実施要否を判断
民間イニシアティブ	<ul style="list-style-type: none"> プロジェクト情報は提案民間企業が保有 	<ul style="list-style-type: none"> プロジェクト情報は提案民間企業が保有 SNIP への適合が必要

3. ペルーの電力セクター及び地熱開発の現状確認・課題の分析

(1) 関連法制度

① 政策・制度

2010年11月に大統領令により承認された「国家エネルギー政策 2010-2040」(MEM 発表)では、9つの政策目標が提示されている。

ペルーのエネルギー政策は、民間投資を基に、競争的な環境下でエネルギーの安定的な供給と自給向上に注力する。特に国内資源の開発によるエネルギー源の多様化(石油依存から天然ガス・LNG および再生可能エネルギーの生産および消費の拡大)、再生可能エネルギー(水力(20MW以下)、地熱、風力、太陽光、バイオマス等)の開発促進、地方(農村)電化の促進、エネルギーの効率的な利用の促進、環境への影響を最小限とする持続可能な開発、温暖化ガス排出の削減、地域エネルギー市場の統合などが長期目標となっている。

② 法規制

電力事業、地熱発電に係る法規制を表2に示す。

表2 電気事業、地熱発電に係る主な法規制

法制度	年	概要
地熱資源法細則 N° 019-2010-EM	2010	地熱資源法の探査、開発の具体的な手続を規定
再生可能エネルギー発電推進法 政令 N° 1002	2008	RER オークションの諸手続を整備、2008年から5年間でペルー全発電量の5%をRERによる発電量とする目標を設定
再生可能エネルギー発電新法 政令 N° 1058	2008	RER発電のための装置及び土木建設費用の20%までの加速償却を可能とする
EIAに関する基本法 法律 N° 27447	2001	事業に対するEIA等の義務付けなどを規定する基本法
地熱資源法 法律 N° 26848	1997	地熱資源開発に係る開発権の定義と諸手続を規定する基本法
電気事業法細則 N° 29-94-EM	1994	電力事業に係る諸手続の細則を整備
電気事業法 法律 N° 25844	1993	電力事業に係る諸手続を規定する基本法

地熱資源法においては手続の基本事項を規定しており、地熱開発コンセッション取得

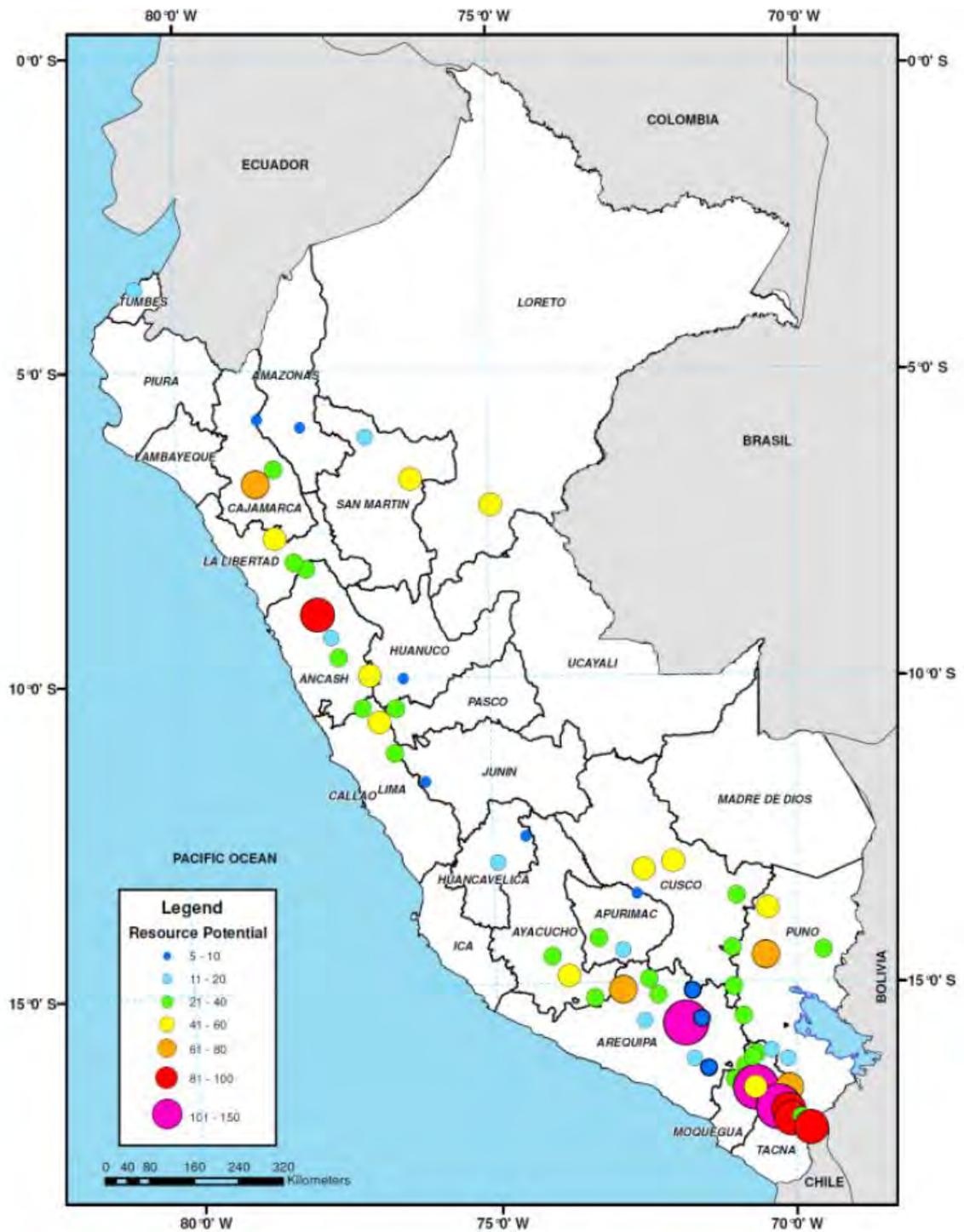
の申請条件や、要件を規定している。また、地熱開発法細則においては、地熱開発コンセッションの申請・履行・審査・通知の具体的な手続を規定している。

地熱発電所を建設し、運転するためには、地熱開発当初の地熱開発コンセッションの他に、発電事業に係るコンセッションの取得、EIA、送電線接続手続、開発エリアの調査・地熱開発可否等の確認など、MEM 以外への申請・認可取得・確認を要するはずであるが、同法・同細則には、そうした地熱開発事業者にとって必要な「総合的な手続」が、明記されたものは存在しない。

(2) 概況

① ペルーの地熱開発状況

ペルーでは JICA が実施した、ペルー国地熱発電開発マスタープラン調査以降で、地熱資源量マップの更新はない。同調査の資源量マップは、その後のペルー政府の地熱開発の進捗報告において 2016 年 5 月時点において引き続き使用されていた。図 1 にペルー全土の地熱発電資源量マップを示す。



出典：Geothermal Country Update for Peru, 2010-2014, Proceedings World Geothermal Congress 2015, pp.19-25, April 2015 (JICA ペルー国地熱発電開発マスタープラン調査の成果物から変更なし)

図 1 ペルー全土の地熱発電資源量マップ

地熱開発の探査権は、2011年より民間の地熱開発事業者へ付与され、調査が開始された。

ペルーの地熱開発は、探査 (Exploration) ステージで2つのフェーズが地熱開発法で設定されている。探査ステージのあとには開発 (Exploitation) ステージの手続が必要である。

MEMによれば、フェーズ1において地熱開発事業者が提出する必要がある文書や、フェーズ1から2への移行に必要なEIAの申請をペルー国内の地熱開発の進行に合わせて定めてきたとのことである。このため、探査権の満了日はMEMによって保留中の期間は探査権の期間に加えないなど、柔軟に運用されていた模様である。地熱開発法では探査権の付与期間は最大で5年間となっているが、いくつかのプロジェクトは、5年を超えている。

2016年5月時点では18エリアで探査が実施されていた。また、MEMによれば、QUELLAAPACHETAとACHUMANIのプロジェクトが近く探査フェーズ2に進む予定となっていた。なお、2016年10月時点において、いまだ開発 (生産井掘削・発電所建設) ステージに至ったプロジェクトは存在していない。

表 3 ペルーの地熱探査エリア (2016 年 5 月時点)

No.	探査権付与エリア	地域	探査権満了日	探査権オーナー (メジャー出資会社・国籍)
1	PINAYA I	Puno	2017 年 5 月 5 日	ECO ENERGY S. A. C. (米国)
2	PINAYA II	Puno	2017 年 5 月 5 日	ECO ENERGY S. A. C. (米国)
3	QUELLAAPACHETA	Moquegua	保留中 *1	GEOTÉRMICA QUELLAAPACHETA PERÚ S. A. C. (EDC・フィリピン)
4	GERONTA II	Puno	2017 年 5 月 5 日	ECO ENERGY S. A. C. (Eco Energy・米国)
5	UMACUSIRI I	Ayacucho	2017 年 5 月 5 日	ECO ENERGY S. A. C. (Eco Energy・米国)
6	UMACUSIRI II	Ayacucho	保留中 *2	ECO ENERGY S. A. C. (Eco Energy・米国)
7	GERONTA I	Ayacucho	2017 年 5 月 5 日	ECO ENERGY S. A. C. (Eco Energy・米国)
8	PINAYA III	Puno	2017 年 5 月 5 日	ECO ENERGY S. A. C. (Eco Energy・米国)
9	TUTUPACA NORTE	Tacna, Moquegua	2016 年 8 月 29 日 (2016 年 5 月時点 で探査権返上予 定)	MAGMA ENERGÍA GEOTÉRMICA PERÚ S. A. (Alterra Power Corp・加国)
10	ACHUMANI	Arequipa	保留中 *1	EDC ENERGÍA VERDE PERÚ S. A. (EDC・ フィリピン)
11	PINAYA IV	Puno	保留中 *2	ECO ENERGY S. A. C. (Eco Energy・米国)
12	PINAYA V	Puno	保留中 *2	ECO ENERGY S. A. C. (Eco Energy・米国)
13	PINAYA VI	Puno	保留中 *2	ECO ENERGY S. A. C. (Eco Energy・米国)
14	TAMBOCHACA	Pasco	保留中 *2	EMX GEOTHERMAL PERU S. A. C (Eurasian Minerals・加国)
15	PUMAHUIRI	Ayacucho	保留中 *2	EMX GEOTHERMAL PERU S. A. C (Eurasian Minerals・加国)
16	SENGATA	Ayacucho	保留中 *2	EMX GEOTHERMAL PERU S. A. C (Eurasian Minerals・加国)
17	COROPUNA	Arequipa	保留中 *2	EMX GEOTHERMAL PERU S. A. C (Eurasian Minerals・加国)
18	PINCHOLLO LIBRE	Arequipa	2017 年 3 月 20 日	MAGMA ENERGÍA GEOTÉRMICA PERÚ S. A. (Alterra Power Corp・加国)

*1: フェーズ II において提出が必要な書類の承認保留中のため

*2: フェーズ I において提出が必要な書類の承認保留中のため

出典: 現地調査・ヒアリングに基づき当法人作成

① 地熱開発コンセッション

地熱の探査 (Exploration) と開発 (Exploitation) の各々のステージにおいて必要な権利、期間、費用を表 4 に示す。探査コンセッションの取得者が探査終了後も引き続き開発コンセッションを取得する場合は、探査権有効期限終了後 2 年間まで開発コンセ

ション取得の優先権が与えられる。

探査コンセッション期間中の費用は探査期間ごとに増加する。MEMによれば、開発コンセッション費用は、これまでに実プロジェクトがないため、仮設定されており、今後、開発ステージに進むプロジェクトが現れた際に詳細検討する方針である。

フェーズ 1 から 2 への移行に必要な EIA の詳細がこれまで決まっていなかったこともあり、探査期間中の費用は柔軟に運用されていた模様である。

表 4 地熱開発コンセッション

ステージ	活動内容	地熱開発に必要な権利	期間	費用
概査 (Reconnaissance)	地質調査・地化学調査により、ある地域が地熱資源を有するかどうかを判断する活動	不要	なし	不要
探査 (Exploration) フェーズ 1: 1,000m 以上の探査用の井戸掘削を含まない調査 フェーズ 2: 探査用の井戸掘削	地熱資源の大きさ・位置・特徴・規模を判断するための活動で熱流量坑の掘削を含む	探査コンセッション	合計 3 年 フェーズ 1: 2 年 フェーズ 2: 1 年 (フェーズ 2 のみ一度だけ 2 年間延長が可能)	探査期間中の費用 <ul style="list-style-type: none"> • 1 年目: 0.001 UIT per hectare (= 1.146 US\$/hectare) • 2 年目: 0.002 UIT per hectare (= 2.292 US\$/hectare) • 3 年目: 0.003 UIT per hectare (= 3.438 US\$/hectare) • 4 年目: 0.004 UIT per hectare (= 4.584 US\$/hectare) • 5 年目: 0.005 UIT per hectare (= 5.730 US\$/hectare) フェーズ 1 から 2 へ移行する場合、フェーズ 2 予算の 5% を DGE へ支払 (MEM 専用口座へ振込)
開発 (Exploitation: 発電所建設を含む)	商業目的で地熱エネルギーを蒸気・熱・流体の形で取り出す活動	開発コンセッション 探査コンセッションが取得する場合は、探査権有効期限終了後 2 年間まで開発コンセッション取得の優先権が付与される。その後、発電事業が行われる場合、地熱資源の開発コンセッションは発電事業のコンセッションの年数分自動的に延長が可能	30 年 (10 年ごとに更新可能。満了日の 6 ヶ月前に)	MEM により (毎年 11 月 30 日までに) 開発権保有者に課される金額を、年間売上の 1% を超えない範囲で決定する方向。発電所運転開始後は発電事業者は販売電力売上の 1% を超えない範囲で費用を支払う方向で検討予定。

出典：ペルー国地熱発電開発マスタープラン調査 2012 年 JICA と現地調査、Assessment of the Regulatory, Institutional and Economic Framework for Geothermal Development (Peru) 2014 に基づき当法人作成

(3) 再生可能エネルギー資源発電オークション

2008年5月に制定された再生可能エネルギー発電推進法(No. 1002)に基づいて、概ね2年ごとにRER発電オークションが開催されている。オークションの概要、概略の仕様は表5のとおりである。

表5 RER発電オークション概要と仕様

オークションの各種事項	仕様
実施頻度	MEMが2年ごとに必要発電電力量を設定して実施する
RER発電要求量の決定	MEMが政策的に判断する
RER発電種別ごとの要求量の配分	MEMが政策的に判断する
運営組織	OSINERGMINがオークションを実施する
入札書類	OSINAERGMINのHPで無料入手可能、紙で入手したい場合は5,000US\$で購入する
電力販売契約(PPA)期間	最大20年間
オークション参加者が入札で提示する情報	希望ベース価格[US\$/MWh]、年間発電電力量[MWh]、発電容量[MW]
技術要件	機器仕様、1年以上のプレ実現可能性調査による再生可能エネルギー資源量調査結果を提出
オークション参加・履行保証金(deposit)	50,000 [US\$] (履行保証金は、オークション参加者が落札したにもかかわらず契約しない場合に没収される)
プロジェクト運転開始遅延時の措置	PPA締結時に取り決める商業運転開始予定日から6ヶ月遅延ごとに履行保証金を20%増額し、履行保証金から増額分を没収する

出典：Peruvian Electricity Market and the renewable energy promotion, Osinergmin, PERU RENEWABLES READINESS ASSESSMENT 2014, IRENA

これまでのRER発電オークションには地熱発電が含まれていないことから、地熱発電のベース価格上限が公表されたことはない。MEMとOSINERGMINへのヒアリングでは、2018年頃に実施予定のRER発電オークションにおいて、ペルー国内の地熱発電の開発進捗を見つつオークションに地熱発電を含めるかどうかを判断するとのことである。

地熱発電のベース価格上限について、MEMは諸外国の地熱発電のFIT価格や、国内の発電所建設費用等の試算結果から幅を持たせた試算を行っている。その価格設定の妥当性について、MEMは国際会議等で試算値を提示することで、試算値が地熱開発を促進する価格なのか、それとも国際的な技術・価格動向からみて高い価格なのか、諸外国の政府関係

者や専門家からの反応を得ることを試みている²。MEM は、ペルー国内で探査を継続する地熱開発事業者を確保し、また今後、開発ステージに入る地熱開発事業者をより多く確保したいと考えている。このため地熱発電の開発を継続し、事業性を確保するためのベース価格上限を地熱開発事業者が MEM へ提示していくことは、重要であり、MEM が考慮する可能であると考えられる。

RER 発電オークションの売電契約の期間について、Osinargmin へのヒアリングでは、バイオマス、小水力、風力、太陽光発電は、最大 20 年間としていたが、これを地熱発電で 30 年間としてオークションを開催することは Osinargmin より可能であるとの情報を得た。

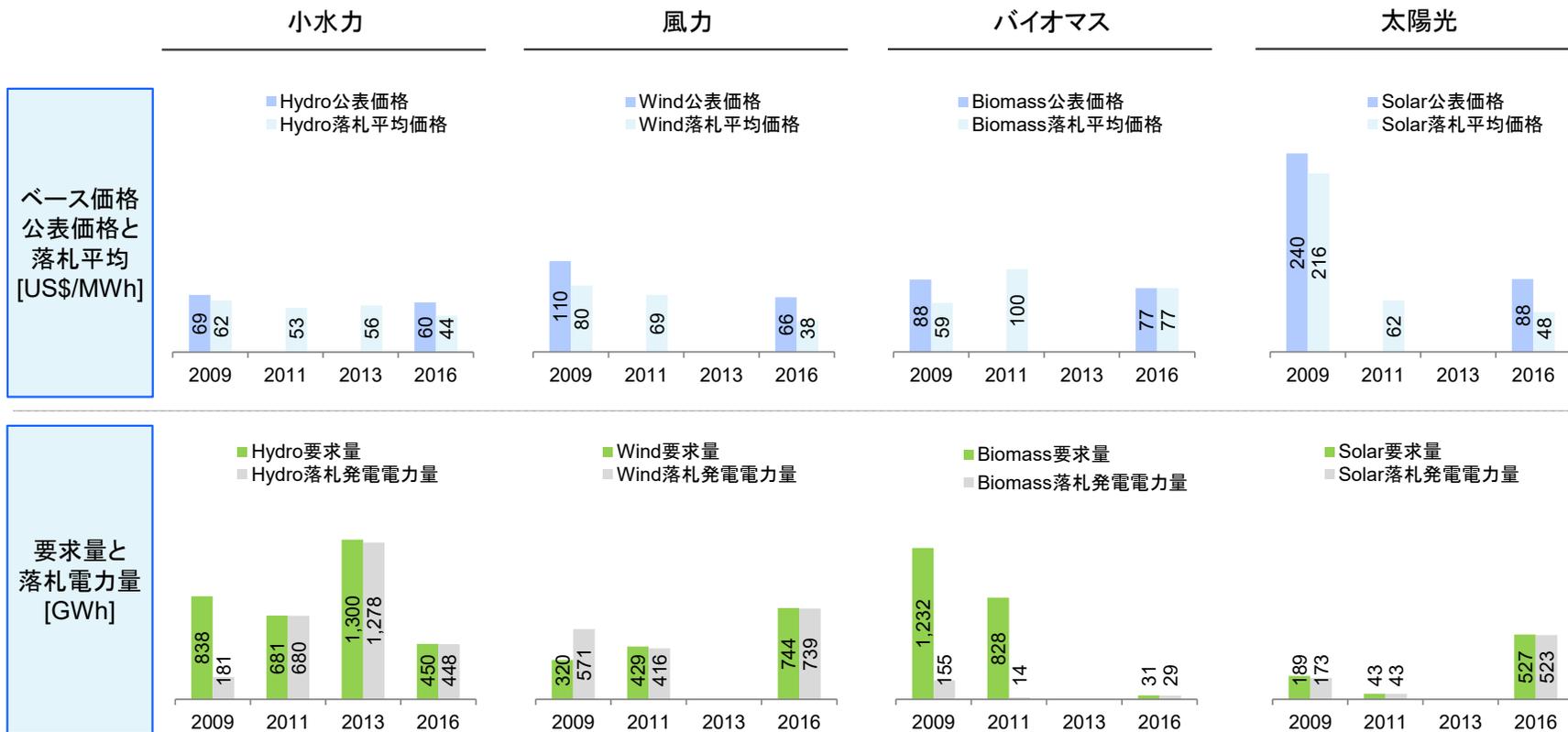
① RER 発電オークションの結果

これまで 4 回実施されたオークションでは、当初、太陽光発電は初回のベース価格³の公表値が非常に高かったが、直近では他の発電種別と同水準となっている。また当初は小水力とバイオマスの要求量が大きく設定する傾向にあったが、近年は風力と太陽光の要求量を増加させるに至っている。

これまでの RER 発電オークションの結果を図 2 に示す。

² 例えば、2015 年 6 月にナイロビで開催された IRENA の Global Geothermal Alliance Stakeholders Meeting では MEM が地熱発電のベース価格上限の試算値案が 8~9 Cent US\$/kWh との幅を持たせた報告がされた。

³ ベース価格とは、RER 発電事業者が提示する売電の下限価格。オークションの落札事業者はこのベース価格を下限としたスポット市場への売電が可能。



出典：OSINERGMIN HP (<http://www2.osinerg.gov.pe/EnergiasRenovables/EnergiasRenovables.html>) より当法人作成

図 2 RER 発電オークションの結果

(4) 民間投資インセンティブ制度

ペルーの電力セクターにおける民間投資インセンティブを整理した図を図 3 に示す。RER 発電は、ペルーのエネルギーセキュリティの向上に寄与する電源であるため、エネルギーセキュリティの向上について定めた法律 (No. 29970) により、投資インセンティブが付与される。具体的には、発電所の建設費用における減価償却において、投資額 20% までの建設またはリースされる発電所の設置・稼動に必要な資機材、土木工事に対して適用が可能な加速減価償却がある。また、発電事業開始前までに調達した 2 年間分の資機材に係る付加価値税の払戻が可能である。付加価値税の払戻は所管省庁の投資許可と 5MUS\$ 以上の投資が対象となるが、購入するもの全てを対象とできる。加えて、必要に応じてプロジェクト個別に入札仕様でその他のインセンティブが設定されることもある。

発電事業者にとって RER 発電で最も強い投資インセンティブとなるのは、RER 発電オークションである。発電事業者はオークションでベース価格を落札することによって事業開始前に 20 年間の売電契約を MEM と締結でき、COES-SINAC より優先発電指令を受けられることができる。これにより、発電指令を受け、発電電力量全量を発電市場に売却することができる。

			事業実施前		事業実施中		操業・運転中	
発電	Non-RER	コジェネ以外	政府与信枠提供、特別減税等	500kW未満の火力発電は許可取得が不要				
		コジェネ				500kW未満はEIAが不要	COESの優先給電指令	スポット市場で余剰分の限界費用販売保証
	RER	地熱	INGEMMETが主要地域の地表調査と結果公表	MEMがRERポテンシャルマップを公開	オークション落札者は送電線アクセスの優先権を保証	投資額の20%までの加速減価償却	発電事業開始前における付加価値税の払戻(VAT refund)が可能	最大20年間の電力販売契約期間の供給分は入札でのベース価格が保証される
		地熱以外						
送電								
配電						ピーク電力30MW未満はEIAが不要		

□ : Law No. 29970 発電所建設コンセッションのインセンティブ

□ : 通常の民間投資インセンティブ

出典：現地調査に基づき当社作成

図 3 電力セクターの民間投資インセンティブ制度

4. 主要諸外国の地熱発電普及促進制度の確認・分析

(1) 諸外国の地熱開発初期のコスト・リスクシェアスキーム

地熱発電の普及国においては、地熱発電の初期段階において、政府等関係機関が民間企業等の地熱開発のコスト・リスクをシェアし、地熱開発の普及促進に貢献している。表 6 は、自国での地熱開発推進を目的に開発初期のコストとリスクを低減するスキームを整理したものである。

地熱発電は運転開始後に蒸気条件の変化や蒸気量の減少が発生する。フランスでは地熱発電所の運転開始後の地熱蒸気枯渇リスクの補償を提供しており、特徴的なリスクシェアスキームが提供されている。

表 6 リスク・コストシェアスキーム（自国向け）

国・実施機関	スキーム概要	開発初期段階のスキームの特徴
日本 JOGMEC（独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱 物資源機構）による地 熱開発初期の助成、出 資、債務保証	地熱資源の「掘ってみな いと分からない」という リスク負担を財務面から 低減し、開発を促進する ために、JOGMECにおい て、「助成」、「出資」およ び「債務保証」の3つの スキームを用意	助成： 地熱資源の存在が有望な地域で行う地表調 査及び坑井掘削調査等の初期調査に対して助成金 を交付（2013年度は20件の事業を採択） 出資： 地熱開発を行うプロジェクト会社に、探査 に必要な資金を最大50%まで出資 債務保証： 地熱開発を行うプロジェクト会社が、 発電所の建設に必要な資金の融資を民間金融機関 から受ける場合、融資金額の80%を上限に債務を保 証。これまで金融機関が地熱プロジェクトの評価 基準を持たないために、融資が受けられなかった 案件に対しても、資金を呼び込むことができるよ うになり、地熱発電所の建設を促進できる
フランス 環境エネルギー節約庁 (ADEME)	熱量小～中の地熱エネル ギープロジェクトにかか る地質学的なリスクにか かる補償を提供	<ul style="list-style-type: none"> ・地熱生産井の結果を補償（短期的部分リスク補償） ・15年間のプラント運営間の資源の枯渇にかかる補償（長期的部分リスク補償）を提供
スイス Swiss Federal Office of Energy / Swiss Grid Company	熱量小～中の地熱エネル ギープロジェクトにかか る調査井の掘削及び調査 費の約50%を補償	<ul style="list-style-type: none"> ・熱量小～中の地熱エネルギープロジェクトにか かる調査井掘削及び調査費の50%を負担 ・地熱プラントは、ウェルヘッドで測定される年 間のエネルギーの効率性の最低要件がある
オランダ Ministry of Economic affairs	Geothermal Guarantee Scheme による補償基金及 び探査の補助金	<ul style="list-style-type: none"> ・最大7.2Mユーロの補償金 ・プロジェクトの85%のコストを補償（リファン ド） ・プレミアムは7%

		・ギャランティーファンドと合わせて民間の保険を併用可能
--	--	-----------------------------

出典：Source:JOGMEC HP、Overview on existing risk mitigation mechanism/financing instruments for geothermal Development, 2014 より当法人作成

(2) マルチドナー枠組の地熱開発初期のコスト・リスクシェアスキーム

マルチドナー枠組で導入されている地熱開発初期のコスト・リスクシェアスキームはアフリカでの実績に基づき、中南米等へ応用展開されてきた。表 7 にマルチドナーによる開発初期段階の地熱発電リスク・コストシェアスキームを示す。

これらの地熱開発初期のコスト・リスクシェアスキームのうち、ペルーはドイツ金融復興公庫 (KfW) により提供される地熱開発ファシリティ (GDF) が試掘のリスク低減スキームとして活用可能である。また、中米国を中心に地熱開発の促進スキームとして実績をあげている米州開発銀行 (IDB) のCTF活用スキームは、2016年5月時点でペルーが CTF国となっていないものの、将来的な活用可能性が高いことを IDB 等へのヒアリングで把握したため、詳細確認を行った。

表 7 リスク・コストシェアスキーム (マルチドナー・ファシリティ)

ファシリティ名	概要	対象	開発初期段階のスキームの特徴
GDF (Geothermal Development Facility)	COP20 において、KfW が南米 10 カ国を対象に 地熱開発ファシリティの供与を発表。CAF (the Development Bank of Latin America) とともにファシリティを導入。 ①地熱開発リスク軽減のための無償資金 75 百万米ドル ②プロジェクト開発資金として 10 億米ドルにより、約 350MW の地熱発電所建設を目的とする。	コスタリカ、エルサルバドル、グアテマラ、ホンデュラス、ニカラグア、ボリビア、チリ、エクアドル、コロンビア、ペルー	・中南米国が対象 ・2016 年中旬に開始 また、能力強化や技術移転も実施。アフリカで実施している GRMF を参考にしたもので、試掘の資金を貸付し、試掘が成功しなければ返済が軽減され、開発が進捗すれば応分負担するスキーム
Geothermal Finance and Risk mitigation Mechanism	米州開発銀行 (IDB) が実施している GEOTHERMAL FINANCING AND RISK TRANSFER PROGRAM は、民間の金融機関とのリスク共有を目的として、300MW の発電能力を上限として 10 年	ラテンアメリカ及びカリブ諸島 (メキシコ、チリで既に利用)	・民間金融機関のリスク共有 (担保) を目的 ・探査が成功した場合、融資の元本及び利子及び成功報酬を金融機関に開発事業

(IDB, Climate Technology Fund (CTF))	間資金供与。 (CTF の参加国は 16 カ国 1 地域で 2016 年 5 月時点でペルーは非対象国)		者が支払い、探査が成功しなかった場合は、保険会社及び金融機関がディベロッパーの代わりに金額を負担 ・メキシコのケースの場合、メキシコ政府、メキシコ産業金融公社 (NAFIN) と IDB 間で覚書を締結
African Rift Geothermal Development Facility (ARGeo)	アフリカリフトバレー地熱エネルギー開発ファシリティ (ARGeo) は、国民によりアフリカリフトバレーの地熱資源の有効利用及び地熱エネルギーへの投資促進を元的として、国連環境計画 (UNEP) により設立され、地球環境ファシリティ (GEF) の資金提供 (CO-finance) を受けた	エリトリア、エチオピア、ケニア、タンザニア、ウガンダ	当初、リスク削減ファシリティ (RMF : 探査・掘削段階のリスク削減) をメインスキームとして開始されたが、世界銀行がファシリティから抜けた後は、テクニカルアシスタント、ワークショップの開催が活動の中心
Geothermal Risk Mitigation Facility (GRMF)	KfW (German Ministry of Economic Cooperation が指示) が東アフリカ諸国の AUC によって運営する GRMF を 2013 年に設立。この基金は調査支援や失敗坑井 (噴出ししない井戸) の掘削リスクをカバーし、支援額は失敗の度合いに基づいている。 KfW, JICA, IDB, giz, WB 等多数の有力国際開発機関により地熱開発のリスク軽減を目的に無償資金を提供。地表調査としてスリムホール掘削までの探索調査をグラントとして提供	エチオピア、ケニア、ルワンダ、タンザニア、ウガンダ 2nd ラウンドから対象予定 : ブルンジ、コモロ諸島、ジブチ、コンゴ民主共和国、エリトリア、ザンビア	・地表探査段階 : 地表探査コストの 80% を負担、インフラコストの 20% を負担 ・掘削段階 : 調査井の掘削コストの 40% を負担、インフラコストの 20% を負担等 調査支援に加えて、失敗坑井 (噴出ししない井戸) の掘削リスクを保証している点の特徴

出典 : Overview on existing risk mitigation mechanism/financing instruments for geothermal Development, 2014、各ファシリティ HP より当法人作成

開発事業者による地熱発電事業への参画が進まない要因として、地熱流体の規模や性質に関する不確実性の高さが挙げられる。

地上調査実施後、実際に掘削を開始するまでは最終的な判断ができないため⁴、もし調査井を掘削後に地熱流体の規模や性質が地熱発電事業に適していないことが認識さ

⁴ 地上調査及び調査井掘削にかかる年数は約 8 年程度である。

れた場合、それまでに発生した費用(事業全体の 35~40%程度)を事業者が負担しなければならぬリスクが生じる。また、地熱事業の場合、調査を開始してから発電所の運転を開始するまでに 7~13 年程度の期間を要するため、事業者が投資を回収できるのは、それ以降となり、投資家にとって、見通しが明確でない地熱事業への初期段階での投資リスクは高いと考えられる⁵。

以前は試掘の半分が成功した場合、事業者は地熱発電プロジェクトにかかる費用の全額をまかなう融資を銀行より受けることが可能であったが、今日では、商業銀行は事業者自身に掘削費用を全額負担するよう、また銀行側がプロジェクトへの融資を完了する前に事業者にプロジェクトへの追加投資を行うことを求める場合がある⁶。

地場の商業銀行の融資条件が厳しくなる中、地熱発電事業を普及させる上で、プロジェクトの初期段階において事業者の費用負担リスクを軽減する補完的なファイナンスの仕組みを構築することが重要である。そのため、現在、政府や国際金融機関が初期段階のリスク軽減に焦点を合せてたファイナンススキームの提供を開始している。

ペルーにおいて、次の 2つの国際金融機関、①ドイツ金融公庫、②米州開発銀行が有するスキームの利用可能性が考えられる。

(3) 開発初期段階における地熱発電投資促進のための関連スキーム

地熱発電の開発初期においては、政府が開発を主導することが重要である。政府の関与は、先に示したマルチドナー枠組の地熱開発初期のコスト・リスクシェアスキームの活用にも関連して重要である。

表 8 に地熱発電投資促進のための関連スキームを示す。

⁵ Policy success factors for geothermal electricity development in the APEC region, ASIA Pacific Energy Research Centre, 2015

⁶ 同上

表 8 開発初期段階における地熱発電投資促進のための関連スキーム

スキーム名	概要	初期段階の 開発促進効果	活用事例
PPP の活用	各国が政府債務を増やさない形でインフラ資金を調達したい、また、公共部門より民間部門が実施する方がインフラ設備の効率的運営ができると考えている場合に適用される。プラントの建設だけでなく、操業まで投資企業が請負、その間の収益で投下資本を回収し、その後当該プラントを相手国へ引渡す方式が一般的	ODA、MDB ローン等の低利融資の活用による開発初期コスト負担を軽減できる	ケニアにおいて国営電力公社 KenGen により生産井と蒸気供給を行い、民間企業が発電所建設・運営を行う PPP スキームを活用し、地熱開発が大幅に推進 チリにおいてチリ石油公社 (ENAP) と EGP による SPC を設立し、試掘のリスクを政府とシェアすることで発電所建設ステージまでプロジェクトが進捗。この CerroPabellón プロジェクトは南米初の地熱発電所となる模様
政府・公社による開発	政府省庁や公社の主導により地熱開発を実施することで、プロジェクト初期に大きな資金が必要な探査ステージへの円借款等 ODA ローンの利用が可能となる	同上	国営機関と民間企業の PPP 方式による地熱開発の例としては、フィリピンの PNOC-EDC の例がある。フィリピンの PNOC-EDC は 1990 年代後半、蒸気開発を自身がを行い、発電を民間事業者に行わせる方式を採用した。この場合、民間事業者には蒸気開発リスクはほとんどなくなるため、多くの企業が発電事業に参加し、フィリピンの地熱開発は大きく前進した インドネシアでは 1981 年に大統領令交付により同国石油・天然ガス開発の政府機関 Pertamina が国内外の民間企業とともに共同開発契約を締結し、政府主導で地熱開発参加を推進した
政府による 試掘調査	政府等により地熱資源の詳細な調査・分析が行われ、開発有望エリアが特定されていることにより、有望エリアでの開発検討が民間企業により行われ、地熱開発が促進する	開発初期段階の最も大きなリスクが伴う資源量調査のコスト負担が軽減される	ケニアは国が主体の地熱開発体制を構築。KenGen は開発初期に蒸気開発を政府の責任で実施し、プロジェクトの有望性が確認された段階以降は KenGen の責任で蒸気開発を行った。その後、Geothermal Development Company (GDC) を国策会社として設立し、国の責任で蒸気開発を主体的実施 日本では調査井掘削に最大 50% の費用

			補助を NEDO で実施 アイスランドでは調査井掘削に補助金を支給
政府による地熱資源調査・DB 整備	政府等により地熱資源の詳細な調査・分析結果を民間企業が閲覧・参照できるように DB 整備がなされていることにより、有望エリアでの詳細な開発検討が民間企業により行われ、地熱開発が推進する	開発初期段階の資源量調査のコスト負担が軽減される	ニュージーランド (Waikato 広域自治体では地熱システムの DB を作成)、アイスランド (政府機関が DB を管理・公開)、米国 (連邦政府及び各州政府が各種の DB やマップを作成、公開)、インドネシア (国全体の地熱開発関連情報、個別の開発有望地域に関する情報の DB を管理)、日本 (資源のポテンシャルに関する基礎情報のみ DB が存在) 等がある

出典：アフリカ地熱開発に係る現状確認調査，2010，JICA、平成 25 年度地熱開発技術の最新情報の収集・整備委託業務，環境省、平成 25 年度 地熱発電開発促進に向けた 諸外国の普及促進制度等調査業務，JOGMEC を基に当法人作成

(4) 第三国調査（チリ）の民間投資による地熱開発推進

第三国調査ではチリの民間投資による地熱開発推進の動向、各種制度の現状確認を行った。

① 第三国調査先の選択理由

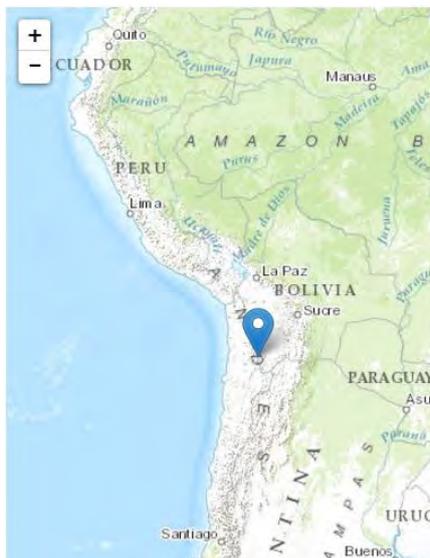
第三国調査先として、本件業務ではチリ共和国（以下、チリ）を選択した。選択理由は次のとおりである。

- ・ 南米初の地熱発電所となる可能性があるチリ北部の Antofagasta エリアの Cerro Pabellón プロジェクトが発電所建設ステージに入り、同ステージに至るまでの促進政策や活用したスキームの調査がペルーの地熱開発促進に応用・貢献できると考えられる
- ・ チリとペルーでは地熱発電所の開発における地理・気候条件、地熱開発ポテンシャルの大きさ、政府の再生可能エネルギー促進政策が特定の発電技術を優先せず市場メカニズムを活用するなどの類似点が多い
- ・ 将来的にペルーとチリは国際電力融通を行うべく、両国間の系統連系を計画しており、チリの電力市場の把握はペルーにおける地熱発電による電力供給をペルー国内のみならずチリまで拡大できる可能性がある

② 事前情報収集

第三国調査では事前にチリの地熱開発状況について日本国内で情報収集を進めた。

EGP Chile と ENAP が建設を進めている Cerro Pabellón プロジェクトのエリアを図 4 に示す。

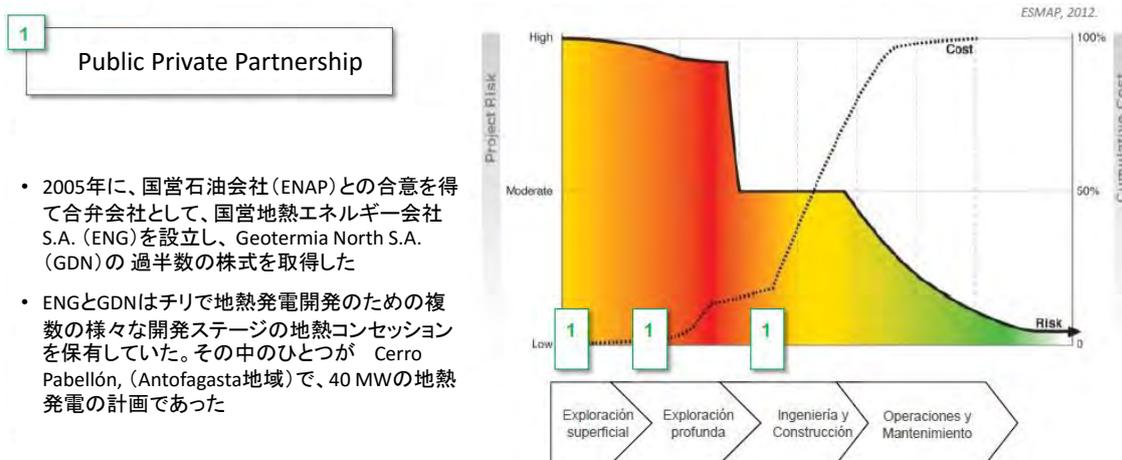


出典 : Business Insight Latin America

図 4 チリの Cerro Pabellón プロジェクトエリア

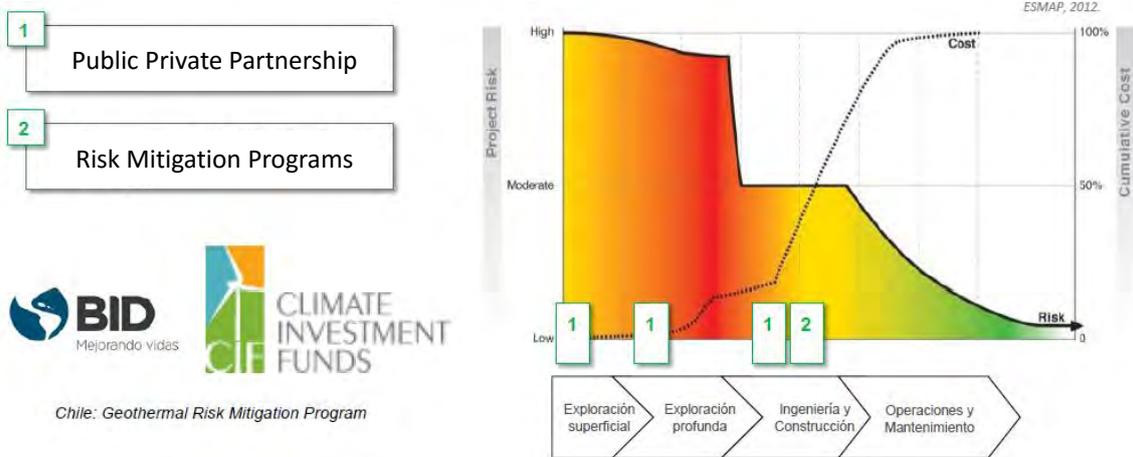
EGP は Cerro Pabellón プロジェクトの成功要因を総括している。大きく 3 つの要因を示しており、PPP を利用したリスクシェア (図 5)、PPP に基づくリスク低減プログラムの利用 (図 6)、各種インセンティブの活用 (図 7) をあげている。

リスク低減プログラムでは IDB グループの IIC より CTF の Drilling Program が提供された。



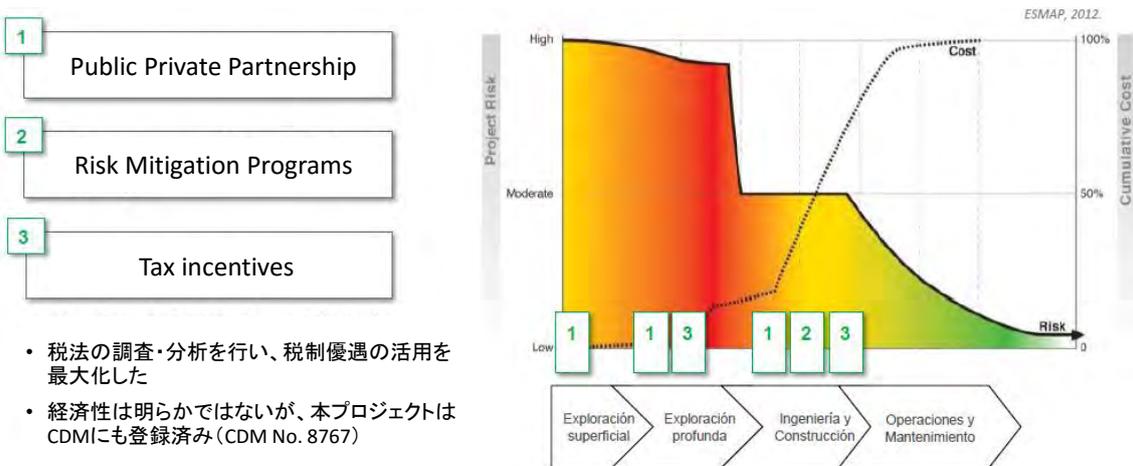
出典 : Desafíos para el desarrollo de la Geotermia, 2015, Ener1 Green Power に基づき当法人作成

図 5 Cerro Pabellón の PPP を利用したリスクシェア



出典：Desafíos para el desarrollo de la Geotermia, 2015, Ener1 Green Power に基づき当法人作成

図 6 Cerro Pabellón のリスク低減プログラム利用



出典：Desafíos para el desarrollo de la Geotermia, 2015, Ener1 Green Power に基づき当法人作成

図 7 Cerro Pabellón のインセンティブ活用

③ 第三国調査結果

EGP の Cerro Pabellón プロジェクトに関する事実関係を確認すべく EGP の地熱部門リーダーとチリ・エネルギー省 (ME) の発電プロジェクトアドバイザーへのヒアリングを行った。

(ア) 開発の背景

地熱発電の第1号案件として、チリ政府のサポートが必要であり、ENAPが参画した。Cerro Pabellónは当初、EPG 51%、ENAP 49%のシェアでプロジェクト会社 ENG S.A. を設立し、探査ステージでの地熱開発を行った。続く生産井掘削・発電所建設ステージではENAPは追加出資をせず、EGPのみが追加出資したため、ENAPは25%のシェアとなり、発電所建設ステージが進捗した現在、ENAPは15%のシェアを保有している。

ENAPの地熱開発への参画は、チリ政府が国産の多様な再エネ発電の推進を意図していたこと、ENAPが地熱開発の経験を保有しておらずリスクの高い探査ステージでの開発ノウハウの入手を目的としていたこと、開発初期の地熱発電のプロモーションと地元調整にENAPの効果的な役割を果たすことができたことが理由である。MEによれば、Cerro PabellónプロジェクトへENAPが参画したことで、開発サイト周辺のコミュニティへの地熱発電の説明がスムーズに行われ、交渉が優位に働いた。ENAPの株主はMEであり、地方政府もMEが後ろ盾することにより大きな安心感があった。チリにとって地熱発電は初めての技術であり、地熱開発をすることによる影響をENAPが説明することに大きな効果があったという。

(イ) チリの地熱開発の諸条件

チリはFITなど、地熱発電を推進する特定の優遇制度は一切ない。一方、ペルーは再エネ発電別のオークションがある。このため民間の地熱開発事業者からは、チリよりもペルーのほうが制度的には開発が優位であるとの意見を得た。チリの地熱開発サイトはアンデス山脈に沿って存在するため、高地で、機器・資材の輸送に大きなコストが発生するとのことである。このため、事業性を高めるためには売電価格を高めに設定する必要があるが、Cerro Pabellónは過去の売電価格が高い時期のPPAを持っていたため事業が成立している。

Cerro Pabellón地熱発電所は発電容量が48MWで開発費用は総額320m\$である。この開発費用は、将来の増設計画を含めて設備投資した総額である。すなわち、将来的な発電所の増強計画を踏まえたロジスティックの整備や、約100kmの送電線建設、発電エリアの整備などの費用が含まれている。これにより、続く地熱発電所の増設は競争的な売電価格を実現できるとのことであった。

(ウ) ファイナンス面での優位性

Cerro PabellónプロジェクトにENAPが参画したことで、ファイナンス面で優位性が得られた。開発当初にENAPが49%の出資をすることにより、開発銀行等の低利ローンを活用しやすくなった。

(エ) 今後のチリの地熱開発におけるENAPの参画

Cerro PabellónプロジェクトにおいてENAPの参画が成功要因のひとつとなったことで、今後も同様の方法により横展開していく可能性がある。いずれにせよ、プロジェクトが成功か失敗かは今後2年程度をみて判断する予定である。

(オ) その他のチリの再生可能エネルギー促進政策

チリは再生可能エネルギーの推進に RPS と炭素税を導入している。

2008年に成立し、2013年に改正された RPS 法は 200MW 以上の発電設備を持つ発電事業者は、2015年に自らの総発電量に対して 7%の NCRE⁷による発電量[kWh]の確保が割り当てられる制度である。発電事業者は割当量を超過する義務があり、自ら NCRE による発電を行うか、他の NCRE 発電事業者から発電量を購入しなければならない。割当量は毎年増加し、2025年に 20%となる。

チリの RPS 法による再生可能エネルギー導入の実態であるが、太陽光と風力の推進ドライバーになっているものの、地熱の推進ドライバーにはなっていないのが実情である。MEによれば、RPS 法の下でチリの発電事業者は太陽光と風力発電の導入を進めており、ほとんどの事業者が RPS 法で定める割当量を超過している状況にあるという。チリの北部は日照時間が長く、太陽光発電の発電効率は世界最高水準値が得られる。このため、高い事業採算性が得られることから多くの太陽光発電プロジェクトが進展している。また、風力発電の発電ポテンシャルも大きく、風力発電の導入が急進的に増加する予定である。

2014年9月に導入が決定した炭素税は、2018年から電力セクターを対象に CO₂ や SO₂ の排出に対して課税を行う。主に火力発電が対象であり、CO₂ に対する課税額は排出量 1[t-CO₂]あたり 5US\$である。

チリでは地熱発電の売電価格設定について優遇する制度は一切ない。その代わりにエネルギー省には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。

地熱発電の事業性に大きな影響を与える売電価格は、チリの場合、市場のメカニズムによってのみ決定される。このため、他の再生可能エネルギーのみならず、他の火力等の電源との売電価格の優位性を出す必要がある。ペルーの場合、RER オークションにより地熱発電のみを対象とした売電価格（ベース価格）が設定される可能性が高いが、チリはそのような地熱発電を対象とした売電価格を設定することはない。なお、チリはペルーと比べて電力料金が高い。発電市場のスポット価格は 2014 年年間平均で 9.1[Cent/kWh]（ペルーは 2.46[Cent/kWh]）、2014 年最終需要者平均で 8.3[Cent/kWh]（ペルーは 7.85[Cent/kWh]）⁸である。

第三国調査での発見事項は、発電プロジェクトの推進を市場メカニズムを徹底して活用するチリにおいても、地熱発電の開発初期のリスクをシェアし、譲許的ファイナンスを活用するために、ENAP と民間の地熱開発事業者 EGP が合弁企業を設立し、地熱開発を推進した事実である。ENAP は地熱開発ノウハウを獲得し、地熱開発に係る地域住民への説明・説得に大きな役割を果たした。

⁷ Non-Conventional Renewable Energy : チリにおける非在来型の再生可能エネルギーで、地熱、太陽光、風力、バイオマス、小水力 (20MW以下) のこと。

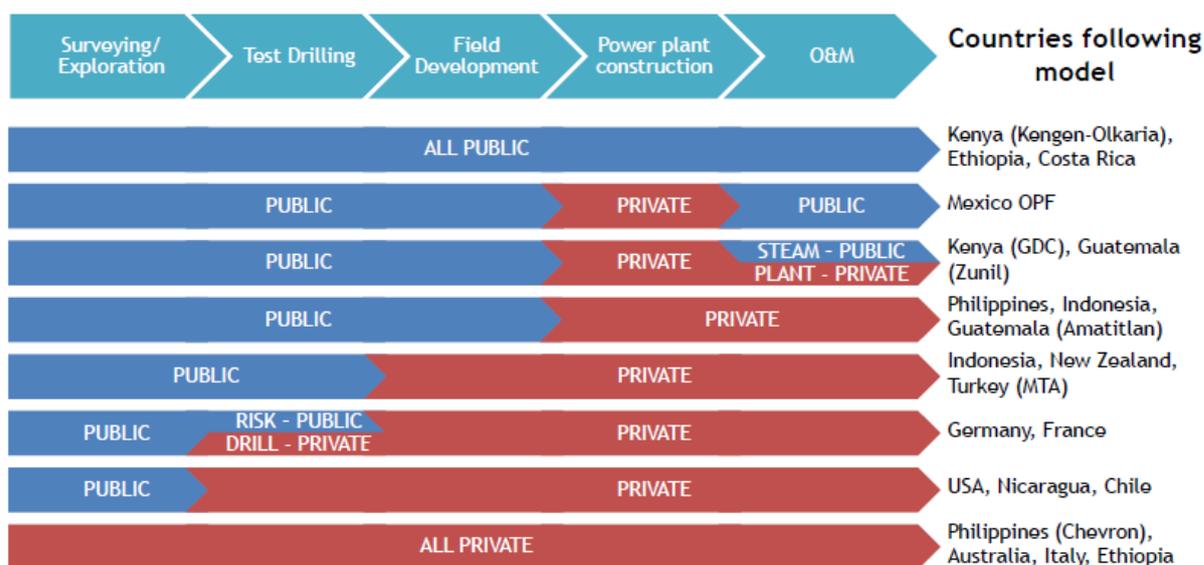
⁸ Anuario Encutivo De electricidad 2014, Ministerio de Energia y Minas

(5) 地熱開発初期の政府の関与による地熱開発推進

(4) では、FIT や補助金制度など、地熱発電を推進する特定の優遇制度が一切なく、売電契約も他の再生可能エネルギーと同じ市場で競争する必要のあるチリにおいてできえ、地熱開発初期には政府による関与をもって開発を推進した事実をみた。

現在、地熱開発が進展している多くの国では、地熱開発の初期に政府主導での開発を推進し、技術・実績を蓄積してきた。そして、その後は、政府が地熱開発を支援する役割に変わること、民間が主体となり、民間投資での開発が推進している。地熱開発当初は政府主導で開発し、その後民間主導に開発の主体が移行していくことがしばしば指摘されてきた。

図 8 に地熱資源保有国の開発形態の分類を示す。地熱開発が進展している国、例えばフィリピン、オーストラリア、イタリア、エチオピア、米国などでは開発実績が蓄積されており、民間による開発が推進している。一方、地熱開発を振興しつつある国、例えばケニアやメキシコでは政府が主導して地熱開発を行っている。



出典：PRIVATE FINANCING OF GEOTHERMAL DEVELOPMENT (GGA Stakeholders Meeting) 2015 IFC

図 8 地熱開発の政府主導から民間主導への開発形態の移行

尚、試掘も未だ行っていない地熱開発初期の段階から全て民間投資だけで地熱開発が普及した国はない。ペルーにおいても、現在の地熱開発の停滞を打破するのは、政府の関与により開発初期のリスク・コストをシェアし、民間投資により地熱開発を推進することが一方法として重要であると考えられる。

5. 地熱資源評価等の能力強化に向けた現状確認・分析

(1) INGEMMET の能力獲得状況

INGEMMET の能力獲得状況の確認ヒアリングでは、地熱開発における地表調査、資源量評価、試験の作業ステップを地熱エネルギーの専門文献⁹から必要な作業内容を特定し、地熱開発初期の調査において必要な能力をリストアップした。必要な能力は大きく概査と精査に分かれた。

INGEMMET の現状の能力獲得状況 (as is) に対して、あるべき姿として、地熱発電の開発推進の基本能力 (to be) を調査団で定義した。地表調査は事業化を強く意識した調査が専門機関によって実施されることが必要であると考え、調査の事前に定義を行った。キャパシティビルディングで実施すべき内容の検討は、現状の能力獲得状況とあるべき姿とのギャップに基づいて提案するものとした。

ヒアリングの結果、INGEMMET は自らの業務である地表調査については、調査の計画と実行をすすめていると回答した。一方で、調査目的が資源量の基礎的・科学的な把握を目的としており、開発事業者にとっての目的となる地熱発電の事業化を強く意識したものではないことを把握した。

(2) INGEMMET の能力強化の必要性

INGEMMET は地熱開発初期の地表調査能力を自ら計画的に実施し、また人員、分析に必要な機器・設備についても充実しつつある状況にある。しかしながら、ペルーにおいて地熱発電を推進し、産業として振興していくためには、能力開発として次のようなさらなる能力強化を要する。

・地熱開発の事業性を重視した地表調査能力の強化

INGEMMET は地表調査経験を蓄積しつつある。しかし、調査結果が民間地熱開発事業者に積極的に活用されるためには、地表調査のエリアの選別や優先順位付けを事業性の高いものから順番に実施できることが必要である。地熱発電所の建設は初期コストが比較的大きい。このため、地表調査の実施エリアは発電所の建設コストがより低いエリアを優先して調査するなど、事業性を意識した調査を推進すべきである。発電所建設コストに影響を与える要因は、発電所の建設スペースのみならず、発電所建設機材の輸送・搬入、建設工事用のキャンプの必要性の有無、作業員の確保可能性、電力グリッドとの距離など、多数の要素がある。このため、ペルーの経済社会状況、自然環境を考慮して地表調査エリアを選別できることが地熱開発を推進することに寄与すると考えられる。

⁹ 本邦企業によるキャパシティビルディングが将来的に実施されるものと想定し、文献は、地熱エネルギーハンドブック 日本地熱学会 2014 年を参照した。

そうした事業性を意識した調査が実施できるようになるためには、単に地質に関する科学的な探求のみならず、地熱開発を事業として探求し、事業全体を俯瞰できる能力の獲得が必要である。

- ・地熱発電産業の振興のための先導的役割を担う人材の強化

地熱開発では開発ステージごとに多くの作業従事者を必要とする。また、地熱発電のO&Mでは永続的に従事者が必要であり、雇用創出効果が大きい。現在の探査ステージには民間の地熱開発事業者が探査権を得て、調査を進めているところではあるが、地熱開発事業者は全て外資企業でペルー内資企業は存在しない。

ペルーにおける地熱開発の産業化にあたり、地表調査から地熱資源探査に関する知見、専門性からみて、ペルーで地熱開発を実務的に推進できる組織はINGEMMET以外に見当たらない。

地表調査は先に述べた事業性を考慮した実施とも関連して、地熱開発の最初の入口となる重要な調査である。地熱資源量の分布や有望地点の選出において、事業性と地域等の産業振興を意図した地熱開発となるようINGEMMETが指導的役割を発揮し、地熱開発を主導することが必要である。これにより、開発地域の作業振興や雇用の創出に貢献できる。

現状のINGEMMETの人員数から、ペルー初号機の地熱開発には、INGEMMETの地熱関連の人員数で、技術的な支援・対応ができるかもしれないが、その後の開発が複数並行して進展した場合には人員不足に陥る可能性が大いにある。指導的役割を担う人材にはペルーにおける地表調査の技術継承や効率的な要員配置、スケジュール管理など、プロジェクトマネジメントに係る知見を保有することも必要になると考えられる。

以上の現状の能力把握と強化の方向性から、キャパシティビルディングとして実施が必要であると考えられる研修は、次のようなものである。INGEMMETは研究機関であるが、「開発、運用・保守・リハビリ」を「実施」するのではなく、地熱開発全体を俯瞰できる、プロジェクトマネジメントのキャパビルが必要である。現在のINGEMMETの活動は実質科学的な研究に主眼をおいているが、地熱開発の上流のみならず、建設・運転・保守のような下流の事業についても「理解している」ことが重要であると考えられる。

- ・地熱開発を開発計画の立案から探査、開発、運用・保守、さらにはリハビリによる能力改善など、地熱開発技術を習得し、地熱発電のライフサイクル全体工程を俯瞰できる長期の専門研修
- ・地熱開発技術の大学院留学による学位取得の支援（無償の奨学金提供等による就学支援）

6. 民間投資による地熱開発の促進策

(1) 民間投資による地熱開発推進に係る課題の分析

前章までの情報収集・確認調査の結果に基づき、ペルーにおける地熱開発の課題を整理する。

図 9 に地熱開発の推進要因のフレームワークを示す。地熱開発を推進するための要因は、大きく、正確な地熱資源データや関連情報が入手できること、地熱開発促進に効果的な専門機関を持つこと、地熱開発推進に資する政策・規則が整備されていること、適切な開発資金の調達へのアクセスがあることである。この推進要因に対する調査の視点に基づき、ペルーにおける課題の抽出・分析と解決策を検討する。

地熱開発の推進要因	推進要因の調査ポイント
十分に正確な地熱資源データや関連情報の入手可能性	<ul style="list-style-type: none"> 資源ポテンシャルが同定されているか 商用利用が可能な資源量・特性を持つか 地熱エネルギーの供給が可能であることが確認されているか パブリックドメインで公開された探査データがあるか
地熱開発促進に効果的な専門機関	<ul style="list-style-type: none"> 地熱開発に係る政府組織が定められ、役割が明確化されているか 地熱開発の専門知識が蓄積された機関があるか (INGEMMETの地熱開発技術の向上にはどのような支援が必要か)
地熱開発推進に資する政策・規制	<ul style="list-style-type: none"> フィードインタリフ(FIT)やRPSのような強力な政策的イニシアティブを政府が持つか 再エネ発電所のグリッド接続手続は明確か 環境影響評価(EIA)の手続きは明確か 官民パートナーシップ(PPP)への政府の支援はあるか 地熱開発計画はあるか
プロジェクト実施者に適切な開発資金の調達のアクセス	<ul style="list-style-type: none"> リスク保証ファンドは活用可能か 国際開発資金・ソフトローンは活用可能か マルチドナーグラントは活用可能か

出典：Geothermal Handbook: Planning and Financing Power Generation に基づき当法人作成

図 9 民間投資による地熱開発推進要因

現地調査からペルーにおける民間投資による地熱開発促進のための抽出課題と解決方向性を分析し、整理した結果を表 39 に示す。試掘実績の組成、専門機関の強化、オークションにおけるベース価格の事前公開、地熱開発計画、発電事業へのペルー政府の非参画方針が主要な課題である。

表 9 民間投資による地熱開発推進要件による課題抽出と解決の方向性案

地熱開発の推進要因	分析の視点	ペルーにおける課題		解決の方向性案
		課題点	説明	
十分に正確な地熱資源データや関連情報の入手可能性	資源ポテンシャルが同定されているか	-	過去の調査で同定されており、特に課題はない	1. 試掘をペルー政府が主導するよう提案する
	商用利用が可能な資源量・特性を持つか	試掘の実績がないため資源量・特性が不明	商用利用可能な資源量・特性を持つ蒸気がペルーの開発エリアから得られるのか、未確認	
	地熱エネルギーの供給が可能であることが確認されているか	上記理由でエネルギー供給が可能か不明	同上	
	パブリックドメインで公開された探査データがあるか	-	地表調査結果をINGEMMETが公開(GEOCATMIN)しており、特に課題はない	
地熱開発促進に効果的な専門機関	地熱開発に係る政府組織が定められ、役割が明確化されているか	-	マニュアル等で明記されているわけではないが、MEMを窓口として相談により手続・交渉が可能で、特に課題はない	2. 地熱開発全体をマネージできる機関、人材を開発(キャパビル)する
	地熱開発の専門知識が蓄積された機関があるか	地表調査の機関しかないため開発プロセスが進行しない	INGEMMETが地表調査のみ担当しているが、地熱開発全体をマネージできる機関、人材が不足	
地熱開発推進に資する政策・規制	フィードインタリフ(FIT)やRPSのような強力な政策的イニシアティブを政府が持つか	地熱発電の適切なオークション価格が事前に公開されないため民間投資が停滞	RERは発電種別ごとにベース価格上限を設定できるが、地熱発電は未だ適切なベース価格上限が未公表(開発期間の長く初期の開発リスクの高い地熱発電は早期の公表が必要)	3. 適切な地熱発電のベース価格上限を事前公表するようペルー政府へ提案する
	再エネ発電所のグリッド接続手続は明確か	-	他の再エネ発電の接続実績・手続が整備されており、特に課題はない	
	環境影響評価(EIA)の手続きは明確か	-	大規模地熱発電のEIA実績がないため、1号案件ではEIAの承認までに時間がかかると想定されるが、手続、実施組織は明確であり、特に課題はない	
	官民パートナーシップ(PPP)への政府の支援はあるか	MEMが発電プロジェクトで資金的支援を実施しない方針であるためリスクシェアができない	政府が発電プロジェクトに出資・融資、保証等でファイナンシャルな参画をすることは原則ない。ただし、モケグア水力発電プロジェクトなど一部例外が存在	4. 地熱発電を例外としてPPPによるリスクシェアを実施するよう提案する

	地熱開発計画はあるか	国家エネルギー政策 2010-2040 でエネルギー多様化に資する電源として推進することが確認されているが目標量は存在しない	国家エネルギー政策 2010-2040、また INDC においても地熱発電による発電量・CO ₂ 排出削減量など、定量目標が含まれていない	5. 地熱発電の導入量を政策目標で提示するようペルー政府へ提案する
プロジェクト実施者に適切な開発資金の調達のアクセス	リスク低減ファンドは活用可能か	-	GDF は 2016 年末頃に提供される予定であり、CTF はペルーが当該国登録することで提供開始されるため、特に課題はない	
	国際開発資金・ソフトウェアは活用可能か	-	開発フェーズまで進んだプロジェクトが存在しないが、GDF等のリスク低減ファンドとの組合せによる活用可能性が想定できる。また、プロジェクト実施者が公社等の政府関係機関であればJICAによる地熱発電に関する円借款の提供も可能であり、特に課題はない	
	マルチドナーグラントは活用可能か	-	同上	

(2) 課題解決に向けたペルー政府がとるべき施策の分析と提案

ペルー政府は、地熱開発を民間投資のみで推進することを意図している。ペルーで民間投資のみによる地熱開発を行うケースを想定し、地熱開発プロジェクトが民間金融機関の融資を受ける場合に、必要な PPA について FIRR が 12%となる PPA を試算した。試算の前提となる地熱開発プロジェクトのバランスシートを図 10 に示す。

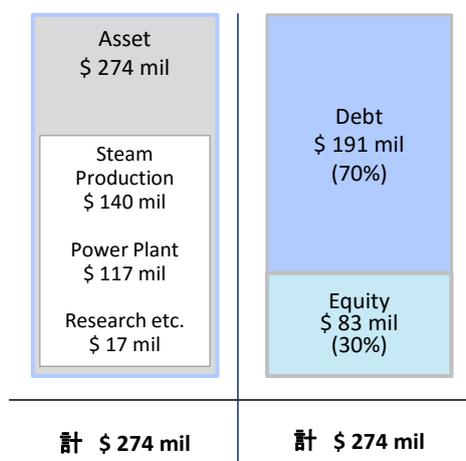


図 10 ペルー地熱開発プロジェクトのバランスシート

次に事業の採算性にかかる試算の結果を表 10 と表 11 に示す。

表 10 は、FIRR が 12%に必要な PPA について、金利 6%で 10 年間の返済期間の融資を活用した場合を仮置きして必要な PPA を試算した結果であるが、105 US\$/MWh となった。また、表 11 は、FIRR が 12%の時に必要な PPA について、金利 4% (米国 20 年国債 1.73%+信用リスクプレミアム 2%余と仮定) で 20 年間の返済期間の融資を活用した場合を仮置きして必要な PPA を試算した結果であるが、必要な PPA は 87 US\$/MWh となった。ともに 2016 年に実施された RER 発電オークションで公表されたベース価格上限のうち、比較的安定した発電が可能なバイオマスの 77 US\$/MWh と水力の 60US\$/MWh を上回る価格 (図 2 を参照) である。仮置きによる試算ではあるものの、譲許的ローン等の活用によらなければ、地熱発電のベース価格上限は、既にペルーで実施されている他の再生可能エネルギー発電のベース価格上限を上回る可能性もあり得ると考えられ、これまで地熱開発の実績がない現状においては、少なくともペルー政府による 3~4 年先を見越した事業性が成立しうるベース価格上限の提示が重要になると想定される。

また、民間金融機関のみによる与信は、①賦存する蒸気の性状に事業性が大きく影響すること ②地熱プロジェクト開発の優位性が示されるためには 20~30 年の長期にわたるため通常与信の返済期間与信に合わないこと、③担保対象が現地設備と PPA 受領権譲渡が主となること、など地熱開発特有の理由から、現状の開発初期段階のプロジェクトファイナンスを組成することは困難であると考えられる。このため、出資者構成とその財務状態に依拠したコーポレートファイナンスにならざるを得ないのが現実であると考えられる。

表 10 民間金融の活用を想定した場合の試算結果（プロジェクトファイナンス想定）

<民間融資活用の前提条件>

- ・各Phaseの工程期間中の費用発生は均等に発生するものとする
- ・金利は6.00%で仮置き
- ・返済10年、据置期間5年（据置期間中は利子支払発生（仮置き））
- ・D:E=7:3 4年目以降に借入を想定

その他

- ・減価償却は定額法で15年、追加生産井は同年数を5年と仮置き

<算定結果>

Project cost	274 MUS\$	Project IRR	8.4%	
		Equity IRR	12.0%	
Capacity	50 MW	Equity of PJ	30%	83.0 MUS\$
Power factor	0.8	Debt of PJ	70%	191.0 MUS\$
Time	8760 h			
Generation	350.4 GWh/yr	payback period of loan	10 yr	
PPA	105 US\$/MWh	payback Interest	6.00%	
Variable O&M cost	2 US\$/MWh			
Fixed O&M cost	35 US\$/kW/yr			

表 11 民間金融の活用を想定した場合の試算結果（コーポレートファイナンス想定）

<民間融資活用の前提条件>

- ・各Phaseの工程期間中の費用発生は均等に発生するものとする
- ・金利は4.00%で仮置き
- ・返済20年、据置期間5年（据置期間中は利子支払発生（仮置き））
- ・D:E=7:3 4年目以降に借入を想定

その他

- ・減価償却は定額法で15年、追加生産井は同年数を5年と仮置き

<算定結果>

Project cost	274 MUS\$	Project IRR	6.8%	
		Equity IRR	12.0%	
Capacity	50 MW	Equity of PJ	30%	83.0 MUS\$
Power factor	0.8	Debt of PJ	70%	191.0 MUS\$
Time	8760 h			
Generation	350.4 GWh/yr	payback period of loan	20 yr	
PPA	87 US\$/MWh	payback Interest	4.00%	
Variable O&M cost	2 US\$/MWh			
Fixed O&M cost	35 US\$/kW/yr			

表 9 では課題の抽出と分析に基づき、課題を解決するための 5 つの解決の方向性案を示した。この解決の方向性案について、ペルー政府が受諾し、この提案を実行した場合の民間投資への影響について、現地調査による民間地熱開発事業者等へのヒアリング結果に基づき分析を行った。

民間投資への影響の分析にあたり、表 9 で示した 5 つの解決の方向性案のうち、現地調査での開発事業者へのヒアリングから、民間による地熱開発に直接的に影響を与える提案と間接的に影響を与える提案とに分けた。直接的な提案の考え方は、開発事業者が地熱発電事業の収益性への影響を直接推定したり、予測したりすることができる提案とした。ここでは、「1. 試掘をペルー政府が主導するよう提案する」、「3. 適切な地熱発電のベース価格上限を事前公表するようペルー政府へ提案する」、「4. 地熱発電を例外として PPP によるリスクシェアを実施するよう提案する」が該当すると考えられる。一方、間接的な提案であるとする考え方は、開発事業者にとって中長期的には必要であるが、投資の意思決定判断に直接の影響は与えない提案で、「2. 地熱開発全体をマネージできる機関、人材を開発（キャパビル）する」、「5. 地熱発電の導入量を政策目標で提示するようペルー政府へ提案する」が該当すると考えた。直接と間接とは、各々別々に民間投資へのインパクトを分析した。分析の結果を表 12 と表 13 に示す。

表 12 解決方向性がペルー政府により受諾・実行された場合の民間投資への影響（直接）

ペルー政府による対応	ペルー政府の対応別のインパクト分析（○：提案に対応 ー：提案に対応しない）							
	ケース 0	ケース 1	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6	ケース 7
1. 試掘をペルー政府が実施する	ー	○	ー	ー*	○	ー*	○	○
3. 地熱発電が促進する適切なベース価格上限が事前公表される	ー	ー	○	ー	○	○	ー	○
4. 地熱発電を例外として PPP によるリスクシェアが実施される	ー	ー	ー	○	ー	○	○	○
民間投資による地熱開発の可能性	ペルーの現状。民間投資による開発の可能性は低い	鉱業への適正価格での直接供給や国内電気料金の上昇が実現した場合、公社（ENERSUL 等）が GDF 等を活用し、試掘を行い、民間企業が発電所建設を推進	GDF/CTF を活用し、開発コストの低いエリアで、民間開発事業者が自ら試掘リスクを受容しつつ開発を推進	鉱業への適正価格での直接供給や国内電気料金の上昇が実現した場合、民間との JV が GDF/CTF+円借款を活用しつつ開発	公社等が GDF 等を活用し、試掘を行い、民間企業が自ら発電所建設を推進	民間との JV が GDF/CTF を活用して自ら試掘を行い、円借款を活用して発電所建設を推進	公社等が GDF 等を活用し、試掘を行い、円借款を活用して発電所建設を推進	円借款による低利融資を活用し、低めのベース価格において、公社が GDF 等を活用して試掘したのち、民間との JV が発電所建設を推進
民間投資へのインパクト	なし	中程度	中程度	やや大きい	大きい	大きい	大きい	非常に大きい

*: ペルー政府が地熱開発を推進するため PPP を受諾する場合に、試掘に全く関与しないケースは想定できないため、実際には部分的に関与することになる。

表 13 解決方向性がペルー政府により受諾・実行された場合の民間投資への影響（間接）

ペルー政府による対応	ペルー政府の対応別のインパクト分析 (○：提案に対応 ー：提案に対応しない)			
	ケース A	ケース B	ケース C	ケース D
2. 地熱開発全体をマネージできる機関、人材が開発される	ー	○	ー	○
5. 地熱発電の導入量が政策目標で提示される	ー	ー	○	○
民間投資による地熱開発の可能性	ペルーの現状	民間投資を検討する要素になり得る		民間投資を長期的・間接的に促進できる (開発組織と政策目標が存在することで、民間開発事業者による開発・投資計画の組織内部・外部での説得力が高まる)
民間投資へのインパクト i	なし	小さい		中程度 (直接のインパクトは小さいが、長期的インパクトは大きい)

民間地熱開発事業者は、投資の意思決定にあたり、リスクが最も高い試掘が行われることで、蒸気の性状、特性を把握し、地熱発電事業がペルーにおいて成立するかどうかを判断したいと考えている。しかしながら、これまでペルーでは地熱開発エリアにおいて試掘は一度も行われていない。また、民間開発事業者は、地熱発電事業の事業性を評価するために、売電価格がどの程度の額になるのかを把握したいと考えている。ペルーでは RER オークションにより地熱発電のみのベース価格上限を設定できる制度を持っている。このため、地熱発電のベース価格上限を算定して開発事業者へシグナルとして提示することにより、民間開発事業者は地熱発電の収益性が得られるような開発、投資を促進すると考えられるが、ペルー政府はこれまで地熱発電のベース価格上限の額を提示するに至っていない。さらに、PPP によるリスクシェアは、地熱開発プロジェクトにペルー政府ないしは公社等が投資し、地熱開発初期のリスクを民間と政府でシェアすることができ、多様なファシリティの活用可能性を高めることができるが、ペルー政府は地熱開発において PPP によるリスクシェアを実施する計画を示したことはない。

地熱開発全体をマネージできる機関・人材がペルーにおいて開発されることや、地熱発

電の導入量がペルーの政策目標で提示されることは、民間投資の支援ではないものの、民間開発事業者の投資に関する組織内部・外部の説得に資するものであるため、長期的にみて民間投資へのインパクトは小さくないと考えられる。

地熱開発における民間投資の促進では、ペルー政府による「試掘の実施」、「適正な地熱発電用のベース価格上限の早期提示」、「PPPによるリスクシェア」の3点が民間投資の促進に高いインパクトを持つと考えられる。またこの3点の中では「PPPによるリスクシェア」の重要度がより高いと考えられる。これは、チリにおいてEGPのCerro Pabellónプロジェクトが発電所建設フェーズに至った際の成功要因として、PPPによるリスクシェアが重要な条件となったためである。PPPによるペルー政府のプロジェクトへの参画は、試掘の実施に資するリスク低減ファシリティの活用可能性や開発銀行や開発機関による低利ローンの提供可能性を高めるものと想定され、ペルーの地熱開発における民間投資にポジティブな影響を与えると期待される。

解決の方向性案がペルー政府により受諾・実行されるための具体的な提案方法についても検討を行った。解決の方向性案に関するペルー政府への具体的な提案方法に関する検討結果を表14に示す。

表 14 解決の方向性案に関するペルー政府への具体的な提案方法

ペルー政府による対応	具体的な提案方法
1. 試掘をペルー政府が実施する	<p>民間開発事業者が探査中の既存エリアにおいて、有望エリアのプロジェクトへ電力公社（Electric Peru, EGASA 等）が出資し、試掘を民間開発事業者と共同で実施する。電力公社は民間開発事業者から地熱開発における試掘技術の移転を受けることができる点を訴求する（チリの ENAP 参画理由の一つ）。試掘には GDF / CTF 等のリスク低減ファシリティを活用する。</p> <p>ただし、MEM へのヒアリング結果から、ペルー政府は試掘に参画しない方針があり、2016 年 10 月時点では提案に応諾していない。</p>
2. 地熱開発全体をマネージできる機関、人材が開発される	<p>INGEMMET への地熱開発管理技術の向上研修・技術移転（キャパシティビルディング）を実施する。なお、INGEMMET の日本企業等による地熱開発技術移転ニーズは非常に高い。</p>
3. 地熱発電が促進する適切なベース価格上限が事前公表される	<p>探査中の民間開発事業者と MEM、Osinargmin 等を加えて、ベース価格上限に関する検討会議体を募集・構成し、幅を持った地熱発電のベース価格上限・発電量を事前提示する。MEM、OSINERGMIN によればペルー国内の地熱開発の進捗を睨みつつ試算および事前提示を行う予定である。なお、2017 年の次回オークションで地熱発電をオークション対象に含める予定はないとのことであるが、参考価格或いはベース価格算出方式の事前公表だけでも、民間開発事業者も含めポジティブな波及効果が期待できる。また、オークションでは、ベース価格上限での売電期間を現状他の RER 発電が 20 年間となっているところを、地熱発電のみ 30 年間とすることも可能である。</p>
4. 地熱発電を例外として PPP によるリスクシェアが実施される	<p>MEM へ地熱発電 1 号プロジェクトに対する PPP の例外適用を打診する。地熱発電のパイロットプロジェクトとして、有望エリアの再検討（現状はタクナ州カリエンテス地域）を行い、参画候補となる公社の選定、PPP によるソフトローン（円借款等）の活用による地熱発電事業の収益性改善効果や地熱開発技術の公社への移転、開発メリットを引き続き訴求する。</p> <p>ただし、MEM へのヒアリング結果から、ペルー政府が発電プロジェクトで PPP を構成しない方針であり、2016 年 10 月時点では提案に応諾していない。</p>
5. 地熱発電の導入量が政策目標で提示される	<p>MINAM を通して、INDC 達成手段の一手法としての地熱発電導入量を政策目標として組み込む。</p> <p>MINAM が主導するセクター横断的な立場からの INDC 達成方法論として、地熱発電の必要性を MEM 以外の省庁から打ち込む。</p>

(3) ペルーの民間主導による地熱開発に対する JICA 支援策の提案

(2) では、地熱開発における民間投資を促進するために、ペルー政府が対応すべき課題への解決方向性案と、民間開発事業者の現在の動向をみた。これらの分析結果から、ペルーにおける地熱開発の民間投資促進に向けた JICA による支援策は、大きく次の 2 点に集約できると考えられる。

第 1 に、ペルー政府が地熱開発において PPP によるリスクシェア提案を受諾した場合に、活用が想定される円借款の提供である。地熱発電の事業収益性を大きく改善することのできる譲許的ローンの活用は、開発初期に大きな資本を必要とする地熱発電の開発を推進できる。ただし、ペルー政府のうち、地熱発電を PPP により実施することを最終決定する MEM は、地熱発電を民間投資のみによって推進することを 2016 年 11 月現時点まで一貫して変えていない。このため、引き続き MEM に対して民間投資による地熱開発が推進するための提案を行い、方針の確認や政策動向をモニタリングしていくことが必要である。

第 2 に、ペルー政府が地熱開発に対する現状の方針・政策を変化させない場合においても地熱開発事業者による活用が想定される JICA が参加する基金や投融資スキームを提供することである。民間開発事業者が民間投資主体で開発を進めているプロジェクトが継続的に普及推進するための外部環境整備支援を検討する必要がある。

以降では、この 2 点について JICA の具体的な支援策を提案する。

① 円借款の提供による支援

JICA では、地熱開発の導入に活用でき、事業性を高めるさまざまなスキームが用意されている。これらは地熱開発の事業性を向上させることにつながることから、その活用推進が望まれるが、ペルーにおいてこれらスキームを活用するためには、活用要件をクリアする必要がある。地熱発電の事業性を高める円借款スキームとペルー地熱発電プロジェクトにおける活用要件を表 15 に示す。

表 15 JICA の地熱開発の事業性を高めるスキーム

有償資金協力	スキーム活用の条件・特徴	ペルー地熱発電プロジェクトにおける活用要件
通常円借款 (ES 借款含む)	特徴： ・中進国（一般条件）の場合、償還期間が長期（15～30年）で、低金利（1.6%程度） ・開発事業実施に必要な設備、資機材、サービスの調達や、土木工事等に必要な資金を貸付 ・ES 借款は、事業の実施に必要な調査・設計段階で必要なエンジニアリング・サービスにかかる資金を本体業務に先行して貸付	地熱発電プロジェクトにおいて、ペルーの国営企業等へ、MEM が PPP での参画を承認し、MEF が国営企業への円借款活用を承認
EBF 円借款	条件：現地国政府／国営企業が出資する PPP インフラ事業に日本企業が運営主体として参加（出資する） 特徴：事業を行う SPC への現地側出資分に対し、資金を貸し付ける	地熱発電 SPC へ、MEM が PPP での参画を承認し、MEF が SPC への円借款活用を承認
VGF 円借款	条件：SPC に日本企業が出資 特徴： ・PPP インフラ事業に対して、SPC に現地政府が採算補填する際に、現地政府に対して資金を貸付ける ・カントリーリスクの問題等で、一般の金融機関の貸付等が成立しない場合に適用	日本企業が出資する地熱発電 SPC へ、MEM が PPP での参画の承認をし、MEF が SPC への採算補填に円借款を活用することを承認する
PPP インフラ信用補完スタンドバイ借款	特徴：オフテイカーからの支払いが資金のショートにより滞った場合、オフテイカーが契約不履行（デフォルト）となった場合、相手国政府が代わりに支払うスキームにおいて相手国政府に一定額（全額ではない）を貸付	地熱発電プロジェクトにおいて、MEM が PPP での参画の承認をし、MEF が資金ショートやデフォルトの際の補填に円借款を活用することを承認する

既に述べたとおり、現時点で MEM は PPP による地熱発電プロジェクトには参画しない方針である。一方、円借款の承認を行う MEF は地熱発電の必要性や導入の意義について理解を深めており、現地調査におけるヒアリングでは地熱発電プロジェクトの金額的な規模から MEM が円借款を用いた地熱発電プロジェクトの実施を承認した場合には、円借款の活用を検討するに値するプロジェクトになり得るとしている。

また、2016年7月28日に就任したペドロ・パブロ・クチンスキー (H. E. Mr. Pedro Pablo Kuczynski) 大統領は、ペルーのインフラ投資を推進するための制度改革を進める計画である。外部環境整備により地熱発電プロジェクトの事業性が高まれ、これまでの MEM の方針とは異なる方向でのプロジェクト振興が図られる可能性もある。

② 海外投融資の提供による支援

ペルー政府のうち、特に MEM が地熱開発を民間投資のみにより推進する方針にあって、ペルー国内では民間開発事業者が民間企業向けにリスク低減ファシリティを活用しつつ、鉱業事業者への直接の電力供給により事業性を検討している動きが見られた。

JICA による民間セクター向け出融資支援として海外投融資があり、出融資の具体的な

条件は事業毎に判断されるが、表 16 にその概要を示す。

表 16 JICA 海外投融資の概要

<p>融資： 原則として総事業費の70%を上限とする。特に必要と認められる場合には80%。 原則として20年以内(最長25年)うち据置は原則として5年以内(最長10年)金利体系財政融資資金の貸付金利を基準とし、借入人の信用力等を勘案の上、償還期間を含め政府開発援助の要件となるグラント・エレメント(GE)25%以上となるよう金利を設定。</p>
<p>出資： 原則として現地企業等への直接出資。出資比率は25%以下、かつ、最大株主の出資割合を超えないものとする。</p>

出典：JICA HP

③ JICA 支援による地熱開発推進のモデルに基づく収益性改善

円借款による地熱開発推進モデルについて、概算モデルによるプロジェクト収益性を試算した。これは、円借款を活用した場合の有益性に関する定量イメージをペルー政府関係者と共有するため、また、その場合の民間開発事業者との協議等で同様に収益性等の定量イメージを共有する際に必要となる。

世界での 50MW 地熱開発における投資額と O&M コストをプロジェクトフェーズごとに報告書本編の巻末参考資料のような配分で投資するモデルにおける事業収益性の試算を行った。また、この試算結果を用いて事業性の得られる地熱発電の RER オークションのベース価格上限を確認した。

FIRR の試算により、FIRR が 12%となるのに必要な PPA を試算した。地熱発電のプロジェクト期間は 30 年間として試算した。

試算では、JICA 円借款を活用(表 17)と GDF Loan & Grant を活用(表 18)の2つの場合で試算した。

表 17 JICA 円借款を活用した場合の FIRR 試算結果

<円借款活用の前提条件>

- ・各Phaseの工程期間中の費用発生は、均等に発生するものとする
- ・ペルーの円借款の金利は、中進国Standard 固定の1.7% に転貸+1%と仮置きし、2.7%とする
- ・返済20年、据置期間7年(据置期間中は、利子支払発生・発生年に毎年支払いを想定)
- ・試掘(test drilling)は、円借款の使用は不可(仮定)のためPhase 4 より円借款を供与するものとした

その他

- ・減価償却は定額法で15年、追加生産井は同年数を5年と仮置き

<算定結果>

Project cost	274 MUS\$	Project IRR	4.9%	
		Equity IRR	12.0%	
Capacity	50 MW	Equity of PJ	30%	81.7 MUS\$
Power factor	0.8	Debt of PJ	70%	192.3 MUS\$
Time	8760 h	Payback period of loan	25 yr	
Generation	350.4 GWh/yr	Payback Interest	2.7%	
PPA	71 US\$/MWh			
Variable O&M cost	2 US\$/MWh			
Fixed O&M cost	35 US\$/kW/yr			

表 18 GDF Loan & Grant を活用した場合の FIRR 試算結果

<GDF活用の前提条件>

- ・各Phaseの工程期間中の費用発生は、均等に発生するものとする
- ・GDF の活用は次の通り。
 - ① Phase 1 へ全額グラントとして使用
 - ② Phase 3 の Test drilling 3本のリスク低減ファンドとして使用(成功時80%返却)
 - ③ Phase 4 の Capacity Drilling 20本に使用し、金利3.5%で仮置き
 - ④ Phase 5 & 6 の生産井掘削、発電所建設で使用し、金利3.5%で仮置き
- ・試掘(test drilling) 3本は全て成功した場合とし、費用の80%は翌年全額返済(利子なし)とする

その他

- ・減価償却は定額法で15年、追加生産井は同年数を5年と仮置き

<算定結果>

Project cost	274 MUS\$	Project IRR	6.5%	
		Equity IRR	12.0%	
Capacity	50 MW	Equity of PJ	36%	99.0 MUS\$
Power factor	0.8	Debt of PJ	64%	175.0 MUS\$
Time	8760 h	payback period of loan	20 yr	
Generation	350.4 GWh/yr	payback Interest	3.5%	
PPA	73 US\$/MWh			
Variable O&M cost	2 US\$/MWh			
Fixed O&M cost	35 US\$/kW/yr			

試算結果のまとめを表 19 に示す。試算の前提条件においては円借款を活用した場合に PPA を低く設定できることがわかる。ただし、GDF は他の国際開発銀行等のソフトローンを併用することもできるためファイナンス条件次第で試算値は当然、大きく変動する。

表 19 PPA 試算結果案

活用する ファシリティ	FIRR が 12%と なる PPA [Cent/kWh]	ファシリティ活用の要件
JICA 円借款	7.1	PPP の活用または公社等とのジョイントベンチャーによるプロジェクト会社設立
GDF Loan & Grant	7.3	ペルー1号プロジェクトであること

地熱発電は、ベース電源として天然ガス火力発電を代替することができる。ここでは天然ガス火力発電所 400MW の規模と対比させて、400MW の地熱発電所について JICA 円借款を活用した場合、FIRR が 12%となる再エネオークションのベース価格上限を試算したところ、7.1 [Cent/kWh] となった。これは、ペルーの過去の LNG 輸出価格平均で天然ガス火力発電を使用した場合よりも低い PPA となる。これは、地熱発電と天然ガス火力発電の PPA の差額分が、天然ガスの節約になると考えれば、本来は地熱発電によって輸出に回せた天然ガスを国内で高い電気料金を払いながら消費していたと考えることもできる。

ペルーにおける地熱発電の経済性は、天然ガスを地熱発電で代替できる点に求められる。地熱発電で代替できた天然ガス火力発電で使用する天然ガスを輸出でき、それはペルーの国富となると考えることができるからである。地熱発電の導入による経済的内部収益率 (EIRR) は、表 51 の「②地熱発電を円借款を活用した想定で導入」した場合と「③の天然ガス火力発電を導入」した場合のコスト差より試算できる。この考え方において 400MW の地熱発電をペルーで導入した場合、追加的に得られる EIRR の試算結果は 8.6%となった。

表 20 FIRR が 12%となる地熱発電と天然ガス火力発電の PPA 価格試算結果

条件	① 地熱発電を導入 (融資を活用しないモデルケース)	②地熱発電を円借 款を活用した想定 で導入	③天然ガス火力発 電を導入 (Advanced Combined Cycle の ケース) *2
容量 [MW]	400	400	400
パワーファクター	0.8	0.8	0.8
年間運転時間	8760	8760	8760
発電電力量 [GWh/year]	2803.2	2803.2	2803.2
FIRR 30年	12%	12%	12%
PPA [Cent/kWh]	13.5	7.1	10.9
ペルーの過去の LNG 輸出価格平均 [\$/MMBtu]*1	-	-	10.5
Project Cost [M\$]	2192.0	2192.0	717.9
Fixed O&M cost [M\$/year]	5.6	5.6	9.2
Variable O&M cost [M\$/year]	14.0	14.0	6.1
ファイナンス条件	-	表 17 の条件を試 算に使用。400MW 規模とした場合で 試算した	-

*1: ペルーの過去の LNG 輸出価格平均は、天然ガスの輸出を開始した当初から 2016 年 8 月までの輸出価格平均を OSINERGMIN 公表データより算出。

*2: Updated Capital Cost Estimates for Utility Scale Electricity Generating Plants, EIA の熱効率 53.1%の Advanced Combined Cycle 発電のデータを使用。融資を活用しないモデルにより算出。

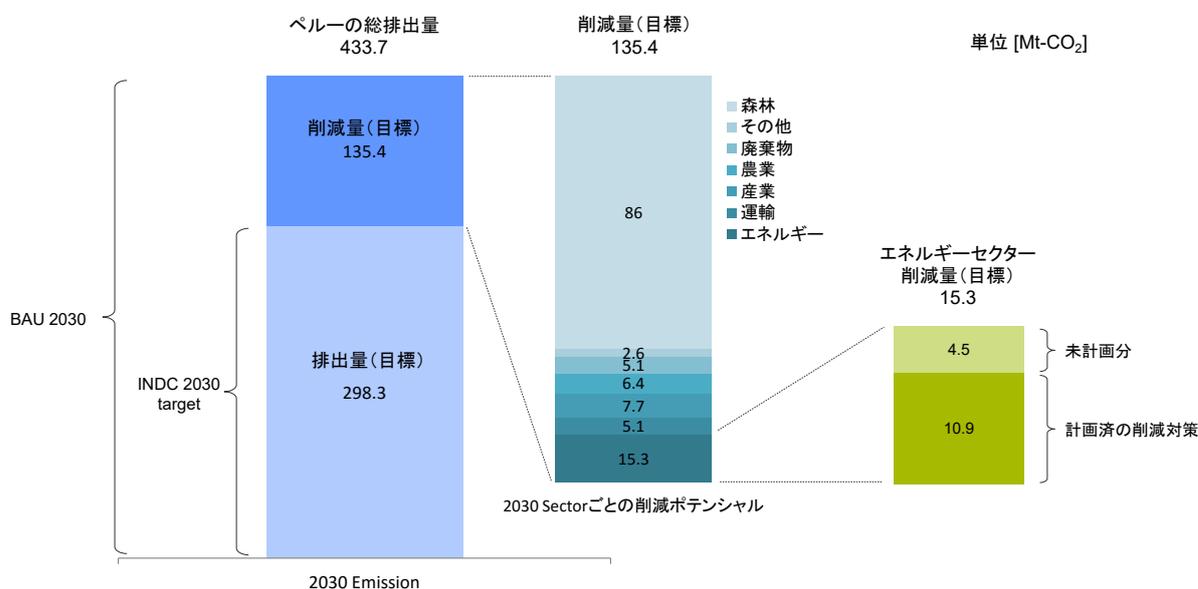
④ JICA 支援による地熱開発推進による追加的な貢献の提案

JICA 支援策の実施により追加的に得られる貢献を明示し、ペルー政府へ提案することは地熱開発のメリットを多面的に提案することにつながり、ペルーにおける地熱開発を推進できるものと考えられる。

ここでは、ペルーの INDC に基づいて、地熱発電の導入がペルーの 2030 年の排出目標に与える影響を検討した。図 11 に INDC の削減対策の内訳を示す。ペルー政府は、エネルギーセクターでは 25 の削減対策を策定し、その実行を進めている。

ペルーの INDC は、2030 年時点の排出量の目標値を 298.3 [Mt-CO₂]に設定している。2030 年の総排出量は 433.7 [MtCO₂]となる予定である。すなわち、2030 年時点で BAU で推移した場合の排出量よりも 135.4 [Mt-CO₂]の削減量を生み出す必要がある。エネルギーセクターの排出削減は、セクター別で 2 番目に多い 15.3[Mt-CO₂]の削減目標を設定しており、削減対策を進めているところである。ペルー政府は、エネルギーセクターの 2030

年に向けた削減対策を検討しており、これにより 15.3 [Mt-CO₂]のうち、10.9 [MtCO₂]の削減対策を計画済である。



出典：La Contribución Nacional del Perú - iNDC: agenda para un desarrollo climáticamente responsable, MINAMに基づき当法人作成

図 11 INDC の削減対策の内訳

地熱発電が 2030 年までに導入された場合、エネルギーセクターの排出削減に与えるインパクトを表 21 に試算した。地熱発電が 400MW 導入された場合、2030 年 BAU 排出量のペルー国家への削減効果は 1.4%ある。2030 年 BAU 排出量のエネルギーセクターへの削減効果は 12.0%ものインパクトがある。

INDC は COP での約束草案であり、国が国際的な約束を実行していくペルー政府方針を示したものである。この数値目標を達成するための具体的な技術として、地熱発電のインパクトは大きい。エネルギーセクターの推進役である MEM が、エネルギーセクターの排出削減を推進する強力なツールとして、地熱発電を活用することの重要性が確認できる。

表 21 2030 年のエネルギーセクターへの CO₂ 排出削減インパクト

地熱発電容量 [MW]	発電量 [MWh]	排出削減量 [MtCO ₂ /year]	2030 年 BAU 排出量への削減効果	2030 年 BAU 排出量のエネルギーセクターへの削減効果	2030 年までのエネルギーセクター削減対策の未計画分への貢献割合
400	2, 803, 200	1. 8	1. 4%	12. 0%	41. 3%

⑤ JICA による具体的プロジェクトの組成に向けた支援

JICA は 2012 年にペルー国地熱発電開発マスタープラン調査を実施し、地熱開発の有望エリアを導出して、ペルーにおける地熱開発推進のための提案を行った。その後も JICA によるペルー政府への提案・協議を継続しており、ペルー国内での政府関係機関、民間開発事業者の地熱開発における知名度は非常に高い。

一方で、ペルー政府は民間投資のみで地熱開発を推進する方針を継続する可能性が高いが、それは「地熱」という枯渇しない国の資源を数年後に活用して国を富ませる事ができるという展望に確信をもっていないことが大きいと考えられる。

JICA がペルーの地熱開発を民間投資の促進を支援する形でより積極的に推進し、地熱産業の育成・振興を進めるためには、本邦企業が地熱開発プロジェクトに参画意欲が湧くような活動を進めていくべきである。具体的には、ペルー国内の民間開発事業者によるプロジェクト開発の動向の把握と、個別プロジェクトの開発エリアとなる地方政府のニーズの把握、そして日本企業の参画可能性を検討することを通して、ペルーの地熱開発プロジェクトへの日本企業参画を促進する場を創出する。そして、具体的な本邦企業が参画するプロジェクト実行案を策定し、具体的な技術協力の計画を立案することである。

図 12 に地熱開発における民間投資プロジェクトの組成の支援イメージを示す。

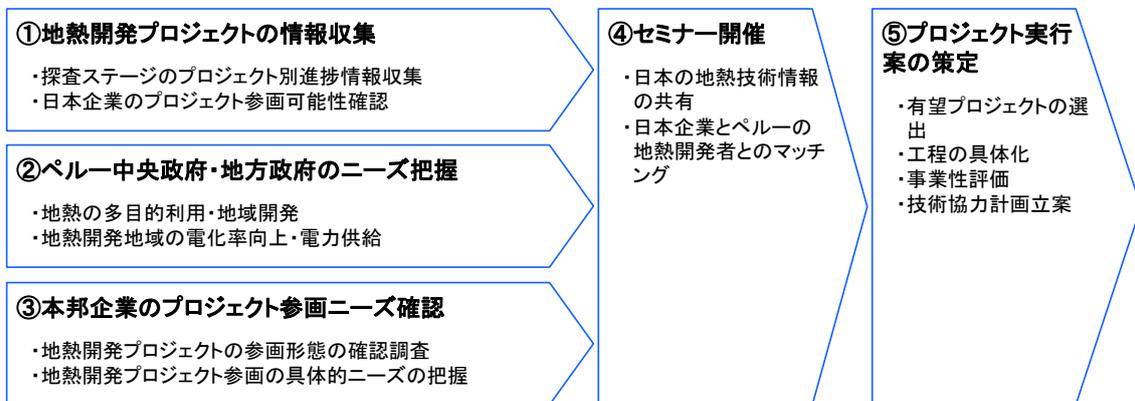


図 12 ペルー地熱開発における民間投資プロジェクトの組成に向けた支援イメージ

以上