

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

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
16-044

# 目次

略語表	ii
図目次	v
表目次	vi
1. 業務の目的・内容に関する事項	2
(1) 業務実施の背景	2
(2) 業務の目的	2
(3) 業務の対象地域	3
(4) 相手国関係機関	3
(5) 作業工程	3
(6) 業務で投入した要員	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	11
(3) 各種手続	12
(4) 財政支援	17
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	20
(1) 関連法制度	20
(2) 概況	22
(3) 推進・規制機関	38
(4) 各種手続	40
(5) 再生可能エネルギー資源発電オークション	45
(6) 民間投資インセンティブ制度	51
4. 主要諸外国の地熱発電普及促進制度の確認・分析	53
(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	53
(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	54
(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	61
(4) 開発手続の効率化・地熱開発目標の定量化の主要事例	63
(5) 第三国調査（チリ）の民間投資による地熱開発推進	65
(6) 地熱開発初期の政府の関与による地熱開発推進	70
5. 地熱資源評価等の能力強化に向けた現状確認・分析	72
(1) INGEMMET の能力獲得状況	72
(2) INGEMMET の人員・機材・分析装置	76
(3) INGEMMET の能力強化の必要性	77

6. 民間投資による地熱開発の促進策.....	80
(1) 民間投資による地熱開発推進に係る課題の分析.....	80
(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.....	82
(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.....	91
参考文献 .....	101
添付資料 .....	103
(1) セミナーアジェンダ.....	104
(2) 有限責任監査法人トーマツのセミナー講演資料.....	105
(3) 地熱開発モデル投資額・O&M コスト配分の根拠 .....	119

## 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	-
AFME	フランスエネルギー管理庁	-
ANA	国家水利庁	National Water Authority
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
BOO	建設・運営・所有	Build-operate-own
BOT	建設・運営・移転	Build-operate-transfer
BTO	建設・移転・運営	Build-transfer-operate
CAF	ラテンアメリカ開発銀行	Development Bank of Latin America
CAGR	年平均成長率	Compound Average Growth Rate
CDM	クリーン開発メカニズム	Clean Development Mechanism
CIF	気候投資基金	Climate Investment Funds
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
DBO	設計・建設・運営	Design-build-operate
DGAEE	エネルギー環境局	General Directorate of Energetic Environmental Affairs
DGE	電力局	Directorate General of Electricity
DGIP	公共投資局	General Directorate of Public Investment
EBF	インフラ整備事業に対する途上国の出資を補う円借款	Equity back finance
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	アレキパ電力公社	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
EIA-d	環境影響詳細評価	Detailed Environmental Impact Study

EIAsd	環境影響中詳細評価	Semi-detailed Environmental Impact Assessment
EIS	環境影響評価書	Environmental Impact Statement
ENAP	チリ石油公社	National Petroleum Company
FS	実現可能性調査	Feasibility Study
GART	料金規制局	Division of Tariff regulation annexed to OSINERGMIN
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
ICP-OES	誘導結合プラズマ発光分光分析	Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectroscopy
IDB	米州開発銀行	Inter-American Development Bank
IEA	国際エネルギー機関	International Energy Agency
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
INDECOPI	公正競争知的財産保護庁	National Institute for the Defense of Competition and Intellectual Property
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
LCOE	均等化発電原価	Levelized Cost of Electricity

LNG	液化天然ガス	Liquified 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
OPIP	民間投資促進の主体	Body of promoting private investment
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
SEIN	全国相互連結電気系統	National Interconnected Electric System
SENACE	持続的投資環境認証サービス局	National Service of Environmental Certification of Sustainable Investments
SERNANP	環境省自然保護局	National Service of Natural Protected Areas
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

## 目次

図 1	公的イニシアティブ・民間投資のみの PPP のプロジェクト申請フロー	14
図 2	公的イニシアティブ・民間との共同投資の PPP のプロジェクト申請フロー	15
図 3	民間イニシアティブ・民間投資のみの PPP のプロジェクト申請フロー	16
図 4	民間イニシアティブ・民間との共同投資の PPP のプロジェクト申請フロー	16
図 5	発電電力量[GWh] 2013 年	23
図 6	需要量[GWh] 2013 年	23
図 7	発電種別毎の発電容量	24
図 8	発電種別毎の発電電力量	25
図 9	RER 発電の供給シェアトレンド	26
図 10	電力市場におけるプレイヤー区分と適用される価格	29
図 11	需要者と発電市場の電気料金（買電）推移	30
図 12	規制部門の需要者数	30
図 13	自由部門の需要者数	31
図 14	ペルー全土の地熱発電資源量マップ	32
図 15	ペルーの SEIN 全体図	35
図 16	私設送電線建設範囲	36
図 17	ペルーのグリッド国際連系計画	37
図 18	電力セクター・地熱開発で必要な権利	40
図 19	RER 発電オークションの結果	47
図 20	オークション実施プロセス	48
図 21	オークションの落札事業者の決定方法	49
図 22	ベース価格によるプレミアムの考え方	50
図 23	電力セクターの民間投資インセンティブ制度	52
図 24	地熱プロジェクト期間を通じた GDF の支援	58
図 25	GDF の資金供与手法	59
図 26	地熱ファイナンス・リスク移転プログラムの流れ	61
図 27	ニュージーランドの地熱資源の利用申請手続プロセス	64
図 28	電源構成目標の定量値	65
図 29	チリの Cerro Pabellón プロジェクトエリア	67
図 30	Cerro Pabellón の PPP を利用したリスクシェア	67
図 31	Cerro Pabellón のリスク低減プログラム利用	68
図 32	Cerro Pabellón のインセンティブ活用	68
図 33	地熱開発の政府主導から民間主導への開発形態の移行	71
図 34	鉱物・地質データベースとして GEOCATMIN	73
図 35	民間投資による地熱開発推進要因	80
図 36	ペルー地熱開発プロジェクトのバランスシート	83
図 37	INDC の削減対策の内訳	97
図 38	INDC に貢献する地熱発電の導入スケジュール	99

図 39	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..	100
図 40	地熱発電所の探査・開発・運転ステージにおける井戸の掘削成功確率.....	123
図 41	地熱発電所の LCOE .....	123

## 表目次

表 1	作業工程 .....	4
表 2	ペルーにおける面会者（第一回現地調査） .....	5
表 3	ペルーにおける面会者（第二回現地調査） .....	6
表 4	業務で投入した要員.....	7
表 5	民間投資促進に係る主な法制度.....	8
表 6	会社形態ごとの出資者数と出資形態.....	9
表 7	PPP の主な法制度 .....	10
表 8	プロジェクトの投資規模と投資タイプによる民間投資促進の主体.....	12
表 9	PPP プロジェクトの 4 種類の申請の概略 .....	14
表 10	電力関連の公的イニシアティブの PPP プロジェクトリスト.....	18
表 11	国家エネルギー政策 2010-2040 .....	20
表 12	2030 年排出削減後の排出量（BAU シナリオ） .....	21
表 13	電気事業、地熱発電に係る主な法規制.....	21
表 14	エネルギー輸出入動向 [MToe].....	26
表 15	ペルーの主要発電企業と発電割合（2014 年実績） .....	27
表 16	ペルーの主要送電企業と送電線回線弘長割合（2014 年実績） .....	28
表 17	ペルーの地熱探査エリア（2016 年 5 月時点） .....	34
表 18	電力セクターの主要な推進・規制機関.....	38
表 19	地熱開発に係る主要な推進・規制機関.....	39
表 20	地熱開発コンセプション.....	42
表 21	地熱開発において必要な EIA .....	43
表 22	発電所建設ステージにおける EIA と許可.....	43
表 23	EIA の種別.....	44
表 24	地熱開発における EIA の対象エリア.....	45
表 25	RER 発電オークション概要と仕様 .....	46
表 26	規制部門の売電価格.....	51
表 27	リスク・コストシェアスキーム（自国向け） .....	53
表 28	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） .....	54
表 29	GDF の概要 .....	57
表 30	地熱ファイナンス・リスク移転プログラムの概要.....	60
表 31	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.....	62
表 32	チリにおける面会者.....	66
表 33	キャパシティ A：概査.....	74

表 34	キャパシティ B：精査	75
表 35	INGEMMET の地熱資源調査人材	76
表 36	INGEMMET が有する地熱調査・探査関連設備	77
表 37	地熱開発における従事者数（地熱発電 50MW）	79
表 38	地熱探査ステージの開発要員（地熱発電 50MW）	79
表 39	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	81
表 40	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）	84
表 41	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）	84
表 42	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）	86
表 43	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）	87
表 44	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	89
表 45	民間開発事業者の開発方向性	90
表 46	JICA の地熱開発の事業性を高めるスキーム	92
表 47	JICA 海外投融資の概要	93
表 48	JICA 円借款を活用した場合の FIRR 試算結果	94
表 49	GDF Loan & Grant を活用した場合の FIRR 試算結果	94
表 50	PPA 試算結果案	95
表 51	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	96
表 52	エネルギーセクター削減量目標の計画済の削減対策	98
表 53	2030 年のエネルギーセクターへの CO2 排出削減インパクト	99
表 54	地熱開発モデルの投資額・O&M コスト配分	119
表 55	地熱発電の開発フェーズ毎の投資額の推定値	120
表 56	地熱発電の O&M コスト推定値	121
表 57	地熱発電の開発期間基準	122

## 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)

(5) 作業工程

作業工程を表 1 に示す。2016 年 3 月より業務を開始した。大分類ごとの主な作業項目は次の通り。

第一次国内調査：ペルーの各種制度、電力セクター及び地熱開発、諸外国の地熱発煙普及促進制度の現状確認・課題の分析を行った。3 月末日にインセプション・レポートを提出した。

第一次現地調査：ペルーリマ市内における政府関係機関、地熱開発事業者へのヒアリングを実施した。現地調査における面会者を表 2 に示す。

第二次国内調査：現地調査結果の取りまとめ、民間投資による地熱開発促進策、JICA 支援の方向性の検討

第二次現地調査：ペルーリマ市内における政府関係機関への民間投資による地熱開発推進策の提案、地熱開発セミナーの実施

第三次国内調査：現地調査結果の取りまとめファイナルレポート作成



表 2 ペルーにおける面会者（第一回現地調査）

Entity	Division	Position	Name	Meeting Date
Embajada del Japón en el Perú	-	Primer Secretario	Masafumi Yamashita	5月13日
	-	Segundo Secretario	Masahi Yamazaki	5月13日
AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON	-	Representante Residente	Masayuki Eguchi	5月13日
	-	Representante Residente Asistente, Sectorista Senior	Yusuke Takahashi	5月9日
Ministerio de Energía y Minas (MEM)	Dirección General de Electricidad	Director de Concesiones Eléctricas	Alcides Claro Pacheco	5月12日
	Dirección General de Asuntos Ambientales Energéticos (DGAAE)	Director General de Asuntos Ambientales Energéticos	Renato Baluarte Pizarro	5月9日
Ministerio de Economía y Finanzas (MEF)	Dirección General de Inversión Pública	Sectorista de Energía, Minas y Telecomunicaciones	Manuel Fernando Starke Rojas	5月10日
	Dirección General de Endeudamiento y Tesoro Público	Director General	Carlos Augusto Blanco Caceres	5月13日
	Dirección General de Inversión Pública	円借款総合調整専門家	Mitsuo Sakamoto	5月13日
Ministerio del Ambiente (MINAM)	Dirección General de Cambio Climático, Desertificación y Recursos Hídricos	Director General	Eduardo Durand Lopez - Hurtado	5月12日
	Oficina de Cooperación Internacional y Negociación	-	Jaime Adolfo Cabrera Valencia	5月12日
Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET)	-	Presidenta del Consejo Directivo	Susana G. Vilca Achata	5月11日
	Dirección de Recursos Minerales y Energéticos	Geofísico	Elmer Francisco Zegarra Figueroa	5月11日
	Dirección de Recursos Minerales y Energéticos	Ingeniero geólogo	Luis Enrique Vargas Rodriguez	5月11日
Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN)	Gerencia de Regulación de Tarifaria	Gerente de Generación Eléctrica y Transmisión	Jaime R. Mendoza Gacon	5月11日
Agencia de Promoción de la Inversión Privada (ProInversion)	Dirección de Servicios al Inversionista	Asesor Técnico	Javier Mello Gonzalez	5月10日
Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional (COES-SINAC)	Departamento de Planificación de la Transmisión	Director de Planificación de Trasmisión	Eduardo Antunez de Mayolo	5月13日
	Departamento de Planificación de la Transmisión	Sub Director de Planificacion	Freddy Portal Wong	5月13日
EDC Energía Verde Perú S.A.	Gerencia	Gerente de país	Carlos Nino Neira Ramos	5月10日
EGP Peru	Desarrollo de Negocios	Representate en el país	Jean Phillippe Bellavia	5月13日

Banco Interamericano de Desarrollo (BID)	Oficina Perú	Jefe de Operaciones	Masami Yamamori	5月9日
	Oficina Perú	Departamento de Financiamiento Estructurado y Corporativo	Federico Lau Pun	5月9日
	Oficina Perú	tbd	Enrique Rodriguez Flores	5月19日
kfW Development Bank	kfW Office Lima	Jefe de División Agricultura y Manejo de Recursos Naturales América Latina y El Caribe	Jens Mackensen	5月19日
Banco de Desarrollo de América Latina (CAF)	Recursos Financieros Institucionales	Director	Felix Bergel	5月9日
	Recursos Financieros Institucionales	Executive	Juan Francisco Blazquez	5月9日
	Proyectos de Energia	Executive	Alejandro Pena	5月9日
Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP)	Gerencia	Jefe	Pedro Gamboa	5月10日
Deloitte Peru	Oficina de Lima	Gerente Senior de Financial Advisory Services	Borja Diaz	5月9日

表 3 ペルーにおける面会者（第二回現地調査）

Entity	Division	Position	Name	Meeting Date
AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON	-	Representante Residente Asistente, Sectorista Senior	Yusuke Takahashi	10月24 日
	-	Representante Residente Asistente, Sectorista Senior	Tatsuro Iwahashi	10月24 日
Ministerio de Energía y Minas (MEM)	-	Viceministro del Ministerio de Energía	Raúl Ricardo Pérez- Reyes Espejo	10月25 日
	Dirección General de Electricidad	Director de Concesiones Eléctricas	Alcides Claro Pacheco	10月24 日 10月27 日
Ministerio de Economía y Finanzas (MEF)	Dirección General de Inversión Pública	Director General	Manuel Fernando Starke Rojas	10月27 日
	Dirección General de Inversión Pública	円借款総合調整専門家	Mitsuo Sakamoto	10月27 日
Ministerio del Ambiente (MINAM)	Oficina de Cooperación Internacional y Negociación	-	Jaime Adolfo Cabrera Valencia	10月27 日
Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET)	-	Director de Recursos Minerales y Energéticos, Ingeniero geólogo	Jorge E. Chira Fernandez	10月24 日
	Dirección de Recursos Minerales y Energéticos	Licenciada en química	Vicentina Cruz Pauccara	10月24 日
Agencia de Promoción de la Inversión Privada (ProInversion)	Dirección de Servicios al Inversionista	Especialista en Inversiones	Lisbeth Loja Arroyo	10月25 日
EDC Energía Verde Perú S.A.	Gerencia	Gerente de país	Carlos Nino Neira Rmos	10月28 日

EGP Peru	EGP Chile	Business Developer	Sandro Bruni	10月25日
	EGP Peru	Responsable de Asuntos Regulatorios Peru	Luis Flores Alvarado	10月25日
Deloitte Peru	Oficina de Lima	Gerente Senior de Financial Advisory Services	Daniel Ramos	10月24日

(6) 業務で投入した要員

業務で投入した要員を表 4 示す。

表 4 業務で投入した要員

氏名	担当	業務内容
西本 匡利	業務主任者	総括／プロジェクトファイナンス・事業リスク分析
堀江 常稔	業務従事者	電力セクター及び地熱開発の調査分析
乗藤 真由子	業務従事者	プロジェクトファイナンス調査分析・セミナー準備
坂野 仁士	業務従事者	地熱開発法制度等文献調査リスク分析
渡邊 幸哲	業務従事者	スペイン語翻訳補助

## 2. ペルーにおける民間投資促進制度

ペルーは外資に対して内国民と同等の待遇を保証しており、国産化率、現地調達義務、輸出義務、国内販売規制など外資規制が存在しない、非常にオープンな投資制度を構築している<sup>1</sup>。また、ペルー政府は、官民連携（パブリック・プライベート・パートナーシップ（PPP））方式により多数のインフラプロジェクトを推進している。本章では、ペルーのPPPを中心に民間投資促進に係る制度の現状確認を行った。

### （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。表5に民間投資促進に係る主な法規制の変遷を示す。

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。

表5 民間投資促進に係る主な法制度

法制度	年	概要
法律 N° 30056	2013	科学研究・技術開発・生産革新の振興のために投資が促進するよう税制優遇等インセンティブを整備
大統領令 N° 104-2013-EF	2013	国の資産への民間投資促進と手続の迅速化に関する細則を整備
政令 N° 977	2009	民間投資による免税、インセンティブや税制優遇を整備。
大統領令 N° 015-2004-PCM	2004	投資推進枠組法の規制に関する細則を整備
法律 N° 28059	2003	民間投資促進に係る分権化法
法律 N° 27972	2003	郡レベルの地方自治体（Municipal Government）の組織に関する法律
法律 N° 27867	2002	県レベルの地方政府（Regional Government）の組織に関する法律
法律 N° 27783	2002	民間投資規制に係る分権化基本法
法律 N° 27332	2000	公共サービスの民間投資規制のための機関の整備の枠組法

<sup>1</sup> JETRO HP “ペルー 外資に関する規制”

大統領令 N° 011-99-PE	1999	民間投資の促進のための複数の民間投資促進基金を統合管理する細則を整備
法律 N° 26438	1995	公社への民間投資促進法を改正
大統領令 N° 094-92-PCM	1992	民間投資促進の枠組法に含まれる法的なセキュリティ対策の細則を整備
法律 N° 26120	1992	公社の民間投資促進法の規制を改正し、民営化を促進
大統領令 N° 070-92-PCM	1992	地方政府公社の民間投資によるオーナーシップや運営形態を整備
政令 N° 674	1991	地方政府公社の民間投資による運営を促進

出典：民間投資促進庁 HP、JETRO HP を基に当法人作成

### 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。会社形態ごとの出資者数と出資形態を表 6 に示す。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。

表 6 会社形態ごとの出資者数と出資形態

会社形態	出資者数	出資形態	備考
公開会社 (S. A. または S. A. A.)	2 人以上	現金・現物	株式譲渡制限なし
非公開会社 (S. A. C.)	2 人以上 20 人以下	現金	株式譲渡制限あり
商事有限会社 (S. R. L.)	2 人以上 20 人以下	現金・現物	
一人有限会社 (E. I. R. L.)	1 人	現金・現物	

出典：JETRO HP “ペルー 外資に関する規制”

#### 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<sup>2</sup>。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。表 7 に PPP に関連する法制度を示す。

表 7 PPP の主な法制度

法制度	年	概要
政令 N° 1224	2015	PPP 法的枠組新法として時限立法から恒久法に移行。コンセッション方式の公共事業の関連資材、サービスの輸入、購入代金にかかる一般売上税の還付制度は 1996 年大統領令 (Legislative Decree N° 1012) を継承
大統領令 N°376-2014-EF	2014	官民連携 (PPP) 関連法令 (政令) (Legislative Decree N° 1012) の改正と民間投資の促進のための PPP 法的枠組の整備、大統領令 (Supreme Decree N° 127 -2014) を修正
大統領令 N°127-2014-EF	2014	官民連携 (PPP) 関連法令 (政令) (Legislative Decree N° 1012) の雇用創出と民間投資促進のための細則を整備
大統領令 N° 054-2013-PCM	2013	中央政府、地方政府、地方自治体の民間投資による道路、教育施設、保健・衛生施設、灌漑、上下水等、インフラ全般の整備と電化推進のための役割、範囲を明示
大統領令 N° 226-2012-EF	2012	15,000UIT 未満の PPP プロジェクトの PPP プロジェクトの法枠組を詳細化
PROINVERSIÓN 経営会議合意 N° 278-01-2009	2009	投資プロジェクトにおける民間イニシアティブの手続方法と評価方法を整備
大統領令 N° 146-2008-EF	2008	官民連携の法制度細則を整備
政令 N° 1012	2008	官民連携 (PPP) 関連法令として、民間投資手続の迅速化のための指示ルールと雇用創出のための官民連携 (PPP) の法枠組を整備
法律 N° 27293	2000	国家公共システム投資法 (SNIP) として、諸手続を整備。全ての公共事業に対して EIA を義務づける
大統領令 N° 021-98-PCM	1998	民間投資促進基金 (FONCEPRI; Fund for the Promotion of Private Investment in public infrastructure and public service) の設立
法律 N° 26885	1997	コンセッション関連法として、インフラとユーティリティのコンセッションのインセンティブを整備
大統領令 N° 132-97-EF	1997	インフラ及び公共サービスにおける民間投資の税制優遇を整備
大統領令 N° 060-96-PCM 及び 059-96-PCM	1996	民間企業への公共サービスのコンセッション制度を整備

出典：民間投資促進庁 HP に基づき当法人作成

<sup>2</sup> 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。表 8 にプロジェクトの投資規模別の民間投資促進の主体を示す。民間投資促進庁は、民間との共同投資、または民間投資のみの 15,000 UITs 以上の投資規模のインフラプロジェクトについて、コンセッションの公示、採択事務、プロジェクトの進捗管理を行う。

表 8 プロジェクトの投資規模と投資タイプによる民間投資促進の主体

提案者とプロジェクト投資の区分			投資タイプ	促進機関
公的イニシアティブ	中央政府が提案		民間投資のみ	民間投資促進庁
			民間との共同投資	
	地方政府 または地 方自治体 が提案	>15,000 UITs <sup>3</sup>	民間投資のみ	民間投資促進庁
			民間との共同投資	
		<15,000 UITs	民間投資のみ	Private Investment Promotion Agency of Region / Local Government
			民間との共同投資	
民間イニシアティブ	民間企業が提案		民間投資のみ	民間投資促進庁
			民間との共同投資	
	<15,000 UITs	民間投資のみ	Private Investment Promotion Agency of Region / Local Government	
				民間との共同投資
		民間との共同投資		民間投資促進庁

出典：現地調査に基づき当法人作成

### (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

<sup>3</sup> ペルーでは、課税や控除の率を決定するために、税務当局が毎年、課税単位 (UIT) の額を設定し、これを使用している。その使用方法は、例えば給与所得が 7UITs 以下であれば所得税は免除、といった使用方法である。2016 年 1 月からは、1UIT=3,950 ヌエボソルとなっている。

PPP プロジェクトでは、投資額が、UIT が 15,000 を超える場合、中央政府以外のプロジェクトでも民間投資促進庁が民間投資促進組織となり、プロジェクトを担当する。

ある。

SNIP の目的は、

- ・ 公共投資プロジェクトの継続的な実施
- ・ 公共部門の計画能力の強化
- ・ 3年を超える複数年のプロジェクトの運営について要件を定義
- ・ 投資のモニタリングのツールを公共と民間部門へ提供
- ・ 投資のボトルネックを解消するための促進・規則事項の明示化
- ・ SNIP を活用して投資を実行する者へ投資の意思決定の支援と能力開発

である。

SNIP はその承認を得るのに時間を要する。時間がかかる理由は、審査のプロセスに担当局との頻繁なコミュニケーションが求められるためである。SNIP は MEF の公共投資局 (DGIP) により審査が行われ、承認が与えられる。

具体的な SNIP の審査プロセスは、プロジェクト申請者の PPP プロジェクト提案書を民間投資促進庁が DGIP へ提出することから開始する。DGIP は提出された提案書の内容を確認し、概要を取りまとめる。次いで、DGIP は提案書に記載された情報について、情報源の確認を行い、記載された内容の分析と評価を行う。この初期分析と評価の結果に基づき、DGIP はプロジェクト申請者との第一回目の会合を行う。会合では、DGIP による基本的な理解の確認がされる。提案書の情報や説明に不足があれば、DGIP はプロジェクト申請者へ必要な情報の提供、説明を追加するよう求める。第一回目の会合の後、提案書の内容について、外部専門家を交え、SNIP に適合しているかどうか専門的知見から確認される。その後、第二回目の会合を行い、DGIP はプロジェクト申請者へ確認結果をフィードバックする。会合では SNIP への適合状況の確認結果の報告、プロジェクト申請者への追加調査・情報請求等がされる。第三回の会合では SNIP への適合の確認結果が DGIP より最終報告書が提出され、承認がされる。

このように 3 回の会合を通じた審査を通して SNIP への適合の確認が実施されるため、承認までに時間がかかる。SNIP の審査実態としては、特にプロジェクト提案者が提案するプロジェクトの効果を評価するためのモニタリング方法について、体制や方法の不備に対する指摘が多いため、プロジェクト申請者は事前にモニタリング方法を十分検討しておく必要がある。

## 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にあたり、4種類の申請概略と申請フローを示す。

表9は、4種類の申請の概略である。

表9 PPPプロジェクトの4種類の申請の概略

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

中央または地方政府によって提案されるプロジェクトで、民間企業の全額自己資金で実施するプロジェクトの申請フローを図1に示す。主に中央・地方政府が主導して、民間の投資とノウハウ等を活用した事業運営を推進したい場合のプロジェクトがこれに該当する。

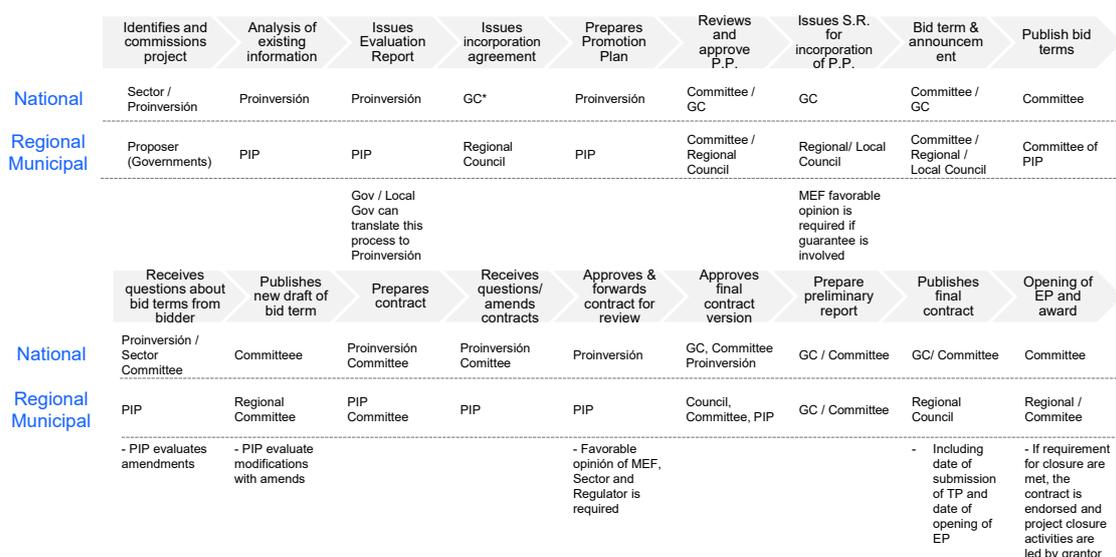


図1 公的イニシアティブ・民間投資のみのPPPのプロジェクト申請フロー

ペルー政府または地方政府によって提案されるプロジェクトで、ペルー政府または地方政府と民間企業の共同投資で実施するプロジェクトの申請フローを図 2 に示す。中央・地方政府等が主導して、民間のノウハウ等を活用した事業運営を共同投資して推進したい場合で、政府が提供しなければならない公益的な事業や開発プロジェクトに適用する。電力関連プロジェクトの場合、公益的な事業の判断は MEM により行われる。

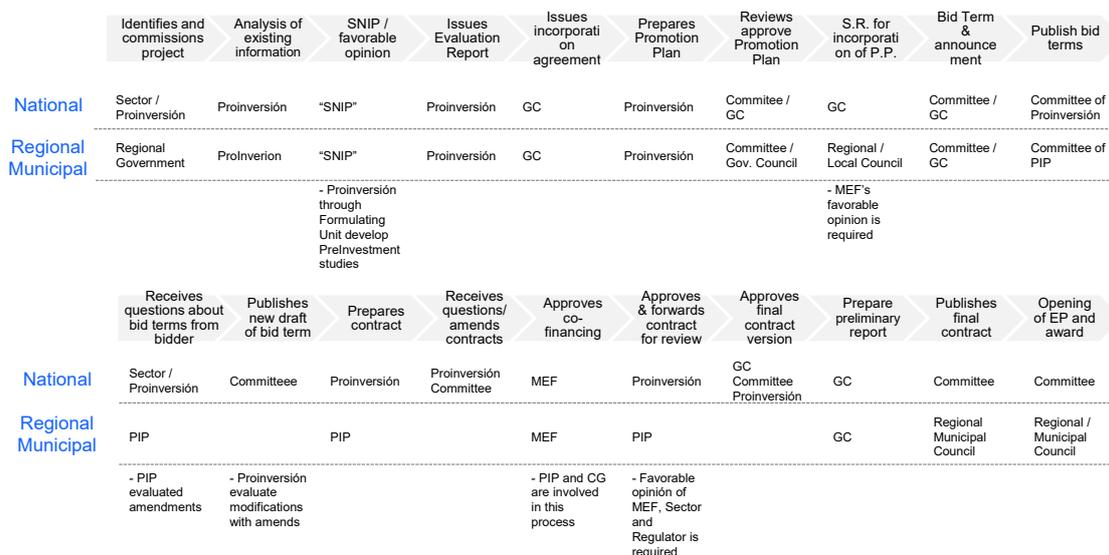


図 2 公的イニシアティブ・民間との共同投資の PPP のプロジェクト申請フロー

民間企業によって提案されるプロジェクトで、民間企業の全額自己資金で実施するプロジェクトの申請フローを図 3 に示す。民間企業によって提案される中央・地方政府事業の民間投資プロジェクトに適用され、主に国営企業か外資企業により運営される。政府保証は投資額の 5%未満が要件となる。

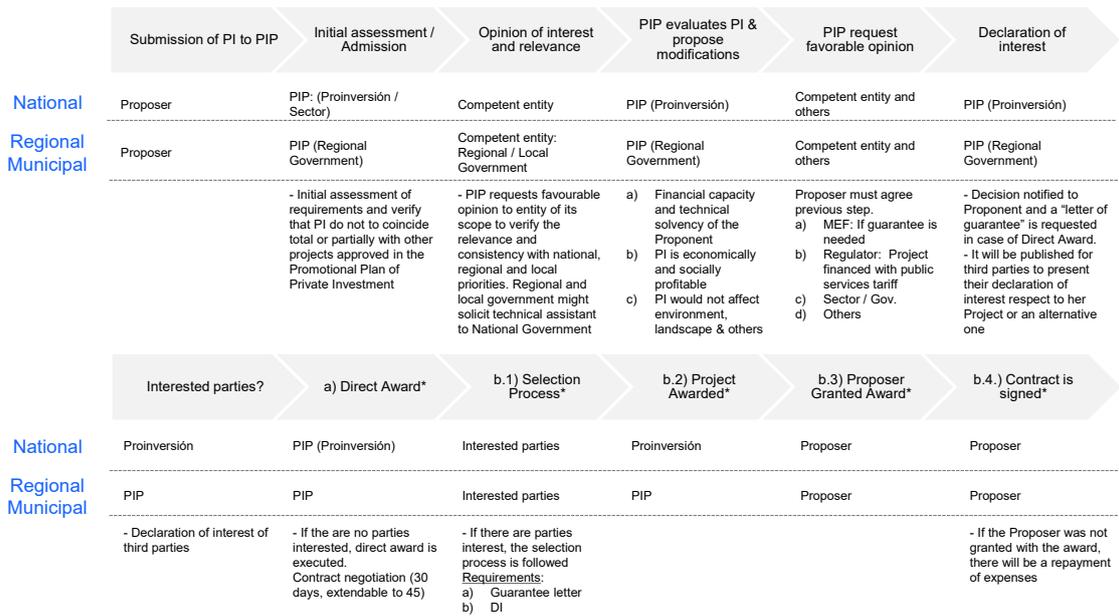


図 3 民間イニシアティブ・民間投資のみの PPP のプロジェクト申請フロー

民間企業によって提案されるプロジェクトで、ペルー政府または地方政府と民間企業の共同投資で実施するプロジェクトの申請フローを図 4 に示す。民間企業によって提案される中央・地方政府との共同出資プロジェクトで、ペルー政府が提供しなければならない公益的な事業や開発開発プロジェクトに適用する。

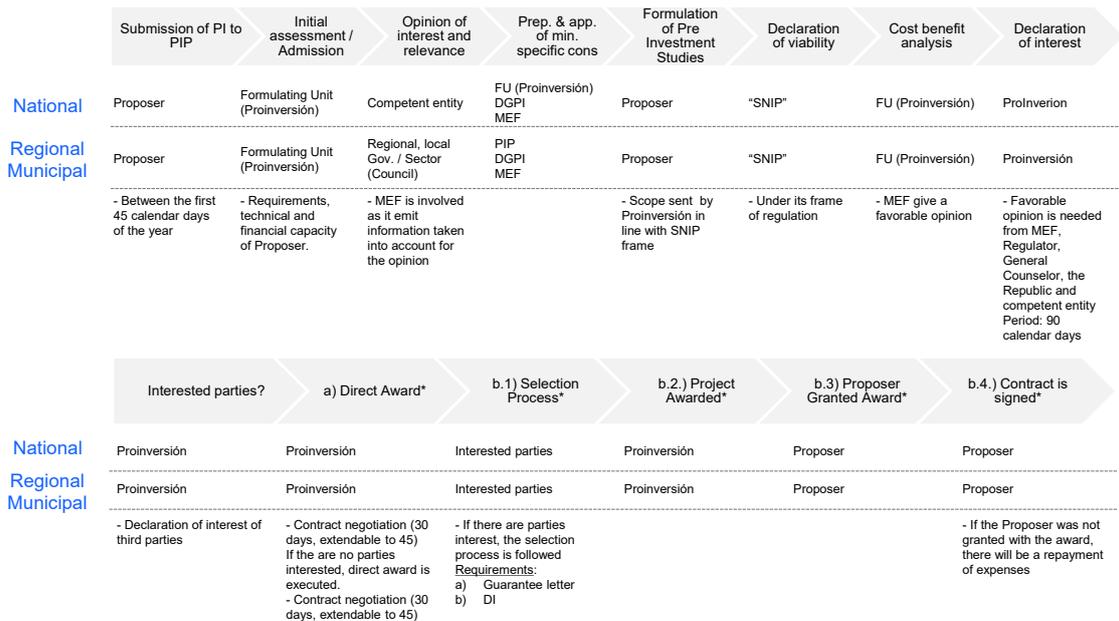


図 4 民間イニシアティブ・民間との共同投資の PPP のプロジェクト申請フロー

#### (4) 財政支援

電力関連プロジェクトは、そのほとんどが民間投資により開発されている。電力関連プロジェクトは事業性が確保でき、政府による補助金等による支援が必要なく、民間主導においてもプロジェクトが自然に進展するとの考えが背景にある。公的イニシアティブの電力関連プロジェクトであっても、民間投資のみによる開発が行われている。ペルー政府による電力関連 PPP プロジェクトを表 10 に示す。

表に示すように全てのプロジェクトが民間投資のみ (Self-sustainable) でのプロジェクトとなっている。

表 10 電力関連の公的イニシアティブの PPP プロジェクトリスト

地域	プロジェクト	概要	契約年数	落札日	投資タイプ	投資額(推定)
LORETO	SUMINISTRO DE ENERGÍA PARA IQUITOS	イキトス市への電力供給を目的にコージェネレーションプラントと送電線を建設。発電機は系統の障害時に電源供給する「コールドリザーブ」として運用。ブラジルの Genrent 社 (GENRENT DO BRASIL LTDA) が落札。	20	2013年5月16日	民間投資のみ	100 m US\$
LORETO / SAN MARTIN	LÍNEA DE TRANSMISIÓN MOYOBAMBA-IQUITOS Y SUBESTACIONES ASOCIADAS	ペルー電力系統 (SEIN) 増強のため 600 キロ超の基幹送電線を建設。ペルー Transmisora 社等のコンソーシアム (Isolux Ingeniería S.A. - Isolux de México S.A. de C.V.) が落札。	30	2014年6月5日	民間投資のみ	499.2 m US\$
CAJAMARCA / SAN MARTÍN	LÍNEA DE TRANSMISIÓN CARHUAQUERO - CAJAMARCA NORTE - CÁCLIC - MOYOBAMBA	ペルー電力系統 (SEIN) 増強のため、東部ペルー等の独立系統を相互接続する INSTALACIONES Y SERVICIOS SA が落札。	30	2012年11月22日	民間投資のみ	106.9 m US\$
PUCALLPA / PUERTO MALDONADO	RESERVA FRÍA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA EN LA SELVA	Pucallpa と Puerto Maldonado にコージェネレーションプラントを建設してペルー電力系統へ接続。発電機から電力不足等緊急事態時に連続供給を提供。Consortio Energías del Perú. が落札。	20	2012年10月5日	民間投資のみ	55 m US\$
AYACUCHO / HUANCVELICA / JUNÍN	LÍNEA DE TRANSMISIÓN FRIASPATA-MOLLEPATA Y SUBESTACIÓN ORCOTUNA	送電線 Friaspata-Mollepata と変電所 Orcotuna の設計、資金調達、建設、運用、保守を実施。電力需要増加への対処につながる。Interconexión Eléctrica S.A. が落札。	30	2014年8月7日	民間投資のみ	38.8 m US\$
AREQUIPA / HUANCVELICA / ICA / MOQUEGUA	LÍNEA DE TRANSMISIÓN MANTARO - MARCONA - SOCABAYA - MONTALVO Y SUBESTACIONES ASOCIADAS	ペルー中央エリアの発電電力を中期的に増加する南部エリアへの送電量を増強する送電線の建設。Interconexión Eléctrica S.A. が落札。	30	2013年7月18日	民間投資のみ	278.4 m US\$
LIMA	SUBESTACIÓN CARAPONGO Y ENLACES DE CONEXIÓN A LÍNEAS ASOCIADAS	ペルー中央と南部エリアの送電線から大都市リマの電力を効率的に利用する変電所の建設。CONSORCIO TRANSMANTARO S.A. が落札。	30	2015年7月22日	民間投資のみ	42.7 m US\$
LIMA	LÍNEA DE TRANSMISIÓN LA PLANICIE-INDUSTRIALES Y SUBESTACIONES ASOCIADAS	リマの南部と東部の電力需要の増加に対応する 16.6 キロの送電線の設計、建設、運用、保守を実施。送電線の最後の 5 キロは地中ケーブルとした。Interconexión Eléctrica S.A. が落札。	30	2014年5月29日	民間投資のみ	35.4 m US\$

CUSCO	LÍNEA DE TRANSMISIÓN MACHUPICCHU - QUENCORO - ONOCORA - TINTAYA Y SUBESTACIONES ASOCIADAS	ペルー南部の送電容量を増加させる、送電線の建設。Abengoa Perú S.A. が落札。	30	2013年2月21日	民間投資のみ	114.3 m US\$
PUNO	LÍNEA DE TRANSMISIÓN AZÁNGARO-JULIACA-PUNO	経年著しい138kV送電線の増強。プノ地域で増大する電力需要を満たすため、新規で220 kV送電線を建設。Red Eléctrica Internacional S.A. - AC Capitales SAFI. が落札。	30	2015年2月12日	民間投資のみ	36.8 m US\$
AREQUIPA	CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE MOLLOCO	Molloco川流域とPalca川の水資源を利用した300 MW発電を行う。EEC コンソーシアム (Corsan Corviam-Engevix-エネクス) が落札。	5	2013年3月21日	民間投資のみ	600 m US\$
AREQUIPA / MOQUEGUA	NODO ENERGÉTICO EN EL SUR	2火力発電所の増設。ペルー南部のパイプラインにより輸送される天然ガスを使用。2017年3月運開予定。EnerSur S. A が落札。	20	2013年11月29日	民間投資のみ	700 m US\$
TACNA	LÍNEA DE TRANSMISIÓN MONTALVO-LOS HÉROES Y SUBESTACIONES ASOCIADAS	水力発電Aricotaの運開に伴う220 kV送電線の建設。タクナの都市部と周辺への電力供給を強化。Interconexión Eléctrica S.A. が落札。	30	2015年12月16日	民間投資のみ	20.2 m US\$
ANCASH / AREQUIPA / CAJAMARCA / LA LIBERTAD/ LAMBAYEQUE / MOQUEGUA / TACNA	MASIFICACIÓN DEL USO DEL GAS NATURAL	2015年に商業運転を開始した、天然ガスの住宅供給事業。天然ガス利用を推進。Gasoducto Sur Peruano が落札。	20	2013年7月25日	民間投資のみ	205 m US\$
AREQUIPA / CUSCO / MOQUEGUA	GASODUCTO SUR PERUANO	天然ガス輸送のためのパイプラインの設計、資金調達、建設、運営、保守および搬送の実施。a) ガスパイプラインと、既存の輸送システムとの接続点(PC)に分離プラントマルビナスの石油パイプライン; b) ガスパイプラインは、南海岸にPCから輸送。セクション1はUrcos(クスコ)にPCから接続。セクション2はUrcosからモレンドに接続。Gas Natural Internacional SDG が落札。	30	2014年6月30日	民間投資のみ	3,643 m US\$

出典：民間投資促進庁 HP より当法人作成

### 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

地熱開発では、その事業性を検討・評価するために、地熱発電を取り巻く制度や電力市場の動向を把握する必要がある。本章では、ペルーの電力セクターと地熱開発に係る制度、市場の概況、地熱開発動向等について、民間投資による地熱開発の推進スキームを検討するための現状確認を行った。調査結果に基づいて、地熱開発における民間投資を促進する課題を分析した。

#### (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。

表 11 国家エネルギー政策 2010-2040

9つの政策目標
1. 再生可能エネルギーとエネルギー効率化に重点を置いたエネルギー基盤の多様化
2. 競争力のあるエネルギーの供給
3. 国民にあまねく電力を普及
4. エネルギーの生産と消費の双方において最大限効率化
5. エネルギーの国内自給自足を達成
6. 環境に及ぼす影響が最小で、温室効果ガス排出が抑制されたエネルギー産業の発展
7. 天然ガス産業を育成し、高効率な発電等、家庭用、輸送用、商工業用のガス利用促進
8. エネルギー産業の関連制度を整備・強化
9. 長期的展望として南米域内エネルギー市場のインテグレーション

出典：Propuesta de Politica Energetica de Estado Peru 2010-2040、平成26年度国際石油需給体制等調査報告書(諸外国のエネルギー政策動向等に関する調査) 経済産業省より当法人作成

ペルーは 2015 年 12 月にパリで開催された気候変動枠組条約第 21 回締約国会議 (COP21)、において、2010 年をリファレンスとした BAU 比で、30%の排出を削減する 2030 年目標を提示した。表 12 に BAU シナリオにおけるペルーの目標を示す。INDC<sup>4</sup>は温室効果ガスを 2030 年に BAU シナリオで排出量の 30%の削減により、土地利用、土地利用変化及び林業 (LULUCF) を含む場合において、ペルーの国家の排出量を 298.3 [Mt-CO<sub>2</sub>]以下とする計画である。30%の内訳は20%削減をペルー国内の公的および民間資金によって削減し、残りの10%削減は国際資金の活用により削減する計画である。

MEM、環境省 (MINAM) へのヒアリングでは、IDC の具体的な目標達成方法については、今後具体的な方法を検討していくとのことであった。

表 12 2030 年排出削減後の排出量 (BAU シナリオ)

年	国家全体の排出量 [MtCO <sub>2</sub> ]	
	土地利用、土地利用変化及び林業を含む場合	土地利用、土地利用変化及び林業を除く場合
2010 年 (base year)	170.6	78.0
2030 年 (target year)	298.3	139.3

出典：INTENDED NATIONALLY DETERMINED CONTRIBUTION (iNDC) FROM THE REPUBLIC OF PERU, September, 2015

## ② 法規制

電力事業、地熱発電に係る法規制を表 13 に示す。

表 13 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	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

<sup>4</sup> INDC とは、各国が自主的に決定する約束草案であり、2015 年の COP21 合意に先立ち、各国内の政策決定プロセスで決定された気候変動対策に関する目標のこと。基本的に温室効果ガスの排出削減目標を指す。

政令 N° 1058		
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

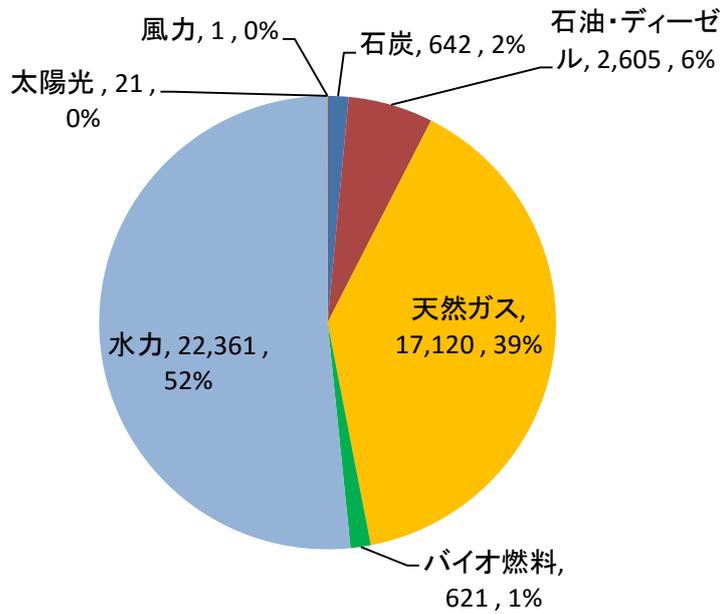
地熱資源法においては手続の基本事項を規定しており、地熱開発コンセッション取得の申請条件や、要件を規定している。また、地熱開発法細則においては、地熱開発コンセッションの申請・履行・審査・通知の具体的な手続を規定している。

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、明記されていない。

## (2) 概況

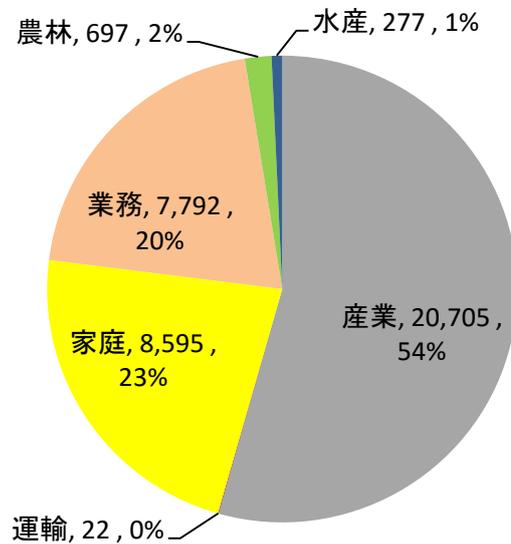
### ① ペルーの電力の需要と供給

ペルー全土の発電電力量と需要量を図 5 と図 6 に示す。ペルーの電力のほとんどは水力と天然ガスにより発電されている状況である。一方、需要は産業が最も大きい。



出典：IEA HP, Electricity and Heat for 2013

図 5 発電電力量[GWh] 2013年



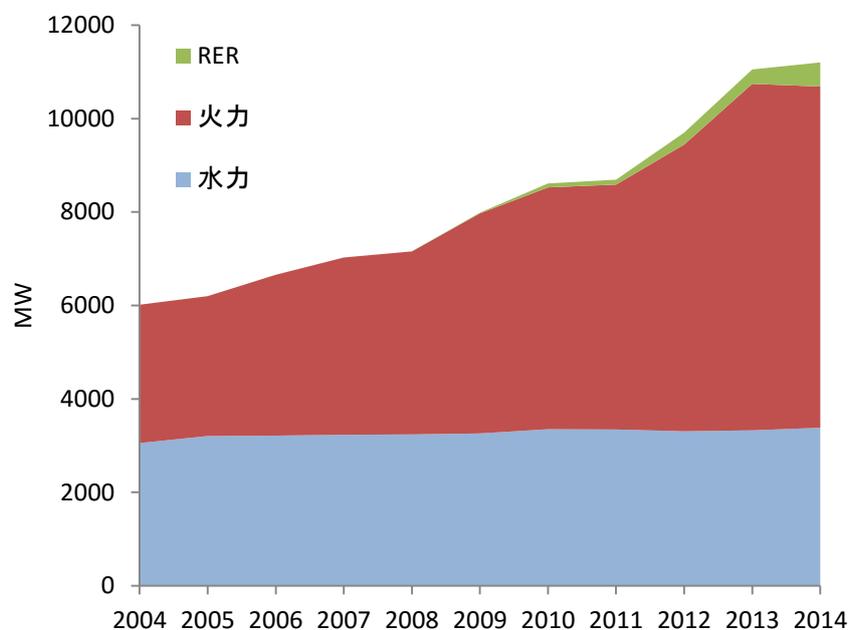
出典：IEA HP, Electricity and Heat for 2013

図 6 需要量[GWh] 2013年

② 発電種別毎の発電容量と発電電力量の傾向

続いて発電種別毎の発電容量の推移を図 7 に示す。ペルーでは、これまで主に天然ガ

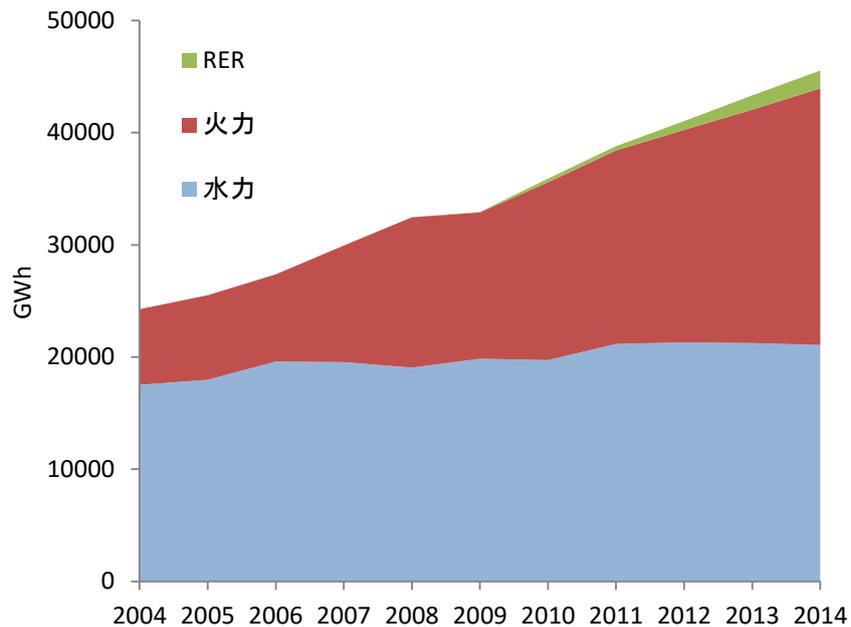
ス火力発電設備の増加によって需要の増加に対応してきた（CAGR（Compound Average Growth Rate；年平均成長率）=9.4%，2004-2014年）。近年は特に RER 発電容量が増加している（CAGR=93.5%，2004-2014年）。



出典：Anuario Ejecutivo De electricidad 2014, Ministerio de Energia y Minas

図 7 発電種別毎の発電容量

図 8に発電種別ごとの発電電力量を示す。発電容量と同様に発電電力量も天然ガス火力発電による発電電力量を増加させ（CAGR=13.0%，2004-2014年）ており、近年はRER発電電力量が大きく増加（CAGR=105.2%，2004-2014年）している。



出典：Anuario Ejecutivo De electricidad 2014, Ministerio de Energia y Minas

図 8 発電種別毎の発電電力量

### ③ 天然ガスの輸出

ペルーは天然ガス純輸出国である。大きく 2 つの天然ガス田があり、自国での天然ガス生産が可能である。

Aguaytiaガス田は、リマ市の北東約 600kmの Tingo Mariaの近くにあり、天然ガス埋蔵量は 4.4Tcf である。1998 年より 5.5Mcf/d の生産が行われ、160MW の天然ガス発電所に供給されてきたほか、LPGを1,300b/d、天然ガソリンを 2,500b/d生産し、国内に供給している。

Camiseaガス田は、リマ市の南東約 1,200kmのアマゾン密林地帯にあり、天然ガス 13Tcf、コンデンセート 6 億バレルの埋蔵量が見込まれている。2004 年 8 月よりパイプラインによりリマへのガス供給が開始された。天然ガスはメキシコその他、日本への輸出実績もある。

表 14 エネルギー輸出入動向[MToe]

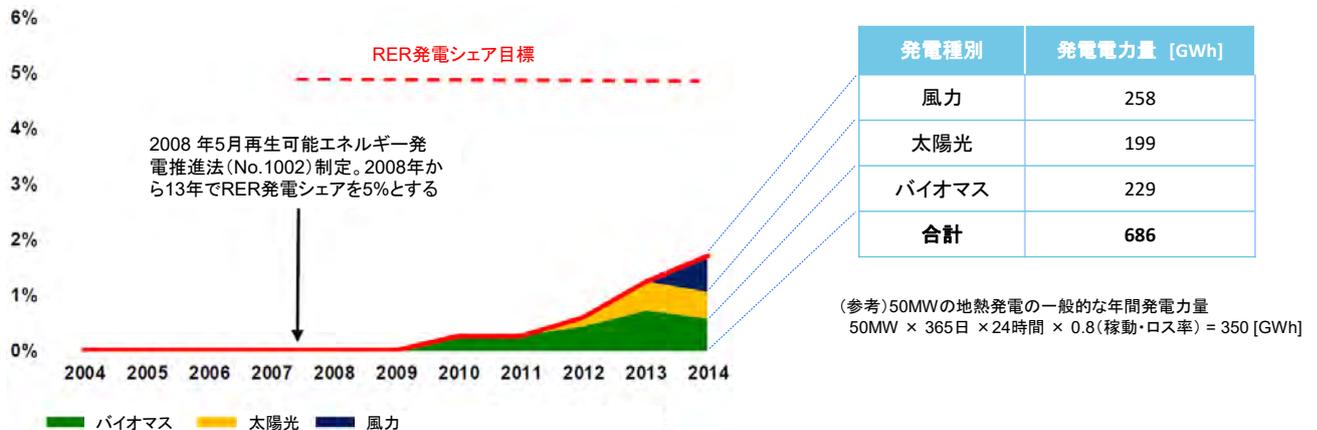
年	天然ガス		原油		石油製品		石炭	
	輸入	輸出	輸入	輸出	輸入	輸出	輸入	輸出
2008	0	0	4.9	0.9	1.9	2.9	0.7	0
2009	0	0	5.0	1.0	1.2	3.2	0.6	0
2010	0	2.0	4.8	1.0	1.9	3.9	0.7	2.0
2011	0	5.0	4.8	0.8	2.4	3.4	0.4	5.0
2012	0	5.0	4.6	0.8	2.8	4.2	0.5	5.0

出典：平成 26 年度国際石油需給体制等調査報告書（諸外国のエネルギー政策動向等に関する調査）資源エネルギー庁

#### ④ RER 発電のシェア

ペルー政府は 2008 年に小水力発電を除く RER 発電による供給シェアを 2013 年に 5% とする再エネ推進法細則 (No. 1002) を施行した。図 9 に RER 発電電力量の供給推移を示す。RER 発電電力量は増加しているが、未だ目標を下回る。

図 9 には RER 発電の内訳として、供給シェアとトレンドも示す。



出典：Anuario Ejecutivo De electricidad 2014, Ministerio de Energia y Minas

図 9 RER 発電の供給シェアトレンド

#### ⑤ 電力市場

ペルーの電力市場は 1992 年（政令 25844 電力事業委託法）に発送配電が分離され、高度に自由化された市場構造である。発電、送配電事業への参入にはシェアによる制限がある。垂直統合での参入の場合、発電と送電のいずれかのシェアが 5% 以上の場合、また、

水平統合でシェアが 15%以上の場合には、エネルギー鉱業投資監督庁（OSINERGMIN）の認可が必要である。ペルーの主要発電企業グループにおける発電割合を表 15 に示す。Electroperú、Edegel、Enersur がシェア 15%以上となっている。

表 15 ペルーの主要発電企業と発電割合（2014 年実績）

企業グループ	企業グループの所属国	事業実施企業名	容量 [MW]	発電量 [GWh]	SEIN に占める容量割合	SEIN に占める発電量割合
Estado Peruano	ペルー	Electroperú	1,027	7,041	11%	17%
		Egasa	331	1,293	4%	3%
		Egema	91	684	1%	2%
		San Gabán	119	775	1%	2%
		Egesur	59	273	1%	1%
		小計	1,627	10,066	18%	24%
Enel	イタリア	Edegel	1,557	7,890	17%	19%
		Chinango	196	958	2%	2%
		Eepsa	277	455	3%	1%
		小計	2,030	9,303	22%	22%
Engie (antes GDF Suez)	フランス	Enersur	1,902	7,098	21%	17%
IC Power Holdings Limited	イスラエル	Kallpa	1,172	5,924	13%	14%
AEI Energy	米国	Fenix Power	575	1,512	6%	4%
Duke Energy	米国	Egenor	358	2,154	4%	5%
		Termoselva	192	380	2%	1%
		小計	550	2,534	6%	6%
Statkraft	ノルウェイ	Statkraft	268	1,728	3%	4%
その他	-	-	1,125	3,631	12%	9%
<b>SEIN 合計</b>			<b>9,248</b>	<b>41,796</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

出典：Anuario Encutivo De electricidad 2014, Ministerio de Energia y Minas

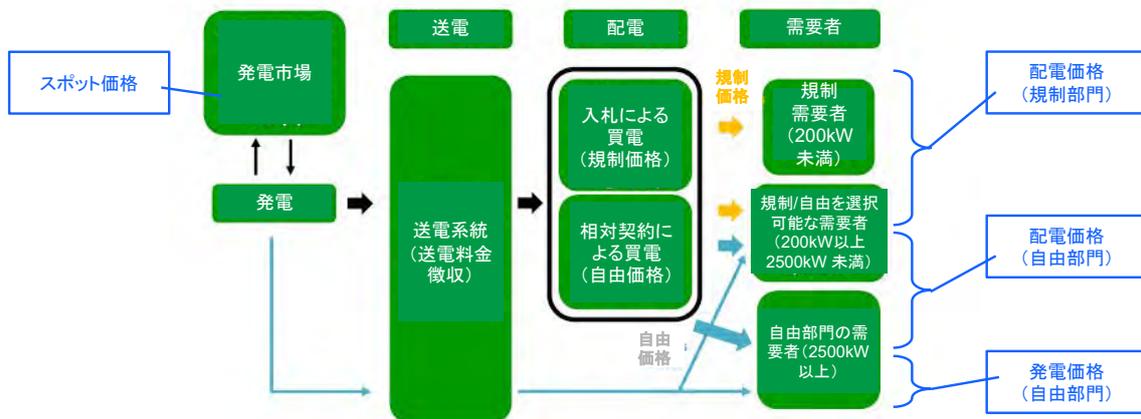
ペルーの主要送電企業グループの送電線弘長割合を表 16 に示す。Red de Energía del Perú の送電線回線弘長割合が 15%以上となっている。

表 16 ペルーの主要送電企業と送電線回線弘長割合（2014年実績）

企業グループ	企業グループの所属国	事業実施企業名	送電線回線弘長					弘長計 [km]	総弘長割合
			500 kV	220 kV	138 kV	60-75 kV	30-50 kV		
Abengoa	スペイン	Abengoa Transmisión Norte		1,010	4			1,014	5%
		Abengoa Transmisión Sur	890	60				950	4%
		小計	890	1,070	4	0	0	1,964	9%
Grupo ISA	コロンビア	Consorcio Transmántaro	949	1,088	41			2,078	10%
		Interconexión Eléctrica ISA Perú		262	131			393	2%
		Red de Energía del Perú		3,385	1,241	34		4,660	22%
		小計	949	4,735	1,413	34	0	7,131	33%
その他	-	-		761	2,578	4,749	2,253	10,340	48%
合計(ペルー全体)			1,838	8,241	4,368	4,889	2,253	21,589	-

出典：Anuario Enciclopedia De electricidad 2014, Ministerio de Energía y Minas

ペルーの電力市場概要図を図 10に示す。発電事業者の電気の販売先は、発電市場（スポット価格）、規制部門の需要者（規制価格）、自由部門の需要者（自由価格）の3つとなる。発電市場は発電事業者間の電力及び電力量の融通を行う。発電事業者は最大需用電力 2500kW 以上の自由部門の需要家や同 200kW 以上 2500kW 未満の規制/自由を選択可能な需要者との相対契約、または配電事業者との長期契約を締結することが必要である。中立系統運用機関である COES-SINACによる発電事業者への給電指令は、発電事業者と配電事業者・需要者との契約に関係なく、各発電所の発電量と発電価格に基づいて最も発電価格の低い発電機を必要な需要電力量まで積み上げ、最後にCOES-SINACにより選択された発電機の発電価格が発電市場のスポット価格となる。発電市場は発電事業者間の電力融通に限られ、配電事業者や需要者は取引に参加することはできない。

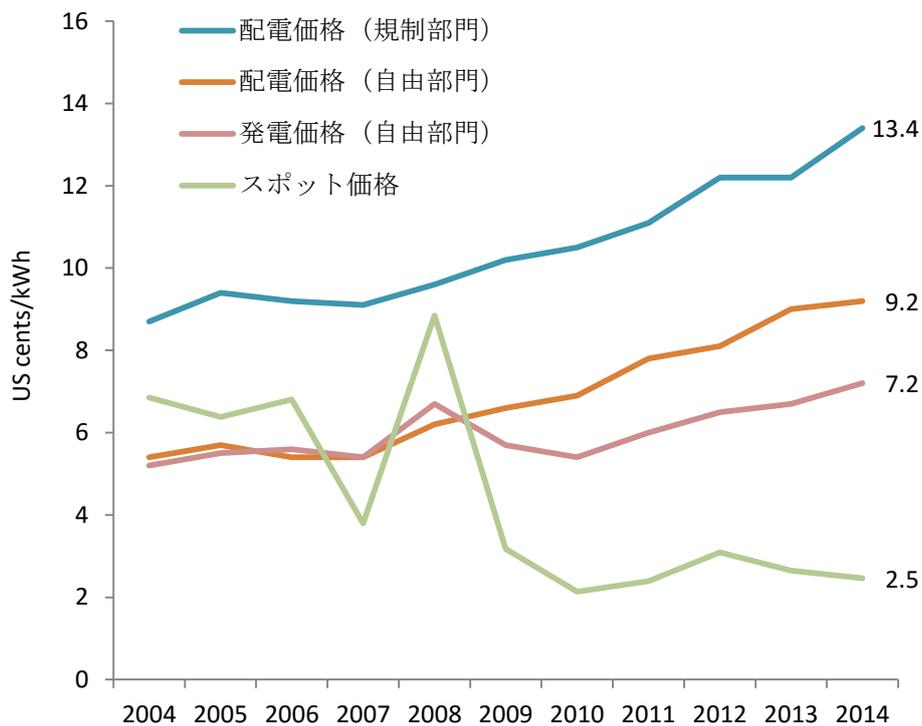


出典：Anuario Enecutive De electricidad 2014, Ministerio de Energia y Minas  
 図 10 電力市場におけるプレイヤー区分と適用される価格

ペルーの電気料金は需要の増加に対して、天然ガス火力発電の稼働の増加により対応しているため長期的には上昇傾向にあった。図 11 に電力価格の推移を示す。

200kW 以上 2500kW 未満の配電価格（自由部門）が最も上昇が大きく（CAGR=6.1%、2004-2014 年）、200kW 未満の配電価格（規制部門）が次いで上昇が大きい（CAGR=4.9%、2004-2014 年）。送電料金を含まない 2500kW 以上の発電価格（自由部門）も上昇している（CAGR=3.7%、2004-2014 年）。ただし、スポット価格が近年は低水準で推移している。これは供給予備力が 2014 年には 48%<sup>5</sup>あり、安価な水力、天然ガス発電による電力が供給されているためである。

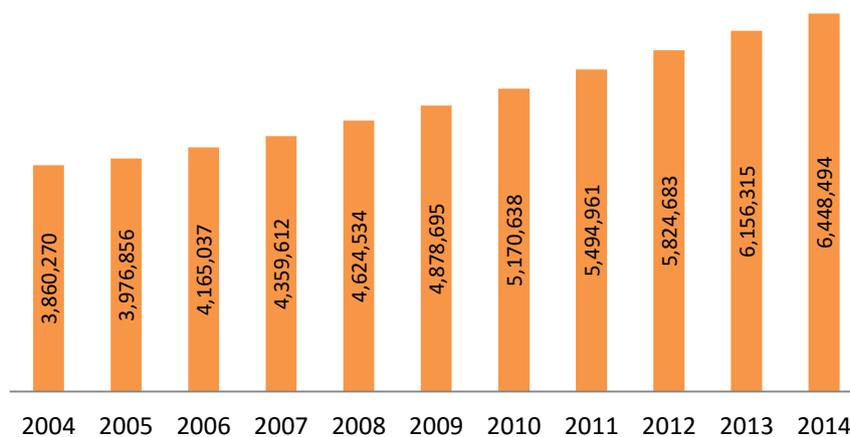
<sup>5</sup> Anuario Enecutive De electricidad 2014, Ministerio de Energia y Minas



出典：Evoluciones en el Subsector Eléctrico, Parte 10, 2014, Ministerio de Energia y Minas

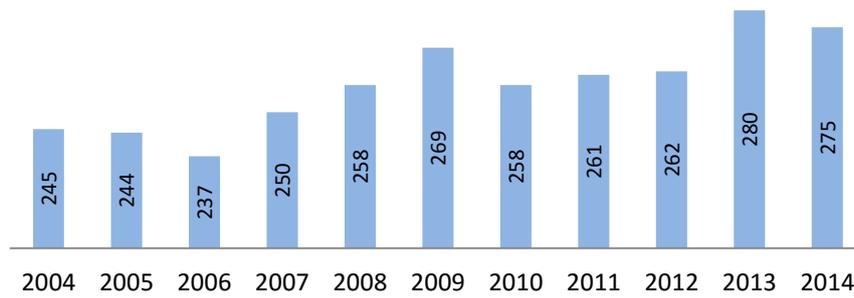
図 11 需要者と発電市場の電気料金（買電）推移

図 12 と図 13 に自由部門（2500kW 以上）と規制部門の需要者数の推移を示す。需要者は規制部門（主に住宅等小規模需要）の増加が著しい。



出典：Anuario Ejecutivo De electricidad 2014, Ministerio de Energia y Minas

図 12 規制部門の需要者数

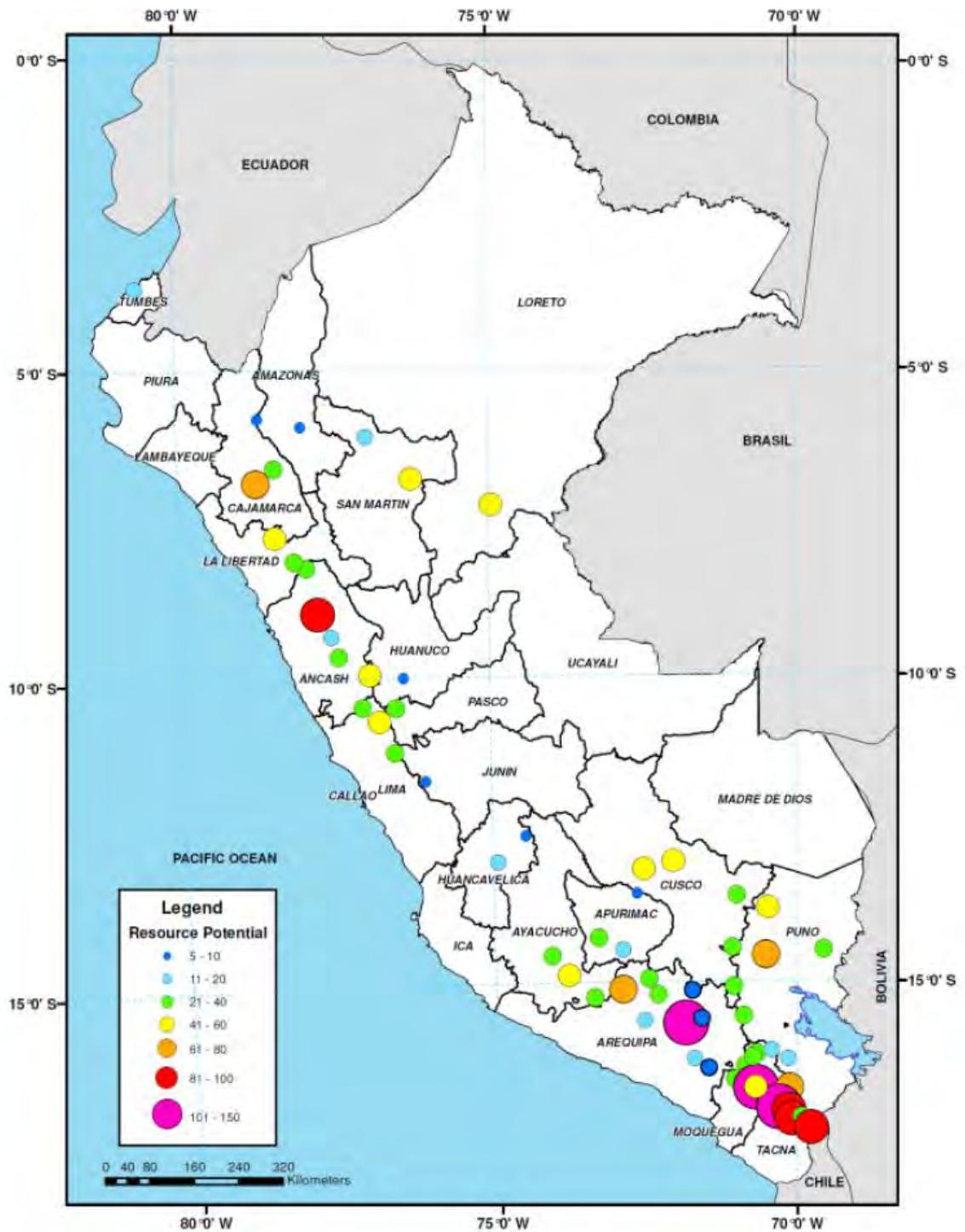


出典：Anuario Ejecutivo De electricidad 2014, Ministerio de Energia y Minas

図 13 自由部門の需要者数

#### ⑥ 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 14 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 14 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。手続については、(4) 各種手続の①地熱開発コンセッションで詳述する。

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年間に超過している。

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 17 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)

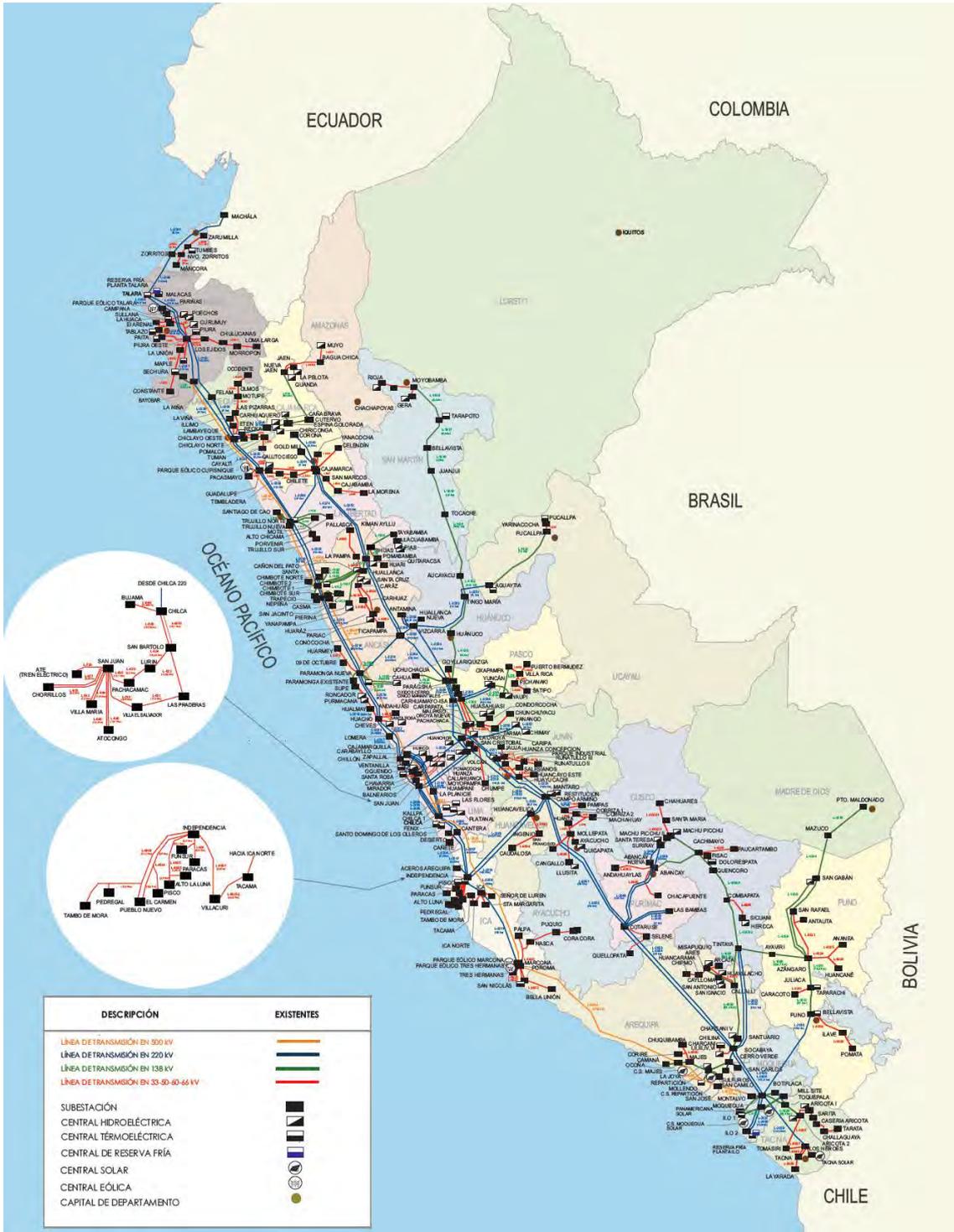
\*1: フェーズ II において提出が必要な書類の承認保留中のため

\*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

#### ⑦ ペルーのグリッド (SEIN) への接続

SEIN はペルーの地形・都市配置を反映して、南北の太平洋側に沿ったくし型の電力系統を構成している。主要な発電所を含めた SEIN の全体図を図 15 に示す。



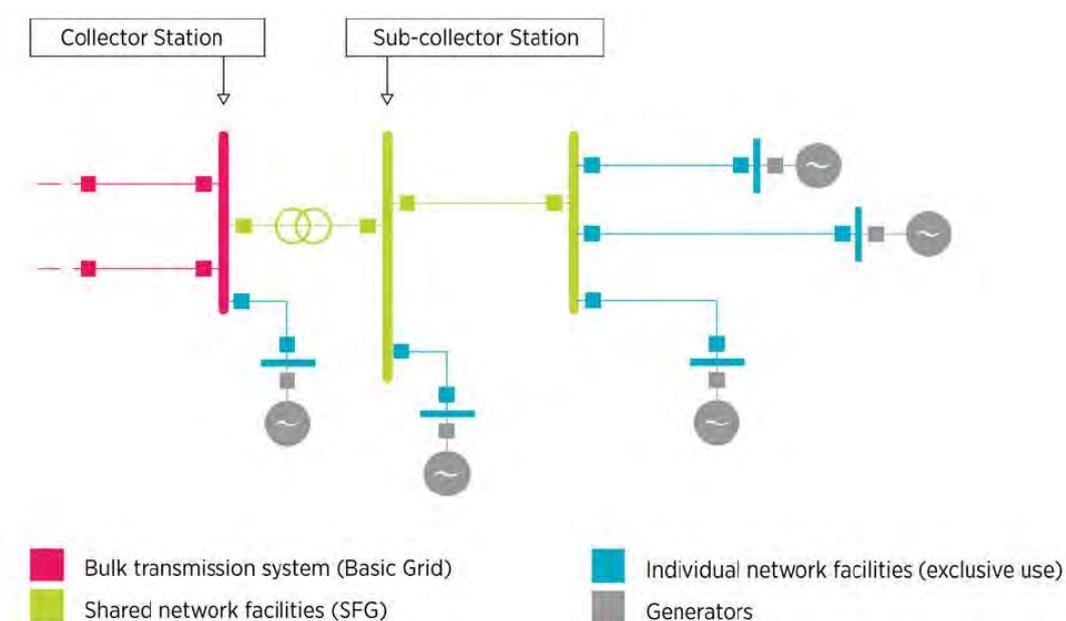
出典：COES-SINAC HP

図 15 ペルーの SEIN 全体図

SEIN への接続による電力供給を行う場合、発電事業者は基幹系統設備までの私設送電線を建設することにより SEIN へ接続することが必要である。図 16 に示す Individual network facilities (exclusive use) が発電事業者が建設する私設送電線の範囲となる。Bulk transmission system (Basic Grid) と Shared network facilities (SFC) は COES-SINAC が計画し、基本設計を行う。これらの変電所や送電線は、民間事業者がコンセッションを得て、建設・運用・保守を行う。

COES-SINAC は中立機関として、民間の発電事業計画のインプットなしに 3 年間程度の需要と供給に見合う最小コストでの送電線建設を計画する。

送電線建設計画にあわせた経済的な発電所建設のためには、COES-SINAC へのプロアクティブな交渉が重要と考えられるが、COES-SINAC は中立機関であり、発電所開発計画には関与しない。このため、発電事業者は送電線の建設計画の定期的な確認・入手が重要になる。



出典：PERU RENEWABLES READINESS ASSESSMENT 2014, IRENA

図 16 私設送電線建設範囲

### ⑧ 隣国との国際連系の計画

ペルーは、電力供給のさらなる安定化や他国への電力融通、経済運用を目的に隣接する国々とのグリッドの国際連系を計画している。COES-SINAC によれば、2024 年の連系に向けて、既に米国等の支援を受けて FS を開始している。

計画では、エクアドルとブラジルへは交流 500kV の基幹送電線で連系する。両国は周波数がペルーと同じ 60Hz である。コロンビアはエクアドル経由での連系とし、ペルーから

直接コロンビアとは連系しない方針である。また、ペルーからボリビア、チリへの連系は、両国の周波数が 50Hz であるため、交流 500kV の基幹送電線を延伸し、周波数変換所をペルー国内に建設して接続する方針である。

ペルーでは電力の供給予備力が大きく、隣国で電力価格が高いチリへの供給が可能となれば、電力の輸出を推進できる可能性がある。



出典：Informe COES/DP-01-2014 “Propuesta Definitiva de Actualización del Plan de Transmisión 2015 - 2024”

図 17 ペルーのグリッド国際連系計画

(3) 推進・規制機関

① 電力セクターの主要な推進・規制機関

電力セクターは、MEM、民間投資促進庁が推進機関、OSINERGMIN、MINAM 等の組織が規制機関である。表 18 に各機関の機能を示す。

表 18 電力セクターの主要な推進・規制機関

機関	機能
MEM	電力セクター全体の政策立案、法整備を行い、また、発送配電の許認可を行う。MEM は大きく、エネルギー部門と鉱業部門に分かれており、同国のエネルギー政策に責任を負うのがエネルギー次官である。エネルギー次官の下に、電力総局、炭化水素総局、農村電化総局、省エネ総局、エネルギー環境総局が存在する。再エネ発電のオークションでは、発電種別ごとの要求量を設定する
MEF	電力セクターの投資促進に係る政策全体の取りまとめを行う。公的債務を管理している機関であり、ペルー政府が実施する公共事業は MEF の審査を受ける。電力セクターの開発プロジェクトにおいて、円借款を活用する場合は、MEF の国庫債務局(Dirección General de Endeudamiento y Tesoro Público)の審査を受け、承認を得る必要がある
民間投資促進庁	電力セクターの競争・入札による民間投資を促進する推進機関。PPP による天然ガス等資源開発、発送配電プロジェクトの入札情報のポータルとして海外への情報発信も行う
エネルギー鉱業投資監督庁 (Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería, OSINERGMIN)	電力・石油・ガスの各事業に関する法律・技術基準などの遵守状況を把握するために、1997 年に設立された規制機関。その後、電力料金委員会 (CTE:Comisión de Tarifas Eléctricas) の機能を吸収し、料金規制を行うとともに、規制料金部門 (GART, The deputy Rate Regulation Department) を創設し、再エネ発電のオークションの開催、ベース価格設定の機能も持つ
MINAM	2008 年 5 月設立。環境全般の政策立案、法整備を行う (エネルギー関連の環境政策は MEM 内の DGAAE が実施)
国家水利庁 (Autoridad Nacional del Agua, ANA)	2008 年 3 月設立。水資源の管理と技術基準策定を行う規制機関
公正競争知的財産保護庁 (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual, INDECOPI)	公正な競争の確保、消費者保護、知的所有権の保護を図る目的で監督を行う
電力系統経済運用委員会 (Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional, COES-SINAC)	ペルーのグリッド、SEIN の経済的系統運用を行う民間の中立機関。SEIN の安定的かつ競争的な送電系統を構築するための、送変電建設の中長期計画、基本設計、建設・調達の手続も行う

国家水道監督局 (Autoridad Nacional de Agua (ANA))	天然水（湖、川、湧水等）の利用許可をする機関。ペルー農業省の組織。地下水資源の利用に関し、地熱発電で分離した熱水の地下への還元や排水処理についての許認可の要否判断を行う
--	--

出典：現地調査に基づき当法人作成

## ② 地熱開発に係る主要な推進・規制機関

地熱開発における関係機関として、エネルギー鉱山省所轄の鉱業冶金地質研究所 (INGEMMET) が技術面での推進支援機関であり、地熱開発の環境影響評価は、環境省自然保護局 (SERNANP)、持続的投資環境認証サービス局 (SENACE)、エネルギー鉱山省のエネルギー環境局 (DGAAE) が規制機関である。表 19 に各機関の機能を示す

表 19 地熱開発に係る主要な推進・規制機関

機関	機能
エネルギー鉱山省 (Ministerio de Energía y Minas, MEM)	地熱開発の政策立案、法整備を行い、また、地熱開発コンセッションの入札実施、相談窓口、審査、承認を行う。電力総局において地熱開発コンセッションの管理を、エネルギー環境総局において EIA を実施する
経済財政省 (Ministro de Economía y Finanzas, MEF)	地熱発電開発プロジェクトにおいて、円借款を活用する場合は、MEF の公債・国庫局 (Dirección General de Endeudamiento y Tesoro Público) で審査を受け、承認を得る必要がある
鉱業冶金地質研究所 (INGEMMET) 鉱物エネルギー資源局 Dirección de Recursos Minerales y Energéticos	エネルギー鉱山省所轄の地質、鉱物資源に係る探査、評価、研究を行う国立研究機関。地熱開発では、地表調査による地熱資源の探査、評価を行う
環境省自然保護局 (Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas, SERNANP)	自然保護区等規制区域の開発の審査を行う機関。EIA における技術的な意見表明を行う。EIA の承認に必要な意見表明のみで、承認は行わない
持続的投資環境認証サービス局 (Servicio Nacional de Certificación Ambiental para las Inversiones Sostenibles, SENACE)	2012年 12月に国家環境影響システム法およびその施行規則に規定され、EIAのカテゴリ II と III の審査・承認を行う MINAM の独立機関として設立
エネルギー鉱山省 エネルギー環境局 (Dirección General de Asuntos Ambientales Energéticos, DGAAE)	電力事業における EIA のカテゴリ I の審査・承認を担当する。地熱発電の電力事業に関する部分の EIA は SERNANP に対して EIA における技術的な事項に関する意見を具申し、SERNANP の意見に基づき EIA の承認を行う

出典：現地調査に基づき当法人作成

#### (4) 各種手続

##### ① 電力事業法と地熱資源法で定められている権利

電力設備の建設・運用にはコンセッションの獲得が必要である。発電、送電、配電の電力セクターにおいて、一時的コンセッションとコンセッション（一部認可）の取得が定められている。一時的コンセッション（Temporary Concession）は、2年間のFS実施のために付与される権利である。1度だけ、1年間の延長が可能である。また、一時的コンセッション保持者は、続く開発のためのコンセッションの付与が優先される。

地熱発電所の建設では、実現可能性調査（FS）のステージと開発ステージで電力事業法ではなく、地熱資源法で定められた権利を行使する必要がある。地表調査等の概査は特に権利の取得は不要で、許可等の必要がない。試掘等の探査を行う場合には、探査コンセッションを取得し、地熱発電所の開発（発電所建設を含む）ステージでは、開発コンセッションの取得が必要である。商用運転ステージでは、地熱開発事業者が地熱資源法ではなく、電力事業法による発電所運転のためのコンセッションを取得する必要がある。



出典：ペルー国地熱発電開発マスタープラン調査 2012年 JICA と現地調査に基づき当法人作成

図 18 電力セクター・地熱開発に必要な権利

##### ② 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 20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ッ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 20 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"> <li>• 1 年目: 0.001 UIT per hectare (= 1.146 US\$/hectare)</li> <li>• 2 年目: 0.002 UIT per hectare (= 2.292 US\$/hectare)</li> <li>• 3 年目: 0.003 UIT per hectare (= 3.438 US\$/hectare)</li> <li>• 4 年目: 0.004 UIT per hectare (= 4.584 US\$/hectare)</li> <li>• 5 年目: 0.005 UIT per hectare (= 5.730 US\$/hectare)</li> </ul> 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ネアが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 EIA

地熱開発では探査 (Exploration) と開発 (Exploitation) で2つのEIAが必要となる。表 21 に地熱開発に必要なEIAを示す。探査 (Exploration) のEIAはフェーズ2の1000m以上の井戸掘削前に必要である。その後、開発 (Exploitation) で発電所を建設する前にもEIAが必要となる。

発電プロジェクトは発電容量が500kW以上の発電所の建設においてEIAが必要となる。表 22 に発電所建設におけるEIAを示す。地熱発電の場合、開発 (Exploitation) のEIAがこのEIAに対応する。

表 21 地熱開発において必要なEIA

EIA	地熱開発法の要求事項
探査 (Exploration) のフェーズ1から2への移行時 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	調査井掘削に係るEIA
開発 (Exploitation) の実施前	発電所建設に係るEIA

出典：現地調査に基づき当法人作成

表 22 発電所建設ステージにおけるEIAと許可

事業		電力事業法の要求事項		
		開発コンセッション	許可	EIA
再生可能エネルギー発電所の建設 (地熱発電を含む)	500kW以上	必要	必要なし	必要
火力発電所の建設	500kW以上	必要なし	必要	必要

出典：ペルー国地熱発電開発マスタープラン調査 2012年 JICA と現地調査に基づき当法人作成

EIAは表 23 に示すように、2009年のプロジェクト分類に関する大統領令 (D. S. 019-2009-MINAM) により、3つのカテゴリに分けられている

地熱開発におけるEIAは、①発電容量、②環境影響の程度、の優先順位に基づいてMINAMがカテゴリの指定を行う。MEMのDAGGEによれば、発電容量が20MW以上では、確実にカテゴリⅢに指定される。地熱の探査 (Exploration) を含め、発電プロジェクトは、DAGGEがカテゴリⅠとⅡのEIAを承認する。カテゴリⅢはSENACEが承認を行う。なお、2018年

以降は、発電プロジェクトにおいても SENACE がカテゴリ II の EIA を承認するように制度が変更される。MINAM 内での EIA の指定や承認が集約されることになり、承認にかかる期間が短縮されることが期待される。

表 23 EIA の種別

カテゴリ I - Environmental Impact Statement (EIS): Study whereby environmental investment projects for which generation is expected impacts are evaluated negative environmental mild.
カテゴリ II - Semi-detailed Environmental Impact Assessment (EIASd) : Environmental study by which investment projects for which the generation of moderate negative environmental impacts are expected are evaluated.
カテゴリ III - Detailed Environmental Impact Study (EIA- d) : environmental study through which projects are evaluated investment for which the generation of significant negative environmental impacts are expected.

出典 : SITUACIÓN DE LA ENERGÍA GEOTÉRMICA EN EL PERÚ, 2014

発電プロジェクトの EIA の承認は、カテゴリごとに承認機関が異なるが、開発対象エリアによっては SERNANP による EIA への意見表明がなされる。この意見に対応しない場合、EIA の承認を得ることは原則できない。開発対象エリア毎の意見表明の有無、また承認機関を表 24 に整理した。

SERNANP によれば、保護区（直接利用規制区）での開発は、制度上は可能であるが、極めて難しいのが実態である。EIA には SERNANP が意見を表明するが、この意見に対応しないで EIA の承認を得ることは原則できない。EIA は規定上 150 日で承認が得られるルールとなっているが、大規模プロジェクトの EIA の実施に必要な専門家が不足しており、大規模プロジェクトの EIA に関する専門知識の蓄積も進んでいない状況にあり、実運用上は 1 年程度の期間がかかっているのが現状とのことである。

表 24 地熱開発における EIA の対象エリア

開発対象エリア		開発の規制	EIA の承認 (2018 年以降)
保護区	間接利用規制区 (国立公園、国立聖地、歴史聖地)	科学的な研究調査等以外の活動は不可	—
	直接利用規制区 (国立保護区、野生動物避難区、保護林、狩猟区、コミュニティ保護区、景観保護区、保護ゾーン)	EIA の許可により利用、開発は可能	SERNANP が意見を表明、SERNANP の意見を踏まえて、SENACE が審査、カテゴリ I は DGAAE、カテゴリ II と III は SENACE が承認
バッファゾーン規制区 (保護区の緩衝地帯。マスタープランが作成され、それに従い、主管官庁の許可を得ることで開発が認められる)		EIA の許可により利用、開発は可能	保護区に影響を及ぼす場合のみ、SERNANP が意見を表明、SERNANP の意見を踏まえて、SENACE が審査、カテゴリ I は DGAAE が承認、カテゴリ II と III は SENACE が承認
規制区域以外の地域		規制なし	SENACE が審査、カテゴリ I は DGAAE が承認、カテゴリ II と III は SENACE が承認

出典：ペルー国地熱発電開発マスタープラン調査 2012 年 JICA と現地調査に基づき当法人作成

#### (5) 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 25 のとおりである。

表 25 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エネ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

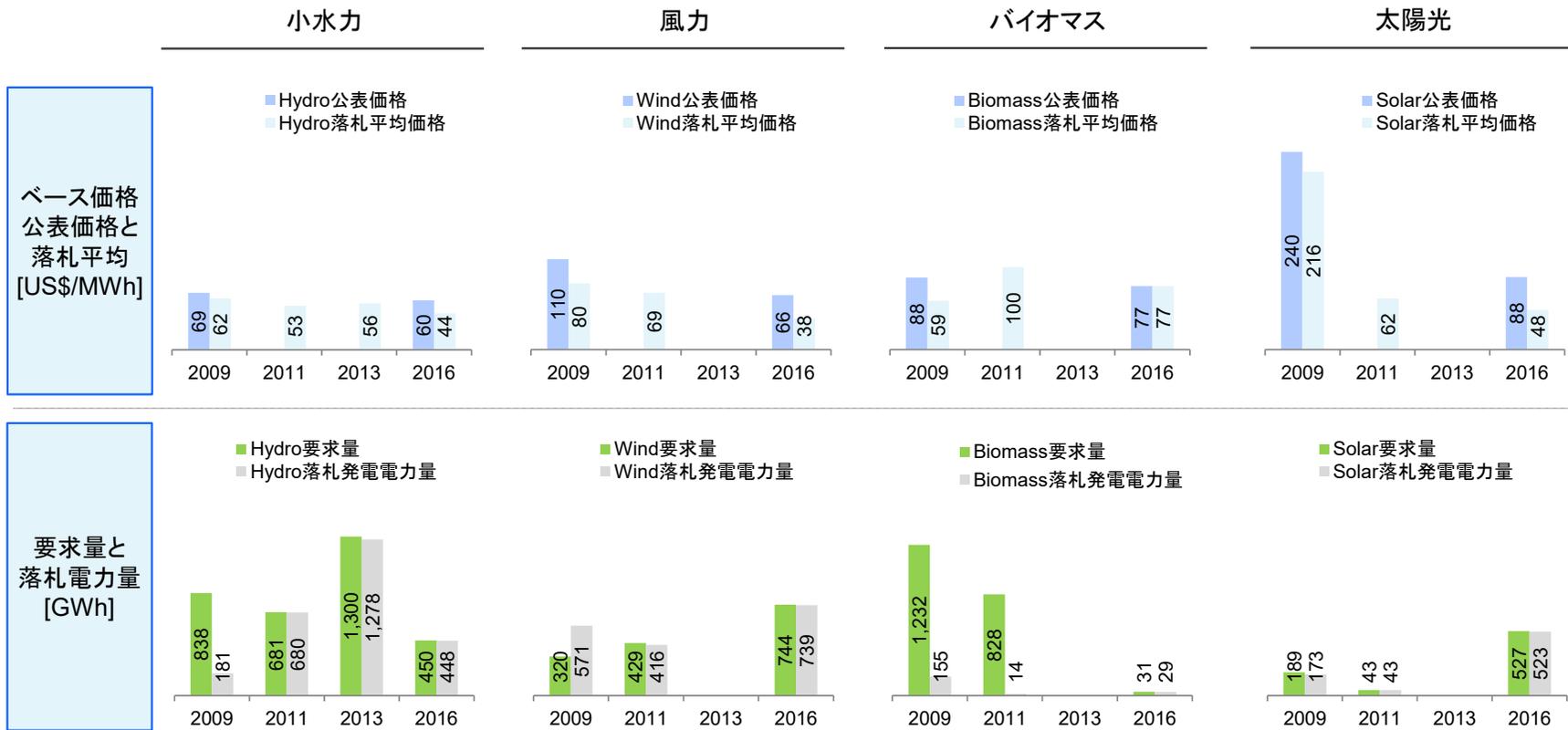
出典：Peruvian Electricity Market and the renewable energy promotion, Osinergmin、PERU RENEWABLES READINESS ASSESSMENT 2014, IRENA

#### 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<sup>6</sup>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 19 に示す。

<sup>6</sup> 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。



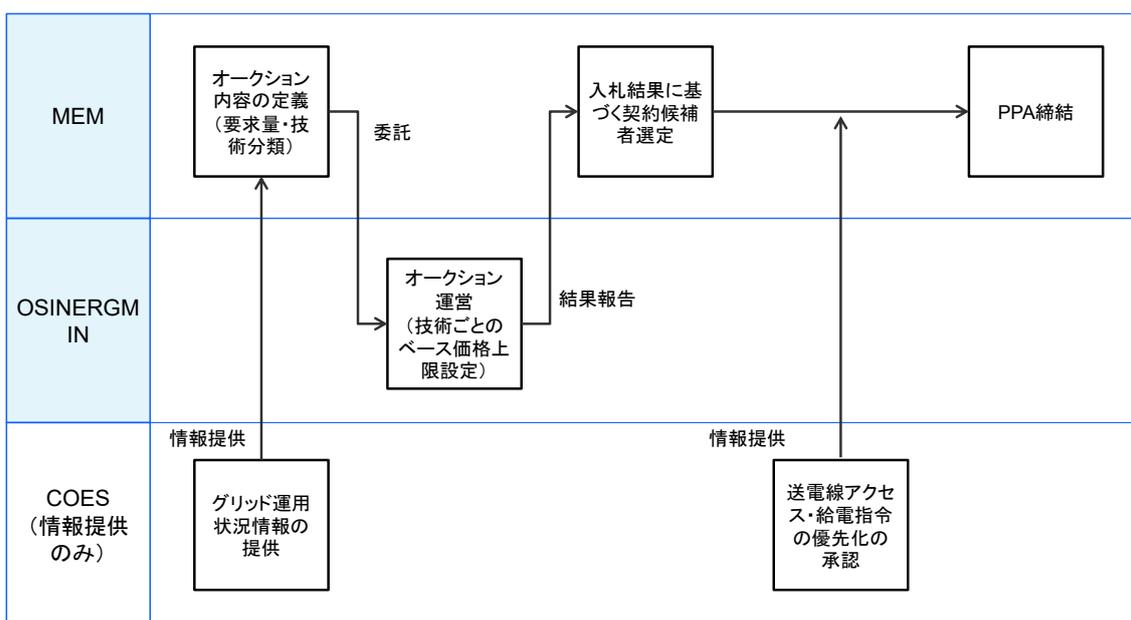
出典：OSINERGMIN HP (<http://www2.osinerg.gob.pe/EnergiasRenovables/EnergiasRenovables.html>)より当法人作成

図 19 RER 発電オークションの結果

## ② オークション実施プロセス

ペルー全国分の RER 発電のオークションは MEM により発電種別ごとにグリッドへ供給する発電量について要求量の定義が行われ、OSINERGMIN がオークションを運営する。オークションの落札事業者は MEM との PPA を締結する。

地熱発電をオークション対象にするかどうかは地熱プロジェクトの進捗を眺めつつ、要求量を MEM のエネルギー総局で検討・判断するとの方針である。



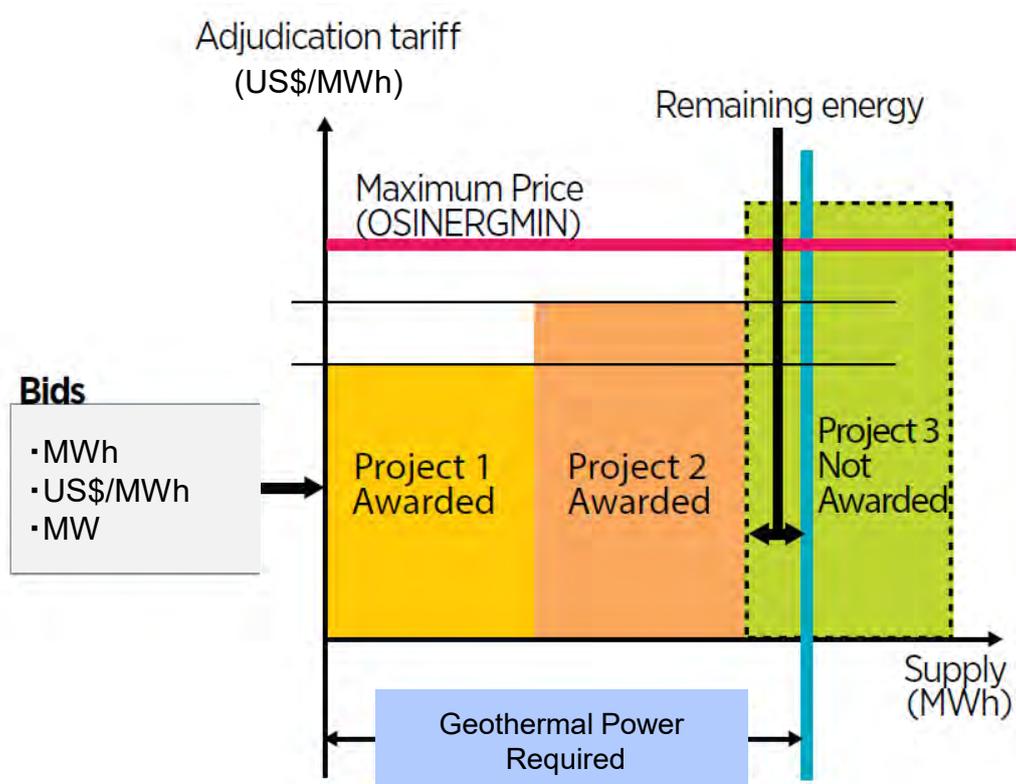
出典：現地調査に基づき当法人作成

図 20 オークション実施プロセス

オークションの落札事業者の決定方法を図 21 に示す。入札において発電事業者は、希望ベース価格 (US\$/MWh)、年間発電電力量 (MWh)、発電容量 (MW) を提出する。予め OSINERGMIN によって定められたベース価格上限 (Maximum Price) を下回る希望ベース価格の低いプロジェクトから順番に並べて、発電種別ごとに定められた要求量を超過しないプロジェクトが落札する仕組みとなっている。落札事業者の選定は次のようなステップで行われる。

1. オークション入札の公示で発電種別ごとにベース価格上限が公表される (過去のオークションの落札実績量と各電源の市場価格動向をみて、ベース価格上限を公表しない場合でも競争的な価格で、また必要な量が入札で確保できると OSINERGMIN が判断した場合には公表されないこともある)
2. 開札では発電プロジェクトの希望ベース価格ごとに最小値から最大値まで並べられ、ベース価格上限を超過した事業者は不落

3. OSINERGMIN は発電量が送変電設備容量を超過しないか、検討し、採択可能なプロジェクトであるかを判断する
4. ベース価格の低いプロジェクトから順に落札され、要求量を超過しないプロジェクトまでが落札対象となる
5. 要求量を超過するプロジェクトではあるものの、ベース価格上限よりも低い希望ベース価格を提示しているプロジェクトは、供給量の調整が可能であるか判断され、落札することもある
6. 落札事業者は MEM との PPA を取り交わす



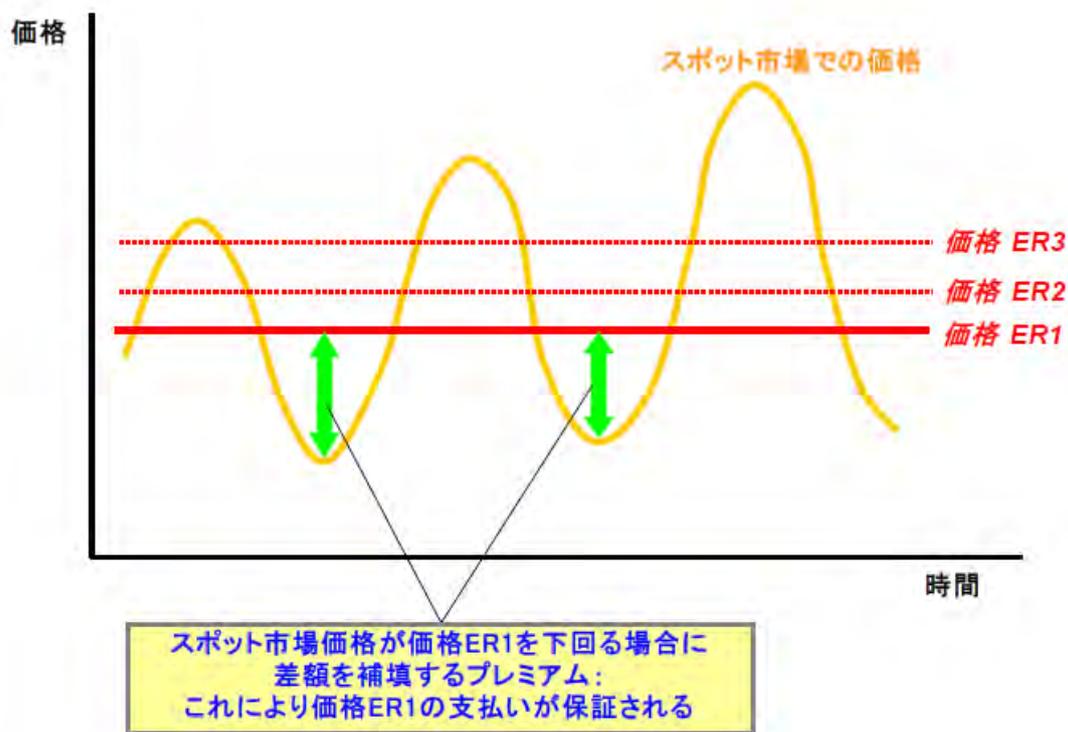
出典：PERU RENEWABLES READINESS ASSESSMENT 2014, IRENA

図 21 オークションの落札事業者の決定方法

オークションで落札した RER 発電プロジェクトは、COES-SINAC により優先的に発電指令を受ける電源となる。RER 発電事業者は、発電指令を受け、発電電力の全量を発電市場へ供給する。

発電事業者は落札したベース価格を下限とした発電価格の PPA を MEM と締結し、発電事業ができる。図 22 にベース価格とプレミアムの考え方を示す。落札価格が下限の売電額となるため、実際のスポット市場における限界費用との間に差がある場合にはプレミアムを追加で受け取ることができる。

プレミアムは OSINERGMIN が毎年算定する託送料に反映され、ユーザーの支払う電気料金に含まれる。オークションで提示した年間の発電電力量 (MWh) を供給できなかった場合、ペナルティとして、プレミアムの受け取り分からペナルティ分の費用を差し引いた額が事業者へ毎月支払われる。



出典：ペルー国地熱発電開発マスタープラン調査 2012年 JICA

図 22 ベース価格によるプレミアムの考え方

### ③ ペルー政府の地熱発電のベース価格の検討状況

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<sup>7</sup>。MEM は、ペルー国内で探査を継続する地

<sup>7</sup> 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。

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。

#### ④ 配電価格（規制部門）の売電価格

RER 発電オークション以外では、一般家庭や商店などの 200kW 未満の需要者に電力を供給する配電会社が行う配電価格（規制部門）のオークション結果が公開されている。2015 年 3 月に実施されたリマ市の配電会社 Edelnor と Luz del Sur への 10 年間の売電オークションの結果を表 26 に示す。

落札結果は売電価格 2.97 [Cent US\$/kWh]ほどとなっている。なお、この価格に送電線利用料金等が含まれた上で需要者の電気料金になる。

表 26 規制部門の売電価格

発電プロジェクト	ピーク時間帯 価格 [US cents/kWh] (18:00-23:00)	オフピーク時 間帯価格 [US cents/kWh] (23:00-18:00)	Edelnor [MWh]	Luz del Sur [MWh]	重み付け後 の価格 [US cents /kWh]
HIDROELECTRICA MARANON1	3.26	3.26	9.333	2.333	3.257
CELEPSA1	2.77	2.77	3.333	0.833	2.770
SAN GABAN1	2.78	2.78	3.333	0.833	2.778
ELECTROPERU1	2.94	2.78	66.667	16.667	2.814
EDEGEL1	2.97	2.78	46.667	11.667	2.823
EEPSA1	3.00	2.83	13.333	3.333	2.865
SDF ENERGIA1	3.28	2.84	3.333	0.833	2.935
CERRO EL AGUILA1	3.51	3.50	54.000	13.500	3.504
<b>Total</b>			<b>200</b>	<b>50</b>	<b>2.97</b>

出典：OSINERGMIN HP

#### (6) 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 23 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。

: 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

			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	
	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證	投資額の20%までの加速減価償却
		地熱以外			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
送電						
配電				ピーク電力30MW未満はEIAが不要		

出典：現地調査に基づき当社作成

図 23 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

地熱開発では地熱資源の探査リスクがあり、このリスクの低減が開発促進には特に重要である。本章では、民間投資による地熱開発を企図するペルー政府への提案に資する、地熱開発初期のリスクを低減するコスト・リスクシェアリング事例、地熱開発初期の投資を促進する関連制度を確認した。また第三国調査においてチリの地熱開発事例を確認し、地熱開発初期の政府の関与の重要性が明らかになった。

##### (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 27 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 27 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	・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"> <li>・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</li> <li>・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</li> </ul>
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"> <li>・最大 7.2Mユーロの補償金</li> <li>・プロジェクトの 85%のコストを補償（リファンド）</li> <li>・プレミアムは 7%</li> <li>・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</li> </ul>

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 28 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 28 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)	<p>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。</p> <p>①地熱開発リスク軽減のための無償資金 75 百万米ドル</p> <p>②プロジェクト開発資金として 10 億米ドル</p> <p>により、約 350MW の地熱発電所建設</p>	<p>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</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・中南米国が対象</li> <li>・2016 年中旬に開始</li> </ul> <p>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</p>

	を目的とする。		
Geothermal Finance and Risk mitigation Mechanism (IDB, Climate Technology Fund(CTF))	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)	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)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・民間金融機関のリスク共有 (担保) を目的</li> <li>・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</li> <li>・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</li> </ul>
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、官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	<ul style="list-style-type: none"> <li>・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</li> <li>・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</li> <li>調査支援に加えて、失敗坑井 (噴出しない井戸) の掘削リスクを保証している点の特徴</li> </ul>

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<sup>8</sup>、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ないリスクが生じる。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<sup>9</sup>。

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<sup>10</sup>。

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。

#### ① ドイツ金融公庫開発銀行 (KfW Development Bank<sup>11</sup>) 主導による GDF

2014年にペルーのリマ市で開催された国連気候変動枠組条約第20回締約国会議 (COP20) において、ドイツ復興金融公庫 (KfW) の主導の下、JICA を含む 14 ドナーが連名で、中南米地域における地熱開発促進のための新たな援助協調枠組みとして、「ラテンアメリカ地熱開発ファシリティ (GDF)」の創設を発表した。GDF は、地熱開発の障壁となっている資金や技術の不足に対し、ドナーが連携して地熱開発リスクの低減を支援し、中南米地域の地熱開発促進を図ることを目的とした。この中で JICA は、GDF メンバーの一員として、中南米地域での地熱開発促進に向けた支援を一層強化していくという JICA の方針と、GDF を通じた、他のドナーと連携しての地熱開発促進への協力を表明した。表 29 は GDF の概要である。

<sup>8</sup> 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。

<sup>9</sup> Policy success factors for geothermal electricity development in the APEC region, ASIA Pacific Energy Research Centre, 2015

<sup>10</sup> 同上

<sup>11</sup> KfW Development Bank は、KfW グループに含まれる。主に ODA の実施機関を担っており、グラント及び譲許的融資を提供している。

表 29 GDF の概要

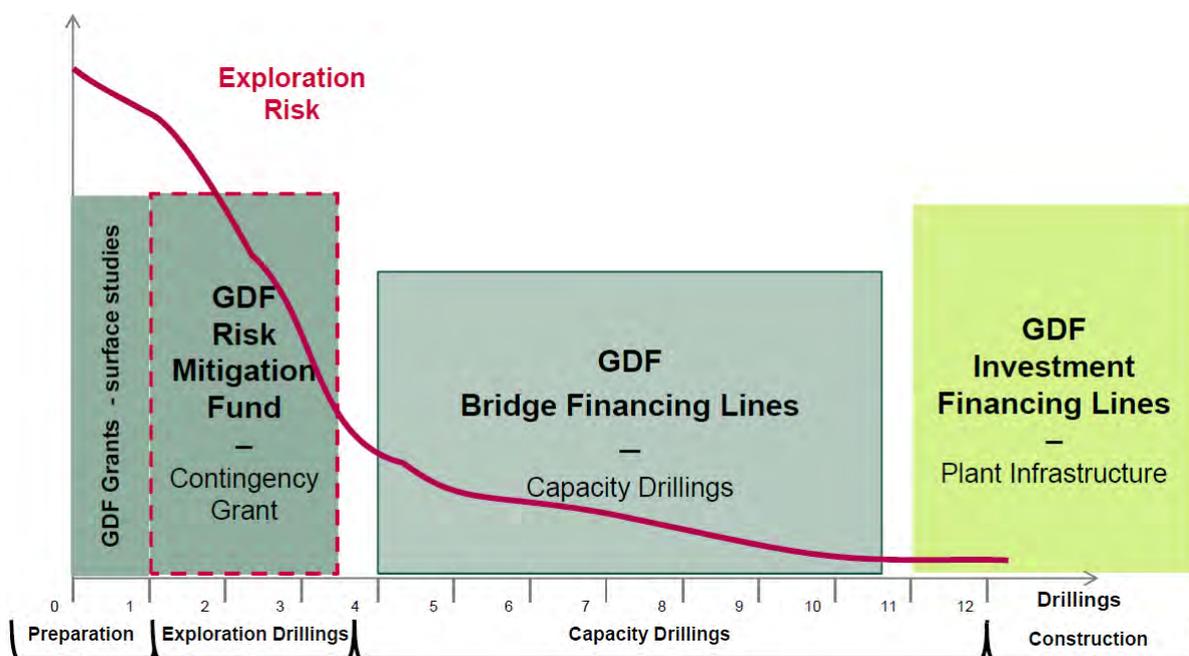
項目	内容
発起人	ドイツ金融公庫開発銀行 (KfW Development Bank )
委託者	ドイツ連邦経済協力開発省 (BMZ)
業務内容	公的、民間、PPP の地熱開発事業者に対する資金供与 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ リスク軽減基金</li> <li>・ ブリッジファイナンス</li> <li>・ 投資ファイナンス</li> </ul> その他 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 技術援助</li> </ul>
対象地域	中南米 コスタリカ、エルサルバドル、グアテマラ、ホンデュラス、ニカラグア、ボリビア、チリ、エクアドル、コロンビア、ペルー
その他パートナー	欧州委員会、世界銀行、米州開発銀行 (IDB)、中米経済統合銀行 (BCIE)、欧州投資銀行 (EIB)、フランス開発銀行 (Afd)、国際協力銀行 (JICA) 等
運用開始時期	2016 年末を予定 <sup>12</sup>
供与金額	リスク管理：6,000 万ユーロ 譲許的与信限度枠：上限 7 億ユーロ
条件	1 手法 (補助/ファイナンス) につき、申請期間毎に 1 国につき 1 事業者につき 1 プロジェクト
期待する効果	地熱発電所 (設備容量 350MW) 5000 万トン CO2 の排出抑制

出典：IRENA Workshop on Financing Geothermal Development in the Andes, KfW, 22-23, 9, 2015、Current Topics-Geothermal-Latin America, KfW, 2015、News-Geothermal heat-generated electricity for Latin America, 2014 より当法人作成

KfW は、GDF 創設以前より地熱リスク軽減基金 (Geothermal Risk Mitigation Fund : GRMF) を東アフリカに創設しており、一定の成果を上げていることから、地熱ポテンシャルが高いものの開発が進んでいない中南米においても同様のスキームの導入を決定したと想定される。GRMF と GDF のスキームにおいて大きな違いとしては、GRMF は試掘の掘削段階においてグラント (補助) を供与するが、一方で GDF は、試掘が失敗したときのみ補助金となる点である。

地熱発電プロジェクトにおいて、GDF は、プロジェクトの開始時点からプラント建設までを対象としている。図 24 は、掘削リスクにかかる地熱プロジェクト期間を通じた GDF の支援内容を示している。

<sup>12</sup> 2016年 5月 CAFペルー事務所へのヒアリングより



出典：IRENA Workshop on Financing Geothermal Development in the Andes, KfW, 22-23, 9, 2015

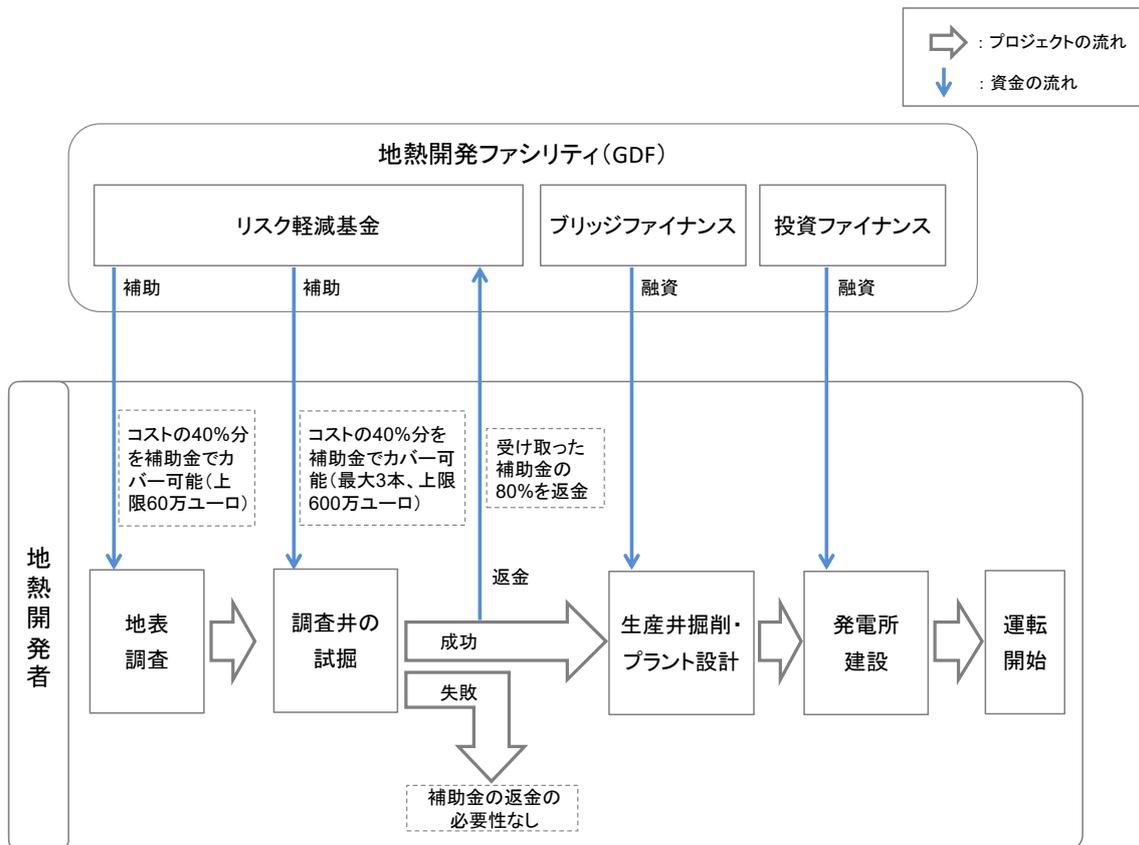
図 24 地熱プロジェクト期間を通じた GDF の支援

GDF の資金供与内容は次の通りである。リスク軽減基金は、リスク軽減基金から拠出される「地表調査のための補助 (Grant for Surface Studies)」により、開始後に実施される地表調査のコストの 40% (上限 60 万ユーロ) がカバーされる。同様にリスク軽減基金から拠出される「不測の事態が生じた場合に供与される補助 (Contingency Grant)」により、調査井の試掘コストは最大 40% で 3 本、上限 6 百万ユーロがカバーされる (なお、試掘の補助の内訳は、試掘 1 本目が 50%、2 本目が 40%、3 本目が 30% である)。試掘が成功した場合、事業者は受け取った金額の 80% を返済しなければならない<sup>13</sup>が、その資金はブリッジもしくは投資ファイナンスを通じて再融資を受けることができる。試掘が成功したかどうかの判断基準としては、一本につき 3MW 以上の出力が可能かどうか、また蒸気の熱量や性質に関する科学的な分析結果により判断される<sup>14</sup>。KfW によると、3 本の合計が 9MW の出力を超える場合に、成功と判断するケースも有りうる。

ブリッジファイナンス及び投資ファイナンスは、ブリッジファイナンスの与信枠より、生産井の掘削やプラントの計画設計 (Capacity Drillings) にかかる費用に対して、融資が行われる。同様に投資ファイナンスの与信枠より、建設費用等に対して融資が行われる。

<sup>13</sup> 返済部分について、金利は発生するが非常に低額 (2016 年 5 月の KfW へのヒアリングより)。

<sup>14</sup> 2016 年 5 月の KfW 及び CAF へのヒアリングより



出典：IRENA Workshop on Financing Geothermal Development in the Andes, KfW, 22-23, 9, 2015 を基に作成

図 25 GDF の資金供与手法

② 米州開発銀行 (Inter-American Development Bank: IDB) のスキーム

IDB は、中南米諸国における地熱開発促進を目的として、メキシコ、チリ、コスタリカ、コロンビア等において支援を実施しており、メキシコについては、リスク軽減スキームスキームによる支援を行っている。

2014 年よりメキシコで実施している「地熱ファイナンス・リスク移転プログラム (Geothermal Financing and Risk Transfer Program)」は、地熱開発プロジェクトの各ステージ合わせて開発事業者に必要な資金を提供し、投資への障壁を取り除き、事業者の最大損失予想額 (Value at Risk) を低減させることにより、民間投資を促進することを目的としている。このプログラムにより、10 年間で最大 300MW の発電規模を達成することを IDB は想定している<sup>15</sup>。

地熱ファイナンス・リスク移転プログラム (Geothermal Financing and Risk Transfer Program) の概要を図 26 に示す。

<sup>15</sup> IDB HP, Geothermal Financing and Risk Transfer Program

表 30 地熱ファイナンス・リスク移転プログラムの概要

項目	内容
構成者	IDB メキシコ政府 NAFIN（メキシコ産業金融公社） CTF Munich Re（ミュンヘン再保険会社）
プログラム内容	地熱開発事業者に対する資金供与 ・ 譲許的融資 ・ 保証 ・ 保険料支払い分に対する部分的無償資金 その他 ・ 技術援助
対象国	中南米はメキシコ
運用開始	2014 年
供与金額	融資：140.1 百万米ドル 無償資金（補助）：31.5 百万米ドル 技術支援：2.8 百万米ドル
条件	本プログラムについては CTF から拠出される資金が利用されるスキームのため、対象国は CTF カントリーに限定される。 現在ペルーは CTF カントリーに含まれていない <sup>16</sup> 。
期待する効果	地熱発電所（設備容量 300MW）（10 年間）

出典：IDB HP, Geothermal Financing and Risk Transfer Program に基づき当法人作成

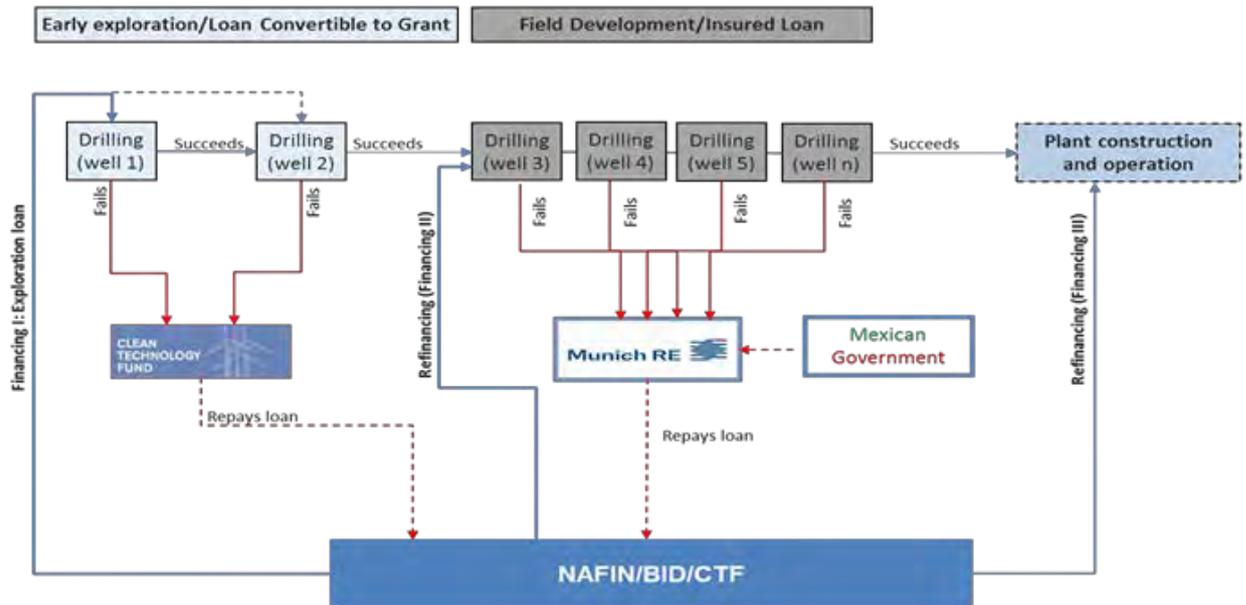
地熱ファイナンス・リスク移転プログラムの資金供与内容は、探査及び試掘段階とフィールド開発・生産井及び還元井の掘削段階に分かれる。

探査及び試掘段階では、開発初期段階において、IDB/NAFIN/CTF の融合融資が NAFIN を通じて開発事業者に貸付られる。融資を受ける際に事業者は担保が求められるが、本プログラムを利用する際に、事業者は、CTF からのグラント（無償資金）を融資の補償として利用することが可能。試掘が成功した場合は、次の段階であるフィールド開発・生産井等の掘削に進むことが可能であるが、もし部分的、または完全に試掘が失敗した場合、融資への補償は取り消される。

フィールド開発・生産井及び還元井の掘削段階は、フィールド開発段階において、IDB/NAFIN/CTF の融合融資もしくは商業融資をカバーする保険にかかる保険料の支払いの一部に、CTF のグラント（無償資金）及びメキシコ政府ファンド資金を充てることが可能である。プログラムの資金供与の流れを図 26 に示す。

<sup>16</sup> 2016 年 7 月現在

## Flow Diagram



出典：IDB HP, Geothermal Financing and Risk Transfer Programに基づき当法人作成

図 26 地熱ファイナンス・リスク移転プログラムの流れ

メキシコで実施されている地熱ファイナンス・リスク移転プログラムと同様のスキームをペルーで実施するためには、ペルー政府がCTFに対し、CTF カントリーとしての参加の申請を行い、承認された後、IDB 等とペルーに適した地熱ファイナンス・リスク移転プログラムを組成する必要がある。

### (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 31 に地熱発電投資促進のための関連スキームを示す。

表 31 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 Cerro Pabellón 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

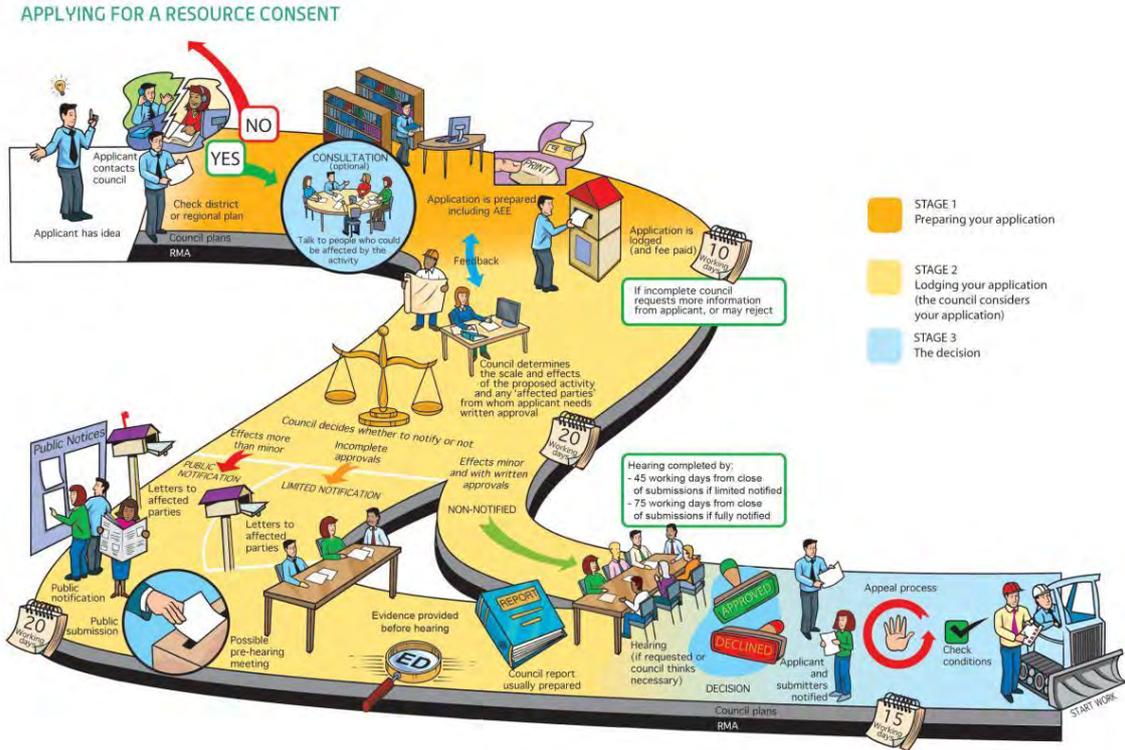
出典：アフリカ地熱開発に係る現状確認調査，2010，JICA、平成 25 年度地熱開発技術の最新情報の収集・整備委託業務，環境省、平成 25 年度 地熱発電開発促進に向けた 諸外国の普及促進制度等調査業務，JOGMEC を基に当法人作成

#### (4) 開発手続の効率化・地熱開発目標の定量化の主要事例

地熱開発事業者が地熱開発を効率的に進めるために開発手続が明確化されていること、政府による地熱開発目標が定量化されていることは重要である。

##### ① 開発手続の効率化・明確化

ニュージーランドでは地熱資源の利用申請にあたり、手続プロセスが明示化され、手続要する時間が規定されており、地熱開発事業者がガイドラインを参照できるよう情報公開されている。ニュージーランドの地熱資源の利用申請手続プロセスを示す。



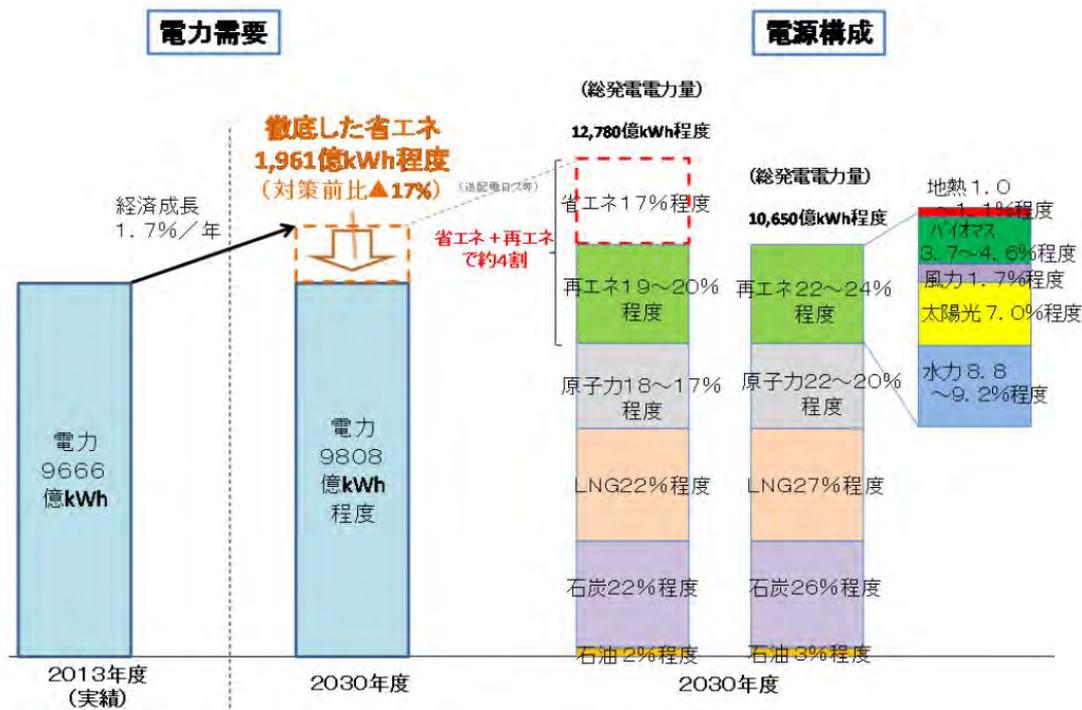
出典：An everyday guide: Applying for a resource consent:

<http://www.mfe.govt.nz/node/16377>

図 27 ニュージーランドの地熱資源の利用申請手続プロセス

② 政府実行計画への組込

図 28 に日本の事例を示す。日本では COP21 の INDC において、将来の電源構成目標を定量的に示しており、再生可能エネルギーの導入目標量については発電種別ごとに目標数値を提示している。現在ペルーでは、エネルギーセクターと運輸部門で実に排出量の 40% を占めており、削減計画の 1/3 は、政府主導の対応である REDD++ で占めている状況である。



出典：長期エネルギー需給見通し 平成 27 年 7 月 経済産業省  
 図 28 電源構成目標の定量値

(5) 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

チリでは Cerro Pabellón プロジェクトが発電所建設ステージまで至った要因の確認、地熱発電の推進策・法制度の最新動向の把握を目的とし、地熱開発事業者と政府関係機関への面会を行った。表 32 にチリにおける面会者を示す。

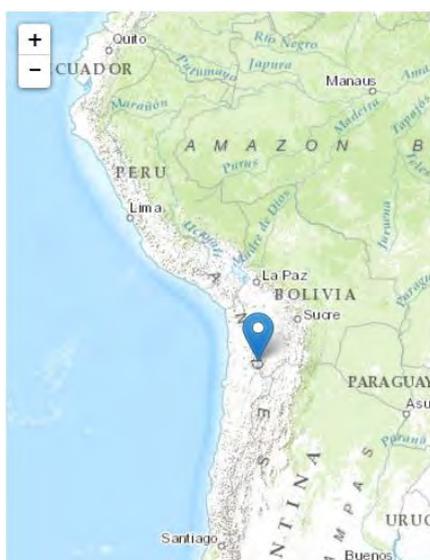
表 32 チリにおける面会者

Entity	Division	Position	Name	Meeting Date
EDC Chile	-	Managing Director Latin America	A. Arman V. Lapus	5月5日
	Chile	Business development Manager,	Ignacio Galvez Roa	
EGP Chile	-	General Manager Geothermal CEO of GDN- Ceotermica del Norte(EGP と ENAP の 合弁会社)	Guido Cappetti	5月5日
Ministry of Energy	Advisor	Unidad de Gestion de Proyectos	Rodrigo Terc Geni	5月5日
IDB Chile	Country Office Chile	Senior Economist	Sebastian Miller	5月6日
Ministry of Energy	International Department	Professional	Corissa Petro	5月6日
	RE Div, Geothermal Unit	-	Ruben Munoz Bustos	
	Sustainable Development Div. Climate Change Unit	Chief	Juan Pedro Searle Solar	
JICA Chile 支所	-	支所長	Hidemitsu Sakurai	5月6日

## 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 29 に示す。

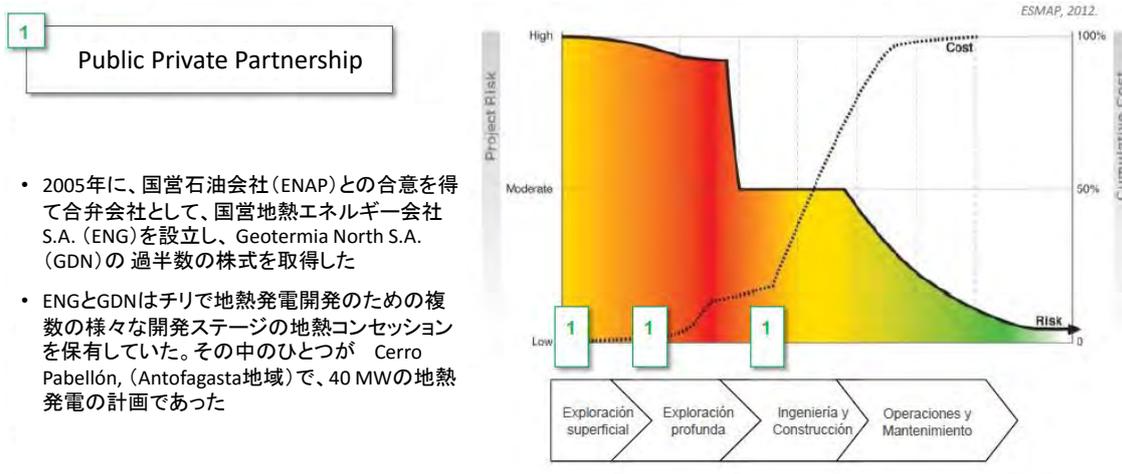


出典：Business Insight Latin America

図 29 チリの Cerro Pabellón プロジェクトエリア

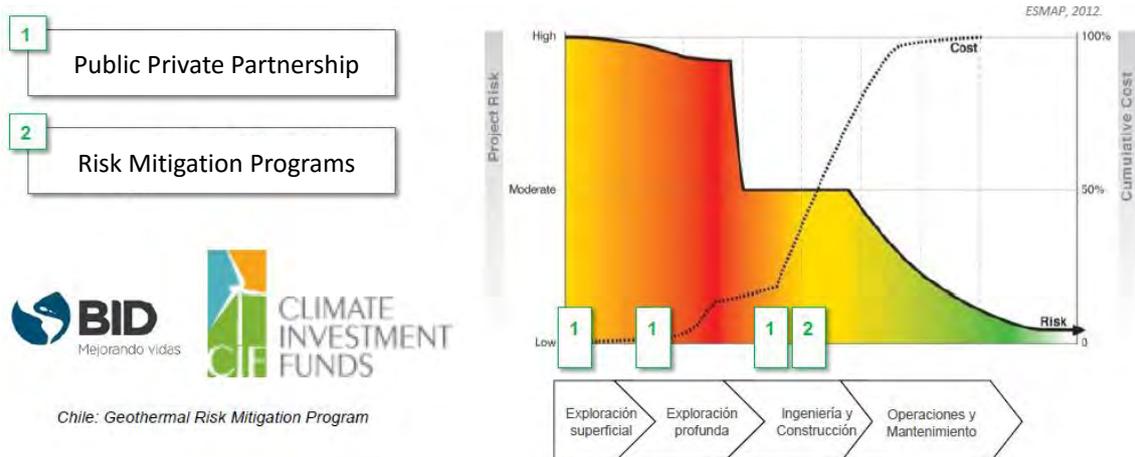
EGP は Cerro Pabellón プロジェクトの成功要因を総括している。大きく 3 つの要因を示しており、PPP を利用したリスクシェア (図 30)、PPP に基づくリスク低減プログラムの利用 (図 31)、各種インセンティブの活用 (図 32) をあげている。

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。



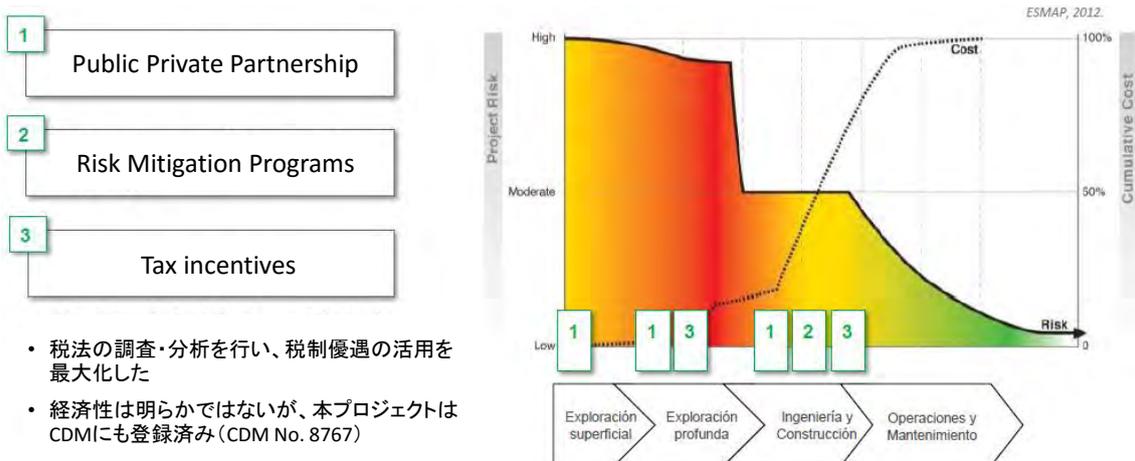
出典：Desafíos para el desarrollo de la Geotermia, 2015, Ener1 Green Power に基づき当法人作成

図 30 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 31 Cerro Pabellón のリスク低減プログラム利用



- 税法の調査・分析を行い、税制優遇の活用を最大化した
- 経済性は明らかではないが、本プロジェクトはCDMにも登録済み (CDM No. 8767)

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

図 32 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NCRE<sup>17</sup>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す義務があり、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CO<sub>2</sub>やSO<sub>2</sub>の排出に対して課税を行う。主に火力発電が対象であり、CO<sub>2</sub>に対する課税額は排出量1[t-CO<sub>2</sub>]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低い。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]）<sup>18</sup>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。

## （6）地熱開発初期の政府の関与による地熱開発推進

（5）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

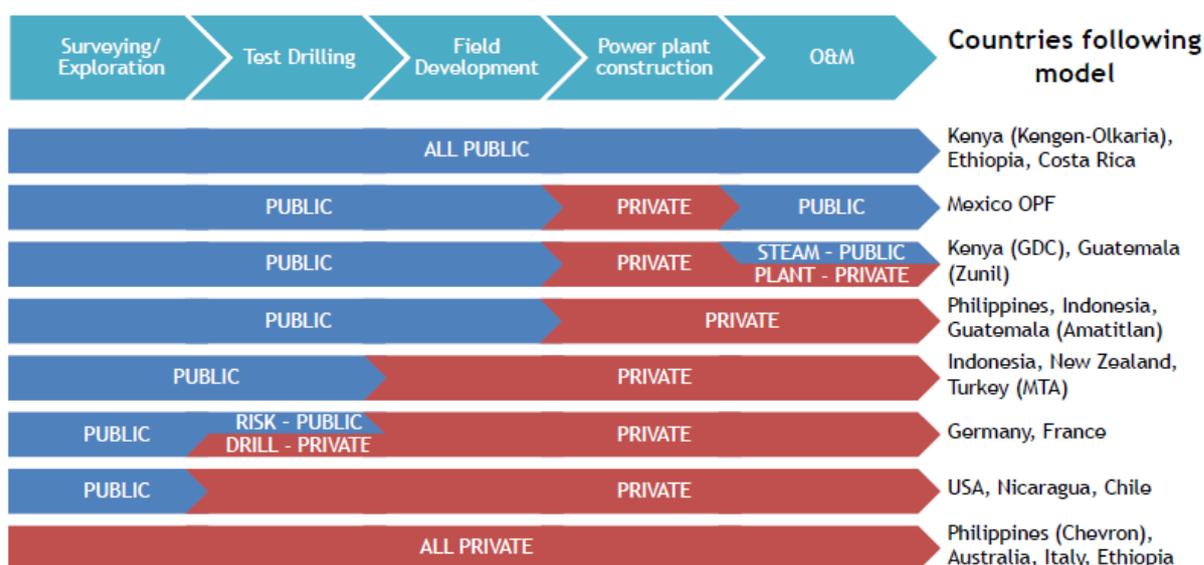
<sup>17</sup> Non-Conventional Renewable Energy：チリにおける非在来型の再生可能エネルギーで、地熱、太陽光、風力、バイオマス、小水力（20MW以下）のこと。

<sup>18</sup> Anuario Encutivo De electricidad 2014, Ministerio de Energia y Minas

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によって、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 33 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 33 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

地熱発電が普及促進するためには、その国において地熱開発の専門機関が存在し、その専門機関が国固有の地熱開発技術を獲得して開発推進に中心的な役割を担う必要がある<sup>19</sup>。ペルー政府は JICA 技術協力に対して地熱資源の評価等における INGEMMET の地熱資源評価等の能力強化を期待している。ペルーにおいて地熱開発を担う中心的な組織は INGEMMET になると想定されるため、INGEMMET の能力強化は非常に重要なテーマとなる。本章では、民間投資による地熱開発を企図するペルーにおいて、INGEMMET の能力獲得状況を 2012 年の JICA によるマスタープラン作成からアップデートし、今後の能力強化の必要性和強化すべき内容を検討した。

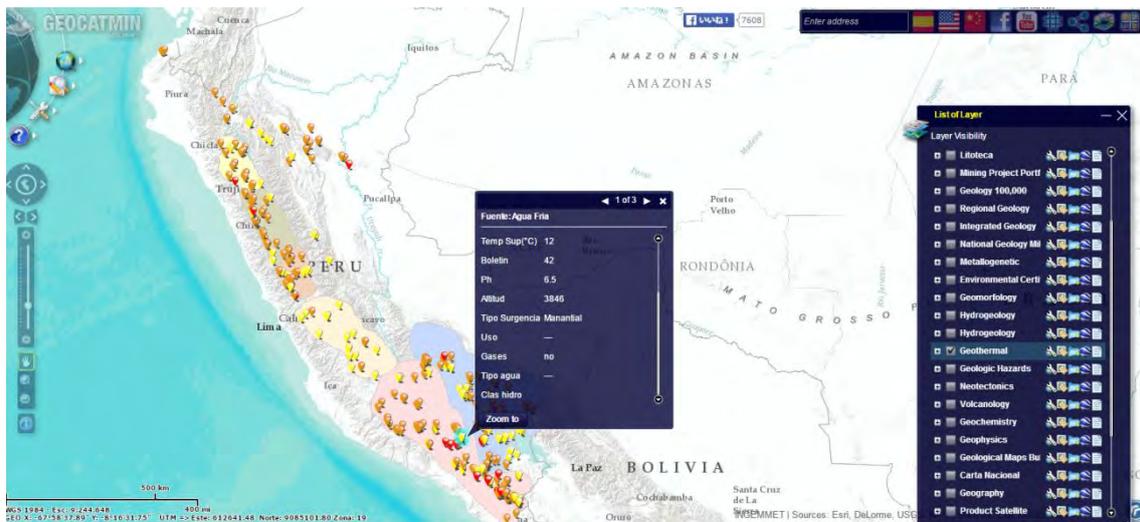
### (1) INGEMMET の能力獲得状況

INGEMMET の能力獲得の現状確認では、地熱開発の初期の地表調査から試掘・貯留層評価までの開発作業ステージを対象とし、事業性調査や生産井掘削前までの探査ステージを確認の範囲とした。INGEMMET の業務範囲は政令 (DECRETO SUPREMO N° 035- 2007- EM) により定められており、この中には地質・エネルギーに関する科学技術研究・調査、地熱開発のための地表調査の公表による地熱資源開発の推進、調査・研究成果の公表が INGEMMET の地熱開発における主要な業務であるとされている。政令では、地熱開発のための掘削や事業性評価は業務として明確には定められていない。このため、まず重点をおいて能力獲得の状況を把握する必要があるステージを探査ステージとした。

INGEMMET は鉱物資源に加え、地熱資源のデータベースを最新情報に更新しているところである。図 34 に INGEMMET が Web で公開している鉱物・地質データベース GEOCATMIN を示す。INGEMMET が Web で公開している GEOCATMIN は 2002 年の地熱資源ポテンシャルの全国調査の結果を元に INGEMMET が自ら蓄積してきた地表調査結果を公表するものである。2016 年 5 月時点のデータベースは 2015 年に実施したアレキパ、プノ、ピナヤ、モケグア等の調査結果が更新されている。地表調査を実施したエリアは最新データを反映しているが、実施していないエリアはそのまま古いデータが記載されている。今後、3G 調査<sup>20</sup>の実施結果を随時アップデートする予定であり、2021 年に向けて全面的なデータベース更新を継続していく計画である。

<sup>19</sup> Geothermal Handbook: Planning and Financing Power Generation

<sup>20</sup> Geology (地質学), Geophysics (地球物理学) and Geochemistry (地化学調査) で、地表から地熱資源量を物理的・化学的に把握する調査。



出典：INGEMMET HP

図 34 鉱物・地質データベースGEOCATMIN

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<sup>21</sup>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。

表 33 と表 34 に、必要な能力の確認項目とヒアリング結果を示す。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。

<sup>21</sup> 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。

表 33 キャパシティ A : 概査

必要な能力	実施場所	能力獲得状況 (as is) と水準	開発推進の基本能力 (to be)	As is と To be とのギャップ
<b>A1. 調査地域の絞込み</b> ・候補地域の地熱資源の賦存の可能性を把握し、地権者、自然公園、国有林、温泉事業者、鉱山事業エリア等の情報を文献調査、ヒアリングにより得て、概査の対象となる調査地域を選定する ・並行して、国や自治体の補助制度に関する情報を収集し、利用の可否や条件等を確認する	研究施設内	標準的な水準で実施が可能	実質科学的な調査のみならず地熱発電、地熱利用による民間投資、産業振興を意識した実用的な調査エリアの選定や優先選択をするための知識を保有している	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、地熱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
<b>A2. 地熱探査の方針と使用の決定</b> ・調査地域の絞込結果を踏まえて、地熱探査の範囲、方法、仕様を決定する ・地表調査の方針を定めて必要な準備・手続を開始する	研究施設内			
<b>A3. 地表調査</b> 地質・変質帯調査、地化学調査、物理探査 (MT 法電磁探査、重力深査等) を実施する	開発サイト			
<b>A4. 地表調査結果の評価</b> ・地表調査結果の総合的な検討を行い、調査地域と周辺の地質構造と熱源を把握し、調査地域内の熱源資源の賦存状況を確認する ・調査地域が広域で対象地域を絞り込めない場合は手法や配点密度を変えて地表調査を複数回実施する	研究施設内			
<b>A5. 調査井掘削・坑井調査・試験</b> ・調査井掘削と坑井調査 (カッティングス調査、物理検層等) を実施して地質情報、亀裂と地熱流体の存在、坑内温度等を確認する ・坑井試験 (注水試験、短期噴出試験) を実施して、坑井の特性、地熱流体の性状を確認する ・調査井掘削と試験には並行して温泉や河川などの調査を含む環境影響調査を実施する ・この段階の調査井は構造試錐とも呼ばれ、坑井の最終坑経は小坑経 (100mm 程度) または中坑経 (150mm 程度) とするケースが多い	開発サイト	INGEMMET の業務対象外	民間開発事業者が開発継続するための判断方法を理解している	
<b>A6. 資源量評価</b> ・地熱系概念モデルと簡易数値モデルを用いたシミュレーションによる地熱貯留層評価を行い、調査地域内の予備的な資源量評価を行う ・ここでの資源量評価は事業化を判断するための最終的な評価ではなく、概査の情報を用いた予備的な資源量評価で、続く精査に移行するかどうかの判断材料とする	研究施設内	標準的な水準で実施が可能		
<b>A7. 精査実施の判断と使用の検討</b> ・概査の結果を総合的に検討・評価し、精査に移行するかどうかの判断を行う ・精査を実施する場合、概査の結果を踏まえて、地熱探査 (精査) の方針と仕様を決定する	研究施設内	INGEMMET の業務対象外		

表 34 キャパシティ B : 精査

必要な能力	実施場所	能力獲得状況 (as is) と水準	開発推進の基本能力 (to be)	As is と To be とのギャップ
<b>B1. 補完地表調査</b> ・ 概査の結果を踏まえて、補完的な地表調査の必要性を検討し、調査井の掘削ターゲットの選定や地熱系モデルの高精度化に有効と判断された場合に実施する ・ 概査によって絞り込んだ有望地域に対してより高密度の物理探査の配点を行う場合、異なった物理探査手法を適用する	研究施設内	標準的な水準で実施が可能	科学的な調査のみならず地熱発電、地熱利用による民間投資、産業振興を意識した実用的な調査エリア選定や優先選択をするための知識を保有している	
<b>B2. 調査井掘削、坑井調査・試験</b> ・ 概査の結果を踏まえて、調査井の仕様と掘削ターゲットを決定する ・ 調査井掘削と坑井調査（カッティングス調査、物理検層、坑内サンプリングなど）を実施して、地質情報、亀裂や地熱流体の存在、温度情報等を確認する ・ 注水試験、短期噴出試験を実施して、坑井の特性、地熱流体の性状を確認する ・ 調査井掘削と試験時には、並行して温泉や河川などの調査を含む環境影響調査を実施する ・ 調査井は将来の生産井、還元井、モニタリング井への転用を考慮し、最終坑径を中坑径（150mm 程度）または大坑径（250mm 程度）とするケースが多い	地熱開発サイト	INGEMMET の業務対象外	民間開発事業者が開発継続するための判断方法を理解している	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、地熱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
<b>B3. 長期噴出試験等</b> ・ 候補地域内に掘削した複数の坑井を用いて、長期の一斉噴出試験（原則 3 ヶ月以上）を実施し、蒸気熱水の生産量、還元量、性状など、貯留層評価に必要なデータを得る ・ 坑井スケールの付着状況、温泉をはじめとする周辺環境への影響などを観測して、事業化計画の策定に必要な情報を得る	地熱開発サイト	INGEMMET の業務対象外	民間開発事業者が開発継続するための判断方法を理解している	
<b>B4. 資源量評価</b> 地表調査、坑井調査、長期噴出試験等の結果を踏まえて地熱系概念モデルの更新と数値モデルの作成を行い、これらのモデルに基づくシミュレーションによる地熱貯留層評価を実施して、調査地域内の資源量評価と生産予測を行う	研究施設内			
<b>B5. 総合評価</b> 資源量評価、生産予測、蒸気熱水の性状、坑井スケールの付着状況、環境影響調査などの情報に基づき、生産出力、発電方式、必要な設備等を考慮した経済性評価と総合的な評価を行って、事業化の移行を判断する	研究施設内			

(2) INGEMMET の人員・機材・分析装置

続いて、INGEMMET の地熱開発に係る人員の変動について確認した。JICA が実施した 2012 年のマスタープラン作成時点からの人員データの更新を行った。表 35 に地熱資源調査人材の確認結果を示す。

2012 年の地熱開発マスタープラン調査では、INGEMMET の Geologist (地質学者)、Geochemist (地球化学者)、Geophysicist (地球物理学) が 1 名ずつしか所属していなかったが、2016 年 5 月時点では人員を増加させていることを把握した。

表 35 INGEMMET の地熱資源調査人材

専門家	2011 年 人数	2016 年 人数
Geologist	1	2
Geochemist	1	2
Geophysicist	1	5
Reservoir Engineer	0	0
Drilling Engineer	0	0
Power Engineer	0	0
Environmental Scientist	0	1
Financial Analyst	0	0
GIS Scientist	2	2
Drillers	0	0
Technicians	0	0
合計	5	12

地熱資源調査人材に加えて、2012 年の地熱開発マスタープラン調査時点で、INGEMMET には地熱開発に必要な機材の保有が不十分な状況であった。2016 年時点では地表調査に必要な計測器・分析装置が増加し、地熱調査で対象となるガス分析の実施が INGEMMET 内で実施可能となっている状況である。

表 36 INGEMMET が有する地熱調査・探査関連設備

機器・設備分類	機器・設備	2011年 数量	2016年 数量
Geological Equipment	Simple GPS	1	2
	Digital Thermometer	1	1
	Fluid Inclusion Heating-freezing stage	1	1
	Binocular Microscope	1	2
	Petrographic Microscope	5	5
	X-Ray Diffractometer	1	1
	X-Ray Fluorescence	0	1
	ICP-OES	1	1
	Mass spectroscopy for dating	0	0
Geophysical Equipment	Differential GPS	1	2
	Simple GPS	3	6
	TEM	0	1
	MT	0	2
	Gravimeter	0	1
	Magnetometer	0	4
	Portable seismometer	6	4
Geochemical Equipment	Simple GPS	1	1
	Digital Thermometer	1	6
	pH meter	1	1
	Conductivity Meter	1	1
	Water Sampling Kit	1	1
	Gas Sampling Kit	0	1
	AAS	1	1
	Ion Chromatograph (IC)	1	0
	Gas Chromatograph	0	1
	Mass Spectrometer for stable Isotope	0	1
	Tritium Scintillation counter & C14 analyser	0	1
Reservoir Engineering	Kuster gauge Tools set	0	0
	Logging Winch	0	0
Drilling Equipment	Complete Rig	0	0

(3) 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。

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。発電容量50MWの地熱開発における従事者数を表37に示す。

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。表38は地熱探査ステージの開発に必要な要員数である。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。

表 37 地熱開発における従事者数（地熱発電 50MW）

開発ステージ	Number Employed
Start-up	10 - 13
Exploration	11 - 22
Drilling	91 - 116
Plant Design and Construction (EPC)	383 - 489
Operation and Maintenance	10 - 25
Power Plant System Manufacturing	192 - 197
Total	697 - 862

出典：Green Jobs Through Geothermal Energy, 2010, GEA

表 38 地熱探査ステージの開発要員（地熱発電 50MW）

Job Title	Educational Background	Number Employed
Geologist	大卒相当	1 - 2
Geophysicist	大卒相当	1 - 2
Crew to Gather Data	技術系高校卒相当	2 - 5
Geochemist	大卒相当	1
GIS Specialist	技術系大卒相当	1
Exploration Driller	技術系高校卒相当	3 - 7
Sample Analyst	大卒相当	1 - 2
Consultants	大卒相当	1 - 2
Estimated Total		11 - 22

出典：Green Jobs Through Geothermal Energy, 2010, GEA

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シティビルディングが必要である。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

前章までの現状確認と情報収集に基づき、ペルーにおける民間投資による地熱開発に係る阻害要因・課題の分析を行い、課題解決に向けてペルー政府がとるべき施策を分析し、ペルーの民間主導による地熱開発に対する JICA 支援策を提案する。

### (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 35 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"> <li>資源ポテンシャルが同定されているか</li> <li>商用利用が可能な資源量・特性を持つか</li> <li>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</li> <li>パブリックドメインで公開された探査データがあるか</li> </ul>
地熱開発促進に効果的な専門機関	<ul style="list-style-type: none"> <li>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</li> <li>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)</li> </ul>
地熱開発推進に資する政策・規制	<ul style="list-style-type: none"> <li>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</li> <li>再生エネルギーのグリッド接続手続は明確か</li> <li>環境影響評価(EIA)の手続きは明確か</li> <li>官民パートナーシップ(PPP)への政府の支援はあるか</li> <li>地熱開発計画はあるか</li> </ul>
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"> <li>リスク保証ファンドは活用可能か</li> <li>国際開発資金・ソフトローンは活用可能か</li> <li>マルチドナーグラントは活用可能か</li> </ul>

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

図 35 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 39 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 <sub>2</sub> 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へのアクセス	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・ソフトローンは活用可能か	-	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 36 に示す。

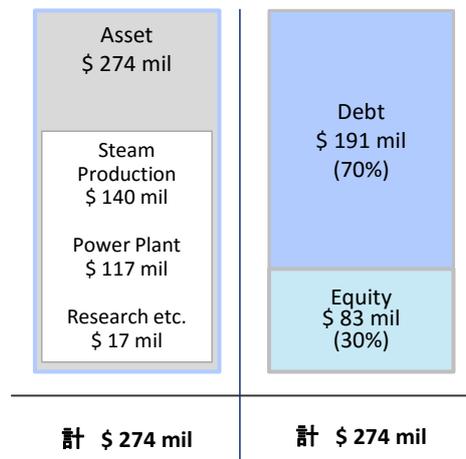


図 36 ペルー地熱開発プロジェクトのバランスシート

次に事業の採算性にかかる試算の結果を表 40 と表 41 に示す。

表 40 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 41 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 19 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 40 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 41 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 39 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 39 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。直接と間接とでは、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 42 と表 43 に示す。

表 42 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 43 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 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 44 に示す。

表 44 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	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。 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。
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	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。
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	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。
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	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。 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。
5. 地熱発電の導入量が政策目標で提示される	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。 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。

ペルー政府のうち、MEM はペルーにおける地熱開発は民間投資のみで推進しようとする一貫した方針を持ち、その方針がこれまでの調査・政策提言等においても変更されずに現在に至っている状況において、ペルーで地熱開発を行う民間開発事業者は、ペルー政府による民間投資の促進に関する対応を期待しつつも、異なるアプローチにより、開発方向性を定めて地熱開発を進めている。

表 45 は、民間開発事業者の開発方向性に関するヒアリング結果を整理したものである。民間開発事業者は、民間自ら活用が可能な GDF 等のスキームを最大限活用して、地熱開発初期のリスク低減を図り、地熱発電の売電先を地熱発電の発電特性にフィットする鉱業（24 時間操業など一定負荷）への直接供給を検討している。

表 45 民間開発事業者の開発方向性

ペルー政府による対応	民間開発事業者の視点	
	民間開発事業者の対応の前提	具体的な方法
1. 試掘をペルー政府が実施する	試掘はペルー政府によって実施されない	GDF を活用して民間企業自らで試掘を実施する
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	地熱開発のマネージは民間によって主導される	民間主導での地熱開発とマネージに主眼をおく
3. 地熱発電が促進する適正なベース価格上限が事前公表される	RER オークションは民間の技術開発動向に基づき価格上限が検討・準備されるため、ベース価格上限が地熱開発に先行して提示されることはない	RER オークションを待たずして、地熱開発エリア近傍に存在する鉱山事業者への私設送電線による直接の電力供給を行う（ペルーのグリッド SEIN への接続を避けることで SEIN の託送料金を鉱山事業者へ請求することなく自家発のごとく供給でき、価格競争力が得られる）。鉱山事業者との長期 PPA を有利な条件で締結するため、地熱開発事業者を鉱山プロジェクトに参画（出資）させる
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	ペルー政府は発電事業においてリスクテークをしない方針で、その方針は変わらないため、PPP によるリスクシェアは実行されない	円借款等の譲許的資金を活用せず、GDF 等の民間企業向けのファシリティを活用する。ただし、JICA 海外投融資や CORE（中米・カリブ地域における再生可能エネルギーおよび省エネルギー分野向け協調融資）の併用も視野に入れ、日本企業を地熱開発プロジェクトに参画（出資）させる
5. 地熱発電の導入量が政策目標で提示される	政策目標の定量化に関係なく、ペルーにとって地熱発電は長期的に見て必要不可欠な技術	政策目標をウオッチするものの外資企業としてペルーでの開発ポテンシャルを把握したうえで、参入を決定しており、長期的に必要な地熱発電の導入量は民間開発事業者自らペルー政府へ提案していくもの

### (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 46 に示す。

表 46 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 47 にその概要を示す。

表 47 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 48)と GDF Loan & Grant を活用(表 49)の2つの場合で試算した。

表 48 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 49 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 50 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 50 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 51 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]	<b>13.5</b>	<b>7.1</b>	<b>10.9</b>
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 48 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。

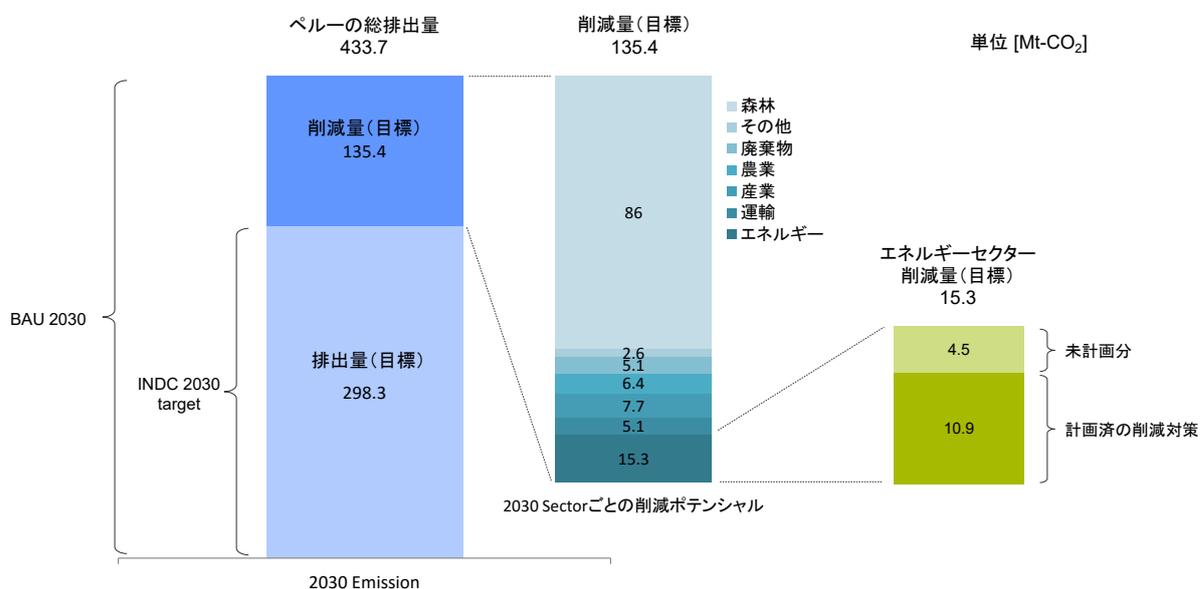
#### ④ JICA 支援による地熱開発推進による追加的な貢献の提案

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 37 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-CO<sub>2</sub>]に設定している。2030 年の総排出量は 433.7 [MtCO<sub>2</sub>]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-CO<sub>2</sub>]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-CO<sub>2</sub>]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-CO<sub>2</sub>]のうち、10.9 [MtCO<sub>2</sub>]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 37 INDC の削減対策の内訳

表 52 にエネルギーセクター削減量目標の計画済の削減対策を示す。この削減対策の中には地熱発電の導入計画は含まれていないのが現状である。

表 52 エネルギーセクター削減量目標の計画済の削減対策

コード	対策	削減量[Mt-CO2]
E1	再生可能エネルギーミックス	2.101
E2	ソーラーパネルによる分散型配置	0.041
E3	ソーラーパネルによる地方電化	0.046
E4	エクアドルとの電力国際連系	0.057
E5	グリッド SEIN の送電損失低減	0.886
E6	石油精製におけるコージェネレーション導入	0.598
E7	産業部門におけるコージェネレーション導入	0.079
E8	医療サービスにおけるコージェネレーション導入	0.713
E9	住宅への太陽熱温水装置導入	0.028
E10	老朽エンジンの更新	0.108
E11	エンジンの最適化 (VSD)	0.049
E12	ボイラーの最適化	0.187
E13	老朽ボイラーの更新	0.116
E14	住宅における白熱灯の交換	0.150
E15	住宅における蛍光灯への交換	0.133
E16	商業部門における蛍光灯の交換	0.081
E17	公共の照明器具の交換	0.188
E18	機器・家電製品へのエネルギー効率ラベル貼付	0.135
E19	エネルギー産業への統合マネジメントシステム導入	2.324
E20	Iquitos における燃料使用量の削減	0.283
E21	キッチンの更新	1.120
E22	公共施設の照明器具の蛍光灯への交換	0.034
E23	スマートグリッド	0.057
E24	新建築物の効率化 (NAMA)	0.619
E25	Ladrilleras におけるエネルギー効率向上 (NAMA)	0.730
合計		10.9

出典：La Contribución Nacional del Perú - iNDC:agenda para un desarrollo climáticamente responsable, MINAM

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 53 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 53 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 [MtCO2/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
50	350,400	0.2	0.2%	1.5%	5.2%
400	2,803,200	1.8	1.4%	12.0%	41.3%
700	4,905,600	3.2	2.5%	21.1%	72.2%

地熱発電を2030年に400MW導入するためには、現在探査中の地熱プロジェクトを早急に進捗させる必要がある。発電所2箇所の建設を完工させ、そこで得られたペルーにおける地熱発電開発のノウハウを展開して、複数のプロジェクトを併走させることで効率的かつ効果的な開発の推進が可能になると考える。

2030年に400MWの地熱発電を運転開始するための地熱発電の開発スケジュール案を図38に示す。400MWの地熱発電所の開発・建設するためのモデルスケジュールでは、地熱発電所の建設に向けた活動は、時間をかけるべきではなく、開発スピードを高める必要があるといえる。

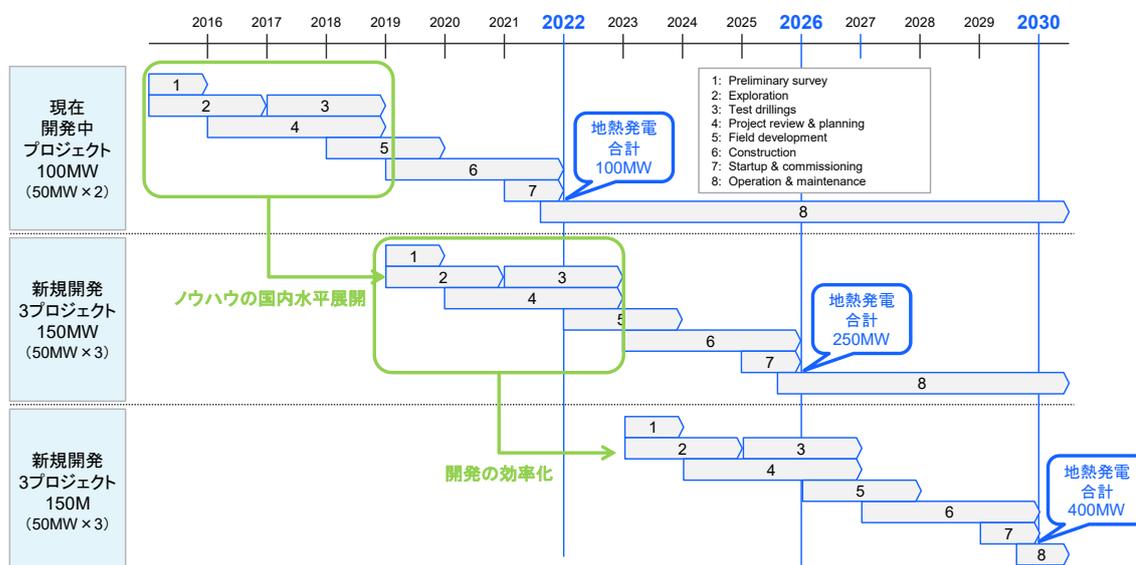


図 38 INDC に貢献する地熱発電の導入スケジュール

### 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 39 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。

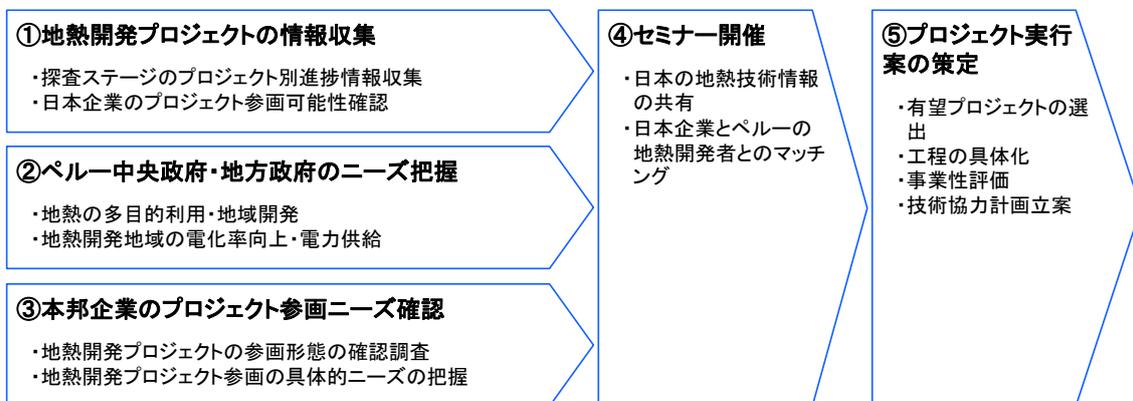


図 39 ペルー地熱開発における民間投資プロジェクトの組成に向けた支援イメージ

以上

## 参考文献

- 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
- 地熱エネルギーハンドブック 日本地熱学会 2014 年
- 長期エネルギー需給見通し 平成 27 年 7 月 経済産業省
- 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
- 平成 26 年度国際石油需給体制等調査報告書 (諸外国のエネルギー政策動向等に関する調査) 資源エネルギー庁
- ペルー国地熱発電開発マスタープラン調査 2012 年 JICA
- Anuario Encutivo De electricidad 2014, Ministerio de Energia y Minas
- Assessment of the Regulatory, Institutional and Economic Framework for Geothermal Development (Peru) 2014 Current Topics-Geothermal-Latin America, KfW, 2015
- Desafios para el desarrollo de la Geotermia, 2015, Enerl Green Power
- Evoluciones en el Subsector Eléctrico, Parte 10, 2014, Ministerio de Energia y Minas
- Geothermal Country Update for Peru, 2010-2014, Proceedings World Geothermal Congress 2015, pp.19-25, April 2015
- Geothermal Financing and Risk Transfer Program, IDB HP
- Geothermal Handbook: Planning and Financing Power Generation , ESMAP technical report 002/12, World Bank
- Green Jobs Through Geothermal Energy, 2010, GEA
- Informe COES/DP-01-2014 “Propuesta Definitiva de Actualización del Plan de Transmisión 2015 - 2024”
- INTENDED NATIONALLY DETERMINED CONTRIBUTION (iNDC) FROM THE REPUBLIC OF PERU, September, 2015
- IRENA Workshop on Financing Geothermal Development in the Andes, KfW, 22-23, 9, 2015
- La Contribución Nacional del Perú - iNDC: agenda para un desarrollo climáticamente responsable, MINAM Updated Capital Cost Estimates for Utility Scale Electricity Generating Plants, EIA
- Levelized Cost and Levelized Avoided Cost of New Generation Resources in the Annual Energy Outlook 2015
- News-Geothermal heat-generated electricity for Latin America, 2014
- Overview on existing risk mitigation mechanism/financing instruments for geothermal Development, 2014
- PERU RENEWABLES READINESS ASSESSMENT 2014, IRENA
- Peruvian Electricity Market and the renewable energy promotion, Osinergmi

- PRIVATE FINANCING OF GEOTHERMAL DEVELOPMENT (GGA Stakeholders Meeting) 2015  
IFC
- Propuesta de Política Energética de Estado Perú 2010-2040
- SITUACIÓN DE LA ENERGÍA GEOTÉRMICA EN EL PERÚ, 2014
- Success of Geothermal Wells: A global study, IFC

## 添付資料

- (1) セミナーアジェンダ
- (2) Deloitte Touch Tohatsu のセミナー講演資料
- (3) 地熱開発モデル投資額・O&M コスト配分の根拠

(1) セミナーアジェンダ

## Seminario Programa

Seminario de Título	Hacia la promoción del desarrollo geotérmico del Perú	
Propósito	Este seminario comparte la situación actual del desarrollo de la energía geotérmica, y le proporciona una propuesta para la promoción de la energía geotérmica, sobre la base de los resultados del estudio de factibilidad, que son importantes a fin de desarrollar la energía geotérmica a través de las inversiones privadas.	
Fecha	Miércoles 26 de octubre	
Agenda	08:00 - 09:00	Recepción
	09:00 - 09:05	1) Palabras de apertura: Oficina de JICA en el Perú, Representante Residente
	09:05 - 09:15	2) Palabras de apertura: MEM, por Viceministro del Ministerio de Energía y Minas
	09:15 - 09:35	3) Presentación 1: "SITUACIÓN Y PERSPECTIVAS DE LA GEOTERMIA EN EL PERÚ" por Alcides Claros Pacheco, MEM
	09:35 - 09:55	4) Presentación 2: Proinversión "Investment opportunities in energy sector under the PPP scheme" por Lisbeth Loja
	09:55 - 10:30	5) Presentación 3: "Descripción general de la propuesta del equipo de JICA" por Masatoshi Nishimoto, Deloitte Touch Tohmatu
	10:30 - 10:40	Sesión Q & A
	10:40 - 11:00	Descanso
	11:00 - 11:20	6) Presentación 4: "ENERGÍA GEOTÉRMICA: alternativa de energía renovable, limpia y con visión a futuro" por Vicentina Cruz Paucara, INGEMMET
	11:20 - 11:40	7) Presentación 5: "Modelos para el Desarrollo Geotérmico y la planta de Cerro Pabellón", por Sandro Bruni, Enel Green Power
	11:40 - 12:00	8) Presentación 6: "PERÚ Generación de energía usando los recursos geotérmicos Inversión privada: oportunidades, avances y retos", por Carlos Niño Neira Ramos, Energy Development Corporation
	12:00 - 12:10	Sesión Q & A
	12:10 - 12:15	9) Comentario final: Oficina de JICA en el Perú, Jefa de Operaciones
12:15 - 14:00	Almuerzo buffet para invitados	

(2) 有限責任監査法人トーマツのセミナー講演資料

**Deloitte.**  
デロイトトーマツ

**トーマツ.**



**Descripción general de la propuesta del equipo de JICA**  
“Propuesta sobre el esquema de promoción de energía geotérmica mediante inversión privada”  
**Masatoshi Nishimoto**, Director, Risk Advisory  
Deloitte Touch Tohmatsu LLC  
October 26, 2016

**Tabla de contenidos**

Sobre Deloitte	3
1. ¿Cuál es el problema sobre el mecanismo actual?	5
2. ¿Por qué se sugiere la promoción de la energía geotérmica?	6
3. ¿Qué efectos se pueden esperar cuando se instale?	9
4. ¿Dónde poner atención?	12
5. La introducción del esquema de JICA	16
6. La generación de energía geotérmica - ¿Por qué “ahora”?	21
7. Creación de capacidad sostenible para retener “persona clave”	23
8. Claves para el éxito de la promoción de la energía geotérmica	26

<sup>2</sup> Notas: Este material se base en vista privada del hablante, y no un punto de vista oficial de Deloitte Touche Tohmatsu.

## Sobre Deloitte Global

La presencia global es una de las principales fortalezas que tiene Deloitte que la diferencia de sus competidores: Amplia red internacional con más de 202,000 empleados en 154 países.



3

© 2016. For information, contact Deloitte Touche Tohmatsu LLC.

## Sobre Deloitte Infrastructure y Capital Project

Habilidades y campos de experiencia en **Financiamiento de Infraestructura & APP**

Deloitte tiene una amplia experiencia en todos los aspectos claves de la estructuración de un proceso de APP, incluyendo experiencia en el sector privado, dándonos a nosotros la mejor visión de lo que es factible.

### Habilidades y áreas de experiencia en APP



4

© 2016. For information, contact Deloitte Touche Tohmatsu LLC.

## 1. ¿Cuál es el problema sobre el mecanismo actual?

Si la situación actual continua por otra década, el dramático aumento de emisión de CO<sub>2</sub>, el empeoramiento del balance energético, y la restricción del acceso a la red pueden convertirse en un riesgo. El modelo de promoción geotérmico puede reducir estas preocupaciones.

	Mecanismo actual	Modelo de promoción geotérmica
Planta de energía de Gas Natural	gran aumento ↑	aumento ↑
Planta de energía por la otra RER	gran aumento ↑	gran aumento ↑
Planta de energía de geotérmica	—	aumento ↑
Emisión de CO <sub>2</sub>	Aumento de energía a gas natural generará emisión de CO <sub>2</sub> .	Generación de energía geotérmica contribuirá a la mitigación de emisión de CO <sub>2</sub>
Balance de energía	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gas natural es consumido por la generación de energía térmica</li> <li>Generación de energía hidroeléctrica como una carga de base puede ser vulnerable por el cambio climático.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gas natural se puede exportar y ganar dinero</li> <li>Recurso de energía de carga base se incrementará</li> </ul>
Restricción al acceso a la red	<ul style="list-style-type: none"> <li>Generación de energía RER necesita la generación térmica auxiliar.</li> <li>Si generación de energía RER debería aumentar, la restricción de acceso a la red y / o almacenamiento de energía serían necesarios.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Suministro estable de energía geotérmica trae</li> <li>- ninguna generación térmica auxiliar</li> <li>- no se almacenen ni restricción.</li> </ul>

5

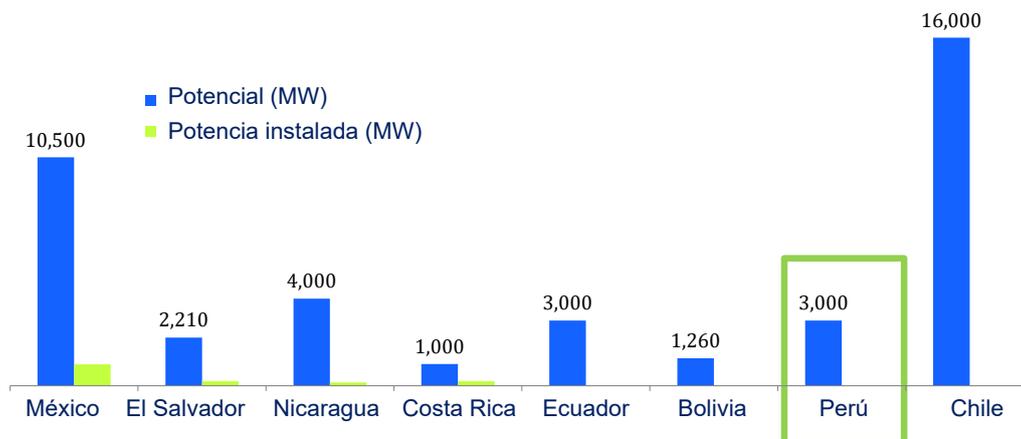
© 2016. For information, contact Deloitte Touche Tohmatsu LLC.

## 2. ¿Por qué se sugiere la promoción de la energía geotérmica?

### 2.1 Fuente de potencia de energía geotérmica en Perú

En Perú hay una capacidad potencial de 3,000 MW.

No existen plantas geotérmicas en Sudamérica. En cambio, hay plantas en Centroamérica que están en fase de desarrollo.



Fuente: 2016 Annual U.S. & Global Geothermal Power Production Report, Geothermal Energy Association  
Geothermal Energy: International Market Update, Geothermal Energy Association

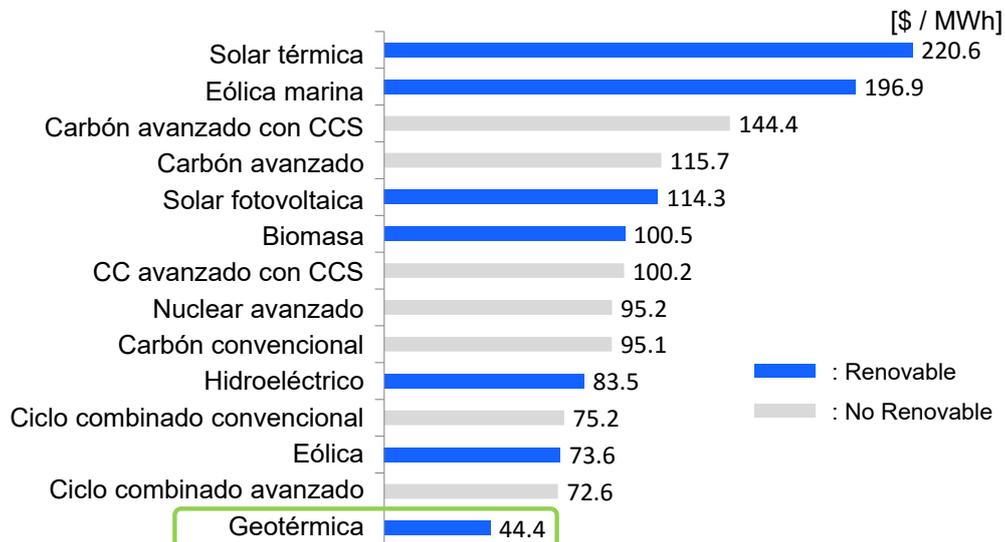
6

© 2016. For information, contact Deloitte Touche Tohmatsu LLC.

## 2. ¿Por qué se sugiere la promoción de la energía geotérmica?

### 2.2 Energía geotérmica tiene el más bajo LCOE

Geotérmica es la fuente de energía de mayor costo efectivo porque la vida útil de la planta es de 30 años



Fuente: Levelized Cost and Levelized Avoided Cost of New Generation Resources in the Annual Energy Outlook 2015 ([https://www.eia.gov/forecasts/aeo/electricity\\_generation.cfm](https://www.eia.gov/forecasts/aeo/electricity_generation.cfm))

7

© 2016. For information, contact Deloitte Touche Tohmatsu LLC.

## 2.¿ Por qué se sugiere la promoción de la energía geotérmica?

### 2.3 Áreas de mucha altitud o donde cae nieve pesada pueden ser gestionadas por fabricantes japoneses

Fabricantes japoneses tienen experiencias de construcción en zonas de nieve pesada o mucha altitud.

Grúa trabajando sólo 10 metros de alto en la foto de la derecha.

Tecnología de Japón hace posible trabajar una sala de turbinas con baja altura en la zona de nieve pesada Iceland Hellisheidi.



Planta geotérmica de Sumikawa en Tohoku, Japón. Altitud de 1,062m con climas fríos y nieves pesadas.

Fuente: Mitsubishi Hitachi Power Systems (MHPS) material.

8

© 2016. For information, contact Deloitte Touche Tohmatsu LLC.

### 3. ¿Qué efectos se pueden esperar cuando se instale?

#### 3.1 Beneficios de sustituir el gas natural por energía geotérmica

Si el precio promedio de exportación de GNL fuera aplicado en el cálculo de la PPA, la tasa de PPA de gas natural puede ser casi 10.9 Cent / kWh para llegar a FIRR = 12%.

En el largo plazo, la energía geotérmica debería desarrollarse y se puede exportar el excedente de gas natural.

Comparación de modelos en base de precio de exportación de GNL

Item	Generación de energía geotérmica financiado por Instituciones multilaterales	Generación de energía de gas natural (Caso de ciclo combinado avanzado)
Generación de energía [GWh/año]	2803.2	
FIRR 30 años	12%	
PPA [Cent/kWh]	<b>8.6</b>	<b>10.9</b>
Precio de exportación de GNL en Perú [\$/MMBtu]	-	<b>10.5</b>
Costo del Proyecto [M\$]	2192.0	717.9
Costo de O&M [M\$/año]	19.6	15.3

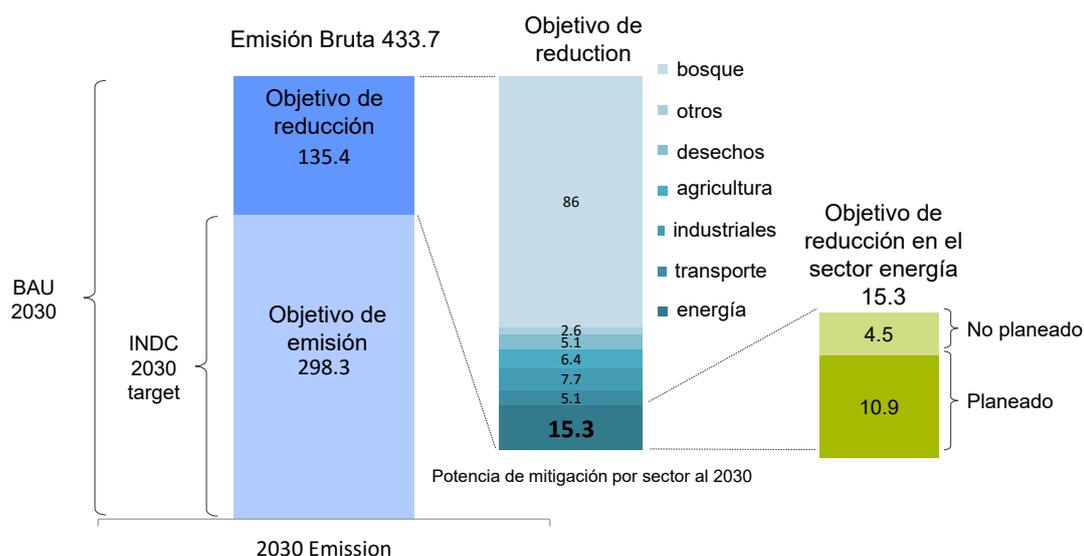
9

© 2016. For information, contact Deloitte Touche Tohmatsu LLC.

### 3. ¿Qué efectos se pueden esperar cuando se instale?

#### 3.2 Objetivo en el sector de energía para INDC

El Gobierno del Perú se ha puesto el objetivo de reducción de CO2 del 30% sobre BAU en base de INDC (Intended Nationally Determined contributions). Es el segundo objetivo de reducción mas grande.



10

Fuente: La Contribución Nacional del Perú - INDC: agenda para un desarrollo climáticamente responsable, MINAM

© 2016. For information, contact Deloitte Touche Tohmatsu LLC.

### 3. ¿Qué efectos se pueden esperar cuando se instale? 3.3 Impacto de generación geotérmica en INDC

El desarrollo de 400 MW tiene un gran impacto en el sector de energía de Perú

Capacidad de energía geotérmica [MW]	Generación de energía al año [GWh]	Reducción de emisión [MtCO <sub>2</sub> /año]	Efecto de reducción comparado con emisión de BAU en 2030	Efecto de reducción comparado con emisión de BAU entre sectores de energía	Contribución en la parte no planificado de reducción de CO <sub>2</sub> en sector de energía en 2030
400	2,803	1.8	1.4%	12.0%	41.3%

Fuente: La Contribución Nacional del Perú - INDC: agenda para un desarrollo climáticamente responsable, MINAM

11

© 2016. For information, contact Deloitte Touche Tohmatsu LLC.

### 4. ¿Dónde poner atención?

#### 4.1 Medidas efectivas y puntos a tener en cuenta para la aplicación de la explotación geotérmica

##### 【Medidas efectivas y practicas】

1. Claro cronograma para la implementación

6. Gestión de riesgos sostenibles para riesgos ambientales durante la operación

2. Zonificación clara del área de desarrollo

7. Formación de consenso con población

3. Proceso explícito

8. Utilizaciones directas y multi-pasos de la energía geotérmica

4. Mitigación del riesgo inicial de exploración de recursos

9. Diseño de la base de datos de exploración

5. Gestión del riesgo por desarrollo de paso a paso antes de la operación

10. Incentivo a la comunidad local que pueden ser mérito político

##### 【Puntos a tener en cuenta】

1. Frecuente cambio de políticas

2. Diseño institucional teniendo en cuenta las características de recursos geotérmicos

Fuente: JOGMEC 2013 business briefing :material prepared by Deloitte

12

© 2016. For information, contact Deloitte Touche Tohmatsu LLC.

#### 4.1.1 Utilización directa del calor en Japón

En algunas regiones en Hokkaido, Japón, se producen tomates y pepinos utilizando las aguas termales después de la generación eléctrica.

Se suministran aguas termales a los invernaderos de manera gratuita. Así, se producen tomates y pepinos todo el año.



Central geotérmica Mori



Invernaderos con uso de calor residual



Interior de los invernaderos

Fuente: "Estado actual de desarrollo geotérmico" [http://rika.net/jp/report/report\\_pdf/rikare\\_dis29t\\_j\\_122112-1.pdf](http://rika.net/jp/report/report_pdf/rikare_dis29t_j_122112-1.pdf)

13

© 2016. For information, contact Deloitte Touche Tohmatsu LLC.

#### 4.1.2 Suministro de electricidad y calor en Islandia

Las aguas termales que no se usan para la generación eléctrica se utilizan para spas al aire libre, la producción de cosméticos y la calefacción de comunidades.



Central geotérmica de Svartsengi



Productos cosméticos

Al lado de la central geotérmica de Svartsengi, hay un spa al aire libre que es el más grande del mundo. Cada año visitan el lugar 400.000 turistas, un número mayor que la población de Islandia. Se producen y venden cosméticos utilizando el lodo de las aguas termales, mismas que contienen silicio.

"Estado actual de desarrollo geotérmico" [http://rika.net/jp/report/report\\_pdf/rikare\\_dis29t\\_j\\_122112-1.pdf](http://rika.net/jp/report/report_pdf/rikare_dis29t_j_122112-1.pdf)

14

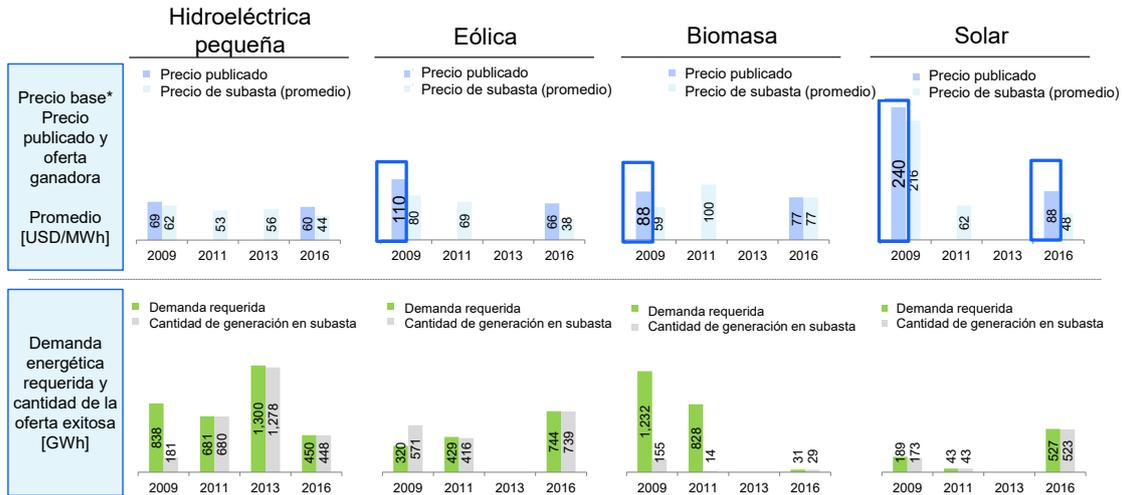
© 2016. For information, contact Deloitte Touche Tohmatsu LLC.

## 4. ¿ Dónde poner atención?

### 4.2 Precio mínimo de licitación para el desarrollo geotérmico

Desarrollo de la energía geotérmica toma más tiempo de preparación entre los recursos energéticos renovables.

Precio mínimo se debe ajustar porque el capex es alto.



Fuente: Geothermal energy in Peru, Nairobi, June 2015, MEM (<http://www.irena.org/EventDocs/7.%20Peru.pdf>)  
Osinermin HP (<http://www2.osinerg.gob.pe/EnergiasRenovables/EnergiasRenovables.html>)

15

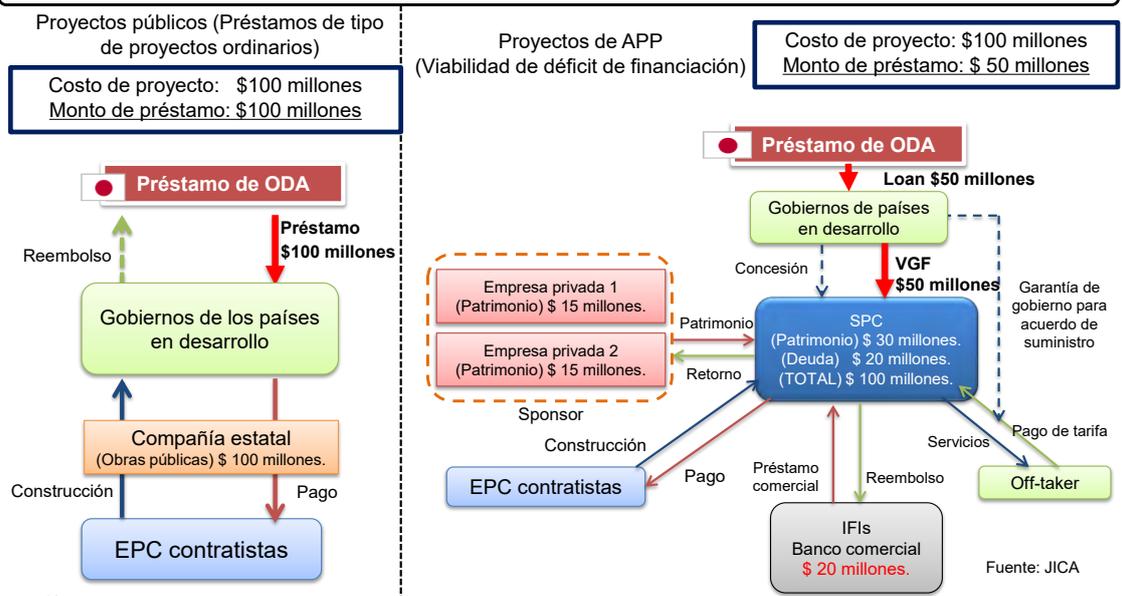
© 2016. For information, contact Deloitte Touche Tohmatsu LLC.

## 5. La introducción del esquema de JICA

### 5.1 VGF (Viabilidad de déficit de financiación)

Viabilidad de déficit de financiación estará disponible sujeta a que el Gobierno haga una financiación complementaria a SPC

Un hipotético caso de estudio de comparar el costo total de financiación con un préstamo ordinario de ODA y con EBF



16

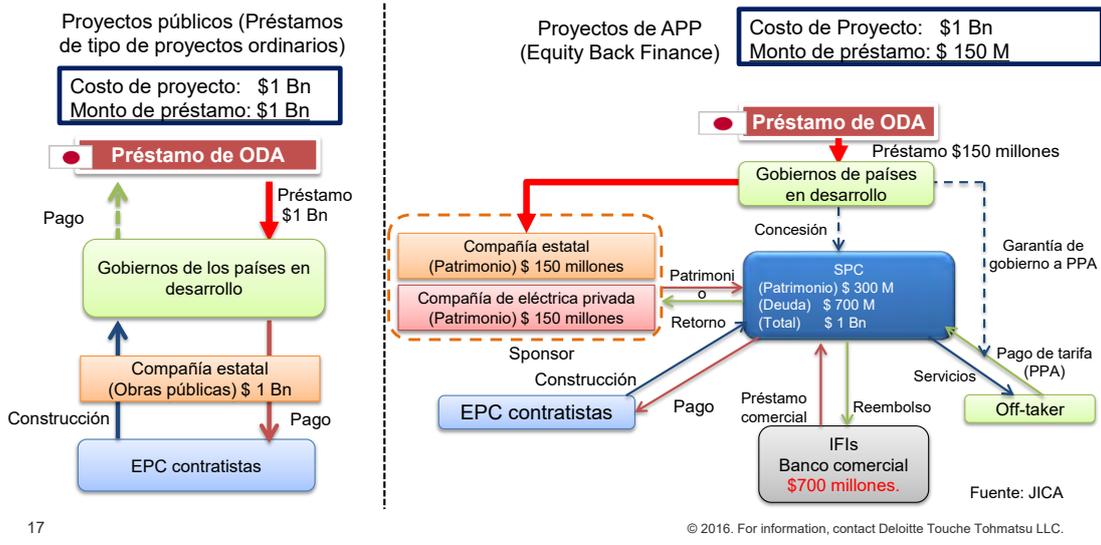
Fuente: JICA  
© 2016. For information, contact Deloitte Touche Tohmatsu LLC.

## 5. La introducción del esquema de JICA

### 5.2 EBF (Equity Back Finance)

Fondos del préstamo en yenes se utilizarán como una contribución de capital del Gobierno para los proyectos de infraestructura de la APP.

Un hipotético caso de estudio de comparar el costo total de financiación con un préstamo ordinario de ODA y con EBF



17

© 2016. For information, contact Deloitte Touche Tohmatsu LLC.

## 5. La introducción del esquema de JICA

### 5.3 Contingent Credit Enhancement Facility para el desarrollo de infraestructura APP (CEF-APP)

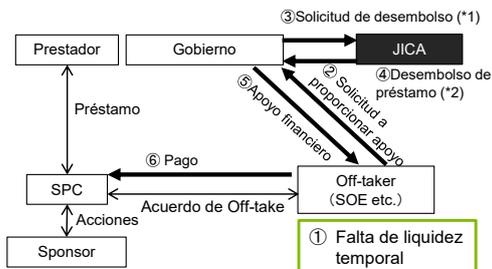
CEF-APP puede ser una difícil herramienta estratégica en un desastre contingente

#### (1) Caso 1:

En respuesta a peticiones de off-taker para proporcionar apoyo financiero a corto plazo

(Causa asumida)

El off-taker enfrenta a una crisis de liquidez en dólares debido a la súbita depreciación de la moneda local y es improbable hacer un pago a SPC

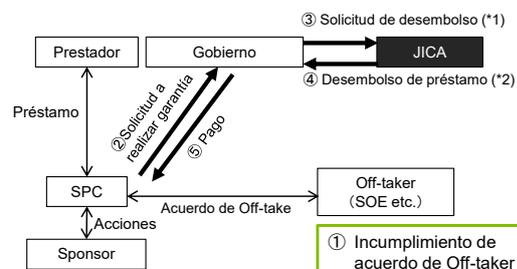


#### (2) Caso 2:

En respuesta a peticiones de la empresa de proyecto a realizar garantía

(Causa asumida)

El SPC no recibe pago desde el off-taker hasta la fecha de vencimiento por su incapacidad para realizar el acuerdo del off-taker.



(\* 1) Al recibir la solicitud de desembolso desde el gobierno, JICA revisará elegibilidad de la solicitud.

(\* 2) La cantidad a desembolsar será parcial (por ejemplo 95%) de la cantidad solicitada.

18

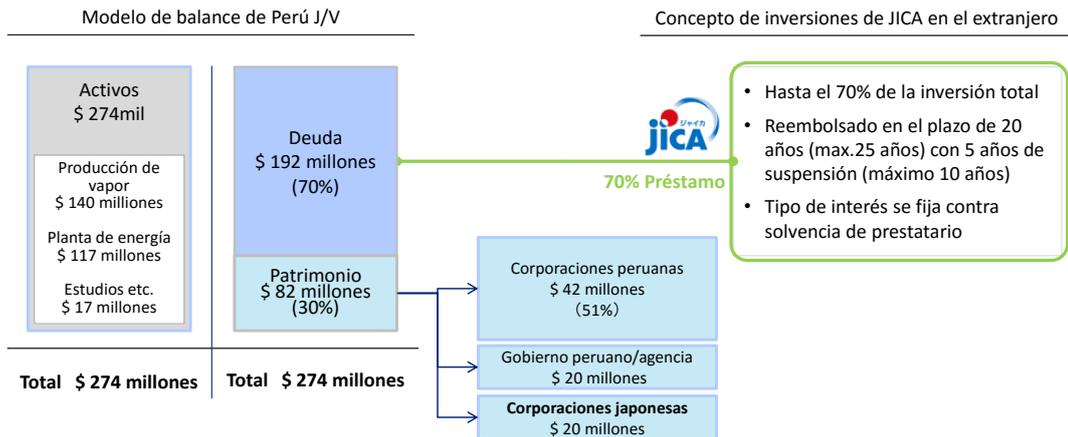
Fuente: JICA

© 2016. For information, contact Deloitte Touche Tohmatsu LLC.

## 5. La introducción del esquema de JICA

### 5.4 Promoción de energía geotérmica por inversiones de JICA en el extranjero

Las inversiones privadas japonesas pueden mostrar el apetito de existir de un buen jugador local y la participación del Gobierno en el Proyecto



Fuente de concepto: JICA

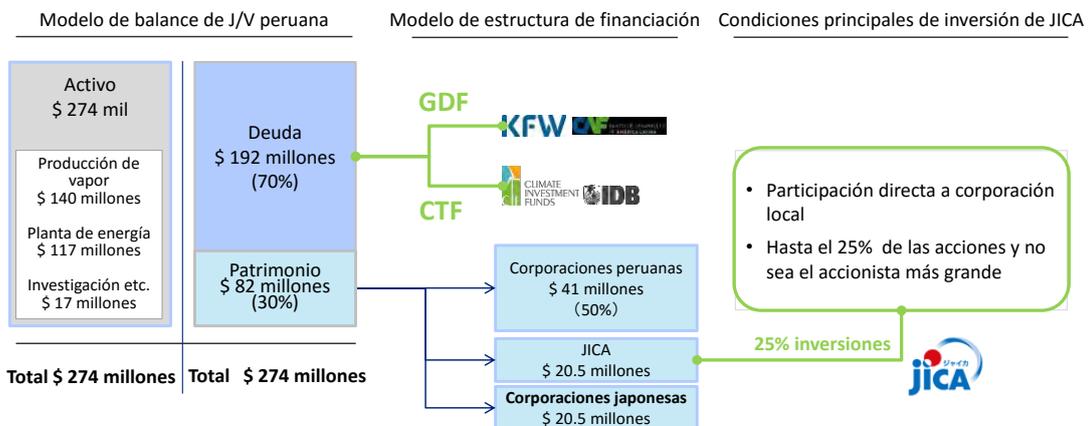
19

© 2016. For information, contact Deloitte Touche Tohmatsu LLC.

## 5. La introducción del esquema de JICA

### 5.5 Inversiones de JICA en el extranjero disponibles para la participación accionaria.

Las Inversiones de JICA en el extranjero pueden estar disponible para la participación accionaria de las Compañías peruanas en los que una Corporación japonesa participa.



Fuente de concepto: JICA

20

© 2016. For information, contact Deloitte Touche Tohmatsu LLC.

## 6. La generación de energía geotérmica - ¿Por qué “ahora”?

### 6.1 Políticas de mitigación planificadas por el sector de energía

Sector de energía desarrolla 25 políticas para la mitigación de emisiones.

La promoción de energía geotérmica todavía no está incluida

Código	Nombre de Iniciativa	Mitigación [Mt-CO2] en 2030
E1	Combinación de Energías Renovables	2.101
E2	Generación Distribuida con Paneles Solares	0.046
E3	Electrificación Rural con Paneles Solares	0.046
E4	Interconexión Eléctrica con Ecuador	0.057
E5	Reducción de Pérdidas en el SEIN	0.886
E6	Cogeneración en Refinerías	0.598
E7	Cogeneración en Industrias	0.079
E8	Cogeneración en Servicios Hospitalarios	0.713
E9	Calentadores Solares de Agua en Viviendas	0.028
E10	Reemplazo de Motores por Antigüedad	0.108
E11	Optimización de Motores (tecnología VSD)	0.049
E12	Optimización de Calderas (buenas prácticas)	0.187
E13	Reemplazo de Calderas por antigüedad	0.116
E14	Reemplazo de Lámparas Incandescentes en Viviendas	0.150
E15	Reemplazo de Lámparas Fluorescentes en Viviendas	0.133
E16	Reemplazo de Lámparas Fluorescentes en sector comercial	0.081
E17	Reemplazo de Luminarias en Alumbrado Público	0.188
E18	Clasificación en eficiencia Energética en equipos y electrodomésticos	0.135
E19	Sistema de Gestión Integral de Energía en Industrias y Servicios	2.324
E20	Reducción de uso de combustibles en Iquitos	0.283
E21	Cocinas Mejoradas	1.120
E22	Reemplazo de fluorescente al servicio público	0.034
E23	Redes Eléctricas inteligentes (Smart Grid)	0.057
E24	Eficiencia en nuevas edificaciones (NAMA)	0.619
E25	Eficiencia Energética en Ladrilleras (NAMA)	0.730
<b>Total</b>		<b>10.900</b>

Energía geotérmica no está incluida

Fuente: La Contribución Nacional del Perú - INDC: agenda para un desarrollo climáticamente responsable, MINAM

21

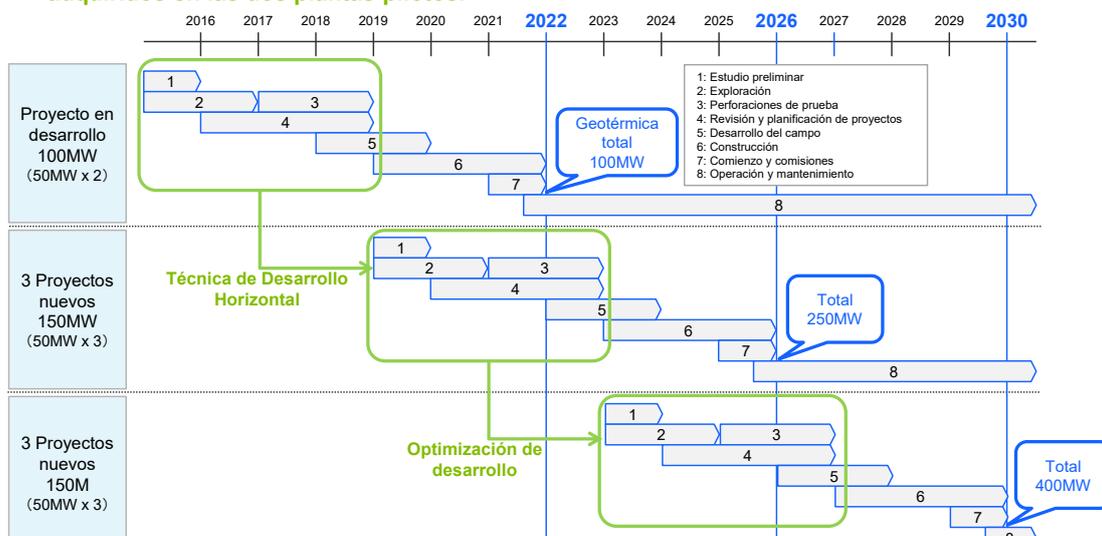
© 2016. For information, contact Deloitte Touche Tohmatsu LLC.

## 6. La generación de energía geotérmica - ¿Por qué “ahora”?

### 6.2 Cronograma de generación de energía geotérmica para contribuir al INDC

Con el fin de implementar plantas de geotérmica con 400MW para el año 2030, es necesario a:

1. Construir dos plantas de energía geotérmica que ahora se encuentran en estudio.
2. Ejecutar varios proyectos sucesivos de forma simultánea, en base a los conocimientos adquiridos en las dos plantas pilotos.



Fuente: world bank modificado por Deloitte

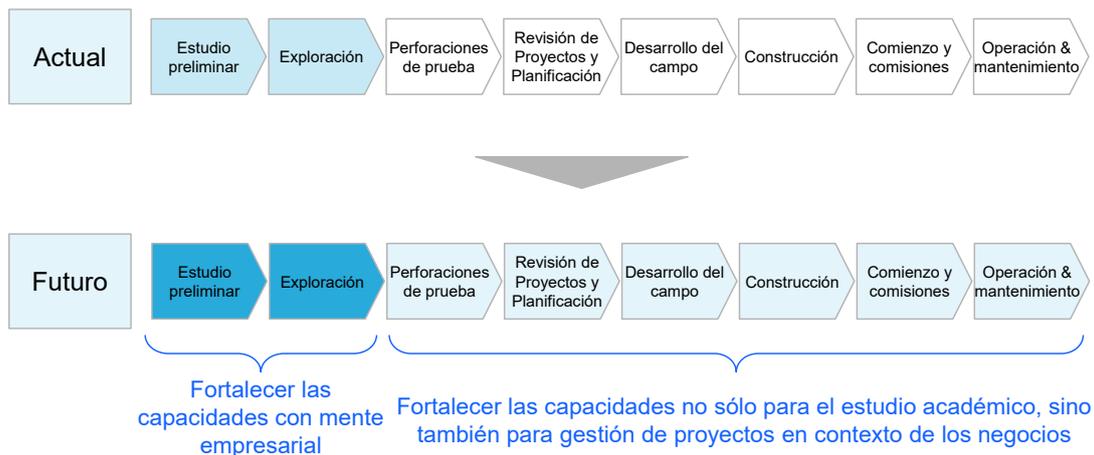
22

© 2016. For information, contact Deloitte Touche Tohmatsu LLC.

## 7. Creación de capacidad sostenible para retener “persona clave”

### 7.1 Capacitación para INGEMMET

La promoción de Energía Geotérmica necesita ampliar el estudio de superficie y gestión del desarrollo.



23

© 2016. For information, contact Deloitte Touche Tohmatsu LLC.

## 7. Creación de capacidad sostenible para retener “persona clave”

### 7.2 Número de miembros para promoción de la planta de geotérmica

Hay una posibilidad de que el número de miembros requeridos pueda faltar para el desarrollo de la planta geotérmica.

Número de miembros en INGEMMET

Especialista	Número Mayo, 2016
Geólogo	2
Geoquímico	2
Geofísico	5
Ingeniero de depósitos	0
Ingeniero de perforación	0
Ingeniero de energía	0
Científico ambiental	1
Analista financiero	0
Científico de GIS	2
Perforadores	0
Técnicos	0
Total	12

Número necesario para planta de geotérmica de 50MW

Especialista	Antecedentes educativos	Número de empleados
Geólogo	Univ. graduados	1 - 2
Geofísico	Univ. graduados	1 - 2
Personal para recoger datos	Escuela secundaria técnica	2 - 5
Geoquímico	Univ. graduados	1
Científico de GIS	Colegio técnico	1
Perforadores para exploración	Escuela secundaria técnica	3 - 7
Analista de muestras	Univ. graduados	1 - 2
Consultores	Univ. graduados	1 - 2
Total estimado		11 - 22

Fuente: Green Jobs Through Geothermal Energy, 2010, GEA

24

© 2016. For information, contact Deloitte Touche Tohmatsu LLC.

## 7. Creación de capacidad sostenible para retener “persona clave”

### 7.3 Número necesario de ingenieros de la central eléctrica de 50 MW

Desarrollo de la planta geotérmica requiere muchos ingenieros expertos de O & M y creará empleo

Número necesario de ingenieros para una planta eléctrica de 50 MW

Etapa de desarrollo	Número de empleados
Inicio	10 – 13
Exploración	11 – 22
Perforación	91 – 116
Diseño de planta y Construcción (EPC)	383 - 489
Operación y Mantenimiento	10 – 25
Sistema de manufactura de la planta	192 – 197
Total	697 – 862

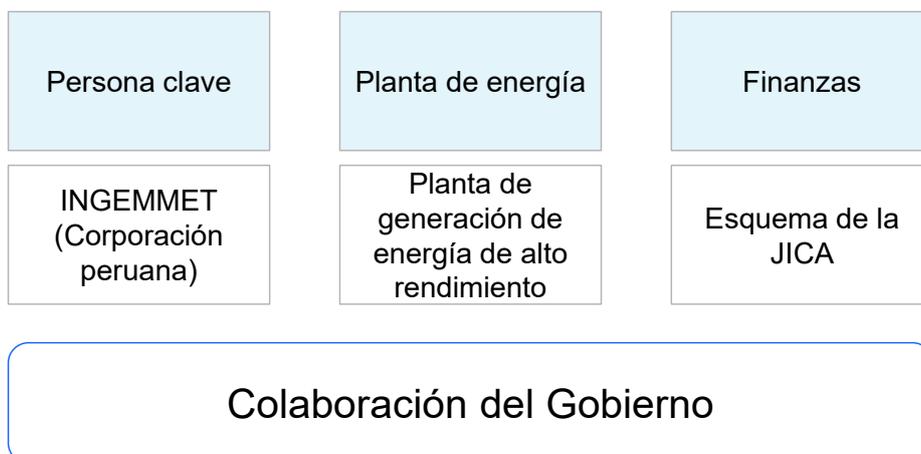
Fuente: Green Jobs Through Geothermal Energy, 2010, GEA

25

© 2016. For information, contact Deloitte Touche Tohmatsu LLC.

## 8. Claves para el éxito de la promoción de la energía geotérmica

Colaboraciones entre el Gobierno, la cooperación peruana, JICA y empresas japonesas serán los factores claves para el éxito de la promoción de la energía geotérmica



26

© 2016. For information, contact Deloitte Touche Tohmatsu LLC.



Deloitte Tohmatsu Group (Deloitte Japan) is the name of the Japan member firm group of Deloitte Touche Tohmatsu Limited (DTTL), a UK private company limited by guarantee, which includes Deloitte Touche Tohmatsu LLC, Deloitte Tohmatsu Consulting LLC, Deloitte Tohmatsu Financial Advisory LLC, Deloitte Tohmatsu Tax Co., DT Legal Japan, and all of their respective subsidiaries and affiliates. Deloitte Tohmatsu Group (Deloitte Japan) is among the nation's leading professional services firms and each entity in Deloitte Tohmatsu Group (Deloitte Japan) provides services in accordance with applicable laws and regulations. The services include audit, tax, legal, consulting, and financial advisory services which are delivered to many clients including multinational enterprises and major Japanese business entities through over 8,700 professionals in nearly 40 cities throughout Japan. For more information, please visit the Deloitte Tohmatsu Group (Deloitte Japan)'s website at [www.deloitte.com/jp/en](http://www.deloitte.com/jp/en).

Deloitte provides audit, consulting, financial advisory, risk management, tax and related services to public and private clients spanning multiple industries. Deloitte serves four out of five Fortune Global 500® companies through a globally connected network of member firms in more than 150 countries and territories bringing world-class capabilities, insights, and high-quality service to address clients' most complex business challenges. To learn more about how Deloitte's approximately 225,000 professionals make an impact that matters, please connect with us on [Facebook](#), [LinkedIn](#), or [Twitter](#).

Deloitte refers to one or more of Deloitte Touche Tohmatsu Limited, a UK private company limited by guarantee ("DTTL"), its network of member firms, and their related entities. DTTL and each of its member firms are legally separate and independent entities. DTTL (also referred to as "Deloitte Global") does not provide services to clients. Please see [www.deloitte.com/about](http://www.deloitte.com/about) to learn more about our global network of member firms.

This communication contains general information only, and none of Deloitte Touche Tohmatsu Limited, its member firms, or their related entities (collectively, the "Deloitte Network") is, by means of this communication, rendering professional advice or services. Before making any decision or taking any action that may affect your finances or your business, you should consult a qualified professional adviser. No entity in the Deloitte Network shall be responsible for any loss whatsoever sustained by any person who relies on this communication.

© 2016. For information, contact Deloitte Touche Tohmatsu LLC.

Member of  
Deloitte Touche Tohmatsu Limited

(3) 地熱開発モデル投資額・O&Mコスト配分の根拠

地熱発電事業の収益性評価は次のような根拠データを用いて試算した。表 54 は、試算に用いた地熱開発モデルで、投資額・O&M コストがいつどの程度発生するかを示したものである。

表 54 地熱開発モデルの投資額・O&M コスト配分

単位[100 万\$]

Phase	Activity	経過年 (年目)							運転開始以降
		1	2	3	4	5	6	7	
1	Preliminary survey	5							
2	Exploration	2	2						
3	Test drillings			15	15				
4	Project review & planning		3.3	3.3	3.3				
5	Field development				50	50			
6	Construction					39	39	39	
7	Startup & commissioning							8	
8	Operation & maintenance								<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 m\$ / kWh &amp; 35 m\$ / kW / yr</li> <li>• 5 年ごとに再掘削 9.5m\$ / 2wells</li> </ul>
<b>Total Investment</b>		<b>7</b>	<b>5.3</b>	<b>18.3</b>	<b>68.3</b>	<b>89</b>	<b>39</b>	<b>47</b>	<b>2.54 m\$ / yr</b>

出典: Geothermal Handbook: Planning and Financing Power Generation, ESMAP technical report 002/12, World Bank を基に当法人作成

投資額については、世界銀行の Geothermal Handbook を基に 50MW 地熱開発における投資額の推計値のうち最大ケースを用いた。

表 55 に最大ケースの投資額の推定値を示す。この選択はペルーでの地熱発電所建設コストは高地・積雪エリアとなることを考慮している。この建設コストは、経済産業省がペルーのタクナ州で地熱開発プロジェクトの費用試算を行った「平成 25 年度 エネルギー需給緩和型インフラ・システム普及等促進事業 (円借款・民活インフラ案件形成等調査) ペルー・タクナ州地熱開発事業調査報告」のプロジェクト試算額と比較し、建設費となっていることを確認した。

表 56 には同様のソースから試算に用いる地熱発電の O&M 費用が示されており、この値を O&M の根拠を示した。表 57 は各フェーズ毎の工事期間を一般化したもので、この工事期間を試算には用いている。

表 55 地熱発電の開発フェーズ毎の投資額の推定値

PHASE / ACTIVITY	LOW ESTIMATE	MEDIUM ESTIMATE	HIGH ESTIMATE
1 Preliminary Survey, Permits, Market Analysis <sup>16</sup>	1	2	5
2 Exploration <sup>17</sup>	2	3	4
3 Test Drillings, Well Testing, Reservoir Evaluation <sup>18</sup>	11	18	30
4 Feasibility Study, Project Planning, Funding, Contracts, Insurances, etc. <sup>19</sup>	5	7	10
5 Drillings (20 boreholes) <sup>20</sup>	45	70	100
6 Construction (power plant, cooling, infrastructure, etc.) <sup>21</sup>	65	75	95
Steam Gathering System and Substation, Connection to Grid (transmission) <sup>22</sup>	10	16	22
7 Start-up and Commissioning <sup>23</sup>	3	5	8
<b>TOTAL</b>	<b>142</b>	<b>196</b>	<b>274</b>
In US\$ Million per MW Installed	2.8	3.9	5.5

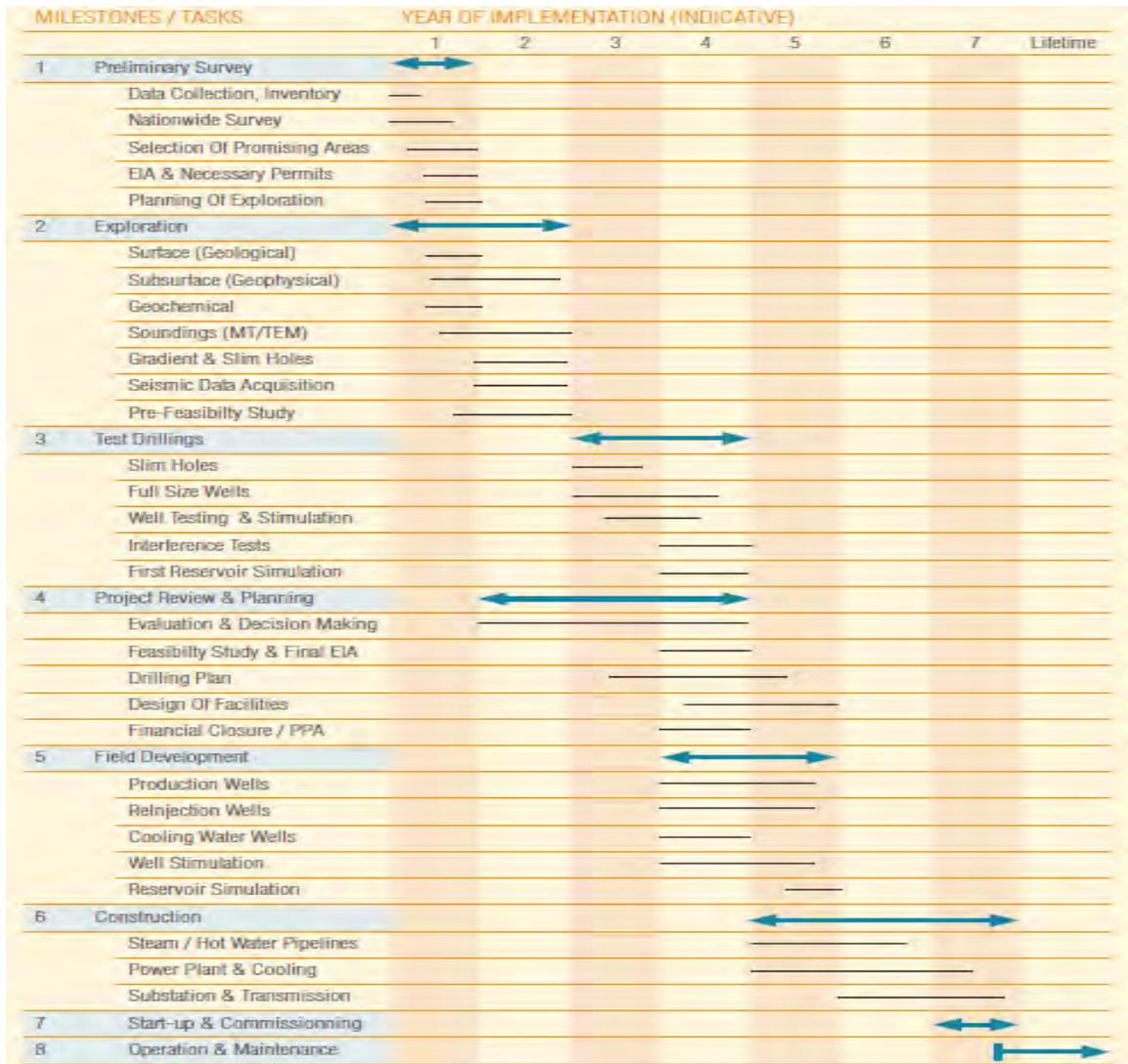
出典: Geothermal Handbook: Planning and Financing Power Generation , ESMAP technical report 002/12, World Bank

表 56 地熱発電の O&M コスト推定値

PLANT	FUEL	CAPACITY	ECONOMIC LIFE	INVESTMENT COST	ANNUALIZED INVESTMENT COST	VARIABLE O&M COST	FIXED O&M COSTS	EFFICIENCY/ HEAT RATE	
		MW	YEARS	US\$/kW	US\$/kW/Yr	US\$/MWh	US\$/kW/Yr	%	BTU/kWh
MSD	HFO	20	20	1,900	257	7.5	47	43	7,862
Steam Turbine	HFO	200	25	2,500	321	2.1	34	31	11,006
Steam Turbine	Coal	250	25	2,250	289	2.1	34	32	10,663
Combustion Turbine	NG	100	20	730	99	2.4	9.8	28	12,186
Combined Cycle	NG	150	25	1,500	192	1.5	24.5	53	6,438
Combined Cycle	LNG	150	25	1,500	192	1.5	24.5	53	6,438
Combined Cycle	FO #4	150	25	1,500	192	1.5	24.5	53	6,438
Combustion Turbine	FO #4	100	20	800	108	2.5	12	28	12,186
Small Wind Turbine	Wind	0.5	30	2,260	282	4	55		
Large Wind Turbine	Wind	1.5	30	1,700	212	2	35		
Small Hydropower	Hydro	20	40	2,500	304	4	20		
Large Hydropower	Hydro	500	50	2,800	337	1	15		
Geothermal	Steam	50	30	3,000	374	2	35		

出典: Geothermal Handbook: Planning and Financing Power Generation, ESMAP technical report 002/12, World Bank

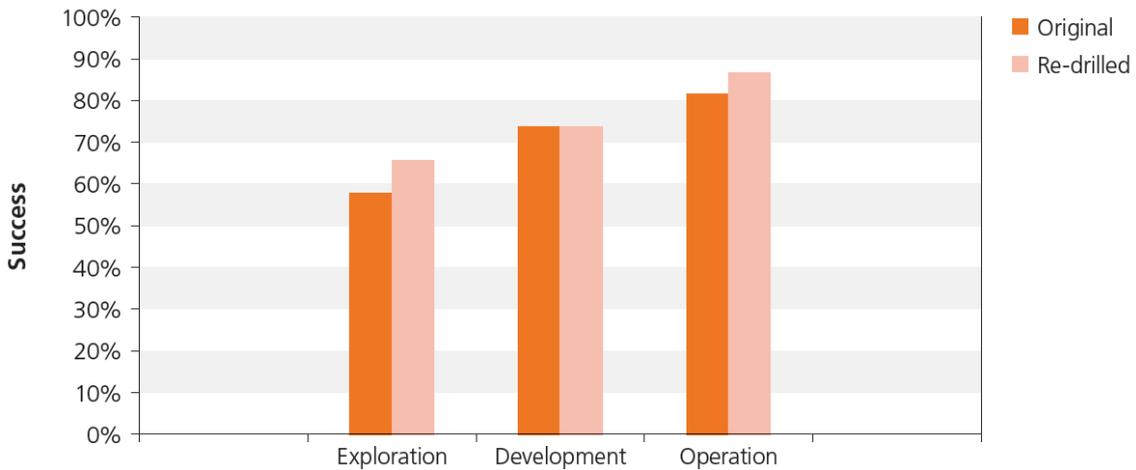
表 57 地熱発電の開発期間基準



出典: Geothermal Handbook: Planning and Financing Power Generation, ESMAP technical report 002/12, World Bank

試算では、地熱発電所の運転開始後のリスクとして、生産井の噴出能力低下のリスクを考慮する。生産井の噴出能力低下による発電出力低下時には生産井を追加で掘削すること費用として、5年ごとに生産井を掘削する前提とした。

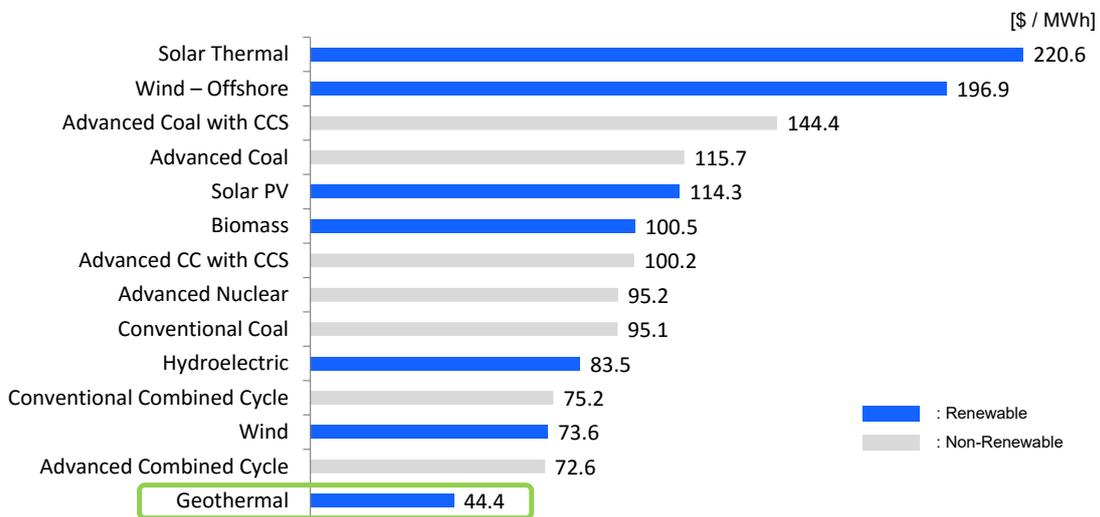
なお、地熱発電所の運転開始後の生産井の再掘削は、地熱開発時の掘削とは成功確率が異なる。図 40 は、地熱発電所の探査・開発・運転ステージごとの生産井の掘削成功確率であるが、運転開始後の生産井掘削は、地熱貯留層の特性が開発中に比べて情報の蓄積や理解が進むため、掘削は比較的高い確率で成功する。再掘削の費用は過剰に見積もる必要はないと考えられる。



出典：Success of Geothermal Wells: A global study, IFC

図 40 地熱発電所の探査・開発・運転ステージにおける井戸の掘削成功確率

地熱発電の長期間での経済性は非常に高いことが知られている。は、米国の地熱発電の均等化発電原価 (Levelized Cost of Electricity : LCOE)<sup>22</sup>である。米国の地熱開発コストに基づく LCOE の算定結果ではあるが、地熱発電所を 30 年間運転した場合、高効率の各種火力発電や各種再エネ発電を含めて、最も LCOE が低い電源であることが知られている。地熱発電は、世界各国で長期での発電所の運転実績があり、本来の地熱発電の特性からみて、運転期間を 30 年間として事業性を評価することが適当であると考えられる。



出典：Levelized Cost and Levelized Avoided Cost of New Generation Resources in the Annual Energy Outlook 2015

図 41 地熱発電所の LCOE

<sup>22</sup> LCOE はプロジェクト期間中に発生するコストをすべて回収するのに必要な売電価格である。