

コロンビア国

コロンビア国  
地熱発電開発にかかる情報収集・確認調査  
ファイナルレポート

平成 29 年 2 月  
(2017 年)

独立行政法人  
国際協力機構 (JICA)

日本工営株式会社  
センティノス・インコーポレイテッド

中南
JR
16-026

コロンビア国

コロンビア国  
地熱発電開発にかかる情報収集・確認調査  
ファイナルレポート

平成 29 年 2 月  
(2017 年)

独立行政法人  
国際協力機構 (JICA)

日本工営株式会社  
センティノス・インコーポレイテッド



[http://www.worldmaponline.com/academia/academia\\_colombia\\_physical\\_map.htm](http://www.worldmaponline.com/academia/academia_colombia_physical_map.htm) に加筆

調査対象地域位置図(コロンビア国)



[http://www.worldmaponline.com/academia/murals/academia\\_us\\_physical\\_map\\_wall\\_mural.htm](http://www.worldmaponline.com/academia/murals/academia_us_physical_map_wall_mural.htm) に加筆

調査対象地域位置図(米国)

略語表  
LIST OF ABBREVIATIONS  
LISTA DE ABREVIACIONES

Abreviaciones 略語	Spanish スペイン語	English 英語	Japanese 日本語
ACPM	Aceite Combustible Para Motores (Petrodiesel)	Diesel fuel engines	ディーゼル燃料
AFD	Agencia de Desarrollo Francesa	French Development Agency	フランス開発庁
ANH	Agencia Nacional de Hidrocarburos	National Hydrocarbons Agency	コロンビア石油・天然ガス庁
ANLA	Autoridad Nacional De Licencias Ambientales	National Environmental Authority Licenses	国家環境ライセンス局
APC	Agencia Presidencial de Cooperación Internacional de Colombia	Presidential Agency for International Cooperation of Colombia	コロンビア大統領府国際協力
APP/PPP	Alianza Público Privada	Public Private Partnership	PPP:官民パートナーシップ
ASIC	Administrador del Sistema de Intercambios Comerciales	Administration of Commercial Interchange System	商取引システム運営管理者
BANCOLDEX	Banco de Comercio Exterior de Colombia	Bank of Foreign Trade	コロンビア貿易銀行
BCIE	Banco Centroamericano de Integración Económica	Central American Bank for Economic Integration	中米経済統合銀行
BID/IDB	Banco Interamericano de Desarrollo	Inter-American Development Bank	米州開発銀行
BPC	Boston Pacific Company	Boston Pacific Company	ボストン・パシフィック社
BRGM	Servicio Geológico de Francia	The French Geological Survey	フランス地質・鉱山研究所
BGR	El Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales	The Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe)	ドイツ連邦地球科学天然資源研究所
CAC	Comité Asesor de Comercialización	Advisory Committee of Commercialization	取引諮問委員会
CAF	Banco de Desarrollo de América Latina	Development Bank of Latin America	アンデス開発公社
CAPT	Comité Asesor de Planeamiento de la Transmisión	Advisory Committee of the Transmission Planning	輸送計画専門委員会
CAR	Corporación Autónoma Regional	Regional Autonomous Corporation	地方政府
CELEC EP	Corporación Eléctrica del Ecuador	Energy corporation of Ecuador	エクアドル電力公社
CHEC	Central Hidroeléctrica de Caldas	Hydroelectric power plant of Caldas	カルダス水力会社
CIF	Centro Internacional de Física	International Physics Center	国際物理センター

Abreviaciones 略語	Spanish スペイン語	English 英語	Japanese 日本語
CND	Centro Nacional de Despacho	National Dispatch Center	国家給電指令所
CNO	Consejo Nacional de Operación	National Operation Council	国家オペレーション審議会
COLCIENCIAS	Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación	Administrative Department of Science, Technology and Innovation	コロンビア科学技術研究所
COP	Peso colombiano	Colombian peso	コロンビアペソ
CORPOCALDAS	Corporación Autónoma Regional de Caldas	Regional Autonomous Corporation of Caldas	カルダス地方政府
CORTOLIMA	Corporación Autónoma Regional de Tolima	Regional Autonomous Corporation of Tolima	トリマ地方政府
CREG	Comisión de Regulación de Energía y Gas	Committee of Regulation of Energy and Gas	エネルギー・ガス規制局
CTF	Fondo para Tecnologías Limpias	Clean Technology Fund	クリーンテクノロジー基金
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística	National Administrative Department of Statistics	国家統計部門
DNP	Departamento Nacional de Planeación	National Planning Department	国家企画局
EC	Comisión Europea	European Commission	欧州委員会
EEB	Empresa de Energía de Bogotá	Bogotá Energy Company	ボゴタ電力会社
EIA/ESIA	Estudio de Impacto Ambiental	Environmental and Social Impact Assessment	環境影響評価
EIB	Banco Europeo de Inversiones	European Investment Bank	ヨーロッパ投資銀行
EMGESA	Empresa Generadora de Energía S.A.	Energy Generating Company	電力生産会社
EPM	Empresas Públicas de Medellín	Public Enterprises of Medellín	メデジン市公共事業体
ESMAP	Programa de Asistencia para la Gestión del Sector de Energía	Energy Sector Management Assistance Program	エネルギーセクター管理支援プログラム
F/S	Estudio de factibilidad	Feasibility Study	フィージビリティスタディ
FAZNI	Fondo de Apoyo Financiero para las Zonas No Interconectadas	Financial Support Fund for Non-Interconnected Areas	系統非接続地域のための支援基金
FENOGE	Fondo de Energías Renovables y Gestión Eficiente de la Energía	Fund for Renewable Energy and Efficient Energy Management	再生可能エネルギーと効率的なエネルギー管理のための基金
FDN	Financiera de Desarrollo Nacional	Financier for National Development	国家開発資金
GDF	Desarrollo Global Financiar	Global Development Finance	世界開発銀行
GEF	Fondo para el Medio Ambiente Mundial	Global Environment Facility	世界環境ファシリティ

Abreviaciones 略語	Spanish スペイン語	English 英語	Japanese 日本語
GESA	Geoenergía Andina S. A. (filial de CHEC)	Andean Geoenergy (subsidiary of CHEC)	アンデス地質エネルギー会社 (CHEC 子会社)
GIZ	Empresa Federal Alemana para la Cooperación Internacional	German Federal Enterprise for International Cooperation	ドイツ国際協力公社
GWh	Gigavatio-hora	Gigawatt hour	ギガワット時
IBRD/BIRF	Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento	International Bank for Reconstruction and Development	国際復興開発銀行 (世界銀行)
ICEE	Índice de Cobertura de Energía Eléctrica	Electric Power Coverage Ratio	電気普及率
ICEL	Instituto Colombiano de Energía Eléctrica (anterior a ISA S. A)	Colombian Institute of Electric Power (prior to ISA S. A.)	コロンビア電力協会 (ISA の前身)
ICP	Instituto Colombiano del Petróleo	Colombian Petroleum Institute	コロンビア石油協会
IDB/ BID	Banco Interamericano de Desarrollo	Inter-American Development Bank	米州開発銀行
IFC	Corporación Financiera Internacional	International Finance Corporation	国際金融公社
INECEL	Instituto Ecuatoriano de Electrificación	Ecuadorian Institute of Electrification	エクアドル国家電力庁
IPSE	Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas	Institute for Planning and Promotion of Energy Solutions	系統接続地域外のエネルギー計画促進機関
IRENA	Agencia Internacional de las Energías Renovables	International Renewable Energy Agency	国際再生可能エネルギー機関
ISA S. A.	Interconexión Eléctrica S.A.	Electric Interconnection S.A.	電気相互接続会社
IVA	Impuesto al Valor Agregado	Value-added tax	付加価値税
JICA	Agencia Japonesa de Cooperación Internacional	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人国際協力機構
KfW	Banco de Crédito para la Reconstrucción	Reconstruction Credit Institute	ドイツ復興金融公庫
km	kilómetros	kilometers	キロメートル
km <sup>2</sup>	Kilómetro cuadrado	Square kilometer	平方キロメートル
kv	kilovoltios	kilovolt	キロボルト
kWh	kilovatio-hora	kilowatt hour	キロワット時
LAC	Liquidador y Administrador de Cuentas de cargos por Uso de las Redes del SIN	Liquidator and administrator of counts, related to charges for using SIN electrical grid	SIN 電力網の利用料金に関する管理
m <sup>2</sup>	metro cuadrado	Square meter	平方メートル
MADS	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Ministry of Environmental and Sustainable Development	環境省
MEM	Mercado de Energía Mayorista	Wholesale Electricity Market	電力卸売市場
MME	Ministerio de Minas y Energía	Ministry of Mines and Energy	鉱山エネルギー省

Abreviaciones 略語	Spanish スペイン語	English 英語	Japanese 日本語
MT	Magnetotelúrica	Magnetotelluric	電磁気探査
MW	Megavatios	Megawatts	メガワット
MWe	Megavatios de electricidad	Megawatts of electricity	電気メガワット
N/A	No aplica	Not Applicable	適用外
NAMA	Acciones Nacionales de Mitigación Apropriadadas	Nationally Appropriate Mitigation Action	開発途上国による適切な緩和行動
NDF	Fondo Nórdico para el Desarrollo	Nordic Development Fund	北欧開発基金
OEF	Obligaciones de Energía Firme	Firm Energy Obligations	確定エネルギー義務
OLADE	Organización Latinoamericana de Energía	Latin American Energy Organization	ラテンアメリカエネルギー機構
PARATEC	Parámetros Técnicos del SIN (aplicativo de XM para consultas de información)	Technical Parameters of the SIN (XM application for information requests)	全国連系システムテクニカル・パラメーター (XM 系統情報公開システム)
pg	Página	Page	ページ
PGN	Presupuesto General de la Nación	Government Budget	国家総予算
SER	Sociedad Colombiana de Energías Renovables	Renewable Energy Society Colombia	再生可能エネルギー協議会
SGC	Servicio Geológico Colombiano	Colombian Geological Service	コロンビア地質調査所
SIC	Sistema de Intercambios Comerciales	Commercial Exchange System	電力売買システム
SIN	Sistema de Interconexión Nacional	National Interconnected System	国家電力網接続システム
SINA	Sistema Nacional Ambiental	National Environmental System	国家環境システム
SSPD	Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios	Superintendency of Public Utility Services	公共サービス監督局
STN	Sistema de Transmisión Nacional	National Transmission System	国家輸送システム
STR	Sistemas de Transmisión Regionales	Regional Transmission Systems	地域送電システム
TA	Asistencia técnica	Technical Assistance	技術支援
TIE	Transacciones Internacionales de Electricidad	International Electricity Transactions	国際電力取引
TOR	Términos de referencia	Terms of Reference	付託条項
UNAL	Universidad Nacional de Colombia	National University of Colombia	コロンビア国立大学
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México	National Autonomous University of Mexico	メキシコ国立自治大学
UPME	Unidad de Planificación de Minería y Energía	Unit of Planning for Mining and Energy	鉱山エネルギー省計画局
USAID	Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo	United States Agency for International Development	米国国際開発庁

Abreviaciones 略語	Spanish スペイン語	English 英語	Japanese 日本語
	Internacional		
USTDA	Agencia de Desarrollo y Comercio de los Estados Unidos	United States Trade and Development Agency	米国貿易開発局
VERE	Valor Esperado de Racionamiento de Energía	Expected Value of Energy Ration	エネルギー配給予測値
VEREC	Valor Esperado de Racionamiento de Energía Condicionado	Expected Value of Conditioned Energy Ration	制約エネルギー配給予測値
WB	Banco Mundial	The World Bank	世界銀行
ZNI	Zonas no interconectadas	Non-interconnected Zones	系統非接続地域



## コロンビア国

### 地熱発電開発にかかる情報収集・確認調査

#### ファイナルレポート

#### 要 旨

---

### 第 1 章 序章

#### 1-1 調査の目的・背景

コロンビア国（以下、コ国）では、現在、水力発電が同国の電源構成の 69.89%を占めている。水力エネルギーはクリーンかつ環境調和型と考えられるが、一方、気候変動による水文環境の変化に対して脆弱で、渇水時には発電所の運転能力の低下が発生する。2013 年から 2015 年の渇水により、コ国における電源構成に占める水力発電の割合は 67.3%から 63.8%まで低下した一方で、火力発電が 27.1%から 31.0%に増加した。これを発電電力量で見ると、水力がその間 41,836GWh から 42,464GWh ～ 628GWh の微増加を示したのに対し、火力が 16,839GWh から 20,631GWh ～ 3,792GWh の電力量を大幅増加することで同国の需要増加に対応したものである。そこで同国においては、水力発電への過度の依存を軽減し、経済性や温室効果ガス抑制効果等の環境面、及び電力供給の安定性を備えた電源構成のベストミックスに向けた検討を行っている。

地熱開発に関しては、2008 年以降、同国三大電力公社の一つである ISAGEN が米国貿易開発庁（USTDA）、米州開発銀行（IDB）等の協力により地熱発電事業の検討に係る一連の Pre-FS 調査を実施しており、これらの調査によって Macizo Volcanico Ruiz 火山周辺での開発事業の試掘に向けた準備が進められている。しかしながら、コ国では地熱発電所の建設までには至っていない。

このような状況を受け、本業務は、円借款供与の可能性を含む JICA の協力量針を見据えた上で、電力政策ならびに地熱案件の現在の取組・進捗状況等を整理・分析の上、地熱発電開発の促進に向けて必要な取組についての提言を行うことを目的に実施された。

具体的な本業務の目的は、(a) コ国における地熱発電開発に関する政策や関連法、および実施体制に関する調査を行い、(b) コ国における地熱発電開発の現状、ならびに地熱発電開

発が進展しない阻害要因を分析し、(c) JICA による有償資金協力を中心とした協力の可能性と方向性を明らかにすることである。

## 1-2 調査の概要

調査の内容は、(a) 既存資料・情報収集、(b) 関係機関へのヒアリング、(c) 関係機関との意見交換、および(d) 調査結果のとりまとめ・レポート作成、である。

# 第2章 電力セクター

## 2-1 電力政策及び法的枠組み

コ国では、1994 年法律第 142 条（公共サービス法）及び 143 条（電力法）の発効により、新たな国家電力システム体制が構築され、発電および電力取引に係り競争市場を発展させるための法的枠組みが形成された。1995 年に電力市場の自由化が開始され、同枠組みの下で、送電および配電については、自然独占市場としての扱いが決定され、常に競争的な価格を維持するように以下のような体制を整えることで適切な市場監督が行われている。

- 1) 民間企業に対し、公共サービスの提供が認められた。
- 2) 電力市場のバリューチェーンをセグメント別に分割した（発電、変電、送電、配電（電力取引））。
- 3) エネルギー・ガス規制委員会（CREG）の発足により、規制体系が設定された。
- 4) 公共サービス監督局（SSPD）の発足により提供されるサービスの品質および信頼性を守るためのメカニズムが導入された。

## 2-2 行政機関及び電力セクターの役割

コ国の電力セクターは、エネルギーセクターの一部であり電力の規制、発電、送電、売電、配電を担う幾つかの機関及び企業によって構成されている（図 2-1）。



また、コ国の電力市場は需要家すなわち利用者と経済主体すなわち市場参加者で構成される。需要家は次の2つに分類される。

- 規制部門の小口需要家（家庭および小規模店舗の使用者）
- 自由化部門の大口需要家（工場や大型店舗の使用者）

### 2-3 電力市場の関連業者

1994 年以來、コ国の電力セクターは完全に自由化され、発電、送電、配電、売電に分離された仕組みに特徴付けられている。水力発電会社としては、EMGESA, EPM, ISAGEN, AES CHIVOR, EPSA の主要 5 社が全有効設備容量の 90%以上を占めている。EMGESA、EPM、ISAGEN、EPSA の 4 社はガス火力発電所も有しており、国家送電系統に電力供給を行っている。

#### (1) 設備容量

2015 年 12 月、関連業者別の設備容量では EPM が最大の参加率 22%、次いで EMGENSA が 21%、ISAGEN が 18%を占めている。

表 2-1 業者別設備容量 (2015 年)

発電業者名	設備容量 (Mw)	設備容量 (%)
EPM S.A. E.S.P.	3,515.1	22
EMGESA S. A. E.S.P.	3,420.1	21
ISAGEN S. A. E.S.P.	2,989.9	18
Generadora y Comercializadora de Energía del Caribe S.A. E.S.P.	1,367.0	8
Empresa de Energía del Pacífico S.A. E.S.P.	1,045.3	6
AES Chivor S.C.A. E.S.P.	1,000.0	6
CELSIA S.A. E.S.P.	206.8	1
その他	2,891.9	18
Total	16,436.0	100

出所：www.xm.com.coのデータを基に作成

#### (2) 有効発電容量

SIN (国家電力網接続システム) の 2015 年末の純有効発電容量 (自消費を含まない) は 16,240MW である。2014 年記録の有効容量比では 931MW であり、5.67%の伸び率を示している。

表 2-2 SIN の純有効発電容量 (MW) (2015 年 12 月 31 日現在)

資源	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	参加率 (%)	前年比(%) 2014-2015
水力	9,185.00	9,185.00	9,315.00	10,315.00	10,892.00	66.60	5.59
火力	4,545.00	4,426.00	4,515.00	4,402.00	4,743.00	28.42	7.19
小規模	635.00	693.00	662.20		698.42	4.48	0.54
コージェネレーション	55.00	57.00	66.30	77.30	86.60	0.50	10.74
SIN 合計	14,420.00	14,361.00	14,558.50	15,489.00	16,420.00	100.00	5.67

出所：www.xm.com.coのデータを基に作成

### (3) 発電設備

発電量に関しては、下表に示すように主要 3 社（メデジン市公共事業体である EPM (Empresas Publicas de Medellin)、ならびに民間企業である ISAGEN 及び EMGESA) が総発電能力の 60%のシェアを占める（2015 年 XM 情報による）。

表 2-3 業者別発電量 2015 年

発電業者名	発電量(GWh)	市場参加率(%)
Empresas Públicas de Medellín E.S.P.	13,994.480	21.03
EMGESA S. A. E.S.P.	13,748.781	20.66
ISAGEN S. A. E.S.P.	12,820.792	19.27
その他 43 社	25,984.421	39.04
合計	66,548.474	100.00

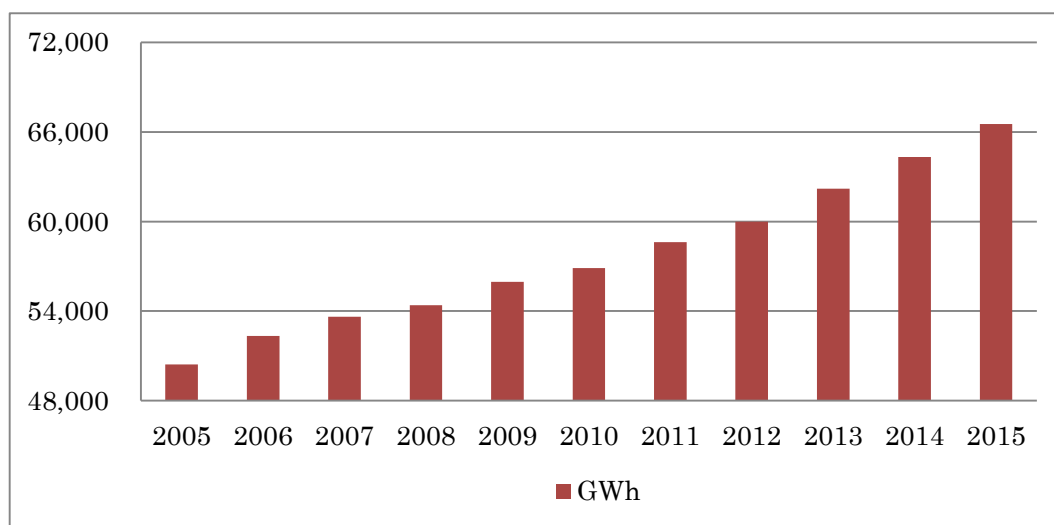
出所：www.xm.com.coのデータを基に作成

## 2-4 電力の需要と供給

### (1) 電力供給

電気供給は、グリッド地域では国家電力網接続システム (Sistema Interconectado Nacional de energía - SIN)、オフグリッド地域 (系統非接続地域：ZNI) では、分散型のシステムによって提供されている。

2015 年 3 月 31 日付けコロンビアの年間総発電量は、66,548.5GWh であり、前年同期比において 3.5% (2014 年 64,327.9GWh) の伸び率を記録している。

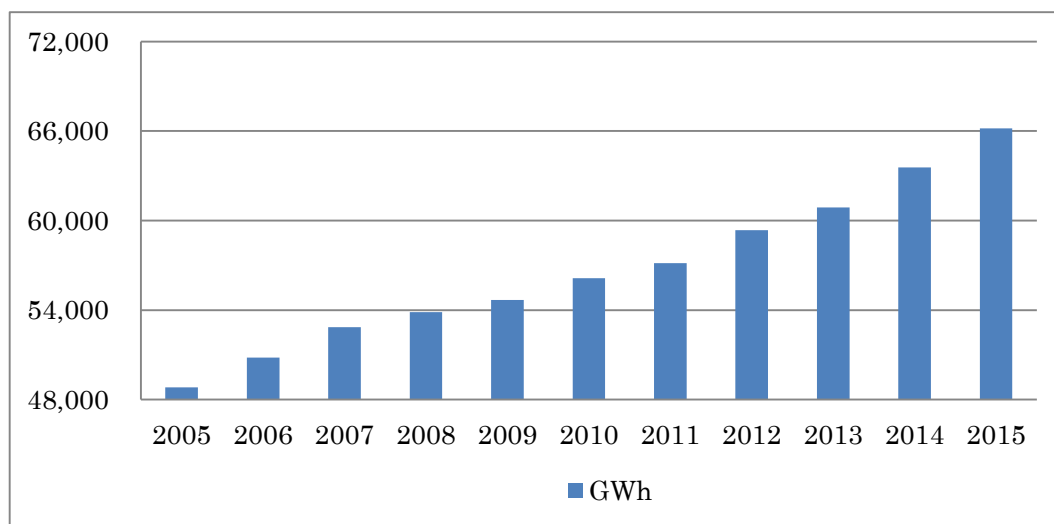


出所: www.xm.com.coのデータを基に作成

図 2-2 コ国に於ける電力供給の動向 (GWh) (2005 年～2015 年)

(2) 電力需要

コ国の 2015 年の電力需要は、下図に示すように 2015 年に 66,174GWh であり、前年比で 4.2%増加した。また、電力需要合計 66,174GWh のうち、過半数以上を占める 69%は規則的電力消費者（小口需要家：住宅および小規模消費者）によるものである。



出所: www.xm.com.coのデータを基に作成

図 2-3 コ国に於ける電力需要の動向 (GWh) (2005 年～2015 年 z)

なお、UPME (2016) は、2016 年～2030 年の最大発電容量の年別見通しを立てている。下表に 3 つのシナリオ（高、中、低）による見通し結果を電力需要の増加率で示す。中位のシナリオにおける 2016 年の電力需要増加の前年比は 4.3%であり 2015 年の前年比 4.2%

と同様な伸びを示している。2018年に5.0%の増加率が予測されているが、その後は3%前後の穏やかな増加が見込まれている。

表 2-4 全国の電力需要増加率の予測

年	見通し (%)		
	予測 高	予測 中	予測 低
2016	6.2	4.3	2.4
2017	3.8	3.2	2.6
2018	5.0	5.0	5.1
2019	3.1	3.1	3.1
2020	2.9	2.9	2.9
2021	2.5	2.5	2.5
2022	2.5	2.5	2.5
2023	2.6	2.5	2.5
2024	2.7	2.7	2.7
2025	2.8	2.8	2.8
2026	2.9	2.9	2.9
2027	3.0	3.0	3.0
2028	3.1	3.1	3.1
2029	3.2	3.2	3.2
2030	3.3	3.3	3.3

出所：コロンビアの電力需要および最大電力能力 2016年6月, UPME

## 2-5 発電・送電設備の開発計画

コ国で現在開発されている電力プロジェクトは、将来需要を満たすために計画されており、コ国政府は、中長期的に供給を増やすことによって、想定される需要をカバーできると予測している。

UPME (2015) は、『発電-送電拡大計画 2015-2029』において、下記のような発電拡大の短期的ならびに中長期的なシナリオ分析を行っている。

### (1) 短期的分析

- 1) 開発に遅れがある場合でも、新たなプロジェクトによってカバーできるため、電力不足は想定されない。
- 2) Horizonte の水力発電 (2018-2022)、発電コストが限界費用に影響を与えることが懸念され、火力発電は持続的に増加が見込まれる。
- 3) 今後の開発の必要性に関しては、2021年に新たな発電所開発が必要となる。

### (2) 中長期的分析

中長期的なシナリオではエネルギーミックス提案されている。

- 1) 短期的なシナリオと同様 Horizonte の水力発電所 2018-2022、特に Ituango 第1、第2フェーズ稼働により、限界費用が低減される。

- 2) 2015年～2018年は、Ituango 第1フェーズ（2019-2020）、第2フェーズ、および他の水力発電所(2021-2022) などにより、発電電力量の増加が期待される。水力発電の期待値の平均は、6298.18GWh-月（2023-2029）となる。
- 3) 2018年～2022年の期間、火力発電による発電量は減少すると見込まれる。2022年から石炭発電所により、発電量は増加する。
- 4) 水力発電所の出力増加と共に、火力発電の比率は徐々に減少する。
- 5) 風力発電及び非従来の発電（バイオマス、地熱、太陽光）の増加により、水力および火力発電の補完を行うことが期待される。
- 6) 再生可能資源、従来資源、非従来資源の組み込みが考慮される場合、限界費用の減少が期待される。

## 第3章 地熱発電の現状及び開発にかかる課題

### 3-1 関係機関の役割と課題

地熱開発の政府関連組織（電力セクター、環境セクター等）にかかる課題として最も大きなものは、地熱開発の実績がまだないことから組織における手続きの経験やプロジェクト推進にかかる能力が十分に備わっていないところにある。

このため、政府が主体となって実施することが期待される以下の制度整備や行政手続きにおいて検討課題が存在する。

- 法制度整備：許認可等にかかる制度整備、管理系統の確立
- 環境管理：環境ライセンスの手続きの整理
- 調査開発：資源評価と人材育成
- 開発支援：支援・促進施策の検討

地熱開発プロジェクト促進の障害となっている行政手続き・プロセスの代表的なものとしては、MADS（環境省）における環境ライセンス取得手続きがある。また MME（鉱山エネルギー省）においても、地熱資源の定義や地熱開発許可にかかるコンセッションについては十分な規定がされていない。

さらに、関連機関が多岐に亘っており、案件形成にかかる手続き、開発にかかる許認可が煩雑になる可能性がある。環境審査は MADS（環境省）本省、ANLA（国家環境ライセンス局）、地方行政法人（Corporación Autónoma Regional）などがそれぞれの立場から関連し



ており、地方事務所を跨ぐような開発ケースの取り扱いや調整などもまだ十分な経験がないため迅速な対応が難しい状況である。

開発事業者にとってもコ国の地熱開発に関する知見は蓄積されていないことから、事業リスク（初期投資、従来型発電との競争、市場規制、環境社会配慮など）等について検討を進める必要があり、開発推進に向けて民間企業による「再生可能エネルギー協議会」を発足し、報交換や関係機関との調整を行っているところである。

また、地熱発電に対して融資、保証などを検討している援助機関として、IDB,KfW,CAF などがあるが、(1) 実際の実施段階に至っている案件がないこと、(2) 南米の他国において融資案件が進んでおり、コ国内の案件の優先順位が低いこと、(3) 事業者側から融資機関側に対しまとまった話が挙げられていない、ことなどから融資機関側はまだコ国に対する対応を具体化できていない状況である。

### 3-2 地熱発電開発の取り組みと課題

コ国政府ならびに同国の民間企業はこれまで、コ国における地熱発電開発に向けて、国際機関の協力のもと、地表調査（地質・地化学・物理探査等）を行ってきた。

これまでに実施された地表調査のうち、網羅的に実施されたのはネバド・デル・ルイス (Nevado del Ruiz)地熱地域及びチレス (Chiles) 地域である。

他方で、パイパ (Paipa)、イサ (Iza)、アスフラル火山 (Volcán Azufral) 及びクンバル火山 (Volcán Cumbal) 等の地熱地帯においても、地熱に関する初期調査が行われた。同様に、コロンビア地質調査所 (SGC) は、全国レベルの地熱地帯に関する調査を行うワーキングチームを配置しており、コ国の地熱資源賦存マップを完成させている。

しかしながらコ国の地熱開発地域において FS 以降まで進んだプロジェクトは未だになく、これに関し、開発事業者が障害や課題として考えるものには以下が挙げられる（環境ライセンス取得や付与にかかる課題は次項で述べる）。

#### (1) 高い開発リスク及び初期投資

- 調査井・生産井・還元井等の地熱井掘削に伴う大きなリスクと、これに付随する高い初期投資が挙げられる。同様に、投資金額の回収に長期間掛かることも、地熱プロジェクト実施に対する一つの障害である。

#### (2) 他の従来型発電との競争

- コ国では、水資源及び石炭資源が豊富に存在することから、地熱発電開発は消極的であった背景がある。
- また、立地に関しても、地熱資源ポテンシャルの存在が前提となるため、保護地域に隣接する場合などは、環境調査を行いライセンス取得するプロセス

を踏む必要があり、進捗の遅れやコスト増を生む懸念もある。

(3) 市場規制

- コ国では、非従来型の発電方法を促進するために税務上の優遇、免税、輸入税の免税等の措置等、法律や手続処理を大きく改定している。しかしながら、地熱発電プロジェクトの事業者は、現在のコ国の電力市場のこれらの規制緩和が非従来型の発電にとっては依然として不十分であり、経済性において従来型の発電よりも不利であると判断している。

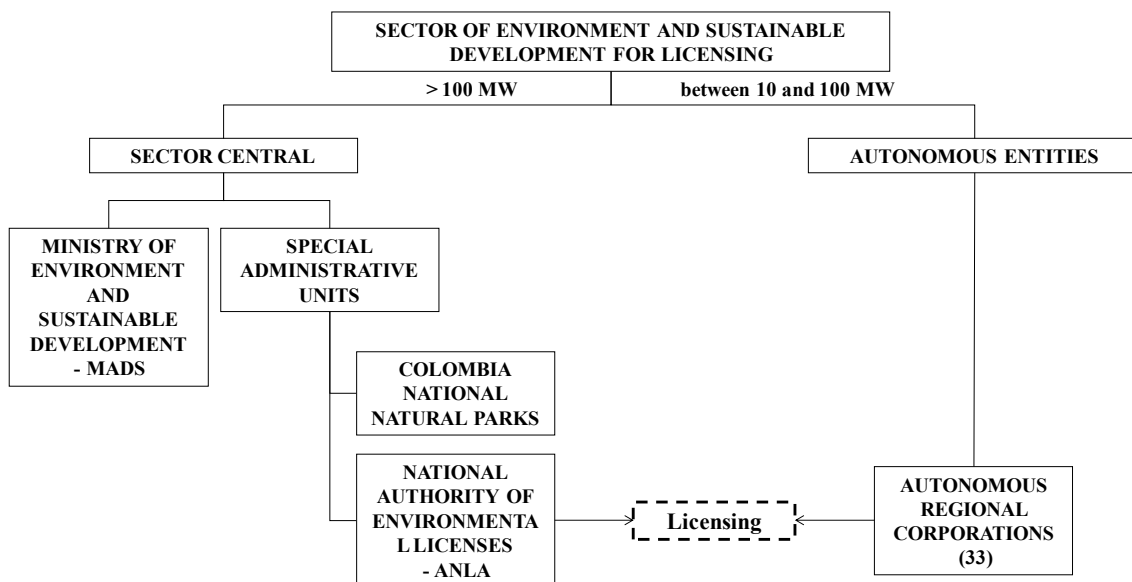
(4) 保護地域の位置

- 地熱開発ポテンシャルの高い地域が自然保護地域／国立公園もしくは、先住民及びアフリカ系先住民の所有地の近隣に位置することが多く、環境社会配慮のプロセスに関する規定等が未整備であるため開発を阻害している。

3-3 環境社会配慮の取り組み

3-3-1 環境セクターの概要

コ国において地熱発電開発を実施する際に、環境分野において関連する政府組織は、その発電出力により中央政府と地方政府に分かれる。次図に示すように 100MW の場合は中央政府である ANLA、10MW 以上 100MW 未満の場合は地方政府の管轄となる。



出所：JST

図 3-1 環境セクターの組織概要

### 3-3-2 地熱発電開発にかかる環境管理

コ国において、地熱発電開発を実施する際に必要となる環境関連の許認可は以下のとおり定められている。

#### (1) 調査許可

地熱発電には、地熱発電プラントの建設・運用前に、プレフィージビリティ調査（地表調査）、フィージビリティ調査等の段階的調査が実施される。

国家再生可能天然資源及び環境保護法（1974年法律第2811号—政令）に基づき、地熱発電の探査開始にあたっては調査許可を申請することが必要となる。調査許可は地方行政が管轄する。

#### (2) コンセッション

地熱資源は国家が所有し、管轄当局が管理する資源であるため、地熱資源の利用及び活用はコンセッションの対象となる。コンセッションはMMEが管轄する。

#### (3) 環境ライセンス

コ国における法規は、再生可能な天然資源及び自然に大きな悪影響及び変化をもたらす可能性のある全ての工事案件もしくは業務の遂行に際し、環境ライセンスの手続きと取得を義務付けている。

地熱発電は、一般的に、環境負荷が少なく、電力の供給に際して再生可能で持続性があると認識されているが、同法規に基づき各フェーズにおいて環境調査とライセンス取得手続きが求められる。開発規模により地方行政または中央政府が管轄する。

### 3-3-3 環境ライセンスの取得手順

地熱発電開発を実施する際に必要となる環境ライセンスの取得手順は以下に示す通りである。

1) 事業者は開発エリアのコンセッションの取得をMMEまたは指定された機関に申請する。コンセッションにおいて事業者と行政機関との間で、政府の所有する資源の調査・開発に関する契約を結ぶ。

#### 2-1) 調査段階（試掘を伴う調査段階）：Exploration Stage

-100MW以上の設備容量を有する発電事業に係る調査段階に中央政府である国家環境ライセンス局（ANLA）から環境ライセンスを取得する必要がある。（法令1076号2015年）

-10~100MWの発電事業に係る調査段階においては、地方政府（CAR）より環境ライセンスを取得する必要がある。ただし、10MW以下の発電事業では現行制度において環境ライセンスの取得を必要としない。

#### 2-2) 開発段階（生産井・還元井掘削～建設段階）：Exploitation Stage

- 100MW 以上の設備容量を有する発電事業に係る調査段階中央政府である国家環境ライセンス局 (ANLA) から環境ライセンスを取得する必要がある。(法令 1076 号 2015 年)
- 10~100MW の発電事業に係る開発段階においては、地方政府 (CAR) より環境ライセンスを取得する必要がある。ただし、10MW 以下の発電事業では現行制度において環境ライセンスの取得を必要としない。
- 3) ひとつ以上の開発オプションが存在する場合は、代替案の比較 (DDA: Environmental Diagnosis of Alternatives) を提出し、これをもとにプロジェクトの最適オプションが選定される。選定されたオプションに応じて、事業者は「調査許可 (ESIA を必要としない場合)」または「ESIA の TOR」の提示を申請する。
  - 4) 環境当局から開発ステージに応じた (Exploration or Exploitation) 環境影響評価 (ESIA) の TOR が提示される。
  - 5) 事業者による ESIA の実施。
  - 6) ESIA レポートならびに必要書類の提出。
  - 7) 環境当局による審査、ならびに環境ライセンスの付与。

環境ライセンス取得のいずれの段階においても、内務省及び国立公園省 (Ministry of the Interior and National Parks) により以下が指導・監督される。

- 内務省: プロジェクト地域に少数民族や先住民族が居住する場合は、ESIA 実施前に住民協議 (Prior Consultation) を実施する必要がある。
- 国立公園省: プロジェクト地域が国立公園に位置する場合は、法令に基づいた環境配慮が求められる。

なお、コ国の現状において、ESIA (Environmental and Social Impact Assessment) と EIA (Environmental Impact Assessment) の使い分けはなされていない。実質は自然環境ならびに社会環境の双方に対する影響評価とアセスメントが実施されるため、本報告書 (和文) では実情に基づき ESIA とする。ただし、コ国内では EIA と呼称することが一般的であるため、スペイン語訳では EIA を使用する。

### 3-3-4 環境社会配慮に関する課題

#### (1) 地熱資源開発にかかる環境ライセンスの法制度整備

コ国での地熱発電開発における調査許可、コンセッション、ならびに環境ライセンスの明確な定義がなされておらず、実際に開発調査を進めている電力会社 (ISAGEN ならびに EPM) は独自の解釈により手続きを進めている状況である。現状として以下のような問題が発生している。

- ・ コンセッションに関して、区域の設定、土地と地下資源との関係が定義されていないため、ISAGEN と EPM が同一と想定される地熱資源に対し、同時にコンセッション申請を行う事態が発生している。
- ・ 調査許可および環境ライセンスの付与に関して、複数の行政区にまたがった場合の許可の付与の方法が明確化されていないため、行政区の間の調整がとれず申請許可の検討が実質上は停滞している。

## (2) 環境社会配調査の TOR 策定

環境ライセンス取得のための環境影響調査（ESIA）についても、地熱発電開発のための TOR が用意されていないため、開発事業者は石油や鉱物開発にかかる ESIA の TOR を引用するなど個別に対応している。このため以下の理由により開発が行き詰る状況が発生しており、同国の地熱発電開発を促進する上で大きな障害となっている。

- ・ ESIA にかかる TOR が用意されていないため、環境当局は開発事業者が個別に用意した ESIA 報告書をその都度検討する必要がある。
- ・ また、環境当局に地熱開発の経験がないため、技術的判断ができず、実質上は環境ライセンス付与の手続きが停滞している。

地熱開発にかかるコンセッションならびに環境ライセンスの種類と、その申請取得時期、ならびに管轄部局を以下の表に整理する。また、各ライセンスについては表 3-1 に示すような整備上の課題があり、中央政府主導のもと、法制度整備が進められているところである。

なお、試掘を伴う資源確認調査は Exploration Stage（調査段階）に相当し、ESIA 実施ののちに環境ライセンスの取得が必要となる。

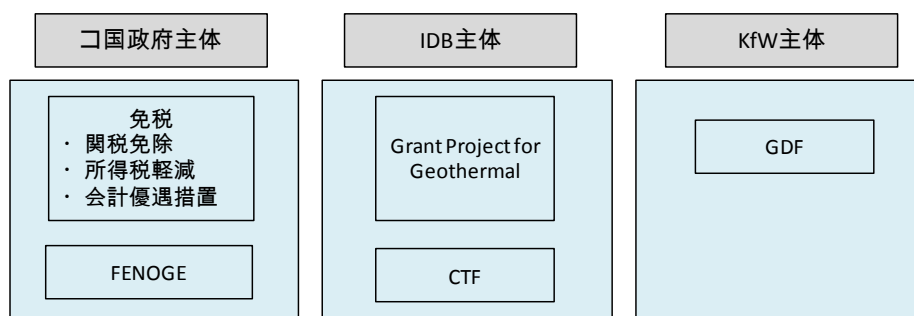
表 3-1 地熱開発にかかるコンセッションおよび環境ライセンスとその課題

許認可の種類	開発ステージ	管轄		整備上の課題
1) コンセッション (発電事業許可)	<u>1.Exploration Stage</u> 資源探査	MME		対象となるプロジェクトの定義、区域の設定、土地と地下資源の関係、コンセッション期間、特定方法など整理が必要。
	<u>2.Exploitation Stage</u> 資源開発・利用			
2) 調査許可	地表調査(地質・地化学・物理探査等 ESIA を必要としない行為)	地方行政		複数の行政区にまたがった場合の許可の付与の方法、複数の事業者が同一地域に申請を出した場合の対応等、明確化が必要。 また現行 2 年間の有効期間は PreFS-FS の実施には不足。
3) 環境ライセンス	<u>1.Exploration Stage</u> 試掘による資源確認等	10~100 MW	100MW 以上	2) と同様。 また、各開発ステージにあわせた ESIA の TOR の策定が必要。 現行制度では 10MW 以下の開発では環境ライセンスが不要。
	<u>2.Exploitation Stage</u> 生産井・還元井掘削、発電所建設等	地方行政	ANLA	

出典：JST

### 3-4 地熱発電開発のための資金援助

地熱開発は初期段階における試掘リスクが高く、ISAGEN や EPM の現行プロジェクトもこの段階での資金調達に課題を抱えている。その後も生産井掘削リスクもあり、リスクをどのように低減するかはプロジェクト全体の成功を左右する。現在、コ国で適用可能な地熱資金調達、リスク低減のスキームは次の通りである（FENOGE は制度としては整備されているものの、政府以外の機関からの資金調達スキームは確立されておらず、運用準備中である）。



出所：JST

図 3-2 地熱発電開発資金およびリスク低減スキーム<sup>1</sup>

<sup>1</sup> IDB は JICA と連携して CORE スキームを実施しており、このプログラムによる協調融資の可能性が考え

### 3-4-1 政府主体の取り組み

#### (1) 免税等金融・財政対応

コ国 2014 年法第 1715 号によって規定された、再生可能エネルギー開発にかかる優遇措置が法的根拠となっている。その主な内容は次の通りである。

表 3-2 再生可能エネルギー開発にかかる優遇措置

No.	項目	優遇措置内容
1	法人税	総投資金額に対して 50%分を 5 年間に亘って収益から控除を認める。
2	VAT 税制優遇	機器、装置などにかかる VAT を免除する。
3	輸入関税	機器、装置の輸入の関税を免除する。
4	会計優遇	固定資産の減価償却の加速化を認める。

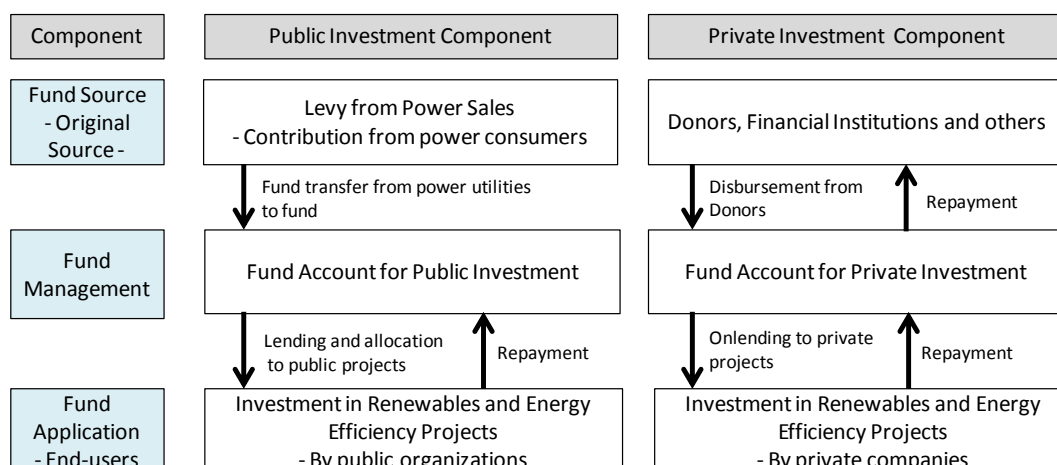
出所：JST

#### (2) 再生可能エネルギーと効率的なエネルギー管理のための基金：Fondo de Energías Renovables y Gestión Eficiente de la Energía (FENOGE)

FENOGE はコ国 2014 年法第 1715 号によって規定された基金である。また国家開発計画（2014-2018）においても省エネおよび再生可能エネルギー開発の取り組みとして掲げられている。基金は制度上設立されているものの、現時点ではまだ実際の基金は立ち上がっておらず、資金規模、運用開始の時期は決まっていない。FENOGE には政府関連機関が実施する公共プロジェクトと、民間企業が実施する民間投資プロジェクトの二つのコンポーネントがあり、現時点ではそれぞれは別会計にて運用される構想になっている。

---

られる。しかしながら、案件成熟度はまだ低く、インフラ投資への支援は今後の検討課題であると思われる。なお、CORE スキームは、2014 年 3 月 29 日、米州開発銀行（Inter-American Development Bank: IDB）との間で合意された、「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（CORE スキーム）」を指す。中米・カリブ地域における最大ドナーである IDB の知識や経験を活用しながら、案件形成を行い、同地域の気候変動緩和策に貢献していくもの。その後 CORE スキームの適用対象にカリブ開発銀行が追加されている。



出所：JST

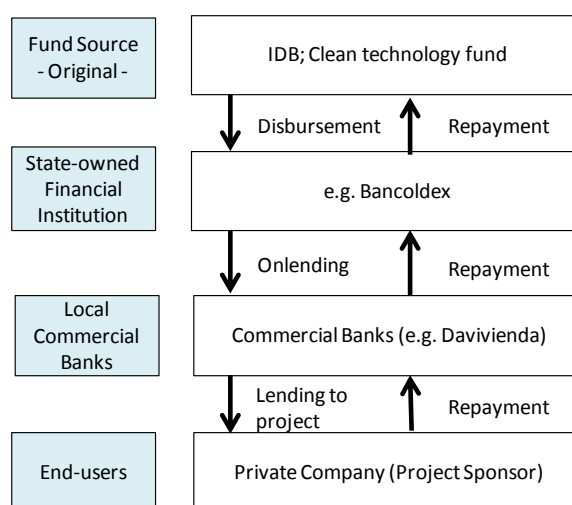
図 3-3 FENOGGE の資金フロー

### 3-4-2 IDB 主体の取り組み

IDB においては現在 CTF、Grant Project などを実施しているところである。各々について現状をまとめる。

#### (1) クリーンテクノロジー基金：Clean Technology Fund (CTF)

IDB の CTF 資金は、地熱開発に関しては無償資金のプロジェクトがあるのみで、政府系金融機関である BANCOLDEX に地熱リスク対応のための無償資金供与している。また実際の開発が実施される場合には、BANCOLDEX などを通じて民間金融機関に融資される構想である。投資を実施する企業、組織は、IDB から BANCOLDEX などの政府系金融機関を通じて、民間金融機関から資金調達を受ける仕組みとなる。以下は省エネ案件等で適用されている融資の転貸スキーム例である。



出所：JST

図 3-4 CTF 資金フロー（省エネ案件）



(2) 無償プロジェクト：Grant Project

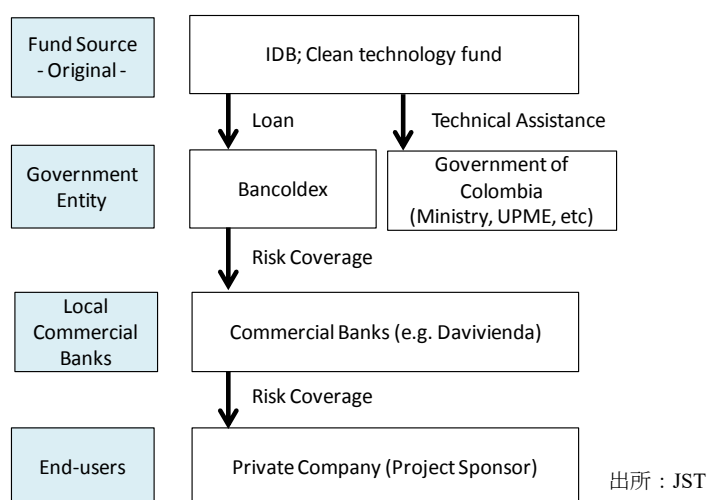
上記で述べた無償資金プロジェクトの概要は以下に示すとおりである。対象は主に ISAGEN の地熱案件を想定しているとされているが、環境審査の関係で実際の試掘進捗はほとんど見られていない。IDB の支援は無償資金によるもので、地熱開発促進のために、プロジェクトにかかる技術審査や規制改訂と同時に、試掘井戸へのリスク補償をカバーするものである。

表 3-3 IDB の無償技術協力の概要

No.	項目	内容
1	目的	コ国での地熱発電のボトルネックを解消し、融資メカニズムを提供、開発促進を支援すること。 具体的には、民間企業による地熱開発における試掘が失敗に終わった場合のリスクを補償する。また、地熱開発の経験が少ないことから、技術的な支援を無償にて実施し、開発の促進を図るものである。
2	プロジェクト名	Financing and Risk Transfer Program for Geothermal Power
3	実施機関	BANCOLDEX
4	資金	IDB (Clean Technology Fund, Grant) 総額 US\$ 9.53 mil.
5	支援内容	(a) コンポーネント 1 - Contingent Recovery Fund IDB から BANCOLDEX を通じて提供される、事業者の試掘井戸が不成功に終わった場合に費用のリスク補償 (b) コンポーネント 2 - 技術支援(TA) プロジェクトにかかる技術審査、規制改訂などへの技術支援（それぞれのコンポーネントへの資金配分は情報開示なし。いずれのコンポーネントも無償にて提供される。）
6	プロジェクト開始	2015 年第四四半期

出所：JST

なお、プロジェクト支援のスキームは次に示す通り、民間企業の試掘リスク補償とともに、政府関連機関への支援をカバーしている。



出所：JST

図 3-5 IDB 無償プロジェクト・スキーム（地熱案件）

### 3-4-3 KfW 主体の取り組み

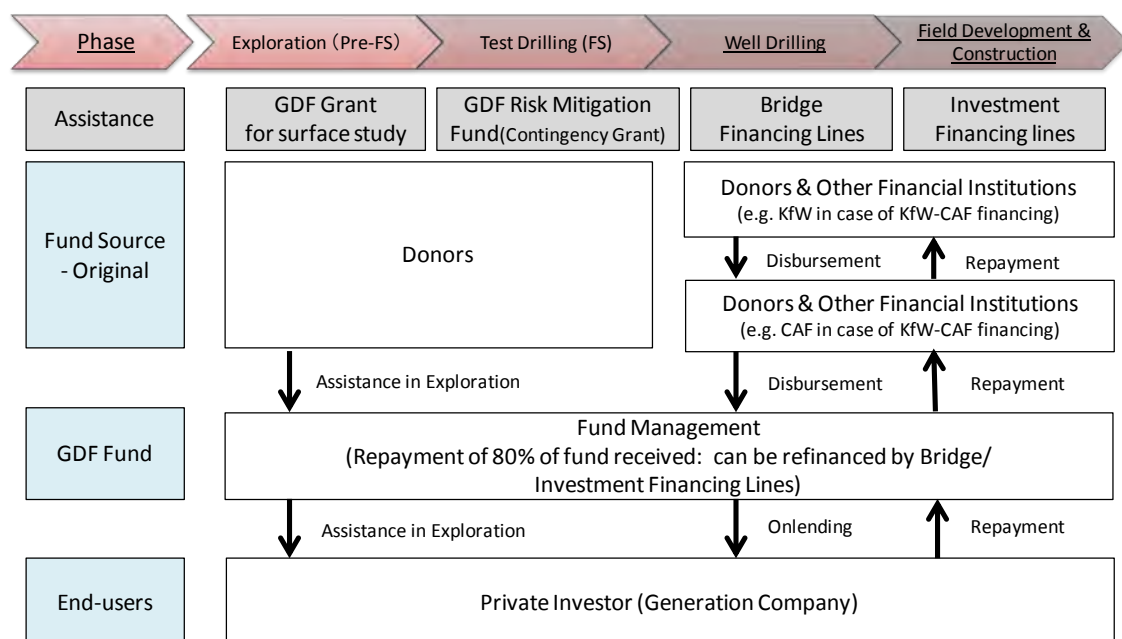
KfW はすでに述べた FENOGE への技術支援に加えて、地熱開発のための包括的な支援を実施している。Geothermal Development Facility (GDF)はその一つであり、その概要は次に示す通りである。

表 3-4 KfW の地熱支援の概要

No.	項目	内容
1	目的	ラテンアメリカにおける地熱発電の促進を支援すること。
2	設立	2016 年第四半期にプロポーザル受付開始予定 2017 年第一四半期に初めのグラント契約予定
3	参加組織	KfW, EC, IDB, EIB, WB, CAF, AFD, JICA, BCIE, ESMAP, NDF, GIZ, BGR
4	支援内容	(a)調査・試掘段階 - GDF グラント ; Pre-FS など調査資金、スリムホール、地質調査 - GDF Risk Mitigation Fund ; Contingent Grant 試掘費用の 40% まで、井戸数は 3 本まで、最大 Euro 6.0 mil まで対象 試掘井テスト、FS 調査  (b)生産井掘削段階 - GDF Bridge Financing Lines 生産井、還元井掘削、テスト費用 - Munich Reinsurance による再保険  (c)フィールド・発電所開発段階 - GDF Investment Financing Lines ; 建設資金融資 グリッド接続にかかる建設費用を含む  (d)その他 - 技術支援・政策対話・調整
5	対象事業者	民間、公的機関、PPP のいずれも可
6	想定される資金ソース	(a)調査・試掘段階 GDF ソース (b)生産井掘削段階 KfW, CAF, BCIE, (in Chile, CTF of IDB) (c)フィールド・発電所開発段階 KfW/CAF, KfW/BCIE, WB, IDB, EIB, JICA, Private

出所 : JST

また、資金フローを次に示す。



出所：JST

図 3-6 GDF の開発段階別の支援フロー

GDF の資金は、ドナーあるいは金融機関から資金調達され、基金にてプロジェクトの各ステップに応じて技術支援、資金供与がなされる。事業化調査段階（地表調査、試掘調査）では無償資金による技術協力が基本となっており、生産井掘削や発電所開発の段階では必要資金の融資を行う。

### 3-5 政府による地熱調査の取り組み

#### 3-5-1 コロンビアにおける地熱発電開発

これまで、コ国内の地熱地域では政府（SGC）主体で地表調査が行われてきた。また、ネバドデルルス火山帯では、事業者によりターゲット選定のためのボーリング調査も実施されているが、いずれの開発地域も Pre FS 段階の開発に留まっている。

#### 3-5-2 SGC による地熱発電開発の取り組み

##### (1) SGC の業務内容

コロンビア地質調査所(SGC:Servicio Geológico Colombiano)の業務概要は以下の通りである。

- ・ 地球科学の基礎研究
- ・ 潜在的な地下資源の資源ポテンシャル同定
- ・ 土砂災害の評価とモニタリング

- ・ 地球科学的情報の統合管理
- ・ 原子力技術と放射性物質の管理に関する研究

(2) SGC の組織概要

SGC の組織の中で、地熱開発に関わっている専門家は、地質・地化学・地球物理の分野をはじめ、現時点で 10 名である。SGC 全体の 2016 年度の予算は、57,131 百万 COP であり、このうちの地熱開発部門の単年度予算は 700 百万 COP であった。2017 年度は SGC による初の温度勾配井の掘削調査が計画されており、7,000 百万 COP の予算が充てられる予定である。

(3) 地熱有望地域のポテンシャル調査

SGC では、地熱開発に関して、(1) 全国地熱ポテンシャルマップの作成、(2) 全国地熱微候インベントリ調査の 2 つの業務を実施している。2017 年には Paipa 地熱地域において地温勾配井掘削による資源調査が計画されている。

(4) 有望地熱系の開発状況

優先順位の高い 5 ヶ所の地熱有望サイトの調査進捗状況を下表に示す。

表 3-5 SGC による地熱開発調査の状況

No.	地熱地域	調査/開発実施主体	優先順位*	地質調査 1:25,000	地化学調査	物理探査				3D モデリング	試掘
						重力	磁気	電気	M T		
1	Paipa	SGC	Med-high	x	x	x	x	±	x	x	-
2	Azufral	SGC	High	x	x	x	x	x	x	-	-
3	San Diego	SGC	Med-high	x	x	-	-	-	-	-	-
4	Nevado del Ruiz	ISAGEN /EPM	**	x	x	x	x	x	x	x	x
5	Tufino, Chiles	ISAGEN	**	±	±	±	±	±	±	-	-

\*: 既往調査結果に基づく順位

x: 実施済み、±: 実施中、-: 未実施

\*\*：民間業者に調査主体が移行したため順位付けはされていない。またNo.4と5地域の地表調査、地化学調査、物理探査については当初SGCも調査協力を行っていたが、現在の調査主体は民間業者に移行している。

出所：SGC, 2016

## 第4章 地熱開発推進のための提言

### 4-1 地熱資源管理にかかる法制度整備

#### 4-1-1 コンセッション、調査許可、環境ライセンスにかかる法制度整備

現在（2016年7月）、MMEの主導のもと、SGC、UPME、ANLAならびにMADSによる技術検討委員会が設置され、地熱資源開発に関する法制度の整備を行っている。コンセッション、調査許可ならびに環境ライセンス制度の整備にあたっては、地熱開発に関する専門知識が不可欠であり、専門家によるアドバイザーが求められている。

また、ライセンス関係の法制度については現在、コ国関係機関にて検討を始めているところであるが、今後の法制度整備にあたっては、以下の項目に着目し整理する必要がある。

1. 関係機関の役割の整理：新制度のもとで、MMEが付与する地熱開発地域のコンセッション（事業許可）に関する各機関の役割の明確化。
2. 地熱資源の定義と所有権の整理：MMEが管轄しSGCが技術的支援を行う。開発対象区域における探査（Exploration：試掘を含む）および開発（Exploitation）の2段階のコンセッションを付与。対象となるプロジェクトの定義を整理（発電規模など）。
3. 環境ライセンスの種類の整理：調査許可、水利用コンセッション、探査許可（地表調査・掘削調査）については地方政府、ならびに環境省（MADS）が管轄。
4. 環境ライセンスの発行権者の整理：国家環境ライセンス局（ANLA）、地方政府（CAR）が管轄。
5. 適切なコンセッションの特定方法：個別審査または競争入札によりMMEが管轄。
6. 適切なコンセッションのライセンスの期間：MMEが管轄。
7. コンセッション区域の設定方法、管理系統の確定：MMEもしくは関係当局においてコンセッションの手続きを実施。

#### 4-1-2 環境社会配慮調査のTOR作成

地熱開発に特化したESIA調査のTORを早急に定める必要がある。策定に際しては、地熱専門家によるアドバイザーが求められており、特に地熱井掘削にかかる影響評価と周辺水環境への影響評価（掘削水確保、水質汚染、地下水位低下など）等に留意したTOR案の策定が待たれている。

#### 4-1-3 環境管理行政機関の能力開発

環境ライセンスの管理を行う各行政機関に対する能力向上支援として以下が挙げられる。

##### (1) MADS

MADS に対しては 1) ESIA の TOR 策定支援と、2) 職員の地熱開発にかかる環境管理能力向上の技術的支援が考えられる。

##### 1) ESIA の TOR 策定支援

地熱開発にかかる ESIA 調査の TOR の特定は MADS の分掌であることが法律 1715 号（2014 年）にも規定されている。

コロンビア国内にはまだ地熱発電所が存在しないため、地熱発電開発の調査から運用にいたるまでの各開発の技術的な知識を持ち合わせた専門家が育っていない。このため、ESIA の TOR 策定にあたって、JICA 等の援助機関が MADS に対して専門家を派遣するなどし、検討委員会等での地熱開発技術ならびに地熱開発特有の環境配慮に関するアドバイザリーサービスを行う。特に地熱開発特有の ESIA 調査の TOR 策定に関して留意すべき項目として以下が挙げられる。

- (a) 地熱井掘削にかかる影響評価（硫化水素ガス、掘削汚泥処理、騒音・振動、地盤沈下の恐れの評価など）
- (b) 周辺水環境への影響評価（掘削水確保、水質汚染、地下水位低下など）

##### 2) 職員の能力向上

MADS が考える環境管理能力向上のために強化が必要な専門分野は以下のとおりであり、これらを取り上げた研修の実施が効果的と考えられる。

- (a) 環境社会影響評価
- (b) 脆弱な環境に対する評価と対応
- (c) 地熱開発にかかる環境配慮の一般知識
- (d) 地熱掘削における環境影響（地盤沈下等）に関する一般知識

##### (2) 地方行政法人

100MW 以下の地熱発電所を開発するにあたって、環境ライセンスを審査・付与するのは地方行政法人となる。これらの行政機関の環境部局が直面している問題の多くは、地熱開発にかかる環境管理を実施した経験がないため、環境ライセンスの技術的審査方法が確立されていない、あるいは、隣接する地方行政間の分掌が明確化されていないことなどから、手続きが滞るものである。これらについてはまず、環境ライセンス

にかかる法制度の整備と、ESIA の TOR の策定が達成されることで、大部分が解決するものと考えられる。環境ライセンスにかかる法制度の整備の主要なものは、以下の項目の明確化が挙げられる。

- (a) 複数の行政区にまたがった場合の許可の付与の方法
- (b) 複数の事業者が同一地域に申請を出した場合の対応

## 4-2 地熱調査能力の開発

### 4-2-1 コロンビア地質調査所：SGC (Servicio Geologico Colombiano)

SGC は同国の地熱資源開発の促進に向けた独自のプログラムを実施中である。その中で、JICA による支援が可能な協力分野について、ヒアリング調査から抽出された、SGC への協力項目は次の通りである。

- (a) 技術協力: 地熱資源調査の各ステージにおける技術アドバイス
  - 地熱資源調査の各ステージにおいて専門家の技術アドバイスを必要としているが、特に直近（2016年7月以降）で実施を予定している地熱資源の3Dモデル解析に関する地熱専門家派遣が求められている。
- (b) 能力向上: SGC 職員に対する地熱研修プログラムの提供、学位取得
  - 国外（本邦）研修への派遣、ならびにコ国内研修（専門家派遣によるコロンビア国内での研修実施）により職員の能力向上を行う。
- (c) マスタープラン策定調査： 開発優先順位付け、今後の地熱開発ロードマップ作成
  - 全国地熱ポテンシャルマップの更新調査により、同国の地熱開発ポテンシャルの再評価を行うための資金支援、ならびに専門家派遣。
- (d) 試験設備（実験室）：試験設備・実験施設の整備、人材育成要
  - 地熱開発地域のケーススタディを通して SGC が保有する設備を使用する実地訓練による職員の能力向上。

現時点において SGC では地表調査に関しては十分な経験があると言える。ただし、試掘を含むフィージビリティ調査は未実施であり、今後の地熱専門家の育成にあたっては、地質、地化学、地球物理等の調査結果を統合的に解釈し、地熱概念モデルの作成やポテンシャル評価を行う人材の育成が求められている。また今後、Paipa で計画されている坑井調査を通して、地質・地化学ならびに3D解析技術等の習得、ならびに関連する地質/地化学分析と解析技術の向上が期待されている。さらに地熱資源量評価の能力が向上することにより、コ国の地熱開発ロードマップの作成が可能となり、UPME が策定するの電源開発計画の基礎データに資することができるかと期待されている。

このような人材育成には、より高度な専門知識が必要となり、現在のコロンビア国内のノウハウでは不十分であるため、国外の専門家による技術支援が求められている。たとえば専門家の指導のもと、コロンビア国内外での実際の地熱開発案件の実施を通して、コロンビア人専門家の技術力の向上が有効であると考えられる。

#### 4-2-2 国立大学：UNAL

UNALの地球科学学部（Department of Geoscience）は、現時点（2016年5月）では地熱プロジェクトを行っていない、2011年にISAGENのネバドデルルイス火山地域の地熱資源調査を実施した経験がある。同学部ではプレ・フィージビリティ調査時の地質・地化学・物理探査にかかる現地調査、分析および解析作業については実施可能な体制が整っている。これらのリソースを十分活用するためには以下の項目が提案事項としてあげられる。

##### (a) プレ・フィージビリティ調査の実施：

コロンビア国内の地熱開発 Pre FS 調査において UNAL に地質・地化学・物理探査の調査を委託することが可能である。これにより同国の地熱専門家を育成することが可能となる。またコ国では、民間企業が UNAL と連携案件を実施するの場合に、コロンビア科学技術研究所（COLCIENCIAS）の認定を受けることにより開発業者は税制上の優遇措置を得ることができる制度があり<sup>2</sup>、これを利用することも検討できる。

##### (b) 地熱専門家の派遣による地熱開発技術力の向上：

地熱専門家の育成にあたっては、地質、地化学、地球物理等の調査結果を統合的に解釈し地熱概念モデルの作成やポテンシャル評価を行う人材の育成が求められている。このような人材育成には、より高度な専門知識が必要となり、現在のコロンビア国内のノウハウでは不十分であるため、国外の専門家による技術支援が求められている。たとえば専門家の指導のもと、コロンビア国内外での実際の地熱開発案件の実施を通して、コロンビア人専門家の技術力の向上が有効であると考えられる。

#### 4-3 オフグリッドの中小地熱案件

コロンビアには、地理的な位置からエネルギーの送電網に接続されていない地域（オフグリッド地域：ZONA ZNI）の電力の供給を担う政府機関が存在する。オフグリッド地域の開発レベルならびに経済レベルは、エネルギー送電網に接続され、サービスを受けている他の地域と比べ低い状態にある。

<sup>2</sup> コロンビア科学技術研究所（COLCIENCIAS）は、国内の科学技術のイノベーションを推進する機関であり、民間企業と政府系研究機関が共同でこの目的に合致するプロジェクトを実施する際に、同研究所へプロジェクトを申請し認定を受けることで以下のような税制上の優遇措置を得ることができる。1) 所得税の40%を限度に控除。2) 研究開発に関する輸入品の付加価値税の免税。



オフグリッド地域への電力の供給を担う機関は、エネルギーソリューション計画・促進機構（Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas, IPSE）であり、鉱山エネルギー省（MME）の所属機関である。同地域の定義は、2003年法律第855条第1項に定められている。

IPSEによるオフグリッド地域の電化事業は、これらが地熱発電を含む再生可能エネルギーであることも目的の一つとなっており、事業実施における以下の検討課題への支援が考えられる。

- (a) オフグリッド地域周辺の広域地熱ポテンシャルの評価
- (b) 発電施設を必要としているオフグリッド地域と地熱ポテンシャルマップの重ね合わせによるプロジェクト形成の可能性検討
- (c) 他の発電方法、ならびに SIN への接続との比較
- (d) フィージビリティ調査とパイロットプロジェクト実施

#### 4-4 地熱案件実施のための支援

現在コ国の電力関連企業のなかで地熱開発の検討を行っている会社としては、EPM, ISAGEN, ENEL Group がある。ISAGEN は現地調査のインタビューでは今後 JICA からの支援についてはあまり積極的に連携を図ろうとする姿勢は見られず、先方からの情報提供もほとんど得られなかった。

また、このうち現地調査において特に JICA との連携に興味を示した EPM からは、技術支援ならびに情報交換の要望が上がっている。内容は以下に示すとおりである。主に可能性調査にかかる技術的支援や資金調達、リスク管理にかかる協力・支援が含まれている。

- (a) 地熱開発のための試掘調査
- (b) 試掘井掘削にかかる技術支援
- (c) 地質分析技術支援
- (d) 地熱資源モデリングにかかる支援
- (e) 発電所計画・設計
- (f) 環境社会配慮
- (g) 財務分析

#### 4-5 MME/UPME への技術支援

コロンビア政府の地熱開発政策を担う MME と UPME が、地熱資源開発を行う上で重要な課題と考える項目は以下のとおりである。

- (a) 国立公園など地熱開発地点の自然環境
- (b) 探査および地熱開発ライセンス、ならびにコンセッション権の詳細整備
- (c) 地熱資源の持続性

- (d) インフラ整備（アクセス道路、排水設備、開発拠点設備）
- (e) 環境汚染等にかかる課題（水、化学薬品、建設材料、騒音、排水、地形など）
- (f) 安全問題（掘削中の暴噴、高地での作業など）
- (g) 社会問題

地熱開発はその技術特性（初期リスク、長い開発期間、資金調達課題、ならびに専門知識）から、他国における開発では、ドナーや民間企業での取り組みに加え、政府主体での支援を強化しているケースもある。コ国においては従来、政策として発電事業は民間主体による開発が実施されてきたが、地熱開発についてはリスクとリターンのバランスが他の電源開発オプションに比べて魅力的ではなかったため、現時点まで十分な成果がえられていない。またコ国では地熱開発の実績がまだないことから、種々の手続きのプロセス構築やプロジェクト推進にかかる技術的知見の蓄積がまだ不十分であり、地熱開発促進に向けた制度や許認可等の整備が必要とされている。このため、今後、他国の政策を参考にしながら、政府としての地熱開発への支援・促進内容の検討が期待される。考えられる支援・促進施策は以下のとおりであり、MME と UPME では今後、これらの制度整備の進め方について検討をすることになっている。

- (a) 固定価格買取制度
- (b) 地熱開発目標達成のための発電容量割り当て制度
- (c) 地熱資源調査事業、理解促進事業等にかかる金融・財政支援（調査補助金など）
- (d) 試験穿孔調査にかかる支援（債務保証、譲許性融資、公的(投)融資など）
- (e) R&D 活動拡大のための財政支援
- (f) 地元対策のための助成金制度
- (g) 地熱資源所有権にかかる検討（地元信託基金への移管など）
- (h) 人材育成のための金融・財政支援
- (i) 既存規制の適正化・具体化検討に向けた政府予算確保
- (j) 民間企業との開発リスクやコスト配分の見直しなど政策策定におけるドナー機関との連携

これらの支援・促進策の実施促進実現の可能性は今後の取り組み如何にかかっていると考えられる。すなわち、促進にはドナー支援の提供・協力と政府側の主体的実施の両方からの取り組みが重要になる。ドナー側からの支援については、IDB の無償支援にあるように政府の規制、法制度への取り組みがなされているが、実際の案件につながる段階に至っていないため、今後継続した支援が必要になると考える。コ国に地熱開発にかかる支援を計画・実施しているドナーとしては、IDB、KfW がある。また政府側においても再生可能エネルギーの重要性は認識しているものの、地熱に特化した取り組みは、さらに強化が必要であると考える。

#### 4-6 資金支援

JICA による資金支援のスキームとしては、現時点では次のような選択肢が考えられる。

ここでは保証、保険、出資などは除き、融資を中心に扱う<sup>3</sup>。

表 4-1 JICA による資金支援方法

資金支援方法	長所	短所
(a) 電力セクター開発政策支援借款	政策面での支援が可能。 複数の政府系機関を実施機関として案件形成が可能。	地熱に特化した支援、特に民間企業による開発投資への資金支援を実施することが困難。
(b) IDB との協調融資 (CORE Scheme、政府系金融機関への融資など)	IDB の地熱開発の経験、知見を動員できる。 政府系金融機関を通じた民間企業への融資については JICA から IDB を経由した融資のスキームをとることで対応可能。	JICA 独自の支援政策の実施には協調融資先との調整が必要。
(c) GDF を通じた融資 (CAF への融資を通じた基金への参加などを含む)	連携相手の KfW, CAF は地熱にかかる知見も有しており、相乗効果が期待できる。 <sup>4</sup>	GDF はまだ稼働していません、実施体制も含めて今後のスキームの成熟度を確認する必要があります。
(d) FENOGE への融資	政府による資金支援プログラムであり、現行の円借款スキームになじむ。	まだ設立されておらず、今後の動向を注視する必要があります。
(e) 政府系金融機関 (FDN あるいは BANCOLDEX) を経由したツーステップローン	政府による資金支援プログラムであり、現行の円借款スキームになじむ。	実施機関には地熱にかかる経験がないこと。

出所：JST

なお、コ国に対して支援される資金のエンドユーザーは地熱開発の事業主体である民間企業が中心となる。このため現行の円借款スキームを前提とすると民間企業への直接貸付は制度上困難であると。従って、直接の貸付ではなく、資金スキームとしてはいずれかの組織を仲介として資金供与を行うことが考えられる。参考となるのは KfW が CAF を通じて地熱開発にかかる融資を実施しようとしているスキームである。また、IDB は BANCOLDEX を通じて Contingent Grant プロジェクトを実施しようとしているため、今後試掘フェーズにて十分な地熱資源が確認された場合、建設フェーズに進むことが考えられる。このフェーズにおいては多くの金融機関が融資の関心を示すものと考えられるが、IDB の融資するスキームに協調融資の形で民間企業への融資が考えられる。

GDF については、基金が立ち上がった後、プロジェクト実施が成功するかどうか、投資資金回収が適切に行われるかどうか等を確認し、基金のスキームが成功するかどうかを見極める必要がある。もしある程度の成功が確認できるようであれば、GDF への活動参加、融資などを検討することが有効である。

<sup>3</sup> コ国の電力セクター開発政策、実施施策については第 2 章を参照。また、政府では開発政策支援、能力開発などについてはドナー支援の要望を持っているものの、開発は民間投資によることもあり資金協力については明確なニーズを確認できていない。

<sup>4</sup> KfW はアフリカなど他地域においても地熱開発支援の経験があり、CAF はチリなどにおいて地熱開発支援の実績がある。

FENOGE については、設立自体の見通しがまだ得られておらず、また FENOGE の基金運用の詳細が明らかになっていないため、今後継続的に情報収集を行い、FENOGE への関与を検討する必要がある。

## コロンビア国

### 地熱発電開発にかかる情報収集・確認調査

#### ファイナルレポート

位置図  
略語表  
要旨

#### 目 次

第 1 章 序章 .....	1-1
1-1 調査の目的・背景 .....	1-1
1-2 調査の概要 .....	1-3
第 2 章 電力セクター .....	2-1
2-1 電力政策及び法的枠組み .....	2-1
2-2 行政機関及び電力セクターの役割 .....	2-2
2-2-1 管轄当局 .....	2-3
2-2-2 計画 .....	2-4
2-2-3 規制 .....	2-4
2-2-4 審議会および委員会 .....	2-5
2-2-5 電力市場 .....	2-6
2-2-6 その他市場関係者 .....	2-7
2-2-7 管理・監督 .....	2-7
2-2-8 市場の管理 .....	2-7
2-3 電力市場 .....	2-8
2-3-1 電力市場の構造 .....	2-8
2-3-2 電力市場の関連業者 .....	2-9
2-3-3 発電設備 .....	2-13
2-3-4 SIN の送電網 .....	2-14
2-4 電力の需要と供給 .....	2-22
2-4-1 電力供給 .....	2-25
2-4-2 電力需要 .....	2-29

2-4-3	電力市場における取引状況	2-33
2-5	発電・送電設備の開発計画	2-35
2-5-1	発電計画	2-36
2-5-2	送電計画	2-38
第3章 地熱発電の現状及び開発にかかる課題		
3-1	関係機関及び役割と課題	3-1
3-1-1	政府機関	3-1
3-1-2	開発事業者	3-2
3-1-3	援助機関	3-2
3-2	地熱開発にかかる取り組み	3-2
3-2-1	開発途中の地熱プロジェクト	3-4
3-2-2	既往地熱資源調査	3-5
3-2-3	地熱発電開発の障害と課題	3-8
3-3	環境社会配慮の取り組み	3-9
3-3-1	環境セクターの概要	3-9
3-3-2	地熱資源の位置付け	3-10
3-3-3	地熱発電開発にかかる環境管理	3-12
3-3-4	環境ライセンスの取得手順	3-16
3-3-5	環境社会配慮に関する課題	3-18
3-4	地熱発電開発のための資金援助	3-19
3-4-1	政府主体の取り組み	3-20
3-4-2	IDB 主体の取り組み	3-23
3-4-3	KfW 主体の取り組み	3-26
3-5	政府による地熱調査の取り組み	3-31
3-5-1	コロンビアにおける地熱発電開発	3-31
3-5-2	SGC による地熱発電開発の取り組み	3-31
第4章 地熱開発推進のための提言		
4-1	地熱資源管理にかかる法制度整備	4-1
4-1-1	コンセッション、調査許可、環境ライセンスにかかる法制度整備	4-1
4-1-2	環境社会配慮調査の TOR 作成	4-2
4-1-3	環境管理行政機関の能力開発	4-4
4-2	地熱調査能力の開発	4-5
4-2-1	コロンビア地質調査所(SGC)	4-5

4-2-2	国立大学 (UNAL) .....	4-7
4-3	オフグリッドの中小地熱案件 .....	4-9
4-4	地熱案件実施のための支援 .....	4-13
4-5	MME/UPME への技術支援 .....	4-15
4-6	資金支援 .....	4-18

## 添付資料

添付資料 1 協議議事録

添付資料 2 収集資料リスト

換算レート (2016年7月末時点)

1.0 US\$ = 2.688 XC\$ (EC\$) = 102.28 JPY

図表目次

図 1-1	本調査の工程.....	1-4
図 2-1	現在の電源構成.....	2-1
図 2-2	電力セクターの組織概要・管轄当局.....	2-3
図 2-3	コ国における電力送電網.....	2-15
図 2-4	近年の電気普及率（ICEE）の推移.....	2-16
図 2-5	コ国に於ける電力供給の動向（GWh）（2005年～2015年）.....	2-27
図 2-6	SIN 発電の構成（2015年）.....	2-28
図 2-7	SIN の電源構成比の推移（2011年～2015年）.....	2-28
図 2-8	コ国に於ける電力需要の動向（GWh）（2005年～2015年）.....	2-29
図 2-9	市場別需要の推移（2011年～2015年）.....	2-30
図 2-10	業種別電力需要の推移（2011年～2015年）.....	2-31
図 2-11	2015年の業種別電力需要.....	2-32
図 2-12	最大電力需要(MW)（2011年～2015年）.....	2-32
図 2-13	電力取引量（2015年）.....	2-34
図 2-14	電力取引所及び契約に基づく電力取引の電力加重平均価格の変化.....	2-35
図 3-1	地熱資源の主要賦存地域.....	3-4
図 3-2	SGC が作成した主要地熱賦存マップ.....	3-5
図 3-3	環境セクターの組織概要.....	3-10
図 3-4	環境ライセンスの取得手順.....	3-17
図 3-5	地熱発電開発資金およびリスク低減スキーム.....	3-19
図 3-6	FENOGE の資金フロー.....	3-23
図 3-7	CTF 資金フロー（省エネ案件）.....	3-25
図 3-8	GDF の資金フロー（地熱案件）.....	3-26
図 3-9	GDF によるフェーズ別支援.....	3-27
図 3-10	MR による保険.....	3-28
図 3-11	GDF の開発段階別の支援フロー.....	3-29
図 3-12	SGC の組織概要.....	3-32
図 3-13	SGC の地熱組織概要.....	3-33
図 3-14	SGC の地熱開発調査のスキーム.....	3-35
図 4-1	UNAL 地球科学科部の組織図.....	4-8
図 4-2	IPSE の組織図.....	4-10
図 4-3	コロンビアエネルギー網非接続地域.....	4-11
表 1-1	現在のコ国の電源構成（2016年）.....	1-1
表 1-2	コ国における2013年から2015年の発電電力量の変化.....	1-1
表 1-3	2020年のコ国の最適な電源構成の見通し.....	1-2
表 2-1	コ国における電力セクターへの適用可能法規.....	2-2
表 2-2	コ国の電量関連業者数.....	2-9



表 2-3	業者別設備容量 (2015 年) .....	2-10
表 2-4	SIN の純有効発電容量 (MW) (2015 年 12 月 31 日現在) .....	2-11
表 2-5	業者別発電量 (2015 年) .....	2-11
表 2-6	近年の ISAGEN の職員および財務運営の状況.....	2-12
表 2-7	近年の EPM の職員および財務運営の状況.....	2-12
表 2-8	コロンビア送電システム体系(STN) 参加率.....	2-13
表 2-9	発電別の有効容量.....	2-13
表 2-10	SIN 送電線.....	2-14
表 2-11	拡大計画 2015-2029 のシナリオ 12 における発電予測.....	2-17
表 2-12	2015 年-2029 年拡大計画における送電案件.....	2-18
表 2-13	展望計画 2019 における電力普及目標.....	2-21
表 2-14	アンデス諸国との送電ライン距離の比較.....	2-21
表 2-15	国際電力取引.....	2-22
表 2-16	全国の合計最大発電容量の見通し (MW) .....	2-23
表 2-17	全国の電力需要増加率の予測.....	2-24
表 2-18	最大発電容量の見通し (成長率) .....	2-24
表 2-19	発電種類別有効発電容量.....	2-26
表 2-20	市場・経済活動別の電力需要.....	2-30
表 2-21	セクター別電力消費の変動 (2003 年~2015 年) .....	2-33
表 2-22	電力市場における取引状況.....	2-33
表 2-23	1995 年決議 CREG 025 に基づく信頼度指標 .....	2-36
表 3-1	特定済みの地熱系.....	3-3
表 3-2	コロンビアにおける地熱発電開発に向けた調査.....	3-6
表 3-3	地熱開発にかかるコンセッションおよび環境ライセンスとその課題....	3-19
表 3-4	再生可能エネルギー開発にかかる優遇措置.....	3-20
表 3-5	IDB の CTF の概要.....	3-24
表 3-6	IDB の無償技術協力の概要 .....	3-25
表 3-7	KfW の地熱支援の概要 .....	3-27
表 3-8	SGC による地熱開発調査の状況 .....	3-34
表 4-1	SGC 地熱開発部門の能力評価 .....	4-6
表 4-2	SGC への協力項目 (案) .....	4-6
表 4-3	UNAL 地球科学部の能力評価 .....	4-8
表 4-4	ZNI における再生可能エネルギーによる発電事業 .....	4-12
表 4-5	IPSE-CCEP による再生可能エネルギープロジェクト .....	4-12
表 4-6	ネバドデルルイス地熱発電所の経済性評価結果.....	4-14
表 4-7	MME/UPME による地熱開発支援・促進施策 .....	4-16
表 4-8	コ国における地熱開発のためのアプローチ (案) .....	4-17
表 4-9	JICA による資金支援方法 .....	4-18

## 第1章 序章

### 1-1 調査の目的・背景

コロンビア国（以下、コ国）では、現在、水力発電が同国の電源構成の 69.89%を占めている（表 1-1）。水力エネルギーはクリーンかつ環境調和型と考えられるが、一方、気候変動による水文環境の変化に対して脆弱で、渇水時には発電所の運転能力の低下が発生する。たとえば 2013 年から 2015 年の渇水によって、コ国における電源構成に占める水力発電の割合は 67.3%から 63.8%まで低下した一方で、火力発電が 27.1%から 31.0%に増加した。これを発電電力量で見ると、水力がその間 41,836GWh から 42,464GWh ～ 628GWh の微増加を示したのに対し、火力が 16,839GWh から 20,631GWh ～ 3,792GWh の電力量を大幅増加することで同国の需要増加に対応したものである（表 1-2）。そこで同国においては、水力発電への過度の依存を軽減し、経済性や温室効果ガス抑制効果等の環境面、及び電力供給の安定性を備えた電源構成のベストミックスに向けた検討を行っている。渇水時の対策としては電力供給義務を課すオークション制度も導入されている。コ国政府は短期および長期の電力構成のシナリオをシミュレーションしており、その結果、2020 年において表 1-3 に示す電源構成が最適と結論づけられている。

表 1-1 現在のコ国の電源構成（2016 年）

電源	出力 (MW)	シェア (%)
水力	11,553.02	69.89
火力	4,864.40	29.43
コジェネレーション	93.70	0.57
風力	18.42	0.11
合計	16,529.54	100.00

出所：[www.paratec.xm.com.co](http://www.paratec.xm.com.co)（2016 年 10 月閲覧）

表 1-2 コ国における 2013 年から 2015 年の発電電力量の変化

年	2013		2014		2015	
	GWh	%	GWh	%	GWh	%
水力	41,835.94	67.3	42,157.65	65.5	42,463.75	63.8
火力	16,838.63	27.1	18,405.68	28.6	20,631.19	31.0
その他	3,522.01	5.7	3,764.53	5.9	3,453.53	5.2
合計	62,196.60	100.0	64,327.90	100.0	66,548.5	100.0

出所：<http://informesanuales.xm.com.co/>（2016 年 12 月閲覧）

表 1-3 2020 年のコ国の最適な電源構成の見通し

電源	出力 (MW)	シェア (%)
水力	14,688.90	68.12
火力	5,296.70	24.57
風力	792.42	3.67
太陽光	67.60	0.31
地熱	50.00	0.23
コージェネレーション	668.40	3.10
合計	<b>21,564.02</b>	<b>100.00</b>

出所：PARATEC、XM、UPME のデータをもとに JST 作成

地熱開発に関しては、2008 年以降、同国三大電力公社の一つである ISAGEN が米国貿易開発庁 (USTDA)、米州開発銀行 (IDB) 等の協力により地熱発電事業の検討に係る一連の Pre-FS 調査を実施しており、これらの調査によってネバドデルルイス火山周辺での開発事業の試掘に向けた準備が進められている。本調査には、事業者である ISAGEN に加え、コロンビア地質調査所 (SGC: 旧 INGEOMINAS) 及びコロンビア国立大学 (UNAL) が技術面で関わっているほか、本企業体 (日本工営) を含む本邦企業によるコンサルティングサービスが実施された (2011 年から 2013 年)。ただし ISAGEN によると、その後は環境ライセンスの取得手続きや、掘削資金の調達において時間を要しており案件は実質止まっている。特にライセンスの取得手続きについては、同一の地熱地域に対して ISAGEN と EPM が同時に開発のための申請を行っており、その審査機関となっているカルダス地方政府 (CORPOCALDAS) ではどちらの事業者に許可を与えるのかの制度上の基準が明確でないことと、コ国初の地熱開発となり前例がないため、ESIA 審査に多大な時間を要している模様である。

このような状況下でコ国は、2010 年 8 月に、気候変動枠組み条約 (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC) に、国家としての行動指針となる「開発途上国による適切な緩和行動 (NAMA)」を提出し、2020 年時点で総発電設備容量に対する再生可能エネルギーの割合を 77%以上にする」と表明した (ただし NEMA の示す再生可能エネルギー導入割合 77%の電源構成の内訳は示されていない)。これにより地熱発電の導入への期待がますます高まっている。しかしながら、コ国では地熱発電所の建設は、試掘資金の調達と環境ライセンス取得手続きが主な原因となり、まだ一件も行われていない。

このような背景を受け、本業務は、円借款供与を含む JICA の協力方針を見据えた上で、また電力政策ならびに地熱案件の現在の取組・進捗状況等を整理・分析の上、地熱発電開発の促進に向けて必要な取組についての提言を行うことを目的に実施された。

具体的な本業務の目的は以下のとおりである。

- (a) コ国における地熱発電開発に関する政策や関連法、および実施体制に関する調査を行い、

- (b) コ国における地熱発電開発の現状、ならびに熱発電開発が進展しない阻害要因を分析し、
- (c) JICA による有償資金協力を中心とした協力の可能性と方向性を明らかにする。

## 1-2 調査の概要

調査の内容は次に示す通りである。

### (a) 既存資料・情報収集

国内作業および現地業務において、既存の資料・情報の収集を行う。情報収集の内容は、(i)電力セクター全般、(ii)地熱開発の実施状況、(iii)地熱開発にかかる法制度、規制、(iv)環境社会配慮、(v) 組織・能力開発、(vi)案件促進にかかる諸施策、などが中心となる。

### (b) 関係機関へのヒアリング

関係機関へのヒアリングによる調査を実施し、資料・情報の分析に活用する。関係機関との面談に先立っては、質問票を作成し、事前に調査のポイントを整理しておき、収集した資料・情報の補完を行う。

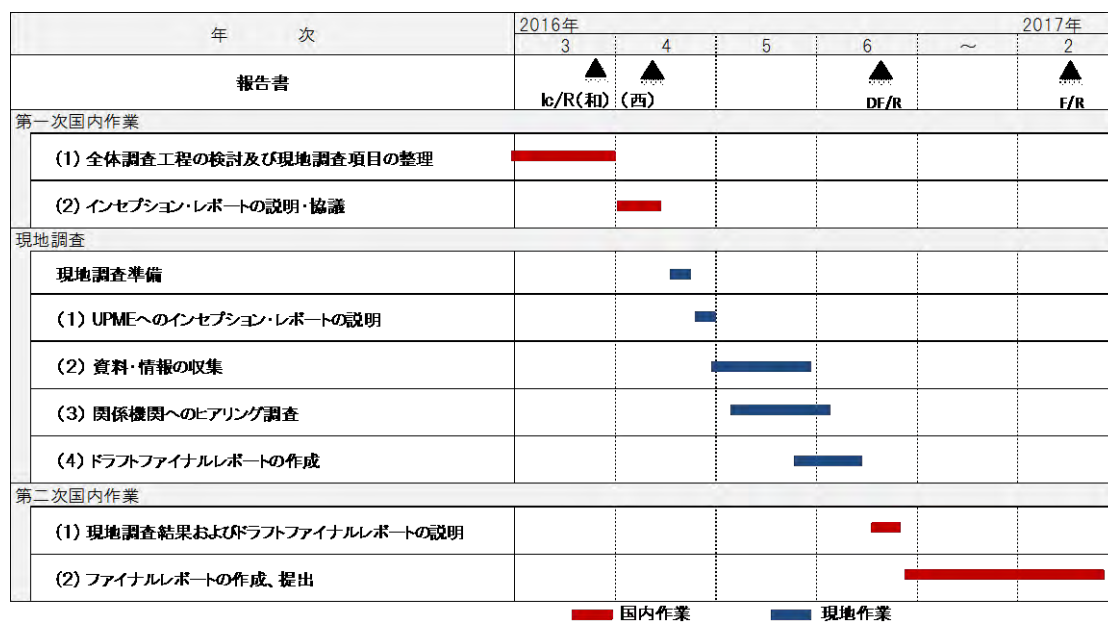
### (c) 関係機関との意見交換

インタビューおよびそのあとのフォローアップにおいては、関係機関が地熱開発を促進していくための施策、JICA からの支援、課題対応方法などについて、意見交換を行い、JICA での取り組みの可能性について検討を行う。

### (d) 調査結果のとりまとめ・レポート作成

国内作業および現地調査にて得られた情報・知見をもとに、調査結果のとりまとめを行う。

また、調査工程は次に示す通りである。

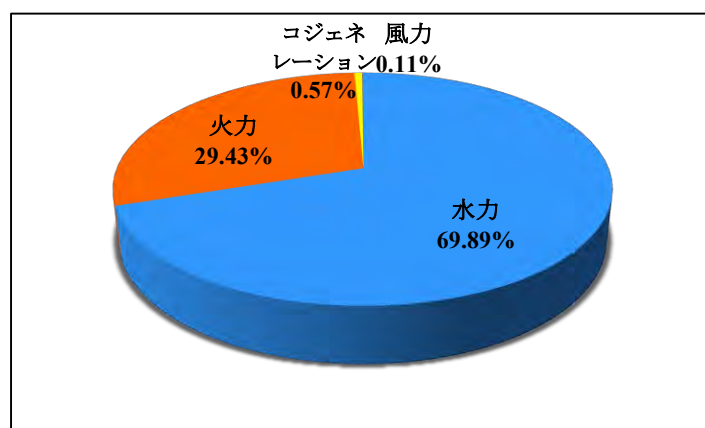


出所：JST

図 1-1 本調査の工程

## 第2章 電力セクター

コ国の電力セクターの発電部門は、水力発電および火力発電が多数を占めている（図2-1）。同国が有する再生可能エネルギー（風力、太陽光、バイオマス、ならびに地熱）の潜在能力は大きいものの、開発は十分に進んでいないのが現状である。



出所：[www.paratec.xm.com.co](http://www.paratec.xm.com.co)（2016年10月閲覧）

図 2-1 現在の電源構成

### 2-1 電力政策及び法的枠組み

コ国は、1995年に電力市場の自由化を開始した。すなわち、1994年法律第142条（公共サービス法）及び143条（電力法）の発効により、新たな国家電力システム体制が構築され、発電および電力取引に係る競争市場を発展させるための法的枠組みが形成された。同枠組みの下で、送電および配電については、自然独占市場として常に競争的な価格を維持するように適切な市場監督が行われるものとなった。同法律の要点は以下のとおりである。

- 1) 民間企業に対し、公共サービスの提供が認められた。
- 2) 電力市場のバリューチェーンをセグメント別に分割した（発電、変電、送電、配電（電力取引））。
- 3) エネルギー・ガス規制委員会（CREG）の発足により、規制体系が設定された。
- 4) 公共サービス監督局（SSPD）の発足により提供されるサービスの品質および信頼性を守るためのメカニズムが導入された。

また、コ国の電力セクター関連の主たる法規とその内容について、

表 2-1 に記載する。

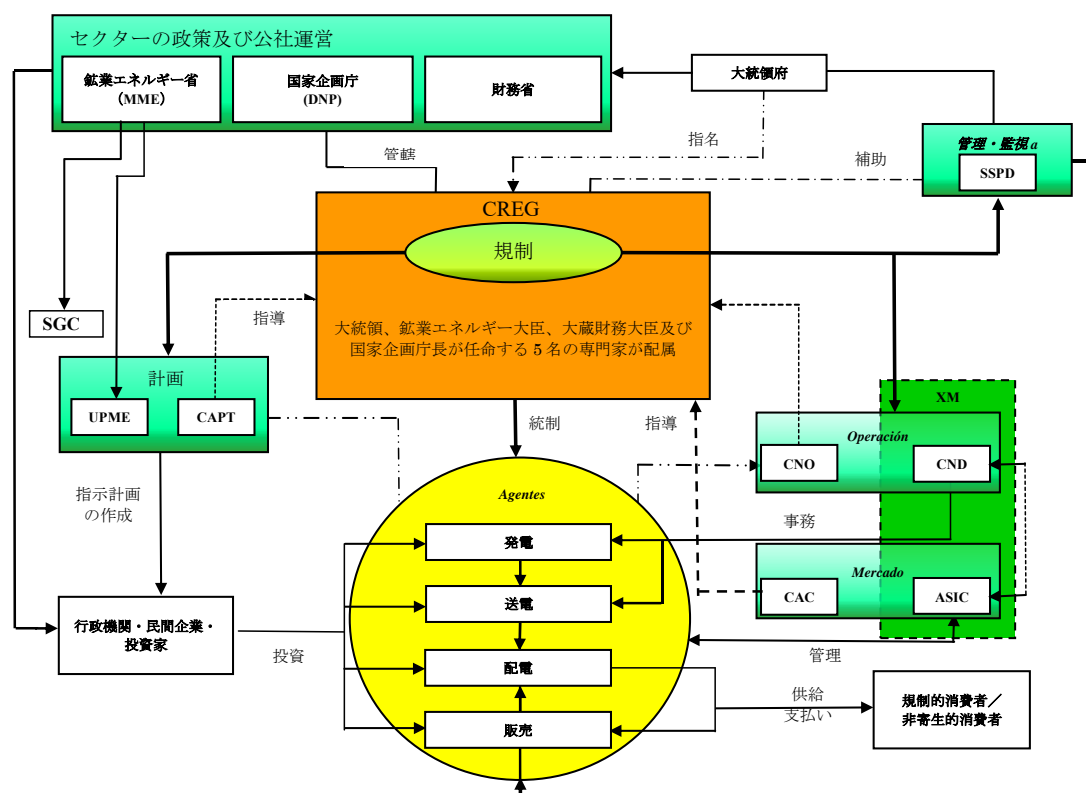
表 2-1 コ国における電力セクターへの適用可能法規

適用される法規	内容
1993 年法律第 99 条	<p>環境省（現：環境持続的開発省-MADS）を設立する。</p> <p>省に与えられた職務は、「管轄当局及び関連団体と協力し、汚染や自然破壊の無い発電技術を開発するため、非再生可能エネルギーの代替案となる事業を促進する」ものである（第 5 条）。</p> <p>また、電力セクターから地方政府（CAR）および水力発電・火力発電事業の影響を受ける市町村へのロイヤリティーの支払いを定める。（第 45 条）</p>
1994 年法律第 142 条	<p>上水道、下水道、廃棄物収集、電力、ガス、電話等の公共サービスを供給する公社に適用される。</p> <p>同法律は、主に個人個人および法人が上記のサービスを請け負うことを認め、必要な場合には政府が介入する。</p>
1994 年法律第 143 条	<p>発電、変電、送電および配電の役割、消費者の権利を保護するための政府による公正な競争の促進、および提供するサービス提供のパフォーマンスを規定する。</p> <p>また、同法律は鉱山エネルギー省（MME）、鉱山エネルギー計画局（UPME）、エネルギー・ガス規制委員会（CREG）、公共サービス監督局（SSPD）及び電力供給を担う機関の役割と責任を明らかにしている。</p>
2001 年法律第 697 条	<p>エネルギーおよび代替エネルギーの効率的・合理的な利用を推進する。</p> <p>同法律は、2003 年政令第 3683 号によって改訂された。</p> <p>同法律および政令は、再生可能エネルギーに係る教育および研究の促進等重要な課題に係る政策を規定している。しかしながら、同法律に基づき形成されたプログラムには、再生可能エネルギー資源の開発に当たり以下の要素が含まれていない。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 投資を促進するための法的支援</li> <li>- 再生可能エネルギー促進のための政策の制定</li> <li>- 電力市場の再生可能エネルギーの定量的目標の設定</li> </ul>

出所： JST

## 2-2 行政機関及び電力セクターの役割

コ国の電力セクターは、電力の規制、発電、送電、売電、配電を担う幾つかの機関及び企業によって構成されている（図 2-2）。以下に各機関の役割とその特徴について記す。



出所：エネルギー・ガス規制委員会（Comisión de Regulación de Energía y Gas – CREG）

図 2-2 電力セクターの組織概要・管轄当局

なお、コロンビア地質調査所 (SGC) は鉱山エネルギー省所管の科学技術研究機関であり、国家科学技術イノベーションシステムの一翼を担う。同機関は、エネルギー市場の指導監督、計画、規制、統制監視、管理運営等の活動に直接関与していないことから、現行のエネルギーセクターの制度スキームには参画していない。SGC のエネルギーセクターに関する業務は下記の通りである。

- 地下資源のポテンシャルに関する科学的な基礎研究ならびに応用研究の推進。
- 鉱物、炭化水素、地下水、地熱など地下天然資源のポテンシャルが高い地域の特定、インベントリ作成、特性評価の実施。

### 2-2-1 管轄当局

エネルギーセクターの監督は、鉱山エネルギー省 (MME) が担っている。

#### (1) 鉱山エネルギー省 (Ministerio de Minas y Energía – MME)

鉱山エネルギー省は、天然資源の効率的利用を促進する管理当局である。



鉱山エネルギー省の管轄の職務には、発電、送電、配電及び電力の販売に関する政策の策定、採用、指導及び調整、発電源の開発、そして省エネ、節電、効率的な電力の利用の促進・確保を含む。

電力セクターの統括は、鉱山エネルギー省の傘下にある電力局が行っている。

## 2-2-2 計画

エネルギーセクターの計画は、鉱山エネルギー計画局（UPME）が管轄している。

### (1) 鉱山エネルギー計画局（Unidad de Planificación de Minería y Energía – UPME）

鉱山エネルギー省に所属する特別運営組織として UPME が創設されており、エネルギー規制及び供給のシナリオに関する調査、国家エネルギー計画及び開発計画（発電資源開発および送電網の拡大）の策定及び更新を担っている。同業務は、輸送計画専門委員会（Comité Asesor de Planeamiento de la Transmisión – CAPT）の協力を受けて行われている。

UPME の主な職務は、MME が担う鉱業およびエネルギーセクターの持続可能な開発を促進する政策の策定に係る支援、および意思決定に必要な情報の提供である。

1994 年法律 143 号 16 条は、UPME の主な任務を以下のように規定している。

- a) 需要予測ならびに人口、経済、エネルギー資源価格の動向に基づく国民および国内経済主体のエネルギー需要の設定。
- b) 従来型および非従来型の既存のエネルギー資源を踏まえた、経済、社会、技術、環境クライテリアに基づく上記ニーズを満たす方策の設定。
- c) 国家開発計画案の内容と整合する国家エネルギー計画およびエネルギーセクター拡大計画の作成および更新。
- d) 非従来型電源の開発と利用および原子力の平和的利用による経済的・社会的便益の評価。
- e) 鉱物・エネルギー資源の輸出による経済的・社会的収益性の評価。
- f) エネルギーセクターの計画・プログラム策定を可能とする診断の実施。
- g) エネルギー資源、炭化水素、エネルギーの需給評価を可能とするメカニズムと手順の設定と運用、ならびに、国益に照らした上記ニーズを満たす優先順位の判断。
- h) 鉱山エネルギー省に対するエネルギーセクター開発に関する政策および戦略の提言。
- i) 省エネルギーおよびエネルギー有効活用プログラムの重点的策定。

## 2-2-3 規制

エネルギーセクターの規制は、エネルギー・ガス規制委員会（Comisión de Regulación de Energía y Gas – CREG）が担っている。

(1) エネルギー・ガス規制委員会 (Comisión de Regulación de Energía y Gas – CREG)

CREG は、電力の効率的な供給を確保するため市場の規制を行っている。CREG は、消費者に対する料金体系を設定し、送電網への自由なアクセス、送電サービスの信頼性及び経済的な効率化を担う。また、CREG は消費者の権利を保障するための規制の制定、電力普及範囲の拡大、環境・社会的に持続可能なサービスの提供などに関する総括責任者である。

1999 年大統領令 2474 号 (12 月 13 日制定、1994 年法律 142 号で 71 条を廃止) 2 条では、CREG の成員は以下の通りである。

- a) 鉱山エネルギー大臣、委員長を務める
- b) 財務公債大臣
- c) 国家企画局 (DNP) 局長
- d) 共和国大統領が任命する専任の専門家 5 人。任期は 4 年。

公共サービス監督局 (SSPD) 長官またはその代理人は、会合に参加するにあたり発言権は与えられるが議決権は与えられない。

なお、この委員会には DNP の局長がメンバーの一員になっているが、DNP が国家開発全般にかかる計画を策定するのに対し、本委員会はエネルギーセクターに特化した規制を行っている。

2-2-4 審議会および委員会

審議会および委員会を担う団体として、CREG によって発足された国家オペレーション審議会 (Consejo Nacional de Operación - CNO) 及び取引諮問委員会 (Comite Asesor de Comercializacion -CAC) が存在する。

(1) 国家オペレーション審議会 (Consejo Nacional de Operación - CNO)

1994 年法律 142 号 172 条は、「全国電力運営協議会の主な業務は、全国連系システムの安全かつ信頼性のある経済的な共同運用を保証する技術面での合意形成ならびに運用規則の実施機関となること」と規定している。

CNO で採択された判断については、CREG に異議を申し立てることができる。

1994 年法律 142 号 173 条は、CNO は全国連系システムに接続する発電事業者および電力販売事業者の代表者で構成すると規定している。全国連系システムの管理会社は審議に参加するものの、発言権は与えられるが、議決権は与えられない。

(2) 取引諮問委員会 (Comite Asesor de Comercializacion -CAC)

CAC は、電力卸売市場 (Mercado de Energia Mayorista (MEM)) の商的要素のフォローおよび見直しをサポートするため、1999 年の決議 068 にもとづき CREG によって発足されたものである。

同委員会は以下の成員で構成する。

- 発電および電力販売に携わる事業者の代表者 3 名
- 送電および電力販売に携わる事業者の代表者 3 名
- 電力販売のみに携わる事業者の代表者 3 名
- 商取引システム運営管理者 (ASIC) の代表者 1 名。委員長を務める。発言権は与えられるが議決権は与えられない。

また、同委員会は CREG に対し、下記の点について提言する。

- a) ASIC のシステム運用事務を含む SIC の通常監視
- b) SIC (電力売買システム) の手順に関する年次レビューの実施およびその成果レポートの委員会への提出
- c) SIC 市場の電力売買ルール等、SIC のあらゆる面に関する変更点の分析
- d) SIC をめぐる見解の相違に対する適時かつ有効な解決案の提言
- e) 情報公開制限の範囲内で SIC にかかる訴訟、仲裁その他の法的手続の追跡調査
- f) SSPD の事務とは別途、SIC 規則、決済システムその他 SIC の手続に関する電力市場参加者の苦情の調査

2-2-5 電力市場

小口需要家、大口需要家、及びその他市場関係者によって構成される。

(1) 小口需要家 (規則的：規制部門市場—住宅および中小企業)

CREG が定める料金に基づき、電力を消費する個人及び法人で 2MW 以下のエネルギー需要家を指す。

(2) 大口需要家 (不規則的：自由化部門市場—産業および商業)

2MW 以上の電力需要がある個人及び法人であり、自由に発電及び電力販売の交渉を行うことができる者を指す。大規模消費者である産業消費者及び商業消費者が含まれる。電力大規模消費者の電力市場への参加は任意的なものであり、売買価格は、販売業者および消費者の間で自由に合意される。

## 2-2-6 その他市場関係者

その他市場関係者には、最終消費者に電力を提供する者（発電業者、送電業者、配電業者及び販売業者）、公共サービスを提供する企業や、直接的に公共サービスを提供する際の自治体などが含まれる。

## 2-2-7 管理・監督

公共サービス監督局（Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios – SSPD）は大統領府直属の組織であり、事業者の業務内容の監視を行い、法律や規制に対し違反があった場合の罰則適用などを担当する。

## 2-2-8 市場の管理

市場のオペレーション及び管理は、XM が管轄している。

### (1) XM

XM は、コロンビアの国家電力網接続システム（Sistema Interconectado Nacional de energía – SIN）の事業者であり、コロンビアの電力卸売市場（Mercado de Energía Mayorista Colombiano - MEM）の運営も行っている。

また XM は、コロンビアの発電に関するシステムの計画検討も行っている。UPME も計画局であるが電飾システムの規制機関であるのに対し、XM は電力システムのオペレーターである。XM によるシステム計画には、人口 4,200 万人の電力需要に相当する水力発電所、火力発電所、風力発電所、ならびに送電施設が含まれる。短期計画には、エネルギー交換所が提示する日々の需要状況を受け、翌日分の 1 時間毎の発電所の割り当て業務を行っている<sup>5</sup>。

XM はまた、エクアドルとの短期の国際電力取引（TIE）を管理するほか、ベネズエラ電力システムとの連系運用の調整も担う。

国家電力網接続システム（SIN）の運用にあたっては、CREG が定める運用規則や CNO が承認した技術的合意事項を遵守しつつ、SIN の発電・送電リソースの包括的運用に関する計画策定、調整、監督、統制を行う。

運用計画策定では、XM が系統運用予測にかかる電力および電源を分析し、需要対応における品質、信頼性、安全性を達成するために主な数値データを提供する。

XM は日々の相場価格、最新の発電計画、運用限界費用に関する情報を提供する。

電力卸売市場の管理では、XM は、市場参加者間の電力取引を円滑にし、電力売買に関する会計管理、財務管理、帳簿管理を通じて資金フローを保証しつつ、MEM における電力売買と送電を包括的に管理する。

<sup>5</sup> <http://www.acolgen.org.co/index.php/sectores-de-generacion>

(2) 国家給電指令所 (Centro Nacional de Despacho - CND)

市場の運営は、XM の傘下にある国家給電指令所 (Centro Nacional de Despacho - CND) 及び国家オペレーション委員会 (Consejo Nacional de Operación - CNO) が担う。CND は、CNO と共に、安定的かつ経済的な発電、送電及び配電の運営を計画、監督、監視している。

(3) 商取引システム運営管理者 (Administrador del Sistema de Intercambios Comerciales -ASIC)

XM の一部局である商取引システム運営管理者 (ASIC) は地内系統の登録、長期電力契約、発電業者および電力販売業者に対する、市場での電力売買で生じた契約、取引、義務にかかる料金の決済、請求、徴収、支払い、電力安定供給義務入札、MEM の情報システム保守を担当する。

## 2-3 電力市場

コ国の電力市場の構造および電力セクターの状況を以下に示す。

### 2-3-1 電力市場の構造

電力セクターは、電力販売会社 (電力取引業者) および買手 (消費者) によって構成されており、同市場では大規模な電力量が取引され、需要と供給に基づき電力販売会社と買手の自由裁量にてオペレーションされることが特徴である。

コ国ではこの発電業者間の競争を促進するため、公共ならびに民間団体の経済主体 (あるいは組織) の参加が認められている。これらが電力卸売市場に参加するためには、電力送電網に連結されていなければならない。電力商業者及び大量消費者は、発電業者との契約を締結する。同市場の中での電力料金は、契約両者間で決定され、政府の介入はない。

市場の運営及び管理は XM によって行われており、これには国家給電指令所 (Centro Nacional de Despacho - CND)、商取引システム運営管理者 (Administrador del Sistema de Intercambios Comerciales - ASIC) 及びコ国の国家電力網接続システム (Sistema Interconectado Nacional de energía - SIN-LAC) の業務が含まれている。

コ国では「信頼度チャージ」というスキームを導入して電力供給の安全性を確保している。以下にこのスキームの概要を説明する。

#### 【信頼度チャージ】

コ国では水力発電の水供給が危機的状況になった場合でも、効果的にエネルギー需要に対応するため、発電業者の収入を安定させて、発電設備資源への投資を促進可能にする料金スキームを策定している (1994 年法律第 142 条第 23 条)。

CREG は発電業者に対し、“設備容量チャージ<sup>6</sup>”の支払いを 10 年間行っていたが、2006 年に“信頼度チャージ”と呼ばれる新たな市場メカニズムに基づいたスキームを導入した<sup>7</sup>。このスキームには、確定エネルギー義務（Obligación de Energía Firme: OEF）という要素が不可欠である。これは、水力発電への水供給が危機的な状況においても安定した供給ができるよう、発電設備を整備するという発電業者が果たすべき義務・責任である。これによって、効果的な料金で長期エネルギー供給への信頼を保証するというものである。

電力システムにおける需要をカバーするために必要な OEF は、発電業者間で入札が行われる。OEF を割り当てられた発電業者は、市場価格が「電力不足時料金（Precio de Escasez）」の値を越えた時、一定量の電力を供給する責任を負う。また、最終的に発電業者への支払いは、電力送電設備の利用者（販売業者が請求する料金を支払う）となっている。

### 2-3-2 電力市場の関連業者

1994 年以来、コ国の電力セクターは完全に自由化され、発電、送電、配電、売電に分業された仕組みに特徴付けられている。水力発電会社としては、EMGESA, EPM, ISAGEN, AES CHIVOR, EPSA の主要 5 社が全有効設備容量の 90%以上を占めている。

EMGESA、EPM、ISAGEN、EPSA の 4 社はガス火力発電所も有しており、国家送電系統に電力供給を行っている。これら 4 社のほかに GECELCA、THERMOCANDELARIA、TERMOFLORES、THERMOCALI、MERILECTRICA の 5 社がガス火力発電会社として系統に参加している。

表 2-2 に 2015 年 12 月 31 日時点の電力関連業者数を記載する。関連業者は、発電業者、送電業者、運營業者および販売業者に分類される。なおこれらの関連業者は、商業取引を行うため、XM に登録されていなければならない。

表 2-2 コ国の電力関連業者数

業務	登録済み	手続き中
発電業者	56	44
送電業者	12	10
運營業者	31	29
販売業者	93	69

出所：www.xm.com.coのデータを基に作成

<sup>6</sup> 設備容量チャージ（Cargo por Capacidad）：設備容量に基づく支払いメカニズムである。規制機関が決める金額で、設備容量 1 メガワット当たりの年固定収入を保証するものであった。この支払いに対する、発電業者の具体的な義務はなかった。

([http://www.xm.com.co/Promocion\\_Primer\\_Subasta\\_de\\_Energia\\_Firme/abc2.pdf](http://www.xm.com.co/Promocion_Primer_Subasta_de_Energia_Firme/abc2.pdf))

<sup>7</sup> [http://www.creg.gov.co/cxc/secciones/que\\_es/que\\_es.htm](http://www.creg.gov.co/cxc/secciones/que_es/que_es.htm)

(1) 設備容量

2015年12月における関連業者別の設備容量を下に示す。シェアはEPMが最大の22%、EMGENSAが21%、ISAGENが18%を占めている（表 2-3）。

表 2-3 業者別設備容量（2015年）

発電業者名	設備容量 (Mw)	設備容量 (%)
EPM S.A. E.S.P.	3,515.1	22%
EMGENSA S. A. E.S.P.	3,420.1	21%
ISAGEN S. A. E.S.P.	2,989.9	18%
Generadora y Comercializadora de Energía del Caribe S.A. E.S.P.	1,367.0	8
Empresa de Energía del Pacífico S.A. E.S.P.	1,045.3	6
AES Chivor S.C.A. E.S.P.	1,000.0	6
CELSIA S.A. E.S.P.	206.8	1
その他	2,891.9	18
Total	16,436.0	100

出所：www.xm.com.coのデータを基に作成

(2) 有効発電容量

XMによると<sup>8</sup>、SIN（Sistema de Interconexión Nacional：国家電力網接続システム）の2015年末の純有効発電容量（自消費を含まない）は16,240MWである（表 2-4）。

2014年記録の有効容量比では、931MW、すなわち5.67%の伸び率を示している。この伸びは、6箇所の水力発電所と2箇所の火力発電所の稼働開始、ならびに、火力発電の更新にともない、主要燃料（ガスとディーゼル燃料（ACPM））を変更したことによるが、これは、信頼度チャージに関して、2015年12月1日から2016年11月30日までの確定エネルギー義務（OEF）を担保するものである。

2014年から2015年の変化をみると、ガス火力発電の設備容量が減少し（13.50%）、ディーゼル燃料（ACPM）および石炭による火力発電の設備容量が増加していることがわかる（25.09%および17.96%）。

<sup>8</sup> <http://informesanuales.xm.com.co/2015/SitePages/operacion/2-6-Capacidad-efectiva-neta.aspx>

表 2-4 SIN の純有効発電容量 (MW) (2015 年 12 月 31 日現在)

資源	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	参加率 (%)	前年比(%) 2014-2015
水力	9,185.00	9,185.00	9,315.00	10,315.00	10,892.00	66.60	5.59
火力	4,545.00	4,426.00	4,515.00	4,402.00	4,743.00	28.42	7.19
ガス	3,053.00	2,122.00	1,972.00	1,757.00	1,548.00		-13.50
石炭	991.00	997.00	997.00	1,003.00	1,339.00		25.09
燃料油 (Fuel-Oil)	314.00				--		--
燃料油 (Combustoleo)	187.00	307.00	307.00	297.00	299.00		0.67
ディーゼル燃料 (ACPM)	0	678.00	917.00	1,023.00	1,247.00		17.96
Jet1	0	46.00	46.00	46.00	46.00		0.00
Gas-Jet A1	0	276.00	276.00	276.00	264.00		-4.55
小規模	635.00	693.00	662.20		698.42	4.48	0.54
水力	533.00	591.00	560.50	584.90	608.55		3.89
火力	83.00	83.00	83.40	91.40	71.45		-27.85
風力	18.00	18.00	18.40	18.42	18.42		0.00
コージェネレーション	55.00	57.0	66.30	77.30	86.60	0.50	10.74
SIN 合計 (MW)	14,420.00	14,361.00	14,558.50	15,489.00	16,420.00	100.00	5.67

出所：www.xm.com.coのデータを基に作成

### (3) 発電量

発電に関しては、主要 3 社（メデジン市公共事業体である EPM (Empresas Publicas de Medellin)、ならびに民間企業である ISAGEN 及び EMGESA) が総発電能力の 60% のシェアを占める (2015 年 XM 情報による) (表 2-5)。

表 2-5 業者別発電量 (2015 年)

発電業者名	発電量(GWh)	市場参加率(%)
Empresas Públicas de Medellín E.S.P.	13,994.480	21.03%
EMGESA S. A. E.S.P.	13,748.781	20.66%
ISAGEN S. A. E.S.P.	12,820.792	19.27%
その他 43 社	25,984.421	39.04%
合計	66,548.474	100%

出所：www.xm.com.coのデータを基に作成

#### 1) イサヘン (ISAGEN)

ISAGEN という社名の接頭辞の ISA は、配電を担っていた ISA 株式会社から来ている。ISA は 1995 年まで発電資産をいくつか有していたが、1995 年以降、発電資産



が切り離された。当初は ECOGEN という名称の会社であったが、その後、ISAGEN という名称になった。

ISAGEN は当初、政府経営の事業者であったが、2016 年にカナダの Brookfield Asset Management の子会社となり、発電所運営、エネルギーソリューション提供及び発電の新規開発などを実施している。

次表に 2010 年から 2015 年までの ISAGEN の職員および財務運営の状況を示す。

表 2-6 近年の ISAGEN の職員および財務運営の状況

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
職員数(人)	530	569	599	635	662	686
資産 (百万 COP)	3,172,003	3,862,998	4,968,707	7,171,557	8,125,463	8,368,775
純収入 (百万 COP)	1,465,300	1,682,700	1,731,539	2,002,814	2,277,246	2,844,022

出所: [www.isagen.com](http://www.isagen.com)

2) メデジン市公共事業体 (Empresas Públicas de Medellín – EPM)

政府の産業商業法人であり、メデジン市役所が 100%保有する。電力、上水道、下水道及びガスを供給する。発電業に関しては、25 箇所の水力発電所、1 箇所の火力発電所、及び 1 箇所の風力発電所を運営する。下表に 2010 年から 2015 年までの EPM の職員および財務運営の状況を示す。

表 2-7 近年の EPM の職員および財務運営の状況

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
職員数(人)	5,564	5,807	5,824	6,030	5,627	5,991
資産 (百万 COP)	26,284,172	28,625,540	29,871,474	29,271,301	31,509,186	33,592,368
純収入 (百万 COP)	4,498,814	5,111,500	5,363,417	5,610,465	5,992,781	6,846,429

出所: [www.epm.com.co](http://www.epm.com.co)

3) エムヘサ (EMGESA)

非規制電力市場の発電と電力販売を実施するコロンビアの企業であり、販売電力量は全体の 16%の市場占有率を有している。ENEL Group に所属し、クンディナマルカ県、ボリバル県に 10 箇所の水力発電所、2 箇所の火力発電所を所有している。

(4) 送電設備

国家輸送システム (Sistema de Transmision Nacional - STN) は、送電線と中継施設からなる連系システムであり、電圧は 200kV 以上で運用されている。地方システムや地域間連系線ではそれ以下の電圧で運用される

STN に参画する送電事業者を表 2-8 に示す。シェアは STN における保有資産 (送電網および中継施設) で表した。STN へは 9 社が参画しているが、INTERCOLOMBIA が

7割以上を占め、TRANSELCA、EEBが次ぐ。送電に関しては、複数の企業の競争によるコスト抑制の効果で、自然的な独占市場が確立されている。

表 2-8 コロンビア送電システム体系(STN) 参加率

企業	参加率 (%)
INTERCOLOMBIA	70.994
TRANSELCA	9.809
EEB	8.015
EPM	6.492
EPSA	2.658
ESSA	1.319
DISTASA	0.361
CENS	0.185
EPSA	0.168
合計	100

出所：www.intercolombia.comのデータを基に作成

### 2-3-3 発電設備

発電設備として、コ国には水力発電、火力発電、コージェネレーション発電および風力発電の設備がある（表 2-9 参照）。

表 2-9 発電別の有効容量

発電分類/使用燃料	純有効容量 (MW)	純有効容量 (%)
水力	11,513.42	69.7
火力	4,899.15	29.7
コージェネレーション	84.20	0.5
風力	18.42	0.1
合計	16,514.49	100.0

出所：www.intercolombia.comのデータを基に作成

#### (1) 水力発電所

コ国に於ける水力発電は、28箇所 dams を含む 25 箇所の水力発電所から構成されている。発電所の有効出力は、18,842.48GW、有効発電可能電力量は、1,728.93GWh である。

また、98 箇所の小規模発電所があり有効出力は合計 661.02MW である。水力発電の有効出力は、11,553.02MW であり、全国の純有効出力の 69.89%を占める。

#### (2) 火力発電

47 箇所の火力発電は、様々な燃料を活用しているが、石炭およびガスが主流である。火力発電の有効出力は、4,864.4MW であり、全国の有効出力の 29.43%に相当する。

(3) コージェネレーション発電<sup>9</sup>

コージェネレーションは特に製糖工場のバガスの活用によるものである。バガスに加え、石炭 1 箇所、ガス 1 箇所を含む、合計 13 箇所のコージェネレーション施設がある。コージェネレーション設備の有効出力は、93.70MW であり、全国の有効出力の 0.57%を占める。

(4) 風力発電

グアヒラ県に 1 箇所の風力発電設備があり、有効出力は 18.42MW、全国の有効出力の 0.11%である。

(5) 太陽光発電

太陽光エネルギーは SIN に含まれないため、XM のデータには算定されていない。コ国の太陽光エネルギーの設備容量は、全国基幹連系との接続にコストがかさむ遠隔の農村部（独立系統）や都市部の一部のビルなどに大部分が設置されている。また、自家用も含まれる。コロンビア国家エネルギー計画（エネルギー構想 2050（UPME、2015 年））によると、コ国の太陽光発電の出力は 9MW であり、設置容量の 0.05%に当たるとしている。

2-3-4 SIN の送電網

SIN の送電の各電線タイプ別の電線距離、ならびに総電線距離を下表に示す。送電線タイプは 6 種類あり、230kV が最も長く、次いで 115kV が続く。

また、コ国の電力送電網のネットワークの状況を図 2-3 に示す。

表 2-10 SIN 送電線

送電・電線タイプ	距離 (km)
送電 110 kv	3,132.05
送電 115 kv	7,207.54
送電 138 kv	15.49
送電 220 kv	2,539.05
送電 230 kv	9,598.10
送電 500 kv	2,489.50
SIN 送電・電線合計	24,981.73

出所：www.xm.com.coのデータを基に作成

<sup>9</sup>同じ燃料から、混合の方法を用いて火力電力および電力を発生させる。産業、商業プロセスでは自消費、第 3 者消費のためであり、超過分に関しては、送電網に販売、譲渡が可能である。  
(<http://www1.upme.gov.co/glosario/cogeneracion>)





出所：UPME（2013）

図 2-3 コ国における電力送電網



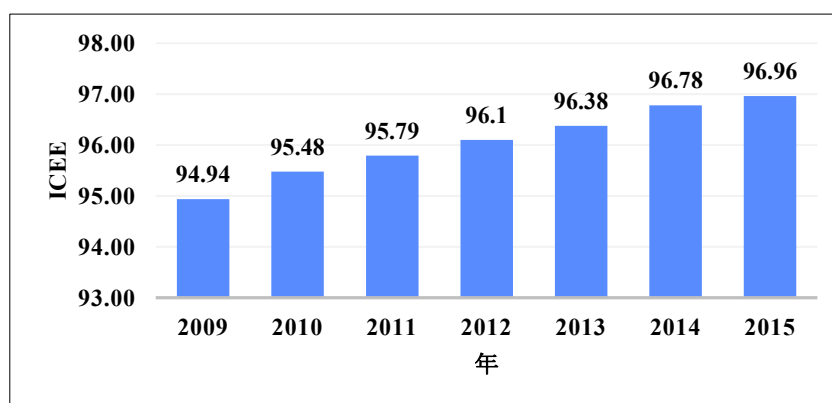
このネットワーク図が示す通り、同国において電力網に接続されているのは人口が密集しているアンディーナ地域と沿岸部の一部である。オフグリッド地域（系統非接続地域：ZNI）は後述（4-3 節）するように IPSE により電力供給が進められている。

コロンビア国家エネルギー計画（エネルギー構想 2050（UPME、2015 年））では、コ国は過去数十年にわたり全国的な電力の普及拡大に努め、この目標達成に向け、金融支援基金を設立している。電気普及率（ICEE）は 2015 年 12 月 31 日時点で 96.96%であった。農村部では今なお調理や暖房として薪の利用が見られる。系統非接続地域（ZNI）のデータも含む 2009 年以降の ICEE の推移を図 2-4 に示す。

ICEE 向上政策について、国家開発計画 2014-2018 では、電気の供給を受けていない住宅が分散しているため、今後 5 年間で全国的な電力普及の達成には 5 兆コロンビアペソが必要と推計している。

コ国は、電力アクセスの円滑化に補助金を適用し、その財源は高所得利用者の協力や国家総予算（PGN）からの国費投入で賄っている。2014 年時点で国の財政支出は、補助金総額 1,360,509 百万コロンビアペソの 63%に上った。

電力普及拡大指令計画 2013-2017（UPME、2014 年）では、電力未普及率は 3.9%（未受電家屋 470,000 戸）と算定しており、このうち 88.13%は SIN との接続は可能であり、残り 11.87%については独立系統から供給すべきだとしている。



出所: [www.siel.gov.co](http://www.siel.gov.co)

図 2-4 近年の電気普及率（ICEE）の推移

リファレンス拡大計画 2015-2019（UPME）では、発電計画や設備容量予測に基づき、様々な送電線の延長工事が計画されている（表 2-11、表 2-12）。ラ・グアヒラ風力発電計画のケースでは、設置容量 3,131MW が計画されており、連系系統への接続が計画されている。沿岸地方のアトランティカ県では、500kV から 220kV までの 4 箇所の敷設を計画している。また、アンティオキア地方チョコ県でも整備を予定している。送電計画では地域送電システム（STR）の分析結果も示している。

表 2-11 拡大計画 2015-2029 のシナリオ 12 における発電予測

発電所	操業開始	出力(MW)	電源
ヘセルカ 3.2	2016 年 7 月	250.0	石炭
テルモノルテ	2017 年 12 月	88.3	液体燃料
イトゥアング	2018 年 11 月	300.0	水力
	2019 年 2 月	600.0	水力
	2019 年 5 月	900.0	水力
	2019 年 8 月	1,200.0	水力
	2021 年 9 月	1,500.0	水力
	2021 年 12 月	1,800.0	水力
	2022 年 3 月	2,100.0	水力
	2022 年 6 月	2,400.0	水力
風力 J1	2019 年 1 月	99.0	風力
風力 J2	2019 年 6 月	195.0	風力
風力 E2	2019 年 6 月	200.0	風力
風力 J3	2019 年 12 月	180.0	風力
風力 E3	2020 年 1 月	100.0	風力
風力 E4	2020 年 6 月	100.0	風力
風力 E5	2020 年 12 月	100.0	風力
風力 E10	2021 年 6 月	200.0	風力
<b>シナリオ 12 で提案された拡大案件</b>			
水力 1	2020 年 12 月	351.8	水力
石炭火力 1	2019 年 12 月	90.0	石炭
石炭火力 2.1	2020 年 12 月	125.0	石炭
石炭火力 2.2	2020 年 12 月	125.0	石炭
石炭火力 3.1	2020 年 12 月	165.0	石炭
石炭火力 3.2	2020 年 12 月	165.0	石炭
石炭火力 5	2021 年 12 月	350.0	石炭
太陽光	2016 年 1 月	9.0	太陽光
	2020 年 1 月	53.6	太陽光
	2024 年 1 月	143.5	太陽光
	2028 年 1 月	239.2	太陽光
地熱	2020 年 1 月	50.0	地熱
コージェネレーション 1	2015 年 1 月	24.6	サトウキビ
	2016 年 1 月	34.5	サトウキビ
	2017 年 1 月	57.0	サトウキビ
	2018 年 1 月	107.0	サトウキビ
コージェネレーション 2	2017 年 1 月	195.0	ヤシ
	2019 年 1 月	178.0	ヤシ

出典: 発電電力ファレンス拡大計画 2015-2019 (UPME、2015 年)

表 2-12 2015 年-2029 年拡大計画における送電案件

地域	案件	導入時期
<b>国家輸送システム (STN)</b>		
カリブ地方沿岸	ラ・グアヒラ風力発電プラントとの連系 -コレクタラ 1: クエスティシタ 500kV 送電線の交流複線連系コペイ=クエスティシタ 500kV ループ系統複線化 Colectora 1: interconnected by a double circuit 500 kV AC to Cuestecitas and second circuit Copey - 500 kV Cuestecitas -コレクタラ 2: コレクタラ 2=チヌー=550kV 送電線の電圧源コンバーター (VSC) による高圧直流送電 (HVDC) での連系	2022 年 11 月
	サン・フアン 220kV 変電所、バジェドゥパル=クエスティシタ 220kV 送電線をバジェドゥパル=サン・フアン 220kV 送電線とサン・フアン=クエスティシタ 220kV 送電線に再構成	2020 年 11 月
	エル・リオ 220kV 変電所、テブサ=エル・リオ=テルモフロレス 220kV 基幹送電線の 신설とエル・リオ変電所の 220/110 kV - 150 MVA 変圧器 2 基目増設	2020 年 11 月
	サバナラルガー=ボリバル基幹送電線 65km 区間とボリバル 500/220 kV - 450 MVA 変圧器の増設による 500kV ループ系統の完成	2020 年 11 月
	チヌー=トルビエホ=ボリバル 220kV 基幹送電線敷設 (トルビエホ 220kV 変電所および 220/110 kV - 150 MVA x 2 変圧器)、ヌエバ・モンテリアーリオ・シヌー=110kV 送電線敷設	2020 年 11 月
アンティオキア県、チョコ県	ヌエボ・シエテ (チョコ県) 230kV 変電所設置 (230kV 連系) によるアンコン・スルーエスメラルダ 230kV 送電線をアンコン・スルーヌエボ・シエテ (チョコ県) 230kV 送電線とヌエボ・シエテ (チョコ県) -エスメラルダ 230kV 送電線へ再構成	2020 年 11 月
	サン・ロレンソ 230kV 送電線敷設によるサン・カルロス=エスメラルダ 230kV 送電線とサン・ロレンソ=エスメラルダ 230kV 送電線への再構成	2020 年 11 月
<b>地域送電システム (STR)</b>		
カリブ地方 アトランティコ県	<ul style="list-style-type: none"> <li>-テブサの 220/110 kV - 180 MVA 変圧器を 100 MVA 変圧器へ交換し、同容量の変圧器 3 基とする</li> <li>-テブサ変電所の 180 MVA 変圧器を用いたテルモバラッキジャ発電所 (220kV) のテブサ変電所 (現行は 110kV 接続) への移転</li> <li>-220/110 kV - 150 MVA 変圧器 2 基を備えたカラコリ 220/110 kV 変電所新設</li> <li>-シレンシオー=コルディアリダ 110kV 基幹送電線およびシレンシオー=ベインテ・デ・フリオ 110kV 基幹送電線 (A1) 敷設。A1 開設ポイントまでのカラコリ送電線複線化</li> <li>-ベインテ・デ・フリオ=テブサ第 2 回線用 500m 送電線敷設によるベインテ・デ・フリオ 110kV の T 回線標準化</li> <li>-シレンシオー=ベインテ・デ・フリオ送電線の未開通区間およびベインテ・デ・フリオ T 回線=ベインテ・デ・フリオ=ベインテ・デ・フリオ T 回線=マランボ送電線の敷設によるコルディアリダ=カラコリ 110kV 送電線とカラコリ=マランボ 110kV 送電線の開通</li> <li>-ヌエバ・バラッキジャ 220/110/13.8 kV - 100 MVA 変圧器の増設</li> <li>-バラッキジャからノルテ 110kV 変電所までの 4km 区間の 110kV 地下送電線複線化</li> <li>-ノルテ 110kV 変電所</li> <li>-テブサ=ウニオン 110kV 送電線およびウニオン=エル・リオ 110kV 送電線敷設</li> <li>-マグダレナ 110kV 変電所設置とウニオン=エル・リオ 110kV 送電線をマグダレナ=ウニオン 110kV 送電線とマグダレナ=エル・リオ 110kV 送電線への再構成</li> <li>-エル・リオ=オアシス 110kV 送電線とテルモフロレス=オアシス 110kV 送電線をエル・リオ=ラス・フロレス 110kV 送電線に再構成</li> <li>-テルモフロレス=ラス・フロレス 110kV 送電線複線化</li> <li>-テルモフロレス=オアシス 110kV 地下送電線複線化</li> <li>-テルモフロレス=エスタディオ 110kV 送電線とエスタディオ=セントロ</li> </ul>	2016 年 1 月 ~ 2018 年

地域	案件	導入時期
	110kV 送電線にテルモフロレス＝セントロ 110kV 送電線を開通 -テルモフロレス＝セントロリレーの開設ポイントからエスタディオ 110kV 変電所まで 1km 区間に送電線複線化 -エスタディオ 110kV 変電所新設 -マランボーカラコリ 110kV 送電線複線化 -エル・リオでの 220/110 kVSTN/STR 連系	
カリブ地方 ボリバル県	-ボカグランデーカルタヘナ 66kV 送電線、ボカグランデーボスケ 66kV 送電線 (OR により敷設) -カルメン 66kV、15MVA (ネット 22.6 MVA) 送電線電圧補償、落札済	2016 年
	-ボスケ 220/66 kV - 150 MVA 第 2 変圧器、入札審査中	2017 年
	-マリナ 66kV 変電所および付帯工事 -ボリバル STN 連系敷設および付帯工事 (ボリバル 220kV)	2018 年
	-電圧変更	2019 年
	-ガンボデーエルーカルメン送電線を 200A から 469A に増強	2018 年
	-エル・カルメン＝サンブラノ送電線を 200A から 580A に増強	2019 年
カリブ地方 チヌー市	-モンテリア送電線 (20 MVA、ネット 32.4 MVA) 電圧補償 -モンテリア 220kV 変電所設置による STN 連系 -クレテ変電所、入札審査中	2016 年
	OR の強化案： -チヌー＝コベニャス 504 A から 794 A へ -コベニャス＝トルビエホ 504 A から 580 A へ -シエラ・フロル＝トルビエホ 528 A から 600 A へ -ポストン＝シエラ・フロル 600 A から 794 A へ -ポストン＝チヌー1 500 A から 584 A へ -ポストン＝チヌー2 500A から 580 A へ	2016 年
カリブ地方 グアヒラ県、 マグダレナ県	-リオ・コルドバ 220kV 変電所新設で STN 連系 -バンコ送電線 (12 MVA、実効 17.5 MVA) 電圧補償 -ラ・ロマ 110kV 変電所新設 -ラ・ロマ 110kV 変電所新設による STN 連系 -リオハチャおよびマイカオの 15 MVA 電圧補償 -クエステンタの 220/110 kV - 100 MVA 第 3 変圧器および 220/110 kV 変圧器の 60 MVA から 100 MVA への変圧性能増強	2016 年
	-220/110 kV 第 2 変圧機 - 100 MVA バジエドゥパルの 100 MVA	2017 年
	-エルパソ＝ラロマ 110 kV 連携	2018 年
	-エルパソ 150 A から 400 A. へ増強 -クエステンターマイカオ送電線 200 A から 400 A へ	2016 年
	-コダシラ＝ハグア送電線 200 A から 300 A へ増強	2017 年
	-ブカラマンガ 230/115 kV - 150 MVA 変電所の自動変圧器 2 基目の増設。 -パレンケ 230kV の STR 連系計画	2017 年
東北地方 サンタンデル 県	-115 kV 変電所 -ブカラマンガ標準化 -コヌコス 115 kV 変電所 -リオ・フリオ変電所 -オカニャーサン・アルベルト 115 kV 送電線 -バランカープエルト・ビイルチェス 115 kV 送電線複線化 -ブエナ・ビスタ 115 kV 変電所	2018 年
	-バランカ再構成および 230/115 kV 変圧器 2 基増設	2019 年
	-サンマテオ 115 kV 変電所 -ティプー115 kV 変電所電圧補償 -オカニャ 115 kV 変電所の変圧器 2 基増設 -ヌエバ・アグアチカ 115 kV 変電所 -オカニャ＝アグアチカ 115 kV 送電線の再構成 -アグアチカ 115 kV 変電所電圧補償 -アヤクチョ 115 kV 変電所標準化	2016 年



地域	案件	導入時期
	-アヤクチョ 115 kV 変電所電圧補償 -オカニャーアグアチカ・ヌエバ 115 kV 送電線の CT 変更	
	-ベツレヘム 115 kV 送電線増強 -オカニャーコンベンション 115 kV 送電線増強 -アグアチカ・ヌエバーアヤクチョ 115 kV 送電線	2017 年
	-ティブーースリア 115 kV 送電線増強	2018 年
	-コンベンションーティブー 115 kV 送電線増強	2019 年
東北地方 ボヤカ県、カサナレ県	-ソチャゴタ 115 kV 変圧器およびパイパーサン・アントニオ 115 kV 送電線と- サン・アントニオーイグラス 115 kV 送電線の再構成	2016 年
	-115 kV ウチェ変電所およびサン・アントニオーボアビタ 115 kV 送電線の再 構成 -S115 kV アルトリカルテ変電所およびドナトーチキンキラ 115 kV 送電線の再 構成 -サンアントニオ STN / STR 230/115 kV - 2 x 150 MVA	2017 年
	-サンアントニオーウチェ 115 kV エル・ウチェーボアビタ 115 kV 第 2 送電線 (UPME が 2018 年 12 月までに計画) -115 kV およびアルト・リカウルテーチキンキラ 115 kV 送電線	2018 年
アンティオキ ア地方 アン ティオキア県	-エルサルトーヤルマル 110 kV 増強 -グァヤバル 230/110 kV - 360 MVA 変電所新設 -コーカシア 10 kV 増強	2016 年
	-ヒスパニア 110 kV 変電所 -セロマトソーカウカシア 110 kV 送電線 -ソソソソ変電所および付帯する 110 kV 送電線 -ラ・シエラ 230/110 kV 変電所新設 -ラ・シエラーココルナ 110 kV 送電線 -エル・サルトーアマルフィーラ・クルサダ 110 kV 送電線	2017 年
アンティオキ ア地方チョコ コ県	-ワバンゴ 115 kV 変電所補償	2017 年
	-イスパニアーキボドー (マニオブラ) -ワバンゴ 115 kV ループ系統の新設、 およびエル・シエターキボドー (マニオブラ) 115 kV ループ系統の再構成	2020 年
東部地方 ボゴタ県	-ヌエボエスペランサ STR 115 kV プロジェクト -ノルテ 115 kV 送電線計画に付帯する STR 連系 -グラン・サバナ 115 kV 変電所 -コンパルティル 115 kV 変電所新設	2016 年
東部地方 メタ県、グァ ビアレ県	-スリナ 230/115 kV 変電所での STN 連系線敷設	2016 年
	-グァマル 115 kV 変電所および付帯する送電線の敷設	2017 年
	-グァマル 115 kV 変電所および付帯する送電線の新設	2018 年
南西地方 カルダス県、 キンディオ 県、リサルラ ダ県	-エネア 230/115 kV 変電所の自動変圧器 2 基目の増設 -マンサナレス 115 kV 変電所標準化 -エスメラルダ 230/115 kV 変電所の自動変圧器 3 基目の増設 -エルモサ 230/115 kV 変電所の自動変圧器 2 基目の増設 -エスメラルダローサ 115 kV ループ系統の 2 回線への再構成	2018 年
南西地方 バジェ県	-バイア 115 kV 変電所および付帯工事	2016 年
	-スル変電所の電圧変更および付帯工事 -ディーセル II 115 kV 変電所および付帯工事 -ラデラ 115 kV 変電所および付帯工事	2018 年
	-アロヨオンド 115 kV 変電所および付帯工事	2020 年
南西地方 カウカ県、 ナリニョ県	-サンマルティン 115 kV 変電所 -ハルディネラ 115 kV 変電所	2016 年
南西地方トリ マ県、ウィラ 県、カケタ県	-トゥルニ 220 kV 連系線敷設	2016 年
	-アルタミラーフローレンスードンセジョ 115 kV の 2 回線への再構成 -アルタミラ 230/115 kV 変電所の変圧器増設	2017 年

出典：発送電リファレンス拡大計画 2015-2019 (UPME、2015 年)

電力普及拡大にかかる展望計画 2019 では電力普及目標が下表のとおり示されている。

表 2-13 展望計画 2019 における電力普及目標

目標	2010 年の状況	2019 年の状況
連系地域の電力普及拡大	95.10%	99.37%
系統非接続地域 (ZNI) の電力普及拡大	45.55%	75.49%

出典: 展望計画 2019 (DNP、2005 年)

表 2-14 は、コ国、ベネズエラ、エクアドル、ペルーおよびボリビアの電力送電網の距離と、国土面積および人口を比較したものである。この表により、コ国は、近隣国より開発が進んでいることがわかる。しかし、図 2-3 で前掲のとおり、アンディーナ地域およびカリブ地域の人口密集地域にのみ送電網が集中しているのが実態である。

送電ラインの電圧に関しては、ベネズエラが高電圧のネットワークを有しており、電力損失が少ない。コ国は中間レベルに位置される。

表 2-14 アンデス諸国との送電ライン距離の比較

国	国土面積 (km <sup>2</sup> )	人口	送電ラインの距離 (km)	電圧レベル (kV)
コロンビア	1,141,748 <sup>10</sup>	46,857,930 <sup>11</sup>	24,982 <sup>12</sup>	500, 230, 220, 138, 115, 110
ベネズエラ	916,445 <sup>13</sup>	31,028,337 <sup>14</sup>	7,544 <sup>15</sup>	765,400, 230
エクアドル	283,561 <sup>16</sup>	16,298,217 <sup>17</sup>	3,559 <sup>18</sup>	230, 138
ペルー	1,285,216	31,151,643	20,585 <sup>19</sup>	500, 220, 138, 60-75, 30-50
ボリビア	1,098,581	10,027,254	4,088.8 <sup>20</sup>	230, 115, 69

出所: www.xm.com.co のデータを基に作成

表 2-15 に国際電力取引及び関係容量を示す。コ国の対ベネズエラおよびエクアドルとの取引において、輸入量より輸出量が多い。

<sup>10</sup> DANE 情報

<sup>11</sup> DANE 情報

<sup>12</sup> XM データシステム

<sup>13</sup> Wikipedia 情報

<sup>14</sup> Wikipedia 情報

<sup>15</sup> González-Longatt, F., 2007

<sup>16</sup> Wikipedia 情報

<sup>17</sup> Wikipedia 情報

<sup>18</sup> Plan Maestro de Electrificación del Ecuador 2013- 2022

<sup>19</sup> Pacific Credit Rating – PCR, 2014

<sup>20</sup> Comité Naional de Despacho de Carga – CNDC, 2015

表 2-15 国際電力取引

国際関係	輸入 (MW)	輸出 (MW)
エクアドルとの関係合計	395	536
ベネズエラとの関係合計	205	336
国際関係合計	600	871

出所：www.xm.com.coのデータを基に作成

## 2-4 電力の需要と供給

一般的に電力需要は経済成長に比例する。コ国においても1990年代までの電力需要と経済成長は比例傾向を示していた(Garcia & Camacho (2016))。1990年以降は、エネルギーの効率化が進み、GDP 1ユニット増加あたりに必要となる電力は減少した。以降、電力の需要は人口の増加率に伴って増加している。

国連の予測によると、2050年のコ国の人口は500,000,000人に達し、それ以降は出生率の低下（人口の老齢化）の結果として少しずつ減少するとしている。また、期待される今後の経済成長は2~4%とされており、経済発展と電力消費拡大に応えるため、今後必要となる電力需要の拡大を分析している。

電力需要と最大電力の予測実施手順は次の4つの工程からなる（UPME、2013年）。

- 1) 月間および年間のエネルギー消費量、国内マクロ経済および生産セクターの推移、関連する変数の推移に影響を与えるであろう事象の把握。この他、UPMEが作成するエネルギー特性分析関連のデータ（利用、習慣、消費機器）を考慮に入れる。
- 2) データの実証と分析を経て、エネルギー消費の将来的な推移を推定するために、トレンドや季節性、国内マクロ経済の推移の見通しなどに基づき短期および長期の予測モデルを作成する。
- 3) 続いて、様々なモデルのなかに、今後数ヶ月または数年の経済動向予測を修正、数値を再計算しながら、得られた結果に一貫性を検証する。
- 4) 最終的に、その結果をUPME内または場合に応じ外部関係者とともに分析し、調整や修正を行い、必要に応じてその結果を公表する。

UPME（2010年）では、エネルギー消費とマクロ経済指標や人口の経年的な相関関係を考慮し、短期需要推計には時系列的な方法論を、長期需要推計には経済指標モデルを用いている。政府の担当機関による上記の変数の将来的推移の予測により、電力の消費と需要の動向のシナリオを設定している。

エネルギー需要予測と長期最大電力予測に用いる方法は、特性方程式をとり、年毎の電力売上に相当する電力需要、発電システムの損失、特殊チャージ<sup>21</sup>、全国送電システムの損失が示される。

2016年6月、UPMEはコ国の経済成長率を、2016年に2.3%、2017年に3.2%、2020年には3.8%と予測している。同予測は、石油および天然ガス、鉱物の価格下落がもたらした鉱山エネルギーセクターの成長の縮小に対するコロンビア経済成長の段階的な調整によるものである。

一方で、グリッド接続地域(SIN)の電力需要は、2015年10月から2016年3月の間、4.75%の成長率に達し、最大電力能力はエルニーニョ現象の影響(気温の上昇、極度の旱魃および降雨パターンの変化)を受けながら5.12%まで成長した(UPME,2016)。エルニーニョ現象の電力セクターへの影響は、電力需要、火力発電への依存、及び取引価格などの指標の動向など多方面にわたるものである。

なお、UPME(2016)は、2016年～2030年の最大発電容量の年別見通しを立てており、2015年10月に発表された見通しと比べて、電力需要が約1.95%、最大電力能力についても1.39%の下方修正をしている。

表2-16にUPMEが発表した2016年6月時点の全国の最大発電容量の見通しを3つのシナリオ(高、中、低)に分けてに表す。いずれのシナリオにおいても最大発電容量は毎年増加傾向にあり、2030年には現在よりも4,000MW程度増加する見通しが示されている。

表 2-16 全国の合計最大発電容量の見通し (MW)

年	見通し (MW)		
	予測 高	予測 中	予測 低
2016	10,889	10,490	10,107
2017	11,208	10,800	10,408
2018	11,753	11,337	10,937
2019	12,041	11,618	11,210
2020	12,304	11,871	11,455
2021	12,507	12,065	11,640
2022	12,714	12,263	11,828
2023	12,924	12,463	12,019
2024	13,155	12,683	12,229
2025	13,409	12,926	12,462
2026	13,680	13,186	12,711
2027	13,969	13,463	12,977
2028	14,268	13,750	13,251
2029	14,583	14,052	13,541
2030	14,917	14,372	13,849

出所：コロンビアの電力需要および最大電力能力 2016年6月  
“Proyección de demanda de energía eléctrica y potencia máxima en Colombia. Revisión Junio de 2016. UPME”

<sup>21</sup> 特殊チャージとは国内経済情勢よりも国際経済の動向に追随する鉱山・石油セクター(セロマトソ、セレホン、エコペトル社のラ・シラ=インファンタス、ドゥルモンド)の需要に相当する。

表 2-17 は全国の電力需要増加率の各年予測である。中位のシナリオにおける 2016 年の電力需要増加の前年比は 4.3%であり 2015 年の前年比 4.2%と同様な伸びを示す。2018 年には 5.0%の増加率が予測されるが、その後は 3%前後の穏やかな増加の見通しが示されている。

表 2-17 全国の電力需要増加率の予測

年	見通し (%)		
	予測 高	予測 中	予測 低
2016	6.2	4.3	2.4
2017	3.8	3.2	2.6
2018	5.0	5.0	5.1
2019	3.1	3.1	3.1
2020	2.9	2.9	2.9
2021	2.5	2.5	2.5
2022	2.5	2.5	2.5
2023	2.6	2.5	2.5
2024	2.7	2.7	2.7
2025	2.8	2.8	2.8
2026	2.9	2.9	2.9
2027	3.0	3.0	3.0
2028	3.1	3.1	3.1
2029	3.2	3.2	3.2
2030	3.3	3.3	3.3

出所：コロンビアの電力需要および最大電力能力 2016年6月, UPME

表 2-18 はグリッド最大発電容量の成長率を表している。成長率の予測値は、2016 年でシナリオ間での差が大きいが、それ以降は同様の値でいずれも成長を続けることが示されている。なお、これら発電量ならびに需要量の予測値は毎年更新されている。

表 2-18 最大発電容量の見通し（成長率）

年	グリッドの最大発電容量の見通し (%)		
	予測 高	予測 中	予測 低
2016	7.9	3.9	0.1
2017	2.9	3.0	3.0
2018	4.9	5.0	5.1
2019	2.5	2.5	2.5
2020	2.2	2.2	2.2
2021	1.7	1.6	1.6
2022	1.7	1.6	1.6
2023	1.7	1.6	1.6
2024	1.8	1.8	1.7
2025	1.9	1.9	1.9
2026	2.0	2.0	2.0
2027	2.1	2.1	2.1
2028	2.1	2.1	2.1
2029	2.2	2.2	2.2
2030	2.3	2.3	2.3

出所：コロンビアの電力需要および最大発電容量 2016年6月, UPME

#### 2-4-1 電力供給

電気供給は、グリッド地域では国家電力網接続システム（Sistema Interconectado Nacional de energía - SIN）、オフグリッド地域（系統非接続地域：ZNI）では分散型のシステムによって提供されている。

なお、ここで出力、容量、需要、電力量の用語の定義については、XMの用語集<sup>22</sup>に従い以下の通りとする。

- **有効出力（Capacidad efectiva）**：発電設備が通常の条件下で稼働したときに供給するグロス電気出力の最大値を MW で表示したもの。
- **設備容量（Potencia nominal）**：経年劣化に伴う損失を考慮しない場合の発電設備が発揮できる電気出力を MW で表示したもの。
- **最大需要（Demanda máxima）**：ある 1 地域または SIN において消費された電力のピーク値。
  - **発電電力量（Disponibilidad de generación）**：ある発電設備が一定時間に供給できるグロス電気出力の最大値を MW で表示したもの。

##### (1) 設備容量

国家電力網接続システム（SIN）は、国土の 3 分の 1 を占め、人口の 96% をカバーしている。系統非接続地域（ZNI）は、残りの国土の 3 分の 2 を占めているが、カバー範囲は人口のわずか 4% である。

1990 年代半ばから、火力発電の SIN 参加率が増加の傾向にある。これは、1992 年から 1993 年のエルニーニョ現象が引き起こした旱魃による電力不足への対応、及び水力発電への過度の依存に対する対策によるものである。

表 2-19 に 2015 年 12 月 31 日時点の発電の種類別の有効発電容量を記載する。

<sup>22</sup> <http://www.xm.com.co/Pages/GlosarioXM.aspx>

表 2-19 発電種類別有効発電容量

種類 / 燃料	有効発電容量 (MW)
<b>グリッド (SIN)</b>	
水力発電	10,892.00
水系	10,892.00
火力発電	4,743.00
ディーゼル燃料 (ACPM)	1,247.00
石炭	1,339.00
燃料油 (Combustoleo)	299.00
ガス	1,564.00
Jet-A1	46.00
ガス - Jet-A1 混合物	264.00
<b>オフグリッド (ZNI)</b>	
コージェネレーション	84.20
バガス	74.80
石炭	9.40
ガス	0.00
風力発電	18.42
風力	18.42
水力発電	620.72
水系	620.72
火力発電	135.15
バイオガス	3.30
石炭	9.90
ガス	121.95
<b>有効発電容量合計</b>	<b>16,420.00</b>

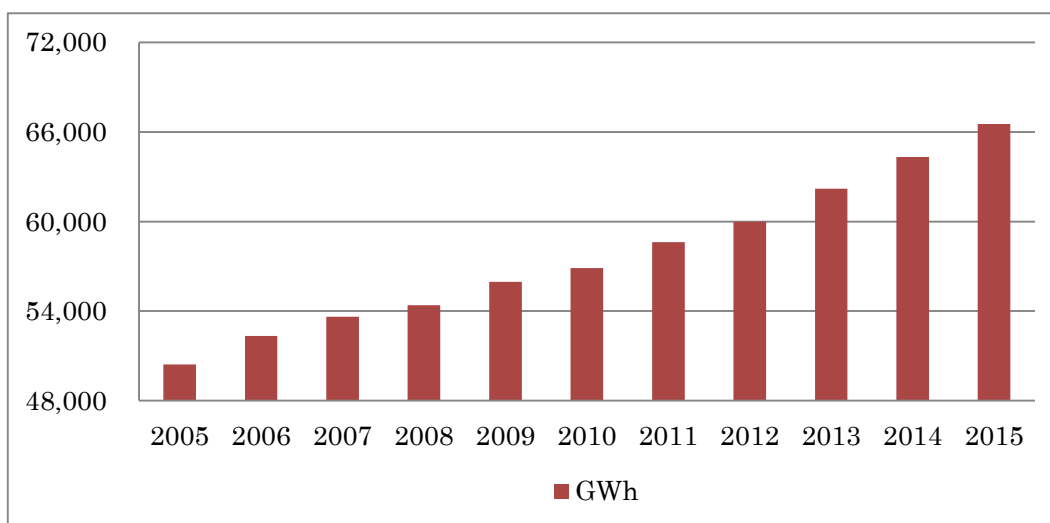
出所： www.xm.com.co

(2) 発電量

XM<sup>23</sup>の統計によると、2015年3月31日付けコロンビアの年間発電量は、66,548.5GWhであり、前年同期比において3.5%（2014年64,327.9GWh）の伸び率を記録している。同伸び率は、主にSINの需要の増加によるもので、送電網整備により達成されたものと言える（2015年12月31日）。

コ国における2005年から2015年の10カ年の電力供給量の推移を図2-5に示す。

<sup>23</sup> <http://informesanuales.xm.com.co/2015/SitePages/operacion/2-4-Generaci%C3%B3n-del-SIN.aspx>



出所: www.xm.com.coのデータを基に作成

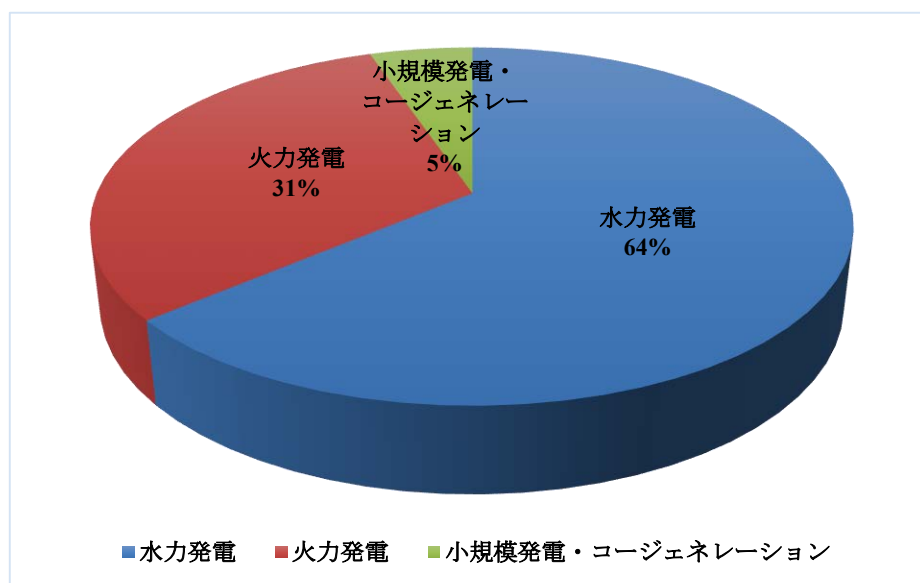
図 2-5 コ国に於ける電力供給の動向 (GWh) (2005 年～2015 年)

2015 年期の SIN 発電の構成状況を図 2-6、2010 年から 2015 年までの SIN の電源構成比の推移を図 2-7 に示す。

2015 年において水力発電は依然として全発電量の約 64%を占めているが、2011 年から減少傾向にある。一方で、火力発電は増加傾向にあり 2015 年では前年比 12.1%の伸び率を示した。この水力発電の減少と火力発電の増加は、2015 年 9 月から顕著になった水力資源の不足が起因しており、2015 年下半期に発生したエルニーニョ現象が原因となったものである。また、小規模電力<sup>24</sup>やコジェネレーションは安定的に推移していることが分かる。

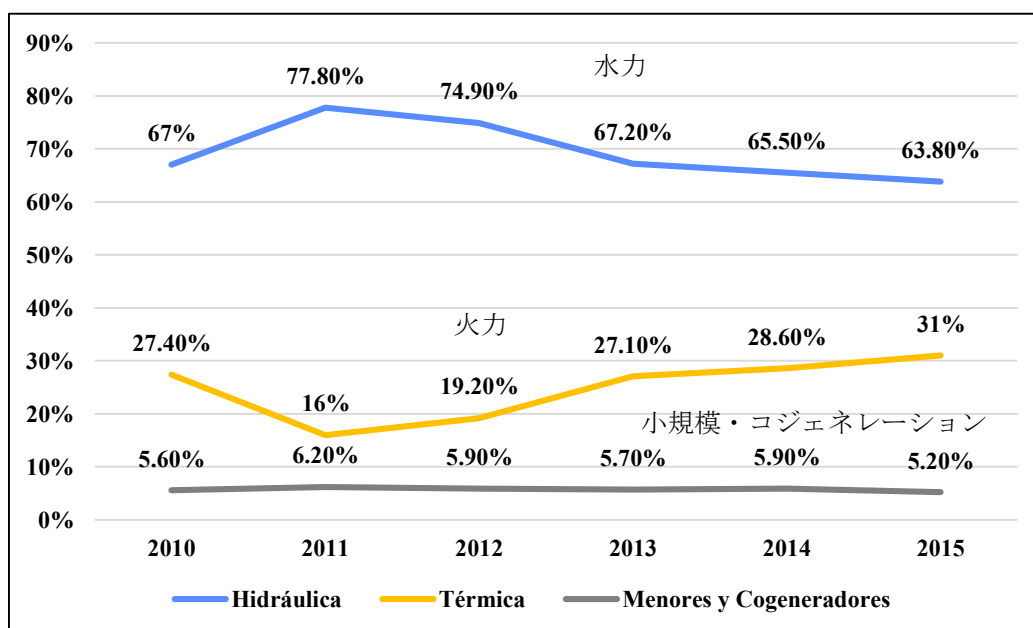
<sup>24</sup> 設備能力が 20MW 以下の小規模発電所を意味し、水力発電所や火力発電所などを含む。





出所：www.xm.com.coのデータを基に作成

図 2-6 SIN 発電の構成 (2015 年)



出所：www.xm.com.co のデータを基に作成

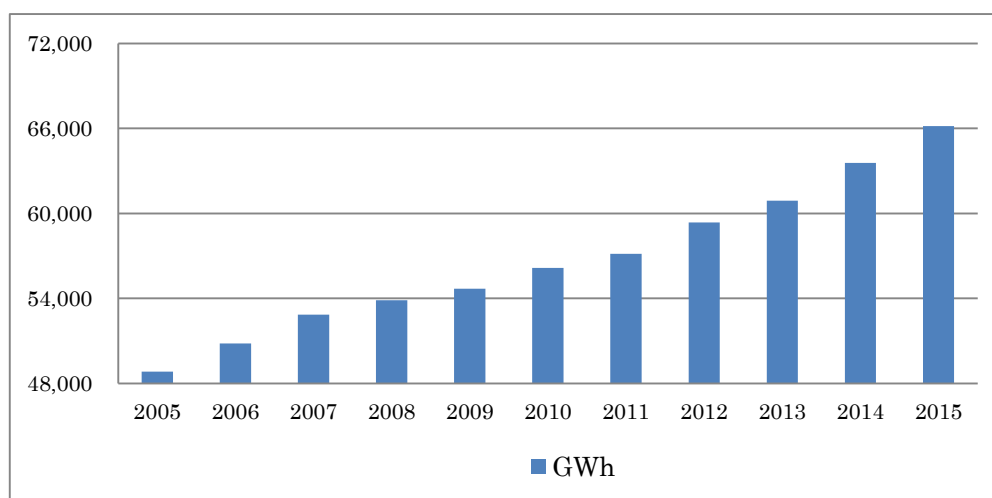
図 2-7 SIN の電源構成比の推移 (2011 年～2015 年)

XMによると、エルニーニョ現象の影響を受け、2015年は21%ほどの電力不足が発生した。また、2012年半ばからSINへの水力発電は赤字となっており、これは前述のようにエルニーニョ現象によるものである。

## 2-4-2 電力需要

コ国における 2005 年から 2015 年の 10 カ年の電力需要の推移を図 2-8 に示す。

2015 年の電力需要は 66,174 GWh となり、伸び率は前年比 4.2% を記録している。XM の統計データによると、エルニーニョ現象が 2015 年の第 3 四半期及び第 4 四半期にもたらした高気温の影響を受け、コロンビアの電力需要は同期間に増加の傾向が見られたものである。



出所: www.xm.com.coのデータを基に作成

図 2-8 コ国に於ける電力需要の動向 (GWh) (2005 年～2015 年)

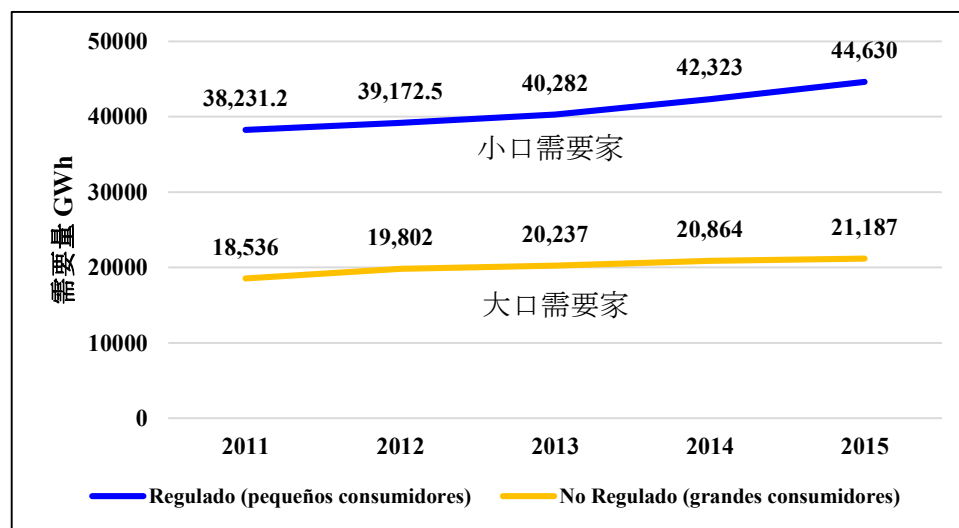
2011 年から 2015 年の 5 カ年におけるコ国内の市場別ならびに経済活動別の電力需要の推移を表 2-20 に示す。また、市場別の電力需要の推移を図 2-9 に示す。

2011 年から 2015 年の市場別の電力需要は、全期間にわたり小口需要家（規則的：規制部門市場）と大口需要家（不規則的：自由化部門市場）は同様の比率を保ち、安定的に推移していることが分かる。

表 2-20 市場・経済活動別の電力需要 (GWh)

市場 / 経済活動	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年
<b>市場タイプ</b>					
小口需要家 (規則部門市場)	38,231.2	39,172.5	40,282	42,323	44,630
大口需要家 (自由化部門市場)	18,536.0	19,802.3	20,237	20,864	21,187
需要計	56,767.2	58,974.8	60,519	63,187	65,817
<b>経済活動</b>					
製造業	7,990.2	8,209.9	9,546	9,493	9,491
鉱山・採石場の開発業	3,442.0	4,162.7	3,828	4,382	4,637
社会・コミュニティ・個人へのサービス業	2,657.8	2,586.6	2,363	1,845	1,809
商業、修理、飲食店、ホテル業	1,559.4	1,709.8	1,704	1,465	1,431
電力、都市ガス及び水道	1,369.5	1,423.7	1,051	387	475
運搬、倉庫、通信業	594.4	658.4	609	301	355
農業、林業、狩猟、漁業	467.5	518.0	532	546	591
金融、保健、不動産、企業サービス施設	423.8	492.1	560	1,119	1,125
建設業	31.4	41.1	45	1,327	1,274

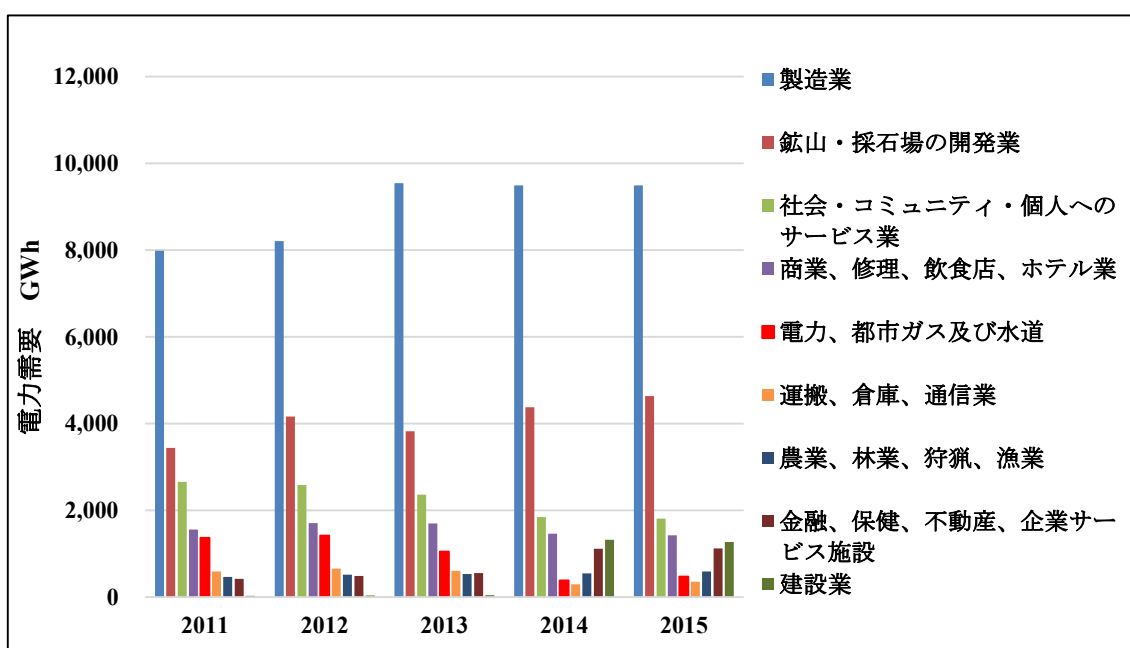
出所：www.xm.com.coのデータを基に作成



出所：www.xm.com.coのデータを基にJTSにより作成

図 2-9 市場別需要の推移 (2011年～2015年)

経済活動 (業種) 別の電力需要の推移を図 2-10 に示す。



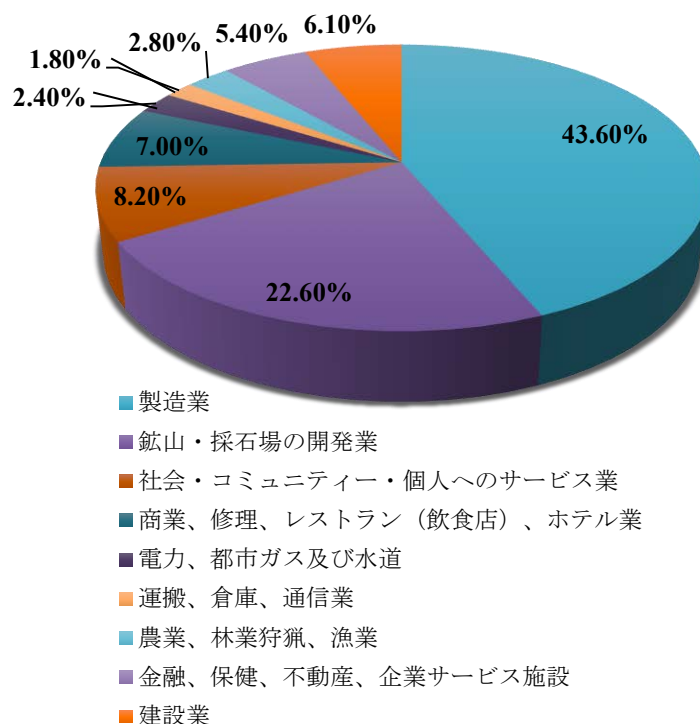
出所：www.xm.com.co のデータを基に JTS により作成

図 2-10 業種別電力需要の推移（2011 年～2015 年）

2011 年から 2015 年までの業種別需要は、製造業をはじめ商業・修理業・飲食ホテル業、農牧・林業・狩猟・漁業に低迷が見られる。一方、鉱山開発業、建設業、金融保険業・不動産業・企業向けサービス業は増加している。また、社会・コミュニティ・個人向けサービス業、電気・都市ガス・水道業、運輸・倉庫・通信業の減少も目立つ。

国内製造業の低迷（-0.2%）や世界的な石油危機に端を発する鉱業・採石業の電力消費の減少などにより、大口需要家（自由化部門市場）の電力需要は 2015 年ではマイナス成長となった。また、電力・都市ガス・水道が 22.7%と急増したのが目を引くが、自由化部門でのシェアは極めて小さい。エ、エルニーニョ現象対策でポンプが稼働したことで電力消費が増加したことが要因である。

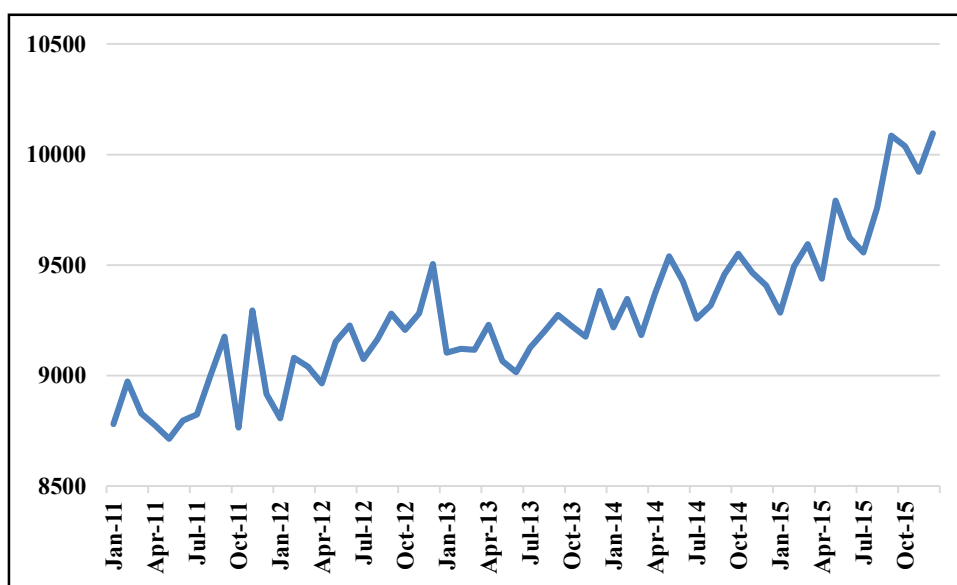
2015 年の業種別需要をパーセンテージにて次図に示すが、近年伸び悩んでいる製造業がシェア 43.6%を占めるほか、鉱業・採石業のシェア 22.6%が目立った。



出所：www.xm.com.coのデータを基に作成

図 2-11 2015 年の業種別電力需要

2011 年から 2015 年までの最大電力需要を図 2-12 に示す。2015 年 12 月 2 日に 10,095 MW のピーク値を記録している。



出所： www.xm.com.co

図 2-12 最大電力需要(MW) (2011 年～2015 年)

住居、産業、商業のセクター別の2003年から2014年の電力消費変動率を表2-21に示す。

セクター別の電力消費に関しては、近年の最大電力消費は住居（家庭）セクターが占めており、2003年には電力総消費量の41%、2014年には46%を占めていたが2015年には42%に減少した。一方、商業セクターは成長を示し、産業セクターはシェアを10%減少させている。UPMEはこれら3つのセクターの電力消費の動向は不安定ではあるが、増加傾向にあると評価している。

表 2-21 セクター別電力消費の変動  
(2003年～2015年)\*

セクター	2003年	2009年	2014年	2015年
住居（家庭）	41%	41.2%	46%	42%
産業	40%	33.8%	30%	27%
商業	20%	25%	23%	21%

出所：XM-UPME

\*2014年以前はUPMEによるデータ提示が数年おきであったため、2010年から2013年のデータは割愛する。なお、2014年以降は毎年データがとりまとめられ、公表される方針となっている。

### 2-4-3 電力市場における取引状況

卸売電力市場MEM<sup>25</sup>では、SINに接続された消費者（売電業者）の需要、および発電業者の供給による電力取引が行われる。

コ国の2015年の電力市場における取引状況とその前年比を表2-22に記載する。

表 2-22 電力市場における取引状況

電力市場指数						
項目	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2014年比 成長率(%)
<b>取引</b>						
電力取引所での取引 (GWh)	16,787	17,016	14,948	15,544	16,905	8.76
契約に基づいた電力取引 (GWh)	62,179	67,183	71,375	69,846	71,564	2.46
電力取引合計 (GWh)	78,966	84,199	86,323	85,390	88,469	3.61
<b>価格</b>						
電力取引所の全国加重平均価格 (COP/kWh)	76.2	116.16	178.88	225.51	378.31	67.76
契約に基づいた電力取引の加重平均価格 (COP/kWh)	118.0	120.79	125.81	131.46	143.42	9.10

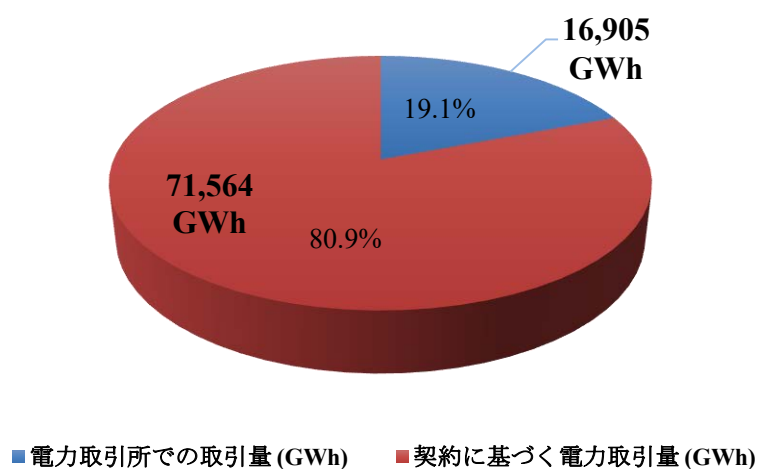
出所：www.xm.com.co

<sup>25</sup> Características generales del Mercado de Energía Mayorista MEM  
([http://www.creg.gov.co/cxc/secciones/mercado\\_mayorista/caracteristicas\\_generales.htm](http://www.creg.gov.co/cxc/secciones/mercado_mayorista/caracteristicas_generales.htm))

2015年において、電力取引所で取引された電力量は、8.76%の伸び率を示したが、依然として契約に基づく電力取引が主流である（図 2-13）。

価格に関しては、加重平均価格が 67.76%の増加を記録している。この増加は、エルニーニョ減少がもたらした水力発電量の減少によるものである。取引所での価格は、電力不足時の価格を上回り、信頼度チャージの金額に影響を与えていた。

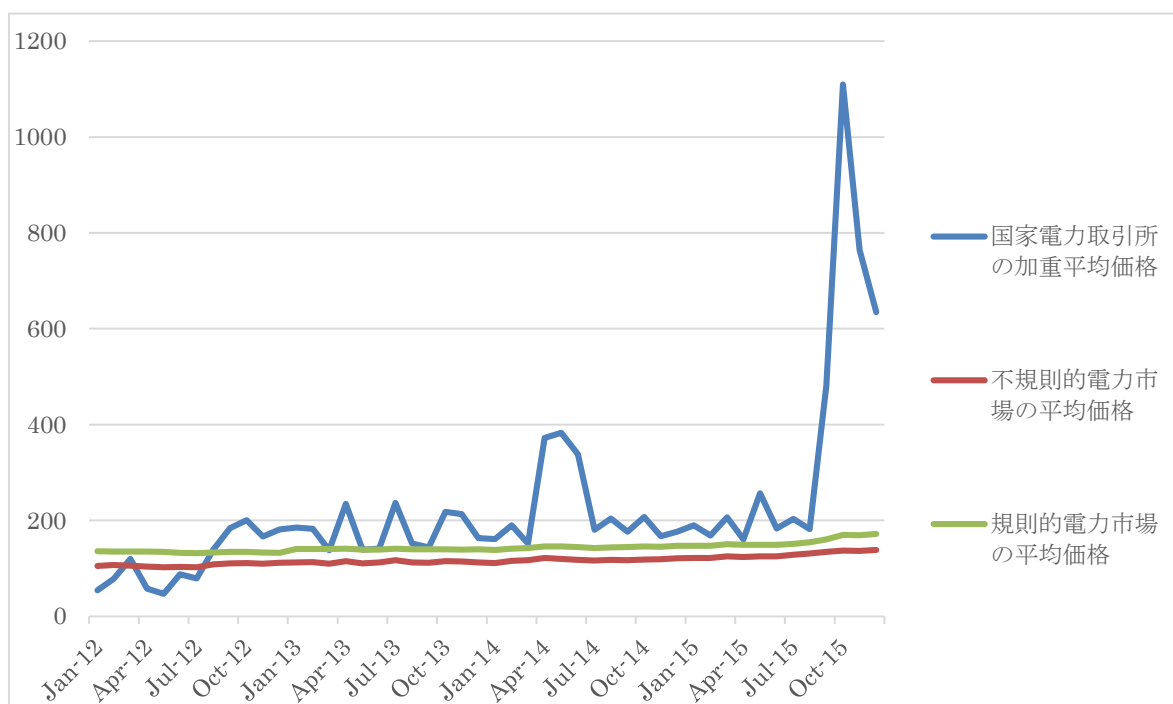
2011年から2015年までに契約ベースで売買されたエネルギーは、価格が安定していることから、市場で売買された電力を大きく上回り、緩やかな伸びを示した。同期間の市場電力価格はおよそ 40%上昇する一方、契約ベースの料金の平均値の伸びは 21%となっている。



出所： www.xm.com.co

図 2-13 電力取引量（2015年）

過去 3 年間の電力取引所及び契約に基づく電力取引の電力加重平均価格の変化を図 2-14 に市場別に 2015 年のコロンビアペソのレートで示す。2015 年の 9 月以降、エルニーニョ現象による水力資源の減少、及び水力発電の平均供給量の増加の影響による電力取引所の価格の上昇が見受けられる。



出所： www.xm.com.coのデータを基に作成

図 2-14 電力取引所及び契約に基づく電力取引の電力加重平均価格の変化  
(COP/kWh、2015年12月のレート)

2015年の電力取引所の価格の上昇率は、67.76%であり、同年末の年間加重価格は、378.31 COP/kWhを示した。なお、契約に基づく電力取引の2015年の平均価格は、143.42COP/kWhとなり、2014年に比べ9.10%増加した。

## 2-5 発電・送電設備の開発計画

コ国で現在開発されている電力プロジェクトは、将来需要を満たすために、以下に述べる手法によって計画されており（Garcia & Camacho (2016)）、コ国政府は、中長期的に供給を増やすことによって、想定される需要をカバーできると予測している。2016年の高位シナリオ（表 2-16 参照）では、最大電力需要予測は 10,889 MW、2016年10月時点の有効出力は 16,529.54 MW<sup>26</sup>、2016年10月16日閲覧）であり、適切に予測されていることが示されている。

本開発計画によると、近年稼働を開始した水力発電所エルキンボ；El Quimbo (400MW)、タサヘロ；Tasajero II (150MW) 及びヘセルカ；Gecelca (160MW) は、短期的な需要に応えるものと位置付けられている。また、中長期的には、2018年に稼働を開始予定の水力発電所イトゥアング；Ituangoの第1フェーズ (1,200MW) が、2021年に稼働予定のイトゥアング；Ituangoの第2フェーズ (1,200MW) が、予測される需要に対応するものである。2020

<sup>26</sup> <http://paratec.xm.com.co/paratec/SitePages/generacion.aspx?q=capacidad>



年時点の予測の高位シナリオ（表 2-16）では最大電力需要予測が 12,304 MW であるのに対して、「送電リファレンス拡大計画 2015-2019」（UPME、2015 年）シナリオ 12 で同年に予測される有効出力は、前述の計画の発電量もあわせて 21,564.02 MW となり、供給（出力）は需要を遥かに上回ることが保証されると見られる。

一方、天然ガスに関しては（一部火力発電に利用）、2018 年には自給が不足すると考えられている（UPME, 2015）。

### 2-5-1 発電計画

UPME（2015）は、『発電-送電拡大計画 2015-2029』に発電拡大の短期的ならびに中長期的なシナリオ分析を実施している。以下にその分析概要を説明する。

UPME（2015）が、『発電-送電拡大計画 2015-2029』において想定した各シナリオに関しては、1995 年決議 GREG 025 に基づき、次表に示すエネルギー信頼度指標の分析が行われている。

表 2-23 1995 年決議 GREG 025 に基づく信頼度指標

指標	名称	定義	数式
VERE (Valor Esperado de Racionamiento de Energía)	エネルギー配給予測値	1 ヶ月間に配給されるエネルギーの予想値と計画国内需要との比率	$VERE = \frac{\sum_{t=1}^n \left( \frac{Energía\ mensual\ Racionada_t}{n} \right)}{Demanda\ nacional\ de\ energía_{mes}}$ $n = \text{シミュレーション数}$
VEREC (Valor Esperado de Racionamiento de Energía)	制約エネルギー配給予測値	1 ヶ月間に配給されるエネルギーの予想値と計画国内需要との比率 電力不足が想定される場合のみ考慮される。	$VEREC = \frac{\sum_{t=1}^m \left( \frac{Energía\ mensual\ Racionada_t}{m} \right)}{Demanda\ nacional\ de\ energía_{mes}}$ $m = \text{電力不足件数}$
電力不足件数		エネルギーの配給が想定される期間中に発生する電力不足件数	

出所：UPME

発電予測分析の目的は、国内のエネルギーのニーズとポテンシャルに対応する短期の兆候を見出すとともに、長期的な拡大代替案を設定することである。とりわけ、新規の発電量が必要になった場合のそのタイミングを判断することにある。

UPME では、短期および長期の分析結果の妥当性を評価するため、予測には 1 年を費やし、そこで予測された需要と有効出力と実測値を比較し分析結果を検証している。その結果として予測値は UPME の国家策定計画として承認されている。この計画策定にあたっては、いくつかの可能性のある需要供給ケースに対しシナリオプランニングがなされていること、ま

たそのシナリオ内容は適切であること、および分析結果は将来の需要供給想定ケースをカバーできていることから、妥当であると判断される。

#### (1) 短期的分析

想定されたシナリオに基づき、短期的な分析がなされている。これは信頼度チャージ制度を前提にしたものである。

- 1) 開発に遅れがある場合でも、新たなプロジェクトによってカバー出来るため電力不足は想定されない。すなわち、信頼度指標が達成される。
- 2) Horizonte の水力発電 (2018-2022)、特に Ituango 第1フェーズは、発電コストが限界費用に影響を与えることが懸念される。火力発電は、持続的に増加が見込まれ 2500GWh-月に達する。
- 3) 今後の開発の必要性に関しては、2021年に新たな発電所開発が必要となる。

#### (2) 中長期的分析

中長期的なシナリオに基づき、再生可能エネルギー利用を含むいくつかの選択肢が提案されている。このシナリオは、信頼性指標に基づく。

- 1) 短期的なシナリオと同様 Horizonte 水力発電所 2018-2022、特に Ituango 第1、第2フェーズ稼働により、限界費用が低減される。
- 2) 2015年～2018年は、Ituango 第1フェーズ (2019-2020)、第2フェーズ、および他の水力発電所(2021-2022) などにより、発電電力量の増加が期待される。水力発電の期待値の平均は、6298.18GWh-月 (2023-2029) となる。
- 3) 2018年～2022年の期間、火力発電による発電量は減少すると見込まれる。2022年から石炭発電所により、発電量は増加する。
- 4) 水力発電所の出力増加と共に、火力発電の比率は徐々に減少する。
- 5) 風力発電及び非従来の発電 (バイオマス、地熱、太陽光) の増加により、水力および火力発電の補完を行うことが期待される。
- 6) 再生可能資源、従来資源、非従来資源の組み合わせが考慮される場合、限界費用が減少することが期待される。

#### (3) 発電平準コスト

長期的な投資コスト、運営コスト、非従来の発電設備新設、規制インセンティブ及び発電設備運用見込みなどの要因を用いて、各発電コストの計算を実施した結果は次の通りである。

- 1) 長期的な展望としては、従来と比べ平準化コストの大幅な変動はない。
- 2) 各技術を統合することで、発電コストを平均化することができる。

- 3) 風力発電所の平準化コストに関しては、インセンティブがなくても競争力が保たれていることが特筆される。
  - 4) 他の非従来の資源である地熱およびバイオマスは火力発電等の技術とほぼ同等である（インセンティブのため）。
  - 5) 石炭に関しては投資コストが低いものの、ガス、バイオマス等に比べ変動費が高い。
  - 6) 分散型太陽光発電技術の発電コストが最も高い。これは、近年では劇的なコスト低下を見せているものの、他の技術に比して依然として高い投資コストによるものである。
- (4) その他の考察
- 1) 分析された見通しやシナリオから、2021年以降の電力需要が供給を上回ることが明らかになっている。つまり、国内の供給危機の懸念が生じている。
  - 2) 電力シミュレーションによると、2021年以降に信頼性の基準が満たされず、新たな発電プロジェクトが必要となる。
  - 3) 火力発電は、二酸化炭素排出量（CO<sub>2</sub>）が大きい。また、対照的に再生可能エネルギーは、環境負荷が少ない。
  - 4) 非従来の再生可能エネルギーを含む開発シナリオは、より多くの資本投資が必要となる。よって再生可能エネルギーの信頼性を考慮していく必要がある。

#### 2-5-2 送電計画

UPME（2015）は、『発電-送電拡大計画 2015-2029』にて、中長期的な需要に対し、信頼性および安定性を持って応えるべく、以下の国家送電網の拡大事業を計画している。

- 1) 大西洋岸に 500kV および 230kV レベルの送電開発事業が 4 件提案されており、これらは地方送電・配電システムの能力向上を目指すものである。これらは、2020 年に運用開始される予定である。
- 2) カリブ地域の風力発電所開発は、3,131MW の設備容量が計画されており、2022 年に送電開始される予定である。
- 3) アンティオキア-チョコ地域に関しては、カルメンデアトラトーチョコ；Carmen de Atrato-Choco 地区付近に位置する 121.9MW の CAA、CAB および CARG 発電所、コホルマ；Cocorna およびサンフランシスコアンティオキア；San Francisco-Antioquia における 56MW のサントドミンゴ；Santo Domingo 発電所が計画されており、2020 年に運転開始の予定である。
- 4) 全国の地域送電システム（STR）の設備開発が、2016 年から 2020 年に実施される。

- 5) アンティオキア県、チョコ県およびサンタnderール県の水力発電所のための送電網開発（2019年～2023年に SIN に接続するため）、およびセサル県の火力発電所開発（2019年～2023年）が予定されている。
- 6) 500kV回路および750kVの電圧レベルへの変換する地域間の送電網の相互連結が計画されている。

## 第3章 地熱発電の現状及び開発にかかる課題

### 3-1 関係機関及び役割と課題

#### 3-1-1 政府機関

地熱開発にかかる電力関連組織の概要は、第2章で取りまとめたとおりである。

これらの組織にかかる課題として、地熱開発の実績がまだないことから、手続きのプロセス構築やプロジェクト推進にかかる技術的知見の蓄積がまだ不十分であることが挙げられる。このため、政府が主体となって実施することが期待される以下の制度整備や行政手続きにおいて、検討課題が存在する。

- 法制度整備：許認可等にかかる制度整備、管理系統の確立
- 環境管理：環境ライセンスの手続きの整理
- 調査開発：資源評価と人材育成
- 開発支援：支援・促進施策の検討

地熱開発プロジェクト促進の障害となっている手続き・プロセスの代表的なものとしては、地熱開発のための環境ライセンス取得（環境省が主幹）に関する手続きがある。また、鉱山エネルギー省においても、地熱資源の定義や地熱開発許可にかかるコンセッションについては十分な規定がされていない。これらは民間企業が事業を始める際に必要不可欠な許認可申請であり、これらの手続き等にかかる制度の未整備が、コ国での地熱開発を妨げている理由の一つとなっている。コンセッションならびに環境ライセンスの詳細については「3-3 環境社会配慮の取り組み」で後述する。

また、関連機関が多岐に亘っているため、案件形成にかかる手続き、開発にかかる許認可が煩雑になる事態が発生している。環境審査は環境省本省、ANLA、地方行政などがそれぞれの立場から関連しており、地方事務所を跨ぐような開発ケースの取り扱いなどもまだ十分な経験がないため迅速な判断と対応が難しい状況である。これに対処するため、MMEが主導となり、UPME、SGC、ANLA および MADS による横断的な地熱技術検討委員会<sup>27</sup>が設置されており、必要に応じて担当する機関を調整する体制をとっている。

その他の課題である調査開発の能力開発に関しては「4-2 地熱調査能力の開発」で、政府が推進することを期待される開発支援策への提言は「4-5 MME/UPME への技術支援」で詳述する。

<sup>27</sup> 2016年10月現在、MMEの電力部局長 Rogerio Ramirez Reyes 氏が委員会の議長を務めている。

### 3-1-2 開発事業者

民間企業としても、コ国における地熱開発に関する知見が蓄積されておらず、事業リスク（初期投資、従来型発電との競争、市場規制、環境社会配慮など）について検討を進めている段階である。

このため民間企業は、コ国における地熱をはじめとする再生可能エネルギー開発の推進に向けて、再生可能エネルギー協議会<sup>28</sup>（SER:Renewable Energy Society of Colombia）を立ち上げて、情報交換や関係機関との調整を行っている。協議会には、発電会社、コンサルタント、機器メーカー、専門家などが参加している。この協議会と政府組織との間で、今後は意見交換や政策協議がされることが期待される。本調査においても協議会メンバーから、援助機関がこの協議会のオブザーバーとして参加するよう要望があがった。

### 3-1-3 援助機関

地熱発電に対して融資、保証などを検討している機関としては、IDB,KfW,CAFなどが挙げられる。政府系ではBANCOLDEXがIDBの無償資金プロジェクトの実施機関となっているほか、FDNもエネルギープロジェクトの一つとして地熱発電にも興味を示している。ただ、(1) 実際の実施段階に至っている案件がないこと、(2) 南米の他国において融資案件が進んでおり、コ国内の案件の優先順位が低いこと、(3) 事業者側から融資機関側に対しまとまった話が挙げられていない、ことなどから融資機関側はまだコ国に対する対応を具体化させていない。これについては「3-4 地熱発電開発のための資金援助」にて説明する。

## 3-2 地熱開発にかかる取り組み

世界的に従来型のエネルギー源（化石燃料）はいずれ枯渇する道を歩んでおり、コ国でも数年後に同資源が尽きると予測されている。しかしコ国はその地理的特徴から豊富な水資源を利用した水力発電が可能であることから、国土の大部分において水力発電が主要電源となっており（69.89%）、次に化石燃料（約29.43%）、及び小規模な非従来のな発電方法（0.68%）から構成されている。

エルニーニョ現象がもたらした近年の深刻な旱魃を受け、コ国は風力発電や太陽光発電等の再生可能資源を利用した非従来のな発電開発の検討を開始した。これらのエネルギーは、電源多様化を可能とし、同時に火力発電による温室効果ガスの発生を削減することで環境保護にも貢献する。

コ国では、このような状況下、風力・太陽光・バイオマス等の再生可能エネルギーの開発に投資を行ってきたが、地熱資源の発電はこれらと比較すると開発初期の投資額と開発リスクが高いため遅れをとっていた現状がある。

<sup>28</sup> 2016年10月現在の代表はENEL Green Power社 Azahara Lopez Duran氏（Colombia & Ecuador Business Development Manager）。

太陽光発電と風力発電は共に政府機関及び民間企業によって開発されている（2-3-3 を参照）。太陽光発電は、特に国家のエネルギー網に接続されていない地域や一次配電所から離れた地域において普及が進んでおり、都市部における開発規模は小さい。風力発電に関しては、特に La Guajira 地域において重要な開発プロジェクトが行われ、EPM が容量 18.4MWe の発電所を設置した。

一方で、地熱発電に関しては、いまだプロジェクトの実現化に至っていないものの、次節で示すようにこれまでに全国の地熱系の資源評価等がある程度は進められてきた。

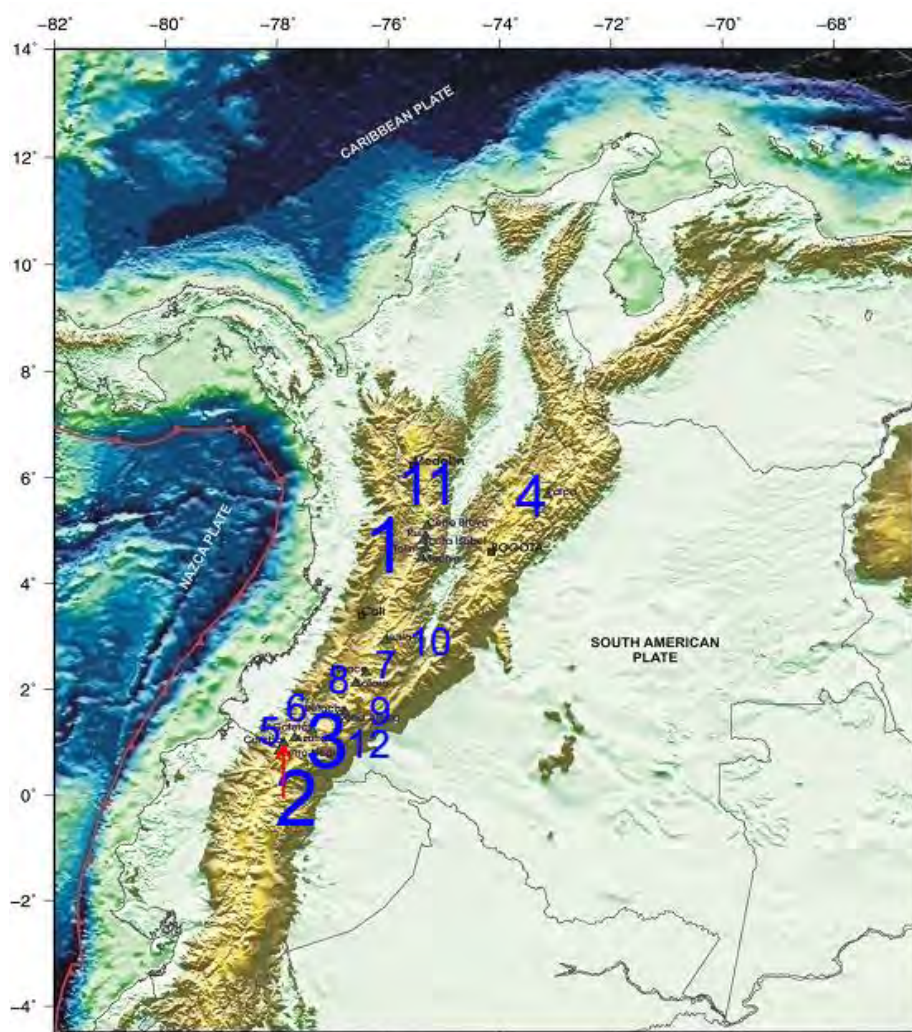
これまでの調査で確認されたコ国の地熱発電資源の主要賦存地を

表 3-1 および図 3-1 に示すなお、図中の数字の大きさは想定される資源ポテンシャルの大小を示す。

表 3-1 特定済みの地熱系

地熱地帯		
1.Macizo Volcánico del Ruiz (マシソ・ボルカニコ・デル・ルイス)	5.Cumbal (クンバル)	9.Doña Juana (ドニャ・フアナ)
2.Chiles (チレス)	6.Galeras (ガレラス)	10.Huila (ウイラ)
3.Azufral (アスフラル)	7.Puracé (プラセ)	11.San Diego (サン・ディエゴ)
4.Paipa (パイパ)	8.Sotará (ソタラ)	12.Sibundoy (シブンドイ)

出所：鉱山エネルギー省（MME）、コロンビア地質調査所（SGC）



注：各地熱系を示す数字の大きさは既往調査により想定される資源ポテンシャルの大小を表す。No.1,2,3がもっとも有望であるとされ、次いでNo.4と11、その他の順となっている。

出所：鉱山エネルギー省（MME）、コロンビア地質調査所（SGC）

図 3-1 地熱資源の主要賦存地域

### 3-2-1 開発途中の地熱プロジェクト

コ国政府ならびに同国の民間企業はこれまで、コ国における地熱発電開発に向けて、国際機関の協力のもと、地表調査（地質・地化学・物理探査等）を行ってきた。

これまでに実施された地表調査のうち、網羅的に実施されたのは1.ネバド・デル・ルイス(Nevado del Ruiz)及び 2.チレス (Chiles) である。2 の地域に位置するトゥフィニョ (Tufiño) 、チレス (Chiles) 、セロ・ネグロ (Cerro Negro) では、エクアドルと共同で調査が行われている。

他方で、4.パイパ (Paipa) 、イサ (Iza) 、3.アスフラル火山 (Volcán Azufral) 及び 5.クンバル火山 (Volcán Cumbal) 等の地熱地帯においても、地熱に関する初期調査が行わ



れた。同様に、コロンビア地質調査所（SGC）は、全国レベルの地熱地帯に関する調査を行うワーキングチームを配置しており、コ国の地熱資源賦存マップを完成させている（図3-2）。これは全国の4,401本の石油井とネバドデルルイスで掘削された1本の地熱井の温度データを取得し作成されたものであるが、コ国ではアンデス地域のみならず東部の低地においても地熱エネルギーが存在することが示されている。



出所：コロンビア地質調査所（SGC），2000

図 3-2 SGC が作成した主要地熱賦存マップ

### 3-2-2 既往地熱資源調査

現在までに実施された地表探査やターゲット選定のためのボーリング調査について、表3-2にまとめる。なお、ネバドデルルイス火山帯では1997年にNereidas-1と呼ばれる調査井が掘削されている。1,466m深まで掘削されたが、地熱貯留層の確認には至っていない。

表 3-2 コロンビアにおける地熱発電開発に向けた調査

年	資金	実施機関	実施調査内容
1968	CHEC	ENEL	初めてコ国における資源賦存特定調査が行われた。 <b>デル・ルイス火山帯 (Complejo Volcánico del Ruiz)</b> における地質学的調査。
1979 – 1982	OLADE	ラテンアメリカエネルギー機構 (OLADE) – AQUATER, BRGM – イタリア地熱 (Geotérmica Italiana)	コ国及びエクアドル間に存在する地熱地帯の調査及び特定
1982	イタリア政府	エクアドル共和国政府/エクアドル国家電力庁 (INECEL) – ラテンアメリカエネルギー機構 (OLADE)	<b>チレス (Chiles) – トウフィニョ (Tufiño) – ネバド・デル・ルイス (Nevado del Ruiz)</b> の地域における地熱発電開発のプレフィージビリティ調査
1983	CHEC	カルダス水力会社 (CHEC)	<b>デル・ルイス火山コンビネート (Complejo Volcánico del Ruiz)</b> 地域における地熱発電開発のプレフィージビリティ調査
1986 – 1987	イタリア政府	ラテンアメリカエネルギー機構 (OLADE) – コロンビア電力協会 (ICEL)	<b>チレス (Chiles) – トウフィニョ (Tufiño) – セロ・ネグロ (Cerro Negro)</b> の地域における地熱発電開発のプレフィージビリティ調査
1992	CHEC-EPN	GEOCÓNSUL	<b>ネバド・デル・ルイス火山コンビネート (Complejo Volcánico Nevado del Ruiz)</b> 地域における地熱発電開発のプレフィージビリティ調査
1997	CHEC	GESA	<b>ネバド・デル・ルイス火山コンビネート (Complejo Volcánico Nevado del Ruiz)</b> 地域における地熱発電開発のプレフィージビリティ調査、Nereidas-1 の試掘を含む。
1998 – 1999 2008 – 2009	Fondo Nacional de Regalías INGEOMINAS	地質鉱山学研究所 (INGEOMINAS)	<b>アスフラル火山、クンバル (Volcanes Azufral, Cumbal)</b> 地域の地熱体系に関する研究調査
2000	INGEOMINAS	地質鉱山学研究所 (INGEOMINAS)	コ国地熱資源賦存地図
2006		コロンビア国立大学 (Universidad Nacional de Colombia)	<b>アスフラル火山、クンバル (Volcanes Azufral, Cumbal)</b> 地域の地熱体系に関する研究調査
2005, 2008 – 2009	INGEOMINAS	地質鉱山学研究所 (INGEOMINAS)	<b>パイパ及びイサ (Paipa, Iza)</b> 地域の地熱体系に関する研究調査
2008	INGEOMINAS – ANH	地質鉱山学研究所 (INGEOMINAS) – コロンビア石油・天然ガス庁 (ANH)	コ国地熱資源賦存地図

年	資金	実施機関	実施調査内容
2008	USTDA- BPC- ISAGEN - INGEOMIN AS	米国貿易開発庁 (USTDA) - PC- ロンビア発電公社 (ISAGEN) - 地質鉱山学 研究所 (INGEOMINAS)	コロンビアにおける地熱の活用にかかる潜在能力のベ ンチマーク調査
2010- 2012	ISAGEN - UNAL - INGEOMIN AS - COLCIENC IAS	コロンビア発電公社 (ISAGEN) - コロンビア国立大学 (UNAL) - 地質鉱山学研 究所 (INGEOMINAS) - コロンビア科学技術研 究所 (COLCIENCIAS)	<b>ボルカニコ・デル・ルイス火山 (Macizo Volcánico del Ruiz)</b> 地熱プロジェクトのためのマグマ熱水体系のモデル化のための対策プログラム。調査には航空写真の撮影、地図化、地質の詳細調査、地球科学的調査、水文地質学調査、地球物理学調査 (重量及び磁気測定) 及び温度変化率の測定を含む。
2010-20 12	ISAGEN	コロンビア発電公社 (ISAGEN) - 地質鉱山学 研究所 (INGEOMINAS) - CIF - UNAM - コロンビア科学技術研 究所 (COLCIENCIAS)	<b>ボルカニコ・デル・ルイス火山 (Macizo Volcánico del Ruiz)</b> 地熱プロジェクトのための磁気テルル探査に基づく地下の抵抗層のモデリング。磁気テルル技術応用のための研修及び訓練。
2011-20 13	BID/ 日本政 府	コロンビア発電公社 (ISAGEN) - IDB/ 日本資金 - 日本工営 グループ/ Geo - E/ INTEGRAL	<b>ボルカニコ・デル・ルイス火山 (Macizo Volcánico del Ruiz)</b> の中で選定された2箇所の地熱資源のプレフィージビリティ調査。調査には、 <b>ボルカニコ・デル・ルイス火山 (Macizo Volcánico del Ruiz)</b> のフィージビリティフェーズの展開に必要な地熱概念モデルの作成、ボーリング調査のための場所の選定、インフラの設計 (井戸、掘削施設及びアクセス網) 及び環境調査が含まれる。
2011-20 15	BID/ GEF	コロンビア発電公社 (ISAGEN) - IDB/ GEF	地熱発電に関連する投資。地下の抵抗モデルの補足、提言及び探査掘削段階の支援活動。
2011-20 14 (実施 中)	ISAGEN - CELEC EP	コロンビア発電公社 (ISAGEN) - CELEC EP	2国間プロジェクト <b>トゥフィニョ (Tufiño) - チレス (Chiles) - セロ・ネグロ (Cerro Negro)</b> 地熱発電プロジェクトの開発のためのプレフィージビリティ調査。調査には、プレフィージビリティ調査の発展に必要な航空写真の撮影、地図作成、地質の詳細調査、地球科学的調査、水文地質学調査、地球物理学調査、温度変化率の測定及び環境調査を含む。

出所：コロンビア発電公社 (ISAGEN)

### 3-2-3 地熱発電開発の障害と課題

本調査では、コ国における地熱発電プロジェクトの開発に関する複数の障害及び課題を特定している。これらは地熱発電プロジェクトの開発事業者及び関係企業からの聞き取りにより抽出された。この中から重要だと判断されるものを以下のとおり4項目挙げる。

#### (1) 高い開発リスク及び初期投資

コ国だけでなく世界共通の地熱発電開発上の大きな障害の一つとして、調査井、生産・還元井等の地熱井掘削に伴う大きなリスクと、これに付随する高い初期投資が挙げられる。同様に、投資金額の回収に長期間掛かることも、地熱プロジェクト実施に対する一つの障害である。

#### (2) 他の従来型発電との競争

コ国では、水資源及び石炭資源が豊富に存在することから、他の電源の開発に比べて地熱開発には消極的であった。コ国の電力市場に関する法規は、全国の電力需要にこたえ、且つ低いコストで安定した供給を行うことを優先事項としている。これらの要求を達成するためには、水力発電ならびに従来型の発電方法、特に石炭資源を用いた発電が適しているとされてきた（Fedesarrollo, 2013）。

株主に多くの利益還元をもたらすことを第一の目的とする民間企業にとっても、環境や社会配慮は二の次となり、発電業者が発電方法を選択する場合、利益の大きなプロジェクトが好まれることになる。したがって、地熱発電のような投資プロジェクトは受容されにくく、その結果として実施に至らない、もしくは実施の決断が遅れが発生する。

コ国の環境ライセンスの取得に関しては、非従来型の発電プロジェクトの場合、資源ポテンシャルのある土地で開発を行うことが条件となるため、たとえば地熱ポテンシャル地帯が保護地域に隣接する場合は、しかるべき環境調査を行いライセンス取得するプロセスを踏む必要がある。また、コミュニティとの事前協議を含む環境社会配慮のプロセスが法規上、明確ではないため、プロジェクトの進捗の遅れやコスト増を生むことがある。その一方で、火力発電の場合には発電所の設置場所が任意に設定できることから環境・社会面で条件のよい土地を選ぶことが可能であるため、比較的短期間に環境ライセンスが得ることもでき工期を抑えやすい傾向がある。

#### (3) 市場規制

コ国では、非従来型の発電方法を促進するために税務上の優遇、免税、輸入税の免税等の措置等、法律や手続処理を大きく改訂している。しかしながら、地熱発電プロジェクトの事業者は、現在のコ国の電力市場のこれらの規制緩和が非従来型の発電にとっては依然として不十分であり、経済性において従来型の発電に比べ不利であると判断されている。その最大の理由は、地熱開発特有の初期リスクに対応するためのプロジェクト初期段階のより手厚い支援が必要だからである。これを受けて、国際機関

は一本目の掘削が外れた際に補償を行うための基金の設置等を提案しているところである（たとえば IDB による無償技術協力。3-4-2 項を参照のこと）。

#### (4) 保護地域の位置

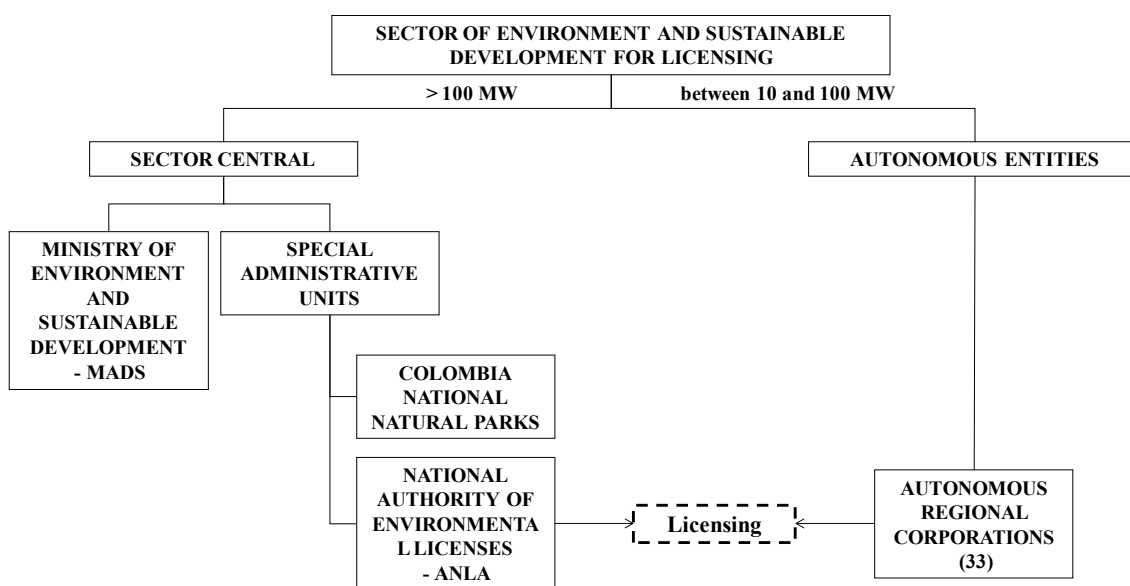
コ国の地熱開発ポテンシャルの高い地域が自然保護地域／国立公園もしくは、先住民及びアフリカ系先住民の所有地の近隣に位置することが障害となっているケースがある。これは、隣接するコミュニティとの事前協議のプロセスに対する法規が明確でないために地熱発電の開発の遅延原因となっているものであり、さらにはプロジェクトのコストを高騰させる要因ともなっている。

エクアドルと共同で行われている Tufiño-Chiles-Cerro Negro における二国間のプロジェクトにおいては、コ国側の地域住民との土地収用に関する協議が難航しており、プロジェクトの進捗を妨げている状態にある。コ国側の事業主である ISAGEN(2015)によると、Chiles のコミュニティから調査許可が得られず、地表調査が完了していない。このため、内務省（Ministry of Interior）のガイダンスのもと、2016年8月6日に Cumbal 地方行政、Chiles ならびに Arrayanes の先住民族コミュニティを交えて、地熱開発に関する事前協議が行われた。コミュニティメンバーは、先祖から受け継いだ経験と知識をプロジェクトに反映させること、ならびにそのための環境責任者を置くことを要求している。

### 3-3 環境社会配慮の取り組み

#### 3-3-1 環境セクターの概要

コ国において地熱発電開発を実施する際に、環境分野において関連する政府組織は、その発電出力により中央政府と地方政府に分かれる。次図に示すように 100MW の場合は中央政府である ANLA、10MW 以上 100MW 未満の場合は地方政府の管轄となる。



出所：ST

図 3-3 環境セクターの組織概要

なおここで、現行のコ国の制度のものでは、10MW 未満の発電事業については環境ライセンスの取得が不要とされている。ただし、たとえ 5MW 程度の小規模な地熱発電所であっても、地熱井の掘削は必要であり、10MW 以上の地熱発電所の開発と同様に、適切な環境影響評価が必要であると考えられる。環境影響評価ならびにライセンス等の法制度整備にあたってはこの点も検討されるべきである（4-1 節を参照）。

### 3-3-2 地熱資源の位置付け

コ国において、地熱資源は再生可能な天然資源に分類されており、政府が管理する資源としてその利用が規制されている。

#### (1) 地熱資源の分類及び特徴

『国家再生可能天然資源及び環境保護法（1974 年法律第 2811 条—政令）』では、地熱資源は次のとおり定められている。

- ・ 第 3 条 g 項：地熱資源は、再生可能な天然資源と考えられ、このため本法が適用される。
- ・ 第 42 条：政府の再生可能天然資源・財産である。
- ・ 第 167 条：以下が一次エネルギー資源とされる。
  - a. ソーラーエネルギー
  - b. 風力エネルギー
  - c. 斜面・傾斜・滝

- d. 地熱資源エネルギー
- e. 海洋に賦存するエネルギー

- ・ 第 147 条：既得の権益を損なわない限りにおいて、政府が地熱資源を管轄する権利を有する。

## (2) 資源の定義及び利用

国家再生可能天然資源及び環境保護法は地熱資源を以下のとおり定義している。

- ・ 第 172 条：本法律において天然資源とは以下を示す。
  - a. 水及び地下の内因性の熱資源の天然性の複合体であり、自然的な熱水及び蒸気が生成される。及び
  - b. 地下の内因性の熱資源に水を注入することが可能であり、加熱及び蒸気の生成が可能である。
- ・ 第 173 条：地熱資源の中には、本法律及び他の法に定められているもの、天然に湧き出たもの及び人工的に 80 度以上となるもの、もしくは特殊な場合に法が定めるものが含まれる。最低温度の 80 度を超えない地熱資源は、温泉と定義される。

また法では、以下の天然資源の利用の可能性を示している。

- ・ 第 175 条：地熱資源の利用例に以下が挙げられる。

### エネルギー生産

- a. 工業用直火の生産、冷却及び過熱
- b. 水生産
- c. 含有されるミネラルの抽出

## (3) 資源の管理

地熱資源は国家が所有する資源であることを考慮し、同管理は政府機関が担う。具体的には、「環境省を設立し、環境保護及び再生可能エネルギー資源を公共部門に託し、国家環境システム (SINA) を整備し、その他法令を定める」とされている。1993 年法律第 99 条には、以下が定められている。

- ・ 第 2 項：環境省を「環境管理及び再生可能資源の管理を担い、人間と自然が尊重・調和しあう関係を促し、本法律、政策及び規制に基づき、天然資源及び国家の環境の回復、保護、整備、管理、利用及び再利用に努め持続的な発展を確保する機関」として創設する。
- ・ 第 6 項：環境省が環境及び再生可能な天然資源を管轄し、他の機関に明確に与えられていない機能を定める。

また許可、コンセッション及び環境ライセンスの取得が必要となる地熱資源の利用及び活用は、それぞれ該当する場合に地方政府などが管轄する。

### 3-3-3 地熱発電開発にかかる環境管理

コ国において、地熱発電開発を実施する際に必要となる環境関連の許認可は以下の3種類が定められている。

#### (1) 調査許可

地熱発電には、地熱発電プラントの建設・運用前に、プレフィージビリティ調査（地表調査、試掘）、フィージビリティ調査等の段階的調査が実施される。

上述の国家再生可能天然資源及び環境保護法（1974年法律第2811号一政令）に基づき、地熱発電の探査開始にあたっては調査許可を申請することが必要となる。

- ・ 第56項：工事の計画、及び将来的に活用が予定される天然資源の調査を許可する。他の者が許可を申請する場合、干渉しない場合に限り、他者に許可の下りた資源に対しても下すこともある。
- ・ 同許可は、調査の内容によって2年間まで有効である。
- ・ 調査許可が有効である限り名義人は、他のコンセッション申請者より優先され、同期間内に調査の独占権を持つ。
- ・ 許可の期間は、調査の遅延が不可抗力によるものと証明できる場合に延長が可能である。
- ・ 第57項：前項の許可を得た当事者は、許可に纏わる天然資源の必要な量だけのサンプルを採掘することが可能であるが、同サンプルを用いて商売取引を行ってはならない。
- ・ 必ず管轄当局に同じサンプルの提出が必要である。同じサンプルが取れない場合には、分析後、妥当な期間内に管轄当局に提出しなければならない。
- ・ 本規制への違反の際には、即時に許可が取り消される。
- ・ 第58項：一件の許可が有効である期間内には、当事者が求める適用及び利用が異なる場合以外は、第三者に同様の許可を認めることはできない。

地熱発電事業の調査には通算5年程度の期間を要するため、この2年間という調査許可の有効期間では不足することに留意が必要である。

また、調査許可の発行には、スケジュールの遂行、プリフィージビリティ及びフィージビリティ調査の各段階における工程見直しの義務も含まれる。

#### (2) コンセッション

地熱資源は国家が所有し、管轄当局が管理する資源であるため、地熱資源の利用及び活用はコンセッションの対象となる。



『国家再生可能天然資源及び環境保護法（1974年法律第2811号一政令）』によると以下のとおりである。

- ・ 第170項：水資源による運動や電気エネルギーにより発電を希望する個人や法人、民間または公的機関は、コンセッションもしくは提携を申請しなければならない。コンセッションには、生態学的、経済的、社会的要因を考慮されなければならない。
- ・ 第176項：地熱発電の開発に必要なとなる水資源のコンセッションは地熱資源コンセッションに含まれる。
- ・ 第177項：塩分が含まれる地熱資源の水質及び蒸気的环境汚染の除去に必要なとなる処置はコンセッションを委譲された者が担う。

『国家再生可能天然資源及び環境保護法（1978年法令第1542号）』には以下が規定されている。

- ・ 第36項h号：全ての個人、法人・民間、公共機関は、以下の目的で水資源を活用する場合にコンセッションにて権利を得る必要がある。
  - a. 分流が必要となる場合の供給
  - b. 灌漑及び植林
  - c. 分流が必要となる家畜等の水飲み場の供給
  - d. 商業目的の利用
  - e. 熱・原子力を用いた発電
  - f. 鉱山開発及び鉱物の処理
  - g. 石油開発
  - h. 地熱発電のための注入水
  - i. 水力発電
  - j. 直接的運動エネルギー
  - k. 木材の浮力
  - l. 鉱物及び毒性物質の運搬
  - m. 農業及び漁業
  - n. レクリエーション・スポーツ
  - o. 薬品への利用 及び
  - p. その他の関連する利用

### (3) 環境ライセンス

コ国における法規は、再生可能な天然資源及び自然に大きな悪影響及び変化をもたらす可能性のある全ての工事案件もしくは業務の遂行に際し、環境ライセンスの手続き及び取得を義務付けている。

地熱発電は、一般的に、環境負荷が少なく、電力の供給に際して再生可能で持続性があると認識されているが、同法規に基づき各フェーズにおいて環境調査とライセンス取得手続きが求められる。

開発事業者が実施すべき環境ライセンスの取得手続き、ならびに各管轄当局の権限を以下にまとめる。

『環境と再生可能な天然資源の保全にかかる公共セクターの責務（SINA）（1993年法律第99条）』によると以下のとおりである。

- 第49項：環境ライセンス取得の義務  
再生可能な天然資源及び自然に大きな悪影響及び変化をもたらす可能性のある全ての法律及び規制に基づく工事案件もしくは業務の遂行に際し、環境ライセンスの手続き及び取得を必要とする。
- 第50項：環境ライセンス  
環境ライセンスとは、各工事案件もしくは業務の環境管轄当局が発行する許可であり、許可申請者は、環境影響の防止、軽減、補償、および管理等、ライセンスの発行に伴う条項に従わなければならない。
- 第51項：管轄当局  
法の定めにより、環境ライセンスは環境省、地方政府およびその開発範囲が複数の行政区にまたがる場合は幾つかの市町村によって発行される。環境ライセンスの発行、許可、コンセッションおよび認可には、各管轄区域の自治体や管轄当局によって策定される環境および監視、自然環境財産の保護、防衛に関する法規が適用される。
- 第53項：地方政府の環境ライセンス発行に関する権限  
国家政府は、法規に基づき、ESIAと環境代替プロジェクト検討が必要となる場合に、地方政府が環境ライセンスを発行することを定める。

『2010年政令第2820号－1993年法律第99号 環境ライセンス』

- 第8項4号：環境住宅国土開発省（現：環境・持続的発展省 MADS）の権限
- 環境住宅国土開発省の権限により、以下のプロジェクト、工事および事業に監視環境ライセンスを与えるか否かを判断する（4項、エネルギー分野）：
  - a. 設置容量が100MW以上の発電所の整備および稼働
  - b. 設置容量が3MW以上の事実上汚染の可能性のある代替エネルギーの探査及び利用を伴う案件
  - c. 220KV以上の稼働を予定する複数の変電所を含む電線から構成される電気相互連結国家システムの敷設。ただし ZNI に接続する 10MW 以下の小水力を除く

『2011年政令第3575号(1973年法律第23号)』では国家環境ライセンス局(Autoridad Nacional de Licencias Ambientales : ANLA)の創設し、以下の規定を定めている。

- 第3項：機能  
国家環境ライセンス局（ANLA）は、以下の役割を果たす。
  1. 法及びその他の規定が定める 環境・持続的発展省が管轄するライセンス、許可及び環境手続きの申請に対する発行の判断。

2. ライセンス、許可、環境手続きへのフォローアップ。
3. ライセンス、許可、環境手続きシステム（SINA）及びオンライン環境手続総合窓口（VITAL）の管理。
4. ライセンス、許可及び環境手続きに関し、法が定める市民参加の体制の活性。
5. ライセンス、許可及び環境手続きに資す情報の管理、保管及び取扱の対策の採用。
6. 環境分野における法規の策定の支援。
7. 2009年法律第1333条もしくはその改定、改正法に基づき、環境分野における調査、予防、罰則のプロセスの遂行。
8. 全ての項目から生じる国家環境ライセンス局（ANLA）に対する負債の強制的な取立ての実施。
9. 環境・持続的発展省の自由裁量権による地方政府に委託された事業及び業務に関する事案の停止の命令。
10. 鉱業採掘及び道路インフラ建設の1993年法律第99条第34項、35項及び39項に記載される森林活用に関する環境ライセンス、許可、コンセッションの行政手続きの承認。
11. ライセンスもしくは許可の対象となる案件、工事もしくは業務が2つ以上の環境管理当局の管轄区分が重なる事による衝突を解消する。
12. 目的達成のために必要となる政策の策定。
13. 管轄する分野に関し、法廷内・法廷外における国家の代表を担う。
14. その他、法が定める業務。

以上の規定に加え、環境ライセンスに関しては『2010年政令第2820号第3項（1993年法律第99号8条による）』によって以下のとおり定められている。

「(前略) 環境ライセンスは、案件、工事もしくは業務に必要となる期間内の再生可能な天然資源の利用、活用等に係る全ての許可、認可及び、もしくはコンセッションを含む。

再生可能な天然資源の利用及び、もしくは活用は、各環境影響調査に明記しなければならない。

環境ライセンスは、プロジェクト、工事もしくは作業の開始前に取得しなければならない。いずれの案件、工事もしくは業務に関しても2件以上の環境ライセンスが必要となることは無い。」

上記に基づき、環境当局は地熱資源及び水資源の利用をコンセッションに含む場合の調査許可及び探査、利用に係る環境ライセンスの交付を担う。

### 3-3-4 環境ライセンスの取得手順

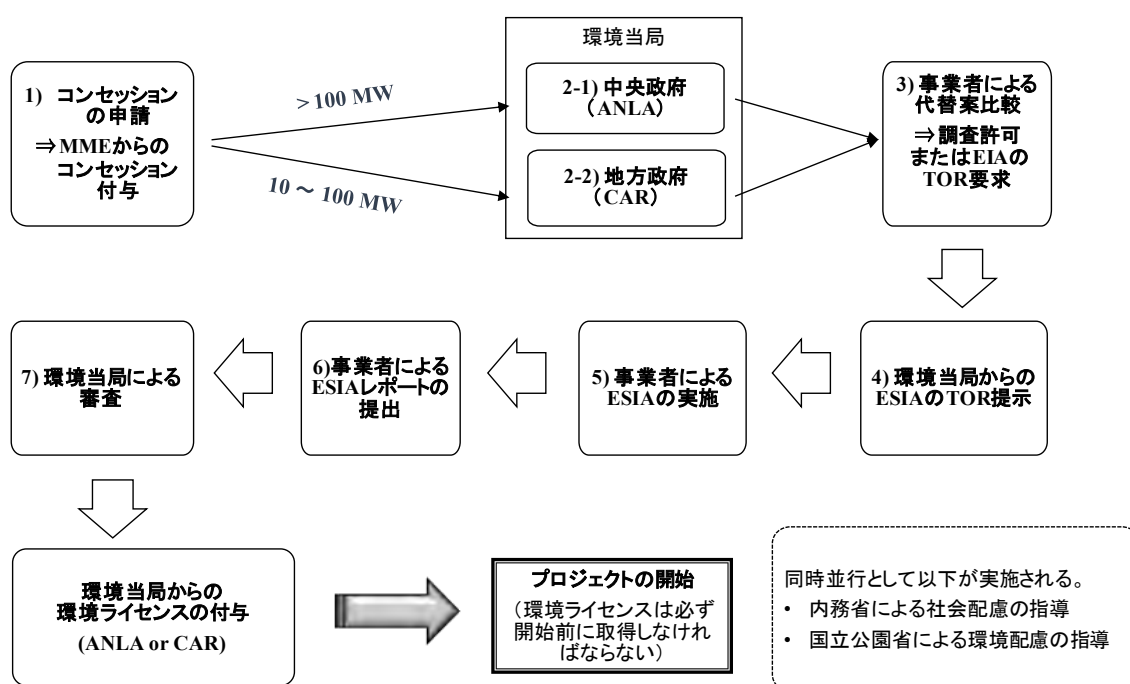
地熱発電開発を実施する際に必要となる環境ライセンスの取得手順は以下に示す通りである（図 3-4 参照）。

- 1) 事業者は開発エリアのコンセッションの取得を MME または指定された機関に申請する。コンセッションにおいて事業者と行政機関との間で、政府の所有する資源の調査・開発に関する契約を結ぶ。
- 2-1) 調査段階（試掘を伴う調査段階）：Exploration Stage  
-100MW 以上の設備容量を有する発電事業に係る調査段階に中央政府である国家環境ライセンス局（ANLA）から環境ライセンスを取得する必要がある。（法令 1076 号 2015 年）  
-10~100MW の発電事業に係る調査段階においては、地方政府（CAR）より環境ライセンスを取得する必要がある。ただし、10MW 以下の発電事業では現行制度において環境ライセンスの取得を必要としない。
- 2-2) 開発段階（生産井・還元井掘削～建設段階）：Exploitation Stage  
-100MW 以上の設備容量を有する発電事業に係る調査段階に中央政府である国家環境ライセンス局（ANLA）から環境ライセンスを取得する必要がある。（法令 1076 号 2015 年）  
-10~100MW の発電事業に係る開発段階においては、地方政府（CAR）より環境ライセンスを取得する必要がある。ただし、10MW 以下の発電事業では現行制度において環境ライセンスの取得を必要としない。
- 3) ひとつ以上の開発オプションが存在する場合は、代替案の比較（DDA: Environmental Diagnosis of Alternatives）を提出しこれをもとにプロジェクトの最適オプションが選定される。選定されたオプションに応じて、事業者は「調査許可（ESIA を必要としない場合）」または「ESIA の TOR」の提示を申請する。
- 4) 環境当局から開発行為に応じた（Exploration or Exploitation）環境影響評価（ESIA）の TOR が提示される。
- 5) 事業者による ESIA の実施。
- 6) ESIA レポートならびに必要書類の提出。
- 7) 環境当局による審査、ならびに環境ライセンスの付与。

コ国における環境ライセンスの取得までにかかる期間は、そのプロジェクトにより異なるが、早い場合は、事業者による ESIA の TOR 準備、実施とレポート提出に約 3 カ月、環境当局による審査に約 1-2 カ月かかる。ただし、代替案（DDA）の提出が必要な場合はさらにおよそ 3 カ月、コミュニティからの同意が必要な場合、あるいは、環境当局からの追加指示がある場合はさらに期間を要することになり、環境ライセンス取得まで 1 年以上かかるケースが多い。

環境ライセンス取得のいずれの段階においても、内務省及び国立公園省（Ministry of the Interior and National Parks）により以下が指導・監督される。

- 内務省：プロジェクト地域に少数民族や先住民が居住する場合は、ESIA 実施前に住民協議（Prior Consultation）<sup>29</sup> を実施する必要がある。
- 国立公園省：プロジェクト地域が国立公園に位置する場合は、法令に基づいた環境配慮が求められる。



出所：JST

図 3-4 環境ライセンスの取得手順

なお、コ国の現状において、ESIA（Environmental and Social Impact Assessment）と EIA（Environmental Impact Assessment）の使い分けはなされていない。実質は自然環境ならびに社会環境の双方に対する影響評価とアセスメントが実施されるため、本報告書（和文）では実情に基づき ESIA とする。ただし、コ国内では EIA と呼称することが一般的であるため、スペイン語訳では EIA を使用する。

<sup>29</sup> Prior Consultation：先住民や少数民族の居住地周辺で開発が実施される時には、独自の文化、経済社会の保護のために事前協議が義務付けられている。  
(<http://www.urosario.edu.co/jurisprudencia/catedra-viva-intercultural/ur>)

### 3-3-5 環境社会配慮に関する課題

上述のように、コ国において地熱資源は、国が管轄する再生可能天然資源であると定義され、その発電規模により中央政府の環境部局、または地方行政の環境部局がライセンスを管理するとされている。

環境社会配慮の側面から挙げられる地熱開発促進にかかる課題は、(1) 地熱資源開発にかかる環境ライセンスの法制度整備、(2) 環境社会配慮調査の TOR 策定、の2点である。

#### (1) 地熱資源開発にかかる環境ライセンスの法制度整備

コ国での地熱発電開発における調査許可、コンセッション、ならびに環境ライセンスの3つの異なる許認可の取得プロセスについて明確な定義がなされておらず、実際に開発調査を進めている電力会社 (ISAGEN ならびに EPM) は独自の解釈により手続きを進めている状況である。現状として以下のような問題が発生している。

- ・ コンセッションに関して、区域の設定、土地と地下資源との関係が定義されていないため、ISAGEN と EPM が同一と想定される地熱資源に対し、同時にコンセッション申請を行う事態が発生している。
- ・ 調査許可および環境ライセンスの付与に関して、複数の行政区にまたがった場合の許可の付与の方法が明確化されていないため、行政区間の調整がとれず申請許可の検討が実質停滞している。

なお、コ国においては、事業許可 (コンセッション) とは別に、環境ライセンスで地熱開発許可が与えられる構造になっているところに特徴がある。

#### (2) 環境社会配慮調査の TOR 策定

環境ライセンス取得のための環境影響調査 (ESIA) についても、地熱発電開発のための TOR が用意されていないため、開発事業者は石油や鉱物開発にかかる ESIA の TOR を引用するなど個別に対応している。このため以下の理由により開発が行き詰る状況が発生しており、同国の地熱発電開発を促進する上で大きな障害となっている。

- ・ ESIA にかかる TOR が用意されていないため、環境当局は開発事業者が個別に用意した ESIA 報告書をその都度検討する必要がある。
- ・ また、環境当局に地熱開発の経験がないため、技術的判断ができず、実質上は環境ライセンス付与の手続きが停滞している。

地熱開発にかかるコンセッションならびに環境ライセンスの種類と、その申請取得

時期、ならびに管轄部局を以下の表に整理する。また、各ライセンスについては表 3-3 に示すような整備上の課題があり、中央政府主導のもと、法制度整備が進められているところである。なお、試掘を伴う資源確認調査は Exploration Stage（調査段階）に相当し、環境ライセンスの取得が必要となる。

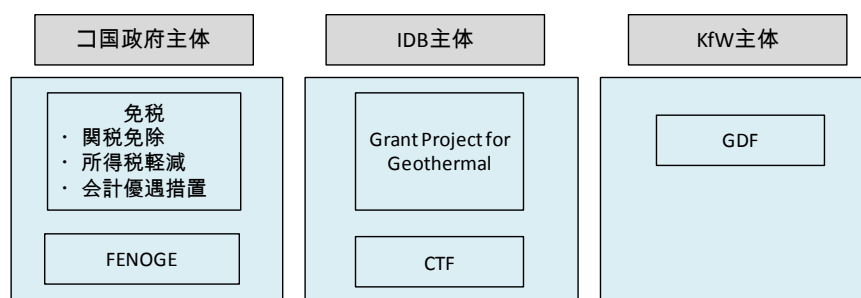
表 3-3 地熱開発にかかるコンセッションおよび環境ライセンスとその課題

許認可の種類	開発ステージ	管轄		整備上の課題
1) コンセッション (発電事業許可)	1.Exploration Stage 資源探査	MME		対象となるプロジェクトの定義、区域の設定、土地と地下資源の関係、コンセッション期間、特定方法など整理が必要。
	2.Exploitation Stage 資源開発・利用			
2) 調査許可	地表調査(地質・地化学・物理探査等 ESIA を必要としない行為)	地方行政		複数の行政区にまたがった場合の許可の付与の方法、複数の事業者が同一地域に申請を出した場合の対応等、明確化が必要。 また現行 2 年間の有効期間は PreFS-FS の実施には不足。
3) 環境ライセンス	1.Exploration Stage 試掘による資源確認等	10~100 MW	100MW 以上	2) と同様。 また、各開発ステージにあわせた ESIA の TOR の策定が必要。 現行制度では 10MW 以下の開発では環境ライセンスが不要。
	2.Exploitation Stage 生産井・還元井掘削、発電所建設等	地方行政	ANLA	

出典：JST

### 3-4 地熱発電開発のための資金援助

地熱開発は初期段階における試掘リスクが高く、この段階での資金調達に課題を抱えるプロジェクトは数多く見られる。その後も生産井掘削リスクもあり、リスクをどのように低減するかはプロジェクト全体の成功を左右する。現在、コ国で適用可能な地熱資金調達、リスク低減のスキームは次に示すようである（FENOGE は制度としては整備されているものの、政府以外の機関からの資金調達スキームは確立されておらず、運用準備中である）。



出典：JST

図 3-5 地熱発電開発資金およびリスク低減スキーム<sup>30</sup>

<sup>30</sup> IDB は JICA と連携して CORE スキームを実施しており、このプログラムによる協調融資の可能性が考

次にそれぞれの取り組み内容について概要を示す。

### 3-4-1 政府主体の取り組み

コ国政府の地熱にかかる政策支援は、事業者への免税措置などが中心であり、補助金、融資にかかる保証、政府予算からの拠出金、固定料金買取制度などは現状では考慮されていない。これは、電力セクターでの投資は民間主体によって実施するというコ国政府の政策に沿ったものと考えられる。現時点で適用されている施策を次にまとめる。

#### (1) 免税等金融・財政対応

コ国 2014 年法第 1715 号によって規定された、再生可能エネルギー開発にかかる優遇措置が法的根拠となっている。その主な内容は次の通りである。

表 3-4 再生可能エネルギー開発にかかる優遇措置

No.	項目	優遇措置内容
1	法人税	総投資金額に対して 50%分を 5 年間に亘って収益から控除を認める。
2	VAT 税制優遇	機器、装置などにかかる VAT を免除する。
3	輸入関税	機器、装置の輸入の関税を免除する。
4	会計優遇	固定資産の減価償却の加速化を認める。

出所：JST

これら優遇税制に対し、事業者側は歓迎を示しているものの、案件促進にはさらなる課題にかかる懸念を持っている。たとえば地熱開発検討には時間がかかることや、地熱発電の開発コスト、技術的知見の向上、政府における許認可（環境ライセンス、発電事業許可（コンセッション）などが中心）などが含まれ、今後更なる検討が必要という意見が聞かれた。

#### (2) 再生可能エネルギーと効率的なエネルギー管理のための基金：Fondo de Energías Renovables y Gestión Eficiente de la Energía (FENOGE)

FENOGE はコ国 2014 年法第 1715 号によって規定された基金である。また国家開発計画（2014-2018）においても省エネおよび再生可能エネルギー開発促進の取り組みとして掲げられている。現時点ではまだ設立はされていないものの、次に示す法令のドラフトが作成されている。この中で地熱は個別指定がされていないものの、再生可能エネルギーの一つとして基金適用の対象になると理解される。

えられる。しかしながら、案件成熟度はまだ低く、インフラ投資への支援は今後の検討課題であると思われる。なお、CORE スキームは、2014 年 3 月 29 日、米州開発銀行（Inter-American Development Bank: IDB）との間で合意された、「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（CORE スキーム）」を指す。中米・カリブ地域における主要ドナーのひとつである IDB の知識や経験を活用しながら、案件形成を行い、同地域の気候変動緩和策に貢献していくもの。その後 CORE スキームの適用対象にカリブ開発銀行を追加されている。



### FENOGGE 設立のための法令案 (概要)

#### 第1条 再生可能エネルギーおよび省エネルギーにかかる基金

再生可能エネルギーおよび省エネルギーにかかる基金(FENOGGE)は、2014年法律1715号第10条に基づいて制定されるもので、この法令のガイドラインに従い、鉱業エネルギー省からの信託を受けた委員会が管理するものである。この基金は、国家予算、公共、民間、国際機関などからの資金を取り扱い、委員会がその管理をするものである。

#### 第2条 FENOGGE のオペレーション

この法令の制定後6ヶ月以内に、鉱業エネルギー省はオペレーションマニュアルを発行することとする。このマニュアルには以下の事項について記載を行う。

- (1) FENOGGE 財源の配分、実施にかかるメカニズムやパラメータ
- (2) 資金要請にかかる締め切りと条件
- (3) 適格事業者およびプロジェクトの条件
- (4) プロジェクト要請の手順および要件
- (5) プロジェクト選定および優先順位の決定方法
- (6) プロジェクトのモニタリング、評価方法

#### 第3条 資金調達および管理

基金の資金調達および管理は、鉱業エネルギー省からの信託を受けた委員会が実施するものとする。この委員会は、すべての資金にかかる管理を行い、財源ごとに個別の会計管理を実施する。

#### 第4条 委員会

委員会は次の委員から構成される。

- (1) 鉱業エネルギー大臣あるいはその代理人
- (2) 鉱業エネルギー副大臣あるいはその代理人
- (3) 鉱業エネルギー省計画局長あるいはその代理人

#### 第5条 技術支援

委員会は基金管理、実施のため、次の業務を技術支援グループに業務を委託する。

- (1) 委員会の技術的事務局業務
- (2) オペレーションマニュアルにおける手順、要件などのコンプライアンスの確認
- (3) 基金財源の運用にかかる支援
- (4) プロジェクト実施にかかる活動のフォローアップ
- (5) 基金運用にかかるその他事項

#### 第6条 基金適用対象プロジェクト

基金適用の対象プロジェクトは次に示す事項を目的とするものとする。

- (1) 公共、商業、サービス、工業、あるいはストラータ1、2、3の家庭用向けの、再生可能エネルギーによる自家発電
- (2) 公共、商業、サービス、工業、ストラータ1、2、3の家庭用、あるいはオフグリッドのユーザー向けの、省エネルギープロジェクト
- (3) 省エネにかかる技術調査やエネルギー監査
- (4) 省エネプロジェクトのインベントリー調査やプロジェクト管理にかかるコスト
- (5) エネルギー管理システム
- (6) 化石燃料発電と組み合わせたハイブリッドシステム
- (7) オフグリッドにおける再生可能エネルギープロジェクト実施のためのビジネススキーム
- (8) オフグリッドにおける再生可能エネルギープロジェクトのモニタリング
- (9) 開発されたエネルギー供給システムのオペレーションにかかる技術移転
- (10) 最新メータシステム、コントロールシステム、スマートグリッドなどの技術
- (11) 再生可能エネルギー、省エネルギーにかかる研究、開発、技術移転
- (12) 研究教育機関における省エネセンター
- (13) 技術支援サービス

#### 第7条 資金管理および実施

基金の資金管理は法律1715号第10条に従い実施する。管理にかかる費用は基金自身の財源から引き当てるものとし、その額は収入の2%を超えることはできない。

FENOGЕ 設立のための法令案 (概要) (続き)

第8条 計画およびプロジェクトの承認

実施にあたり次のルールを制定する。

- (1) プロジェクト提案事業者がプロジェクト実施にかかる責任を負う。
- (2) 国家の戦略的目的に沿うプロジェクトにおいては、FENOGЕ 以外に FAZNI やその他の資金配分が可能である。
- (3) オフグリッドにおいては再生可能エネルギーの優先順位が高い。
- (4) 零細・小企業や家庭用の省エネプロジェクトの優先順位が高い。
- (5) 伝統的な化石燃料による発電を再生可能エネルギーによって補完あるいは転換するプロジェクトの優先順位が高い。

出典；“Por el cual se reglamenta el Fondo de Energías Renovables y Gestión Eficiente de la Energía FENOGЕ”，Ministerio de Minas y Energía, Colombia

現在、設立・実施に必要な省令を準備中であり、2016年6月の運用開始を目指していたものの、現時点ではコ国政府内での運用にかかる意思決定がなされていない。この基金の目的は、省エネルギーと再生可能エネルギーの実施・促進を図ることであり、資金源が電気料金からの徴収金（通常電気料金に加えて、別途一定金額を徴収し、それを財源とする構想）に対して電気需要家と政府外からの資金リソース（外国政府などからの無償資金、融資資金など）の二本立てで構成されている。基金は別途設立される委員会の指導のもと、基金の運用・管理がされることになっているが、詳細は現在検討中である。基金設立に際してはKfWの支援にて検討が実施され、KfWは今後も支援を行う予定である。

上述の徴収金は比較的小規模なプロジェクト実施にかかる融資支援に対して、また、政府外からの資金ソースは民間企業による開発への支援に対して、それぞれ適用することが想定されている。省エネと再生可能エネルギーの資金配分の考え方、プロジェクト選定の基準、財政的リソース額、技術的なスクリーニングにかかる取り決めなど詳細は今後の検討課題となっている。

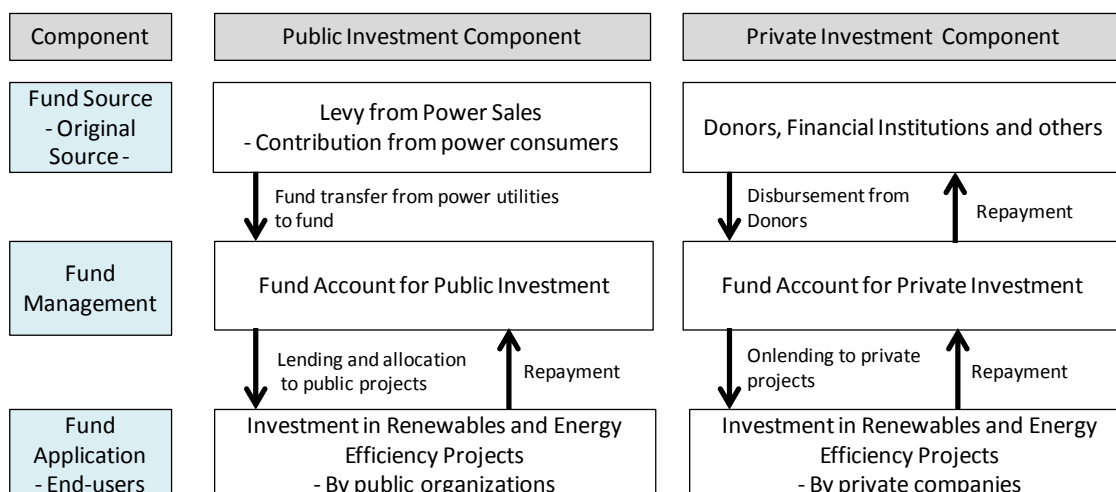
FENOGЕの資金フローは次のように想定される（図3-6参照）。

すなわち、基金の2つのコンポーネント（公共、民間）はそれぞれ、電気料金からの徴収金（電気需要者から）、政府外機関からの資金（ドナー、金融機関などから）によって資金を得て、各々のソースによって基金運営が想定されている。公共および民間コンポーネントは、それぞれ地方政府など、民間企業などが省エネや再生可能エネルギーの投資をする場合の融資に適用される。なお、基金運営は委員会を設けて運営管理を行い、選抜された金融機関が実際の基金運営手続きを行うことが想定されている。

本調査において地熱への適用可能性にかかるヒアリングを行ったが、もちろん再生可能エネルギーの一つとして対象には入っているものの、まだ国内での実績がないこ

と、案件の準備状況、他の競合プロジェクトとの関係からすぐに適用はあまり想定されないと考えられる。

また、民間企業による開発のための資金はまだゼロの状態であり、今後無償資金や海外資金を含めて資金調達を進める必要がある。今後は基金の立ち上がり、運用を見極めつつ、地熱開発への適用を検討することが考えられる<sup>31</sup>。



出所：JST

図 3-6 FENOGЕ の資金フロー

なお、上述の通り、FENOGЕ は設立のための法令（案）が作成されているものの、省庁内での合意形成に至っていないため、法整備およびプロジェクト実施がどのように進むかは現時点では不透明である。地熱の民間企業向けの融資資金の調達先は、上図に示すように、ドナー、金融機関からの支援を想定しているものの、現時点では関心を示している機関がないため、資金規模についても不明である。今後、基金立ち上げについて引き続き情報収集、進捗モニタリングを行う必要がある。

### 3-4-2 IDB 主体の取り組み

IDB においては現在 CTF、Grant Project などを実施しているところである。各々について現状をまとめる。

#### (1) クリーンテクノロジー基金：Clean Technology Fund (CTF)

コ国における IDB の CTF は、交通システム、省エネ、再生可能エネルギーにかかる融資に取り組んでいるところである。その概要を次に示す。

<sup>31</sup> KfW は独自に地熱を対象とした GDF を立ち上げたこともあり、FENOGЕ（地熱だけでなく、再生可能、省エネルギーなど広範囲な分野を対象としている）の地熱案件への適用は支援内容が重複する可能性があることから、今後の検討課題としている。

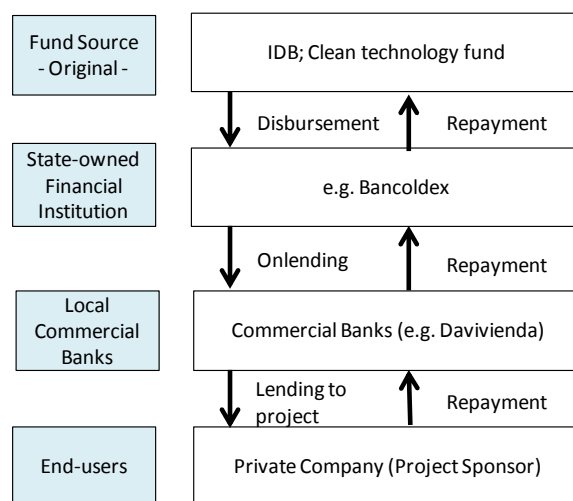
IDB の CFT 資金は、地熱開発に関しては無償資金のプロジェクトがあるのみで、政府系金融機関である BANCOLDEX に地熱リスク対応のための無償資金を供与している。また実際の開発への融資が実施される場合には、BANCOLDEX などを通じて民間金融機関 (Banclombia, Davivienda など) に転貸される構想である。投資を実施する企業、組織は、IDB から BANCOLDEX などの政府系金融機関を通じて、民間金融機関から資金調達を受ける仕組みとなる。

表 3-5 IDB の CTF の概要

No	項目	内容
1	目的	クリーンテクノロジー基金 (CTF) は、気候変動課題に対して貢献するための資金を提供することを目的としている。具体的には次の6つの内容から構成されている。すなわち、(a)公共・民間部門の投資を通じて、温室効果ガス排出量の低減を達成するためのインセンティブを提供する、(b) 技術普及・移転、スケールアップ、低炭素プログラムなどの実施を加速するため、プロジェクトに資金を提供する、(c) 持続可能な開発とミレニアム開発目標の達成に貢献するためのクリーン技術の可能性を実証し、環境社会面での目達成を促進する、(d) 気候変動に関する国際協力を促進し、気候変動レジームにかかるアクションを支援する (e) ミレニアム開発目標を達成するためのスキルや能力の適用を支援する、(f) 気候変動の課題への対応の経験と教訓を提供する。
2	プロジェクト名	Clean Technology Fund Colombia Investment Plan
3	資金	交通および省エネのトータル ; US \$2,995mil. CTF は、低炭素技術のデモンストレーション、移転および長期的な温室効果ガス排出量削減を実現するため、資金調達を促進する信託基金であり、複数の提供者から資金を財源としている。 また、融資、保証、無償資金供与などのサービスを提供している。
4	協調融資相手先機関	IBRD, IFC, KfW, Government, Private Sector, Others
5	プロジェクト内容	(a) 第1フェーズ - 交通システム、省エネにかかる融資 (b) 第2フェーズ - 再生可能エネルギーにかかる融資 なお、地熱に関しては無償資金によるプログラムがあるが、これは第2フェーズのプロジェクトの一つである。

出所 : JST

以下は省エネ案件等で適用されている融資の転貸スキーム例である。



出所：JST

図 3-7 CTF 資金フロー（省エネ案件）

(1) 無償プロジェクト：Grant Project

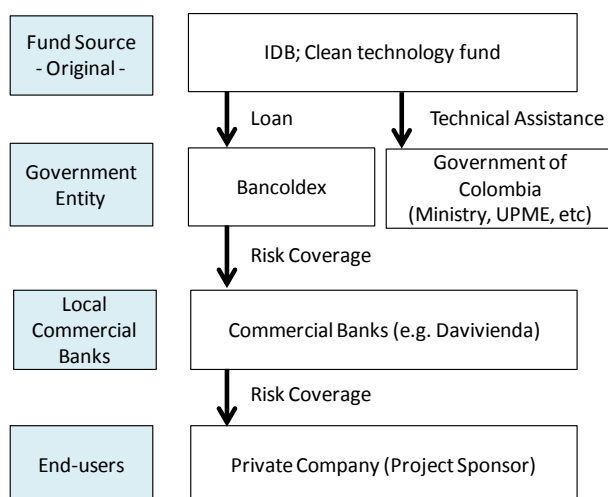
上記で述べた無償資金プロジェクトの概要は以下に示すとおりである。対象は主に ISAGEN の地熱案件を想定しているとされているが、環境審査の関係で実際の試掘進捗はほとんど見られていない。IDB の支援は無償資金によるもので、地熱開発促進のために、プロジェクトにかかる技術審査や規制改訂と同時に、試掘井戸へのリスク補償をカバーするものである。

表 3-6 IDB の無償技術協力の概要

No.	項目	内容
1	目的	コ国での地熱発電のボトルネックを解消し、融資メカニズムを提供、開発促進を支援すること。 具体的には、民間企業による地熱開発における試掘が失敗に終わった場合のリスクを補償する。また、地熱開発の経験が少ないことから、技術的な支援を無償にて実施し、開発の促進を図るものである。
2	プロジェクト名	Financing and Risk Transfer Program for Geothermal Power
3	実施機関	BANCOLDEX
4	資金	IDB (Clean Technology Fund, Grant) 総額 US\$ 9.53 mil.
5	支援内容	(a) コンポーネント 1 - Contingent Recovery Fund IDB から BANCOLDEX を通じて提供される、事業者の試掘井戸が不成功に終わった場合に費用のリスク補償 (b) コンポーネント 2 - 技術支援(TA) プロジェクトにかかる技術審査、規制改訂などへの技術支援 (それぞれのコンポーネントへの資金配分は情報開示なし。 いずれのコンポーネントも無償にて提供される。)
6	プロジェクト開始	2015 年第四四半期

出所：JST

なお、プロジェクト支援のスキームは次に示す通り、民間企業の試掘リスク補償とともに、政府関連機関への支援をカバーしている。



出所：JST

図 3-8 IDB 無償プロジェクト・スキーム（地熱案件）

### 3-4-3 KfW 主体の取り組み

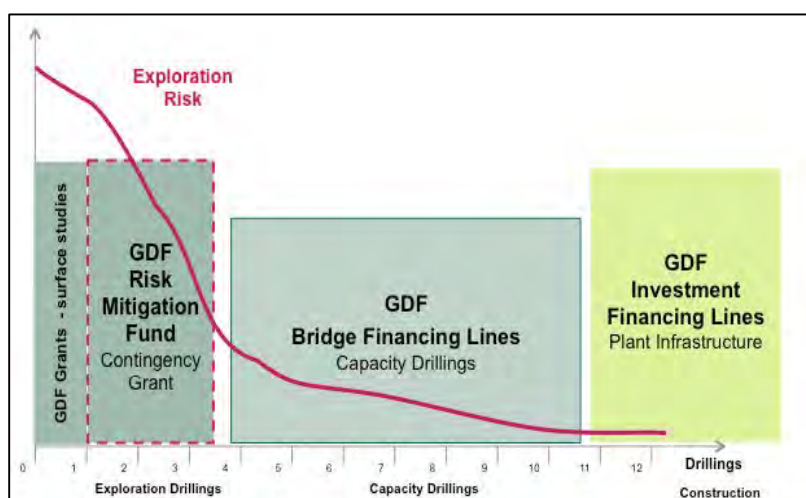
KfW はすでに述べた FENOGE への技術支援に加えて、地熱開発のための包括的な支援を実施している。Geothermal Development Facility (GDF)はその一つであり、その概要は次に示す通りである。

表 3-7 KfW の地熱支援の概要

No.	項目	内容
1	目的	ラテンアメリカにおける地熱発電の促進を支援すること。
2	設立	2016 年第四半期にプロポーザル受付開始予定 2017 年第一四半期に初めのグラント契約予定
3	参加組織	KfW, EC, IDB, EIB, WB, CAF, AFD, JICA, BCIE, ESMAP, NDF, GIZ, BGR
4	支援内容	(a)調査・試掘段階 - GDF グラント； Pre-FS など調査資金、スリムホール、地質調査 - GDF Risk Mitigation Fund； Contingent Grant 試掘費用の 40% まで、井戸数は 3 本まで。 また、最大 Euro 6.0 mil まで適用対象。 試掘井テスト、FS 調査についても適用。  (b)生産井掘削段階 - GDF Bridge Financing Lines 生産井、還元井掘削、テスト費用が対象。 - Munich Reinsurance による再保険  (c)フィールド・発電所開発段階 - GDF Investment Financing Lines；建設資金融資 グリッド接続にかかる建設費用も対象に含む  (d)その他 - 技術支援・政策対話・調整
5	対象事業者	民間、公的機関、PPP のいずれも可
6	想定される資金ソース	(a)調査・試掘段階 GDF ソース (b)生産井掘削段階 KfW, CAF, BCIE, (in Chile, CTF of IDB) (c)フィールド・発電所開発段階 KfW/CAF, KfW/BCIE, WB, IDB, EIB, JICA, Private

出所：JST

GDF における地熱開発フェーズごとの支援内容を次に示す。

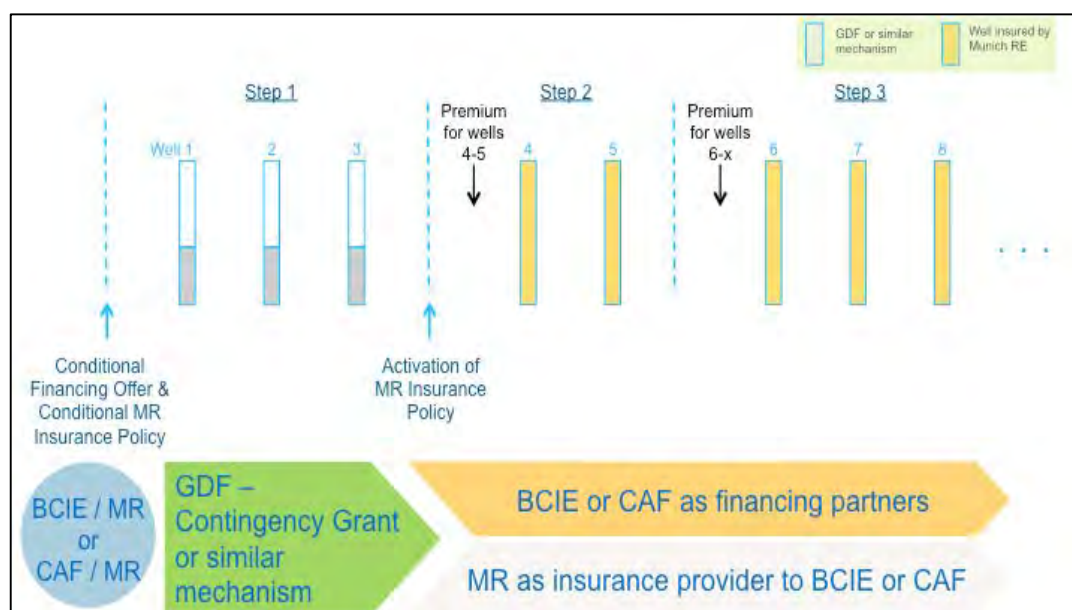


出所：KfW 資料

図 3-9 GDF によるフェーズ別支援

調査段階において地表調査などの支援を行うとともに、試掘段階では Risk Mitigation Fund を利用した、試掘不成功に対する補償を行う。生産井掘削においては、Bridge Financing Lines を利用した融資を実施する。また、フィールド開発、発電所建設においては、GDF Investment Financing Lines から建設資金の融資を行う。

また、Munich Reinsurance Company (MR)による保険の仕組みについて以下に示す。



出所：KfW 資料

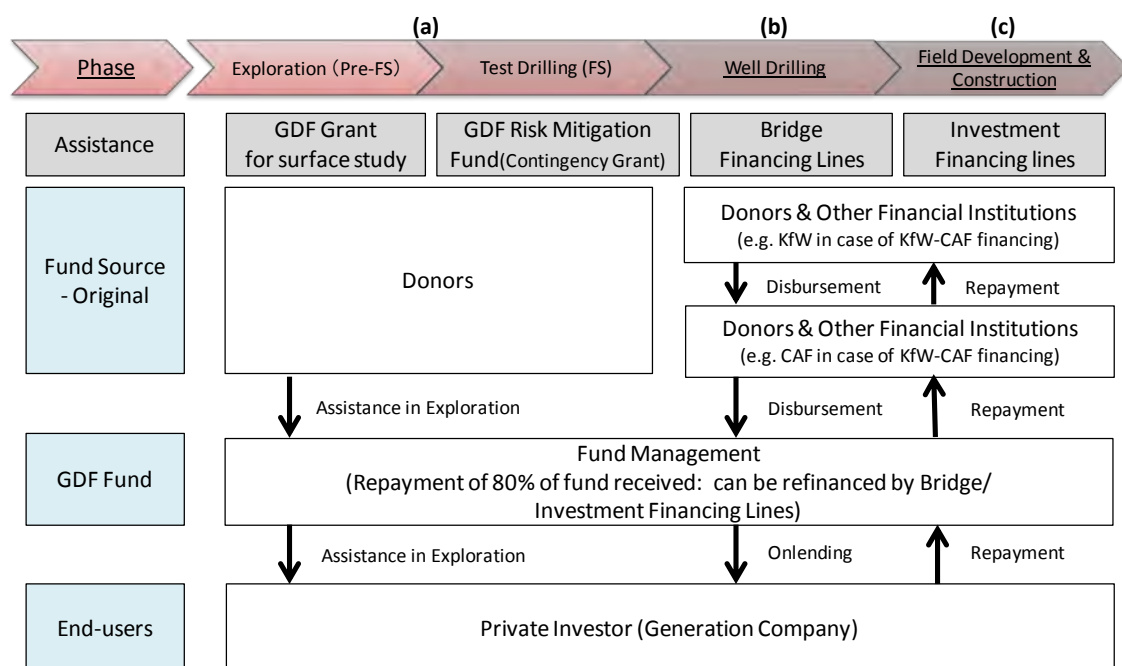
図 3-10 MR による保険

このプロジェクト事例では、試掘段階においては GDF の Contingent Grant などのスキームを利用してリスク低減を図っている (Step1)。次の生産井、フィールド開発、発電所建設段階においては、開発資金は BCIE、CAF などからの融資を受けつつ、MR によるリスク保険を利用している (Step2, 3)。

KfW では国ごとに1つの案件を形成したいと考えている。コ国では現行、EPM、ISAGEN、ENEL の主に三者が案件を準備しており、今後案件の検討進捗に応じて事業者は GDF の利用を検討することになると考えられる。また、KfW は現時点では特定の案件を支援するという判断はしておらず、今後の EPM、ISAGEN、ENEL が手掛ける案件の成熟度を見ながら GDF の適用を検討することになると考えられる。

GDF における資金フローは次の通りである。





出所：JST

図 3-11 GDF の開発段階別の支援フロー

GDF 資金による支援内容は概ね次にまとめるようである。下記 (a) ~ (c) は上図の開発フェーズに該当し、それぞれの段階における支援内容、資金源が対応する。

(a) 調査・試掘段階

調査・試掘段階においては開発可能性を調査確認するため、一般的に初期段階における地表調査、Pre-FS 調査、スリムホール掘削による調査などの活動が必要となる。これらの調査は事業スポンサーが手持ち資金で実施することがあるものの、調査資金がボトルネックとなって初期段階での調査が進まないプロジェクトも考えられる。GDF においては、これらのプロジェクトに対して無償資金を提供し、プロジェクト検討支援を行うことが可能である。

次に、事前可能性調査によって事業実施の可能性が確認されたプロジェクトにおいても、次の開発段階である試掘が実施されるかどうかは、事業への資金調達が鍵となる。通常、試掘への民間金融機関からの融資は極めて困難である。そのため、ドナーからの資金援助が有効であることが多く、GDF においては Risk Mitigation Fund からの試掘費用の 40% まで、井戸数は 3 本までの条件で試掘が不成功に終わった場合の資金補填を行っている。これは最大 Euro 6.0 mil まで適用対象となっている。また、Risk Mitigation Fund は、試掘井テスト、FS 調査についても適用されることとなっている。

(b) 生産井掘削段階

生産井掘削においては、生産井、還元井掘削、テスト費用などの資金が必要となる。これらについては民間金融機関からの融資も期待できるものの、ドナーからの資金援助についても有効であると考えられる。この段階の資金援助としては、GDF Bridge Financing Lines が準備されており、生産井、還元井掘削、テスト費用が対象の融資プログラムとなっている。また、これらの施工が不成功に終わった場合の保険スキームとしては、民間保険会社である Munich Reinsurance (MR、図 3-10 に前掲) によるプログラムが用意されている。

#### (c) フィールド・発電所建設段階

フィールド・発電所建設段階においては、プロジェクト実施の採算性も概ね確認されていることが想定されるため、リスクは比較的低いと考えられる。発電所建設費用への融資プログラムとして、GDF Investment Financing Lines による建設金融融資が適用可能である。なお、このプログラムでは、発電所で発電された電気の電力グリッド接続にかかる建設費用も対象に含まれる。

#### (d) その他

その他の GDF の支援プログラムとしては、技術支援・政策対話・開発調整などにかかる支援を実施している。これらの活動は、事業者をテクニカルな点で支援を行うとともに、プロジェクトのリスクを低減する効果が期待される。

なお、基金の資金はドナー、金融機関からの無償資金、有償資金がソースとなる。調査・試掘段階においては、Risk Mitigation Fund の適用があるが、これは KfW などのドナーからの無償資金が中心となり、基金の中で一つの会計として管理される。生産井、フィールド開発、発電所建設にかかる融資資金は、ドナーからの有償資金を財源にエンドユーザーである民間開発企業に融資される。また融資とは別に開発・建設にかかるリスク対応の保険が MR から提供される。すなわち、基金による地熱開発支援には、ドナーからの有償・無償資金と保険会社によるサービス提供を組み合わせるサービス提供されることとなる。

KfW は 2016 年 4 月に CAF との間でインフラ開発のための融資契約（地熱開発向けは Euro 250 mil.、運輸セクター向けは Euro 100 mil.）を締結し、クレジットラインを設定した。これにより、ラテンアメリカでの地熱開発の支援を促進していくものである。具体的には GDF スキームにおいて、CAF を通じて地熱開発事業者への地熱発電所開発のための融資を実施する。ポテンシャルのある国としては、コロンビア、エクアドル、ペルー、ボリビアなどが挙げられている。ただ、CAF からの情報ではコ国においてはまだ特定の発電所案件が予定されておらず、今後案件について検討するということであり、むしろ JICA 調査による案件抽出に期待をしていた状況にあった。

### 3-5 政府による地熱調査の取り組み

#### 3-5-1 コロンビアにおける地熱発電開発

これまで、コ国内の地熱地域では政府（コロンビア地質調査所；SGC）主体で地表調査が行われてきた。また、ネバドデルルイス火山帯では、事業者によりターゲット選定のためのボーリング調査も実施されているが、いずれの開発地域も Pre FS 段階の開発に留まっている。コ国における地熱地域の既往調査概要は表 3-2 に前掲したとおりである。

#### 3-5-2 SGC による地熱発電開発の取り組み

##### (1) コロンビア地質調査所 (SGC)の概要

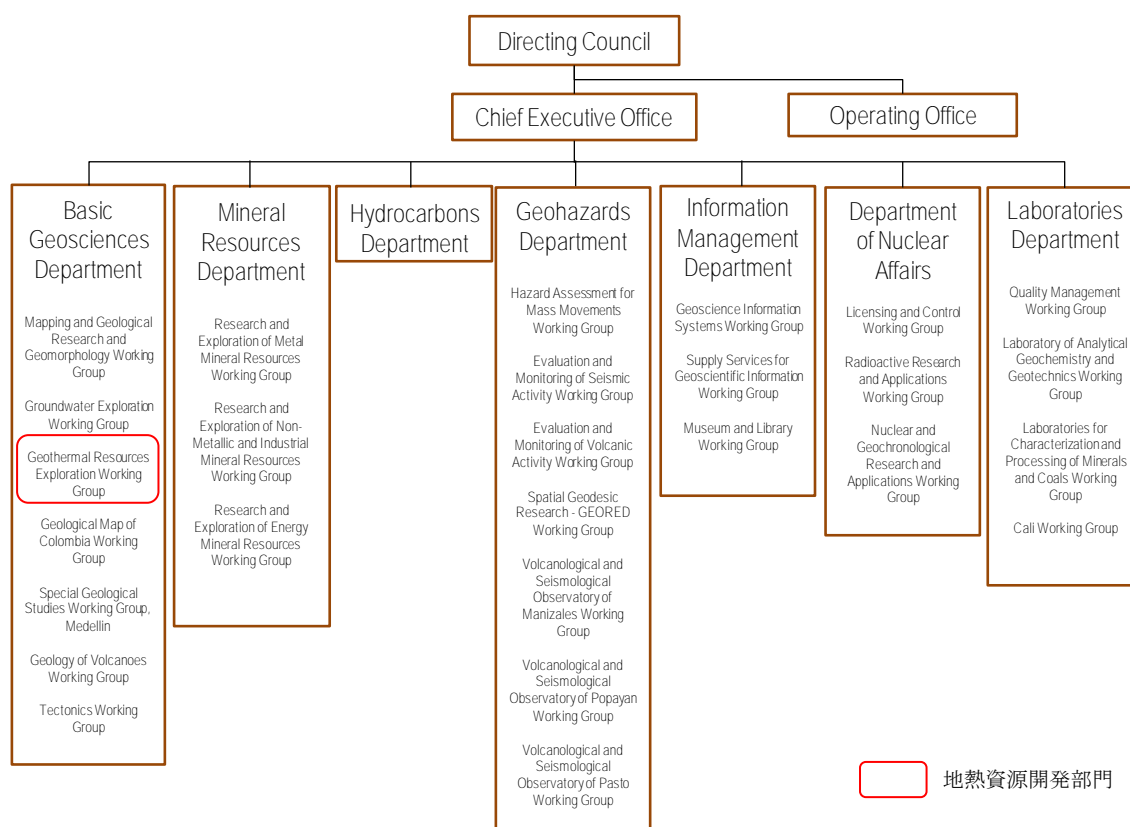
##### 1) SGC の業務内容

コロンビア地質調査所(SGC:Servicio Geológico Colombiano、旧 INGEOMINAS)は、鉱山エネルギー省所管の科学技術研究機関として、コ国の地質・鉱物資源の探査を目的に 1916 年に設立され、以来、同国の社会と経済の発展に資する目的で、全国鉱物インベントリ調査や火山調査、地下資源管理の基礎情報収集、ならびに発信を担っている。2011 年 11 月には INGEOMINAS から SGC に再編された。

SGC の業務概要は以下の通りである<sup>32</sup>。また SGC の組織図を下に示す。

- ・ 地球科学の基礎研究
- ・ 潜在的な地下資源の資源ポテンシャル同定
- ・ 土砂災害の評価とモニタリング
- ・ 地球科学的情報の統合管理
- ・ 原子力技術と放射性物質の管理に関する研究

<sup>32</sup> SGC ホームページより引用 (<http://www2.sgc.gov.co/>)



出所：SGC, 2016

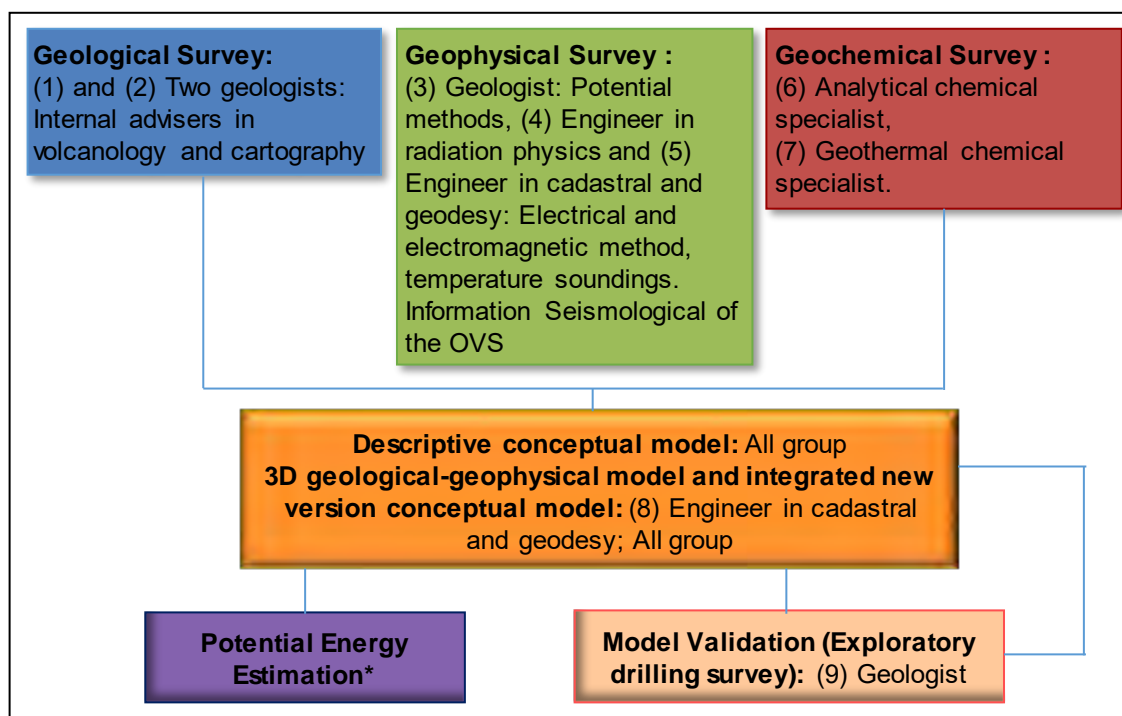
図 3-12 SGC の組織概要

## (2) SGC の地熱開発部門

### 1) 地熱資源開発部門と予算

SGC の組織の中で、地熱開発に関わっている専門家は、下図に示すとおり地質・地化学・地球物理の分野をはじめ、現時点で 10 名である。

SGC 全体の 2016 年度の予算は、57,131 百万 COP であり、このうちの地熱資源開発部門の単年度予算は 700 百万 COP であった。2017 年度は SGC による初の温度勾配井の掘削調査が計画されており、7,000 百万 COP の予算が充てられる予定である。



出所：SGC, 2016

図 3-13 SGC の地熱組織概要

## 2) SGC による地熱開発調査

SGC が実施している地熱発電開発にかかる調査の概要は以下のとおりである。

### 【地熱有望地域のポテンシャル調査】

SGC では、全国の地熱開発に関して主に以下の 2 つの業務を実施している。

- 1) 全国地温ポテンシャルマップの作成：堆積盆地の石油用井戸を用いた温度勾配マップ
- 2) 全国地熱徴候インベントリ調査：温泉徴候の調査とマッピング。調査データはウェブで公開されている ([/hydrothermal.sgc.gov.co/](http://hydrothermal.sgc.gov.co/))。

1992 年にイタリアにより実施された予備調査の中で選定された地熱系のうち、優先順位の高い 5 ヶ所について取り上げ調査を実施している。なお、少なくとも全国 20 箇所以上の低度～中度の地熱地域が存在するとされている。

全国地熱ポテンシャルマップ調査の各地点の開発ポテンシャルの再評価に基づき、コロンビア全土の地熱開発マスタープランの策定が可能となると期待される。

【有望地熱系の調査開発】

優先順位の高い 5 ヶ所の地熱有望サイトの調査進捗状況を下表に示す（位置図は図 3-1 に前掲）。

Paipa (No.1) と Azufral (No.2) が現在の SGC の主要な調査フィールドになっている。No.4 の Nevado del Ruiz 地熱地域については、過去には地表調査を行っていたが、民間企業が関心を示し調査を実施していることから、現在では SGC では取り扱っていない。また、同様に Chiles (No.5) も民間企業が調査を実施しているが、先住民族との調整が難航しており、調査が中断している状況である。

なお、SGC では地質・地化学・物理の地表調査データを用いて、今後は地熱概念モデルの 3D 解析を実施する予定である（解析には Geo-modeler を用いる予定になっている）。

表 3-8 SGC による地熱開発調査の状況

No.	地熱地域	調査/開発実施主体	優先順位*	地質調査 1:25,000	地化学調査	物理探査				3D モデリング	試掘
						重力	磁気	電気	MT		
1	Paipa	SGC	Med-high	x	x	x	x	±	x	x	-
2	Azufral	SGC	High	x	x	x	x	x	x	-	-
3	San Diego	SGC	Med-high	x	x	-	-	-	-	-	-
4	Nevado del Ruiz	ISAGEN /EPM	**	x	x	x	x	x	x	x	x
5	Tufino, Chiles	ISAGEN	**	±	±	±	±	±	±	-	-

\*: 既往調査結果に基づく順位

x: 実施済み、±: 実施中、-: 未実施

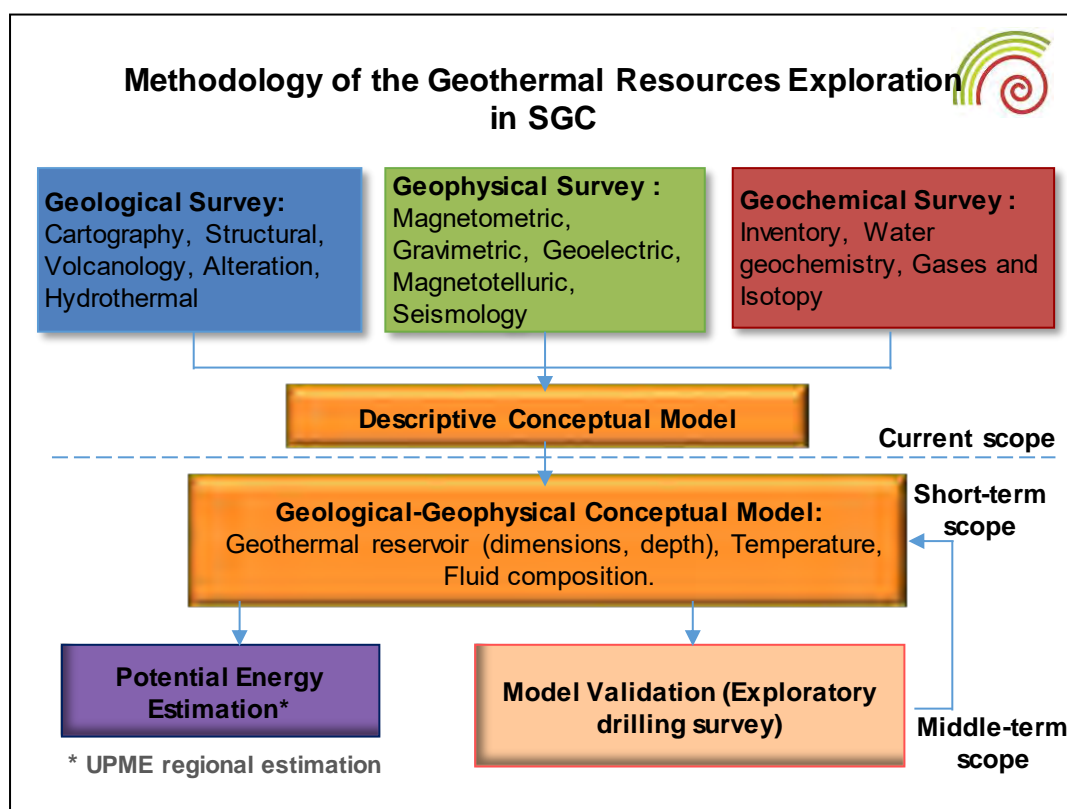
\*\*：民間業者に調査主体が移行したため順位付けはされていない。またNo.4と5地域の地表調査、地化学調査、物理探査については当初SGCも調査を行っていたが現在の調査主体は民間業者に移行している。

出所：SGC, 2016

3) 地熱開発調査のスキームと今後の課題

SGC の地熱資源調査のスキームを次図に示す。

現時点は地質、地化学、地球物理データを統合した地熱概念モデルを作成する段階までが実施されており、今後は 3D モデル作成と試掘結果によるモデルの更新に取り組む準備を進めている。



出所：SGC, 2016

図 3-14 SGC の地熱開発調査のスキーム

4) SGC の今後の地熱調査計画

現在 SGC では、Paipa 地熱地域で 3 本の温度勾配井を掘削するため MME から資金調達の目途がたったところである。その次の段階では一本のテスト井戸（2,000m 級）の掘削を計画しているが資金はまだついていない。

5) SGC による今後の地熱調査スケジュール

- ・ 2016 年 7 月～11 月： 3D モデルによる掘削ターゲット選定
- ・ 2017～： 3 本の温度勾配井掘削に向けた調達ならびに ESIA 実施

## 第4章 地熱開発推進のための提言

コ国において地熱発電開発を実施する際の課題について前章で整理した。本章ではこれらの課題を解決し、同国の地熱開発を推進するための提言と、JICA による技術協力ならびに資金支援の可能性について言及する。なお、現行の円借款スキームを前提とする場合、コ国の発電事業は民間投資を主体として実施されるため、民間事業に対する円借款の直接融資は制度上困難であり、本報告書では現時点で可能な支援スキームを提案するものである<sup>33</sup>。

### 4-1 地熱資源管理にかかる法制度整備

#### 4-1-1 コンセッション、調査許可、環境ライセンスにかかる法制度整備

現在（2016年7月）、MME が主導し、SGC、UPME、ANLA ならびに MADS による技術検討委員会が設置され、地熱資源開発に関する法制度の整備を行っている。コンセッション、調査許可ならびに環境ライセンス制度の整備にあたっては、地熱開発に関する専門知識が不可欠であり、専門家によるアドバイザーが求められている。

また、ライセンス関係の法制度については現在、コ国関係機関にて検討を始めているところであるが、今後の法制度整備にあたっては、以下の項目に着目し整理する必要がある。

1. 関係機関の役割の整理：新制度のもとで、MME が付与する地熱開発地域のコンセッション（事業許可）に関する各機関の役割の明確化
2. 地熱資源の定義と所有権の整理：MME が管轄し SGC が技術的支援を行う。開発対象区域における探査（Exploration：試掘を含む）および開発（Exploitation）の2段階のコンセッションを付与。対象となるプロジェクトの定義を整理（発電規模など）。
3. 環境ライセンスの種類の整理：調査許可、水利用コンセッション、探査許可（地表調査・掘削調査）については地方政府ならびに環境省（MADS）が管轄。
4. 環境ライセンスの発行権者の整理：国家環境局ライセンス局（ANLA）、地方政府（CAR）が管轄。
5. 適切なコンセッションの特定方法：個別審査または競争入札により MME が管轄。
6. 適切なコンセッションのライセンスの期間：MME が管轄。
7. コンセッション区域の設定方法、管理系統の確定：MME もしくは関係当局においてコンセッションの手続きを実施。

<sup>33</sup> コ国における発電事業の開発方針は、1994年法律第142条（公共サービス法）及び143条（電力法）に示されているように、民間企業による投資が基本とされている。



#### 4-1-2 環境社会配慮調査の TOR 作成

コロンビア国内の地熱開発にあたっては、1) 資源調査段階 (Exploration : 試掘を含む) と 2) 地熱資源開発段階 (Exploitation) の 2 段階の環境ライセンスが発行される。開発事業者は、おのおのについて、環境社会配慮調査 (ESIA) を実施し環境部局の審査を受けたのちにライセンスが発行される仕組みになっている。

しかしながら、現在コロンビア国内には地熱発電事業の ESIA にかかる TOR が整備されておらず、事業者は石油開発や鉱山開発の TOR を参考に実施している状況である。そのため、環境審査の担当部局において、案件ごとに ESIA 調査の妥当性を評価する必要があり、技術的ならびに時間的にも困難を伴い、同国の地熱開発の促進を阻害する要因になっている。

また、地熱開発特有の環境インパクト (たとえば硫化水素ガス、熱水処理等) について、環境アセスメントが十分に行われない危険性もある。

したがって、地熱開発に特化した ESIA の TOR を早急に定める必要があり、策定に際しては地熱専門家によるアドバイザーが求められる。

ESIA 報告書の TOR については、World bank/IFC ならびに JICA 等の国際機関が規定する要求事項を達成するためには、少なくとも以下のような項目を網羅する必要がある。また、以下は一般的な項目を示したものであり、プロジェクトの状況によってこれに限定するものではない。

- Policy, Legal and Administrative Framework : 法制度・組織
- Description of the Proposed Development : プロジェクト計画
- : Description of the Existing Environment (Local and Regional to include hazard assessment) : ベースとなる環境及び社会の状況
- Significant Environmental Impacts and Social Impacts : 環境社会への影響
- Description of Likely Significant Effects : 影響評価
- Presentation of All Reasonable Alternatives : 代替案の比較
- Mitigation Plan : 緩和策
- Monitoring Plan : モニタリング計画
- Stakeholder Engagement Plan : ステークホルダー協議
- Resettlement Policy Framework : 用地取得・住民移転

また、ESIA の TOR を特定するために実施する環境社会影響のスコーピング項目の例としては以下が挙げられる。特に地熱開発特有の調査項目について下線で示す。

- air emissions (including H<sub>2</sub>S) : 硫化水素を含む大気への排出
- noise and vibration : 騒音と振動
- drilling water use possibility : 掘削水の確保
- ground and surface water pollution : 地表水・地下水への影響
- induced micro-seismicity and ground subsidence : 微小地震と地盤沈下

- land use management with special emphasis on water logging : 土地利用と湛水
- soil (drilling mud) disposal and management plan : 掘削汚泥の処理
- waste water management plan : 排水処理
- hot brine management plan : 熱水処理
- restoration plan for quarry areas/burrow areas and areas for dumping excavated material : 使用する土地の原状回復
- compensatory re-forestation plan : 植樹計画
- conservation plan for affected flora/fauna : 影響を受ける動植物の保護計画
- environmental safeguards during exploratory/construction activities : 作業中の環境保全
- roads and traffic movement within the community : 交通
- tourism and economic opportunities : 観光・経済への影響
- protection of sensitive sites (sites of natural, cultural, importance) : 保全
- health and safety : 健康と安全
- occupational health : 作業員の健康
- pollutant spill contingency : 不慮の汚染物質漏えい
- hazardous materials : 有害物質
- environmental awareness training : 環境教育
- livelihood restoration challenges /economic impact : 生計回復/経済影響
- post-construction environmental monitoring plan : 建設後の環境モニタリング
- disaster management plan/emergency response plan including risk analysis (focus on volcanic eruption and storms) : 災害・緊急時リスク
- staff capacity and expertise to manage environmental, social, health and safety issues : 職員の環境社会配慮の能力

ステークホルダー協議：SEP（Stakeholder Engagement Plan）の項目としては、少なくとも以下を網羅するように計画する。

- Stakeholder identification and analysis : ステークホルダー特定
- Information disclosure : 情報開示
- Stakeholder consultation : ステークホルダーコンサルテーション
- Negotiation and partnerships : 住民協議
- Grievance management : 保証
- Stakeholder involvement in project monitoring : 住民参画とモニタリング
- Reporting to stakeholders : 報告
- Management functions : マネージメント体制

また、用地取得・住民移転が発生する場合は、RPF（Resettlement Policy Framework）の策定が必要である。

- Regulations & Requirements : 法的枠組み

- Institutional Responsibilities : 法的責務
- Identification of potential Project Affected Persons (PAPs) : 対象者の特定
- Eligibility & Entitlement : 適正と資格
- Valuation of Land & Assets : 土地・財産
- Implementation Process : 実施手順
- Mechanism for Public Consultation & Grievance : 住民協議と苦情対応
- Monitoring Arrangements : モニタリング
- Timetable & Budget : スケジュールと費用
- Resettlement Action Plan (RAP) : 住民移転計画

#### 4-1-3 環境管理行政機関の能力開発

環境ライセンスの管理を行う各行政機関に対する能力向上支援として以下が挙げられる。

##### (1) MADS

MADS は以下の技術的支援が考えられる。

##### 1) ESIA の TOR 策定支援

地熱開発にかかる ESIA 調査の TOR の特定は MADS の分掌であることが法律 1715 号 (2014 年) にも規定されている。

コロンビア国内にはまだ地熱発電所が存在しないため、地熱発電開発の調査から運用にいたるまでの各開発の技術的な知識を持ち合わせた専門家が育っていない。このため、ESIA の TOR 策定にあたって、MADS に対して専門家を派遣するなどし、検討委員会等での地熱開発技術ならびに地熱開発特有の環境配慮に関するアドバイザーサービスを行う。

##### 2) 職員の能力向上

MADS が考える環境管理能力向上のために強化が必要な専門分野は以下のとおりであり、これらを取り上げた研修の実施が効果的と考えられる。

- (a) 環境社会影響評価
- (b) 脆弱な環境に対する評価と対応
- (c) 地熱開発にかかる環境配慮の一般知識
- (d) 地熱掘削における環境影響 (排出、地盤沈下等) に関する一般知識

##### (2) 地方行政法人 (Corporación Autónoma Regional)

100MW 以下の地熱発電所を開発するにあたって、環境ライセンスを審査・付与するのは地方行政法人となる。たとえばネバドデルルイス火山地域の環境審査は

CORPOCALDAS (Corporación Autónoma Regional de Caldas)が実際に行っているところである。(このうち、ISAGEN の提出した ESIA は、Corporación Autónoma Regional de Caldas に加えて一部、CORTOLIMA: Corporación Autónoma Regional de Toloma 地域も含まれており、2つの地域を対象としたライセンス申請となっている。)

これらの行政機関の環境部局が直面している問題の多くは、環境ライセンスにかかる法制度の整備と ESIA の TOR の策定が達成されることで解決するものであると考えられる。環境ライセンスにかかる法制度の整備の主要なものは、以下の項目の明確化が挙げられる。

- (a) 複数の行政区にまたがった場合の許可の付与の方法
- (b) 複数の事業者が同一地域に申請を出した場合の対応

また、環境部局の担当者の能力強化については、上述の MADS と同様の専門分野の強化が必要であり、中央政府ならびに地方政府の担当者を対象とした研修の実施が求められている。考えられる研修内容は以下のとおりである。

- (a) 環境社会影響評価
- (b) 脆弱な環境に対する評価と対応
- (c) 地熱開発全般、ならびに各開発段階における環境配慮
- (d) 地熱掘削における環境影響評価（硫化水素ガス、地盤沈下等）と緩和策
- (e) 社会配慮

#### 4-2 地熱調査能力の開発

コロンビア国内で、現在、地熱資源調査を実施中または実施可能な人的・技術的能力を有する機関としては SGC ならびに国立大学があげられる。これらの機関の調査能力を向上するための提言を以下にまとめる。

##### 4-2-1 コロンビア地質調査所(SGC)

SGC の地熱開発部門の組織体制については前述したとおりである。SGC が地熱開発調査を実施するにあたっての能力評価は次のとおりである。

表 4-1 SGC 地熱開発部門の能力評価

項目	能力評価	備考
人材／体制	プロジェクトマネージャーの Ms. Claudia Alfaro はコ国の地熱開発をこれまで牽引してきた。チームメンバーは現在 10 名で各分野の優秀なエキスパートである。	SGC のエキスパートのほとんどは単年度契約であるため、人材確保と育成の観点からは不安定である。
予算／資金	十分な調査資金を確保につとめている。	2017 年度は温度勾配井調査の予算を確保している。
設備	十分な実験施設を有している。	—
プロジェクト経験	地表調査に関しては十分な経験がある。試掘を含むフィージビリティ調査は未実施である。	Paipa で坑井調査が計画。その中で On the Job Training により 3D 解析技術等の習得が期待されている。

出所: JST

SGC に対しては、これまで 2 度の JICA 研修が実施され、プロジェクトマネージャーの Ms. Claudia Alfaro が本邦研修に参加している（2000 年、2012 年）。これらの研修の成果として、世界の地熱開発の動向を学ぶとともに、コ国内での地熱開発に向けた動機付けがなされた。一方で、JICA が主催する研修には、単年度契約のエキスパートは参加できず、若手育成の観点から、対象者を増やす必要性があることが SGC から指摘されている。

現在、SGC は同国の地熱資源開発の促進に向けた独自のプログラムを実施中である。その中で、JICA による支援が可能な協力分野について、SGC のニーズ等をヒアリング調査に基づき整理し、まとめたものを下表に記す。

表 4-2 SGC への協力項目（案）

協力分野	摘要	
技術協力	重要度	高
	期間	数カ月～1年（即時）
	概要	地熱資源調査の各ステージにおける技術アドバイス
	内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 地熱資源調査の各ステージにおいて専門家の技術アドバイスを必要としているが、特に直近（2016年7月以降）で実施を予定している地熱資源の3Dモデル解析に関する地熱専門家派遣が求められている。</li> <li>- なお SGC では地熱専門家を招聘し、地熱資源調査・開発にかかるパネルディスカッションを予定している。ここでは Paipa 地熱地域を取り上げ、地質・地化学・物理探査に基づく地熱モデルの構築を実施することになっている。</li> <li>- 現在、3Dモデル解析に関して1名の専門家が招聘されることになっているが、派遣期間が1週間と限られており、On the job training が可能となる数カ月単位の専門家派遣が望まれる。</li> </ul>
到達目標	<ul style="list-style-type: none"> <li>- SGC で地熱資源の3Dモデル解析が可能になる。</li> <li>- 本プロジェクトを通じた SGC 地熱チームのメンバーの修士課程・博士課程等の取得につなげる。</li> </ul>	
能力向上	重要度	高
	期間	数カ月～3年（随時）

協力分野	摘要	
	概要	SGC 職員に対する地熱研修プログラムの提供、学位取得
	内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 国外（本邦）研修：SGC の技術者のほとんどは単年度契約であり、コロンビア政府の方針として、国外の研修プログラム（JICA 本邦研修含む）に参加できないことになっている。4年以上プロジェクトに従事するような任期付きスタッフに対し、JICA が日本で専門教育を与えることが可能となることが望ましい。日本のほか、アイスランド、エルサルバドル、ニュージーランドなどで実施されている研修プログラムも考えられる。</li> <li>- コ国内研修：上記以外の契約職員に対しては、第三国からの専門家派遣によるコロンビア国内での研修実施により能力向上を行う。研修内容は地熱一般知識から各専門分野までニーズがある。</li> </ul>
	到達目標	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 国外研修：一定期間の研修に参加し専門知識を習得する。修士・博士等の学位の取得が望ましい。</li> <li>- 国内研修：一定期間の研修に参加し専門知識を習得する。</li> </ul>
マスタープラン策定調査	重要度	高
	期間	2年程度（2017年以降）
	概要	地熱開発マスタープラン策定の支援
	内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 全国地熱ポテンシャルマップの更新調査により、同国の地熱開発ポテンシャルの再評価を行うための資金支援、ならびに専門家派遣。</li> <li>- マスタープラン調査の中での資源評価は、各地点において地質・地化学に加え、可能な限り MT 等の物理探査（衛星・重力測定）を実施し、より詳細な資源量評価を行う。</li> <li>- Paipa 地熱地域で実施される坑井調査での詳細な資源評価モデル作成を通じた技術移転を含む。 本調査の中では開発優先順位付けを行い、今後の地熱開発のロードマップを作成する。</li> </ul>
到達目標	<ul style="list-style-type: none"> <li>- コ国の地熱資源ポテンシャル評価を行い、開発マスタープランが策定される。</li> <li>- これらは政府（UPME 等）の地熱を含む電力開発計画の基礎データとするとともに、民間企業の参入を促す。</li> </ul>	
試験設備実験室	重要度	低
	期間	数カ月～半年（2017年以降）
	概要	試験設備・実験施設の整備、人材育成
	内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 実験設備は十分に整っているため供与は不要である。</li> <li>- むしろ地熱開発地域のケーススタディを通してこれらを使用する実地訓練による職員の能力向上が必要とされる。例えば地質専門家派遣による流体包有物；Fluid inclusion の解析と評価方法のトレーニングが挙げられる。Paipa の坑井調査に合わせて実施が望ましい。</li> </ul>
	到達目標	<ul style="list-style-type: none"> <li>- SGC が所有する試験設備が有効に活用され、地熱開発に向けた調査技術が向上する。</li> </ul>

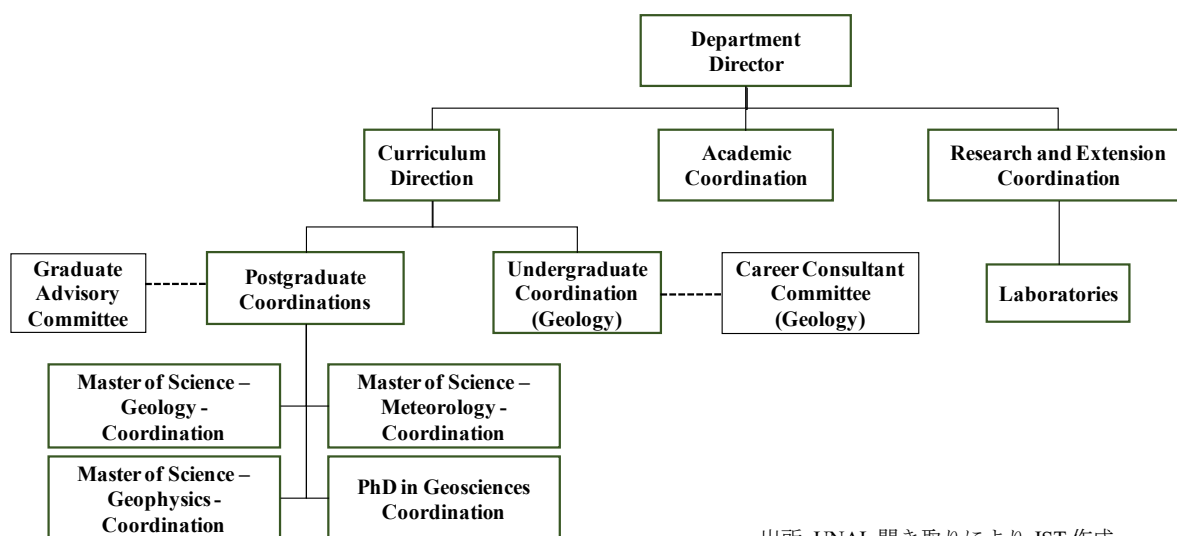
出所: JST

#### 4-2-2 国立大学（UNAL）

UNAL の地球科学部（Department of Geoscience）は、現時点（2016年5月）では地熱プロジェクトを行っていないが、2011年に ISAGEN のネバドデルルイス火山地域の地熱資

源調査を実施した経験がある。同学部ではプレ・フィージビリティ調査を行うための地質・地化学・物理探査にかかる現地調査、分析および解析作業については実施可能な体制が整っている。

地球科学部の組織図を示す。現在、所属している教員は35名、PhDが29名、地質学科の修士が55名、地球物理学科の修士が36名、学部生が431名であり、豊富な人材を有している。



出所: UNAL 聞き取りにより JST 作成

図 4-1 UNAL 地球科学部部の組織図

UNAL が地熱開発にかかる調査を実施するにあたっての能力評価は次のとおりである。

表 4-3 UNAL 地球科学部の能力評価

項目	能力評価	備考
人材／体制	地質・地化学・地球物理の各要素技術にかかる研究能力は高く人材も豊富。	ただし、地熱資源評価など、統合的解釈ができる研究者はいない。
予算／資金	プロジェクトベースで研究資金を調達するため教官の資金調達能力に依存する。	企業との連携の可能性あり。
設備	非常に充実した設備を有する。	—
プロジェクト経験	ネバドデルルイスの調査以来、地熱開発に関わっておらず、現在地熱に携わる研究室はない。	—

出所: JST

UNAL が有する人材や設備をコ国の地熱開発に十分活用するためには以下の項目が提案事項としてあげられる。

(a) プレ・フィージビリティ調査の実施:

UNAL に地質・地化学・物理探査の調査を委託することが可能である。これによ

り同国の地熱専門家を育成することが可能となる。また、民間企業が UNAL と連携案件を実施する場合に、コロンビア科学技術研究所 (Colciencia) の認定を受けることにより開発業者は税制上の優遇措置を得ることができる制度があり、これを利用することも検討できる<sup>34</sup>。

(b) 地熱専門家の派遣による地熱開発技術力の向上：

地熱専門家の育成にあたっては、地質、地化学、地球物理等の調査結果を統合的に解釈し地熱概念モデルの作成やポテンシャル評価を行う人材の育成が求められている。このような人材育成には、より高度な専門知識が必要となり、現在のコロンビア国内のノウハウでは不十分であるため、国外の専門家による技術支援が求められている。たとえば専門家の指導のもと、コロンビア国内外での実際の地熱開発案件の実施を通して、コロンビア人専門家の技術力の向上が有効であると考えられる。

### 4-3 オフグリッドの中小地熱案件

コロンビアには、地理的な位置からエネルギーの送電網に接続されていない地域（系統非接続地域：ZNI）の電力の供給を担う政府機関が存在する。オフグリッド地域の発展レベルは、エネルギー送電網に接続され、サービスを受けている他の地域と比べ低い状態にある。

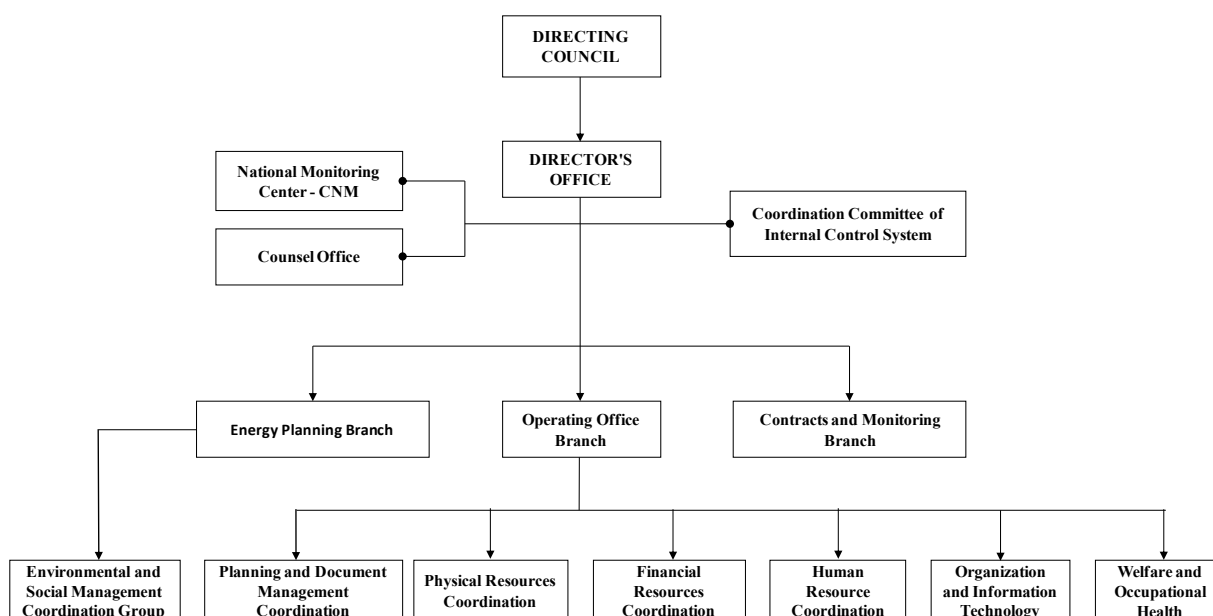
オフグリッド地域への電力の供給を担う機関は、IPSE (Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas：系統接続地域外のエネルギー計画促進機関) であり、鉱山エネルギー省 (MME) の所属機関である。

IPSE の組織は次図に示すとおりであり、職員数は 70 名である。2015 年度の予算は、57,131 百万 COP であったが、このうち 72% はコ国政府、残りの 28% は独自資金であった。

---

<sup>34</sup> コロンビア科学技術研究所 (COLCIENCIAS) は、国内の科学技術のイノベーションを推進する機関であり、民間企業と政府系研究機関が共同でこの目的に合致するプロジェクトを実施する際に、同研究所へプロジェクトを申請し認定を受けることで以下のような税制上の優遇措置を得ることができる。1) 所得税の 40% を限度に控除。2) 研究開発に関する輸入品の付加価値税の免税。





出所: IPSE

図 4-2 IPSE の組織図

オフグリッド地域の定義は、2003 年法律第 855 条第 1 項に定められている。

地理的に離れて位置する地域に電力を供給することを目的としたプロジェクトは IPSE によって実施され、オフグリッド地域のコミュニティの生活水準の向上に貢献することを目的とし、持続可能な発電手段の特定、構成、適用及びモニタリングを管轄されている。特に、非従来のエネルギーの利用を用いた発電手段の利用を優先付けている。

コ国の系統非接続地域（ZNI）を次図に示す。グリッドに接続されていない地域は国土の約 60%を占めており、サンアンドレス、プロビデンス、サンタカタリナなど島嶼地域も含まれており、これらの地域は本土とは離れているため、本土のネットワークと接続することはできない。



表 4-4 ZNI における再生可能エネルギーによる発電事業

DEPARTMENT	LOCATION	BENEFICIARIES	RENEWABLE (kW)	SOLUTION
ANTIOQUIA	URRAO - ENCARNACION	140	55	PCH (太陽光)
CAQUETA	INSPECCION DE GUACAMAYAS	200	50	
CHOCO	BAHIA SOLANO	2,013	1,875	
CHOCO	EL YUCAL		20	
CHOCO	BAHIA CUPICA	300	125	
CAUCA	LOPEZ DE MICAY	1,100	300	
AMAZONAS	LAS PALMERAS	25	2 Kwp (solar) 3 Kw (diesel)	HIBRID DIESEL-SOLAR (ディーゼル-太陽光)
CHOCO	TITUMATE	105	105 Kwp (solar) 124 Kw (diesel)	
GUAJIRA	NAZARETH	400	320 Kwp (solar) 307 Kw (diesel)	
SAN ANDRES	SAN ANDRES	1,200	1,000	RSU (太陽光)
SAN ANDRES	SAN ANDRES		12,000	EOLICO (風力)

出所: IPSE,2016

IPSE は同地域にエネルギーを供給することだけでなく、これらが太陽光発電、風力発電及び地熱発電等の再生可能エネルギーによるものである事も目的の一つとしている。

コロンビア政府と USAID は、同国の非従来の発電プロジェクトを推進するため、CCEP(Colombia Clean Energy Program)に対する外交覚書を締結している。これは USAID が必要な投資資金の 50%までの無償資金供与を行うというものであり、5 年間で予算が 18.6 百万 USD であった。同外交覚書に記載の提携は本年の 8 月に終了している<sup>35</sup>。

この CCEP の枠組みで IPSE により実施された発電プロジェクトは以下の小水力 3 件と太陽光 1 件である。

表 4-5 IPSE-CCEP による再生可能エネルギープロジェクト

Project	Capacity	Type of Energy	Budget	Target population
El Palmor	142 + 130 kW	Small hydro (Repowering)	2 billion COP	420 users
El Yucal (Nuqui – Choco)	18 kW	Small hydro	700 million COP	426 people (92 families)
Arusi - Partado - Termales (Nuqui – Choco)	100 kW	Small hydro	2.763 billion COP	272 users / dwellings (about 1000 people)
Utria National Park	6 kWp	Photovoltaic	82,000 USD	Tourists, Park officials, operators

出所: IPSE, ([www.ipse.gov.co](http://www.ipse.gov.co)), CCEP ([www.ccep.co](http://www.ccep.co))

<sup>35</sup> <http://www.ccep.co/en/what-is-ccep/colombia-clean-energy-program>

このように IPSE により実施されたプロジェクトは太陽光、風力または小水力であり、まだ地熱資源を利用したプロジェクトはない。今後オフグリッド地域で地熱発電を導入するためには、以下のような検討課題があり、まずはプレフィージビリティ調査段階の技術的・資金的な支援が求められている。

- (a) オフグリッド地域周辺の広域地熱ポテンシャルの評価
- (b) 発電施設を必要としているオフグリッド地域と地熱ポテンシャルマップの重ね合わせによるプロジェクト形成の可能性検討
- (c) 他の発電方法、ならびに SIN への接続との比較
- (d) フィージビリティ調査とパイロットプロジェクト実施

#### 4-4 地熱案件実施のための支援

現在コ国の電力関連企業のなかで地熱開発の検討を行っている会社としては、EPM、ISAGEN、および ENEL Group がある。以下に示すように、電力関連企業にとって、地熱案件の促進するためには、政府の規制、開発促進施策の方向性との連携が極めて重要である。従って、今後政府が地熱プロジェクトの促進をどのように支援するかについて十分協議をしたうえで、ISAGEN 案件、EPM 案件への関与の方向性を検討することが重要であると考えられる。

##### 1) ISAGEN

ISAGEN は現地調査のインタビューでは今後 JICA からの支援についてはあまり積極的に連携を図ろうとする姿勢は見られず、先方からの情報提供もほとんど得られなかった<sup>36</sup>。

なお、ISAGEN に対しては、2011 年に JBIC により「コロンビア・地熱発電導入による再生可能エネルギー開発促進に関する新メカニズム実現可能性調査」（調査実施団体：(株)三菱総研研究所）が実施されている。本調査では、ネバドデルルイス地熱帯において 50MW の地熱発電所を導入することによる温室効果ガス排出削減量が算定され、以下のような経済性評価がなされた。また、今後の課題として、地熱発電所運用技術のキャパビルと資金調達が挙げられている。

<sup>36</sup> ISAGEN は 2016 年 5 月現在、東芝、西日本技術開発と連携して JBIC からの資金調達を検討している。ただプロジェクトの進捗が見られないこと、新株主(Brookfield 社、カナダ)の地熱開発への方針がまだ明らかでないこと、などから今後状況を注視する必要があると考える。なお、Brookfield 社の ISAGEN 株式取得にかかるバックファイナンスは、日本の三井住友銀行が行っている。

表 4-6 ネバドデルルス地熱発電所の経済性評価結果

大項目	項目	条件 / 結果
基本条件	設備容量	50MW
	設備利用率	90%
	年間売電電力量	394.2 GWh
	クレジット量	231,625 t-CO <sub>2</sub>
収支	初期投資額	1 億 6,760 万 USD
	運営経費	22.38 USD/MW
	売電単価	100 COP/ kWh
二国間クレジットの条件	クレジット単価	10 Euro/ t-CO <sub>2</sub>
	為替レート	1.3 USD/Euro, 0.0005 USD/ COP
	クレジット買取期間	10 年間
算定結果	IRR (クレジットあり)	5.39 %
	IRR (クレジットなし)	2.63 %

出所: JBIC, 2011

## 2) EPM

コ国で地熱開発を検討している電力関連企業 3 社のうち、特に JICA との連携に興味を示した EPM からは、技術支援、情報交換の要望が上がっている。内容は以下に示すとおりである。主に可能性調査にかかる技術的支援や資金調達、リスク管理にかかる協力・支援が含まれている。

- (a) 地熱開発のための試掘調査
- (b) 試掘井掘削にかかる技術支援
- (c) 地質技術支援
- (d) 地質資源モデリングにかかる支援
- (e) 発電所計画・設計
- (f) 環境社会配慮
- (g) 財務分析

## 3) ENEL グループ

ENEL グループの一員である ENEL Green Power が再生可能エネルギーの開発を行っており、南米ではチリの Cerro Pavilion において地熱開発を行っている（2017 年初旬に運用開始予定。40MW×2 基のプロジェクト）。また、コ国内においても、同社が音頭をとり、再生可能エネルギー協議会（SER）を立ち上げて、情報交換や関係機関との調整を行っている。しかしながら同社は、現在のところ、コ国内においては地熱開発にかかる法的枠組みが十分整備されるまでは、他の再生可能エネルギーの開発を優先する姿勢であり、この点からも地熱開発にかかる法制度の早急な整備が求められている。

#### 4-5 MME/UPME への技術支援

コロンビア政府の地熱開発政策を担っている MME,および UPME が、同国の地熱開発促進にあたって重要課題と考える項目は以下のとおりである。

- (k) 国定公園など地熱開発地点の自然環境
- (l) 探査および地熱開発ライセンス、ならびにコンセッション権の詳細整備
- (m) 地熱資源の持続性
- (n) インフラ整備（アクセス道路、排水設備、開発拠点設備）
- (o) 環境汚染等にかかる課題（水利用、化学薬品、建設材料、騒音、排水、地形など）
- (p) 安全問題（掘削中の暴噴、高地での作業など）
- (q) 社会問題

これらは本報告書における JICA 調査チームの指摘と一致する部分が多い。現在までも MME と UPME においてはこれら事項の必要性は認識していたものの、他の開発オプションとの優先順位との関連から地熱開発の促進施策の検討は遅れていた。

その主たる理由は、第 3 章で述べたように、これまでは豊富な水資源を利用した水力発電が可能であったためであると言えよう。また、近年コ国政府により風力・太陽光・バイオマス等の再生可能エネルギーの開発に投資が進められてはいるが、地熱発電はこれらと比較すると開発初期の投資額と開発リスクが高いため遅れをとっていた現状がある。

案件形成・開発実施の段階においても、地熱開発に関連する政府組織において地熱開発の実績がまだないことから、手続きのプロセス構築やプロジェクト推進にかかる技術的知見の蓄積がまだ不十分であり、また関連機関が多岐に亘っているため、案件形成にかかる手続き、開発にかかる許認可が煩雑になる事態が発生し、案件促進を阻害している。環境審査は環境省本省、ANLA、地方行政などがそれぞれの立場から関連しており、地方事務所を跨ぐようなケースの取り扱いなどもまだ十分な経験がないため迅速な判断と対応が難しい状況である。したがって、いまだ地熱開発プロジェクトの実現化に至っていないのがコ国の現状である。

ここではこれらの背景を受けて、今後の地熱開発促進に向けてコ国政府が主体となって検討すべき点について考察を加える。

地熱開発はその技術特性（初期リスク、長い開発期間、資金調達課題、必要とされる専門知識）から、他国における開発では、ドナー、民間企業での取り組みに加え、政府主体での支援を強化しているケースもあり、コ国においても今後同様の支援内容の検討が期待される。これらのうち検討の対象となると考えられる支援・促進施策の提案内容には次が含まれる。なお、本調査において MME,UPME には以下の表の項目について今後の取り組み施策として提案を行い、その結果、MME,UPME では今後進め方について検討する予定となっている。

表 4-7 MME/UPME による地熱開発支援・促進施策

項目	支援・施策内容	実施において想定される課題と対応方法
(a)固定価格買取制度	再生可能エネルギーの買い取り価格を法律で設定し、開発を助成・促進させる制度を立ち上げる。	設定した価格にての取引を法律で設定することにかかる利害関係者の理解。利害関係者間での十分な協議が不可欠であり、有効な対応方法。
(b)地熱開発目標達成のための発電容量割り当て制度	地熱発電の全体に対する比率や発電能力を設定し、地熱発電の開発を促進する促進する施策。	割り当て設定にかかる利害関係者の理解。利害関係者間での十分な協議が不可欠であり、有効な対応方法
(c)地熱資源調査事業、理解促進事業等にかかる金融・財政支援（調査補助金など）	地熱開発にかかる調査費用や利害関係者への広報宣伝活動に対して、補助金を出すなどして開発支援を行う。	補助金適用の可否、金額レベルの設定根拠などにかかる協議が必要。
(d)試験井掘削調査にかかる支援	試験井の実施にあたり、債務保証、譲許性融資、公的(投)融資などの支援を行う。	試験井の実施にあたり、公的資金を投入すること、財源の確保などにかかる、利害関係者の理解、合意。現行法制度に従い、利害関係者間の合意形成を図ることが必要。
(e)R&D 活動拡大のための財政支援	地熱にかかる研究開発活動にかかる、資金援助、助成金付与などの財政的支援を行う。	R&D 活動の範囲、内容、金額、実施にあたり公的資金を投入すること、財源の確保などにかかる、利害関係者の理解、合意。
(f)地元対策のための助成金制度	地元の開発理解を向上するための活動に財政的支援を行う。	地元対策にかかる活動内容、助成金額、実施にあたり公的資金を投入すること、財源の確保などにかかる、利害関係者の理解、合意。
(g)地熱資源所有権にかかる検討(地元信託基金への移管など)	先住民居住地域での地熱資源権益や地熱利用にかかる支払金などを、地元の信託基金などを通じて先住民への裨益を図る。	先住民居住地域における補償対策、住民対応の活動内容、財源などにかかる、利害関係者の理解、合意。
(h)人材育成のための金融・財政支援	地熱開発に関わる人材の育成を支援すべく、助成制度を検討する。	人材育成にかかる活動内容、財源などへの利害関係者の理解、合意。
(i)既存規制の適正化・具体化検討に向けた政府予算確保	既存規制の法制度を改定するための専門家雇用や専門的技術検討のために必要な費用を政府予算から割り当てる。	専門家雇用の必要性、妥当性にかかる議論、利害関係者の理解、合意が不可欠。
(j)民間企業との開発リスクやコスト配分の見直しなど政策策定における連携	民間企業との開発リスクの負担割合などの検討を実施するための費用を政府予算から割り当てる。	リスク分担のあり方にかかる基本的な協議、合意がまず必要。政策施行にかかる活動内容、財源などへの利害関係者の理解、合意。

出所: JST

コ国政府は、電力セクターは自由化された市場の原理によって運営されており、国家相互連結システム (SIN) と同様、今後もこの原理のもとでセクター運営がされていくという概念をもっている。オフグリッドは別としても、少なくともグリッドにおける新規電源はその方針のもとで開発されるものと考えられる。従って、政府は、2014 年法律第 1715 条に含まれない税制優遇措置以外の補助金、保証の提供、法制度によって買取りを指導する政策などについては理解を示さない流れである。

しかし、上述の支援・促進施策が整備されない限りは、民間事業者にとってのインセンティブが確保できず、積極的な参入は大きく期待できないと考えられ、政策にて掲げた再生可能エネルギー開発数値(2020 年に 100MW)の達成は困難と考えられる。この開発数値を

目標に留めず実際に達成するためには、今後どのような具体的ステップを経て実施することが現実的であるかを検討すべきであると考え。次にそのためのアプローチを検討する。

これには第一に、現在の地熱開発計画の事業者と事業実施計画の現状を確認し、タスクとスケジュールの実施達成にかかる課題解決に取り組む必要があると考える。第二に、課題解決には事業者のみで解決できるものは極めて限定的と考えられるため、利害関係者と政府関係機関が解決方法について協議を進める必要がある。これらには政府からの各種許認可（特に環境ライセンス、地熱発電所開発手続き）、FSの実施や入札図書作成などの技術的対応、地元関係者との連携などが想定される。第三に、売電にかかる予備契約や融資機関との調整など実施段階に向けた準備作業を進めることが重要である。

地熱開発にて経験のある国や地域では、それぞれの状況に応じた政府の開発促進策を検討し実施してきている。コ国においてもその特性に応じた各政策、施策について検討することが有益であると考え。

コ国における今後の検討アプローチを整理すると、次のように取りまとめることができる。

表 4-8 コ国における地熱開発のためのアプローチ（案）

実施ステップ		検討内容	時期
1	現状把握・課題確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>・検討には産官学民の関係者の参加が有効であると考えられるため、（現行の協議体に加えて）本件検討にかかる組織体（地熱開発にかかる諮問委員会）についてどのような形態が最適につき、検討を行う。</li> <li>・検討実施開始にあたり、諮問委員会設置、関係者動員、検討に要する財務リソース確保など必要な手続きを行う。</li> <li>・産官学民の関係者による地熱開発進捗状況、課題にかかる現状課題の確認を実施する。（すでに一部は活動実施中）</li> <li>・現状の開発課題に対する政策の有効性、課題を確認する。</li> </ul>	2017
2	課題分析	<ul style="list-style-type: none"> <li>・現状課題の分析を関係者と共有する。</li> <li>・課題の原因究明を行い、関係者間で共通認識を醸成する。</li> <li>・現行政策、法制度における問題点とその背景・理由を分析する。</li> <li>・利害関係者、関連組織間の連携課題について分析を行う。</li> <li>・他国、他地域における実績・事例研究、分析を実施する。</li> <li>・検討結果を関係者と共有し、分析結果につきコメント、助言を得る。</li> </ul>	2018
3	対応策検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>・分析結果を元に現行政策、法制度などにつき、追加、改訂などが必要と判断された場合は対応策、代替案を検討する。</li> <li>・財政的リソースの動員が必要な場合は、予算額、財源、タイミング、リソース管理・実行方法などについて検討する。</li> <li>・対応策実施にあたり必要な場合は、法制度改定・新設にかかる検討を行う。</li> <li>・対応策取りまとめには再度関係者との情報共有を行い、コメント、助言を得るとともに、必要な調整を実施する。</li> <li>・最終的に取りまとめた対応策については、諮問委員会から関係する中央関係省庁、議員、立法組織などに具申する。</li> </ul>	2018
4	対応施策実施	<ul style="list-style-type: none"> <li>・対応施策実施のための必要な法的、制度的手続きを行う。</li> <li>・対応策実施にあたり、広報活動を通じて広く利害関係者の理解を得る。</li> <li>・対応策実施状況のモニタリング、実施上の課題追跡を行うための組織、担当を任命し、関係者への報告を実施する。</li> <li>・状況に応じて対応施策の細部修正など必要な対応を実施する。</li> </ul>	2019 - 2020

出所: JST



これらの支援・促進策の実施促進実現の可能性は今後の取り組み如何にかかっていると考えられる。すなわち、促進にはドナー支援の提供・協力と政府側の主体的実施の両方からの取り組みが重要になる。ドナー側からの支援については、IDB の無償支援にあるように政府の規制、法制度への取り組みがなされているが、実際の案件につながる段階に至っていないため、今後も継続した支援が必要になると考える。コ国に地熱開発にかかる支援を計画・実施しているドナーとしては、IDB、KfW がある。また政府側においても再生可能エネルギーの重要性は認識しているものの、地熱に特化した取り組みは、さらに強化が必要であると考えられる。

今後は、IDB の取り組みに引き続き、さらに技術支援、資金支援を検討・実施していくことが有効であると考えられるため、JICA においても実施可能な支援の検討することが期待されている。

#### 4-6 資金支援

JICA による資金支援のスキームとしては、現時点では次のような選択肢が考えられる。ここでは保証、保険、出資などは除き、融資を中心に扱う。

表 4-9 JICA による資金支援方法

資金支援方法	長所	短所
(a) 電力セクター開発政策支援借款	政策面 <sup>37</sup> での支援が可能。複数の政府系機関を実施機関として案件形成が可能。	地熱に特化した支援、特に民間企業による開発への資金支援を実施することが困難。
(b) IDB との協調融資(CORE Scheme、政府系金融機関への融資など)	IDB の地熱開発の経験、知見を動員できる。(IDB は民間企業への融資が可能であるため、このスキームを通じて)民間企業への融資も可能。	JICA 独自の支援政策の実施には協調融資先との調整が必要。
(c) GDF を通じた融資(CAF への融資を通じた基金への参加などを含む) <sup>38</sup>	連携相手の KfW、CAF <sup>39</sup> は地熱にかかる知見も有しており、相乗効果が期待できる。	GDF はまだ実績が豊富になく、実施体制も含めて今後のスキームの成熟度を確認する必要がある。
(d) FENOGE への融資	政府による資金支援プログラムであり、現行の円借款スキームになじむ。	まだ設立されておらず、今後の動向を注視する必要がある。
(e) 政府系金融機関(FDN あるいは BANCOLDEX)を経由したツーステップローン <sup>40</sup>	政府による資金支援プログラムであり、現行の円借款スキームになじむ。	実施機関には地熱にかかる経験がない。

出所：JST

<sup>37</sup> 開発政策支援借款は政策・制度改善に向けた枠組みづくりに貢献するものであり、きめ細かい技術協力を現場レベルで実施することで借款が対象とする支援分野の改革が促進される。開発政策借款を通じて、政策改善と制度全般の改革を目標に資金援助を実施するもので、より長いタイムスパンでの国家戦略、貧困削減戦略実施などを支援する。改革の方向性に沿った項目が相手国政府により実施されたことを確認し、その達成に対して借款契約を締結、資金を供与し、相手国予算に貢献するもの（バックワード・ルッキング・タイプ）がある。

<sup>38</sup> これは現在 KfW が実施しているスキームと同様である。

<sup>39</sup> CAF はチリにおける地熱開発に関与しているが、組織内での地熱専門家はいないと思われる。

<sup>40</sup> これら資金援助方法については、個別案件の契約条項、コ国政府保証内容などについての交渉により、適用実現性が左右される。

(a) 電力セクター開発政策支援借款

電力セクター開発政策支援借款は、JICA によるセクターローンの電力セクターへの適用を企図するものである。基本的にはセクター開発政策への支援が中心となるため、コ国の地熱開発の政策策定、公的セクターから民間セクターへの支援ニーズへの対応が可能であり、有効であると考えられる。一方で、地熱開発の資金ニーズへの対応は、開発事業者は民間企業が中心となるため、検討が必要になると考えられる。

(b) IDB との協調融資（CORE Scheme、政府系金融機関への融資など）

IDB との協調融資は、JICA 資金と IDB 資金の平行融資によって資金供与する場合と、IDB を通じてエンドユーザーに JICA 資金を供与する場合が想定される。いずれのケースも IDB の地熱開発における知見、経験を動員することが可能と考えられる。また、IDB を通じてエンドユーザーに JICA 資金を供与する場合は、民間事業者への融資が可能であると考えられる。

(c) GDF を通じた融資（CAF への融資を通じた基金への参加などを含む）

GDF を通じた融資は、民間事業者の地熱開発プロジェクトへの対応が可能であり、また KfW および GDF コンサルタントのプロジェクトの経験・知見を有効に活かすことも可能である。一方で、GDF はまだ設立されたばかりであり、基金の運営についてはまだ経験が不十分であると危惧されるため、今後のオペレーションについて注視する必要があると考えられる。

(d) FENOGE への融資

このスキームは FENOGE に融資を行い、その資金を民間事業者の開発資金として供与するものである。これは JICA 資金をコ国政府機関に資金援助するものであり、現行の円借款スキームにて対応が可能と考えられる。しかしながら、FENOGE はまだ設立されていないだけでなく、設立の見込みも不透明である。また、基金運営の詳細についてもまだ明らかになっていない。従って、今後の FENOGE の設立、運営状況を確認する必要があると考える。

(e) 政府系金融機関（FDN あるいは BANCOLDEX）を経由したツーステップローン

このスキームは FENOGE に融資を行い、その資金を民間事業者の開発資金として供与するツーステップローンである。これは JICA 資金をコ国政府機関に資金援助するものであり、現行の円借款スキームにて対応が可能と考えられる。しかしながら、コ国の政府機関には地熱開発の経験がなく、技術支援との併用などプロジェクトコンポーネントの設計に配慮する必要があると考える。

コ国に対して支援される資金のエンドユーザーは地熱開発の事業主体である民間企業が中心となる。このため現行の円借款スキームを前提とすると民間企業への直接貸付は制度上困難であると考えられる。従って、直接の貸付ではなく、資金スキームとしてはいずれかの

組織を仲介として資金供与を行うことが考えられる。参考となるのは KfW が CAF を通じて地熱開発にかかる融資を実施しようとしているスキームである。また、IDB は BANCOLDEX を通じて Contingent Grant プロジェクトを実施しようとしていることはすでに述べたが、今後試掘フェーズにて十分な地熱資源が確認された場合、建設フェーズに進むことが考えられる。このフェーズにおいては多くの金融機関が融資の関心を示すものと考えられるが、IDB の融資するスキームに協調融資の形で参加するというのも一つの選択肢である。この場合、IDB を通じた民間企業への融資が考えられる。

GDF は CAF, IDB, BCIE, KfW, EU, DEG, IRENA, JICA, EIB, UNEP, World Bank Group, AFD, ESMAP, GIZ, NDF などが参加して設立されたラテンアメリカにおける地熱開発を促進するためのファシリティである。第 3 章にて述べたように活動分野は、開発のための技術支援・政策対話、リスク低減のための基金、開発投資にかかる融資プログラムなどが中心となっている。GDF はすでに案件公募などの活動が開始されており、必要な資金も順次準備されている。しかしながら、まだ実際の案件への融資オペレーションの実績がないため、今後、対象プロジェクトが確実に実施に進むのか、投資資金回収が適切に行われるか等を確認し、基金のスキームが成功するかどうかを見極める必要がある。もしある程度の成功が確認できるようであれば、GDF への活動参加、融資などを検討することが有効である。一方、案件あるいは基金スキームが不成功の場合は、GDF 側の改善の方向性を確認しつつ、GDF への参加、融資は控えることになると思われる。

FENOGE については、設立自体の見通しがまだ得られておらず、また FENOGE の基金運用の詳細が明らかになっていないため、今後継続的に情報収集を行い、FENOGE への関与を検討する必要がある。

# 添付資料 1

## 協議議事録

## Meeting Memo N° 1 -JICA Colombia Office-

### I. Overview

Name of Meeting	Kick-off meeting
Date & Time	AM9:00, Monday, April 25, 2016
Venue	JICA Colombia office
Participants (C/P)	Mr.Murosawa(Representante Residente), Ms.Kuraoka
Participants (JICA Team)	Kikukawa, Padilla, Teramoto
Meeting Material (Distributed)	N/A (ICR was distributed in advance)
Reference Material (Received)	None

### II. Meeting Memo

#### 1. Overview of Survey

- JICA Team explained overview of the survey and schedule based on the ICR.

#### 2. Output of Survey

- JICA mentioned the JICA Team to propose viable technical cooperation plans. It might be difficult to actualize a plan such as installing a model plant with drilling works.
- JICA Team answered that they understand this study is not to focus on particular project to promote. Possible technical cooperation by JICA is supposed to be, for example, training course and dispatch of technical experts.

#### 3. Other Issues

- The study could also focus on how Colombian government control and manage regarding issues on license/concession and EIA process.
- JICA suggested examining the action plan and framework of UPME.

#### 4. Misc.

The JICA Team requested another meeting with Mr. Ricard Chiku and Ms.Kuraoka on 28<sup>th</sup> April in the afternoon.

End

## Meeting Memo N° 2 -Japanese Embassy-

### I. Overview

Name of Meeting	Courtesy Call
Date & Time	AM11:00, Monday, April 25, 2016
Venue	Japanese Embassy in Colombia
Participants (C/P)	H.E. Mr. Hatanaka, Messrs. Aoki, Tsuiki, and Isshiki
Participants (JICA Team)	Ms. Kuraoka (JICA) Teramoto, Padilla, Kikukawa
Meeting Material (Distributed)	N/A (ICR was distributed in advance)
Reference Material (Received)	None

### II. Meeting Memo

## 1. Overview of Survey

- JICA Team explained overview of the survey based on the ICR.
- Ambassador asked the situation of the ongoing projects including one by ISAGEN.

## 2. Comments from Ambassador

- The Sumitomo Mitsui Banking Corporation (SMBC) provide the back-finance for the Canadian firm that purchased the government's equity of ISAGEN. Ambassador anticipates the partnership will create a favorable environment for further mutual relationship.
- The ambassador stressed the necessity for Colombia to invest in infrastructure in general in order to develop economy. The government of Colombia now understands the increasing needs for investment. Thus the finance from the government of Japan will also have the roles to play in the development. The embassy will also seek the opportunity to realize the Japanese Yen loan.
- The embassy will consider and facilitate the assistance to the Team if necessary.

## 3. Misc.

- The Team will consult with the JICA Colombia office on the arrangement of reporting to the embassy.

End

## Meeting Memo N° 3 - Unit for Mining and Energy Planning - UPME-

### I. Overview

Name of Meeting	Presentation of the objectives and scope of the study to UPME
Date & Time	PM16:00, Monday, April 25, 2016
Venue	Boardroom UPME
Participants (C/P)	Mr. Ricardo Ramirez (Assistant Director Energy Area), Mr Henry Zapata
Participats (JICA Team)	Teramoto, Padilla, Kikukawa, Aguirre
Meeting Material (Distributed)	N/A (ICR and Presentation were distributed in advance)
Reference Material (Received)	None

### II. Meeting Memo

#### 1. Overview of Survey

- JICA Team explained overview of the survey based on the ICR and presentation.
- UPME is interested in promoting renewable energy from all sources.

#### 2. Comments from Mr. Ramirez

- Development of geothermal energy in Colombia on three fronts:
  - Develop a regulatory system to formalize the rights of subsoil use. Carry out a contract for this purpose and the corresponding institutionality. The Government, through the Ministry of Mines and Energy, is working on this purpose

- Development of a financial facility to help cover the exploration risk. There is a line of credit at the IDB, the first part is in a joint venture modality.
  - Knowledge of the natural resource. In 2015, Energy Resources Atlas was held in which there is no geothermal resource (it is the only one that is missing). UPME wants to know if you can still have JICA for achieving this goal, as it has been an agreement for some years.
  - Colombia has for the first time, an advanced project of 50 MW, in the environmental licensing process (EIA), very significant for UPME because it would be the first geothermal project in the country. This project is being developed by ISAGEN.
  - CREG has developed methodologies for firm energy generated from geothermal power. See the CREG 132 – 2014. The firm energy is a Colombian energy development, similar to charges for capacity, which seeks that generation projects give firmness to the energy sector. Within the concept of firm energy is the geothermal energy.
  - He recommended including ECOPETROL in this study because they have some oil well producing hot water which can be used to install a binary cycle plant.
  - Also, he mentioned that SGC has a plan to drill small diameter holes in Paipa.
  - There is a novelty in the management of geological information through the EPIS (Oil Data Bank). This information is valuable to feed the geology of the country.
  - Mr. Ramirez asked about the contents of the final report.
  - No goals by energy sources. There are tax incentives for renewable energy.
  - Mr. Kikukawa asked how this project helps you in your goals and Mr. Ramirez replied that through knowledge of the natural resource and with support in part regulatory.
  - The State is neutral from a technical point of view. The development is private.
  - Mr. Kikukawa asked: What conditions would have to be supported by JICA?
  - There is a loan with the IDB, and have support on energy issues, through studies of technical cooperation (non-refundable).
  - It is not enough with nonrefundable IDB resources for regulatory part.
  - Mr. Ramirez considers that it may be easier to obtain resources with the IDB with the Japanese government.
3. Comments from Mr. Zapata
- It is recommended to contact and have meetings with MADS due to the development of projects in natural parks and areas of moorland (páramos), with environmental restrictions. Also, they suggest contact the regional autonomous corporations. There is a sentence from Constitutional Court, which says that the local prevail over national. Therefore, is recommended to visit both local and national entities where geothermal potential exist.
  - In the Ministry of Mines and Energy, talk to Rogelio Ramirez, who is leading the group that are responsible for the formalization and use of the geothermal resource.
  - It is recommended to revise Resolution CREG 132 of 2014, by which is defined the methodology to determine the firm energy of geothermal plants.
  - Another entity that would be contacted is Ecopetrol, due to the possibility of installing a

binary plant in their processes.

- SGC, by the use of shallow drilling (slim hole), is going to improve knowledge of the Paipa area. By improving knowledge risks decrease in investment for exploration.
- The idea is to have sustainable development in a competitive framework.
- Assess the contributions of different energy resources, with the idea of improving security through diversification of the energy basket.
- They wanted to get a master plan regarding geothermal energy, but there has been no fluid communication with the government of Japan.

4. Misc.

- The Team will meet again with Mr. Ramirez and Mr. Zapata on Friday, 6<sup>th</sup> of May, after coming from Medellin.

End

**Meeting Memo N°4 – Regulation Commission of Energy and Gas – CREG (Comision de Regulacion de Energia y Gas)-**

I. Overview

Name of Meeting	Collecting information from CREG
Date & Time	PM 11:00, Tuesday, April 26, 2016
Venue	Office CREG
Participants (C/P)	Mr. José David Arias, Advisor of Regulation Office
Participants (JICA Team)	Teramoto, Padilla, Kikukawa, Aguirre
Meeting Material (Distributed)	N/A (ICR and Presentation were distributed in advance)
Reference Material (Received)	None

II. Meeting Memo

1. Overview of Survey

- JICA Team explained overview and objectives of the survey based on presentation.
- CREG referred to other entities to collect the information required for the study.

2. Comments from Mr. Arias

- Based in the questionnaire sent previously, he mentioned that most of the information required can be collected in other government entities.
- He clarify that they are responsible for regulations of the energy and gas, only. And the control of the electricity market is made by others entities.
- The price of electricity is fixed by the electricity market.
- He explained how the electricity market is in Colombia.
- He explained that the government is not interested to be involved in generation investment, because by law this is a matter for private. The compromise of the government is to facilitate the process to develop projects of energy.

End



## Meeting Memo N° 5 –SGC (Servicio Geologico Colombiano)

### I. Overview

Name of Meeting	Meeting with SGC
Date & Time	14:00PM, Tuesday, 26 <sup>th</sup> April, 2016
Venue	SGC
Participants (C/P)	Ms. Claudia Maria Alfaro Valero, Coordinator of Geothermal Resources Exploration Group
Participants (JICA Team)	Kikukawa, Padilla, Teramoto, Alcides
Meeting Material (Distributed)	ICR Presentation
Reference Material (Received)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Presentation material “Recursos geotermicos de Colombia y rol del Servicio Geologico Colombiano en su exploracion”</li> <li>2. "Feasibility study report of Geothermal Power Plant for ICEL (Electrificadora de Boyacá)" elaborado en marzo de 1983</li> <li>3. “FORMATO ÚNICO DE SOLICITUD DE PROYECTO DE COOPERACIÓN de 5th June 2015” and Annex</li> </ol>

### II. Meeting Memo

#### 1. Information from SGC

##### (1) Geothermal potential sites in Colombia

- There are five (5) high prioritized systems and at least twenty (20) low to medium systems identified by the reconnaissance study by Italy in 1992.

##### (2) Exploration status of five major geothermal sites

No.	Name of System	Priority*	Geology 1:25,000	Geochemistry	Geophysics				Model	
					Gravimetry	Magnetometry	GeoElectric (SEV)	MT	3D	
1	Paipa	Med- high	X	X	X	X	±	X	X	
2	Azufra	High	X	X	X	X	X	X		
3	San Diego	Med- high	X	X						
4	Nevado del Ruiz	ISAGEN /EPM	-	-	-	-	-	-	-	
5	Tufino, Chiles	ISAGEN	-	-	-	-	-	-	-	

\*: Classified by Italian study.

- SGC is not working at Nevado del Ruiz (No.4) anymore. Because private company, ISAGEN, is doing survey.
- Paipa (No.1) is assumed as the pilot site for SGC. Azufra (No.2) is the main field.
- Chiles project (No.5) has serious problem with indigenous people. Community against the project.

- For 3D model, SGC uses Geo-modeler by Australia to integrate all data to conceptual model.
- ECOPETROL had a 5 MW project plan at oil field in the past by research institution named ICP.

(3) Major tasks of SGC

SGC has mainly two tasks;

- 1) National hydrothermal map (2008), in sedimentary basins using oil boreholes data.
- 2) National inventory of surface manifestation (hot springs), which data is available from website: /hidrothermal.sgc.gov.co/

- Information is prepared for publication and shared to public.

(4) Methodology of geothermal resource exploration of SGC

- Now SGC is trying to follow the methodology below.



- Source: Reference material No.1, SGC, 2016
  - Drilling of three thermal gradient wells for Paipa was already approved by minister.
  - Financial source for one deep well has not yet agreed.
  - Potential estimation will be worked with UPME. They need more precise estimation.

(5) Target and schedule of

- July to Nov 2016: Interpretation into 3D model and targeting.
- From 2017: Prepare bidding of 3 thermal gradient wells and EIA

- Drilling

(6) Organizational structure of SGC: 10 staff



- Source: Reference material No.1, SGC, 2016

## 2. Possible cooperation by JICA

- SGC submitted written proposal to JICA about technical cooperation last year. However the dialogue has been stopped (see reference material No.3).
- Possible cooperation and its needs are summarized as follows.

Category	Needs	Remarks
Technical assistance	High	Technical advice for each stage of methodology such as interpretation of 3D data and targeting*.
Training and Capacity Building of staff	High	Main problem is that most of staff is 1 year contract are not allowed to attend trainings.
Laboratory and equipment	Low	Need more case study, ex. Fluid inclusion.
Master Plan Study	Med	-Once considered, but disappeared due to the problem of sovereign guarantee. -Higher level resource assessment is needed in order to estimate precise potential. (not like Peru M/P) -Update of geothermal potential map would be useful to estimate whole country potential. -Update applicable technology and prioritization etc

\*: One expert is coming for one week to review data integration this year.

## 3. Concession matters

- Only environmental permission is required for geothermal exploration.
- No permission is needed for surface survey. But Energy direction in MME is discussing about concession now.
- Environmental Authorities such as Colpocaldas issue permission to explore groundwater. ANLA is a regulator.
- Law of Natural Resource Code from 1974 regulate hot springs:
  - Hot Spring (regulated as groundwater) < 80 degree C <geothermal water

End

## Meeting Memo N° 6 -MADS

### I. Overview

Name of Meeting	Meeting with Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
Date & Time	9:00AM, Wednesday, 27 <sup>th</sup> April, 2016
Venue	MADS
Participants (C/P)	Ms. Karin Romero. Advisor to the Director of Environmental Affairs Ms. Maria Cecilia Concha Mr. David Fajardo, from ANLA
Participants (JICA Team)	Kikukawa, Padilla, Teramoto, Alcides
Meeting Material (Distributed)	ICR Presentation
Reference Material (Received)	N/A

### II. Meeting Memo

#### 1. Information from ANLA

- ANLA is an institution which provides technical cooperations and prepares regulations such as TOR for ESIA.

#### 2. General information of EIA

- EIA process in Colombia for energy development project is regulated in Act 99 of 1993.
- Power generation between 10 MW to 100 MW is regulated by regional authority.
- Power generation over 100 MW is regulated by ANLA.
- Power generation lower than 10 MW doesn't require an EIA, but a permit only.
- Act 1715 of 2014 Section 21 defines the geothermal issues. Also, mentions that MADS should define the TOR for environmental licenses.

#### 3. Environmental License

- Working group has been formulated since last year in order to establish the draft decree regarding license issues. The members for this working group are MME, SGC, UPME, ANLA and MADS.
- There are two licenses for 1) exploration and 2) exploitation.
- The working group have been working in a draft of a decree to establish the way to award the exploitation license in order to guaranty that the company that made the exploration, also can get the license for exploitation of the resource.
- Environmental license is valid for project life, and includes social aspects.
- With respect to EIA implementation, laboratory should be registered with certification, but not necessary for consulting firms.
- Time for approve of EIA is 90 days.

#### 4. Other

- The working group has received support from IRENA by bringing experts to help on

different issues.

- They recommended talking with Mr. Camilo Tautiva from UPME.
- The concession of Nevado del Ruiz has been awarded to EPM and ISAGEN, therefore, CorpoCaldas has to solve this confusion.
- They require technical assistance to train the MADS personnel involved on geothermal issues. Other specific issues to be trained:
  - How to deal with sensitive eco-systems.
  - Geothermal issues in general
  - Causes of subsidence related to geothermal exploitation.
  - Environmental Risks and social issues.
- For geothermal issues, they have moved personnel from other related departments in according to their experiences. In case there is no one available, they hire new personnel, but to do this, they have to budget for the following year.
- In Colombia there are many companies for EIA in any topic and there is no need to be certified.

End

## Meeting Memo N° 7 - DNP

### I. Overview

Name of Meeting	Meeting with DNP
Date & Time	11:00AM, Wednesday, 27 <sup>th</sup> April, 2016
Venue	DNP
Participants (C/P)	Mr. Fabian Barbosa lebolo, Advisor, Infrastructure and Sustainable Energy Division
Participats (JICA Team)	Kikukawa, Padilla, Teramoto
Meeting Material (Distributed)	ICR Presentation
Reference Material (Received)	N/A

### II. Meeting Memo

#### 1. Overview of Survey

- JICA Team explained overview of the survey based on the ICR and presentation.
- JICA Team also explained the discussions at the meeting with UPME.

#### 2. Information from DNP

- Government is currently considering the diversification of energy sources.
- The renewable energy and energy efficiency are important to address the hydrological risks.
- DNP also explained the current electricity tariff system where the strata 5 and 6 customers contribute 20% of the cost for cross subsidy.
- JICA Team asked the status of the development of Non-conventional Energy and Energy Efficient Management Fund (FENOGE).

- The decree for the fund is being prepared and expected to be issued in June 2016. The details of the fund operation are not yet decided, and the Ministry of Mines and Energy is in charge.
- The levy from the end-user (0.40 pesos/kWh) and the contribution from the external organizations will be the fund source. KfW and Bancoldex show the interest.
- Other levy is also collected for the purpose of rural electrification (ZNI; zonas No Interconectadas) The amount for this is 1.5 pesos.kWh.
- The contact person at the Ministry for FENOGE is Mr. Daniel Mendoza.

End

## Meeting Memo N° 8 – Institute of Planning for Energy Solutions for Non Interconnected Zones – IPSE (Instituto de Planificación de Soluciones Energéticas para Zonas No Interconectadas) –

### I. Overview

Name of Meeting	Collecting information from IPSE
Date & Time	PM 14:30, Wednesday, April 27, 2016
Venue	Office IPSE
Participants (C/P)	Mrs. Gloria Parga, Civil Eng. of Planning Office Mr. German Hernandez, Electrical Eng. of Planning Office
Participants (JICA Team)	Teramoto, Padilla, Kikukawa
Meeting Material (Distributed)	N/A (ICR and Presentation were distributed in advance)
Reference Material (Received)	Presentation of IPSE (PPT)

### II. Meeting Memo

#### 1. Overview of Survey

- JICA Team explained overview and objectives of the survey based on presentation.

#### 2. Comments from Mrs. Parga

- Explained that the main responsibility of IPSE is to promote energy solutions for Non Interconnected Zones by using Renewable energy.
- The activity of IPSE is regulated by the Article 11, Law 143 of 1994.
- The Non Interconnected Zones are defined in the Art 1°, Law 855 of 2003.
- She mentioned that IPSE has a total installed capacity of >216 MW mainly from diesel generator and from this only 2.6 MW from renewable energy (solar).
- At the moment, IPSE is working in cooperation with USAID since 2013 to develop renewable energy projects (solar projects). The company which is responsible to design, install and monitoring is Tetra Tech from USA.
- After the power plant is finished and tested, the same community is responsible for operation and maintenance of the equipment.
- IPSE has the geothermal resource map with the location of the villages. The map is

however developed more than 20 years ago and would need to be updated.

- Needs:
  - They mentioned the needs for training in geothermal issues, because they don't have trained people on this matter.
  - Also, they request finance support for renewable energy projects (no reimbursable funds) like grants. Or by cooperation were JICA support with a percentage of the total cost.
- FENOGE is a fund created recently, but cannot be used so far, because the regulations is still no finished.
- IPSE receive economic support from the General Budget of the Nation.
- Also, they receive finance from the FAZNI, which represent 1.9 Colombian pesos of each kW paid by the final consumers. From this 0.4 Colombian pesos is FENOGE.

### 3. Misc.

- For IPSE the cost to install 1 kW for solar power is 7,000 USD.

End

## Meeting Memo N° 9 – MME-

### I. Overview

Name of Meeting	Collecting information from MME
Date & Time	AM 10:00, Thursday, April 28, 2016
Venue	Office of MME
Participants (C/P)	Mr. Rogerio Ramirez, Head Electric Power Dept. Mr. Ulpiano Plaza, Mr. Alex Cañas, Subdirector and advisor of the Minister
Participats (JICA Team)	Teramoto, Padilla, Kikukawa, Aguirre
Meeting Material (Distributed)	ICR and Presentation
Reference Material (Received)	None

### II. Meeting Memo

#### 1. Overview of Survey

- JICA Team explained overview and objectives of the survey based on presentation.
- The major topic of the meeting is the government policy and vehicles to promote geothermal energy.

#### 2. Discussion

- The decree on FENOGE is not being prepared. MME expects to issue the decree in June 2016.
- There would be two kinds of financial resources for the fund: the levy from consumers and the contribution from external organizations.
- The levy will be used for projects for public entities whereas the external contribution could be used for private companies.

- The percentages for RE and EE for the fund utilization have not fixed yet. The committee will guide the fund operation of the trust fund such as priority, project selection.
- The power market is liberalized. The government would not in a position to directly invest in the geothermal project.
- Yet the policies would assist the development by private entities.
- The other major funds of the MME include PRONE (Standardization Program Electrical Networks), FAZNI (Financial Support Fund for Electrification of Non-interconnected Areas), and FAER (Financial Support Fund for the Electrification of Interconnected Rural Areas).
- The funds are awarded by a committee conformed by representatives from MME and others entities.
- ISAGEN was previously selected as the candidate of Geothermal Development Fund before the privatization. However, it is not known how the project is developed by using the fund. This fund is in revision because is no longer a public company.
- MME recognized that the clear rules and regulations will be necessary for the geothermal development. MME will look into the necessary actions for developing projects.
- With respect to the IDB project, the electricity department does not know the details. But the project started in 2014.
- Other useful information would be the resolution 045 of 3 February 2016, UPME and the decree of May 2016, the Ministry of Environment.

End

## Meeting Memo N° 10 – CODENSA (ENEL Group) – World Energy Council (WEC)

### I. Overview

Name of Meeting	Collecting information from CODENSA
Date & Time	AM 08:00, Friday, April 29, 2016
Venue	Office CODENSA
Participants	Mr. Jose Garcia, Special Projects, CODENSA (ENEL Group)  Ms. Cristina Morales Rivadeneira, Associate Regional Manager, Latin America and the Caribbean, World Energy Council.
Participants (JICA Team)	Teramoto, Padilla, Kikukawa, Aguirre
Meeting Material (Distributed)	N/A
Reference Material (Received)	None

### II. Meeting Memo

#### 1. Overview of Survey

- JICA Team explained overview and objectives of the survey.



## 2. Comments from Mr. Garcia

- Special Projects Division is in charge of the search for alternative generation, distribution and commercialization of energy, different from the traditional market.
- ENEL, through CODENSA, markets and distributes energy in Bogota and Cundinamarca
- Enel Green Power has been dabbling in renewable energy generation in Colombia, with an interest in photovoltaic and wind.
- ENEL has not explored geothermal development in Colombia due to lack of clear rules, however there is interest about the future of this development.
- ENEL has been conducting studies to areas not interconnected with small energy development (wind, photovoltaic and diesel), especially in Guajira and Choco.
- They consider that there are gaps in financing the operation of energy plants in not interconnected areas.
- He suggests to contact Azahara Lopez, who represents ENEL Green Power in Colombia, in order to know her views on the possibilities of geothermal development in Colombia.

## 3. Comments from Ms. Morales

- WEC wants to promote renewable energy in Colombia, especially geothermal energy.
- WEC has carried out a couple of events in Colombia. In the second event (this year), it was created SER - Renewable Energy Society Colombia, to promote the development of renewable energy.
- WEC are not project managers.
- WEC is an international organization that wants to develop a sustainable energy policy, which includes geothermal energy.
- WEC, SER and APC - Presidential Agency for International Cooperation try to pressure the Colombian government to have a clear policy on renewable energy in order to attract investment.

End

## Meeting Memo N° 11 – UNAL

### I. Overview

Name of Meeting	National University
Date & Time	10:00AM, Friday, 27 <sup>th</sup> April, 2016
Venue	UNAL
Participants (C/P)	Mr. Carlos Vargas, assistant professor of geophysics
Participants (JICA Team)	Padilla, Teramoto, Alcides
Meeting Material (Distributed)	ICR Presentation
Reference Material (Received)	Technical papers

### II. Meeting Memo

#### 1. Information from UNAL

- There are three professors in this moment doing research with regard to geothermal, such as geophysics, magmatic volcanology and geochemistry in geoscience department out of forty-two professors.
- Prof. Carlos Vargas is now focusing topics on sedimentary basins, geothermal gradient of medium-low enthalpy from oil exploration fields.
- Prof. Carlos Zuluaga and Prof. Jhon Jairo Sanchez are more focusing on magmatism and volcanism.

## 2. Research scheme

- Tax deduction: If a company has a project with National Research Institutions such as UNAL and SGC, approved by Colciencias, they can get tax deduction of about 60% (see Colciencias website: <http://www.colciencias.gov.co/node/1259>). Companies pay less tax and get tax credits for investing in the generation of new knowledge through Scientific Research Investment + Technology Development + Innovation
- Previous ISAGEN study was performed using this scheme.

## 3. Capacity

- Human resource:
  - There are human resources in geology, geochemistry and geophysics which are needed for geothermal exploration.
  - However there are not enough projects and job opportunities for them.
- Equipments
  - Enough analysis equipments in good conditions and with enough analysis abilities.
  - X-ray etc...
- Universities in Colombia
  - There are some state owned universities in Colombia. A few of them may have departments of volcanology and so on (e.g. Universidad de Caldas, and may be UIS).
- International partnership
  - Every professor has his own contacts with other overseas universities.
- Services to others
  - The Lab offers services to anyone who demand it, as Lab analysis of samples for geology.

End

## Meeting Memo N° 12 – Integral

### I. Overview

Name of Meeting	Meeting with Integral
Date & Time	10:30 AM, Tuesday, 2 <sup>nd</sup> May, 2016
Venue	Integral
Participants (C/P)	1. Ms. Beatriz Hernandez A, Directora de Gestion y Estudios Ambientales

	2. Ms. Maria Paula de ala Boche B, Directora de Mercadeo 3. Ms. Eliana Canora 4. Mr. Juan Luis Cadavid R., Gerente de Energia y Aguas
Participants (JICA Team)	Kikukawa, Padilla, Teramoto, Alcides,
Meeting Material (Distributed)	ICR Presentation
Reference Material (Received)	●

## II. Meeting Memo

### 1. ESIA survey for Nevado del Ruiz project by ISAGEN

- a. Integral has been working for ISAGEN project in terms of environmental license for EXLORATION stage including 5 exploration drillings pre F/S in 2011-2013.
- b. Integral submitted comprehensive ESIA study to ISAGEN in 2015 to get environmental license for EXPLORATION and EXPLOITATION including production and reinjection wells, water supply, construction of 50MW power plant and relative civil works.
- c. Surface survey may be implemented without environmental permission, as long as no significant environmental impact is expected, just needs area permits from land owners (300m gradient wells were drilled without environmental license in Nevado del Ruiz in 2011).
- d. Not significant environmental impact is assumed from the project. Major possible environmental impacts revealed from ESIA study are Noise, Air quality and Water.
- e. Social issues should be more important for geothermal projects.

### 2. Possible cooperation from JICA

- a. UPME may need technical advice on geothermal development process.

### 3. Relative Regulations

- a. Ley 99 de 1993
- b. Decreto 1076 de 26 Mayo 2015 (pg 194)

End

## Meeting Memo N° 13 - Regional Autonomous Corporation of Caldas - CORPOCALDAS-

### I. Overview

Name of Meeting	Presentation of the objectives and scope of the study to CORPOCALDAS
Date & Time	PM14:30, Monday, May 02, 2016
Venue	Boardroom NIPPON KOEI LACK (Medellin) - Videoconference
Participants (C/P)	Mr Andres Fernando Ramirez Baena (Evaluation and Monitoring - Energy Projects)
Participats (JICA Team)	Teramoto, Padilla, Kikukawa, Aguirre
Meeting Material (Distributed)	N/A

Reference Material (Received)	None
-------------------------------	------

## II. Meeting Memo

### 1. Overview of Survey

- JICA Team member Saul Padilla explained overview of the survey based on the presentation.
- CORPOCALDAS must decide on which company is responsible for the exploration and exploitation of the geothermal field in the Valley of Las Nereidas.

### 2. Comments from Mr. Ramirez Baena

- CHEC - EPM obtained a geothermal exploration license in 1994 to an area in the Valley of Las Nereidas. Such license established three small fixed drilling areas. In 1997, a well was drilled, which was dry. The license is still in effect.
- Decree 1076 of 2015 is related to environmental laws of Colombia, and establishes that power generation projects, below 100 MW and above 10 MW, will be evaluated by the autonomous regional corporations.
- EPM-CHEC have the idea of generating 25MW production per well, they were assigned terms of reference for the preparation of an EIA in order to drill a second exploratory well. Have the advice of Dewhurst Group, they have made magneto-telluric in recent years.
- ISAGEN explorations began in 2008 in the Ruiz Volcanic Massif, and presented an Environmental Impact Study for exploration, use and exploitation, including areas in the Valley of Las Nereidas (Caldas) and Herveo (Tolima).
- ANLA started reviewing the document, but not evaluated. Finally, the file was sent to Corpocaldas.
- Since, ISAGEN requests in a single EIA, exploration areas in two departments, ANLA must define which of corporations, including Corpocaldas and Cortolima, is the most competent to review the EIA.
- The areas requested by EPM and ISAGEN, are not only sectors in the Parque Los Nevados, but also correspond to areas of Forest Reserve (according to Law 2 of 1959); therefore, must be requested a permit for forest subtraction, which is being managed by ISAGEN, but not by EPM.
- Corpocaldas has suggested that EPM and ISAGEN should get together sometime.
- The government must define a master plan for geothermal energy in Colombia.
- Due to the nature of the environmental license, EPM must make an EIA whenever going to drill a new well, with new terms of reference.
- What Corpocaldas needs is the following:
  - Legislation of other countries in cases of overlap
  - How to Build a master plan
  - How to deal with environmental issues related to geothermal development.

### 3. Comments from Mr Padilla

- How is the situation between EPM in ISAGEN, with respect to the area in the Massif

Volcanic Los Nevados, so it will not happen again?

- Caldas could undertake its own master plan in the field of geothermal energy, and be the example for others.

End

## Meeting Memo N° 14 – ISAGEN

### I. Overview

Name of Meeting	Collecting information from ISAGEN
Date & Time	AM 09:30, Tuesday, May 03, 2016
Venue	Office ISAGEN
Participants (C/P)	Mr. Luis Alberto Posada, Research and Development Manager Mr. Julian Echeverry, Civil Engineer Ms. Eleana Mejía, Geologist Mr. Javier Méndez,
Participants (JICA Team)	Teramoto, Padilla, Kikukawa, Aguirre
Meeting Material (Distributed)	N/A
Reference Material (Received)	

### II. Meeting Memo

#### 1. Overview of Survey

- JICA Team explained overview and objectives of the survey based on presentation distributed during the meeting.

#### 2. Comments from Mr. Posada

- He required more explanation about our mission, especially about the relationship of JICA and UPME for this project. He wanted to know who had the initiative to do this work. The JICA's team explained about it.
- He mentioned that the main barriers to develop the geothermal energy in Colombia are related to:
  - **Not enough technical knowledge.** He considers that the entities responsible to manage and/or to make the laws and regulations need training on geothermal issues, especially on environmental and social aspects.
  - **Training on environmental and social aspects.** He mentioned that the environmental minister, license authority and regional environmental authority have not enough knowledge on this issues and they are the responsible to evaluate the IEA. This is something that delay the new projects or the project presented to request the license.
  - **He recommended reviewing the following documents:** Decree 2811 – 1974, Law 99 – 1993 and Decree 2041 – 2014.
  - **Finance Aspects:** He considers that is necessary finance support for the exploration stage, where the major risk is present.
  - **Support** from cooperation agencies, like JICA or others multilateral banks.

- **Competition with other energy source.** He mentioned that hydro and coal are the main competitors of geothermal development in Colombia. Since these kind of resource is cheaper in the country, then geothermal energy has to be cheap, in terms of cost for each kW generated.
- **Social Aspects.** This issue has more occurrence where there are indigenous village. The project has to deal with the leader of the tribe and has to demonstrate the benefits of geothermal energy. This problem is more common in the project with Ecuador.
- The Interest rate to evaluate and compare projects of the company is higher than the interest rate they had before was sold to the Canadian company.
- Inflation of country is other value that has to be considered. The exchange currency rate is a big aspect that affect the geothermal projects.

End

## Meeting Memo N° 15 – EPM

### I. Overview

Name of Meeting	Collecting information from EPM
Date & Time	AM 09:30, Tuesday, May 08, 2016
Venue	Office EPM (Medellin)
Participants (C/P)	Mr. Julian Lopez Palacio, Project Manager Mr. Carlos Nicolas Zuluaga Valencia Mrs. Elizabeth Mesa Munera Others
Participants (JICA Team)	Teramoto, Padilla, Kikukawa, Alcides
Meeting Material (Distributed)	ICR (ppt)
Reference Material (Received)	Presentation: Nereidas Valley Geothermal Project

### II. Meeting Memo

#### 1. Overview of Survey

- JICA Team explained overview and scopes of the survey based on presentation distributed during the meeting.

#### 2. Comments from EPM

- They explain that EPM is a group of different companies and has presence in several countries and manage different business: electricity, water, gas and management of solid waste. In the electricity generation is CHEC, which is the responsible to manage the geothermal project.
- Presentation of Julian Lopez:
  - The division of CHEC depends directly from the municipality of Medellin.
  - CHEC operate 7 power plants, mainly hydro, and this represent 1.6% of the national installed capacity and EPM has 23.8% of the total installed capacity.

- At moment, CHEC/EPM, operate a wind power plant and their interest is to continue increasing the install capacity on renewable energy resources.
- As a public company EPM can access to finance support from cooperation agencies like JICA, either for grants or loans with the approval of the government.
- CHEC have found that in Nevado Del Ruiz there is a high potential for geothermal development and, also, in the whole Los Andes range. The prefeasibility study was supported by a small fund from USTDA.
- EPM comments that the government is considering other types of incentives in order to support the development of renewable energy (wind, solar and geothermal).
- In 1994 CHEC got the environmental license to drill depth wells in the Nereidas Valley. In 1997, a depth well was drilled.
- After drilling, CHEC keep the license for some years waiting for the better economic conditions of the company and expecting for more support from the government for this kind of energy. In 2009 EPM created a team work to start the project again.
- In 2013 and 2015, EPM/CHEC received economic support from USTDA to do surveys in the geothermal area. These surveys were made by Dewhurst.
- The results of the surveys are now in revision. For this, EPM/CHEC is in negotiation with LaGeo from El Salvador.
- After the review, they expect to start the process to drill. Therefore, at the same time, they are evaluating offers for IEA for 3 depth wells in order to be ready to drill.
- At moment there are not specific regulations for the exploitation of the geothermal resource.

### 3. Others

- In 2004 the license included very basics requirements for environmental issues and for some specific drilling sites.
- The ToR for IEA used for the new wells are based on ToR from oil and mine industries. But they look good for this case. And they did not included the IEA for the power plant because they cannot fix an exact place for the surface installations (power plant, pipeline and steam separator station).

End

## Meeting Memo N° 16 - UPME-

### I. Overview

Name of Meeting	Meeting with UPME
Date & Time	10:30AM, Friday, 6 May 2016
Venue	UPME Office
Participants (C/P)	Mr. Ramirez, Mrs. Marcela Bonilla, Mr. Henry Zapata
Participants (JICA Team)	Kikukawa, Teramoto, Padilla, Aguirre
Meeting Material (Distributed)	Agenda, Modification of Legal
Reference Material (Received)	None

### II. Meeting Memo

#### 1. Finance

- UPME mentioned that any kinds of subsidy and financial intervention by the government will be not acceptable to the Colombian government. There shall be no subsidies for electricity generation by geothermal.
- FIT will also be difficult to the related parties in Colombia. They have not considered it so far.
- There are several options for funds to develop geothermal projects. Two main options: a) Through Japanese Government or JICA, and b) through another finance fund, for example IDB.

#### 2. Environment & Social Considerations

- There is no a fiscal regime for exploration and exploitation of geothermal resources.
- The licensing for exploration and exploitation by the Ministry of Environment does not provide the approval for the power generation (connection right to national grid line). The use of geothermal resources and power generation will need a separate concession.
- However, the government of Colombia has not been equipped with the necessary legal provisions for the purposes.
- There is a working group from several governmental entities to define the ToR for the environmental licenses in every stage of the geothermal projects. Also, this group is working to regulate the licenses in natural parks and indigenous settlements.
- Social issues should be regulated by Ministry of Interior and Ministry of Environment.

#### 3. Major concerns for UPME

- How to improve knowledge on geothermal resources
- How to develop a fiscal regime for licensing (resource access rights) for geothermal exploration and exploitation as well as ToRs.
- How to get assistance from Japanese Government or JICA to develop terms of reference to regulate exploration and exploitation of geothermal resources.
- 

#### 4. Draft Recommendation

- UPME wishes to have the following activities in a JICA assistance
  - ✓ Draft legal documents for licensing and concession for geothermal



- ✓ Capacity development on geothermal development
- With respect to the assistance for legal and regulation, JICA Team will coordinate with BID since they have ongoing geothermal project in Colombia.

End

## Meeting Memo N° 17 - KfW Germany-

### I. Overview

Name of Meeting	Interview with kfw
Date & Time	11AM, Monday, 9 May 2016
Venue	Teleconference
Participants (C/P)	Jens Wirth
Participats (JICA Team)	Kikukawa, Teramoto, Padilla, Aguirre
Meeting Material (Distributed)	None
Reference Material (Received)	GDF presentation

### II. Meeting Memo

#### 1. GDF

- The application of GDF contingent grant is basically one project for one country. The applicants can be private, public or PPP. (ISAGEN and EPM could compete.)
- The operation in Latin America will start in October this year.
- There are no needs for counter-guarantee for financing.

#### 2. FENOGE

- KfW provide the technical assistance for preparing the documents for FENOGE.
- The funding allocation for energy efficiency and renewable energy has not been fixed yet. However given the situation of geothermal development in Colombia, the application for geothermal power development would be at a later stage.
- The government capacity to run the fund could be an issue.

#### 3. KfW Operation

- KfW would basically require a sovereign guarantee but some projects could take the counter-guarantee by other parties such as MIGA.
- GDF is one of the vehicles to avoid the issue.
- KfW's operation for geothermal in Colombia is looked after from Germany.

#### 4. CAF related

- KfW is collaborating with CAF for GDF financing scheme.
- However KfW does not have a cofinancing arrangement with IDB.

End

## Meeting Memo N° 18 -Bancoldex-

### I. Overview

Name of Meeting	Meeting with Bancoldex
Date & Time	9AM, Tuesday, 10 May 2016
Venue	Gerencia Flujos Globales Office
Participants (C/P)	Doris Arevalo Ordoñez, Lina Fernanda Baldrich Oviedo
Participants (JICA Team)	Kikukawa, Padilla, Aguirre
Meeting Material (Distributed)	None
Reference Material (Received)	None

### II. Meeting Memo

#### 1. Agreement between Bancoldex and IDB

- To assist developers of geothermal energy projects in Colombia
- The resources that support the program comes from CTF (Clean Technology Fund)
- About 9,500,000 USD
- Nonrefundable resources contract, contingent recovery
- If there is no success, the money is returned to CTF
- The program is in design phase (It will be ready by the end of 2016)
- It is expected to mitigate some of the risk in the early stages of exploration, taking some losses in the event that the well resulting unsuccessful, or moving resources to other wells in case of success.
- It will be the first non-refundable program by Bancoldex.
- It resembles more a technical cooperation than to a credit
- No money in advance, only is provided a commitment letter
- 10-year program
- Public and private companies are in equality of conditions
- About \$ 500,000, would be additional resources, for regulatory framework (technical assistance), which would be allocated to environmental authorities in case they need it.

#### 2. JICA could make loans through the IDB, however the costs would rise because of the intermediaries.

#### 3. Other Bancoldex credit lines for renewable energy

- Energy efficiency for hotels, clinics and hospitals
  - Almost in execution phase (1<sup>st</sup> of June 2016)
  - 10,000,000 USD from CTF
  - Trough IDB
  - Reimbursable resources
- Nonconventional energy sources in areas that are non-interconnected
  - Market study phase

- 9,365,000 USD from CTF
  - Trough IDB
  - Reimbursable resources
  - Incorporation of clean technologies in the integrated public transport system in Bogotá
    - In execution
    - 40,000,000 USD from CTF
    - Trough IDB
    - Reimbursable resources
4. Natural Markets for Bancoldex
- Private companies of manufacturing, services and trade

End

## Meeting Memo N° 19 -Financiera de Desarrollo Nacional-FDN

### I. Overview

Name of Meeting	Meeting with FDN
Date & Time	11AM, Monday, 16 May 2016
Venue	Meeting room FDN
Participants (C/P)	Marcela Ochoa Bernal, International Affairs Director
Participats (JICA Team)	Kikukawa, Aguirre
Meeting Material (Distributed)	None
Reference Material (Received)	None

### II. Meeting Memo

#### 1. About FDN

- Development bank with mixed capital (multilateral and government), which is specialized in infrastructure.
- Board composed of IFC (World Bank), CAF, SUMITOMO, and the government.
- Energy, especially renewable, is one of the strategic sectors for FDN. It is a sector in which FDN wants to focus in the coming years.

#### 2. FDN and economical support for renewable energies

- FDN has identified some market barriers to the development of renewable energy
  - At regulatory level (Regulatory changes should be made for the development of renewable energy by making them economically viable)
  - There is a problem of market concentration (three companies dominate the market). The idea is to have new players.
  - MME should have a greater role in the development of renewable energies.
- FDN has a working group with UPME, CREG and MME, also with ISAGEN and XM.

- FDN, through the World Bank, is bringing energy auction experiences of other countries (Peru, Mexico, South Africa and India), in order to make special auctions for renewable energy, with the idea that prices of renewable energy be lower.
- FDN is applying for resources from CTF, through World Bank, to create a guarantee fund for renewable energy projects (also, as experience from Peru, Mexico, South Africa and India).
- FDN is looking with Canada, having pre-investment funds for prefeasibility and feasibility studies, with non-reimbursable loans (5,000,000 USD), without interest, in order to promote clean energy. FDN would have a quota of 100,000,000 USD to move in the Colombian market.
- FDN is helping to move the regulation.
- FDN wants to help make a financial closure, to meet the goals of the UPME to reach certain percentages of renewable energy in the future regarding the current energy basket.
- FDN's role is to mobilize actors, funding sources and promote regulatory changes (the pretention is to be a catalyst for development of renewable energy).
- FDN, based on studies by UPME, believes that the cost-benefit analysis, after hydropower, wind and solar energy have good prospects. Geothermal energy, although has much more firmness, has high exploration costs, so it would require subsidies for studies. Moreover, transmission costs are high for renewable energies in general.
- FDN has no interest in ZNI.
- FDN has interest in SIN as it is also interesting for private sector.
- FDN, with UPME and DNP, try to propose a program of efficient power transmission for renewable energy developments.
- FDN identifies coal as an enemy, given the large reserves of this mineral and low energy production costs. There are pressures from various sectors for there to be expansion in coal. However, due to the use of coal, which is polluting, FDN anticipated that the country could be penalized internationally, for failure to goals related to reduction of emissions, something that has already been felt in other countries. Cooperation agencies would divert resources to other countries.
- There would be trouble in the social part and land ownership in areas where it could present a renewable energy development (additional risk).

### 3. FDN business lines

- Technical and financial structuring of projects, APP projects (Public Private Partnerships) with public origin.
- Finance business. FDN provides financial products to leverage projects. FDN participates with no more than 30% per project, with the idea that other banks come to finance.
- FDN makes loans for large infrastructure projects over 50,000,000 USD. Loans to the consortium, the sponsors, the dealer.
- IDB and CAF possibilities for pre-feasibility studies.
- Expecting to have a green credit line for projects associated with renewable energy,

towards the end of the year

- As a development bank, the rates are very competitive, Financing in pesos.
- No projects with CAF.
- Group of 12 people for renewable energy by the FDN, due to it would be many projects to evaluate in the future.

FDN is keen to contribute to the study of JICA

End

## Meeting Memo N° 20 - ENEL-SER

### I. Overview

Name of Meeting	Meeting with ENEL - SER
Date & Time	4:30 PM, Tuesday, 17 May 2016
Venue	Business Development Manager Office
Participants (C/P)	Azahara Lopez, Business Development Manager Colombia & Ecuador
Participats (JICA Team)	Kikukawa, Aguirre
Meeting Material (Distributed)	None
Reference Material (Received)	None

### II. Meeting Memo

#### 1. About JICA project

- Mr. Kikukawa explains the objectives of this project and that there are two possibilities for JICA with respect to geothermal development in Colombia:
  - Technical assistance
  - Loans for private and public companies

#### 2. About ENEL Group in Colombia

- The ENEL Group operates three subsidiaries in Colombia:
  - EMGESA, which is the country's second generator and is in charge of conventional power generation (hydro and thermal).
  - CODENSA is a distributor and marketer of energy
  - ENEL Green Power is power generator only with renewable energies
- EMGESA and CODENSA have a local partner such as EEB (Empresa de Energia de Bogota)

#### 3. ENEL Green Power

- Incorporated subsidiary in Colombia since 2012
- ENEL Green Power is fully integrated ENEL Group, since January 2016, which has a

line of business as it is renewable energies (wind, solar, geothermal, biomass).

- ENEL Group generates 10,000 MW in renewable energy worldwide, of which 900 MW correspond to geothermal energy.
- ENEL Group is currently building the first geothermal project in South America, Cerro Pavilion in Chile, which will come into operation in late 2016 or early 2017. The project has two stages, each of 40 MW.
- ENEL Group is closely related to JICA and have experts in geothermal energy.
- Why ENEL Group is not developing geothermal energy in Colombia?
  - Because Colombia does not have a regulatory framework for the development of this technology (there are no concessions for geothermal exploration exclusively)
  - The time development of a geothermal project are longer than for other energy.
- ENEL group carried out a seminar in Bogota, last year, on geothermal energy, in company with the Javeriana University and collaborates with the National University in a Master on Energy.

#### 4. SER - Renewable Energy Society of Colombia

- SER was created to bring together all the companies related to renewable energy in Colombia (generators, technologists, consultants, and developers)
- 25 companies at the moment.
- Board of 9 members
- The aim is to achieve a diversification of Colombia's energy matrix, and that renewable energies become part of this matrix.
- The only company of the association that is related to geothermal energy is ENEL
- SER invites JICA to join the association
- Three commissions:
  - Technical-regulatory
  - Environmental and social
  - Communications
- The first task is to get a homogeneous licensing process for renewable projects, with unified character.

#### 5. Cost of geothermal generation in Colombia

- More than the price of power generation, development of renewable energy is stagnant because there are no long term power sale contracts. Energy prices are highly volatile.
- Any renewable energy can enter Colombia's energy matrix
- Renewable energies will not be developed by the 1715 Act. It helps, but it is not enough.
- Colombia's energy policy is designed for conventional energy only.
- The two mechanisms can coexist: Charge for reliability and long-term contracts
- Charge for reliability would make that geothermal energy were very competitive due to

the firmness. This does not happen with solar or wind.

End

## Meeting Memo N° 21 –CAF

### I. Overview

Name of Meeting	CAF Meeting
Date & Time	9:30AM, Thursday, 19 <sup>th</sup> May, 2016
Venue	Telephone
Participants (C/P)	Mr. Alejandro Peña
Participats (JICA Team)	Kikukawa, Alcides
Meeting Material (Distributed)	None
Reference Material (Received)	None

### II. Meeting Memo

#### 1. Information from JICA

- JICA Team explained the objectives and goals of the JICA survey, particularly financing for geothermal projects.

#### 2. CAF activities in Colombia

- GDF & KfW loan: The two parties signed the loan contract. The KfW lend 350 million euro (250 mi. for geothermal and 100 mil. for urban transport). The geothermal component expects to finance the geothermal projects in Latin America including Colombia.
- The loan is a part of the GDF scheme and expects to function as the financing lines for power plant construction.
- The loan operation therefore will be combined with the contingency grant operation in GDF.
- KfW is not going to directly finance those geothermal projects. KfW is going to lend money to CAF y CAF is going to finance geothermal projects (private companies), partially with money lent by KfW, with an insurance by Munich Re.
- The surface study and exploration drilling of the projects would be partially funded initially with GDF grant resources. The capacity drilling and power plant construction can be financed by the CAF loan, which would be used to pay back 80% of the grant and continue drilling after the first three wells.
- JICA could have a similar financing scheme with CAF.
- CAF has also geothermal project in Chile and is interested in the Colombian market.
- JICA Team explained the overview of the findings of the field survey so far.

#### 3. Others

- CAF did not know the FENOGE and IDB grant geothermal project. JICA Team will send the relevant information in public domain.
- CAF is interested in collaborating with JICA and requested the JICA Survey report

once it is out. The JICA Team explained that JICA HQ would share the report with CAF.

End

## Meeting Memo N° 21A – Dewhurst Group Bogota

### I. Overview

Name of Meeting	Dewhurst Group Meeting
Date & Time	9:30AM, Tuesday, 24 <sup>th</sup> May, 2016
Venue	Hotel Holiday Inn - Lobby
Participants (C/P)	Mr. Sebastian Vargas, Mr Jonathan Hernandez
Participants (JICA Team)	Kikukawa, Alcides
Meeting Material (Distributed)	None
Reference Material (Received)	None

### II. Meeting Memo

#### 1. Information from JICA

- JICA Team explained the objectives and goals of the JICA survey.

#### 2. Dewhurst Group activities in Colombia

- They were EPM advisors for geothermal exploration. Specifically, up to Phase II. It was not only advisory, also they support EPM with technical assistance in field and its subsidiary CHEC (geophysical model, reservoir model, well design, among others).
- Dewhurst Group are advisors and consultants, based in Colombia. They have had relations with government entities and private companies, other consultants and academic institutions.
- They have managed non-refundable loans, from the government of the United States (USTDA), for the development of geothermal energy in Colombia.
- They have supported the Ministry of Mines and Energy, through CREG, by making the methodology to determine the firm energy for geothermal plants.
- Their main office in Latin America is located in Manizales. Also, they have an office in Bogota and two offices, including HQ, in USA. Although, they also have representatives in Santiago (Chile) and Mexico City (Mexico).
- They have trying to train CHEC and EPM on thinking more like New Zealander or American developer.

#### 3. Dewhurst Group and GDF

- Dewhursts Group was selected as a fund manager for GDF in Latin America
- The first disbursement for the first year will be for 50 million Euros in January 2017
- About 1 billion USD for 10 years, 11 countries (Costa Rica, El Salvador, Nicaragua, Honduras, Guatemala, Colombia, Ecuador, Bolivia, Peru and Chile).
- The idea is to do surface exploration or drilling exploration with production size (Phases I and III).



- They are not going to pay for feasibility studies.
  - Financing through KfW fund.
  - IDA Fund Management, LLC (Interlink Capital, Inc., Dewhurst Group, LLC, and Ambata Capital Partners) will serve as fund managers under the supervision of KfW.
4. Others (JICA Team thinking)
- JICA may put money in GDF. The reason is because in Colombia is not easy to have a direct loan (government to government loan)
  - If JICA put lending operation, also put technical assistance as well. As a part of the loan, there is a technical study component.
5. Misc.
- The Team will meet again with Dewhurst Group in Manizales, on Thursday, 2<sup>nd</sup> of June.

End

## Meeting Memo N° 22 – MME-

### I. Overview

Name of Meeting	Collecting information from MME
Date & Time	AM16:30, Thursday, May 31, 2016
Venue	Office of MME
Participants (MME)	Mr. Rogerio Ramirez, Head Electric Power Dept. Mr. Ulpiano Plaza
Participants (JICA Team)	Kikukawa, Aguirre
Meeting Material (Distributed)	Chapter 4 of the Final Report Draft
Reference Material (Received)	None

### II. Meeting Memo

#### 1. Overview of Survey

- JICA Team explained items from Chapter 4 (Recommendations to promote geothermal development in Colombia).

#### 2. Comments from MME

- Organization of the legal system related to environmental licenses
  - Definition of geothermal resources and their rights of possession, which is something the MME is looking at whether it should be defined by area or quantity, and also ensure legal stability, in the sense that who explores can explode.
  - The closure of an exploration license should be simple, if not going to continue with it.
  - At the moment, MME advances in relation to the first four items (definition of geothermal resources and their rights of possession, organization of license types, authority issuing the license types and method of decision of the licensing authority).
  - The MME not yet addresses the issues license period and method of establishing areas

- for development.
- Elaboration of the Terms of Reference for assessment studies of socio-environmental impacts
    - This item is being developed by MADS and ANLA, and it shall be the basis for policy and regulation.
    - A document will be generated with geothermal energy policy and another document with its regulation.
    - The policy should define how to integrate this type of resource, due to its different uses (electrical energy, heating, thermal water, etc).
    - The information resulting from the exploration and exploitation of geothermal reservoir must be shared by developer agent with the SGC, in order to have a knowledge of reservoir management. This information will be treated confidentially.
  - Development of skills in governmental entities for environmental management
    - Worktable (or committee) led by MME, is working on the definition of concepts and terms for regulation. A meeting per month, 2 hours every time.
    - MME recognizes that the process with the worktable (led by MME), in terms of policy and regulation, is slow.
    - There is still no clarity on the division by areas for exploration and / or exploitation of the geothermal resource.
    - It is known of about 17 areas with geothermal potential in Colombia
  - Skills development of geothermal studies
    - MME considers that environmental studies for plants generating between 10 and 100 MW is under evaluation on what authority should evaluate them. This range is regulated for hydro and there is no complete certainty that can cover other types of energy.
    - MME considers that in the decree to be generated, it must be defined to SGC as the entity that manages geothermal country information and who will advise the ministry itself.
  - Technical assistance to MME and UPME
    - MME requires the assistance of an expert on geothermal energy and another in regulation so that they contribute to the worktable, through UPME.
    - MME not see very viable mechanism having geothermal power purchase at a fixed price.
  - FENOGE
    - Regarding FENOGE, it is in a transition due to the change of minister. The new minister must first learn everything about this fund before approving it
3. Misc.
- It is pending arrange a meeting with Lawyer Daniel Mendoza, who is in charge of FENOGE

End

## Meeting Memo N° 23 - Regional Autonomous Corporation of Caldas - CORPOCALDAS-

### I. Overview

Name of Meeting	Meeting with Corpocaldas
Date & Time	AM 09:00, Thursday, June 02, 2016
Venue	Boardroom CORPOCALDAS (Manizales)
Participants (C/P)	Mr Andres Fernando Ramirez Baena (Evaluation and Monitoring - Energy Projects) Mr. Luis Alfonso Botero
Participats (JICA Team)	Kikukawa, Aguirre
Meeting Material (Distributed)	N/A
Reference Material (Received)	None

### II. Meeting Memo

#### 1. Overview of Survey

- JICA Team explained overview of the survey and ask for information about licensing process. Finally, JICA team explained some recommendations for the geothermal development in Colombia.
- CORPOCALDAS not been officially notified (by ANLA) of its competence to assess the ISAGEN EIA (Los Nevados)

#### 2. Comments from CORPOCALDAS

- According to the Act 2811 of 1974, Article 56, permits for study have a duration of up to 2 years, extendable, and applicants will have priority over other applicants during this time. Exclusivity for two years to study the area.
- CORPOCALDAS has an internal resolution (Resolution 098 of 2009) for processing the permits, based on Articles 56, 57 and 58 of Act 2811 of 1974. Also, this resolution states, and according to Decree 1220 of 2005, that it is necessary to obtain an environmental license before the Autonomous Regional Corporation for the construction and operation of power generating installations, with capacity greater or equal to 10 MW and smaller than 100 MW. However, this resolution is related to hydraulic generation.
- The developer can send a letter, if desired, to the corporation, in order to find out if it is necessary an Environmental Diagnosis of Alternatives (DAA), for the project in mind, before performing an Environmental Impact Study (EIA). This is also based on Decree 1076 of 2015 (MADS), which is the compilation of all regulations related to licensing.
- The permit for study is not a requirement. The permit would be an initial stage of a study, if desired.
- The DAA would not be very common for a geothermal development as such. However, it could be used for road project alternatives.
- As an alternative it may be the failure to carry out the project. For each alternative should be performed a matrix impact assessment.
- The corporation will decide on the most viable alternative for the project and will provide the terms of reference for the preparation of EIA. The EIA is carried out for the chosen alternative.
- The licenses may be granted up to 50 years.

- Can be requested a modification license at any time.
  - There is a fear of how the installation of a geothermal plant could affect the habitat of the condor of the Andes in the Los Nevados.
  - The environmental licensing process begins with the submission of the Environmental Impact Assessment (EIA).
  - The geothermal resource has not been evaluated for its potential to the country. It would be the purpose of a master plan on geothermal energy in the country.
  - In Colombia, the purpose of the regulations is to promote the use of non-conventional energy sources (Act. 1715 of 2014).
  - In Colombia, the nation would be owner and manager of the geothermal resource (water vapor), since it is a subsoil resource. However, it not specifically mentioned in the regulations about who is the owner of the geothermal resource.
  - Hydro generation pays royalties (transfers) to the municipalities involved and the respective autonomous regional corporation (6% of sales for hydro, 4% for thermal).
  - The authority for environmental assessment is given by the generation, according to Decree 1076 of 2015. The generation will be based on calculations by the user, according to his preliminary studies.
  - There are licenses for exploration, exploitation or global (both for exploration and for exploitation).
  - The concession, in the sense of operating the geothermal plant, would be given by the MME. However, there is no connectivity with the licensing of environmental part.
  - There is what is called the "right turn", which is that, the first to present the complete documentation shall have the right over the area, exclusively, by the period of the project.
  - For licenses for exploration there is no a certain period, while for exploitation licenses can be up to 50 years. For exploration the term is given by the schedule proposed in the respective EIA.
3. What Corpocaldas needs is the following:
- Training and practical knowledge

End

## Meeting Memo N° 24 -IDB-

### I. Overview

Name of Meeting	Meeting with IDB
Date & Time	2PM, Monday, 6 June, 2016
Venue	IDB HQ Office
Participants (C/P)	Shohei Tada
Participats (JICA Team)	Kikukawa
Meeting Material (Distributed)	Presentation Material, Draft Recommendaition
Reference Material (Received)	None

## II. Meeting Memo

### 1. IDB Project

- IDB HQ does not directly manage the grant project on geothermal in Colombia. Thus the details can be found at the local office.
- IDB understands that the power plant development in Colombia is not easy. The major issues and findings of JICA Survey are also shared with IDB.
- IDB has also looked at the progress of GDF.

### 2. JICA Coordination

- JICA Survey Team reported the unsuccessful meetings with the IDB Colombian office. The questions have been sent to the IDB Colombian office.
- IDB and the JICA Survey Team agreed to keep the information exchange

### 3. Colombian Context

- The market has been liberalized and the functions of the government are limited particularly on the investment.
- JICA Team however finds the roles of the government to facilitate the investment and ensure the implementation of the generation development plan.

End

## Meeting Memo N° 25 -Dewhurst-

### I. Overview

Name of Meeting	Meeting with Dewhurst
Date & Time	4PM, Tuesday, 8 Jun 2016
Venue	Dewhurst Office
Participants (C/P)	Warren Dewhurst, Alan Beard, Jozsef Szamosfalvi
Participats (JICA Team)	Kikukawa
Meeting Material (Distributed)	None
Reference Material (Received)	None

### II. Meeting Memo

#### 1. EPM Project

- Dewhurst is the consulting firm to carry out the USTDA-funded study for EPM, as well as the fund manager of GDF.
- Dewhurst expects that EPM could mobilize the fund for the next phase of the project.
- The environmental licensing issue was discussed, but the discussion did not find the solution to resolve the conflicting application by the two companies.

#### 2. GDF Fund

- GDF fund intends to start the operation early next year. GDF hopes to have other donors join the operation.
- KfW fund would be used firstly for the risk mitigation operation. The loan with

CAF will be used for the construction of the power plants in the future.

- Kikukawa requested Dewhurst to keep informed of the development and operation of GDF.

### 3. MME/UPME Support

- Dewhurst mentioned that IDB fund may be able to use for the capacity development for MME/UPME. Kikukawa requested Dewhurst to share the progress of the development since JICA may also consider the component.

### 4. FENOGE

- Dewhurst was not aware of FENOGE. Information was shared with Dewhurst.

### 5. CAF

- The operation team of energy of CAF may move to Colombia in the near future. (just information from them.)

End

## Meeting Memo N° 26 – MADS-ANLA

### I. Overview

Name of Meeting	Share recommendations from Chapter 4 with MADS & ANLA
Date & Time	AM16:30, Thursday, June 9, 2016
Venue	Office of MADS
Participants (MME)	Ms. Maria Cecilia Concha - Directorate of Environmental Affairs, MADS Mr. David Fajardo - Branch of Instruments, Environmental Permits and Procedures; Regionalization Group; ANLA
Participants (JICA Team)	Molina Padilla, Aguirre
Meeting Material (Distributed)	Chapter 4 of the Final Report Draft
Reference Material (Received)	None

### II. Meeting Memo

#### 1. Overview of Survey

- JICA Team explained items from Chapter 4 (Recommendations to promote geothermal development in Colombia) and ask for the process to obtain an environmental license in Colombia.
- 2. Comments from MADS and ANLA with respect to Concessions, Licensing process and authorities.
  - Geothermal energy in Colombia is considered as a virtually contaminant alternative energy
  - The range of installed capacity for electricity generation and defining the competence of the environmental authority, is part of Act 99 of 1993 (Articles 51st, 52nd and 53rd), Decree 2041 of 2014 and Decree 1076 of 2015. The range of installed capacity for

electricity generation, and which defines the competence of the environmental authority, is part of Decree 2041 of 2014 and Decree 1076 of 2015. This means that for virtually polluting energy projects, with installed capacity greater than 100 MW, the granting of the license will be by ANLA, while for projects between 10 and 100 MW will be granted by the autonomous regional corporation.

- The worktable, led by MME, promotes the use of the geothermal resource, although sustainably. The role of promoter corresponds to MME, according to Act. 1715 of 2014, Article 21<sup>st</sup>. The same article refers to MADS as the entity that defines the environmental parameters to be met by geothermal projects.
  - The social component of projects in Colombia is quite strong and, additionally, the location of geothermal projects in reserve area or natural parks are aspects to consider for the development of each project. The social problems in the country would be related to the lack of government presence in the regions.
  - Regarding environmental licenses, they are issued by the environmental authority (ANLA or CAR), as appropriate, and their regulation is given by Decree 2041 of 2104 and Decree 1076 of 2015, which compiles environmental regulations in general.
  - Regarding geothermal energy, environmental authority grants permits for use and exploitation of the resource, because it is a renewable resource; however, who regulates the activity is the MME, because it is an activity for energy production.
  - From the environmental point of view, there are concessions to exploit certain resource, such as water, which would be a form of permission to use the water, issued by the environmental authority, and will be included in the environmental license. However, there would be another type of concession, the concession of the geothermal field, which would be held by the MME, because energy production is the ultimate goal. This figure of the concession of the geothermal field has been discussed in the worktable.
  - On the worktable, the competences of the different actors regarding the development of geothermal energy in Colombia, have become clearer.
  - The use of non-conventional renewable energy sources (FNCER) corresponds to the MME. The environmental authority is only in charge of controlling the environmental impact of resource use.
  - Productive activities belong to sectors and in this case the productive activity is electricity generation; therefore corresponds to the energy sector (MME).
  - Transfers of the hydroelectric and thermal energy are defined (for municipalities and regional autonomous corporations); however, transfers for geothermal energy are not defined.
  - The environmental authority cannot grant the concession of the field. That is something that could only do MME or whom it delegates and should be at the beginning of the process, as with oil or mining.
  - MADS already decided in favour of Corpocaldas as competent CAR to resolve the issue of ISAGEN.
3. Comments from MADS and ANLA with respect to Chapter 4
- With respect to item 4.1.1, the worktable was established to define the general legal framework for geothermal development in Colombia and not for the environmental licensing.

- On environmental licensing, it is something that only corresponds to MADS and the ANLA. Still have to define if two licenses (exploration and exploitation) are or not required, although the decision is almost taken in favour of two licenses. However, the priority must be the concession of the field.
  - The environmental license is granted for the life of the project (Decree 1076 of 2015).
  - For the assessment of impacts associated with geothermal development, in most current terms of reference (draft), several aspects are considered such as the management of non-condensable gases, among others.
  - With respect to the terms of reference, ANLA made the first proposal, then who adopts the terms of reference is the MADS.
  - Complement the flowchart on environmental licensing and sector involved, with information of the National Environmental System (SINA), and other entities (National Parks and Ministry of Interior).
4. Mr. Molina Padilla asks for projects under 10 MW, especially for non-interconnected zones.
- Environmental licenses are designed for activities with serious impacts on the environment.
  - MADS and ANLA will assess the status of projects with less than 10 MW to determine whether they warrant an environmental license or just with permits is enough. Technical assistance would be required to support this point.
  - The lower limit was modified from 3 to 10, with the aim of promoting and facilitating the entry of non-conventional energy to the country.
5. Interest in request technical assistance from JICA
- There is interest in requesting technical assistance from JICA and they would ask for the procedure and the possibility of doing so in conjunction with MME, define the issues to apply, etc.

End

## Meeting Memo N° 27 – SGC

### I. Overview

Name of Meeting	Sharing recommendations from Chapter 4 with SGC and clarify aspects related to Committee (working groups) for Environmental and energy sectors.
Date & Time	16:00, Thursday, June 16, 2016
Venue	Office of SGC, Geothermal Project
Participants (MME)	Ms. Claudia María Alfaro Valero, Geothermal Project Manager
Participats (JICA Team)	Molina Padilla, Aguirre
Meeting Material (Distributed)	Chapter 4 of the Final Report Draft
Reference Material (Received)	None

### II. Meeting Memo



1. Overview of Survey
  - JICA Team explained items from Chapter 4 (Recommendations to promote geothermal development in Colombia) and ask for the process to obtain an environmental license in Colombia.
2. Comments from Claudia Alfaro with respect to the working groups.
  - The working groups were formed in the wake of the gaps present in regulatory matters to develop geothermal energy in Colombia.
  - At the moment, there is a leadership of the Committee by the Department of Electric Power of MME.
  - Little by little, it has been identifying the actor of each process step for geothermal development.
  - She considers that the current project scope, within the SGC, would not be ideal for defining exploration areas or polygons; since a knowledge of the resource in depth (physically) is required, complementing the current characteristics through more detailed geothermal models (including the geophysical part). Therefore, SGC could not define concession areas for geothermal energy, and could not fulfil that function and she believes that is not theirs.
  - There is awareness on the committee about the need to grant the concession of a geothermal field before proceeding with environmental licenses.
  - It is considered that the ultimate goal of the working groups is to generate a decree on the regulation framework for geothermal energy, the draft of which would be evaluated by at least one international expert who had worked in both exploration and development.
  - With regard to working time, the working groups had set a goal of 18 months, which would take about one more year to finish (they have held 6 meetings to date).
  - This would be an opportune time to help the working groups.
  - SGC must remain with their technical role (exploration to an intermediate stage of prefeasibility and generating valuable or useful information for investors) and not be the entity that grants concessions for the fields. SGC must be the part that supports the entity in charge of concessions.
  - The licensing authority must be aware of all the problems that may occur. It is planned how to resolve disputes over common areas.
  - Working groups have considered the possibility of granting a transitional regime for the actors who came first (e.g. EPM and ISAGEN), with a preferential right.
  - The National Mining Agency - ANM is considered as an option for granting concessions.
  - It is considering the establishment of a technical committee to assess the feasibility information, to evaluate the models and monitoring them, for which a great technical strength is required about reservoir engineering, which is not yet neither at SGC, nor at the university.
3. Comments from Claudia Alfaro with respect to SGC and geothermal development in Colombia

- From geothermal project SGC, 7 papers were presented during World Geothermal Congress 2015.
  - The SGC has information on geology and springs since 1982 (much of the geothermal fields would be characterized in this way) and would like to complement it with regional geophysics.
  - From UPME, there is interest in making a map of geothermal potential for Colombia, as well as a master plan on geothermal energy. It is considered feasible to obtain international aid for these projects.
  - Previously, advisors have been requested to JICA (from energy sector).
  - SGC has 4 magneto telluric instruments.
4. Comments from Claudia Alfaro with respect to Chapter 4, Table 4.2-1.
- With respect to item 1) technical cooperation, the dates correspond to a panel discussion on Paipa geothermal system, which can be ignored. The need for cooperation is broader and includes advice on all subjects and in all tools (geology, geochemistry, geophysics), also in the methodology of integration of information for generating models, and learning on experiences abroad. The strengthening is also required in formal education (masters and doctoral degrees, among others) for geothermal team members from SGC.
  - As an example SGC has this year a panel with experts from the real world (both exploration and exploitation) will take place, in order that they review the criteria taken into account in the generation of Paipa geothermal model (geological, geochemical and geophysical tools that were used, how was used each tool, how the interpretation is being done). Six experts are coming this year.
  - With respect to item 2), since the employment status of most members of geothermal project in SGC is not stable, what chance would have for JICA to privileging them for formal studies in Japan? Given that these people have been linked to the project for at least 4 years.
  - With respect to item 3), change the title of the item by "testing infrastructure" or "Availability of laboratories".
  - With respect to item 4), change the importance level to high.
  - Paragraph 2 (item 4), remove MT (magneto telluric) and include satellite gravimetry (not terrestrial).
  - Include at the end of item 4), technical assistance for modelling the potential of detail, of the Paipa geothermal system, as the final stage of the master plan for the system.
  -
5. Mr. Molina Padilla comments
- On projects under 10 MW, especially for non-interconnected zones, usually, large geothermal developments start with less than 10 MW projects, which then are extended.
  - The conflict between EPM and ISAGEN, in the area of Valle de Las Nereidas, should be handled in exceptional way and independently of the rest of the country, in order to avoid such conflict will delay developments in other areas of the country.

End

## Meeting Memo N° 28 - Unit for Mining and Energy Planning - UPME-

### I. Overview

Name of Meeting	Sharing recommendations from Chapter 4 with UPME
Date & Time	14:30, Wednesday, May 29, 2016
Venue	Boardroom UPME
Participants (C/P)	Mr Henry Zapata, URE <sup>1</sup> team and Alternative Sources
Participants (JICA Team)	Aguirre
Meeting Material (Distributed)	Chapter 4 of the Final Report Draft
Reference Material (Received)	None

### II. Meeting Memo

#### 1. Overview of Survey

- JICA Team explained items from Chapter 4 (Recommendations to promote geothermal development in Colombia) and ask for a feedback from UPME.
- UPME has an interest in this study because there will be more reviews and recommendations for geothermal development in Colombia.

#### 2. Comments from Mr. Zapata on number 4.1.1 Organization general legal framework

- In the most recent meeting of the working table someone mentioned a possible agreement between UPME and JICA for the study JICA is doing. The issue was clarified by claiming that UPME has the interest to be informed about this study, that currently there is no agreement and that this study is carried out independently by JICA in order to have their own references.
- Regarding the working groups, experts now are geo-professionals from SGC, and their experience is more related to geo-scientific studies; they have conducted surface prospection with some perforations. Of course, most specialized experts in geothermal energy are required to cover all topics (drilling, construction, operation, development financing geothermal project).
- For working tables, some aspects of the oil sector have been taken into account as a base because of similarities with geothermal energy exploration and development, although there are very specific aspects for geothermal energy industry.
- As for the contract (concession), in the sector of oil and mining exist exploration and exploitation contracts, and such contracts must establish all aspects: Activities, the geographical boundaries of concessions, times, complying policies, among others.

#### 3. Comments from Mr. Zapata on number 4.5 Technical assistance to MME and UPME

- Many projects with socio-environmental problems in Colombia
- The following expression is inadequate: "Except what is part of the off grid electrification, it is estimated that new energy sources, which are part of SIN, will be

---

<sup>1</sup> Rational and Efficient Use of Energy

developed under the same guidelines (liberalized market)". For the government it has been beneficial to leave to the market the new generation needs. In generation, investors identify opportunities and develop projects. In the case of transmission, the signals provided by the government are not indicative but mandatory (the government identifies needs), carries out public tenders, which are open. It all starts with a need identified by the government.

- UPME performs cost-benefit assessments, a specific type of generation for the national grid and demand.
- The state has promoted alternative energy through Law 1715, taking advantage of tax deductions to pay.
- To the extent that new sources of generation are competitive, they are entering the energy basket.
- Hydroelectric generation in the country has had the advantage of low costs and has been a resource in which the country is rich, but problems arise in times of drought. However, new hydroelectric developments begin to have problems and environmental restrictions.
- Tax exemptions of the Act 1715 are strong and advantageous, and help the financial closure of renewable energy projects.

#### 4. Additional comments

- On the institutional side, it is necessary to define the roles of different government entities: Who does what? Especially in relation to the granting of geothermal fields (contracts). What is required for the execution of contracts and control over them? There will be possibility of technical assistance on these aspects?
- This study could make recommendations for FENOGE in relation to standards for its operation or references of similar funds.
- FENOGE can be a good tool if properly managed.

End

## 添付資料 2

## 収集資料リスト

ACOLGEN – Asociación Colombiana de Generadores de Energía Eléctrica (2016). Cómo funciona el sistema eléctrico nacional. En línea: <http://www.acolgen.org.co/index.php/sectores-de-generacion/como-funciona-el-sistema-electrico-nacional#xm> (Consulta: Junio de 2016).

CONELC – Consejo Nacional de Electricidad (2013). Perspectiva y expansión del sistema eléctrico ecuatoriano, Vol. 3, Plan Maestro de Electrificación 2013 – 2022. En línea: <http://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/12/Vol3-Perspectiva-y-expansion-del-sistema-elctrico-ecuatoriano.pdf> (Consulta: Junio de 2016).

CREG – Comisión de Regulación de Energía y Gas (2010). El mercado eléctrico colombiano. Presentación. En línea: [http://www.creg.gov.co/phocadownload/presentaciones/mercado\\_electrico\\_colombiano.pdf](http://www.creg.gov.co/phocadownload/presentaciones/mercado_electrico_colombiano.pdf) (Consulta: Junio de 2016).

CREG – Comisión de Regulación de Energía y Gas (2016). Características del Mercado Mayorista. En línea: [http://www.creg.gov.co/cxc/secciones/mercado\\_mayorista/caracteristicas\\_generales.htm](http://www.creg.gov.co/cxc/secciones/mercado_mayorista/caracteristicas_generales.htm) (Consulta: Junio de 2016).

CREG – Comisión de Regulación de Energía y Gas (s. f.). ABC Cargo por confiabilidad. En línea: [http://www.xm.com.co/Promocion\\_Primeras\\_Subasta\\_de\\_Energia\\_Firme/abc2.pdf](http://www.xm.com.co/Promocion_Primeras_Subasta_de_Energia_Firme/abc2.pdf) (Consulta: Junio de 2016).

Decreto N° 2811. Diario Oficial N° 34.243, Bogotá, Colombia, 18 de diciembre de 1974.

Decreto N° 1541. Diario Oficial N° 35.078, Bogotá, Colombia, 21 de agosto de 1978.

Decreto N° 3686. Diario Oficial N° 45.409, Bogotá, Colombia, 19 de diciembre de 2003.

Decreto N° 2820. Diario Oficial N° 47.792, Bogotá, Colombia, 5 de agosto de 2010.

Decreto N° 3573. Diario Oficial N° 48.205, Bogotá, Colombia, 27 de septiembre de 2011.

Decreto N° 1076. Diario Oficial N° 49.523, Bogotá, Colombia, 26 de mayo de 2015.

FEDESARROLLO (2013). Análisis costo – beneficio de energía renovables no convencionales en Colombia. Documento preparado para WWF. En línea: <http://www.ac-cc.com/catalogos/ACyCC%20Analisis-costo-beneficio-energias-renovables-no-convencionales-en-Colombia.pdf> (Consulta: Junio de 2016).

GARCÍA, F. & CAMACHO, E. (2016). Tendencias recientes de la oferta y demanda de energía en Colombia. Observatorio Económico Colombia. BBVA research. En línea: <https://www.bbva.com/wp-content/uploads/2016/02/Documento-Final-Matriz-Energetica.pdf> (Consulta: Junio de 2016).

GONZÁLEZ-LONGATT, F. (2007). Capítulo 1, Elementos de sistemas de transmisión, Curso Líneas de Transmisión I. En Línea: [http://fglongatt.org/OLD/Archivos/Archivos/LT\\_1/Cap1LT1-2007.pdf](http://fglongatt.org/OLD/Archivos/Archivos/LT_1/Cap1LT1-2007.pdf) (Consulta: Junio de 2016).

IPSE – Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para Zonas No Interconectadas (2014). Soluciones energéticas para las zonas no interconectadas de Colombia. Presentación. En Línea: <https://www.minminas.gov.co/documents/10180/742159/09C-SolucionesEnergeticasZNI-IPSE.pdf/2871b35d-eaf7-4787-b778-ee73b18dbc0e> (Consulta: Mayo de 2016).

ISA-Intercolombia (2016). Transmisión de energía eléctrica. En Línea: <http://www.intercolombia.com/Negocio/Paginas/transmision-energia-electrica.aspx> (Consulta: Junio de 2016).

Ley N° 99. Diario Oficial N° 41146, Bogotá, Colombia, 22 de diciembre de 1993.

Ley N° 142. Diario Oficial N° 41.433, Bogotá, Colombia, 11 de julio de 1994.

Ley N° 143. Diario Oficial N° 41.434, Bogotá, Colombia, 12 de julio de 1994.

Ley N° 697. Diario Oficial N° 44.573, Bogotá, Colombia, 03 de octubre de 2001.

Ley N° 855. Diario Oficial N° 45.405, Bogotá, Colombia, 18 de diciembre de 2003.

Ley N° 1333. Diario Oficial N° 47.417, Bogotá, Colombia, 21 de julio de 2009.

Ley N° 1715 Diario Oficial N° 49150, Bogotá, Colombia, 13 de mayo de 2014.

MARZOLF, N. (2014). Emprendimiento de la energía geotérmica en Colombia. Convenio BID-ISAGEN. 86 p.

Persona física o natural, (s. f.). En *Wikipedia*. Recuperado el 24 de junio de 2016 de [https://es.wikipedia.org/wiki/Persona\\_fisica](https://es.wikipedia.org/wiki/Persona_fisica)

Persona jurídica, (s. f.). En *Wikipedia*. Recuperado el 24 de junio de 2016 de [https://es.wikipedia.org/wiki/Persona\\_juridica](https://es.wikipedia.org/wiki/Persona_juridica)

Resolución CREG 025 de 1995. En línea: <http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/Indice01/Resoluci%C3%B3n-1995-CRG95025> (Consulta: agosto de 2016)

SGC – Servicio Geológico Colombiano (2016). Recursos geotérmicos de Colombia y rol del Servicio Geológico Colombiano en su exploración. Presentación, Cátedras de Sede 2016-1, Jorge Eliécer Gaitán, Recursos Minero-energéticos, medio ambiente y agua, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

UPME – Unidad de Planeación Minero Energética (2013). Sistema de transmisión nacional eléctrico colombiano. Presentación. En línea: [http://www.upme.gov.co/Memorias%20Convocatoria%20Redes%20de%20Alto%20Voltaje/UPME\\_Alberto\\_Rodriguez.pdf](http://www.upme.gov.co/Memorias%20Convocatoria%20Redes%20de%20Alto%20Voltaje/UPME_Alberto_Rodriguez.pdf) (Consulta: Junio de 2016).

UPME – Unidad de Planeación Minero Energética (2014). Plan indicativo de expansión de cobertura de energía eléctrica 2013 – 2017. Bogotá, 72 p.

UPME – Unidad de Planeación Minero Energética (2015). Plan energético nacional Colombia: Ideario energético 2050. Bogotá, 184 p.

UPME – Unidad de Planeación Minero Energética (2015). Plan de expansión de referencia, generación – transmisión 2015-2029. Bogotá, 616 p.

UPME - Unidad de Planeación Minero Energética (2015). Proyección de la demanda de energía eléctrica y potencia máxima en Colombia. Revisión octubre de 2015. Subdirección de Demanda, UPME. Bogotá, 43 p.

UPME - Unidad de Planeación Minero Energética (2016). Proyección de la demanda de energía eléctrica y potencia máxima en Colombia. Revisión junio de 2016. Subdirección de Demanda, UPME. Bogotá, 55 p.

XM (2016). Informe de operación del SIN y administración del mercado. En línea: <http://informesanuales.xm.com.co/2015/SitePages/operacion/Default.aspx> (Consulta: Junio de 2016).