

**エクアドル国
エネルギー・セクターの現状と
質の高いインフラ投資原則に係る
情報収集・確認調査**

ファイナル・レポート

2022年2月

独立行政法人国際協力機構

デロイト トーマツ ファイナンシャルアドバイザー合同会社

株式会社ニュージェック

株式会社コーエイリサーチ&コンサルティング

中南
JR
22-003

目次

略語集	i
エクアドルの地図	v
第1部 イン트로ダクション	
第1章 調査概要	
1.1 調査の背景	1
1.2 調査の目的	1
1.3 調査実施体制・工程	2
1.4 本報告書の構成	3
第2部 エクアドルの政治・経済と制度	
第2章 エクアドルの政治・経済	
2.1 基礎情報	4
2.2 マクロ経済	6
2.3 経済政策	15
第3章 エクアドルにおける公共投資と PPP	
3.1 公共投資	19
3.2 PPP	26
第3部 エクアドルのエネルギー・電力セクターの現状と課題	
第4章 エクアドルのエネルギーセクター	
4.1 エネルギーバランス	50
4.2 デマンドサイドにおけるエネルギー転換と省エネの取り組み状況・方針	57
4.3 エネルギーセクターの法制度・政策	65
4.4 エネルギーセクターの省庁	71
4.5 エネルギーセクターの財政状況	74
第5章 エクアドルの電力セクター	
5.1 基礎情報	76
5.2 発電部門	103
5.3 送電部門	121
5.4 配電部門	129
5.5 電力セクター（サプライサイド）における省エネの取り組み状況・方針	135
5.6 電力セクターにおける今後の課題	136
第6章 ドナーの動向	
6.1 DAC 諸国・国際機関による援助の概況	138
6.2 主要国際機関による対エクアドル援助方針	140

6.3	中国による援助の概況.....	148
6.4	個別事例の分析.....	150
第4部 脱炭素化・低炭素化にかかる動向		
第7章 低炭素政策・技術		
7.1	国際機関および諸外国における脱炭素・低炭素政策の動向.....	163
7.2	各部門における脱炭素・低炭素技術.....	187
7.3	エクアドルでの脱炭素・低炭素技術導入にかかる考察.....	193
7.4	エクアドルでのグリーンファイナンス活用にかかる方針.....	196
第8章 エネルギーセクターにおけるDX		
8.1	DXとは.....	198
8.2	サプライサイドのDXに関する動向.....	198
8.3	デマンドサイドのDXに関する動向.....	214
第9章 本邦技術の活用可能性		
9.1	エクアドルにおける日本企業の進出状況と今後の進出可能性.....	231
9.2	エネルギーセクターの低炭素化実現に向けた本邦技術の活用可能性.....	232
第5部 質の高いインフラ投資に関するG20原則の適用にかかるレビュー		
第10章 質の高いインフラ投資原則のレビュー		
10.1	質の高いインフラ投資原則にかかる国際潮流と開発途上国支援における意義..	237
10.2	質の高いインフラ投資原則にかかる先行調査・研究事例.....	239
第11章 質の高いインフラ投資原則に照らした現状・課題分析		
11.1	公共投資管理制度と公共投資計画管理システム（SIPeIP）.....	244
11.2	質の高いインフラ投資原則に照らしたエクアドルの制度の分析.....	252
11.3	質の高いインフラ投資原則に照らしたドナー案件の分析.....	264
第6部 まとめと提言		
第12章 まとめと提言		
12.1	提言の前提.....	274
12.2	本調査を通じて見えたニーズおよび支援にかかる提言.....	275

略語集

略語	正式名称	日本語
ADMS	Advanced Distribution Management System	高度配電管理システム
APS	Announced Pledges Scenario	表明公約シナリオ
AR	Augmented Reality	拡張現実
ARCERNNR	Agencia de Regulación y Control de Electricidad, en la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables	エネルギー・非再生天然資源規制監督庁
AI	Artificial Intelligence	人工知能
AMI	Advanced Metering Infrastructure	先進計量インフラ
ARCONEL	Agencia de Regulación y Control de Electricidad	電力規制監督庁
BOO	Build-Own-Operate	建設・所有・運営
BOT	Build-Operate-Transfer	建設・運営・移転
BROT	Build-Rehabilitate-Operate-Transfer	建設・リハビリ・運営・移転
CAF	Corporación Andina de Fomento	アンデス開発公社
CCUS	Carbon Capture, Utilisation, and Storage	回収・有効利用・貯留
CDM	Clean Development Mechanism	クリーン開発メカニズム
CELEC	Corporación Eléctrica del Ecuador	エクアドル電力公社
CENACE	Centro Nacional de Control de Energía	国立エネルギー管理センター
CFN	Corporación Financiera Nacional	エクアドル金融公社
CIAPP	Comité Interinstitucional de Asociaciones Público Privadas	PPP 委員会
CICC	Comité Interinstitucional de Cambio Climático	気候変動に関する組織間委員会
CNCT	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología	国家科学技術会議
CNDS	Consejo Nacional de Desarrollo Sustentable	持続可能な開発の全国評議会
CNEE	Comité Nacional de Eficiencia Energética	国家エネルギー効率委員会
CNEL	Corporación Nacional de Electricidad	国家電力会社
CONELC	Consejo Nacional de Electricidad	国家電力評議会
COP	Conference of the Parties	締約国会議
CNT	Corporación Nacional de Telecomunicación	国家電気通信会社
COPCI	Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones	生産・取引・投資基本法
COPLAFIP	Código Orgánico de Planificación y Finanzas Públicas	計画・財政基本法
CPF	Country Partnership Framework	国別パートナーシップ枠組み
DAC	Development Assistance Committee	開発援助委員会
DBFOT	Design-Build-Finance-Operate-Transfer	設計・建設・資金調達・運営・移転

DLR	Dynamic Line Rating	ダイナミックラインレーティング
DPF	Development Policy Financing	開発政策ファイナンス
DR	Demand Response	デマンドレスポンス
DX	Digital Transformation	デジタルトランスフォーメーション
EE	Empresa Eléctrica	電力会社
EIA	Environmental Impact Assessment	環境影響評価
EIRR	Economic Internal Rate of Return	経済的內部収益率
EMS	Energy Management System	エネルギーマネジメントシステム
ENPV	Economic Net Present Value	経済的正味現在価値
EPC	Engineering, Procurement and Construction	設計・調達・建設
ERNC	Energías Renovables No Convencionales	非在来型再生可能エネルギー
ERP	Electronic Road Pricing	電子式道路課金システム
ESCO	Energy Service Company	省エネルギーサービス
ESMAP	Energy Sector Management Assistance Program	エネルギーセクターマネジメント支援プログラム
eSIGEF	El Sistema Integrado de Gestión Financiera	統合財政管理システム
EU	European Union	欧州連合
EV	Electric Vehicle	電気自動車
FERUM	Fondo de Electrificación Rural y Urbano Marginal	農村・都市限界電化基金
FIT	Feed-in Tariff	固定価格買取
FLAR	Fondo Latinoamericano de Reservas	ラテンアメリカ準備基金
F/S	Feasibility Study	フィージビリティスタディ
GDF	Geothermal Development Facility	地熱エネルギー開発ファシリティ
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
GHG	Greenhouse Gas	温室効果ガス
GNI	Gross National Income	国民総所得
IBRD	International Bank for Reconstruction and Development	国際復興開発銀行
IDA	International Development Association	国際開発協会
IDB	Inter-American Development Bank	米州開発銀行
IDB Invest	IDB Invest	米州投資公社
IDB Lab	IDB Lab	多数国間投資基金
IEA	International Energy Agency	国際エネルギー機関
IFC	International Finance Corporation	国際金融公社
IH	Induction Heating	電磁誘導加熱
IMF	International Monetary Fund	国際通貨基金
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos	統計国勢調査局
INECEL	Instituto Ecuatoriano de Electrificación	エクアドル電力庁
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización	エクアドル標準化機関
IoT	Internet of Things	モノのインターネット

IRENA	International Renewable Energy Agency	国際再生可能エネルギー機関
IRR	Internal Rate of Return	内部収益率
JBIC	Japan Bank for International Cooperation	国際協力銀行
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人 国際協力機構
KOICA	Korea International Cooperation Agency	韓国国際協力団
LED	Light Emitting Diode	発光ダイオード
LOEE	Ley Orgánica de Eficiencia Energética	エネルギー効率化基本法
LOIAPP	Ley Orgánica de Incentivos para Asociaciones Público-Privadas y la Inversión Extranjera	PPP・外国投資におけるインセンティブ基本法
LOSPEE	Ley Organica Del Servicio Publico De Energia Electrica	電力事業基本法
LPG	Liquefied Petroleum Gas	液化石油ガス
LRSE	Ley de Régimen del Sector Eléctrico	電力部門体制法
MAATE	Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica	環境・水資源・生態系移行省
MDB	Multilateral Development Bank	国際開発金融機関
MEER	Ministerio de Electricidad y Energía Renovable	電力・再生可能エネルギー省
MEF	Ministerio de Economía y Finanzas	経済・財務省
MERNNR	Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables	エネルギー・非再生天然資源省
MIGA	Multilateral Investment Guarantee Agency	多数国間投資保証機関
MTOP	Ministerio de Transporte y Obras Públicas	運輸・公共事業省
NDC	Nationally Determined Contribution	自国が決定する貢献
NERC	North American Electric Reliability Corporation	北米電力信頼度協会
NPO	Non-profit Organization	非営利団体
NPV	Net Present Value	正味現在価値
NZES	Net-Zero Emissions by 2050 Scenario	2050年カーボンニュートラル達成シナリオ
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development	経済協力開発機構
OMS	Operation Management System	運用管理システム
ONE	Operador Nacional de Electricidad	国立電力運用機関
OOF	Other Official Flows	その他政府資金
PAI	Plan Annual de Inversión	年次公共投資計画
PBL	Policy-Based Loan	政策支援型融資
PNCE	Programa Nacional de Cocción Eficiente	調理効率化プログラム
PLANEE	Plan Nacional de Eficiencia Energética de Ecuador	エネルギー効率化国家計画

PME	Plan Maestro de Electricidad	電力マスタープラン
PND	Plan Nacional de Desarrollo	国家開発計画
PPA	Power Purchasing Agreement	電力購入契約
PPIP	Plan Plurianual de Inversión Pública	中期公共投資計画
PPP	Public-Private Partnership	官民パートナーシップ
PV	Photovoltaics	太陽光発電
RLRT	Rehabilitate-Lease/Rent-Transfer	リハビリ・リース/賃貸・移転
ROT	Rehabilitate-Operate-Transfer	リハビリ・運営・移転
SDGs	Sustainable Development Goals	持続可能な開発目標
SIA	Social Impact Assessment	社会影響評価
SIGDE	Sistema Integrado para la Gestión de la Distribución Eléctrica	配電管理統合システム
SINEA	Sistema de Interconexión Eléctrica Andina	アンデス国際電力連系システム
SINEE	Sistema de Indicadores Nacionales de Eficiencia Energética	国家エネルギー効率性指標システム
SIPeIP	Sistema Integrado de Planificación e Inversión Pública	公共投資計画管理システム
SNDGA	Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental	国家環境管理分権制度
SNI	Sistema Nacional Interconectado	全国連系システム（国内系統）
SNP	Secretaría Nacional de Planificación	国家企画庁
SNIP	Sistemas Nacionales de Inversión Pública	公共投資制度
SNPD	Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo	国家計画開発事務局
STPE	Secretaria Tecnica de Planificacion Ecuador	国家計画技術局
STEPS	Stated Policies Scenario	公表政策シナリオ
SUIA	Sistema Unico de Información Ambiental	環境情報統一システム
SUMA	Sistema Unico de Manejo Ambiental	環境管理統一制度
TES	Total Energy Supply	一次エネルギー供給量
TULSMA	Texto Único de Legislación Secundaria de Medio Ambiente	環境管理に関する二次法の統一テキスト
UNIDO	United Nations Industrial Development Organization	国際連合工業開発機関
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change	国連気候変動枠組条約
VAT	Value Added Tax	付加価値税
VfM	Value for Money	価格に見合った価値
VPP	Virtual Power Plant	バーチャルパワープラント
VR	Virtual Reality	仮想現実
ZEB	Net Zero Energy Building	ネット・ゼロ・エネルギー・ビル

エクアドルの地図



出所：CIA “The World Factbook”¹の画像を JICA 調査団加工

¹ <https://www.cia.gov/the-world-factbook/countries/ecuador/map>

第1部 インTRODクシヨN

第1章 調査概要

1.1 調査の背景

2019年6月に開催された第14回20ヶ国・地域首脳会合（以下、「G20大阪サミット」）において、質の高いインフラ投資に関するG20原則（以下、「質の高いインフラ投資原則」）が承認された。同文書は、「持続可能な成長や開発の達成のための、インフラによる正のインパクトの最大化」、「ライフサイクルコストを考慮した経済性向上」、「インフラ投資への環境配慮の統合」、「自然災害および、その他のリスクに対する強靱性の構築」、「インフラ投資への社会配慮の統合」、「インフラガバナンスの強化」という6つの原則を掲げる。新興国・開発途上国においても、各国がこれら原則に沿って公共インフラ投資による効果の最大化に向けて適正な判断を行い、持続的な経済・社会開発を実現することが期待されている。

エクアドルでは、エネルギー構造転換・脱炭素化とエネルギーセクターにおける財政健全化が、持続的かつ強靱な経済・社会の実現に向けて喫緊の課題となっている。同国では今後、エネルギーセクターを中心に、質の高いインフラ投資原則に基づいて開発効果や経済性等が十分に配慮された公共インフラ投資の促進が期待される。例えば、同国の最終エネルギー消費のエネルギー源別構成（2020年）は、ディーゼルが32%、ガソリンが28%、電力が20%、液化石油ガス（LPG）が12%である²。また、電力については、全発電容量の6割弱を水力発電が占めるが、水力発電を除く再生可能エネルギー（以下、「再エネ」）は2%程度に過ぎず、残りの大半（4割弱）がディーゼル発電を含む火力発電となっている。このように同国のエネルギー消費は化石燃料に大きく依存しているが、今後は再エネや省エネルギー（以下、「省エネ」）の導入による低・脱炭素化が期待される。

一方、経済については、原油の国際価格低迷やドル高による輸出低迷、2016年の地震の影響で、2015年以降は低調な状態が続いている。また、2020年以降は、コロナ禍での景気悪化も加わって財政赤字が膨らみ、公的債務が拡大する見込みである。同国の財政を圧迫してきた最大の要因が化石燃料に対する補助金で、その額は公的支出の8%や財政赤字の60%をも占めてきた。同国では、低・脱炭素化に加え、補助金の撤廃や削減による財政改善ならびに化石燃料消費の抑制も、持続可能な経済・社会の実現に向けた重要な課題となっている。

1.2 調査の目的

本調査では、エクアドルにおける電力・運輸を中心とするエネルギーセクターおよび公共投資や官民パートナーシップ（PPP）にかかる政策・法制度、機関、現状を整理する。また、同国の財政状況等を踏まえ、質の高いインフラ投資原則に沿った適正な公共インフラ投資判断を定着させるために必要な制度・仕組みについて情報収集を行う。加えて、エネルギーセクター、特に再エネ・省エネ分野における本邦企業・技術の活用余地を検討する。そのうえで、エクアドル政府に対する政策提言案や国際協力機構（JICA）による今後の協力可能性を検討する。

² MERNRR “Balance Energético Nacional 2020”

1.3 調査実施体制・工程

本調査は、デロイト トーマツ ファイナンシャルアドバイザー合同会社 (DTFA)、株式会社ニュージェック (NJC)、株式会社コーエイリサーチ&コンサルティング (KRC) の3社からなる共同企業体を実施した。調査団の構成を表 1-1 に示す。

表 1-1 調査団の構成

氏名	担当業務	所属先
佐々木 仁	業務主任者／エネルギー政策	DTFA
柴田 翔	低炭素政策・技術	NJC
蒔田 勇作	公共投資管理	KRC
李 希泉	災害リスク管理	DTFA
五十嵐 堅治	環境社会配慮政策・制度	KRC
大橋 俊和	再生可能エネルギー・省エネルギー政策・技術	NJC
杉山 卓雄	事業財務分析	DTFA
根岸 博生		DTFA
高砂 美和子	エネルギー分野の DX	DTFA
佃 兼二郎	送配電網整備	NJC
藤岡 直樹	PPP 政策制度／業務調整	DTFA
野上 政春	公共事業安全対策	DTFA
大木 雅志		DTFA

出所：JICA 調査団作成

本調査は、2020年12月から2022年2月にかけて実施した。2021年10月には約2週間の現地調査を実施し、表 1-2 に示す関係機関・企業のほか、複数の専門家にヒアリングを行って情報を収集した。

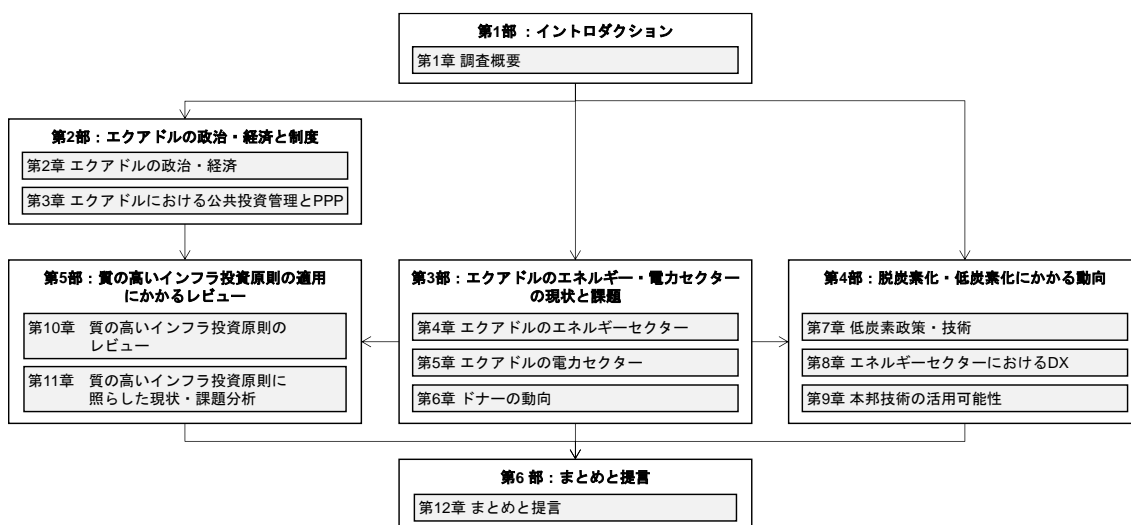
表 1-2 現地調査でのヒアリング先

分類		機関・企業名
省庁・規制機関	エネルギー	<ul style="list-style-type: none"> ・ エネルギー・非再生天然資源省 (MERNNR) ・ 運輸・公共事業省 (MTOP) ・ エネルギー・非再生天然資源規制管理庁 (ARCERNNR)
	公共投資・PPP	<ul style="list-style-type: none"> ・ 国家企画庁 (SNP) ・ 環境・水資源・生態系移行省 (MAATE) ・ 労働省 ・ 経済・財務省 (MEF)
電力事業者		<ul style="list-style-type: none"> ・ ONE-CENACE ・ CELEC ・ CNEL ・ キト配電公社 (Empresa Eléctrica Quito) ・ ガラパゴス配電公社 (Empresa Eléctrica de Galápagos)
ドナー (国際機関)		<ul style="list-style-type: none"> ・ 世界銀行 ・ 米州開発銀行 (IDB) ・ アンデス開発公社 (CAF)
日本企業		<ul style="list-style-type: none"> ・ 伊藤忠エクスアドル会社 ・ 豊田通商エクスアドル ・ コロンビア三菱商事会社

出所：JICA 調査団作成

1.4 本報告書の構成

本報告書の全体構成を図 1-1 に示す。この後の第 2 章では、エクアドルの政治・経済を概観する。第 3 章では、エクアドルの公共投資管理にかかる制度の全体像、および PPP にかかる法的・制度的枠組みや実施状況等について述べる。第 4 章では、エクアドルのエネルギーバランスとエネルギーセクターに関連する省庁を整理する。第 5 章では、発電・送電・配電・省エネを含む電力セクターについて、関連する組織や制度、現状・課題等を整理する。第 6 章では、国際機関や外国政府による主にエネルギーセクターにおける支援動向を見る。第 7 章では、低炭素政策に関する主要国とエクアドルの動向について述べるとともに、運輸・産業・家庭部門における主要な低炭素技術を紹介する。第 8 章では、エネルギーセクターに関連するデジタルトランスフォーメーション（DX）の動向を紹介する。第 9 章では、エクアドルにおける低・脱炭素化の実現に向けた本邦企業・技術の参入可能性について検討する。第 10 章では、質の高いインフラ投資原則の国際潮流および開発途上国支援の文脈における意義や国内外の先行調査・研究事例等を整理する。第 11 章では同原則に照らしてエクアドルの制度について電力セクターを中心に現状・課題を分析し、個別事例の分析を行う。最後に、第 12 章では、エクアドル政府への政策提言案や JICA による協力可能性について検討する。



出所： JICA 調査団作成

図 1-1 本報告書の構成

第2部 エクアドルの政治・経済と制度

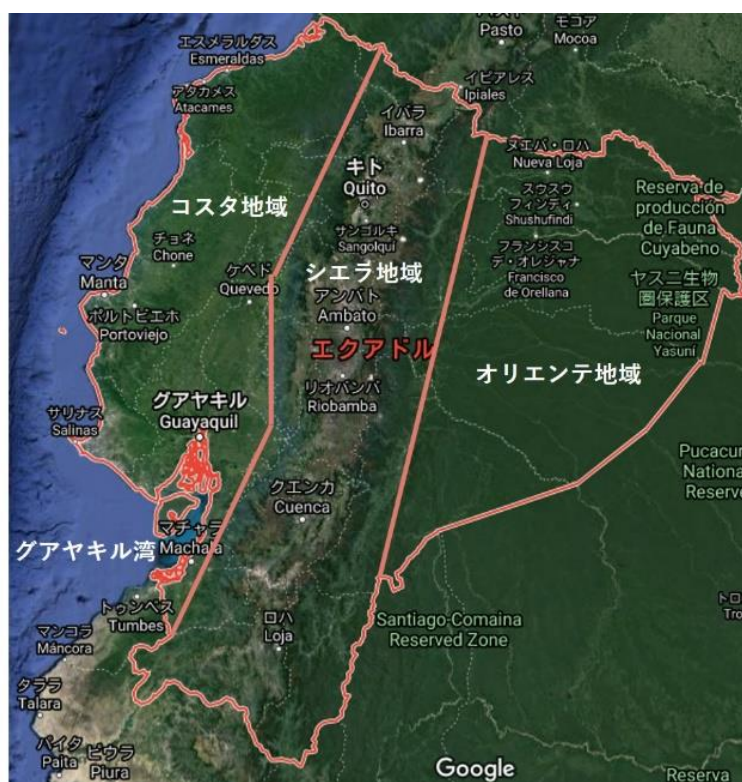
第2章 エクアドルの政治・経済

2.1 基礎情報

2.1.1. 人口・地理

エクアドルの人口は1,764万人（2020年）で、その64%が都市部に居住し、大半は中央部のシエラ地域から西部のコスタ地域に集中する³。人口は、大きく、欧州系と先住民の混血系、先住民、アフリカ系、欧州系、モントゥーノ系⁴の5つに分類される。全人口のうち混血系が71.9%と最大で、続いて先住民が7.0%を占める⁵。公用語はスペイン語だが、先住民の間ではケチュア語やシュアール語など多様な言語が話されている。また、国民の約8割がカトリック教徒である⁶。

エクアドルの国土面積は248,360km²である⁷。南米大陸北西部の赤道直下に位置し、北はコロンビア、東と南はペルーに接する。また、西部大西洋に面している。エクアドルの地域と主要都市を図2-1に示す。



出所：Google Map の画像を JICA 調査団加工

図 2-1 エクアドル本土の地形

³ World Bank “World Development Indicators”

⁴ コスタ地域農村部の欧州系・先住民混血をいう。Inter Press Service “Ecuador: Native People Stand Up to Be Counted in Census” (23 Nov 2010)

⁵ Instituto Nacional de Estadística y Censos “VII Censo de Población y VI de Vivienda 2010”

⁶ Instituto Nacional de Estadística y Censos “Ecuador 2018 International Religious Freedom Report”

⁷ World Bank “World Development Indicators”

本土は以下のように3地域に分かれている。

- コスタ地域 (La Costa) : 北の太平洋沿岸の平野地域から西のグアヤキル湾にかけての地域で、海拔差がほとんどなく、沿岸は均一な気候に恵まれている。人口が最も多い都市であるグアヤキル (Guayaquil) が位置する⁸。
- シェラ地域 (La Sierra) : 本土中央の地域で、アンデス山脈が南北に縦断する。同山脈は、西部のオクシデンタル山脈、東部のオリエンタル山脈、両山脈間の10の主要な盆地からなり、現在もいくつかの火山が活動している。首都のキト (Quito) が位置する。
- オリエンテ地域 (El Oriente) : 東に広がるアマゾン盆地で、本土の半分を占める。西のアンデス山脈から多数の川が流入し、湿気の高い典型的な熱帯林が広がる。

また、本土から西に1,000kmほど離れた太平洋上には、ガラパゴス諸島 (Islas Galápagos) が位置する。同諸島は大小多くの島と岩礁からなり、最大の島はイサベラ島 (Isla Isabela) である。火山活動によって形成されたこれらの島々では、現在も火山活動が続いている。



出所：Google Map の画像を JICA 調査団加工

図 2-2 ガラパゴス諸島の位置

2.1.2. 政治体制・内政

エクアドルは、1819年に大コロンビア (グラン・コロンビア) の一部としてスペイン王国から独立し、さらに1830年に大コロンビアから分離独立した。その後はクーデターによる政権交代が繰り返されたが、1979年に民政移管が実現した。それ以降、現在まで民主主義体制が維持されているが、政情不安は続き、1990年代には政権交代が相次いだ。

2007年1月に、国政の混乱および寡占的な政治・経済構造に対して国民の間で蓄積した不満を背景に、急進的な改革を訴えて貧困層から厚い支持を得た経済学者のコレア氏 (Rafael Vicente Correa Delgado) が大統領に就任した。コレア政権は憲法改正を積極的に推進し、2008年10月に新憲法の発効を実現した。また、同政権は原油輸出で得た資金をインフラ整備や教育・社会福祉等の予算に重点配分し、失業率と貧富の格差を改善したが、一方でこれは公的債務の増加にも繋がった。一連の政策が貧困層の支持を集めたことから、コレア大統領は2009年4月に新憲法に基づく総選挙で再選され、さらに2013年2月の総選挙で3選を果たした。しかし、2014年後半からの世界的な原油安とドル高を受け、国家財政は大きく悪化した。加えて、輸入規制等の施策により国民生活に影響が出たことから、労働

⁸ INEC “VII Censo de Población y VI de Vivienda 2010”

者・先住民を中心に一部国民の不満が高まり、全国各地で抗議活動が多発した。

2017年4月にコレア大統領の任期満了に伴う総選挙で、同大統領の後継候補であるモレノ（Lenín Boltaire Moreno Garcés）元副大統領が勝利した。モレノ大統領はコレア氏の支持を受けて当選したため、初期内閣は主にコレア氏が創設した政党である PAIS 同盟⁹から選任された。しかし、同年、その主要メンバーの1人であるホルヘ・グラス（Jorge Glas）副大統領の汚職問題にかかりモレノ氏がグラス氏に辞任を求め、PAIS 同盟との関係は悪化し始めた。コレア氏からの政治的支援を失ったモレノ氏は、コレア氏の復権を望まない他の政治家や実業家に支持を求め、経済・財政再建、貿易収支改善、産業多角化を目指して市場経済を重視する政策をとり、対外債務の再交渉と外国投資誘致にも注力した。

2021年4月11日にモレノ大統領の任期満了に伴う総選挙の決選投票が実施され、中道右派のラッソ氏（Guillermo Lasso Mendoza）が勝利した。ラッソ氏は5月24日に大統領に就任し、任期は4年である。同氏は1993年から2012年にわたりグアヤキル銀行（Banco Guayaquil）の頭取を務めた。その間、1998年にグアヤス県（Guayas）知事に任命され、また1999年に一時的に経済・金融相も務めた。2012年にラッソ氏は機会の創出党¹⁰を設立し、2013年と2017年の大統領選挙に立候補したが、それぞれコレア前大統領とモレノ前大統領に敗れていた。ラッソ氏は、モノレ前大統領が取り組んできた市場経済重視・財政再建の路線を継承することを表明している。

2.2 マクロ経済

2.2.1. マクロ経済動向

エクアドル経済は、1970年代にオリエンテ地域での石油開発の急成長で大きく発展した。しかし、1990年代に入ると政情不安が続き、経済政策が破綻したことで、多くの銀行が倒産し、1999年9月には対外債務の利払い停止に至った。経済・金融危機収拾の切り札として、2000年1月に自国通貨のスクレ（Sucre）を廃止し、法定通貨として米ドルを採用した。

2000年代前半までの各政権は、規制緩和、貿易自由化および財政赤字削減を推進してきたが、2007年に就任したコレア大統領は、規制強化、保護貿易化などの経済政策に舵を切った。前述のとおりコレア政権では、原油輸出で得た資金をインフラ整備や教育・社会福祉などに重点投資した結果、公的債務が増加した。特に政府補助金の支出が2007年から急増し、国家財政を圧迫した。

2010年代に入るとコレア政権は、石油や農産品といった一次産品依存型の産業構造からの脱却を目指し、貿易省の設立、輸出事業者に対する補助制度の導入等を行った。2014年2月には欧州連合（EU）との通商協定が基本合意に達し、開放的な経済政策による経済成長を目指した。しかし、2014年後半からの国際原油価格の大幅な下落を受けて、政府予算のうち大きな割合を占める石油部門からの収入が激減した。政府は、2015年から全輸入品への追加関税等の緊急措置をとって財政悪化に歯止めをかけようと試みたが、結果的には輸入が落ち込んで税収が大幅に減少し、政府の財政収支はさらに悪化した。

2017年に発足したモレノ政権は、経済・財政再建、貿易収支改善、産業多角化を目指し、

⁹ Alianza País

¹⁰ Movimiento Creando Oportunidades

市場経済を重視する政策をとった。2017年6月に輸入品への追加関税が撤廃されたことに加え、同年にEUとの通商協定が発効したことで輸出が増加した。

さらに、対外債務の再交渉と外国投資誘致にも注力した。2019年3月に国際通貨基金(IMF)がエクアドルに対する3年間で42億米ドルの融資を承認したほか¹¹、アンデス開発公社(CAF)が18億米ドル、世界銀行が17億米ドル、米州開発銀行(IDB)が17億米ドル、その他の国際開発金融機関(MDB)が8億米ドルの拠出を表明した¹²。IMFは融資条件として財政健全化を要求し、同年12月に政府は税制改革を柱とする経済改革緊急法を成立させた。同法により政府は少なくとも6億米ドルの税収を見込み、財政再建に寄与することが期待されていた。しかし、財政健全化の一環として発表された燃料補助金の撤廃は国民の反発を招いて、全国で大規模な抗議活動が行われ、非常事態宣言が発出された。結果的に政府は補助金撤廃を撤回した。また、2020年からのコロナ禍と原油価格下落は経済に大打撃を与え、国内総生産(GDP)は再びマイナス成長に落ち込んだ。こうした中、エクアドル政府の要請を受け、IMFは2020年9月に27ヶ月で65億米ドルの融資を承認した¹³。

2021年に新たに就任したラッソ大統領は選挙公約として、雇用創出のための積極的な外資導入、中小企業の売上税引き下げ、環境に配慮した石油資源開発の推進等を掲げている。ラッソ政権下ではモレノ政権の市場開放政策が維持されると予想される。2021年9月に、ラッソ大統領は新たな労働法および7億米ドルの歳入創出を目指す税制改革案を国民議会に提出した¹⁴。一方で、燃料価格高騰や労働法改正に対する大規模な抗議活動が行われており、財政健全化を含む改革に向けては難しい舵取りを迫られる。新型コロナウイルスの影響で経済が低迷する中、再び成長路線に戻るのか、今後の新政権の施策に期待される。

エクアドルの主要経済指標について、2015~20年の推移を表2-1に示す。

表 2-1 主要経済指標 (2015~20年)

	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
名目 GDP (百万米ドル)	99,290	99,938	104,296	107,562	108,108	96,665*
一人あたり名目 GDP (米ドル)	6,099	6,046	6,217	6,318	6,260	5,520*
実質 GDP 成長率 (%)	0.99	-1.23	2.37	1.29	0.01	-7.50*
輸出 (財・サービス) (百万米ドル)	21,107	19,493	21,728	24,314	24,917	22,264
輸入 (財・サービス) (百万米ドル)	23,815	19,005	22,516	25,554	24,896	20,506
貿易収支 (百万米ドル)	-2,708	488	-789	-1,240	43	n/a
一般政府収入 (百万米ドル)	33,322	30,314	33,426	37,996	35,914	29,490*
一般政府支出 (百万米ドル)	39,398	38,540	38,079	41,412	39,319	35,621*
一般政府財政収支 (百万米ドル)	-6,076	-8,226	-4,653	-3,415	-3,405	-6,132*
一般政府総債務残高 (百万米ドル)	33,558	43,139	46,533	49,629	55,678	62,429*
一般政府総債務残高 (対 GDP 比、%)	33.8	43.2	44.6	46.1	51.5	64.6*
国際準備高 (百万米ドル)	2,487	4,216	2,170	2,159	2,940	6,569
外国直接投資純受入額 (百万米ドル)	1,323	756	625	1,388	974	n/a
消費者物価上昇率 (%)	4.0	1.7	0.4	-0.2	0.3	-0.3*
失業率 (%)	4.8	5.2	4.6	3.7	3.8	5.3*

出所：IMF “World Economic Outlook Databases, October 2021”; World Bank “World Development Indicators” 注：*は予測値

¹¹ IMF プレスリリース (2019年3月11日) <https://www.imf.org/en/News/Articles/2019/03/11/ecuador-pr1972-imf-executive-board-approves-eff-for-ecuador>

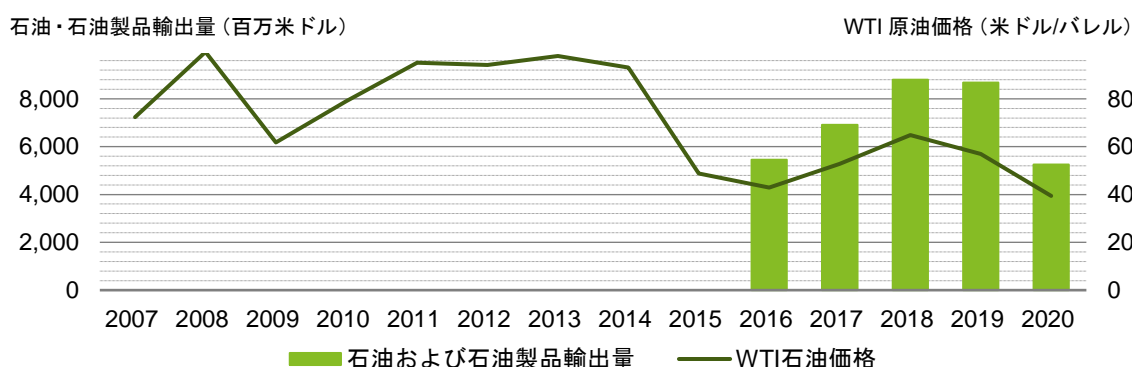
¹² JETRO 「ビジネス短信 国際機関から102億米ドルの融資取り付けに合意と発表」(2019年2月25日)

¹³ IMF プレスリリース (2020年9月30日) <https://www.imf.org/en/News/Articles/2020/10/01/pr20302-ecuador-imf-executive-board-approves-27-month-extended-fund-facility>

¹⁴ Reuters “Ecuador's Lasso proposes economic reforms to reactivate economy” (25 Sep 2021)

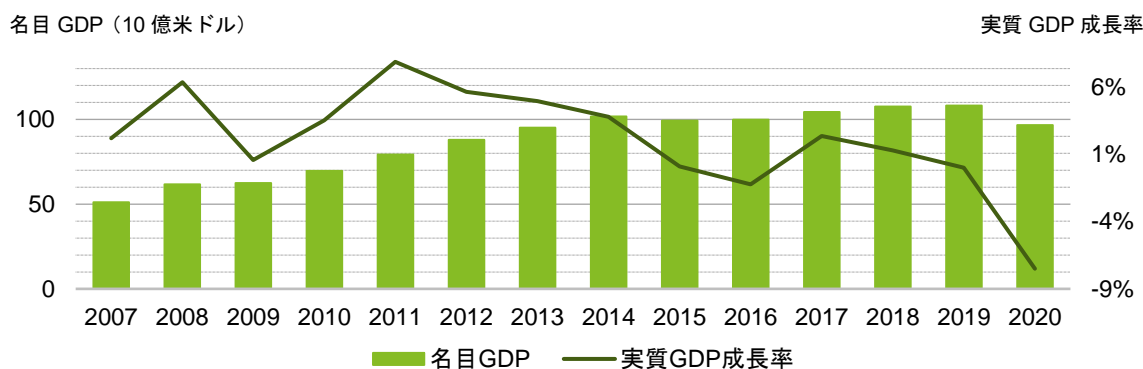
2.2.2. GDP

コレア政権が発足した2007年以来、石油開発の拡大、原油および一次産品価格の高騰等により、GDPは継続的に成長してきた。しかし、2014年後半からの国際原油価格の急落に加え、一次産品価格も下落した結果、GDP成長率は2015年に0.1%、2016年に1.2%のマイナス成長となった¹⁵。2017年にモレノ政権が発足すると、財政立て直しに注力したことに加え、国際原油価格も回復に向かった結果、同年のGDP成長率は2.4%にまで回復し、2018年も1.3%のプラス成長を記録した。しかし、2018年10月以降の国際原油価格の再下落を受け、2019年に入ると経済成長は減速し、さらに2020年は新型コロナウイルス感染拡大が経済に甚大な打撃を与えている。IMFは、2020年のGDP成長率を-7.5%と推計している。



出所：Banco Central de Ecuador “Exports by main product” (Jun 2021); IMF Primary Commodity Price System “West Texas Intermediate”を基に JICA 調査団作成

図 2-3 石油・石油製品輸出量¹⁶と国際原油価格の推移（2007~20年）



出所：IMF “World Economic Outlook Databases, October 2021”を基に JICA 調査団作成 注：2020年は予測値

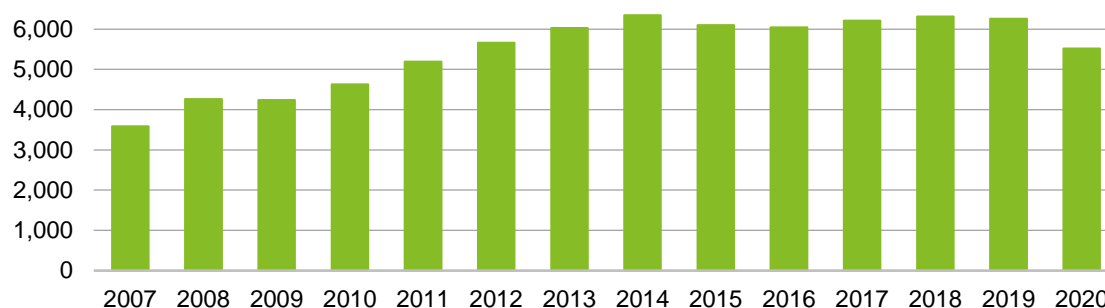
図 2-4 名目 GDP・GDP 成長率の推移（2007~20年）

一人あたり GDP は、2007年から2014年まではGDPと同様に概ね成長傾向にあったが、2015~16年は減少傾向に転じた。2017年のモレノ政権発足に伴い、2017年と2018年は再びプラス成長となったが、2019年はGDP成長の減速を受けて一人あたりGDPも減少した。

¹⁵ 2016年4月16日にペデルナレス市 (Pedernales) 付近を震央として発生したマグニチュード7.8の地震による損失額は推定33億米ドルに上り (JICA (2017) 「エクアドル国地震と津波に強い街づくりプロジェクト詳細計画策定調査報告書」)、成長が落ち込んでいた経済にさらなる打撃を与えた。

¹⁶ 製品別輸出額実績は、エクアドル中央銀行に2016年から2020年までのデータのみ掲載されている。

(米ドル)

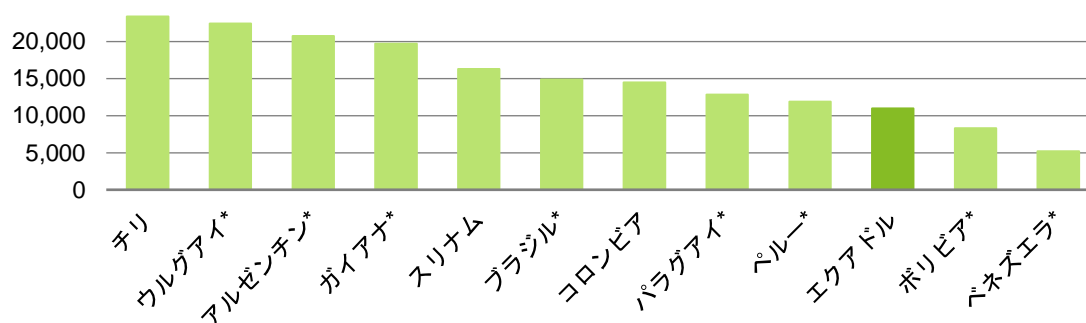


出所：IMF “World Economic Outlook Databases, October 2021”を基に JICA 調査団作成 注：2020 年は予測値

図 2-5 一人あたり名目 GDP の推移 (2007~20年)

また、エクアドルの一人あたり GDP は、南米諸国ではまだ低い水準にある。

(ドル・購買力平価)



出所：IMF “World Economic Outlook Databases, October 2021”を基に JICA 調査団作成 注：*は予測値

図 2-6 中米諸国の一人あたり GDP (2020年)

2.2.3. 産業・貿易構造

エクアドルの輸出産業は、鉱工業（石油、金）、農業（バナナ、カカオ、コーヒー）、水産業（エビ）からなる一次産品依存型で、天候や国際市況に左右されやすい構造となっている。

表 2-2 製品別輸出実績 (2016~20年)

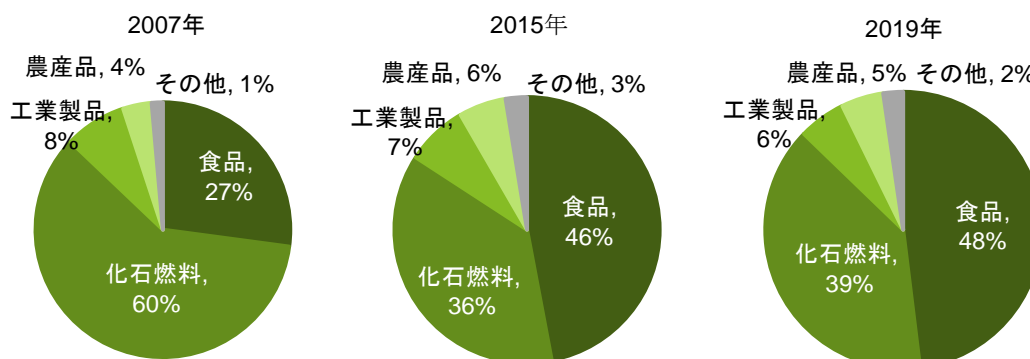
(単位：百万米ドル)

年	輸出合計	石油部門		非石油部門					その他
		原油	石油製品	食品					
				バナナ	カカオ・加工品	コーヒー・加工品	エビ	魚	
2016	16,798	5,054	405	2,734	750	149	2,580	244	4,881
2017	19,092	6,190	730	3,028	672	119	3,043	253	5,057
2018	21,628	7,853	948	3,216	788	83	3,190	308	5,241
2019	22,329	7,731	948	3,295	764	80	3,891	309	5,311
2020	20,227	4,685	566	3,669	935	70	3,824	315	6,164

出所：Banco Central del Ecuador “Economic Information Exports by Product Groups”

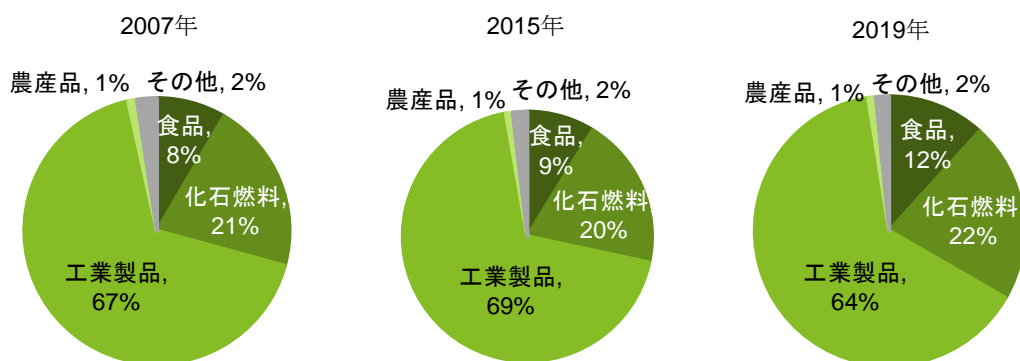
エクアドル経済は国際原油価格の変動に大きく左右されており、経済・財政を安定させるためにも、産業構造の多様化を図る必要がある。輸出に関しては、2010年代初頭までは原油が輸出の半分以上を占めていたが、近年は非石油部門の輸出を強化し、輸出品目の多様化

に注力している。しかし、一次産品および加工物が輸出の大半を占める構造は変わっていない。一方、輸入については、工業製品が6割以上を占める状況が2007年から継続している。



出所：World Bank “World Development Indicators”を基に JICA 調査団作成

図 2-7 品目別輸出構成比 (2007/15/19 年)

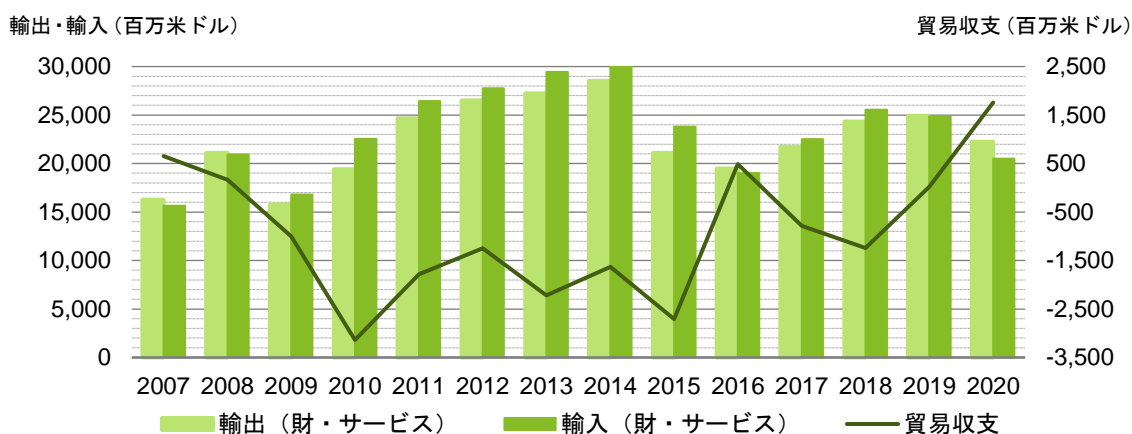


出所：World Bank “World Development Indicators”を基に JICA 調査団作成

図 2-8 品目別輸入構成比 (2007/15/19 年)

2010年代前半にかけて、輸出額と輸入額はともに伸びてきたが、恒常的に輸入額が輸出額を上回る状態で貿易赤字が継続していた。2014年後半からの国際原油価格と一次産品価格の低迷を受け、2015年の輸出額は前年と比べて激減した。一方、貿易赤字の拡大を抑えるための緊急措置として、2015年から政府は全輸入品に追加関税を課す等、様々な保護政策を導入した結果、輸入額も前年と比較して大幅に減少した。2016年には2010年代に入ってから初めて貿易黒字を実現した。

その後、EUとの通商協定の発効や、モノレ政権の発足に伴う追加関税撤廃等、より開放的な政策が実施されたことに加え、国際原油価格も回復した結果、2017年および2018年の輸出額は2年連続で成長した。ただし、輸入額が輸出増を上回る水準で増加したため、貿易収支は再び赤字に転じた。2019年の輸出額は前年からの継続成長したのに対し、輸入額は前年比で減少し、輸出額と輸入額がほぼ同水準となっている。



出所：World Bank “World Development Indicators”を基に JICA 調査団作成

図 2-9 貿易収支の推移 (2010~20 年)

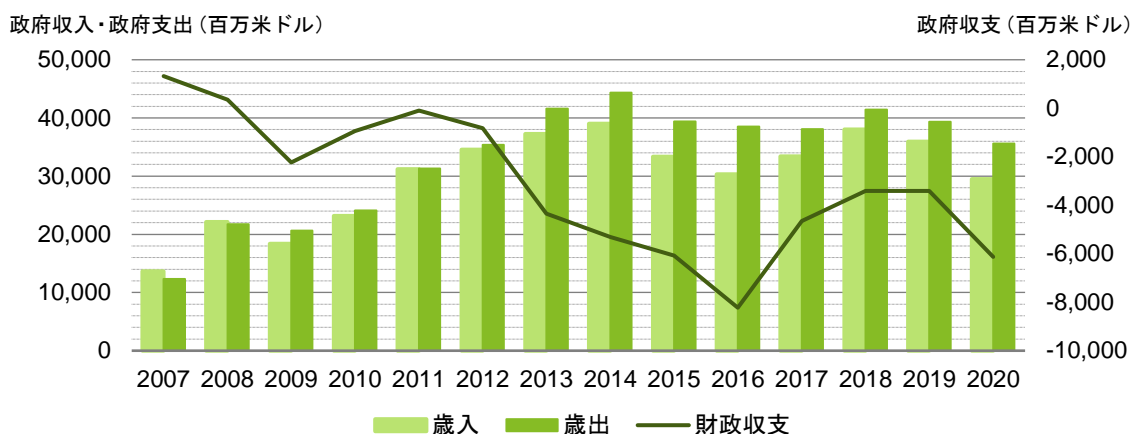
2.2.4. 政府財政収支

エクアドルの国家財政において、石油部門の収入は重要な位置を占めている。2007 年からのコレア政権は石油開発を加速させ、ベネズエラと合同でグアヤキル湾における天然ガス開発および新規石油精錬所の建設等を行ったほか、チリ・ブラジル・ペルー・中国等の石油企業との協力・交渉を進めた。石油開発・輸出の拡大に加え、2008 年には国際原油価格の高騰が追い風となって政府収入は前年比で大幅に増加した¹⁷。

その後、2009 年の原油価格下落により、政府収入は前年比で減少となったが、2010 年以降は原油価格の回復に伴い、2014 年まで政府収入は継続的に増加してきた。一方、政府は石油輸出で得た資金をインフラ整備や教育・社会福祉などに重点的に予算を配分し、特に政府補助金の支出額が 2007 年から急激に増加したことが、財政を圧迫した。2009 年から 2014 年までは、基本的に政府支出の増幅が政府収入の増幅を上回っており、2011 年を除いて財政赤字が継続していた。2014 年後半以降の原油価格の大幅下落を受け、石油部門からの収入が激減し、全輸入品に対する追加関税徴収や政府支出の削減といった緊急措置が実施されたが収入減を補いきれず、2015 年および 2016 年は財政赤字がさらに拡大した。

2017 年 5 月に発足したモレノ政権は、経済・財政再建や貿易収支の改善に注力し、同時に原油価格も回復したため、2017 年から政府収入は 2 年連続で増加し、財政赤字が改善された。しかし、2018 年 10 月以降の原油価格下落を受けて、経済成長は減速し、政府収入・支出とも前年と比べて減少した結果、財政収支の赤字は前年比で同じ水準で推移している。

¹⁷ 2008 年 5 月 1 日に公表されたエクアドル国家予算修正案では、石油による財政収入は 41 億 9920 万米ドル (全体の 36.9%) であった。(在エクアドル日本大使館「エクアドル経済：2008 年 5 月」)



出所：IMF “World Economic Outlook Databases, October 2021”を基に JICA 調査団作成 注：2020 年は予測値

図 2-10 財政収支の推移（2007~20 年）

2.2.5. 政府公的債務

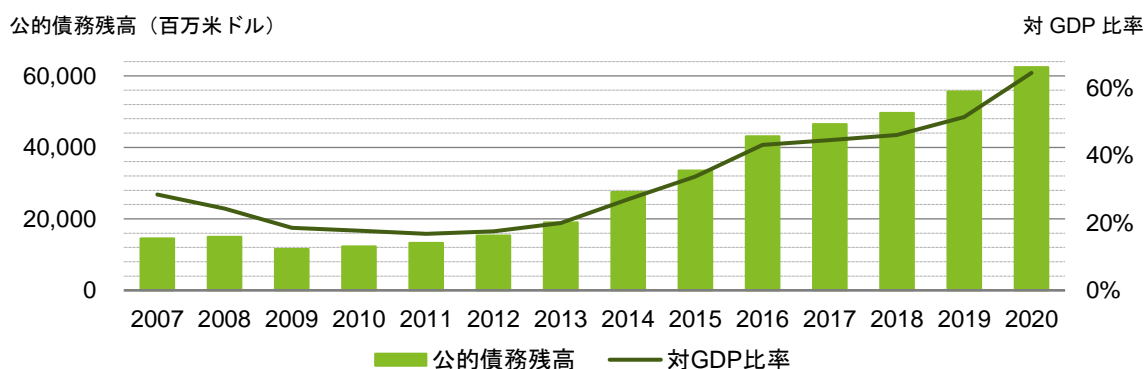
2007 年からのコリア政権は保護貿易化などの閉鎖的な政策の下、IMF と世界銀行から新規融資を受けない方針をとり、両機関の常駐代表を国外追放までした¹⁸。2013 年までの公的対外債務は、主にグローバル国債、続いて IDB、CAF、ラテンアメリカ準備基金（FLAR）からの融資で構成されている。そのほか、中国による融資も積極的に受け入れた。対内債務を加え、2007 年から 2013 年まで、公的債務は 100 億米ドル台で推移していた。

しかし、2014 年の財政悪化を受けて、8 年ぶりに IMF との協議が再開された。世界銀行との関係回復も図られ、2018 年 8 月には 11 年ぶりに世界銀行エクアドル常駐代表が就任した。この結果、再び IMF や世界銀行から新規融資を受けるようになったほか、以前から融資を受けている MDBs からの追加拠出も継続的に受け入れ、さらに国債の発行を重ねたことで、2014 年から公的債務は膨らみ続けてきた。

公的債務の対 GDP 比率は、憲法では 40%を超えてはならないと定められているが、2016 年に 40%を超過してからも年々上昇し続けており、2019 年末には 51.8%に達した。IMF は負債額が過去 10 年で急増したことを深刻に受け止め、融資の実行条件として財政健全化を要求した。それに応える形で、政府は 2019 年 12 月に税収増加を目的とした経済改革緊急法を成立させたが、新型コロナウイルス感染拡大や国民の反発を受けて功を奏さず、翌年 4 月に国債の利払いを遅らせることを宣言し、債務不履行状態となった。エクアドル政府は、各 MDB に緊急融資を要請したほか、米国や欧州の機関投資家と元本削減や金利減免等の債務削減で合意したと発表した¹⁹。しかし、経済・財政状況が抜本的に改善されない限り、公的債務の増加は今後も大きな課題として残る。

¹⁸ 2011 年 10 月 29 日に開催された第 21 回イペロアメリカ・サミットで、コリア大統領が同席の世界銀行副総裁を批判し、世界銀行報道官からも「将来世界銀行と活動するようコリア大統領に要請することはなかろう」と反撃した。コリア政権時代に世界銀行との関係が極めて悪化していた様子が窺える。（在エクアドル日本大使館「エクアドル経済：2011 年 10 月」）

¹⁹ 日本経済新聞「エクアドル、米欧機関投資家と債務削減で合意 金利減免など」（2020 年 7 月 7 日）



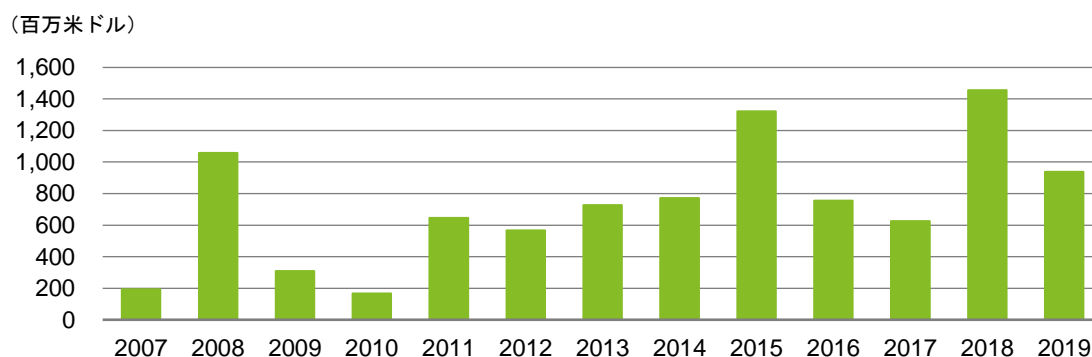
出所：IMF “World Economic Outlook Databases, October 2021”に JICA 調査団作成 注：2020 年は予測値

図 2-11 公的債務残高の推移（2007~20 年）

2.2.6. 投資動向

2007 年のコレア政権発足以来、規制強化・保護貿易化などの閉鎖的な政策がとられたため、外国からの投資受入も限定的だったが、2008 年にベネズエラと石油部門の合同開発に合意したことに加え、複数の外国石油会社と協力して新油田の開発を進めたことから、同年は外国からの投資受入額が 10 億米ドルを超えた。

2010 年代に入ってから、以前と比べて開放的な経済政策が進められた結果、海外直接投資の受入額は増加傾向にある。石油部門以外では、水力発電・鉱業開発における海外直接投資が盛んに行われている。2016 年以降は、外国企業による港湾開発の受注も見られる。



出所：World Bank “World Development Indicators”を基に JICA 調査団作成

図 2-12 外国直接投資受入額の推移（2007~19 年）

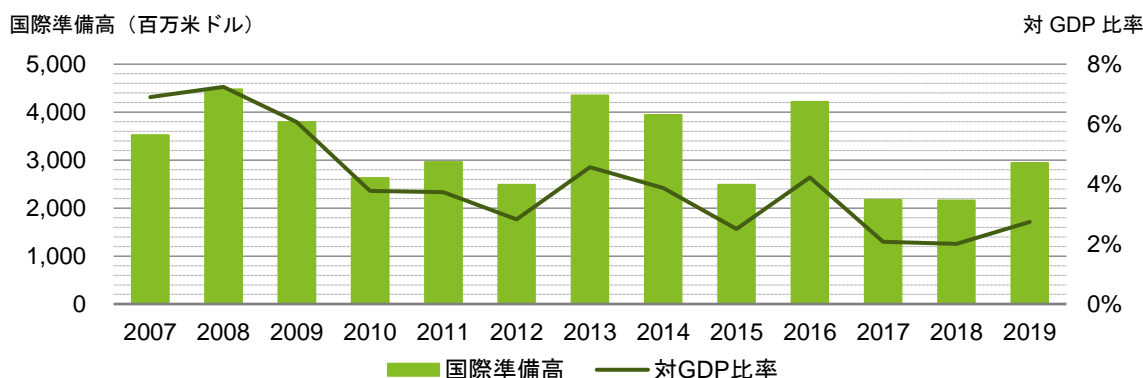
2017 年にモレノ政権が発足すると、外国直接投資を誘致するための諸条件を改善・拡大する方針が発表され、従来から実施されてきた資源開発や公共インフラ開発における投資誘致のほか、現地生産を促進するために部品の輸入に対する関税引き下げ等の措置が実施された。特に鉱業開発の大型案件が相次いで行われ、2018 年には対エクアドル海外直接投資約 14 億米ドルの 52%を鉱業分野が占めた。ただし、住民の反対により鉱山開発が中止された事例もあり、より労働・環境面に配慮した案件実施が求められている。

2.2.7. 外貨準備高

2001 年にエクアドルは自国通貨を廃止して米ドルを法定通貨として採用した。エクアドル

ル中央銀行は自ら米ドルを発行できないため、同国は主に、貿易収支の黒字²⁰、MDB からの融資および他国からの二国間援助による融資、外国直接投資、海外移民（外国に居住するエクアドル人）からの送金²¹、の4つの方法で米ドルを獲得している。

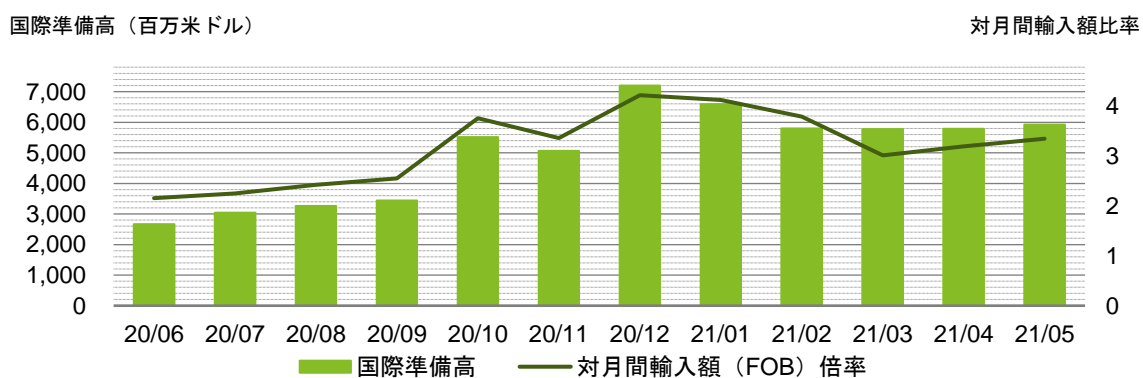
外貨準備高の対 GDP 比率は、2007 年にピークを達した後 2012 年まで年々低下しており、その後は 2~5%の間で上下している。2017 年における主要新興国の外貨準備高対 GDP 比率の平均値は 26.6%であり²²、エクアドルの外貨準備高は非常に低い水準にある。



出所：IMF “World Economic Outlook Databases, October 2020”を基に JICA 調査団作成

図 2-13 外貨準備高の推移 (2007~19 年)²³

外貨準備高の対月間輸入額比率は、2020 年 6 月から外貨準備金残高が増加傾向にあることから、2020 年 6 月の対月間輸入額 2 倍程度から 2020 年 12 月の 4 倍程度の間で推移しており、2021 年 5 月末時点では 3 倍程度となっている。IMF では、一般的に月間輸入額の 3 ヶ月以上の外貨準備高を有していることが適切な水準とされているが、その基準に基づけば、現在、エクアドル中央銀行が保有している国際準備高は適切な水準にあると言える。



出所：Banco Central del Ecuador, Monthly Statistical Information “International reserves” & “Sectoral Balance Sheet: Central Bank of Ecuador” (June 2021) を基に JICA 調査団作成

図 2-14 国際準備高対月間輸入額の推移

²⁰ 2009 年以降は貿易赤字が続いているため、近年はむしろ米ドルが流出している。

²¹ 2018 年第 1 四半期の海外からの送金額は 7 億 1500 万米ドルである（在エクアドル日本大使館「エクアドル経済：2018 年 6 月」）ことから、年間数十億米ドル程度が海外から送金されていると推測される。

²² 日本経済産業省「通商白書 2018」

²³ 国際準備高は各年 12 月末時点でエクアドル中央銀行が保有している米ドルの残高であり、残高は年間を通じて上下しているため、必ずしもその年の経済・財政状況を反映しているとは限らない。

ただし、中央銀行が保有している米ドルは、民間銀行、政府や国有企業等からの預金で、2014 年前まではこれら預金を 100%準備金として計上していたが、2014 年から国債購入を通じて政府に資金を提供することとなり、対内的に債務履行能力が低下している。2021 年 5 月に法改正が行われ、2030 年までに財務省は中央銀行が保有する国債を再購入するが、当面の間、中央銀行は負債総額を準備金でカバーできない状況が継続する見通しである²⁴。

2.2.8. 金融システム

エクアドルには、3 つの公的銀行と 24 の民間銀行が存在する²⁵。主要な商業銀行としては、ピチンチャ銀行 (Banco Pichincha)、パシフィコ銀行 (Banco del Pacífico)、Produbanco、グアヤキル銀行 (Banco Guayaquil) がある。そのうちパシフィコ銀行は国有企業である。これら 4 大銀行に数行の大手銀行が続き、さらに多数の中小銀行が存在する。外資系銀行としては、米国・Citibank グループの Citibank Ecuador がキトとグアヤキルに支店を持つ。

2020 年 3 月現在、貸出ポートフォリオ全体の 58%が借入期間 360 日以内と、短期融資が中心である。長期預金の水準の低さや金融・債券市場における同国の存在感の小ささ、機関投資家の不在等により、長期融資は未熟である²⁶。

民間銀行の総貸出ポートフォリオは、2020 年 3 月現在、282 億 2200 万米ドルで、商業ローン (43.9%) と消費者信用 (39.8%) に集中している。また、2021 年 10 月現在、同国の貸出金利は 7.49%²⁷、米ドル経済であるにもかかわらず米国の貸出金利の 3.25%²⁸と比較して大幅に高くなっている。これは、政府の信用力の低さ、大手銀行の寡占による市場競争の欠如等によるものである。

2.3 経済政策

2.3.1. モレノ政権の経済政策概観

2017 年発足のモレノ政権は、自由で開放的な経済を目指し、経済構造の改革、海外投資誘致や諸外国との貿易投資促進に取り組んできた。MDB からの融資を活用して、経済・投資・生産環境の改善、公共インフラの強化、低炭素社会の実現や気候変動による影響の軽減などに投資してきた。一方、前政権時代からの負の遺産である財政赤字に対応すべく、貧困層や零細企業など弱者に配慮する方針は継承しつつも、緊縮政策による財政赤字の縮小を目指した。

2.3.2. 米ドル化経済の強化

1990 年代に政権交代が相次ぎ、経済が混乱を極めていた中、2000 年にマワ (Jamil Mahuad) 政権は、経済立て直しの最終手段として自国通貨を廃止し、米ドルを法定通貨に採用した。

²⁴ Banco Central del Ecuador, Monthly Statistical Information, “1.2.1 International reserves”, “1.2.3 Sectoral Balance Sheet: Central Bank of Ecuador” (June 2021)によると、2021 年 5 月末時点の負債総額は 158.84 億米ドルで、国際準備金 59.23 億米ドルを大幅に超過している。

²⁵ IDB “Proposal for a CCLIP for the program Electric Mobility and first operation under the CCLIP for the Financing of Sustainable Electric Transportation in Ecuador” (Nov 2020)

²⁶ 同上

²⁷ Banco Central del Ecuador “Monthly Statistical Information No.2035 September 2021” (Sep 2021)

²⁸ WSJ Prime Rate (Oct 2021)

中央銀行は新たに銀行規制を導入し、市場金利を 8 つのセクターに分けてそれぞれで上限を設定したほか、預金の 60%を国内に留保して国内市場での運用を義務付けた。その結果、民間銀行が与信基準を緩和したことで貸出が増加し、マネーサプライは拡大した。しかし、十分な量の米ドルを国内に流通させないと経済活動に支障が生じるため、自ら通貨を発行できないエクアドル政府にとって、米ドル獲得が経済政策の至上命題となった。2014 年後半以降の原油価格下落で石油輸出による収入が激減したことを受けて、米ドルの国外流出を抑えるため、政府は輸入制限や資本移動規制など規制強化を実施せざるを得なくなった。

2017 年のモレノ政権発足とともに、国際原油価格も回復局面に入ったため、輸入に関する規制は撤廃された。しかし、モレノ大統領は政権の運営方針として、米ドル化経済の強化は重要な命題であると表明し、それを様々な金融政策に反映させた。

米ドル化経済は野党によって批判されてきたが、2021 年 4 月に国民議会はドル化経済を維持・規制するドル化防衛法を承認した²⁹。5 月 24 日に就任したラッソ大統領の政党は、既に 4 月に同法律への賛成を表明しており、6 月 9 日にはギレルモ・アヴェラン氏 (Guillermo Avellan) を中央銀行総裁に任命し、同法を実行すると公言している³⁰。

2.3.3. 燃料補助金の見直し

エクアドル政府は化石燃料に補助金を設けて国内での低廉な燃料価格を維持してきたが、補助金の支出は公的支出の 8% (2018 年) を占めるなど財政圧迫の主要因となってきた³¹。燃料価格設定のガイドラインである大統領令第 338 号 (2005 年 8 月) は度々見直され、近年は補助金削減の方向にあるが、国民の反発もあり一進一退を繰り返している。

2018 年 9 月、政府はエビ養殖業者・漁業従事者向け産業用ディーゼル価格を 0.25 米セント引き上げることを決定した³²。約 3 ヶ月後、この産業用ディーゼル価格は市場価格に連動することとなった³³。加えて、同月 (12 月) にはハイオクガソリンの価格も市場価格に連動させることが決定し、ハイオクガソリンに対する補助金が撤廃された³⁴。ハイオクガソリンへの補助金撤廃により、政府は当初年間 144 百万米ドルの削減を見込んでいたが、実際には 2019 年 1~11 月で 82 百万米ドルの削減に留まった³⁵。

2019 年 4 月には、天然ガス、液化天然ガス、圧縮天然ガスの価格自由化を発表した³⁶。同年 10 月には、IMF から支援を受ける条件として燃料補助金削減を含む緊急財政法案を打ち出したものの、国内での激しい抗議活動を受けて補助金削減の中止に追い込まれている。燃料補助金のうち、家庭用 LPG 向け補助金を廃止すると、貧困世帯³⁷で収入の 2.5%から 3%にあたる支出増が生じると試算されており、短期的に家庭向け燃料補助金を廃止することは

²⁹ The Rio Times “Ecuador’s Parliament approves controversial law maintaining and regulating “dollarization”” (23 Apr 2021)

³⁰ El Universo “El Banco Central del Ecuador tiene a su nuevo gerente: Guillermo Avellán Solines” (6 Jun 2021)

³¹ IMF “Country Report No. 19/379” (Dec 2019)

³² 大統領令第 500 号

³³ 大統領令第 619 号。ただし、同大統領令は価格変動 (値上げ) に伴う漁業関係者への補償も含む。

³⁴ 大統領令第 619 号

³⁵ El Universo “El ahorro para el Estado por el subsidio de la súper fue de \$82 millones” (26 Dec 2019)

³⁶ なお、同政策によって、産業用のみ市場価格変動の影響を受けることになるが、家庭やホテル、レストランでの使用については影響を受けることなく、引き続き政府からの補助金が充てられる。

³⁷ 収入が全人口の下位 40%にいる世帯を指す。

非常に困難であると考えられる³⁸。

一方、2020年からの新型コロナウイルス感染拡大に伴う世界的原油価格の急落を機に、政府は燃料補助金の見直しに再び着手している。2020年5月には、自動車用・漁業用ディーゼル価格の規制が解除され、毎月国際原油価格と連動して計算されるようになった³⁹。また、レギュラーガソリンも市場価格に連動するようになった⁴⁰。ただし、月ごとの価格変動は最大±5%の範囲内と定められ、変動が±5%を超えた場合は国が補助金で差分を助成するため、国内燃料価格は国際市場価格と完全に連動してはいない。さらにその後、2021年1月には変動幅が±3%に引き下げられ（ガソリンは±5%のまま）⁴¹、同年11月には市場価格との連動は中止のうえ固定価格制に戻ることとなった⁴²。このディーゼル・ガソリン価格の市場価格との連動により、2021年は10月までに同年の一般会計予算の約2.4%に相当する783百万米ドルの燃料補助金を削減できたとされる⁴³。

2.3.4. 公社の民営化

道路、不動産、エネルギー等の分野で約70億米ドルのコンセッション収入を得ることが可能とのIDBによる試算を受け、経済・財務省（Ministerio de Economía y Finanzas : MEF）は2019年の国家予算案で一部民営化による収入を見込み、10億米ドルの予算枠を設定した。一部民営化の対象となり得るのは、国家電気通信会社（Corporación Nacional de Telecomunicación : CNT）、スクレ保険（Seguros Sucre）、エクアドル電力公社（Corporación Eléctrica del Ecuador : CELEC）、モンテベルデ・ガス基地（GLP Monteverde）等とされる。

2019年1月、政府はCNTの20年間の経営権の売却を発表した。40億米ドルの売却益が出る見込みである。政府は、CNTの収益の25%を保持し続けるほか、労働者の権利の現状維持も条件とされている。同年9月には、ソプラドーラ（Sopladora）水力発電所およびパンフィコ銀行⁴⁴の2件について民営化に向けての準備が進められていることが発表された⁴⁵。しかし、新型コロナウイルス感染拡大を受け、コンセッションの準備が進まず、2021年11月時点ではこれら3件の民営化案件はいずれも実現できていない模様である。

進捗は順調でないものの、民営化を推進する政府の姿勢は変わっておらず、2020年7月にはエクアドルの主要製油所であるエスメラルダス（Esmeraldas）製油所⁴⁶の一部民営化を発表し、2020年10月には新規の製油所、ガス貯蔵施設、天然ガス発電所の建設および民間による運営の事業者募集プロセスを開始したと発表した⁴⁷。

³⁸ Schaffitzel, F., Jakob, M., Soria, R., Vogt-Schilb, A., & Ward, H. “Can government transfers make energy subsidy reform socially acceptable? A case study on Ecuador.” Energy Policy (2020)

³⁹ 大統領令第1054号

⁴⁰ 同上

⁴¹ 大統領令第1222号

⁴² 大統領令第230号

⁴³ Primicias “Gasolina y diésel: Estado ahorra USD 783 millones con banda de precios” (7 Oct 2021)

⁴⁴ 資産規模でエクアドル第2位の銀行（La Asociación de Bancos del Ecuador, May 2020）

⁴⁵ 在エクアドル日本大使館「エクアドル経済：2019年9月」

⁴⁶ 11万バレル/日の製造能力を持つ。

⁴⁷ 設備容量は400MWで、2023年稼働開始する予定。（El Comercio “Ecuador inicia el proceso de concesión para iniciar la construcción de una central térmica con gas natural”, 21 Oct 2020）

2.3.5. 投資誘致促進

2017年12月に貿易省は貿易投資省に再編され、開発、雇用創出および外貨獲得に向けた戦略策定のために投資促進・誘致戦略委員会が同省内に設置された。2018年12月には、国内自動車産業の発展を目的として関税率表が改定され、それまで国内自動車組立産業の自動車部品輸入に対して課せられていた15%の関税が、2019年からは13%に引き下げられた⁴⁸。また、2023年までに、現地調達率が30%以上の場合は部品輸入を無関税とすることが目標として掲げられた。

2019年2月に決定されたエクアドル政府に対する複数の国際機関による102億米ドルの融資のうち IDB 拠出分については、投資環境の改善、投資手続きの簡素化等に使用予定である。また、世界銀行の「Doing Business」レポート⁴⁹や世界経済フォーラムの「Global Competitiveness Report」といった投資環境の国際的な格付けにおける順位上昇も狙いとして挙げられているほか、2021年までに投資手続きのデジタル化を進める予定である。

⁴⁸ 現地調達率16%以上が条件となっている。

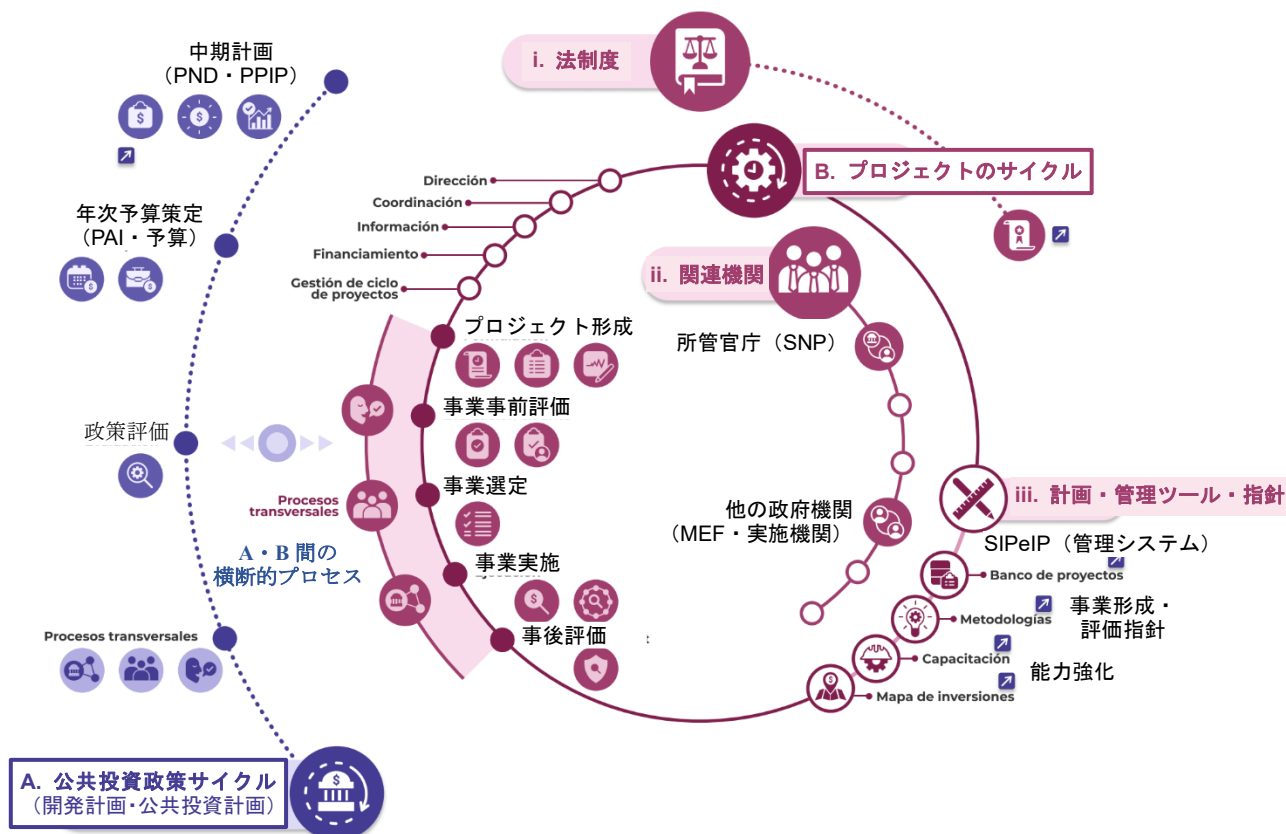
⁴⁹ 世界銀行グループは、2021年9月に同レポートの廃止を発表した。

第3章 エクアドルにおける公共投資と PPP

3.1 公共投資⁵⁰

3.1.1. 公共投資制度の全体像

エクアドルにおける公共投資制度（SNIP）の全体像を図 3-1 に示す。



出所：ECLAC “Regional Observatory on Planning for Development in Latin America and the Caribbean”の図を JICA 調査団加工

図 3-1 エクアドルの公共投資制度の全体像

図中のi.~iii.は、公共投資の基盤となる主要項目を表す。

- i. 公共投資にかかる法制度（3.1.2 参照）
- ii. 所管官庁・関係機関（3.1.2 参照）
- iii. 公共投資を計画・管理するためのツールおよび指針（3.1.4 参照）

また、図中の A.と B.は、2つの異なる計画・実施管理プロセスのサイクルを表す。

- A. 公共投資政策のサイクル：政府の中期開発計画・公共投資計画と年次公共投資計画の流れ（3.1.6 参照）

⁵⁰ 特に注記がない場合は、ECLAC “Regional Observatory on Planning for Development in Latin America and the Caribbean”を参照。

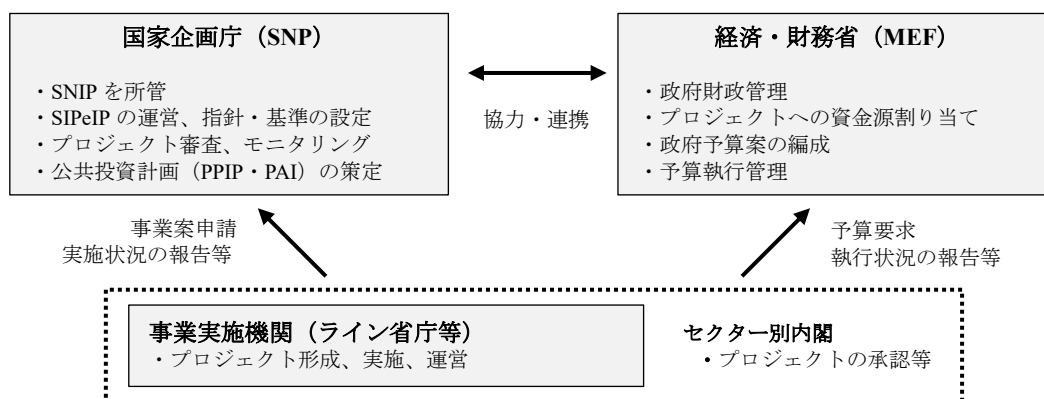
B. 公共投資プロジェクトのサイクル：個別プロジェクトの形成・事前評価、実施・モニタリング、事後評価までの流れ（3.1.5 参照）

3.1.2. 公共投資管理にかかる法制度・組織

現在の SNIP は、2010 年 10 月制定の計画・財政基本法（COPLAFIP）に基づき整備されている。同法は政府の公共財政管理を包括的に規制する法律だが、特に公共投資については、所管官庁とその権限、国家開発計画（PND）とそれに含まれる中期公共投資計画（PPIP）の策定等について規定している。また、大統領令第 489 号（2014 年 11 月）により、関係省庁・機関が従うべき COPLAFIP の実施細則が定められている。

公共投資管理に関連する主要官庁および関係機関の関係を図 3-2 に示す。個別プロジェクトを含む公共投資計画の策定は国家企画庁（Secretaría Nacional de Planificación：SNP）⁵¹が担い、公共投資計画に対する予算および資金源の割り当てを MEF が担当する。COPLAFIP に基づいて公共投資制度を所管する SNP は、公共投資計画の策定方法を定めるとともに、公共投資プロジェクトの形成および公共投資計画管理システム（SIPeIP）への情報登録を行う実施機関を監督・支援し、各プロジェクトの審査を行う。

また、SNP は、MEF と協力・連携して SNIP の運営を行う。MEF は、予算上限の設定やプロジェクトへの資金源割り当てを行い、毎年の国家予算案を編成する。プロジェクトの実施段階では、SIPeIP に登録された情報、および各実施機関が統合財政管理システム（eSIGEF）に報告する情報に基づいて、MEF が投資予算執行状況をモニタリングする。ライン省庁・政府機関等の実施機関およびセクター別内閣⁵²は、公共投資プロジェクトの形成・事前評価、予算編成のための事業選定・承認、事業実施・運営を担当する。



出所：JICA 調査団作成

図 3-2 所管官庁・関係機関の関係

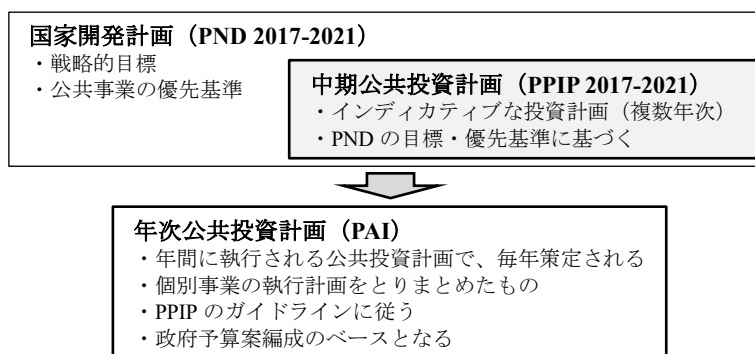
⁵¹ 2021 年 5 月の新政権発足に伴い、Secretaría Técnica de Planificación de Ecuador (STPE) から Secretaría Nacional de Planificación (SNP) に名称が変更された。

⁵² エクアドルの行政府の省庁は、4つのセクター別閣僚会議に分かれている（4.4.1 参照）。

3.1.3. 国家開発計画と中期公共投資計画

(1) 前期：2017~21年

PPIPは、PNDに包含される形で策定される。前期（2017~21年）のPND「国民福祉計画」⁵³とPPIPの関係を図3-3に示す。



出所：JICA 調査団作成

図 3-3 PND・PPIP・PAI の関係

PPIP 2017-2021 は、PND 2017-2021 が掲げる 9 つの戦略的目標に応じて計画する投資額をインディカティブに示すもので、下記の公共投資事業の優先基準を踏まえて策定された。

- 貧困削減
- 地域間格差の是正
- 雇用創出
- 民活導入による公共事業の補完
- 非伝統的輸出産業の振興に貢献する生産性の向上
- 国産原材料の活用による輸入の抑制

PPIP 2017-2021 における公共投資計画の目標と金額を表 3-1 に示す。

表 3-1 PPIP 2017-2021 の目標と投資額

PND の戦略目標		公共投資計画 (百万米ドル)						
		2017	2018	2019	2020	2021	合計	構成比
目標 1	全ての人に平等な機会と尊厳ある生活を保障する	2,518	2,071	3,461	3,602	3,773	15,425	60.3%
目標 2	異文化と多民族性を肯定し多様なアイデンティティを再評価する	40	28	31	31	31	160	0.6%
目標 3	現在および将来の世代に自然環境を享受する権利を保障する	74	168	133	148	150	674	2.6%
目標 4	経済社会システムの持続性と連帯を統合し、米ドル化を強化する	386	151	165	318	329	1,348	5.3%
目標 5	再分配と連帯を通じて生産性と競争力を増進し、持続可能な経済成長を実現する	1,859	1,692	496	422	392	4,861	19.0%
目標 6	生産能力と環境整備を通じて食料自給と農村の良好な生活を実現する	206	352	367	373	331	1,629	6.4%
目標 7	国民に身近な国家により参加型社会を奨励する	373	196	154	99	75	896	3.5%
目標 8	新しい社会倫理のために行政の透明性と説明責任を推進する	119	15	10	17	18	179	0.7%

⁵³ Plan Toda una Vida

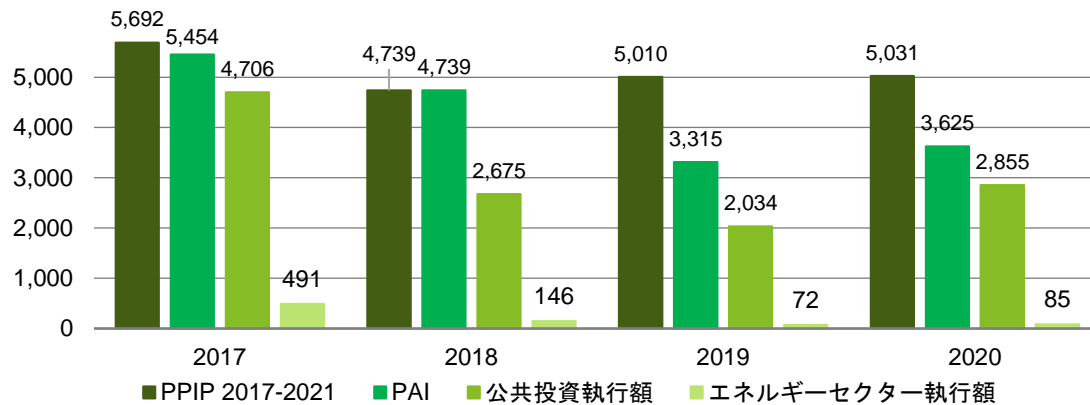
目標 9	独立と平和を保障し、国家を地域と世界に戦略的に位置付ける	118	67	193	20	20	418	1.6%
合計		5,692	4,739	5,010	5,031	5,119	25,591	100%

出所：PND 2017-2021

毎年の公共投資計画については、PND および PPIP に示されるガイドラインに基づき、SNP が MEF、各ライン省庁、およびその他政府機関と連携して、年次公共投資計画（PAI）を策定する⁵⁴。PAI は各機関が年間に執行する公共投資の計画を取りまとめたもので、事業名、配賦される投資額等が記載される。例えば、2019 年の PAI（総額 33 億米ドル）では、エネルギー・非再生天然資源省（Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables：MERNNR）に対して計 17 件・128.3 百万米ドルの投資が計画された⁵⁵。

2017~20 年の PPIP、PAI、および執行額の推移を図 3-4 に示す。2018 年以降、政府歳入の伸び悩み等の影響で、PPIP に対する執行額は大幅に減少した。また 2020 年からは新型コロナウイルス感染拡大対策にかかる支出も多く、2017~20 年の PPIP の執行率は 60%に留まる。

（単位：百万米ドル）



出所：PND 2021-2025 に基づき JICA 調査団作成

図 3-4 公共投資額の推移（2017~20 年）

(2) 現行：2021~25 年

2021 年 5 月に発足した新政権による PND 2021-2025 「機会創出計画」⁵⁶は 2021 年 9 月に承認・発表された。従来と同様に、PPIP 2021-2025 は PND に包含されている。PND 2021-2025 は、「経済」「社会」「安全保障」「環境」「組織制度」の 5 つの基軸（Eje）に対し 16 の目標を掲げており、再分配が重視された前期計画と比較して、自由市場経済に基づく生産性・競争力の強化と成長、雇用機会の拡大に重点が置かれている。

表 3-2 PND 2021-2025 の基軸と目標

5 つの基軸	PND 目標	
I. 経済 (Eje Económico)	目標 1	包摂的な手段で、雇用機会を増大し労働条件を向上させる。
	目標 2	対外貿易、観光、投資誘致、金融システムの近代化を強化する明確なルールに基づいた経済システムを促進する。

⁵⁴ 国の一般会計予算の対象とならない公共機関を除く。

⁵⁵ MEF (2019) “Proforma del Presupuesto General del Estado: Programa Anual de Inversiones Entidad”

⁵⁶ Plan de Creación de Oportunidades

	目標 3	循環型経済のアプローチの下、農業、水産業、工業の生産性と競争力を強化する。
	目標 4	持続可能で透明性の高い公共財政管理を確保する。
II. 社会 (Eje Social)	目標 5	家庭を守り、その権利とサービスを保障し、貧困を削減して国民の社会参加を促す。
	目標 6	包摂的で高品質な無償医療を受ける権利を保障する。
	目標 7	市民社会の能力を強化し、すべてのレベルで革新的、包摂的で質の高い教育を提供する。
	目標 8	多民族社会を重視し農村地域に新しい機会と幸福を生み出す。
III. 包括的な安全保障 (Eje Seguridad Integral)	目標 9	市民の安全、公共の秩序とリスク管理を保障する。
	目標 10	国家主権、領域の保全、国家の安全を保障する。
IV. 環境移行 (Eje Transición Ecológica)	目標 11	持続可能な天然資源の活用を行い、資源を保護・回復・保全する。
	目標 12	気候変動の軽減・対応策をとった持続可能な開発を促進する。
	目標 13	統合的な水資源管理を促進する。
V. 組織制度 (Eje Institucional)	目標 14	規制監督のプロセスにおける公正で効率的な行政とその独立・自立に重点を置き、国家の組織能力を強化する。
	目標 15	公共倫理、透明性の向上、および腐敗防止を促進する。
	目標 16	地域の統合、国際社会への戦略的な参加を促進し、人道的な移動にかかる人々の権利を保証する。

出所：PND 2021-2025

上記目標の達成に向け、PND 2021-2025 は公共投資の優先基準を表 3-3 のとおり示す。

表 3-3 PND 2021-2025 による公共投資の優先基準

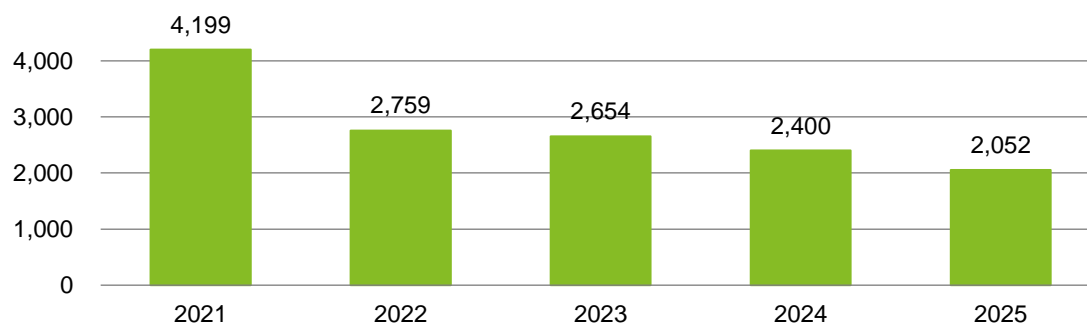
分野	公共投資の基準
I. 経済 (Criterios económicos)	1. 質の高い雇用の創出 サプライチェーンと地域の経済活動の改善を通じた雇用源の創出を促すため、公共インフラ投資の実施により、民間セクターの雇用増大を補完する。
	2. 包摂的な経済成長と米ドル化の強化 国民全員の機会を創出し、包摂的な成長を促進する条件をもたらす、マクロ経済の安定を強化し、経済の流動性を増大しドル化を強化する。
	3. 競争力と生産性の向上 より良い連結性と価格競争力のあるロジスティクスを可能とするインフラと質の高いサービスにより、財・サービスの生産部門の生産性を向上し、生産部門により要求される適切な条件を整備する。
	4. 規律ある国家予算管理 財政規律を遵守しつつ、より有利な条件で多様な資金を確保し、効率的な資源配分により公共投資プログラム・プロジェクトを実施することにより、持続可能な公共財政管理を行う。
	5. 民間セクターの活用 PPP による民間セクターとの協カスキームを促進し、インフラ開発・運営とサービス提供を行う。
II. 社会 (Criterios sociales)	1. 貧困と極度の貧困の根絶 人権の完全な擁護を保障し、社会的弱者を優先的に配慮し、社会保障モデルを強化する。
	2. 慢性的な乳児栄養失調の低減 生後 24 ヶ月未満の乳児の慢性的な栄養失調を防止・特定・削減するメカニズムを開発する。
	3. 質の高い公共サービスへのユニバーサルなアクセス 特に社会的弱者に配慮しつつ、全国民の公共サービスへの公平で差別のないアクセスを保障する。
	4. バランスのとれた地域開発 地域間の格差削減とバランスのとれた包摂的な開発を促進する。
	5. 農村地域への優先的な留意

	質の高い公共サービスと基本的なサービスの普及を拡大する。農村地域の生産インフラを開発する。
III. 包括的な安全保障 (Criterios de seguridad integral)	1. 安全保障の強化と平和文化の促進 国家、領域および国民の安全に対する国内外の脅威を、防止・早期警戒・対応するメカニズムを整備する。
	2. リスク管理 自然災害・人災の発生に対して国家の対応能力とレジリエンスを強化する。
IV. 環境移行 (Criterios de transición ecológica)	1. 天然資源管理 再生可能・非再生可能天然資源の合理的・持続可能・効率的な活用を促進する。
	2. 環境配慮 エコシステムと生態多様性の保護、回復、保全、および環境汚染・劣化の削減を促進する。
	3. 気候変動 公共投資プログラム・プロジェクトにおいては、気候変動の適応策や緩和策にかかる配慮を組み込む。
V. 組織制度 (Criterios institucionales)	1. 多層的な連携 公共政策とサービス実施のサイクルにおいて、多様なレベルの政府機関間の連携、および市民社会・民間セクター・NGO・学会・国際機関の参加を促進する。
	2. 腐敗防止 公共調達のプロセスにおいては、透明で参加型の行政を実施し、契約機関のあらゆる形態の腐敗や応札企業の不正行為を撲滅する。
	3. ビジネス環境の改善と効率的なデジタル政府 ビジネス環境を改善し、生産者と国内外投資家の起業と経済活動を促進するために、公共機関の手続きを簡素化・撤廃し、手続き期間を最適化するとともに、テクノロジーとイノベーションの活用を増大させる。

出所：PND 2021-2025

PPIP 2021-2025 では、5 年間で総額 141 億米ドルの公共投資が計画されている。

(単位：百万米ドル)



出所：PPIP 2021-2025 に基づき JICA 調査団作成

注：2021 年の計画値は、新型コロナウイルス感染拡大に伴う特別支出を含む

図 3-5 中期公共投資計画 (PPIP 2021-2025)

3.1.4. SNP による公共投資計画・管理にかかるツール・ガイドライン等⁵⁷

SNP は、投資プロジェクトの管理ツールとして SIPeIP を運営している。この情報プラットフォームは、公共投資事業の計画から評価までの情報を統合的に管理し、各セクターの公共政策の実施状況のモニタリングと評価に活用できるほか、公共財政管理システムである eSIGEF との連携が可能となっている。

⁵⁷ SIPeIP および公共投資にかかる指針・基準については第 11 章で詳述する。

また、SNP は公共投資プロジェクトの形成および評価方法にかかる指針・基準を定めている。「投資事前調査の TOR 作成ガイドライン」⁵⁸（以下、「TOR 作成ガイドライン」）（2015 年）では、公共投資プロジェクトの事前調査の作成方法や調査項目等を定めている。「プログラム・プロジェクト形成および公共投資計画策定基準」⁵⁹（2015 年）は、実施機関がプロジェクト形成を行い公共投資計画に組み込むまでの方法を示した指針である。プロジェクト毎に正味現在価値（NPV）および内部収益率（IRR）の算出を求める等、事前評価における各種評価基準を定めている。プロジェクトの性質に応じて、リスク評価や環境影響評価（EIA）の実施も必要とされる。「インパクト評価方法」⁶⁰（2012 年）では、プロジェクトタイプ別に様々な事後評価方法の指針が示されている。このほか、SNP は、政府機関向けに公共投資プログラム・プロジェクトの計画、モニタリング、評価方法に関するトレーニングプログラムを提供している。

3.1.5. 公共投資プロジェクトのサイクル（個別プロジェクト）

実施機関は、前述のプロジェクト形成と事前評価の指針に従って、プロジェクトを形成する。所管のセクター別内閣の承認を得ることが求められるとともに、内外の資金源、PPP の活用等の資金調達方法を明らかにし、SIPeIP にプロジェクト情報と関連文書を登録する。SNP はプロジェクトの技術的・経済的な妥当性と PND の目標・優先基準との整合性を審査し、プロジェクト優先化の賛成意見書⁶¹を発行することにより、PAI への掲載が可能となる。外国資金によるプロジェクトについては、中央銀行の承認が必要である。なお、個別プロジェクトの審査に要する時間は案件によって異なる。

プロジェクト実施段階では、実施機関は MEF および SNP に実施状況を報告する。MEF が管理する eSIGEF では予算執行状況が記録され、SNP の SPeIP には進捗状況をモニタリングするモジュールが備わっている。これらシステムは外部に非公開だが、プロジェクトシート、事前評価、月次進捗状況等は、各実施機関のウェブサイト（Transparency の項）で公開することが可能である。同様に、プロジェクト完了後の事後評価も実施される。

3.1.6. 公共投資政策のサイクル（国家開発計画・公共投資計画）

公共投資政策のサイクルにおいては、まず 5 年ごとの新政権発足当初から、地方政府やライン省庁からの参加を得て、新政権の政策に基づいた PND およびそれに含まれる PPIP の策定作業が始められる。PND の策定では、参加型プロセスにより戦略目標が設定され、これに沿って PPIP が策定される。現行の PND 2021-2025 については、2021 年 5 月の政権発足から約 4 ヶ月で取りまとめられ、承認された。

毎年、各実施機関が形成し、セクター別内閣の承認を得た公共投資プロジェクトは、SNP の審査と同意を経て（3.1.5 参照）、毎年 10 月に PAI に取りまとめられる。PAI への掲載にあたって、各プロジェクトは PND の優先基準（表 3-3 参照）により 5 段階で優先度付けしたうえで MEF に提出される。PAI に基づき、MEF は、財政状況等を踏まえ、国家予算法案

⁵⁸ Guía para la Presentación de Términos de Referencia de Estudios de Preinversión

⁵⁹ Normas para la Inclusión de Programas y Proyectos en los Planes de Inversión Pública

⁶⁰ Metodologías de Evaluación de Impacto

⁶¹ Dictamen Favorable de Priorización

⁶²を編成し、国民議会に提出する。

このように、公共投資プロジェクトのサイクル（個別プロジェクト）と公共投資政策のサイクル（公共投資計画）の間で、横断的なプロセスを通じて両者の整合性が図られる。また、COPLAFIP の規定により、実施機関は予算執行状況を報告することが求められ、これらはMEF による一般会計予算の評価報告に反映される。

3.1.7. 公共投資管理アセスメントの実施見込み

2021 年 10 月に発表された IMF 4 条協議の報告書⁶³によれば、エクアドル政府はより経済成長に資する公共投資事業支出の効率化と透明性の向上を重視し、IMF の支援で公共投資管理アセスメント⁶⁴を 2022 年第 1 四半期に実施することを表明している。

3.2 PPP

3.2.1. PPP にかかる法制度・組織

エクアドルではもともと、1993 年国家近代化法⁶⁵に基づき、コンセッション方式によるインフラプロジェクトへの民間参加が促進されていた⁶⁶。しかし、憲法改正を積極的に推進するコレア大統領の就任を受けて 2008 年 10 月に現行憲法が制定されるとその流れは止まり、しばらく新規の PPP プロジェクトが実施されない状態が続いた。現行憲法では、エネルギーを含む戦略セクターにおいて政府に強い権限が与えられ、戦略セクターおよび公共サービスへの民間参入は例外的に認めるものとされる。

ところが近年、政府は再びインフラプロジェクトへの民間参加を促進する姿勢を見せている。表 3-4 に示すとおり、2015 年以降、PPP に関連する法令が相次いで制定され、法的・制度的枠組みが強化されている。その皮切りとなったのが、2015 年 3 月の大統領令第 582 号である。同令は戦略セクターおよび公共サービスにおける民間提案（アンソリシテッド）のためのルールを定めている。さらに、同年 12 月には、PPP・外国投資におけるインセンティブ基本法（LOIAPP）⁶⁷が制定された。これは、PPP プロジェクトや国内外からの投資の促進に向けたインセンティブ、およびその適用にかかるガイドライン・制度的枠組みを整備することを目的としたものである。また、組織の権限・役割やプロセスを含む細則が、大統領令第 1190 号（2020 年 11 月）で制定された。この大統領令の制定は、IDB から融資を受けるにあたってのエクアドル政府のコミットメントの一部であった。また、IMF からの助言を踏まえて制定され、国際基準に則った内容となっている。しかし、要求される調査等の負担増大に対して民間事業者が反対し、実際には運用されていない⁶⁸。

⁶² Proyecto de Ley General de Presupuesto del Estado

⁶³ IMF (2021) “2021 Article IV Consultation, Second and Third Reviews under the Extended Arrangement under the Extended Fund Facility, Request for a Waiver of Nonobservance of Performance Criterion, and Financing Assurances Review—Press Release; Staff Report; and Statement by the Executive Director for Ecuador” (Oct 2021)

⁶⁴ Public Investment Management Assessment

⁶⁵ Ley de Modernización del Estado de 1993

⁶⁶ The Economist Intelligence Unit (2019) “The 2019 Infrascopes”

⁶⁷ Ley Orgánica de Incentivos para Asociaciones Público-Privadas y la Inversión Extranjera

⁶⁸ MEF への聞き取りによる。

表 3-4 PPPに関連する主要法令

法令名	制定/最終改定年	概要
エクアドル共和国憲法 (Constitución de la Republica del Ecuador)	2008年10月	<ul style="list-style-type: none"> 戦略セクターの管理・規制・監督を行う権限が政府にあることを定める。戦略的セクターとは、エネルギー、電気通信、非再生可能天然資源、石油・ガスの輸送および精製、生物多様性、遺産、電波、水、その他法律で規定されたセクターを指す。(第313条) 戦略セクターおよび公共サービスにおいて、国を主要株主とする官民の混合企業、および例外的に民間の参入を認める。(第316条)
生産・取引・投資基本法 (Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones : COPCI)	2010年12月/ 2019年12月	<ul style="list-style-type: none"> 戦略セクターにおいて、例外的に民間による投資を認める。(第96条) 電力セクターにおいて、国内の民間電力会社による新規プロジェクトは保証・支払い条件等で国際電力取引と同等の待遇を享受すると定める。(第98条) 公営企業または官民の混合企業による適切なサービス供給ができない場合、国または国家機関が電力、道路、港、空港、鉄道等の公共サービスの供給を民間に委任することを認める。委任の形はコンセッション、提携 (association)、戦略的パートナーなどで、公開入札手続きを通じて選定され、サービス料金は国家機関によって規制されることを定める。(第100条)
電力事業基本法 (Ley Organica del Servicio Publico de Energia Electrica : LOSPEE)	2015年1月/ 2019年6月	<ul style="list-style-type: none"> ①国民の利益のために必要な場合、②公営企業または官民の混合企業だけでは需要に対応できない場合、③電力マスタープラン (PME) に含まれない非在来型再エネプロジェクトの場合は、政府は MERNNR を通じて電力事業を民間に委任することを例外的に認める。①②は PME に含まれたもので、MERNNR が通常の公共調達プロセスで事業者を選定するが、③は MERNNR がその他の関連法に則って選定できるとされる。(第25条) 民間事業者とのコンセッション契約は MERNNR が締結することを定める。(第29条)
大統領令第582号 官民連携制度に関する規則 (Reglamento del Regimen de Colaboracion Publico Privada, Decreto Ejecutivo 582)	2015年3月/ 2018年6月	<ul style="list-style-type: none"> 民間提案にかかる規則 (プロセス含む) を定める。 プロジェクトは、公共セクター主導または民間セクター提案で、戦略セクター、公共サービス、その他一般の利益になるサービスが対象とされる。(第1~2条)
PPP・外国投資におけるインセンティブ基本法 (Ley Organica de Incentivos para Asociaciones Público-Privadas y la Inversión Extranjera : LOIAPP)	2015年12月/ 2018年8月	<ul style="list-style-type: none"> PPP プロジェクトや国内外からの投資促進のためのインセンティブを定め、その適用にかかるガイドライン・制度的枠組み整備することを目的とする。 CIAPP の設置 (第4条)、委員構成 (第5条)、権限 (第6条)、および同委員会の下に技術事務局を設置すること (第7条) を定める。
大統領令第1190号 PPPに関する規則 (Reglamento para Asociaciones Público Privadas, Decreto Ejecutivo 1190)	2020年11月	<ul style="list-style-type: none"> LOIAPP など複数の法令の適用にかかる細則を定める。これには CIAPP および技術事務局の権限・役割や PPP プロジェクトライフサイクルにわたる実施事項・プロセス等が含まれる。

出所：JICA 調査団作成

前述のとおり、現行憲法はエネルギーを含む戦略セクターへの民間参入を例外的に認める。このほか、生産・取引・投資基本法 (COPCI) や電力事業基本法 (LOSPEE) も一定の

条件下で電力セクターへの民間参入を認めている。また、LOSPEE は、MERNNR が電力セクターのプロジェクトにおいて公共契約機関となることを定める。

LOIAPP は PPP を「中央政府または地方自治政府が民間事業者に、管理委託契約に定められた要件・条件・制限・規定に則って、物品や施設、サービスの提供を目的に特定の公共事業の実施と資金調達（全部または部分的）を委託し、その投資、リスクおよび業務に対して対価を支払う管理委託形態」と定義する。また、PPP に関して表 3-5 に示す 6 原則を定める。

表 3-5 PPP プロジェクトに関する 6 原則

原則	内容
財政的持続可能性	財政の持続可能性または公共サービスの提供を損なうことがないように、PPP プロジェクトで締結された契約の履行から生じる、確実または不測の財政的コミットメントに対する国の支払能力を考慮すべきである。
適切なリスク共有	いかなる PPP プロジェクトにおいても、リスクおよび便益の特定・評価はプロジェクト期間中に行われなければならない。リスク・便益は契約の規定に従って、委託する公的機関と民間事業者で引き受け・移転・共有される。
Value for Money	PPP プロジェクトでは、価格・品質比で最良の結果を得なければならない。対象業務・物品・サービスのエンドユーザーにとって経済的に最も有利な条件を得なければならない。
利用者の利益・権利の尊重	国および民間事業者は、エンドユーザーを保護し、エンドユーザーの権利に関する明確かつ十分な情報を提供するとともに、エンドユーザーの請求に適時対処・解決する義務を負う。
所有権	契約期間において、当事者の財産権を保障しなければならない。
カバレッジと社会的包含	プロジェクトの計画・実施にあたっては、当該プロジェクトによる物品・業務・サービスを必要とする地域、社会的集団および国民を除外してはならない。国産品の使用、技術移転、国内人材の採用を指向すべきである。

出所：LOIAPP 第 3 条

PPP 推進のためのインセンティブとしては、表 3-6 に示す各種免税措置が用意されている。事業所得税が 10 年間免除されるほか、輸入にかかる関税・付加価値税（VAT）等が免除される。また、エクアドルでは、一部を除く全ての外国送金に対して 5%の外国送金税⁶⁹が課されるが⁷⁰、PPP プロジェクトの輸入や利益・配当金支払い等のための送金では免税される。一方で、Viability Gap Funding（VGF）制度⁷¹を含む補助金や収入保証、用地取得等にかかる政府支援、債務・信用保証といった支援は確認されていない。

表 3-6 PPP 推進のためのインセンティブ

インセンティブ		根拠法
所得税	運営 1 年目から 10 年間の所得税免除	・ 内国税基本法（Ley Orgánica de Régimen Tributario Interno）第 9.3 条
外貨流出税	輸入・資金調達・利益・配当金支払に対する外国送金税（5%）の免除	・ 税負担公平性改革法（Ley Reformativa para la Equidad Tributaria）第 159.1 条
関税	対外貿易にかかる各種税金の免除 ・ 輸入税 ・ 輸入セーフガード（緊急輸入制限）・その他課徴金 ・ 輸入品への VAT ・ FODINFA（青少年育成基金）	・ COPCI 第 125 条

⁶⁹ Impuesto a la Salida de Divisas

⁷⁰ Deloitte tax@hand “Tax Simplicity and Progressivity Law enacted” (10 Jan 2020)

⁷¹ 採算性の低いプロジェクトで、政府が民間事業者に対して一部費用を補助金として提供する仕組み。

VAT	国有企業と同等の条件・%での VAT 源泉徴収	・ 内国税基本法 第 63 条
-----	-------------------------	-----------------

出所：CIAPP (2017) “Guía Metodológica para Presentación y Aprobación de Proyectos bajo la Modalidad de Asociación Público-Privada Versión 1.0”を基に JICA 調査団作成

LOIAPP 等に基づき、省庁横断で PPP にかかる政策・ガイドライン・規制策定およびプロジェクトの評価・承認を行う組織として、PPP 委員会 (Comité Interinstitucional de Asociaciones Público-Privadas : CIAPP) が設置されている。MEF 大臣が委員長を務め、決定投票権を有する。副委員長は生産・貿易・投資・漁業大臣が務め、SNP 長官も委員会メンバーである。CIAPP はプロジェクト実施やインセンティブ付与の承認等を行う場で、実務機能はその下に設置された技術事務局 (Secretaría Técnica de APP) が担う。事務局は MEF が運営し、事務局長も同省職員から選出される。事務局の機能は次のとおりである⁷²。

- CIAPP で必要な情報の要求
- CIAPP が組織するチーム・技術作業体の招集・調整
- CIAPP が承認を行う公共事業の経済的・財政的評価
- 必要な技術調査にかかる公共契約機関との調整
- 公共契約機関等の関係者に対する是正措置の指導
- 国際機関による支援・技術協力の管理および契約
- PPP レジストリの管理
- CIAPP から委託されたその他活動

このように、エクアドルでは PPP にかかる法的・制度的枠組みは、ある程度整備されていると言える。しかし、これらがほぼ全く機能していないのが実態である。MEF への聞き取りでは、LOIAPP 以下 PPP 関連の各種法令に則ったプロジェクトを「PPP」、それ以外の民間資金を活用した公共プロジェクトを「コンセッション」と区別していた。「PPP」プロジェクトは現在までに 4 件しかない。後述するように一般的な定義での PPP スキームによるインフラプロジェクトはこの他に多数存在するが、いずれも PPP 関連法令で定められたプロセスを踏まずに各ライン省庁等が実施した「コンセッション」である。この要因としては、「PPP」として実施する場合、3.2.2 で見るように CIAPP での審査・承認など手続きに非常に多くの時間を要すことになり、ライン省庁としても負担が大きいことが指摘された。ライン省庁が通常の公共調達プロセスに沿って民間事業者を選定する「コンセッション」であれば 1 年以内に実施できるプロジェクトも、PPP 関連法令に則って実施すると最長 3 年はかかってしまうという。また、「コンセッション」であっても、COPCI に基づいて「PPP」とほぼ同様の税制上のインセンティブを享受することができる⁷³。

こうした中、「PPP」と「コンセッション」を統合的に実施・管理するため、PPP にかかる法的・制度的枠組みの再構築が進められようとしている。2020 年 11 月に制定された大統領令第 1190 号は、「コンセッション」も含めて民間事業者による公共事業の実施を PPP とし統合管理することを目指したものだだったが、前述のとおり運用には至っていない。「PPP」と「コンセッション」の統合、すなわちいずれも定められたプロセスに則って承認・実施さ

⁷² 大統領令第 1190 号

⁷³ MEF への聞き取りによる

れるような仕組みづくりに 2022 年に着手予定である⁷⁴。

第一歩として、2021 年 11 月 19 日、大統領令第 260 号によって、大統領府に PPP・委任管理⁷⁵技術事務局 (Secretaría Técnica de Asociaciones Público-Privadas y de Gestión Delegada) が設置された。今後 PPP にかかる法的・制度的枠組みの整備を担う。特定省庁下ではなく、大統領直下に配置したことから、ラッソ新政権の PPP 制度改革に対する本気度が窺える。技術事務局長にはサラス氏 (Roberto Salas Guzmán) が任命され⁷⁶、同大統領令に基づいて CIAPP の議長も務める。

同大統領令では、技術事務局の機能を以下のとおり定める。省庁横断で、PPP・民間委託にかかる政策・法制度・ガイドラインの策定や提案、プロジェクト管理、関係機関の能力強化などを行うほか、国際機関からの援助の管理も所管する。

- PPP・委任管理を通じた投資に関連する政策の実施調整
- PPP・委任管理の投資にかかる具体的な法律・規制枠組みの更新および改善に関する大統領府法務事務局との調整、PPP・委任管理に関する大統領への助言・報告
- PPP・委任管理にかかる国家計画のための情報準備
- 全ての PPP プロジェクトに関する情報・文書を掲載する PPP レジストリ (オンライン) の作成・公開・管理
- 税制上のインセンティブの適用基準に関する CIAPP への提案、財務所管省庁へのその財政的影響に関する報告書の要求
- LOIAPP で規定されている便益適用のためのガイドラインの提案
- CIAPP での承認プロセスにかかるテクニカルガイドの作成
- CIAPP への Final Business Case (FBC) やバンカビリティにかかる報告書の発行
- 委任管理にかかる関係機関の能力強化・育成支援
- 受任・監督機関⁷⁷との PPP・委任管理にかかる多年度戦略計画の調整・明確化
- 公的機関同士あるいは公共・民間の間で生じ得る紛争に対する解決策の明確化
- 受任機関に対する管理指標や目的の設定
- 受任機関がその役割を遂行するのに必要と思われる情報提供の依頼
- PPP・委任管理・その他民間が参加するプロジェクトおよび受任機関に関する情報の統合
- PPP・委任管理プロジェクトの促進にあたって機関横断での連携が必要な場合のテクニカルテーブルの作成調整
- プロジェクトへの国内外の金融セクターの参加促進
- 国際機関による支援・技術協力の管理および契約

3.2.2. PPP プロジェクトのプロセス・評価基準

LOIAPP 等に基づき、PPP プロジェクトの組成や各種調査、民間事業者の選定に対する責

⁷⁴ 同上

⁷⁵ 委託管理とは、公共事業の実施に関し、民間企業などに委託することを指す。

⁷⁶ El Universo “Roberto Salas asumió la Secretaría Técnica de Asociaciones Público-Privadas” (23 Nov 2021)

⁷⁷ 事業の実施・受託事業者を指す意味で委任機関としている。

任は公共契約機関（ライン省庁等）にある。CIAPP は 2017 年に「PPP プロジェクトの提案・承認にかかる方法論的ガイド」⁷⁸を作成している。同ガイドラインは、PPP プロジェクトの実施プロセス、実施事項、評価指標・基準等を詳細に定義している。表 3-7 に同ガイドラインで定められたプロセスを要約する。

表 3-7 PPP プロジェクトのプロセス

ステージ 1：実現可能性・便益分析	
フェーズ 1：プロジェクト組成 〔ソリシテッド〕 ・ プロジェクト構想 ・ F/S（法、技術、経済・財務、環境） 〔アンソリシテッド〕 ・ プロジェクト構想 ・ 公益分析、経済・財務評価 ・ F/S（法、技術、経済・財務、環境）、仕様作成	公共契約機関 公共契約機関 民間事業者 公共契約機関 公共契約機関
フェーズ 2：便益分析 ・ 便益分析レポートの作成（従来の公共調達に対して PPP が望ましいかの分析） ・ LOIAPP 第 3 条が定める 6 原則と合致しているかの分析（表 3-5 参照） ・ インセンティブ規模の分析	公共契約機関 公共契約機関 公共契約機関
公共契約機関内での承認後、CIAPP にプロジェクト実施・インセンティブ適用の承認を依頼	公共契約機関 →CIAPP
ステージ 2：プロジェクト承認	
・ 提出書類が要求事項を満たしていることの確認 ・ 情報の分析、法的分析レポートと経済・財務レポートの作成 ・ 技術事務局レポートの作成（CIAPP に対する結論・提言）	技術事務局 技術事務局 技術事務局
CIAPP での決議	CIAPP
ステージ 3：契約管理・モニタリング	
・ プロジェクトによる影響、ライフサイクルを通じた VFM、インセンティブの利用に関するモニタリングの実施。モニタリング結果のレポートを CIAPP に提出	技術事務局

出所：CIAPP (2017) “Guía Metodológica para Presentación y Aprobación de Proyectos bajo la Modalidad de Asociación Público-Privada Versión 1.0”を基に JICA 調査団作成

ステージ 2 の CIAPP 技術事務局でのプロジェクト評価にあたって行われる分析内容を以降で要約する。まず、法的分析レポートは、表 3-8 に示すとおり、背景と PPP 適用にかかる法的根拠で構成される。

表 3-8 法的分析レポートの内容

背景	
1. プロジェクトに適用される法体制	関連するすべての法令について詳述
2. プロジェクトに適用される税体系	関連するすべての税制について詳述
3. PPP 関連法との整合	LOIAPP 第 8 条、PPP インセンティブ法にかかる規則第 4 条に準拠しているか確認
法的根拠	
1. 法的 F/S レポートの分析	公共契約機関による法的検討を分析
2. 公共側の契約機関の特定と法的性質の決定	公共契約機関の法的根拠と権限を分析。（国有企業の場合）2012 年憲法裁判所判決を評価
3. プロジェクト実施セクターの分析	インフラ、都市開発、道路、港、空港
4. CIAPP が有する権限による法的根拠の分析	プロジェクト実施セクターは CIAPP が定める公益に資するセクターか？

⁷⁸ Guía Metodológica para Presentación y Aprobación de Proyectos bajo la Modalidad de Asociación Público-Privada

5. 契約モデルの分析	コンセッション BOT、DBFOT、BOO 等
6. プロジェクトで用いられる物品	法的根拠、収用体制、影響を受ける資産の詳細
7. 環境法令の遵守	ライセンス、評価等
8. 遺跡発見にかかる国内法の順守	プロジェクトの立地に応じる
9. その他法的要求事項の順守	-

出所：CIAPP (2017) “Guía Metodológica para Presentación y Aprobación de Proyectos bajo la Modalidad de Asociación Público-Privada Versión 1.0”

経済・財務分析レポートでは、PPP プロジェクトの基本情報・財務情報、および適用されるインセンティブについて分析する。前者では、表 3-9 に示す項目が検討される。併せて、適格性指標、公共・民間比較基準（Public-Private Comparator）を用いた便益分析の評価、表 3-5 に示した PPP プロジェクトに関する 6 原則を順守しているかの分析も行う。後者では、公共契約機関に求められているインセンティブの詳細化・金額算出、NPV で民間による投資額（株式・融資）をインセンティブが上回らないことの確認、年間税引前利益とインセンティブの比較、インセンティブによって政府・公共契約機関の収入がそれによる支出を上回ることを確認、以上を踏まえたインセンティブの正当性・CIAPP への提言のとりまとめを行う。

表 3-9 PPP プロジェクトの基本情報・財務情報にかかる分析事項

項目	内容
1. 投資	投資額・スケジュールを詳述
2. 資金源	資金源の内訳を明確化（国内投資家、国外投資家、外国政府、多国籍銀行、商業銀行、請負/受託業者等）
3. プロジェクト期間	プロジェクト期間・ステージを詳述
4. 介入セクター	プロジェクトが介入するセクターを特定
5. 立地	プロジェクトが開発される地理的位置を特定
6. 政府コミットメント	政府・民間事業者によるコミットメントを詳述：確実・不測
7. 考慮	国が享受する便益を特定
8. インセンティブ	要求されているインセンティブ、資金フローにおける規模を詳述
9. 公共の貢献	予算が認証されていない限り、公的機関はコミットメント、契約、義務の承認・約束をしてはいけない
10. 社会的・経済的・財務的分析	NPV・IRR・元利金返済カバー率（DSCR）を含む主要な社会的・経済的・財務的指標を詳述

出所：CIAPP (2017) “Guía Metodológica para Presentación y Aprobación de Proyectos bajo la Modalidad de Asociación Público-Privada Versión 1.0”

適格性指標では、7つの基準・計 38 個の質問に対して、1（適合性が非常に低い）～5（適合性が非常に高い）の 5 段階で回答し、PPP によるプロジェクト実施が適しているかを評価する。7つの基準を表 3-10 に示す。

表 3-10 適合性指標における 7 つの基準

基準	内容
体制	PPP プロジェクトを実施する公共側の運営および組織体制
コンピテンス	需給にかかるプロジェクトリスクにより関係者の行動に影響を与える市場条件
複雑性	プロジェクトの難易度
関係者	プロジェクト関係者に与える影響
マクロ経済	マクロ経済指標への影響

一般競争入札	一般競争入札のプロセス
プロジェクト規模	プロジェクト開発・運営に必要な投資額

出所：CIAPP (2017) “Guía Metodológica para Presentación y Aprobación de Proyectos bajo la Modalidad de Asociación Público-Privada Versión 1.0”

なお、PPP 事業者の選定に関しては、民間提案（アンソリシテッド）でも政府主導（ソリシテッド）でも、同様に競争入札で行われる。特に民間提案の場合、提案事業者が不当に有利にならないよう、プレフィージビリティスタディ（F/S）・F/S 報告書等は公開される。提案事業者には評価点で最大 10 ポイントの加点がされるが、それ以外は他事業者と同等の条件で評価が行われる⁷⁹。

また、大統領令第 1190 号によると、PPP では一連のプロセスを通じて MEF⁸⁰から承認を得る必要がある。まず、PPP プロジェクトの計画・選定段階で、MEF は公共契約機関が提出するプレ F/S や公益分析に基づき、当該プロジェクトの妥当性を判断する（第 7 条）。国の予算や債務引き受け、税インセンティブが伴う場合、この段階で MEF は短・中・長期的視点に立って、国の予算・支払い能力も検討する（第 48 条）。次に、調達（入札）段階に入る前に、MEF は公共契約機関が提出する F/S や仕様書、契約書に基づき、PPP プロジェクトの持続可能性と財務リスクに関する報告書を作成する（第 58 条）。同報告書でプロジェクト実施が認められなかった場合、指摘箇所の見直しが求められる。また、その後契約書の内容など大きな変更が生じた際も、公共契約機関は MEF への確認が求められる。「コンセッション」であっても、同様にプロジェクト計画・選定段階と調達に入る前の段階で MEF からの承認が必要である⁸¹。

3.2.3. インフラ PPP プロジェクトの実績

前述のとおり、LOIAPP 以下 PPP 関連の各種法令に則って実施された「PPP」プロジェクトは、表 3-11 に示す 4 件しかない。内訳は港湾が 3 件、高速道路が 1 件である。

表 3-11 PPP 関連法令に則って実施されたプロジェクト一覧

プロジェクト名	セクター	契約内容	契約
Puerto Posorja	港湾	設計・建設・資金調達・運営・保守	2016 年 6 月
Puerto Bolívar	港湾	運営・保守	2016 年 8 月
Puerto de Manta	港湾	運営・保守	2016 年 12 月
Carretera Río 7 Huaquillas	道路	設計・建設・資金調達・運営・保守	2016 年 7 月 2019 年 11 月

出所：MEF 提供資料を基に JICA 調査団作成

しかし、「コンセッション」として各ライン省庁等が実施したプロジェクトも実質的には PPP である。エクアドルにおける（広義での）PPP の活用状況をより正確に把握するため、以降は世界銀行の Private Participation in Infrastructure Database を用いて分析する⁸²。

直近約 20 年間の PPP プロジェクトの件数および合計投資額の推移を図 3-6 に示す。

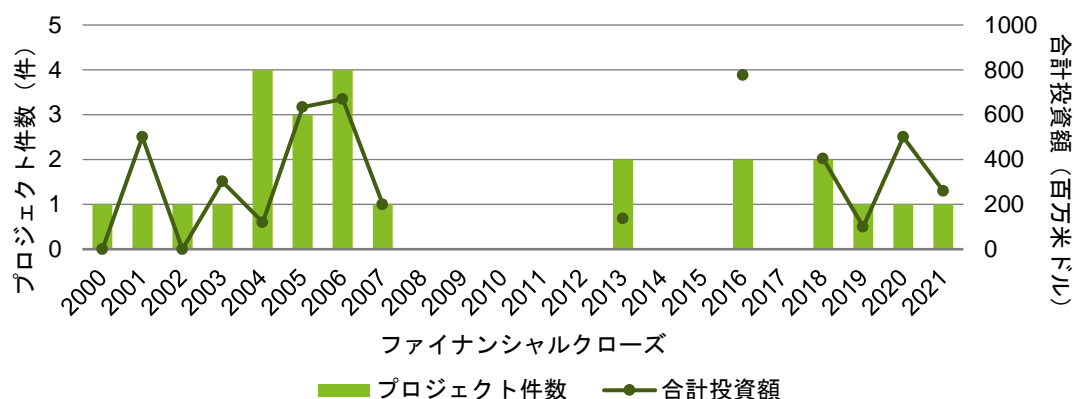
⁷⁹ 大統領令第 1190 号第 24 条

⁸⁰ 同大統領令では MEF 内に適合性・財務リスク課（Unidad de Sostenibilidad y Riesgos Fiscales）が設置されることになっているが、MEF への聞き取りによると、2022 年 1 月時点で同課は設置予定となっている。

⁸¹ MEF への聞き取りによる。

⁸² 同データベースでは、民間事業者が 20%以上参画し、所有・運営しているプロジェクトを PPP（世界銀行では Private Participation in Infrastructure という）としてデータベースに登録されている。

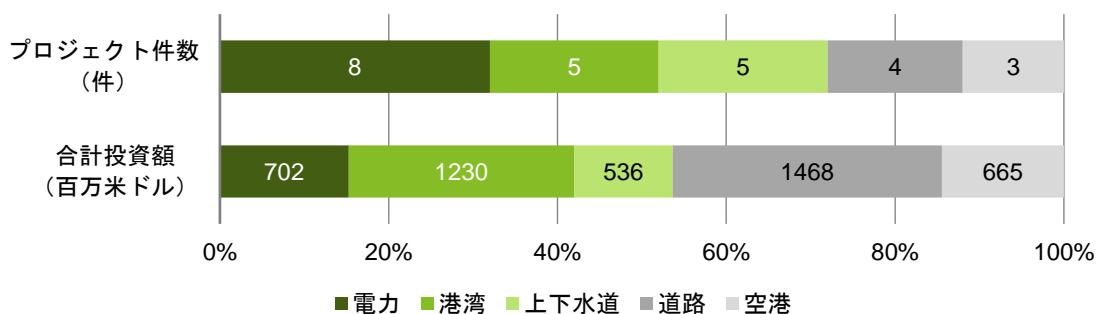
2000~21年にファイナンシャルクローズに至ったPPPプロジェクトは、計25件・約46億米ドル⁸³が登録されている⁸⁴。現行憲法が制定された2008年から2012年にかけては新規プロジェクトが実施されない状態が続いたが、2015年以降にPPPに関連する法令が相次いで制定されると、再びPPPを活用したプロジェクトが立ち上がっている。



出所：World Bank “Private Participation in Infrastructure Database”を基に JICA 調査団作成

図 3-6 PPP プロジェクトの件数・投資額の推移 (2000~21年)

セクター別に見ると、件数ベースでは、電力セクターが8件(32%)と最も多く、港湾セクターと上下水道セクターが各5件(20%)、道路セクターが4件(16%)、空港セクターが3件(12%)と続く。一部データが欠損している点に留意が必要だが、投資金額ベースでは、道路セクターと港湾セクターが電力セクターを上回る。道路セクターの14.7億米ドル(32%)、港湾セクターの12.3億米ドル(27%)に対し、電力セクターは7億米ドル(15%)である。



出所：World Bank “Private Participation in Infrastructure Database”を基に JICA 調査団作成

図 3-7 PPP プロジェクトの件数・投資額のセクター比率 (2000~21年)

ステージ別に見ると、全体としてはグリーンフィールドとブラウンフィールドが同数だが、電力セクターでは8件中7件がグリーンフィールドである。事業方式別に見ると、BOT方式に加え、既存施設のリハビリを伴う港湾・道路を中心にBROT方式も多く活用されている。電力セクターでは、BOT方式が4件、BOO方式が3件、運営契約が1件となっている。また、全PPPプロジェクト25件のうち、19件がアンソリシテッドとなっている。

⁸³ 合計投資額のデータは、電力と上下水道で各2件分、空港で1件分欠損している。

⁸⁴ 中止されたプロジェクトも含む。

表 3-12 PPP プロジェクトのステージ・事業方式別件数（2000~21 年）

ステージ	電力	道路	港湾	上下水道	空港	総計
グリーンフィールド	7		1		1	9
ブラウンフィールド		4	4	2	1	11
リース・運営契約	1			3	1	5
事業方式						
B O T	4		1		1	6
B O O	3					3
R O T			1	1		2
B R O T		4	2	1	1	8
R L R T			1			1
リース契約				1		1
運営契約	1			2	1	4
ソリシテッド/アンソリシテッド						
ソリシテッド	2	1	2	1	0	6
アンソリシテッド	6	3	3	4	3	19
総計	8	4	5	5	3	25

出所：World Bank “PPI Database”を基に JICA 調査団作成

最後に、2000~21 年の PPP プロジェクトの一覧を表 3-13 に、そのうち電力セクターにおけるプロジェクトの情報を表 3-14 に示す。

表 3-13 インフラ PPP プロジェクト一覧（2000~21 年）

プロジェクト名	FC 年	状況 ⁸⁵	セクター	ステージ	事業方式	総投資額 (百万米ドル)	スポンサー（出資額、出資比率、国籍）	MDB 支援	アン ソリ
Aguas de Samborondon Amagua	2000 年	調停中	上下水道	運営・リース	リース契約	n/a	• Sociedad de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Barranquilla (n/a, n/a, コロンビア)	No	Yes
Ecapag	2001 年	調停中	上下水道	ブラウン	BROT	500	• Fomento de Construcciones y Contratas SA (n/a, 23%, スペイン) • Hidalgo and Hidalgo SA (n/a, 22%, エクアドル) • Fabrica Nacional de Autopartes SA (n/a, 22%, コロンビア) • Veolia Environnement (n/a, 23%, フランス)	Yes	Yes
Mariscal Sucre airport management contract	2002 年	アクティブ	空港	運営・リース	運営契約	n/a	• Aecon (n/a, 30%, カナダ) • Construtora Andrade Gutierrez (n/a, 30%, ブラジル) • Houston Airport System (n/a, 25%, 米国) • Airport Development Corporation (n/a, 15%, カナダ)	No	Yes
San Francisco Power Plant	2003 年	アクティブ	電力	グリーン	BOT	302	• n/a (20%, n/a)	Yes	Yes
Esmeraldas Port	2004 年	中止	港湾	ブラウン	RLRT	30	• Hidalgo and Hidalgo SA (n/a, 75%, エクアドル) • Grupo Portuario SA (n/a, 26%, コロンビア)	No	Yes
Guayaquil International Airport	2004 年	アクティブ	空港	ブラウン	BROT	80	• Corporacion America (n/a, n/a, アルゼンチン) • American International Airports (n/a, n/a, 米国) • Deller Group (n/a, n/a, エクアドル)	No	Yes
Pedro Moncayo water supply	2004 年	終了	上下水道	運営・リース	運営契約	n/a	• Leonardo Armijos Luna (n/a, 100%, エクアドル)	Yes	Yes
Machala Tripleoro Water Concession	2004 年	調停中	上下水道	ブラウン	ROT	10	• Sociedad de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Barranquilla (n/a, n/a, コロンビア)	No	Yes
New Quito Airport	2005 年	アクティブ	空港	グリーン	BOT	585	• Odinsa S.A. (n/a, 50%, カナダ) • Construtora Andrade Gutierrez (n/a, 9%, ブラジル) • Camargo Correa Group (n/a, 9%, 米国) • Serveng Civilsan S.A. (n/a, 9%, カナダ) • Small international investors (n/a, 25%, n/a)	Yes	Yes

⁸⁵ アクティブとは、建設開始予定、建設中、運営中の状態を指す。終了とは、契約期間が終了し、契約更新・延長がなされていない状態を指す。中止とは、民間事業者がイグジットした状態を指す（契約満了前に政府に対して経済的利益を売却または移転、関係者が撤退、免許取り消しまたは契約履行拒否の後に契約の15%以上の期間にわたって建設・運営を中断）。調停中とは、政府または民間事業者が契約解除を申し出たり、国際仲裁を行ったりしている状態を指す。

プロジェクト名	FC年	状況 ⁸⁵	セクター	ステージ	事業方式	総投資額 (百万米ドル)	スポンサー (出資額、出資比率、国籍)	MDB 支援	アン ソリ
SAISC Thermal Power Plant	2005年	アクティブ	電力	グリーン	BOO	n/a	・ Sociedad Agricola e Industrial San Carlos S.A. (n/a、100%、エクアドル)	Yes	Yes
SAISC Thermal Power Plant	2005年	アクティブ	電力	グリーン	BOO	49	・ Sociedad Agricola e Industrial San Carlos S.A. (n/a、100%、エクアドル)	Yes	Yes
Termoguyas Floating Power Plant	2006年	アクティブ	電力	グリーン	BOO	103	・ Keppel Group (n/a、100%、シンガポール)	Yes	Yes
CATEG Management Contract	2006年	中止	電力	ブラウン	運営契約	n/a	・ Electricidad de Valencia (n/a、100%、ベネズエラ)	No	Yes
Manta Port Concession	2006年	中止	港湾	ブラウン	BROT	523	・ Hutchison Whampoa Ltd (n/a、00%、香港)	No	Yes
Manabi Southern Beltway	2006年	アクティブ	道路	ブラウン	BROT	43	・ Hidalgo and Hidalgo SA (n/a、n/a、エクアドル) ・ Verdu (n/a、n/a、エクアドル)	No	Yes
Guayaquil Port Concession	2007年	アクティブ	港湾	ブラウン	BROT	200	・ International Container Terminal Services Inc. (n/a、n/a、フィリピン) ・ PSA Corp (n/a、n/a、シンガポール)	No	Yes
San Bartolo Hydro Power Plant	2013年	アクティブ	電力	グリーン	BOT	76.7	・ n/a (7.65百万米ドル、50%、エクアドル) ・ n/a (7.65百万米ドル、50%、n/a)	Yes	No
Sabanilla Hydro Power Plant	2013年	アクティブ	電力	グリーン	BOT	60	・ Hidrelgen S.A. (16百万米ドル、100%、エクアドル)	No	No
Rio Siete - Huaquillas Highway	2016年	アクティブ	道路	ブラウン	BROT	665	・ Latinco S.A. Latinoamericana de Construcciones (n/a、n/a、コロンビア) ・ Fopeco S.A. (n/a、n/a、エクアドル)	No	No
Normandia Hydro Power Plant	2016年	アクティブ	電力	グリーン	BOT	111.4	・ Small international investors (36.4百万米ドル、100%、n/a)	Yes	Yes
SUEZ Water Management Santo Domingo Contract	2018年	アクティブ	上下水道	ブラウン	運営契約	26.49	・ SUEZ/ENGIE (26.49百万米ドル、100%、フランス)	No	No
Port of Guayaquil phase 1	2018年	アクティブ	港湾	グリーン	BOT	377	・ DP World (n/a、100%、UAE)	Yes	No
Guayaquil Port Access Channel Dredging Works	2019年	アクティブ	港湾	ブラウン	ROT	100	・ Jan de Nul (100百万米ドル、100%、ルクセンブルグ)	No	No
Santo Domingo - Buena Fe Road Expansion	2020年	アクティブ	道路	ブラウン	BROT	500	・ Santo Domingo CRSD (n/a、100%、エクアドル)	n/a	Yes
Naranjal - Tenguel Road Section	2021年	アクティブ	道路	ブラウン	BROT	260	・ Intervías (n/a、100%、スペイン)	n/a	Yes

出所：World Bank “PPI Database”等を基に JICA 調査団作成

注：電力セクターのプロジェクトは行を緑色で塗り潰している。

表 3-14 電力セクターにおける PPP プロジェクト一覧（2000~21 年）

プロジェクト名	FC 年月	電源	投資額	容量	収入源	契約期間	アンソリ	政府支援
San Francisco Power Plant	2003 年 10 月	水力	302 百万米ドル	230MW	n/a	30 年	Yes	債務保証
SAISC Thermal Power Plant	2005 年 7 月	バイオマス	n/a	351MW	配電会社への 販売	n/a	Yes	n/a
SAISC Thermal Power Plant	2015 年 7 月	バイオマス	49 百万米ドル	78MW	配電会社への 販売	n/a	Yes	n/a
Termoguayas Floating Power Plant	2006 年 1 月	ディーゼル	103 百万米ドル	150MW	配電会社への 販売	15 年	Yes	n/a
CATEG Management Contract	2006 年 11 月	ディーゼル	n/a	n/a	政府からの支 払い	5 年	Yes	n/a
San Bartolo Hydro Power Plant	2013 年 11 月	水力	76.7 百万米ドル	48MW	配電会社への 販売	40 年	No	支払い保証
Sabanilla Hydro Power Plant	2013 年 12 月	水力	60 百万米ドル	30MW	配電会社への 販売	50 年	No	n/a
Normandia Hydro Power Plant	2016 年 7 月	水力	111.4 百万米ドル	48.51MW	配電会社への 販売	n/a	Yes	n/a

出所：World Bank “PPI Database”等を基に JICA 調査団作成

3.2.4. インフラ PPP プロジェクトの事例

本項では、以下の具体的な PPP プロジェクト 4 件を紹介する。

- (1) SAISC Thermal Power Plant (電力セクター)
- (2) Termoguayas Floating Power Plant (電力セクター)
- (3) Normandia Hydro Power Plant (電力セクター)
- (4) SUEZ Water Management Santo Domingo Contract (水道セクター)

(1) SAISC Thermal Power Plant (電力)⁸⁶

● 事業概要

本事業は、エクアドル西部のグアヤス県 Coronel Marcelino Maridueña において、バイオマス発電所（コジェネ）の建設・運営を行う BOO 事業である。実施主体は砂糖生産会社の Sociedad Agrícola e Industrial San Carlos S.A. (SAISC) で、砂糖生産の過程で生じるバガス⁸⁷を用いたバイオマス発電を行う。

2005 年に 35MW を設置し、2013 年にさらに 40MW を増強して、合計 75MW となった。投資額はそれぞれ 16 百万米ドルと 49 百万米ドルである。同発電所で作られた電力の 3 割は自社の砂糖生産で使用し、残り 7 割の余剰電力を配電事業者等に供給している。

本事業はエクアドルにおけるバイオマス発電事業として初めてとなる気候変動に関する国際連合枠組条約 (UNFCCC) 公認のクリーン開発メカニズム (CDM) 事業である。また、2010 年には、環境・水資源省よりクリーナー・プロダクションプログラム⁸⁸として認定された。

● 事業ストラクチャー

本事業は、2004 年 11 月に国家電力評議会 (Consejo Nacional de Electricidad : CONELEC) と締結された 40 年間のコンセッション契約に基づくものである。その後、増強に伴って 2012 年に 75MW・40 年間の新たなコンセッション契約が締結された。組織再編があり、現在契約は MERNNR が引き継いでいる。

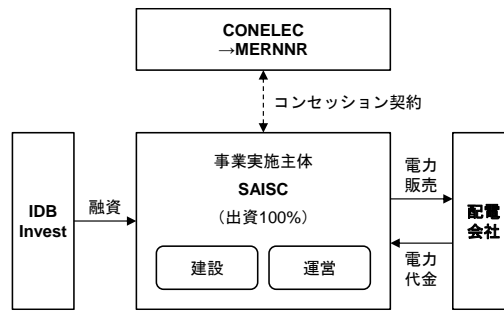
本事業には SAISC 社が単独出資している。また、2013 年の増設にあたっては、IDB Invest より最大 8 百万米ドルの融資を受けている。

余剰電力は全国連系システム (SNI) を通じて配電会社に供給されており、これが本事業の収入源となっている。売電価格は契約で固定されており、2004~15 年 (35 MW) は kWh あたり 10.23 米セント、2015 年以降 (75 MW) は kWh あたり 9.6 米セントで取引されている。また、配電会社に対して優先的に給電される。ただし、こうした優遇措置の期間は 15 年間で、本事業では 2027 年 12 月 28 日までとなっている。

⁸⁶ SAISC 社 ウェブサイト; SAISC 社 プレゼンテーション資料; IDB Invest ウェブサイト; World Bank “PPI Database”; UNFCC “CDM Project Search”; Dun&Bradstreet ウェブサイト; Roddy Javier (2015) “Elaboración de un manual de descripciones de cargos para la empresa Sociedad Agrícola e Industrial San Carlos S.A.”; ARCERNR への聞き取り

⁸⁷ サトウキビ搾汁後の残渣

⁸⁸ Producción Más Limpia



出所：JICA 調査団作成

図 3-8 SAISC Thermal Power Plant の事業ストラクチャー

● 民間事業者概要

SAISC 社は、エクアドルの国内砂糖市場で 3 分の 1 のシェアを誇る大手砂糖生産会社である。本社が所在するグアヤス県で、2 万 8 千ヘクタールのサトウキビ畑を所有・運営している。また、グアヤキル証券取引所⁸⁹に上場しており、従業員 3 千人以上、売上高約 150 百万米ドル（2019 年）の規模である。

● 事業年表

- 2004 年 コンセッション契約（35MW）締結
運転開始（35MW）
- 2005 年 投資実行（16 百万米ドル、35MW）
- 2006 年 CDM 登録
- 2010 年 環境・水資源省 クリーナー・プロダクションプログラム認定
- 2012 年 CDM クレジット期間終了
コンセッション契約（35MW）終了
コンセッション契約（40MW 増設・計 75MW）締結
- 2013 年 ファイナンシャルクローズ
投資実行（49 百万米ドル、40MW 増設）
IDB Invest 融資実行（最大 8 百万米ドル）
- 2015 年 工事完了・運転開始（40MW 増強・計 75MW）

(2) Termoguayas Floating Power Plant（電力）⁹⁰

● 事業概要

本事業は、エクアドル西部のグアヤス県において、内燃力発電所（ディーゼル発電）の建設・運営を行う BOO 事業である。実施主体は Termoguayas Generation S.A. で、発電所はグア

⁸⁹ Bolsa de Valores de Guayaquil

⁹⁰ MIGA ウェブサイト; Jaime Vicente (2016) “Plan de Emergencia para Control de Derrames de Hidrocarburos en el Area de Influencia de la Empresa Termoguayas Generation S.A.”; ARCONC 決議 077/17 号、Keppel Corporation ウェブサイト; ARCERNR への聞き取り

ヤス川に位置し、5つの艀（バージ）を用いた発電容量150MWのパワーバージ⁹¹である。これはブラジルから移設したものである。陸地側には、燃料貯蔵タンク、変電設備、系統に接続するための230kVの送電線等が設置されている。総投資額は約1億米ドルである。



出所：Jaime Vicente (2016) “Plan de Emergencia para Control de Derrames de Hidrocarburos en el Area de Influencia de la Empresa Termoguayas Generation S.A.”

図 3-9 Termoguayas Floating Power Plant の地図

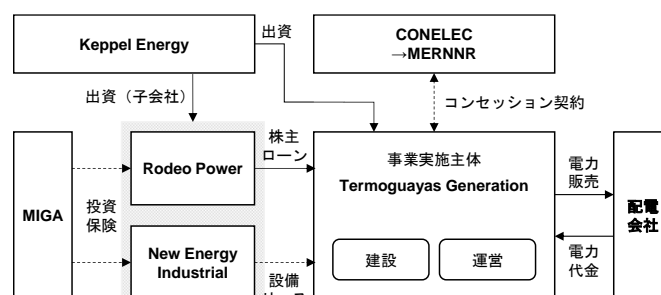
● 事業ストラクチャー

本事業は、2006年1月に CONELEC と締結された15年間のコンセッション契約に基づくものである。契約は2021年1月に満了した。また、2018年以降は運転していない⁹²。

Termoguayas Generation 社は、本事業を目的に設立されたプロジェクト会社で、Keppel Energy Pte. Ltd.が100%出資している。Termoguayas Generation 社とは、Rodeo Power Pte. Ltd.が5年間の株主ローン契約を、New Energy Industrial Ltd.が7年間の設備リース契約を締結した。両企業ともに Keppel Energy 社の子会社である。なお、Keppel Energy は2012年に本事業の株式を売却している。

また、多数国間投資保証機関（MIGA）が両社に対して約1億米ドルの投資保険を提供した。同保険では、送金制限や収用、契約不履行といったリスクがカバーされていた。

全国連系システム（SNI）を通じた配電会社への電力供給が本事業の収入源であった。具体的な価格は明らかでないが、契約に基づいて固定売電価格となっていた。



出所：JICA 調査団作成

図 3-10 Termoguayas Floating Power Plant の事業ストラクチャー

⁹¹ 艀に内燃機関と発電機を載せた移動式発電所。

⁹² ONE-CENACE への聞き取りによる。

● 民間事業者概要

Keppel Infrastructure (旧・Keppel Energy) は、海洋・船舶やインフラなどを手掛けるシンガポールの複合企業 Keppel Corporation の傘下で、世界各国でエネルギーおよびインフラ事業の投資・所有・運用を行う。Keppel Corporation はシンガポール証券取引所に上場しており、従業員 1 万 8 千人以上、売上高約 66 億シンガポール米ドル (約 50 億米ドル、2020 年) の規模である。

● 事業年表

2006 年	コンセッション契約締結 ファイナンシャルクローズ 投資実行 (103 百万米ドル、150MW) 運転開始
2021 年	コンセッション契約終了

(3) Normandia Hydro Power Plant (電力)⁹³

● 事業概要

本事業は、エクアドル南東部のモロナ・サンティアゴ県 (Morona Santiago) において、水力発電所の建設・運営を行う BOT 事業である。事業主体は Hidrowarm S.A. で、発電所はウパノ川に位置し、5 つのペルトン水車⁹⁴を用いた発電容量 48.9MW の流れ込み式水力発電所⁹⁵である。また、85km にわたる 230 kV の送電線の建設も行う。総投資額は約 1.1 億米ドルである。

● 事業ストラクチャー

本事業では、2013 年 8 月に 38.1MW・15 年間のコンセッション契約が結ばれた。その後、2015 年 11 月に 48.9MW に増強され、2016 年 3 月に契約期間を 40 年に変更することで合意された。現在、公共側の契約主体は MERNNR である。

本事業を目的に Hidronormandia S.A. (旧・Hidrowarm) が設立された。複数のスポンサーが計 36.4 百万米ドルを出資しており、Grupo One Energy が主要株主である。また、Hidronormandia 社は IDB Invest から融資を受けた。内訳は、A ローン (自己勘定融資) が最大 10 百万米ドル、B ローン (協調融資) が 65 百万米ドルとなっている。併せて、米州のためのカナダ気候基金⁹⁶からも 10 百万米ドルの劣後ローンの提供を受けている。同融資契約では、発電所による環境への影響を防止することを目的に、Hidronormandia 社は生態系 (魚の生息量等) に変化が見られた際、エコロジカルな水流⁹⁷に調整することが義務付けられている。

⁹³ IDB ウェブサイト; IDB (2018) “Development Effectiveness Overview 2018”; IDB 聞き取り

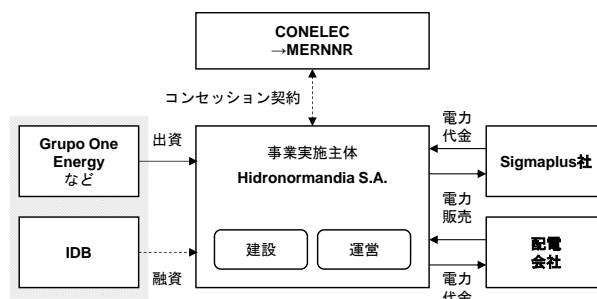
⁹⁴ 水の速度を利用する水車で、高落差の発電所で用いられる。

⁹⁵ 河川を流れる水をそのまま発電に使用する方式。

⁹⁶ Canadian Climate Fund for the Americas

⁹⁷ Ecological flow。生態系を維持するために必要な水流の量やタイミング、質などを指す。

発電した電力は、プラスチック製品を手掛ける Sigmaplus 社に、kWh あたり約 6.2 米セントで供給されている。一部は、SNI を通じて配電会社にも供給されている。なお、売電価格は、当初 15 年間は固定で設定されている。



出所：JICA 調査団作成

図 3-11 Normandia Hydro Power Plant の事業ストラクチャー

● 民間事業者概要

Grupo One Energy 社に関する詳細は確認できなかったが、IDB への聞き取りによると、エネルギー事業のほか不動産事業も手掛けている模様である。

● 事業年表

- 2013 年 コンセッション契約締結 (38.1MW)
- 2016 年 ファイナンシャルクローズ
投資実行 (111.4 百万米ドル、48.9MW)
IDB Invest 融資実行
コンセッション契約変更 (38.1MW→48.9MW、15 年→40 年)
- 2018 年 運転開始
- 2019 年 工事完了

(4) SUEZ Water Management Santo Domingo Contract (水道) ⁹⁸

● 事業概要

本事業は、エクアドル北西部のサント・ドミンゴ・デ・ロス・ツァチラス県 (Santo Domingo de los Tsachilas) サント・ドミンゴ市 (Santo Domingo) において、上水道の運営・管理を行う事業である。本事業を通じて同市に住む 450,000 人の市民に水が供給される。また、安定供給や漏水率の低減、水道メーターの設置等について、事業実施主体の Suez 社からサント・ドミンゴ市飲料水・衛生局公社 (EPMAPA-SD) ⁹⁹へのノウハウの移転も目的としている。

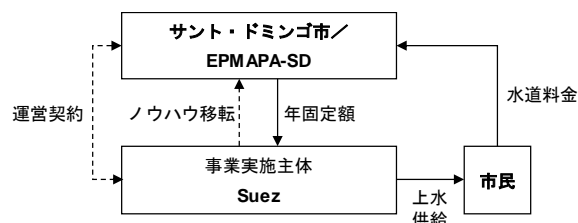
● 事業ストラクチャー

本事業は、2018 年に EPMAPA-SD と締結された 10 年間の運営契約に基づくものである。

⁹⁸ スエズグループ プレスリリース; World Bank “PPI Database”

⁹⁹ Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado Santo Domingo

契約金額は、約 26 百万米ドルである。年固定額／アベイラビリティペイメント型で、市政府から支払われる契約となっている。なお、同契約は競争的交渉（最低価格自動落札方式によらない審査）を経て締結された。



出所：JICA 調査団作成

図 3-12 事業ストラクチャー

● 民間事業者概要

Suez 社は、フランスの水処理・廃棄物処理会社で、世界最大の民間水道会社でもある。ユーロネクスト（パリ、ブリュッセル）に上場しており、従業員約 9 万人、売上高 172 億ユーロ（205 億米ドル、2020 年）の規模である。同社はブラジルやアルゼンチン、メキシコを含む中南米地域で、上下水道や電力等の領域において多数の PPP プロジェクトに参加しているが、エクアドルは本事業が初めてである。

● 事業年表

2018 年 運営契約締結
ファイナンシャルクローズ

3.2.5. 再エネ促進・脱炭素化における PPP の活用状況

エクアドル政府は近年、大型水力発電以外の再エネの導入促進に向けて、民間資金を活用する姿勢を示している。MERNNR は 2020 年 9 月、計 200MW の非在来型再エネ（ERNC）プロジェクトの公開入札実施を発表した¹⁰⁰。これは Bloque ERNC と呼ばれ、投資規模は最大 3 億米ドルとなる見通しである¹⁰¹。当初スケジュールでは、2020 年 11 月 6 日に入札の募集が開始され、2021 年 8 月初旬までに落札者が決定する予定であった¹⁰²。しかし、2021 年 7 月になって、当初目標の 200MW に PV・風力発電を 300MW 追加することが決定された¹⁰³。

新たな計画は、Bloque ERNC I 500MW として 2021 年 9 月に発表された。バイオ発電は 20 年間、PV と風力発電は 25 年間、小水力発電は 30 年間のコンセッション契約で、契約満了後は発電所を政府に引き渡す BOT 方式である。投資規模は合計 8.75 億米ドルに上る。入

¹⁰⁰ MERNNR プレスリリース (2020 年 9 月 8 日) <https://www.recursosyenergia.gob.ec/ecuador-oferta-al-sector-privado-el-desarrollo-de-bloque-de-energias-renovables-de-200-megavattios/>

¹⁰¹ 同上

¹⁰² Renewables Now “Ecuador to launch tender for 200 MW of diverse renewables” (9 Sep 2020)

¹⁰³ Renewables Now “Ecuador raises capacity in renewables tender to 500 MW” (19 Jul 2021)

札募集は 2021 年第 3 四半期を予定している¹⁰⁴。なお、同プロジェクトは、前述の「PPP」と「コンセッション」で分類すると、PPP 関連法令のプロセスを踏んでいない「コンセッション」である¹⁰⁵。

表 3-15 「Bloque ERNC I」の内訳

電源種別	募集容量合計	最低容量	最大容量	契約期間
小水力	150MW	3MW	50MW	30 年
風力	200MW	10MW	100MW	25 年
PV	120MW	3MW	50MW	25 年
バイオマス・バイオガス	30MW	1MW	15MW	20 年

出所：MERNNR (2021) “Proyectos Bloque ERNC I 500MW”

その他にも、天然ガスを燃料とするコンバインドサイクル発電（計 400MW）と、290km の Nororiental 送電線（オリエンテ北東部地域への送電線延長）が、「コンセッション」として行われる予定である。送電線プロジェクトは、投資規模は 3.86 億米ドルで、現在石炭を用いている石油関連施設の発電所を SNI に接続することで水力を中心とする電力が供給され、低炭素化に寄与することが期待される。これら 2 案件も Bloque ERNC と同様に 2021 年第 3 四半期に入札募集が開始される予定である¹⁰⁶。

3.2.6. PPP 推進上の課題

エクアドルでは、PPP の活用促進に向けた環境整備が進められている。PPP を取り巻く環境を評価した 2 つの国際調査を概観したうえで、エクアドルにおける PPP 推進上の課題を分析する。

まず、英国・Economist Intelligence Unit が IDB と共同で中南米諸国における PPP について調査した「Infrascope」では、規制、制度、成熟度、投資・事業環境、ファイナンスの 6 項目に沿って各国の PPP 環境を点数化している。2019 年版では、エクアドルの総合点は 63 点と調査対象の中南米諸国の平均水準である。2017 年版では 44 点（平均 59 点）だったことを踏まえると、PPP 環境に大幅な改善が見られたといえる。特に改善が見られたのが、「成熟度」と「投資・事業環境」である。一方、「制度」と「ファイナンス」は依然として「途上」とされる。

表 3-16 Infrascope 2019 における中南米諸国の総合点

成熟度	順位	国名	点数 (100 点中)
発達 (Developed)	1	チリ	79
	2	コロンビア	77
	2	ペルー	77
	4	ジャマイカ	76
	5	グアテマラ	74
	6	エルサルバドル	73
	7	ブラジル	72
	7	コスタリカ	72
	7	ウルグアイ	72

¹⁰⁴ Renewables Now “Ecuador govt puts up to tender 500 MW of renewables, other power projects” (21 Sep 2021)

¹⁰⁵ MEF への聞き取りによる。

¹⁰⁶ Renewables Now “Ecuador govt puts up to tender 500 MW of renewables, other power projects” (21 Sep 2021)

	10	ホンジュラス	66
	10	メキシコ	66
	12	エクアドル	63
	12	ニカラグア	63
	14	パナマ	60
途上 (Emerging)	15	トリニダード・トバゴ	56
	16	ドミニカ共和国	55
	17	バハマ	53
	17	パラグアイ	53
	19	アルゼンチン	52
	20	バルバドス	37
黎明 (Nascent)	21	ベネズエラ	8
	平均		62

出所：The Economist Intelligence Unit (2019) “The 2019 Infrascop”を基に JICA 調査団作成

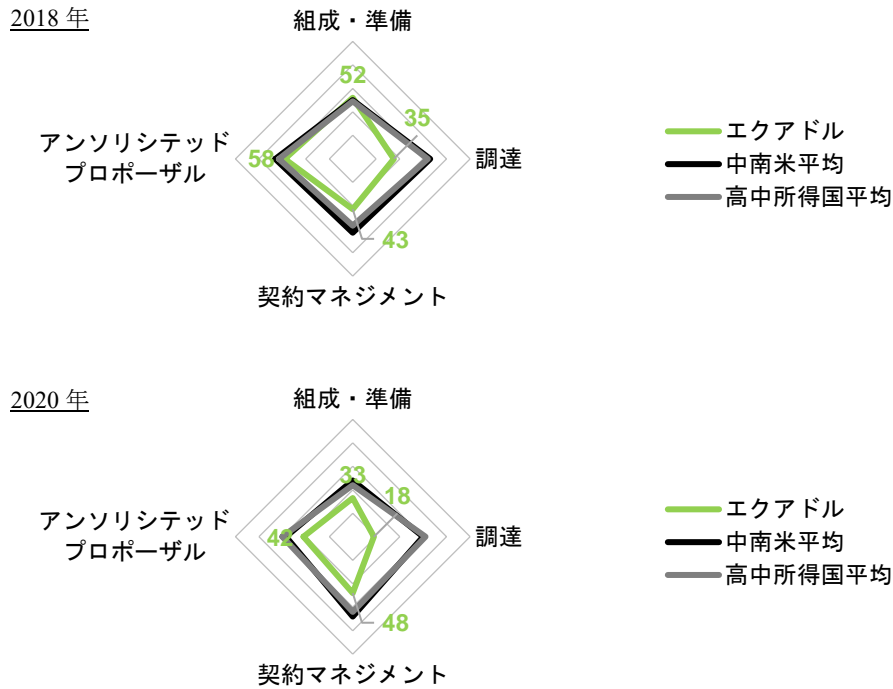
表 3-17 Infrascop におけるエクアドルの項目別点数・順位 (2017・19 年)

評価項目	点数				順位	
	2017 年 (19ヶ国平均)		2019 年 (21ヶ国平均)		2017 年 (19ヶ国中)	2019 年 (21ヶ国中)
規 制	68 (69)	発達	74 (70)	発達	12 ㊦	12
制 度	31 (55)	途上	36 (56)	途上	16	16
成 熟 度	22 (69)	黎明	81 (72)	成熟	18	9 ㊦
投資・事業環境	61 (57)	発達	78 (65)	発達	7 ㊦	6
ファイナンス	39 (45)	途上	47 (49)	途上	12 ㊦	10 ㊦

出所：The Economist Intelligence Unit (2019) “The 2019 Infrascop”、同 (2017) “The 2017 Infrascop”を基に JICA 調査団作成

次に、世界銀行が 2018 年に発行した「Procuring Infrastructure PPPs」と 2020 年に発行した「Benchmarking Infrastructure Development」を見る。これら調査は、報告書名は異なるが同様の方法でインフラ案件での PPP 活用にかかる制度の整備状況を点数化している。2018 年は 18 の中南米諸国を含む世界 135 ヶ国、2020 年は 140 ヶ国が対象である。図 3-13 にこれら調査による評価結果を示す。2018 年と比べて、2020 年は「契約マネジメント」を除いて点数を落としている。また、エクアドルは他の中南米諸国¹⁰⁷や高所得国と比べて、「組成・準備」や「アンソリシテッドプロポーザル」については平均的ないしはやや低い水準だが、「調達」「契約マネジメント」については評価が低い。

¹⁰⁷ チリは OECD 高所得国に分類されているため、中南米諸国には含まれていない。



出所：World Bank (2018) “Procuring Infrastructure PPPs 2018”を基に JICA 調査団作成

図 3-13 世界銀行による PPP 環境評価の比較

各カテゴリの具体的な評価項目とエクアドルの評価について、2020年版では公開されていないため、2018年版の結果を表 3-18 に示す。組成・準備段階では、PPP プロジェクトの経済性評価や調達方法の検討についてはある程度整備されているものの、マーケットサウンディングや環境影響評価が実施されていない等の問題が見られる。調達段階では、プロポーザル時に財務モデルの提出を求めない点や民間企業による入札準備に十分な期間の確保を規定していない点等が低評価となっている。また、CIAPP の委員の能力等について基準が設けられていない点も指摘されている。契約マネジメントに関しては、工事の進捗を管理するためのシステムが公共側に整備されていない点で低評価となっている。

表 3-18 世界銀行による PPP 環境評価の補足

カテゴリ(スコア)	評価項目	補足
組成・準備 (52)	中央予算当局による承認	Yes (入札前のみ)
	財務上の措置 (予算・会計など)	No
	PPP 案件と公共投資の優先度の整合	Yes (手続きの詳細規定はない)
	経済性評価	Yes (手法は確立されておらず)
	アフォーダビリティ評価	Yes (手法は確立)
	リスク評価	Yes (手法は確立)
	VFM 評価	Yes (手法は確立)
	事業性/バンカビリティ評価	Yes (手法は確立)
	マーケットサウンディング	No
	環境影響評価	No
	RFP などへの各種評価の組み込み	No
	RFP への PPP 契約ドラフトの組み込み	No
	PPP 契約書の標準化	Yes

調達 (35)	評価委員の能力などに関する条件	No
	調達機関による PPP 案件の公示	Yes (オンライン公開)
	外国企業の PPP 案件への参加	Yes
	入札提出までの最低期間	Yes (期間に関する規定はない)
	PPP 案件における多様な調達手続き	— (公開手続)
	直接交渉	Yes
	入札図書での調達手続きの詳細な説明	Yes
	入札図書への PQ 基準の明記	No
	入札公告・RFP に関する質問受付	Yes (回答は非公開)
	入札前会合	No
	プロポーザル時の財務モデルの提出	No
	公開された基準にのみ基づくプロポーザル評価	Yes
	プロポーザル提出が 1 件だった場合の措置	No
	落札通知の公開	Yes (オンライン公開)
	PPP 調達プロセスに関する結果の通知	Yes (選定理由は含まない)
	スタンドスティル期間	No
	落札者との交渉に対する制約	No
契約の公開	Yes (オンライン公開)	
契約 マネジメント (43)	PPP 契約の履行を管理するためのシステム	Yes
	工事の進捗・完了を追跡するためのシステム	No
	PPP 契約の履行を監視・評価するためのシステム	Yes
	外国企業による収入の本国への送金	Yes
	民間側の構成員の変更	Yes
	PPP 契約の修正・再交渉	Yes (政府機関による承認が必要)
	PPP 契約期間にわたって生じ得る事象の管理	Yes (不可抗力、法制度の変更など)
	紛争解決メカニズム	Yes (行政審議機関など)
	レンダーによる事業への介入権 (ステップイン)	No
	PPP 契約の解除に関する基準	Yes
アンソリ シテッド プロポーザル (58)	アンソリシテッドプロポーザルに関する規制	— (明確に規制)
	アンソリシテッドプロポーザルの評価	Yes
	審査手続き/プレ F/S	No
	政府の優先事項とプロポーザルの整合性の評価	Yes (詳細な手続きが確立)
	競争的調達手続き	Yes
	入札提出までの最低期間	Yes (明確に定義されていない)

出所：World Bank (2018) “Procuring Infrastructure PPPs 2018”

世界銀行による評価で特に弱さが見られた「調達」および「契約マネジメント」は、Infrascope で評価が低かった「制度」に関連するものである。また、Infrascope では「ファイナンス」も低評価であった。したがって、制度とファイナンスの 2 つの観点から、PPP 促進に向けた課題を述べる。

制度面では、前述のとおり、PPP の活用推進に向けて多数の法令が制定され、CIAPP が設置され、プロジェクト承認・管理のためのガイドラインも策定されているが、それらがほとんど機能していない。この要因としては、PPP の法令に則って実施した場合、手続きに非常に時間を要することが MEF への聞き取りの中で挙げられた。一方、法令やガイドラインの内容は世界水準に照らしても一般的で、公共契約機関・民間事業者の双方に対して複雑なことを要求しているわけではない。したがって、この根本には、CIAPP とその技術事務局、およびライン省庁をはじめとする公共契約機関側の運用能力不足があると考えられる。国全体で過去 20 年間に実施された PPP プロジェクトは 27 件で、PPP 関連の法令が整備され始めたのは 2015 年以降になってである。PPP および関連法令を深く理解し、プロジェクト実

施経験を有する人材は非常に少ないと推測される。さらに、エクアドルでは公共契約機関がプロジェクトの実施主体となるが、CIAPP 技術事務局の十分なサポートがない中、知見・経験のないライン省庁等の人材だけで実施することは難しい。現在、新たな技術事務局の下で PPP 制度の再整備が進められているが、今後は制度面のみならず、制度に即してプロジェクトを実施できるよう、ライン省庁をサポートする PPP ユニットの整備（本来は技術事務局の役割）、およびプロジェクトを実際に実施するライン省庁等における人材の育成が喫緊の課題である。

ファイナンス面では、リスク分担にかかる仕組みづくりが必要である。既に年固定額／アベイラビリティペイメントによって公共側が一定の需要リスクを負担しているケースが見られる。現在も税制優遇の措置は取られているが、一方で資金調達リスクへの対応はほぼなされていない。国内の長期融資市場が未熟なため、多くのプロジェクトが外国のドナーや投資家から資金調達している現状を踏まえると、国による無利子融資や長期資金供与、公的保証制度といった資金調達コストを低減する支援も整備すべきである。

第3部 エクアドルのエネルギー・電力セクターの現状と課題

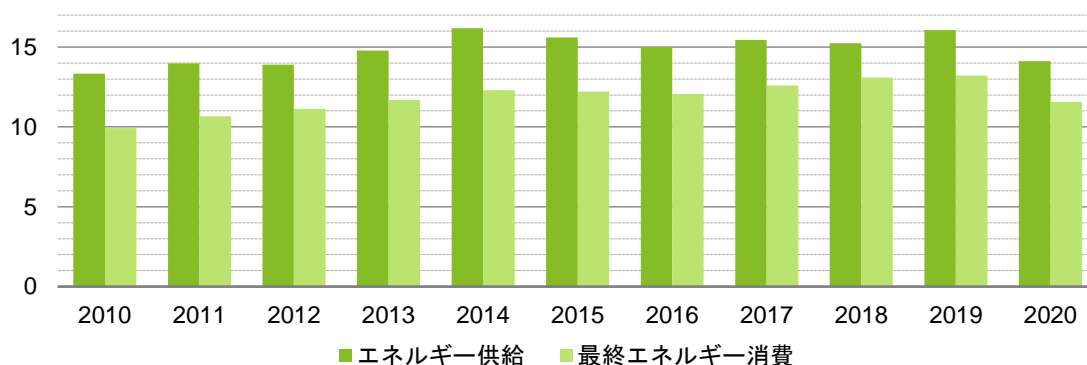
第4章 エクアドルのエネルギーセクター

4.1 エネルギーバランス

4.1.1. エネルギー生産・需給の概要

エクアドルにおけるエネルギー供給は、近年は 15 百万 toe 前後で推移している。他方、エネルギー需要・消費は、経済や人口の成長を背景に増加傾向にある。GDP は 2010 年の 799 億米ドルから年平均 2.7%伸びて 2019 年には 1,017 億米ドルへと、人口は 2010 年の 1,501 万人から年平均 1.6%で成長して 2020 年には 1,764 万へと増大している¹⁰⁸。これに伴いエネルギー需要も増大し、最終エネルギー消費は、2010 年の 9.9 百万 toe¹⁰⁹から 2019 年には 13.2 百万 toe へと¹¹⁰、年平均 3.2%のペースで増加した（図 4-1 参照）。

（単位：百万 toe）



出所：MERNRR “Balance Energético Nacional 2020”を基に JICA 調査団作成

図 4-1 エネルギー供給と最終エネルギー消費（2010~20 年）

エクアドルのエネルギー源としては石油が重要な役割を占める。ただし、同国の 2020 年末時点の原油確認埋蔵量は 13 億バレルだが、世界最大の石油埋蔵国であるベネズエラ（3,038 億バレル）に対して 0.4%の量で、世界シェアは 0.1%に過ぎない。また、同国の 2020 年の原油生産量は 47.9 万バレル/日だが（図 4-2 参照）、南米最大の産油国であるブラジル（302.6 万バレル/日）の 6 分の 1 以下で、世界シェアは 0.5%と生産規模も小さい。一方で、2020 年の同国の石油消費量は 20.3 万バレル/日で（図 4-2 参照）、世界全体の 0.2%を占める¹¹¹。同国で生産された原油の多くは米国や中国、チリ、日本等に輸出され、主要な外貨獲得源となっている。2019 年に原油輸出は、貿易収入の 49%、公的収入の 21%を占めた¹¹²。

石油輸出を中心とするエネルギー経済モデルにより、エクアドルはエネルギー純輸出国で、エネルギー純輸出はエネルギー供給とほぼ同水準の規模となっている（図 4-3 参照）。また、エネルギー自給率も、2010~20 年は平均 211%と世界的に見て非常に高い水準にある（図 4-4 参照）。

¹⁰⁸ World Bank “World Development Indicators”

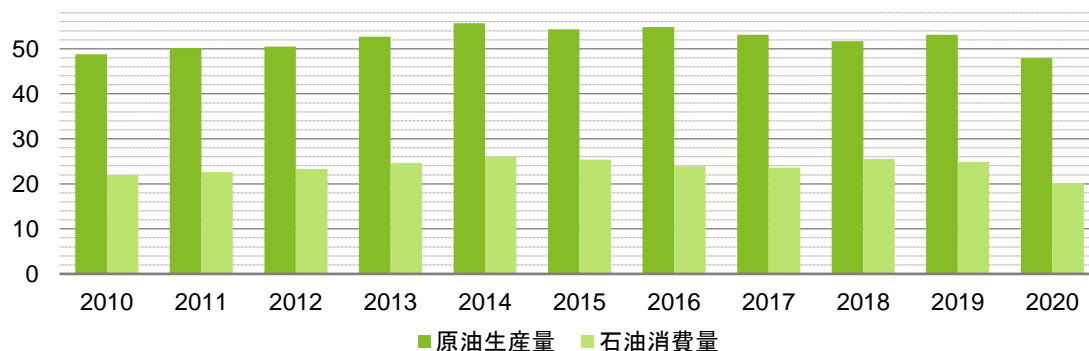
¹⁰⁹ 石油換算トン (tonne of oil equivalent)

¹¹⁰ GDP と最終エネルギー消費では、新型コロナウイルス感染拡大前の 2019 年と 2010 年を比較した。

¹¹¹ BP (2021) “Statistical Review of World Energy 2021”

¹¹² U.S. Energy Information Administration (2021) “Country Analysis Executive Summary: Ecuador”

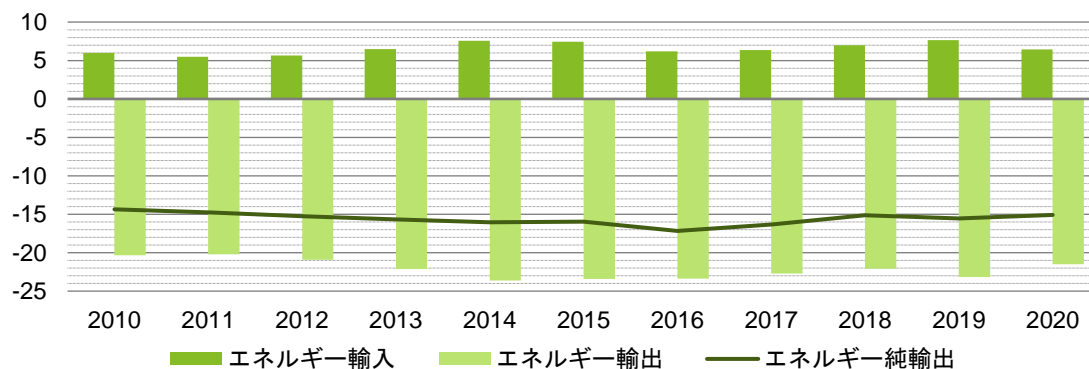
(単位：万バレル/日)



出所：BP (2021) “Statistical Review of World Energy 2021”を基に JICA 調査団作成

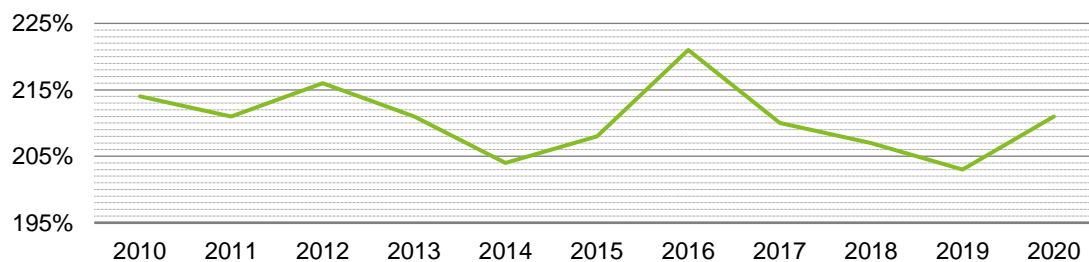
図 4-2 原油生産量と石油消費量 (2010~20 年)

(単位：百万 toe)



出所：MERNRR “Balance Energético Nacional 2020”を基に JICA 調査団作成

図 4-3 エネルギー輸出入 (2010~20 年)



出所：MERNRR “Balance Energético Nacional 2020”を基に JICA 調査団作成

図 4-4 エネルギー自給率 (2010~20 年)

4.1.2. エネルギー供給・輸出入

エクアドルにおけるエネルギー供給の過去 10 年の推移を表 4-1 に示す。近年、エネルギー生産は 30 百万 toe 前後、国内エネルギー供給は 15 百万 toe 前後で推移している。同国のエネルギー供給は、前述のとおり石油輸出を中心とするエネルギー経済モデルにより特徴付けられる。2020 年のエネルギー生産の 7 割以上にあたる 21.5 百万 toe が輸出されている。

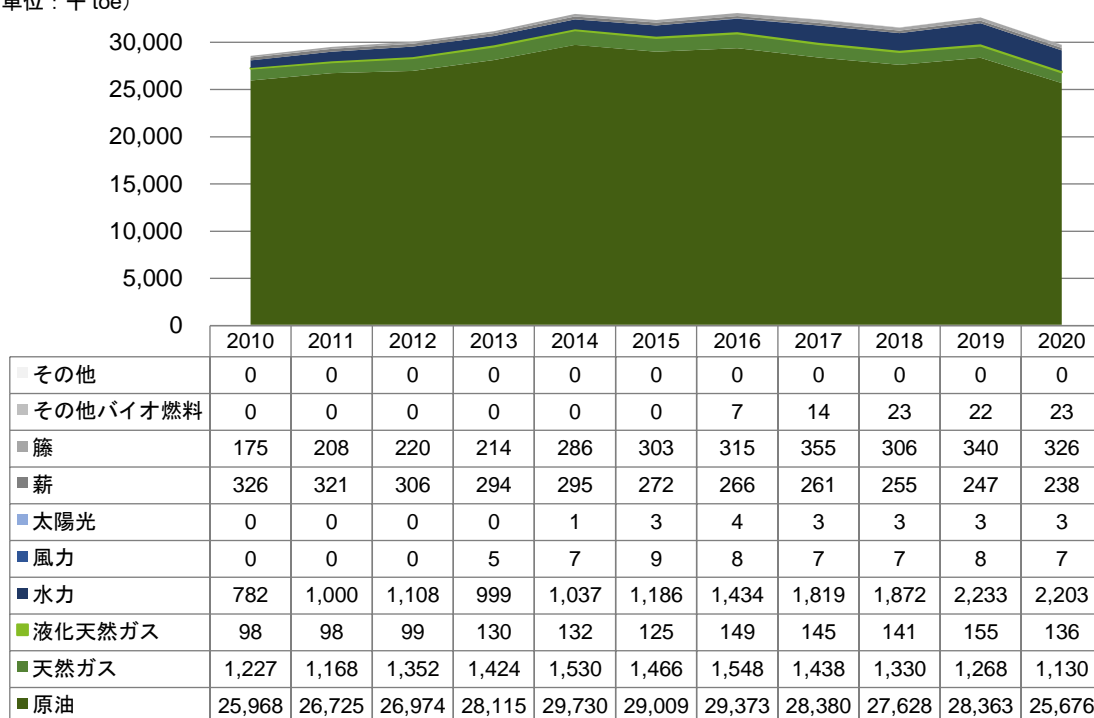
表 4-1 エネルギー供給（2010～20 年）

(単位：千 toe)	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
一次エネルギー											
生産	28,575.7	29,520.3	30,058.7	31,182.4	33,018.4	32,373.4	33,102.6	32,421.6	31,566.5	32,639.3	29,743.4
輸入	-	-	-	-	-	-	-	3.2	-	-	-
輸出	-17,945.6	-17,609.6	-18,534.2	-20,177.5	-22,224.2	-22,008.8	-20,760.7	-19,522.3	-18,972.5	-20,055.9	-18,503.8
備蓄変動	424.3	695.4	515.0	544.8	584.9	398.6	372.7	585.6	419.9	509.7	415.8
損失	-635.4	-630.8	-636.7	-610.7	-696.3	-681.5	-701.8	-653.0	-635.3	-647.5	-603.2
移転	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
国際船舶バンカー	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
国際航空バンカー	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
供給	10,419.0	11,975.2	11,402.7	10,938.9	10,682.8	10,081.7	12,012.7	12,835.1	12,378.5	12,445.6	11,052.2
二次エネルギー											
生産	9,719.6	10,903.0	10,848.7	10,297.8	9,525.2	9,501.4	11,195.6	11,334.7	11,812.9	11,067.8	9,550.9
輸入	5,985.0	5,464.2	5,666.4	6,466.8	7,576.3	7,428.7	6,187.9	6,370.5	6,976.2	7,629.6	6,423.2
輸出	-2,398.0	-2,598.8	-2,374.9	-1,959.4	-1,382.2	-1,391.8	-2,598.3	-3,174.8	-3,119.1	-3,129.4	-3,016.2
備蓄変動	67.3	-51.4	-39.3	0.1	14.3	48.9	-28.9	52.1	-23.3	-33.1	-32.0
損失	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
移転	-	1.9	2.3	2.4	4.1	7.1	9.5	17.3	15.2	-	-
国際船舶バンカー	-579.9	-657.4	-563.6	-439.7	-483.9	-380.4	-341.0	-385.8	-711.6	-563.5	-153.2
国際航空バンカー	-157.1	-148.2	-196.3	-230.0	-223.2	-203.6	-254.1	-274.7	-285.3	-293.8	-149.3
供給	12,637.0	12,913.4	13,343.3	14,138.1	15,030.7	15,010.4	14,170.8	13,939.4	14,665.1	14,677.6	12,623.4
合計											
生産	28,575.7	29,520.3	30,058.7	31,182.4	33,018.4	32,373.4	33,102.6	32,421.6	31,566.5	32,639.3	29,743.4
輸入	5,985.0	5,464.2	5,666.4	6,466.8	7,576.3	7,428.7	6,187.9	6,373.6	6,976.2	7,629.6	6,423.2
輸出	-20,343.6	-20,208.4	-20,909.2	-22,136.9	-23,606.4	-23,400.5	-23,359.1	-22,697.1	-22,091.6	-23,185.3	-21,520.1
備蓄変動	491.6	644.0	475.7	544.9	599.2	447.4	343.8	637.7	396.6	476.6	383.9
損失	-635.4	-630.8	-636.7	-610.7	-696.3	-681.5	-701.8	-653.0	-635.3	-647.5	-603.2
移転	-	1.9	2.3	2.4	4.1	7.1	9.5	17.3	15.2	-	-
国際船舶バンカー	-579.9	-657.4	-563.6	-439.7	-483.9	-380.4	-341.0	-385.8	-711.6	-563.5	-153.2
国際航空バンカー	-157.1	-148.2	-196.3	-230.0	-223.2	-203.6	-254.1	-274.7	-285.3	-293.8	-149.3
供給	13,336.4	13,985.6	13,897.4	14,779.2	16,188.2	15,590.7	14,987.9	15,439.7	15,230.7	16,055.4	14,124.7

出所：MERNRR “Balance Energético Nacional 2020”

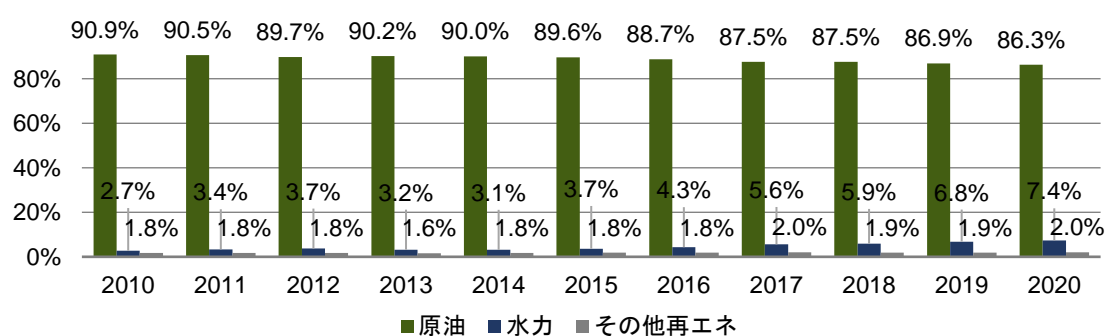
2020年の一次エネルギー生産の内訳は、原油が86.9%（26百万toe）、水力が7.4%（2百万toe）等となっている（図4-5参照）。2010年以降、原油の比率が下落傾向にある一方で、水力が2010年の約78万toeから2020年に約2.2百万toeへと拡大し、比率も2.7%から大きく増えている点は注目に値する（図4-6参照）。一方、水力以外の再エネ電源は普及しておらず、現状では一次エネルギー生産に占める割合は僅少である。

（単位：千toe）



出所：MERNRR “Balance Energético Nacional 2020”を基に JICA 調査団作成

図 4-5 一次エネルギー生産の内訳（2010~20年）



出所：MERNRR “Balance Energético Nacional 2020”を基に JICA 調査団作成

図 4-6 一次エネルギー生産に占める原油・再エネ比率（2010~20年）

二次エネルギー生産については、電力の比率が増加傾向にあり、2020年に電力は合計の約3割に相当する2.8百万toeであった。燃料油（2.5百万toe/26.5%）、ディーゼル燃料（1.4百万toe/15.0%）、ガソリン（1.3百万toe/13.1%）がこれに続く（表4-2参照）。

表 4-2 二次エネルギー生産の内訳 (2010~20 年)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
生産量 (千 toe)											
電 力	1,766	1,860.0	2,068.6	2,105.9	2,200.7	2,349.5	2,472.9	2,538.0	2,647.6	2,922.9	2,829.1
液化石油ガス	228.8	284.5	297.0	279.4	220.3	167.5	300.2	305.1	279.4	204.3	203.5
ガソリン	1,302.8	1,606.2	1,585.0	1,423.7	1,122.9	1,087.1	1,752.8	1,658.2	1,748.8	1,610.6	1,253.3
ケロシン・ジェット燃料	381.6	392.2	392.5	417.3	389.0	387.2	378.9	436.0	415.3	409.7	218.5
ディーゼル油	1,786.5	2,058.4	1,930.6	1,728.8	1,604.5	1,579.8	2,062.1	2,056.9	1,994.9	1,908.4	1,435.9
燃料油	2,805.9	3,207.2	3,032.1	2,795.0	2,449.3	2,478.0	2,919.5	3,015.7	3,466.0	2,780.6	2,530.1
製油所ガス	100.1	101.0	104.6	106.7	112.8	136.4	101.9	94.4	101.0	97.5	83.8
その他石油・ガス製品	973.5	995.2	1,009.7	1,018.6	1,026.2	1,018.7	929.9	932.8	880.4	855.7	786.0
エタノール	-	3.9	4.7	5.0	8.4	14.3	19.3	35.0	30.7	40.5	20.6
バイオエーテル	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
バイオガス	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.1	14.3	23.3	21.8	23.4
その他	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
非エネルギー利用	374.0	394.3	423.9	417.4	391.0	282.9	251.0	248.2	225.5	215.8	166.7
合計	9,719.6	10,903.0	10,848.7	10,297.8	9,525.2	9,501.4	11,195.6	11,334.7	11,812.9	11,067.8	9,550.9
比率 (%)											
電 力	18.2%	17.1%	19.1%	20.5%	23.1%	24.7%	22.1%	22.4%	22.4%	26.4%	29.6%
液化石油ガス	2.4%	2.6%	2.7%	2.7%	2.3%	1.8%	2.7%	2.7%	2.4%	1.8%	2.1%
ガソリン	13.4%	14.7%	14.6%	13.8%	11.8%	11.4%	15.7%	14.6%	14.8%	14.6%	13.1%
ケロシン・ジェット燃料	3.9%	3.6%	3.6%	4.1%	4.1%	4.1%	3.4%	3.8%	3.5%	3.7%	2.3%
ディーゼル油	18.4%	18.9%	17.8%	16.8%	16.8%	16.6%	18.4%	18.1%	16.9%	17.2%	15.0%
燃料油	28.9%	29.4%	27.9%	27.1%	25.7%	26.1%	26.1%	26.6%	29.3%	25.1%	26.5%
製油所ガス	1.0%	0.9%	1.0%	1.0%	1.2%	1.4%	0.9%	0.8%	0.9%	0.9%	0.9%
その他石油・ガス製品	10.0%	9.1%	9.3%	9.9%	10.8%	10.7%	8.3%	8.2%	7.5%	7.7%	8.2%
エタノール	-	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.2%	0.2%	0.3%	0.3%	0.4%	0.2%
バイオエーテル	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
バイオガス	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%	0.2%	0.2%	0.2%
その他	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
非エネルギー利用	3.8%	3.6%	3.9%	4.1%	4.1%	3.0%	2.2%	2.2%	1.9%	1.9%	1.7%
合計	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

出所：MERNRR “Balance Energético Nacional 2020”

エネルギー輸出入の内訳を表 4-3 に示す。エクアドルがエネルギー純輸出国であることは図 4-3 で示したとおりだが、輸出の大半を原油が占める。2020 年にはエネルギー輸出の 86% が原油であった。ただし、原油生産量に連動して原油の輸出量は 2014 年以降下落傾向にあり、エネルギー輸出合計も減少している。なお、原油の輸出と比較して規模は小さいものの、エクアドルは国際連系線を通じてペルーおよびコロンビアと電力取引を行っており、2016 年以降は電力の純輸出国となっている。電力輸出量は 2010 年にわずかに約 900toe だったが、2020 年には約 12 万 toe にまで増加した。この主な要因としては、国内において水力の電源開発が進展したことがあることが挙げられる。

一方、国内におけるエネルギー需要の増大に伴って、エネルギー輸入量は 2010 年の 6 百万 toe から 2020 年には 6.4 百万 toe に増加した。輸入は、ディーゼル油 (2020 年・42%)、ガソリン (同・31%)、LPG (同・19%) といった石油製品が中心である。このようにエクアドル経済は、原油を輸出して石油製品を輸入する構造となっている。

表 4-3 エネルギー輸出入の内訳 (2010~20 年)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
輸入 (千 toe)											
原油	-	-	-	-	-	-	-	3.2	-	-	-
電力	79.0	117.2	21.6	60.0	75.8	46.3	7.4	1.7	9.6	0.5	22.7
液化石油ガス	919.9	953.2	882.4	936.6	1,050.9	1,059.0	968.1	968.3	1,091.9	1,189.7	1,215.8
ガソリン	1,589.7	1,650.1	1,861.5	2,093.8	2,601.6	2,541.0	2,091.0	2,142.3	2,305.3	2,665.8	1,988.0
ケロシン・ジェット燃料	7.7	-	-	11.2	36.2	29.6	-	-	-	-	23.6
ディーゼル油	2,916.6	2,208.2	2,491.2	3,049.9	3,654.2	3,466.0	2,641.7	2,613.7	2,963.5	3,131.3	2,724.4
燃料油	472.1	535.5	409.8	315.3	157.7	286.9	479.8	644.6	605.9	642.3	448.8
合計	5,985.0	5,464.2	5,666.4	6,466.8	7,576.3	7,428.7	6,187.9	6,373.6	6,976.2	7,629.6	6,423.2
輸出 (千 toe)											
原油	17,945.6	17,609.6	18,534.2	20,177.5	22,224.2	22,008.8	20,760.7	19,522.3	18,972.5	20,055.9	18,503.8
電力	0.9	1.3	1.1	2.6	4.3	4.2	36.4	19.2	23.1	165.4	121.4
ガソリン	71.9	98.2	191.7	180.1	164.8	23.7	68.2	-	-	4.4	-
ディーゼル油	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.1	-
燃料油	1,489.5	1,626.4	1,290.3	873.3	316.8	556.0	1,741.7	2,324.7	2,318.0	2,156.7	2,143.2
その他	835.8	872.9	891.9	903.4	896.3	808.0	752.1	830.9	777.9	799.8	751.7
合計	20,343.6	20,208.4	20,909.2	22,136.9	23,606.4	23,400.5	23,359.1	22,697.1	22,091.6	23,185.3	21,520.1

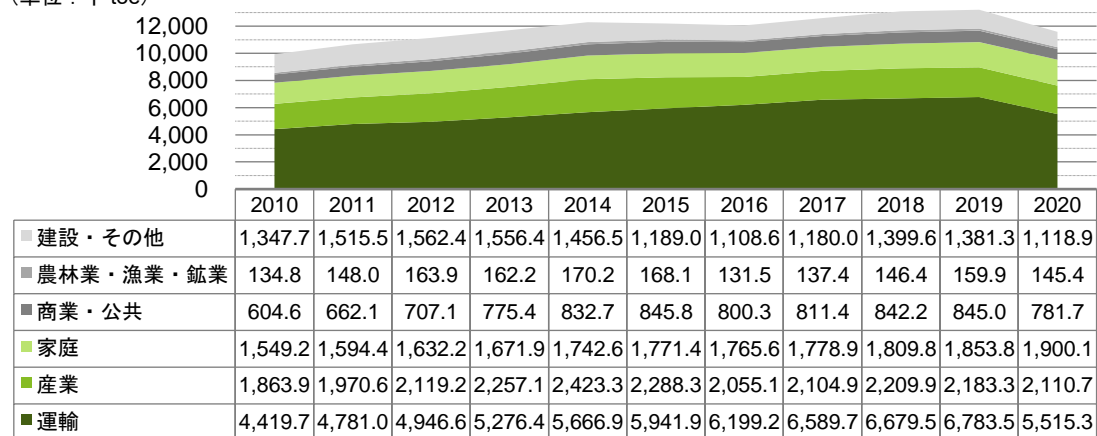
出所：MERNRR “Balance Energético Nacional 2020”

4.1.3. 最終エネルギー消費

エクアドルにおけるエネルギー需要・消費は、経済・人口成長を背景に右肩上がりであり伸びていたが、新型コロナウイルス感染拡大による消費活動の縮小で、2020 年は前年比で 12% 落ち込んだ。

最終エネルギー消費 (2020 年) を部門別にみると、運輸部門が最も多く、全体の 47.7% を占め、産業部門が 18.2%、家庭部門が 16.4%、商業・公共部門が 6.8% と続く (図 4-8 参照)。とりわけ、運輸部門におけるエネルギー需要の伸びが大きく、2010 年の 4.4 百万 toe から年平均 4.9% で成長して 2019 年には 6.8 百万 toe へと拡大している (図 4-7 参照)¹¹³。

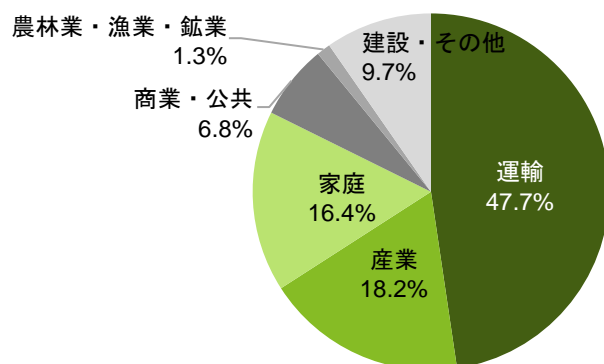
(単位：千 toe)



出所：MERNRR “Balance Energético Nacional 2020” を基に JICA 調査団作成

図 4-7 最終エネルギー消費の部門別内訳 (2010~20 年)

¹¹³ 新型コロナウイルス感染拡大前の 2019 年と 2010 年を比較した。

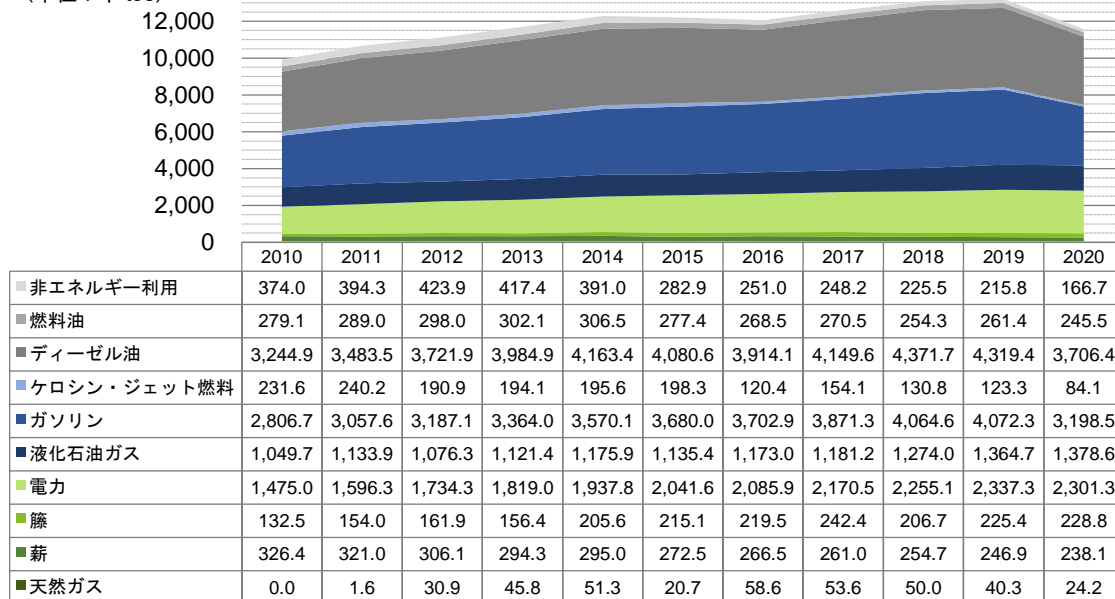


出所：MERNRR “Balance Energético Nacional 2020”を基に JICA 調査団作成

図 4-8 最終エネルギー消費の部門別内訳（2020 年）

最終エネルギー消費（2020 年）をエネルギー源別に見ると、ディーゼル油が約 3 分の 1 を占め、ガソリン（27.6%）、電力（19.9%）、LPG（11.9%）が続く（図 4-10 参照）。これらのデータが示すように、エクアドルのエネルギー消費は化石燃料に大きく依存している。また、2010~19 年に¹¹⁴、籐、電力、ガソリン由来のエネルギー消費はそれぞれ、年平均 6.1%、5.2%、4.2%で増加している（図 4-9 参照）。一方、ケロシン・ジェット燃料の消費は大きく減少した（年平均 6.8%減）。

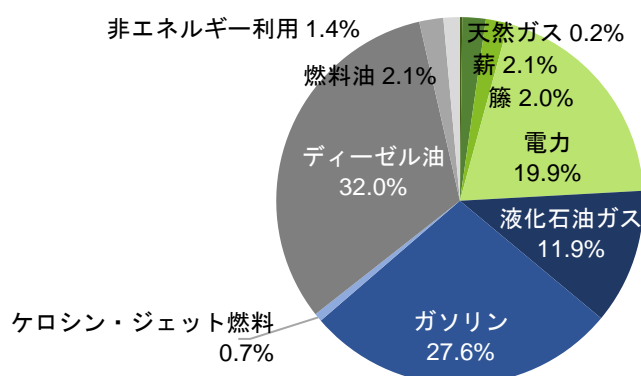
（単位：千 toe）



出所：MERNRR “Balance Energético Nacional 2020”を基に JICA 調査団作成

図 4-9 最終エネルギー消費のエネルギー源別内訳（2018 年）

¹¹⁴ 同上



出所：MERNRR “Balance Energético Nacional 2018”を基に JICA 調査団作成

図 4-10 最終エネルギー消費のエネルギー源別内訳 (2020年)

エクアドルにおけるエネルギー転換の過去 10 年の推移を表 4-4 に示す。次章で述べるように、電源構成に占める水力発電の割合が大きいエクアドルでは、火力発電によるエネルギー変換ロスが少ないことから¹¹⁵、エネルギー供給と最終エネルギー消費との乖離が比較的小さい。このことから、脱炭素化に向けては、発電部門よりも、後述するように化石燃料の消費が多い運輸・産業部門等における取り組みが特に重要であると考えられる。

表 4-4 エネルギー転換 (2010~20年)

(千 toe)	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
供給	13,336.4	13,985.6	13,897.4	14,779.2	16,188.2	15,590.7	14,987.9	15,439.7	15,230.7	16,055.4	14,124.7
石油精製	-198.0	-164.0	-293.8	-244.5	-287.5	-247.1	-201.5	-366.7	-146.7	-338.6	-270.1
電力事業用 発電所	-1,360.3	-1,041.5	-1,124.6	-1,286.9	-1,401.0	-1,412.0	-1,096.5	-612.6	-678.1	-538.7	-409.5
自家利用 発電所	-548.2	-544.1	-515.7	-553.6	-557.6	-579.2	-686.1	-709.2	-725.1	-731.1	-719.0
ガス製造	-6.0	-5.3	-5.1	-3.8	-4.8	34.0	-44.7	-62.9	-43.4	-64.1	-46.4
エネルギー部門 自家利用	-700.8	-724.7	-737.3	-726.9	-744.9	-706.6	-689.3	-649.2	-659.3	-648.9	-569.1
損失	-342.3	-352.4	-320.4	-306.6	-286.6	-302.8	-316.8	-318.4	-342.5	-387.4	-399.9
差異	-260.9	-482.0	231.0	42.7	-613.6	-172.6	107.3	-118.3	451.8	-139.9	-138.9
最終エネルギー 消費	9,919.8	10,671.6	11,131.4	11,699.4	12,292.2	12,204.5	12,060.4	12,602.4	13,087.3	13,206.7	11,572.0

出所：MERNRR “Balance Energético Nacional 2020”

4.2 デマンドサイドにおけるエネルギー転換と省エネの取り組み状況・方針

最終エネルギー消費で大きなシェアを占める運輸、産業、ビル（商業・公共・家庭）部門の省エネを含むエネルギー利用・転換にかかる現状および方針を整理する。

¹¹⁵ 水力発電のエネルギー変換効率は 80%程度で、一般的な火力発電のエネルギー変換効率の約 2 倍である。（関西電力ウェブサイト https://www.kepco.co.jp/energy_supply/energy/newenergy/water/shikumi/index.html）

4.2.1. 運輸部門

運輸部門はエクアドルにおける最終エネルギー消費の47.7%を占める。輸部門全体の最終エネルギー消費（2020年）の70%が陸路貨物、25%が陸路旅客で、陸路輸送が95%を占める（表4-5参照）。一方、水上輸送と航空輸送はそれぞれ4.6%と0.9%に留まる。一方、太平洋上に位置するガラパゴス諸島では、全国平均と比べて水上輸送や航空輸送の比率が高いと推測される。

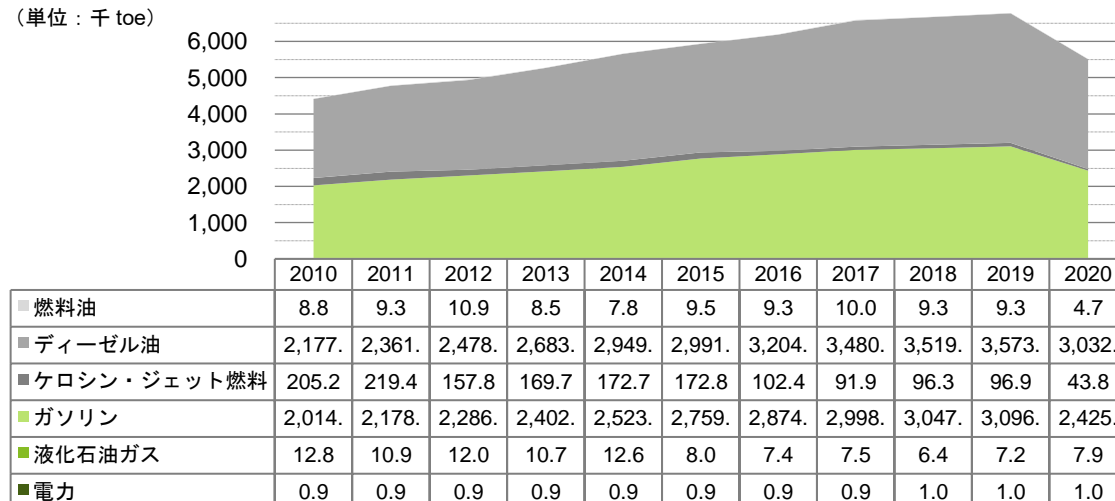
表4-5 運輸部門における最終エネルギー消費の内訳（2010~20年）

(千 toe)	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
陸路貨物	3,045.0 (68.9%)	3,231.4 (67.6%)	3,332.5 (67.4%)	3,582.9 (67.9%)	3,877.1 (68.4%)	4,100.8 (69.0%)	4,200.6 (67.8%)	4,504.9 (68.4%)	4,577.7 (68.5%)	4,651.6 (68.6%)	3,838.2 (69.6%)
陸路旅客	1,089.2 (24.6%)	1,238.4 (25.9%)	1,328.8 (26.9%)	1,397.0 (26.5%)	1,478.5 (26.1%)	1,503.3 (25.3%)	1,597.9 (25.8%)	1,675.9 (25.4%)	1,701.8 (25.5%)	1,730.0 (25.5%)	1,376.0 (24.9%)
水上輸送	77.0 (1.7%)	88.0 (1.8%)	123.5 (2.5%)	122.9 (2.3%)	133.8 (2.4%)	160.0 (2.7%)	293.9 (4.7%)	312.4 (4.7%)	299.0 (4.5%)	299.9 (4.4%)	253.0 (4.6%)
航空輸送	208.5 (4.7%)	223.2 (4.7%)	161.8 (3.3%)	173.6 (3.3%)	177.5 (3.1%)	177.8 (3.0%)	106.8 (1.7%)	96.5 (1.5%)	101.1 (1.5%)	102.0 (1.5%)	48.1 (0.9%)
運輸合計	4,419.7 (100%)	4,781.0 (100%)	4,946.6 (100%)	5,276.4 (100%)	5,666.9 (100%)	5,941.9 (100%)	6,199.2 (100%)	6,589.7 (100%)	6,679.5 (100%)	6,783.5 (100%)	5,515.3 (100%)

出所：MERNRR “Balance Energético Nacional 2020”

運輸部門の最終エネルギー消費（2020年）をエネルギー源別に見ると、ディーゼル油が最大で合計の55%にあたる3千toe、続いてガソリンが2.4千toe（44%）となっている。図4-9で示したようにエクアドル全体でのディーゼル油とガソリンの消費はそれぞれ3.7千toeと3.2千toeであるから、運輸部門はディーゼル油消費の82%、ガソリン消費の76%を占めていることになる。また、2010~19年に¹¹⁶、運輸部門におけるディーゼル油消費は年平均5.7%で、ガソリン消費は年平均4.9%で増大する一方、電力消費は1千toeあたりで横ばいの状態が続き、年平均1%の成長に留まっている（図4-11参照）。

(単位：千toe)



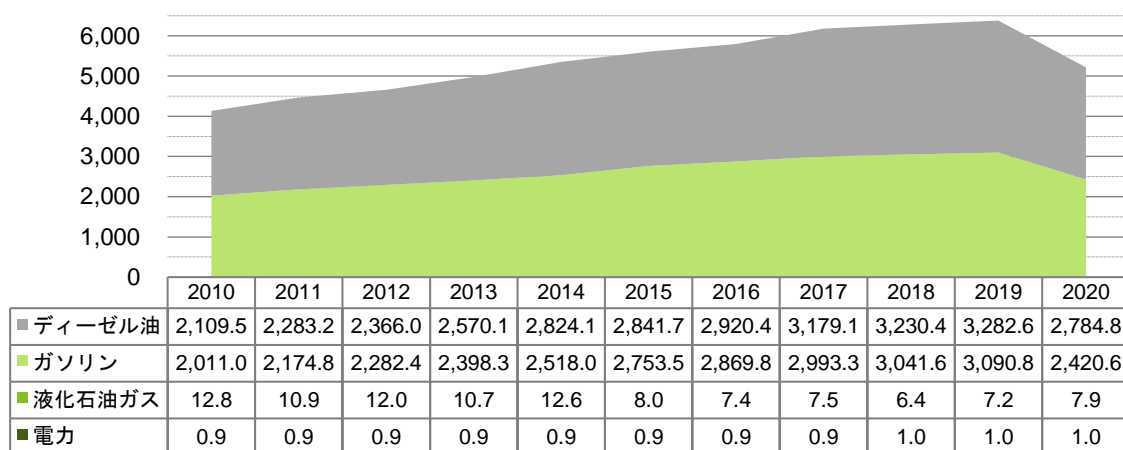
出所：MERNRR “Balance Energético Nacional 2020”を基に JICA 調査団作成

図4-11 運輸部門における最終エネルギー消費のエネルギー源別内訳（2010~20年）

¹¹⁶ 新型コロナウイルス感染拡大前の2019年と2010年を比較した。

ケロシン・ジェット燃料は航空輸送向けに利用されているおり、運輸部門全体の最終エネルギー消費の0.8%を占める。また、燃料油は、1990年代まで水上輸送における主要なエネルギー源だったが、2000年代以降はディーゼル油が主流となったことから、現在では運輸部門における利用は極めて限定的である。

運輸部門における最終エネルギー消費の95%を占める陸路輸送のエネルギー源別内訳を図4-12に示す。石油製品（ガソリン、ディーゼル油）が常に支配的で、電力も約1千toeあるが、陸路輸送全体の0.02%に過ぎず、極めて限定的である。



出所：MERNRR “Balance Energético Nacional 2020”を基に JICA 調査団作成

図 4-12 陸路輸送における最終エネルギー消費のエネルギー源別内訳（2010~20年）

以上のような現状から、エクアドルの運輸部門の脱炭素化に向けては、石油製品消費で圧倒的なボリュームゾーンとなっている道路輸送における対策が有効である。道路輸送におけるエネルギー効率向上のほか、電気・バイオ燃料といった代替エネルギー源の導入促進等が考えられる。特に水力発電の比率が大きいエクアドルにおいては、道路輸送の電動化は脱炭素化に大きく貢献し得る。一方、運輸部門の最終エネルギー消費に占める水上輸送の比重が大きいガラパゴス諸島においては¹¹⁷、水上輸送におけるエネルギー効率向上等、本土とは異なったアプローチが求められる。

2013年発行の「良い生活のための国家計画 2013-2017」¹¹⁸では、運輸部門における化石燃料の使用削減および持続可能型自動車¹¹⁹への移行が戦略目標として掲げられている。2008年にはハイブリッド車と電気自動車（EV）に対する減税策が導入され、2014年までにハイブリッド車4,055台およびEV35台が導入されている。また、2008年から、政府は省エネプログラム「RENOVA」¹²⁰により公用車および商用車の更新を促進しており、2014年までに16,123台を廃車、19,614台が新規導入されている。2010年には、無水エタノールからガソリンを製造する Ecopaís Biofuel Production Project が開始され、農業振興や高オクタン価のナフサの輸入削減といった効果に加えて低炭素化にも貢献している¹²¹。

¹¹⁷ IDB (2021) “Climate Technology Transfer Mechanisms and Networks in Latin America and the Caribbean”

¹¹⁸ Plan Nacional para el Buen Vivir 2013-2017

¹¹⁹ ハイブリッド車やEV等。

¹²⁰ 大統領令第676号、741号による。

¹²¹ MEER “National Energy Efficiency Plan 2016-2035”

エネルギー効率国家計画（PLANEE）2016-2035 では、運輸部門において 2035 年までに累計 339.6 百万 boe¹²²（49.6 百万 toe）のエネルギー消費削減を実現する目標を設定している。その内訳としては、輸送インフラの最適化により 12.1 百万 boe（1.8 百万 toe）、高エネルギー効率技術の利用や運転カルチャーの改善によるエネルギー消費削減により 135.5 百万 boe（19.8 百万 toe）、ハイブリッド車・EV の導入やバイオ燃料の利用促進を通じたエネルギー源の代替により 191.9 百万 boe（28.1 百万 toe）のエネルギー消費削減を見込む。

表 4-6 PLANEE の運輸部門における目標

	指標	目標
部門目標	・ 貨物単位あたり消費エネルギー ・ 旅客あたり消費エネルギー	・ 2035 年までに累計 339.6 百万 boe 削減
個別目標 1	・ インフラ最適化を含む施策により基準年比で削減されたエネルギー	・ 2035 年までに輸送インフラの最適化により累計 12.1 百万 boe 削減
個別目標 2	・ 運輸部門において基準年比で削減されたエネルギー（エネルギー効率性の高い技術の利用や運転カルチャーの改善等による）	・ 2035 年までに運輸部門におけるエネルギー消費を 135.5 百万 boe 削減
個別目標 3	・ エネルギー源の代替により基準年比で削減されたエネルギー	・ 2035 年までにエネルギー代替施策により累計 191.9 百万 boe 削減

出所：MEER “Plan Nacional de Eficiencia Energética 2016-2035”

エクアドルにおける登録車両数は、2008 年の 90 万台から 2018 年には 240 万台と年率 10.7%で増加した。その中心はバスを中心とする公共交通機関である。キトにおける車両移動（1 日あたり移動数）の約 73%を公共交通機関が占める。エクアドルには、民間バス会社が 59 社、市営バス会社が 1 社存在する¹²³。また、タクシーは約 3 万台で、うち半分弱はインフォーマルなものである^{124 125}。こうした公共交通機関が EV に転換されると、脱炭素化への大きな貢献が期待できる。

しかし、EV は現状ほとんど普及していない。政府は 2030 年までに公共バスの 10%を EV に入れ替えることを目指しているほか¹²⁶、MERNNR が配電会社の車両の EV 化を進めたり¹²⁷、運輸・公共事業省（Ministerio de Transporte y Obras Públicas：MTO）も IDB と共同でバス・タクシー事業者向けの EV 購入支援を行ったりする等、EV 導入の機運は高まりつつある。また、制度面でも、EV 輸入に対する減税・関税免除や EV 向け電気料金メニューの導入が行われている。

こうした中でも普及がなかなか進まない理由としては、第 1 に初期投資の大きさが挙げられる。運用コストが安い分車両のライフサイクルコストは低くなるとされるが、初期投資はガソリン・ディーゼル車よりも割高になる。ディーゼルバスが通常は 17 万米ドルからなのに対し電気バスは約 38 万米ドル、タクシーも従来の車両が 2.2 万米ドルなのに対し EV は 3.5 万米ドルする¹²⁸。エクアドル金融公社（Corporación Financiera Nacional：CFN）が公

¹²² 石油換算バレル（barrel of oil equivalent）

¹²³ 2015 年発行のレポートによる（IDB 資料より引用）。

¹²⁴ 2017 年発行のレポートによる（IDB 資料より引用）。

¹²⁵ IDB “Proposal for a CCLIP for the program Electric Mobility and first operation under the CCLIP for the Financing of Sustainable Electric Transportation in Ecuador” (Nov 2020)

¹²⁶ MTO への聞き取りによる。

¹²⁷ MERNNR への聞き取りによる。

¹²⁸ IDB “Proposal for a CCLIP for the program Electric Mobility and first operation under the CCLIP for the

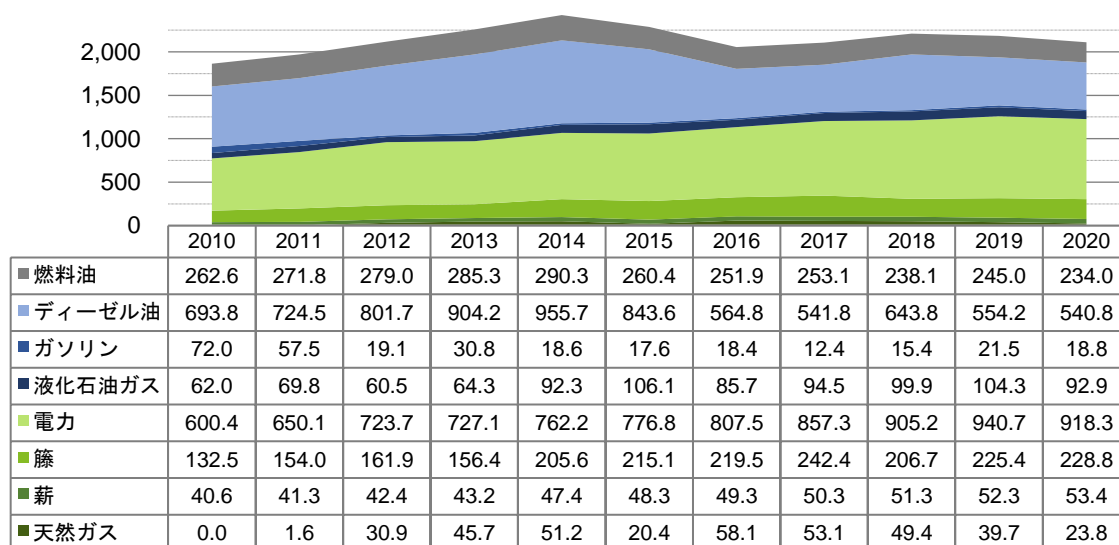
共・商業運輸部門向けにEV購入への融資を行っているものの、民間事業者にとってEVへの投資は難しい状況である。例えばバス事業者は、グアヤキル市で電気バス向けに運賃を上げた例があるが¹²⁹、投資回収できるだけの運賃の値上げには自治体からの承認や市民の理解が必要であり、容易なことではない。

第2の理由として、充電インフラの整備が進んでいないことが挙げられる。グアヤキル市では、中国のEV大手・BYD社が20台の電気バスと50台の電気タクシーの納入と合わせて、2019年に60万米ドルを投じて急速充電器20台を設置した充電ステーションを開設した¹³⁰。また、キト市でも韓国の自動車メーカーであるKIA社とHyundai社の現地販売代理店がショッピングモール等に充電スタンドを設置し始めている¹³¹。しかし、自動車メーカーに頼った充電インフラの設置には限界があり、EV普及促進に向けてはその他の事業者にとっても充電設備導入のインセンティブを与える仕組みづくりが必要である。

陸路輸送の電化ではこのほかに、クエンカ市（Cuenca）で路面電車が2019年3月より運行している¹³²、キト市内では地下鉄が2022年6月から運航開始を予定している¹³³。

4.2.2. 産業部門

産業部門はエクアドルにおける最終エネルギー消費の18.2%を占める。産業部門の最終エネルギー消費（2020年）をエネルギー源別に見ると、電力が43.5%を占め、ディーゼル油（25.6%）、燃料油（11.1%）、籐（10.8%）が続く（図4-13参照）。



出所：MERNRR “Balance Energético Nacional 2020”を基に JICA 調査団作成

図 4-13 産業部門における最終エネルギー消費のエネルギー源別内訳（2010~20年）

Financing of Sustainable Electric Transportation in Ecuador” (Nov 2020)

¹²⁹ MTOP への聞き取りによる。

¹³⁰ Xinhuanet “Ecuador opens its largest electric charging station built by China's BYD” (9 Nov 2019)

¹³¹ 伊藤忠エクアドル会社への聞き取りによる。

¹³² International Railway Journal “Metro Tenerife to operate Cuenca tramway” (25 Sep 2018)

¹³³ El Comercio “Operación del Metro de Quito ahora se prevé para junio del 2022” (30 Jun 2021)

2010~19年に¹³⁴、産業部門におけるLPGの消費は年平均5.9%で、電力の消費は年平均5.1%で増大した。他方、ガソリンの消費は年平均12.6%、ディーゼル油の消費は年平均2.5%減少しており、石油製品から電力への転換が進んでいる。また、燃料油の利用は、2000年代初まで主流だったが、他の石油製品および電力による代替が進み、産業部門全体の最終エネルギー消費（2020年）の11%に留まっている。このほか、産業部門の一部では1990年代までケロシン（灯油）も利用されていたが、2000年代以降は他の石油製品および電力によってほぼ代替されている。

以上のような現状から、エクアドルの産業部門の脱炭素化に向けては、産業部門の省エネ対策（エネルギー効率向上）に加え、石油製品の利用をさらに削減し、代替エネルギー源への移行を進めること有効であると考えられる。

2012~15年に電力・再生可能エネルギー省（Ministerio de Electricidad y Energía Renovable：MEER）¹³⁵と国際連合工業開発機関（UNIDO）が共同で、産業部門向けのエネルギー効率性プロジェクト¹³⁶を実施し、エネルギーマネジメントシステム（EMS）を39企業に導入するとともに、全国で2000名の技術者を育成して、年間13.4GWhの電力消費と57,272boeの燃料消費を削減した。一方、このプロジェクトではコージェネレーションシステム（以下、「コジェネ」）の導入も推奨されているが、実際に導入したのは2017年時点で3つの製糖工場・計136.4MWに留まる。¹³⁷このほか、国家電力会社（Corporación Nacional de Electricidad：CNEL）が、農工業、水産養殖分野の灌漑、ポンプ、曝気システムの電化を進めている。

PLANEE 2016-2035では、産業部門において、EMSおよびコジェネの導入、非効率設備の交換により、29.9百万boe（4.4百万toe）のエネルギー消費削減を目指している。

表 4-7 PLANEE の産業部門における目標

	指標	目標
部門目標	・エネルギー効率性施策を導入した物理的生産単位あたりの各産業サブセクターのエネルギー消費	・2035年までにエネルギー効率性施策によりエネルギー消費を29.9百万boe削減
個別目標1	・基準年比で物理的生産単位あたりのエネルギー消費削減	・2035年までにエネルギー集約的産業でのEMS、コジェネの導入、非効率設備の交換により、エネルギー消費を29.9百万boe削減
個別目標2	・省エネルギーサービス（ESCO）を通じたエネルギー効率プロジェクトを導入するエネルギー集約的企業の割合	・2035年までに80%のエネルギー集約的企業においてESCOを通じたエネルギー効率プロジェクトを導入

出所：MEER “Plan Nacional de Eficiencia Energética 2016-2035”

また、2021年10月制の「エネルギー効率化プロジェクトを実行するための資金メカニズム規則」¹³⁸は、産業部門および商業・公共部門の大口需要家に対してISO50001「エネルギーマネジメントシステム」の義務化等を定めている。加えて、Empresa Eléctrica Quito（EE Quito）への聞き取りでは、産業部門においてヒートポンプ導入に対するニーズを確認した。

¹³⁴ 新型コロナウイルス感染拡大前の2019年と2010年を比較した。

¹³⁵ MERNNRの前身。

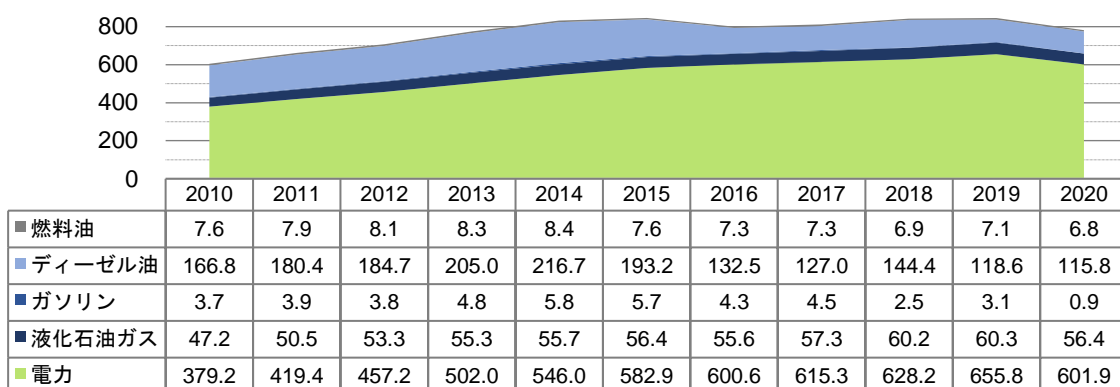
¹³⁶ Eficiencia Energética para la Industria

¹³⁷ MEER “National Energy Efficiency Plan 2016-2035”

¹³⁸ Definición de Mecanismos Financieros de Financiación para la Eficiencia Energética en el Ecuador

4.2.3. ビル（商業・公共・家庭）部門

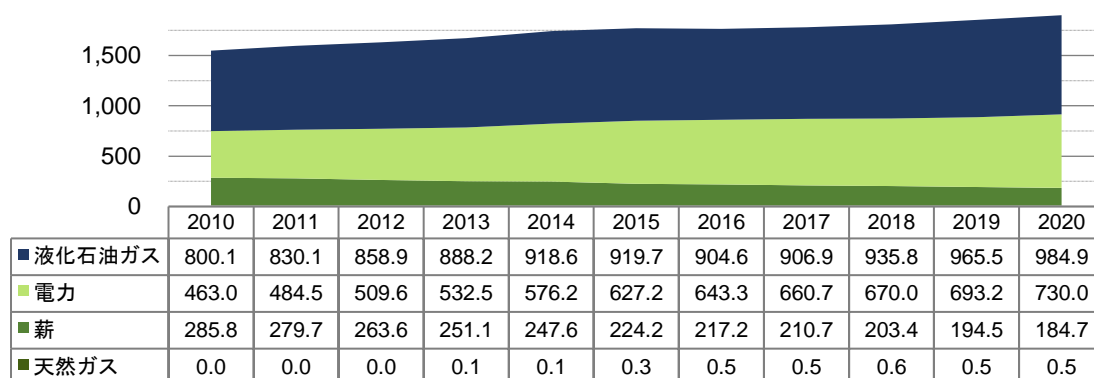
商業・公共部門はエクアドルにおける最終エネルギー消費の 6.8%、家庭部門は同 16.4% を占める。商業・公共部門の最終エネルギー消費（2020 年）をエネルギー源別に見ると、電力が 77%を占め、ディーゼル油が 14.8%と続く（図 4-14 参照）。2010~19 年に¹³⁹、商業・公共部門における電力の消費は年平均 6.3%で伸びる一方、ディーゼル油とガソリンの消費はそれぞれ年平均 3.7%と 2.0%で減少しており、石油製品から電力への転換が進んでいる様子が窺える。



出所：MERNRR “Balance Energético Nacional 2020”を基に JICA 調査団作成

図 4-14 商業部門における最終エネルギー消費のエネルギー源別内訳（2010~20 年）

家庭部門の最終エネルギー消費（2020 年）をエネルギー源別に見ると、LPG が主流で（51.8%）、電力（38.4%）が続き、薪の消費も減少傾向にはあるが依然として 1 割弱ある（図 4-15 参照）。一方、2010~19 年に¹⁴⁰、家庭部門における電力の消費は年平均 4.6%、LPG の消費は年平均 2.1%で伸びている。なお、家庭部門の一部では、1990 年代までケロシン（灯油）も利用されていたが、2000 年代以降は LPG および電気によってほぼ代替されている。



出所：MERNRR “Balance Energético Nacional 2020”を基に JICA 調査団作成

図 4-15 家庭部門における最終エネルギー消費のエネルギー源別内訳（2010~20 年）

¹³⁹ 新型コロナウイルス感染拡大前の 2019 年と 2010 年を比較した。

¹⁴⁰ 同上

以上のような現状から、商業・公共部門および家庭部門の脱炭素化に向けては、LPG から電気へのさらなる転換に加え、省エネ対策が有効であると考えられる。

MEER は 2007 年からエクアドル標準化機関 (INEN) と共同で、エネルギーマネジメントや効率的なエネルギー消費を促進するための 11 のエネルギー効率性基準、および家庭・産業向けに販売される設備・機器のエネルギー効率を最大化するための 23 の技術規制を策定した。

また、2008~14 年に実施された家庭照明の技術革新のための施策により、手工業・公共・家庭部門において 1,600 万個の白熱灯が省エネ電灯に代替され、年間 287GWh の電力消費削減に繋がった。配電会社が所管する公共照明に関しては、非効率な街路灯を省エネ型に取り換える取り組みが 2010~2014 年に実施され、61,610 ヶ所が取り替られ、20GWh の省エネに貢献した。

さらに、省エネプログラム「RENOVA」で 2012~16 年に 95,652 台の冷蔵庫が更新され、年間約 38GWh の電力消費を削減した。MERNNR は 2014 年より、調理効率化プログラム (PNCE) を通じて家庭での電磁誘導加熱 (IH) コンロや電気温水器の普及を図っている (5.1.8.1 参照)。IH コンロ等の使用に対する電気料金の割引で、2019 年には 63.5 万世帯が PNCE を受益し、2030 年までに 350 万世帯に IH コンロ等を普及させることを目指す。

電気製品への省エネ基準の適用も進んでいる。2013 年に規制が開始されて以降、省エネ基準を適用する電気製品の対象は、当初のエアコンおよび冷蔵庫から次々と拡大された。2015 年には洗濯機、電球、電子レンジ、テレビ、アイロン、掃除機など電気製品全般が対象となった。その成果として、2015 年までに約 10 万台のエネルギー効率の低い冷蔵庫を取り替えることができたと言われている。一方でこの省エネ機器の適用拡大の背景には、Indurama 社等の国内家電メーカー育成による貿易収支の改善という目的があると考えられている。貿易・投資円滑化ビジネス協議会 (日本) の調査¹⁴¹によると、省エネ規制は輸入品排除の意図があるとの指摘もある。INEN が認めた第三者検査機関のテストデータが必要なため、エクアドルへの製品輸入には費用や時間がかさむ事態となっている。

PLANEE 2016-2035 では、商業・公共部門および家庭部門において、非効率の低い設備の更新および効率性の高い設備への高エネルギー効率性マークの付与により、2035 年までに累計 88.8 百万 boe のエネルギー消費の削減を実現するという目標を設定している。

表 4-8 PLANEE の商業・公共部門および家庭部門における目標

	指標	目標
部門目標	・基準年比でエネルギー消費率の削減	・2035 年までにエネルギー効率性施策により商業・公共部門および家庭部門のエネルギー消費を 88.8 百万 boe 削減
個別目標 1	・国内で販売される高エネルギー消費の電気機器・設備に対する高エネルギー効率性マークの付与	・2035 年までに非効率設備の更新および効率性の高い設備への高エネルギー効率性マークの付与によりエネルギー消費を 88.8 百万 boe 削減
個別目標 2	・複数の自治体政府域内における満足のいく水準での建設基準 (エネルギー効率性、空調、再エネにかかる章) の導入・適用	・2020 年までに自治体政府の 20%が満足のいく水準で建設基準 (エネルギー効率性、空調、再エネにかかる章) を導入・適用

出所：MEER “Plan Nacional de Eficiencia Energética 2016-2035”

¹⁴¹ <http://www.jmcti.org/mondai/pdf/s406.pdf>

また、2021年10月制の「エネルギー効率化プロジェクトを実行するための資金メカニズム規則」¹⁴²は、産業部門および商業・公共部門の大口需要家に対して ISO50001「エネルギーマネジメントシステム」の義務化等を定めている。加えて、EE Quito への聞き取りでは、産業部門のみならずビル部門でもヒートポンプ導入に対するニーズがあり、キト市内のビルでヒートポンプを導入する動きがあることを確認した。

4.3 エネルギーセクターの法制度・政策

4.3.1. エネルギー関連法制度

エクアドル共和国憲法第1条・第408条は、天然資源は国の不可侵の財産であると定める。また、憲法第313条から第315条は、政府機関または国有企業が戦略的セクターを規制・管理すると定める。戦略的セクターには、あらゆる形態のエネルギー、石油・ガス、鉱業を含む非再生可能な天然資源、および炭化水素等の開発・利用が含まれる。

エネルギーセクターにかかる基本法制度は、1971年制定の炭化水素法¹⁴³に遡る。その後、同法は数度にわたり改定され、直近では2018年8月に改定された。同法は炭化水素関連産業の上流・中流・下流を含む幅広い分野を包括するものである。同法は、石油・ガス産業は国の規制分野であると規定しており、第72条に基づいて大統領に炭化水素関連製品の販売価格を規制する権限を与えている。ただし、第2条第1項に基づき、政府は国内外の民間または官民連携事業者に対して、炭化水素関連事業を例外的に委任することができる。加えて、業界の特定分野にかかる規制が存在し、炭化水素法規制、炭化水素事業規則、炭化水素事業環境規制、環境問題・課税・会計に関するその他の関連法令等が挙げられる。

また、省エネにかかる重要法令としては、2019年3月、エネルギー効率化基本法 (LOEE) を国民議会が全会一致で承認した。LOEEは、国内のエネルギー効率改善を目的とする法律で、国民の日常生活に有利な省エネ、競争力、および環境的にクリーンな慣行や技術の使用を促進する。これは、気候変動により農漁業者の生活環境が悪化していることを考慮し、環境負荷を低減して、食料主権を脅かさないことに貢献すると考えられている。また、同法では国が多額の補助金を出すガソリンやディーゼル等の化石燃料の使用を減らし、国の資源を最適化することも目的としている。そのため、運輸部門におけるEV(公用車・自家用車)の普及を奨励するほか、エネルギー効率向上に資する開発・投資のための国家基金を創設し、エネルギーの効率的で合理的かつ持続可能な利用を促進するための国家エネルギー効率化システム¹⁴⁴を確立する計画である。このように LOEE はエネルギーの節約のみならず、気候変動への取り組み、健康的な環境での生活に貢献するものと位置付けられている。

2021年2月には、国家エネルギー効率委員会 (CNEE) の第1回会合が開催され、運営規約が承認された。同委員会は省エネ担当省が統括すると定められており、現在は MERNNR がその任にある。

2021年10月には、「エネルギー効率化プロジェクトを実行するための資金メカニズム規則」が MERNNR より大統領府に草案照会され、同月20日に制定されている。この中では

¹⁴² Definición de Mecanismos Financieros de Financiación para la Eficiencia Energética en el Ecuador

¹⁴³ Ley de Hidrocarburos

¹⁴⁴ Sistema Nacional de Eficiencia Energética

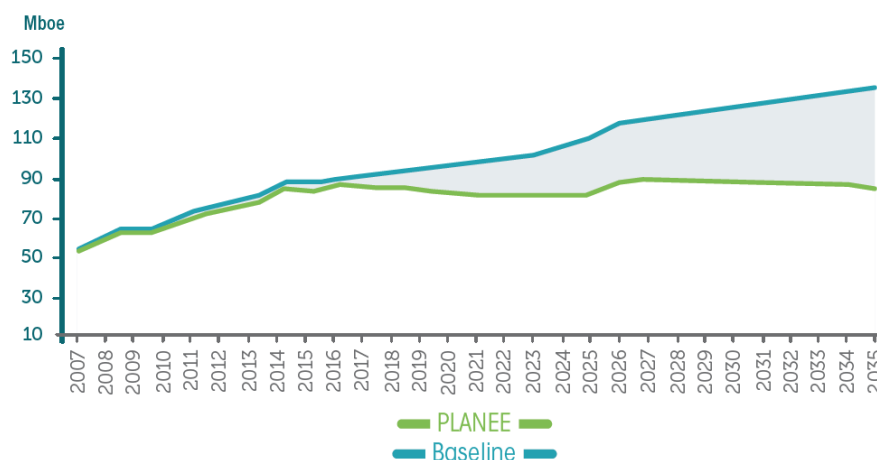
電力や燃料の消費量が多い工場・商業・公共といった大口需要家に対して ISO50001「エネルギーマネジメントシステム」認証取得の義務化とエネルギー使用量の CNEE への年次報告を定めているほか、ESCO 企業の登録要件等が規定されている。エネルギー効率化プロジェクトの実施メカニズムとして、国家エネルギー効率化投資基金¹⁴⁵を設置し、CNEE によるプロジェクト選定基準の項目が示されている。2022 年には CNEE によるエネルギー効率化プロジェクトの認定、エネルギー効率化を促す料金制度の発行、2023 年には認定されたプロジェクトへの省エネ証明書の発行募集が行われる予定である。

4.3.2. 主要なエネルギー政策

以降では、エクアドルの主なエネルギー政策を整理する。

(1) エネルギー効率国家計画 2016-2035

エネルギー効率国家計画（PLANEE）2016-2035 は、2016 年に策定されたものの、国民議会で承認されたのは 2019 年 4 月であった。PLANEE は低炭素エネルギーによる化石燃料の代替促進を含め、エネルギーセクター全体および部門別の効率化目標・施策・行動指針をまとめている。PLANEE は全体目標として、2016~35 年に 543 百万 boe（79.4 百万 toe）のエネルギー消費削減を掲げる（図 4-16 参照）。これは約 841.31 億米ドル、温室効果ガス（GHG）排出量 65 MTCO₂e の削減に相当すると推定される。



出所：MEER “Plan Nacional de Eficiencia Energética de Ecuador 2016-2035”

図 4-16 PLANEE でのエネルギー消費削減目標

PLANEE で策定されたプロジェクト・プログラムの実施には、当初 5 年間で 1 億 1,600 万米ドルの資金が必要であると試算され、国内金融機関が設定したクレジットラインや二国間・多国間ドナーによる資金提供を財源として想定している。または、金融商品の開発を含め、市場からの資金調達も計画されている。PLANEE の部門別の目標および施策の概要は以下のとおりである。

¹⁴⁵ Fondo Nacional de Fomento e Inversión en Eficiencia Energética

i. エネルギーセクター

- 全体目標：
2035年までに、エネルギーセクターにおいて、エネルギー効率化プロジェクトの実施により 83.7 百万 boe のエネルギー消費を削減する

- 個別目標：

個別目標		施策・取り組み	
1	2035年までに送配電ロス削減により 64.1 百万 boe のエネルギー消費削減	1.1	送配電ロスを削減するためのプログラムの実施
		1.2	火力発電所において ISO50001 を満たす EMS を導入するプロジェクトの実施
2	2035年までに炭化水素業界の国営・民間企業によるエネルギー効率プロジェクトを通じて最低 19.6 百万 boe のエネルギー消費削減	2.1	石油発電所へ電力を供給するプロジェクトの実施
		2.2	高品質石油製品の供給を改善するプロジェクトの実施
		2.3	エネルギーマネジメントプロジェクトに関わる評価者・マネジャー・監査人の研修プロジェクトの実施
		2.4	石油製品の運送・貯蔵・販売におけるエネルギー効率化取り組みを導入するプロジェクトの実施

ii. 運輸部門

- 全体目標：
2035年までに輸送インフラの最適化により累計 339.6 百万 boe を削減する

- 個別目標：

個別目標		施策・取り組み	
1	2035年までに輸送インフラの最適化により累計 12.1 百万 boe の削減	1.1	交通インフラの運用を改善するためのプログラムを実施
2	2035年までに運輸部門におけるエネルギー消費を 135.5 百万 boe の削減	2.1	新規の車両エネルギー効率のラベリングプロジェクトの実施
		2.2	RENOVA 計画の再起動・再構築および拡大
		2.3	効率的な運転技術の研修プロジェクトの実施
3	2035年までにエネルギー代替施策により累計 191.9 百万 boe の削減	3.1	ハイブリッド、電気またはその他新技術車両の利用を促進するためのプロジェクトの実施
		3.2	段階的に化石燃料のバイオ燃料による代替

iii. 産業部門

- 全体目標：
2035年にエネルギー効率性施策により 29.9 百万 boe を削減する

- 個別目標：

個別目標		施策・取り組み	
1	2035年までにエネルギー集約的産業での EMS、コジェネの導入、非効率的設備の代替により、エネルギー消費 29.9	1.1	エネルギー集約型産業における ISO50001 の導入
		1.2	コジェネ促進プログラムの実施

	百万 boe の削減	1.3	産業用エンジン・ポンプ・ボイラ・給湯器の更新プログラムの実施
2	2035 年までに 80% のエネルギー集約的企業において ESCO を通じたエネルギー効率プロジェクトの導入	2.1	ESCO 市場の発展・促進するプログラムの実施

iv. 商業・公共部門および家庭部門

- 全体目標：

2035 年までにエネルギー効率性施策により商業・公共部門および家庭部門のエネルギー消費を 88.8 百万 boe 削減する

- 個別目標：

個別目標		施策・取り組み	
1	2035 年までに非効率設備の更新および効率性の高い設備への高エネルギー効率性マーク (DMEE) 付与により 88.8 百万 boe の削減	1.1	住宅用・商業用・公共部門の最終エネルギー消費を特定するためのプロジェクトの実施
		1.2	エネルギー消費基準の標準化およびラベリング制度の導入
		1.3	エネルギー効率性の低い家電の更新プログラムの実施
2	2020 年までに分権自治政府の 20% が満足のいく水準でエクアドル建設基準 (エネルギー効率性、空調、再生可能エネルギーにかかる章) を導入・適用	2.1	エクアドル建設基準を実行・継続的に改善するための管理・監視メカニズムの構築

v. ガラパゴス諸島

- 全体目標：

2035 年までに、ガラパゴス諸島において、化石燃料の消費を 0.36 百万 boe 削減するとともに、再エネ利用を 0.5 百万 boe 増加させる

- 個別目標：

個別目標		施策・取り組み	
1	2035 年までにガラパゴス諸島におけるエネルギー総消費量を 0.78 百万 boe 削減	1.1	ガラパゴス諸島において NEC を実行するためのプロジェクトの実施
		1.2	低効率設備の取替プログラムの実施
		1.3	島嶼部の公共・商業部門において ISO50001 基準の EMS を導入するプログラムの実施

vi. 法・制度・情報へのアクセス

- 全体目標：

2020 年までにエネルギー効率化を促進するための強力な法的仕組み・制度を構築する

- 個別目標：

個別目標		施策・取り組み	
1	2020 年までに PLANEE に定義されたプログラム。プロジェクトを遂行するための強力な法的仕組み・制度を構築	1.1	規制の仕組みを強化するためのプロジェクトの実施
		1.2	制度の仕組みを強化するためのプロジェクトの実施

2	最低 80%のエネルギー効率化プロジェクトを公表	2.1	国家エネルギー効率性指標システム (SINEE) の構築
		2.2	エネルギー効率化の最優良事例を公表するプログラムの実施

このように PLANEE がエネルギーセクター全般に関してエネルギー効率化目標・施策および具体的なプロジェクト・プログラムを網羅的に定めているが、議会承認の遅れや新型コロナウイルス感染拡大、政権交代等があり、必ずしも計画どおりに実施されていないと見られる。特に 2021 年 5 月末に発足した新政権において PLANEE がどのような取り扱いになるのか、今後確認していく必要がある。

なお、2019 年 3 月には、PLANEE で定められた目標に従って、国家エネルギー効率性指標システム (SINEE) の制度的枠組みと運営体制を構築し、エクアドルのエネルギー安全保障を高め、エネルギーの効率性が高く、持続可能なエネルギー利用を促進することを目的として、エネルギー効率性基本法¹⁴⁶が策定された。2021 年 2 月 23 日に、CNEE によりエネルギー効率性基本法一般規則の草案が発表され、現在は MERNNR の承認を待っている。

(2) 国家エネルギーアジェンダ 2016-2040

エクアドルは 2016 年 7 月にパリ協定に署名し、国際支援を前提に 2025 年までに 40%の GHG を削減する目標を表明した。この目標を実現するためには、再エネの利用拡大を含め、エネルギーセクターにおける大きな変革が求められる。パリ協定の署名に伴い、エクアドルは「国家エネルギーアジェンダ 2016-2040」¹⁴⁷を策定した。

同アジェンダは、エネルギーセクターにかかる包括的な戦略計画で、将来的に再エネ比率を 90%以上に引き上げる可能性に言及している。また、再エネおよび非在来型エネルギーによる電源多様化のほか、再生可能かつより効率的なエネルギー使用を目指すことを定める。同アジェンダは以下の 5 つの観点に重点を置いて策定されている。

- 公平性・包括性
- 多様性・再生可能性・持続可能性
- 国家主権の尊重および国民への高品質エネルギーの確保
- 効率性
- 地域およびグローバルな統合

(3) ガラパゴス諸島の持続可能なエネルギー転換のためのアクションプラン 2020-2040

ガラパゴス諸島におけるエネルギー転換に関する 2020~40 年の中長期計画¹⁴⁸が、ガラパゴス特別行政区審議会¹⁴⁹からの要請に基づいて IDB と NPO ・ Bariloche Foundation による支援の下、2020 年に策定された。この中では、部門ごとに化石燃料の代替に向けた施策の提案・分析がなされている¹⁵⁰。

¹⁴⁶ Ley Orgánica de Eficiencia Energética

¹⁴⁷ Agenda Nacional de Energía 2016-2040

¹⁴⁸ Plan de Acción para la Transición Energética Sostenible del Archipiélago de las Islas Galápagos 2020-2040

¹⁴⁹ Consejo de Gobierno de Regimen Especial de Galápagos

¹⁵⁰ IDB (2021) “Climate Technology Transfer Mechanisms and Networks in Latin America and the Caribbean”

家庭部門では、IH 調理器普及プログラムの拡大、ソーラーコレクター（太陽熱集熱器）による代替、発光ダイオード（LED）照明の導入、エアコン・冷蔵庫・洗濯機等のより効率的な家電への交換プログラム、持続可能な建物の普及が挙げられている。商業・公共部門では、温水設備のストレージ付きの太陽熱集熱器への更新、IH 調理器や電気ストーブの導入、建物窓の反射コーティング、断熱等が検討されている。陸上運輸部門では、大量旅客交通機関、再エネ利用（電気、バイオディーゼル）、旅客の乗用率向上等を挙げる。最後に水上輸送では、太陽光や液化天然ガスの利用やモーターの効率性向上が分析されている。

4.3.3. ARCERNNR による主要施策・規制

2020 年から 2021 年 5 月までに、電力事業の規制・監督機関であるエネルギー・非再生天然資源規制管理庁（Agencia de Regulación y Control de Electricidad, en la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables : ARCERNNR）が承認・公表した重要な施策・規制を表 4-9 と表 4-10 に示す。

表 4-9 ARCERNNR により承認された重要施策（2020~21 年）

No.	発行日	内容
008/2020	2020 年 9 月 11 日	LPG を除く、石油・バイオ燃料および関連製品の市場活動許認可に関する規則を改正
009/2020	2020 年 9 月 11 日	LPG の市場活動許認可に関する規則を改正
010/2020	2020 年 9 月 11 日	新規配送センターの設立許認可に関する規則を発行
011/2020	2020 年 9 月 11 日	産業用向け天然ガスの商業化に関する規制を改正
012/2020	2020 年 9 月 11 日	国内市場向け石油製品の購入・輸送許認可申請手続きを改正
018/2020	2020 年 11 月 13 日	EV 用充電サービス提供者向け標準契約書を発行
019/2020	2020 年 11 月 13 日	炭化水素製品・バイオ燃料・LPG・天然ガス製品の供給にかかる認定・認可・更新・停止に関する規則を発行
020/2020	2020 年 11 月 13 日	産業用石油製品の購入許認可に関する指示を発行
021/2020	2020 年 11 月 13 日	LPG を除く、石油・バイオ燃料および関連製品の販売許認可に関する規則を改正
023/2020	2020 年 11 月 13 日	LPG の販売許認可に関する規則を改正
025/2020	2020 年 11 月 13 日	電力取引に関するレギュメを発行

出所：JICA 調査団作成

表 4-10 ARCERNNR により承認された重要規制（2020~21 年）

No.	発行日	規制	内容
001/2020	2020 年 9 月 11 日	領土開発プロジェクト	発電会社および自家発電会社が所有する経済資源を決定・割当・実行・管理に関する規制を規定
002/2020	2020 年 11 月 13 日	配電および商品化サービスの品質	電力の流通および商品化におけるサービス品質の指標・制限を確立し、そして必要に応じて配電会社と消費者が従うべき測定・登録・評価手続きの手順を規定
003/2020	2020 年 11 月 13 日	EV 向け充電サービスのプロバイダー用標準契約	配電会社と個人・法人との間に締結する EV 向け充電サービス用標準契約を作成
004/2020	2020 年 11 月 23 日	電力システムのオペレーション計画・給電・運用	電力システムのオペレーション計画・給電・運用にかかる一般規則を規定
005/2020	2020 年 11 月 23 日	電力取引に関するレギュメ	電力取引の運用・管理にかかる規制・規定を策定
006/2020	2020 年 12 月 30 日	一般公共照明サービスの規定	配電会社による品質・効率が保証された一般公共照明サービスの提供に関する技術的・商務的基準を策定

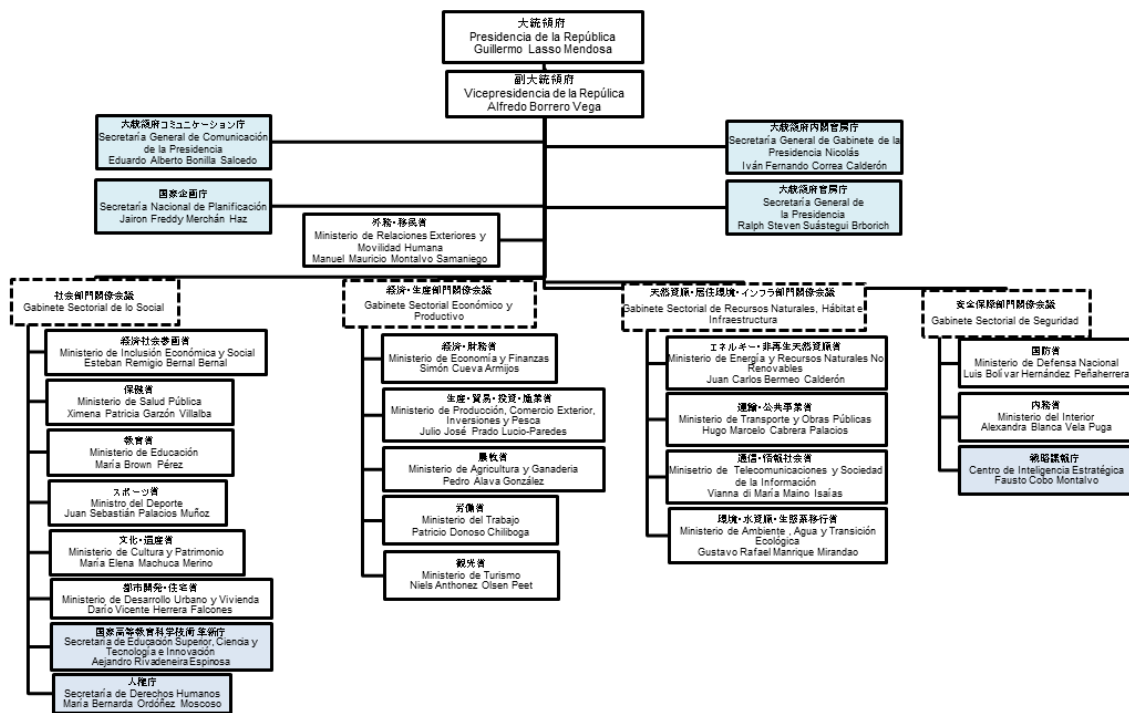
007/2020	2020年 12月30日	電力部門における規制違反を判断するための行政手続き	LOSPEE で規定された違反を判断するための管理手順を規定
001/2021	2021年 5月4日	規制対象の自家発電消費者向け分散型電源の規制枠組み	規制対象の自家発電消費者向け再生可能エネルギーが電源の分散型電源システムの認定・接続・設置・運用手続きに関する規定
002/2021	2021年 5月4日	発電が許可された企業による分散型電源への参加に関する規制枠組み	発電が許可された企業が所有する分散型発電所の開発・運用に関する技術的・商務的基準を策定

出所：JICA 調査団作成

4.4 エネルギーセクターの省庁

4.4.1. エクアドル政府の省庁の全体像

ラッソ政権下での省庁の組織図を図 4-17 に示す。



出所：JICA エクアドル事務所「エクアドル省庁組織図 (Vol.4) (2021年10月21日現在)」

図 4-17 省庁組織図

モレノ大統領は、大統領令第 34 号 (2017 年 6 月 14 日) でセクター別閣僚会議¹⁵¹を設置し、それぞれの閣僚会議の取りまとめ役を任命した¹⁵²。エネルギーセクター関係の省庁は、天然資源・居住環境・インフラセクター閣僚会議¹⁵³の所管となり、この体制はラッソ政権でも踏襲されている。2021 年 10 月時点で天然資源・居住環境・インフラセクター閣僚会議に

¹⁵¹ Consejo Sectorial

¹⁵² 在エクアドル日本国大使館「エクアドル内政」(2017 年 6 月)

¹⁵³ Gabinete Sectorial de Recursos Naturales, Hábitat e Infraestructura

は以下の4省が属する。

- エネルギー・非再生天然資源省
- 運輸・公共事業省
- 通信・情報社会省
- 環境・水資源・生態系移行省

セクター別閣僚会議の機能は以下のとおりである¹⁵⁴。

- 各セクターの横断的な政策形成・承認、アジェンダの横断的調整、横断的公共投資の立案
- 各セクターの横断的な政策実施状況の調整・評価
- 大統領および横断的なコミットメントの調整・評価
- セクター別閣僚会議決定事項の実施状況の評価
- 大統領に上げるべき事項の提案
- 所属省庁間の政府措置の関連づけ
- 所属省庁により作成される法令案の協議
- 目的達成のために必要な作業委員会の設置
- 閣僚会議の内部規則設定と目的多声のための決定の採択
- その他法令を必要とする事項および大統領が指示する事項

4.4.2. 天然資源・居住環境・インフラセクター閣僚会議の省庁

天然資源・居住環境・インフラセクター閣僚会議のうち、特にエネルギーセクターに関連する MERNNR、MTOPI、環境・水資源・生態系移行省 (Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica : MAATE) の概要を以下に示す。

(1) エネルギー・非再生天然資源省 (MERNNR)

MERNNR は、エネルギー・非再生天然資源に関わる基本政策および関係組織を所管する。公共政策の策定・実施・監視・評価を通じて、エネルギーおよび鉱業資源の開発と持続可能な利用を促進する役割を担う。電力セクターの計画策定も MERNNR が実施する。

MERNNR の基本計画は Plan Estratégico 2019-2021¹⁵⁵で、2019~21 年のエネルギー・非再生可能天然資源関係の各セクターにおける基本政策および目標を定めている。また、電力セクターの基本計画として電力マスタープラン (PME) 2016-2025 が策定されている。

(2) 運輸・公共事業省 (MTOPI)

MTOPI は、交通インフラセクターと運輸管理セクターの2つのセクターを所管する。交通インフラ・運輸管理に関する基本政策の策定、プログラム・プロジェクトの計画・実施・評価を実施する。

¹⁵⁴ 同上

¹⁵⁵ Plan Estratégico

(3) 環境・水資源・生態系移行省 (MAATE)

2020年に環境省と水資源庁が合併して環境・水省¹⁵⁶が設立され、2021年7月にMAATEと名称が変更された。水資源に関する基本政策を所管する同省の基本目標は以下のとおりである¹⁵⁷。

- 環境的および社会的コストと便益を経済指標に組み込み、低影響の生産活動を優先し、適切なインセンティブ構造を確立する。
- 生態系に基づく戦略的な再生可能天然資源の統合管理に関する情報を発信する。
- 気候変動に対する環境的、社会的、経済的脆弱性を軽減し、この人為的現象の原因と影響について国民を教育し、生産および社会セクターにおけるGHG排出削減を促進する。
- 資源（電力・水・紙）の消費と廃棄物を削減する。
- 環境管理プロジェクトに市民参加アプローチ、異文化および／またはジェンダー配慮を組み込み、社会環境問題における対立を管理する。
- 規制、国際関係、市民参加の分野における環境ガバナンスを改善する調査研究し、有効で適切な情報を明確にする。
- 省の制度的枠組みを強化する。

4.4.3. その他エネルギーセクターに関連する省庁

天然資源・居住環境・インフラセクター閣僚会議には属さないが、エネルギーセクターに関連するその他の主要省庁の概要を以下に示す。

(1) 経済・財務省 (MEF)

MEFは経済・金融政策の策定、政府予算の策定・執行など幅広い権限を持っている。MEFの基本計画はPlan Estratégico Institucional 2018-2021で、2018~21年の経済・財務に関する基本政策および目標を定めている。

(2) 国家企画庁 (SNP)

国家計画を策定する機関は、法令緊急法第19条（1954年5月28日）によって設立された国家計画経済調整委員会から始まったが、1979年には国立統計国勢調査研究所（Instituto Nacional de Estadística y Censos : INEC）、国家投資基金¹⁵⁸、国家科学技術会議（Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología : CNCT）等の関連機関に代替された。1998年には、CNCTの代わりに計画事務局¹⁵⁹が創設され、2004年には国家計画開発事務局（Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo : SNPD）が設立された。

2018年以降モレノ政権により、公共制度を調整し、効率性・サービス向上を目指し、行

¹⁵⁶ Ministerio del Ambiente y Agua

¹⁵⁷ MAATE ウェブサイト <https://www.ambiente.gob.ec/>

¹⁵⁸ Fondo Nacional de Preinversión

¹⁵⁹ Oficina de Planificación

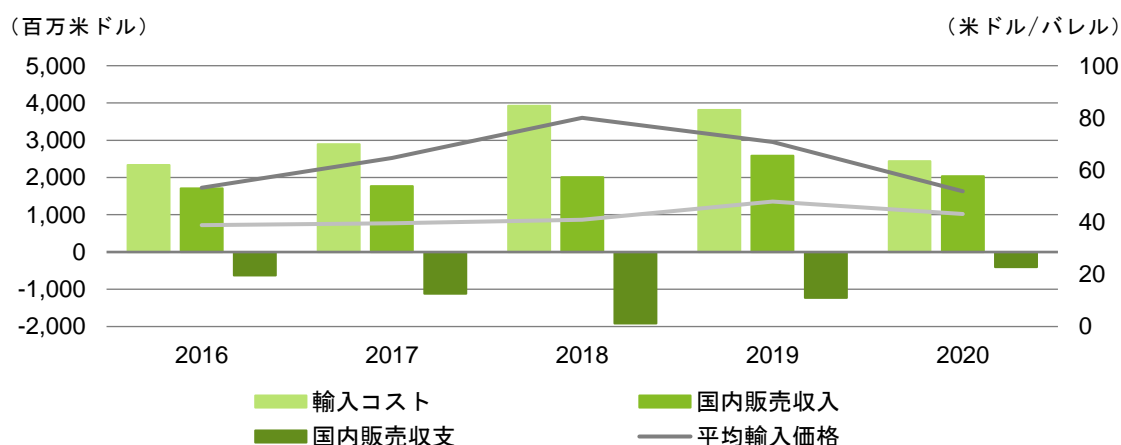
政機能を最適化するための施策が実施された。この施策により、国家計画の再作成・変革・強化のために、2019年にSNPDに替わって国家計画技術局 (Secretaria Técnica de Planificación Ecuador: STPE) が設立された。2021年には、ラッソ政権への移行に伴い、STPEに替わってSNPが設立された。SNPの主な所管業務は以下のとおりである¹⁶⁰。

- 技術・教育・芸術分野に関する高等機関の創設に関する評価・報告書の発行
- 国内における制度的プレゼンスの強化
- 制度・計画のシステム化に関するアドバイスの提供
- 政府予算による研究・公共投資プロジェクトの策定・承認・優先順位付け
- 年次および複数年にわたる投資計画の投資予算承認・予算変更

4.5 エネルギーセクターの財政状況

1970年代にエクアドル国内の石油生産量の増加と国際石油価格の上昇により政府歳入が増加したことから、社会福祉の一環として燃料補助金が導入された。前述のとおり、炭化水素法第72条に基づき、炭化水素関連製品の販売価格の決定は大統領に権限がある。

最近まで、国内市場で販売されるガソリン、ディーゼル、LPGなど石油関連製品の価格は、国際価格や生産コストに連動せず、規制分野として政府が固定価格を決めてきた。生産・輸入コストと国内販売による事業者収入の差額は燃料補助金で補われている。エクアドルの燃料補助金はGDPに占める割合で、世界第5位、ラテンアメリカで第3位と非常に大きい¹⁶¹。さらに、中央銀行は、化石燃料の輸入価格と国内販売価格の差に輸入量を掛けて燃料補助金の合計額を計算しているが、この計算方法では国内で生産・消費された化石燃料の分が考慮されていない。そのため、国内生産・消費された化石燃料に対する燃料補助金も加味すると、実際の補助金合計は公表金額の1.5倍程度になると言われている。燃料補助金は国民に利益をもたらしてきたが、エネルギーセクター、そして国の財政状況を圧迫してきた。



出所：Banco Central del Ecuador “Revenue and expenditures from the internal sale of imported by products”を基に JICA 調査団作成

図 4-18 輸入化石燃料の国内販売収支状況 (2016~20年)

¹⁶⁰ SNP ウェブサイ <https://www.planificacion.gob.ec/>

¹⁶¹ Schaffitzel, F., Jakob, M., Soria, R., Vogt-Schilb, A., & Ward, H. (2020) “Can government transfers make energy subsidy reform socially acceptable? A case study on Ecuador”

電力料金に対しても多額の補助が行われている。2007年7月に、住宅用の小口需要家向けに kWh あたり 0.04 米ドルの割引料金（いわゆる尊厳料金）を提供する形で¹⁶²、電気料金に対する補助が始まった。当該補助金の支出は 2019 年に 44.62 百万米ドルであった。また、月使用量 138kWh 以下の高齢者向けに総額 15.64 百万米ドル、障がい者向けに 11.74 百万米ドルの補助を行っている¹⁶³。これら補助金の総額は、電力セクターの総収入の約 4%に相当する¹⁶⁴。

さらに、その他にも電力料金に対する実質的な補助が存在する。例えば、電力マスタープラン（PME）に含まれる発電・送電・配電プロジェクトを国有企業が実施するにあたっての資本コストは国家予算で賄われるため¹⁶⁵、電気料金には反映されない。また、ディーゼル油の価格（1 ガロンあたり）は、産業向けの 2.69 米ドルに対して発電所向けは 0.9 米ドルで¹⁶⁶、約 3 分の 1 に価格が設定され、電気料金に対する実質的な補助と見ることができる。2021 年の電気料金が kWh あたり 9.19 米セントであるのに対し¹⁶⁷、IDB のレポートでは有識者へのヒアリングに基づいて、実際の電力コストは 14~16 米セント/kWh 程度だと見積もられている¹⁶⁸。2020 年の系統電力販売量である約 20,095GWh にこれに乗ずると¹⁶⁹、同年の総電力コストは約 30 億米ドル前後と推計される。一方、同年の電力セクターの総収入は 18.6 億米ドルに過ぎず¹⁷⁰、約 10 億米ドルが政府によって補助されていると考えることができる。

¹⁶² 大統領令第 451 号による。シエラ地域では月使用量 110kWh 以下、その他地域では 130kWh 以下の世帯が対象。

¹⁶³ ARCONEL (2020) “Informe de Actividades y Gestion 2019”

¹⁶⁴ 2019 年の電力セクターの総収入は 19.1 億米ドルで、実際に回収できたのはそのうち約 94%の 17.9 億米ドルであった。（ARCERNNR (2020) “Estadísticas del Sector Eléctrico Ecuatoriano 2019”）

¹⁶⁵ 公共電力サービス法（LOSPEE）第 53 条

¹⁶⁶ 2021 年 11 月時点。Petroecuador “Precios de Venta en Terminal para las Comercializadoras Calificadas y Autorizadas a Nivel Nacional (del 12 de noviembre al 11 de diciembre de 2021)”

¹⁶⁷ ARCERNNR (2021) “Actualización del Análisis y Determinación del Costo del Servicio Público de Energía Eléctrica Período: Enero - Diciembre 2021”

¹⁶⁸ IDB (2019) “Can government transfers make energy subsidy reform socially acceptable? A case study on Ecuador”

¹⁶⁹ ARCERNNR (2021) “Estadísticas del Sector Eléctrico Ecuatoriano 2020”

¹⁷⁰ 同上。なお、実際に回収できたのはそのうち約 80%の 15.2 億米ドル。

第5章 エクアドルの電力セクター

5.1 基礎情報

5.1.1. 電力セクターの法制度・政策

エクアドルの電力セクターにかかる基本政策は、1996年の電力部門体制法（LRSE）に遡る。LRSEは電力セクターの民営化や再エネ推進を基本政策として定めた。電力セクターの分割民営化にかかる仕組みのほか、再エネ関係の海外資材調達に対する輸入税免除や、再エネ開発者への5年間の所得税免除等が示されていたが、電力政策に対する国家の関与の弱さや国家開発計画（PND）との非整合、発送配電分離による電力安定供給の崩壊に対する懸念等が課題となっていた¹⁷¹。

2007年には憲法やPND、大統領が発表した政策の規定に基づいて、電力・再生可能エネルギー省（MEER）が設立された。MEERは電力セクターの計画策定に責任を負う機関として位置付けられ、官報第418号（2015年1月16日）で、新しい電気事業の方針を定めた電力事業基本法（LOSPEE）が公布された。

LOSPEEでは、公共電力サービスが一般性、統一性、責任、普遍性、アクセス性、規則性、継続性、品質、環境持続可能性、効率性の憲法原則を遵守することを確保することを目的としており、公共電力サービスの計画・実行・規制・管理における国家の責任の行使を規定している。LOSPEE第9条では、電力規制監督庁（Agencia de Regulación y Control de Electricidad: ARCONEL）を設立し、公共電力サービスと一般照明サービスに関連する活動を規制・管理し、消費者・最終需要家の利益を保護する責任を負うことを規定している。また、公共電力サービスに関連する活動での官民連携、再エネ電源を利用した計画やプロジェクトの推進・実行、エネルギー効率化メカニズムの確立についても規定しており、これらに沿う形で2016年にPME 2016-2025が制定された。

2021年10月26日には、LOSPEE改正（第239号）および関連する行政命令（第238号）が発表された。改正ではPME以外の非在来型再エネの競争入札推進や、農村電化における民間資金の活用、公共照明サービスのアウトソーシング等について記載されている。また、行政命令では、2022年早々にも「民間投資と競争原理の導入促進のための政策策定」や「2025年までに250MWの再エネプロジェクト促進のための民間へのインセンティブを含む優遇条件の提案」、「電力セクター各分野でのPPP推進への規制の策定」、「太陽光発電（PV）推進のための政策、規制・制度の構築」等を提案するよう指示しており、電力セクターへの民間参入が促進される方向性が窺える。

このように電力セクターにかかる基本政策は変遷しているが、具体的な法律制定等で、現実には必ずしもその目指すところが実現されていない状況もある。例えば、エクアドルの法律では卸電力市場の存在を認めていないため、電力取引の具体的なルールは定められていない。また、再エネ推進のための固定価格買取（FIT）制度も2011年に制定されながら、手続きの煩雑さ等が原因で定着することなく、度重なる制度改訂を経て現在は実態として機能していない。

¹⁷¹ CONELEC (2014) “Estructura del Sector Eléctrico en el Ecuador”

電力政策の主な変遷を表 5-1 に示す。

表 5-1 主な電力政策（エネルギー全般にかかるものを含む）

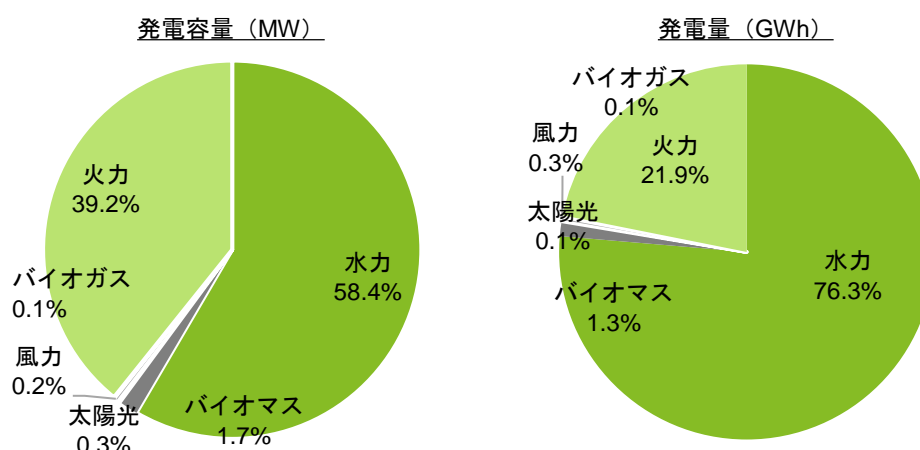
法律名	内容、目標など	発行時期
電力部門体制法（LRSE）	電気事業の民営化、再エネの推進	1996 年
電力事業基本法（LOSPEE）	公共電力サービスにおける国家の責任の行使、再エネ電源プロジェクトの推進と実行、エネルギー効率化メカニズムの確立	2015 年
電力マスタープラン（PME）2016-2025	LOSPEE 実現のための電力マスタープラン	2016 年
エネルギー効率国家計画（PLANEE）2016-2035	LOSPEE 実現のためのエネルギー効率化プラン	2017 年
エネルギー効率化基本法（LOEE）	エネルギー効率化の法制化	2019 年
LOSPEE 改正	民間参入推進	2021 年

出所：IRENA (2015) “Renewable Energy Policy Brief”等を基に JICA 調査団作成

5.1.2. 電源構成転換計画

電力政策のうち、電源構成転換にかかる基本的な考え方は、電源の多様化とエネルギーセキュリティ確保のための自給化であり、後述する国内の豊富な再エネポテンシャル、中でも水力発電所を積極的に開発することである。積極的な電源開発の結果として、国内の電力需要に余る分は国際連系線を通じてペルーなど隣国へ輸出するという考えである。

2013 年発行の「良い生活のための国家計画 2013-2017」には、再エネ比率を 2013 年当時の 43%から 2017 年までに 60%にするという目標が掲げられていた。この結果、2019 年の発電容量 8,665MW のうち、水力が約 5,076MW、火力が 3,408MW、残りはその他再エネで、再エネ比率は設備量ベースで 60.9%に達した。また、2019 年の発電量 32,309GWh の電源構成は、水力 76.3%、火力 21.9%、バイオマス（薪）1.3%、風力 0.3%、バイオガス 0.1%、太陽光 0.1%と、発電量ベースでの再エネ比率は 78.1%に上る。



出所：ARCONEL “Estadística Anual y Multianual del Sector Eléctrico Ecuatoriano 2019”を基に JICA 調査団作成

図 5-1 電源構成比率（2019 年）

一方、島嶼部においては、本土と比較して化石燃料への依存が大きいことから、再エネ電源の導入拡大を含め、脱炭素化の促進が求められている。ガラパゴス諸島では、発電部門に

においてもディーゼル発電が中心となっている¹⁷²。

2016年発行の「国家エネルギーアジェンダ 2016-2040」では、エネルギーマトリクスの多様化をさらに進めることが目標とされており、再生可能な電源開発の促進が引き続き課題となっている。また2017年には「良い生活のための国家計画 2017-2021」が発行され、再エネ比率を2021年に90%まで拡大する目標が掲げられた。ARCERNNRへの聞き取りによると、2021年8月までの再エネ率は発電量ベースで95%となっており、目標を達成している。ただし、これはCELECおよび各地域の配電会社の電力系統(SNI)を通じて供給される電力であり、左記以外のオフグリッドの電力は多くは化石燃料による供給である。

2021年10月には新たなPNDとして「機会創出計画 2021-2025」が発表された。この中で再エネ比率目標は掲げられていないが、化石燃料発電の燃料費削減目標が掲げられている。電源構成転換に関連する方針を定めた政策を表5-2に示す。

表 5-2 電源構成転換にかかる主な政策

政策・計画	内容・目標等	発行年
良い生活のための国家計画 2013-2017	国家計画としては第3次に相当する。エネルギー関連目標として、2013年当時43%であった再エネ比率を2017年までに60%とする(設備容量ベース)、エネルギー効率を76%改善する、発電設備容量8741MWの電源を確保する等が掲げられる。	2013年
国家エネルギーアジェンダ 2016-2040	より多様なエネルギーマトリクスを目指す： ・統合的で公正なエネルギーセクター ・多様で、再エネを活用した、持続可能なエネルギーマトリクス ・全国民への安定供給、国家セキュリティ ・エネルギー効率化 ・地域エネルギー統合と国際連系 ・2040年までの間に、SNIの年間発電量全体に占める水力発電の割合を少なくとも70%に維持 ・ガラパゴス諸島の再エネ推進、省エネ推進	2016年
良い生活のための国家計画 2017-2021	生産的・社会的変革の軸として、多様なエネルギーマトリクスを効率的、持続的、主体的に最適化： ・再エネ発電量を60%から90%に ・化石燃料の発電・エネルギー効率の最適化による燃料節約量を石油換算で909万バレルから1750万バレルに増加	2017年
機会創出計画 2021-2025	気候変動の緩和と適応に向けた行動を強化、循環型モデルの実現、研究、イノベーション、技術移転、意識向上により、持続可能な生産と消費を促進： ・化石燃料の発電・エネルギー効率の最適化による燃料節約量を石油換算で2160万バレルから5050万バレルに拡大 ・電力ロスを10.50%まで削減 ・電力需要増への設備対応を促進	2021年

出所：IRENA (2015) “Renewable Energy Policy Brief”等を基に JICA 調査団作成

5.1.3. 電気事業体制

5.1.3.1. 電力事業体制の動向

エクアドルの電気事業体制は、1996年と2007年に大きく改編されている。1996年以前の発送電部門は、1961年に設立されたエクアドル電力庁(Instituto Ecuatoriano de Electrificación : INECEL)が担うとともに、地域ごとの国営配電公社によって電力供給が行

¹⁷² IDB (2019) “Supporting the Zero Fossil Fuels Initiative for Galapagos”

われていた。当時の電気事業体制は、戦前の日本と似た体制¹⁷³であったと言える。しかしながら、電気事業の民間資本参入により電力自由化促進を図る世界的潮流に沿って、エクアドルでも 1996 年に LRSE が制定され、電気事業実施体制は抜本的に見直された。その結果、INECEL の発電・送電分離を含む再編や、国営配電会社の民営化、電力卸市場である国立エネルギー管理センター（Centro Nacional de Control de Energía：CENACE）の設立、規制機関であり電力民営化の推進役である国家電力評議会（CONELEC）の新設等が行われた。これらの見直しにより、INECEL は 6 つの発電会社と 1 つの送電会社に分割・民営化され、発電設備や送電設備は各会社に分割されることとなった。

ところが 2007 年には、政府方針が民営化から国家管理強化へと大きく変わる。エクアドル経済で大きな役割を占めるエネルギーインフラについては、計画から建設、運用まで国有企業主導で推進し、産業育成を押し進める方向へと政府方針が転換された。これを目的として、電気事業の指導・監督を行っていたエネルギー・鉱山省¹⁷⁴は、MEER に再編された。

2008 年にはエネルギーだけでなく、天然資源全般に対する国家管理が強化され、1996 年の電気事業実施体制の見直しにより一旦民営化されていた主要な発電会社や送電会社、配電会社が再統合されることとなり、発送電会社としてエクアドル電力公社（CELEC）、配電会社として国家電力会社（CNEL）がいずれも国有企業として設立された。さらに政府は民営化推進のために設立された CONELEC を廃止し、ARCONEL を新設した。CENACE についても、系統運用機関である国立電力運用機関（Operador Nacional de Electricidad：ONE）を設立して CENACE を統合し、ONE-CENACE として国が電力給電運用を管理することとなった。このようにエクアドルでは電力取引の自由競争市場化を目指す方向は完全に否定され、電力を国家管理する方向へと転換した。

2018 年 5 月 15 日付の政令 399 号により、MEER は炭化水素省¹⁷⁵と鉱山省¹⁷⁶との間で再編統合され、2018 年 9 月に現在の MERNNR が発足し、MEER はその一部となった。

さらに 2020 年 7 月、ARCONEL が石油、鉱山の監督庁と統合されエネルギー・非再生可能天然資源規制監督庁（ARCENNR）の電力部門となった。現在 MERNNR は電力事業を統括し、PME を担当するとともに、ARCENNR と協力して電力全般の情報分析を行う。

電気事業に関連する主要機関を表 5-3 に、所管官庁・事業実施機関の関係を図 5-2 に示す。電力需要家は CELEC および各地域の配電会社から SNI を通じて電力が供給されている。一方で、オリエンテ北東地域に分散し自前の発電設備を有する石油採掘会社や、農村電化を目的に配電会社が設置したミニグリッドなど、オフグリッドタイプの電力需要家も存在する。

表 5-3 電気事業関連機関

分類	機関名	役割・機能
監督・管理機関	エネルギー・非再生天然資源省 (MERNNR)	エネルギー・電力セクターの主管省
	エネルギー・非再生可能天然資源規制監督庁 (ARCENNR)	電力事業者・電力料金などの規制監督。ARCONEL が 2020 年に石油部門、鉱山部門の監督庁と統合
	国立電力運用機関・国立エネルギー管理セ	国内電力系統運用・国際連系線の運用

¹⁷³ 国営の日本発送電会社が 1 社で発送電部門を統制し、412 あった配電会社は 9 つの国営配電会社（東京配電、関西配電等）に統合され、電力事業は国家管理下にあった。

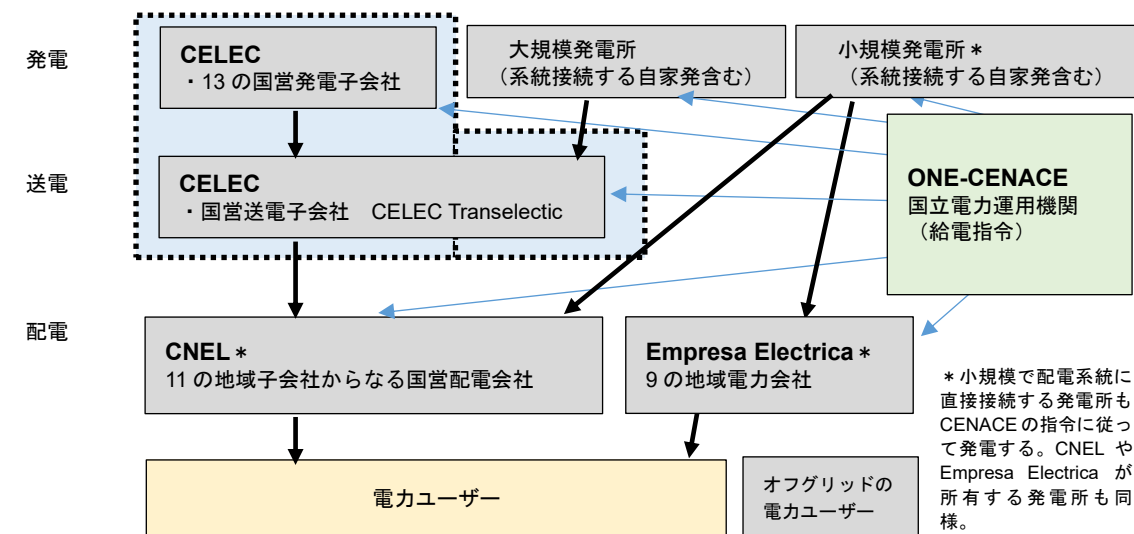
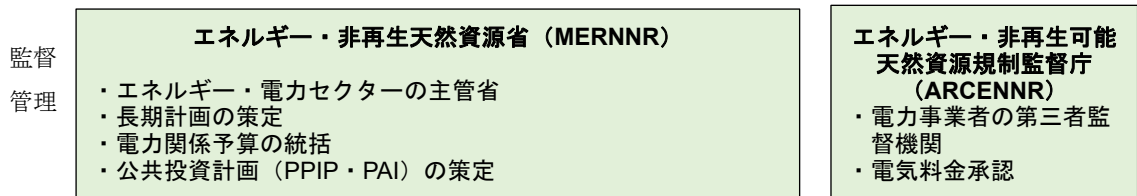
¹⁷⁴ Ministry de Energia y Minas

¹⁷⁵ Ministerio de Hidrocarburos

¹⁷⁶ Ministerio de Minería

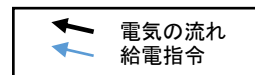
	ンター (ONE-CENACE)	
事業 実施機関	CELEC	発送電部門の国有企業
	CNEL	配電部門の国有企業。11 の子会社とエネルギー効率化ユニットから構成
	その他電力会社	国営・民間の発電会社。CNEL 以外の地域を供給する配電会社等

出所: LOSPEE およびエクアドル政府ウェブサイトを基に JICA 調査団作成



出所: JICA 調査団作成

図 5-2 電力事業実施機関の役割関係



5.1.3.2. 監督・管理機関

表 5-3 の監督・管理機関の概要を以下に示す。なお、MERNNR については 4.4.2 を参照されたい。

(1) エネルギー・非再生可能天然資源規制監督庁 (ARCERNNR)

官報第 418 号 (2015 年 1 月 16 日) により、新しい電気事業の方針を定めた LOSPEE が公布された。LOSPEE 第 9 条によって、MERNNR の傘下に ARCONEL が設立され、公共電力サービスと一般照明サービスに関連する活動を規制・監督し、消費者と最終需要家の利益を保護する責任を負う行政機関として規定された。行政令第 1036 号 (2020 年 5 月 6 日) により、その第 1 条で大統領府は ARCONEL を鉱業規制監督庁¹⁷⁷、炭化水素規制監督庁¹⁷⁸と統合し、ARCERNNR という単一の事業体の下で、電力・鉱業・化石燃料 (炭化水素) を規制・

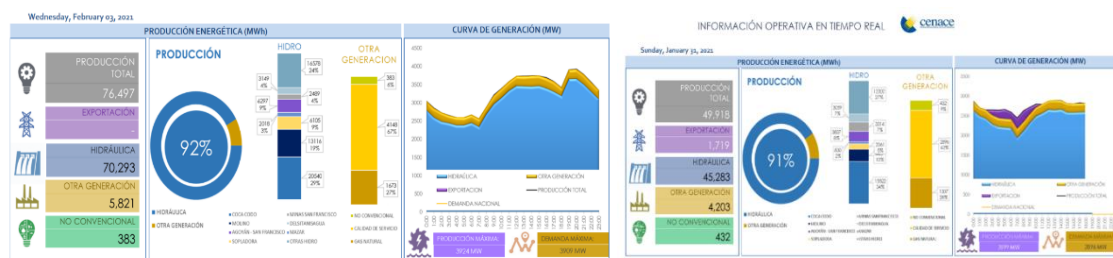
¹⁷⁷ Agencia de Regulación y Control Minero

¹⁷⁸ Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero

監督することを決定し、2020年7月1日に始動した。現在、ARCONELはARCERNNRの電力所管部門である¹⁷⁹。ARCONELの電力サービスにおける重要な役割は、発電・送電・配電各会社の収支や電力販売データの分析と評価を行い、毎年小売り電気料金単価を更新し承認することである。

(2) 国立電力運用機関・国立エネルギー管理センター（ONE-CENACE）

ONE-CENACEは国家電力運用機関としてSNIの電力需給を管理する組織であり、国際連系線を通じた電力輸出入の管理も行っている。需給計画を策定し、日々の受給制御、需給調整など電力系統を運用する。発電所の運転は経済負荷配分と負荷周波数制御によって決定される。また電気事業者の電力量計量、料金算定のためのメータリングシステムであるSIMEC¹⁸⁰を運用管理している。なお、ONE-CENACEでは図5-3の電力需給情報を毎日ウェブサイト上で公開している。



出所: ONE-CENACE ウェブサイト

図 5-3 電力需給情報の公開例¹⁸¹

前述のとおり、電力給電運用は ONE-CENACE 管理の下で行われている。ONE-CENACE における発電にかかる契約種別・事業者種別の電力取引量を表 5-4 に示す。契約種別では長期契約が全体の 97%前後を占め、スポット取引は 3%前後に過ぎない¹⁸²。また、事業者種別では、発電事業者が全体の約 95%を占める。そのほか、発電も行う配電事業者と自家発電設備を有する事業者による余剰電力販売がそれぞれ 3%弱となっている。

表 5-4 契約種別・事業者種別電力取引量（2016~19年）

(単位:GWh)	2016	2017	2018	2019
契約種別取引量				
合計	22,911 (100%)	23,125 (100%)	23,882 (100%)	26,561 (100%)
長期	21,312 (93.0%)	22,357 (96.7%)	23,181 (97.1%)	25,622 (96.5%)
スポット	1,577 (6.9%)	746 (3.2%)	660 (2.8%)	887 (3.3%)
その他	22 (0.1%)	21 (0.1%)	42 (0.2%)	51 (0.2%)
事業者種別内訳				
発電事業者(専業)	21,299	21,830	22,501	25,233

¹⁷⁹ ARCERNNR ウェブサイト <https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/regulacion-y-control/>

¹⁸⁰ Sistema de Medición Comercial

¹⁸¹ 上：2021年1月31日(日)、下：2021年2月3日(水)

¹⁸² 日本では総需要量に占める JEPX スポット市場取引量の割合は 30~40%程である。

	(93.3%)	(94.4%)	(94.2%)	(95.0%)
長期	21,014	21,297	22,011	24,489
スポット	270	517	454	698
その他	15	16	36	46
発電も行う配電事業者	856 (3.7%)	680 (2.9%)	690 (2.9%)	630 (2.4%)
長期	298	380	480	503
スポット	452	229	205	190
その他	7	6	6	5
自家発電(余剰電力)	757 (3.3%)	615 (2.7%)	692 (2.9%)	698 (2.6%)
長期	-	680	690	630
スポット	856	-	-	-
その他	-	-	-	-

出所:ARCERNNR SISDAT-BI

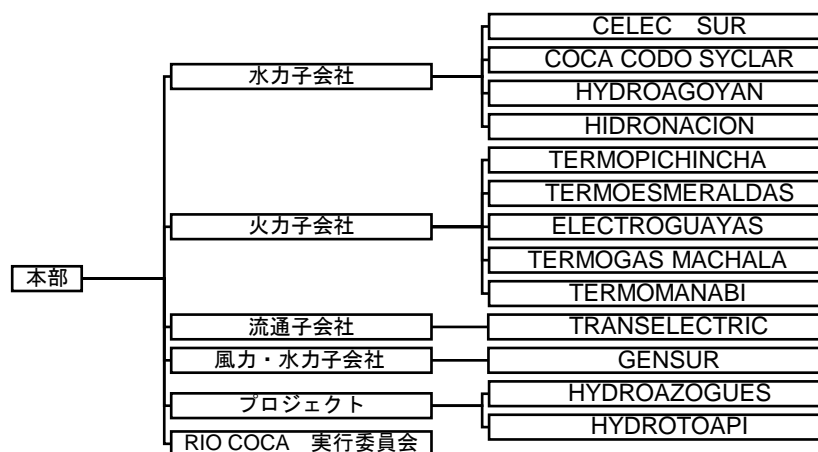
5.1.3.3. 事業実施機関

ここでは、表 5-3 に示した事業実施機関の概要を示す。

(1) CELEC

● 組織体制

CELEC は 2008 年に発電と送電を担う国営電力公社として発足した。CELEC には図 5-4 のとおり、企画や管理、研究開発などを所管する本部の下に 13 の事業ユニットがあり、4 つの水力発電子会社、5 つの火力発電子会社、1 つの風力発電会社 (GENSUR) の計 10 の発電子会社のほか、送電会社 CELEC Transelectric、および 2 つの開発中プロジェクトがある。CELEC Transelectric は高圧送電線 (500kV、230kV、138kV) を所有するとともに、コロンビア・ペルーとの国際連系線の維持運用を担当している。これらに加え、Coca Codo Sinclair 水力発電所の位置するコカ川岸の逆行性浸食問題への対策を受け持つ RIO COCA 実行委員会が存在する。



出所:CELEC ウェブサイト¹⁸³

図 5-4 CELEC の事業ユニット

¹⁸³ <https://www.celec.gob.ec/index.php/quienes-somos/estructura-organizacional>

● 財務情報

CELEC の年間売上高は電力セクター総収入の約 5 割弱を占めており、2018 年までは純利益の黒字を確保していたが、2019 年からは赤字に転落している。同社の営業収益は、新型コロナウイルス感染拡大を受けた移動規制等による経済活動の縮小で電力需要が低迷し、電気料金の変動部分の売上高が減少したことにより、2019 年の 7.3 億米ドルから 2020 年は 7.1 億米ドルに減少している。一方で、同社の売上原価は、保守管理費（減価償却費）の増大および燃料費の高騰等により、2018 年の 6.4 億米ドルから 2020 年の 6.7 億米ドルに増加しており、期間利益が赤字化する結果となっている。

表 5-5 CELEC の損益計算書（2018~20 年）

単位：千米ドル	2018 年	2019 年	2020 年
営業収益	735,144	730,951	710,357
売上原価	640,734	668,564	668,083
粗利益	94,409	62,387	42,274
その他収益	35,569	44,827	28,503
販売費および管理費	106,691	91,238	66,587
その他費用	12,704	12,887	18,562
営業利益	10,584	3,089	(14,372)
財務収益	2,593	210	1
財政経費	12,254	17,429	15,932
期間利益	923	(14,130)	(30,303)

出所：CELEC “Estados Financieros Al 31 de Diciembre de 2020”等を基に JICA 調査団作成

CELEC の売掛金は、新型コロナウイルス感染拡大を受けてエクアドル政府が講じた家庭消費者の支払期限延長措置およびそれに伴う配電会社による支払停滞等により¹⁸⁴、2018 年の 7.1 億米ドルから 2020 年は 9.6 億米ドルに増加している。これに伴い同社の現金および現金同等物は、2018 年の 1.8 億ドルから 2020 年の 0.6 億米ドルに減少しており、現金ポジションが悪化する結果となっている。

表 5-6 CELEC の貸借対照表（2018~20 年）

単位：千米ドル	2018 年	2019 年	2020 年
資産	12,146,219	12,076,139	12,113,702
流動資産	1,300,131	1,378,699	1,506,335
現金および現金同等物	176,970	107,518	64,021
売掛金	708,452	827,953	960,748
前払金	58,873	56,371	57,932
在庫	351,535	374,130	409,335
前払費用	4,301	12,727	14,299
非流動資産	10,846,088	10,697,441	10,607,367
有形固定資産	10,750,510	10,644,554	10,568,196
無形資産	4,397	4,012	11,076
非流動売掛金	13,679	1	1
前払金	77,503	48,874	28,095
負債	1,065,582	985,729	1,023,176
流動負債	568,378	548,540	614,493
売掛金	251,073	252,360	261,911
財務的義務	53,730	54,327	55,744

¹⁸⁴ 大統領令第 1017 号による。

未払金	1,902	14,274	39,924
従業員福利厚生規定	11,016	9,529	11,781
その他規定	239,615	212,398	236,110
顧客前払金	10,813	5,428	8,778
繰延負債	230	224	245
非流動負債	497,203	437,189	408,683
売掛金	5,349	941	-
財政的義務	398,119	346,353	341,791
未払金	35,416	24,604	-
労働責任	42,633	46,046	44,117
その他規定	15,686	19,245	22,775
純資産	11,080,638	11,090,411	11,090,526

出所：CELEC “Estados Financieros Al 31 de Diciembre de 2020”等を基に JICA 調査団作成

(2) CNEL

● 組織体制

CNEL は 2008 年 12 月 15 日の合併公約に基づいて発足し、行政令第 1459 号（2013 年 3 月 13 日）により、配電および電力販売の公共サービスを提供する国営会社として設立された。主要な配電会社 10 社¹⁸⁵を再編合併し、さらに 2014 年 9 月 17 日には、EE Pública de Guayaquil を Empresa Pública Estratégica Corporación Nacional de Electricidad に吸収したうえで CNEL に合併した。加えて、2015 年 3 月 5 日、配電サービスとは別にエネルギー効率利用をビジネスとするエネルギー効率化ユニットが創設されている。現在 CNEL 傘下には、配電および電力販売を行う地域子会社が 11 とエネルギー効率化ユニットがある。いずれも政府が主要株主となっており、CNEL は国土の 44%をカバーし、人口の 50%に電力を供給する電力会社であり、CNEL 全体では国内第 4 位の売上を誇る大企業でもある。

● 財務情報

CNEL は過去数年間において最終利益の黒字を維持し続けている。新型コロナウイルス対策のためにエクアドル政府が講じた補償措置により、同社の営業収益は、2019 年の 12.2 億米ドルから 2020 年は 11.7 億米ドルへと減少しているものの、費用面において退職給付引当金などが減少していることから、結果的に同社の純利益は 2019 年の 1.2 億米ドルから 2020 年は 1.7 億米ドルと増加している。

表 5-7 CNEL の損益計算書（2018~20 年）

単位：千米ドル	2018 年	2019 年	2020 年
営業収益	1,243,058	1,220,769	1,168,913
売上原価	584,496	536,940	545,416
粗利益	658,562	683,829	623,497
販売費	205,251	222,919	200,091
管理費	116,268	161,845	119,927
営業費用	321,519	384,765	320,018
減価償却、償却、減損前利益	337,043	299,064	303,478
減価償却費、償却、減損	223,230	199,630	184,213

¹⁸⁵ Bolívar, Regional El Oro, Regional Esmeraldas, Regional Guayas-Los Ríos, Manabí, Milagro, Los Ríos, Santo Domingo, Península de Santa Elena, Regional Sucumbios

営業利益	113,813	99,434	119,266
最終利益	146,869	120,626	173,817

出所：CNEL “Estados Financieros y Notas al 31 de Diciembre de 2020 y de 2019”等を基に JICA 調査団作成

新型コロナウイルス対策のためにエクアドル政府が講じた家庭消費者の支払期限延長措置等により、CNEL の金融資産（売掛金等）は、2019 年の 5.6 億米ドルから 2020 年は 6.1 億米ドルに増加した。これに伴い同社の現金・現金同等物も 2019 年の 10.5 億米ドルから 2020 年は 0.3 億米ドルに減少しており、キャッシュポジションが悪化している。

表 5-8 CNEL の貸借対照表（2018~20 年）

単位：千米ドル	2018 年	2019 年	2020 年
現金および現金同等物	87,503	105,348	29,289
金融資産	721,400	558,436	605,347
在庫	216,660	197,799	172,744
前払費用	0	11,190	13,213
その他流動資産	0	0	0
総流動資産	1,025,563	872,772	820,593
非流動資産			
有形固定資産	2,152,372	2,195,533	2,237,183
無形資産	9,323	8,988	9,700
非流動金融資産	77,906	160	0
非流動資産合計	2,239,601	2,204,681	2,246,884
総資産	3,265,163	3,077,454	3,067,477
未払金および買掛金	426,045	380,803	447,514
従業員福利厚生規定	25,052	26,829	27,675
その他流動負債	12,194	12,027	11,650
その他/関連買掛金	6,050	6,445	7,367
その他流動負債	198,080	178,565	199,477
繰延負債	19,031	18,848	27,198
流動負債合計	686,454	623,517	720,880
非流動負債	0	0	0
未払金および買掛金	104,842	102,855	104,557
従業員福利厚生規定	142,172	186,885	193,763
その他非流動負債	88,358	91,327	94,992
流動負債合計	335,372	381,067	393,311
総負債	1,021,825	1,004,584	1,114,192
公共資本	2,598,761	2,600,008	2,623,514
利益剰余金	(355,423)	(527,138)	(670,229)
総資本	2,243,338	2,072,870	1,953,285

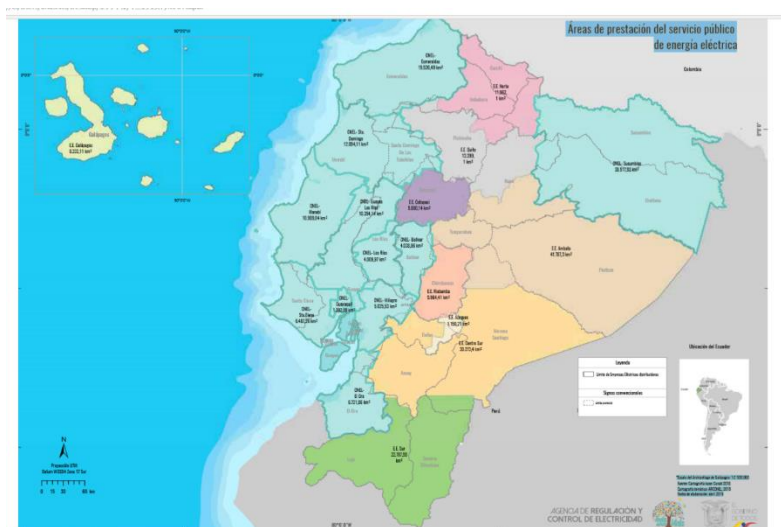
出所：CNEL “Estados Financieros y Notas al 31 de Diciembre de 2020 y de 2019”等を基に JICA 調査団作成

(3) その他の電力会社

発電会社としては、CELEC 以外に、国有の石油企業 Petroamazonas が多数の火力発電所を保有・運用しているほか、Repsol、Agip、Andes Petro 等の石油会社が所有する火力発電所、官民共同の発電会社が存在する。SNI に接続せず自家消費のみ行う発電所も多く存在する。

配電会社としては、CNEL の供給エリア以外は 9 つの配電会社が地域ごとに管轄し電力を供給する。キトに供給する EE Quito や第 3 の都市クエンカ（Cuenca）に供給する EE Centro Sur、ガラパゴス諸島に供給する EE Galápagos 等、9 つの地域電力会社があり、いずれも公営企業である。一部の配電会社は歴史的な経緯で小規模の発電所も所有、運営している。

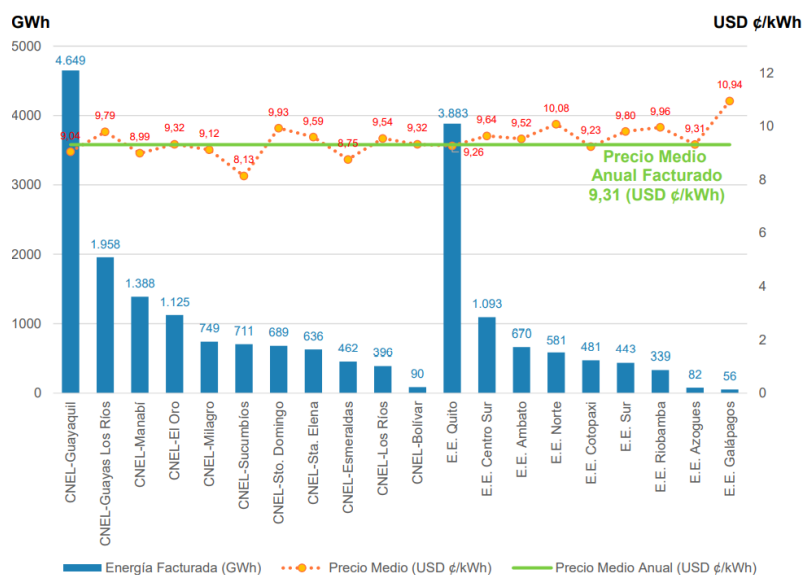
CNEL および地域電力会社の供給エリアを図 5-5 に示す。



出所：PME 2016-2025 注：水色：CNEL11 社、それ以外：地域電力会社 9 社

図 5-5 CNEL および各地域配電会社の供給エリア

配電会社ごとの 2019 年の年間販売請求電力量¹⁸⁶と平均単価は、最大都市グアヤキルのある CNEL Guayaquil が 4,649GWh、首都キトのある EE Quito が 3,883GWh と、この 2 社が飛び抜けて多く、全国の販売請求電力量 20,480GWh の 41.7%を占めている。全国における年間売上額は 1,906 百万米ドル、平均単価が kW あたり 9.31 米セントである。



出所：ARCONEL “Estadística Anual y Multianual del Sector Eléctrico Ecuatoriano 2019”

図 5-6 配電会社別顧客請求電力量と平均単価（2019 年）

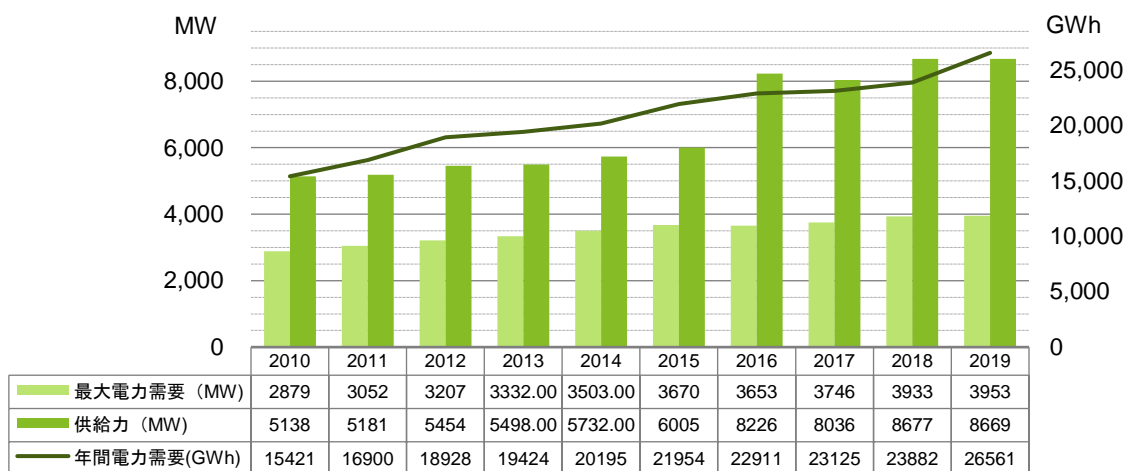
¹⁸⁶ 発電電力量や販売電力量とは異なり、配電会社が顧客に料金請求した電力量を指す。

5.1.4. 電力需給

5.1.4.1. 電力需給の推移

図 5-7 に示すとおり、同国の電力需要¹⁸⁷はほぼ堅調に増加している。2019 年の電力需要は 25,417GWh、最大電力は 3,953MW、供給力は 8.669MW である。2010 年から 2019 年の平均で年間電力需要は 4.2%、年間最大需要は 3.6%の伸びを示し、最大電力需要や年間需要の伸びに比べ電力供給力の伸びが際立っており、平均 6.0%となっている。

電力供給力は水力発電を中心として拡大しており、2015 年から 2018 年にかけての水力発電の開発により約 2,500MW の供給力が増加した。2017 年の供給力減は火力発電の減少によるものである。



出所：PME 2016-2025 等を基に JICA 調査団作成¹⁸⁸

図 5-7 電力需要と供給力の推移（2010~19 年）

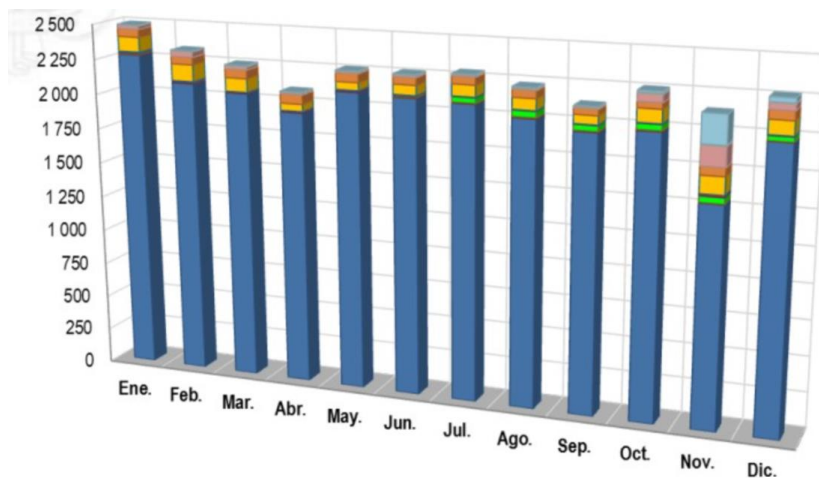
(1) 電力供給

2020 年の月別の電源種類別の発電量とみると、図 5-8 に示すとおり、年間を通じて水力発電が 9 割前後の電力供給を担っているが、11 月の水力発電量が大きく減少している。ONE-CENACE によると、この年は渇水のため豊水期¹⁸⁹にあたる 11 月になっても十分な雨がなく、石油火力、残渣燃料火力、コロンビアからの電力輸入で補ったとのことである。なお、1 日の発電量推移は季節によって大きな違いはない。

¹⁸⁷ エクアドルの電力需要、最大電力は断りのない限り発電端を意味する。

¹⁸⁸ 2010 年から 2018 年の最大電力需要は Plan Maestro de Electricidad 2016-2025、2010 年から 2019 年の年間電力需要、供給力は ARCONEL の Estadística Anual y Multianual del Sector Eléctrico Ecuatoriano 2019 年 図 130 より。

¹⁸⁹ 具体的な期間は 10 月から 3 月頃まで



■水力 ■風力 ■バイオマス ■ディーゼル ■燃料油 ■天然ガス ■ナサ ■残渣 ■太陽光 ■バイオマス ■輸入
 出所：CENACE “boletines” (Dec 2020)

図 5-8 2020 年の月別発電量 (GWh) の電源別内訳

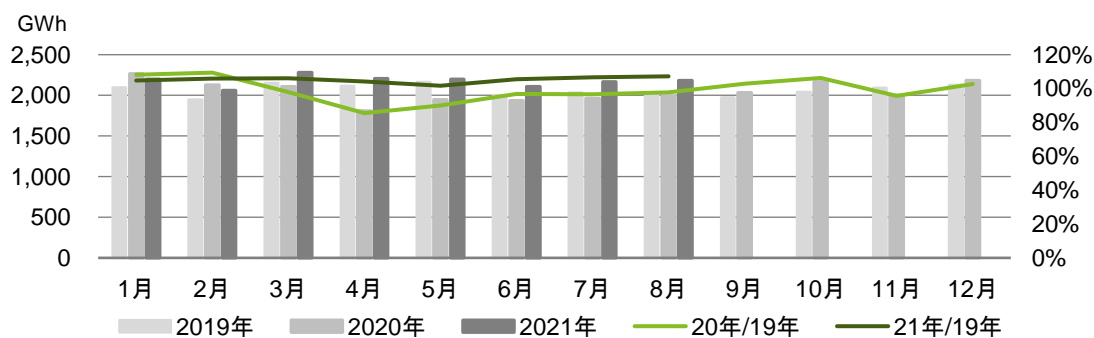
(2) 電力需要

電力需要の伸びは、産業負荷で天然ガスやディーゼルなどの化石燃料から電力へのエネルギー転換、家庭用負荷では薪から電力へのエネルギー転換等が影響している。商業負荷においても電力需要の伸びは他の化石燃料の伸びに比べて高い傾向にある。

2018 年の人口一人あたり電力消費量は約 1,400kWh で、世界平均 (3081kWh)¹⁹⁰の半分程度、隣国のペルーやコロンビアと同水準に過ぎない。脱炭素化社会の実現に向け、クリーンな方法で生産された電力需要は伸びる余地が大きい。一方で、電力消費が少ないほど恩恵を受ける電気料金制度や、省エネを奨励する政府方針も踏まえると、電力需要が極端に増加する可能性は低いと考えられる。

2020 年以降の需要動向を見ると、新型コロナウイルス感染症拡大の影響で、2020 年 3 月から 8 月と 11 月が前年同月マイナスとなっている。全配電会社の販売電力量で見ると、2020 年は前年度マイナス 1%であった¹⁹¹。

最大ピーク電力は、2020 年 2 月 6 日 19 時 30 分に過去最大の 4,089MW を記録している。



¹⁹⁰ 電力消費量は EIA データベース <https://www.eia.gov/opendata/qb.php?category=2134404&ssid=INTL.2-2-ECU-BKWH.A>、人口は World Bank “World Development Indicators”

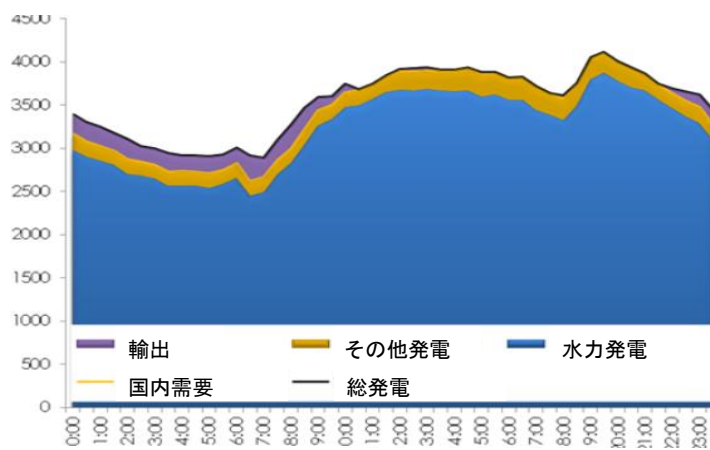
¹⁹¹ <http://www.cenace.gob.ec/boletines>

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
2019年	2,096	1,946	2,150	2,117	2,162	2,000	2,032	2,034	1,974	2,040	2,090	2,129
2020年	2,265	2,129	2,106	1,810	1,944	1,935	1,963	1,990	2,031	2,166	2,000	2,184
2021年	2,197	2,059	2,280	2,207	2,198	2,109	2,165	2,181				
20年/19年	108%	109%	98%	85%	90%	97%	97%	98%	103%	106%	96%	103%
21年/19年	105%	106%	106%	104%	102%	105%	107%	107%				

出所：CENACE “Demanda Comercial del Sistema Ecuatoriano Energía Neta Producida por las Centrales de Generación [GWh]” を基に JICA 調査団作成

図 5-9 2019~21 年の月別販売電力量 (GWh) および 2019 年同月比の伸び

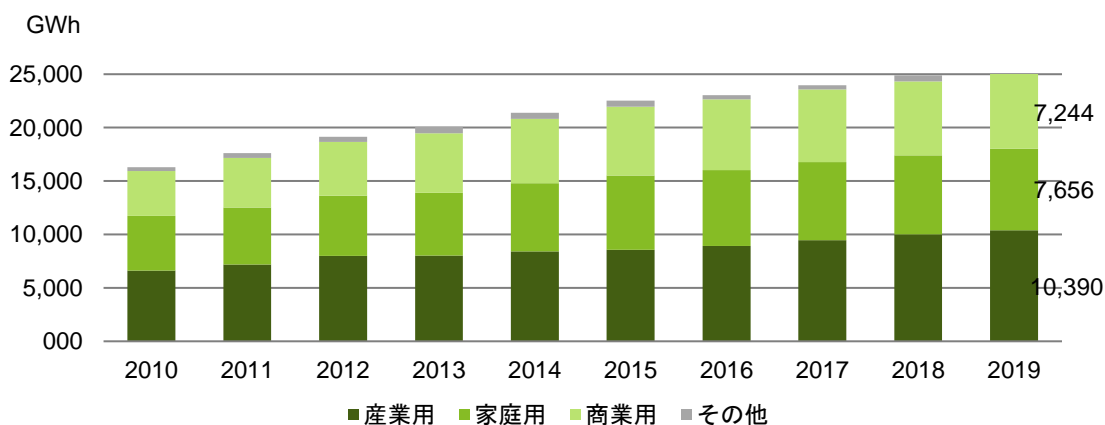
1 日の需要は 15 時頃と 19 時頃に山が発生し、最大のピーク 19 時頃に発生する。この主因は家庭における照明、エアコン、テレビ、冷蔵庫、調理等と考えられる。



出所：CENACE ウェブサイトより (2021 年 3 月 26 日データ)

図 5-10 1 日の発電量推移と電源種別内訳

次に電力需要をセクター別にみると、産業用が全体の 40%、家庭用 30%、商業用 28%となっている。2010 年から 2019 年までのセクター別の電力需要の推移を図 5-11 に示す。2009 年から 2019 年までの伸び率は産業用 5.7%、家庭用 5.1%、商業用 6.1%である。



出所：ARCONEL “Estadística Anual y Multianual del Sector Eléctrico Ecuatoriano 2019” を基に JICA 調査団作成

図 5-11 セクター別電力消費量の推移 (2010~19 年)

最後に、2019年の県別の需要家軒数¹⁹²を表5-9に示す。家庭用465万軒、商業用50万軒、産業用4万軒、その他含めた全体で527万軒となっている。全24県のうち、首都キトのあるピチンチャ県(Pichincha)と最大都市グアヤキルのあるグアヤス県に各100万軒以上の需要家が集中している。

表 5-9 県別・分野別の電力需要家軒数(2019年)

県	産業	商業	家庭	公共照明	その他	合計
Azuay	5,039	27,894	282,379	1	4,599	319,912
Bolívar	131	3,397	61,784	1	1,441	66,754
Cañar	861	6,844	85,782	—	1,482	94,969
Carchi	268	5,984	51,211	5	1,047	58,515
Cotopaxi	3,952	11,395	128,332	1	2,423	146,103
Chimborazo	747	18,390	157,891	1	3,259	180,288
Imbabura	1,747	16,009	136,857	9	2,318	156,940
Loja	1,059	14,306	151,438	—	5,037	171,840
Pichincha	13,670	139,594	1,036,627	1	17,106	1,206,998
Tungurahua	5,457	19,536	188,217	1	3,065	216,276
Santo Domingo	205	18,445	140,730	1	1,669	161,050
El Oro	1,612	23,646	209,573	1	3,589	238,421
Esmeraldas	414	9,569	128,454	1	2,793	141,231
Guayas	3,120	107,604	1,026,732	65	11,597	1,149,118
Los Ríos	546	13,562	205,899	1	2,925	222,933
Manabí	746	22,519	361,248	1	6,185	390,699
Santa Elena	176	7,410	86,944	182	1,795	96,507
Morona Santiago	434	4,414	39,721	—	1,621	46,190
Napo	368	3,596	29,629	—	1,252	34,845
Pastaza	506	4,403	22,871	—	919	28,699
Zamora Chinchipe	299	2,920	28,293	—	1,442	32,954
Sucumbíos	249	7,244	48,674	1	1,487	57,655
Orellana	264	4,833	35,496	—	1,058	41,751
Galápagos	188	2,279	10,001	43	562	13,073
合計	42,058	495,793	4,654,883	316	80,671	5,273,721

出所：ARCONEL “Estadística Anual y Multianual del Sector Eléctrico Ecuatoriano 2019”

5.1.4.2. 電力セクターにおける一次エネルギーと最終エネルギー消費

2020年の電力セクターの燃料消費量は11,936千boe(1,745toe)であった¹⁹³。これは22,701GWhに相当し¹⁹⁴、発電量から差し引いた発電ロス¹⁹⁴は14,681.72GWh、火力発電の平均発電効率は35.3%となる。総発電量は29,349.66GWhで、うち国際連系からの輸入量は106.07GWhである。送配電ロスは3,921.7GWhで、ロス率は13.3%である。

SNIを通じての最終消費量は21,052.01GWhで、総発電量の71.7%に当たる。国際連系輸出255.68GWh、その他電力量が4020.27GWhで、その他電力量は自家発自己消費分が主であると推測され、これらを最終消費量と見做すと総発電量の86.7%、一次エネルギー量の57.5%である。

¹⁹² ARCONEL “Estadística Anual y Multianual del Sector Eléctrico Ecuatoriano 2019”

¹⁹³ ARCERNR (2021) “Estadísticas Anual y Multianual del Sector Eléctrico Ecuatoriano 2020”

¹⁹⁴ 1GWh=619.6 boe

表 5-10 1次エネルギー量および最終消費エネルギーの実績（2020年）

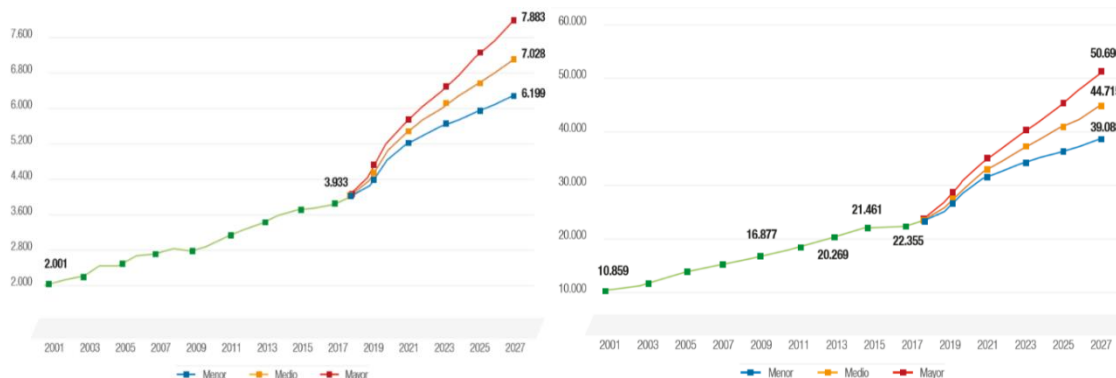
分類	一次エネルギー	発電ロス	発電量 GWh	送配電ロス	最終消費 GWh
MCI	22,701.00	14,681.72	4,942.06	3,921.7 (13.3%)	家庭用 7,400,27(35%) 商業用 3,831,65(18%) 産業用 6,142,01(29%) 公共用 1,310,36(6%) その他 2,367,71(11%) SNI 合計 21,052,01(100%) (カッコは合計=100%での内訳) 国際連系輸出 255.68 その他（自家発自己消費） 4020.27
ガスタービン			1,339.29		
蒸気タービン			1,737.93		
水力	20,678.00	—	20,678.00		
風力	80.26	—	80.26		
太陽光	38.08	—	38.08		
バイオガス	382.44	—	382.44		
バイオマス	45.52	—	45.52		
国際連系輸入	106.08	—	106.08		
計	44,031.38	14,681.72	29,349.66	3,921.7	4020.27
			100%	13.3%	86.7%

出所:PME等を基に JICA 調査団作成(—:再エネ由来、国際連系輸入の発電ロスはゼロとした)

5.1.4.3. 電力需要想定と電源増強計画

PMEでは、2018年から10年後の2027年までの電力需要が想定されており、ベースケースと成長ケースの2パターンが記載されている。ベースケースにおいては、最大需要が2018年の3,933MWから2027年には7,028MWへと約1.7倍、電力消費が2018年の24,062GWhから2027年には44,715GWhへと約1.8倍に増加すると見込まれている。

成長ケースではアルミニウム、銅、造船所、石油化学プラント等の大規模な成長を見込み、2027年の最大需要を8,392MW、電力消費を55,951GWhと予想している。ベースケースと成長ケースの2ケースを年平均の増加率で比較すると、最大電力では6.66%（ベースケース）に対して8.78%（成長ケース）、年間需要では7.13%（ベースケース）に対して9.83%（成長ケース）となっている。

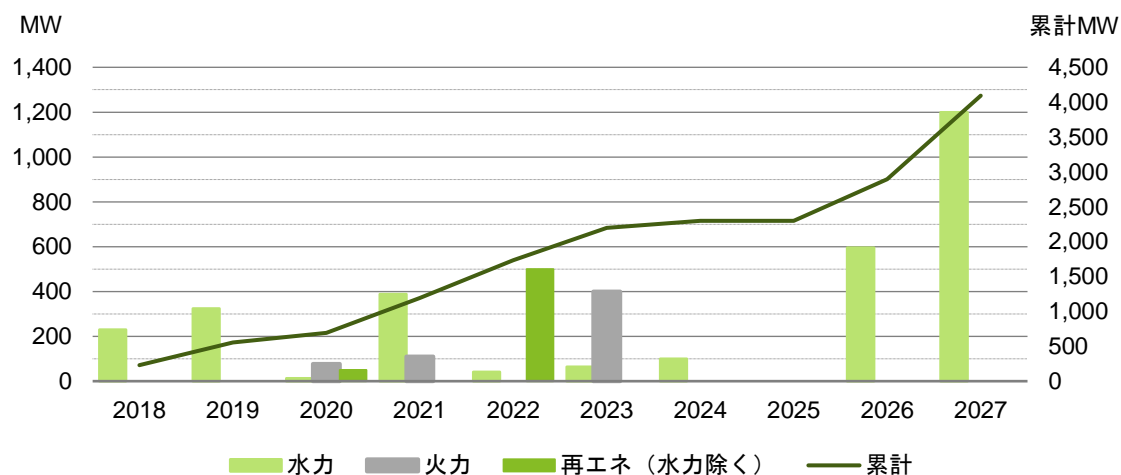


出所:PME 2016-2025

図 5-12 2001~27年の需要想定（ベースケース、GWh）¹⁹⁵

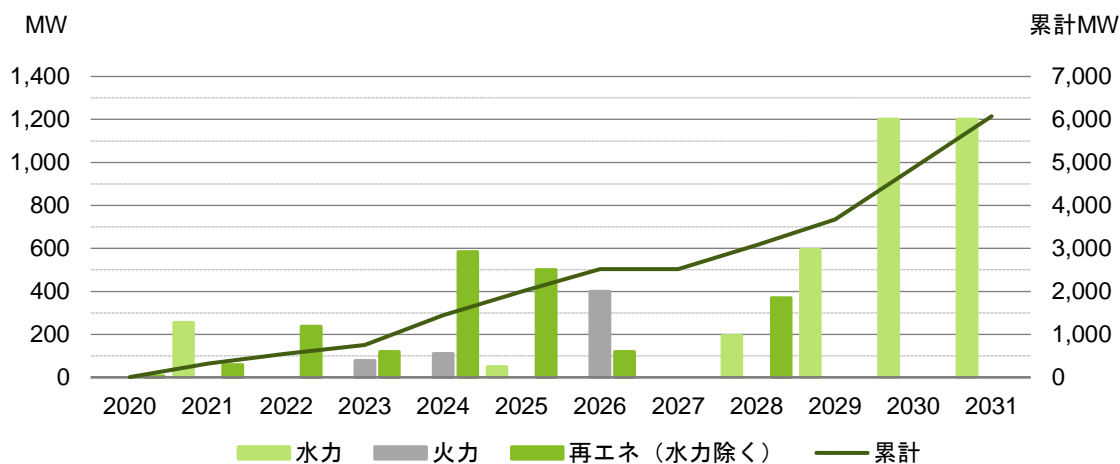
需要想定に見合う電源として、PMEでは図5-13のとおり、2018~27年にSNIに接続される新規電源4,093MWの増強により、2027年の発電設備容量は約12,000MWと、ベースケースの2027年最大需要7,028MWを賄うことができる電源開発計画が立てられている。PMEは電源開発計画のみ2020年に改訂され、図5-14のように完工年次の見直しと水力以外の再エネの上積みを行い、2020~31年に全体で6,074MWの増強計画へと見直されている。

¹⁹⁵ 左：最大電力（MW）、右：年間電力需要（GWh）ハイケースとローケースの3例が示されている。



出所: PME 2016-2025

図 5-13 2018~27 年の電源増強計画 (ベースケース、MW)



出所: PME 2016-2025 改訂版

図 5-14 2020~31 年の電源増強計画 (MW)

運転開始	プロジェクト	電源種別	出力 (MW)	年間発電量 (GWh)
2020	San José de Minas	ERNC (Hidroeléctrico)	5,95	48,00
2021	Chalpi Grande	ERNC (Hidroeléctrico)	7,59	36,00
2021	Toachi Pilatón, Central Sarapullo	Hidroeléctrico	49,00	218,00
2021	Minas de Huaschachaca	ERNC (Eólico)	50,00	132,90
2021	Toachi Pilatón, Central Alluriquin	Hidroeléctrico	205,40	902,00
2022	El Aromo	ERNC (Fotovoltaico)	200,00	275,00
2022	Sabanilla	ERNC (Hidroeléctrico)	30,00	210,50
2022	Mazar-Dudas, Central San Antonio	ERNC (Hidroeléctrico)	7,19	44,87
2023	Machala Gas Tercera Unidad	Termoeléctrico	77,00	510,00
2023	Villonaco III	ERNC (Eólico)	110,00	384,00
2023	Maravilla	ERNC (Hidroeléctrico)	9,00	61,59
2024	La Magdalena	ERNC (Hidroeléctrico)	20,00	167,00
2024	Mazar-Dudas, Central Dudas	ERNC (Hidroeléctrico)	7,38	41,40
2024	Soldados Yanuncay, Central Soldados	ERNC (Hidroeléctrico)	7,20	39,20
2024	Machala Gas Ciclo Combinado	Termoeléctrico	110,00	690,00

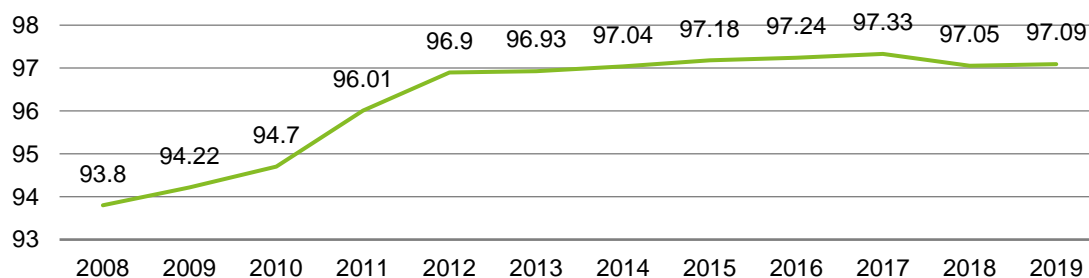
2024	Chorrillos	ERNC (Hidroeléctrico)	4,00	23,20
2024	El Salto	ERNC (Hidroeléctrico)	30,00	247,00
2024	Soldados Yanuncay, Central Yanuncay	ERNC (Hidroeléctrico)	14,60	79,50
2024	Bloque ERNC I	ERNC	500,00	2.119,30
2025	Quijos	Hidroeléctrico	50,00	355,00
2025	Bloque ERNC II	ERNC	500,00	1.980,60
2026	Bloque CCGN Etapa I	Termoeléctrico	400,00	3.000,00
2026	Bloque ERNC III	ERNC	120,00	231,30
2028	Bloque ERNC IV	ERNC	320,00	1.401,60
2028	Chachimbiro	ERNC (Geotérmico)	50,00	394,20
2028	Chontal	Hidroeléctrico	194,00	1.044,00
2029	Paute - Cardenillo	Hidroeléctrico	595,60	3.409,00
2030	Santiago Etapa I	Hidroeléctrico	1.200,00	9.874,00
2031	Santiago Etapa II	Hidroeléctrico	1.200,00	4.739,00
TOTAL			6.074	32.658

出所: PME 2016-2025 改訂版

図 5-15 2020~31 年までの電源増強計画 (プロジェクト一覧)

5.1.5. 電化率¹⁹⁶

エクアドルの世帯電化率は 97.05%と、中南米諸国では比較的高い。



出所: PME; ARCERNNR (2021) “Estadísticas Anual y Multianual del Sector Eléctrico Ecuatoriano 2020”を基に JICA 調査団作成

図 5-16 電化率の推移 (2008~19 年)

表 5-11 電化率の全国および地方別の推移

電化率	2001 年	2010 年	2013 年	2015 年	2019 年
全国 (%)	89%	94.82%	96.77%	97.18%	97.09%
地方 (%)	79%	89.03%	不明	不明	不明

出所: PME 2012-2021”; Feron et al. “Are the Rural Electrification Efforts in the Ecuadorian Amazon Sustainable?”

(1) 都市限界電化基金 (FERUM)

エクアドルにおける高い電化率は、「農村・都市限界電化基金 (FERUM)」によって後押しされたものである。1998 年から 2008 年までの間、FERUM は、国内各地のオングリッドの商業・産業用需要家が支払う料金に課された 10%の税金を財源としていたが、2008 年に当時のコレア政権はこの税金を撤廃し、FERUM の資金は国家予算から直接支出されるようになった。FERUM の資金は 2007 年の 4,600 万米ドルから 2008 年には 1 億 2,600 万米ドルに急増したが、その後毎年 1 億 2,000 万米ドルの資金提供の約束は果たされず、IDB との

¹⁹⁶ MDPI “Rural Electrification”

間で 2012 年には 4,000 万米ドル（加えてエクアドル政府が約 1,500 万米ドル）、2014 年には FERUM II として 3,000 万米ドルの融資が締結された。

FERUM の投資は、当初農村部への送電網、すなわち SNI 拡大に焦点が当てられ、1998 年から 2009 年まで、自立型 PV システムを含む再エネオフグリッドには FERUM の 1.86% しか投資されなかった。しかしその後、遠隔地での SNI 拡大が非現実的なものとなってきたことから方向性が変わった。特にオリエンテ地域北部のパスタサ県（Pastaza）とナポ県（Napo）、コスタ地域北部のエスメラルダス県（Esmeraldas）では、コミュニティが分散して孤立しており、系統拡大はコストがかかり過ぎることから、マイクログリッドやミニグリッドによる電化が実施されている。SNI と非 SNI での電力供給の割合については 2018 年の総発電量の 86.77%にあたる 25,375.92GWh が SNI を通じて供給されており、13.23%にあたる 3,867.66GWh がマイクログリッドやミニグリッド等のその他の形態である。

2009 年、ARCONEL は配電会社に対し、再エネオフグリッドによる農村部の電化に特化した特別ユニット「RE ユニット」の設立を提案した。この提案を受け、一部の企業は、自立型 PV システムを導入した。EE Quito は、RE ユニットを組織し、FERUM の資金提供により首都キト周辺の農村部に 370 台の自立型 PV システムを設置している。同社が設置した 390Wp のシステムは月あたり約 45.81kWh の電力を供給しており、需要家の負担額を月額 5 米ドルに固定し、残りの 14.4 米ドルを同社が補助して、月々 19.4 米ドルの保守・運用コストをカバーしている。

EE Centro Sur も RE ユニットを設立し、2010 年からアマゾン流域の約 70 のコミュニティに 150Wp の自立型 PV システムを約 2,900 台設置した。同社はエクアドルで 3 番目の都市クエンカや、エクアドル南部アマゾン盆地の大部分¹⁹⁷にも電力を供給している。同社の推定では、システム 1 台が発電する電力は月 19kWh であり、これは「尊厳料金」¹⁹⁸を適用して請求される。徴収料金は関連する運用コストの約 15%しかカバーしていないと見積もられており、残りの運用コストは同社が他の需要家からの収入によって賄っている。

最近では、MERNNR は遠隔地での最大 10 MWp の PV マイクログリッドを推進している。これらのマイクログリッドは、FERUM II 契約を通じて資金提供を受け、家庭だけでなく、学校、公共照明、小規模な保健所等にも電力を供給することを目的としている。

(2) 今後の課題

農村電化では IDB が長年支援しており、資金面の課題は見られない。一方で、過去には政府の制度見直しに翻弄された経緯がある。例えば、2004 年当時、国家近代化評議会¹⁹⁹は 620 台の自立型 PV システムを設置するプログラムの実施を決定した。システムは「連帯基金」によってアマゾン流域の遠隔地に設置され、継続的な保守・運用のために配電会社に移管されることになっていた。しかしながら、システムの移管は行われず、2009 年に同基金は廃止された。配電会社の担当者によると、法的な譲渡が行われなかったため、620 台の自立型 PV システムには所有者がおらず、誰にも保守・運用されず、最終的には放棄されたとのことである。

¹⁹⁷ 人口 60 人以下の小さな先住民コミュニティで多くは非常に分散している。

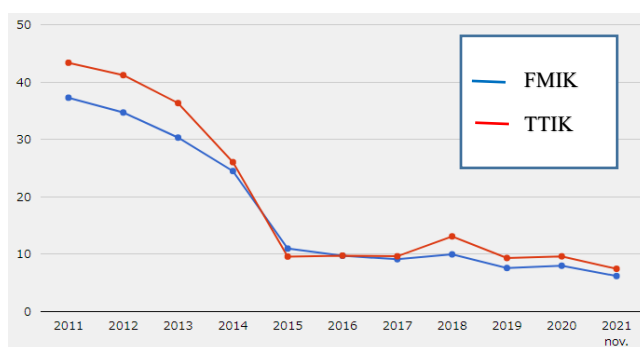
¹⁹⁸ tarifa de la dignidad

¹⁹⁹ Consejo Nacional de Modernización

現在の配電会社によるメンテナンス体制についても、今後の地方電化推進で当局の方針が変更される可能性がある。保守・運用によるシステム維持スキームの設備面、人材面、資金面での確立と継続は永遠の課題であり、解決策をパッケージで提供し、定着させることが必要である。

5.1.6. 停電時間等

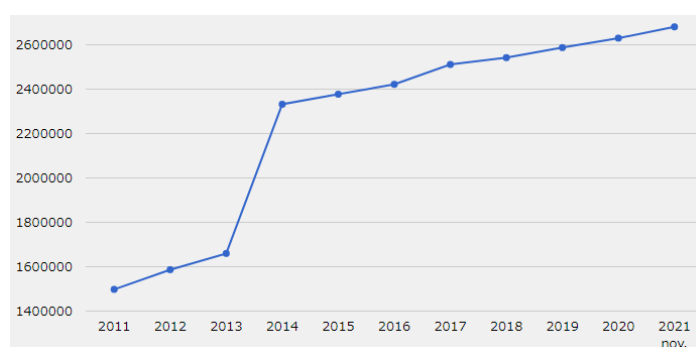
電力供給の品質基準については、規制 CONELEC-004/01「配電サービスの品質」²⁰⁰に、電気サービスの品質レベルにかかる指標が定められており、配電会社は需要家に対して定められた品質レベルを満たす電力供給を行う責任がある。CNEL のウェブサイトには図 5-17 のとおり変圧器容量あたり年間平均停電回数 (FMIK) および変圧器容量あたり年間平均停電時間 (TTIK) の推移が示されている。2011 年から 2015 年までは大きく供給信頼度が向上し、停電回数・時間ともに減少している。その後は横ばいである。2020 年の停電回数は 7.99 回、停電時間は 9.63 時間である。



出所：CNEC ウェブサイト²⁰¹

図 5-17 CNEC の停電回数・時間の推移 (2011~21 年)

図 5-18 では 2013~14 年に需要家数が増加しており、この前後の期間で停電回数・時間が大幅に減少していることから、変圧器増設に伴う配電線の電線張替えや支持物取替が実施され、設備信頼度が改善したものと考えられる。



出所：CNEC ウェブサイト²⁰²

図 5-18 CNEC の需要家数推移 (2011~21 年)

²⁰⁰ Calidad del Servicio Electrico de Distribución

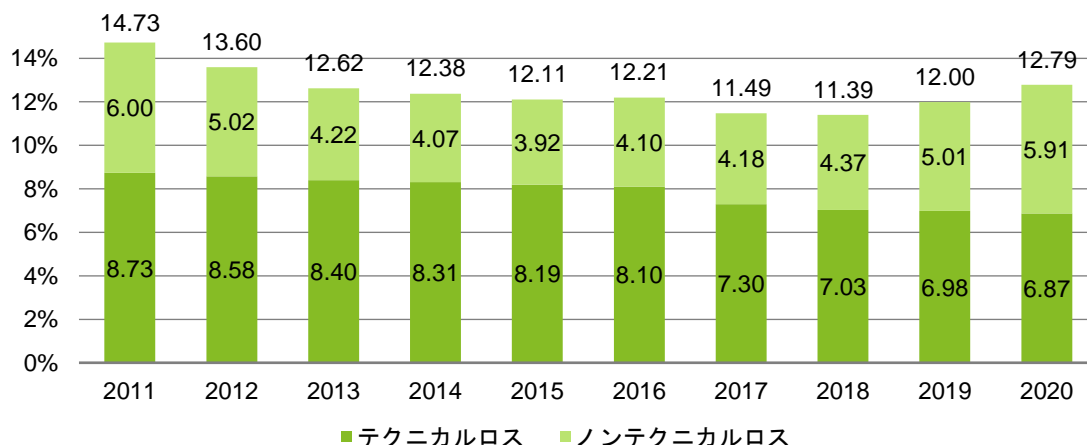
²⁰¹ <https://www.cnelep.gob.ec/servicio-indicadores-gestion-pec-comercial-energia/>

²⁰² 同上

5.1.7. 送配電ロス

2020年の全国大の送電ロス率は3.32%、配電ロス率は12.79%である。送電設備については大きな問題はないが今後、SNI供給エリア拡大を進める場合には留意が必要である。

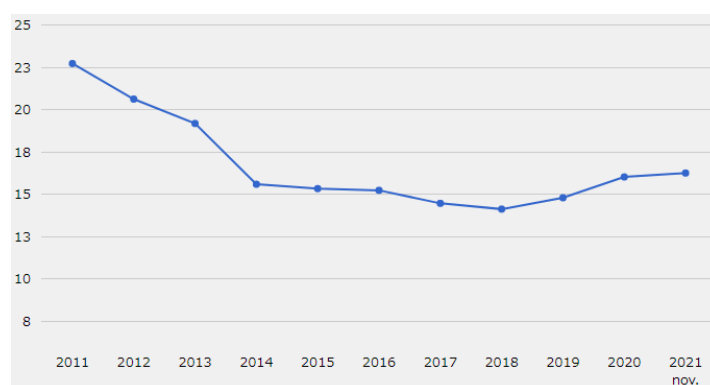
配電ロス率は、図5-19に示すように過去に比べると大きく改善されている。特にノンテクニカルロスについては、大規模なメーター設置や集合型ネットワークへの変更による盗電の防止、滞納した料金回収のための強制的な集金プロセスの実施や啓発活動等が成果を上げていると考えられる。



出所: ARCERNNR (2021) “Estadísticas Anual y Multianual del Sector Eléctrico Ecuatoriano 2020”を基に JICA 調査団作成

図 5-19 配電ロス率の推移 (2011~20年)

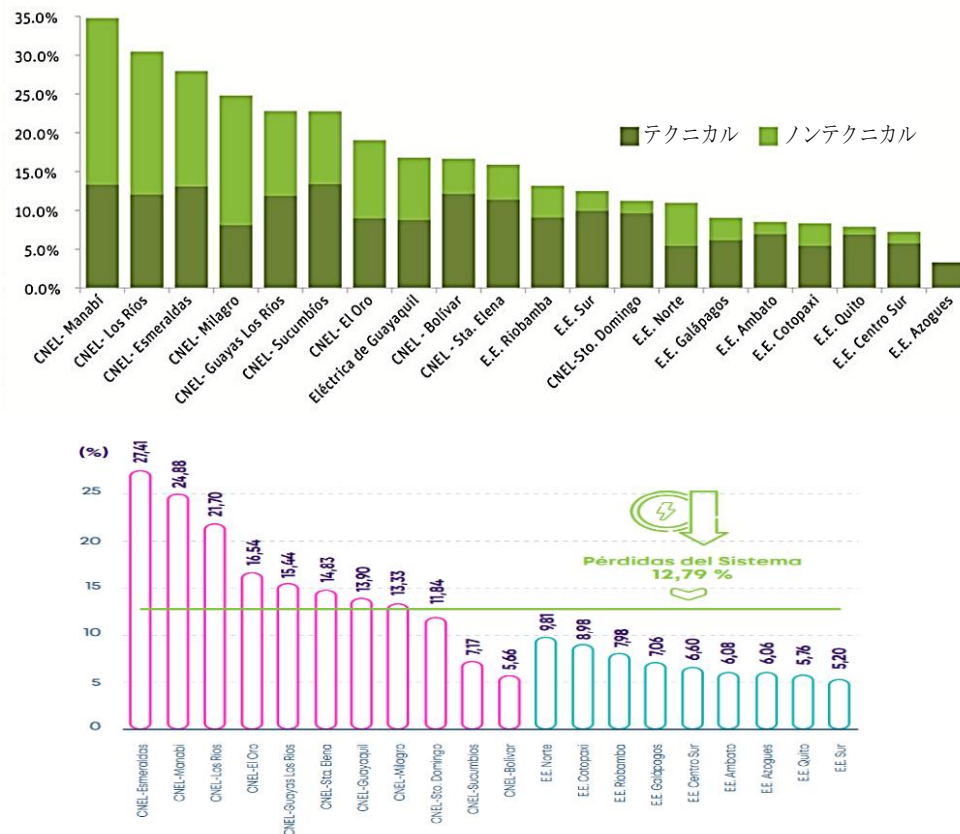
しかしながら、図5-20に示すとおり、CNELだけを見るとロス率は2020年断面で16.02%に留まる。さらに、図5-21に示すように、配電会社別にはロス率の著しいばらつきが見られ、CNELのEsmeraldas、Manabi、Los Rios等の20%を超える高いロス率は、改善の必要がある。CNELによると、2016年4月16日にエクアドル北部沿岸部を震源とするマグニチュード7.8の地震により、配電設備が甚大な損害を受けたことが高い配電ロスの一因とのことである。



出所: CNEL ウェブサイト²⁰³

図 5-20 CNEL の配電ロス率の推移 (2011~20年)

²⁰³ <https://www.cnelep.gob.ec/servicio-indicadores-gestion-pec-comercial-energia/>



出所：IDB (2013) “Rapid Assessment Gap Analysis Ecuador”; ARCERNNR (2021) “Estadísticas Anual y Multianual del Sector Eléctrico Ecuatoriano 2020”

図 5-21 エクアドルの配電会社別ロス率（上：2013年 下：2020年）

5.1.8. 電気料金

5.1.8.1. 小売り電気料金

エクアドルの供給周波数は 60 ヘルツ、供給電圧は 4 分類である²⁰⁴。小売り電気料金単価は全国ほぼ同じで、供給電圧別、および家庭・商業・産業用等の部門別に細かく規定される。

小売り電気料金単価は ARCERNNR により設定される。ARCERNNR は当該年に適用される発電、送電、配電、小売りサービス、公共照明のコストを収集し分析したうえで、各配電会社の小売り電気料金単価を設定している。2021 年の小売り電気料金は、規制 ARCONEL-035/19 の「配電会社の料金表」²⁰⁵にて規定された 2020 年の料金が適用されている²⁰⁶。新型コロナウイルス感染拡大で緊急事態における 1 年間の公共価格上昇禁止措置が示されたことから、前年度規制が踏襲されている²⁰⁷。

2021 年 3 月の平均小売り電力価格は家庭用が kWh あたり 0.1 米ドル、産業用が kWh あ

²⁰⁴ 低圧 600V 未満 (BV)、中圧 600V 以上 40kV 以下 (MV)、高圧 40kV 超 138kV 以下 (AV1) および 138kV 超 (AV2) の 4 分類である。

²⁰⁵ Pliego Tarifario para las Empresas Eléctricas de Distribución

²⁰⁶ Resolución Nro. ARCERNNR -003/2021

²⁰⁷ INFORME N°. DRETSE-2021-001

たり 0.085 米ドルと²⁰⁸、隣接するコロンビアやペルーに比べて安価であり、日本の 5 分の 2 程度の水準である。さらに各種割引制度も存在する。

表 5-12 エクアドルの平均小売り電力価格の比較 (単位: 米ドル/kWh)

分類	エクアドル	コロンビア	ペルー	日本	備考
家庭用	0.100	0.148	0.198	0.246	家庭用需要の平均
産業用	0.085	0.139	0.132	0.185	1GWh/年以上の 大口顧客の平均

出所: Global Petrols Price.com のデータに基づき JICA 調査団作成

(1) 家庭用料金

家庭用需要家では 1 需要家あたりおよそ 1.4 米ドルの基本料金と、kWh あたり従量単価が、系統接続された全ての需要家に対して適用される。現在の家庭用電気料金では、電力単価が使用した電力量に応じ段階的に上がる逓増単価が適用されている。

表 5-13 家庭用電気料金単価表の例 (2020 年 1 月から)

kWh	基本料金 (米ドル/軒)	従量料金 (米ドル/kWh)
1-50	1.414	0.091
51-100		0.093
101-150		0.095
151-200		0.097
201-250		0.099
251-300		0.101
301-350		0.103
351-500		0.105
501-700		0.1285
中略		中略
2501-3000		0.4360
3000 超過		0.6812

出所: Resolución Nro. ARCONEL-035/19

(2) 商業・産業用料金

電気料金体系は、デマンド料金+従量料金のタイプが多い。中高圧の需要家には時間帯別料金制度がある。また、公共機関や農業用ポンプ、エビの養殖、EV の充電等には別の料金表が適用される。

表 5-14 低圧商業用および産業用電気料金例 (2020 年)

商業用 (600V 以下)				産業用 (600V 以下)			
kWh	基本料金 米ドル/軒	デマンド 料金 米ドル /kW	従量料金 米ドル /kWh	kWh	基本料金 米ドル/軒	デマンド 料金 米ドル/kW	従量料金 米ドル/kWh
1-300	1.414	なし	0.092	1-300	1.414	なし	0.073
300-			0.103	300-			0.089
分類なし		4.790	0.090	分類なし		4.790	0.080

出所: Resolución No. ARCONEL-035/19²⁰⁹

²⁰⁸ Global Petrols Price.com データ (March 2021) https://www.globalpetrolprices.com/Ecuador/electricity_prices/

²⁰⁹ Pliego Tarifario para las Empresas Eléctricas de Distribución

表 5-15 中圧商業用および産業用電気料金の例（2020 年）

商業用 40kV 以上 138kV 以下		
デマンド料金 (米ドル/kW)	基本料金 (米ドル/軒)	時間帯別料金 (米ドル/kWh)
4.053	1.414	8:00-22:00 0.089
		22:00-08:00 0.0481
産業用 40kV 以上 138kV 以下		
デマンド料金 (米ドル/kW)	基本料金 (米ドル/軒)	時間帯別料金 (米ドル/kWh)
4.053	1.414	8:00-18:00 0.0805
		18:00-22:00 0.0925
		22:00-08:00 0.0481
		18:00-22:00 (金-日) 0.0805

出所：Resolución No. ARCONEL-035/19²¹⁰

なお、SNI に接続されないマイクログリッドやスタンドアローンの地域では、料金制度を含めサービス基準等は適用されない。

(3) 家庭用料金の割引制度

エクアドルの家庭用電気料金の特徴は、使用電力量が少ない弱者への割引制度の充実にある。まず 65 歳以上の高齢者に対して 138kWh/月以下の電気料金が 50%割引される。また障がいを持つ人に対しての 50%割引がルール化されている。さらに、オリエンテ地域、コスタ地域およびガラパゴス諸島地域の 130kWh/月未満の顧客およびシエラ地域の 110kWh/月未満の顧客に対して 50%割引する「尊厳料金」と呼ばれる仕組みがある。尊厳料金の場合、表 5-16 に示すとおり、2019 年 1 月時点で全需要家の 37%に相当する 164 万軒の需要家に適用され、合計 3.7 百万米ドルが軽減されている。

表 5-16 配電会社別の尊厳料金適用需要家数および補填額（2019 年 1 月）

No	配電会社	地域	尊厳料金額	
			需要家数	総金額 (米ドル)
1	Ambato	Ambato	99,068	234,108.79
2	Azogues	Azogues	14,932	37,958.82
3	Centrosur	Centrosur	129,939	276,807.03
4	Cotopaxi	Cotopaxi	61,151	182,075.48
5	Galápagos	Galápagos	2,710	6,720.88
6	Norte	Norte	109,637	260,353.00
7	Quito	Quito	260,151	407,457.27
8	Riobamba	Riobamba	65,703	147,106.82
9	Sur	Sur	87,558	228,823.73
小計			830,849	1,781,411.82
10	Cooperación Nacional de Electricidad (CNEL EP)	U.N. Bolívar	32,196	86,277.05
		U.N. El Oro	101,699	237,231.18
		U.N. Esmeraldas	49,885	177,679.80
		U.N. Guayaquil	133,337	290,361.41
		U.N. Guayas Los Ríos	72,937	124,225.72
		U.N. Los Ríos	52,546	140,440.81
		U.N. Manabí	116,519	169,094.76
		U.N. Milagro	56,830	126,398.54

²¹⁰ 同上

	U.N. Sta. Elena	36,511	92,536.88
	U.N. Sto. Domingo	125,335	411,236.62
	U.N. Sucumbios	33,829	97,038.06
小計		811,624	1,952,520.83
合計		1,642,473	3,733,932.65

出所：ARCONEL ウェブサイト²¹¹

家庭厨房のクリーン化を目的としたユニークな料金割引制度として、調理効率化プログラム（PNCE）がある。PNCE は、家庭の厨房電化推進を目的とした家庭用電気料金の割引制度である。エクアドルにはもともと大規模な LPG 補助金制度があり、都市部では LPG 利用が定着している一方で、政府の LPG 補助金財政の負担は毎年7億米ドルにも達している。MERNNR はこの財政負担を軽減し、国内の水力発電による電力を大いに活用するため、2014年に IH コンロ等の普及促進プログラムを開始した²¹²。

MERNNR のガイドラインによると、PNCE に登録した家庭用需要家に対する割引料金は電化機器によって決まり、電化機器の増分消費量²¹³を考慮して定められている。例えば、

- IH コンロ：最大 80kWh/月までの増分消費量
- 電気湯沸かし器：最大 20kWh/月の増分消費量
- IH コンロと電気湯沸かし器：最大 100kWh/月の増分消費量

と上限が設定されており、配電会社が各需要家の電気機器に対して増分消費量を決定する。実際の電力消費量が登録前の消費電力量と増分消費量の合計以内に収まっている場合には、登録前の消費電力量相当の料金だけを支払えばよく、実質的に増分の電気料金は免除される。2019年時点で PNCE の受益者は 63.5 万世帯で、年間 266GWh 分が免除され、免除額は 2,500 万米ドルとなっている²¹⁴。

PNCE は 2025 年まで継続することが決定しており、350 万世帯に IH コンロ等を普及させることを目指す²¹⁵。厨房電化が進んだ場合には朝夕の電力需要が増え、特に夜の需要ピークが現在以上に増加する懸念がある。一層の推進には高効率・省エネタイプの機器の採用や、需要増に対応した配電設備の強化が課題になると考えられる。

このほか、家庭用料金はクロス補助制度により、電力消費量がある基準を超える需要家には 10%の割り増し（グアヤキルでは 5%）を課し、電力消費の少ない需要家にはその増分収入を原資に用いて一律に補助を与える仕組みとなっている。基準となる消費量は各配電会社によって異なり、EE Quito では、160kWh/月以上の需要家に対して割り増しを課し、130kWh/月以下の需要家にその割り増し分増収を原資に一律額を補助している。

(4) EV 向け電気料金メニュー

EV 普及を目指した電気料金メニューも 2019 年に設定されている²¹⁶。需要家が自前で充電設備を設置するケースを想定しており、概ね kWh あたり 5セント程度に割引されるが、

²¹¹ <https://www.regulacionelectrica.gob.ec/tarifa-dignidad/>

²¹² Gould et al. (2018) “Government policy, clean fuel access, and persistent fuel stacking in Ecuador”

²¹³ incremental consumption: *la*

²¹⁴ Estadística Anual y Multianual del Sector Eléctrico Ecuatoriano 2019

²¹⁵ <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0973082618302692>

²¹⁶ ARCONEL-035/19

最大 kW 増に対する追加料金の規定や、需要家負担で設置しなければならない充電設備の初期コストに課題がある。

5.1.8.2. 発電・送電コストと小売り料金単価の関係

小売り料金単価の原価には、発電と送変電の建設コストは含まれておらず、これらは国が直接負担する。発電コストには管理・運用・メンテナンス、品質向上や環境コスト等が含まれる。各発電会社の発電コストは、ARCERNNR によって毎年収集・分析され、累計額を全国の小売り販売電力量で除した金額が発電単価として小売り料金の原価に設定される。

送電コストは、当該年に必要な送電設備の運転コストを ARCERNNR が CELEC より収集・分析し、送電原価が定められる。MERNNR のウェブサイト上で、図 5-22 のように CNEL の 11 地域および電気事業者 9 社毎の発電・送電・配電の原価が提示されている。これによると、エクアドル全体での平均発電原価は kWh あたり 3.44 米セント、送電原価は kWh あたり 0.68 米セントである。ただし、EE Galapagos については、発電原価と送電原価がゼロとなっている点が特徴で、EE Galapagos は配電原価のみ小売り単価の原価に含まれる。

実際の発電所の発電量は ONE-CENACE による給電指令によって決まり、ONE-CENACE が発電量に基づく発電会社と配電会社間の取引の請求・決済を行う²¹⁷。ONE-CENACE による発電所の運転スケジュールの計画・給電指令は再エネ電源への優先接続はするが、基本は発電単価の安い電源からの経済負荷配分に基づくものである。燃料費調整等で売電価格が変わることはなく、政府による補填が別途行われていると考えられる。

分類	配電会社名	総コスト	販売総量	平均コスト	発電	送電	配電	
		USD	kWh	USD/kWh				USD/kWh
EMPRESAS ELÉCTRICAS - EE	AMBATO	71.531.174	579.435.733	0,1234	0,0334	0,0068	0,0833	
	AZOGUES	6.844.686	49.457.883	0,1384	0,0334	0,0068	0,0982	
	CENTRO SUR	117.336.325	1.003.459.114	0,1169	0,0334	0,0068	0,0768	
	COTOPAXI	45.090.019	439.922.858	0,1025	0,0334	0,0068	0,0623	
	NORTE	59.113.105	513.022.142	0,1152	0,0334	0,0068	0,0751	
	QUITO	307.627.681	3.535.068.397	0,0870	0,0334	0,0068	0,0469	
	RIOBAMBA	36.436.311	260.487.034	0,1399	0,0334	0,0068	0,0997	
	SUR	54.107.751	553.670.133	0,0977	0,0334	0,0068	0,0576	
	GALÁPAGOS	7.568.332	49.962.637	0,1515	-	-	0,1515	
	SUBTOTAL - EE (1)	705.655.385	6.984.485.931	0,1010	0,0334	0,0068	0,0609	
	CORPORACIÓN NACIONAL DE ELECTRICIDAD - CNEL EP	UN - BOLIVAR	24.433.266	69.256.434	0,3528	0,0334	0,0068	0,3126
UN - EL ORO		97.198.733	1.210.193.310	0,0803	0,0334	0,0068	0,0401	
UN - ESMERALDAS		57.864.784	509.931.965	0,1135	0,0334	0,0068	0,0733	
UN - GUAYAQUIL		321.775.145	4.639.880.532	0,0693	0,0334	0,0068	0,0292	
UN - GUAYAS LOS RÍOS		172.376.720	2.124.931.629	0,0811	0,0334	0,0068	0,0410	
UN - LOS RÍOS		52.320.512	437.859.892	0,1195	0,0334	0,0068	0,0793	
UN - MANABÍ		153.517.432	1.485.210.748	0,1034	0,0334	0,0068	0,0632	
UN - MILAGRO		76.753.589	805.836.146	0,0952	0,0334	0,0068	0,0551	
UN - SANTA ELENA		52.845.624	525.675.179	0,1005	0,0334	0,0068	0,0604	
UN - SANTO DOMINGO		81.988.298	680.708.208	0,1204	0,0334	0,0068	0,0803	
UN - SUCUMBIOS		58.598.226	711.471.454	0,0824	0,0334	0,0068	0,0422	
SUBTOTAL - CNEL (2)		1.149.672.329	13.200.955.497	0,0871	0,0334	0,0068	0,0469	
NACIONAL		TOTAL (3) = (1) + (2)	1.855.327.714	20.185.441.427	0,0919	0,0334	0,0068	0,0517

出所：MERNNR “Resultados-Costo-SPEE-2021”²¹⁸

図 5-22 配電会社別の電気料金原価内訳

²¹⁷ 民間発電会社については MERNNR との個別契約で売電単価や年間発電量が定められている模様である。民間発電会社の発電料金単価の例としては 2020 年 12 月、スペインのデベロッパーである Solarpack 社が、El Aromo PV プロジェクトの 20 年間の電力購入契約 (PPA) を kWh あたり 6.935 米セントで取得したとの情報がある。https://renewablesnow.com/news/spains-solarpack-bags-200-mw-solar-ppa-in-ecuador-tender-723895/

²¹⁸ http://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/servicio-publico-de-energia-electrica-spee/

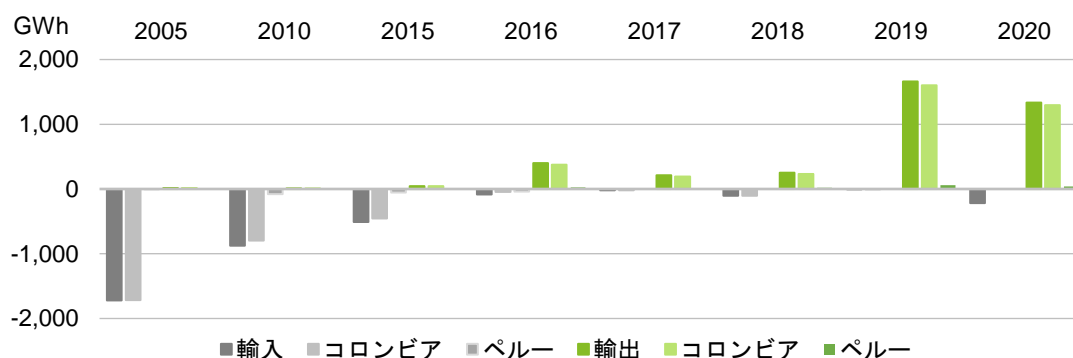
5.1.8.1. 配電コストと小売り料金単価の関係

小売りサービスや公共照明のコストを含めた配電コストについても、基本的に各配電会社の管理・運用・メンテナンス、品質向上や環境対策への対応費用を ARCERNNR が毎年収集・分析し、各社累計額から算出した全国一律の配電原価が小売り料金単価に織り込まれる。加えて、配電については送変電と異なり、設備拡充のコストも原価に含まれている。小売り電気料金が全国一律の価格に設定されるのに対し、各配電会社の kW あたりの配電コストにはばらつきがあるため、配電会社が顧客から集める電気料金収入と各社の負担する発電・送電コスト、配電コストには差が生じ、差分を別途調整する仕組みがある。例えば、EE Galapagos への聞き取りでは、2020 年の実際の電力コストは発電コスト kW あたり 20.56 米セント、配電コスト kW あたり 15.15 米セントで、合計 kW あたり 35.71 米セントだが、電気料金からは kW あたり 10.48 米セントしか回収できないことから、kW あたり 25 米セント程度の赤字となる。年間 14.1 百万米ドルが政府より赤字補填されている。

5.1.9. 電力輸出入

コロンビア・ペルーとの電力輸出入量の推移を図 5-23 に示す。2015 年までエクアドルは電力の純輸入国だったが、2016 年には水力発電の拡大により純輸出国へと転じている。ペルーおよびコロンビアの電力ネットワークに接続された国際連系線を通じて国際取引されており、2019 年はコロンビア向けの電力輸出が増加して全体で 1,663GWh と、電力需要 25,417GWh の 6.5%が輸出された。

電力輸入を見ると 2016 年に大きく減少し、2019 年の輸入量はコロンビアからのわずか 6GWh であった。2020 年は前年より多く輸入量が推移、年間電力輸入量は 218GWh に増加している。もうひとつの国際取引先であるペルーからの電力輸入は 2016 年以降ゼロとなっており、輸出のみである。



年度	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020
輸入 (GWh)	1723	873	511	82	19	106	6	218
コロンビア	1716	795	457	44	19	106	6	218
ペルー	7	78	54	38	0	0	0	0
輸出 (GWh)	16	10	45	401	211	254	1663	1334
コロンビア	16	10	45	378	194	233	1603	1296
ペルー	nodata	0.2	0.4	23	17	21	60	38

出所：国別データ（2005-2018）は PME 2016-2025 (A.2.3.1 および A2.4.1)より引用。2019 年、2020 年は CENACE ウェブサイトを基に JICA 調査団作成

図 5-23 電力輸出入量の推移

5.2 発電部門

5.2.1. 発電会社

発電会社には発電量の取引分類によって3つに区分される。

- 発電会社：CELEC の発電セクターや国営会社、民間会社、官民共同会社等で、ONE-CENACE の給電指令の下で、SNI への売電を行う発電事業者
- 発電所を持つ配電会社：CNEL Guayaquil や EE Quito 等の一部の配電会社は歴史的な経緯から小規模ながら発電所を所有しており、ONE-CENACE の指令の下で SNI への売電を行っている
- 自家発電事業者：国営会社や民間会社、官民共同会社等の発電所のうち自家消費を主とする発電所で余剰電力を SNI に販売する

発電会社、自家発電事業者には、SNI に接続しない発電所を有する事業者もある。なお、1MW 以上の発電設備の SNI への接続は ARCERNR の定める接続ルールに従い、給電は ONE-CENACE の指令に従わなければならない。

5.2.2. 発電設備の概況

5.2.2.1. 既存設備

エクアドルの各発電設備の発電設備容量の推移を表 5-17 に示す。

表 5-17 発電設備別容量の推移 (MW)

分類	2010		2013		2015		2016		2018		2019	
非再エネ計	2,242	43.6%	3,108	56.5%	3,406	56.7%	3,586	43.6%	3,405	39.2%	3,395	39.2%
火力	2,242	43.6%	3,108	56.5%	3,406	56.7%	3,586	43.6%	3,405	39.2%	3,395	39.2%
再エネ計	2,917	56.8%	2,390	43.5%	2,599	43.3%	4,639	56.4%	5,271	60.7%	5,274	60.8%
水力	2,792	54.3%	2,265	41.2%	2,408	40.1%	4,446	54.0%	5,071	58.4%	5,074	58.5%
風力	24	0.5%	20	0.4%	21	0.3%	21	0.3%	21	0.2%	21	0.2%
太陽光		0.0%	4	0.1%	26	0.4%	26	0.3%	28	0.3%	28	0.3%
バイオマス	101	2.0%	101	1.8%	144	2.4%	146	1.8%	151	1.7%	151	1.7%
バイオガス		0.0%		0.0%		0.0%		0.0%		0.0%		0.0%
合計	5,138	100.0%	5,498	100.0%	6,005	100.0%	8,226	100.0%	8,677	100.0%	8,669	100.0%

出所：海外電力調査会「海外諸国の電気事業 2020」(ARCONEL"atlas del sector electrico"各年度版)²¹⁹

発電設備全体は 2010~19 年で 5,138MW から 8,669MW に増加している。中でも 2015~18 年の水力発電開発により約 2,500MW の発電設備容量が増加している点の特徴である。火力発電は徐々に設備容量が増加してきたが、2016 年の 3,586MW を最大として減少傾向が若干ながら見られる。また、水力を除く再エネについては大きな開発が進んでいない。

エクアドル最大の発電所である Coca Codo Sinclair 水力発電所は、2016 年 11 月に本格的に運転を開始した。発電容量は 1.5GW、年間発電量は 8.734GWh で、これは国内電力需要の約 3 割に相当する。建設にあたっては、中国輸出入銀行から 17 億米ドルの融資を受けた。また、エクアドルで第 3 に大きな発電所である Sopladora 水力発電所 (2016 年 8 月完成) も、7 億 5500 万米ドルの総工費のうち 85%が中国輸出入銀行の融資で、中国企業が建設し

²¹⁹ ARCONEL "Estadística del Sector Eléctrico Ecuatoriano Buscar"

た。中国資本による大規模水力電源開発については、エクアドルの電源多様化、クリーン化と電力輸出の実現等、エネルギーセキュリティの向上といった評価がある一方で、後述のとおり、設備品質の低さや自然環境の破壊、債務問題、汚職問題等が指摘されている。

2020年12月現在、エクアドルで発電可能な発電所は317ヶ所の発電所で構成され、総有効出力は8,183MWである。SNIに接続されたオングリッドの発電所は全体の87.5%で、その他の発電所はアクセスが困難な場所や石油・鉱業施設への供給設備で、SNIに接続されていない。SNI以外はほとんどが火力発電である。その他の電力供給源として、コロンビア(525MW)とペルー(110MW)の2つの国際相互接続システムが存在する。

表 5-18 発電設備の系統接続別概要

分類	発電所数	有効出力(MW)
SNIに接続	133	7,177
その他	184	1,006
合計	317	8,183

出所：ARCERNR (2021) “Estadísticas Anual y Multianual del Sector Eléctrico Ecuatoriano 2020”

2017~18年には表 5-19 に示す発電所が運転を開始した。SNIに連系された発電設備容量は371.46MWで、そのうち147.27MWが民間企業によるもの、212.69MWが国有企業によるもの、11.50MWが官民共同投資である。

表 5-19 新規運転開始の発電所 (2017~18年)

発電所名	事業機関	公営・民間	種類	公称出力(MW)	有効出力(MW)	運開年
Minas - San Francisco	CELECEP-nerjubones	公営	水力	275,00	274,50	2018
Delsitanisagua	CELECEP - Gensur	公営	水力	180,00	180,00	2018
6 centrales térmicas (en diferentes sitios)	Petroamazonas	公営	火力	46,66	26,02	2017-2018
Due	Hidroalto	民間	水力	49,71	49,71	2017
Normandía	Hidronormandía	民間	水力	49,58	49,58	2018
Pusuno	ElitEnergy	民間	水力	38,25	38,25	2018
Topo	Ecuagesa	民間	水力	29,20	27,00	2017
Sigchos	Hidrosigchos	民間	水力	18,60	18,39	2017
Palmira Nanegal	Ipnegal	官民共同	水力	10,44	10,36	2018
Mazar-Dudas: Alazán	CELECEP-Hidroazogues	公営	水力	6,23	6,23	2017
Isabela	E.E. Galápagos	公営	火力(dual)	1,63	1,63	2018
Pichacay	EMAC-GBP	官民共同	バイオガス	1,06	1,00	2017
Isabela Solar	E.E. Galápagos	公営	太陽光	0,95	0,95	2018
Paneles Pastaza	E.E. Ambato	公営	太陽光	0,20	0,20	2018
Estación Mira	Orion	民間	MCI	0,18	0,17	2018
合計				708	684	

出所：PME 2016-2025

5.2.2.2. 新規設備

エクアドル政府が実施中の発電プロジェクトを表 5-20 に示す。総出力は644.5MWで、年間の平均発電量は3,490.6GWh/年と推定される。2018年時点で建設中の14プロジェクトのうち、11件が水力発電(407.53MW)、2件が火力発電(187MW)、1件が風力発電(50MW)となっている。

表 5-20 2018 年時点の建設中発電プロジェクト

プロジェクト名	事業機関	公営・民間	種類	出力 MW	年間 GWh	地域	市
Toachi - Pilatón (Sarapullo 49 MW, Alluriquín 205,4 MW)	CELEC EP - Hidrotoapi	公営	水力	254,40	1.120,0	Pichincha, Tsáchila, Cotopaxi	Mejía, Sto. Domingo de los Tsáchilas, Sigchos
Quijos	CELEC EP - Coca Codo Sinclair	公営		50,00	355,0	Napo	Quijos
Piatúa	San Francisco Genefran	民間		30,00	210,0	Pastaza, Napo	Santa Clara, Mera
Sabanilla	Hidrelgen	民間		30,00	210,5	Zamora Chinchipe	Zamora
Río Verde Chico	Hidrosierra	民間		10,00	74,3	Tungurahua	Baños de Agua Santa
Chalpi Grande	EPMAPS EP	公営		7,59	36,0	Napo	Quijos
Mazar-Dudas: Dudas	CELEC EP - Hidroazogues	公営		7,38	41,4	Cañar	Azogues
Mazar-Dudas: San Antonio	CELEC EP - Hidroazogues	公営		7,19	44,9	Cañar	Azogues
San José de Minas	Hidroeléctrica San José de Minas	民間		5,95	48,0	Pichincha	Quito
Chorrillos	Hidrozamora EP	公営		4,00	23,2	Zamora Chinchipe	Zamora
Ulba	Hidroulba	民間		1,02	8,4	Tungurahua	Baños
Machala Gas Ciclo Combinado	CELEC EP - Termogás Machala	公営		火力	110,00	690,0	El Oro
Machala Gas Tercera Unidad	CELEC EP - Termogás Machala	公営	77,00		510,0	El Oro	El Guabo
Minas de Huascachaca	Elecaastro.	公営	風力	50,00	119,0	Loja	Saraguro
合計				644,5	3.490,6		

出所：PME 2016-2025

2018 年時点で建設許可済みの 10 プロジェクトを表 5-21 に示す。全て再エネプロジェクトで、うち 9 件は出力 30MW 以下の水力、1 件はバイオマスである。

表 5-21 2018 年時点の許可済発電プロジェクト

プロジェクト	事業機関	公営・民間	種類	出力 MW	年間 GWh	州	市
Ibarra Fugúa	Hidro Ibarra Fugúa	民間	水力	30,00	208,4	Carchi	Bolívar
El Salto	Hidroequinoc cio EP	公営	水力	30,00	247,0	Pichincha	Pedro Vicente Maldonado
La Magdalena	Hidroequinoc cio EP	公営	水力	20,00	167,0	Imbabura	Cotacachi
Soldados Yanuncay, Central Yanuncay	Elecaastro	公営	水力	14,60	79,5	Azuay	Cuenca
Pilaló 3	Qualitec Comercio e Industria Cia. Ltda.	民間	水力	9,30	68,7	Cotopaxi	Pujilí
Maravilla	Hidroequinoc cio EP	公営	水力	9,00	61,6	Pichincha	Quito
Chalpi Grande	EPMAPS EP	公営	水力	7,59	36,0	Napo	Quijos
Soldados Yanuncay, Central Soldados	Elecaastro	公営	水力	7,20	39,2	Azuay	Cuenca

Pichacay II	EMAC-GBP	官民共同	バイオガス	1,00	3,5	Azuay	Cuenca
El Laurel	CBS Energy	民間	水力	0,97	6,8	Carchi	Mira
合計				130	918		

出所：PME 2016-2025

5.2.3. 化石燃料発電

5.2.3.1. 化石燃料発電の現状

化石燃料発電設備は、全国に 204 ヶ所、有効出力 2,951MW ある（2018 年末）。CELEC や CNEL など国有電力会社の設備のほか、2007 年 12 月 18 日に国营石油生産の全量を管理するために設立された国有企業 Petroamazonas 社が所有する設備が多数存在する。また、Repsol、Agip、Andes Petro 等の石油会社の火力発電所や、官民共同の発電会社が存在する。

表 5-22 主要な化石燃料火力発電所

種類	発電所名	事業機関	有効出力 MW	備考
内燃機関 MCI	Jaramijo	CELEC-termomanabi	128,88	
	Termoguyas	Termoguyas Generation S.A.	120.0	
	EPF-Eden Yuturi	Petroamazonas	85.51	SNI 未連系
	Esmeraldas II	CELEC-termoesmeraldas	84.0	
	Quevedo II	CELEC-termopichincha	81.0	
	TPP Andes Petro	Andes Petro	65.4	SNI 未連系
	Santa Elena II	CELEC-electroguayas	65.03	
	Guangopolo II	CELEC-termopichincha	48.0	
MCI 小計			1,753	186 ヶ所
ガスタービン Turbogas	Termogas Machala I	CELEC-Termogas Machala	130.6	
	Termogás Machala II	CELEC-Termogas Machala	119.0	
	Victoria II	Intervisa Trade	102.0	
	Anibal Santos	CNEL-Guayaquil	97.0	
	Enrique García	CELEC-electroguayas	96.0	
	Alyaro Tinajero	CNEL-Guayaquil	64.0	
	Santa Rosa	CELEC-termopichincha	51.0	
ガスタービン小計			744	11 ヶ所
蒸気タービン Turvovapor	Gonzalo Zevallos	CELEC-electroguayas	140.0	
	Trinitaria	CELEC-electroguayas	133.0	
	Esmeraldas I	CELEC-termoesmeraldas	125.0	
	Palo Azul PGE	Petroamazonas	33.18	
	Anibal Santos	CNEL-Guayaquil	20.0	
蒸気タービン小計			454	7 ヶ所

出所：PME 2016-2025

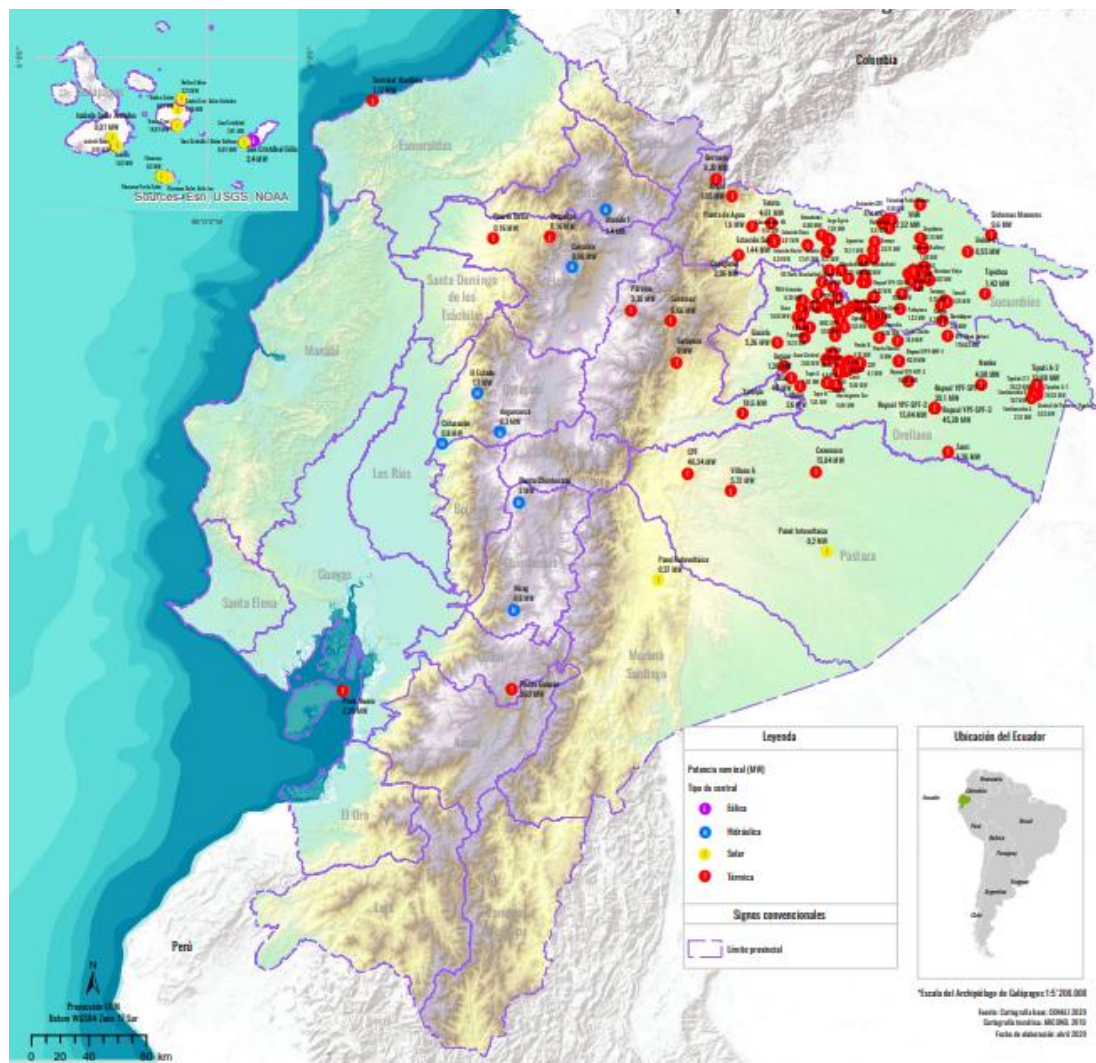
5.2.3.2. 石油火力発電設備の SNI 接続計画

図 5-24 に示すように、国有石油会社 Petroamazonas が所有する発電設備等、オリエンテ地域北東部の石油関連施設の発電所は SNI に接続されていないものが多数存在する。同地域の油田・施設の石油連系電気システム拡張(SEIP-E)プロジェクト²²⁰では、地域全体に 15kV、35kV、69kV の各電圧レベルで約 500km の地中送電線を敷設し、138kV の SNI と相互接続する取り組みが行われている。

さらに、民間投資による送配電系統整備で、オリエンテ地域北東部のスクンビオス県

²²⁰ Sistema Eléctrico Interconectado Petrolero Expansión

(Sucumbios)等に多く点在する石油採掘施設のSNIへの接続を加速する取り組みが検討されている。SNIに接続された発電所は廃止されないが、運転時間の縮小により燃料消費の削減が期待される。2022年に競争入札の公示が行われる予定である。



出所：PME 2016-2025

図 5-24 オフグリッド発電所の位置図（赤点が火力発電所）

5.2.4. 再生可能エネルギー発電

5.2.4.1. 再生可能エネルギーのポテンシャル

エクアドルでは再エネを、水力とそれ以外の非在来再エネ (ERNC) に分けることが多い。PMEによるとエクアドルの水力発電ポテンシャルは 91GW、技術的包蔵水力ポテンシャルは 31GW、経済的包蔵水力ポテンシャルは 22GW である。

風力発電ポテンシャルは、年間平均風速7メートル/秒以上の地域を考慮すると、1,691MW である。これは 2,869GWh/年を発電すると想定されている。短期的に実現可能なポテンシャルは、設置可能な電力量が 884MW、年間 1,518GWh と見積もられている。年間平均風速が

低い地域（5~6m/s）も含めると、このポテンシャルが高まることに留意が必要である。

一方、PV についてはエネルギーセクターマネジメント支援プログラム（ESMAP）²²¹の Global Solar Atlas によると、エクアドル大陸部の平均直射日射量は 2,543Wh/m²・日、平均拡散日射量は 2,032Wh/m²・日、全球日射量は 4,575Wh/m²・日となっている。国際再生可能エネルギー機関（IRENA）の Energy Profile によると PV 設備の年間発電量は 1400kWh/kWp 以下が 8 割を占める。

エクアドルの地熱発電ポテンシャルについては、CELEC がいくつかの候補地を検討している。2015 年に CELEC が実施した研究では、地熱発電の最大ポテンシャルを Chachimbiro 178 MW、Tufi Negro（binacional）330 MW、Chalupas 283 MW、Chacana-Cachiyacu 83 MW、Jamanco 26 MW、合計約 900MW と想定している。

PME によると、農業・家畜・森林残渣を含む年間 1840 万 t のバイオマス資源があり、そのエネルギーポテンシャルは 230,959 TJ/年、12,700 GWh/年に相当する。この国の主な作物はアフリカン・パーム、バナナ、コメで、これらの廃棄物の 50%を利用するとした場合、理論上は年間を通じて約 500MW の発電が可能と推定される。

5.2.4.2. 再生可能エネルギー発電の現状

前述のとおり、全発電容量の 59%を水力発電が占める一方、水力発電を除く再エネは 2%程度に留まる²²²。SNI への連系は ARCERNNR のルールにより CELEC や配電会社において厳格に管理されており、また、FIT 制度等のインセンティブが働かないことから水力発電以外の導入は低調で、その結果、系統安定化等の課題は顕在化していない。

表 5-23 水力発電設備一覧（2020 年末、SNI 接続分）

会社名	発電所名	県	容量	
			定格容量 (MW)	実効容量 (MW)
CELEC-Coca Codo Sinclair	Coca Codo Sinclair	Napo	1500.00	1476.00
	Manduriacu	Imbabura	63.36	65.00
CELEC-Enerjubones	Minas San Francisco	Azuay	270.00	270.00
CELEC-Gensur	Delsitanisagua	Zamora Chinchipe	180.00	180.00
CELEC-Hidroagoyán	Agoyán	Tungurahua	160.00	156.00
	Pucará	Tungurahua	73.00	73.00
	San Francisco	Tungurahua	230.00	212.00
CELEC-Hidroazogues	Alazán	Cañar	6.23	6.23
CELEC-Hidronación	Baba	Los Ríos	42.20	42.00
	Marcel Laniado	Guayas	213.00	213.00
CELEC-Hidropaute	Mazar	Azuay	170.00	170.00
	Molino	Azuay	1075.00	1100.00
	Sopladora	Azuay	487.00	486.90
Ecuagesa	Topo	Tungurahua	29.20	27.00
	Gualaceo	Azuay	0.97	0.97
	Ocaña	Cañar	26.10	26.10
	Saucay	Azuay	24.00	24.00
	Saymirín	Azuay	15.52	15.52
ElitEnergy	Pusuno	Napo	38.25	38.25
EPMAPS	Carcelén	Pichincha	0.06	0.06
	El Carmen	Pichincha	8.40	8.20

²²¹ 世界銀行と 19 の国際機関による組織で、持続可能なエネルギーを通じて中低所得国を支援する。

²²² PME 2016-2025

	Noroccidente	Pichincha	0.30	0.30
	Recuperadora	Pichincha	14.70	14.50
Hidrosibimbe	Corazón	Pichincha	0.99	0.98
	Sibimbe	Los Ríos	15.37	14.20
	Uravia	Pichincha	0.99	0.98
Hidrosierra	Rio Verde Chico	Tungurahua	10.00	10.20
Hidrosigchos	Sigchos	Cotopaxi	18.60	18.39
Hidrotambo	Hidrotambo	Bolívar	8.00	8.00
Hidrotavalo	Otavaló I	Imbabura	0.40	0.40
	Otavaló II	Imbabura	0.40	0.40
Hidrovictoria	Victoria	Napo	10.32	10.00
IPNEGAL	Ipnegal	Pichincha	10.44	10.36
		合計	4702.80	4678.94

出所：ARCERNNR 提供資料を基に JICA 調査団作成

表 5-24 非在来再エネ発電設備（2020 年末）

企業名	発電所名	県	風力		太陽光	
			定格容量 (MW)	実効容量 (MW)	定格容量 (MW)	実効容量 (MW)
Altgenotec	Altgenotec	Guayas			0.99	0.99
Brineforcorp	Brineforcorp	Manabí			1.00	1.00
CELEC-Gensur	Villonaco	Loja	16.5	16.5	0.00	0.00
Electrisol	Electrisol	Pichincha			1.00	1.00
Enersol	Enersol	Manabí			0.50	0.49
Epfotovoltaica	Mulaló	Cotopaxi			1.00	1.00
	Pastocalle	Cotopaxi			1.00	1.00
Genrenotec	Genrenotec	Guayas			0.99	0.99
Gonzanergy	Gonzanergy	Loja			1.00	1.00
Gransolar	Salinas	Imbabura			2.00	2.00
	Tren Salinas	Imbabura			1.00	1.00
Lojaenergy	Lojaenergy	Loja			1.00	0.70
Renova Loja	Renova Loja	Loja			1.00	0.70
Sabiangosolar	Sabiango Solar	Loja			1.00	0.73
San Pedro	San Pedro	Loja			1.00	1.00
Sanersol	Sanersol	El Oro			1.00	1.00
Sansau	Sansau	Guayas			1.00	1.00
Saracaysol	Saracaysol	El Oro			1.00	1.00
Solchacras	Solchacras	El Oro			1.00	1.00
Solhuaqui	Solhuaqui	El Oro			1.00	1.00
Solsantonio	Solsantonio	El Oro			1.00	1.00
Solsantros	Solsantros	El Oro			1.00	1.00
Surenergy	Surenergy	Loja			1.00	1.00
Valsolar	Paragachi	Imbabura			1.00	1.00
Wildtecsa	Wildtecsa	Guayas			1.00	1.00
E.E. Ambato	Panel Fotovoltaico	Pastaza			0.20	0.20
E.E. Centro Sur	Panel Fotovoltaico	Morona Santiago			0.37	0.37
E.E. Galápagos	Balra Eólico	Galápagos	2.25	2.25	0.00	0.00
	Balra Solar	Galápagos			0.07	0.07
	Floreana Perla Solar	Galápagos			0.02	0.02
	Floreana Solar aislados	Galápagos			0.01	0.01
	Isabela Solar	Galápagos			0.95	0.95
	Isabela Solar aislados	Galápagos			0.01	0.01
	San Cristóbal Eólico	Galápagos	2.40	2.40	0.00	0.00
	San Cristóbal Solar Eolicesa	Galápagos			0.01	0.01
	Santa Cruz Solar aislados	Galápagos			0.01	0.01
Santa Cruz Solar Puerto Ayora	Galápagos			1.52	1.52	
		合計	21.2	21.2	27.63	26.74

出所：ARCERNNR 提供資料を基に JICA 調査団作成

5.2.4.3. 再生可能エネルギー設備の計画

2020年に政府が発表した最新の再エネ開発プロジェクトを表5-25に示す。

表 5-25 2020年以降の新規電源計画

プロジェクト名	種類	容量(MW)	地域	投資額 (百万米ドル)	公示日	入札期限
El Aromo	太陽光	200	Manabi	180	19/8	20/10
Villonaco II, III	風力	110	Loja	200	19/8	20/10
Conolophus	太陽光 +蓄電池	14.8	Galapagos	44	20/6	21/3
Bloque ERNC	多種類	200	各地	300	20/9	21/8

出所：MERNNR 資料

Bloque ERNC は、小水力発電、PV、風力発電、バイオマス発電など異なる方式・地域で構成されるパッケージである。3.2.5 で述べたとおり、2021年8月初旬までに落札者が決定する予定であったが、規模を500MWに拡大して2021年第3四半期に入札開始が延期された。これにはEl AromoとVillonaco II・IIIもまとめられる予定である。

5.2.4.4. 水力発電

前述のとおり、PMEによるとエクアドルの水力発電ポテンシャルは91GW、技術的包蔵水力ポテンシャルは31GW、経済的包蔵水力ポテンシャルは22GWである。雨季の11月から5月にかけての豊富な水を活かした発電は電源の中核であり、Bloque ERNCにも、CotopaxiのAngamarca Sinde (30MW)、BolivarのCaluma Pasagua (4.03MW)、Tigreurco (3.44MW)、CanarのJuval Pulpito (27MW)、LojaのInfiernillos (19.64MW)とHuapamala (5.20MW)など19件の小水力発電が含まれている²²³。

多くの新規開発計画は小水力発電であるが、これとは別に500MW以上の大規模発電所計画が2つ存在する。モロナ・サンティアゴ県のSantiago I・II発電所(2400MW、年発電量14,613GWh)およびCardenillo発電所(596MW、年発電量3,409GWh)であり、PMEにおける電源計画には民間投資による開発で2026・2027年に運用開始(改訂版では2030・2031年)されることが織り込まれている。

5.2.4.5. 太陽光発電 (PV)

データ分析会社GlobalDataの分析によると、エクアドルでのPVは2030年までに450MWに増加、さらには4GW規模まで増強可能との見通しが示されている。しかしながら、実際の2019年のPV設備は34基、設備容量は26.7MWに留まる。

具体的なPVプロジェクトでは、El Aromoプロジェクト²²⁴が注目されている。これはマナビ県(Manabi)の最大都市マンタ(Manta)から20kmほど離れたPacifico石油精製基地の跡地15km²のうち約2.9km²を使ったプロジェクトである。同プロジェクトでは、2012年にスペインのSolarpackt社が、年間340MWh、契約単価6.935米セント/kWhで20年間のPPAを締結したが、その後中止された模様である。2020年10月に再入札が実施され、Solarpackt EAM、Neoen、Cobra Zero-Eの3社が改めて200MWのEl Aromoプロジェクトに応札した。20年間のコンセッションとなる。入札結果は不明のまま、2021年8月にBloque ERNCの一部となり、

²²³ MERNNR ウェブサイト <https://proyectos.recursoyenergia.gob.ec/index.php>

²²⁴ Nacla 記事 <https://nacla.org/news/2021/01/19/el-aromo-solar-project-sets-precedent-renewable-energy-ecuador>

手続きはリセットされた。

また、ガラパゴス諸島のバルトラ島では、PV 14.8MW を新設する Conolophus プロジェクト²²⁵が、2020 年 6 月に公示され、2021 年 8 月に Asociación Gran Solar Total Eren 社の 1 社入札となり、同社の落札が決定した。これは蓄電池併設プロジェクトである。このほか、前述の Bloque ERNC には 2 件の PV プロジェクトが含まれている。規模は各 30MW 程度で、サンタ・エレナ (Santa Elena) とグアヤス県で予定されている。

5.2.4.6. 風力発電

風力発電の短期的に実現可能なポテンシャルは、設置可能な設備容量が 884MW、年間平均電力量 1,518GWh と見積もられている。年間平均風速が低い地域 (5~6m/s) を含めると、このポテンシャルは高まる。

既設の風力は 21MW で、大陸部には CELEC-Gensur 所有の Villonaco (有効電力 16.50 MW) がある。また、ガラパゴス諸島のサンクリストバル島 (Isla de San Cristóbal に、800kW×3、バルトラ島 (Isla Baltra) に 750kW×3 の風力発電所がある。

新規プロジェクトでは合計 110MW の Villonaco II と III 風力発電所プロジェクトの入札が 2020 年 10 月に実施され、フランスの Neoen SA (EPA : NEOEN)、Total Eren SA、スペインのコンソーシアム Cobra Zero-E の 3 グループが応札した²²⁶。この入札プロセスは 2020 年の春に終了する予定だったが、新型コロナウイルス感染拡大により何度もスケジュールを変更しており、最終的に 2021 年 8 月に Bloque ERNC の一部に組み込まれた。

また、ロハ県 (Loja) の Minas de Huascachaca プロジェクト (総容量 50MW) はクエンカ市に本拠地を置く公営発電企業 Elecaustro 社が建設中のプロジェクトで、中国・Dongfang 社製の 16 台の風力タービンを設置する。2022 年 1 月の運用開始を予定している²²⁷。

5.2.4.7. 地熱発電

エクアドルの地熱ポテンシャルは最大約 900MW と言われている。南米の活発なプレート、活火山と激しい地震等から豊富と窺われる地熱のポテンシャル探査は、1970 年代半ばに開始された。しかしながら、石油の低コスト化により低迷し、本格的な調査再開は 2008 年以降である。2010 年には CELEC が数地点での探査を進めた。PME では、計 150MW の地熱発電所が 2023 年に計画されている。乾季の水力発電の不足を補完する安定した再エネ電源としての地熱発電の必要性を考慮すると、前向きな検討を加速させることが重要である。PME によると、2015 年に INECEL と CELEC が実施した調査の結果、有力な候補地点は以下のとおりである。

- Chachimiro : キトから北に 130km、サン・ミゲル・デ・イバラ (San Miguel de Ibarra) から西に 20km に位置している。最初の試掘調査 (深さ 2000m) は 2017 年後半に掘削され、235°C の温度が確認された。6 本の井戸と 50MW 規模の発電所を計画中である。ポテンシャルは 178MW。
- Chalupas : ポテンシャルは 283MW。

²²⁵ <https://www.pv-magazine.com/2020/08/26/five-bidders-for-ecuadors-solar-storage-tender/>

²²⁶ <https://renewablesnow.com/news/final-bidders-emerge-in-ecuadors-310-mw-solar-wind-tender-717244/>

²²⁷ <https://www.evwind.es/2020/09/13/minas-de-huascachaca-the-largest-wind-power-plant-in-ecuador/77149>

- Chacana、Cachiyacu : Cachiyacu は、国立公園アンティサナとジャマンコ内 5km にある。500kV 送電線がプロジェクトの上を通る。ポテンシャルは 83MW。
- Tufi/Negro 二国間プロジェクト : ポテンシャルは 330MW。コロンビアとの国境に位置する。2015 年からプロジェクトが保留されている。

地熱発電所は現段階では、IDB、世界銀行、CAF、多国籍企業等が、地表探査と掘削の両方で支援を行っている。ESMAP は アイスランド国際開発庁とアイスランドの専門家を提供する契約を結んでいる。また Chacana 地熱発電所について、2018 年に地熱エネルギー開発ファシリティ (GDF) ²²⁸が掘削費用の約 40%の資金を提供して温度勾配調査が進めており、今後事業化に向けて IDB や他の MDB が資金を提供する可能性がある。

日本政府も JICA を通じて地熱開発への主要な支援者の 1 つとなっている。JICA は 2016~19 年に Chachimbiro 地熱発電所の建設計画の協力準備調査を実施した。プロジェクトは事業化段階にあり、第一段階では 7000 万米ドルの予算が生まれ、そのうち 6000 万米ドルは JICA の公的融資で賄われている。第 1 段階として、5MW の坑口地熱発電プラントを設置する予定である。50MW の開発には 2 億 5000 万米ドルが必要と見込まれている。²²⁹

5.2.4.8. バイオマス発電

PME には、バイオマス資源のエネルギーポテンシャルは 230,959 TJ/年、12,700 GWh/年に相当すると記載されている。理論上は年間を通じて約 500MW の発電が可能と推定される。バイオマス (サトウキビ) を使用した発電所が南西部のグアヤス県に 2 ヶ所、カニャル県 (Canar) に 1 ヶ所ある。2020 年の総出力は 144.3MW、総有効出力 136.4MW である。

- Empresa San Carlos S.A. (グアヤス県) : 有効出力 73.6MW、発電量 204GWh
- Empresa Ecoelectric S.A. (グアヤス県) : 有効出力 35.2MW、発電量 125GWh
- Eculos A-G, Empresa Coazúcar S.A. (カニャル県) 有効出力 27.6MW、発電量 98GWh

5.2.4.9. バイオガス発電

バイオガス発電所は 2020 年時点で 2 ヶ所あり、総出力は 7.26MW、総有効出力 6.50MW となっている。クエンカ市の固形ゴミ管理を担う EMAC が設立した官民ベンチャーである EMAC-BGP ENERGY CEM は、毎時 400 m³のバイオガスを回収し、メタン濃度は 50%以上である。このバイオガスによるゴミ発電所では第 1 段階で 8,000 世帯が電力供給の恩恵を受け、年間 6 万 t の CO₂ を削減した。年間 14,000 台分の自動車の排出量に相当する。2020 年には出力 1.06MW、年間 5.18GWh を発電している。

また、キトでのバイオガスによる Gasgreen 発電所は、2017 年に 2 台の発電機が稼働し、1 日あたり 40MWh を発電している。第 2 段階では、20,000 世帯への電力供給を目的に 3 台の発電機を追加導入し、2020 年には出力 6.2MW、年間 38.81GWh を発電している²³⁰。

²²⁸ ラテンアメリカでの地熱発電開発を目的に 2016 年発足した基金。 <https://gdflac.com/about/brief-overview/>

²²⁹ <https://www.thinkgeoenergy.com/tag/ecuador/>

²³⁰ https://www.waste.ccacoalition.org/sites/default/files/files/cuenca_city_profile_-_emac_ingles_03_-_2017.pdf

5.2.5. 再生可能エネルギー導入促進にかかる制度と課題

5.2.5.1. 再生可能エネルギー導入促進制度

(1) FIT 制度

エクアドルの FIT 制度の歴史は古く、2000 年の規制 CONELEC-008/00 で適用期間 10 年の FIT 料金が制定された。当時の適用対象技術は 15MW までの PV、風力、バイオガス、バイオガス、地熱と広範で、8~13.6 米セント/kWh であった。2011 年の改訂 (CONELEC-004/11) で、ARCONEL は FIT 料金の適用期間を 15 年に延長するとともに、PV に関し大陸部のオングリッド設備に対しては 40 米セント/kWh、ガラパゴス諸島の設備に対しては 44 米セント/kWh と高い料金単価が設定された。2012 年 12 月にこの制度は一旦廃棄されている。

2013 年 6 月 21 日に新スキームの規制 CONELEC-001/13 が制定された。新スキームでは PV が適用技術から除外され、対象は風力、太陽熱、潮力、バイオマス、バイオガス、地熱、小水力となっている。適用期間はいずれも 15 年で、FIT 価格は適用技術によって、また大陸とガラパゴス諸島で別料金となっている。具体的な FIT 価格は表 5-26 のとおりである。

表 5-26 2013 年の FIT 料金体系表

電源種別	期間	容量	大陸	ガラパゴス
			FIT 価格 (米セント/kWh)	
風力	15 年	全容量	11.74	12.91
PV			25.77	28.34
潮力			32.43	35.67
バイオマス・バイオガス			11.08	12.19
地熱			13.81	15.19
水力		10 MW まで	7.81	
	10 MW – 30 MW	6.86		
	30 MW – 50 MW	6.51		

出所：CONELEC 001/13 (ARCONEL)

CONELEC 001/13 では、2011 年改訂 (CONELEC 004/11) で FIT が適用されている再エネ事業者は、表 5-12 に示す一定額を社会・地域開発事業²³¹に拠出しなければならないルールが加わっている。

表 5-27 CONELEC 001/13 に定められた拠出額

電源種別	容量	米セント/kWh
風力	全容量	2.39
PV		11.8
太陽熱		8.74
潮力		12.77
バイオマス		2.38
バイオガス		1.65
地熱		3.36
水力	30 MW まで	1.89

出所：CONELEC-014/14 (ARCONEL)

その後、2014 年の改訂 (CONELEC-014/14) で、バイオマス (大陸 9.67 米セント/kWh、ガラパゴス 10.6 米セント/kWh)、バイオガス (大陸 7.32 米セント/kWh、ガラパゴス 8.05 米

²³¹ Estado del Buen Vivir

セント/kWh)、30MW以下の小水力発電(6.58米セント/kWh)と、FITの適用対象技術が大幅に縮小された。しかも、バイオマスとバイオガスは合計100MWに達するまでの適用上限が設けられており、現時点では30MW以下の小水力発電のみがFIT対象となっている。現在、再エネ電源の建設コストの低下も相まって、エクアドルにおけるFIT制度は再エネ推進策としての役割を終えたと言える。

(2) ネットメータリング²³²

マイクロジェネレーションPV(pSFV)に対するネットメータリング制度が、2018年にARCONELによって制定された²³³。ここではネットメータリングの下でPVシステムを設置するために設置者が遵守しなければならない規則を定めている。規則では、自家消費以外の余剰エネルギーの送電網への販売は認めないが、住宅所有者や企業が所有地に単一のPVシステムを設置する権利、および配電会社による送電網への接続可能性の調査義務が規定された。システムの最大容量は、住宅用では300kW、産業用では500kWと上限が設定されている。また、ネットメータリングの運用期間には20年の制限がかけられている。供給契約の認可手続き、設置、運用、契約の締結はARCONELが行い、送電網への接続の許可、電力メーターの設置は配電会社が行うこととなっている。2020年末に全国で50軒が設置しており、うち37軒はEE Quito管内である。

5.2.5.2. 再生可能エネルギー大量導入に向けた課題

(1) 出力予測精度の向上

再エネ大量導入に向けての課題としては一般に出力予測精度の向上が挙げられるが、エクアドル本土でこの問題は顕在化していない。水力発電が主体であり、PVや風力発電のように出力変動の大きな再エネが比較的少ないこともあり、再エネ出力予測の精度を発電会社に求める動きは今のところ確認されていない。

一方、ガラパゴス諸島においては、PVや風力発電等の変動性再エネが再エネ電源に占める割合が高く、小規模の系統では出力変動による需給インバランスが顕在化し、電力系統安定度に課題が生じると考えられる。蓄電池を活用したEMSの導入が対策として考えられており、いくつかの蓄電池プロジェクトが実施されている。

(2) 導入促進制度

エクアドルでは再エネ促進のためにいくつかの制度が試みられた。例えば、再エネ開発者は、クリーンエネルギー機器の輸入税免除と5年間の所得税免除を申請することができる。

一方、2013年の規則CONELEC-001/13以降、送電網への接続には、接続可能性調査のために配電会社に返金不可の料金(1MW未満のプロジェクトは5,000米ドル、1MW以上のプロジェクトは10,000米ドル)を支払う必要がある。しかも料金の支払いは、接続を保証するものではない。系統接続が承認されると、総投資額の0.5%の保証金の入金が必要となり、

²³² Resolución No. ARCONEL042/18 <http://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/11/ARCONEL-003-18MICROGENERACION.pdf>

²³³ <https://www.pv-magazine.com/2018/11/13/ecuador-introduces-net-metering-for-solar-up-to-500-kw/>

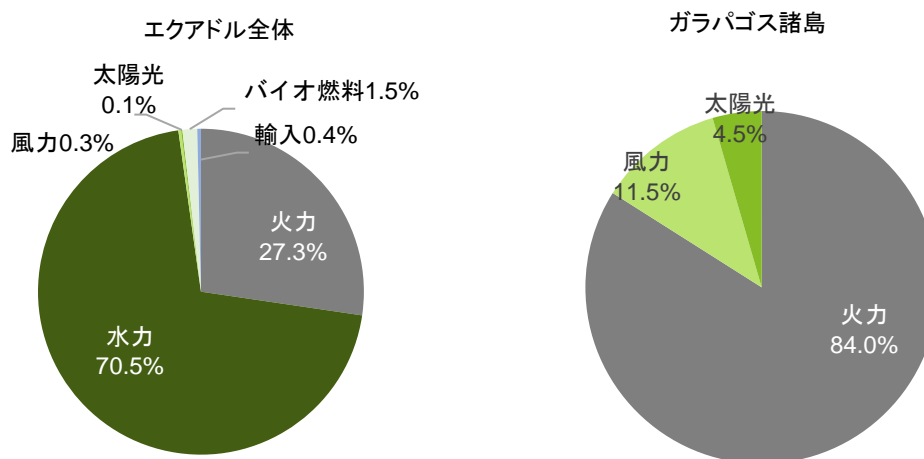
合意された工期で操業を開始したときに返金される。2013 年の CONELEC-002/13 では、500KW 未満の設備に対して 7000 米ドル、500kW 以上 1MW 未満の設備に対して 15,000 米ドルの支払いに加え、接続承認後は総投資額の 1%の保証が必要となっている。今後はこれら連系線整備への資金援助や民間資金活用、発電事業者による連系設備所有・運用保守といったオプションの検討が行われるとの推測もあり、送電線への負担軽減が再エネ促進には必要と考える²³⁴。

Bloque ERNC では、キトとグアヤキルの都市部以外でのプロジェクトに対して、所得税が 12 年間免除され、中でも優先度の高いものや脆弱な地域への投資に対しては、免除期間が 15 年となる。キトおよびグアヤキル地域では新規投資にかかる所得税を 8 年間免除する。また、資本財・原材料にかかる外貨出納税の免除や、商品の輸入、サービスの取得、資金調達、配当金や利益、株式・権利・参加権の取得のための支払いに対する税金の免除など導入促進策が強化されている。送電線接続手続きについては未確認である。

5.2.6. ガラパゴス諸島での取り組み状況

5.2.6.1. ガラパゴス諸島における電力需給

エクアドルの電力セクターには図 5-26 と図 5-26 に示すとおり、大陸部とガラパゴス島嶼部で、電源構成やセクター別の電力消費割合に大きな違いがある。ガラパゴス島嶼部は、水力電源がなく再エネ比率が大陸部に比べ著しく低い点、産業用負荷の占める割合が小さい点が大きな特徴である。

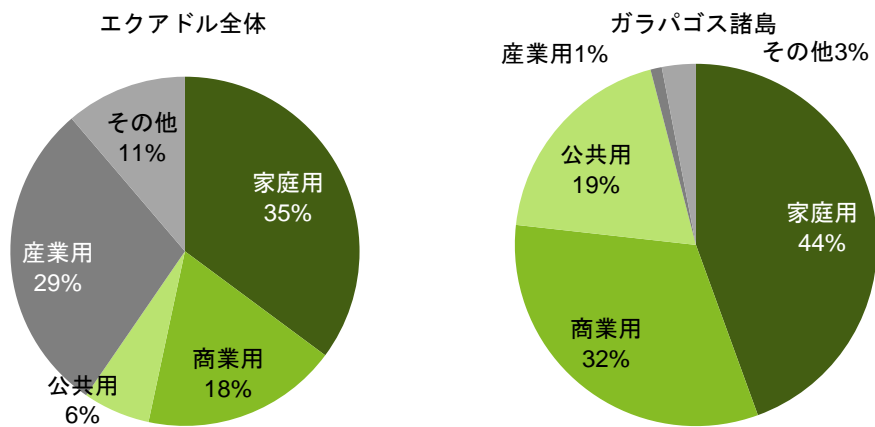


出所：PMW のデータ²³⁵を基に JICA 調査団作成

図 5-25 エクアドル全体とガラパゴス諸島の電源種別発電量比率（2018 年）

²³⁴ Electricity Regulation in Ecuador-Lexology Nov.6, 2018

²³⁵ http://laccei.org/LACCEI2019-MontegoBay/full_papers/FP170.pdf



出所：PMW のデータ²³⁶を基に JICA 調査団作成

図 5-26 エクアドル全体とガラパゴス諸島の部門別電力消費量比率 (2010 年)

本土が水力発電の恩恵を受けているのに対し、ガラパゴス諸島はまだ主にディーゼル発電機に依存している。EE Galapagos への聞き取りでは、2020 年の実際の電力コストは本土から運搬する燃料に依存した発電コスト 20.56 米セント、配電コスト米 15.15 セントで、合計 35.71 米セント/kWh だが、電気料金からは平均 10.48 米セント/kWh しか回収できず、kWh あたり 25 米セント程度の赤字となり、年間 14.1 百万米ドルが政府より補填されている。

ガラパゴス諸島へは、全ての燃料をほぼ毎日、小型タンカーでエクアドル本土から輸送している。年間 600 万 t 以上のディーゼル燃料に相当し、そのうちの 30% が発電に使われ、年間合計で 2 万 t 以上の CO₂ を排出している。また、タンカーからの燃料流出事故が頻発しており、環境破壊の危険性の高さも課題である。

2018 年のガラパゴス諸島の発電設備を表 5-28 に示す。火力 21.38MW、風力 4.65MW、PV 2.58MW、合計 28.62MW で、再エネ比率は容量ベースで 25.3% である。発電設備は EE Galapagos が所有しているが、火力発電所は CELEC が委託を受けて運転・管理している。

表 5-28 ガラパゴス諸島の島別発電設備容量 (2018 年)

島名	火力	風力	PV	合計	蓄電池
San Cristobal	7.1 MW	2.40 MW	0.01 MW	9.51 MW	
Santa Cruz-Baltra	11.85 MW	2.25 MW	1.60 MW	15.70 MW	鉛 0.5MW/4.03MWh リチウム 0.5MW/0.27MWh
Isabela	2.10 MW		0.96 MW	3.06 MW	リチウム 0.66MW/0.33MWh
Floreña	0.24 MW		0.03 MW	0.27 MW	鉛 0.07MW/0.38MWh
合計	21.38 MW	4.65 MW	2.60 MW	28.64 MW	

出所：PME 2016-2025 および ARCENRR 提供資料を基に JICA 調査団作成

ガラパゴス諸島では、人口の 83% が都市部、17% が農村部に住む (2018 年)。電力設備は 5 つの島の都市部を中心とした限られたエリアに施設されており、配電線が 14 回線ある。

²³⁶ 同上

表 5-29 ガラパゴス諸島の島別電力負荷関係情報

	サンタクルス島 バルトラ島	サンクリスト バル島	イザベラ島	フローレナ島	合計
人口(2018年)	19404	9167	2918	111	31600
電力需要家数 (2019年)	7770	3792	1417	94	13073
配電線数	8 内バルトラ島3	3	2	1	14
ホテル数	3	82	8	2	246
最大電力 (MW)	6.65	3.39	1.37	0.077	11.487
負荷率	0.35~0.72	0.63~0.70	0.51~0.53	0.5	0.6
EV 台数	169	32	5	0	206
EV 充電所数	0	0	0	0	0

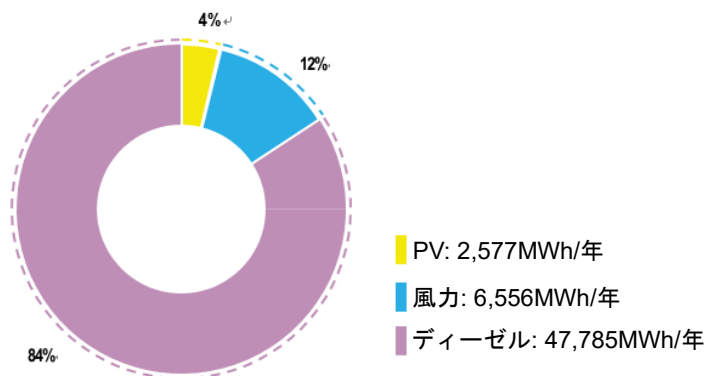
出所：JICA 提供資料



出所：PME 2016-2025

図 5-27 ガラパゴス諸島の電力設備（2018年）

図 5-28 に示すとおり、2018年の総電力量 56,898MWh のうちの 16%が再エネ由来である。

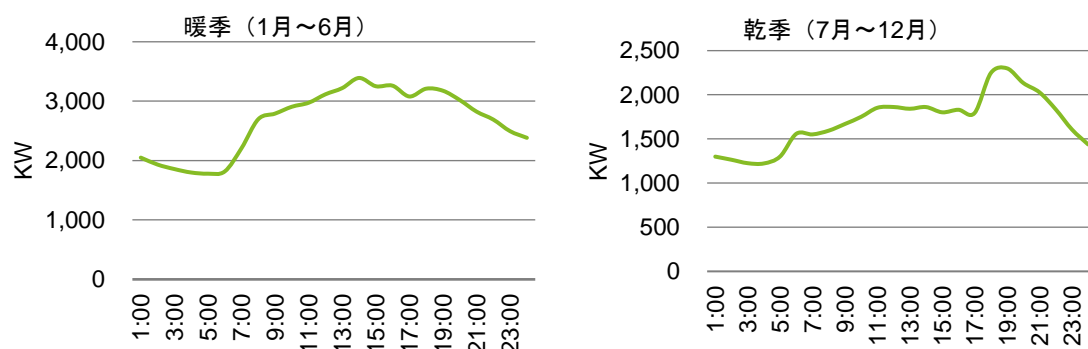


出所：PME 2016-2025

図 5-28 ガラパゴス諸島の年間電力量（2018年）

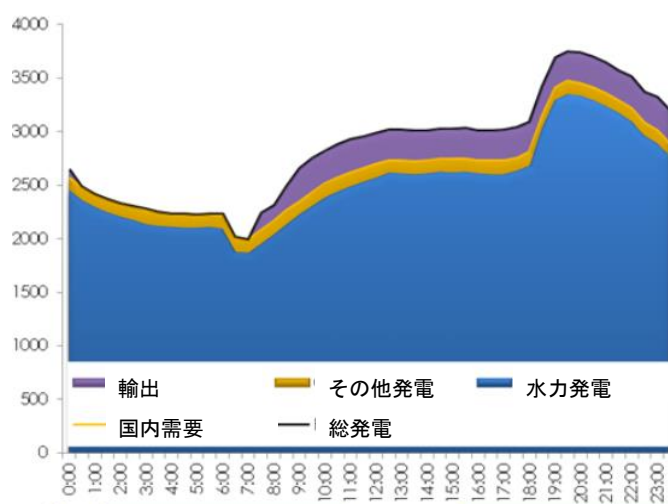
なお、日負荷曲線でサンクリストバル島のデータ（図 5-29）と本土の現状データ（図 5-30）

を比較したが、顕著な違いは見られない。ただし、乾季にはPVの出力が期待できる朝7時から夕方までの需要がそれほど増えず、夕刻17時以降に需要が増えるケースも見られた。ガラパゴス諸島における電力需要は前述のとおり家庭用と商業用が多くを占めており、夕刻のピーク形成には家庭に加えて、ホテル需要も影響している。



出所：JICA 提供資料

図 5-29 サンクリストバル島の日負荷曲線²³⁷



出所：CENACE ウェブサイト (2022年1月2日)

図 5-30 エクアドルの日負荷曲線²³⁸

5.2.6.2. ガラパゴス諸島における再エネプロジェクト

(1) 過去のプロジェクト

2007年に完成した Global Sustainable Electricity Partnership²³⁹の San Cristobal Wind プロジェクトによる 2.4MW 風力発電設備がガラパゴス諸島での再エネの先駆けである。同プロジェクトは 2015 年までにサンクリストバル島の 21.5%の電力を供給した。8 年間の運営後、風力発電所の所有権は 2016 年 3 月に EE Galápagos に譲渡されている。同島の 2018 年の発電

²³⁷ 年月日は不明。

²³⁸ 日々更新されるため過去分は入手不可。掲載の図は 2021 年 3 月 23 日 (火) のもの。

²³⁹ 世界の電力会社有志による非営利団体で、旧称 E7。

設備は、1991年に設置された設置容量 8.99MW、有効容量 7.19MW の火力発電所と、上記の風力発電所 2.4MW および 13kW の PV 設備である。2018年の電力量は火力 12,681 MWh、風力 2,843MWh、PV 10MWh であり、再エネ比率は 18.3%である。San Cristobal Wind プロジェクトが稼働して以降、ガラパゴス諸島の他の島々にもいくつかの再エネプロジェクトが設置された。

表 5-30 ガラパゴス諸島における再エネプロジェクト (2018 年)

プロジェクト名	Parque Eolico San Cristobal	Parque Eoloco Baltra	Planta Fotovoltaica Baltra	Planta Fotovoltaica Puerto Ayora	Proyecto Sistema Hibrido Isaberia	Floarena
場所	サンクリストバル	バルトラ	バルトラ	サンタクルス	イザベラ	フローレナ
完成年	2007	2014	2016	2014	2018	2014
システム	風力(3×800 kW)、PV (13kW、設置年不明)	風力(3×750 kW)	PV(67kW)、蓄電池 (1MW/4.3MWh)	PV(1500kW)	PV(922kW)、蓄電池 (660kW/333kWh)	PV(21kW)、鉛電池 (69kW/380kWh)

出所：Global Sustainable Electricity Partnership 資料等を基に JICA 調査団作成

ガラパゴス諸島では島ごとのマイクログリッドで電力供給されているが、その中で最も規模の大きい電力システムはサンタクルス島とバルトラ島を結ぶシステムである。両島は 34.5kV の海底ケーブル 54.1km で接続されている。電源として、サンタクルス島では設置容量 14.81MW・有効電力 11.85MW の火力発電所が 1990 年から稼働している。また、PV システムは 2014 年に 1.5MW である。バルトラ島には 2014 年に風力発電システム 2.25MW が設置された。また、2016 年に日本政府の補助金プログラム Planta Fotovoltaica Baltra により設置された 67kW の PV、およびリチウムイオン二次電池 (500kW、268.07kWh) と鉛蓄電池 (500kW、4,032kWh) の計 1MW・約 4.3MWh の蓄電システムがある²⁴⁰。これはリチウムイオン電池が主に風力発電の短周期出力変動の自動補正用に設計され、鉛蓄電池は余剰の風力発電出力を蓄える長周期変動対策として設計され、運転者の要求に応じて充放電している。

イザベラ島には、2018 年 8 月に発電システム (ハイブリッド発電所) が稼働した。これは、Siemens コンソーシアムがドイツ復興金融公庫 (KfW) による支援の下で設置したもので、922kW の PV、最大 660kW の蓄電システム、1625kW の発電能力を持つデュアルバイオ火力発電所を導入している。松の実油とディーゼルの両方使用可能な火力発電所を含め、完全自動制御の下で稼働している²⁴¹。

フローレナ島には、2010 年に建設された定格 0.29MW・有効電力 0.23MW のデュアル燃料式火力発電所、2014 年 6 月から稼働している設置容量 0.021MWp の Perla Solar 発電所および鉛蓄電池による 69kW/380kWh のエネルギー貯蔵システムがある。

²⁴⁰ 富士電機プレスリリース (2015 年 8 月 31 日) <https://www.fujielectric.co.jp/about/news/detail/2015/20150831103015013.html>

²⁴¹ EE ガラパゴス社ウェブサイト <http://www.eleccgalapagos.com.ec/newsite/sistema-hibrido-isla-isabela/>

(2) 計画中のプロジェクト

2020年6月に Conolophus プロジェクトが公示された²⁴²。PV 14.8MW および 40.9MWh の蓄電池をバルトラ島に新たに設置し、同島に系統接続されているサンタクルス島のディーゼル発電の燃料消費を削減するものである。25年の BOT 契約で初期投資は 63 百万米ドルである。2020年8月に5社²⁴³が入札権利を取得している。入札の最終結果は2021年8月に、Asociación Gran Solar Total Eren 社の1社入札となり、同社の落札が決定している。このプロジェクトは2025年に完成予定である。

PME に掲載のガラパゴス諸島での再エネプロジェクトを表 5-31 に示す。2022年に53%、2026年に56%の再エネ比率を計画目標としている。再エネと蓄電システムの最適運用を目的としたプロジェクトも計画に含まれている。ただし、IDB の説明では様々なドナーによる計画が乱立した状況で、全体計画の司令塔役が必要とのことである。

表 5-31 2020 年以降のガラパゴス諸島の再エネプロジェクト計画

島名	時期	種類	完成予定年	容量	設備利用率	建設費 (百万米ドル)
San Cristobal	短期	PV	2020年	1.0MWp	21%	8.5
	短期	蓄電システム	2020年	1.4MWh		
	短期	自動化システム	2020年			0.5
	短期	風力2期	2022年	5.6MW	15%	12.3
	短期	PV	2022年	2.2MWh		1.3
	中期	PV	2024年	2.5MWp	19%	5.71
Santa Cruz- Baltra	短期	Baltra 風力2期	2022年	6.75MW	23%	14.8
	短期	PV	2022年	4MWp	20%	9.14
	短期	蓄電システム	2022年	30MWh		18
	短期	スマートグリッドシステム	2022年			2.26
	中期	Baltra 風力3期	2025年	2.75MW	18%	6.03
	中期	PV	2025年	1.5MWp	21%	3.43
Isabela	中期	蓄電システム	2025年	10MWh		6
	短期	PV	2021年	0.8MWp	20%	1.82
	短期	蓄電システム		1MWh		1.5
	短期	PV	2023年	0.5MWp	23%	1.14
	短期	蓄電システム		7.1MWh		4.26
	中期	PV	2025年	0.5MWp	23%	1.42
Florena	中期	蓄電システム		4.3MWh		2.58
	短期	PV	2020年	0.09MWp	20%	0.31
	短期	蓄電システム		0.384MWh		0.33
	中期	PV	2023年	0.08MWp	20%	1.83
合計						103.16

出所：PME 2016-2025

²⁴² PV Magazine 記事 <https://www.pv-magazine.com/2020/08/26/five-bidders-for-ecuadors-solarstorage-tender/>

²⁴³ Canadian Solar Conolophus 社 (中国)、Gransolar-Total Eren 社 (スペイン・フランス)、Votalia SA/EPA:VLTSA 社 (フランス)、Woojin Industrial Systems 社 (韓国) と Energy Flex 社 (オーストラリア) のコンソーシアム、Scatec Solar-Energy Flex 社 (ノルウェー)

5.3 送電部門

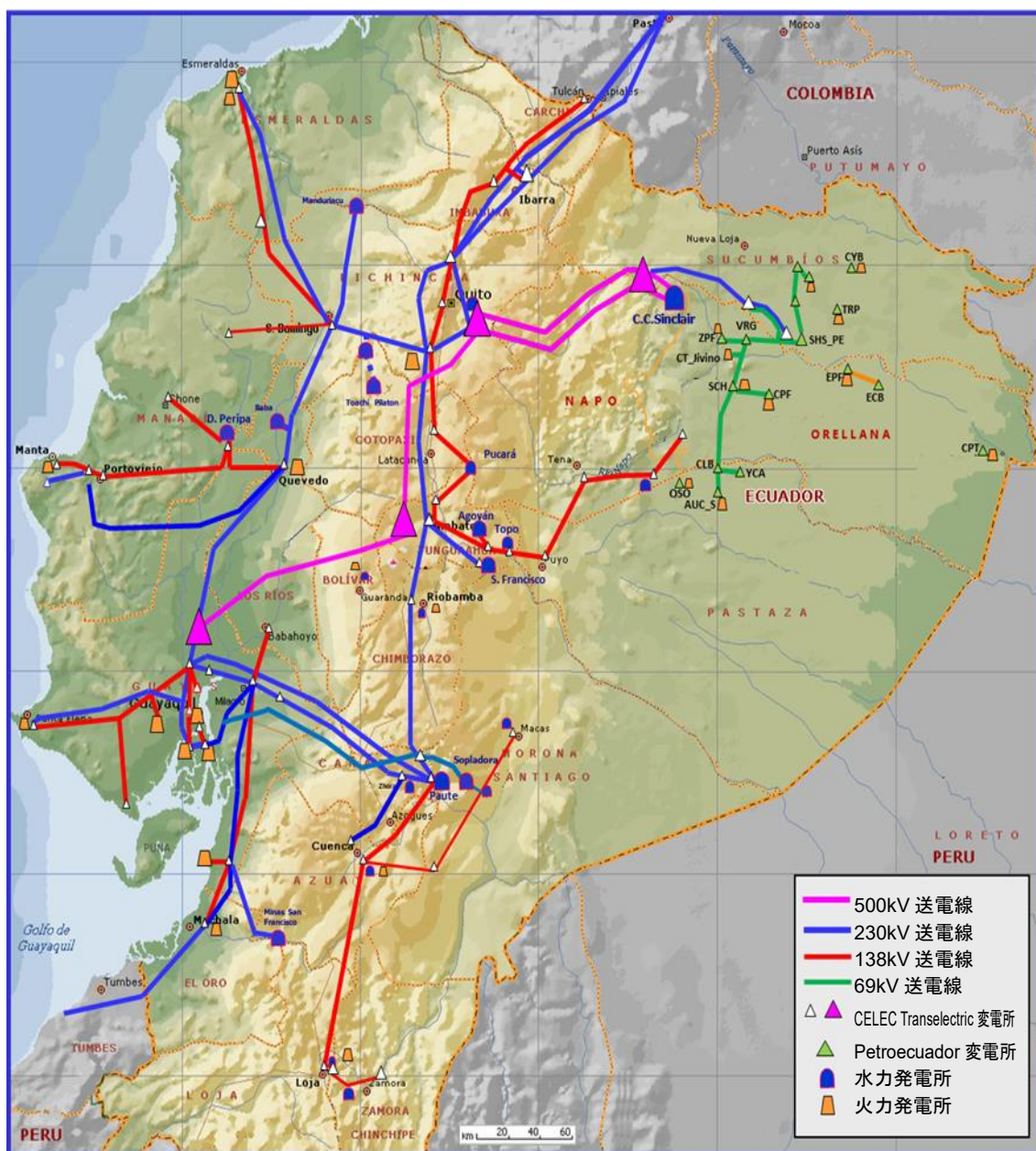
5.3.1. 送変電設備の現状

(1) 変電設備

エクアドル国内には 2018 年時点で 500kV、230kV、138kV からなる約 5,700km の基幹系統²⁴⁴が構築されている。北東部地域は地域独自の火力発電システムにより供給されており、これを基幹系統に接続している。この 300MW の化石燃料発電を解消すること、および 350 百万米ドルの燃料費削減が当面の課題である。

主要送電線網を図 5-31 に示す。同図は、2020 年 12 月現在の地図上で主要送電網を示しており、送電線、変電所、開閉所、コロンビア・ペルーとの国際連系線から構成される。500kV 系統は、首都キト市街地から北東部にある San Rafael までと、キトから 100km ほど南部にある Ambato から、エクアドルの最大の都市にして最大の港湾都市であるグアヤキルまで接続されている。また、国境を越えて北部はコロンビアと 230kV 系統・138kV 系統で繋がれており、南部はペルーと 230kV 系統送電線で繋がれている。

²⁴⁴ Plan Maestro de Electroicidad 2018



出所：CELEC 提供資料

図 5-31 主要送電網

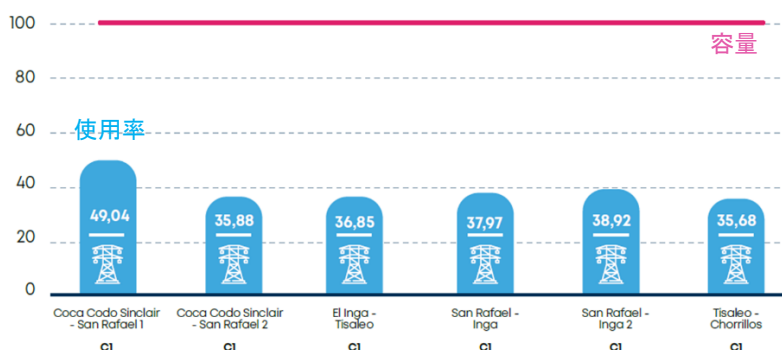
図 5-31 の送電線のうち 500kV 送電線一覧を表 5-32 に示す。

表 5-32 500kV 送電線一覧表

線路名	電圧 (kV)	亘長 (km)	容量 (MVA)	回線数 (No.)	導体	
					形式	口径
San Rafael - Inga C1	500	123.90	1732.1	1	ACAR	4 x 1100
San Rafael - Inga C2	500	123.50	1732.1	1	ACAR	4 x 1100
Coca Codo - San Rafael C1	500	8.30	1732.1	1	ACAR	4 x 1100
Coca Codo - San Rafael C2	500	8.30	1732.1	1	ACAR	4 x 1100
El Inga - Tisaleo	500	149.30	1732.1	1	ACAR	3 x 1100
Chorrillos - Tisaleo	500	200.00	1732.1	1	ACAR	3 x 1100

出所：PME 2016-2025

送電線の使用率を図 5-32 示す。各容量に対して 35~50%であり、運用上余裕がある。



出所：ARCERNR “Atlas Del Sector Electrico Ecuatoriano 2020”

図 5-32 送電線の使用率

230kV 送電線や 138kV 送電線は回線数が多いため送電線一覧表は省略するが、SNI 送電線の各電圧別の全亘長として 500kV 送電線も含め表 5-33 に示す。500kV 送電線が C1、C2 と 1 回線が 2 つある送電線は、事故時 C1 か C2 の一方で送電可能であるが、一部 500kV 送電線や 230kV、138kV 送電線も 1 回線の箇所が多く、送電線事故時バックアップ回線がなく停電を余儀なくされることが懸念される。

表 5-33 送電線電圧別全亘長

電圧 (kV)	1 回線	2 回線
500kV	610.00km	—
230kV	1,592.08km	2,001.66km
138kV	1,630.63km	681.44km
合計	3,832.71km	2,683.10km

出所：ARCERNR “Atlas Del Sector Electrico Ecuatoriano 2020”

(2) 変電設備

エクアドルの変電設備は、51 ヶ所の変電所と 4 ヶ所の移動式変圧器で構成されている。500kV と 230kV の変電所は、複母線方式で、片方の母線に事故があっても変電所が全停にならず、またメンテナンスによる機器の停止時にも送電できる信頼性を考慮した方式を採用している。

138kV と 69kV の変電所は、点検用の予備母線を付加した方式を採用しており、母線事故には対応できないケースもあるが、事故部位を切り分けることで送電を中断することなくメンテナンスすることが可能である。また、従来の気中変電所が主流だが、小規模な変電所では、SF6 絶縁ガスを採用したコンパクトな遮断器等を備えた変電所もある。

国内の変電所は、約 160 台の変圧器があり、合計すると最大容量 15,352.63MVA となる。各電圧別の台数は表 5-34 のとおりである。

表 5-34 電圧別変圧器台数

電圧 (kV)	三相 (台)	単相 (3 相で 1 台)
500/ 230	—	7
230/ 138	46	7

230 / 69	17	6
138 / 69	38	35
138 / 34.5	—	1
138 / 22	—	1
138 / 13.8	—	2
合計	101	60

出所：PME 2016-2025

(3) 変電所設備による系統安定化対策

電圧安定化を目的に、系統のいくつかの変電所に無効電力調整のための進相コンデンサと分路リアクトルを設置している。進相コンデンサ容量とその設置された変電所を表 5-35 に示す。進相コンデンサは力率が下がって電圧が低下した場合に使用すると位相を戻し、電圧安定化に寄与する。変電所 18 ヶ所に合計 618MVar の容量がある。

表 5-35 進相コンデンサー設置箇所一覧

変電所名	電圧 (kV)	バンク数	単機容量 (MVar)	総容量 (MVar)
Las Esclusas	230	2	60	120
	138	1	30	30
Pascuales	138	2	60	120
San Gregorio	138	1	30	30
Santa Rosa	138	3	27	81
Caraguay	69	2	12	24
Dos Cerritos	69	2	12	24
Esmeraldas	69	2	12	24
Loja	69	1	12	12
Nueva Prosperina	69	1	12	12
Pascuales	69	2	12	24
Portoviejo	69	3	12	36
Posorja	69	2	6	12
Santa Elena	69	1	12	12
Ibarra	13,8	6	2	12
Machala	13,8	6	2	12
Milagro	13,8	1	18	18
Policentro	13,8	2	6	12
Tulcán	13,8	1	3	3
合計		41	—	618

出所：ARCERNR (2021) “Estadísticas Anual y Multianual del Sector Eléctrico Ecuatoriano 2020”

次に、表 5-36 に分路リアクトル容量とその設置された変電所を示す。分路リアクトルは、進相コンデンサと逆に進相無効電力を補償することにより、電圧上昇を抑えて電圧の安定化に寄与する。

表 5-36 分路リアクトル設置箇所一覧表

変電所名	電圧 (kV)	リアクトル数	単機容量 (MVar)	総容量 (MVar)
El Inga	500	1	30	30
Pomasqui	230	1	25	25
Molino	13.8	2	10	20
Pascuales	13.8	2	10	20
Riobamba	13.8	1	10	10
Santa Rosa	13.8	2	10	20
Totoras	13.8	1	10	10
El Inga (L/T San Rafael - Inga)	500	2	30	60

San Rafael (L/T Tisaleo - Chorrillos)	500	2	30	60
Tisaleo (T/L Tisaleo - Chorrillos)	500	1	30	30
Chorrillos (T/L Tisaleo - Chorrillos)	500	1	120	120
合計				405

出所：ARCERNR (2021) “Estadísticas Anual y Multianual del Sector Eléctrico Ecuatoriano 2020”

5.3.2. 送変電設備の改修・新設計画

(1) 送変電設備の改修方針

一般に主要変圧器は、製品寿命が 25~35 年程度であり、過負荷になると温度上昇によって製品寿命が短くなるため、CELEC Transelectric では 70%以上の負荷の変圧器をリストアップし、変圧器の増設計画を立てている。また、運転開始後 30 年経過した変圧器も合わせてリスト化しており、老朽化した変圧器の取替計画を立てている。

また、送電線に対して、N-1（単一事故時）のルールに則り、事故に伴い 1 回線が利用できない場合、例えば、4 回線の場合は、 $4-1=3$ の 3 回線で、2 回線の場合は 1 回線で送電できるように設計されている。しかし、年数の経過による負荷増加に伴い、2 回線のうち 1 回線が事故で送電できない場合、もう一方の回線では高負荷となり、その送電線の温度限界を超えることがある。CELEC Transelectric では、表 5-37 に示すように、リストアップして対策を検討し、改修方針も示しており、十分な送変電設備の品質維持を行っていると考えている。

表 5-37 1 回線事故・変圧器過負荷時の送電線負荷 (%) および対策

送電線	2020		2021	対策
	上期	下期	上期	
C1 Cuenca - Yanacocha 138 kV	148			1 回線事故の場合、送電線が負荷制限を超えるため、Delsitanisagua 地点の負荷再配分と保護方法を検討し解消される
C2 Cuenca - Yanacocha 138 kV	141			
C1 Mulalo - Santa Rosa 138 kV				隣接する送電線が事故の場合、本線が 100% 負荷を超え、2021 年に緊急制限を超えるが、Tanicuchí 変電所が新設されるため解消される
C1 Ambato - Totoras 138 kV		126	146	
C1 Pascuales - Policentro 138 kV		117		負荷再配分により負荷電流が増加する。緊急制限を超えていないが、2021 年下期に Orquídeas 変電所に再配分されるため解消する
C2 Pascuales - Policentro 138 kV		117		
C2 Molino - Zhoray 230 kV	122			Molino 変電所変圧器停電により C2 Molino - Zhoray 230 kV と C2 Taday - Molino 230 kV 送電線がそれぞれ停電の場合、負荷制限を超えるが、変電所が通常状態に戻るため一時的な保護方法の検討のみ必要である
C2 Taday - Molino 230 kV	145			
C2 Molino - Zhoray 230 kV	111			Molino 変電所変圧器負荷増減により一時的に送電線が過負荷になるが、変電所が通常状態に戻るため一時的な保護方法の検討のみ必要である
C2 Taday - Molino 230 kV	137	113		
C1 El Inga - San Rafael 500 kV		112	122	Salitral 変電所の変圧器の過負荷による。2021 年下期に Nueva Salitral 変電所と Orquídeas 変電所に負荷が再配分されるため解消する
C1 El Inga - San Rafael 500 kV		115	110	
C1 Ambato - Totoras 138 kV			121	Ambato 変電所変圧器取替工事を 2022 年に予定

出所：PME 2016-2025

(2) 建設・計画中の送変電設備

2018 年時点で、変電所や送電線の拡充として、次の地点のほか多数の拡充計画が挙げられている。

- Subestación Tisaleo : 500/230 kV ・ 450 MVA
- Subestación Shushufi : 230/138 kV ・ 300 MVA
- Línea de transmisión Milagro – Machala 230 kV, segundo circuito (C1)
- Línea de transmisión Taday – Punto de seccionamiento 230 kV, 10 km, doble circuito

また、長期的には、2ヶ所の 500kV 送電線の接続とそれに関係する 500kV 変電所の建設や 230kV からの昇圧等も含まれる。

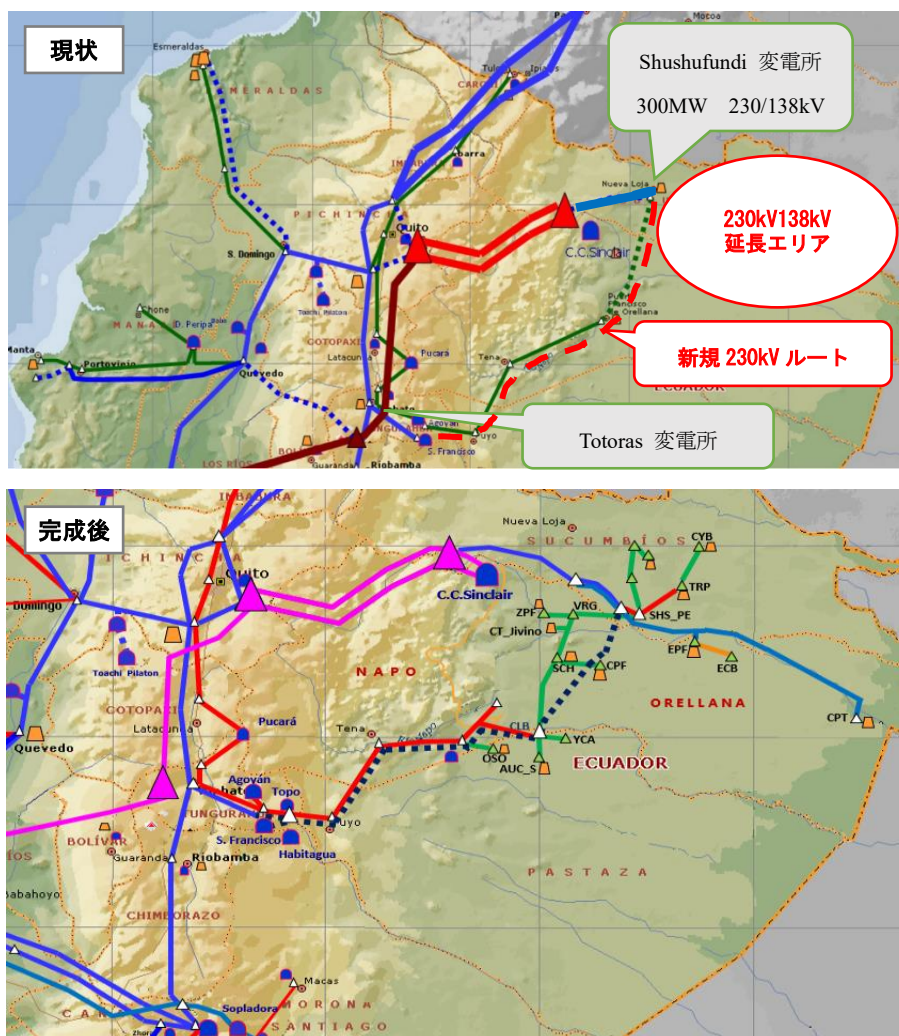
(3) オリエンテ北東部地域への送電線延長計画

国有石油会社 Petroamazonas が所有する発電設備等、オリエンテ北東部の石油関連施設の発電所は SNI に接続されていないものが多数存在する。これらオフグリッド火力発電設備を SNI に接続し、火力から系統電力を主とする電力供給へと移行するための送電線延長計画が検討されている。

2018 年に運転開始した Shushufundi 変電所 (230kV/138kV) の二次側から 138kV 送電線を北東部地域に延長し、分散している石油火力発電設備に接続する。SNI に接続された発電所は廃止せず、運転時間の縮小により燃料の消費削減が期待される。このプロジェクトには民間投資が期待されており、早ければ 2021 年 12 月にも公示され、2022 年に競争入札が行われる予定である²⁴⁵。図 5-33 の現状図にある吹き出しで囲んだ 230kV ・ 138kV 延長エリアが主たるオングリッド化の対象エリアである。

加えて、CELEC では南部の Totoras 変電所より Shushufundi 変電所まで 230kV 送電線新規ルート計画も構想されている。これは Totoras 変電所から既設の 138kV 架空送電線のルートに沿うような形で Coca 変電所を経て前述の Shushufundi 変電所へと新たなルートを延伸する案で、全長約 240km、工事費は 100 百万米ドルと見積もられている。これによりオリエンテ北東部地域への供給ルートを Coca Codo Sinclair 水力発電所の電源喪失時にも南回りで確保することができる。この計画は PME に記載されていないが、CELEC からは実現に向けたドナーからの協力を期待する声があった。しかしながら、Coca 変電所以北の鉄塔用地が確保できているわけではなく、また需要家の分散した地域での用地確保や社会的影響を含めた環境影響度の評価等に大きな困難が予想される。

²⁴⁵ <https://www.celec.gob.ec/transselectric/images/documentostrans/Plan%20expansion%202013%20-%202022/parte%201.pdf>



出所：CELEC 提供資料を JICA 調査団加工
 注：赤い丸は石油設備のエリアで、青い点線が新規 230kV ルート

図 5-33 アマゾン北東部地域の送電線計画

5.3.3. 系統運用システムの現状と課題

5.3.3.1. 系統運用状況

系統運用は 24 時間年中無休で 8 時間毎に、5 つのシフトで各 4 人のオペレーターが運転している。しかし、人員の制限により、新しいスキームとして 3 人のオペレーターによる運用に見直し中である。また、オペレーターのトレーニングは、トレーニング用シミュレーターを ONE-CENACE で保有しており、発生可能性のある事故を模擬的に想定したトレーニングを行っている。

変電所の無人化について、一部の新しい変電所では半有人化もされており、すべての時間帯に運転員がいるわけではない。主要な遮断器や中央給電センターからの安全なリモートコントロールを確保する必要がある。

技術面では、系統安定化対策として、周波数の安定や電圧の安定等を考慮する必要がある。周波数に関しては、30 秒から 30 分程度で実施する需給バランスの調整と、突発的な外乱に

対応するため 20 秒から 30 秒程度で実施する調整も必要だが、瞬動予備力として Coca Codo Sinclair 水力発電所のユニットを考慮している。また、電圧安定として電力と電圧の関係を示す P-V 曲線から安定領域で運用を行い、不測の事態に対しては設備面で送電線や変圧器に余力を持たせる N-1 ルールを活用しており、系統運用面で特に課題は見られない。

規制 ARCERNNR-001/2021 は、「規制対象となる電気エネルギー消費者の自給のための分散型発電の規制的枠組み」を規定している。家庭・商業・産業・公共用等、料金の種類によって分類された消費者に対し、双方向の電力メーターを使用して、再エネの生産量から消費量を差し引いた純需要を測定するネットメタリングによる分散型発電の普及を規定する（5.2.5.1 参照）。

規制 ARCERNNR-002/2021 は、「発電活動を行う権限を持つ企業の分散型発電への参加に関する規制の枠組み」を規定する。PME での計画有無や規模で分散型発電を 4 つに分類し、それぞれの承認手続きや ONE-CENACE による系統運用上の扱いを定めている。

5.3.3.2. 系統運用にかかる課題

大型蓄電池や揚水発電所等のエネルギー貯蔵施設の計画について ONE-CENACE に確認した結果、現在、国家相互接続システムにおけるエネルギー貯蔵技術の可能な適用を定義するための予備力の分析を実施しており、MERNNR が長期的なシステム計画の分析を行っているとのことであった。また、大型エネルギー貯蔵システムについても、ガラパゴス諸島の系統システムで限定的に小規模な蓄電池システムが設置されているのみで、大型規模システムは計画されていない。

今後、PV や風力発電など水力以外の分散型再エネ電源が増加すれば、天候による供給力の大幅な変動や事故時分散電源の離脱に伴う事故被害の拡大が心配される。それらを防ぐため、大型蓄電池や揚水発電所によるエネルギー貯蔵施設の設置は必要不可欠である。

揚水発電所特に可変速揚水発電所なら、フライホイール効果により、回転体にエネルギーが蓄積できるほか、周波数調整や PV で発生する余剰電力を吸収し、外乱等に対する瞬動予備力としても利用価値が高い。設備の建設に時間がかかるため、今のうちに計画を立てることが将来的な系統安定に繋がる。



出所：JICA 調査団撮影

図 5-34 ONE-CENACE の中央給電センター

5.3.4. 国際連系線の整備状況・計画

5.3.4.1. 整備状況

コロンビアとの国際連系線は、全長 272.63km の 230 kV 送電線 2 回線で、エクアドル側の Pomasqui 変電所とコロンビア側の Jamondino 変電所が最大 525MW の容量を送電できる。

コロンビアとの電力系統は同期系統で、電力輸出入には十分な容量を確保している。

一方、ペルーについては、全長 53.19 km の送電線で、エクアドルの Machala 変電所とペルー側の Zorritos 変電所間を 230kV 送電線 2 回線で相互接続しており、最大 110MW の送電が可能である。ペルーとの電力系統は非同期運用となっている。輸出の際は、ペルー側が系統を操作し、エクアドルの電力系統にペルーの電力系統の一部を取り込む形となるよう、エクアドル側に一部系統を分割している。

5.3.4.2. 整備計画

コロンビアとの国際連系線については、現時点で新たな整備計画はない。一方、ペルーとの国際連系線は、上記の 230kV 連系線には最大 110MW の送電容量しかないことから、さらなる国際連系強化に向けた新規 500kV 国際連系線計画が、IDB の支援を得て最終設計段階にある。この計画ではエクアドルの Pasaje 変電所とペルーの Piura 変電所の間約 400km を 500kV の交流送電線で接続する。²⁴⁶ 第 1 段階として 500kV 送電線 1 回線で送電容量 600MW、第 2 段階として 2 回線化し最大送電容量 1200MW とする計画である。この計画はコロンビア、エクアドル、ペルー、ボリビア、チリを繋ぐアンデス国際電力連系システム (SINEA) の一部に位置付けられており、将来的には主要な電力取引先であるコロンビアとペルーだけでなく、チリ、ボリビアを含む 5 ヶ国の国際電力連系システムを目指している。今後、電源接続ルールや事故時の普及手順等の系統運用ルール、また取引量・価格等の電力取引ルールをグリッドコード等に定めて、広域的に整合を図る必要がある。グリッドコードを系統連系する発電事業者等に遵守されなければ国際的な系統運用は困難であり、ONE-CENACE の系統運用関係者の技術向上とルール定着も課題である。

5.4 配電部門

5.4.1. 既設の配電設備の現状

エクアドルにおける電気エネルギーサービスの提供は、11 の事業部門を持つ CNEL と 9 つの地域電力会社とによって行われている。配電設備の変電所数と変電所容量を表 5-38 に示す。357 ヶ所の変電所があり、全変電所容量は 7,932MVA である。表 5-34 で示した変圧器は CELEC Transelectric の所管であり配電用変電所と異なる。

表 5-38 CNEL および地域電力会社の変電所数および容量 (2020 年)

配電会社	変電所数	変圧器数	変電所容量 (MVA)
昇圧変電所			
EE Galápagos	6	24	36.57
EE Quito	1	1	6.99
降圧変電所			
CNEL-Bolívar	6	8	76.25
CNEL-EI Oro	18	26	404.00
CNEL-Esmeraldas	15	16	233.00
CNEL-Guayaquil	41	58	1,360.00
CNEL-Guayas Los Ríos	38	46	750.50
CNEL-Los Ríos	10	10	164.00

²⁴⁶ 過去にはエクアドルのマチャラ (Machala) 変電所とペルー側のチョリトス (Zorritos) 変電所間を 500kV に昇圧する計画もあった。

CNEL-Manabí	30	40	539.65
CNEL-Milagro	14	16	252.50
CNEL-Santa. Elena	17	20	255.00
CNEL-Santo Domingo	15	20	260.25
CNEL-Sucumbíos	9	11	143.75
EE Ambato	18	26	360.50
EE Azogues	2	2	32.50
EE Centro Sur	15	25	505.50
EE Cotopaxi	9	15	131.90
EE Galápagos	1	1	10.00
EE Norte	16	18	226.25
EE Quito	44	59	1,864.00
EE Riobamba	11	12	137.50
EE Sur	21	25	181.35
合計	357	477	7931.96

出所：ARCERNNR (2021) “Estadísticas Anual y Multianual del Sector Eléctrico Ecuatoriano 2020”

配電線は電圧レベルが 46kV、69kV、138kV（CNEL および地域電力会社も CELEC と同じ電圧 138kV の電気設備を保有）のものを高圧レベルと称しており、表 5-39 に示すように 2020 年には、各 CNEL 事業所と各地域電力会社ともに配電線互長として、およそ 1 回線配電線が 5,409km、2 回線配電線が 139km となっている。

表 5-39 CNEL 事業所と各地域電力会社の配電線網互長（2020 年）

配電会社	電圧	互長 (km)	配電会社	電圧	互長 (km)
1 回線		5,408.90	2 回線		138.93
CNEL-Bolívar	69	195.26	CNEL-El Oro	69	39.17
CNEL-El Oro	69	153.16	CNEL-Manabí	69	27.66
CNEL-Esmeraldas	69	379.85	EE Cotopaxi	69	32.66
CNEL-Guayaquil	69	277.28	EE Quito	138	19.80
CNEL-Guayas Los Ríos	69	488.02		46	11.76
CNEL-Los Ríos	69	165.20	EE Riobamba	69	7.09
CNEL-Manabí	69	442.03	EE Sur	69	0.79
CNEL-Milagro	69	319.50			
CNEL-Sta. Elena	69	231.69			
CNEL-Sto. Domingo	69	308.83			
CNEL-Sucumbíos	69	184.60			
EE Ambato	69	146.44			
EE Azogues	69	26.88			
EE Centro Sur	69	269.09			
	22	31.58			
EE Cotopaxi	69	79.35			
	22	9.46			
	13.8	7.65			
EE Galápagos	34.5	50.00			
	13.8	22.21			
EE Norte	69	256.11			
	34.5	17.59			
EE Quito	138	253.16			
	69	52.00			
	46	233.61			
EE Riobamba	69	166.39			
EE Sur	69	524.95			
	22	17.00			

出所：ARCERNNR (2021) “Estadísticas Anual y Multianual del Sector Eléctrico Ecuatoriano 2020”

次に、5.1.5 で電化率が 2019 年時点で 97.09%まで伸びていることを記したが、表 5-40 に

県別電化率を示す。国境に面した北部海岸沿いのエスメラルダスや南部海岸沿いのサンタ・エレナ県 (Santa Elena)、東部アマゾン地帯に面するパスタサ県 (Pastaza) や同じく東部アマゾン地帯に面するモロナ・サンティアゴ県が 80%台であり、電化率が低く開発が遅れていることが考えられる。ガラパゴス県の電化率は、僅差で上位 3 番目の高さであり、ほぼ行き渡っていると考えられる。

表 5-40 各県の電化率 (2020 年)

県	電化率 (%)
Azuay	98.30
Bolívar	92.99
Cañar	96.26
Carchi	99.33
Cotopaxi	96.64
Chimborazo	94.82
Imbabura	99.04
Loja	98.71
Pichincha	99.58
Tungurahua	97.74
Santo Domingo	99.38
El Oro	98.53
Esmeraldas	87.56
Guayas	97.12
Los Ríos	98.41
Manabí	96.19
Santa Elena	88.53
Morona Santiago	86.74
Napo	90.87
Pastaza	89.23
Zamora Chinchipe	98.25
Sucumbíos	95.41
Orellana	96.52
Galápagos	99.34

出所：ARCERNR (2021) “Estadísticas Anual y Multianual del Sector Eléctrico Ecuatoriano 2020”

次に、2020 年の CNEL 事業所と各地域電力会社の配電ロスおよびロス率を表 5-41 に示す。CNEL 事業所は 3 事業所を除き、平均 12.79%よりロス率が高い。地域電力会社は全て平均ロス率より低く抑えられている。CNEL からは、老朽化した配電設備の改修を進め、配電設備のロス改善を図りたいとのコメントもあった。2020 年 6 月に IDB が、送配電網の効率化および再エネ対応のための送配電網投資に対し、280 百万米ドルの融資を承認しており、CNEL が述べた配電ロス改善もこの中で取り込まれるものとする²⁴⁷。

表 5-41 各配電会社の配電ロス (2020 年)

配電会社	利用可能電力量 (GWh)	合計ロス (GWh)	テクニカルロス (GWh)	ノンテクロス (GWh)	合計ロス (%)	テクニカルロス (%)	ノンテクロス (%)
CNEL-Guayaquil	5,576.04	774.88	431.74	343.15	13.90	7.74	6.15
CNEL-Guayas Los Ríos	2,746.40	424.17	208.26	215.91	15.44	7.58	7.86
CNEL-Manabí	2,013.95	501.14	177.62	323.52	24.88	8.82	16.06
CNEL-El Oro	1,334.80	220.82	114.70	106.12	16.54	8.59	7.95
CNEL-Milagro	996.30	132.77	47.82	84.94	13.33	4.80	8.53

²⁴⁷ IDB ニュースリリース (Jun 5 2020)

<https://www.iadb.org/en/news/ecuador-moves-ahead-transformation-energy-grid-idb-support>

CNEL-Sta. Elena	831.75	123.31	63.13	60.18	14.83	7.59	7.24
CNEL-Sto. Domingo	804.70	95.28	60.68	34.61	11.84	7.54	4.30
CNEL-Sucumbíos	784.04	56.19	50.30	5.89	7.17	6.42	0.75
CNEL-Esmeraldas	617.74	169.32	47.56	121.76	27.41	7.70	19.71
CNEL-Los Ríos	506.98	110.02	43.31	66.71	21.70	8.54	13.16
CNEL 小計	16,309.92	2,613.41	1,250.45	1,362.95	16.02	7.67	8.36
EE Quito	4,221.47	243.23	201.08	42.15	5.76	4.76	1.00
EE Centro Sur	1,117.02	73.72	70.65	3.08	6.60	6.32	0.28
EE Ambato	695.76	42.31	41.55	0.76	6.08	5.97	0.11
EE Norte	640.59	62.81	42.87	19.95	9.81	6.69	3.11
EE Sur	607.96	31.62	18.79	12.83	5.20	3.09	2.11
EE Cotopaxi	573.43	51.51	42.28	9.23	8.98	7.37	1.61
EE Riobamba	405.52	32.38	22.85	9.53	7.98	5.63	2.35
EE Azogues	90.77	5.50	4.85	0.64	6.06	5.35	0.71
EE Galápagos	53.94	3.81	3.08	0.73	7.06	5.71	1.35
EE 小計	8,406.45	546.90	448.00	98.90	6.51	5.33	1.18
合計	24,716.37	3,160.31	1,698.45	1,461.86	12.79	6.87	5.91

出所：ARCERNR “Atlas Del Sector Electrico Ecuatoriano 2020”

5.4.2. 配電情報システムの近代化と自動化

配電情報システムの近代化・自動化のため、表 5-42 のとおり計画を立て、設置が進められている。

表 5-42 配電システムの近代化と自動化の計画 (単位：%)

項目	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
AMI メーターの設置	3	4	5	7	8	10	11	12	13	15
中電圧フィーダーの自動化	0.62	1.50	3	6	8	10	12	14	15.50	17
変電所の自動化	92	95	98	100	100	100	100	100	100	100
監視型配電変圧器の設置	3	6	10	13	16	19	22	25	28	32

出所：PME 2016-2025

MERNNR は 2008 年、電力会社と協力して、国内のエネルギー配電ネットワークを近代化するために配電管理統合システム (SIGDE) プロジェクトを立ち上げた²⁴⁸。そして、上記のシステム導入と、2015 年の国家配電管理センターの設置により、配電設備の可視性は 2012 年の 5%から 2016 年には 94%に増加し、高度なエネルギー管理、ネットワークの信頼性と効率の向上の基礎を築いたところである²⁴⁹。

2020 年時点の各配電会社の電力量計の設置台数を表 5-43 に、AMI 電力量計取付状況を表 5-44 に示す。電力量計の設置台数は合計 5,361,621 台で、AMI 電力量計取付台数は 144,911 台である。AMI メーターの設置比率は 2.7%で、表 5-42 に示した 2020 年に 5%という目標に達していない。

表 5-43 配電会社別の電力量計取付台数 (2020 年) (単位：台)

配電会社	単相 2 線式	単相三線式	三相式	電力量計合計
CNEL-Guayaquil	686,037	15,901	8,312	710,250
CNEL-Guayas Los Ríos	34,812	314,958	3,444	353,214
CNEL-Manabí	33,331	296,567	2,015	331,913
CNEL-El Oro	26,011	236,355	1,934	264,300

²⁴⁸ <http://historico.energia.gob.ec/sistema-integrado-para-la-gestion-de-la-distribucion-electrica-sigde/>

²⁴⁹ Schneider Electric 社の EcoStructureADMS が導入されている。

<https://blog.se.com/electricity-companies/2019/02/22/from-5-to-94-grid-visibility-how-ecuador-modernized-its-energy-distribution-network-with-adms/>

CNEL-Sto. Domingo	21,088	230,599	1,345	253,032
CNEL-Milagro	11,914	141,146	732	153,792
CNEL-Esmeraldas	13,395	115,419	780	129,594
CNEL-Los Ríos	23,092	112,324	680	136,096
CNEL-Sta. Elena	10,425	115,659	1,249	127,333
CNEL-Sucumbíos	15,665	81,813	2,669	100,147
CNEL-Bolívar	18,420	48,935	488	67,843
CNEL 小計	894,190	1,709,676	23,648	2,627,514
EE Quito	134,576	955,704	98,871	1,189,151
EE Centro Sur	89,109	299,106	21,640	409,855
EE Ambato	40,407	238,478	6,114	284,999
EE Norte	71,431	182,216	3,560	257,207
EE Sur	66,804	144,662	1,579	213,045
EE Riobamba	73,977	105,431	994	180,402
EE Cotopaxi	60,531	84,867	1,790	147,188
EE Azogues	10,113	28,050	711	38,874
EE Galápagos	237	12,963	186	13,386
EE 小計	547,185	2,051,477	135,445	2,734,107
合計	1,441,375	3,761,153	159,093	5,361,621

出所：ARCERNNR (2021) “Estadísticas Anual y Multianual del Sector Eléctrico Ecuatoriano 2020”

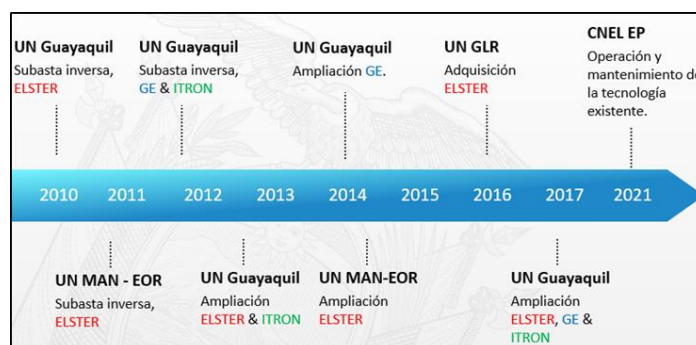
表 5-44 配電システムのAMI電力量取付状況（2020年）

配電会社	地域	導入されたAMIメーター数(台)				合計
		産業	商業	家庭	その他	
CNEL-El Oro	Machala	9	452	4,826	135	5,422
CNEL-Guayaquil	Guayaquil	1,376	23,784	65,277	22,937	113,374
CNEL-Guayas Los Ríos	Daule	—	10	4,035	270	4,315
CNEL-Manabí	Manta	13	754	6,559	352	7,678
	Portoviejo	26	1,287	12,210	476	13,999
CNEL-Sto. Domingo	Jama	—	31	86	6	123
CNEL EP 合計		92,993	1,424	1,424	92,993	144,911

出所：ARCERNNR (2021) “Estadísticas Anual y Multianual del Sector Eléctrico Ecuatoriano 2020”

CNELでのスマートメタリング（RED MESH）の実装年表を図5-35に示す。ドイツのELSTER社製のほか、米国のGE社やItron社の製品が導入されている。

現状のデータ管理スキームでは、CNELが通信インフラ全般を引き継いでおり、現場で収集された情報は、「MULTIGEST」と呼ばれるツールを介して商用システム（SICO-SIEEQ-SAP）に統合および管理される。ただし、CNELには、スマートメタリングによって収集されたデータ分析を可能にするツールはまだない。



出所：CNEL 提供資料

図 5-35 スマートメーター導入年表

国家配電管理センターは、全国の配電設備の状態を監視できるセンターで、首都キトと南部のグアヤキルの2ヶ所に設置されている。Shneider社のEcostructureというシステムをベースとしており、高度配電管理システム（ADMS）と運用管理システム（OMS）が主要なサブシステムである。常時1名が監視し、8時間×3交替で24時間対応している。各配電会社にも給電所が存在し、ここでは3~4名での3交替体制で、監視だけでなく遠隔での機器制御も行うとのことである。



出所：JICA 調査団撮影

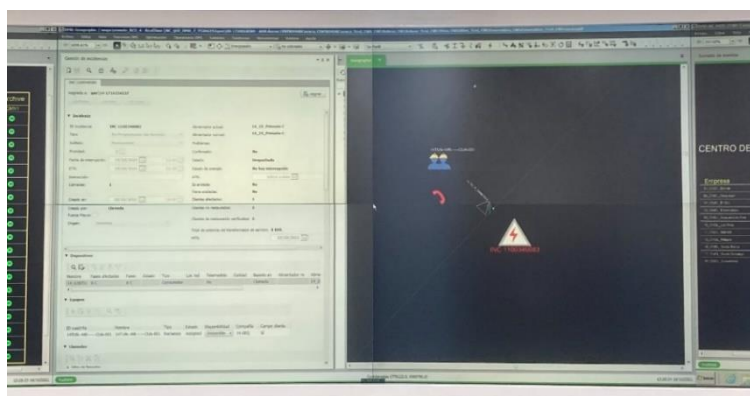
図 5-36 国家配電管理センター

ADMS では、エクアドル全体の系統図を中圧フィーダーレベルまで地理情報システム（GIS）上に設備データとして管理している。変電所の単線結線図には、遮断器の開閉状況や電流値、電圧値、力率等がリアルタイム表示される。また、送電線や中圧フィーダーには、配電線設備データと変電所情報から算出されたフィーダー途中の潮流や電圧情報が表示される。変電所の自動化は主として2012~17年に実施され、2018年に計385ヶ所の配電変電所のうち352ヶ所で自動化完了し、変電所に設置された機器の監視・制御が可能となっている。ただし、前述のとおり、国家配電管理センターは監視のみ実施しており、制御できるのは各配電会社の給電所のみである。

OMS では、負荷フロー解析、系統操作手順の管理、故障電流と故障位置の計算、電力ロス、位相解析、保護解析等が自動的に可能になり、運用管理の改善、より短い時間でのタイムリーな意思決定、運用セキュリティの向上等をもたらす。顧客からのクレームに対して、クレーム内容と現場出動中の作業員の位置情報を表示することもできる。これらの情報はコールセンターや配電技術員の出動拠点で手動登録する。データ更新や確実なデータ登録の徹底が不可欠であり、データアップデートの効率化は今後の課題となると考える。

このほか、MERNNRが定める停電回数や停電時間、電圧変動幅等のサービスレベル指標が各配電会社のデータによって自動的に算定され、配電会社の達成状況全国リストを画面上に表示する機能もある。SIGDEプロジェクト導入の目的の1つは全国一律のサービスレベル達成で、サービスの信頼性や製品品質の向上を図ることに繋がるとのことである。

今後の予定として、柱上変圧器や400V以下の低圧配電線、需要家データのシステム拡張に伴う登録が計画されており、将来は需要家単位のデマンド管理や、分散型再エネのある配電システムの高度なマネジメントにも対応できる予定とのことであった。ただし、これには自動電圧制御や遠隔自動検針等のAMI導入が必要と考えられる。



出所：JICA 調査団撮影

図 5-37 顧客からの苦情内容と作業員出動状況の表示状況

5.5 電力セクター（サプライサイド）における省エネの取り組み状況・方針²⁵⁰

5.5.1. 発電部門

国を挙げての水力発電所の推進や再エネの推進は、化石燃料削減に寄与する取り組みとして省エネに資する。エクアドルの火力発電所の設備容量は微減傾向にあり、水力発電を主体とした電源構成の再構築により省エネが進んでいる。さらに化石燃料削減の取り組みとして、国有石油会社の Petroamazonas 社は保有する多くの火力発電所に対して、2008 年から「発電・エネルギー効率の最適化 (OGE&EE²⁵¹)」プロジェクトを実施し、石油随伴ガスの捕捉・輸送・管理システムや効率的な発電・配電システムを導入することで、油田の既存のエネルギー資源の利用改善を図っている。このプロジェクトで石油随伴ガスを LPG や天然ガソリンの製造、発電に有効利用することで、2016 年には 6 億 700 万米ドルの利益が記録されたことに加え、ディーゼル燃料の使用量の削減と CO₂ 排出量削減（年間最大 93.8 万 t 相当）が達成されている。

さらに、オリエンテ地域北部のスクンビオス県等に多く点在する石油採掘施設でのオフグリッド火力発電設備を SNI に接続し、電力を火力から水力中心の系統電力へと移行するプロジェクト推進が検討されている。系統に接続された発電所はバックアップ電源として存続される予定だが、運転時間の縮小により燃料消費のさらなる削減が期待される。

5.5.2. 送配電部門

送電網の構築・運用は CELEC が行い、配電網は CNEL や地域の配電会社が構築・運用している²⁵²。前述のとおり、エクアドルの送配電設備の電力ロスは全体では改善が進んでいるが、CNEL が所管する沿岸部のエスメラルダス県やマナビ県、ロス・リオス県の配電ロスは 20%を超えている。CNEL では老朽化した変圧器を改修しロス改善に取り組むニーズの

²⁵⁰ Plan Nacional de Eficiencia Energética 2016-2035

²⁵¹ MAE-Petroamazonas & FOCAM (2015) “Optimization Program of Electricity Generation and Energy Efficiency”

²⁵² 配電設備の構築には計画的に行われるものと、需要家の申し込みで行われるものがある。計画的な設備投資は配電会社が主体的に実施し、個別の新規需要家への設備構築は、需要家が費用負担し、配電会社の指定する施工業者が施工、検査を受けた後に配電会社に設備移管されて配電会社が保守運用する仕組みとなっている。(Resolución Nro. ARCONEL-006/2020)

ほか、AMI やプリペイド式電力メーターの導入、自然災害で破壊された配電設備の改修によるノンテクニカルロスの改善を進める考えである。さらなる送配電設備の電力ロス改善には、既設の送変電設備の低ロス化や送電電圧の昇圧化等の大規模改修を計画的に行うことが考えられ、2020年6月にはIDBが同国の送配電網の効率化および再エネ対応のための送配電網投資に対して280百万米ドルの融資を承認している。

運用面ではSIGDEプロジェクトと、2015年の国家配電管理センターの設置により、配電設備の可視性は2012年の5%から2016年には94%に増加した。高度なエネルギー管理、ネットワークの信頼性の向上、さらなる省エネ推進の基礎固めはできていると考える。

5.6 電力セクターにおける今後の課題

脱炭素化と省エネ化を進めるうえでクリーンな電力エネルギー利用は重要な解決策と認識されている。今後の課題は以下のとおりである。

(1) 組織体制

現政権は電力セクターへの民間投資促進に前向きであると評価するが、電力セクターの民営化を進めながら政権交代で再び国有化へと方向転換した過去の例や、3章で述べたようにPPPに関するルールはあるが非常に手続きが複雑で適用例が限られるといった政策リスクの存在は否定できない。

(2) 発電部門

オリエンテ地域北東部に点在するオフグリッドの石油火力発電設備の利用を抑制し、脱炭素化と省エネ化の同時達成を図る必要がある。そのためには、既存発電設備の高効率化を進めると同時に、SNIの電力ネットワークを延長して、当該地域の発電設備に接続するための資金確保が必要である。

また、水力以外の再エネ推進により電源の多様化を図るべく、民間投資の促進策が求められる。一方、主力電源である水力ではCoca Codo Sinclair水力発電所において設備不良など建設過程での課題が多数あり、今後に教訓を生かす必要がある。また、コカ川岸の逆流崩壊は同発電所の建設と因果関係はないとされるものの、崩壊が収まらない場合は同発電所を停止せざるを得ない状況も懸念され、早急な対策が必要である。Santiago水力発電所の民間資本による開発は、中期電源計画における重要プロジェクトである。全体で2400MWの大規模計画であり、Coca Codo Sinclair水力発電所での教訓を活かし、質の高いインフラ投資原則に配慮した実施が求められる。

(3) 送配電部門

系統ネットワークの拡大に伴い、電力ロスやメンテナンス費の増大が懸念される。高効率機器への取替やSIDGEプロジェクト、スマートメーター導入による高度な設備管理、品質モニタリングのさらなる推進が望まれる。実態としてはCNELの一部供給エリアでは設備老朽化による高いテクニカルロス、盗電などのノンテクニカルロスの高止まりといった課

題があり、対策への支援を望む声があった。また、SIDGE プロジェクトは全国の配電会社のサービスレベルを統合管理する点で優れた取り組みだが、膨大な設備情報や事故情報をオペレーターが手動で更新しており、データの精度低下防止が今後の課題であるとする。

再エネ大量導入に備えた系統強靱化や、設備数増大を見通した要員育成あるいは IT 技術による変電所無人化、業務効率化等も、現状ではニーズはほぼ確認されていないが、今後の課題として認識すべきである。

ペルーとの国際連系線の拡大による電力輸出拡大については、IDB が主体となって具体化が進んでおり、当面の課題は少ないとする。

(4) 小売・電気利用部門

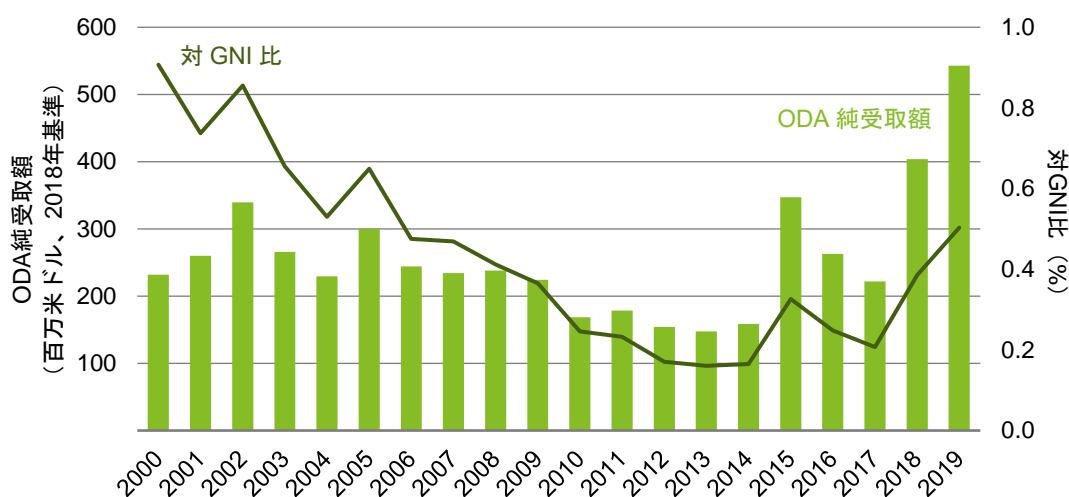
電力メーターの遠隔検針等、新計量システムによる料金業務の改善が求められる。また、脱炭素化・再エネ導入を推進する電気料金メニューも展開すべきである。こうした料金メニューの例としては、厨房電化のための電気料金メニューが既にあるが、順調に電化が推進された場合には夜間のピーク増が予想される。電化製品の省エネ化としてヒートポンプやインバーターエアコンなど高効率機器の普及、またピークシフト対策として蓄電池によるピーク対応やデマンドコントロール、19時から22時頃までの夜ピークに対して電気利用抑制を促す料金施策等が、電力設備の増強への取り組みと合わせて考えられる。

運輸部門の脱炭素化は、エクアドルのエネルギーセクターにとって最大の課題であり、電力の活用推進策として、例えばEV充電インフラの整備が重要である。

第6章 ドナーの動向

6.1 DAC 諸国・国際機関による援助の概況

エクアドルは、一人あたり国民総所得（GNI）に基づく世界銀行の所得分類では高中所得国に属するが、中南米カリブ地域において第 5 位の被援助国である²⁵³。経済協力開発機構（OECD）の開発援助委員会（DAC）加盟諸国（以下、「DAC 諸国」）および国際機関からの ODA の純受取額と対 GNI 比の推移を図 6-1 に示す。2000 年代半ばから 2010 年代初めまでは、原油価格高騰の恩恵を受けて ODA の受け取りは対 GNI 比で急減少した。しかし、2014 年に原油価格が大幅下落すると、ODA 純受取額・対 GNI 比ともに増加傾向に転じた。2019 年には、ODA の純受取額は過去最高の 5.4 億米ドル²⁵⁴、対 GNI 比は 0.5%に達した。



出所：World Bank “Development Indicator”を基に JICA 調査団作成

図 6-1 ODA の純受取額と対 GNI 比の推移（2000~19 年）

2019 年の対エクアドル二国間 ODA における援助国上位 10 ヶ国（純受取額ベース）を図 6-2 に示す。同年の二国間 ODA 純受取額は 4 億米ドルだが、フランスからの受け取りが約 6 割にあたる 240 百万米ドルと突出している。フランスによる ODA は 2013 年から顕著に増加し始め、2018 年に 100 百万米ドルの大台に乗った²⁵⁵ ²⁵⁶。なお、2019 年の日本からの純受取額は 14 百万米ドルで、第 6 位であった²⁵⁷。

²⁵³ 2019 年の ODA 純受取額で、エクアドル（525 百万米ドル）は、コロンビア（903 百万米ドル）、ハイチ（726 百万米ドル）、ボリビア（716 百万米ドル）、メキシコ（535 百万米ドル）に次ぐ。金額はいずれも名目値。World Bank “Development Indicator”に基づく。

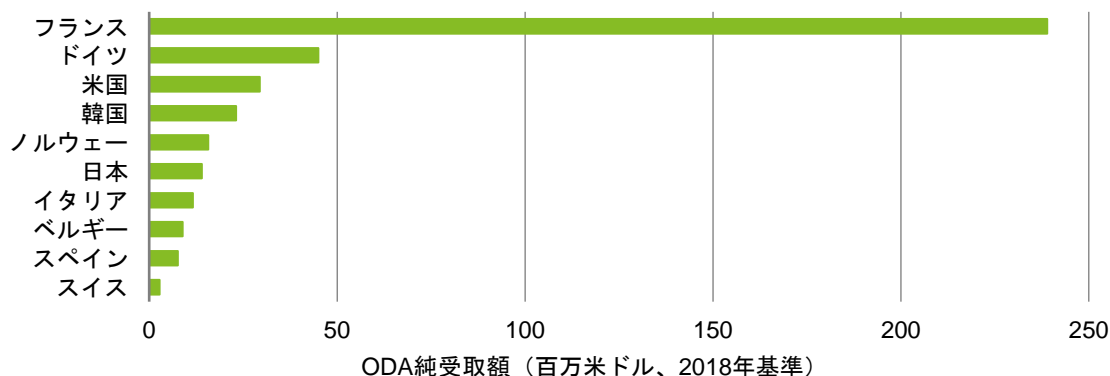
²⁵⁴ データのある 1960 年以降。

²⁵⁵ フランス開発庁は 2014 年にエクアドル事務所を開設した。

²⁵⁶ フランス開発庁は 2021 年、CELEC に対して中・大規模 PV のポテンシャル調査のための 250,000 ユーロの無償資金協力を供与した。（CELEC プレスリリース（2021 年 10 月 6 日）

<https://www.celec.gob.ec/index.php/sala-de-prensa/noticias/1838-agencia-francesa-de-desarrollo-afd-otorgo-250-mil-euros-no-reembolsables-para-estudios-del-recurso-solar-a-mediana-y-gran-escala-en-ecuador-y-desarrollo-de-nuevos-proyectos>

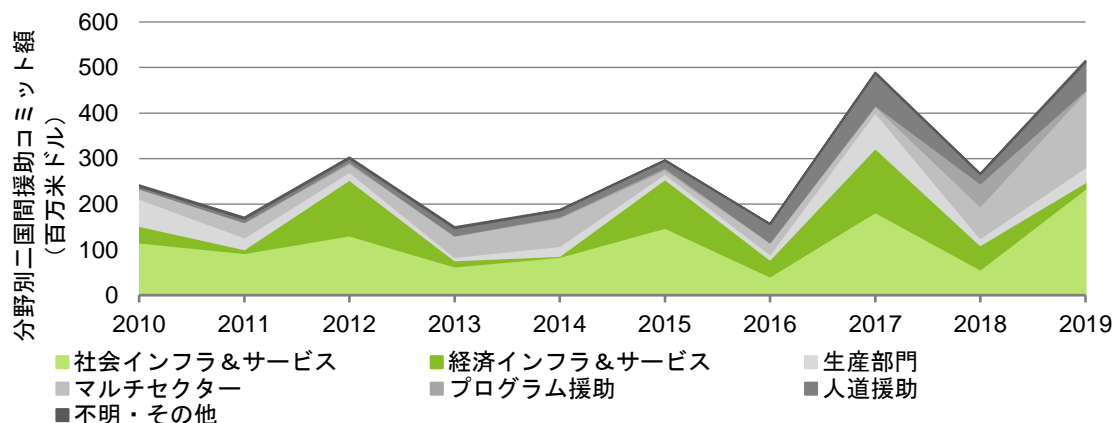
²⁵⁷ 総額ではなく純額である点に留意。OECD の統計では、ODA 実績は供与額から元本返済額を差し引いた純受取額で計上されている。OECD Statistics によると、フランスからの純受取額は 2000 年代~2010 年



出所：OECD Statistics を基に JICA 調査団作成

図 6-2 援助国別 ODA 純受取額 (2019 年)

目的・セクター別二国間 ODA の金額を見ると、年によって変動はあるものの、水道や教育を含む社会インフラ&サービスに対する援助が中心で概ね全体の 4~5 割を占める。一方、エネルギーや運輸を含む経済インフラ&サービスは、2010 年代後半は 2~3 割程度で推移していたが、2019 年は 3%に留まっている (図 6-3 参照)。



出所：OECD Statistics を基に JICA 調査団作成

図 6-3 分野別二国間援助額の推移 (2010~19 年)

続いて、主要国際機関別の純受取額 (2019 年) を図 6-4 に示す。純受取額計 140 百万米ドルのうち、EU からの受取が 80 百万米ドルで約 6 割を占める。世界銀行や IDB からの純受取額は、過去の融資に対する返済が受取を超過した結果マイナスとなっている。

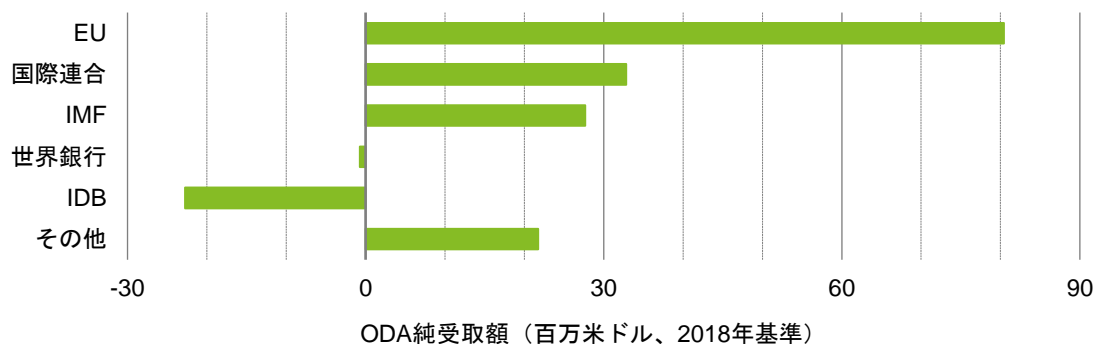
なお、エクアドルは 2019 年以降、MDBs から多額の融資を取り付けている。既述のとおり、2019 年 3 月に IMF が拡大信用供与措置²⁵⁸に基づいて今後 3 年にわたって総枠 42 億米ドルを提供することを決定したほか²⁵⁹、世界銀行、CAF、IDB 等からも総額 60 億米ドルの

代前半の間はマイナスから 10 百万米ドルで推移していた。一方、ドイツからは同期間に 20~30 百万米ドル前後、米国からは 2000 年代に 50~100 百万米ドル前後、日本からは 2000 年代前半に平均 12 百万米ドル受け取っている (純額)。したがって、近年のフランスからの純受取額が顕著に大きいのは、他 DAC 諸国と比較して過去の融資に対する返済が少ないためだと考えられる。

²⁵⁸ Extended Fund Facility

²⁵⁹ IMF プレスリリース (2019 年 3 月 11 日) <https://www.imf.org/en/News/Articles/2019/03/11/ecuador-pr1972-imf-executive-board-approves-eff-for-ecuador>

融資を表明した²⁶⁰。さらに、2020年5月には、原油価格の大幅下落と新型コロナウイルスの感染拡大による財政悪化を受け、エクアドル政府の要請に基づいて、IMFは緊急融資枠²⁶¹を使って総額643百万米ドルの緊急支援を決定した²⁶²。世界銀行、IDB、CAFも総額500百万米ドルの融資を行う²⁶³。2021年に入ってから、世界銀行から新型コロナウイルスワクチンの調達を目的に150百万米ドルの融資²⁶⁴、IDBから雇用回復を目的に200百万米ドルの融資、および新型コロナウイルスワクチン調達を目的に63百万米ドルの信用保証を取り付ける等している²⁶⁵。



出所：OECD Statistics を基に JICA 調査団作成

図 6-4 国際機関別 ODA 純受取額 (2019 年)

6.2 主要国際機関による対エクアドル援助方針

本項では、主な MDB の対エクアドル援助方針とエネルギーセクターにおける援助動向を分析する。

(1) 世界銀行

● ドナー概要

世界銀行は、貧困削減や開発援助を目的に、途上国に対して低利・無利子融資や贈与を行う MDB である。世界銀行グループは、中所得国などへの貸出を行う国際復興開発銀行 (IBRD)、最貧国への無利子融資・贈与を行う国際開発協会 (IDA)、民間セクター支援を行う国際金融公社 (IFC)、政治リスク保険を提供する多数国間投資保証機関 (MIGA)、国際投資紛争の調停・仲裁を行う投資紛争解決国際センター (ICSID) により構成される。現在の加盟国数は 189 ヶ国で、エクアドルは IBRD が設立された 1945 年から加盟している。²⁶⁶

²⁶⁰ IMF プレスリリース (2019年2月21日) <https://www.imf.org/en/News/Articles/2019/02/21/pr1952-ecuador-and-imf-reach-staff-level-agreement-on-extended-fund-facility>

²⁶¹ Rapid Financing Instrument

²⁶² IMF プレスリリース (2020年5月2日) <https://www.imf.org/en/News/Articles/2020/05/01/pr-20203-ecuador-imf-executive-board-approves-us-643-million-in-emergency-assistance>

²⁶³ JETRO ビジネス短信 (2020年4月3日) <https://www.jetro.go.jp/biznews/2020/04/c383258d42fc6bfe.html>

²⁶⁴ 世界銀行プレスリリース (2021年4月5日) <https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2021/04/05/el-banco-mundial-aprueba-us-150-millones-para-apoyar-la-vacunacion-contra-la-covid-19-en-ecuador>

²⁶⁵ IDB プレスリリース (2021年3月11日) <https://www.iadb.org/en/news/idb-supports-ecuadors-purchase-vaccines-and-protection-social-spending>

²⁶⁶ 世界銀行ウェブサイト <https://www.worldbank.org/en/who-we-are>

● 対エクアドル援助方針

世界銀行の対エクアドル援助は、2007年から一時停止していたが、2014年から再開に向けて動き出した。2014~15年の暫定戦略ノート、2016~17年の国別エンゲージメントノートを経て、2019年6月に対エクアドルの2019~23年国別パートナーシップ枠組み（CPF）が理事会にて承認された。CPFでは、①包摂的な成長のための基盤の整備、②人的資本の強化と（社会的）弱者の保護、③制度的・環境的持続可能性の向上が優先領域とされている²⁶⁷。

① 包摂的な成長のための基盤の整備

- ・ 公共支出の効率性向上
- ・ 民間セクター開発のための環境整備
- ・ 金融セクターの包摂・仲介の向上

② 人的資本の強化と（社会的）弱者の保護

- ・ 需要主導型の専門教育へのアクセスの向上
- ・ 社会制度の効率性・有効性の強化

③ 制度的・環境的持続可能性の向上

- ・ 根拠に基づく政策決定と透明性の強化
- ・ 災害リスクと気候変動に対するレジリエンスの向上

CPFにおいてエネルギーセクターは重点領域として明示されていないが、関連する援助方針として補助金削減やPPP環境の整備に取り組むことが示されている。「公共支出の効率性向上」にあたっては、過剰な燃料補助金の段階的削減や新たな関連法の導入を含む財政管理改革を進める方針である。PPPについては、規制体制や標準契約を整備し、それらが整えばPPPプロジェクトの実施に対する支援も視野に入れる。なお、対象とするPPPプロジェクトは、IDBが支援する設備近代化以外のものとするが述べられている。また、「民間セクター開発のための環境整備」にあたっては、PPPにかかる規制枠組みの整備を進めること、MIGAによるポリティカルリスク保険の提供を通じてPPPプロジェクトのリスク軽減を図ることを目指す。

ただし、世界銀行でエクアドルを所管する担当者に聞き取りを行ったところ、現CPFの下では、開発政策ファイナンス（DPF）を中心に、個別プロジェクトの実施よりも政策改革に注力する方針であるとのことであった。

● 対エクアドル援助状況

2010~21年に承認されたIBRDとIDAによるエネルギー関連プロジェクトの一覧を表6-1に示す。エネルギー関連のプロジェクトは、Inclusive and Sustainable Growth Development Policy Financing（2019・2020年承認）のみである。これらは経済回復や民間セクターによる雇用創出、財政安定性に対する障壁を解消することを目的としたDPFで、エネルギーセクターにおいては燃料補助金の削減を含む燃料輸入・価格改革にかかる施策を支援する。

²⁶⁷ World Bank Group (2019) “Country Partnership Framework for the Republic of Ecuador for the Period FY19-FY23”

表 6-1 IBRD・IDA のエネルギー関連プロジェクト一覧（2010～21 年承認）

プロジェクト名	内容	承認額 (千米ドル)	承認日	状況	実施 機関
First Inclusive and Sustainable Growth Development Policy Financing	財政効の率化、民間セクターの成長、社会的弱者の保護	500,000	2019 年 6 月	完了	MEF
Third Inclusive and Sustainable Growth Development Policy Financing		500,000	2020 年 11 月	実施中	MEF

出所：World Bank ウェブサイト²⁶⁸を基に JICA 調査団作成

一方、CPF で「民間セクター開発のための環境整備」が挙げられているものの、民間投資促進の役割を担う IFC と MIGA は、過去 10 年間にエネルギー関連のプロジェクトを実施していない。また、世界銀行への聞き取りでは、既述のとおり政策改革に重きを置いており、現時点でエネルギーセクターのプロジェクトで投融資を行う計画はないとのことであった。

エネルギーセクターでの今後の支援としては、電力システム増強（再エネ導入や電化促進を含む）に向けた電気料金分析、蓄電システム（水素を含む）の導入可能性の分析、公共施設の省エネポテンシャルにかかる分析、カーボンプライシング制度の設計支援等が検討されている²⁶⁹。

また、現在審議が止まっている新たな PPP 法令の草案を MEF が策定した際、世界銀行は上記 DPF の一環で助言を行った。ただし、これは正式な支援プロジェクトではなく、今後も PPP の制度構築・能力強化にかかる技術協力プロジェクトを組成する予定はない²⁷⁰。

(2) 米州開発銀行 (IDB)

● ドナー概要

IDB は、中南米・カリブ加盟諸国の経済・社会発展への貢献を目的とする投融資を行う MDB である。民間企業への投融資を行う IDB Invest とイノベーション研究所である IDB Lab とを合わせて IDB グループと呼ばれる。現在、IDB には日本や欧州諸国を含む 48 ヶ国が加盟し、うち 26 ヶ国が中南米・カリブ地域の借入国である²⁷¹。

JICA は、2008 年 10 月に旧国際協力銀行 (JBIC) の経済協力部門と統合し、新 JICA として発足して以降、IDB との関係づくりを深めてきている。業務協力に関する議論を深め、JICA 出向者をインフラ局に派遣して人的交流を深めながら、2011 年 1 月に「中南米・カリブ地域における再生可能エネルギー・省エネルギー促進に向けた協調融資枠組み (旧 CORE)」²⁷²を立ち上げた²⁷³。その後、協調融資・協働実績の拡大を踏まえて改訂を繰り返し、2018 年締結の IDB Invest と中南米の民間セクターに対する両機関の協調投融資促進のための覚書も取り込み²⁷⁴、2021 年 3 月には、2026 年までで目標額 30 億米ドル、対象をエネルギーや気候変動も含む質の高いインフラ・防災・国際保健に拡大し、IDB グループと「中南米・カリ

²⁶⁸ <https://projects.worldbank.org/en/projects-operations/projects-home>

²⁶⁹ 世界銀行への聞き取りによる。

²⁷⁰ 同上

²⁷¹ IDB ウェブサイト <https://www.iadb.org/en/about-us/how-are-we-organized>

²⁷² Co-financing for Renewable Energy and Energy Efficiency

²⁷³ JICA プレスリリース (2021 年 3 月 24 日) https://www.jica.go.jp/press/2020/20210324_30.html

²⁷⁴ JICA プレスリリース (2018 年 3 月 26 日) https://www.jica.go.jp/press/2017/20180326_01.html

ブ地域の経済回復および社会包摂協力（CORE）」²⁷⁵を目指すパートナーシップ拡大に関する協働覚書として再拡大締結している²⁷⁶。2021年は同拡大を通じてプログラム型借款の手法も追加されたことを受け、ドミニカ共和国やホンジュラスに対してさらに協調融資実績を積み重ねている。また、IDB Labとの連携ではスタートアップ支援としてTSUBASA²⁷⁷オープンイノベーションチャレンジを日本国内で実施した。なお、JBICは2016年にIDBおよびIDB Investと中南米・カリブ地域におけるインフラ・環境案件の組成等に関して業務協力協定を結んだ実績がある²⁷⁸。

● 対エクアドル援助方針

IDBの対エクアドル支援戦略は、2018~21年版が最新のものである。同戦略では、①財政の強化、②生産性と民間セクター、③社会的進歩の深化が優先領域とされている²⁷⁹。

① 財政の強化

- ・ 財政安定強化や反景気循環的財政措置の適用余地向上のための手段を確立し、原油輸出に大きく依存していることに伴う財政リスクへの対処を可能にする
- ・ 非化石エネルギー資源（水力、地熱、風力、天然ガス）によるエネルギー供給強化を目的とするIDB Investを通じた民間セクター支援を含め、エネルギー改革を推進し、化石燃料補助金の削減に必要な投資を行う
- ・ 財政支出の効率性と質の改善に向けた取り組みに重点を置き、国の近代化を進める
- ・ PPPおよび戦略的パートナーシップのための枠組みを強化し、その下で持続可能なプロジェクトの開発のための技術的・資金的支援を行う

② 生産性と民間セクター

- ・ 生産要素の効率的な再配分や民間投資に対する障壁を緩和するための政策を策定・実行する
- ・ 地場銀行による中長期融資拡大や中小企業・農産業等における信用制約緩和のための金融商品提供に向けたIDBグループの業務を通じ金融市場を深化する
- ・ 市場アクセス・輸出促進戦略を策定・実施し、新たな国際市場への統合支援・輸出製品群多角化に向けたIDB Investの支援を通じて事業計画に資金供与する
- ・ 地域・国際連携を向上し物流コストを削減するインフラプロジェクトを支援し、IDBとIDB Investの相乗効果を最大化する

③ 社会的進歩の深化

- ・ 公共財・サービスの提供、気候変動に適応した農業の発展や小規模生産者の金融アクセスに向けたIDB Investによる支援を通じて、農業生産性および農村人口の福祉を向上する
- ・ 人材のスキル向上や継続的なプロセス改善を含め、社会サービス（特に教育、

²⁷⁵ Cooperation for Economic Recovery and Social Inclusion

²⁷⁶ JICA プレスリリース (2021年3月24日) https://www.jica.go.jp/press/2020/20210324_30.html

²⁷⁷ Transformational Start Ups Business Acceleration for SDGs' Agenda

²⁷⁸ JBIC プレスリリース (2016年11月2日) <https://www.jbic.go.jp/ja/information/press/press-2016/1102-51322.html>

²⁷⁹ IDB Group (2018) “IDB Group Country Strategy with Ecuador 2018-21”

医療、乳幼児期の子どもの発達) の管理および質の向上を図る

- ・ 先住民やアフリカ系、女子、子どもを主に、社会的支出の対象範囲を改善する
- ・ 地方・中央政府レベルでの上下水道プロジェクトにおいて投資前・投資実行プロセスを強化し、財政的・制度的な持続可能性を確保する
- ・ 住宅不足を低減する

エネルギーセクターとの関連としては、世界銀行と同様に、「財政の強化」において燃料補助金の削減や PPP の環境整備に取り組むことが示されている。

なお、現在の対エクアドル支援戦略は 2021 年までだが、IDB への聞き取りによると、2022 年以降の戦略は新政権の PND を踏まえて策定中とのことである。戦略の土台となる国別開発課題²⁸⁰は、2022 年 2 月までに公開される予定である。

● 対エクアドル援助状況

2010~21 年に承認された IDB と IDB Invest によるエネルギー関連プロジェクトの一覧をそれぞれ表 6-2 と表 6-3 に示す。IDB は過去 10 年間で、サプライサイド（発電、国際連系線を含む送電、配電）とデマンドサイドで多数の融資や技術協力を行っている。2016 年 4 月に発生したエクアドル地震以降は、地震の被害が大きい地域における送配電インフラの再整備を目的に含むプロジェクトが複数実施されている。また、IDB Invest も水力発電所の建設・運営やガスエンジンの調達に対して融資を行っている。

表 6-2 IDB のエネルギー関連プロジェクト一覧（2010~21 年承認）

プロジェクト名	内容	支援種別	承認額 (千米ドル)	承認日	状況
Support for the Transmission Program	送電設備・ 能力強化	融資	64,700	2010 年 11 月	終了
Modernization of Pumping Stations on the Esmeraldas-Quito Multiproduct Pipeline	石油採掘設備等	融資	58,000	2010 年 12 月	終了
Support to Ecuadorian Rural/Marginal Electrification Program	地方・郊外の電化 に向けた能力強化	技術協力	200	2011 年 4 月	終了
Support to the National Hydroelectric Expansion Program	水力発電	技術協力	220	2011 年 6 月	終了
Electrification Program for rural and marginal urban areas of Ecuador	地方・郊外の電化 に向けた能力強化	融資	40,000	2011 年 11 月	終了
Support to Rural Electrification Program in Ecuador	地方の電化 に向けた能力強化	技術協力	180	2011 年 12 月	終了
Measuring Impacts of Rural Electrification projects in Ecuador	地方の電化 に向けた能力強化	技術協力	400	2012 年 11 月	終了
Rural Electrification with Renewable Energies in Isolated Areas of Ecuador	再エネによる電化	投資補助	909	2013 年 4 月	実施中
Sustainable Off-grid Renewable Energy Solutions for Remote Communities	オフグリッド (再エネ)	技術協力	997	2013 年 8 月	終了
Support to the Ecuadorian Rural-Marginal Electrification Program II	地方・郊外の電化	技術協力	150	2013 年 10 月	終了
Electrification Program for Rural and Marginal Urban Areas- II	地方・郊外の電化 に向けた能力開発	融資	30,000	2013 年 11 月	終了

²⁸⁰ Country Development Challenges

Analysis for the Implementation of the Smart Grid Program in Ecuador	スマートグリッド	技術協力	450	2013年 12月	終了
Support to the Transmission Program in Ecuador	送電設備・ 能力強化	融資	150,000	2014年 4月	実施中
Support to the Transition of the Energy Matrix in Ecuador	エネルギー構造転換に かかる事業実施	技術協力	500	2014年 6月	終了
Distribution Network Rehabilitation Program	配電設備・ 能力強化	融資	220,000	2014年 6月	終了
Experience Sharing/Development and Monitoring of Geothermal Fields	地熱資源開発・ 管理能力強化	技術協力	11	2015年 2月	終了
Support for the Transition of the Energy Matrix in Ecuador	エネルギー構造転換 に向けた能力強化	融資	500,000	2015年 2月	終了
Program to Strengthen the National Electricity Distribution System of Ecuador II	配電設備・ 能力強化	融資	80,000	2015年 6月	実施中
Support for the Preparation of the National Energy Agenda Ecuador	国家エネルギー アジェンダ策定	技術協力	300	2015年 7月	終了
Production of energy from the recovery of municipal solid waste in the city of L	バイオガス製造	技術協力	500	2015年 9月	中止
Support to the Development of the National Plan for Energy Efficiency and Renewable	エネルギー効率 国家計画策定	技術協力	350	2015年 9月	終了
Biofuel Production for Electricity Generation in the Galápagos Islands	ガラパゴスにおける バイオ燃料製造	技術協力	609	2015年 11月	終了
Experience Sharing/ Development and Monitoring of Geothermal Fields	地熱資源開発・ 管理能力強化	技術協力	13	2016年 4月	終了
Measuring Ecuador's Rural Electrification Benefits	地方の電化 に向けた能力強化	技術協力	400	2016年 6月	終了
Support for the Energy Matrix Transformation Investment Plan	エネルギー構造転換に 向けた能力強化	技術協力	200	2016年 6月	終了
Investment Plan to Support the Transition of the Energy Matrix in Ecuador	配電設備整備等	融資	143,000	2016年 8月	実施中
Program for the Reconstruction of Electricity Infrastructure in Areas Affected by the Earthquake in Ecuador	配電設備・ 能力強化	融資	60,000	2017年 1月	実施中
Experience Sharing in the Development and Monitoring of Geothermal Fields	地熱資源開発・ 管理能力強化	技術協力	9	2017年 5月	終了
Kara Solar: Solar-Powered River Transportation in Achuar Territory	太陽光による 河川輸送	技術協力	150	2017年 6月	終了
Support for the Advancement of the Energy Matrix Transition in Ecuador	エネルギー構造転換に 向けた投資計画	融資	150,000	2017年 10月	実施中
Modernization and Renewal Program for Ecuador's Power System	送配電設備・ 能力強化	融資	100,000	2018年 9月	実施中
Increasing Resiliency of Power Infrastructure in Ecuador	エネルギー 構造転換等	技術協力	700	2019年 5月	実施中
Supporting the Zero Fossil Fuels Initiative for Galápagos	ガラパゴスの化石燃 料消費削減	技術協力	500	2019年 8月	実施中
CANEF: Strengthening of Long-Term Planning in the Non-Renewable Natural Resources Sectors of Ecuador	非再エネ資源 にかかる計画	技術協力	270	2020年 1月	実施中
Sustainable Management of Underground Resources and Associated Infrastructure	地下資源管理	融資	78,400	2020年 3月	実施中
Support for the Transition of the Energy Matrix in Ecuador II	電化、 再エネ導入等	融資	280,000	2020年 6月	終了

Support for the Preparation and Execution of the Ecuador - Perú Power Interconnection System	国際連系線	技術協力	200	2020年9月	実施中
Technical and Institutional Support for Electric Mobility Projects in Ecuador	EV導入にかかる能力強化	技術協力	1,047	2020年11月	実施中
Financing of Sustainable Electric Transportation in Ecuador	EV導入ファイナンス	融資	33,000	2020年12月	実施中
Support for the Digitalization of the Infrastructure Operation in Electric Distribution Companies in Ecuador	配電デジタル化	技術協力	200	2021年9月	実施中

出所：IDB ウェブサイト²⁸¹を基に JICA 調査団作成

表 6-3 IDB Invest のエネルギー関連プロジェクト一覧（2010~21 年承認）

プロジェクト名	内容	支援種別	単独融資額 (千米ドル)	協調融資額 (千米ドル)	承認日	状況
Genser Power	ガスエンジン 調達	融資	2,500	1,000	2011年4月	実施中
Hidrosanbartolo, S.A.	水力発電所	融資	10,000	16,400	2012年11月	完了
Genser Power Inc., Sucursal Ecuador	ガスエンジン 調達	融資	2,000	1,600	2015年1月	実施中
Hidrowarm	水力発電所	融資	10,000	68,000	2016年6月	完了

出所：IDB Invest ウェブサイト²⁸²を基に JICA 調査団作成

IDB は、エクアドルで EV 導入促進に向けた支援を活発に行っている。2021 年 3 月に発行された同国初の「国家 EV 戦略²⁸³」は、MTOP が IDB の支援を受ける形で作成された。また、EV に関連する技術調査（技術・財務分析、EV 効率性分析、ルート分析等）やインセンティブにかかる技術協力、EV への民間投資促進を目的とする融資を、2020 年に承認した。

(3) アンデス開発公社（CAF）

● ドナー概要

CAF は、中南米・カリブ諸国の公共・民間セクターに対して信用、無償ファイナンス、技術的・財政的支援を提供する MDB である。現在、CAF には 17 の中南米・カリブ諸国に加え、スペイン、ポルトガル、13 の域内民間銀行が加盟している²⁸⁴。

● 対エクアドル援助方針

CAF は国別の援助方針を公開していない。CAF への聞き取りによると、ラッソ新政権の PND を踏まえて現在、2022~25 年の対エクアドル援助戦略を策定中とのことであった。

CAF の支援は、①効率性、②公平性、③持続可能性、④制度、⑤統合を柱とする²⁸⁵。

① 効率性

- ・生産性向上とインフラ開発

²⁸¹ <https://www.iadb.org/en/projects>

²⁸² <https://idbinvest.org/en/projects>

²⁸³ Estrategia Nacional de Electromovilidad para Ecuador

²⁸⁴ CAF ウェブサイト <https://www.caf.com/es/sobre-caf/>

²⁸⁵ CAF (2020) “Sustainability Report 2019”

- ・ 金融セクターの強化
- ② 公平性
 - ・ 公平かつサポータティブな人間・社会開発
 - ・ 金融包摂
- ③ 持続可能性
 - ・ 包括的な環境管理
 - ・ マクロ経済にかかる政策能力
- ④ 制度
 - ・ 制度強化
 - ・ 公共管理能力
- ⑤ 統合
 - ・ 物理、物流、エネルギー、金融の統合
 - ・ 合意に向けた議論、合意形成

● 対エクアドル援助状況

2010~21年に承認されたCAFによるエネルギー関連プロジェクトの一覧を表6-4に示す。2017年の発送配電にかかるセクターローンを最後に、エネルギー関連プロジェクトは実施されていない。CAFでエクアドルを所管する担当者への聞き取りでも、エネルギーセクターへの注力度合いは近年、過去と比べて下がっていることを確認した。また、CAFは民間セクターへのファイナンスも行っているが、エクアドルでは人的リソースの制約からほとんどが政府・公的機関への融資となっている。エネルギーセクターにおいても、CELECをはじめとする国有電力会社が主な支援対象である²⁸⁶。

表 6-4 CAF のエネルギー関連プロジェクト一覧（2010~21年承認）

プロジェクト名	コンポーネント・承認額（百万米ドル）	承認日
Support for Public Investment in the Electricity Sector	Rural and marginal urban electrification 72.2 Expansion and improvement projects 5.1 Expansion of transmission systems 30 Hydroelectric generation 142.7	2010年 3月
Plan of Ordering and Sustainable Development of the Central Urban Area of the city of Loja	Component 6: New underground electricity supply networks 23.36	2014年 10月
Program to Strengthen the National Electricity Distribution System of Ecuador	Component I: Strengthening of SND 141.4 Component II: Equipment 48.5 Component IV: Pre-investment 4.1 Component VI: Audits 1.5 Component VII: Unforeseen 5.2	2014年 12月
Sectoral Loan with a Broad Approach to Electricity	Support investments in direct costs of electricity generation, transmission and/or distribution projects (year 2014-2016) 400	2015年 7月
Sectoral Loan with a Broad Approach in Electricity II	Support investments in direct costs of electricity generation, transmission and/or distribution projects (year 2015-2016) 200	2016年 1月
Sectoral Loan with a Broad Approach in Electricity III	Support investments in direct costs of electricity generation, transmission and/or distribution projects 150	2017年 7月

出所：CAF ウェブサイト²⁸⁷、CAF 提供資料を基に JICA 調査団作成

²⁸⁶ CAF への聞き取りによる。

²⁸⁷ <https://www.caf.com/>

6.3 中国による援助の概況

前項のデータは、DAC 加盟国および国際機関からの政府資金の流れを示したものであり、一大援助国になりつつある中国は、DAC 非加盟国のため含まれていない。中国による対外援助の実態を詳細に把握することは困難だが、複数のシンクタンクなどによる研究からその概況を窺うことができる。

米国・シンクタンク William & Mary's Global Research Institute の調査によると、2000~17 年の期間において、エクアドルは中国にとって世界第 24 位の ODA 供与国（10.5 億米ドル）、世界第 9 位のその他政府資金（OOF）供与国（159.2 億米ドル）である。中南米では、ODA でキューバに次ぐ第 2 位の被援助国、OOF では第 1 位の被援助国となっている²⁸⁸。一方、米国・シンクタンクの Inter-American Dialogue のデータベース²⁸⁹によると、エクアドルに対して中国は、2010~18 年に中国輸出入銀行と国家開発銀行を通じて計 184 億米ドルの融資が行われたとされる²⁹⁰。また、コロンビア・非営利団体（NPO）の Connectas によると、2010~18 年の中国による対エクアドル融資は計 113 億米ドルで、中国輸出入銀行（70 億米ドル）と国家開発銀行（34.6 億米ドル）による融資の他に、中国銀行とドイツ銀行香港支店の協調融資（7 億米ドル）、および中国銀行の単独融資（1.7 億米ドル）が含まれる。加えて、中国工商銀行からエクアドル石油国有企業の Petroecuador 社に対して 970 百万米ドルの融資が行われている²⁹¹ ²⁹²。いずれにせよ、純額と総額の違いに留意は必要だが、二国間 ODA の支援国別純受取額で最大のフランスが年間 240 百万米ドル（2019 年）であることを踏まえると、エクアドルにとって中国が非常に重要な援助国であることがわかる。同様に、中国もエクアドルを中南米における重要なパートナーとして位置付けていることが窺える。

Inter-American Dialogue のデータベースに掲載されている中国による対エクアドル援助プロジェクトの一覧を表 6-5 に示す。中国による援助は、DAC 諸国・国際機関による援助と比較して、エネルギーを含む経済インフラの建設に重点が置かれている点が特徴である。2010~18 年で確認されたプロジェクト計 15 件のうち、6 件がエネルギーセクターである。

表 6-5 中国による対エクアドル援助のプロジェクト一覧（2010~18 年）

プロジェクト／目的	セクター	年月	レンダー	金額 (百万米ドル)
Coca-Codo-Sinclair hydroelectric dam	エネルギー	2010 年 6 月	中国輸出入銀行	1,700
80% discretionary, 20% oil	エネルギー	2010 年 7 月	国家開発銀行	1,000
Sopladora hydroelectric dam	エネルギー	2010 年 12 月	中国輸出入銀行	571
Renewable energy development	エネルギー	2011 年 7 月	国家開発銀行	2,000
Finance 2013 budget deficit	その他	2012 年 12 月	国家開発銀行	2,000
Road to Quito airport	道路	2013 年 2 月	中国輸出入銀行	80
Minas-San Francisco hydroelectric dam	エネルギー	2013 年 4 月	中国輸出入銀行	312
Finance Coca-Codo dam transmission system	エネルギー	2014 年 10 月	中国輸出入銀行	509

²⁸⁸ 米ドルは 2017 年基準。Malik, A. A., et al. (2021) “Banking on the Belt and Road: Insights from a new global dataset of 13,427 Chinese development projects”

²⁸⁹ Inter-American Dialogue データベース https://www.thedialogue.org/map_list/

²⁹⁰ 中国輸出入銀行は、中国政府が 100% 出資する金融機関（輸出信用機関）で、「一帯一路」構想を金融面で支える役割も担う。国家開発銀行も中国政府が 100% 出資する金融機関で、電力・交通を含むインフラ関連の公共プロジェクト等に出融資する。これらは中国農業発展銀行と共に同国の政策銀行である。

²⁹¹ Connectas 記事 <https://www.connectas.org/la-madeja-de-los-creditos-chinos-en-ecuador/>

²⁹² 中国銀行と中国工商銀行はいずれも中国・四大国有商業銀行の 1 つ。

Transportation, education, and health care projects	その他	2015年1月	中国輸出入銀行	5,300
Finance 2015 Annual Investment Plan	その他	2015年1月	国家開発銀行	1,500
Replace kitchen stoves	その他	2015年1月	中国輸出入銀行	250
Yachay education complex	その他	2016年2月	中国輸出入銀行	198
Non-discretionary and infrastructure	その他	2016年4月	国家開発銀行	2,000
Development assistance	その他	2018年12月	国家開発銀行	900
Reconstruction projects	道路	2018年12月	中国輸出入銀行	69

出所：Inter-American Dialogue データベース²⁹³を基に JICA 調査団作成

エクアドルでは現在、計 7 件・総額 17.8 億米ドルの一路構想にかかるインフラプロジェクトが進行中である。一方、2013~21 年に総額 417.3 百米ドルのプロジェクトが保留・中止となっている²⁹⁴。

中国による対外援助は ODA の基準を満たさない商業的な OOF が中心であることがしばしば指摘されるが、対エクアドル支援においても同様のことが言える。前述のとおり、William & Mary's Global Research Institute の調査によると、2000~17 年における中国からの受取総額は、ODA が 10.5 億米ドルなのに対して OOF は約 15 倍の 159.2 億米ドルであった²⁹⁵。

中国による資金援助のもう 1 つの特徴は、プロジェクトの多くが資材調達先等を中国企業に限定するタイドであるという点にある。Connectas と米国・NPO の International Center for Journalists の共同調査によると、2010 年~2017 年 5 月の間でエクアドルから中国企業に対する発注 48 件・総額 73 億米ドル（同期間の対エクアドル融資は計 113 億米ドル）で中国からの融資が活用されている²⁹⁶。発注先として確認されたのは 15 企業で、表 6-6 に示す 6 社が総額の 87%を占める²⁹⁷。水力発電所などの発電設備を手掛ける企業が中心である。

表 6-6 中国政府による融資が活用されたプロジェクトでの主な発注先

企業名	主な事業内容
Sinohydro (中国水利水电建设股份有限公司)	水力発電所のエンジニアリング・建設を手掛ける。国有企業で、Power Construction Corporation of China (中国電力建設集团有限公司) 子会社。
Harbin Electric (哈尔滨电气集团公司)	発電設備の開発、製造、EPC を手掛ける。中国の発電所設備の 3 大メーカーの 1 つ。
Gezhouba (中国葛洲壩集团股份)	発電所・道路等インフラのエンジニアリング・建設を手掛ける。
Sinomach (中国机械工业集团有限公司)	国有企業で、農業・建設などの機械製造を手掛ける。
CWE (中国水利电力对外公司)	水力発電所のエンジニアリング・建設にかかるコンサルティングサービスを手掛ける。国有企業で、China Three Gorges Corporation (中国长江三峡集团公司) 子会社。
CEIEC (中国电子进出口有限公司)	国有企業で、防衛用電子機器などの製造を手掛ける。

出所：JICA 調査団作成

中国による対外援助は、相手国の財政状況を見越した過剰投資を招き、借金漬けにして債

²⁹³ https://www.thedialogue.org/map_list/

²⁹⁴ 米ドルは 2017 年基準。Malik, A. A., et al. (2021) "Banking on the Belt and Road: Insights from a new global dataset of 13,427 Chinese development projects"

²⁹⁵ 同上

²⁹⁶ 一部発注ではエクアドル政府も資金提供する等、発注の全額に中国からの融資が充てられているということではない。

²⁹⁷ Connectas "La madeja de los créditos chinos en Ecuador" (31 May 2017)

務免除と引き換えに相手国からインフラの権益等を得る「債務の罠」だと国際社会から批判されている。また、中国からの融資は、返済期間や金利といった条件が必ずしも公開されておらず、不透明な部分が多い。前述のとおり、エクアドルは中国から多額の援助を受けているが、中国への政府債務の対 GDP 比は公表ベースで 13%に及び、隠れ債務も 2%あるとみられる。さらに、2000~17年の借入のうち 59%に何らかの担保が付されている²⁹⁸。中国の融資条件は、DAC 諸国のものよりも被援助国にとって非常に不利であることが多く²⁹⁹、新型コロナウイルス禍で大きな影響を受けているエクアドルの財政にとって今後大きな重荷となることが懸念される。特にコレア政権下で 2008 年のグローバル債の債務不履行以降、新たな資金源として積極的に中国から援助を受けてきたが、国民の中国依存に対する不満の高まりもあり、ラッソ新政権はその見直しを迫られている。

こうした中、米国がエクアドルの対中国債務依存からの脱却を支援する姿勢を見せている。2021 年 1 月には、米国国際開発金融公社³⁰⁰は、中国からの借入のリファイナンスを目的に 280 億米ドルの融資を行った³⁰¹。

6.4 個別事例の分析

本項では、エクアドルのエネルギーセクターにおける、MDBs や二国間ドナーによる以下に示す具体的なプロジェクト 5 件を紹介する。

- (1) エネルギーマトリクス転換に向けた支援 (IDB)
- (2) 持続的な EV 向けファイナンス (IDB)
- (3) ガラパゴス諸島における燃料の脱炭素化に向けた支援 (IDB)
- (4) Puerto Ayora 太陽光発電プロジェクト (韓国・KOICA)
- (5) Coca Codo Sinclair 水力発電プロジェクト (中国)

(1) IDB「エネルギーマトリクス転換に向けた支援」

● 支援概要

本件は、IDB の政策支援型融資 (PBL) で、エクアドルにおけるエネルギー構造の転換に向けた政策改革の支援を目的とする。2015 年の Support for the Transition of the Energy Matrix in Ecuador (融資額 5 億米ドル) の後続フェーズにあたる。本件の具体的な目標は、①化石燃料から電力への転換促進およびエネルギー効率向上に向けた取組強化、②電力へのアクセス促進および再エネ利用の増加、③南米地域内での電力融通の拡大にかかるコミットメントの実行について支援を行うことである³⁰²。

2020 年 6 月に承認された本件の融資額は 2.8 億米ドルで、返済期間は 5 年半の据置期間を含む 20 年である。エクアドル側の実施機関は MEF だが、MERNNR と連携のうえ実施

²⁹⁸ Malik, A. A., et al. (2021) “Banking on the Belt and Road: Insights from a new global dataset of 13,427 Chinese development projects”

²⁹⁹ 日本経済新聞「中国への債務、42 カ国で GDP の 1 割超え 米研究所」(2021 年 9 月 29 日)

³⁰⁰ U.S. International Development Finance Corp

³⁰¹ Asia Times “US rescue of Ecuador from Chinese debt is a trap” (24 Jan 2021)

³⁰² IDB “Support for the Transition of the Energy Matrix in Ecuador II Loan Proposal” (May 2020)

される。

表 6-7 IDB「エネルギーマトリクス転換に向けた支援」の概要

プロジェクト名	英語	Support for the Transition of the Energy Matrix in Ecuador II					
	西語	Apoyo a la transición de la matriz energética en Ecuador - II					
ドナー	IDB		実施機関		MEF		
支援種別	融資		融資額		280,000,000 米ドル		
融資条件	返済期間	20 年	据置期間	5.5 年	金利	LIBOR	
実施状況	2020 年 6 月承認・完了						

出所：IDB ウェブサイト³⁰³；IDB “Support for the Transition of the Energy Matrix in Ecuador II Loan Proposal” (May 2020)

● 支援内容

本件は以下に示す 4 つのコンポーネントで構成される³⁰⁴。

【コンポーネント I：マクロ経済フレームワーク】本件の目的に即したマクロ経済の状況が、政策マトリクスおよびセクター政策レターに従って維持されることを目指す。

【コンポーネント II：持続可能なエネルギーセクター】家庭・発電部門での化石燃料の消費とそれに関連する補助金を代替・削減するための取り組みを支援する。

【コンポーネント III：電力セクターの強化】電力サービスにおける効率性・近代化・イノベーション・持続可能性にかかるコミットメントを推進し、達成するための取り組みを支援する。

【コンポーネント IV：地域の電力統合】SINEA を前進させ、地域内の電力融通を拡大して中長期的に新たなエネルギー構造から生じる余剰電力を輸出することを可能にし、また、万一の場合に国内のエネルギー供給を確保し、火力発電を削減する。

融資実行にあたっては、表 6-8 に示す政策マトリクス等に沿って政策改革が行われることが求められる。コンポーネント II では、家庭部門における LPG から電力への移行にかかる計画の実行、都市部公共交通での EV 導入を含むエネルギー効率法の承認、2020~25 年の自国が決定する貢献（NDC）の提出等が条件に定められている。コンポーネント III にかかる条件としては、再エネ発電プロジェクトの入札公表、最低 2 件の僻地の電化を目的とする再エネプロジェクトの完了、最低 200 件のディーゼル発電の代替・削減を含む農村電化プロジェクトの完了等が掲げられる。コンポーネント IV では、ペルーとの 500kV 連系線（新設）に関する最終エンジニアリング調査にかかる入札プロセスの開始、既存の 230kV 連系線を通じての両国間での再エネ由来の電力取引の増加が条件とされる。

なお、コンポーネント IV のエクアドル-ペルー500kV 連系線に関しては、IDB が別途技術協力を行っている³⁰⁵。同技術協力の承認額は 2.5 億米ドルで、うち 242 百万米ドルが既存変電所（Chorrillos 変電所）の拡張、新規変電所（Pasaje 変電所）の建設、Chorrillos 変電所から国境まで約 285km の送電線の建設に充てられる³⁰⁶。

³⁰³ <https://www.iadb.org/en/project/EC-L1265>

³⁰⁴ IDB “Support for the Transition of the Energy Matrix in Ecuador II Loan Proposal” (May 2020)

³⁰⁵ Support for the Preparation and Execution of the Ecuador-Perú Power Interconnection System (2020 年 9 月承認)

³⁰⁶ IDB “Documento de Cooperación Técnica” (Aug 2021)

表 6-8 IDB「エネルギーマトリクス転換に向けた支援」の政策マトリクス

コンポーネントと目的	条件	
	プログラム I	プログラム II (本件)
コンポーネント I: マクロ経済フレームワーク		
一般的なマクロ経済政策の安定した枠組み	1.1 マクロ経済フレームワークが、本プログラムの目的およびセクター政策文書に示されているガイドラインと整合すること。	
コンポーネント II: 持続可能なエネルギーセクター		
家庭・発電部門における化石燃料消費の削減および化石燃料にかかる補助金の代替に向けた戦略の策定と実行	2.1 家庭部門における LPG から電気への転換にかかる SENPLADES の決定が承認されること。	2.1 家庭部門における LPG から電気への転換にかかる計画が実行されること。
	2.2 補助された LPG から電気への転換にかかる MEER の提案政策のスコープが、電力サービスへのアクセスを有さない住民にも配慮したうえで、設計されること。	2.2 エネルギー効率を向上させる建築基準が承認されること。
	2.3 電力サービスへのアクセスを有する家庭における LPG から電気への転換に向け、電気料金規程が設計・承認されること。	2.3 左記の電気料金が実施されること。
	2.4 Petroamazonas 社によって炭化水素事業における発電最適化にかかる方針が策定されること。	2.4 炭化水素事業におけるディーゼルに対する需要の削減と電気への転換を進め、年間目標を達成すること。
	—	2.5 EV による都市公共交通の効率化のための措置を含むエネルギー効率法が承認されること。
GHG 排出削減にかかる活動を含む国家計画の策定	2.5 国家エネルギーアジェンダおよび方法論が承認されること。	2.6 国連気候変動枠組条約に基づいて 2020-25 年の NDC が提出されること。
エネルギー予測・バランスシートの作成と更新	2.6 国家エネルギーバランスシート 2014 が作成・公表されること。	2.7 国家エネルギーバランスシート 2018 が作成・公表されること。
コンポーネント III: 電力セクターの強化		
発電部門における液体燃料の使用量削減および再エネによる発電能力の増強	3.1 全国電力網の拡大と発展のための計画 2013-2022 ³⁰⁷ に関する CONELEC 決議が承認されること。	3.1 非在来型再エネ事業の入札が告示されること。
持続可能性・信頼性向上、およびエネルギーマトリクス転換による新たな負荷への対応のための電力セクターの近代化	3.2 電気事業法 (LOSPEE) が国民議会承認されること。	3.2 特に再エネ電源の拡大に向けた「分散電源の導入にかかる規制枠組み ³⁰⁸ 」の作成・公表を含め、LOSPEE にかかる規則が発行されること。
	3.3 電気料金の値上げによる赤字削減のための政策が CONELEC によって承認されること。	3.3 配電会社の資金回収指数が 75% 以上、総電力ロス指標が 14% 以下になること。
	3.4 国家スマートグリッドプログラム実施のための省庁横断委員会の設置に関する閣僚合意が承認されること。	3.4 スマートネットワーク原則が国家配電システム強化プログラム ³⁰⁹ に組み込まれること。
	3.5 国家調理効率化プログラム (PNCE) の実施促進に向けた SENPLADES による配電向上プログラムの優先付けが承認され、第一段階が実施されること。	3.5 配電設備改善計画が更新され、国家配電システム強化プログラムの第一段階が完了、第三段階が 50% 実行されていること。

³⁰⁷ Plan de Expansión y Desarrollo del Sistem Nacional Eléctrico 2013-2022

³⁰⁸ Marco normativo para la participación de la Generación Distribuida

³⁰⁹ Programa Nacional para el Reforzamiento del Sistema de Distribución Eléctrica

コンポーネントと目的	条件	
	プログラム I	プログラム II (本件)
	3.6 農村地域の電化プロジェクトの資金調達にかかる持続可能な方法論を MEER によって策定・承認されること。	3.6 農村地域における電化のための再エネプロジェクトが少なくとも 2 件完了していること。
農村地域における配電サービスの提供拡大	3.7 系統拡張を伴う農村電化プロジェクト 2013-2014 の資金調達にかかる持続可能な方法論が実行されること。	3.7 系統拡張を含め、ディーゼルの使用量低減を目的とする農村電化プロジェクトが少なくとも 200 件完了し、配電会社の事業に組み込まれていること。
	3.8 農村電化プロジェクトの影響を評価するための戦略が MEER によって承認され、実行段階にあること。	3.8 農村電化プロジェクトの影響評価に関する最終報告書が MERNNR によって承認されること。
コンポーネント IV：地域の電力統合のサポート		
南米地域における商業取引を促進するための規制枠組みとインフラの整備	4.1 エクアドルとペルーを結ぶ高電圧 (500kV) 送電線プロジェクトのスコープに関して二国間協定が締結されること。	4.1 特に両国間で再エネの取引拡大を目指すエクアドル-ペルー間の連系線プロジェクトに関して、最終エンジニアリング調査の入札プロセスが開始されること。
	4.2 既存の 230kV 線においてペルーとの電力取引を増加させるための規制調和策案が策定されること。	4.2 ペルーとの間で既存の 230kV 線を通じて再エネ由来の電力取引が拡大すること。

出所：IDB “Support for the Transition of the Energy Matrix in Ecuador II Loan Proposal” (May 2020)

● 進捗状況

コンポーネント IV の政策条件となっているエクアドル-ペルー500kV 連系線に焦点を当てて進捗状況を整理する。2012 年にエクアドル・ペルー間で連系線の建設について合意された。エクアドルとペルーの両国では時期によって余剰電力が生じているが、両国間での送電容量は 100MW に留まり、連系線の増強が求められている³¹⁰。新たな 500kV 連系線は、エクアドルの Chorrillos 変電所(グアヤキル県)とペルーの La Niña 変電所の間 635km を結ぶ。新設する Pasaje 変電所は、2 つの 230kV 送電線に接続される³¹¹。

表 6-9 エクアドル-ペルー間 500kV 連系線の区間別距離

所在国	区間 (変電所)	距離 (km)
エクアドル		284.4
	Chorrillos – Pasaje	210.5
	Pasaje – Frontera (国境)	73.9
ペルー		350.7
	Frontera (国境) – Piura Nueva	263.7
	Piura Nueva – La Niña	87.0
合計		635.1

出所：Portal deProyectos ウェブサイト³¹²

ペルー側では、Frontera – Piura Nueva 区間について、30 年間のコンセッション (設計、資金調達、建設、運用、保守) の公募が 2020 年に発表され、2021 年第 3 四半期に落札者が決

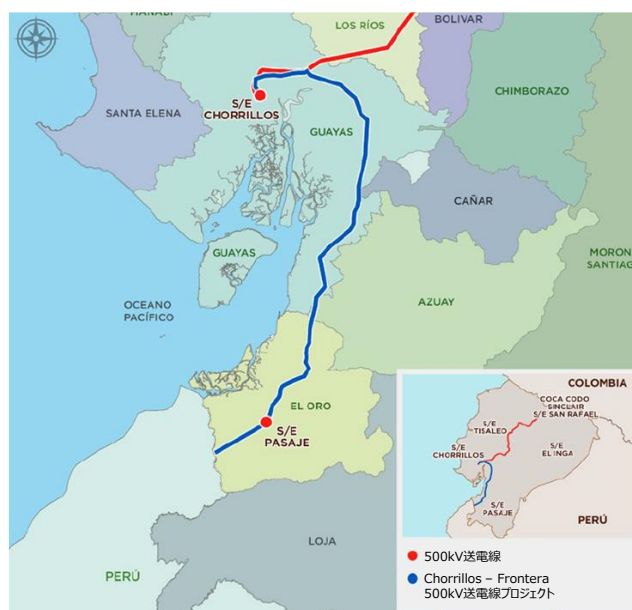
³¹⁰ IDB “Documento de Cooperación Técnica” (Aug 2021)

³¹¹ CELEC “Estudio de Impacto Ambiental de una Línea de Transmisión en 500 kV entre Ecuador - Perú”

³¹² <http://www.proyectosapp.pe/modulos/JER/PlantillaProyecto.aspx?ARE=0&PFL=2&JER=8647&SEC=25>

定する予定である^{313 314}。

エクアドル側のプロジェクト予算は3億米ドルで、2024年前半までの着工を目指す³¹⁵。2021年11月現在も調達情報は公開されていないが、準備は進められている。2013年12月に、MEERよりCELECに対して本件の契約プロセスの実施が委任された³¹⁶。2020年11月、同連系線の設計にかかる調査（330日以内）が、CELEC傘下のTranselectric社より中国の国有企業・Changjiang Institute of Survey Planning Design and Researchに2,600米ドルで委託された。この調査費用にもIDBの融資が充てられている³¹⁷。また、2020~21年に環境影響評価（EIA）が実施された³¹⁸。2021年9月には、CELECはエクアドルバナナ輸出事業者協会³¹⁹と、連系線建設によるバナナ生産地への影響最小化の方策を検討することで合意した³²⁰。



出所：Bnamericas “Public engagement on tap for Ecuador-Peru power link” (9 Dec 2020)画像を JICA 調査団加工

図 6-5 エクアドル—ペルー間 500kV 連系線の位置（エクアドル側）

(2) IDB「持続的なEV向けファイナンス」³²¹

● 支援概要

本件は、運輸部門の電化に向け、運輸事業者を対象とするEV購入のための融資や既存の

³¹³ Estudio Ehecopar “Project Alert: 500kV Piura Nueva Substation – Frontera Transmission Line” (16 Oct 2020)

³¹⁴ 2021年11月末現在、落札者の情報は確認できていない。

³¹⁵ CELEC社プレスリリース（2020年11月16日）<https://www.celec.gob.ec/transelectric/index.php/18-institucional/contenido-documentos/430-celec-ep-inicia-los-estudios-para-el-sistema-de-interconexion-electrica-ecuador-peru-a-500-kv>

³¹⁶ Transelectric (2021) “Estudio de Impacto Ambiental y Social para el Proyecto Línea de Transmisión en 500 kV entre Ecuador-Perú (Sistema de Transmisión Chorrillos-Frontera)”

³¹⁷ CELEC社プレスリリース(2020年11月16日) <https://www.celec.gob.ec/transelectric/index.php/18-institucional/contenido-documentos/430-celec-ep-inicia-los-estudios-para-el-sistema-de-interconexion-electrica-ecuador-peru-a-500-kv>

³¹⁸ Transelectric (2021) “Estudio de Impacto Ambiental y Social para el Proyecto Línea de Transmisión en 500 kV entre Ecuador-Perú (Sistema de Transmisión Chorrillos-Frontera)”

³¹⁹ Asosiation de Exportadores de Banano del Ecuador

³²⁰ El Telégrafo “La CELEC EP y representantes del sector bananero firman acuerdo para la Interconexión Eléctrica” (17 Sep 2021)

³²¹ 特に注記がない場合は IDB (2020) “Proposal for a CCLIP for the program Electric Mobility and first operation under the CCLIP for the Financing of Sustainable Electric Transportation in Ecuador”を参照。

内燃機関車両の廃棄（スクラップ）に対するインセンティブ付与を目的とする融資である。

エクアドルでは、EV 導入はほぼ進んでいないのが現状である。EV は燃料費やメンテナンス費用について化石燃料車と比較して削減できるとされる。しかし、高額な車両や充電インフラへの初期投資の大きさが、交通機関にとってEV 導入の障壁となっている。また、エクアドルでは長期貸出市場が発達しておらず、交通機関がEV 導入のために融資を受けることも容易でない。こうした背景を踏まえ、本件は、経済的インセンティブを事業者に供与することで、公共交通の電化促進を図る。

2020年12月に承認された本件の支援額は33百万米ドルで、一部はIDBのクリーンテクノロジー基金から供出される。実施機関はMTOPとエクアドル金融公社（CFN）である。CFNは国有開発銀行で³²²、主に零細・中小企業向け融資のための民間金融機関に対するクレジットライン供与や国家保証ファンド等を行っている。また、公共・商業運輸部門向けにEV購入への融資も行っている。

表 6-10 IDB「持続的なEV向けファイナンス」の概要

プロジェクト名	英語	Financing of Sustainable Electric Transportation					
	西語	Financiamiento del Transporte Eléctrico Sostenible en Ecuador					
ドナー	IDB	実施機関		CFN, MTOP			
支援種別	融資	融資額		33,000,000 米ドル			
融資条件 ³²³	返済期間	25/40 年	据置期間	6/10.5 年	金利	LIBOR/na	
実施状況	2020年12月承認・実施中						

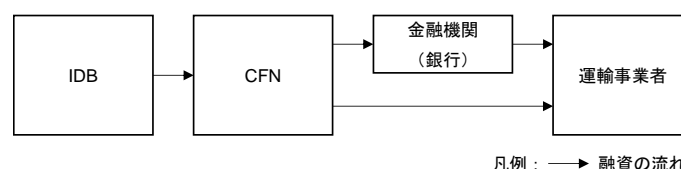
出所：IDB ウェブサイト³²⁴; IDB (2020) “Proposal for a CCLIP for the program Electric Mobility and first operation under the CCLIP for the Financing of Sustainable Electric Transportation in Ecuador”

● 支援内容

本件は以下に示す2つのコンポーネントで構成される。

【コンポーネント1：EV向けローン（3,000万米ドル）】EV購入資金として長期融資を提供する。図6-6に示すように、IDBがCFNに資金を提供し、さらに現地銀行を介して事業者に貸し付ける、ツーステップローンの形態をとる。CFNが事業者に直接貸し付ける場合もある。

【コンポーネント2：内燃機関車両の廃棄推進（300万米ドル）】コンポーネント1でEVを購入する事業者に対し、既存の内燃機関車両の廃棄証明書・支払い費用を提供する。実施機関はMTOPである。



出所：IDB (2020) “Proposal for a CCLIP for the program Electric Mobility and first operation under the CCLIP for the Financing of Sustainable Electric Transportation in Ecuador”を基に JICA 調査団作成

図 6-6 IDB「持続的なEV向けファイナンス」における融資の流れ

³²² 取締役会は、経済・財務大臣、生産・貿易・投資・漁業大臣、農牧大臣、観光大臣等で構成される。

³²³ Flexible Financing Facility (融資条件の変更交渉が可能) / IDB Clean Technology Fund

³²⁴ <https://www.iadb.org/en/project/EC-L1268>

コンポーネント 1 では、バス約 78 台とタクシー約 370 台に融資が行われる予定である。金利は 7%と³²⁵、同国の貸出金利 7.49% (2021 年 10 月現在) をやや下回る³²⁶。1 台あたりの平均融資額は、バスが 266,000 米ドル、タクシーが 24,780 米ドルと見積もられる。必要に応じて充電インフラの整備に対しても融資が行われる。また、コンポーネント 2 の既存車両の廃棄にかかる費用は、バス 30,000 米ドル、タクシー 2,000 米ドル程度と想定されている。

● 進捗状況

IDB からの貸出実行は表 6-11 のとおりを予定しているが、2020 年には実行されていない。2021 年についても、10 月に MTOP への聞き取りを行った時点で本件は開始していない。

表 6-11 IDB 「持続的な EV 向けファイナンス」における貸出実行計画

1 年目	2 年目	3 年目	4 年目	5 年目	合計
330	1,570	9,600	9,900	11,600	33,000

出所：IDB (2020) “Proposal for a CCLIP for the program Electric Mobility and first operation under the CCLIP for the Financing of Sustainable Electric Transportation in Ecuador”

(3) IDB 「ガラパゴス諸島における燃料の脱炭素化に向けた支援」³²⁷

● 支援概要

本件は、ガラパゴス諸島における発電部門での化石燃料の削減支援を目的とする技術協力である。具体的な目標は、①最適な発電インフラの特定、②最適化された電源拡大計画の策定に向けたエネルギー効率化プロジェクトの特定・優先順位付け、③MERNNR・EE Galapagos の能力強化および知識普及について支援を行うことである。

2019 年 8 月に承認された本件の支援額は 50 万米ドルで、IDB の技術・革新にかかる知識のための韓国連合基金³²⁸から供出される。また、遅延や目標未達を防ぐため、本件の実施はエクアドル側の公的機関ではなく、IDB が外部コンサルタントを通じて行う。実施に際しては、MERNNR や EE Galapago と、ガラパゴス特別行政区審議会と連携する。

表 6-12 IDB 「ガラパゴス諸島における燃料の脱炭素化に向けた支援」の概要

プロジェクト名	英語	Supporting the Zero Fossil Fuels Initiative for Galápagos		
	西語	Apoyo a la Iniciativa de Cero combustibles fósiles para Galápagos		
ドナー	IDB (KPK)	実施機関	IDB	
支援種別	技術協力	支援額	500,000 米ドル	
実施状況	2019 年 8 月承認・実施中			

出所：IDB ウェブサイト³²⁹; IDB (2019) “TC Document (Apoyo a la Iniciativa de Cero combustibles fósiles para Galápagos)”

● 支援内容

本件は以下に示す 3 つのコンポーネントで構成される。

³²⁵ MTOP への聞き取りによる

³²⁶ Banco Central del Ecuador “Monthly Statistical Information No.2035 September 2021” (Sep 2021)

³²⁷ 特に注記がない場合は IDB (2019) “TC Document (Apoyo a la Iniciativa de Cero combustibles fósiles para Galápagos)”を参照。

³²⁸ Korean Alliance Fund for Technology Knowledge and Innovation。韓国政府が資金提供するファンド。

³²⁹ <https://www.iadb.org/en/project/EC-T1414>

【コンポーネント I：最適な再エネ発電拡大計画】 主要な島における再エネ導入の可能性を調査し、ガラパゴスにおいて最適な発電インフラを特定する。25 年間の需要予測と提案プロジェクトの均等化発電原価（LCOE）の分析を含む。

【コンポーネント II：エネルギー効率投資計画】 最適化された発電拡大計画の策定のため、コンポーネント I の需要予測に基づき、ガラパゴスにおけるエネルギー効率プロジェクトのポートフォリオを特定し、優先順位付けを行う。また、効率改善プログラムと規制枠組みの導入にも資金供与を行う。

【コンポーネント III：知識普及と制度強化（MERNNR 向け能力構築プログラム）】 エネルギーの合理的使用に関する啓発活動を行う。MERNNR と EE Galapagos 向けのトレーニングプログラムを含む。

コンポーネントごとの予算は表 6-13 のとおりである。

表 6-13 IDB「ガラパゴス諸島における燃料の脱炭素化に向けた支援」の予算内訳

コンポーネント		金額（米ドル）
I	最適な再エネ発電拡大計画	250,000
II	エネルギー効率投資計画	100,000
III	知識普及と制度強化	150,000

出所：IDB (2019) “TC Document (Apoyo a la Iniciativa de Cero combustibles fósiles para Galápagos)”

● 進捗状況

2021 年 5 月に、外部コンサルタント業務をスペインの MRC Consultants and Transaction Advisers 社が受注した³³⁰。

(4) KOICA「Puerto Ayora 太陽光発電プロジェクト」

● 発電所概要

Puerto Ayora は、ガラパゴス諸島で 2 番目に大きいサンタクルス島の南海岸に位置し、同島の中心地である。Puerto Ayora 太陽光発電所は、広さ 2.9 ヘクタール（29,000 m²）の敷地に、250W の PV パネルが 6,000 枚設置されている³³¹。総容量は 1.5MW、年間発電量は約 2.4GWh である^{332 333}。また、約 1km 離れた先に位置する Puerto Ayora 変電所と 13.8kV の配電線で接続されている³³⁴。当時は 3.48MW（1990 年建設）と 728kW（2009 年建設）のディーゼル発電機が電力を供給していたが、電源の脱炭素化と増加が見込まれる電力需要への対応として、同発電所の建設が決定した³³⁵。同発電所により、ディーゼル消費を年間 184,917 ガロン、CO₂ 排出を 1,864t 削減する効果が見込まれていた³³⁶。

³³⁰ IDB “EC-T1414_C747398_AW” (Jun 2021)

³³¹ CLOSE Galapagos ウェブサイト <https://ciergalapagos.wordpress.com/renovables/energia-fotovoltaica/>

³³² UNDP, MEER, et al. (2015) “Renewable Electrification of the Galapagos Islands Terminal Evaluation”

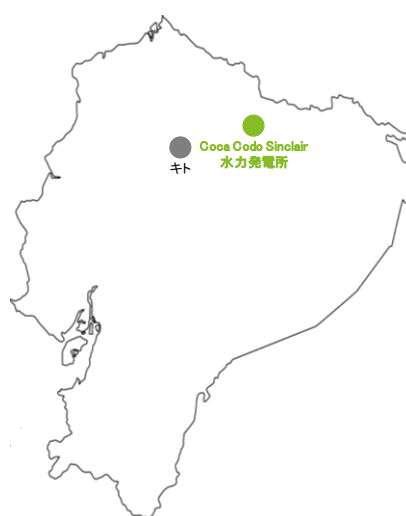
³³³ 2014 年 6 月と 7 月の発電量実績はそれぞれ、141,803kWh と 143,491kWh であった。(UNDP et al. (2015))

³³⁴ CLOSE Galapagos ウェブサイト <https://ciergalapagos.wordpress.com/renovables/energia-fotovoltaica/>

³³⁵ KOICA (2010) “Photovoltaic Power Station Project in the Galapagos Islands, Ecuador - Prefeasibility Study Final Report”

³³⁶ UNDP, MEER, et al. (2015) “Renewable Electrification of the Galapagos Islands Terminal Evaluation”

同発電所は、620mの高低差を活かして開発され、取水施設はキホス川とサラド川の合流点から1km下流のコカ川に位置する。既存の河川に建設されたコンクリート製のロックフィルダムと、川の左岸に建設されたコンクリート製の放水路、ダムと放水路の間に建設された沈殿池と取水口から構成されている。取水口から取水された水は、長さ120mの沈殿池を経由する。沈殿池には6つのベイがあり、設計沈殿物の粒子径は0.25mmである。取水トンネルの最大導水量は222m³/sである。24.8kmのコンクリート製取水トンネル（掘削径9.1m）を経て、使用可能水量80万m³の補償貯水池に流れる。補償貯水池からは、高さ620mの高低差により、最大流量278m³/sを使用するよう設計されている。長さ1,900mの2本の導水管（ペンストック）を通して、地下発電所に設置された8基のペルトン式タービンに流れ込む。8基設置されたタービンは、それぞれ定格出力187.7MWで、幅835mmの22個のバケットを備えたランナーで駆動する。放水トンネルは再度コカ川に戻る³⁴¹。



出所：JICA 調査団作成

図 6-8 Coca Codo Sinclair 水力発電所の位置

図 6-9 に示すとおり、Coca Codo Sinclair 水力発電所 (⑦) で発電された電力は、500kV×2 回線 (⑨) で San Rafael 変電所 (④450MVA 500kV/230kV) に送電され、SNI と接続される。さらに既設 1 回線だった San Rafael–El Inga 変電所間に 500kV×1 回線 (⑫) を増設し、El Inga 変電所 (③500kV/230kV 1800MVA) までを 2 回線化している。また、各 68.3MVA の単相変圧器 24 台等が設置されている。

³⁴¹ 同上



出所：CELEC Transelectric ウェブサイト³⁴²

図 6-9 Coca Codo Sinclair 水力発電所と 500kV 送電系統

● 事業ストラクチャー

本事業の開発者・事業主は、同発電所の建設・運営を目的とする特別目的会社として 2008 年に設立された国有の Coca Codo Sinclair (Cocasinclair EP) である。前身の Coca Codo Sinclair S.A. は、MEER とアルゼンチンの公共事業省³⁴³との間で締結された戦略的連携協定に基づき、いずれも国有エネルギー会社のエクアドル・Termopichincha S.A. とアルゼンチン・Energía Argentina S.A. がそれぞれ 70% と 30% を出資して設立した合弁会社である。その後 2009 年に、Energía Argentina 社の全株式を買い取ってエクアドル政府の国有企業となった³⁴⁴。

設計・調達・建設 (EPC) は SinoHydro-Andes JV が 2009 年に落札した。同社は中国国営の水力エンジニアリング・建設会社 SinoHydro 社 (89%)、エクアドルの建設・エンジニアリング会社 Constructora de los Andes Cia. Ltda. (Coandes) (8%)、いずれもコンサルティング会社でエクアドルの Yellow River Engineering Consulting 社とイタリアの Geodato 社による合弁会社である。さらに、中国の発電設備メーカー Harbin Electric がタービンを、オーストリアのエンジニアリング会社 Andritz Hydro 社が主要コンポーネント (ペルトンランナー 8 基・予備 1 基等) を納入した。また、500kV 電源線の工事は、フランスの Nexans 社が受注した。

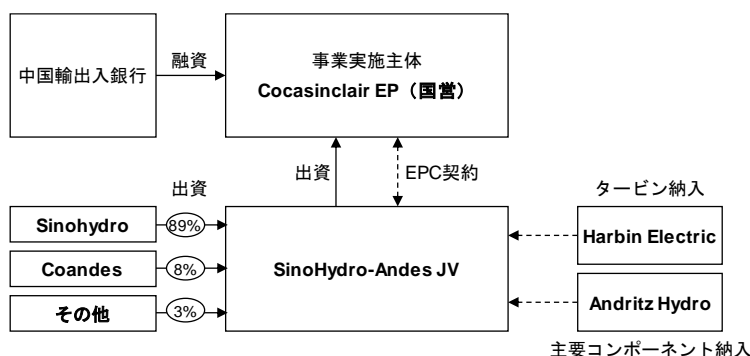
³⁴² <https://www.celec.gob.ec/transelectric/index.php/unidades-de-negocio/sistema-de-transmission-a-500-kv>

³⁴³ Ministerio de Obras Públicas

³⁴⁴ Power Technology “Coca Codo Sinclair Hydroelectric Project”

そのほか、F/S はイタリアの Electroconsult 社が請け負った³⁴⁵。

同国史上最大の公共事業で、総事業費は 26 億米ドルに上る^{346 347}。資金は、37%を株式、63%を負債で調達した。中国から中国輸出入銀行を通じて 17 億米ドルの融資を受けている。返済期間は 15 年で、利率は年 6.9%と、利子だけで年間約 125 百万米ドルに上る。また、返済は割引価格で設定された石油の中国向け輸出で行う契約となっており、エクアドルで生産される石油の約 8 割を中国が押さえたことになる³⁴⁸。



出所：各種資料を基に JICA 調査団作成

図 6-10 Coca Codo Sinclair 水力発電所プロジェクトの事業ストラクチャー

● 進捗状況

同発電所建設の検討が始まったのは 1980 年初頭に遡る。1992 年には 20 百万米ドルを投じて F/S を実施した³⁴⁹。近くのレベンタドル火山（Reventador）の噴火や財政制約によって長らく実現されなかったが、2007 年に当時のコレア大統領が事業再開を決定した³⁵⁰。

2008 年 9 月に EPC 事業者を選定する国際公開入札が開始された。最終審査には SinoHydro-Andes JV が唯一残り、2009 年 10 月にエクアドル政府は同社と EPC 契約を締結した。2010 年 7 月より建設工事が始まる³⁵¹。当初は 2012 年の運転開始を予定していたが、現場作業員によるストライキ³⁵²や、2014 年に発生し 13 人が死亡した圧力井戸の倒壊³⁵³等により遅延が生じた。また、中国輸出入銀行との融資交渉については、同銀行からエクアドル中央銀行の資産を担保とすることが要求されたことで 2010 年 3 月に中断が発表されたが³⁵⁴、3 ヶ月後の 6 月には締結に至った³⁵⁵。結局、建設工事が完了したのは予定を 2 年超過する 2016 年 11

³⁴⁵ 同上

³⁴⁶ 同上

³⁴⁷ 総額 32 億米ドルを超えるとの情報もある。（Diálogo Chino “Ecuador’s controversial and costliest hydropower project prompts energy rethink” (16 Dec 2021)）

³⁴⁸ The New York Times “It Doesn’t Matter if Ecuador Can Afford This Dam. China Still Gets Paid” (24 Dec 2018); BBC News “Ecuador recurre a vigorosa inversión china” (24 Jul 2010)

³⁴⁹ Diálogo Chino “Ecuador’s controversial and costliest hydropower project prompts energy rethink” (16 Dec 2021)

³⁵⁰ Power Technology “Coca Codo Sinclair Hydroelectric Project”

³⁵¹ 同上

³⁵² El Comercio “No hay acuerdo en el Coca-Codo” (24 Nov 2012)

³⁵³ Global Construction Review “13 killed by mudslide at Coca Codo dam in Ecuador” (15 Dec 2014); Power Technology “Coca Codo Sinclair Hydroelectric Project” (1 Oct 2020)

³⁵⁴ Global Times “Quito-Beijing hydro project in doubt” (22 Mar 2010)

³⁵⁵ AsiaNews “China to finance 60 per cent of public works projects in Ecuador’s energy sector” (28 Jun 2010)

月であった³⁵⁶。同月、中国の習近平国家主席が訪問するタイミングで開所式が行われた。

しかし、その後も多数の問題が生じている。エンジニアが全負荷発電を行った際、何らかの故障が発生して電力設備が短絡し、2016年10月20日、2018年10月8~9日、2019年7月15~16日の計3回、突発的に発電所が運転停止し、全国規模の停電が発生した。この原因は明らかにされていない。また、2018年11月の点検時には、タービンに水を注入する8つの分岐管に7,600本のひび割れが発見された。ひび割れの原因は、規格外の建材の使用や溶接部の粗悪さだとされる。エクアドル政府はドイツのTÜV SÜD社を指名し、1年に及ぶ徹底した評価を行った。同社が2018年11月に発行した報告書では、深さが2mmから38cmに及ぶ亀裂が報告されている。同報告書によると、最初の亀裂が発見されたのは建設工事中の2014年で、部品の製造・輸送・組み立ての際に適切な手順を踏まなかったことが原因とされる。中国側は2015年と2018年に溶接や配管材料の亀裂の修復を試みた³⁵⁷。また、CELECによると、2020年1月から6月14日までの同発電所の発電量は2,951GWhだったが、これは定格能力(1,500MW)の半分に過ぎず、平均742MWの出力でしかない。2019年5月以降の配管のひび割れなどを補修する工程が原因だと指摘されている。

加えて、2020年2月に、コカ川上流に位置し、エクアドルで最も高い滝であるサン・ラファエル滝(Cascada San Rafael)が崩壊し、上流への逆行性浸食が進んでいる³⁵⁸。2020年5月、CELECは、Lombardi Andina社、Terra Hidro社、Kawsus社に、コカ川の浸食調査と緩和工事の提案を委託した³⁵⁹。また、浸食による影響緩和のための工事として140百万米ドルが投じられる計画である³⁶⁰。

³⁵⁶ Power Technology “Coca Codo Sinclair Hydroelectric Project”

³⁵⁷ Diálogo Americas “China Builds Hydroelectric Plant with Cracks in Ecuador” (15 Feb 2019)

³⁵⁸ Diálogo Chino “Ecuador’s controversial and costliest hydropower project prompts energy rethink” (16 Dec 2021)

³⁵⁹ El Comercio “Central Hidroeléctrica Coca-Codo Sinclair se prevé entregar a fines del 2021” (15 Jun 2020)

³⁶⁰ Hydro Review “Ecuador to invest US\$140 million in protection work for 1,500-MW Coca Codo Sinclair” (16 Jun 2021)

第4部 脱炭素化・低炭素化にかかる動向

第7章 低炭素政策・技術

7.1 国際機関および諸外国における脱炭素・低炭素政策の動向

7.1.1. エネルギー供給と CO₂ 排出量の関係

各国における脱炭素・低炭素政策の動向を検証するにあたり、まず各国のエネルギー供給量と CO₂ 排出量³⁶¹の関係を整理して、エクアドルの現在の立ち位置を確認する。

脱炭素化・低炭素化にかかる世界的な取り組みにおいては、現在まで GHG を排出してきた先進国と、今後成長が見込まれるものの累積排出量に占める割合が相対的に小さい中進国、途上国では、将来の気候変動対策において担うべき負担は異なっている。こうした考え方は「共通だが差異ある責任」³⁶²として共有されており、政策面においても各国の置かれた立場で取り得る施策は異なってくる。

ここでは、世界各国を世界の CO₂ 総排出量に占める割合と一人あたり名目 GDP の関係について表 7-1 に示すセグメントで分類する。

表 7-1 世界の CO₂ 総排出量に占める割合と一人あたり GDP による分類³⁶³

項目	一人あたりの GDP	
	10,000 米ドル/人以上	10,000 米ドル/人未満
世界の CO ₂ 排出量に占める割合	1%以上	セグメント 1 排出量 : 11,602 百万 toe (33.3%) 国数 : 9 ヶ国 (United States, Russian Federation, Japan, Germany, Korea, Canada, Saudi Arabia, Australia, United Kingdom)
	1%未満	セグメント 2 排出量 : 15,689 百万 toe (45.0%) 国数 : 8 ヶ国 (China, India, Iran, Indonesia, South Africa, Brazil, Mexico, Turkey)
		セグメント 3 排出量 : 3,641 百万 toe (10.4%) 国数 : 67 ヶ国 (Italy, Poland, France, Spain, Malaysia, Argentina, Netherlands, Chile, Panama, Costa Rica, Uruguay など)
		セグメント 4 排出量 : 3,921 百万 toe (11.2%) 国数 : 112 ヶ国 (Kazakhstan, Thailand, Egypt, Pakistan, Ukraine, Venezuela, Colombia, Peru, Ecuador , Bolivia, Guatemala, Honduras, Paraguay, El Salvador, Guyana など)

出所：World Bank “World Development Indicators”; Global Carbon Atlas を基に JICA 調査団作成

セグメント 1 は、米国、英国、日本のように一人あたり GDP も高く、国としての CO₂ 排出量も多い先進国、セグメント 2 は中国、インド、ブラジルのように一人あたりの GDP はそこまで大きくないが、人口も多く国としての経済規模、CO₂ 排出量の大きい中進国である。セグメント 3 は国としての排出量は多くないものの、一人あたりの GDP と排出量が多い先進国である。セグメント 4 は GDP・CO₂ 排出量が相対的に少ない中進国・途上国となっている。

CO₂ 排出量については、セグメント 1・2 に属する 17 ヶ国が全体の 78.3%を占める。気候変動対策においては、これらの国々の活動が極めて重要になり、低炭素政策の動向においても大きな影響力を持っている。ただし、セグメント 2 に属する国は、今後も中長期的に経済発展が見込まれ、GHG 排出量の総量も増加している国が多く対象年度を定めたカーボンニ

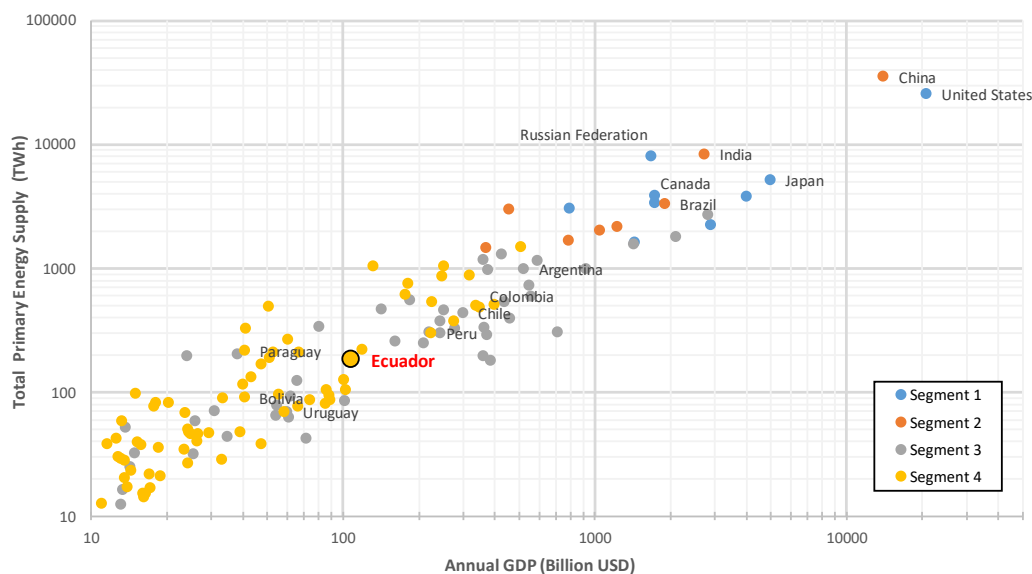
³⁶¹ 気候変動における排出量削減の指標には GHG が用いられているが、ここでは各国の統計データが整備されている CO₂ 排出量を採用している。

³⁶² Common but differentiated responsibility

³⁶³ 2018 年時点のデータを基に作成する。

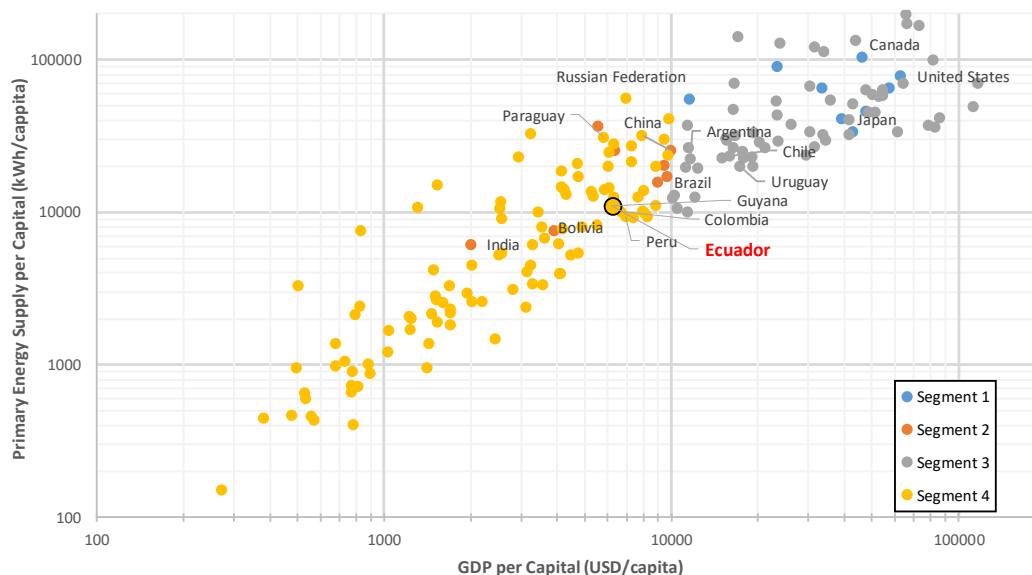
ニュートラル（実質排出量ゼロ）に対して慎重な傾向にある。セグメント3の国々については1ヶ国の排出量は少なくとも、EU各国やチリ、コスタリカのように低炭素政策において積極的な取り組みを見せて存在感を示す国も多い。セグメント4についてはセグメント2同様、今後も経済発展が見込まれる一方、気候変動によって想定される影響に対して脆弱な国も多く、排出量の抑制と成長を両立させる必要がある。

以下では各セグメントにおける名目GDP、エネルギー供給量、再エネの占める割合、CO₂排出量の関係を整理して、エクアドルの立ち位置について考察する。



出所：World Development Indicators; BP Statistical Review of World Energy を基に JICA 調査団作成

図 7-1 GDP と一次エネルギー供給量の関係³⁶⁴



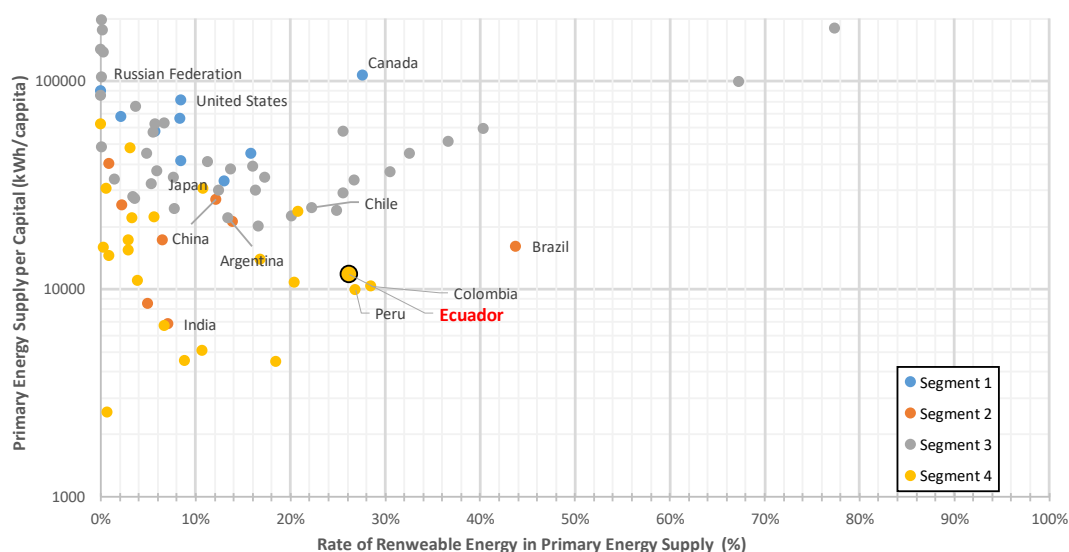
出所：World Development Indicators; BP Statistical Review of World Energy を基に JICA 調査団作成

図 7-2 一人あたり GDP と一次エネルギー供給量の関係³⁶⁵

³⁶⁴ 名目 GDP は 2018 年、一次エネルギー供給量は 2016 年時点のデータを基にする。

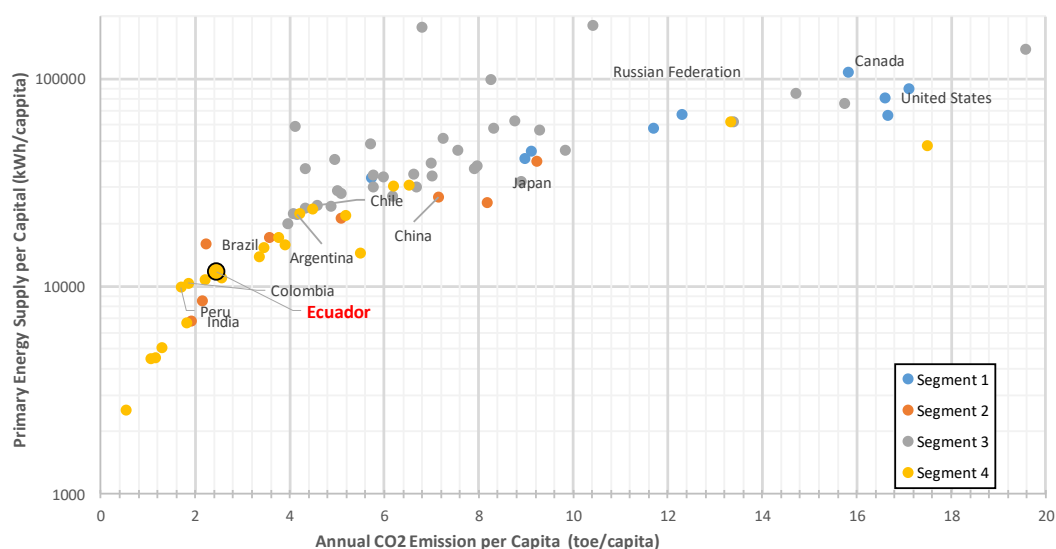
³⁶⁵ 一人あたり名目 GDP は 2018 年、一人あたり一次エネルギー供給量は 2016 年時点のデータを基にする。

各国の GDP と一次エネルギー供給量 (TES) の関係を図 7-1 と図 7-2 に示す。エクアドルは GDP が 1,076 億米ドル、TES が 184.4TWh で、世界の総 TES に占める割合は 0.12% である。エクアドルは一人あたり GDP が 6,295 米ドルの中進国だが、一人あたりエネルギー供給量は 10,791kWh (うち電力は 1,551kWh) と世界平均の 21,846kWh (うち電力は 3,443kWh) の約半分となっている。一人あたり GDP が同水準の国と比較すると、TES は少ない傾向にある。これは同国の GDP において石油、エビ、バナナ等の第一次産業の占める割合が大きく、相対的にエネルギー消費量が少ないことが要因の 1 つとして考えられる。今後、工業部門、サービス部門の発展に伴って、エネルギー消費量は増加していくことが想定される。



出所：World Development Indicators; BP Statistical Review of World Energy を基に JICA 調査団作成

図 7-3 各国の一人あたり一次エネルギー供給量と再エネ割合の関係³⁶⁶



出所：BP Statistical Review of World Energy; Global Carbon Atlas を基に JICA 調査団作成

図 7-4 各国の一人あたり一次エネルギー供給量と CO₂ 排出量の関係

³⁶⁶ 2018 年時点のデータを基に作成する。

各国の一人あたり TES と、再エネ比率との関係を図 7-3 に、一人あたり CO₂ 排出量との関係を図 7-4 に示す。TES のうち再エネの占める割合は 26.1%で、近年の水力開発の甲斐もあって、他国と比較して高い水準にある。特に、発電電力量における再エネ比率は 73.6%と化石燃料への依存は急速に低下している。一人あたりの年間 CO₂ 排出量も世界平均 4.72t/人に対して 2.45 t/人となっている。しかし、TES あたりの CO₂ 排出量はほぼ世界平均 0.225kg-CO₂/kWh と同水準の 0.214kg-CO₂/kWh に留まっている。再エネの占める割合が比較的高い点を考慮すると、TES あたりの CO₂ 排出量は低いとは言えず、運輸・産業・家庭部門を中心に効率改善の余地が残っている。

7.1.2. 脱炭素・低炭素政策にかかる国際動向

本項では、脱炭素・低炭素政策にかかる国際動向として主に、国連気候変動枠組条約締約国会議（COP）の経緯、および国際エネルギー機関（IEA）が 2021 年に発表した 2050 年までのネットゼロ実現に向けたロードマップについて整理する。

(1) 国連気候変動枠組条約締約国会議（COP）

世界的な低炭素政策にかかる枠組みとしては、2015 年 12 月の COP21 で採択され、2016 年 11 月 4 日に発行したパリ協定が挙げられる。同協定は世界全体の長期目標として産業革命以降の温度上昇を 1.5~2.0°C に抑制し、21 世紀後半に GHG 排出量と森林による吸収量がバランスするカーボンニュートラルを目指すための国際的な枠組みである。同協定では先進国のみではなく、開発途上国や中進国を含めて協定に批准したすべての国が目標の達成に向けた取り組みを課せられており、自国が決定する貢献（NDC）という各国の GHG の削減目標が定められている。COP21 における先進国の削減目標としては 2050 年に 80%削減という目標が示されている。

2019 年 12 月にスペインで開催された COP25 では EU を中心とした 65 ヶ国が、これまでの目標を引き上げた 2050 年までのカーボンニュートラルを表明した。一方、世界の排出量の約半分を占める上位 3 ヶ国（中国、米国、インド）について、世界第 1 位の中国は 120 億 t/年の削減、第 3 位のインドは再エネ大量導入という数値目標の提示、世界第 2 位の米国（当時はトランプ大統領政権）においては 2017 年にパリ協定から離脱表明等、2050 年までのカーボンニュートラル表明には至らなかった。また、世界第 5 位の排出量の日本についても削減目標は据え置きとなっていた。二国間の排出取引権等を含めたパリ協定 6 条の詳細決定も持ち越しとなっており、COP25 においては温度上昇を抑制するための目標達成に期待された進展は見られなかった。

しかし、2020 年以降、こうした国々においても大きな変化が見られている。2020 年 9 月には中国が 2060 年のカーボンニュートラルを表明した。日本においても同年 10 月に 2050 年のカーボンニュートラルを表明し、目標達成に向けたグリーン成長戦略も発表した。そして米国においても 2020 年 12 月の大統領選に勝利したバイデン政権が公約として 2050 年のカーボンニュートラルを表明した。

国際連合枠組条約（UNFCCC）、チリ、英国が主導し、2050 年におけるカーボンニュート

ラルを目指す各国、企業、投資家、地方政府によって構成される Climate Ambition Alliance³⁶⁷によると、現在、世界で 121 ヶ国が 2050 年のカーボンニュートラルを表明しており、産業革命以降の温度上昇を 1.5°C に抑制する目標が国際的な標準になりつつある。本調査で対象とするエクアドルも Climate Ambition Alliance に参加しており、2050 年のカーボンニュートラルを目指している。

近年の気候変動を取り巻く動きは短期間で大きく変化しており、世界的に低炭素化を推進する力強い潮流となっている。2021 年 11 月に英国グラスゴーで開催された COP26 に先立って、IEA が 2021 年 5 月に発表した「世界のエネルギー部門における 2050 年までのネットゼロに向けたロードマップ」³⁶⁸は、各国の NDC やカーボンニュートラル宣言のみでは温度上昇 1.5°C の抑制は困難として、化石燃料の脱却と新技術開発等の劇的な変化が必要である点を指摘し、各セクターにおける数値目標を盛り込んだロードマップを示している。

COP26³⁶⁹の会合では「I.科学と緊急性」「II.適応」「III.適応資金」「IV.緩和」「V.緩和・適応のための資金、技術移転並びに能力構築」、「VI.ロス&ダメージ（気候変動の影響に伴う損失・損害）」「VII.実施」「VIII.協働」から構成されるグラスゴー気候合意³⁷⁰を採択した。ここでは従来まで慎重に議論されていた温暖化の 1.5°C 目標が公式に明記され、各国が取り組みを継続することが確認された。さらに、COP15（2009 年、コペンハーゲン）で策定されたものの未達成だった「2020 年までの先進国から途上国への毎年 1000 億ドルの資金支援」という目標について、早急かつ 2025 年までに完全に達成することを確認するとともに、開発途上国に対する適応のための気候資金の供与を 2025 年までに 2019 年の水準から少なくとも 2 倍にすることを先進締約国に強く求める旨が明記された。さらに、パリ協定第 6 条のルール整備では、従来のクリーン開発メカニズム（CDM）制度等の取り組みにおける CO₂ 削減量について二国間のダブルカウント回避、CDM の排出削減分の限定的な認定等の条項が明文化された。

一方、COP26 の気候変動対策は当初期待されていた成果には至っていないとの意見も多くある。特に、化石燃料からの脱却については、各国での対応は異なっており、会議中も各所で激しい議論が交わされた。結果として、当初の合意文書草案にあった「排出削減対策を講じていない石炭火力発電所の廃止、および化石燃料への非効率的な補助金の段階的廃止」という文言は、インドや中国等の石炭利用国の干渉により、石炭の使用を「段階的に削減する」という表現に修正されている。

こうした状況の中、COP26 における全体協議、各国首脳の見解表明からは、気候変動対策における目標と枠組みは完全ではないものの概ね定まってきており、今後はパリ協定の運用が始まった 2020 年以降の実施段階における取り組みに軸足を移す旨の見解が多く示されている。

2050 年のカーボンニュートラルを達成するための具体的な政策と実行は端緒についたばかりであり、具体的な活動と進捗を示すことが重要になると想定される。特に、中進国・開発途上国はエネルギー分野の開発と GHG 削減を同時に進めていく必要があり、各国の状況

³⁶⁷ UDFCCC et al. “Climate Ambition Alliance: Net Zero 2050”

³⁶⁸ Net Zero by 2050 Roadmap for the Global Energy Sector

³⁶⁹ 環境省「グラスゴー気候合意」

³⁷⁰ Glasgow Climate Pact

に応じた戦略が必要になる。

(2) IEA「世界のエネルギー部門における 2050 年までのネットゼロに向けたロードマップ」

本ロードマップは、2021 年 11 月に英国で開催された COP26 におけるハイレベル協議の資料で、エグゼクティブサマリーと以下の 4 章で構成される。

- 第 1 章：ネットゼロにかかる公表政策とエネルギーセクター
- 第 2 章：2050 年までのネットゼロに向けた世界の道のり
- 第 3 章：2050 年までのネットゼロに向けた部門別ロードマップ
- 第 4 章：ネットゼロ達成にかかる示唆

エグゼクティブサマリーは政策立案者向けの資料として位置づけられ、世界のエネルギーセクターが 2050 年までのカーボンニュートラルを達成するための 8 項目の提言と優先施策が記載されている。第 1 章では、各国の NDC を基に推定した公表政策シナリオ (STEPS)、そして各国が公表している 2050 年または 2060 年までのカーボンニュートラル目標を基に推定した表明公約シナリオ (APS) について考察している。第 2 章では、世界全体で 2050 年までにカーボンニュートラルを達成するための Net-Zero Emissions by 2050 Scenario (NZES) を策定し、第 3 章では各セクターにおける施策とロードマップを、第 4 章では経済、エネルギー産業、市民、政治に対する示唆を考察している。

本ロードマップのメインシナリオとされている NZES は、1 章で記載された STEPS と APS が実現してもなお、2050 年のカーボンニュートラル、そして温度上昇 1.5°C の抑制の達成は困難である、という前提条件を基に作成されている。

STEPS では、実施中または政府が発表した具体的な政策のみを考慮しているが、年間のエネルギー関連および工業プロセスの CO₂ 排出量は 2020 年の 34Gt から 2030 年には 36Gt に増加し、2050 年までこのレベルで推移する。非エネルギー関連の CO₂ 排出量も同様に推移し、2050 年の排出量水準が継続した場合、2100 年までに約 2.7°C の気温上昇となる。

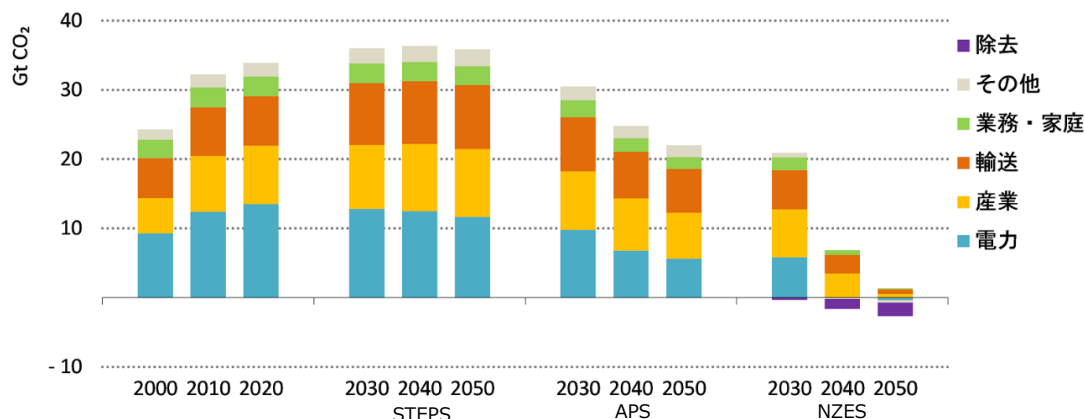
APS ではすべての国のカーボンニュートラルが期限とおりに完全に達成した場合、世界のエネルギー関連および工業プロセスの CO₂ 排出量は、2030 年に 30Gt、2050 年に 22Gt まで減少する。非エネルギー関連の GHG 排出量も同様に推移し、2050 年の排出量水準が継続した場合、2100 年までに約 2.1°C の気温上昇をもたらすことになる。

両シナリオ共に、世界全体のエネルギー需要は今後も伸びていくため、石炭の消費量は減少するものの天然ガスは増大し、カーボンニュートラルの達成には不十分であり、約 1.5°C の気温上昇に抑制する目的は達成できない。

NZES はかかる認識の下で世界の気温上昇を 1.5°C に抑えるためのバックキャストिंगの発想で策定されたロードマップである。NZES では、世界のエネルギー関連および工業プロセスの CO₂ 排出量は、2020 年から 2030 年の間に約 40% 減少し、非エネルギー関連の CO₂ 吸収も含めて 2050 年にはネットゼロを達成する。

CO₂ 排出量における世界実績と STEPS、APS、NZES の各シナリオにおける推定値を図 7-5 に示す。2020 年の CO₂ 排出量実績と比較すると、STEPS は微増して横ばい、APS は段階的に減少していく。これらの取り組みは世界全体のエネルギー需要が増大する中での想定で

あり、現時点でも高い目標として認識されていた。しかし、NZES における 2030 年の排出量は 2000 年の実績や APC の 2050 年の推定値よりも低く、ここまでドラスティックな削減を実現しないと温度上昇 1.5°C の抑制が実現しないことを示唆している。



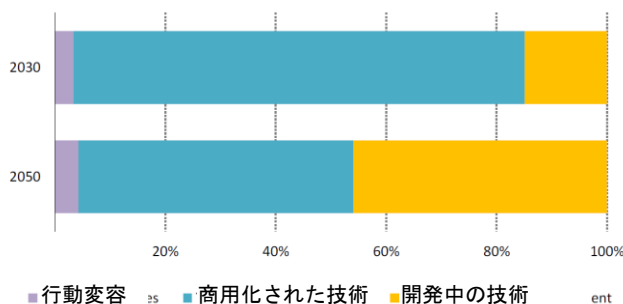
出所：IEEI 「IEA (2021) “Net Zero by 2050 Roadmap for the Global Energy Sector” 概要 (その 4)」

図 7-5 シナリオ別 CO₂ 排出量とその部門構成

本報告書では NZES において鍵となる 7 つの技術のロードマップが記載されている。

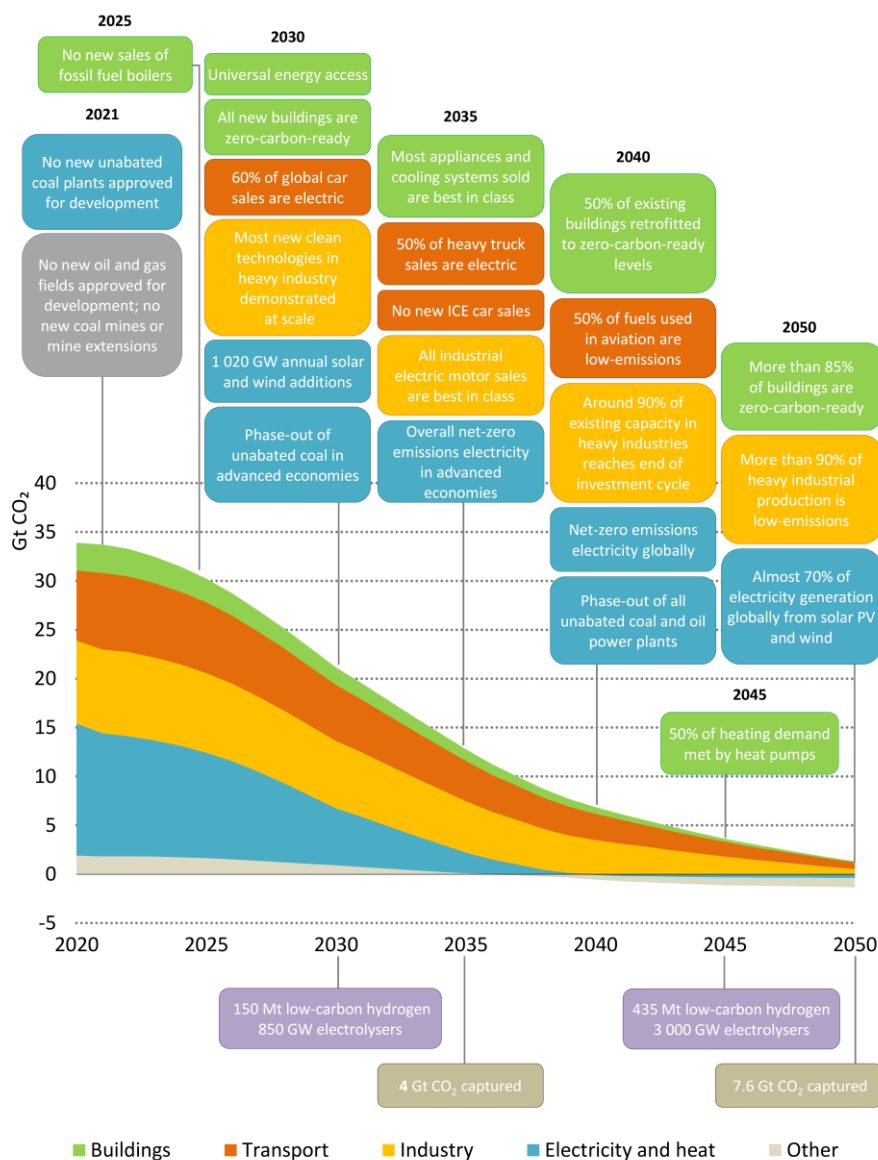
- エネルギー効率 (Energy efficiency)
- 行動変容 (Behavior change)
- 電化 (Electrification)
- 再生可能エネルギー (Renewables)
- 水素 (Hydrogen and hydrogen-based fuels)
- バイオエネルギー (Bioenergy)
- 二酸化炭素回収・有効利用・貯留 (CCUS)

次いで、2050 年までの各セクターにおける鍵となるマイルストーンを図 7-7 に示す。本ロードマップは 2050 年までのエネルギー分野における化石燃料からの脱却が根幹にあり、エネルギー効率化や行動変容等のデマンドサイドの対応を可能な限り実施しつつ、再エネの最大活用と各分野の大々的な電化が推進されている。さらに、製鉄業の高炉や航空機、船舶など電化が困難な分野については、水素、アンモニア燃料、バイオ燃料等の低排出燃料の活用が推進されており、これらの燃料に対しても CO₂ 回収が適用されている。



出所：IEA (2021) “Net Zero by 2050 Roadmap for the Global Energy Sector”

図 7-6 2050 年までの技術ごと CO₂ 排出量の削減比 (対 2020 年)



出所：IEA (2021) “Net Zero by 2050 Roadmap for the Global Energy Sector”

図 7-7 2050 年までの各セクターにおける鍵となるマイルストーン

図 7-6 に示すとおり、これら技術の多くは 2021 年時点で商用化されていないが、2030 年までは在来技術の最大限の活用と技術開発、そして 2050 年までにこれらの技術を用いた 2050 年のカーボンニュートラルを目指している。これにより、従来のエネルギー分野において主流だった石炭、石油、ガス等の化石燃料は、水素製造に用いるガス火力の一部を除いて市場からの退場が促されている。

これらのロードマップを進めるための政策立案者向けの提言と優先施策を表 7-2 に示す。

表 7-2 NZES における政策立案者向けの提言と優先施策

項目	提言	優先施策
1	2050 年までのネットゼロ達成は前例のないクリーンテクノロジーの前進にかかっている	2020 年代をクリーンエネルギーを大幅に拡大する時代にする
2	2050 年までのネットゼロ達成には、クリーンエ	イノベーションを加速させ、移行の次の段階に

	エネルギーのイノベーションで大きな飛躍が必要	備える
3	ネットゼロへの移行は、人々のためであり、人々に関係することである	クリーンエネルギーにかかる雇用は大きく成長するが、広く普及しなければならない
4	エネルギーセクターは再エネが大半となる	エネルギーセクターで再エネを大半にする
5	ネットゼロ実現に向けては、化石燃料供給に対する新たな投資は不要	クリーンエネルギー投資の歴史的な急増をもたらす
6	比類なきクリーンエネルギー投資ブームが世界の経済成長を押し上げた	
7	新たなエネルギー安全保障上の懸念が生じる一方、従来の懸念も残っている	顕在化しているエネルギー安全保障リスクにいま対処する
8	2050年までのネットゼロ実現には国際協調が不可欠	新たな高みに向けて国際的に協力する

出所：IEA (2021) “Net Zero by 2050 Roadmap for the Global Energy Sector”

政策立案者向けの要約では、エネルギーセクター以外からのオフセットを用いず、CO₂吸収技術への依存度を低くしたうえで2050年のカーボンニュートラルを達成する旨が強調されている。二国間の排出量取引や植林、森林保護等の施策に頼るのではなく、排出量そのものを削減する必要を示唆している。また、技術的な実現性、費用対効果、社会受容性を最大化して、持続的な経済成長と安定したエネルギー供給を確保するための道程とする点も強調している。

従来、策定されてきたNDCやカーボンニュートラル公表は石油、石炭、天然ガス等の化石燃料からの転換について、その必要性を認識しつつも緩やかな移行が図られていた。一方、NZESでは今後のエネルギー産業における化石燃料への新規投資は必要ではない旨が明記され、シナリオ検討における炭素価格も極めて高価に設定する等、クリーンエネルギーを主体とした世界への転換を促す内容となっている。

7.1.3. 諸外国の脱炭素・低炭素政策

以降では、日本、EU、米国、中国、ブラジルにおける低炭素政策の動向を整理する。

(1) 日本

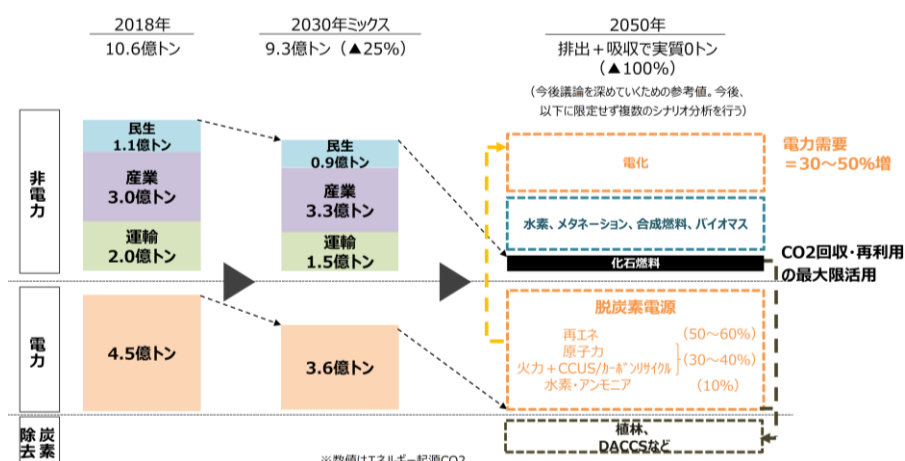
日本は国内における採算性のあるエネルギー資源に恵まれていないため、海外からの化石燃料の輸入依存度が高く、電源構成における火力発電の割合が高い。一方で、従来から火力発電の高効率化、産業・民生部門における省エネ化に取り組んできており、省エネによる低炭素化において高水準の技術力とエネルギー効率を有している。日本はパリ協定で2050年におけるGHGの80%削減を目指していたものの、既に高水準の省エネを達成している国内において、産業界における負担が大きいとしてさらなる低炭素化の推進には慎重な姿勢を示していた。

しかし、世界的な低炭素向けの取り組みが加速する中、2020年10月に菅首相（当時）は所信表明演説で、2050年のカーボンニュートラル・脱炭素社会の実現を目指すことを宣言し、同年12月に経済産業省が中心となって「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」（以下、「グリーン成長戦略」）³⁷¹を策定した。また、2021年4月には、2030年に

³⁷¹ 経済産業省「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」

における GHG 排出量の 47%削減 (2013 年度比) という従来よりも高い目標を表明している。

グリーン成長戦略では、「温暖化への対応を、経済成長の制約やコストとする時代は終わり、国際的にも、成長の機会と捉える時代に突入したのである。従来の発想を転換し、積極的に対策を行うことが、産業構造や社会経済の変革をもたらし、次なる大きな成長に繋がっていく。こうした「経済と環境の好循環」を作っていく産業政策が、グリーン成長戦略である。」との視座が示されている。さらに具体的な政策として、14 の重要分野ごとに目標を掲げ、現状の課題と今後の取り組みを明記し、予算、税、規制改革・標準化、国際連携等を盛り込んだ実行計画を策定している。



出所：経済産業省「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」

図 7-8 2050 年カーボンニュートラルの実現

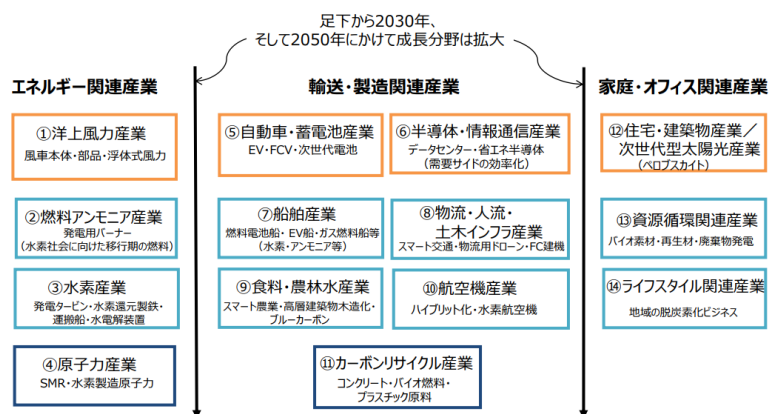
図 7-8 に 2050 年までのカーボンニュートラル実現のための各セクターにおける GHG の削減量を示す。2018 年の排出量 10.6 億 t を、2030 年ミックスで 9.3 億 t、2050 年に排出 + 吸収で実質 0t を目指している。

各セクターの戦略について、電力セクターの脱炭素化は大前提と認識されている。再エネの最大限導入と蓄電池活用が重視されており、成長戦略として洋上風力産業と蓄電池産業の育成が掲げられている。火力については、CO₂回収を前提とした利用と水素発電の最大限追求が挙げられている。水素発電については、供給量と需要量をともに拡大し、インフラを整備し、コストを低減するため、水素産業創出の必要性についても指摘されている。同時に、カーボンリサイクル産業や燃料アンモニア産業創出の必要性も示されている。原子力については、確立した脱炭素技術として可能な限り依存度を低減しつつも、安全性向上を図り引き続き活用していく旨が示されている。

電力セクター以外は、電化が中心となる。熱需要には、水素等の脱炭素燃料、化石燃料からの CO₂の回収・再利用の活用が示されている。電化により、電力需要が増加することが見込まれる中で、省エネ関連産業を成長分野として育成していく。

産業部門では、水素還元製鉄など製造プロセスの変革が必要とされている。運輸部門では、電動化を推進しつつ、バイオ燃料や水素燃料の利用が示されている。業務・家庭部門では、住宅・建築物のネット・ゼロ・エネルギー化や電化、水素化、蓄電池活用が期待される。かかる状況を踏まえると、成長分野として水素産業、EV・蓄電池産業、運輸関連産業、住宅・

建築物関連産業の育成が掲げられている。加えて、エネルギーの需給構造の実現だけでなく、電力ネットワークのデジタル制御も課題となり、デジタルインフラの強化として半導体・情報通信産業を成長分野の育成も掲げられている。グリーン成長戦略の実行計画として、図7-9に14の重点技術分野を示す。



出所：経済産業省「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」

図7-9 グリーン成長戦略における14の重点分野

これらの重点分野については以下の4段階の開発・導入フェーズに応じて、2050年までの時間軸をもった工程表が示されている。

- 研究開発フェーズ：政府の基金＋民間の研究開発投資
- 実証フェーズ：民間投資の誘発を前提とした官民協調投資
- 導入拡大フェーズ：公共調達、規制・標準化を通じた需要拡大→量産化によるコスト低減
- 自立商用フェーズ：規制・標準化を前提に公的支援なしでも自立的に商用化が進む

重点分野における実行計画については、予算、税制、金融、規制改革・標準化、国際連携における分野を問わない横断的な主要政策ツールが挙げられている（表7-3参照）。

表7-3 分野横断的な主要政策ツールの概要

項目	概要
予算	政府が環境投資で一步大きく踏みこむため、過去に例のない2兆円の基金を創設し、野心的なイノベーションに挑戦する企業を今後10年間、継続して支援していく。
税制	カーボンニュートラルに向けた投資促進・研究開発税制拡充、事業再構築・再編等に取り組む企業に対する繰越欠損金の控除上限引き上げ特例の創設を講じ、民間投資を喚起する。
金融	情報開示や評価基準等、金融市場のルール作りを通して、低炭素化や脱炭素化に向けた革新的技術へのファイナンスの呼び込みを図る。
規制改革・標準化	水素ステーションに関する規制改革、再エネが優先して入るような系統運用ルールの見直し、自動車の電動化推進のための燃費規制の活用やCO ₂ を吸収して造るコンクリート等の公共調達等について検討し、需要の創出と価格の低減に繋げていく。
国際連携	重点分野等におけるイノベーション・技術開発で各国と連携しつつ、社会実装・市場獲得を視野に入れた海外実証プロジェクトの実施や、本邦技術を活用した海外インフラプロジェクトの組成支援、貿易保険の機能強化（「LEAD イニシアチブ」）等による社会実装支援を行う。さらに、パリ協定における市場メカニズム、金融市場の情報開示・評価基準等を含む国際的なルールメイキングや、標準/基準の策定等にも積極的に参画していく。

出所：経済産業省「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」

2021年10月に経済産業省が策定した「第六次エネルギー基本計画」³⁷²では、上述のグリーン成長戦略を基に「気候変動問題への対応」と「日本のエネルギー需給構造の抱える課題の克服」という2つの大きな視点が示されている。計画本体は2050年カーボンニュートラルに向けた長期展望と、それを踏まえた2030年に向けた政策対応の2つの時間軸で構成され、今後のエネルギー政策の進むべき道筋が示している。中でも2030年のエネルギー需給において、電源構成として再エネ36~38%（発電電力量ベース）、省エネ6,200万kl等、従来の想定からさらにCO₂削減を促進した野心的な見通しを明示したのは大きな転換である。

エネルギー政策の根幹を成すエネルギー基本計画において2050年カーボンニュートラルを重視した方針が据えられた意義は大きく、今後はこうした計画を如何に実現するかが重要となってくる。

(2) EU

EUは従来より気候変動対策における取り組みを推進してきており、世界的な枠組み構築を主導している。2050年にカーボンニュートラルの達成も早い段階で表明しており、2020年9月には2030年の削減目標としてGHG55%削減（1990年比）という高い目標を掲げている。この実現に向けた政策として2019年12月に「欧州グリーンディール」^{373 374}を公表している。これは2050年までにカーボンニュートラルを達成するためのロードマップで、クリーンで循環型の経済へ移行するとともに、生物多様性を回復させ、大気汚染を低減するために、地球上の貴重な資源を有効に活用する実行計画をまとめている。持続可能な社会構築に向けた原則は以下のとおりである。

- 2050年におけるカーボンニュートラルの達成
- 経済成長と資源利用のデカップリング
- 誰も取り残さない発展

欧州グリーンディールはEU加盟国のエネルギーと気候に関する政策を形成するための基盤であり、経済・環境・政治・社会・技術の全ての面において、脱炭素を実現する戦略をダイナミックに方向付けるものである。欧州グリーンディールに関連する政策動向を表7-4にまとめる。

表 7-4 欧州グリーンディールにかかる新たな施策

施策	概要
2020年1月 欧州グリーンディール 投資計画	化石燃料関連産業からクリーンなエネルギー等の新しい産業へのスムーズな転換を促す政策で「公正な移行基金」の設立、中期投資戦略「Invest EU」、欧州投資銀行による公的部門向け融資を「公正な移行メカニズム」の3本柱としている。2021~27年に総額1000億ユーロ以上の投資誘導を掲げ、現在は1500億ユーロ以上に上方修正している。
2020年6月 タクソノミー規則	同規則はパリ協定とSDGsを達成するために策定された金融政策である。気候変動対策においては、低炭素の実現に適切な投資先を選定するための経済活動を分類している。持続可能な経済活動の目的を「気候変動の緩和」「気候変動への適応」「水・海洋資源の持続可能な利用と保護」「循環型経済への転

³⁷² 経済産業省資源エネルギー庁「エネルギー基本計画について」

³⁷³ European Green Deal

³⁷⁴ EU Commission “European Green Deal”

	換」「汚染の予防と管理」「生物多様性・生態系の保護」の6類型に定義するとともに、グリーンタクソノミーへの4つの適合要件を示している。
2020年7月 欧州水素戦略	クリーンな水素が費用対効果の高い形でEU経済におけるGHG排出量の削減に貢献する方法を考察・提言する。この中では再エネの電力から製造される再生可能な水素（Renewable Hydrogen）の活用が重視されている。
2021年2月 気候変動適応戦略	2013年の気候変動適応戦略を改定するもので「よりスマートな適応」「より体系的な適応」「適応のさらなる加速」といった目標と各分野の行動計画を示している。また、アフリカ諸国と島嶼国への支援強化を打ち出している。
2021年6月 欧州気候法	同法案には2030~50年のEUおよび加盟国のGHG排出に対して欧州委員会が進捗管理および勧告を出す権限付与を盛り込んでいる。

出所：各種資料を基にJICA調査団作成

欧州グリーンディールを推進するために2020年6月に採択されたタクソノミー規制は、投資家に対して、気候変動を含む持続可能な経済活動に適合する投資先を選択するための枠組みを提供している。同規制では、持続可能な経済活動の目的を「気候変動の緩和」「気候変動への適応」「水・海洋資源の持続可能な利用と保護」「循環型経済への転換」「汚染の予防と管理」「生物多様性・生態系の保護」等の6類型に分類し、以下の4つの適合要件を記載している。

- 6つの環境目的の1つ以上に実質的に貢献する
- 6つの環境目的のいずれにも著しい影響を及ぼさない
- ミニマムセーフガードに準拠する
- 技術的スクリーニング基準に準拠する

2020年3月の最終報告書に記載された持続可能な経済活動を表7-5に示す。これらのセクターおよび活動は投資家にとっての分類ではあるものの、今後の低炭素政策における重点分野になると想定される。

表7-5 タクソノミーで規定された持続可能な経済活動

セクター	活動
農林	(1) 植林、(2) 農地再生、(3) 森林再生、(4) 森林管理、(5) 森林保全、(6) 植物育成、(7) 家畜飼育
建築	(1) 新築、(2) 改築、(3) 個別の改築手法、(4) 自然エネルギーの導入、(5) 専門職による科学的・技術的な活動、(6) 建築物の取得・所有
電力、ガス、蒸気、空調	(1) 自然エネルギー（バイオ、地熱、水力、海洋、太陽光、風力）およびガスによる発電、(2) 送電・配電、(3) 電力の貯蔵、(4) 熱の貯蔵、(5) 水素の貯蔵、(6) バイオガスやバイオ燃料の製造、(7) ガス供給ネットワークの改良、(8) 地域冷暖房、(9) 電気ヒートポンプの導入・運用、(10) 自然エネルギー（バイオ、集光型太陽光、地熱）およびガスによる冷暖房と電力のコジェネ、(11) 自然エネルギー（バイオ、集光型太陽光、地熱）およびガスや排熱による冷暖房
情報通信技術	(1) データ処理、ホスティングおよび関連する活動、(2) データを活用した気候変動監視策
製造	(1) 低炭素な技術の開発、(2) セメント、(3) アルミニウム、(4) 鉄・鉄鋼、(5) 水素、(6) その他の無機な基礎化学品（カーボンブラック、炭酸ナトリウム、塩素）の製造、(7) その他の有機な基礎化学品・肥料・窒素化合物・成型前のプラスチックの製造
運輸	(1) 鉄道、(2) 鉄道貨物輸送、(3) 公共交通、(4) 低炭素な輸送インフラ（陸上、水上）、(5) 乗用車・商用車、(6) 路上貨物輸送サービス、(7) 都市間定期輸送、(8) 内陸水上交通、(9) 内陸水上貨物輸送
水、廃棄物、下水処理	(1) 水の収集・処理・供給、(2) 集中型の排水処理、(3) 嫌気性消化法による下水汚泥およびバイオ廃棄物の処理、(4) 無害な廃棄物の分別回収・輸送、(5) バイオ廃棄物の堆

	肥化、(6) 無害な廃棄物からの資源再生、(7) 埋立地ガスの回収・利用、(8) CO ₂ の大気からの直接回収、(9) 人為的な排出の回収、(10) CO ₂ の輸送、(11) 回収した CO ₂ の永久隔離
--	--

出所：自然エネルギー財団（2020）「脱炭素で先頭を走る欧州：2050年ゼロエミッションの戦略と技術」

(3) 米国

米国におけるエネルギー政策および気候変動への対応はその時々の方針によって大きな差が生じている。2009~17年の民主党オバマ政権ではクリーンエネルギーの拡大を政策として進め、2013年6月には「気候変動問題に対する新たな行動計画」³⁷⁵、2015年8月には「クリーンパワープラン」³⁷⁶を策定した。後者については、各州への電力におけるGHG排出削減目標値の設定および2030年までの火力発電におけるCO₂排出量32%削減(2005年比)等の施策が盛り込まれている。2015年にはCOP21でパリ協定に調印し、2025年にGHG排出量を2005年比26~28%の削減を予定していた。

2017~21年の共和党トランプ政権は従来から気候変動問題に対して懐疑的な見方を示してきた。2017年6月にはパリ協定からの離脱を表明し、2020年11月に正式に脱退した。トランプ政権は「アメリカ・ファースト(米国第一主義)」の実現を優先政策課題として打ち出しており、国内の石油・ガス生産と石炭産業の再活性化を促進することに焦点を当て、エネルギー・環境分野における規制を緩和し、国内エネルギー生産を促進させるべく、エネルギー・電力政策の大幅な方向転換を図ってきた。

一方で、米国におけるエネルギー政策においては各州によって取り組みが大きく異なる。トランプ政権のパリ協定離脱表明にもかかわらず、いくつかの州政府、自治体、民間企業等はこれまで以上に温暖化対策を強化する動きを示してきた。カリフォルニア州、ニューヨーク州、ワシントン州を創立メンバーとして12の州と1自治州が米国気候同盟³⁷⁷を立ち上げ、パリ協定における米国の排出削減目標を域内で遵守することを誓約した。2020年7月時点では合計16の州(特別区・準州を含む)³⁷⁸が2030年から2050年までの再エネ発電100%を義務または目標として取り組みを進めている。

トランプ政権との大統領選挙を制し、2021年1月に政権の座を獲得した民主党バイデン政権では、2050年までのカーボンニュートラルと2021~25年にクリーンエネルギー関連で4年間に2兆米ドルの投資を公約に掲げており、2020年2月にはパリ協定に正式に復帰した。2021年4月の気候変動首脳サミットで、日本、EUと同様に成長戦略としての大規模な投資を含む低炭素政策を発表している。

(4) 中国

世界最大のCO₂排出国である中国の低炭素化は、世界の気候変動目標を達成するために極めて重要である。中国における電力需給については未だに石炭火力が年間発電電力量の60%を占めており、発電所増設も進められている。GHG排出量も未だに増加傾向にある。しかし、再エネの導入も急速に進んでいる。2016~20年を対象とした第13次5ヶ年計画で

³⁷⁵ Climate Change Action Plan

³⁷⁶ Clean Power Plan

³⁷⁷ United States Climate Alliance

³⁷⁸ 成山堂書店(2020)「脱炭素化はとまらない」

は一次エネルギー利用に占める非化石燃料の割合 15%や GDP あたりの GHG 排出量の削減等の達成度を設定していたが、これらの目標は概ね達成されている。

前述のとおり、COP25 では GHG の削減量を示すに留まっていたが、2020 年 9 月に開催された国連総会における習近平国家主席の演説では 2060 年におけるカーボンニュートラルの実現と 2030 年までの GHG 排出量総量の減少への転換を表明した。2021 年 3 月に開催された全国人民代表大会では 2021 年中に 2030 年までの目標達成に向けた行動計画策定の意向が示されている。

現状の中国においては日本のグリーン成長戦略、EU のグリーンニューディールのような低炭素にかかる包括的な政策は示されていない。一方、太陽光パネル・風車製造の国別シェアは既に世界一であり、再エネ市場における確固たる地位を確立している。また、2020 年 11 月には 2025 年における国内新車販売数における新エネルギー車の販売比率を 20%前後に高める数値目標を盛り込んだ「新エネルギー車産業発展計画」を発表する等、各国で重視される低炭素技術発展を主軸に据えた成長戦略も策定されている。

これまで中国は低炭素政策において市場プレイヤーとして重要な役割を占めていたものの、制度・枠組み構築については一定の距離を置いてきた。しかし、2020 年 9 月の具体的な数値目標を盛り込んだ気候変動への取り組み表明を機に、低炭素分野における大規模投資や国際的な規制・枠組み構築にも関与してくる可能性があり、今後の動向に注目が集まる。

(5) ブラジル

ブラジルにおける気候変動対策としては現在策定中の「国家エネルギー計画 2050」³⁷⁹と 2020 年 12 月に提出された NDC 更新版が挙げられる。ブラジルは中国、インド同様、経済発展途上にあり、国全体としての GHG 排出量は増加傾向にあった。このため、これまで先進国の GHG 排出における「共通だが差異ある責任」を強く主張し、COP25 ではパリ協定 6 条の排出権取引にかかる協議において同条項の活用を求めて EU 諸国らと激しく対立している。総論として気候変動対策への貢献を表明しつつも、急進的なカーボンニュートラル推進に対しては一定の距離を置く傾向にある。

国家エネルギー計画 2050 については、2020 年 7 月にパブリックコメント用にドラフトが公開されている。これによると、同計画は戦略策定、アクションプラン、モニタリングの 3 段階のプロセスに分類されており、再エネ、バイオ燃料、原子力、石油ガスを主要分野として挙げている。

再エネについては 2019 年時点で、一次エネルギー供給量のうち 45%、発電電力量のうち 83.1%を利用している。同計画においては今後、これらの再エネの大半を占める水力への依存度を下げるため、風力、太陽光、バイオマス発電の開発を計画している。バイオマス発電においては、2029 年までにバイオ燃料 50 億本の植林に相当する GHG 排出緩和が見込まれるエネルギー移行政策「RENOVABIO」を推進している。同政策ではバイオ燃料による GHG 排出量削減にかかる認証等の法的枠組みと脱炭素化クレジット (CBio) の売買制度構築によるバイオ燃料導入促進を目的としており、2020 年から実施に移されている。

NDC の更新版について、ブラジルは、2025 年に GHG の排出量を 37%削減、2030 年には

³⁷⁹ Plano Nacional de Energia 2050

43%削減を確約した（いずれも 2005 年比）。また、同文書では 2060 年のカーボンニュートラルの意向も示し、市場メカニズム等の条件が整えば、より野心的な目標達成の可能性についても言及している。中国と同様、今後も経済成長が続き、GHG 排出量増が想定されるブラジルにおいてもカーボンニュートラルに向けた具体的な年度が示されたことは大きな変換点と想定される。一方で、本来、ブラジルが分担すべき削減量を超えた野心的な目標である旨も特記されており、同上のエネルギー計画案においても石油資源の開発が主要分野の 1 つとして挙げている点は留意する必要がある。

7.1.4. エクアドルの気候変動政策

エクアドルにおける気候変動にかかる政策としては、「国家気候変動戦略 2012-2025」「NDC 更新版（2019 年 12 月）」が挙げられる。ここでは NDC 更新版³⁸⁰の情報を整理する。

7.1.4.1. 気候変動による影響

西半球の南米大陸北西部に位置し、沿岸部・高地・熱帯林・島嶼部によって構成されるエクアドルは非常に豊かな生態系と水資源を有している。一方で、発展途上にあるエクアドルは第一次産業の輸出に依存しており、こうした自然環境への外的要因に対して非常に脆弱となっている。

気候変動は、いくつかの分野でエクアドルの脆弱性を悪化させている。例えば、気候変動による沿岸地帯における平均海面レベルの上昇、海岸線の後退、水温上昇、酸性雨等はエクアドルに対して甚大な人的・経済的損失を引き起こすと想定される。現時点では、同国に特化した海面上昇に関する予測はないものの、世界レベルの予測を考慮すると、特に低地において大規模な氾濫発生等の影響が懸念される。また、海岸浸食の加速、帯水層の塩分化、河口部における塩害等も懸念される。

気象環境への影響としては、同地域に影響を与えるエルニーニョ現象の激化が懸念される。エルニーニョ現象では 3 年、5 年、7 年の周期で、エルニーニョ期（降水量の増加）とラニーニャ期（降水量の減少）が発生して同地域に深刻な干ばつや洪水を引き起こし、国土に甚大な影響と社会経済的、環境的損失をもたらしてきた。気候変動によりエルニーニョ現象による降水量増減の変動振幅が大きくなった場合、更なる被害が懸念されている。

1960~2010 年にエクアドルで観測された降水量、平均気温、絶対的な最高・最低気温の主な変化のうち、気温上昇と国土全体での降水量の空間的・季節的変動が観測されている。世界自然遺産に認定されているガラパゴス諸島では、平均気温、最高気温、最低気温がそれぞれ 1.4℃、1℃、1.1℃上昇している。将来の気候予測によると、現在の気温傾向が続いた場合、エクアドルでは今世紀末までに約 2℃の気温上昇と推定されており、熱帯雨林のアマゾン流域やガラパゴス諸島ではこの値よりも大きな上昇が懸念されている。

各セクターにおいて懸念される影響、リスク、脆弱性を表 7-6 に示す。

³⁸⁰<https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Ecuador%20First/Primera%20NDC%20Ecuador.pdf>

表 7-6 各セクターにおける気候変動の影響・リスク・脆弱性

セクター	影響・リスク・脆弱性
天然資源	生物多様性や生態系機能は気候変動の影響を強く受ける。エクアドルは生態系のメガダイバーシティの国であり、自然遺産への潜在的な影響や損害が懸念される。パラモス等の高山地帯、マングローブ等の沿岸部、エクアドル・アマゾン全域、ガラパゴス諸島を含む島嶼地域は、気候変動で予想される影響に対して非常に脆弱である。これらの地域に形成される生態系種は、気候変動による生息地の改変により絶滅や、数千年、数百万年の進化過程で得た行動様式の変化を余儀なくされる。
水資源	エクアドルは、豊富な水資源を有しているものの、気候変動による影響下では、貯め込み、再分配、許認可等の要因でユーザー間の紛争を引き起こす懸念がある。また、過剰な取水は洪水や土砂崩れを引き起こす可能性もある。エクアドルでは人口の 88%が沿岸部に居住しているが、同地域における水利用は全体の 31%に限定されている。また、200 世帯以下の小規模な農村部は水と健全な衛生へのアクセスが 40%以下となっている。気候変動による渇水と集中豪雨の発生はこれらの水利用の脆弱性を悪化させると懸念される。また、水資源に関連するもう 1つの影響として氷河融解が挙げられる。エクアドルにおいて氷河は過去 50 年間に表面積 50%以上が失われており、高山地帯における地滑りリスクが懸念されている。
食糧主権	干ばつ、霜、異常気象は、農業、漁業、養殖業の生産量の減少や損失の原因となっており、気候変動の脅威によって最終的に激化する潜在的な影響が予見される。特にエルニーニョ現象に関連して、中央アンデスと海岸での干ばつ長期化と南アンデスに向かって海岸部の洪水増加が懸念される。
公衆衛生	気候変動による公衆衛生への影響としては、食料調達、呼吸器系疾患の増加、蚊によって媒介される熱帯病の増殖、水質変化等が挙げられる。エクアドルの国土の 70%は熱帯・亜熱帯地域にあり、気温上昇による熱帯地域の拡大はデング熱、マラリア、リーシュマニア症等の病気を媒介するキャリアの発生や繁殖促進が懸念される。沿岸部やアマゾンの住民はこれらの影響を受けやすい。
戦略部門	戦略部門の中では、沿岸部やパウテ、コカ、パスタザ流域に位置するインフラセクター（道路、港湾、鉱山、石油生産施設等）と水力発電において、降水量の過剰な増減による地滑りの発生、貯水池への大量の土砂流入、発電量の変動等が懸念される。
宅地	キトやグアヤキル等の都市や、その他の中・小都市、特に海岸沿いの都市にはインフォーマルな居住区が多々見られる。これらの居住区は、家屋の安全性が不十分であったり、氾濫などのリスクが高い地域に位置していたりといった傾向がある。さらに、これらの居住区の住民は、住民票等の登録をしておらず、基本的な公的サービスを受けていないため、気候変動の影響に対する脆弱性が高いと想定される。

出所：Ecuador NDC を基に JICA 調査団作成

7.1.4.2. 気候変動対策にかかる法令・政策

エクアドルの気候変動対策にかかる法令・政策としては、以下が挙げられる。

- 国家環境政策、気候変動適応・緩和を国家政策として宣言した行政命令（2009 年）
- 国家気候変動戦略 2012-2025³⁸¹（2012 年）
- 持続可能な開発のための 2030 アジェンダ³⁸²（2018 年）
- 国家開発計画（PND）2021-2025（2021 年）

2012 年 7 月、行政令第 1815 号によって制定された国家気候変動戦略 2012-2025 では、「地域的・国際的な協力」「国際ルールとの整合」「地域での実施の優先」「環境社会配慮」「市民参加」「脆弱なステークホルダーのグループや生態系の保護」「世代間の責任」等の原則に基

³⁸¹ Estrategia Nacional de Cambio Climático del Ecuador 2012-2025

³⁸² Ecuador 2030: Por un Ecuador Productivo y Sostenible

づいて、気候変動に対する緩和と適応の双方における戦略を規定している。このうち、緩和における優先セクターとしてはエネルギー、産業、農業、廃棄物、土地利用・土地利用変化・森林を挙げて対応策を示しており NDC においても踏襲されている。

7.1.4.3. 気候変動対策にかかる組織

エクアドルにおける気候変動対策を主導しているのは 2010 年に行政令第 495 号で創設され、2017 年に行政令第 064 号で改革された気候変動に関する組織間委員会（Comité Interinstitucional de Cambio Climático : CICC）である。CICC は気候変動に関する国際協定の枠組みの中で国家レベルでの気候変動対策を指揮する政治機関であり、環境、外交、農業・畜産、電力・再エネ、エネルギー、産業・生産性、水、リスク管理、エクアドル自治体協会、エクアドル州政府コンソーシアムの各担当機関で構成されている。エクアドルの NDC (2019 年) の達成に向けた関係省庁を表 7-7 に示す。

表 7-7 NDC 達成に向けた関係省庁

セクター	関連省庁
天然資源	環境・水資源・生態系移行省 (MAATE)
水資源	水庁 (Secretaria del Agua, SENAGUA)
食糧主権	農牧省 (Ministerio de Agricultura y Ganaderia)
公衆衛生	保健省 (Ministerio de Salud Pública)
戦略部門	エネルギー・非再生天然資源省 (MERNNR) 運輸・公共事業省 (MTOPE)
宅地	都市開発・住宅省 (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda)

出所：Ecuador NDC を基に JICA 調査団作成

7.1.4.4. 2025 年までの削減目標

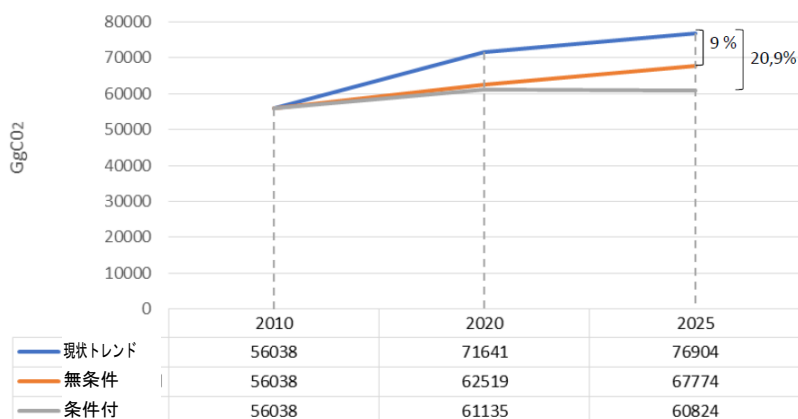
エクアドルの NDC における GHG 排出削減の緩和策について、「国家気候変動戦略 2012-2025」で優先されている 5 つのセクターに対応し、以下の 2 つの分野における 2025 年までの排出量削減緩和シナリオの分析が実施されている。

- ① エネルギー、農業、産業、廃棄物の各セクター（基準年 2010 年）
- ② 土地利用・土地利用変化・林業セクター（基準年 2008 年）

上記①および②では適用されている手法が異なるため別個に分析しており、2 つの緩和シナリオが提示されている。

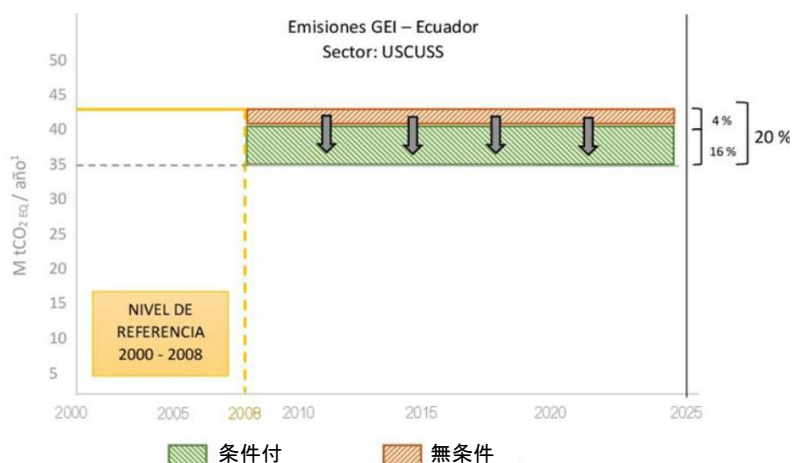
- 無条件シナリオ エクアドルが自国の資源、技術で実施可能な対策や行動
- 条件付きシナリオ 国際協力と自助の下で実施する貢献

これらのセクターにおける排出量削減緩和シナリオを図 7-10 と図 7-11 に示す。



出所：Ecuador NDC

図 7-10 エネルギー・農業・産業・廃棄物セクターにおける GHG 排出量予測



出所：Ecuador NDC

図 7-11 土地利用・土地利用変化・林業セクターにおける GHG 排出量予測

①エネルギー、農業、産業、廃棄物の各セクターについては緩和策を講じなかった場合と比較して、無条件シナリオで9%、条件付きシナリオで最大20.9%のGHG削減が提示されている。さらに②土地利用・土地利用変化・林業セクター（基準年2008年）では、無条件シナリオで4%、条件付きシナリオで最大16%のGHG削減が提示されている。これらの①②の双方を合わせて、GHG20%削減が可能となっている。

本目標を達成するため行動指針とイニシアチブの定義を表7-8に、各セクターの計画を表7-9～表7-13に示す。

表 7-8 行動指針とイニシアチブの定義について

項目	定義
行動指針	気候変動緩和の支援を目的とする取り組みの連携・統合・継続を促進するために、様々な取り組みを方向付け・組織化するための戦略
イニシアチブ	気候変動の緩和に貢献するために特定された計画・プログラム・プロジェクト・行動・措置
無条件シナリオ	エクアドルが自国の資源・技術で実施可能な対策や行動
条件付きシナリオ	国際協力と自助の下で実施する貢献

出所：Ecuador NDC

表 7-9 エネルギーセクターの行動指針とイニシアチブ

行動指針	
(無条件シナリオ) ・再エネの利用促進 ・エネルギーの高効率化と消費行動の改善強化 ・持続可能なモビリティの推進と実践 (条件付きシナリオ) ・各サブセクターにおける持続可能なエネルギー利用とエネルギー効率改善の規制 ・安全で持続可能なモビリティ開発と実施 ・再エネの利用促進とアクセス保証 ・エネルギーの高効率化と消費行動の改善強化 ・エネルギーソリューション実現に向けた研究推進とジェンダーギャップ解消	
イニシアチブ	内容
(無条件シナリオ)	
水力発電所の開発	・水資源の活用
エネルギー効率化プログラム-発電とエネルギー効率の最適化	・油田におけるガスフレアの削減 ・石油の付随ガスの発電や LPG 生産への活用
非在来型の再エネ	・風力、太陽光、埋立地バイオガス発電
調理の効率化	・LPG コンロから IH コンロへの交換
公共交通機関の開発	・キト・メトロ (22km) とクエンカ・トラムウェイ (12km) の運行
(条件付きシナリオ)	
国家エネルギー効率化計画	・家庭・商業・公共部門におけるエネルギー消費の効率化 ・産業用および家庭用の機器設備の交換 ・エネルギー効率規格 (ISO50001) の導入 ・産業界のコージェネ ・ESCO 市場の開拓と推進
エネルギー効率化プログラム-発電とエネルギー効率の最適化	・石油の随伴ガス削減と発電や LPG 製造への利用
再エネ	・非在来型の再生可能なプロジェクト ・地熱発電の開発 ・水力開発 (Santiago I、II)

出所：Ecuador NDC

表 7-10 農業セクターの行動指針とイニシアチブ

行動指針	
(無条件シナリオ) ・気候変動管理強化の研究および情報システム構築 ・国家レベルでの持続可能な家畜の品種改良の促進 (条件付きシナリオ) ・気候変動管理強化の研究および情報システム構築 ・国家レベルでの持続可能な家畜の品種改良の促進 ・国家レベルでの持続可能な農業生産システム (農業・畜産業・林業) の開発と実施	
イニシアチブ	内容
(無条件シナリオ)	
気候変動に対応した家畜管理 (気候変動に対応した家畜管理の推進、土地回復と脆弱な州における砂漠化リスクの軽減を統合したもの)	・GHG 排出量削減し、気候変動への影響を提言すると同時に、生産性を向上させるような持続可能な畜産産業の発展
(条件付きシナリオ)	
持続可能な家畜プロジェクト	・持続可能な畜産の実施
持続可能な畜産における森林減少および REDD+対策および行動に関する実施計画	・森林破壊を削減するような持続可能な畜産産業の発展

出所：Ecuador NDC

表 7-11 産業部門の行動指針とイニシアチブ

行動指針	
(無条件シナリオ) ・セメント増産における GHG 排出量の削減 (条件付きシナリオ) ・セメント増産における GHG 排出量の削減 ・産業分野における気候変動緩和策に関する研究促進 ・産業分野における情報管理の普及支援	
イニシアチブ	内容
(無条件シナリオ)	
セメントセクターにおける GHG 排出量の削減	・添加物によるセメント中のクリンカーの代替
(条件付きシナリオ)	
セメントセクターにおける GHG 排出量の削減	・添加物によるセメント中のクリンカーの代替拡張

出所：Ecuador NDC

表 7-12 廃棄物セクターの行動指針とイニシアチブ

行動指針	
(無条件シナリオ) ・埋立地におけるメタン回収促進する (条件付きシナリオ) ・廃棄物管理（固体・液体）における GHG 削減のための PPP 創出 ・循環型経済に向けた廃棄物管理に関する啓もう活動	
イニシアチブ	内容
(無条件シナリオ)	
ElInga 埋立地と Pichacay 埋立地におけるメタンガス回収と発電	・バイオガスの積極的な回収と発電
(条件付きシナリオ)	
Santo Domingodelos 埋立地と Ambato 埋立地におけるメタンガス回収	・バイオガスの積極的な回収
強制曝気による堆肥化	・市場からの有機廃棄物や庭のゴミの堆肥化

出所：Ecuador NDC

表 7-13 土地利用・土地利用変化・林業セクターの行動指針とイニシアチブ

行動指針
(無条件シナリオ) ・天然資源の保護 ・持続可能な森林管理強化 ・天然資源の修復強化 ・持続可能な商業用森林プランテーション設立と管理の強化・拡大 ・森林管理の強化 ・保護地域の組織体制強化 (条件付きシナリオ) ・自然保全メカニズムの強化と面積の拡大 ・持続可能な森林管理強化 ・天然資源の修復強化 ・持続可能な商業用森林プランテーションの設立と管理の強化・拡大 ・森林管理の強化 ・森林火災予防の強化 ・保護地域の組織体制強化と面積の拡大 ・水資源における重点地域の保全

イニシアチブ	内容
(無条件シナリオ)	
アマゾン森林保全・生産計画	・国の GHG 排出削減努力の優先課題への適用
(条件付きシナリオ)	
エクアドル REDD+のアクションプラン「良い生活のための森 2016-2025」 ³⁸³	・森林保全、持続可能な森林管理、他の土地利用最適化を通じた森林減少と劣化にかかる国の対策への貢献と、それに伴う GHG 排出量削減

出所：Ecuador NDC

7.1.4.5. 気候変動対策にかかる課題

エクアドルにおける気候変動への適応策の実施に関する主な障壁・課題・ギャップは、部門・地域・地方レベルの開発計画に気候変動への適応策を組み込むための条件が限られている点を中心に構成されている。NDC で挙げられた 6 点の課題は以下のとおりである。

- 気候変動適応策を開発計画に組み込むための政策や技術基準の欠如
- 利用可能な気候予測精度の制約による脆弱性分析の対象となる地域の限定化
- 分野・地域・地方レベルにおける気候リスク分析の実施能力不足
- 気候変動適応策の開発計画への反映にかかる能力および権限不足
- 地域別の気候変動適応策の遂行と、部門・地域・地方レベルにおける開発計画への反映のための部門別省庁と地方政府の調整不足
- 沿岸海洋地域における気候変動が及ぼす影響に関する情報不足

その他の課題は以下のとおりである。

- 気候変動適応計画の管理・策定に関連する既存の法規制の普及不足
- 気候変動適応管理における権限と機能を分担する予算の不足
- 技術的能力（例：水文・気象観測所、気候変動への適応にかかる測定・報告・検証の機器・ソフトウェア・システム等）の不足
- 気象情報等の基礎的な情報の質と量の不足
- 気候変動の影響に関する科学的知見の普及と適用の遅れによる、社会への問題啓蒙の不足
- 適応策のコストや効果、あるいは「不適応」による経済やコミュニティへの影響に関する知識の欠如

7.1.5. 2030 年に向けた各国の GHG 削減目標

2030 年の GHG 削減目標設定について、各国は過去 30 年程度で最大排出量の年を基準年と設定する傾向にあるため、各国間での一律比較が困難となっている。このため参考として表 7-14 に各国の設定した基準年に対して、2019 年時点での GHG 削減達成量、今後の GHG 削減量を整理する。

³⁸³ Bosques para el Buen Vivir 2016-2025

表 7-14 2019 年比換算での 2030 年の GHG 削減目標

国・地域		日本	米国	EU	ブラジル	エクアドル
基準年		2013	2005	1990	2005	2010
(1) 2030 年の削減目標 (%)		47.0%	50.0%	55.0%	43.0%	20.0%
(2) 基準年の排出量 (百万 t)		1,314.7	6,131.9	4,468.5	342.1	34.8
(3) 2019 年の排出量 (百万 t)		1,106.7	5,284.7	3,286.8	465.7	40.5
(4) 目標年までの削減量 (百万 t)	= (1)×(2)	617.9	3,065.9	2,457.7	147.1	7.0
(5) 2019 年と基準年の差 (百万 t)	= (3)-(2)	208.0	847.2	1,181.7	-123.6	-5.7
割合 (%)	= (5)/(4)	33.7%	27.6%	48.1%	-84.0%	-82.1%
(6) 今後の削減量 (百万 t)	= (4)-(5)	409.9	2,218.8	1,275.9	270.7	12.7
割合 (%)	= (6)/(4)	66.3%	72.4%	51.9%	184.0%	182.1%
(7) 2019 年比の目標達成に向けた削減量 (%)	= (6)/(3)	37.0%	42.0%	38.8%	58.1%	31.3%

出所：Global Carbon Atlas; 各種資料を基に JICA 調査団作成

日本、米国、EU は 2019 年時点で基準年から大きく減少しており、それぞれ、33.7%、27.6%、48.1%の削減を達成しているとも言い換えられる。一方で、ブラジル、エクアドルは排出量自体が増加しているため、基準年との差は▲84.0%、▲82.1%となっている。

2019 年比で見た目標達成に向けた必要な削減量としては、ブラジルを除くと 31.3~42%となっている。ブラジルの削減量は 58.1%と半分以上の削減が求められているものの、これまでに発行された CDM クレジットや、アマゾン保全または開発中断による CO₂ 吸収の寄与なども見込んでいるため、単純な比較が困難な点については留意が必要である。

7.1.6. 脱炭素・低炭素政策の総括

各国のエネルギー供給と GHG の削減目標を表 7-15 に示す。各国の政策を見る限り、NZES ほどの劇的な構造改革は示されていないものの、再エネの最大限活用、各セクターにおけるエネルギー利用の電化促進、水素・アンモニア等の低排出燃料および CCUS の技術開発といった大枠の方針は一致している。以下では 7.1.1 で示した各セグメントの動向を整理する。

セグメント 1 に属する日本、米国や一部の EU 各国については、低炭素社会実現に向けた新規の技術開発、産業振興を経済成長の機会として認識し、大規模な政府支援や民間投資の促進を掲げている。蓄電池、水素、EV など今後の成長産業における国際的な制度設計に対しても積極的であり、各国の展開を有利にするために多国間の枠組み構築を図っている。

セグメント 2 に属する中国、インド、ブラジルについては、経済発展の途中で GHG 排出量の総量も増加傾向にあり、一律のカーボンニュートラルに対しては慎重な国が多かった。しかし、中国、ブラジルが他国とは 10 年遅れではあるものの、2060 年のカーボンニュートラルを表明したことで、世界の低炭素化の潮流をさらに強める動きになっている。気候変動における立ち位置としては、従来とおりの機器製造のサプライヤー、製品を利用するコンシューマーとしての役割に加えて、成長分野における産業創成や技術開発に向けた動きも活発になっている。

気候変動対策ではこれらのセグメント 1・2 に属する国の影響が非常に大きい一方、国全体で占める割合はセグメント 3・4 に属する国が多数を占める。セグメント 3 に属する国について、特に EU を中心とした自国で高い技術力を有する国々は、セグメント 1 同様、気候変動対策を経済成長の機会として捉えた取り組みも多い。また、国家としての規模は大きく

なくとも、経済の成熟度が高い傾向にあるため、GHG削減に対しても積極的である。

セグメント4の国々については今後も大きな経済成長が見込まれている。一方で、近年の気候変動対策の1.5°C目標達成においては、GHG排出量の総量削減が重要になっており、今後、経済成長する国々についてもGHGの削減・抑制が期待されている。こうした国々における低炭素政策はNDCに代表されるGHG削減・抑制と、経済成長の両立を掲げた内容のものが多い。

表 7-15 各国のエネルギー供給状況と低炭素政策のまとめ

項目	セグメント1			セグメント2		セグメント4
	日本	米国	EU	中国	ブラジル	エクアドル
国・地域	日本	米国	EU	中国	ブラジル	エクアドル
GDP (USD/人)	39,159	62,996	35,734	9,977	9,001	6,296
TES (kWh/人)	40,939	78,241	23,543	25,320	15,805	10,791
CO ₂ 排出量 (t/人)	9.51	16.20	7.51	6.86	2.28	2.31
削減目標	2030年に47%削減(2013年比);2050年にカーボンニュートラル	2030年に50%削減(2005年比);2050年にカーボンニュートラル	2030年に55%削減(1990年比);2050年にカーボンニュートラル	2030年までのGHG排出量総量減少への転換;2060年にカーボンニュートラル	2025年に37%削減;2030年に43%削減(2005年比);2060年にカーボンニュートラル	2025年に20%削減(2010年比);2050年にカーボンニュートラル
気候変動政策	グリーン成長戦略(2020年11月)	-	欧州グリーンニューディール(2019年12月)	-	NDC(2020年12月)	気候変動政策(2012年);NDC(2019年12月)

出所：WDI; BP Statistical Review of World Energy; Global Carbon Atlas 等を基に JICA 調査団作成

エクアドルはセグメント4に属しており、GHGの削減・抑制と経済成長を同時並行に進めていく必要がある。低炭素政策については、短期・中期的にはNDCに記載されている目標達成が重要になる。

図7-3と図7-4に示したとおり、エクアドルは一人あたり一次エネルギー供給量に占める再エネの割合は他国と比較して高い水準の一方、CO₂排出量は世界平均と同水準となっている。すなわち、エクアドルにおいては電力以外のセクター、特に運輸・産業・ビル部門のCO₂排出量削減が鍵になる。IEA「世界のエネルギー部門における2050年までのネットゼロに向けたロードマップ」が示すように、2030年までは再エネ・省エネ・電化等の既存技術を活用した取り組みが重要となり、運輸部門における電化、ビル部門におけるヒートポンプへの転換、エアコンのインバーター化等の推進が必要だと考える。そして、2050年という長期的な視座においては、水素、アンモニアを活用した各セクターの電化等、今後の成長産業への参画が課題である。

7.2 各部門における脱炭素・低炭素技術

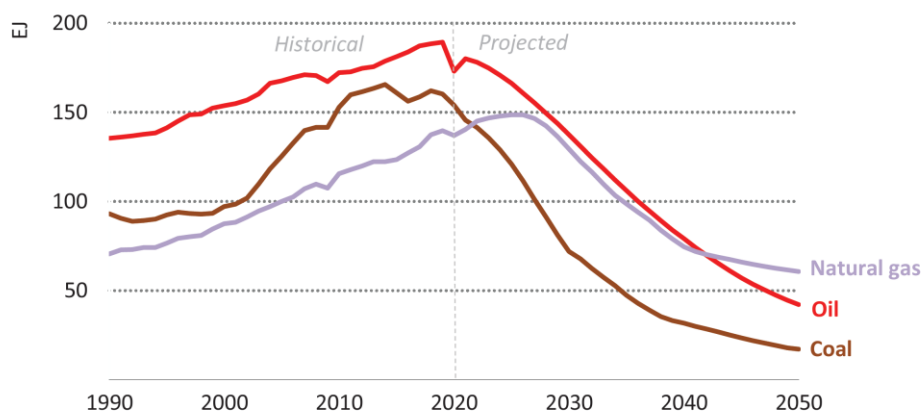
7.2.1. サプライサイドの脱炭素化・低炭素化にかかる動向と技術

本項では、運輸・産業・ビル部門における脱炭素化・低炭素化の前提条件となる一次エネルギーおよび電力セクターの供給予測について、IEA「世界のエネルギー部門における 2050 年までのネットゼロに向けたロードマップ」(7.1.2 参照) を基に整理する。

中長期的に見た場合、2030 年までは在来技術を活用するとともに水素、アンモニア、CCUS 等の新技術を開発・普及し、2050 年までに化石燃料からの脱却を加速させる。運輸・産業・ビル部門に対する燃料供給においてもこうした流れは同様で、化石燃料を中心としたインフラ構築からの転換が重要となる。

7.2.1.1. 化石燃料供給

NZES における化石燃料(石炭、石油、ガス)の供給見通しを図 7-12 に示す。石炭、石油、天然ガスの生産量は 2020 年の水準から大きく減少する想定となっている。



出所：IEA (2021) “Net Zero by 2050 Roadmap for the Global Energy Sector”

図 7-12 化石燃料の供給見通し (1990~50 年)

石炭の年間生産量は、2020 年の 5,250 百万 toe に対し、2030 年は 2500 百万 toe、2050 年は 600 百万 toe と、CCUS の適用 (2050 年時点における生産量の約 80%) を含めても約 90% の削減となる。

石油の生産量についても、2020 年の 88 百万バレル/日から、2030 年には 72 百万バレル/日、2050 年には 24 百万バレル/日と、約 75% の削減となる。原則として、石油は燃料としてではなく、プラスチック等の石油化学製品への利用が想定される。

天然ガスの生産量は、2020 年代半ばまで上昇し、ピーク時には約 4300bcm³⁸⁴に達する。それ以降は徐々に減少し、2030 年には 3,700bcm、2050 年には 1,750bcm と、2020 年比で約 55% まで減少する。2050 年には、世界の天然ガス生産量の半分以上が、CCUS を適用した水素製造に利用される想定となっている。

NZES では、既に承認済の事業を除き、これら化石燃料の設備投資は原則として不必要とされる。エネルギー供給において、天然ガスは水素製造等に活用されるものの、石炭、石油

³⁸⁴ 10 億立方メートル (billion cubic meters)

は大幅に削減され、既存のエネルギー産業の構造を劇的に刷新する予測となっている。

7.2.1.2. 低排出燃料

従来の化石燃料の代替燃料として、低排出燃料の活用が掲げられている。これらは長距離輸送となるトラック、航空、船舶や、重工業におけるボイラー熱等、電化によって経済的にエネルギー供給が困難な分野での活用が想定される。

低排出燃料としては、バイオ燃料と水素が挙げられている。バイオ燃料は、世界の運輸部門におけるエネルギー需要シェアを2020年の4%から2050年には14%まで伸ばす見込みである。また、水素ベースの燃料は、2050年に同シェアの28%を占める見込みである。

NZESにおけるバイオ燃料の新規開発は、サトウキビ、トウモロコシ、大豆等の在来作物からの生産ではなく、廃棄物や残渣、木質エネルギー作物など食糧生産に適さない土地や農地を活用した生産を想定している。

現在、エネルギー分野における水素の利用は、石油精製と化学工業におけるアンモニアやメタノールの製造に限られている。2020年における世界の水素需要は約90百万toeで、主に化石燃料から生産されている。NZESではこの水素の必要量と生産方法の両方が大きく変化し、2050年の需要は現在の約6倍の530百万tに増加し、世界の最終エネルギー需要の13%についてアンモニアを含む水素系燃料が占める。2050年までの低排出燃料供給にかかるロードマップを表7-16に示す。

表 7-16 低排出燃料のロードマップ

Sector	2020	2030	2050
Bioenergy			
Share of modern biofuels in modern bioenergy (excluding conversion losses)	20%	45%	48%
Advanced liquid biofuels (mboe/d)	0.1	2.7	6.2
Share of biomethane in total gas networks	<1%	2%	20%
CO ₂ captured and stored from biofuels production (Mt CO ₂)	1	150	625
Hydrogen			
Production (Mt H ₂)	87	212	528
of which: low-carbon (Mt H ₂)	9	150	520
Electrolyser capacity (GW)	<1	850	3 585
Electricity demand for hydrogen-related production (TWh)	1	3 850	14 500
CO ₂ captured from hydrogen production (Mt CO ₂)	135	680	1 800
Number of export terminals at ports for hydrogen and ammonia trade	0	60	150

Note: mboe/d = million barrels of oil equivalent per day; Mt = million tonnes; H₂ = hydrogen.

出所：IEA (2021) “Net Zero by 2050 Roadmap for the Global Energy Sector”

7.2.1.3. 電力供給

電力セクターのロードマップを表7-17に示す。2020年の世界の年間発電電力量は26,800TWhだが、NZESでは、2030・2050年においてそれぞれ37,300TWh・71,200TWhまで成長する。

現在、エネルギー関連のCO₂排出量全体の36%を発電部門が占めており、脱炭素化に向けては電力セクターの改革が必要不可欠である。NZESでは、先進国では2030年代に発電によるCO₂排出量をゼロに、新興国・開発途上国では2040年頃にゼロとすることを目標と

している。このためには再エネによる発電量を 2030 年までに約 3 倍、2050 年までに約 8 倍まで増加させ、再エネが総発電量に占める割合を 2020 年の 29%から 2030 年には約 60%、2050 年には約 90%まで引き上げる必要がある。中でも PV と風力発電は、2030 年までに世界の主要な電力供給源となり、2050 年にはそれぞれ 23,000TWh 以上、総発電量の約 65%に相当する見込みである。

一方、2020 年に主力電源である石炭・ガスが総発電量に占める割合はそれぞれ 32%・23%だが、2030 年には 8%・17%、2050 年には 0.0%・0.4%と再エネに置き換えられていく。こうした化石燃料ベースの電源については、低排出燃料との混合や転用も提案されている。原子力については、NZES においても必要な電源として認識されており、設備出力は 2030 年までに 40%、2050 年までに 2 倍に増加する想定である。

再エネ主体の電源構成を構築していくうえでは電力システムの柔軟性にも着目されており、2020 年代後半には蓄電池と PV や風力発電を組み合わせたシステムが一般的になるとされる。電力システムにおける蓄電池の容量は 2020 年に 18GW だが、2030 年に 590GW、2050 年に 3,100GW と飛躍的な増強が必要となっている。また、送配電網の大規模な設備増強も必要で、2040 年までに総延長を 2 倍以上にし、2050 年までにさらに 25%増加させる必要がある。

表 7-17 電力セクターのロードマップ

Category	2020	2030	2050
Decarbonisation of electricity sector	<ul style="list-style-type: none"> Advanced economies in aggregate: 2035. Emerging market and developing economies: 2040. 		
Hydrogen-based fuels	<ul style="list-style-type: none"> Start retrofitting coal-fired power plants to co-fire with ammonia and gas turbines to co-fire with hydrogen by 2025. 		
Unabated fossil fuel	<ul style="list-style-type: none"> Phase out all subcritical coal-fired power plants by 2030 (870 GW existing plants and 14 GW under construction). Phase out all unabated coal-fired plants by 2040. Phase out large oil-fired power plants in the 2030s. Unabated natural gas-fired generation peaks by 2030 and is 90% lower by 2040. 		
Total electricity generation (TWh)	26 800	37 300	71 200
Renewables			
Installed capacity (GW)	2 990	10 300	26 600
Share in total generation	29%	61%	88%
Share of solar PV and wind in total generation	9%	40%	68%
Carbon capture, utilisation and storage (CCUS) generation (TWh)			
Coal and gas plants equipped with CCUS	4	460	1 330
Bioenergy plants with CCUS	0	130	840
Hydrogen and ammonia			
Average blending in global coal-fired generation (without CCUS)	0%	3%	100%
Average blending in global gas-fired generation (without CCUS)	0%	9%	85%
Unabated fossil fuels			
Share of unabated coal in total electricity generation	35%	8%	0.0%
Share of unabated natural gas in total electricity generation	23%	17%	0.4%
Nuclear power	2016-20	2021-30	2031-50
Average annual capacity additions (GW)	7	17	24
Infrastructure			
Electricity networks investment in USD billion (2019)	260	820	800
Substations capacity (GVA)	55 900	113 000	290 400
Battery storage (GW)	18	590	3 100
Public EV charging (GW)	46	1 780	12 400

Note: GW = gigawatts; GVA = gigavolt amperes.

出所 : IEA (2021) “Net Zero by 2050 Roadmap for the Global Energy Sector”

7.2.2. デマンドサイドの脱炭素化・低炭素化にかかる動向と技術

本項では、IEA「世界のエネルギー部門における 2050 年までのネットゼロに向けたロードマップ」(7.1.2 参照)に基づき、運輸・産業・ビル部門における 2050 年までのカーボンニュートラル達成に向けたロードマップ、および今後の世界的な取り組みの方向性について考察する。

7.2.2.1. 運輸部門

運輸部門におけるカーボンニュートラルに向けたロードマップを表 7-18 に示す。

表 7-18 運輸部門のロードマップ

Category	2020	2030	2050
Road transport	• 2035: no new passenger internal combustion engine car sales globally		
Aviation and shipping	• Implementation of strict carbon emissions intensity reduction targets as soon as possible.		
Category	2020	2030	2050
Road transport			
Share of PHEV, BEV and FCEV in sales: cars	5%	64%	100%
two/three-wheelers	40%	85%	100%
bus	3%	60%	100%
vans	0%	72%	100%
heavy trucks	0%	30%	99%
Biofuel blending in oil products	5%	13%	41%
Rail			
Share of electricity and hydrogen in total energy consumption	43%	65%	96%
Activity increase due to modal shift (index 2020=100)	100	100	130
Aviation			
Synthetic hydrogen-based fuels share in total aviation energy consumption	0%	2%	33%
Biofuels share in total aviation energy consumption	0%	16%	45%
Avoided demand from behaviour measures (index 2020=100)	0	20	38
Shipping			
Share in total shipping energy consumption: Ammonia	0%	8%	46%
Hydrogen	0%	2%	17%
Bioenergy	0%	7%	21%
Infrastructure			
EV public charging (million units)	1.3	40	200
Hydrogen refuelling units	540	18 000	90 000
Share of electrified rail lines	34%	47%	65%

Note: PHEV = plug-in hybrid electric vehicles; BEV = battery electric vehicles; FCEV = fuel cell electric vehicles.

出所: IEA (2021) “Net Zero by 2050 Roadmap for the Global Energy Sector”

世界の運輸部門の CO₂ 排出量は、2020 年には 7Gt 以上、新型コロナウイルス感染拡大前の 2019 年には 8.5Gt 近くに達していた。NZES における CO₂ 排出量は、2030 年に約 5.5Gt、2050 年には約 0.7Gt となり、2020 年比で 90%減少する。これは 2050 年までに旅客輸送は約 2 倍に増加、貨物輸送は 2.5 倍、乗用車台数が 1.5 倍に増加する中での想定である。

NZES では、石油製品の割合は、2030 年には 75%以下に減少し、2050 年には 10%強になる。2040 年代初頭には、NZES では世界中の運輸部門で電気が主流となり、2050 年には最終消費量全体の 45%近くを占めるようになる。

次いで、水素系燃料 (28%)、バイオエネルギー (16%) となる。また、バイオ燃料は、2050

年には石油製品への混合比率が15%に達する見込みである。

運輸部門におけるCO₂排出量削減においては、二輪車、三輪車、乗用車等の一般乗用車と、長距離輸送を想定したトラック、航空機、船舶で状況が異なる。前者については既にEVや水素自動車商用化され、市場でも一定のシェアを獲得しており、今後も化石燃料からの転換が進むと想定される。一方、後者について必要な技術の多くは現在開発中であり、今後10年間の市場への本格的な参入は想定されていない。このため、運輸部門におけるCO₂排出量削減においては、これらの技術開発と導入促進が非常に重要となる。

NZESにおいてはエネルギー転換だけでなくモーダルシフトの促進も重要であり、鉄道利用の推進と飛行機利用の抑制等が挙げられている。また、エネルギー効率の向上においては、EVと燃料電池EVという2つの主要な技術革新に依存している。さらに、2035年までに化石燃料の内燃機関の一般向け自家用車販売終了をロードマップに掲げている。

7.2.2.2. 産業部門

産業部門におけるカーボンニュートラルに向けたロードマップを表7-19に示す。

表 7-19 産業部門のロードマップ

Category			
Heavy industry	• 2035: virtually, all capacity additions are innovative low-emissions routes.		
Industrial motors	• 2035: all electric motors sales are best in class.		
Category	2020	2030	2050
Total industry			
Share of electricity in total final consumption	21%	28%	46%
Hydrogen demand (Mt H ₂)	51	93	187
CO ₂ captured (Mt CO ₂)	3	375	2 800
Chemicals			
Share of recycling: reuse in plastics collection	17%	27%	54%
reuse in secondary production	8%	14%	35%
Hydrogen demand (Mt H ₂)	46	63	83
with on-site electrolyser capacity (GW)	0	38	210
Share of production via innovative routes	1%	13%	93%
CO ₂ captured (Mt CO ₂)	2	70	540
Steel			
Recycling, re-use: scrap as share of input	32%	38%	46%
Hydrogen demand (Mt H ₂)	5	19	54
with on-site electrolyser capacity (GW)	0	36	295
Share of primary steel production: hydrogen-based DRI-EAF	0%	2%	29%
iron ore electrolysis-EAF	0%	0%	13%
CCUS-equipped processes	0%	6%	53%
CO ₂ captured	1	70	670
Cement			
Clinker to cement ratio	0.71	0.65	0.57
Hydrogen demand (Mt H ₂)	0	2	12
Share of production via innovative routes	0%	9%	93%
CO ₂ captured (Mt CO ₂)	0	215	1 355

Note: DRI = direct reduced iron; EAF = electric arc furnace.

出所：IEA (2021) “Net Zero by 2050 Roadmap for the Global Energy Sector”

産業部門のCO₂排出量（エネルギー使用と生産プロセスを含む）は、2020年には合計で約8.4Gtとなる。このうち、化学、鉄鋼、セメントの3つの重化学工業は、産業部門のエネルギー消費量の約60%、CO₂排出量の約70%を占めており、生産は新興市場や開発途上国

に集中している。これらの商品は現代生活に必要な不可欠で、コスト競争力のある代替品がないため、産業界における大きな課題は、製造における CO₂ 排出量の最小化と言える。

産業界全体の取り組みとしては、まずエネルギー利用の電化、水素活用、そして CO₂ 回収が挙げられる。ロードマップにおいては、電化の占める割合を 2020 年の 21% から 2030 年に 31%、2050 年に 46%、水素利用を 2020 年の 51 百万 toe から 2030 年に 93 百万 toe、2050 年に 187 百万 toe、CO₂ 回収を 2020 年の 3 百万 toe から 2030 年に 375 百万 toe、2050 年に 2,800 百万 toe への引き上げが示されている。

7.2.2.3. ビル部門

ビル（建築物）部門におけるカーボンニュートラルに向けたロードマップを表 7-20 に示す。

表 7-20 ビル部門のロードマップ

Category	2020	2030	2050
Category			
New buildings	• From 2030: all new buildings are zero-carbon-ready.		
Existing buildings	• From 2030: 2.5% of buildings are retrofitted to be zero-carbon-ready each year.		
Category	2020	2030	2050
Buildings			
Share of existing buildings retrofitted to the zero-carbon-ready level	<1%	20%	>85%
Share of zero-carbon-ready new buildings construction	5%	100%	100%
Heating and cooling			
Stock of heat pumps (million units)	180	600	1 800
Million dwellings using solar thermal	250	400	1 200
Avoided residential energy demand from behaviour	n.a.	12%	14%
Appliances and lighting			
Appliances: unit energy consumption (index 2020=100)	100	75	60
Lighting: share of LED in sales	50%	100%	100%
Energy access			
Population with access to electricity (billion people)	7.0	8.5	9.7
Population with access to clean cooking (billion people)	5.1	8.5	9.7
Energy infrastructure in buildings			
Distributed solar PV generation (TWh)	320	2 200	7 500
EV private chargers (million units)	270	1 400	3 500

出所：IEA (2021) “Net Zero by 2050 Roadmap for the Global Energy Sector”

世界の建築物の床面積は、2020~50 年の間に 75%増加すると予想されるとともに、2050 年には既存の建築物の約半分が残存していると想定される。特に新興国では、家電製品や冷房機器の需要が伸び、NZES では、2030 年までに 6 億 5 千万台、2050 年までにさらに 20 億台のエアコンの追加が予想されている。こうした旺盛な需要にもかかわらず、ビル部門の CO₂ 排出量は 2020 年の約 3Gt から、2050 年には 95%以上減少して 0.12Gt となる。

NZES における建築物セクターの脱炭素化を推進するのはエネルギー効率化と電化であり、熱効率の高い外壁、ヒートポンプの導入、省エネの電化製品等の既存の技術活用も多い。さらに、建築物のスマート化、行動変容も重要とされている。

具体的な道程として NZES では、ゼロカーボン対応の建築物の導入促進を掲げている。新築の建築物について、2030 年以降は全てゼロカーボン対応となる。既往の建築物も年 2.5% ずつ改修していき 2050 年には 85%がゼロカーボン対応になる想定である。こうした目標の達成に向けては、建築物のエネルギー利用規定を整備し、各国が準拠する必要がある。

また、冷暖房については、ヒートポンプなど電化された冷暖房設備導入を促進しており、石炭・石油ボイラーは2025年以降に販売を停止、ガスボイラーは2020年比で2030年までに40%、2050年までに90%減少する想定である。一方、ヒートポンプは2020年の1.8億台から、2030年に6億台、2050年に18億台まで導入が進められる想定である。

さらに民生用PVシステムの導入も進み、2020年の年間発電電力量320TWhに対し、2030年に2700TWh、2050年に7500TWhまで増加する想定である。

7.3 エクアドルでの脱炭素・低炭素技術導入にかかる考察

7.3.1. エクアドルの低炭素技術導入にかかる取り組み

エクアドルにおけるエネルギー効率改善にかかる取り組みは、第4章で紹介したPLANEEで策定された計画に沿って進められており、パリ協定やNDCなど気候変動にかかる多くの国際協定を実現するための具体的な行動計画としても位置付けられている。このため、エクアドルにおける低炭素技術の取り組みとして、現地調査でMERNNRより受領したPLANEEの進捗状況を以下に整理する。

国内のエネルギー効率化を促進するための法制度、組織体制、開発計画、プロジェクトを表7-21に取りまとめる。

表 7-21 法制度・組織体制・開発計画・プロジェクトにおける取り組み

項目	実施内容
法制度	エネルギー効率改善にかかる法制度の制定 ・エネルギー効率化基本法（LOEE）（2019年3月19日） ・LOEEにかかる規則 ³⁸⁵ （2021年10月20日）
組織体制	国家エネルギー効率委員会（CNEE）の設置（2021年2月23日）
開発計画	IDBの支援による「Development of Foresight and Energy Planning in Ecuador」にかかる計画策定
実施中プロジェクト	国家エネルギー効率指標システムの構築プロジェクト（SINEE） ・SINEEに準拠した炭化水素セクターにおけるデータベース構築のパイロット開発 ・統合国家エネルギー情報モデル（SIEN）の開発 エネルギー効率ベストプラクティス普及プログラム ・MERNNRエネルギー効率化プロジェクト管理・促進局による普及キャンペーン ・MERNNR関連組織である地質エネルギー研究所386のエネルギー効率改善にかかる訓練機関認定 ・配電会社を通じたエネルギー効率化促進と普及キャンペーン ・民間企業および学術機関による取り組み

出所：MERNNR提供資料を基にJICA調査団作成

このうち、開発計画としてIDBが支援する「Development of Foresight and Energy Planning in Ecuador」ではPLANEE更新を含めた下記を策定する予定である。

- 国家エネルギー計画
- 国家エネルギー効率化計画（PLANEE）
- 国家エネルギーアジェンダ
- 統合エネルギー情報システム（SIEN）

³⁸⁵ Reglamento General de la Ley Orgánica de Eficiencia Energética

³⁸⁶ Instituto de Investigación Geológico y Energético

エクアドルにおける低炭素技術の導入は PLANEE に沿って進められており、LOEE 等の法制度についても PLANEE の実現に向けて必要な施策・規制が検討されている。これらの法制度は PLANEE の発表以降も継続的に立案されており、IDB をはじめとしたドナーの支援も含めて必要な検討がなされていることが窺える。

運輸・産業・ビル部門における低炭素技術導入にかかる取り組みを表 7-22 に示す。

表 7-22 運輸・産業・ビル部門の取り組み

項目	実施内容
運輸部門	
交通インフラ・運営改善プログラム	・ 持続可能な都市モビリティに関する国家政策の策定
新車のエネルギー効率ラベリングプロジェクト	・ 車両ラベリングの実施に関する規制の策定
車両 RENOVA の拡張	・ IDB および CFN との連携の下、MTOPI によるバス、タクシー、バン等の 285 台の車両の近代化および EV 等の新技術導入による優遇措置の適用
効率的な運転技術研修プロジェクト	・ ECOVIAL、ANETA の運転教習所における効率的な運転講習のカリキュラム化
ハイブリッド車、EV、新技術車の導入プロジェクト	・ LOEE14 条による 2025 年時点における公共交通機関の新規導入車両の EV 適用 ・ National Electromobility Strategy の策定 ・ キトメトロ 1 番線の運行開始とトローリーバス電気システムの運営管理
バイオ燃料混合プロジェクト	・ エクアドルで販売される唯一の自動車および工業用のバイオ燃料 ECOPAIS 使用状況のモニタリング
産業部門	
エネルギー集約型産業における ISO50001 導入プログラム	・ エネルギー集約型産業の大口需要家のエネルギーマネジメントシステムの国際規格 ISO50001 取得推進
ESC 市場の発展促進	・ LOEE で規定される (i) Energy Auditor (ii) Energy Manager (iii) Energy Service Company のうち ESCO の国内市場発展促進
ビル部門 (商業・公共・家庭)	
エネルギー最終需要家の特定	・ 国際協力プログラム「Euroclima」とラテンアメリカエネルギー機構の支援の下、運輸・産業・商業・家庭の各部門における最終需要家の効率的なエネルギー需給バランスを整理
エネルギー消費機器の標準化とラベリング	・ エクアドル標準化局 (INEN) と連携し、技術規則と規格を更新し、エンドユーザーの高エネルギー効率の機器利用を促進
国家品質検査機関の能力強化	・ ドイツ国立計量研究所と Euroclima 支援の下、エネルギー効率の品質検査能力 (試験所、規格、規制、計測など) 強化 ・ エネルギーラベルプログラム (DMEE)
市場モニタリング	・ 2020 年 7 月 16 日の外国貿易委員会 (COMEX) に基づき、25W から 150W の範囲のワット数の住宅用小型白熱灯の輸入禁止延長を決議
家庭用のエネルギー消費機器交換プログラム	・ エアコンなどの空調設備を中心とした低エネルギー効率機器の更新プログラム RENOVA を展開
エクアドル建設基準 NEC 「エネルギー効率、空調および再生可能エネルギー」にかかるプロジェクト	・ NEC-HS-EE (エネルギー効率) の更新 ・ NEC-HS-ER (再生可能エネルギー) の発行 ・ NEC-HS-CL (気候変動対策) の発行

出所：JICA 調査団作成

7.3.2. エクアドルで適用可能な低炭素技術

エクアドルにおいて最終エネルギー消費が最も大きいのは運輸部門である (4.1.3 参照)。

同国の国土は海側のコスタ地域、急峻なシエラ地域、広大なオリエンテ地域に分かれており、首都のキトと最大都市で沿岸部に位置するグアヤキルを接続する鉄道・Tren Crucero を除き、陸路の長距離輸送は自動車に依存している。運輸部門における低炭素化としては、キト・メトロ（22km）とクエンカ・トラムウェイ（12km）に続く旅客輸送や貨物輸送など陸上移送のモーダルシフトも重要と想定される。加えて、これまで実施されてきた自動車等の道路輸送にかかる効率改善、EV 導入等の施策や、鉄道、航空機、船舶等の効率改善、新技術導入も挙げられる。

ビル部門については、エネルギー消費機器のラベリング、規格化、交換プログラムが継続的に実施されてきた。今後も引き続きこれらの活動が重要であると同時に、既に確立された省エネ技術の導入促進が有効と想定される。

産業部門についてはビル部門と同様の建築物のエネルギー効率改善が重要と想定される。また、PLANEE でも促進されているとおり、産業部門のエネルギー需要の多くを占める熱需要についてはヒートポンプ導入等が有効である。産業部門について NDC においてはセメントおよび廃棄物分野の GHG 削減が取り上げられており、こうした分野における技術導入も挙げられる。

これまでの世界的な低炭素技術導入にかかる動向とエクアドルにおける取り組み状況を踏まえた、運輸・産業・ビル部門において適用可能な低炭素技術を表 7-23 に示す。

表 7-23 エクアドルで適用可能な運輸・産業・ビル部門における低炭素技術

項目	低炭素技術の概要
運輸	
民間から公共への旅客輸送モーダルシフト	<ul style="list-style-type: none"> ・ 都市鉄道、メトロ、LRT (Light Rail Transit)、モノレール、高速鉄道 ・ バス、BRT (Bus Rapid Transit) ・ 内陸水運、河川バス・ボート ・ 公共交通機関の利用促進
貨物輸送の転換	<ul style="list-style-type: none"> ・ 貨物輸送の車両から鉄道・舟運への転換 ・ 港へのアクセス鉄道の整備 ・ 新型貨物鉄道車両、大型コンテナの導入、線路の改修 ・ 鉄道貨物ターミナルの開発 ・ 水路貨物ターミナル・運河の開発・整備 ・ 港湾および関連設備の開発
自動車交通	<ul style="list-style-type: none"> ・ 自動車（一般乗用車、バス）の EV 化 ・ エタノール等のバイオ燃料の導入 ・ エコドライブ（安全・環境に配慮した運転）の促進 ・ 交通分野の情報通信技術（ICT）活用による効率改善（道路交通システム（ITS）、IoT 活用、ロードプライシング等の交通管理） ・ 高速道路用 LED 照明等のエネルギー効率改善 ・ 貨物用トラック、工事用重機の EV 化
鉄道	<ul style="list-style-type: none"> ・ 高効率の鉄道車両（軽量車両、可変電圧可変周波数、回生ブレーキシステム）の導入 ・ 駅・停留所におけるエネルギー効率改善 ・ 鉄道車両の EV 化
航空機	<ul style="list-style-type: none"> ・ 利用者の行動変容 ・ 空港におけるエネルギー効率改善 ・ 低排出燃料（バイオ燃料・水素）の導入
船舶	<ul style="list-style-type: none"> ・ 高効率の船舶導入 ・ 水路の技術革新、船舶の活用 ・ 造船所のエネルギー効率向上 ・ 低排出燃料（バイオ燃料・水素）の導入

産業部門	
全般	<ul style="list-style-type: none"> ・ ISO50001 の取得促進 ・ ESCO 事業の推進 ・ 熱需要における電化（低温帯、高温帯） ・ 水素燃料の導入 ・ CO₂回収技術の導入
セメント製造技術の改善	<ul style="list-style-type: none"> ・ 廃熱回収 ・ 縦型ローラーミル ・ キルンシエルの熱損失低減 ・ 可変周波数ドライブ（VFD）の導入 ・ 燃焼の最適化 ・ クリンカーの添加物への代替
廃棄物の利用	<ul style="list-style-type: none"> ・ 発電・熱源としての埋立地ガス回収 ・ 固形廃棄物からのリサイクル可能な物質の回収 ・ メタン回収を伴う有機性固体廃棄物の嫌気性処理 ・ 有機肥料の製造 ・ 固体廃棄物のリサイクル
ビル部門	
建築物のエネルギー効率改善	<ul style="list-style-type: none"> ・ ヒートポンプの導入 ・ 高効率住宅用空調（インバータエアコンなど）の導入 ・ 家庭用高効率冷蔵庫（インバーター圧縮型(断熱・保温型、ツインクーリング)など） ・ 高効率照明（LED、小型蛍光灯(CFL)、電球、F字管など） ・ HEMS、BEMS の導入 ・ エネルギー効率改善の啓もう活動 ・ 分散型太陽光の導入 ・ 新設建築物への ZEB 導入 ・ 既設建築物の ZEB 化

出所：JICA “Low Carbon Technology Assessment Facilitating Effectiveness in Viet Nam”を基に JICA 調査団作成

最重点分野となる運輸部門においては、IDB 支援の下、EV 政策策定等の施策が検討されている。一方で、旅客輸送におけるモーダルシフト、港湾・鉄道等のインフラ整備、一般乗用車における EV 導入の具体的な施策等、エクアドルの GHG 排出の大半を占める同部門の排出量削減は今後も大きな課題である一方、中長期的な取り組みが必要と想定される。

産業部門においては、EMS の国際規格 ISO50001 の取得や、ESCO の導入促進が挙げられる。こうした取り組みは BEMS、FEMS など EMS 導入とも親和性が高く、上述のヒートポンプ等も含めた低炭素技術の包括的な導入促進が期待される。

ビル部門（商業・公共・家庭含む）においては、これまで継続されてきたエネルギー効率向上を更に促進するため、NZES においても重要施策として挙げられていたヒートポンプやエアコンのインバーター化等の導入促進が有効と想定される。また、建設基準 NEC で検討されているエネルギー効率改善、空調、再エネ導入等は、将来的にはネット・ゼロ・エネルギー・ビル（ZEB）にかかる基準への発展も期待される。

7.4 エクアドルでのグリーンファイナンス活用にかかる方針

脱炭素・低炭素技術の導入に向けては、公的資金のみならず、民間資金を如何に活用するかが重要である。そうした中、CO₂や汚染物質の排出量が少ないなど低環境負荷型の事業や機器を含む環境に良い効果を与える投資への資金供給、すなわちグリーンファイナンスの

拡大の必要性が高まっている。グリーンファイナンスの活用拡大は、「グリーン経済」³⁸⁷への移行に貢献する。

エクアドルでは、グリーンファイナンス活用にかかる方針や政策等は現時点ではないことが確認された。一方で、グリーン経済と持続可能な開発に関連する環境関連法規の条文、グリーンファイナンス活用に資すると考えられる環境法令等は以下のとおりである。

エクアドルにおいて環境管理に関する最重要法令は、2018年施行の環境基本コード³⁸⁸である。Gonzalez Rair Alejandro Alulima et al. (2020) は、「経済・金融・信用システムの発展における現代的課題に関する第8回国際会議」³⁸⁹の講演要旨集で、グリーン経済と持続可能な開発に直接関連する環境基本コードの条文を表7-24に示すように整理している。

表 7-24 グリーン経済と持続可能な開発に関する環境基本コード (2017) ³⁹⁰条文

条項	記載概要
第16条	・ 環境教育：持続可能な開発と環境保護の教育訓練
第37条	・ 保護地域は持続可能な開発のための優先的な地域であり、国家は国家保護地域システムの財政的持続性を担保するために必要な経済資源の割当て
第88条	・ 特に農村地域における社会市民参加と持続可能な開発への効果的な貢献
第224条	・ 国の持続可能な開発のための廃棄物処理と正しい使用に関する課題

出所：Gonzalez Rair Alejandro Alulima et al. (2020) “Environmental Policy and Directions of Development of ‘Green Economy’ in Ecuador”を基に JICA 調査団作成

また、環境基本コードの第3編「環境質」第VI章「持続可能な生産と消費」の第243条に以下の規定がある。

- 目的：国家環境当局は良好な生活を保障し、エコロジカルフットプリント³⁹¹を削減するために、環境と社会的責任を伴う商品およびサービスの新たな方式による生産および消費を支援・促進する
- 環境基準の遵守とクリーナープロダクション³⁹²の認証は、国家環境当局による評価、追跡調査、およびモニタリングの実施に基づく認定書の発行、あるいはグリーンシールの交付を通じて行われる

MAATE にグリーンファイナンスの活用状況について確認したところ、この環境基本コードの条文がある旨の回答があった。直接的な法規ではないがグリーンファイナンスの活用に資する環境法令と考えられる。また、4.4.2 に示した MAATE が掲げる7つの目的は、国際社会で議論等されているグリーン経済の概念に繋がる内容で、グリーンファイナンス活用に資する目的を MAATE は有していると評価される。

一方、SNP へのグリーンファイナンスにかかる方針等についての質問に対しては、「MAATE や MEF が対応しているのではないか」との返答があったことから、エクアドルにはグリーンファイナンスに関する明確な方針は現時点で存在しないと考えられる。

³⁸⁷ 持続可能な発展の実現に必要な環境に優しい経済の在り方。

³⁸⁸ Codigo Organico del Ambiente。環境基本コードについては添付資料 III を参照されたい。

³⁸⁹ 8th International Conference on Contemporary Problems in the Development of Economic, Financial and Credit Systems

³⁹⁰ 環境基本コードは2018年に一部修正されたが、出所の報告書は修正前のものを参照している。

³⁹¹ 人間の活動が地球環境に与える負荷の大きさを測る指標。

³⁹² 製造工程全体で消費資源量を減らし、環境汚染の原因となる廃棄物の発生を抑制する生産技術の概念。

第8章 エネルギーセクターにおける DX

8.1 DX とは

本章では、エネルギーセクターにおけるデジタルトランスフォーメーション (DX) の世界的な潮流を概観し、エクアドルにおける各種デジタルソリューションの活用状況および今後の活用余地について述べる。

AI (人工知能) や IoT (Internet of Things)、ロボット、ドローン、AR (拡張現実)・VR (仮想現実)、ブロックチェーン等のデジタル技術の進展および導入費用の低下を背景に、幅広い産業・企業で、デジタル技術を活用して従来の業務を大きく変える、あるいは新たな価値を創出する取り組みが加速度的に拡大している。デジタル技術の進展は、エネルギーセクターにも大きな影響を及ぼす。エネルギーセクターの世界的な潮流として、脱炭素化 (Decarbonization)・分散化 (Decentralization)・デジタル化 (Digitization) の「3D」が挙げられる。加えて、電化 (Electrification) も大きな動きとなっている。中でもデジタル化、すなわちデジタル技術の活用は、高度な監視・分析・予測や自動化等を実現し、その他の D+E を促進することが期待される。

本章では、DX をデジタル技術の活用により重大課題の解決や新たな価値の創造を図り、社会・産業全体に大きな変革をもたらすことと捉える³⁹³。そのうえで、エネルギーセクターの変革の柱となる脱炭素化・分散化・電化に着目し、サプライサイド (発・送・配電からなる電力供給側) とデマンドサイド (需要家側) それぞれにおいて、それらの促進に寄与するデジタル技術を活用した、あるいは組み合わせたソリューションについて取り上げる。なお、デマンドサイドについては、運輸、産業、ビル (商業・家庭) に分けて検討する。

8.2 サプライサイドの DX に関する動向

8.2.1. サプライサイドにおける再エネ導入拡大にかかる課題

電源の脱炭素化が加速する中、電力系統に大量の再エネが導入され、火力や水力等の大規模集中型電源から送配電系統を通じて需要家に電力を一方向的に届ける従来の電力システムに変革がもたらされている。送電系統への大規模再エネ・蓄電システムの接続に加え、デマンドサイドでも分散型の小規模再エネ・蓄電池システム、EV の導入と配電系統への接続が進む。一方、この変革の過程においては主に、フレキシビリティの確保、系統制約の解消、設備運用・保守の効率化、といった課題が顕在化しており、DX による解決が期待される。

(1) フレキシビリティの確保

PV や風力発電といった天候・季節・時間に発電量が大きく左右される変動性再エネは従

³⁹³ デジタルトランスフォーメーション (DX) の解釈は多義的である。一例として、世界経済フォーラム (WEF) (2018) “Digital Transformation Initiative”は、DX を「顧客の期待を再定義し、企業がそうした新たな期待に応えることを可能にし、人々の生活と仕事の形を変える新しいテクノロジー (技術) によって、世界を変革すること」と定義する。一方、経済産業省 (2019) 『DX 推進指標』とそのガイダンスは、DX を「企業がビジネス環境の激しい変化に対応し、データとデジタル技術を活用して、顧客や社会のニーズを基に、製品やサービス、ビジネスモデルを変革するとともに、業務そのものや、組織、プロセス、企業文化・風土を変革し、競争上の優位性を確立すること」と定義する。

来型電源と比べて極めて不安定で、再エネ導入が拡大する中、フレキシビリティ (flexibility)³⁹⁴の確保が焦点となっている。従来は負荷変動に追従して出力を比較的速く変化させることができる火力発電や揚水発電がフレキシビリティの機能を担ってきた。しかし、電源構成に占める火力発電の比率が低下し、さらにPVの導入拡大で日中の火力発電の需要が減少してこれら電源を停止しなければならなくなる中、フレキシビリティ確保にあたって、分散型の再エネや蓄電システム、その他デマンドサイドリソースを活用することが求められている。また、デマンドサイドでの再エネや蓄電システム、EVの普及および配電系統への接続増大により、再エネからの逆潮流やEVの急速充電に伴う電圧上昇、再エネの出力不安定性に伴う電圧変動等、配電系統におけるフレキシビリティ確保の必要性も高まっている。

(2) 系統制約の解消

再エネが急速に普及する中、系統制約の課題が顕在化している。系統制約の要因は、需給バランスや送電容量といった容量面と変動面に分解できる³⁹⁵。需給バランスによる制約は、供給地域の需要量に対して供給量が過多になるため、新たな再エネを系統接続できない状態である。この解消には出力制御や広域での電力融通が必要である。一方、送電容量による制約は、系統接続を希望する再エネが送電容量を超えている状態である。再エネの立地ポテンシャルは、大規模集中型電源と需要地を結ぶ既存系統と必ずしも一致しておらず、送電容量の不足により再エネを系統接続できないという状況 (系統制約) が生じる。系統の増強には多額の費用と時間を要するため、この解消には既存の系統設備を最大限に活用することが重要となる。最後に、変動面の制約に関しては、短期的に大きく変動する変動性再エネの出力に追従して需給バランスを保つためのフレキシビリティを確保する必要がある。

(3) 発電・系統設備の運用・保守効率化

再エネや既存の発電・系統設備の運用ならびに保守の効率化によるコスト低減も課題である。これは電力会社の経営効率改善の視点からだけでなく、脱炭素化・再エネ導入促進への投資原資を創出するという視点でも重要である。特に火力は、電源の脱炭素化が進んでも電力安定供給のために一定程度必要とみられるが、再エネ導入拡大に伴う稼働率低下で投資回収が困難になって投資が滞る懸念がある。脱炭素化の潮流の中で火力発電の発電効率の向上が求められるのに加えて、財務的な観点からも運用効率の向上が求められる。また、再エネの運用・保守効率化は、発電コストの低減に直結し、再エネの導入拡大に寄与する。

8.2.2. サプライサイドのDX事例

電源の脱炭素化の流れの中で顕在化している課題を解決するため、世界各地でデジタル技術を駆使したソリューションが導入され始めている。以降では、特に注目されているソリューションとして、電力需給予測システム、バーチャルパワープラント (VPP)・デマンド

³⁹⁴ IEA は、フレキシビリティを「瞬間的な供給安定性の確保から長期的な供給安定性の維持に至るまで、常に需給の変動性と不確実性を信頼性が高くかつ費用対効果も高い方法で管理する電力システムの能力」と定義する。即ち、電力需給の変動に柔軟に対応して需給バランスを安定的に管理する能力を意味する。

³⁹⁵ 資源エネルギー庁ウェブサイト <https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/tokushu/saiene/keitouseiyaku.html>

レスポンス（DR）、ダイナミックラインレーティング（DLR）システム、運用・保守高度化ソリューション、無人化・省力化ソリューション、マイクログリッドプラットフォームについて、活用技術やプレイヤー、導入事例を紹介する。

表 8-1 サプライサイドの課題とデジタルソリューション

課題	デジタルソリューション（DX 事例）	活用される主なデジタル技術			
		AI	IoT・センサー	ドローン・ロボット	AR
フレキシビリティの確保	(1)電力需給予測システム	○			
	(2)VPP・DR プラットフォーム	○	○		
系統制約の解消	(3)DLR システム	○	○		
	(4)運用・保守高度化ソリューション	○	○		
発電・系統設備の運用・保守効率化	(5)無人化・省力化ソリューション			○	○
	(6)マイクログリッドプラットフォーム	○	○		

出所：JICA 調査団作成

(1) 電力需給予測システム

● ソリューションと活用技術の概要

PV や風力発電といった変動性再エネの導入が拡大する中、電力の安定供給を維持するうえで、それら電源の発電量の予測精度を高めることの重要性が高まっている。高精度な発電量予測に基づく電力システムの運用は、系統の安定性確保と同時に、火力発電等の待機運転による非効率の削減や、同時同量の未達による発電事業者のインバランス料金³⁹⁶の負担回避にも寄与する。また、同時同量の観点では正確な電力需要の予測も重要で、これは小売電気事業者のインバランス料金の負担回避に寄与する。

電力需給の予測精度を向上するため、AI の活用が進む。変動性再エネの発電量予測で重要な要素なのが、発電所における日射量や風速・風向、気温等の気象変数である。機械学習や深層学習³⁹⁷が発展したことで、従来は難しかった膨大なデータの分析が可能となり、気象変数をリアルタイムデータや過去データに基づいて算出して、設備データと組み合わせて発電量を高い精度で予測することができるようになった。

同様に、需要予測についても、過去の需要パターンや気象に関するデータと気象予測値を組み合わせて AI で解析することにより、予測精度が向上する。需要家の需要パターンの把握においては、スマートメーターが重要な役割を担う。電力計測と通信機能を備えたスマートメーターにより、送配電事業者は一般に 15~60 分ごとの間隔で、各需要家の電力消費量を遠隔で時系列に把握することができる。

さらに、ディスアグリゲーション技術も着目されている。電力消費量は通常、家庭や事業所等の需要家単位でしか把握できない。しかし、この技術は、分電盤に設置したセンサーやスマメ経由で、分単位の短い間隔で取得した電流波形や電力値を AI で分析し、需要家内に設置された個別の機器・設備の電力消費量を推定する。これにより需要家の需要パターンの

³⁹⁶ インバランス（発電量・需要量の計画と実績の差分）の調整にかかる料金のこと。

³⁹⁷ 機械学習は、コンピューター自らが膨大なデータからパターンやルールを見つけて経験的に分析・予測する技術を指す。機械学習では着目すべき特徴（パラメーター）を人間が指定する必要があるが、深層学習では分析対象を区別する特徴も自動で見付け出すことができる。

変化を、リアルタイムに近い頻度かつ細かな粒度で捉えることができる。

● プレイヤーと導入事例³⁹⁸

AI を用いた電力需給予測システムは、世界各国で大手・スタートアップを含む多数のプレイヤーが開発に取り組んでいる。日本では、東芝や日立製作所といった重電メーカーや IBM といった IT ベンダーのほか、豊富な気象データとその分析に関する知見を強みに気象情報会社のウェザーニューズも参入している。電力需給予測システムを手掛けるプレイヤーの顧客や協業先として、欧州系を中心に大手電力会社の名前が多数挙がっていることからわかるとおり、AI を用いて再エネ発電量の予測精度を高める取り組みは系統レベルで広まっている。

2050 年までに CO2 排出量を実質ゼロにすることを目指す英国では³⁹⁹、系統運用会社である National Grid ESO 社と、データサイエンス・AI に関する国立研究所である The Alan Turing Institute が共同で、深層学習を活用して PV 発電量の予測精度向上を図るプロジェクトを実施した⁴⁰⁰。National Grid ESO 社では従来、PV の発電量予測は設備容量と日射量という 2 つの変数に基づいて行っていた。本プロジェクトでは、深層学習を活用しながら過去データおよび気温や非常に細かな粒度での日射量を含む約 80 の変数に基づいて PV 発電量を予測することで、翌日の PV 発電量予測で従来よりも 33%高い精度を実現した⁴⁰¹。

一方、2030 年までに再エネ設備容量 450GW を目指すインドでは⁴⁰²、全国的に AI を用いた再エネ発電量予測を実際の系統運用に取り込んでいる。同国では、再生可能エネルギー管理センター⁴⁰³を全国 11 ヶ所に設置し、計 55GW の再エネの発電量を常時監視している。各センターには AI を用いた再エネ発電量予測・スケジューリングツールを導入し、需給バランス運用の強化を図っている⁴⁰⁴。なお、センターの設計および機能・インフラ検討では、ドイツ国際協力公社 (GIZ) から支援を受けている⁴⁰⁵。

(2) VPP・DR プラットフォーム

● ソリューションと活用技術の概要

再エネや蓄電システムを含むデマンドサイドの機器・設備等を活用して調整力を創出するソリューションとして、VPP が注目されている。これは、地域に散らばる工場や家庭等の小規模リソースを束ねて制御し、仮想的に 1 つの発電所のように機能させるものである。

VPP の仕組みを図 8-1 に示す。需要家側の PV や蓄電システム、コジェネ、EV、空調等

³⁹⁸ プレイヤー例は添付資料 I を参照されたい。

³⁹⁹ GOV.UK “New plans to make UK world leader in green energy” (6 Oct 2020)

⁴⁰⁰ 本プロジェクトは、同国のガス・電力市場規制局による送配電事業のイノベーション推進を目的とした支援基金 Network Innovation Allowance から助成を受けたものである。

⁴⁰¹ 同社プレスリリース (2019 年 7 月 25 日) <https://www.nationalgrideso.com/news/eso-and-alan-turing-institute-use-machine-learning-help-balance-gb-electricity-grid>

⁴⁰² 現在、同国の総発電設備容量は 380GW で、大型水力を除く再エネは 90GW に留まる。The Economic Times “India can increase renewable target of 2030” (26 Mar 2021)

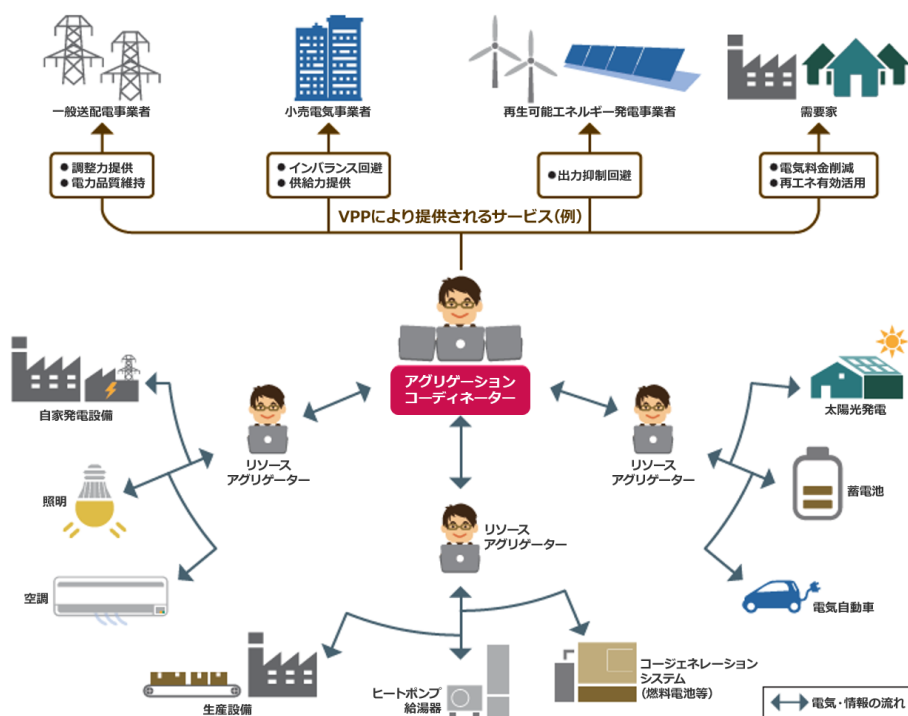
⁴⁰³ Renewable Energy Management Centre

⁴⁰⁴ Press Information Bureau “Union Power Minister dedicates eleven Renewable Energy Management Centers (REMCs) to the nation” (28 Feb 2020)

⁴⁰⁵ 三菱総合研究所 (2019) 「平成 30 年度新興国等におけるエネルギー使用合理化等に資する事業」

を、リソースアグリゲーターと呼ばれる事業者がアグリゲーションコーディネーターと呼ばれる事業者からの指示に基づいて遠隔制御し、逆潮流または電力需要を増減させる。逆潮流では、電力需要が少ない時間帯に蓄電した蓄電池や EV から電力を放出する方法等がある。また、電力需要パターンの制御は DR⁴⁰⁶と呼ばれる。需要に対して供給を変動させることで同時同量を達成する従来手法に対し、DR は供給に対して需要を変動させて一致させるという点で新しい仕組みである。

VPP の収入源は、主に卸電力市場や需給調整市場を通じた取引である。VPP は、卸電力市場を通じてゲートクローズ⁴⁰⁷までの発電事業者や小売電気事業者によるインバランス調整、ゲートクローズ後は需給調整力市場を通じて送配電事業者向けに調整力を提供する。また、VPP はピーク電源の代替や新規電源の投資回避による発電事業者の設備投資・維持管理費の削減、出力抑制回避による再エネの稼働率向上等にも寄与する。



出所：資源エネルギー庁ウェブサイト⁴⁰⁸

図 8-1 VPP の仕組み

現状、VPP・DR は調整力として送電系統で活用が進んでいる。しかし、前述のとおりデマンドサイドにおける PV 等の分散型再エネや EV の導入拡大で配電系統の一時的な負荷増大が課題となる中、今後は配電系統においても VPP・DR の活用により設備増強を回避・遅延しつつ対応できるようになることが期待される。

VPP・DR では、刻々と変化する系統の需給バランスを踏まえ、短時間でデマンドサイド

⁴⁰⁶ 空調や工場の稼働抑制などの省エネによって需要を減らす「下げ DR」と、蓄電システムや EV への充電などによって需要を増やす「上げ DR」、電力需要量を小刻みに増減させることで周波数を一定に保つ「上げ下げ DR」に分けられる。

⁴⁰⁷ 発電事業者や小売電気事業者による当日計画の提出期限のこと。

⁴⁰⁸ https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/advanced_systems/vpp_dr/about.html

に分散したエネルギーリソースを最適制御しなければならない。それを実現するうえで不可欠なのが IoT である。IoT によって、PV や蓄電システム、EV など分散するエネルギーリソースを、リソースアグリゲーターが遠隔で一括・自動制御を行うことができる。

加えて、VPP・DR では、系統電力の供給・需要量や各需要家の発電・節電余力を分析し、逆潮流や電力需要増減の適切なタイミングと量を正確に割り出すことが重要であるが、それを可能にするのが AI である。既述のとおり、AI で高精度に系統の電力需給を把握・予測できるほか、各需要家についてスマートメーターや IoT 機器を通じて収集した発電・稼働状況に関するデータから発電量や削減可能量の正確な予測を立てることができる。さらに AI は、発電量・削減可能量予測と市場での調整力等に対する需要に基づき、どの機器・設備でいつどの程度の発電・電力使用抑制を行うことが最も効率的であるのかを算出するのにも用いられる。

● プレイヤーと導入事例⁴⁰⁹

VPP・DR のプラットフォーム（ソフトウェア）の開発、および VPP・DR の運用を手掛けるプレイヤーは、欧州や米国を中心に多数存在する。日本では、東芝エネルギーシステムズや NEC、エナリス等が参入している。オランダ・英国の大手石油会社である Royal Dutch Shell 社が、Next Kraftwerke 社や Sonnen 社といった VPP・DR プレイヤーを相次いで買収している点も注目に値する。

数ある VPP 事業者の中でも抜きん出て有名なのが、2009 年にドイツで設立され、いまや世界最大規模の VPP を運用する Next Kraftwerke 社である。同社は 2021 年 6 月現在、欧州で 11,000 基以上・約 9GW のエネルギーリソースを利用して VPP 事業を展開している。PV や風力発電、バイオガス発電等の再エネ電源、蓄電池、その他商用・産業用需要家の設備と多岐にわたるリソースが、Next Box と呼ばれる双方向通信機能付き⁴¹⁰のコントローラーを通じて中央制御システムとオンライン接続されている。これにより群制御したリソースは卸電力市場や需給調整市場を介して取引され、取引収入は契約に基づき顧客（リソース所有者）に対して配分される。さらに、同社は NEMOCS という VPP のソリューションパッケージを他の VPP 事業者に対して販売している（図 8-2 参照）。

豪州では、世界最大の VPP プロジェクトが進められている。EV・クリーンエネルギー製品を手掛ける米国の Tesla 社は南オーストラリア州で、計 5 万軒の住宅・総設備容量 250MW で構成される VPP プロジェクトを手掛けている⁴¹¹。各住宅には 5kW の屋根設置型 PV と 5kW/13.5kWh の家庭用電池が無償で提供されるほか⁴¹²、PV や蓄電池の制御および電力潮流の計測のためにスマートメーターも設置される⁴¹³。第 1 弾として 2018 年 7 月に 100 軒、同年末からの第 2 弾で 1,000 軒に導入され、2020 年 9 月から第 3 弾として 3,000 軒への導入が始まった⁴¹⁴。Tesla 社の中央制御室で第 1 弾から第 3 弾で導入された計 20MW/54MWh の蓄

⁴⁰⁹ プレイヤー例は添付資料 I を参照されたい。

⁴¹⁰ GPRS（General Packet Radio Service）。第 2 世代の通信方式 GSM のネットワークを利用し、第 3 世代 3G に繋がる技術として第 2.5 世代（2.5G）と呼ばれる。

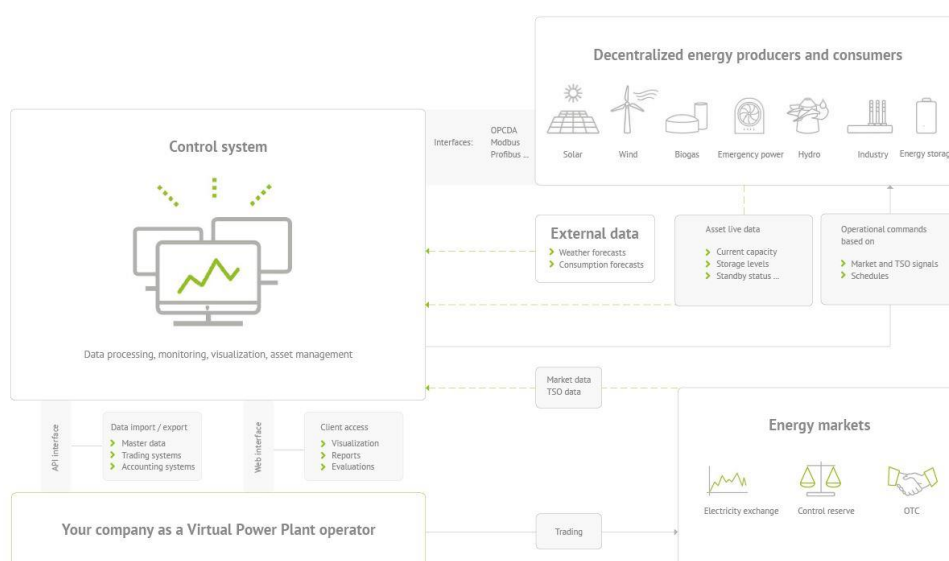
⁴¹¹ Tesla 社ウェブサイト https://www.tesla.com/en_au/sa-virtual-power-plant

⁴¹² ARENA ウェブサイト <https://arena.gov.au/news/australias-largest-virtual-power-plant-ramps-up-in-south-australia/>

⁴¹³ IRENA (2019) “Innovation Landscape Brief: Aggregators”

⁴¹⁴ Electrek “Tesla launches phase 3 of its virtual power plant, soon 4,000 homes with Powerwalls will be connected” (7 Sep 2020)

電池の充放電を制御し、その電力をオーストラリア電力市場で取引することで系統安定化のための各種サービスを提供する。PV と蓄電池等の設置費用はこの収益で賄われる⁴¹⁵。系統安定化に加え、同プロジェクトは需要家が負担する電気料金の削減にも寄与することが期待される。同プロジェクトに参加する住宅の電気料金は南オーストラリア州の標準的な電気料金よりも 22%低くなっている⁴¹⁶。さらに、VPP によって発電事業者の設備投資・維持管理費が削減される等により、VPP に 50MW が追加で組み込まれるたびに同州の卸価格が 3 米ドル/MWh 低下するとの推計もあり⁴¹⁷、同プロジェクトの恩恵は州全体に及ぶ。なお、総額 6,060 万豪ドルに上るプロジェクトだが、うち 1,000 万ドルを同州政府の Grid Scale Storage Fund が拠出するほか、連邦政府のクリーンエネルギー金融公社が 3,000 万ドルを融資、Tesla 社が 1,800 万ドルを出資している⁴¹⁸。



出所：Next Kraftwerke 社ウェブサイト⁴¹⁹

図 8-2 NEMOCS における通信・データの流れ

(3) DLR システム

● ソリューションと活用技術の概要

系統制約の要因の 1 つである送電容量不足を、系統設備の増強を避けながら解消するソリューションとして、ダイナミックラインレーティング (DLR) が注目されている。従来、送変電設備の運用容量は、一定の気象条件の下で固定の温度限界値を超えないように決定されてきたが、温度限界値は各設備・部品の気温が最も高くなる条件が考慮されているため、実際の運用では温度はこれを下回り、送電容量に余裕が生じている。DLR は、センサーによって送変電設備の周囲温度や風速・風向を含む環境データをリアルタイムに測定して、実

⁴¹⁵ ARENA ウェブサイト <https://arena.gov.au/news/australias-largest-virtual-power-plant-ramps-up-in-south-australia/>

⁴¹⁶ Tesla 社ウェブサイト https://www.tesla.com/en_au/support/energy/savpp-faqs

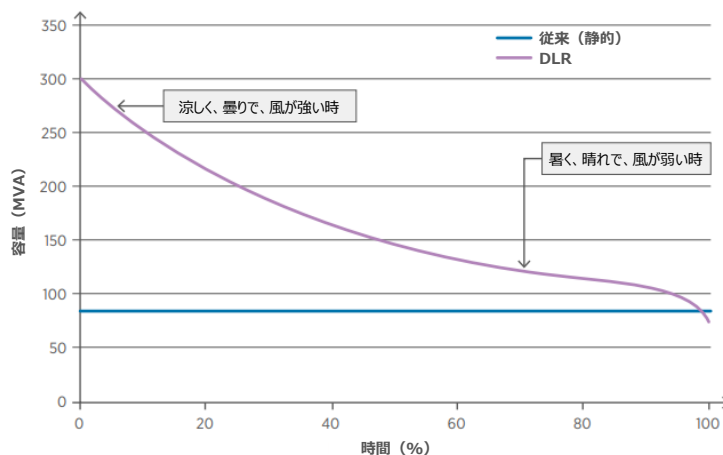
⁴¹⁷ IRENA (2019) “Innovation Landscape Brief: Aggregators”

⁴¹⁸ ARENA ウェブサイト <https://arena.gov.au/news/australias-largest-virtual-power-plant-ramps-up-in-south-australia/>

⁴¹⁹ <https://www.next-kraftwerke.com/microsite-vpp>

態に合わせて送電容量を動的に変化させて運用するものである（図 8-3 参照）。従来の方法と比べ、一般に送電容量を 5~20%程度増加することができ、これは系統制約の解消に十分な量だとされる⁴²⁰。

DLR 自体は新しい仕組みではない。1990 年代には既に実用化されていたが、当時の送電容量に対して送変電設備は余裕をもって設計されていたためこれまで導入が広まらなかった⁴²¹。しかし、変動性再エネの導入が拡大し、系統への電力供給パターンが従来と大きく変わる中、DLR の必要性が高まっている。



出所：IRENA (2020) “Innovation Landscape Brief: Dynamic Line Rating”の図を JICA 調査団加工

図 8-3 DLR と従来の方法の比較イメージ

● プレイヤーと導入事例⁴²²

再エネの導入が進む欧米諸国の電力会社では、系統制約の回避や設備利用効率化によるコスト低減を目的に DLR の導入・実証が進められている。日本では、東京電力パワーグリッド等が DLR システムの開発を手掛ける。

世界で DLR に早くから取り組んできたのが、ベルギーの送電会社 Elia である。同社は Ampacimon 社と共同で、2008 年から DLR システムの開発を行ってきた。ベルギーは脱原子力を進める一方で不足電力を近隣諸国から輸入している。しかし、近隣諸国との連系線の容量は冬季のピーク需要に対して十分でないという課題が生じていた。同社は、過去データおよび気象の現在・予測データに基づいて翌日・当日の送電容量を最小 5 分単位で算出する DLR を架空送電に導入し、送電容量を従来の定格容量の 200%にすることに成功した。現在、同社では 30 近くの送電線で DLR を導入している^{423 424}。

南米・ウルグアイでも DLR が導入されている。同国では、水力を含む再エネが発電量の

⁴²⁰ IRENA (2020) “Innovation Landscape Brief: Dynamic Line Rating”

⁴²¹ 同上

⁴²² プレイヤー例は添付資料 I を参照されたい。

⁴²³ 変圧器や遮断器など送電線以外の設備の運用容量は低く、運用上は定格容量の 130%までに制限される。

⁴²⁴ Elia 社ウェブサイト <https://www.elia.be/en/infrastructure-and-projects/our-infrastructure/dynamic-line-rating>; IRENA (2020) “Innovation Landscape Brief: Dynamic Line Rating”

97%を占め、PV・風力も36%に達する⁴²⁵。再エネは全国各地に分散する一方、需要は首都に集中するため、送電システムの制約が大きな課題であった。1時間単位での電力需給予測に加え、DLRによる1時間単位での送電容量の調整で、風力発電の出力抑制を削減している⁴²⁶。

(4) 運用・保守効率化システム

● ソリューションと活用技術の概要

発電・系統設備の運用や保守の効率化においてもIoTやAIの活用が広がっている。各発電・系統設備にセンサーが取り付けられ、発電設備では温度や圧力、回転数等、系統設備では電圧等のデータがリアルタイムで測定され、集中監視されている。例えば、脱・低炭素化の潮流の中で火力発電においては、多数の発電所から収集したデータに基づいて燃焼効率の高い運転パターンをAIで導き出すことで、常に最適で環境負荷の少ない運転を行うことができる⁴²⁷。また、再エネの発電効率向上にも寄与し得る。PVでは、ソーラーパネルに取り付けたセンサーから集まる日射量等のデータをAIで分析し、パネルの方向・傾斜を調整することができる。風力でも同様に、風車に取り付けたセンサーで取得する風況データに基づき、常に変化する風況に合わせてリアルタイムかつ自動でピッチ角や回転数を調整し、発電効率を高めることが可能になる。

収集・蓄積したデータをAIで解析することで、発電・系統設備の異常や故障を自動検知できるようにもなる。さらに、AIやIoTは故障後に対応する事後保全や定期的に点検・交換を行う予防保全が中心だった保守の在り方を大きく変える。AIを用いて各発電・系統設備から収集したデータを正常時と比較することで、異常の兆候を事前に捉えることができるようになる。これにより、従来は一定期間ごとまたは故障後に行っていた部品交換・補修を、故障の予兆が検知されたものについて、故障の目安時期、故障による影響度、在庫状況等に基づいて最適な時期に行えるようになり、保守費用の抑制に繋がる。

系統設備では特に、従来の銅ケーブルに代わって光ファイバーケーブルを変電所内の通信・制御に用いるデジタル変電所が注目されている。これにより、設置面積の節約やCO₂排出量の削減といった効果のほか、複数の変電所を対象に主要機器の状況や保守履歴等をリアルタイムで把握でき、監視・点検作業の自動化や予知保全が可能となる⁴²⁸。

● プレイヤーと導入事例⁴²⁹

予知保全をはじめとするAIを用いた運用・保守効率化システムは、世界各国で大手・スタートアップを含む多数のプレイヤーが開発に取り組んでいる。日本では、大手電力各社が、電機メーカーやITベンダーと組んで開発・導入を進めている。

東北電力では、2017年から東芝エネルギーシステムズと共同で、火力発電所の運用効率向上を目的とするAIやIoTを活用した取り組みを進めてきた。具体的には、2つのシステ

⁴²⁵ Energy Transition “Uruguay, Latin America’s Renewable Champion” (27 Jan 2020)
<https://energytransition.org/2020/01/uruguay-latin-americas-renewable-champion/>

⁴²⁶ IRENA (2020) “Innovation Landscape Brief: Dynamic Line Rating”

⁴²⁷ 日本経済新聞「三菱重工、火力発電をAIで効率化」（2020年8月24日）

⁴²⁸ 日立 ABB パワーグリッド プレスリリース(2021年2月24日)

⁴²⁹ プレイヤー例は添付資料Iを参照されたい。

ムの開発し成功した。1つ目は、ボイラーやタービンにおける温度・圧力・流量等のデータについて過去の通常運転時のものと実際を比較し、差が大きい場合は警報を発出するもので、異常兆候を早期検知することが可能になる。2つ目は運転条件を最適化して熱効率を向上するシステムで、過去の熱効率が良好な時の運転データと現在の運転データを比較して熱効率の低下要因を特定したうえで、燃料、空気、水の投入量など運転条件を変更したり、劣化部位の補修を行ったりすることで熱効率を向上する。2020年度中に東北電力が保有する全ての火力発電所に導入しており、さらに前者については2021年頃に外販を目指している⁴³⁰。

東京電力パワーグリッドはNTTデータと共同で、変電設備を対象とする深層学習を用いた画像・映像解析システムおよび異音検知システムを開発し、東京電力管轄内の約1,300ヶ所の配電用変電所に導入する計画である。画像・映像解析では、AIによって油入変圧器の漏油や外柵など建物の異常を検知し、アナログメーターの自動読み取りも行う。異音検知では、AIが機器稼働音を学習し、ベアリング等の損傷や劣化を検知する。これらシステムの導入により、巡視時間を50%以上削減できると見込んでいる⁴³¹。

予知保全に関しては、欧州最大の電力会社であるEnelグループが、積極的に予知保全システムを導入している。再エネ事業を手掛けるEnel Green Power社では、水力発電所向けの予知保全システムを世界で初めて大規模展開している。対象となる水力発電所は計260ヶ所・18GWに上る。2019年に始まったPresAGHOと呼ばれる本プロジェクトは、2段階構成となっている。設備容量ベースで全体の8割弱を占める大規模発電所では、既存のSCADAから取得する設備データを用いて予知保全を行う。一方、残りの小規模発電所では、20万個の低価格の無線センサーを設置してデータを収集する⁴³²。これにより、重大な故障を平均54日前に把握できるようになり、稼働停止時間および維持費用の低減に貢献している⁴³³。また、同社は北米で地熱発電所にも予知保全システムを導入している⁴³⁴。さらに、Enel社はイタリア・スペインで、給電制御所5ヶ所にC3.ai社の予知保全システムを導入しており、AIによってリアルタイムの系統センサー、スマートメーター、設備保全、気象等のデータを分析し、給電線の故障を予測している。予測精度は機械学習によって継続的に向上している⁴³⁵。

南米でもウルグアイで、研究・イノベーション庁、工業・エネルギー・鉱業省、電力公社UTE、国内大学が共同で、風力発電におけるAIを用いた予知保全の研究を行っている⁴³⁶。

また、デジタル変電所に関しては、日立ABBパワーグリッドが世界初となる500kVのデジタル変電所を、2018年にブラジルのEnel Green Power社に納入している。これは当時同国最大のPV発電所であったサン・ゴンサロ(São Gonçalo)発電所から電力を送るためのものである⁴³⁷。直近では、ノルウェーの送配電事業者Tensio TNと協働で145kVのデジタル変

⁴³⁰ 同社プレスリリース (2020年5月28日) https://www.tohoku-epco.co.jp/news/normal/1214991_2558.html

⁴³¹ スマートジャパン「変電設備の異常をAIで検知、巡視時間を50%以上削減」(2019年1月7日)

⁴³² Enel Green Power “PresAGHO is a New Predictive Maintenance Model for Hydroelectric Power Plants” (6 May 2019)

⁴³³ Greentech Media “How Enel Green Power Went from Reactive to Proactive Maintenance”

⁴³⁴ Think Geoenergy “Enel Green Power to Deploy New Predictive Maintenance Technology at Geothermal Plants” (30 May 2019)

⁴³⁵ C3.ai社ウェブサイト <https://c3.ai/customers/enel/>

⁴³⁶ IRENA (2019) “Innovation Landscape Brief: Artificial Intelligence and Big Data”

⁴³⁷ Hitachi Energy ウェブサイト <https://www.hitachienergy.com/jp/ja/news/web-stories/2020/02/abb-installs-worlds-first-500-kv-digital-substation-in-south-am>

電所を建設している⁴³⁸。

(5) 現場作業の無人化・省力化ソリューション

● ソリューションと活用技術の概要

デジタル技術の導入により、従来は作業員が担っていた現場作業を効率化する動きも見られる。例えば、ロボットやドローンを活用することで、巡視点検、高所や水中等の点検を無人化・省力化することが可能になる。修繕や現地機器の操作等で人手に頼らざるを得ない作業についても、ARを活用することで、現場作業員の数を減らしたり、従来は熟練作業員が行っていたことを非熟練作業員が行ったりすることができる。作業員が見ている設備・機器の上に作業手順等をARで表示することで、現場作業を支援することができる。また、タブレットやスマートグラスを通じて映像を共有することで、熟練作業員が遠隔で支援することも可能である。

● プレイヤーと導入事例⁴³⁹

発電所や送配電設備の点検向けのロボットやドローン、AR・VRを用いた省力化ソリューションは、世界各国の企業が手掛けている。電力業界における作業員の高齢化による人手不足・技術移転に関する課題等を背景に、日本でも開発・導入が進む。

米国の電力会社 New York Power Authority は、水力発電所で日立 ABB 社の水中変圧器検査ロボット「TXplore」を用いた変圧器点検の実証実験を行った。従来、油入変圧器の内部検査では、絶縁油を抜き取って作業員が目視で確認する必要があった。このロボットを用いることで、遠隔操作するロボットが映すライブ映像を確認すれば良い。絶縁油を抜き取ることなく検査ができ、点検作業に要する時間が大きく短縮されるほか、作業員の数を最小限に留めることができたり、人間が危険な作業を回避できたりするというメリットもある⁴⁴⁰。

また、東京電力ホールディングス、ブルーイノベーション、テプコシステムズの3社は、送電線点検用ドローン自動飛行システムを開発し、2021年6月から東京電力パワーグリッドにおいて送電線点検業務で導入されている。一般的なドローンに対象物検知センサーやカメラ等が取り付けられた同システムを搭載することで、送電線を検知しながら自動飛行し、最適な画角で腐食や劣化といった送電線の異常を撮影することができる。作業員はドローンからリアルタイムで送信される映像を地上で確認すればよく、点検作業の効率化が期待される。同システムの基盤になっているのは、ブルーイノベーション社が開発した複数のドローンを同時制御するためのソフトウェアで、複数のセンサーを組み合わせでドローンが最適な位置を自ら推定して自律移動するほか、送電線のような対象物を検知したり、地図や移動ログ、映像など収集したデータをAI解析したりすることができる⁴⁴¹。

⁴³⁸ 同社プレスリリース (2020年10月13日) <https://www.hitachi.co.jp/New/cnews/month/2020/10/1013.pdf>

⁴³⁹ プレイヤー例は添付資料Iを参照されたい。

⁴⁴⁰ 同社プレスリリース (2020年1月24日) <https://www.nypa.gov/news/press-releases/2020/20200124-mini>

⁴⁴¹ 東京電力ホールディングス プレスリリース (2021年5月11日)
https://www.tepco.co.jp/pg/company/press-information/press/2021/1605325_8616.html

(6) マイクログリッドプラットフォーム

● ソリューションと活用技術の概要

未だ無電化地域の多いアジアやアフリカの諸国では、再エネを用いた地域／コミュニティ単位のマイクログリッド構築による電化が進められている。人口が点在する地域に電力を供給するために新たに大規模な発電所を建設し、送電線や変電所を整備することはコスト効率が非常に悪い。したがって、マイクログリッドは僻地や離島における現実的な電力供給手段であり、そうした地域を供給地域に抱える電力会社にとっては投資・運用効率の向上に繋がる。従来、僻地や離島では高コストなディーゼル発電が用いられてきたが、再エネで構成されるオングリッド型⁴⁴²のマイクログリッドの発電コストは 250~300 米ドル/MWh とされ、ディーゼル発電で構成されるものよりも低い⁴⁴³。また、再エネを用いたオングリッド型のマイクログリッドは、系統に対するフレキシビリティの供給源にもなる。

マイクログリッドを支えるのは、AI や IoT といったデジタル技術である。AI を活用した高精度な再エネの発電量および需要量の予測は、コミュニティ内で需給を正確に一致させるうえで重要である。需給バランスを維持するために、AI を用いた再エネや蓄電池、需要家の機器・設備の自動制御も考えられる。また、これらを行うのに必要な各需要家の電力消費量等に関するデータを収集するため、スマメや IoT 機器の設置も不可欠である。加えて、マイクログリッドでは、電気料金の決済手段としてスマートフォンや携帯電話を用いたモバイル決済によるプリペイド料金モデルを実装し、スマートメーター等を介して需要家への電力供給のオン・オフを遠隔で切り替える仕組みを導入している事例もある⁴⁴⁴。

● プレイヤーと導入事例⁴⁴⁵

マイクログリッドプラットフォームは、Schneider Electric 社や Tesla 社のような大手のほか、国内外でスタートアップも開発を行っている。

カナダの AI 企業である BluWave-ai 社は、AI を組み込んだマイクログリッドプラットフォームに基づくマイクログリッドの最適運用の実証実験を、同国オンタリオ州の配電会社 Hydro Ottawa や同国 Summerside 市と共同で実施している。Hydro Ottawa 社との実証実験は、大規模キャンパスで行われた。一方、カナダ東部の Prince Edward 島に位置する同市は、PV・風力発電・ディーゼル発電・蓄電池で構成され、本土の系統に接続されたマイクログリッドを有する。実証実験は、PV と風力発電、蓄電池の利用を最適化し、ディーゼル燃料の使用と系統からの電力供給を相殺することを目的とする⁴⁴⁶。

オランダのロッテルダム港では、AI を用いたオングリッド型の再エネマイクログリッドの実証実験が 2 ヶ月間にわたって行われた。ロッテルダム港の BlockLab と英国のエネルギー関連情報会社 S&P Global Platts が共同で実施した同実験では、需給パターンを学習する AI が組み込まれた電力取引プラットフォームを基に、港内の消費者と再エネ所有者を含む

⁴⁴² 系統接続されたものをオングリッド型、系統から完全に隔絶されたものをオフグリッド型という。

⁴⁴³ IRENA (2019) “Innovation Landscape Brief: Renewable Mini-Grids”

⁴⁴⁴ 同上

⁴⁴⁵ プレイヤー例は添付資料 I を参照されたい。

⁴⁴⁶ BluWave-ai 社プレスリリース (2018 年 9 月 13 日) <https://www.bluwave-ai.com/press-releases---canadian-utilities-hydro-ottawa-and-the-city-of-summerside>

32 の参加者が 48 時間後の電力を取引した結果、消費者の電力調達コストを 11%削減、再エネ保有者の売電収入を 14%増加することができた。さらに、港内の PV の自家消費率を 92%にまで引き上げることができたほか、蓄電池の投資利益率も 20%改善した⁴⁴⁷。

8.2.3. サプライサイドでの DX 促進に向けて

以上のように、サプライサイドの脱炭素化に大きく寄与し得る多数のデジタルソリューションが世界各地で実用化されているが、それらの導入促進には課題も存在する。

まず、DX の中核と言っても過言ではない AI の精度向上には、莫大なデータ量はさることながら、高品質（高精度・高精細）かつ多種類のデータを有し、さらに蓄積できる仕組みが必要である⁴⁴⁸。例えば、電力需給予測システムや VPP・DR、マイクログリッドに関して、再エネの発電量予測には気象予測の精度が鍵となる。大規模集中型電源と比べて小規模で分散する再エネの発電量を正確に把握するためには、従来よりも細かなメッシュ（対象範囲）で気象データを収集しなければならないため、対象地域の範囲と単位時間が詳細化された気象データを継続的に収集・蓄積できる仕組みが欠かせない。一方、需要予測のインプットとなるデマンドサイドからのデータ収集には、スマートメーターの普及が前提となる。

データを共有するための仕組みも必要である。気象や発電量、電力消費パターン等のデータは、送電事業者、配電事業者、VPP 事業者等に広く公開されることが望ましい。送電系統だけでなく配電系統でのフレキシビリティ確保の必要性が高まる中、両者間でのデータ共有の仕組みづくりは特に重要な課題である。

また、運用・保守効率化ソリューションに関しては、IT⁴⁴⁹と OT⁴⁵⁰の融合が重要である。OT システムはセキュリティ上ネットワークから切り離すことが主流だったが、IT システムと設備状態や運転に関するデータを大量に有する OT システムとのデータ連携が、予知保全等の新たなデジタルソリューションを実現する。

IT と OT の融合やスマメの導入等でネットワークに接続される設備・機器が拡大する中、サイバー攻撃の脅威が顕在化しており、電力システム全体でサイバーセキュリティの重要性が高まっている。ウクライナで 2015 年と 2016 年に 2 年連続でサイバー攻撃による停電が発生し⁴⁵¹、2021 年には北米最大の石油パイプライン運営会社 Colonial Pipeline がサイバー攻撃を受けて操業停止になったことは記憶に新しい⁴⁵²。こうした脅威への対策の土台として、国・産業レベルでの法令やガイドラインの整備が求められる。例えば、北米電力信頼度協会（NERC）は重要インフラ保護⁴⁵³基準を策定し、大規模な発・送・配電設備を有する北

⁴⁴⁷ S&P Global Platts 社プレスリリース(2020 年 10 月 5 日) <https://www.spglobal.com/platts/en/market-insights/latest-news/electric-power/100520-rotterdam-microgrid-trial-drives-user-costs-down-11-producer-returns-rises-14>、Renewable Energy World “Blockchain-powered microgrid pilots renewables trading in Port of Rotterdam” (7 Oct 2020)

⁴⁴⁸ 総務省 (2018) 「平成 30 年版情報通信白書」

⁴⁴⁹ Information Technology の略で、EAM（設備管理）や GIS（地図情報管理）等の情報技術を指す。

⁴⁵⁰ Operational Technology の略で、SCADA 等の運用・制御技術を指す。

⁴⁵¹ 日経クロステック「電力インフラを襲うサイバー攻撃、ウクライナ停電事件は対岸の火事ではない」(2017 年 8 月 9 日)

⁴⁵² Bloomberg 「コロニアル、パイプライン稼働再開に着手ーサイバー攻撃で停止後」(2021 年 5 月 13 日)

⁴⁵³ Critical Infrastructure Protection

米の電力会社は準拠が義務付けられている⁴⁵⁴。欧州では、NIS 指令⁴⁵⁵において、EU 加盟国が電力を含む重要インフラ事業者へのサイバーセキュリティ対策義務を法制化する際の基本方針が示されている⁴⁵⁶。

さらに、デジタルソリューションの導入やサイバーセキュリティの強化等に伴い、電力会社には新たな投資が必要になるため、DX 促進に向けては市場・制度の整備を通じて投資インセンティブを提供することも重要となる。例えば、VPP・DR の普及には、自由化された卸電力市場、特にスポット市場が不可欠である。VPP 事業者は、ピーク時とオフピーク時の電力卸価格差で収益を上げるため、その差が大きいほど VPP 事業者にインセンティブが働く⁴⁵⁷。また、需給調整市場や容量市場⁴⁵⁸が創設され、VPP の市場参加が認められれば、卸電力市場で取引される電力量 (kWh 価値) 以外にも、調整力 (∠kW 価値) や容量 (kW 価値) の取引が市場で行えるようになり、VPP 事業の収益性向上に繋がる。

料金設計に関しても、従来多くの国でとられてきた総括原価方式や費用積み上げ方式の見直しが求められる。事業で生じた投資・費用を一定の利益を乗せて需要家に転嫁できるこうした料金設計は、電力会社が維持管理費・設備投資を抑えようとする意思を削ぐ。したがって、デジタルソリューションによる業務効率化や投資最適化を促すためには、規制機関によって目標値・基準を定めて達成できた場合は一定のインセンティブを与え、逆に基準に満たなかった場合はペナルティを与えるといった仕組みも検討すべきである。例えば、英国の託送料金制度では、RIIO⁴⁵⁹という方式がとられている。Output として信頼度、環境、需要家サービス、接続、安全性、社会的義務 (低所得者への配慮) の 6 項目が設定されている。送配電料金を Output の対価として捉え直し、送配電事業者がその実現に必要な投資を回収できるようにしている。⁴⁶⁰ また、同国では、デジタル技術を活用したものを含め、低炭素経済の実現に向けた送配電事業者によるイノベーションプロジェクトを対象に、年 70 百万ポンドの資金を提供する Electricity Network Innovation Competition⁴⁶¹を実施している⁴⁶²。

8.2.4. エクアドルにおけるサプライサイドの DX にかかる現状・課題

欧米や日本の電力事業者の中には、デジタル・イノベーションにかかる戦略を策定したり、プログラムを実施したりしているところも多いが、エクアドルの電力事業者においてはそのような取り組みは進んでいない模様である。ただし、CELEC については、DX に対して積極的な姿勢を表明している。同社では、送電部門における 10 ヶ年の DX マスタープランの草案を作成中である⁴⁶³。また、同社の 2017~21 年の戦略的計画 (2019 年更新) では、7 つの

⁴⁵⁴ 三菱総合研究所 (2020) 「経済産業省 令和元年度エネルギー需給構造高度化対策に関する調査 報告書」

⁴⁵⁵ Directive on the Security of Network and Information Systems

⁴⁵⁶ 三菱総合研究所 (2020) 「経済産業省 令和元年度エネルギー需給構造高度化対策に関する調査 報告書」

⁴⁵⁷ IRENA (2019) “Innovation Landscape Brief: Aggregators”

⁴⁵⁸ 卸電力市場では電力量 (kWh) を取引するのに対し、容量市場では将来の供給力 (kW) を取引する。すなわち、ピーク時に要請があれば稼働できる発電設備に対して、あらかじめ対価を支払う仕組みのこと。

⁴⁵⁹ Revenue = Incentives + Innovation + Outputs

⁴⁶⁰ 電気新聞 「英国の新しい料金規制 RIIO は送配電部門の投資を促したか？」 (2018 年 6 月 13 日)

⁴⁶¹ 2023 年 4 月以降は Strategic Innovation Fund となる。

⁴⁶² Ofgem ウェブサイト <https://www.ofgem.gov.uk/energy-policy-and-regulation/policy-and-regulatory-programmes/network-price-controls-2013-2023-riio-1/riio-1-network-innovation-funding/electricity-network-innovation-competition-riio-1>

⁴⁶³ bnamericas “Ecuador aborda desafíos de resiliencia en sector eléctrico” (6 Sep 2021)

戦略的目標に「DX 実現に向け、技術・インフラ能力を向上する」ことが含まれている。具体的には、表 8-2 に示すような戦略・取り組みが記載されている。

表 8-2 CELEC の戦略的目標（DX にかかると部分）

目標 6 : DX 実現に向け、技術・インフラ能力を向上する	
戦略	イニシアチブ（取り組み）
6.1. IT/OT にかかると戦略計画を策定する	<ul style="list-style-type: none"> ・業務・戦術・戦略の領域で、ビジネスの技術的なレバレッジを高める ・当該領域、およびビジョン・方針のプロセスにおいて新たな ICT ストラクチャを定義する ・情報アーキテクチャ・インフラストラクチャ・アプリケーション、および業務・戦術・戦略面での専門的なサポートを定義する ・業務・戦術・戦略面でのサポートに重点を置いた短期（1 年）の投資ロードマップを策定する ・ICT にかかると活動範囲を定め、IT/OT イノベーションのための技術的アドバイザーの仕組みを作る ・技術標準化のための方針を確立する
6.2. IT プラットフォームを近代化し、統合的ビジョンの下、一般管理・技術プロセスをサポートする	<ul style="list-style-type: none"> ・既存の技術プラットフォームを強化する ・新たな技術を探索する
6.3. サイバーセキュリティ機能を構築する	<ul style="list-style-type: none"> ・NERC CIP に準拠した技術基準を作成する ・ベースライン評価を行い、サイバーセキュリティ計画を定義する ・職員を研修する
6.4. スマートグリッドの導入にかかると研究を行う	<ul style="list-style-type: none"> ・電力部門のスマートグリッド担当機関のガイドラインに基づいた研究活動に参加する
6.5. スマートグリッドの導入促進に向けて技術者と協働する	<ul style="list-style-type: none"> ・専門家・機関と協働する ・正当化されたビジネスケースに基づいて取り組みを展開する

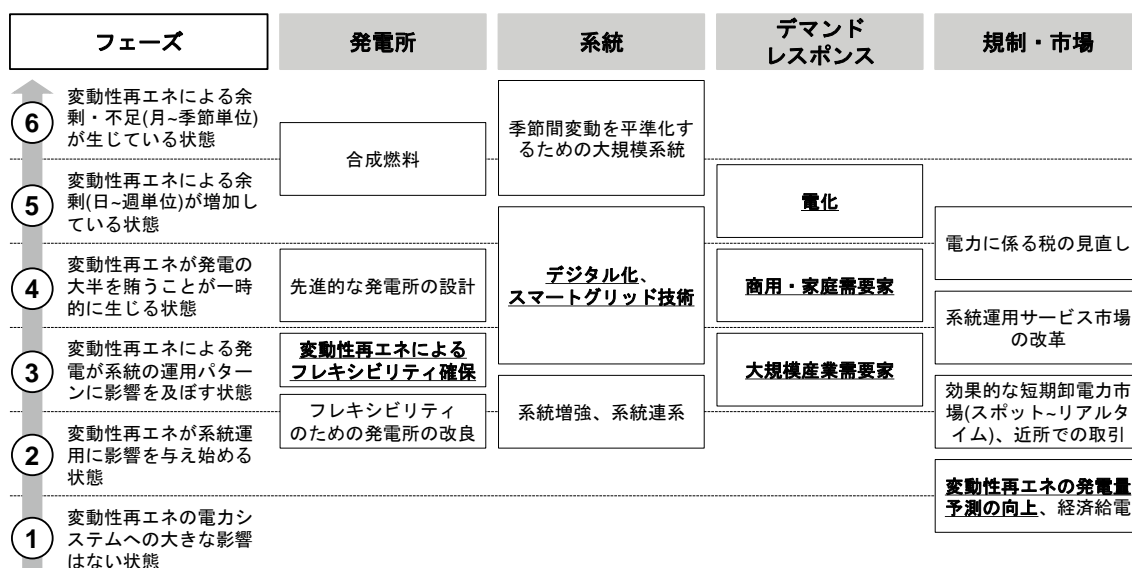
出所：CELEC “Plan Estratégico 2017-2021”

エクアドルのサプライサイドにおいて DX 推進の余地があると考えられるのは、運用・保守効率化や現場作業の無人化・省力化といった電力事業者の収益性改善に貢献し得る領域である。発電部門では、今後導入が進むであろう PV や風力発電、蓄電池システム等を AI で最適制御するソリューションの活用が考えられる。政府は火力発電も稼働率は減らしつつ非常時のバックアップ電源として維持する方針であり、その高効率化は課題の 1 つであるが、これに対して日本の電力会社に取り組んでいるような AI を用いた最適運用が貢献し得る。送電部門では、送電線や変電所の拡充が多数地点で計画されている。特に変電所は一部の新しい箇所を除いて有人運用されており、設備が増大していく中でデジタル変電所等の導入による自動化・省力化で運用効率を向上する余地が考えられる。また、発送配電の設備の巡視点検においても、現状は自動化・省力化が進んでおらず、AI およびロボット・ドローンの導入も期待できる。ただし、いずれも政府や各電力事業者からの具体的なニーズは確認されていない。まずは今後、費用・投資対効果を検証していく必要がある。

一方、エクアドルでは、フレキシビリティの確保や系統制約の解消については喫緊の課題とはなっておらず、MERNNR や電力会社への聞き取りでも将来的にも大きな懸念事項となっていないことを確認した。したがって、これらに関連するデジタルソリューション（AI による電力需給予測、VPP・DR、DLR）の導入の必要性は高くないと言える。IEA は、変動性再エネの普及状況を 6 つのフェーズに分類し、電力システムへの影響を分析している（図 8-4 参照）。変動性再エネが 10%を超える辺りから、フレキシビリティや系統制約が問題と

なり始める。水力発電が中心のエクアドルでは、PV と風力発電はごく僅かで、この水準には遠く及ばない。ただし、変動性再エネ比率が比較的高いガラパゴス諸島では、電力システムの安定化が今後の課題であり、EE Galápagos への聞き取りでもそうした考えが聞かれた。AI による電力需給予測や AI・IoT (EMS 含む) を活用した系統の最適制御といった対策が考え得る。

エクアドルのサプライサイドで DX を推進するにあたって大きな障壁となり得るのがデータの未整備とサイバーセキュリティの脆弱性である。前者については、例として配電を見ると、SIGDE プロジェクトの下、変電所の自動化はほぼ 100%達成しているが、スマートメーター (AMI) の目標導入率は 2027 年時点でわずか 15%に留まる (5.4.2.参照)。再エネや蓄電池、EV が普及するのに伴いデマンドサイドのデータの重要性も高まることから、スマートメーターのより早期普及が望まれる。また、後者については、電力会社を含む同国政府・企業のネットワークへの侵入が非常に容易であることが指摘されており⁴⁶⁴、対策が求められる。実際、2021 年 7 月には CNT が⁴⁶⁵、10 月にはピチンチャ銀行がサイバー攻撃の被害を受け⁴⁶⁶、国を代表する企業のサーバーセキュリティの脆弱性が露見した。なお、CELEC では、NERC CIP に準拠したサイバーセキュリティ基準の策定、および系統を常時監視・管理するサイバーセキュリティソリューションの導入を進めている⁴⁶⁷。



出所：IEA (2018) “World Energy Outlook 2018”を基に JICA 調査団作成

図 8-4 変動性再エネの普及フェーズとフレキシビリティの供給源⁴⁶⁸

⁴⁶⁴ CuencaHighLife “Ecuador’s cyber security is among the world’s worst so why doesn’t anyone want to fix it?” (28 Dec 2019)

⁴⁶⁵ mondaq “Ecuador: CNT Suffered A “highly Sophisticated” Cyberattack” (16 Aug 2021)

⁴⁶⁶ Security Affairs “Ecuador’s Banco Pichincha has yet to recover after recent cyberattack” (17 Oct 2021)

⁴⁶⁷ 同社ツイッターアカウントへの投稿 (2021 年 9 月 3 日)

⁴⁶⁸ 年間発電量に占める変動性再エネの比率が概ね、フェーズ 1 は数%、フェーズ 2 は 10%弱、フェーズ 3 は 10~30%、フェーズ 4 は 30%以上とされる。

8.3 デマンドサイドの DX に関する動向

8.3.1. デマンドサイドにおける脱炭素化にかかる課題

脱炭素化・分散化・電化の進展は、デマンドサイドにおいても顕著である。以降では、運輸、産業、ビル（商業・家庭）の部門ごとに、こうした潮流において顕在化している課題を述べ、それらの解決に寄与し得るデジタルソリューションの活用技術やプレイヤー、導入事例を紹介する。

8.3.1.1. 運輸部門における課題

エクアドルでは、運輸部門がセクター別最終エネルギー消費量で最大であり（全体の 47.7%）、エネルギー需要の伸びも大きい（4.1.3 参照）。また、運輸部門におけるエネルギー需要はほぼ道路輸送が占めている。

運輸部門においては、交通手段、中でも自動車の電化促進が世界的に最も重要な課題である。特に水力発電が中心のエクアドルでは、運輸部門の電化を進めれば、脱炭素化への大きな貢献が期待できる。EV 普及に向けては、充電インフラの整備とともに、ガソリン・ディーゼル車よりも高い EV の購入を促すインセンティブ設計が必要である。充電インフラに関しては、航続距離が短いという EV の短所を補うため、急速充電器の普及も欠かせない。

並行して交通渋滞の解消により、ガソリン・ディーゼル車による燃料消費および CO₂ 排出を削減するための取り組みも求められる。交通渋滞は、都市圏への人口・物流拠点の集中、道路・公共交通網の整備不足、違法駐車、非合理的な運営など複合的な要因によって引き起こされ、莫大な経済損失をもたらすだけでなく、無駄な燃料消費や排ガスによる大気汚染を助長させる。渋滞緩和策としては、道路・鉄道等の交通インフラ整備や、移動効率の向上が挙げられるが、課題も存在する。

まず、交通インフラ整備に関しては、都市計画の策定からサービス開始に至るまで長い時間を要するが、如何に都市計画策定に要する時間を短縮し、一方で計画を最適化するかが重要となる。次に、移動の効率化に関しては、人流と物流に分けて考えることができる。人流では公共交通が最適化されていないため非効率な移動を強いられること、物流では最適化されていない輸送ルートや低い積載率による非効率性が例として挙げられる。

8.3.1.2. 産業部門における課題

産業部門の最終エネルギー消費量は、運輸部門に次ぐ規模で、全体の 18.2%を占める（4.1.3 参照）。産業部門において脱炭素化・低炭素化を進めるうえでは、まず生産・製造プロセスの電化、およびオペレーション効率化による生産・製造プロセスにおけるエネルギー消費の削減が重要である。また、排出せざるを得ない CO₂ についても、世界的に開発が進められている回収・有効利用・貯留⁴⁶⁹するための技術の導入も検討し得る。

8.3.1.3. ビル（商業・家庭）部門における課題

家庭部門の最終エネルギー消費量は、産業部門に次いで大きく全体の 16.4%を占め、商業・

⁴⁶⁹ CCUS（Carbon Capture, Utilization and Storage）と呼ばれる。

公共部門が全体の 6.8%を占める (4.1.3 参照)。したがって、オフィスビルや商業施設、住宅におけるより効率的なエネルギー利用は、低炭素化を進めるうえで重要な課題である。特にビルにおける省エネ効果は大きい。米国の例では、商用ビルのエネルギー消費のうち平均 30%が無駄に消費されているとの推計もある⁴⁷⁰。また、エネルギーマネジメントでは従来「省エネ」、すなわち需要家が電力消費量を抑えることに焦点が当てられてきたが、分散型再エネや蓄電池の普及に伴い、PV 等による「創エネ」や蓄電池・EV を用いた「蓄エネ」も含めて最適制御することが重要となっている。

加えて、PV 等を設置して自らが発電者となる電力消費者、いわゆる「プロシューマー」が増加しているが、商業・家庭部門で自家消費を目的とする再エネの導入を更に促進するためには、プロシューマーとなるインセンティブを高める取り組みが求められる。地域によっては FIT やネットメータリングのような余剰電力の買取制度が存在するものの、世界的に制度終了や買取価格低下の傾向にある。また、早くから PV を導入したプロシューマーが制度の対象期間を満了し始めている。そうした中、余剰電力の有効活用が重大な課題となっている。なお、エクアドルでは、FIT 制度は終了し、ネットメータリングが家庭・産業用需要家が PV 等の再エネを導入するにあたっての唯一のインセンティブである (5.2.5 参照)。

8.3.2. デマンドサイドの DX 事例

上記で挙げた課題を解決するため、世界各地でデジタル技術を駆使したソリューションが導入され始めている。以降では、特に注目されているソリューションとして、表 8-3 に示す EV 充電・V2G プラットフォーム、モバイルビッグデータを活用した都市計画、MaaS、ダイナミックロードプライシング、ドローン物流、デジタルツイン⁴⁷¹の活用、CO₂ 流通可視化のためのデジタルプラットフォーム、エネルギーマネジメントシステム (EMS)、Peer-to-Peer (以下、「P2P」) 電力取引プラットフォームについて、活用技術やプレイヤー、導入事例、実用化・普及にあたっての課題、エクアドルにおける現状・展望を検討する。

表 8-3 デマンドサイドの課題とデジタルソリューション

部門	課題	デジタルソリューション (DX 事例)	活用される主なデジタル技術			
			AI	IoT・ センサー	ドローン・ ロボット	ブロック チェーン
運輸	EV 普及	(1)EV 充電・V2G プラットフォーム	○	○		○
	交通インフラ整備	(2)モバイルビッグデータを活用した都市交通計画	○	○		
	移動効率化	(3)MaaS	○	○		
		(4)ダイナミックロードプライシング	○	○		
	(5)ドローン物流	○		○		
産業	オペレーション効率化	(6)デジタルツイン	○	○		
	CO ₂ 活用	(7)CO ₂ 流通可視化のためのデジタルプラットフォーム	○	○		○
商業	省エネ	(8)エネルギーマネジメントシステム	○	○		

⁴⁷⁰ 米国エネルギー省ウェブサイト <https://www.energy.gov/eere/buildings/about-commercial-buildings-integration-program>

⁴⁷¹ デジタルツインとは、現実世界に存在する物理的対象 (製造現場、インフラなど) の状態や挙動について、IoT などを用いて情報を取得し、仮想世界でそれらをリアルタイムに再現し時系列分析やシミュレーションを可能にする仕組み。故障・寿命予測等に活用できる。

・家庭	(EMS)				
余剰電力活用	(9)P2P 電力取引プラットフォーム				○

出所：JICA 調査団作成

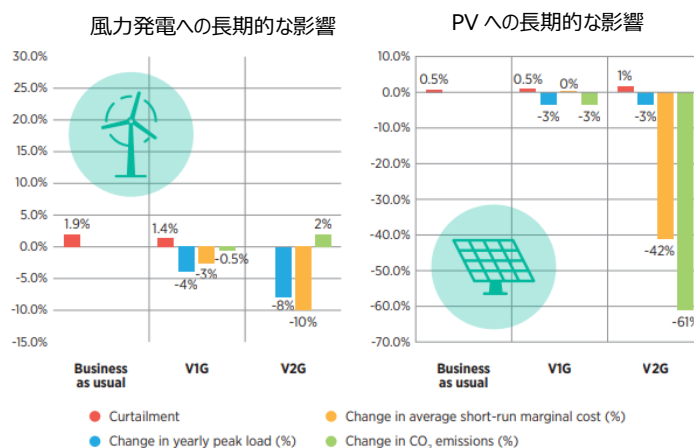
(1) EV 充電・V2G プラットフォーム

● ソリューションと活用技術の概要

EV の普及に向けては、充電設備の整備が不可欠である。一方で、配電設備の増強をできる限り回避することが望ましく、特に高出力で短時間に充電を行う急速充電器の普及に向けては、配電系統への瞬間的な負荷を平準化するための取り組みが求められる。

そうした中で注目されるのがスマートチャージである。スマートチャージは、EV と充電設備をインターネット経由で繋ぎ、系統負荷や電気料金、EV の充電状況、走行計画等を踏まえて最適なタイミングで EV を充電することを可能にする。

V1G（系統から EV への単方向の電気の流れ）では、DR 等と連動して EV の充電を制御する。V2G（系統と EV の双方向の電気の流れ）では、系統から電力供給を受けるだけでなく、系統側で電力不足が生じてる際に EV から電力を供給する。EV 所有者は系統への電力供給の対価として、金銭や割引を受け取ることができる。近年はフレキシビリティ確保等の観点から V2G が注目されている。また、EV は住宅等への電力供給源にもなり得る。これは、停電等の緊急時のみならず、電気料金が安い時間帯（オフピーク時）に EV に充電し、電気料金が安い時間帯（ピーク時）に EV から住宅等に電力供給することが可能である。EV 所有者・居住者にとって電力料金の削減になるうえ、系統側もピーク時の負荷を下げることができるというメリットがある。V1G や V2G は、このような形で系統負荷を平準化する効果があり、再エネの導入促進、延いては排出 CO₂ の削減に貢献し得る（図 8-5 参照）。



出所：IRENA (2019) “Innovation Landscape Brief : Smart Charging for Electric Vehicle”

図 8-5 V1G・V2G による長期的な風力発電・PV への影響

● プレイヤーと導入事例⁴⁷²

EV 充電・V2G プラットフォームは、世界各国で大手・スタートアップを含む多数のプレ

⁴⁷² プレイヤー例は添付資料 I を参照されたい。

イヤーが開発に取り組んでいる。V2G 技術の先進的なプレイヤーとして、2010 年に設立された米国の Nuvve 社がある。同社は、米国で V2G の基本技術に関する特許を取得し、デンマークにおける「Parker」プロジェクトでは世界初の V2G 商業運転に成功している。また、同プロジェクトでは、日産、三菱自動車等の最新型自動車が V2G 技術により系統の補助に貢献できることを実証している。なお、EV1 台あたりの年間収益は、風力発電のアベイラビリティに応じて 1,700 ユーロから 2,500 ユーロになる⁴⁷³。

日本においては、日産自動車等が 2019 年に V2G 実証プロジェクトを仙台で実施しており⁴⁷⁴、さらに 2020 年には Virta 社のプラットフォームを活用し、日産自動車と E.ON 社が英国において比較的大規模な V2G のテストを開始している⁴⁷⁵。

● ソリューションの導入に向けて

特に V2G は世界的にも実証段階であり、課題は多い。まず、電気料金の適時変動や EV への適時通知の仕組み構築が必要である。V2G の場合はピーク時とオフピーク時で電気料金を変動させ、適切な充電タイミングを EV に通知することが求められる。次に、V2G の収益源、すなわち充電した電力を系統に販売するための市場の整備も必要である。例えば、需給調整市場が存在しない国や、存在していても EV が調整力として認められていない国が多い。3 点目として、通信の標準化等で技術面でも課題が残る。

● エクアドルにおける現状と課題

既述のとおり、エクアドル政府は公共交通機関を中心に EV 化を推進する姿勢を見せているものの、現状 EV はほとんど普及していない。その要因の 1 つが充電設備の未整備であるが、スマートチャージ (V1G・V2G) を活用した DR や VPP によって収益を得られるような仕組みができると、欧州を中心に登場しているように充電ステーションの運営を手掛ける事業者が出てくる可能性がある。また、この結果、DR や VPP による対価の一部が EV 所有者に還元されるようになると、EV 普及促進に貢献し得る。

しかしながら、こうしたスマートチャージの取り組みは、現在のエクアドルでは現実的でない。まず、サプライサイドの DX でも述べたとおり、同国では変動性再エネの比率が低いため、VPP に対するニーズがなく、EV 等から系統側に供給された電力を取引するような市場 (需給調整市場等) も存在しない。また、電気料金について、EV 向けのメニューが用意されているものの、充電時間をシフトさせるインセンティブとなる時間帯別料金は存在しない。このため、例えスマートチャージのようなサービスを展開しても収益化が困難である。エクアドルでは現状、スマートチャージ導入によるメリットは小さいと考えられる。

(2) モバイルビッグデータを活用した都市交通計画

● ソリューションと活用技術の概要

モバイルビッグデータの活用により、都市交通計画をより効率化・高度化することが期待

⁴⁷³ IRENA (2019) “Innovation Landscape Brief : Smart Charging for Electric Vehicle”

⁴⁷⁴ 日産自動車ウェブサイト https://www.nissan-global.com/PDF/191023-05-j_V2G.pdf

⁴⁷⁵ VIRTA ウェブサイト <https://www.virta.global/news/virta-enables-nissan-v2g-integration-with-e-on>

されている。携帯電話より入手できるデータは、例として人の居住エリア・性別・年代・国/地域等の属性に加え、移動・滞留時間等が挙げられる。これらのデータを加工し、従来から実施されているパーソントリップ調査⁴⁷⁶や統計調査等と併せて活用することにより、交通需要を効率的・効果的に予測・検証し、さらに事業の成果や将来的な課題を把握することが可能となる。道路整備事業においては、工事前後の利用状況の把握や時間帯別の交通量分析による成果測定・課題把握も可能となる⁴⁷⁷。

なお、これらのデータは、観光・防災等の分野でも活用できるとされている⁴⁷⁸。観光分野においては、観光客の訪問エリア・滞在日数、国・地域別の訪日外国人数、滞在エリアや入出国空港を分析することができることから、効果的なプロモーションや混雑対応等が可能となる。また、防災分野においては、災害発生時の被害予測や帰宅困難者数・属性予測等が可能となる。ただし、NTT ドコモ等により観光・防災にかかる分析事例は複数あるものの、交通都市計画については世界的にも実証段階である。

● プレイヤーと導入事例⁴⁷⁹

米国の大手通信事業者である Verizon 社は、膨大なモバイルデータを活用し交通データサービス等を提供している。同社が提供するデータには、リアルタイムの位置情報、移動履歴、出発地・目的地の情報が含まれる。また、位置と時間の変化の記録より、速度・方向・流れを計算することが可能である。同社は、これらの情報を活用することにより、渋滞予測・要因分析、交通量分析、インフラ計画・管理に有用であるだけでなく、小売業界・イベント企業のマーケティングやプランニングに活用するために特定の土地の人流・量分析等の情報を提供することが可能であるとしている⁴⁸⁰。

● ソリューションの導入に向けて

モバイルデータには個人情報が含まれており、悪用による人権・プライバシー侵害の恐れがあることから、適切な匿名化処理の実施や他国への情報漏洩の防止といった対策が必要となる。当該データを保有する携帯電話会社は国の管理下にあることも多いが、その国におけるデータの利用・管理方法にかかる体制が適切であるかどうか、国際的な基準を調査したうえでそれに照らし確認することが必要である。

● エクアドルにおける現状と課題

エクアドルでは、Claro、OTECCEL、国営 CNT が携帯電話サービスを提供している。加入

⁴⁷⁶ 都市における人の移動に着目した調査。世帯や個人属性に関する情報と1日の移動をセットで尋ねることで、「どのような人が、どのような目的で、どこからどこへ、どのような時間帯に、どのような交通手段で」移動しているかを把握するもの。

⁴⁷⁷ IBS 計量計画研究所「都市交通計画におけるビッグデータ等の活用」；ドコモモバイル空間設計ウェブサイト <https://mobaku.jp/>

⁴⁷⁸ IBS 計量計画研究所（同上）

⁴⁷⁹ プレイヤー例は添付資料 I を参照されたい。

⁴⁸⁰ 具体的な適用事例および数値的な成果はデスクトップ調査においては該当なし。

者数のシェアは、Claro が約 52%、OTECCEL が約 29%、CNT が約 18%⁴⁸¹、アクティブユーザーの約 7 割がプリペイド契約である⁴⁸²。

2020 年 6 月時点で、無線基地のある教区（キリスト教区）のモバイルインフラの普及率は約 65%⁴⁸³で、今後拡大する方針である⁴⁸⁴。通信・情報社会省（Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información）が 2019 年 5 月に発表した「Ecuador Digital」のアクションプランにも、「情報通信技術へのアクセス率の向上」が含まれている。実際、サービスが行き届いていない地域でのモバイルサービス拡大に向け、携帯電話事業者がインフラやアンテナ構成を共有したことにより 107 の小教区にサービスが拡大された⁴⁸⁵。また、現状は 2G・3G・4G だが、2019 年 9 月にはコネセルがグアヤキル市で 5G の技術テストを開始する等、5G 導入に向けた動きが見られる⁴⁸⁶。

携帯電話サービスを展開する企業が保有するデータの活用可能性については、携帯電話事業、特にデータ管理にかかる政府（通信・情報社会省）の管理範疇や政府によるデータ管理体制（利用・管理方法が国際的な基準に照らし適切かどうか）を確認しつつ検討する必要がある。特に、CNT は 2021 年 7 月にサイバー攻撃の被害を受けており⁴⁸⁷、モバイルビッグデータを取り扱ううえで、サイバーセキュリティの強化が求められる。

(3) MaaS (Mobility as a Service)

● ソリューションと活用技術の概要

公共交通・自家用車・タクシー・航空機等の移動手段を最適につなぐ IoT・AI を活用した統合交通（MaaS）プラットフォームが先進国を中心に広がりつつある。目的地に最も効率的に辿り着くルートを示し、予約・決済まで 1 つのアプリで完了する仕組みであり、公共交通機関の利用促進に繋がることが期待される。

なお、世界でもまだ実現されてはしていないが、MaaS の理想的な形は「社会的目標との統合」であり、行政や地方公共団体がサービスに対し責任を持ち、官民が協働で都市交通政策や都市計画に沿った MaaS サービスを提供する状態が目指されている⁴⁸⁸。具体的には、MaaS は統合レベルに応じてレベル 0 から 4 まで区分され、レベル 4 では政策に昇華し行政サービスに組み込まれる状態を指す。日本はレベル 2 の段階にある。

表 8-4 MaaS 統合レベル

統合レベル	統合の対象	概要
レベル 4	社会的目標の統合	・ 官民が協働で都市交通政策や都市計画に沿った MaaS サービスを提供している状態。行政や地方公共団体がサービスに対し責任を持つ。
レベル 3	提供するサービスの	・ MaaS オペレーターが交通事業者を取りまとめ、定額モデルを用いてパッケージ化された移動サービスを提供している状態。MaaS オペレータ

⁴⁸¹ 総務省「エクアドル」（令和 2 年度）<https://www.soumu.go.jp/g-ict/country/ecuador/detail.html#mobile>

⁴⁸² 総務省「世界情報通信事情」<https://www.soumu.go.jp/g-ict/country/ecuador/detail.html>

⁴⁸³ 無線基地がある全国 1,042 教区のうち 1,003 教区において普及率が 64.9%に達している（出所：通信・情報社会省ウェブサイト <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/25693-2/#>）

⁴⁸⁴ 電気通信・情報社会省ウェブサイト <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/25693-2/#>

⁴⁸⁵ 同上

⁴⁸⁶ 総務省「世界情報通信事情」<https://www.soumu.go.jp/g-ict/country/ecuador/detail.html>

⁴⁸⁷ mondaq “Ecuador: CNT Suffered A “highly Sophisticated” Cyberattack” (16 Aug 2021)

⁴⁸⁸ MaaS Alliance (2018) “Exploring Mobility as a Service”

	統合	ーは顧客に提供する全サービスに責任を持つ。
レベル2	予約・決済の統合	・ 予約・決済を含むトラベルプランナーが存在する状態。予約・購入したチケットには責任を持つが、輸送サービス自体には責任を持たない。
レベル1	情報の統合	・ マルチモーダルのトラベルプランナーが存在し、運賃情報等を提供している状態。提供者はサービスの質に責任を持たない。
レベル0	統合なし	・ 単一の交通事業者が自身の交通サービスを提供している状態。

出所：MaaS Alliance (2018) “Exploring Mobility as a Service”を基に JICA 調査団作成

● プレイヤーと導入事例⁴⁸⁹

フィンランドの MaaS Global 社 が運営する Whim は、利用者の移動ニーズに合わせて複数の交通事業者が提供するバス・鉄道・レンタカー・タクシー・バイクシェア等の交通手段より最適な交通経路を検索（ルート計画）、予約、決済を完了させるプラットフォームである。2016 年からサービスを提供しており、世界で初めて定額料金にて利用可能とした。

複数の交通機関は異なるオペレーターにより運営されていることが多いことから、定額料金体系の実現や非接触による決済システムの構築が課題となるが、Whim ではフィンランド政府が協力し定額料金体系を実現した。Whim ユーザーへの調査結果によると、Whim の利用により公共交通の分担率が 48%から 74%に増加し、毎月のタクシー乗車回数・支払い金額が Whim 使用前に比べて 4 倍に増加した⁴⁹⁰。

● ソリューションの導入に向けて

既述のとおり、定額料金体系や非接触による統一された決済システムの構築が実現できるかどうかという点が MaaS 実現に向けた重要なポイントであるが、各交通機関の料金体系・情報公開にかかる規制、政府の方針等がボトルネックになり得る。

● エクアドルにおける現状と課題

ブラジル、メキシコ、コロンビアをはじめとする南米諸国では、ライドヘイリング、カーシェア、バイクシェアリング等のサービスが拡大を始めつつある。公共交通機関の管理アプリ「Moovit」（イスラエル）や GPS ナビゲーションサービス「Waze」（米国）等が南米でも展開されている⁴⁹¹。エクアドルでは、バスやタクシー等の公共交通機関は民間事業者が中心のため、MaaS 実現に向けては政府主導で多数の事業者間での連携を図る必要がある。自家用車での移動が中心の同国だが、特にキトでは 2022 年 6 月に地下鉄（Metro de Quito）が運行開始予定で⁴⁹²、公共交通手段の選択肢が増えている。こうした中、複数の公共交通機関を統合的に利用できるサービスに対するニーズは今後出てくるものと考えられる。

⁴⁸⁹ プレイヤー例は添付資料 I を参照されたい。

⁴⁹⁰ 経済産業省「新規分野の国際ルールインテリジェンスに関する調査」（2019 年 3 月 29 日）
https://www.meti.go.jp/medi_lib/report/H30FY/000816.pdf

⁴⁹¹ Global Fleet <https://www.globalfleet.com/fr/maas-smart-mobility/latin-america/features/future-mobility-latin-america?a=DBL10&t%5B0%5D=Ride%20haidling&t%5B1%5D=Car%20sharing&t%5B2%5D=Latin%20America&curl=1>

⁴⁹² El Comercio “Operación del Metro de Quito ahora se prevé para junio del 2022” (30 Jun 2021)

(4) ダイナミックロードプライシング（次世代 ERP）

● ソリューションと活用技術の概要

現行のダイナミックロードプライシングとしては、シンガポールの電子式道路課金システム（ERP）（1995年～）、日本のETC（2000年～）といった電子道路課金制度がある。混雑時の追加料金徴収も可能で、渋滞緩和をはじめ限られた道路を最適に利用するための設備として世界各地に広まった。

現在実証が進められているのはERPを進化させた「次世代ERP」で、従来の物理的なガントリー（料金所の門）を必要とせず、人工衛星を活用した位置情報と広域通信網を用いてデジタル地図上の道路に設定した「仮想ガントリー」という課金ポイントにおいて課金が可能である。従来のガントリーが必要なERPと比較し投資額を低く抑えることができる点もメリットの1つである。さらに、次世代ERPは1台毎の位置・走行距離・車種等をリアルタイムで正確に計測できることから、課金ポイントの変更や走行距離単位での課金等のきめ細かい課金が可能となる。ドライバーに対しても、人や自動車の動き・気象情報等の有益な情報をリアルタイムに提供することが可能で、観光や防災を含む様々な分野への応用が期待される⁴⁹³。

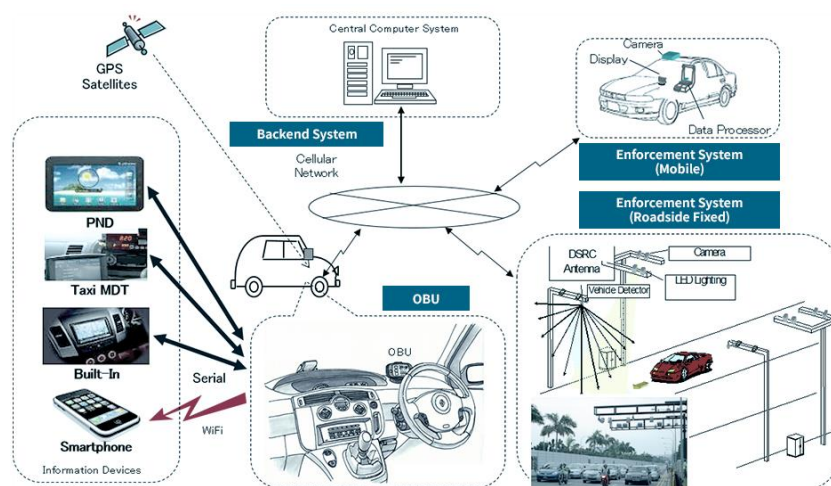


図 8-6 次世代 ERP システムの構成図⁴⁹⁴

● プレイヤーと導入事例

特定エリアにかかるピーク時の追加料金の徴収を実施している都市は限定的であり、ロンドン（英国）、ストックホルム・ヨーテボリ（スウェーデン）、シンガポール、ミラノ（イタリア）等の一部都市で実施されている⁴⁹⁵。

例えばロンドンでは、市内に渋滞料金ゾーン（CCZ）や低排出ゾーン（ULEZ）⁴⁹⁶を設け、

⁴⁹³ 三菱重工機械システム ウェブサイト

https://www.mhi-ms.com/jp/research/sip/highlight/column_0003.html#comResearchAnkLink02

⁴⁹⁴ 同上

⁴⁹⁵ 徴収の仕組みは、車載器を通すもの（シンガポール ERP）や監視カメラによるナンバープレート読み込みによるもの（ロンドン）等都市により異なる。

⁴⁹⁶ ULEZ 内では、自動車、オートバイ、バン、その他の特殊車両（3.5t 以下）、ミニバス（5t 以下）は、

そこを通過すると1日あたりそれぞれ15ポンド（CCZ）⁴⁹⁷と12.5ポンド（ULEZにおいて排出基準を満たさない場合）徴収される。徴収の仕組みは、監視カメラがゾーン内を走行する車両のナンバープレートを読み取り、英国で登録された車両のデータベースと照合し、課金を行うものである⁴⁹⁸。

ロンドンにおける大気汚染の最大の要因は交通関連によるものである一方で、2017年2月には39%の車両が排出基準を満たしているのみであった。このような状況を受け、2019年4月にロンドン市にULEZが設置された結果、同基準を満たす車両が80%以上へ増加した。さらに、道路脇の二酸化窒素を44%削減することにも貢献した⁴⁹⁹。

シンガポールでは、既述のとおり三菱重工機械システムのERPが導入されており、導入前（1995年）と比較し渋滞が8~13%削減された（1998年時点）⁵⁰⁰。シンガポール政府は、2014年3月に世界初のGNSSを利用した課金システム「次世代ERP」導入を発表し、三菱重工機械システムはその本格導入を目指している。なお、同国に現存するロードプライシングは定期的に改定されるが、その改定基準は（政府が受ける通行料による）収入の多寡ではなくサービスレベルの維持としている。つまり、料金の改定が政治的な文脈から切り離されたルールに基づき調整されていると言える。故に、同国においては通行料の改定を含むロードプライシングについて国民に安心感を与え、支持を得ているとのことである⁵⁰¹。

● ソリューションの導入に向けて

次世代ERPにかかる技術的な課題としては、正確な位置の計測が挙げられる。衛星による位置情報だけでは誤差が生じることから、他の無線技術等を用いて車両位置の特定制度を向上させる必要がある。また、重要な交通インフラであるためサイバー攻撃に耐えうるセキュリティ対策が求められる⁵⁰²。

また、次世代ERPだけでなくロードプライシング適用の際は、追加料金の徴収を避ける層（所得水準上避けなければならない人々を含む）への対策・配慮が必要である。当該層は、自家用車から公共交通機関の利用へと移行する可能性があることから、公共交通機関の運行を増加する等の計画と組み合わせることが望ましい。その際に、既に公共交通機関の価格が低く、利用率が高い場合は追加料金をカバーする範囲内で公共交通機関のピーク・プライシングを検討すべきであり、公共交通機関以外においても、歩行者・自転車用のインフラに大規模な投資を行うことも必要であるとの意見もある⁵⁰³。

● エクアドルにおける現状と課題

エクアドルの都市部、特にキト市内の渋滞は激しく、渋滞緩和策としてERPは1つの有

ULEZの排出基準を満たすか12.5ポンド支払うかどうかを要求される。（Transport for London <https://tfl.gov.uk/modes/driving/ultra-low-emission-zone/ulez-expansion?cid=ulez-2021>）

⁴⁹⁷ Transport for London <https://tfl.gov.uk/modes/driving/congestion-charge>

⁴⁹⁸ Transport for London “ULEZ is expanding up to the North and South Circular Roads”

⁴⁹⁹ 同上

⁵⁰⁰ <http://www.nikkoken.or.jp/pdf/symposium/JRCTP20191028hayakawa.pdf>

⁵⁰¹ International Transport Forum, OECD (2018) “The Social Impact of Road Pricing”

⁵⁰² 三菱重工機械システムウェブサイト https://www.mhi-ms.com/jp/research/sip/highlight/column_0003.html#comResearchAnkLink02

⁵⁰³ International Transport Forum, OECD (2018) “The Social Impact of Road Pricing”

効な手段である。また、現状では料金徴収のための設備は存在しないため、ガントリーを必要としない次世代 ERP の導入も検討の余地があると考えられる。

(5) ドローン物流

● ソリューションと活用技術の概要

渋滞を避けて素早く物資を届ける手段として、ドローン物流が挙げられる。ドローン物流は、飛行距離が比較的短く、配送先の数が少ない等の一定の条件下においてはトラック配送に比べ CO₂ の排出量が少なくなるという研究結果がある⁵⁰⁴。ドローン物流は、積載量は数 kg~20kg 程度と小規模の荷物配送に向いており、例えば緊急の医療品配送においては世界的な注目事例もある。

● プレイヤーと導入事例⁵⁰⁵

緊急の医療品配送で有名な企業として米国の Zipline 社が挙げられる。同社は 2017 年にルワンダ政府と連携し、世界で初めてドローン技術を医療システムに取り入れ、同国の南部と西部の州にある病院に血液や医療用品を届けている。主たるプレイヤーが共通するのは、運搬する物資は異なるものの 3~6 ポンド（約 1.4~2.7kg）程度の小型荷物であり、近距離を対象としていること等が挙げられる。

● ソリューションの導入に向けて

ドローンの活用促進に向けては、安全な運行のため、規制の整備が重要である。また、運搬対象が現状では小型・軽量の荷物に限られるため、事業収益性の確保も課題である。

● エクアドルにおける現状と課題

CO₂ 削減効果については一定の条件下であるとの研究結果より、CO₂ 削減効果を期待する策としてのドローン物流の優先度は高くない。

(6) デジタルツイン

● ソリューションと活用技術の概要

石油・ガス・化学品業界においては、生産プロセスの効率化のために、IoT センサーとデータをリアルタイムに反映するシミュレーションモデルであるデジタルツインが一部の大手企業で利用されており、生産量増加や作業時間の大幅短縮等の効果が出ている。これらのオペレーション改善策によって、コストのみならず使用燃料削減による CO₂ 排出削減効果も期待される。

⁵⁰⁴ 平成 30 年度 CO₂ 排出量削減に資する過疎地域等における無人航空機を使用した配送実用化推進調査委託業務（環境省委託業務報告書）

⁵⁰⁵ プレイヤー例は添付資料 I を参照されたい。

● プレイヤーと導入事例⁵⁰⁶

石油業界では、石油プラットフォーム⁵⁰⁷等の設備やオペレーションにデジタルツインが利用されている。英国のスーパーメジャーである BP 社も一部拠点でデジタルツインを利用しており、生産量の増加やプロセスの短縮を実現した。同社による北海における石油事業では、毎日約 20 万バレルの石油が何千キロもの坑井（掘削によりできた穴）とライザーを通じて複雑なパイプラインと処理インフラに流れ込んでいるが、そこで開くバルブや圧力、注水量等にかかる意思決定が安全かつ最適な生産のために重要な要素となる。

これまでは、それらの意思決定については石油エンジニアのスキルや経験に頼ってきたが、現在は BP 独自のデジタルツインシステム APEX⁵⁰⁸に BP 社の各坑井に関するデータ、流量・圧力がプログラムされており、意思決定に必要なシミュレーションを高度に行うことができるようになっている。具体的には、APEX が流量や圧力等のパラメーターを、エンジニアがどのように調整すれば安全に生産を最適化できるかについて、各手順の影響をシミュレーションすると同時に、監視システムが 1 時間ごとに異常を検出する。従来はエンジニアが行ってきたこれらのシミュレーションおよび監視が APEX により大幅に効率化し、生産量増加（グローバルで 3 万バレル/日）やプロセスの所要時間を 24 時間から 20 分へ短縮といったことが達成された⁵⁰⁸。

● ソリューションの導入に向けて

デジタルツインの生産量増加や効率化への貢献は明らかであるが、CO₂ 排出量削減といった低炭素化への（投資対）効果については検証の必要がある。

● エクアドルにおける現状と課題

エクアドルにおいて石油部門の収入は重要な位置を占めており（2.3.4 参照）、一次エネルギー生産のうち、原油が占める割合は 90.7%に上る（図 4-5 参照）。同時に、同部門の最終エネルギー消費者（産業）としての立場にも鑑み、同部門における効率化のインパクトは大きいと考えられる。他方で、低炭素化の効果については別途検証する必要がある。

(7) CO₂ 流通を可視化するデジタルプラットフォーム

● ソリューションと活用技術の概要

CO₂ の回収・有効利用・貯留（CCUS）は、CO₂ 排出削減に役立つとして米国や日本をはじめ、世界で注目されている。米国エネルギー省も、発電プラントだけでなく産業部門から排出される CO₂ の CCUS は非常に重要だとして、CCUS 研究開発プロジェクトに最大 1 億 3,100 万ドルを提供している⁵⁰⁹。日本でも、アジア全域での CCUS 活用に向けた環境整備や知見を共有する国際的な産学官プラットフォームとして「アジア CCUS ネットワーク⁵¹⁰」

⁵⁰⁶ 同上

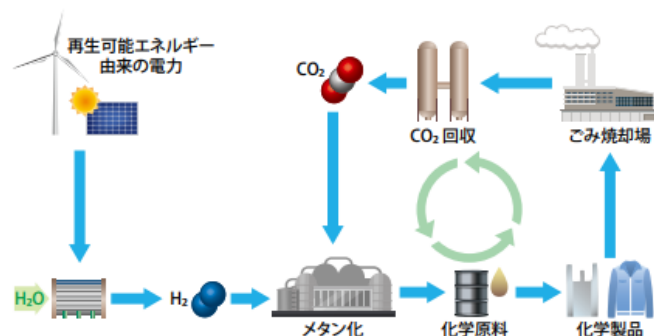
⁵⁰⁷ 海底から石油等を掘削・生産するために必要な労働者や機械類を収容する海上に設置される構造物

⁵⁰⁸ <https://www.bp.com/en/global/corporate/news-and-insights/reimagining-energy/apex-digital-system.html>

⁵⁰⁹ DOE <https://www.energy.gov/articles/us-department-energy-announces-131-million-ccus-technologies>

⁵¹⁰ <https://www.asiaccusnetwork-eria.org/>

を 2021 年に立ち上げた。同ネットワークには、東南アジア諸国連合 10 ヶ国、米国、豪州、日本に加え、既に 100 を超える国際機関・企業・金融機関・研究機関等が参画している⁵¹¹。



出所：環境省資料⁵¹²

図 8-7 CCS を活用した炭素の循環利用のイメージ

現状では、CCUS における DX 活用の選択肢は限られているが、ブロックチェーン、AI 等を活用し CO₂ の回収・輸送・貯留・分配・転換利用のバリューチェーンを効率化し、CO₂ を有価物として活用する新社会への転換を目指す動きがある。

● プレイヤーと導入事例

三菱重工業と日本 IBM は、CO₂ を有価物として活用するブロックチェーンを活用したデジタルプラットフォーム「CO2NNEXTM」の構築に向けて協力し、サイバー空間上における CCUS バリューチェーンの可視化を目指している。実社会では回収後の総量、移送量、購買量、貯留量等が切り分けられたフェーズであった CO₂ の流通を繋ぎ、その証跡を残すことにより、投資やコストの観点で検証することを可能とする。また、CO₂ の販売者（排出者）と購入者をマッチングし、工業・農業・燃料等の新用途としての活用の実現を目指している。なお、PoC（Proof of Concept）は 2021 年 5 月から実施される⁵¹³。

● ソリューションの導入に向けて

CO₂ を有価物として活用するプラットフォームは実証段階にあり、即時に導入できるものではないが、CCUS の拡大余地がある場合はその拡大余地を検討することから開始することで、同プラットフォームのような将来的な動きへの対応力を引き上げることができると考えられる。

● エクアドルにおける現状と課題

南米では、ブラジルの Lula という CCUS プロジェクトが存在する。年間 CO₂ 回収能力は 100 万 t で、石油の採掘時に出てくるガスに不純物として混合している CO₂ をその場で海底

⁵¹¹ 経済産業省 <https://www.meti.go.jp/press/2021/06/20210622005/20210622005.html>

⁵¹² 環境省 (2019) 「CCUS を活用したカーボンニュートラル社会の実現に向けた取り組み」

⁵¹³ 日本 IBM <https://jp.newsroom.ibm.com/2021-05-06-Digital-platform-for-visualizing-CO2-distribution>

下 EOR⁵¹⁴に利用している。エクアドルにおいても、上述のデジタルプラットフォームの適用には時間を要すると思われるが、その前段階としてブラジルのような CCUS プロジェクトを推進することは検討の余地があると考えられる。

(7) エネルギーマネジメントシステム

● ソリューションと活用技術の概要

ビルや住宅等のエネルギー使用を見える化して最適制御する EMS も、AI や IoT など新たなデジタル技術の活用によって高度化が進んでいる。AI を用いた電力需給予測システムで述べた、各機器レベルで電力消費量データを把握できるディスアグリゲーション技術の活用も進む。業務・商用ビルを対象とするものはビルエネルギーマネジメントシステム (BEMS)、住宅を対象とするものはホームエネルギーマネジメントシステム (HEMS) と呼ばれる。これらは建物で消費する一次エネルギーの収支を省エネと再エネによって実質ゼロにすることを目指すネット・ゼロ・エネルギー・ビル (ZEB) やネット・ゼロ・エネルギー・ハウス (ZEH) の実現において重要な役割を担うシステムである。また、マイクログリッド等で用いられるコミュニティエネルギーマネジメントシステム (CEMS) も、BEMS や HEMS を通じて収集した電力使用データ等が基盤となる。

EMS は、空調や照明、その他需要設備・機器の稼働データ、室内に設置された温度・湿度センサーや人感センサーから収集したデータ、気象データ、電気料金データ等から、AI が需要パターンを学習して最適なエネルギー利用を通知・自動制御する。さらに、PV や蓄電池、EV とも接続することで、AI が再エネ発電量・需要予測や蓄電池の充電状況等に基づいて、PV の自家消費を最大化しながら電気料金の安い時間帯に蓄電池・EV を充電する。さらに、VPP・DR に参加していれば対価の高い時間帯に放電するといった最適制御を行うことも可能となる。その結果、ビルや住宅における省エネ、PV や蓄電池の効率運用、延いては需要家の電気料金の削減に寄与する。

● プレイヤーと導入事例⁵¹⁵

AI を活用して蓄電池や空調、照明等の需要家が所有するエネルギーリソースを最適制御するシステムは、従来から BEMS/HEMS を手掛けていたプレイヤーに加え、多数の AI スタートアップが手掛けている。

2016 年創業の英国のスタートアップである Grid Edge 社は、AI を用いたビル向けのエネルギー利用管理システムを展開している。同社が開発した「Flex 2 X」では、既存のビルマネジメントシステム (BMS) ⁵¹⁶から取得したデータと気象等その他のデータを組み合わせ、クラウド上で AI を用いてリアルタイムでビルの最適なエネルギー利用を分析する。同システムは 24 時間先までビルのエネルギー利用を予測でき、時間帯別の電気料金等を踏まえて、設備・機器の稼働時間や蓄電池への充電時間、EV の充電時間のシフト等で電力需要を増減させるタイミングを決定する。この結果、従来の電気料金の最大 10%に相当するエネルギー

⁵¹⁴ Enhanced Oil Recovery (原油増進回収法)。原油を効率的に回収するための手法

⁵¹⁵ プレイヤー例は添付資料 I を参照されたい。

⁵¹⁶ 設備やエネルギー使用などビルの運営管理に必要な各種情報をリアルタイムで把握できるシステム。

一利用にかかるコスト削減および DR 参加による新たな収入が見込まれるほか、負荷シフトによって CO2 排出量を最大 40%削減できることが確認されている。なお、同システムは英国のビジネス・エネルギー・産業戦略省⁵¹⁷の支援を受けて開発され、V2G やスマートシティの実証実験でも活用されている⁵¹⁸。

同じく英国のスタートアップで 2004 年創業の Moixa 社は、スマート蓄電池を含む住宅における EMS を提供している。スマート蓄電池には「Grid Share」と呼ばれる AI 機能が搭載されている。Grid Share は、家庭での発電量や電力消費パターン、天気予報、時間帯別電気料金に基づき、PV で発電した電力や系統からの電力を蓄電池に充電するタイミング等、各家庭に合わせた最適なエネルギー利用の計画を立てることができる。また、顧客はパソコンやスマートフォンからリアルタイムでエネルギーの利用状況を確認することができる。スマート蓄電池の導入により、電気料金を最大 50%削減できるとされる。英国では既に 1,000 軒以上に導入されている。⁵¹⁹ また、同社は英国南西部のシリー諸島で実施中の「Smart Energy Islands」プロジェクト⁵²⁰に参画し、住宅 100 軒と事業所 190 軒で EMS の実証実験を行う。約 2,000 人が居住するシリー諸島は、電力、灯油等の化石燃料への依存度が高く、2025 年までに電力需要の 40%を再エネにし、車両全体の 40%を EV など低炭素型に切り替え、電力料金を 40%低減することを目標に掲げている⁵²¹。

● ソリューションの導入に向けて

EMS は、既に多数の製品が実用化されているため、技術的な課題は少ないと考えられる。ただし、EMS の導入によって需要家が電気料金の削減メリットを享受するには、PV や蓄電池が設置されていることや、PV・蓄電池による自家消費と照らして系統電力のコストが高いこと、系統電力に時間帯別電気料金が用意されていること等が前提となる。また、需要家が所有するエネルギーリソースの最適制御によって追加収入を得る手段として、VPP・DR の仕組みが整っていることが望ましい。

● エクアドルにおける導入状況・課題

EMS の導入は、エクアドルにおいても産業・商業施設や住宅におけるエネルギー利用効率の向上・省エネ促進に寄与し得るものである。しかしながら、デマンドサイドでの PV・蓄電池導入が進んでいないこと、VPP・DR も普及していないことを踏まえると、需要家自身がコストをかけて EMS を導入するメリットは小さいと考えられ、政府による支援が求められる。

⁵¹⁷ Department for Business, Energy & Industrial Strategy

⁵¹⁸ 同社ウェブサイト <https://gridedge.ai/>、IEA “Case Study: Artificial Intelligence for Building Energy Management Systems” (20 Jun 2019)

⁵¹⁹ 同社ウェブサイト <https://www.moixa.com/>

⁵²⁰ 日立製作所も参画している。

⁵²¹ 日立製作所社会イノベーションウェブサイト <https://social-innovation.hitachi/ja-jp>; Moixa 社ウェブサイト <https://www.moixa.com/>

(8) P2P 電力取引プラットフォーム

● ソリューションと活用技術の概要

デマンドサイドで分散型の再エネや蓄電池、EV の普及が進むと電力流通の方法も大きく変わり得る。電力会社から一方的に電力供給を受ける現在の方法に対し、需要家同士が PV の余剰電力や蓄電池に貯めた電力を直接売買する P2P (Peer-to-Peer) と呼ばれる新たな電力取引の形態が議論され始めている。P2P 電力取引とは、一般にはプラットフォーム上で再エネや蓄電池等を所有する法人・個人（プロシューマー）が別の需要家に対して電力を直接販売する方法を指すが、小売電気事業者など第三者が仲介する方法や、複数のプロシューマーから電力を集めて需要家に分配する方法も存在する⁵²²。

P2P 電力取引は、デマンドサイドにおける PV の余剰電力の有効活用に繋がる。世界的に FIT 制度終了・買取価格低下の傾向が見られたり、それら制度の対象期間を満了したプロシューマーが登場し始めたりしている中、P2P 電力取引はプロシューマーにとって新たな収入源となり、再エネ導入のインセンティブとして機能することが期待される。また、例えば集合住宅のように自分自身では再エネを設置することが難しい需要家に対しても、再エネ由来の電力を選択する機会を与える。加えて、P2P 電力取引は基本的に「地産地消」、すなわち配電系統または自営線で電力流通が完結するため、デマンドサイドにおける再エネ大量導入に伴う送電系統への影響や送電ロスを低減する効果も考えられる。

P2P 電力取引を実現するうえで核となるのがブロックチェーンである。データの改竄が極めて難しいブロックチェーンを活用することで、中央管理者がいなくてもプロシューマーと需要家の間での売買電力量等の取引記録を安全かつ正確に管理することができる。また、中央集権的なシステムに対して、分散する参加者が共同で取引記録を保有・承認するブロックチェーンは構築や管理にかかる費用が小さい。予め定めた条件に基づいて契約を自動的に執行するスマートコントラクトと呼ばれる仕組みもブロックチェーンによって可能となり、電力取引に付随する手続き等の作業を軽減し、決済時間を短縮する。こうしたことから、ブロックチェーンは小規模な取引が多数行われる P2P 電力取引に向いているとされる。加えて、単純な電力流通だけでなく、再エネ電力の環境価値（低炭素価値等）を計測してそれを証明するトークンを発行する等、ブロックチェーンは再エネに付加価値を持たせるうえでも活用が期待されている⁵²³。

● プレイヤーと導入事例⁵²⁴

P2P 電力取引プラットフォームの開発はスタートアップが牽引している。日本では、東京電力やトヨタ自動車等が共同で実証実験を行ったり、三菱電機と東京工業大学が P2P 電力取引プラットフォームの基礎となるブロックチェーン技術を開発したりといった動きがみられる。

P2P 電力取引は非常に注目度の高い取り組みであり、実用化に至っている事例は

⁵²² 日経エネルギーNEXT「P2P 電力取引が現行制度でどこまでやれるか検証してみた」(2019年10月30日)

⁵²³ 三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング (2019)「ブロックチェーン技術は電力分野にイノベーションを起こすか」；日本エネルギー経済研究所 (2019)「エネルギー分野におけるブロックチェーン技術の活用」；coindesk JAPAN「なぜ電力取引でブロックチェーン技術が注目を集めるのか？」(2019年5月4日)

⁵²⁴ プレイヤー例は添付資料 I を参照されたい。

PowerPeers など限られるものの、世界各地で実証実験が行われている。その先駆けとなったのは、米国ニューヨーク州の Brooklyn Microgrid であろう。米国のスタートアップである LO3 Energy 社は、2016 年 4 月からニューヨーク市ブルックリン区で、ブロックチェーンを活用して PV の余剰電力を地域内の住人同士で取引する実証実験を行っている。専用のモバイルアプリを通じて、プロシューマーは PV の余剰電力を地域の他の需要家に売めるのか、あるいは電力会社とネットメータリングで取引するのかわを選択することができる。PV を持たない需要家は、モバイルアプリ上で設定した予算に合わせて地域内のプロシューマーから PV の余剰電力を購入することができる⁵²⁵。本プロジェクトでは、自営線は敷かず既存の配電システムを利用し、ブロックチェーンによって参加者の住宅に設置したメーターで計測した PV の余剰電力量と消費電力量を照合して電力取引を行っている⁵²⁶。

南米のコロンビアでも、同国第二の都市 Medellín で P2P 電力取引の実証実験が行われている。これは同国の EIA 大学や英国の University College London 等による共同プロジェクトである。13 世帯とコミュニティセンター1ヶ所が対象で、そのうち低所得世帯 3 軒とコミュニティセンターの屋根に PV が設置され、高所得世帯と余剰電力の取引を行う。コロンビアでは PV 由来の電力に対する需要が見込まれる電力消費者のうち、集合住宅の住民を中心に 50~70%の住民が自宅の屋根に PV を設置することができないとされ、P2P 電力取引はより多くの住民が再エネ由来の電力にアクセスできる手段となることが期待されている⁵²⁷。

アジアでは、マレーシアにおいて、国営電力 Tenaga Nasional Berhad (TNB) も参加する P2P 電力取引の実証実験が、2019 年 11 月から翌年 6 月にかけて行われた。本実証実験では、PV を保有するプロシューマーは TNB 社または参加するその他の需要家に対して、ブロックチェーンを用いた電力取引プラットフォームを介して余剰電力を売ることができる⁵²⁸。なお、電力プラットフォームには Power Ledger 社のものが使われている⁵²⁹。

日本でも、東京大学、トヨタ自動車、および東京電力ホールディングス⁵³⁰等が出資する TRENDE 社が共同で、2019 年 6 月から約 1 年間にわたって AI やブロックチェーンを活用した P2P 電力取引の実証実験を行った。本実証実験では、トヨタ自動車の研究所 1ヶ所とその周辺の同社従業員の家庭 20 軒が参加する電力取引プラットフォームを構築するとともに、AI によって電力消費や PV 発電量や需要量等を予測して電力の売買を行う電力取引エージェントを開発した (表 8-5 参照)。電力取引エージェントは、本実験の対象である事業所、家庭、車両 (PHV) ごとに 3 種類用意された。家庭のうち 12 軒は PV を持たない単純な電力消費者で、残り 8 軒は PV (一部は蓄電池も併設) を有するプロシューマーである。電力の販売者・販売量、購入者・購入量を含むプラットフォーム上での取引記録はブロックチェーンを用いて残している。需給状況に応じた変動価格での電力売買により家庭では、電力会社のみから電力を購入する場合と比べて、電力消費者の収支は平均 6.1%、プロシューマーの収支は平均 18%、車両単体の収支は平

⁵²⁵ Brooklyn Microgrid ウェブサイト <https://www.brooklyn.energy/>

⁵²⁶ 電気新聞「分散型エネルギー時代にローカルエネルギー市場という挑戦が始まった」(2019 年 8 月 16 日)

⁵²⁷ IRENA (2020) “Innovation Landscape Brief: Peer-to-Peer Electricity Trading”; EIA et al., (2020) “Could Colombia lead the Peer-to-Peer Energy Revolution?”; Transactive Energy Colombia ウェブサイト <https://www.transactive-energy.co/>

⁵²⁸ SEDA ウェブサイト <http://www.seda.gov.my/2020/11/malaysias-1st-pilot-run-of-peer-to-peer-p2p-energy-trading/>

⁵²⁹ IRENA (2020) “Innovation Landscape Brief: Peer-to-Peer Electricity Trading”

⁵³⁰ 東京電力ホールディングスの 100%子会社である東京電力ベンチャーズ株式会社を通じた出資。

均 25.4%改善できることが確認された⁵³¹。

表 8-5 電力取引エージェントの機能

計測	PV パネルの発電量、主幹ブレーカーの順潮量・逆潮量、蓄電池の充電率・充電量・放電量・バッテリーモード等の計測データを HEMS コントローラー経由で取得
予測	計測データを基に機械学習を活用して将来の電力需要を予測
入札	予測データを基に売買量・入札価格を決定し、電力取引プラットフォームで入札を実行
制御	蓄電池の動作を制御
直接取引	家庭用エージェントと車両用エージェントの間では直接的に電気の売買取引を実行

出所：TRENDE プレスリリース⁵³²

● ソリューションの導入に向けて

P2P 取引の実現には、プロシューマーを含む需要家側に PV の発電量・逆潮量、電力消費量を計測するための機器の導入に加え、場合によっては自営線の設置等、インフラ整備に要する投資が課題となる。自営線を通じて電力取引を行う場合は、マイクログリッドのように地域内での需給調整のためのインフラも必要になる。

また、制度上の壁も非常に大きい。従来の電力会社からの一方的な電力供給を前提とした制度においては、需要家同士での電力流通は想定されておらず、例えば既存の配電網を利用する場合の託送料金の取り扱いが定まっていないといった問題が考えられる。また、P2P 電力取引によって大規模発電所や送配電系統による電力供給量が減少すると、それらの投資回収のために P2P 電力取引にアクセスできないその他の需要家が負担する電気料金が増大する恐れもある。

P2P 電力取引を広範囲で導入する段階になると、ブロックチェーンには技術的な課題が存在する。データ改竄が困難である点がブロックチェーンの大きなメリットであるが、そのためデータ項目の追加やバグ修正等は基本的に行えず、見直しの必要が生じた際にはサービスを中断してシステムを作り直さなければならない。また、ブロックチェーンはネットワークでの取引の記録をブロックと呼ばれる単位で生成・保管するが、取引量が增大すると要求時間内にブロックの生成が完了できなくなるという問題も指摘される⁵³³。

● エクアドルにおける導入状況・課題

エクアドルでは P2P 電力取引の事例は確認されていない。前述の託送料金についてなど解消しなければならない課題は存在するが、P2P 電力取引が実現すれば、エクアドル国民の再エネ由来の電力へのアクセスを向上することが期待される。エクアドルにおける自家消費を目的とする PV の導入促進策としてはネットメータリングが存在するが、P2P 電力取引は余剰電力を有効活用する新たな手段としてデマンドサイドにおける再エネ導入のインセンティブになり得る。また、配電・電力小売を担う CNEL およびその他電力会社では、再エネに限定した電力料金プランは用意されておらず、P2P 電力取引によって自宅に PV を設置することが難しい需要家も再エネを選択することができるようになると期待される。

⁵³¹ TRENDE 社プレスリリース (2020 年 11 月 13 日) <https://trende.jp/news/press/20201113/>; 日経クロステック「「P2P 電力取引にブロックチェーン技術が有効」、TRENDE の中居氏」(2019 年 10 月 9 日)

⁵³² TRENDE 社プレスリリース (2020 年 11 月 13 日) <https://trende.jp/news/press/20201113/>

⁵³³ 電気新聞「電力分野においてブロックチェーンは普及するか？」(2020 年 7 月 22 日)

第9章 本邦技術の活用可能性

9.1 エクアドルにおける日本企業の進出状況と今後の進出可能性

9.1.1. 日本企業の進出状況

エクアドルと日本の貿易額は、2020年におけるエクアドルからの輸出が959億円、エクアドルの輸入が246億円で、対日貿易黒字となっている⁵³⁴。エクアドルと日本の主要な貿易品目は、エクアドルからの輸出が原油、バナナ、魚粉、ウッドチップ、魚介類、冷凍野菜など資源・農産品が中心である一方、エクアドルの輸入が輸送機器、一般機械、鉄鋼、精密機器、ゴム製品など工業製品となっている⁵³⁵。また、日本からエクアドルへの直接投資額は2016~20年度の累計で312万ドルである⁵³⁶。エクアドルの在留邦人数は、2020年に308名であった⁵³⁷。

現地で活動する日本企業は、総合商社が中心である。伊藤忠商事はと豊田通商はエクアドルに現地法人を、三菱商事会社と住友商事会社は支店を設置している。これら総合商社は、エクアドルの政治リスクの高さから事業投資は活発に行っておらず、トレーディング事業が中心となっている。日本からエクアドルへの主要な輸出品である自動車について、現地生産（組立）拠点を有する米国・General Motors社、韓国・Hyundai Motor社、韓国KIA社がトップ3のシェアを占めているものの、トヨタ自動車、日産自動車等の日系自動車メーカーも一定のシェアを有している。また、エレベーター市場では、三菱電機が現地の100%グループ会社であるCOHECOを通じて支配的なシェアを占めている⁵³⁸。

エクアドルのエネルギーセクターにおける日本企業のプロジェクト実績としては、古くは同国最大の製油所であるエスメラルダス製油所の建設で、千代田化工と住友商事が工事を請負い、1977年に完成している。また、日立化成が2015年に鉛蓄電池（4,032kWh）とリチウムイオン電池（268kWh）を組み合わせたハイブリッド蓄電システムをガラパゴス諸島に導入している⁵³⁹。

9.1.2. 今後の進出可能性

現地で活動する日本の総合商社への聞き取りでは、各社から一様にエクアドルの政治リスクの高さに起因する直接投資の困難さが言及された。ラッソ政権への移行後も日本企業によるエクアドルの政治リスクへの懸念が完全には払拭されていないことから、今後も当面の間は大規模な直接投資を伴わないトレーディング事業が日本企業の活動の中心となり続けるものと想定される。

再エネや水素といったエネルギー関連事業については、前述のように政治リスクが高いことに加えて、市場規模・成長性等の観点からコロンビアをはじめとする中南米の周辺国と比較してエクアドルで事業を実施する特段の利点がないことも、日本企業がエクアドルで

⁵³⁴ 日本財務省貿易統計

⁵³⁵ 外務省「エクアドル共和国（Republic of Ecuador）基礎データ」

⁵³⁶ 同上

⁵³⁷ 外務省海外在留邦人数調査統計

⁵³⁸ 現地関係者へのインタビューによるとエレベーター市場の7割を占める。

⁵³⁹ 日立化成「ガラパゴス諸島の環境保全に繋がるハイブリッド蓄電システムを受注」（2015年8月31日）

エネルギー関連を実施できない理由として挙げられた。このような状況を考慮すると、日本企業がエクアドルにおいてエネルギー関連事業に参画する場合には、投資が伴わない形で日本の製品・技術を供給することが中心になると想定される。一方、JICA や JBIC の参画が見込める場合は、再エネ等への事業投資に関心を有しているとの声も聞かれ、日本政府による支援の在り方次第では、日本企業がエクアドルの再エネ事業に投資できる可能性もあり得る。

9.2 エネルギーセクターの低炭素化実現に向けた本邦技術の活用可能性

エネルギーセクターの低炭素化実現に向けた本邦技術の活用可能性について、発電・送電・配電、省エネ（産業・商業・家庭部門）、運輸、水素の 4 つの分野に分けて見ていく。

9.2.1. 発電・送電・配電部門

第 5 章で述べたエクアドルの電力セクターが直面する課題に対応する形で、発電・送電・配電部門において適用可能性のある本邦技術を表 9-1 に整理する。

表 9-1 電力セクターで活用可能性のある本邦技術

課題	施策	本邦技術
・既存の火力発電設備の大部分は低効率かつ発電コストが高い	・低効率設備の取り替え	・高効率火力発電設備・技術
	・ガスタービンコンバインドサイクル (GTCC) 設備の導入	・GTCC 化するための設備・技術
	・O&M 改善・最適化	・火力発電設備の O&M サービス
・遠隔地において独立型 PV システムを設置し電力を供給しているが、徴収料金が運用コストを賄っていない	・マイクロ水力発電設備の導入により遠隔地における電力供給コストの削減	・マイクロ水力発電設備・技術
・ガラパゴス諸島はディーゼル発電に依存し、発電コストが高く環境破壊の危険性も高い	・ガラパゴス諸島における再エネ発電およびマイクログリッド・ミニグリッド開発の推進	・再エネ発電、蓄電設備・技術 ・マイクログリッド・ミニグリッド設備・技術
・中国資本による大規模水力電源開発の設備品質の低さ、自然環境の破壊、債務問題	・大規模な改修工事の実施	・高品質水力発電設備・技術
	・O&M 改善・最適化	・水力発電設備の O&M サービス
・水力を除く再エネ発電は開発が進んでいない	・水力を除く再エネ発電開発の推進	・太陽光、風力、地熱、バイオマス、バイオガス発電設備・技術
・配電会社別によってロス率のばらつきが著しく、特に CNEL 事業所のロス率が高い	・送配電設備の更新	・高効率送配電設備・技術
	・O&M 改善・最適化	・送配電設備の O&M サービス
・再エネ大量導入に向けて出力予測精度の向上、電力系統安定化	・再エネ大量導入に向けた系統増強	・電力広域運用技術 ・連系設備所有・運用サービス ・蓄電池技術

出所：JICA 調査団作成

上記のうち、蓄電池の導入は特に、脱炭素社会の実現に向けて再エネ導入が促進される中での出力変動や余剰電力への対応として重要である。世界的には、需要家側ではなく、発電施設への併設等の系統側への定置型蓄電池の導入が進展している。エクアドルにおいては、5.2.5 で述べたように、出力変動や余剰電力の問題は、変動性再エネが電源構成に占める割合が高く、グリッドの規模が小さいガラパゴス諸島で生じやすいと想定される。蓄電池を活

用した EMS により、電力の余剰時には蓄電し、電力の不足時には放電することで、系統電力の安定化を図ることが、エネルギー消費の最適化および脱炭素化に向けて有効である。

日本は世界に先駆けてリチウムイオン電池を市場へ投入しており、欧州特許庁と IEA の調査によると、電池技術関連の特許出願数で世界の 3 分の 1、リチウムイオン電池関連の特許発明者数で約 4 割を占める⁵⁴⁰。再エネ併設・系統用蓄電池のメーカーとしては、日本ガイシ、住友電気工業、昭和電工マテリアルズ（旧日立化成）等が挙げられる。また、日立グループ、三菱電機、富士電機等が代表的なシステムインテグレーターである。前述のとおり、日立化成は 2015 年に、鉛蓄電池とリチウムイオン電池を組み合わせたハイブリッド蓄電システムをガラパゴス諸島に導入している。

9.2.2. 運輸部門

運輸部門において適用可能性のある本邦技術を表 9-2 に整理する。

表 9-2 運輸部門で活用可能性のある本邦技術⁵⁴¹

本邦技術	施策例	想定される効果
ハイブリッド自動車	・ハイブリッド自動車の導入	・炭素排出削減、燃費向上
プラグイン・ハイブリッド自動車	・プラグイン・ハイブリッド自動車の導入	・炭素排出削減、燃費向上 ・再エネ由来の電気利用による脱炭素化
EV	・EV の導入 ・充電ステーションの導入	・再エネ由来の電気利用による脱炭素化
燃料電池自動車	・燃料電池自動車の導入 ・水素ステーションの導入	・再エネ由来の水素利用による脱炭素化
船舶の脱炭素化	・ゼロエミッション船の導入 ・船体の摩擦効果の低減、推進システムの改良、軽量化、エネルギー源転換技術の導入	・炭素排出削減、燃費向上
鉄道の脱炭素化	・燃料電池鉄道車両、架線蓄電池ハイブリッド車両、ディーゼルハイブリッド車両の導入 ・可変電圧可変周波数（VVVF）制御や回生ブレーキ等を備えた省エネ型車両の導入	・炭素排出削減、燃費向上 ・再エネ由来の水素・電気利用による脱炭素化
航空の脱炭素化	・軽量化などの低燃費化、バイオ燃料の利用 ・効率的な運航システム、地上動力装置（GPU）などの導入	・炭素排出削減、燃費向上 ・バイオ燃料利用による脱炭素化

出所：JICA 調査団作成

第 4 章で述べたとおり、運輸部門はエクアドルの最終エネルギー消費全体の半分弱を占め、最大のエネルギー消費部門となっており、同国の低炭素化の実現に向けては運輸部門での対策が有効である。また、陸上輸送、特に自動車輸送が運輸部門における炭素排出量の大部分を占めており、自動車輸送における炭素排出量削減が有効である⁵⁴²。自動車分野で世界的に強みを持つ日本企業が、同国の自動車輸送における脱炭素化に貢献し得る。

⁵⁴⁰ EPO-IEA (2020) “Innovation in Batteries and Electricity Storage”

⁵⁴¹ 地球温暖化対策に係る中長期ロードマップ

⁵⁴² 国立環境研究所「2010 年の温室効果ガス排出量について」

エンジン（内熱機関）と電気モーターを組み合わせるハイブリッド自動車については、トヨタ自動車が1997年に世界初の量産ハイブリッド車として「プリウス」を発売したように、本邦企業は特に強みを持っている。エクアドルではハイブリッド自動車まだ十分に普及しておらず、ハイブリッド自動車をさらに普及させることにより同国の低炭素化に貢献できる可能性がある。

電気モーターのみで走行するEVについては、現在、日本企業を含めた世界の自動車メーカー各社が普及に向けた取り組みを進めている。しかしながら、米国・Tesla社やドイツ・Volkswagen社、米国・General Motors社等に対し、日本勢にとっては厳しい競争となっている。ハイブリッドを含むプラグイン車の世界販売台数では、2021年上半期トップ10に入っている日本勢はルノー・日産・三菱アライアンス（シェア4.8%、9位）のみである⁵⁴³。エクアドルでも、中国のBYD社（2021年上半期販売シェア6位）、韓国のKIA社やHyundai社（同7位）が先行している。

水素と酸素の化学反応により電気を作り出す燃料電池を用いた燃料電池自動車についても、燃料電池を含め、日本企業が強みを持っている。2021年に本田技研工業が販売低迷を理由に燃料電池車の生産を中断した結果、燃料電池車では現在、トヨタ自動車とHyundai社の競争となっている。2020年1~9月に世界で販売された燃料電池車のうち74%がHyundai社製で、トヨタ自動車が12%、本田技研工業が3%と続く⁵⁴⁴。燃料電池車の普及に向けては、水素ステーションをはじめとして水素輸送・貯蔵・供給のための水素社会インフラの整備も不可欠である。水素社会インフラの整備と併せて燃料電池自動車の導入を進めることによりエクアドルの低炭素化に貢献できる可能性がある。

9.2.3. 産業・ビル部門

産業部門およびビル部門（商業・家庭部門）における省エネ分野で適用可能性のある本邦技術を表9-3に整理する。

表9-3 産業・ビル部門の省エネで活用可能性のある本邦技術^{545 546}

本邦技術	施策例	想定される効果
省エネ設備	・高効率空調設備／ヒートポンプ、ZEB、高効率エレベーター、高効率家電の導入	・エネルギー効率性の向上
既存建物への省エネ改修	・屋根・外装・天井・床の断熱回収、内窓設置、ガラス交換等	・エネルギー効率性の向上
省エネ行動支援機器	・BEMS、HEMS、スマートメーター、省エネナビの導入	・産業・家庭部門における省エネ効果の見える化による、省エネ行動の促進
グリーン物流	・AIとIoTを活用した輸送効率化システムの導入 ・ICT活用のエコドライブ支援システムの導入 ・物流施設の低炭素化（省人化機器、冷蔵倉庫における省エネ型自然冷媒機器）ドローン物流の導入	・効率的な物流促進による産業全体の省エネ効果の向上

出所：JICA 調査団作成

⁵⁴³ Statista “Global plug-in electric vehicle market share in the first half of 2021, by main producer”

⁵⁴⁴ 聯合ニュース「世界で販売された燃料電池車 4分の3が韓国・現代製」（2020年12月14日）

⁵⁴⁵ 地球温暖化対策に係る中長期ロードマップ

⁵⁴⁶ 経済産業省「資源エネルギー政策の見直しの基本方針」

産業・ビル部門におけるエネルギー消費は、都市化や経済発展が進展しているエクアドルにおいても増加傾向にある。この要因として、家庭部門においては、家庭用電気機器のエネルギー消費量が、機器の大型化・多様化により増加していること、また、産業分野においては、空調・照明設備の増加等によりエネルギー消費量が増加していることが想定される。

特に熱供給（ヒートポンプ）および空調設備（インバータエアコン）については、ダイキン工業や日立製作所等の有力な日本企業が存在しており、エクアドルの産業・ビル部門における省エネ化に貢献できる余地が大きい。

また、エクアドルのエレベーター市場においては、三菱電機が支配的なシェアを占めており、日本企業として建物の一層の省エネ化に貢献できる可能性がある。さらに、日本では住宅・建築物のゼロエミッション化に向けた取り組みが進んでおり、新築住宅対策に加えて、既存の住宅や建築物における省エネ対策を推進していることから、これら取り組みの成果をエクアドルの低炭素化のために活用できる可能性もある。

9.2.4. 水素

水素分野において適用可能性のある本邦技術を表 9-4 に整理する。

表 9-4 水素分野で活用可能性のある本邦技術⁵⁴⁷

本邦技術	施策例	想定される効果
水電解装置	・水電解装置の導入	・再エネ由来の水素利用による脱炭素化
水素輸送技術	・水素社会インフラの整備 ・水素の海外輸出の推進	
燃料電池技術	・燃料電池の導入	
燃料電池自動車	・燃料電池自動車の導入 ・水素ステーションの導入	
水素発電	・水素ガスタービンの導入	

出所：JICA 調査団作成

水素への関心は南米地域でも高まっており、チリは水素にかかる国家戦略を策定し、コスタリカは運輸部門におけるグリーン水素ロードマップを策定している。その他、メキシコ、コロンビア、ウルグアイでも国家レベルで水素に関する取り組みが見られる⁵⁴⁸。エクアドルでは水素にかかる具体的な取り組みは確認できていないが、MERNNR や CELEC 等の聞き取りで関心が寄せられた。また、世界銀行も水素を含むエネルギー貯蔵設備の導入可能性について調査をしたい考えである。

グリーン水素⁵⁴⁹の製造で用いる水電解装置の開発では、ドイツ・Siemens Energy をはじめとする欧州メーカーが先行しており、特にドイツは国家戦略として、アフリカや中東諸国に水素製造技術を移転し、積極的に海外展開を図る姿勢を示している⁵⁵⁰。一方、日本では複数のメーカーが水電解装置の開発を進めている。東芝エネルギーシステムズは 2018 年、岩谷産業と共同で、200kW の小水力発電所で発電した電力を用いて水素を製造する実証実験を

⁵⁴⁷ 地球温暖化対策に係る中長期ロードマップ

⁵⁴⁸ CAF “Hydrogen, Renewable Energy and Surpluses” (3 Feb 2021)

<https://www.caf.com/es/conocimiento/visiones/2021/02/hydrogen-renewable-energy-and-surpluses/>

⁵⁴⁹ 再エネを利用して水を電気分解する方法で製造された水素を指す。

⁵⁵⁰ 京都大学大学院経済学研究科「No.199 ドイツの国家水素戦略のインパクト」(2020 年 8 月 27 日)

開始した。また、旭化成は、「福島水素エネルギー研究フィールド」で10MWのアルカリ水電解システムを納入し、2020年3月に稼働させた⁵⁵¹。同社は、2025年に再エネ由来で水素を製造する世界最大級の装置を商用化の方針である⁵⁵²。大林組は地熱で得た電力を用いる水素製造実証プラントを2021年7月から大分県で稼働させる予定であり⁵⁵³、さらにニュージーランドで地熱発電の電力を用いて年間100tの水素を製造する水素製造プラント(1.5MW)を建設し、2021年春より事業性検証に入る予定である⁵⁵⁴。

海外の再エネ等により製造された水素を日本へ輸送するための技術についても開発が進められている。千代田化工建設、三菱商事、三井物産、日本郵船の4社は2020年、千代田化工建設が開発した有機ハイドライド法による技術を用いて、世界初の国際間で水素を大量輸送する実証試験に成功した⁵⁵⁵。また、川崎重工も、世界初の液化水素運搬船を製造している。

日本では、家庭用燃料電池コジェネ(エネファーム)が2009年に、燃料電池自動車が2014年に、世界に先駆けて市場投入され、燃料電池分野の技術開発において世界を主導している⁵⁵⁶。エネファームは、パナソニック、京セラ、アイシン電機等のメーカーが手掛ける。エネファームよりも発電出力が大きい業務・産業用燃料電池は、京セラ、三菱パワー、日立造船等が手掛ける。また、前述のとおり、燃料電池自動車は、日本メーカーとしてはトヨタ自動車が生産している。

表 9-5 燃料電池の基幹部品を手掛ける主なメーカー

基幹部品	説明	メーカー例
電解質膜	高分子やセラミックスでできた薄膜。この層を挟んで水素と酸素が反応する際に電気を生み出す	・旭化成 ・AGC ・JSR
セパレーター	発電の最小単位である「セル」を多数重ねる際に挟み込む炭素材料の板	・日清紡ホールディングス ・昭和電工
電極触媒	発電反応を促進する触媒。炭素材料に白金の微粉末をまぶすなどして作る	・田中貴金属工業 ・エヌ・イー ケムキャット

出所：日経クロステック「市場拡大が続く燃料電池の業界地図、主なプレーヤーは？」(2021年9月29日)

最近では水素発電も注目されており、日本企業が開発で世界に先行している。川崎重工業は2020年7月、世界で初めて水素専焼ガスタービンの実証運転に成功したことを発表した⁵⁵⁷。三菱パワーも、2018年に天然ガスに30%の水素を混合して燃焼させるガスタービンを実用化し、2025年までに水素専焼ガスタービンの実用化を目指している⁵⁵⁸。

⁵⁵¹ 環境ビジネスオンライン「旭化成、福島県・浪江町の水素製造施設で世界最大規模の水素供給運転を開始」https://www.nyk.com/news/2020/20200625_01.html (2020年4月10日)

⁵⁵² 日本経済新聞「旭化成が水素製造装置 世界最大級、25年に商用化」(2021年11月24日)

⁵⁵³ 日経 ESG「大林組、グリーン水素で未来社会に貢献」(2021年4月22日)

⁵⁵⁴ 同上

⁵⁵⁵ 千代田化工建設ウェブサイト <https://www.chiyodacorp.com/jp/service/spera-hydrogen/>

⁵⁵⁶ メガソーラービジネス「NEDO、FCV メーカーが持つ燃料電池の技術課題を集約」(2020年9月24日)

⁵⁵⁷ スマートジャパン「『水素発電所』の実現へ前進、神戸市で水素専焼ガスタービンの実証運転に成功」(2020年8月13日)

⁵⁵⁸ 日経クロステック「“水素だけ”実現間近、三菱の「全部入り」ガスタービン工場」(2021年4月9日)

第5部 質の高いインフラ投資に関する G20 原則
の適用にかかるレビュー

第10章 質の高いインフラ投資原則のレビュー

10.1 質の高いインフラ投資原則にかかる国際潮流と開発途上国支援における意義⁵⁵⁹

まず、質の高いインフラ投資原則にかかる国際潮流、および開発途上国支援におけるその導入意義を概観する。

開発途上国の自立的発展には、住民の生活や経済成長の基盤となるインフラの開発が不可欠である。途上国を中心にインフラに対する需要は膨大である。世界では2016~40年に約97兆米ドルのインフラ投資需要が見込まれ、その需給ギャップは約15兆米ドル（約16%）と推計される⁵⁶⁰。

インフラ需給ギャップを埋めるために膨大なインフラ開発需要に応える必要があるが、単にインフラ整備の「量」を追求するだけでは、「質の高い成長」は実現できない。例えば、厳しい財政状況にある開発途上国にとって、初期投資が少ないインフラ開発プロジェクトは魅力的である。しかし、たとえ初期投資が安くとも、不透明な調達により価格に見合った価値提供が確保されない、運営・維持に多くの費用がかかりライフサイクル全体での経済効率性に欠ける、中長期的に実行困難な債務返済計画により債務不履行に陥るといったことになれば、結果として開発途上国の成長を阻害するものになりかねない。

以上のような考えの下、日本は「質の高いインフラ」の国際標準化を目指し、国際社会と連携してその重要性を発信してきた。その骨子は以下のとおりである。

- 開放性・透明性
インフラプロジェクトが価格に見合った価値（VFM）を提供できるよう、インフラ調達に際し、開放性・透明性を確保する。また、包摂的成長を実現する観点から、完成後のインフラが、透明性をもって運営され、全ての利用者が平等にアクセスできるようにする。
- ライフサイクルコストを考慮した経済性
持続可能な成長を確保する観点から、経済社会的インパクトや費用対効果を十分に考慮し、経済性を確保する。その際、インフラ建設の初期投資のみならず、その運営や維持・管理、自然災害へのレジリエンス、環境への配慮等を含む、ライフサイクルを通じた全体的なコストを考慮する。
- 債務持続可能性
プロジェクトレベルの財務面での持続性に加えて、プロジェクト実施国のマクロレベルでの債務持続性が透明性のある形で考慮される。

質の高いインフラ投資原則が結実するまでの主要国際会議等の動向を表10-1に示す。

⁵⁵⁹ 主として外務省ウェブサイト「質の高いインフラ投資」に基づき、他の資料も参照しながら記述した。

⁵⁶⁰ G20 Global Infrastructure Hub (2018) “Global Infrastructure Outlook”

表 10-1 質の高いインフラ投資に関する主要国際会議等

主要国際会議等	概要
2014年11月 G20 ブリズベン・サミット	需要を拡大し生産性と成長を促進するインフラの重要性を認識し、複数年にわたる Global Infrastructure Initiative プログラムを発足。G20 により Global Infrastructure Hub が設立される。
2015年9月 国際連合総会	「持続可能な開発のための 2030 アジェンダ」を採択。「目標 9：強靱なインフラ構築」のほか、「目標 6：水と衛生の利用可能性と持続可能な管理」、「目標 7：安価かつ信頼できる持続可能な近代的エネルギーへのアクセス」、「目標 11：包摂的で安全かつ強靱で持続可能な都市および人間居住」「目標 12：持続可能な生産消費形態」等で、持続可能なインフラ開発と平等なアクセス提供の重要性が示される。
2016年5月 G7 伊勢志摩サミット	「質の高いインフラ投資の推進のための G7 伊勢志摩原則」に合意。
2016年9月 G20 杭州サミット	「持続可能な開発のための 2030 アジェンダに関する G20 行動計画」において、インフラ開発の重要性を確認。
2017年4月 第 1 回アジア国際経済フォーラム（東京）	「質の高いインフラと強靱性を通じた地域統合および開発の強化」について日本・OECD 他の関係者が協議。
2017年6月 OECD 閣僚理事会（パリ）	日本より「開かれた、誰もが公平に利用可能な「質の高いインフラ」整備の重要性を強調。ガイドラインやグッドプラクティスの策定に向け、日本として OECD での議論を主導する」旨を発言。
2017年9月 質の高いインフラ投資の推進に関する国連総会サイドイベント（ニューヨーク）	日本・EU・国連共催により実施。先進国、途上国、国際機関、民間企業を含む幅広い関係者の間で、質の高いインフラ投資に関する各国の取り組みが共有され、「質の高いインフラ」を国際的に普及させていくことの重要性を確認。
2018年6月 G7 シャルルボワ・サミット	「開発のための革新的資金調達に関するシャルルボワ・コミットメント」に合意。
2018年9月 アジア欧州会合（ASEM）持続可能な連結性／質の高いインフラに関するセミナー（東京）	包摂的で持続可能な経済成長を実現させる「質の高いインフラ」の重要性について日本の立場を発信したほか、ASEM における連結性強化や「質の高いインフラ」概念の重要性について、参加者間で認識を深めた。
2018年11月 第 21 回 ASEAN+3（日中韓）首脳会議（シンガポール）	日本より「国際スタンダードを満たさないインフラ投資は地域の持続可能な繁栄の足かせになりかねない。開放性、透明性、経済性、対象国の財政健全性等が確保された「質の高い」インフラ整備を推進していく」旨を発言。
2018年11月 G20 ブエノスアイレス・サミット	首脳宣言において、「インフラを投資対象とし、民間資金動員を促進するための「ロードマップ」に沿って、質の高いインフラに関する 2019 年の進捗を期待する」旨を明記。
2019年6月 G20 大阪サミット	首脳宣言附属文書として「質の高いインフラ投資に関する G20 原則」を承認。
2019年7月 G7 ピアリッツ・サミット	「G7 とアフリカのパートナーシップのためのピアリッツ宣言」と附属文書「公共調達の透明性および腐敗対策」に合意。
2020年11月 日本・OECD 共催「質の高いインフラ投資に関するシンポジウム」	日本より「途上国がコロナ禍からの強靱な回復を実現するためには「質の高いインフラに関する G20 原則」に則ったインフラ投資の実践が重要」と指摘。実践におけるグッドプラクティス集の有用性に触れ、「我が国としても OECD と協力しながら国際社会がコロナ禍から「より良い復興」を果たすために積極的な役割を果たしていく」旨を発言。
2020年11月 G20 リヤド・サミット	「地域連結性のための質の高いインフラに関する G20 ガイドライン」に合意。

出所：各会議資料に基づき JICA 調査団作成

質の高いインフラ投資の基本的な要素について国際的な認識を共有するマイルストーンとなったのが、日本が議長を務めた G7 伊勢志摩サミット（2016年5月）で合意された「質の高いインフラ投資の推進のための G7 伊勢志摩原則」である。参加した主要先進 7 ヶ国が、質の高いインフラ投資の基本的要素について国際社会で認識を共有することが重要との点で一致し、次の 5 つの原則から構成される同原則に合意した。

- 原則 1：効果的なガバナンス、信頼性のある運行・運転、ライフサイクルコストから見た経済性および安全性と自然災害、テロ、サイバー攻撃のリスクに対する強靱性の確保
- 原則 2：現地コミュニティでの雇用創出、能力構築および技術・ノウハウ移転の確保
- 原則 3：社会・環境面での影響への対応
- 原則 4：国家および地域レベルにおける、気候変動と環境の側面を含んだ経済・開発戦略との整合性の確保
- 原則 5：PPP 等を通じた効果的な資金動員の促進

同原則の具体的要素の重要性は、その後の G20 杭州サミット（2016 年 9 月）をはじめ、多くの国際会議で確認されてきた。さらに、日本が議長を務めた G20 大阪サミット（2019 年 6 月）において、新興ドナー国も含め「質の高いインフラ投資に関する G20 原則」が承認された。同原則は次に示すように 6 つの原則から構成され、特に自足可能な成長や開発の達成のためのインフラ開発とそのインパクトの最大化に向けた取り組みの重要性（原則 1）等が強調されている。このように、近年の国際会議等での対話を通じ、質の高いインフラ投資の考え方については、先進国に留まらず、国際機関や新興国を含め、重要性が共有・確認されてきている。

- 原則 1：持続可能な成長や開発の達成のための、インフラによる正のインパクトの最大化
- 原則 2：ライフサイクルコストを考慮した経済性向上
- 原則 3：インフラ投資への環境配慮の統合
- 原則 4：自然災害およびその他のリスクに対する強靱性の構築
- 原則 5：インフラ投資への社会配慮の統合
- 原則 6：インフラガバナンスの強化

10.2 質の高いインフラ投資原則にかかる先行調査・研究事例

本項では、質の高いインフラ投資原則にかかる主要な先行調査・研究事例を整理する。

(1) G20/OECD/世界銀行「資産としてのインフラ開発に関するツール・道具の棚卸」

G20 大阪サミットに先立って、G20 Infrastructure Working Group の求めに応じ、OECD と世界銀行グループが共同で「G20/OECD/世界銀行 資産としてのインフラ開発に関するツール・道具の棚卸 – 背景レポート」⁵⁶¹を公表し、2018 年 2 月の G20 International Finance Architecture Working Group で議論が行われた。本調査は、これまで国際機関等で確立された資産としてのインフラ開発に資するツールや基準等の棚卸を行い、整理したものである（表 10-2 参照）。政策関連やプロジェクト形成・実施に関連するツール・基準、インフラ関連のデータベースがまとめられており、インフラ開発にかかる政府関係者や実務家に有用なり

⁵⁶¹ G20/OECD/WB Stocktake of Tools and Instruments Related to Infrastructure as an Asset Class – Background report

ソースとなっている。

表 10-2 インフラ開発に資するツール・基準等

項目	ツール・基準等 (抜粋)
A. Policy-related tools and instruments (政策関連のツール・基準など)	
I. Framework (フレームワーク)	<ul style="list-style-type: none"> • G20/OECD Report on G20 Investment Strategies (OECD, 2015) • G7 Ise-Shima Principles for Promoting Quality Infrastructure Investment (G7, 2016) • Leading Practices on Promoting and Prioritising Quality Investment (G20, 2014) • OECD Policy Framework for Investment (OECD, 2015) • OECD Principles for Private Sector Participation in Infrastructure (OECD, 2007)
II. Financing (ファイナンス)	<ul style="list-style-type: none"> • G20/OECD High-level Principles of Long-term Investment Financing by Institutional Investors (OECD, 2015) • Effective Approaches to Support Implementation of the G20/OECD High-level Principles on Long-term Investing Financing by Institutional Investors (OECD, 2014) • G20/OECD Checklist on Long-term Financing Strategies and Institutional Investors (OECD, 2014) • WBG/OECD Project Checklist for PPPs (World Bank Group, OECD, 2015)
III. Governance (ガバナンス)	<ul style="list-style-type: none"> • OECD Framework for the Governance of Infrastructure (OECD, 2016) • OECD Guidelines on Corporate Governance of State-Owned Enterprises (OECD, 2015) • OECD High-Level Principles for Integrity, Transparency and Effective Control of Major Events and related Infrastructures (OECD, 2016) • WBG Benchmarking PPP Procurement (World Bank Group, 2017)
IV. Development (開発)	<ul style="list-style-type: none"> • United Nations Sustainable Development Goals (United Nations, 2015) • OECD DAC Blended Finance Principles for Unlocking Commercial Finance for the SDGs (OECD, 2018) • Partnering to Build a Better World: MDBs' Common Approaches to Supporting Infrastructure Development (MDBs, 2015) • MDBs Global Toolbox (IFC, 2018)
V. Environment (環境)	<ul style="list-style-type: none"> • OECD Policy Guidance for Investment in Clean Energy Infrastructure (OECD, 2015) • Mapping Channels to Mobilise Institutional Investment in Sustainable Energy (OECD, 2015) • OECD Council Recommendation on Assessment of Projects with Significant Impact on the Environment (OECD, 2021)
B. Project-related tools and instruments (プロジェクト関連のツール・基準等)	
I. Planning and prioritization (計画と優先度付け)	<ul style="list-style-type: none"> • WBG Infrastructure Prioritisation Framework (IPF) (World Bank Group, 2016) • OECD Principles for the Public Governance of Public-Private Partnerships (OECD, 2012)
II. Institutional capacity for project development (プロジェクト開発のための組織能力)	<ul style="list-style-type: none"> • Multi-lateral Development Banks APMG PPP Certification Program (MDBs) • WBG Country PPP Readiness Diagnostic (CRD) (World Bank Group, 2016)
III. Project preparation (プロジェクト準備)	<ul style="list-style-type: none"> • WBG/IMF Public-Private Partnerships Fiscal Risk Assessment Model (World Bank Group, IMF, 2016) • WBG Policy Guidelines for Managing Unsolicited Proposals (World Bank Group, 2017) • OECD Recommendation on Public Procurement (OECD, 2015)
IV. Transaction support and contract management (調達サポートおよび契約管理)	<ul style="list-style-type: none"> • WBG Framework for Disclosure in PPP Projects (World Bank Group, 2016) • WBG Guidance on PPP Contractual Provisions (World Bank Group, 2017) • GI Hub Annotated Public-private Partnership Risk Allocation Matrices (Global Infrastructure Hub, 2016)
C. Infrastructure-related data (インフラ関連データ)	
	<ul style="list-style-type: none"> • EDHEC Infra Database (EDHEC Infra) • GI Hub Infrastructure Outlook (Global Infrastructure Hub) • Global Infrastructure Project Pipeline (Global Infrastructure Hub) • Sustainable Infrastructure Foundation SOURCE (Sustainable Infrastructure Foundation)

出所：G20/OECD/WB “Stocktake of Tools and Instruments Related to Infrastructure as an Asset Class – Background report”より抜粋して JICA 調査団作成

(2) OECD「質の高いインフラ投資のための政策グッドプラクティス大要」

2019年6月のG20大阪サミットで承認されたインフラ投資原則を受け、2020年11月にOECDが発表した「質の高いインフラ投資のための政策グッドプラクティス大要」⁵⁶²は、質の高いインフラ投資を追求するために、先進国および開発途上国の両方の政策立案者と実務家にとって関連性の高い国際的なグッドプラクティスと対策を提供している。質の高いインフラ投資6原則それぞれに即して関係者が参考にすべき政策的な対策が示されており、国際基準に従って質の高いインフラ投資の施策を推進していくために必要な要素への理解を促す内容となっている（表10-3参照）。

表 10-3 質の高いインフラ投資を実現するための政策面の対策

G20 原則	政策面の対策（抜粋）
原則1： 持続可能な成長 と開発へのイン パクトの最大化	<ul style="list-style-type: none"> 健全な財政枠組みと一致する長期投資計画を作成・公表する インフラ計画と持続可能な開発目標（SDGs）、政府の国家経済および開発戦略との一貫性を確保する 公共投資戦略の設計および実施において、公的機関、民間セクターおよび市民社会の利害関係者と協力する
原則2： ライフサイクル コストからみた 経済性向上	<ul style="list-style-type: none"> 費用対効果の高いインフラ開発を推進するため、適切な競争法令の下、市場原理を適切に用いて、公平な競争を促進する 必要に応じて、インフラ整備への民間セクターの参加を慎重に検討する 必要に応じて、インフラサービスに適切で柔軟な価格設定（混雑料金等）を導入して、インフラのより効率的な使用を促進し、インフラ提供の適切なレベルを決定するのに役立つ 社会・経済的効率を優先し、初期コストだけでなくプロジェクトのライフサイクル全体のコストを考慮するプロジェクト評価および選択プロセスを確立する プロジェクトの構築においては、透明性があり適切なリスク分担を確保する 効果的なモニタリングと運営維持管理を確保することにより、ライフサイクルコストと資産の品質を最適化する
原則3： 環境への配慮	<ul style="list-style-type: none"> インフラ開発とより広範な環境政策により、持続可能な運輸インフラ、低排出電力、気候変動に強くエネルギー資源効率に優れたインフラ等の、グリーンなインフラシステムの開発を可能とする 気候変動適応に役立つよう、空間計画政策、技術基準、経済政策・規制を検証する 国際金融機関や開発途上国の環境社会配慮セーフガードの効果的実施を強化する 長期的な気候変動と開発目標、および生物多様性と他の環境目標に合わせるために、政府のすべてのレベルで現行のインフラ投資計画を再考する 戦略的環境アセスメントを通じて、国および地方レベルでの公的計画・プログラムの開発と実施に、実質的な環境配慮を統合する 投資戦略を長期的な環境目標に合わせ、インフラプロジェクトのパイプラインの透明性を向上させる 計画・意思決定プロセスの中で、環境影響評価の範囲と手順を調整し、環境影響を回避、最小化、または軽減し、環境品質を向上させるための対策を早期に検討できるようにする 環境に重大な影響を与える可能性のあるすべてのプロジェクトの計画・意思決定プロセスの一部に、環境アセスメントを使用する 国有企業、開発金融機関、輸出信用機関、公共投資を通じた公共調達と間接支出を活用して、環境目標に沿ったインフラ投資を行う 競争要素として環境パフォーマンスを調達プロセスに統合して活用する 脆弱な分野の強靱性を高めながら、リソースの効率的な使用・再利用を促進するために、インフラの設計に循環経済のアプローチを適用する 環境影響評価または戦略的環境アセスメントの対象となったプロジェクト・計画・プログラムに関し、その環境影響をモニタリングするための実際的な対策を導入する

⁵⁶² Compendium of Policy Good Practices for Quality Infrastructure Investment

<p>原則 4 : 自然災害等の リスクに対する 強靱性</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 建築基準・規制、空間計画の枠組み、早期警告システムなど、民間セクターの選択に影響を及ぼすことにより気候への強靱性を促進するような施策・規制を支援することにより、気候・災害に強いインフラ開発に向けた環境整備を行う ・ 気候への影響と災害リスクを、公共インフラの計画、予算編成、設計、建設（改修と再建を含む）、運用、保守の施策に統合する ・ 災害の財務的影響を管理するための戦略を確立し、政府のすべてのレベルにわたる災害リスクの財務管理への統合されたアプローチを促進し、災害リスクの評価のための十分なリソースを提供し、公的部門と民間部門の組織間の協力・調整を確実にし、リスク保持・リスク移転の適切なレベルを評価する ・ 異常気象、サイバー攻撃、地震、洪水、津波、山火事、パンデミック、テロ等の脅威に対する重要インフラ資産とネットワークの脆弱性を評価する ・ インフラ資産が利用できなくなった場合の潜在的影響を最小限に抑える方法を検討し、堅牢なインフラ資産の設計だけでなく、システムの復元力に焦点を当てる ・ インフラ投資を計画する際に、災害リスク管理を考慮に入れる
<p>原則 5 : 社会への配慮</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 政策の一貫性を確保するための異なる目標間の相互作用（トレードオフと補完性）への対処を含む、社会的・環境的配慮事項を統合するインフラ開発政策フレームワークを開発する ・ インフラプロジェクトのライフサイクルを通じて、公益を保護し、人権や労働者の権利の保護、環境対策、贈収賄防止に関連する分野を含む「責任ある企業行動」（RBC）基準の実施をサポートする、適切な法的規制の枠組みを確立・施行する ・ インフラの公共利用のための公正なアクセスと包摂性を確保し、低所得者層にサービスを提供するために、手頃な価格設定をサポートする規制枠組みと財政メカニズムを確立する ・ インフラ労働者のための良好な労働条件と、安全で健康的な労働環境の整備を推進する ・ 運輸分野の計画・審査方法に、商品・サービス・活動への人々のアクセスのしやすさとしてのアクセシビリティ対策を含める ・ 非自発的住民移転を回避するか、やむを得ない場合は代替計画を検討することで、インフラプロジェクトの用地取得を目的とした非自発的住民移転を最小限にする
<p>原則 6 : インフラ ガバナンス</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 国と地方の開発に対する共通の熱意に基づいてインフラ開発の戦略的ビジョンを確立し、持続可能で包摂的な成長・競争力の向上、公共サービスの提供を支える経済的・自然的・社会的・人的資本を強化する ・ インフラ開発、保守、改修、変化するニーズへの適応、既存資産の廃止に関連して、インフラにかかる年間および複数年の支出を特定、測定、定期的に更新、報告するための、資本予算フレームワークを開発する ・ インフラ開発にオープンで中立的で競争力のある透明な調達プロセスを使用し、関連する専門サービスを含め、単一業者からの調達を制限する ・ インフラプロジェクトに関する情報を広めるための積極的な措置をとり、計画・意思決定・モニタリングに関連する利害関係者を巻き込んだ、広範囲にわたる継続的でオープンな対話を可能にする ・ 投資の対象地域に合わせた投資戦略を計画・実施する ・ 不正、結託、乱用、汚職等の影響を特定、軽減するために統合的なリスク管理を導入する ・ データ収集・分析・公表に関する政府機関の責任を明確にする

出所：OECD (2019) “Compendium of Policy Good Practices for Quality Infrastructure Investment”

(3) 国土交通省「日本の『質の高い』インフラプロジェクト～グッドプラクティス集～」

2021年3月に国土交通省が発表した本資料は、開発途上国を中心とする世界各国で、日本のODAまたは日本企業が参画したインフラプロジェクト48事例をまとめ、質の高いインフラ投資原則に従ってより効果的なインフラ開発を実現していくうえで、日本が得意とする分野や課題対応を豊富な実例とともに紹介するものである。

特に、質の高いインフラ投資6原則それぞれについて、「日本が提供できる主な価値」が

プロジェクト例とともにまとめられており（表 10-4 参照）、同原則を開発途上国で実践していくうえで、各国の政府関係者や実務家が日本の強みをより良く理解できるよう、グッドプラクティスが整理されている。

表 10-4 質の高いインフラ投資原則と日本が提供できる質の高いインフラ

インフラ投資原則	日本が提供できる主な価値	事例（抜粋）
原則 1：持続可能な成長と開発へのインパクトの最大化	<ul style="list-style-type: none"> 技術移転、現地人材・企業育成、制度構築支援 	<ul style="list-style-type: none"> 人材育成：ラックフェン橋（ベトナム） 技術移転：パハン・セランゴール導水トンネル（マレーシア）
原則 2：ライフサイクルコストからみた経済性向上	<ul style="list-style-type: none"> 長寿命 ライフサイクルコストの低廉性 	<ul style="list-style-type: none"> ライフサイクルコストの低廉性：モン巴萨港開発工事（ケニア）、パラニャケ下水処理場（フィリピン）
原則 3：環境への配慮	<ul style="list-style-type: none"> 環境や防災面に配慮した開発を行ってきた経験に裏付けられた確かな技術 	<ul style="list-style-type: none"> 環境に優しいインフラ：チャンギ国際空港第4ターミナルビル（シンガポール） 環境にやさしい工法：チュルイ・チョンパー橋改修（カンボジア）
原則 4：自然災害等のリスクに対する強靱性		<ul style="list-style-type: none"> 自然災害リスクに対する強靱性：バンコク地下鉄ブルーライン（タイ） Build Back Better：ネパール地震復興計画（病院）（ネパール）
原則 5：社会への配慮	<ul style="list-style-type: none"> 地域コミュニティや安全に配慮した施工 	<ul style="list-style-type: none"> 地域コミュニティへの配慮：タウンゲー教員養成校と小中学校校舎建設（ミャンマー） 包摂性の確保：チェンナイ小児病院改善計画（インド）
原則 6：インフラガバナンス	<ul style="list-style-type: none"> 適切な運営・維持管理 	<ul style="list-style-type: none"> 民間活力の活用：ヤンゴン市中心部での大規模複合開発事業（ミャンマー） 適切な運営・維持管理：マニラ MRT 3 号線（フィリピン）

出所：国土交通省（2021）「日本の『質の高い』インフラプロジェクト～グッドプラクティス集～」

第11章 質の高いインフラ投資原則に照らした現状・課題分析

11.1 公共投資管理制度と公共投資計画管理システム（SIPeIP）

本項では、エクアドルにおける公共投資管理制度および公共投資計画管理システム（SIPeIP）の詳細を見ていく。また、公共投資管理制度のうち、環境社会配慮にかかる法的・組織的枠組みも概観する。

11.1.1. 公共投資制度の現状

(1) 戦略的指針

上位開発計画である国家開発計画（PND）が、エクアドルの戦略的指針として確立されている。新政権発足に合わせ4年ごとに更新されており、現行のPNDは2021年9月に承認された「機会創出計画2021-2025」である。中期公共投資計画（PIIP）2021-2025は、PNDに包含される形で策定されている（3.1.3参照）。

(2) 新規事業形成、事業実施、モニタリング・評価のガイドライン・基準

電力セクターにおいては、現行の電力マスタープラン（PME）2018-2027で新規事業の計画が特定されている。公共投資制度において、これらの新規公共事業の形成やモニタリング・評価は、公共投資企画庁（SNP）が定める指針・基準に基づいて実施される。

表 11-1 公共投資にかかるガイドライン

ガイドライン	概要
投資事前調査のTOR作成ガイドライン（Guía para la presentación de Términos de Referencia de Estudios de Preinversión）	<ul style="list-style-type: none"> 本ガイドラインに基づいて各省庁が投資事前調査のTORを作成し、調査を計画・実施する。 事前調査は、基礎調査・プレF/S・F/S・詳細計画調査の4段階に分かれている。
公共投資プログラム・プロジェクト提案ガイドライン（Guía para la presentación de programas y proyectos de inversión pública）	<ul style="list-style-type: none"> 投資事前調査の実施後、本ガイドラインに従って各省庁が公共投資事業の計画を作成する。 ガイドラインで定める投資計画の構成は以下のとおり。 <ol style="list-style-type: none"> プロジェクトの基礎情報 診断と問題（セクターの現状分析等） 計画の明確化（PNDに照らした妥当性等） ロジカル・フレームワーク・マトリクス 総合的な分析（技術的・財務的・経済的・環境社会配慮面のバイアビリティ） 資金計画と予算 事業実施戦略（事業実施体制等） モニタリング・評価の戦略 付録（環境社会配慮にかかる承認、コスト積算データ等）
公共投資計画にプログラムおよびプロジェクトを組み込むための規則（Normas para la Inclusión de Programas y Proyectos en los Planes de Inversión Pública）	<ul style="list-style-type: none"> 公共投資計画にプログラム・プロジェクトを組み込むための手順として、以下が定められている。 <ol style="list-style-type: none"> 政府機関は、管轄の省庁を通じてプログラム・プロジェクトを申請する。 管轄省庁は、プログラム・プロジェクトがセクター政策と整合しているか、資源の効率的な利用が保証されているか等を確認する。 管轄省庁からの申請を受け、財政法（COPLAFIP）の規定に従

	<p>い、SNP が事業の優先度付けを行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> 公共投資事業の計画の構成として、上記「公共投資プログラム・プロジェクト提案ガイドライン」と類似するものが定められている。
インパクト評価方法 (Metodologías de Evaluación de Impacto)	<ul style="list-style-type: none"> 各省庁が実施する事業のモニタリング・評価の方法を定めている。

出所：JICA 調査団作成

(3) 事業の優先順位付け、投資判断の基準

公共投資計画の策定と実施にあたり、PND 2021-2025 は優先基準を表 11-2 のとおり示している。特に電力セクター・再エネ分野においては、「I. 経済」および「IV. 環境移行」に示される基準の関連性が高い。

表 11-2 国家開発計画（PND 2021-2025）による公共投資の優先基準（抜粋）

分野	公共投資の基準
I. 経済 (Criterios económicos)	1. 質の高い雇用の創出 サプライチェーンと地域の経済活動の改善を通じた雇用源の創出を促すため、公共インフラの実施により、民間セクターの雇用増大を補完する。
	2. 包摂的な経済成長と米ドル化の強化 国民全員の機会を創出し、包摂的な成長を促進する条件をもたらす、マクロ経済の安定を強化し、経済の流動性を増大しドル化を強化する。
	3. 競争力と生産性の向上 より良い連結性と価格競争力のあるロジスティクスを可能とするインフラと質の高いサービスにより、財・サービスの生産部門の生産性を向上し、生産部門により要求される適切な条件を整備する。
	4. 規律ある国家予算管理 財政規律を遵守しつつ、より有利な条件で多様な資金を確保し、効率的な資源配分により公共投資プログラム・プロジェクトを実施することにより、持続可能な公共財政管理を行う。
	5. 民間セクターの活用 PPP による民間セクターとの協カスキームを促進し、インフラ開発・運営とサービス提供を行う。
IV. 環境移行 (Criterios de transición ecológica)	1. 天然資源管理 再生可能・非再生可能な天然資源の合理的・持続可能で効率的な活用を促進する。
	2. 環境配慮 エコシステムと生態多様性の保護、回復、保全、および環境汚染・劣化の削減を促進する。
	3. 気候変動 公共投資プログラム・プロジェクトにおいては、気候変動の適応策や緩和策にかかる配慮を組み込む。

出所：PND 2021-2025

(4) 関連機関の実施体制と意思決定プロセス

公共投資管理に関連する機関の実施体制は、図 3-2 に示したとおりである。CELEC 等による電力セクターにおける新規事業形成と公共投資計画への組み込みについては、管轄省庁である MERNNR を通じて事業案の申請がなされ、SNP が全体の公共投資計画（PPIP・PAI）をとりまとめる。

ライン省庁である MERNNR 等の実施機関は、管轄の国有企業とともに、新規事業形成の指針・基準に従って、プロジェクトを形成する。所管のセクター別内閣の承認を得ることが求められるとともに、内外の資金源、PPP 活用等の資金調達方法を明らかにし、公共投資管

理システム（SIPeIP）にプロジェクト情報と関連文書を登録する。SNP はプロジェクトの技術的・経済的な妥当性と NDP の目標および優先基準との整合性を審査し、プロジェクト優先化の賛成意見書⁵⁶³を発行することにより、PAI へ掲載される。PAI への掲載にあたり、PND の優先基準(3.1.3 参照)により各プロジェクトは5段階の優先度を付けて経済・財務省(MEF)へ提出される。PAI に基づき、MEF は、財政状況等を踏まえ、国家予算法案⁵⁶⁴を編成し、国民議会に提出する。

事業実施段階では、実施機関は MEF および SNP にプロジェクト実施状況を報告する。財政法（COPLAFIP）の規定により、実施機関は予算執行状況を報告することが求められ、これらは MEF による一般会計予算の評価報告に反映される。

11.1.2. 公共投資計画管理システム（SIPeIP）

(1) システムの概要

第3章で説明したとおり、エクアドル政府が用いる SIPeIP は、SNP が運営する投資プロジェクト管理ツールである。SIPeIP は情報プラットフォームとして、公共投資事業の計画から評価までの情報を統合的に管理し、各セクターの公共政策の実施状況のモニタリングと評価に活用できる。

システムは、計画（Planificación）、投資（Inversión）、モニタリング・評価（Seguimiento y Evaluación）、建設事業のモニタリング（Seguimiento a Obras）等のモジュールに分かれており、担当する政府職員がそれぞれに公共投資事業の情報を入力することで共有され、また各事業にかかる必要な情報を閲覧することができる。

(2) システムの導入経緯

COPLAFIP 制定により現在の公共投資管理の枠組みが定められたのに合わせ、2010 年に SIPeIP が導入された。SNP によれば、SIPeIP により公共投資事業の情報管理と省庁間の情報共有が容易になった一方で、現在のシステムはモジュール毎に情報が分断されていることから使い勝手が良くないため、システム刷新に向けて 2022 年度の予算を要求しているとのことである。

(3) 関連機関の実施体制と意思決定プロセス

SIPeIP は、11.1.1(4)で示した公共投資管理の実施体制の下、運用されている。公共投資事業にかかる情報入力はライン省庁（エネルギーセクターでは MERNNR）が行い、CELEC 等の国有企業が実施する事業についても管轄のライン省庁が管理する。

11.1.3. 環境社会配慮

(1) 環境社会配慮にかかる法的・制度的枠組み概観

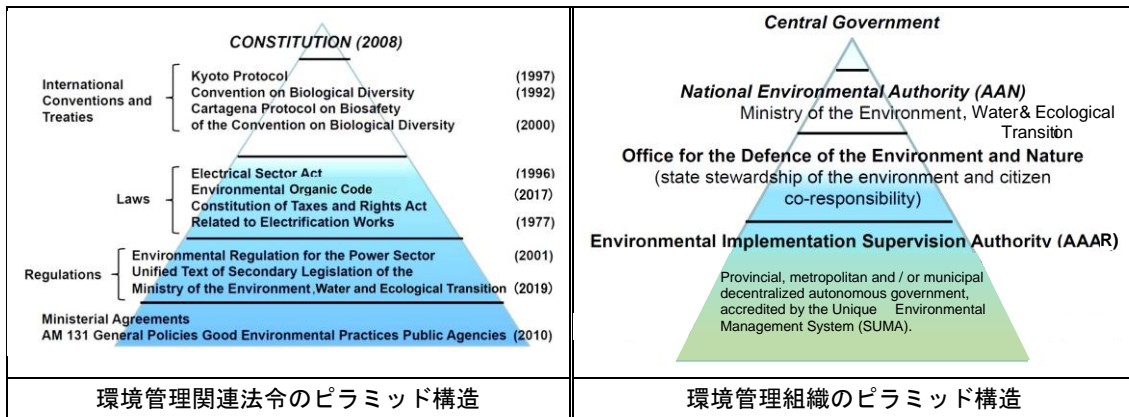
エクアドルの環境社会配慮にかかる法制度は、地方分権および市民社会参加を特徴とす

⁵⁶³ Dictamen Favorable de Priorización

⁵⁶⁴ Proyecto de Ley General de Presupuesto del Estado

る。本項では環境社会配慮にかかる法制度および組織体制を概観する⁵⁶⁵。

エクアドルでは、共和国憲法の下、環境社会配慮関連の各種国際条約、個別法、規則や省令により、ピラミッド（法令の階層）型の環境管理に関する法的枠組みを構築している（図 11-1 参照）。



出所：Environmental Regulation and Renewable Energies Ecuador, Nov. 2013, Eng. Byron Betancourt Estrella CONELEC を参考に、図の一部を JICA 調査団が最新化および改変

図 11-1 エクアドルの環境社会配慮に関する枠組の概念図⁵⁶⁶

(2) 環境管理にかかる国内法令⁵⁶⁷

エクアドルにおける環境管理の組織的枠組みについては、環境基本コード、およびその二次法規⁵⁶⁸に基づき、以下の規定がある。

- 民間セクターと市民社会代表者が参加し、環境政策と国家環境計画の策定に大統領に助言する持続可能な開発の全国評議会（Consejo Nacional de Desarrollo Sustentable：CNDS）の創設
- 複数セクターや政府レベルを調整する国家環境管理分権制度（Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental：SNDGA）の導入
- 環境管理に責務を有する全ての政府機関の SNDGA への参加

すなわち、エクアドル政府による国家環境管理は、SNDGA の一部を構成し、CNDS の規制を遵守することで、環境管理統一制度（Sistema Unico de Manejo Ambiental：SUMA）を形成している。SUMA に基づく環境管理は、例えば以下に示すような組織で構成されるピラミッド構造を形成する。

- 国家環境当局⁵⁶⁹：環境・水資源・生態系移行省（MAATE）
- エクアドル自然と環境防衛組織コーディネーター⁵⁷⁰

⁵⁶⁵ 詳細は、別添資料 II と別添資料 VI をそれぞれ参照されたい。

⁵⁶⁶ 事業の環境管理体制を示した概念図であり、実際に適応される法規および CEDENMA 等の政府関連委員会は開発事業に基づき特定されることになる。

⁵⁶⁷ 詳細は添付資料 III を参照されたい。

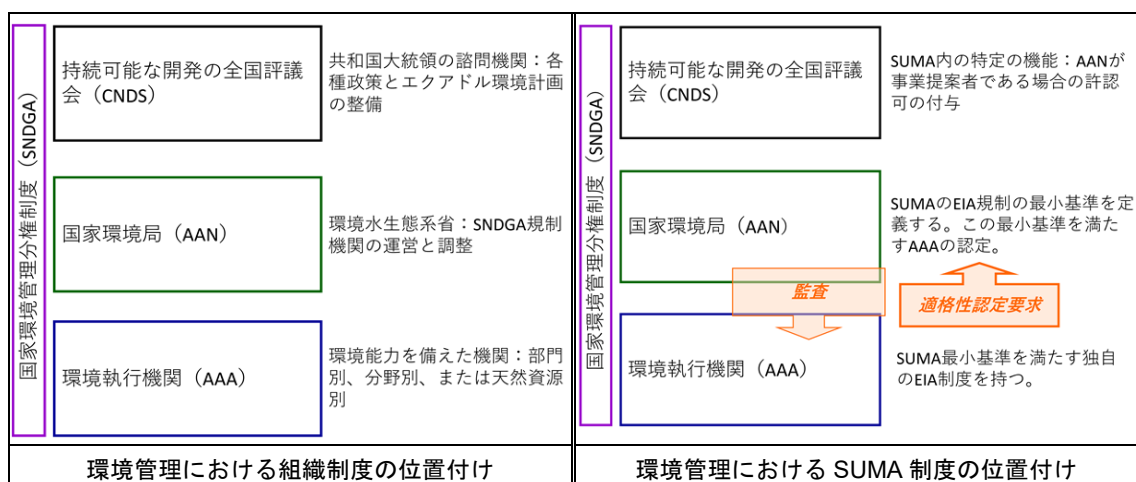
⁵⁶⁸ 事業に適応される法規制を管轄する公的機関が指定される。

⁵⁶⁹ Autoridad Ambiental Nacional

⁵⁷⁰ Coordinadora Ecuatoriana de Organizaciones para la Defensa de la Naturaleza y el Medio Ambiente

- 環境執行主務機関⁵⁷¹：SUMA で認定された分権地方自治体

環境管理にかかる組織的枠組みについて、上記の CNDS、SNDGA、国家環境当局、環境執行主務機関および SUMA 制度の位置付けを図 11-2 に示す。



出所：Modulo 9, Sistema Único de Manejo Ambiental – SUMA, Reglamento de Evaluación de Impactos Ambientales, (DSpace en ESPOL ウェブサイト) を基に JICA 調査団作成

図 11-2 環境管理の組織制度および SUMA 制度の位置付け

(3) 環境行政許認可および環境影響評価制度⁵⁷²

上記で概説したように、環境行政許認可および環境影響評価制度に係る法規は、環境基本コード (2017 年修) ⁵⁷³、SUMA、環境管理に関する二次法の統一テキスト (TULSMA) (2019 年)、および環境基本コード規則 (2019 年) で、これらに基づき開発事業や投資事業の影響予測や環境行政許認可⁵⁷⁴を付与する等の環境管理を実施している⁵⁷⁵。

SUMA の範囲と能力は、旧環境管理法 (現環境基本コード (2017 年修)) により義務付けられている。また、TULSMA (2019 年) の第 VI 編・第 3 条に以下が示されている。

- SUMA は、環境影響評価、環境リスク評価、環境管理計画、リスク管理計画、モニタリング制度、危機管理計画と緩和計画、環境監査と計画中止の取り組み、調整、制御、管理、および実施に向けた原則、規範、手順、および仕組みの一式となる。
- これらは環境正則化、環境制御と監視の範囲内で、国家環境当局と認可組織により実施される必要がある。
- 管轄環境局は、環境汚染の防止、制御および監視を実施する資格を有し、第一に MAATE、および MAATE が委任した地方分権として認可された自治県、大都市政府および市政府である。
- 環境執行主務機関は、SUMA で認可された地方分権化自治県、大都市政府、および地

⁵⁷¹ Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable

⁵⁷² 詳細は添付資料 IV を参照されたい。

⁵⁷³ 環境基本コード (2017) は 2018 年に一部修正された。本報告書では環境基本コード (2017 修) とする。

⁵⁷⁴ Autorizaciones Administrativas Ambientales

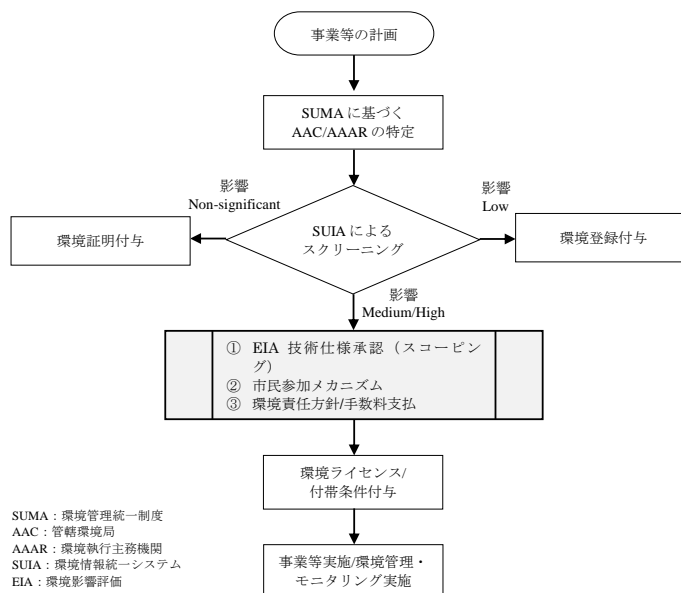
⁵⁷⁵ 各法規の詳細は添付資料 III を参照されたい。

方自治体である。

各事業の環境影響に対する管理手段は環境行政許認可制度で、事業提案者は事前に環境行政許認可を取得する必要がある、手続き等において以下の特徴を持つ。

- 国家環境当局である MAATE が認可した環境執行主務機関に環境行政許認可や環境監査等の環境管理を委譲できる。
- 旧 TULSMA (2003 年) では、この委譲にかかる認可は 3 年から 6 年の有効期間⁵⁷⁶が設定され環境管理に関する永続的な権限を環境執行主務機関に持たせる制度ではなかった。
- しかしながら、2019 年に改訂された新 TULSMA の第 4 編・第 XI 章・第 290 条に環境執行主務機関を継続的に評価する継続改善制度⁵⁷⁷がある旨が記述されていること、および地方分権自治体認定に関するウェブサイト⁵⁷⁸に、期限に関する質疑に対し「一度認可されたものは無期限である」と回答している。すなわち、改定された TULSMA (2019 年) によりこの委譲の認可期間は、継続改善制度を導入したことにより無期限となった。

環境行政許認可および環境影響評価 (EIA) 審査を含め、提案事業等の環境審査手続きの全体は大きく、(1) SUMA による管轄環境局/環境執行主務機関の特定、(2) 環境情報統一システム (SUIA) ⁵⁷⁹によるスクリーニング、(3) EIA 審査・環境ライセンス手続の 3 つのステップになる。図 11-3 にその概略図を示す。



出所 : JICA 調査団作成

図 11-3 提案事業等の環境手続き全体概略図

⁵⁷⁶ TULSMA (2003), LIBRO VI, TÍTULO I, CAPITULO I, Art. 8

⁵⁷⁷ 添付資料 VI の表 VI-4 を参照されたい。

⁵⁷⁸ <http://mesadeayuda.ambiente.gob.ec/joomla/index.php/regularizacion-ambiental/acreditacion-gads>

⁵⁷⁹ 国家環境局が管理し、SNDGA を構成する各組織が、環境正則化手続きを実施するために使用する唯一のオンラインシステム。

(4) 環境配慮にかかる継続的なモニタリングの仕組み⁵⁸⁰

EIA の環境管理計画を担保する環境モニタリング計画を含む継続的なモニタリングの仕組みは、以下に示す各法令の関連条項による「環境制御と監視」メカニズムにより構築されている。

- 環境基本コード 第 III 編「環境制御と監視」
- 環境基本コード規則⁵⁸¹ 第 III 章「環境制御と監視メカニズム」
- TULSMA 第 VI 編「環境質」の「環境制御と監視メカニズム」

環境基本コードの第 201 条によると、次の 7 つのメカニズムにより「環境制御と監視」を実施することになる。

- ① モニタリング
- ② サンプリング
- ③ 査察
- ④ 環境コンプライアンス報告
- ⑤ 環境監査
- ⑥ 市民／地域社会監視
- ⑦ 管轄環境局によるその他の要求事項

TULSMA 第 VI 編の第 249 条は、上記の「⑥市民／地域社会監視」が「⑥市民監視」となり、またこれら 7 つに加え⑥と⑦の間に「特定活動にかかる規則により確立されるメカニズム」の項目を含め 8 つのメカニズムとしている。この違いは各法令の内容から基本的に同じ内容と考察される。

(5) 社会配慮に関する関連法令・実施体制⁵⁸²

エクアドルの統治的側面は、各分野の特定の基本法、そのコード、および二次規制（利用可能な場合には）で確立されている。例えば、環境管理に関しては、環境基本コード、環境基本コード規則、その二次法テキスト（TULSMA）で規定されている。

一方、事業における社会環境に関する直接的な法令（例えば、社会環境法や社会環境規則）は存在せず、また提案事業にかかる事前の社会環境に対する配慮や審査は、適応される社会配慮関連の個別法令（例えば労働法、用地取得、非自発的住民移転や補償等の関連法）が遵守されているかを確認し、EIA・審査制度の枠組みで実施される。このため、開発事業に対する社会環境影響評価（SIA）⁵⁸³のみを統括する主たる組織制度は同国内にはなく、管轄環境局・MAATE がその権限に基づき、SIA を EIA・審査の枠組みの中で実施している。

次に、ジェンダーや先住民コミュニティなどへの社会配慮に関し、全国平等審議会基本法

⁵⁸⁰ 詳細は添付資料 V を参照されたい。

⁵⁸¹ Reglamento al Código Orgánico del Ambiente

⁵⁸² 詳細は添付資料 VIII を参照されたい。

⁵⁸³ Social Impact Assessment のほか、Social Environmental Impact Assessment、Socio-Environmental Impact Assessment といった表記がある。

584と同基本法一般規則⁵⁸⁵は、関連組織とその責任を定めることを目的とする規定があり、この中に国家政策の1つである「女性とLGBTI⁵⁸⁶の平等のための国家アジェンダ」⁵⁸⁷、および関連文書の適応が示唆されている。この関連文書はマニュアルやガイドライン等であり、本調査でMAATEから提供された以下の文書も含まれる。

- UNFCCCのパリ協定に対する第一次国家貢献策⁵⁸⁸
- NDCにおけるジェンダー主流化のための方法論⁵⁸⁹
- エクアドルにおける気候変動管理のジェンダー主流化統合のための技術ガイド⁵⁹⁰
- 「国家気候変動適応計画(PLANACC)」プロジェクトで開発されたイニシアチブ、行動、製品にジェンダーの視点を組み込むための方法論的ガイドライン⁵⁹¹
- 先住民・地域社会の経験とベストプラクティスを交換するプラットフォーム⁵⁹²

MAATE提供の各文書は、地球温暖化や気候変動、REDDプラス⁵⁹³の文脈の中で整備されているジェンダーや先住民等に対する社会配慮に関するマニュアル、ガイドライン、方法論、プラットフォームである。これらアジェンダ(政策)や関連文書(ガイドライン等)は、開発事業においては仕様書等に特段の定めがない限り、義務的または強制的な遵守とならぬことに留意が必要となる。事業の仕様書等の扱いに関し、国家公共調達制度基本法⁵⁹⁴の第3条に以下の規定がある。

第3条 融資や国際協力を財源とする契約：融資を受ける契約、エクアドル加盟の多国間信用機関からのファンドの事前合意、または政府間・国際協力機関からの償還可能または償還不用な資金による融資契約では、それぞれの合意事項を遵守しなければならない。契約に規定されていない事項は本法の規定に準拠する⁵⁹⁵。

事業等へのアクセスや包摂性に関する直接的な法令やガイドライン等はないが、憲法の持続可能性に関する条文(第3条、第14条、第57条、第258条、第259条、第276条)、およびSNPの「公共投資事業およびプログラム提案のためのガイドライン」⁵⁹⁶に事業の「社会的持続性」を明確にする要件を満たす必要があるとしている。しかしながら、この持続性については、事業の利害関係者(受益者)を明確に特定し、ジェンダー、民族、世代の平等を促進する行動や活動を宣言する(例えば、事業の仕様書にその旨を記載する)等の対応となる点にも留意が必要となる。

⁵⁸⁴ Ley Orgánica de los Consejos Nacionales para la Igualdad

⁵⁸⁵ Reglamento General a Ley Orgánica de los Consejos Nacionales para la Igualdad

⁵⁸⁶ L (レズビアン)、G (ゲイ)、B (バイセクシュアル)、T (トランスジェンダー)、I (インターセックス)

⁵⁸⁷ Agenda Nacional para la Igualdad de las Mujeres y Personas LGBTI

⁵⁸⁸ Primera Contribución Determinada a Nivel Nacional para el Acuerdo de París Bajo la Convención Marco de Naciones Unidas Sobre Cambio Climático

⁵⁸⁹ Metodología para la Transversalización de Género en la NDC (Nationally Determined Contributions)

⁵⁹⁰ Guía Técnica para la Integración del Enfoque de Género en la Gestión de Cambio Climático en Ecuador

⁵⁹¹ Lineamientos metodológicos para la incorporación del enfoque de género en iniciativas, acciones y productos desarrollados por el proyecto Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PLANACC)

⁵⁹² Plataforma para el intercambio de experiencias y mejores prácticas de los Pueblos Indígenas y las Comunidades Locales

⁵⁹³ 途上国による自国での森林保全活動に対し、先進国が経済的支援を行うメカニズム。

⁵⁹⁴ Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública

⁵⁹⁵ 別訳：本法の規定は、これらの契約には適用されない。

⁵⁹⁶ Guía para la Presentación de Programas y Proyectos de Inversión Pública

11.2 質の高いインフラ投資原則に照らしたエクアドルの制度の分析

本項では、インフラプロジェクトによってもたらされる効果について、どのような審査基準を設けているのかを確認するために、質の高いインフラ投資原則とエクアドルの公共投資管理に関連する制度・基準との一致点・相違点の分析を行う。主に以下の制度・基準を対象とする。

- 公共投資にかかるガイドライン類（11.1.1.(2)参照）
- 国家開発計画（PND）が示す優先順位付け、投資判断の基準（11.1.1.(3)参照）
- 公共投資事業形成・実施にかかる他の法令・規制など（環境社会配慮制度、公共調達制度等）

分析結果の概要を表 11-3 に示す。

表 11-3 質の高いインフラ投資原則とエクアドル制度の一致点・相違点

原則	エクアドルの制度等概要	一致点・相違点等	改善の方向性	
原則1 持続可能な成長や開発の達成のための、インフラによる正のインパクトの最大化				
1.1	経済活動の好循環の実現	<ul style="list-style-type: none"> ・ PND 2021-2025 の公共投資基準 (I-1 : 質の高い雇用創出、基準 I-3 : 競争力と生産性の向上) 等 	<ul style="list-style-type: none"> ・ PND の公共投資基準との比較では、多くの項目がほぼ合致している ・ 公共投資提案ガイドライン等では、こうしたインフラの効果を明示的に記載する仕様にはなっていない 	<ul style="list-style-type: none"> ・ インフラプロジェクトの計画に、インフラによる経済活動の好循環の実現の効果を明記すると望ましい
1.2	持続可能な開発や連結性の促進	<ul style="list-style-type: none"> ・ PND 2021-2025 の公共投資基準 (II-3 : 公共サービスへのアクセス、I-3 : インフラの連結性) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ PND と「持続可能な開発のための2030 アジェンダ」が整合的であると確認されている ・ インフラの連結性については PND 基準でも掲げられているが、公共投資提案ガイドラインでは明記されていない 	<ul style="list-style-type: none"> ・ インフラプロジェクトの計画に、インフラの連結性向上による効果を明記すると望ましい
原則2 ライフサイクルコストを考慮した経済性向上				
2.1	効率性を確保するに際しては、インフラ投資のライフサイクルでのコストとベネフィットを考慮に入れるべき	<ul style="list-style-type: none"> ・ TOR 作成ガイドラインで、財務分析 (IRR、NPV) ・ 経済分析 (EIRR、ENPV) の実施を義務付け ・ 公共投資作成ガイドラインでも、O&M コストを含む総投資額を前提とする 	<ul style="list-style-type: none"> ・ インフラ投資案件の計画時において、初期投資額と O&M 費用が考慮され、ライフサイクルコスト・ベネフィットの考え方が適用されている 	
2.2	インフラプロジェクトには、事業遅延やコストオーバーラン、および供用開始後におけるリスク軽減の戦略を含めるべき	<ul style="list-style-type: none"> ・ TOR 作成ガイドラインで、感応度分析の実施を義務付け 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 感応度分析で収益性に影響を及ぼしうる様々なリスクは考慮されているが、コストオーバーランなど具体的なリスクは明示されておらず、またリスク軽減策の策定義務もない 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 必ず考慮されるべきリスクを明記し、またリスク軽減策の提示を求めることが望ましい
2.3	既存インフラ、新規インフラの経済性を向上させるため、革新的技術を、インフラプロジェクトのライフサイクルを通じ、適切な場合に利用すべき	<ul style="list-style-type: none"> ・ TOR 作成ガイドラインで、人材・資源の運用効率の最大化について分析すべきと記述 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 革新的技術の活用は明示されていないものの、資源の運用効率化に包含されると考えられる 	
原則3 インフラ投資への環境配慮の統合				

3.1	これらの環境配慮を、インフラプロジェクトのライフサイクル全般に定着させるべき	<ul style="list-style-type: none"> ・インフラ事業の実施はそのライフサイクルの計画段階からEIAに基づく環境許認可の取得、および建設・供用後の各段階における環境管理/モニタリング計画や監査等の実施により、インフラプロジェクトの正・負双方の影響を資のプロセス全体に亘り取り込み、違反等に対しては事業中止等の罰則規定等がある法制度となっている 	<ul style="list-style-type: none"> ・個別プロジェクトに対するEIA、環境許認可、環境管理/モニタリング計画の制度はあるが、インフラプロジェクト全般に対しマクロ的政策として環境配慮の実効性を担保するような方針等は見当たらない。また、EIA、および環境許認可はSUMA制度により多くの地方自治体に委譲し実施される仕組みである。 ・SUMA継続改善と環境管理体制強化の認定監視制度等はあるものの、個別の事業に対し、環境配慮の実効性をMAATEが直接確認・評価等するシステムが明確ではない 	<ul style="list-style-type: none"> ・SUMAによる地方自治体とMAATE両者によるEIA評価、それに基づく環境管理/モニタリング計画の確実な実施と監視できるより強固な環境配慮体制構築のみならず、特に大型のインフラプロジェクトに対しては、EIAに加え政策・計画・プログラムのより上位な段階で実施する戦略的環境アセスメントの概念を導入し、計画・立案等の早い段階から環境配慮が盛り込める体制・制度の構築が望まれる
3.2	インフラ投資の環境への影響はあらゆる利害関係者に対して透明にされるべき	<ul style="list-style-type: none"> ・市民参加基本法による公開情報への無料のアクセスが保障され、環境正則化のための市民参加プロセス（公開説明集会、ワークショップ、事業関連文書提供、ウェブサイトでのアクセス、広報センターの設置等）におけるEIAにかかる情報開示、SUIAによる環境管理等情報のウェブ上での提供、透明性と公開情報アクセス基本法に基づくMAATEの環境管理行政情報のウェブサイト上での開示、および国家統計センサス局（INEC）による社会、経済、環境にかかる国家統計情報をウェブ上での提供等を通じ、環境影響にかかる情報はあらゆる利害関係者に対して透明にされる法制度となっている 	<ul style="list-style-type: none"> ・環境影響にかかる情報の開示にかかる法制度は整備されている。一方で、開示はEIA手続き等での説明会やワークショップ等においてローカル言語を使用すると等の配慮がされ、また、ウェブ上での情報提供が行われている ・一方でEIA手続きにおける説明会等で、一般市民がどの程度の理解できるのか、ネット接続、PCやスマホ等ICT端末の普及率やリタレシーをどの程度考慮しているのかが不明であり、地方部、低所得者や先住民等へのさらなる配慮や仕組み構築が必要となる 	<ul style="list-style-type: none"> ・デジタル化による情報開示の必要性和有効性はあるが、一方でより地域社会に密着でき簡便に環境配慮にかかる情報請求やコンサルテーションが実施可能となるよう、SUMAおよびSUIA制度の利点を生かし、MAATEや地方自治体が協力し、各地方にローカル言語に対応できる担当職員を配置した拠点を整備するなどの対応が考えられる
原則4 自然災害および、その他のリスクに対する強靱性の構築				
4.1	インフラを設計するに際しては、堅実な災害リスク管理を織り込むべき	<ul style="list-style-type: none"> ・公共投資計画規則で、自然災害リスク分析について、F/Sまたはプロジェクト文書に、脅威・脆弱性に関する調査のおよび対策等の記載を求める 	<ul style="list-style-type: none"> ・災害リスクの織り込みおよびその対応策の検討が義務付けられている 	

		・TOR 作成ガイドラインで、感応度分析の実施を義務付け		
4.2	適切に設計された災害リスクファイナンス・保険メカニズムはまた、予防措置への資金供給を通じ、強靱なインフラ整備を行うインセンティブを与えることに資する	・公共投資計画規則で、自然災害リスク分析について、F/S またはプロジェクト文書に、脅威・脆弱性に関する調査のおよび対策等の記載を求める ・危機管理技術庁の新規インフラプロジェクトの統括的管理における可変リスク対策ガイドラインで、リスク軽減策の一例として保険メカニズム等の活用について言及	・上記のとおり、自然災害リスクへの対策はF/S またはプロジェクト文書で検討されるが、災害リスクファイナンス・保険メカニズム等については言及されていない	
原則 5 インフラ投資への社会配慮の統合				
5.1	インフラ・サービスへの開放的なアクセスは、社会において差別を生じさせない方法で確保されるべき	・SNP の公共投資提案ガイドラインの「社会的持続性」に指針があり、ジェンダー、文化や世代間の平等の文脈の中で、公平で開放的な事業へのアクセス等の促進が示されている	・「社会的持続性」についての指針は整備されている ・同指針は、公共事業に対するガイドラインのため、その実効性に対しては法的な強制力はない	・事業の利害関係者（受益者）を明確に特定し、ジェンダー、民族、世代の平等を促進する行動や活動を宣言する（例えば、事業の仕様書(TOR)にその旨を記載する、事業実施ポリシーとして採用する）等の対応をすることが望ましい
5.2	プロジェクトのライフサイクルを通じて包摂性の実践を主流化すべき	・事業等の包摂性に関する直接的な法令やガイドライン等はないが、共和国憲法第 314 条、公共インフラ・サービスにかかる個別法令、公共投資事業およびプログラム提案のためのガイドラインにより、事業の「社会的持続性」を明確にする要件を満たす必要があるとしている	・同上	・同上
5.3	全ての労働者は、尊厳を持って、差別されることなく、インフラ投資により創出される雇用にアクセスする機会、技能を向上させる機会、安全で健康的な条件下で働くことのできる機会、公平に報償され扱われる機会を等しく与えられるべき	・労働者の尊厳・非差別・技術向上に関しては以下の法令および組織制度により保障、および実施されている - 共和国憲法 - 労働コード - 知識、創造、および革新にかかる社会経済基本コード ・エクアドル職業訓練局	・関連の法制度は整っていると評価されるが、プロジェクト実施においては、これら法制度は EIA における社会環境配慮、社会環境影響評価に基づく環境(社会)管理/モニタリング計画の中で管理されることになる ・したがって、SUMA 制度により多くの地方自治体が、コントラクターや事業運営者を通じ実施しているた	・環境(社会)管理/モニタリング計画の実施や EIA で提案されるインフラプロジェクトに特化した個別の苦情処理窓口設置等の社会配慮に加え、MAATE、労働省、プロジェクト管轄省、関連省、および地方自治体が協力し、インフラプロジェクトのコントラクターや事業運営者への抜き打ち調査や、定期的な査察等に基づく

		<ul style="list-style-type: none"> 女性のエンパワーメントについては共和国憲法、および「女性とLGBTIの人々の平等のための国家アジェンダ 2018-2021」に示されている。同アジェンダは、PNDの一部を構成し、女性のエンパワーメントに関してはSDGsの目標5と整合性を持ち、労働法などの個別法やマニュアルやガイドライン等の関連文書の基礎となる上位の国家政策を採択している 	<ul style="list-style-type: none"> め、個別の事業に対しその実効性をMAATEが確認・評価等するシステムが明確でない 	<ul style="list-style-type: none"> 評価制度等を導入することが望ましい
5.4	<p>インフラの建設現場、周辺コミュニティの双方において、職場における安全面・健康面での条件を整備すべき</p>	<ul style="list-style-type: none"> 安全面・健康面に関しては以下の法令、政策、および関連組織により規制、保障および実施されている。 <ul style="list-style-type: none"> - 共和国憲法 - 労働衛生国家政策 2019-2025 - 保健基本法 - 労働コード - 公正労働と在宅業務認定に関する基本法 - 社会保障法 - 公共サービス有機法規則 - 労働者の安全衛生および労働環境の改善に関する規則 - 企業の医療サービス運営に関する規則 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 同上 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 同上
原則 6 インフラガバナンスの強化				
6.1	<p>インフラプロジェクトが、価格に見合った価値 (value for money) を実現し、安全であり、効果的であることを確保し、それにより当初想定された利用法から逸脱しないようにするため、調達における開放性と透明性が確保されるべ</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ CIAPP の PPP プロジェクト策定承認ガイドラインでは、プロジェクト審査時に VfM 分析を実施すると規定 	<ul style="list-style-type: none"> ・ PPP に限って VfM の検討を規定 	

	き			
6.2	個々のプロジェクトの財務面での持続可能性を評価するとともに、利用可能な資金全体の枠内で候補となるインフラプロジェクトを優先付けするため、良く設計され、機能し得るガバナンスの制度を整備すべき	<ul style="list-style-type: none"> ・TOR 作成ガイドラインで、投資事前調査の財務分析を踏まえてプロジェクトの優先付けを規定 	<ul style="list-style-type: none"> ・財務面の持続可能性を評価したうえで、プロジェクト間の優先付けが行われている 	
6.3	透明性と併せ、腐敗防止に向けた努力は、インフラ投資の廉潔性を守り続けるべきもの	<ul style="list-style-type: none"> ・公共財政・計画組織法第5条で、透明性の確保を規定 ・「機会創出計画 2021-2025」にて汚職撲滅を目標の1つとして掲げる 	<ul style="list-style-type: none"> ・公共財政・計画にかかる情報の透明性確保が定められるとともに政府として汚職撲滅を重要事項として掲げている 	
6.4	適切な情報やデータへのアクセスは、投資の意思決定や、プロジェクトの管理や評価を支援する要素	<ul style="list-style-type: none"> ・全ての公共投資案件は、SIPeIPを通じて申請することを義務付け ・公共契約システムにおいて、入札図書や契約書等を一般公開 	<ul style="list-style-type: none"> ・公共投資の計画から実施に至るまで情報がSIPeIPに集約されており、投資意思決定やプロジェクト管理・評価を支援するシステムが整備されている 	

出典：JICA 調査団作成

原則 1 持続可能な成長や開発の達成のための、インフラによる正のインパクトの最大化

1-① 経済活動の好循環の実現

質の高いインフラ投資原則では、インフラがもたらす経済の好循環は、以下のように様々な形をとり得る、とされる。

- インフラの建設、運営、維持管理を通じた新たな雇用の創出
- インフラの正の波及効果による経済への刺激、雇用の需要増加
- 先進技術やノウハウの移転
- より良い資源配分や、能力強化、技能の向上、生産性の向上
- 経済の潜在成長力を高め、民間投資を呼び込むことによる、貿易や投資、経済発展の促進

現行の PND 2021-2025 が示す公共投資の基準との比較では、多くの項目がほぼ合致している。新たな雇用創出については、「基準 I-1：質の高い雇用創出」として挙げられているほか、「基準 I-3：競争力と生産性の向上」においてもインフラがもたらす効果としての生産性向上が示されて。また PND は、その目標の 1 つ（目標 2）として「対外貿易、観光、投資誘致、金融システムの近代化を強化する明確なルールに基づいた経済システムを促進する」（表 3-2 参照）を掲げており、投資を促進する環境整備についても十分認識されていると考えられる。

一方、公共投資プログラム・プロジェクト提案ガイドライン（以下、「公共投資提案ガイドライン」）等において、インフラがもたらすこうした効果を、計画段階で明示的に記載する仕様にはなっていない。公共投資プロジェクトと PND が示す基準との合致を明確に示すために、プロジェクト計画に当該インフラプロジェクトがもたらす正のインパクトを明記するようにすることがより望ましい。

1-② 持続可能な開発や連結性の促進

インフラ投資原則の中で、本項目は、インフラ開発と SDG や国・地方の開発戦略等との整合性に加え、人々のインフラアクセスの向上およびインフラの連結性向上を通じた経済活動の好循環の実現を目指している。

PND 2021-2025 において、PND と「持続可能な開発のための 2030 アジェンダ」⁵⁹⁷の整合性が確認されており、PND の掲げるターゲットのうち 95%が同アジェンダと合致している。

人々のインフラへのアクセス向上については、PND の示す公共投資の基準に「質の高い公共サービスへのユニバーサルなアクセス（基準 II-3）」が明記されているほか、公共投資提案ガイドラインは対象地域の現状分析や需要分析を実施することを定める。

また、インフラの連結性については、PND の公共投資基準（基準 I-3）で「より良い連結性と価格競争力のあるロジスティクスを可能とするインフラと質の高いサービスにより、財・サービスの生産部門の生産性を向上」するとしており、その重要性は十分に認識されて

⁵⁹⁷ The 2030 Agenda for Sustainable Development

いる。一方、公共投資提案ガイドライン等において、インフラプロジェクトの計画に、インフラの連結性向上による正のインパクトを明記するようにはなっていないことから、これを記載する仕様とすることが望ましい。

原則 2 ライフサイクルコストを考慮した経済性向上

2-① 効率性を確保するに際しては、インフラ投資のライフサイクルでのコストとベネフィットを考慮に入れるべき

公共調達制度において、各省庁は TOR 作成ガイドラインに基づいて事前調査を計画・実施している。事前調査は、基礎調査・プレ F/S・F/S・詳細計画調査の 4 段階に分かれており、プレ F/S 以降に、インフラ投資のコストを試算したうえで財務分析および経済分析を行うことが義務付けられている。当該調査結果を基に、各省庁がプロジェクト計画を作成し、大統領府開発計画庁に提出し、プロジェクトの優先付けを行うプロセスとなっている。

コストについては、建設費（土木工事費、機材費、電気設備費、エンジニアリング費、環境対策費、整備工事費等）に加えて、間接的費用（仮設費、保証、保険、ファイナンスコスト）や O&M 費用について試算することが義務付けられている。また、投資案件の収益性を検討するため、内部収益率（IRR）および正味現在価値（NPV）の試算や感応度分析も必要とされている。これら財務分析だけでなく、経済分析も義務付けられており、経済社会コストの試算も求められる。こちらについても同様に、経済的内部収益率（EIRR）および経済的正味現在価値（ENPV）の計算が必要である。

TOR 作成ガイドラインでは、「ライフサイクルコスト」という言葉は用いられていないが、インフラ投資案件の計画時に、初期投資額だけでなく、建設後の O&M 費用も含めて検討することとされており、ライフサイクルコストの考え方が適用されている。

なお、投資事前調査実施後は、公共投資プログラム・プロジェクト作成ガイドライン（以下、「公共投資作成ガイドライン」）に基づいて、プロジェクト計画を作成するが、当該ガイドラインでは、O&M コストも含めて総投資額を提示することを前提としている。O&M コストを総投資額に含めない場合は、運用期間中の資金源について説明をする必要がある。

2-② インフラプロジェクトには、事業遅延やコストオーバーラン、および供用開始後に おけるリスク軽減の戦略を含めるべき

TOR 作成ガイドラインでは、事業遅延やコストオーバーランといった具体的なリスクを明示していないが、収益性に影響を及ぼしうる様々なリスクについて考慮した上でシナリオ分析およびリスク分析を行うこととしている。ただし、リスク軽減策の策定義務までは言及されていない。電力セクターにおいては、発電事業、送配電事業等の事業類型ごとに特に分析すべきリスクの種類を示し、その管理方法を定めることがより望ましい。

2-③ 既存インフラ、新規インフラの経済性を向上させるため、革新的技術を、インフラプロジェクトのライフサイクルを通じ、適切な場合に利用すべき

TOR 作成ガイドラインでは、革新的技術の利用について言及されていない。プロジェクト

ト実施時の人材および資源の運用効率の最大化について分析すべきとしており、インフラの経済性を向上すべきとの考えが盛り込まれている。

原則 3 インフラ投資への環境配慮の統合

3-① 環境配慮をインフラプロジェクトのライフサイクル全般に定着させるべき

インフラ事業の実施はそのライフサイクルの計画段階から EIA に基づく環境許認可の取得、および建設・供用後の各段階における環境管理/モニタリング計画や監査等の実施により、インフラプロジェクトの正・負双方の影響を資のプロセス全体に亘り取り込み、違反等に対しては事業中止などの罰則規定などがある法制度となっている。

3-② インフラ投資の環境への影響はあらゆる利害関係者に対して透明にされるべき

市民参加基本法⁵⁹⁸による公開情報への無料のアクセスが保障され、環境正則化のための市民参加プロセス（公開説明集会、ワークショップ、事業関連文書提供、ウェブサイトでのアクセス、広報センターの設置等）における環境影響評価にかかる情報開示、環境情報統一システム（SUIA）によるウェブ上での環境管理等情報の開示、透明性と公開情報アクセス基本法⁵⁹⁹に基づき、MAATE における環境管理行政情報のウェブサイト上での開示、および統計国勢調査局（INEC）による社会、経済、環境にかかる国家統計情報をウェブサイト上での提供等を通じ、環境影響にかかる情報等はあらゆる利害関係者に対して透明にされる法制度となっている。

原則 4 自然災害およびその他のリスクに対する強靱性の構築

4-① インフラを設計するに際しては、堅実な災害リスク管理を織り込むべき

TOR 作成ガイドラインでは、投資事前調査においてリスク分析を実施することを義務付けているが、具体的なリスクの種類やその管理方法の記載義務までは示していない。

一方、公共投資計画にプログラムおよびプロジェクトを組み込むための規則（以下、「公共投資計画規則」）においては、自然災害リスクの分析について、F/S またはプロジェクト文書に、脅威と脆弱性に関する調査の結果を含めなければならないとしている。脆弱性を最小限に抑えるための対策、予防・緩和策等に対応するためのリソースを含めるものとしている。

なお、考えられる脅威と脆弱性の情報がない場合、実施機関は自然リスクや人為的リスクの存在について判断するとともに、考えられるリスクの予防策・軽減策とそれらの費用について判断し、当該費用をプロジェクトの投資額に含めることができるとしている。

4-② 適切に設計された災害リスクファイナンス・保険メカニズムはまた、予防措置への資金供給を通じ、強靱なインフラ整備を行うインセンティブを与えることに資する

前述のとおり、自然災害のリスクに対する予防・緩和策について、F/S またはプロジェクト

⁵⁹⁸ Ley Orgánica de Participación Ciudadana

⁵⁹⁹ Ley Orgánica de Transparencia y Acceso a la Información Pública

ト文書に含めることとしているが、具体的な緩和策として災害リスクファイナンス・保険メカニズムなどについては言及されていない。

一方、危機管理技術庁⁶⁰⁰の「新規インフラプロジェクトの統合的管理における可変リスク対策ガイドライン」⁶⁰¹では、リスク軽減策の一例として、保険メカニズム等の活用について言及している。

原則 5 インフラ投資への社会配慮の統合

5-① インフラ・サービスへの開放的なアクセスは、社会において差別を生じさせない方法で確保されるべき

国家計画事務局（SENPLADES）の「公共投資事業およびプログラム提案のためのガイドライン」の「社会的持続性」に以下の指針があり、ジェンダー、文化や世代間の平等の文脈の中で、公平で開放的な事業へのアクセス等の促進が示されている。

- 事業による影響範囲の社会資本の維持と増加への貢献は、ジェンダー、異文化間、世代間、市民参加のアプローチに従い、社会的公平性と平等の促進を通じて保障されなければならない。
- また経済的、社会的、文化的側面における社会のバランスを目指す必要がある。

5-② プロジェクトのライフサイクルを通じて包摂性の実践を主流化すべき

プロジェクトの包摂性に関する直接的な法令やガイドライン等はないが、共和国憲法第314条、公共インフラ・サービスにかかる個別法令、公共投資事業およびプログラム提案のためのガイドラインにより、事業の「社会的持続性」を明確にする要件を満たす必要があるとしている。

5-③ 全ての労働者は、尊厳を持って、差別されることなく、インフラ投資により創出される雇用にアクセスする機会、技能を向上させる機会、安全で健康的な条件下で働くことのできる機会、公平に報償され扱われる機会を等しく与えられるべき

労働者の尊厳・非差別・技術向上に関しては以下の法令および組織制度により保障、および実施されている。

- 共和国憲法（第33条、第329条、および第331条）
- 労働コード（第IV章 雇用者と労働者の義務、および差別の防止に関する各条文（第42条、第44条、第46条、第79条、第195条、第220条）により、労働者の尊厳・非差別が保障される。
- 知識、創造、および革新にかかる社会経済基本コード：知識、創造性、革新性の社会的経済に関連する開発活動を展開するすべての個人、法人やその他の団体に適用される。

⁶⁰⁰ Secretaría de Gestión de Riesgos

⁶⁰¹ SNGR “Guía para la incorporación de la variable riesgo en la Gestión Integral de Nuevos Proyectos de Infraestructura”

- エクアドル職業訓練局⁶⁰²：国レベルでの訓練や専門的なトレーニングを実施する労働省管轄の公的機関で、各種職業訓練の技能認定と能力開発にかかる研修等を実施する。

また、女性のエンパワーメントについては、以下のとおり、共和国憲法、関連政策に示されている。

- 共和国憲法の第 70 条：国は、法律により設置された専門機関を通じ、女性と男性間の平等を達成するための政策を立案・実施するとともに、計画やプログラムにおいてジェンダー・アプローチを主流化し、公共部門における義務的な実施のための技術支援を行う。
- 「女性と LGBTI の人々の平等のための国家アジェンダ 2018-2021」：共和国憲法によりジェンダー対応に関する権限を与えられた国家政策で、女性のエンパワーメントに関する戦略に繋がる政策となる。
- NDC におけるジェンダー主流化のための方法論：本国家アジェンダ 2018-2021 の政策と目標、およびアプローチを、a. 「PND 2017-2021 の一部でライフサイクルを通じ権利の主体を中心に据えていること」、および b. 「SDGs の目標 5（ジェンダーの平等を達成し、すべての女性と女兒のエンパワーメントを図る）と整合し多様な形態の差別に焦点を当てる交差的なアプローチを採択している」、としている。

すなわち、本国家アジェンダ 2018-2021 は、PND の一部を構成し、女性のエンパワーメントに関しては SDGs の目標 5 と整合性を持ち、労働法等の個別法やマニュアルやガイドライン等の関連文書の基礎となる上位の国家政策を採択している。

5-④ インフラの建設現場、周辺コミュニティの双方において、職場における安全面・健康面での条件を整備すべき

安全面・健康面に関しては以下の法令、政策、および関連組織により規制、保障および実施されている。

- 共和国憲法（第 3 条、第 32 条第 5 項、および第 326 条）：健康や社会保障、および労働者の安全や健康を守る権利を持つことを保障している。
- 労働衛生国家政策 2019-2025：エクアドル初の政策で、包括的で質の高いケアを通じ健康の決定要因に対処し労働者の健康と幸福に貢献することを目的とし戦略的ガイドラインが整備されている。
- 保健基本法：国家保健制度の組織および運営に関する原則および一般規則を定めた法令で、この中に労働衛生や安全等に関する条文（第 6 条（第 16 項）、第 34 条、第 95 条、第 117 条、第 118 条、第 120 条、198 条、第 258 条）が整備されている。
- 労働コード：雇用者と労働者の義務等を定めた法令で、同コードが規定している労働衛生や安全等に関する条文（第 42 条、第 410 条、第 430 条）が整備されている。
- 公正労働と在宅業務認定に関する基本法：家庭内就労等の保障等を定めた基本法

⁶⁰² Servicio Ecuatoriano de Capacitación Profesional

で、労働災害に関する条文（第 52 条）が整備されている。

- 社会保障法：労働災害等の保障を定めた法令で、労働災害総合保険に関する条文（第 155 条）が整備されている。
- 公共サービス基本法規則：公共部門における労働者の管理方法を規定した公共サービス基本法⁶⁰³にかかる規則で、労働衛生にかかる条文（第 228 条、第 229 条、第 230 条）が整備されている。
- 労働者の安全衛生および労働環境の改善に関する規則（大統領令第 2393 号）：本規則には、建設現場等における労働者の暴露騒音限界レベル、PPE 等労働者の安全基準や PCB 取り扱いや事業セクター別の環境基準等の規定が盛り込まれている。
- 企業の医療サービス運営に関する規則（合意番号 1404）：企業の医療サービスの適用、管理、遵守を労働省およびエクアドル社会保障研究所⁶⁰⁴の対応機関に委ねる規則である。

原則 6 インフラガバナンスの強化

6-① インフラプロジェクトが、価格に見合った価値（VfM）を実現し、安全であり、効果的であることを確保し、それにより当初想定された利用法から逸脱しないようにするため、調達における開放性と透明性が確保されるべき

TOR 作成ガイドラインでは、VfM に関する記述はない。一方、CIAPP の「PPP プロジェクト策定承認ガイドライン」では、プロジェクト審査時に VfM 分析を実施すると規定している。

6-② 個々のプロジェクトの財務面での持続可能性を評価するとともに、利用可能な資金全体の枠内で候補となるインフラプロジェクトを優先付けするため、良く設計され、機能し得るガバナンスの制度を整備すべき

TOR 作成ガイドラインでは、投資事前調査における財務分析を義務付けており、当該調査結果に基づき、プロジェクトの優先付けを行うこととしている。また、F/S 以降においては、案件の目的を達成するための管理モデル（戦略および運用）を定めた上で、運用ルール・マニュアルを策定することを義務付けており、ガバナンスの制度を整備させている。

6-③ 透明性と併せ、腐敗防止に向けた努力は、インフラ投資の廉潔性を守り続けるべき

公共財政・計画組織法第 5 条において、公共財政および計画にかかる情報については、憲法および同法の規定に沿ってアクセスフリーとし、透明性を確保することと定めている。

また、国家計画庁が策定した「機会創出計画 2021-2025」において、汚職撲滅を目標の一つとして掲げている。過去の公共調達においては、政府による制御能力の弱さが原因で汚職事件が発生してしまっており、現状を打開すべく急進的な方法で腐敗防止に向けた取り組みに着手するとしている。2025 年に向けた具体的な目標として、政府の組織信頼レベルを

⁶⁰³ Ley Orgánica del Servicio Público

⁶⁰⁴ Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social

25%から 30%に高めること、世界腐敗認識ランキングを 93 位から 50 位に改善することを挙げている。

6-④ 適切な情報やデータへのアクセスは、投資の意思決定や、プロジェクトの管理や評価を支援する要素

SNP によれば、すべての公共投資案件は、公共投資作成ガイドラインに基づいて必要書類を準備し、SIPeIP を通じて申請することが義務付けられている⁶⁰⁵。公共投資の計画から実施に至るまで情報が SIPeIP に集約されており、公共投資案件の手続きの透明性が制度的に担保されている。なお、公共投資案件承認後の調達時においては、入札図書や契約書等が公共契約システム⁶⁰⁶で一般公開されている。

11.3 質の高いインフラ投資原則に照らしたドナー案件の分析

11.3.1. 分析対象の案件

本項では、エクアドルの電力セクターにおいて MDBs による支援や二国間援助の下で実施された案件について、質の高いインフラ投資原則との一致・相違点を、プレ F/S・F/S 報告書等を基に分析する。対象は、6.4 で取り上げたドナー案件のうち、以下の 3 件とする。

- (1) エクアドル—ペルー500kV 連系線プロジェクト (IDB が支援)
- (2) Puerto Ayora 太陽光発電プロジェクト (韓国・KOICA が支援)
- (3) Coca Codo Sinclair 水力発電プロジェクト (中国が支援)

11.3.2. 各案件の分析結果

(1) エクアドル—ペルー500kV 連系線プロジェクト

IDB が「エネルギーマトリクス転換に向けた支援」⁶⁰⁷等を通じて支援するエクアドル—ペルー間の 500kV 連系線プロジェクトについて、主にエクアドル側の送電設備 (Chorrillos 変電所から国境まで) にかかるプレ F/S の TOR (2014 年 10 月発行) ⁶⁰⁸および EIA 報告書 (2020~21 年実施) ⁶⁰⁹の内容を分析する。同連系線は、エクアドルからペルーまで 635km を 500kV 線で結び、両国での水力を含む再エネ由来の電力取引を活発化させることを目的とする。エクアドル側では、3 億米ドルの予算を見込み、2024 年前半までの着工を目指す⁶¹⁰。

⁶⁰⁵ SNP ウェブサイト <https://www.gob.ec/snp/tramites/emision-pronunciamiento-dictamen-prioridad-actualizacion-estudios-programas-proyectos-inversion>

⁶⁰⁶ Sistema Oficial de Contratación Pública

⁶⁰⁷ プロジェクト概要は 6.4(1)を参照されたい。

⁶⁰⁸ CELEC (2014) “Servicio de Consultoría para el Desarrollo del Anteproyecto ‘Interconexión en 500 kV Ecuador – Perú’ Términos de Referencia”に基づく。プレ F/S や F/S 報告書が入手できなかったため、入手できたプレ F/S の TOR を分析した。

⁶⁰⁹ Transelectric (2021) “Estudio de Impacto Ambiental y Social para el Proyecto Línea de Transmisión en 500 kV entre Ecuador-Perú (Sistema de Transmisión Chorrillos-Frontera)”

⁶¹⁰ CELEC 社プレスリリース (2020 年 11 月 16 日) <https://www.celec.gob.ec/transselectric/index.php/18-institucional/contenido-documentos/430-celec-ep-inicia-los-estudios-para-el-sistema-de-interconexion-electrica-ecuador-peru-a-500-kv>

原則 1 持続可能な成長や開発の達成のための、インフラによる正のインパクトの最大化

プレ F/S の TOR によると、プレ F/S 段階では、経済活動の好循環にかかる調査分析を求められていない。なお、本原則に関しては、TOR 作成ガイドラインでも言及されていない。また、持続可能な開発や連結性の促進に関してもプレ F/S の TOR には記載がない。

原則 2 ライフサイクルコストを考慮した経済性向上

プレ F/S の TOR では、プレ F/S の受託者は、本事業の予算を試算することとされる。一方、予算内容は建設費に留まり、少なくともプレ F/S 時点では、供用開始後のコストの試算は求められておらず、プロジェクトのライフサイクル全体でのコストベネフィットが考慮されていない。事業遅延やコストオーバーラン、および供用開始後のリスクにかかる分析や軽減策の検討についても、プレ F/S の TOR には記載がない。なお、リスク軽減策については TOR 作成ガイドラインでも言及されていない。また、既述のとおり、同ガイドラインは革新的技術の利用について言及しておらず、プレ F/S の TOR にもそれに関する記載はない。

原則 3 インフラ投資への環境配慮の統合

プロジェクトのライフサイクル全体での環境配慮という点に関しては、EIA 報告書で、環境社会の関連法規、事業周辺地帯のベースラインのレビュー、影響評価、緩和策の検討や、建設時・供用時から閉鎖時における以下に示す環境管理計画、および各環境管理計画に基づくモニタリング計画が計画されている。

- 影響防止・軽減計画
- 廃棄物管理計画
- 環境にかかるコミュニケーション・トレーニング・教育計画
- コミュニティリレーションズ計画（地域社会関係管理計画）
- コンティンジェンシープラン（危機管理計画）
- モニタリング・フォローアップ計画
- 労働者安全衛生計画
- 被影響地域の復旧計画
- 土地放棄・返還計画

環境社会配慮にかかる情報開示やコンサルティング協議や情報開示などは、EIA 評価制度や環境許可制度などの環境管理法制度や情報開示関連法規に基づいて実施される。しかしながら、EIA 報告書には、コンサルティング協議や公聴会実施の明確なエビデンス（議事録、署名入り参加者リストや写真等）が添付されていない。

一方、上記のとおり EIA 報告書に関連の EMP が計画され、利害関係者に対する環境への影響の透明化に関連する項目が表 11-4 のとおり整備されている。

表 11-4 EIA 報告書における原則 3 にかかる記載

13 環境管理計画
13.3 コミュニケーション・トレーニング・環境教育計画
13.4 コミュニティリレーションズ計画
13.4.1 情報・コミュニケーションプログラム

出所：EIA 報告書

原則 4 自然災害およびその他のリスクに対する強靱性の構築

自然災害リスクの分析について、少なくともプレ F/S の TOR には記載がない。また、既述のとおり、TOR 作成ガイドラインは災害リスクファイナンスや保険メカニズム等について言及しておらず、プレ F/S の TOR にもそれに関する記載はない。

原則 5 インフラ投資への社会配慮の統合

既述のとおり、インフラプロジェクトにおける社会配慮は、環境管理制度および EIA・環境行政許認可制度に内包され、関連法規に従い実施される。また、EIA 報告書に関連の環境管理計画が記載されている。その中で、労働者に対する配慮および建設現場・周辺コミュニティの安全面・健康面での配慮に関連する項目が表 11-5 のとおり整備されている。

表 11-5 EIA 報告書における原則 5 にかかる記載

7 プロジェクト内容
7.4 プロジェクトの実施内容とそれらにかかる要件
7.4.2 労働者にかかる要件
7.5 安全にかかる考慮事項
13 環境管理計画
13.3 コミュニケーション・トレーニング・環境教育計画
13.4 コミュニティリレーションズ計画
13.4.3 現地住民の雇用プログラム
13.4.7 コミュニティ安全管理プログラム
13.7 労働者安全衛生計画

出所：EIA 報告書

原則 6 インフラガバナンスの強化

既述のとおり、TOR 作成ガイドラインは VfM について言及しておらず、プレ F/S の TOR にもその検討に関する記載はない。また、財務面での持続可能性評価や透明性確保・腐敗防止に関する記載もない。一方、公共投資案件承認後の調達時においては、公共契約システムで入札図書や契約書等が一般公開されており、本プロジェクトの入札図書なども入手可能である。これにより、インフラ投資の廉潔性を確保していると考えられる。

以上より、少なくともプレ F/S の TOR においては、全般的に質の高いインフラ投資原則に照らすと十分な検討・分析が盛り込まれていないことがわかる。

(2) Puerto Ayora 太陽光発電プロジェクト

KOICA による支援の下、ガラパゴス諸島の1つであるサンタクルス島で実施された Puerto Ayora 太陽光発電プロジェクト⁶¹¹について、主にプレ F/S 報告書（2010年7月発行）⁶¹²の内容を分析する。同発電所は総容量 1.5MW で、サンタクルス島での需要拡大に対応するため建設され、2014年に運転を開始した。

原則 1 持続可能な成長や開発の達成のための、インフラによる正のインパクトの最大化

経済活動の好循環の実現という観点では、プレ F/S 報告書で、エクアドルおよびガラパゴス諸島の社会・経済概況を示しているが、本プロジェクトがもたらす経済活動の好循環にかかる言及はない。一方、事業完了報告書では、ディーゼル発電の削減に伴う CO₂ 排出低減を本プロジェクトによる正のインパクトとして記載している。

持続可能な開発・連結性の促進という観点では、プレ F/S 報告書で、本プロジェクトの発電施設が接続する既存の電力システムについて言及されている。また、事業完了報告書では、実施機関である EE Galapagos の財務的な持続可能性、および運営・維持管理にかかる技術力・組織能力について評価しているほか、MERNNR など関連政府機関の再エネ促進に向けたコミットメントが言及されている。その他の持続可能な開発にかかる経済・環境・ガバナンスの側面については、「原則 2」以降で後述するとおりである。

原則 2 ライフサイクルコストを考慮した経済性向上

プレ F/S 報告書の「プロジェクト運営計画」の章で、建設工事費や機材費等の初期投資費用が試算されている。エクアドル側からは当初 7.2 百万米ドルの支援要請だったが、他の類似プロジェクトを参照しながら再考した結果プレ F/S では 10 百万米ドルが妥当であると結論付けられた。10 百万米ドルには、発電所建設のほか、広報センターの建設や O&M に関する技術移転の費用が含まれる。また、プレ F/S 報告書の「モニタリング・評価計画」の章で事前・通常・中間・最終・事後評価を行うことが定められているが、着工前に実施する事前評価ではプロジェクト規模や予算の適切性について検証されることになっている。他方、運転開始後の O&M の重要性が認識され、現地職員のトレーニングも含まれているが、少なくともプレ F/S 時点では O&M 費用は示されていない。

さらに、同章は以下のような建設・運営段階における 3つのリスクとそれらの軽減策を記述しているが、1 ページに満たない分量で十分なリスク分析がされているとは言えない。加えて、リスクを考慮した複数シナリオでの経済性分析（感応度分析）も行われていない。

- 岩盤や土壌の状態によるプロジェクトの手法・予算の不確実性
- 本発電所が接続されることによる既存系統への影響（無効電力や電圧の制御）
- エクアドル政府による財政的・政策的支援の不足による安定的な O&M の欠如

なお、革新的技術の利用については、プレ F/S 報告書で言及されていない。

⁶¹¹ プロジェクト概要は 6.4(4)を参照されたい。

⁶¹² KOICA (2010) “Photovoltaic Power Station Project in the Galapagos Islands, Ecuador - Prefeasibility Study Final Report”

原則 3 インフラ投資への環境配慮の統合

プレ F/S で、戦略的環境アセスメントの実施、環境フィージビリティレビューとしての整理、およびプロジェクト工程に環境アセスメント実施の計画がされているに留まり、プロジェクトライフサイクル全体で環境配慮が定着されているとは言えない。また、プレ F/S 報告書で戦略的環境アセスメントの実施が言及されていることから、ステークホルダー参加による上位の計画段階で影響評価にかかる協議が適宜実施されていると考えられる。また、環境アセスメントのプロセスの中で関連法規に基づいて情報開示が行われることになるが、プレ F/S 報告書は、環境アセスメントの工程を示すに留まっている。

原則 4 自然災害およびその他のリスクに対する強靱性の構築

本発電所が位置するサンタクルス島は大規模な休火山であり、地震や噴火といった自然災害が考え得る。さらに、エクアドル本土沖などで巨大地震が発生すると、ガラパゴス諸島は津波によって被害を受ける恐れがある。2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震では、地震発生から16時間後にガラパゴス諸島に津波が到達し、サンタクルス島、特に本発電所が設置された Puerto Ayora が浸水によって大きな被害を受けた。⁶¹³ しかしながら、プレ F/S 報告書では、災害リスク管理については触れられておらず、災害リスクファイナンスや保険メカニズム等についても言及していない。

原則 5 インフラ投資への社会配慮の統合

インフラへの開放的なアクセスに関しては、プレ F/S で戦略的環境アセスメントの実施、社会的・文化的フィージビリティとしての整理、およびプロジェクト工程に環境アセスメント実施の計画がされているに留まる。また、プロジェクトライフサイクルを通じた包摂性の実践や労働者に対する配慮、建設現場・周辺コミュニティにおける安全面・健康面の配慮にかかる記載はない。

原則 6 インフラガバナンスの強化

既述のとおり、TOR 作成ガイドラインは VfM について言及しておらず、プレ F/S 報告書の TOR にもその検討に関する記載はない。また、財務面での持続可能性評価や透明性確保・腐敗防止に関する記載もない。なお、公共投資案件については、承認後の調達時に公共契約システムで入札図書や契約書などが一般公開されるが、本プロジェクトにかかる資料は確認できない。

以上より、本プロジェクトについても、少なくともプレ F/S では、全般的に質の高いインフラ投資原則に照らすと十分な検討・分析がなされていないと言える。

⁶¹³ JICA プレスリリース (2021年9月6日)

(3) Coca Codo Sinclair 水力発電プロジェクト

中国から多額の融資を受けて実施された Coca Codo Sinclair 水力発電プロジェクト⁶¹⁴について、主に F/S 報告書（2009 年 6 月発行）⁶¹⁵や Definitive EIA 報告書（2009 年 5 月発行）⁶¹⁶の内容を分析する。同発電所の総工費は 26 億米ドルで、エクアドル最大のインフラプロジェクトである。総容量は 1,500MW で、2016 年に運転を開始した。

原則 1 持続可能な成長や開発の達成のための、インフラによる正のインパクトの最大化

F/S 報告書の第 2 章「電力セクターの現状」において、PME 2007-2016 を参照しつつ、電力需給分析が示されており、本プロジェクトの必要性が説明されている。一方、本プロジェクトが幅広い分野でもたらす経済活動の好循環を示すには至っていない。第 5 章「経済評価」でもこれら社会・経済面での正の波及効果を含めた経済分析が行われていない。また、F/S 報告書の「電力セクターの現状」において、関係する送電設備の整備状況が概説されているが、インフラの連結性の観点での分析はみられない。持続可能な開発にかかる経済・環境・ガバナンスの側面については、「原則 2」以降で後述するとおりである。

原則 2 ライフサイクルコストを考慮した経済性向上

F/S 報告書の「予算および投資」の章で、建設工事費や機材費等の初期投資費用だけでなく、発電所の運用開始後の O&M 費用についても試算されている。F/S 時点では、O&M 費用を機材投資額の 1.5%、ならびに土木工事費および送電線投資額の 0.8%とし、年間計 14.77 百万米ドルと見積もっている。

この見積額を基に、F/S 報告書の「経済的評価」の章では、本プロジェクトの経済性を分析している。評価にあたっては、「ベースケース」と請負者のリスクを考慮した「EPC 契約ケース」で分析を行っている。発電所の供用期間が 50 年との前提で費用・便益を試算した結果、IRR はベースケースで 10.24%、EPC 契約ケースで 10.66%となっている。感応度分析も行っており、建設工事費が 20%増減した場合の IRR も計算している。また、電気料金の変動した場合の IRR も試算している。しかしながら、F/S 報告書では総工費が約 16 億米ドルと見積もられているのに対し、実際には 22 億米ドルと 4 割弱上振れしている。このほか、6.4(5)で述べたように、運転開始後に多数のひび割れが発見されるなど、品質上も問題を抱える。建設工事が遅れたこと、こうした品質不良に伴ってしばらくは定格能力の半分以下しか運転できない状態であったことから⁶¹⁷、収入は当初計画を下回っていたと考えられる一方、逆行性浸食が発生し、同発電所の集水に影響を与える恐れがあることから、140 百万米ドルを投じて対策が行われる予定で⁶¹⁸、コストは膨らむ一方である。

本プロジェクトの F/S は、TOR 作成ガイドラインに概ね沿った形で実施されており、ラ

⁶¹⁴ プロジェクト概要は 6.4(5)を参照されたい。

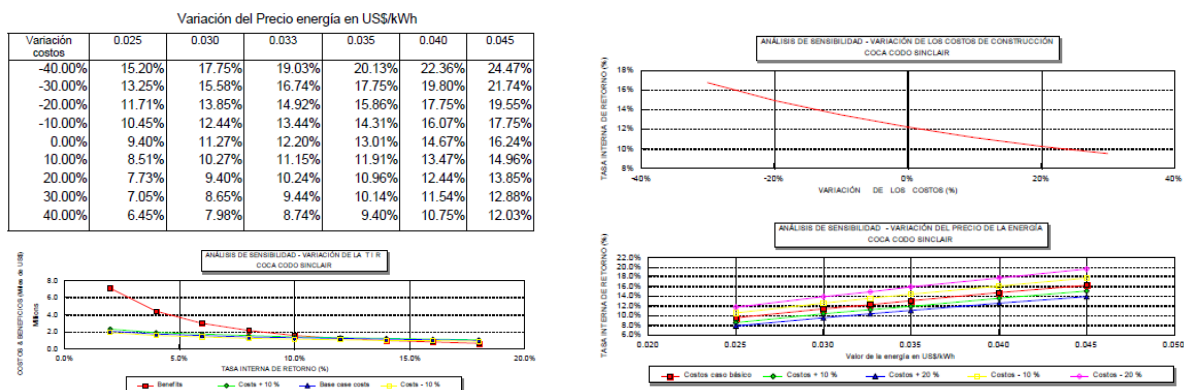
⁶¹⁵ ELC Electroconsult (2009) “Proyecto Hidroeléctrico Coca Codo Sinclair - Estudio de Factibilidad para 1500 MW, Tomo 2, Volumen 2, Presupuesto y Evaluaciones Económicas”

⁶¹⁶ Cocasinclair (2009) “Estudio de Impacto Ambiental Definitivo Proyecto Hidroeléctrico COCA CODO SINCLAIR”

⁶¹⁷ 2021 年 11 月から 100%稼働している (BNamericas “The Coca Codo Sinclair plant resumed its operation with 100% of its installed capacity” (15 Nov 2021)).

⁶¹⁸ Hydro Review “Ecuador to invest US\$140 million in protection work for 1,500-MW Coca Codo Sinclair” (16 Jun 2021)

ライフサイクルコストを考慮した経済性評価が行われていると言える。ただし、財務分析は行われているが、同ガイドラインで規定されている EIRR や ENPV の計算は行われていない。



出所：ELC Electroconsult (2009)

図 11-4 Coca Codo Sinclair 水力発電プロジェクトの感応度分析の例

CABASTRI Estudio de factibilidad 02-giu-09
EVALUACIÓN DE LA TASA INTERNA DE RETORNO Rev. 10/11/95
ESQUEMA: 1500 MW DE POTENCIA INSTALADA

N.A.M.O. 1,229.50 m s.n.m. Tipo proyecto Run-off-river
COSTOS & BENEFICIOS (Miles de US\$) CASO BÁSICO
Proyecto hidroeléctrico de: COCA CODO SINCLAIR Inicio de la construcción 2010
Vida útil de la planta (años) 50

C O S T O S				B E N E F I C I O S			
Costos del proyecto hidroeléctrico (Miles de US\$)				Precio de la energía producida (Miles de US\$)			
	AÑO	Costos proyecto	Costos de O&M	Costos totales	Produc. energía (GWh) (MWh)	Precio energía (US\$/KWh)	Valor anual (US\$*10 ³)
1	2010	202,104		202,104			
2	2011	222,372		222,372			
3	2012	425,575		425,575			
4	2013	389,288		389,288			
5	2014	382,479		382,479			
6	2015		14,774	14,774	8,848,513	0.033	288,945.6
7	2016		14,774	14,774	7,851,115	0.033	256,375.8
8	2017		14,774	14,774	8,357,748	0.033	272,919.8
9	2018		14,774	14,774	9,134,092	0.033	298,271.0
10	2019		14,774	14,774	8,441,098	0.033	275,641.2
11	2020		14,774	14,774	8,294,326	0.033	270,848.7
12	2021		14,774	14,774	7,425,784	0.033	242,486.8
13	2022		14,774	14,774	6,608,518	0.033	215,799.2
14	2023		14,774	14,774	6,992,203	0.033	227,945.8
15	2024		14,774	14,774	6,586,790	0.033	214,729.4
16	2025		14,774	14,774	7,522,930	0.033	245,247.5
17	2026		14,774	14,774	7,992,398	0.033	260,552.2
18	2027		14,774	14,774	7,777,000	0.033	253,530.2
19	2028		14,774	14,774	7,033,785	0.033	229,301.4
20	2029		14,774	14,774	7,840,650	0.033	255,605.2
21	2030		14,774	14,774	7,844,181	0.033	255,720.3
22	2031		14,774	14,774	7,548,795	0.033	246,090.7
23	2032						
24	2033						

出所：ELC Electroconsult (2009)

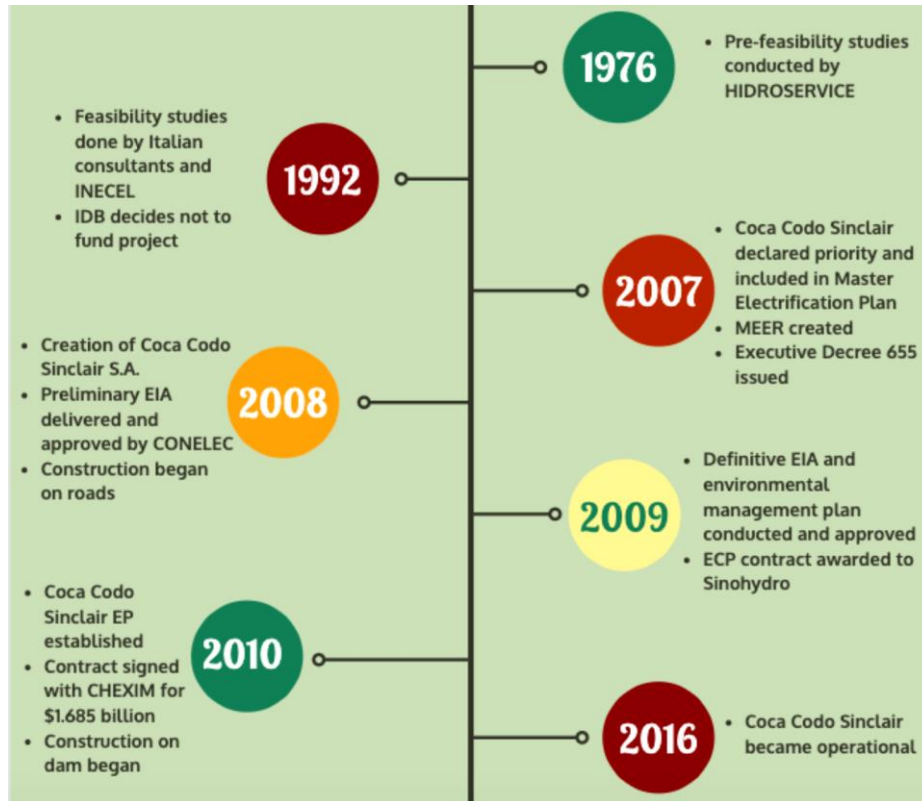
図 11-5 Coca Codo Sinclair 水力発電プロジェクトの内部収益率評価

一方、TOR 作成ガイドラインは、収益性に影響を及ぼしうる様々なリスクを考慮したシナリオ分析・リスク分析を行うよう定めるが、前述のように現実に多数の問題が生じているにもかかわらず、F/S 報告書ではリスク分析の実施について確認できない。なお、リスク軽減策については TOR 作成ガイドラインでも言及されていない。実際、プロジェクトの脆弱性やリスクにかかる調査が不十分であったことが指摘されている⁶¹⁹。また、同ガイドラインは革新的技術の利用について言及しておらず、F/S 報告書にもそれに関する記載はない。

⁶¹⁹ China Dialogue “Ecuador’s controversial and costliest hydropower project prompts energy rethink” (16 Dec 2021)

原則 3 インフラ投資への環境配慮の統合

1976年のプレF/Sから2016年の事業開始までの間に実施された環境社会配慮にかかる各種調査（EIA実施や環境計画作成）を時系列に整理したフローを図11-6に示す。



出所：Amy Juelsgaard (2020) “The Relationship Among Financial Institutions, Safeguards and Hydroelectric Dams in the Amazon”

図 11-6 Coca Codo Sinclair 水力発電プロジェクトの主要な活動の時系列図

本プロジェクトは2016年11月に本格稼働したことから、環境関連法規（2008・2009年当時）に基づき環境社会配慮の要件となるEIA調査、環境許可の取得、および環境管理計画・モニタリング計画が行われたことになる。また、CELECへの聞き取りから、EIA、環境許可、環境管理計画・モニタリング計画の各関連文書があることは口頭ではあるが確認でき、プロジェクトライフサイクル全般において環境社会配慮の必要条件が整備されている。

一方、入手できた関連文書はDefinitive EIAの第2章（関連法組織制度）のみで、EIA、環境許可書とその付帯条件、環境管理計画・モニタリング計画を含めその全体像を把握することできない。このため、各種文書の妥当性、環境当局による行政措置等の実施、環境社会配慮の十分条件についての詳細は不明である。

環境社会配慮にかかる情報開示やコンサルティング協議等は、EIA評価制度や、環境許可制度等の環境管理法制度、情報開示関連法規に基づき実施される。しかしながら、本プロジェクト実施において利害関係者への環境影響に係る情報開示等の具体的なアクションについては、上記の通り関連文書の入手が困難であるため不明である。

なお、2020年2月、エクアドル最大の滝で、Coca Codo Sinclair水力発電所の下流に位置するサン・ラファエル滝（La Cascada San Rafael）の上流部で陥没が発生し、水量が大幅に

減少した。これは自然現象によるものとされるが、ダムで水が濾過されて下流の堆積物が減った結果、川底や土手が削られやすくなって崩壊の危険性が増したと、同発電所の影響を指摘する声もある⁶²⁰。

原則 4 自然災害およびその他のリスクに対する強靱性の構築

公共投資計画規則は、F/S またはプロジェクト文書に自然災害にかかる脅威・脆弱性の調査結果を含めることを定める。しかし、本プロジェクトの F/S 報告書においては、施工時の自然災害リスクについて述べられているに留まり、供用開始後の災害リスク管理については触れられていない。施工時の災害リスクについては、EPC 契約ケースの場合、EPC 契約リスクとして工費見積額に織り込んでいると考えられる。他方で、供用開始後の災害リスクについては、具体的な費用として計上されていない（供用開始後の費用については、O&M 費用として計上されているに留まる）。また、既述のとおり、TOR 作成ガイドラインは災害リスクファイナンスや保険メカニズムなどについて言及しておらず、F/S 報告書にもそれに関する記載はない。

原則 5 インフラ投資への社会配慮の統合

インフラプロジェクトにおける社会配慮は、環境管理制度および EIA・環境行政許認可制度に内包され、関連法規に従い実施される。しかしながら、本プロジェクト実施において原則 5 にかかる各社会配慮の具体的なアクションについては、関連文書が入手できていないため不明である。なお、Definitive EIA の第 2 章「関連法組織制度」の「法的・制度的枠組み」の項目に表 11-6 に示す副項目があり、本プロジェクトにおける労働安全衛生や労働環境改善、保健にかかる組織・制度が整理されている。

表 11-6 Definitive EIA における原則 5 にかかる記載

II.3.2 労働安全衛生
II.3.2.1 管理機関
II.3.2.2.1.1 エクアドル社会保障研究所
II.5.2 職務安全衛生
II.5.2.1 労働者の安全衛生・労働環境改善にかかる規程
II.5.2.2 衛生規範

出所：Definitive EIA 報告書

一方で、2012 年に、建設工事に従事する労働者約 400 名がストライキを決行した。この中で、十分な食事が提供されていないこと、時間外労働の対価が支払われていないこと、その他 Sinohydro 社による不衛生・不適切な扱いが指摘された⁶²¹。また、2014 年 12 月には、地滑りが発生し、建設工事にあっていた計 13 人（中国人 3 人、エクアドル人 10 人）が死亡、12 人が死亡した⁶²²。このように実態としては、安全面・衛生面を含め労働者の権利や

⁶²⁰ CNN “Ecuador’s largest waterfall has disappeared” (2 Apr 2020); IFLScience “Ecuador’s Tallest Waterfall Has Suddenly Disappeared” (1 Apr 2020)

⁶²¹ El Comercio “No hay acuerdo en el Coca-Codo” (24 Nov 2012)

⁶²² Global Construction Review “13 killed by mudslide at Coca Codo dam in Ecuador” (15 Dec 2014); Power Technology “Coca Codo Sinclair Hydroelectric Project” (1 Oct 2020)

待遇は十分に保証されていたとは言えない。

原則 6 インフラガバナンスの強化

既述のとおり、TOR 作成ガイドラインは VfM について言及しておらず、本プロジェクトの F/S 報告書にもその検討に関する記載はない。財務面での持続可能性評価に関しては、TOR 作成ガイドラインに基づき、本プロジェクトの F/S においても実施されている。しかしながら、本プロジェクトでは中国から年利 7%で 17 億米ドルの融資を受けているが、融資契約を結んだ 2010 年の GDP (696 億米ドル) の 2%に及ぶこと、かつ利子だけで年間 125 百万米ドルの支出が生じることを踏まえると、債務持続可能性には疑いが残る。

本プロジェクトの F/S 報告書において、透明性確保・腐敗防止にかかる記載は確認できない。一方、公共投資案件承認後の調達時においては、公共契約システムで入札図書や契約書などが一般公開されており、本プロジェクトの入札図書や EPC 契約書なども入手可能である。これにより、インフラ投資の廉潔性を確保していると考えられる。ただし、F/S 報告書はオンライン公開されていない。しかしながら、本プロジェクトに関与した複数の官僚が賄賂で収監されており⁶²³、腐敗防止・廉潔性確保は不十分であったと言える。

以上より、本プロジェクトについても、質の高いインフラ投資原則に照らすと十分な検討・分析がなされていないと見られる点を多数確認した。加えて、F/S では検討・分析がなされていても、建設・供用開始後の段階で様々な問題が生じていることから、F/S の実施方法にも改善の余地が多くあったと考えられる。

11.3.3. 分析結果のまとめ

上記 3 案件について、少なくとも分析を行ったプレ F/S・F/S 報告書等では、全般的に質の高いインフラ投資原則を十分に満たしていないことが窺える。まず、個別プロジェクトが国の経済活動や開発に対して与える広範な影響は仔細に検討されていない模様である（原則 1）。ライフサイクルコストを考慮した経済性分析についても（原則 2）、TOR 作成ガイドラインでは求められているが、これら 3 案件では十分な分析が行われていない、あるいは行われていても実態に即していない。一方、環境配慮（原則 3）や社会配慮（原則 5）に関しては、11.1.3 で見たように制度は整備されており、資料が限られる中ではあるが、分析対象の 3 案件でもそうした制度に則って調査・評価が行われていると考えられる。しかしながら、特に労働者の権利・待遇にかかる配慮に関しては、関連文書に記載がなかったり、実際に問題が生じたりしている例がある。また、エクアドルは地震・津波多発国で、公共投資計画規則にて F/S 等での自然災害を含む脅威・脆弱性の分析が求められているが（原則 4）、3 案件いずれでも確認できなかった。最後に、インフラガバナンスの強化という観点では（原則 6）、公共契約システムでの入札図書等の公開により、廉潔性を一定程度確保していると言えるが、VfM や透明性確保・腐敗防止に関しては言及されていない。

⁶²³ NewsBeezer “Coca Codo Sinclair, the mega-dam that China built in Ecuador, continues to cause millions in losses” (28 Sep 2021)

第6部 まとめと提言

第12章 まとめと提言

12.1 提言の前提

本章では、本調査を通じて明らかになった、エネルギーセクターにおける低炭素化・脱炭素化および質の高いインフラ投資にかかるエクアドル側のニーズや支援策案を提案するが、それに先立ち、本項では同セクターにおける投資促進に向けた前提となる 2 点について述べる。具体的には、エクアドル政府としては、足許では、Chachimbiro 地熱開発事業を早期に実施すること、および民間資金で再エネ等の開発を進める中でも事業実施機関の技術的能力を維持・強化していく必要があることの 2 点が、今後の追加的な JICA 支援策検討の基礎となる。以下にその考え方を示す。

(1) Chachimbiro 地熱開発事業の早期実施

エクアドルの電力は水力に大きく依存しており（発電量ベースで 2020 年に 79%⁶²⁴）、電力セクターのさらなる脱炭素化に向け、電源の多様化が電力政策の核となっている。そうした中、5.2.4.7 で記したとおり、地熱発電は乾季の水力発電の不足を補完する安定した再エネ電源であり、同国のエネルギー安全保障上、重要な役割を果たす。電力マスタープラン (PME) では 2023 年までに計 150MW の地熱発電所建設が計画され、IDB や CAF といった MDBs、二国間ドナー、多国籍企業が、地熱発電の調査・探査を支援している。

並行して、日本政府も JICA を通じてエクアドルにおける地熱発電開発を支援している。JICA は 2016~19 年に、インバブラ県 (Imbabura) の Chachimbiro で、同国初となる地熱発電所の建設計画の協力準備調査を実施し、JICA の負担で試掘井 1 本を掘削するという先行投資を行った。2020 年からは事業化に向け、資源評価や発電所建設の F/S・入札書類の作成を含むコンサルティングサービス、および調査井掘削等の有償資金協力が実施される予定であった。しかしながら、円借款事業として実施するにあたって、同事業に対するエクアドル政府のソブリン保証付保の検討手続きが最終段階で止まっており、2022 年 1 月時点で円借款実施に至っていない。

前述のとおり、エクアドルの電源構成における脱炭素化と安定性確保の観点から、地熱発電の必要性は極めて高い。Chachimbiro 地熱開発事業の成功は、同国における今後の地熱発電の開発促進、延いては電源構成転換に対して重要な意味を持つことに加え、新産業創出・雇用高度化、地域開発等といった高い外部性が期待できる。

したがって、エクアドル政府としては、Chachimbiro 地熱開発事業の特別性に鑑み、事業実施機関である CELEC が政府保証のもと円借款事業が実施できるよう早期にかつ確実に進めることが期待される。

(2) 事業実施機関が有する技術的能力の維持・強化

エクアドルは、近年、財政赤字の状態が続き、公的債務残高が増加傾向にある (2.2.4、2.2.5 参照)。こうした背景の下、2021 年 11 月に大統領直下で PPP 制度改革を行う PPP・委任管

⁶²⁴ EIA (2021) “Country Analysis Executive Summary: Ecuador”

理技術事務局が設置されたことから見て取れるように（3.2.1 参照）、今後のインフラ投資では民間資金の活用が進むと考えられる。エネルギー・電力セクターにおいてもこの流れは例外ではなく、2021年9月には再エネプロジェクト・Bloque ERNC I（計500MW・8.75億米ドル）の事業者公募が発表された（3.2.5 参照）。

再エネを中心にエネルギー・電力プロジェクトに民間資金を呼び込むには、後述するように、適正な制度とライン省庁・事業実施機関における運用体制が不可欠であることは言うまでもない。加えて、再エネ資源のポテンシャル評価や再エネ電源の SNI への接続といった技術面では、特に CELEC の役割が期待される。同社は大型の水力・火力発電所および送電系統の建設・O&M で豊富な実績を持つ。こうした実績に裏打ちされた発電・送電分野での高い技術力は、エクアドルのエネルギー・電力セクターへの事業投資を検討する民間企業にとって好材料である。中でも今後、全国各地で多様な再エネ電源の開発を進めるうえでは、SNI 接続のための系統の増強・新設ニーズに CELEC が適切に対応できることが非常に重要となる。その意味で、エクアドル政府としては、例えば借入の制約となるような事象の排除・解消を含め、同社が今後も高い能力を有する人材を確保し、エクアドルのエネルギー・電力セクターの必要な投資活動を妨げることがないような環境づくりが求められる。

12.2 本調査を通じて見えたニーズおよび支援にかかる提言

前項でも言及したように、エクアドルのエネルギーセクターでは、IDB や CAF を中心に複数の MDBs 等が支援を行っている。その中で代表的なものが、IDB の政策支援型融資（PBL）「エネルギーマトリクス転換に向けた支援」である（6.4(1)参照）。この支援は融資実行にあたってエクアドル側に対し、政策マトリクス等に沿ってエネルギー構造の転換に向けた各種政策等を総合的に策定・実行することを求めている。同 PBL の I・II フェーズにおける政策マトリクスの要約を表 12-1 に示す（詳細は表 6-8 参照）。

表 12-1 IDB「エネルギーマトリクス転換に向けた支援」の政策マトリクス（要約）

コンポーネント・目的	プログラム I・II の内容要約
【I. マクロ経済フレームワーク】本件の目的に即したマクロ経済の状況が、政策マトリクスおよびセクター政策レターに従って維持されることを目指す	・マクロ経済状況の改善
【II. 持続可能なエネルギーセクター】家庭・発電部門での化石燃料の消費とそれに関連する補助金を代替・削減するための取り組みを支援する	・家庭部門の電化 ・建築基準での省エネ対策 ・炭化水素事業の電化 ・NDC・エネルギーバランスシートの作成
【III. 電力セクターの強化】電力サービスにおける効率性・近代化・イノベーション・持続可能性にかかるコミットメントを推進し、達成するための取り組みを支援する	・再エネ促進法令の発行 ・再エネ案件の入札告示 ・配電会社の経営改善 ・配電の改善・高度化 ・地方電化（脱ディーゼル）
【IV. 地域の電力統合】SINEA を前進させ、地域内の電力融通を拡大して中長期的に新たなエネルギー構造から生じる余剰電力を輸出することを可能にし、また、万一の場合に国内のエネルギー供給を確保し、火力発電を削減する	・エクアドルペルー連系線プロジェクトの前進

出所：JICA 調査団作成

エネルギー構造転換に向けてさらに取り組んでいくうえで、関係省庁・機関への聞き取り

を含む本調査の結果も踏まえると、上記 PBL の後継、あるいはそれを補完する支援策として、以下に示すような政策・施策を盛り込んだ新たな PBL の形成も考え得る。

- 「コンポーネント II. 持続可能なエネルギーセクター」にかかる施策
 - (1) 運輸部門の電化の推進
 - (2) 産業・ビル部門の電化と省エネの推進（従来の家庭部門の電化に加えて）
 - (3) 水素分野の開発
- 「コンポーネント III. 電力セクターの強化」にかかる施策
 - (4) ライン省庁・実施機関の能力強化

加えて、プログラム I・II の対象範囲ではあるが、関係省庁・機関への聞き取りから、以下についても具体的な支援ニーズが確認された。

- 「コンポーネント II. 持続可能なエネルギーセクター」にかかる施策
 - (5) 系統増強（オリエンテ北東部地域への送電線延長）
- 「コンポーネント III. 電力セクターの強化」にかかる施策
 - (6) 配電線ロスの改善

以降では、PBL 案の主要施策(1)～(6)について、背景、ニーズ、あるべき姿、および JICA が今後協調融資を検討する対象として PBL は有力なアプローチではないかとの観点から JICA をはじめとするドナーの支援方向性にかかる提言を述べる。

(1) 運輸部門の電化の推進

エクアドルの脱炭素化・低炭素化の文脈において、4.1.3 で示したように最終エネルギー消費の約 48%（2020 年）を占める運輸部門を無視することはできない。運輸部門は、同国におけるディーゼル油消費の 82%、ガソリン消費の 76%を占め、化石燃料の最大消費部門である。一方、運輸部門の電力消費は 1 千 toe あたり、同部門の最終エネルギー消費に占める電力の割合も 0.015~0.02%あたりで横ばいの状態で推移している（4.2.1 参照）。発電電力量の約 8 割を水力発電が占めるエクアドルでは、自動車を主に輸送手段を電化すれば、大きな脱炭素化効果が期待される。併せて、EV の蓄電機能を活用することで電力負荷に対する需給バランス調整機能の発現も検討に値する。

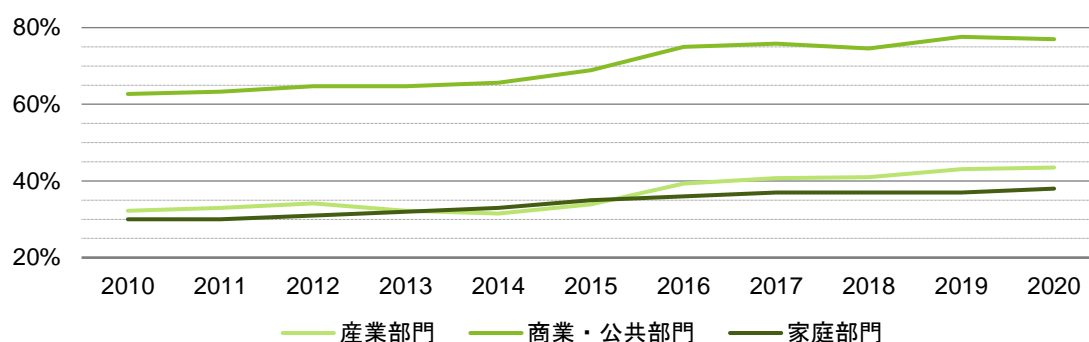
プログラム I・II では家庭・発電部門に焦点が当てられていたが、かかる状況に鑑みれば、運輸部門の電化は後続の PBL に含まれるべきである。IDB は既に 2021 年 3 月に発表された「国家 EV 戦略」の策定や EV 向けファイナンス（6.4(2)参照）を通じて運輸電化の支援を行っている。PBL の条件としては、予定を過ぎても実施に至っていない後者プロジェクトの確実な実行や対象規模の拡大が考えられる。

(2) 産業部門・ビル部門（商業・家庭部門）の省エネ化の推進

エクアドルの最終エネルギーの 18%を産業、16%を家庭、7%を商業・公共が占める（2020 年）（4.1.3 参照）。各部門での最終エネルギー消費に占める電力の割合は過去 10 年間伸びており、商業・公共部門では 2020 年に 77%であった（図 12-1 参照）。家庭部門における電力

需要は冷蔵庫やテレビ等の家電製品が主となっている⁶²⁵。半面、産業部門では電力消費と同程度の、家庭部門では最終エネルギー消費の半分以上、化石燃料由来のエネルギーが消費されている（4.2.2、4.2.3 参照）。プログラム I・II では家庭部門の電化が推進されたが、今後はこれに加えて産業部門の電化も図るべきである。また、比較的電化率の高い商業・公共部門も含め、いずれの部門においてもさらなる省エネ促進施策の実行が求められる。

4.2 で述べたように、エクアドルではエネルギー効率国家計画（PLANEE）に沿って省エネ施策が推進されており、各部門で省エネ促進に向けた様々な取り組みが実施されている。産業部門では、主に EMS やコジェネの導入が進められている。家庭部門および商業・公共を含むビル部門では、照明や冷蔵庫の省エネ化（省エネ性能が高い製品への取り替え）、IH 調理器・電気温水器による電化、エネルギー効率の高い電化製品へのラベル付与（DMEE）等が行われている。



出所：MERNRR “Balance Energético Nacional 2020”を基に JICA 調査団作成

図 12-1 最終エネルギー消費に占める電力の割合

しかしながら、熱供給や空調の省エネに向けた施策は十分とは言えない。エクアドルにおける用途別のエネルギー源に関するデータは確認できていないが、LPG が補助金で安く入手できる中、熱供給や空調の電化・省エネ化は低調だと推測される。前述のとおりコジェネ導入が目標として打ち出されている産業部門でも、実際にはコジェネ導入は進んでいない。

熱供給に関して、エクアドルを含む世界では現在、その多くを化石燃料由来のものが占めている。化石燃料由来でも廃熱を再利用するコジェネは比較的エネルギー効率が高いものの、低炭素化を進めていくには、特に低温部門（民生用・産業用）で、さらに CO₂ 排出量の少ない電力由来のヒートポンプの普及が期待される（図 12-2 参照）。エクアドルでは、高効率のコンデンシングボイラーと比較して、空気熱ヒートポンプは CO₂ 排出量を 83%削減する効果が見込まれる⁶²⁶。

また、空調（エアコン）に関して、省エネ性能を兼ね備えたインバーター搭載型は、インバーター非搭載型と比較して、消費電力量を 6 割近く削減する効果が想定される⁶²⁷。ルームエアコンやビル用マルチエアコンを含め、日本で販売されるルームエアコンは全てインバーター搭載型だが、エクアドルを含む中南米ではほぼ普及していない模様である⁶²⁸。

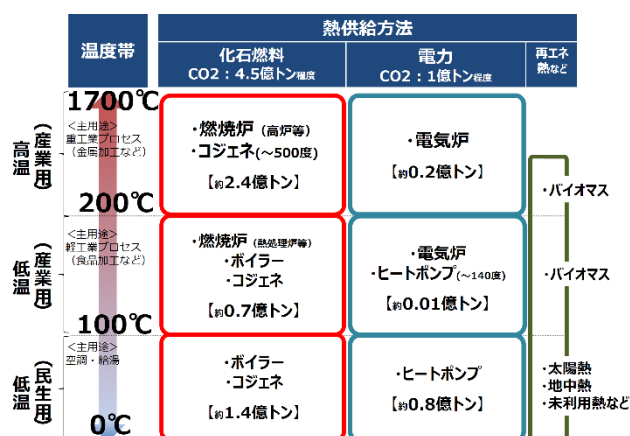
⁶²⁵ エクアドル全国での家庭電力需要の内訳データは入手できなかったが、下記資料にはクエンカのデータがある。 https://www.researchgate.net/publication/312426355_Energy_efficiency_in_Cuenca's_residential_sector_Ecuador

⁶²⁶ IEA “Heat Pumps” (Nov 2021)

⁶²⁷ ダイキン工業ウェブサイト <https://www.daikin.co.jp/air/technology/our-technology/inverter>

⁶²⁸ ただし、一般社団法人日本冷凍空調工業会の統計（<https://www.jraia.or.jp/statistic/demand.html>）でも中南

こうしたことを踏まえると、エクアドルにおいても産業・ビル部門の熱供給や空調にかかる省エネの取り組みは、脱炭素化・低炭素化に向けて重要であると言える。実際、関係省庁・機関への聞き取りでも、熱供給・空調需要にかかる省エネ機器導入促進への支援ニーズが確認された。MERNNR からは、特にエアコンの取り替えに対する支援が挙げられたほか、ヒートポンプへの言及もあった。エアコンに関しては、ガラパゴス諸島で 2500 台を高効率エアコンに置き換える予定だが、コスタ地域沿岸部やオリエンテ地域でも同様の取り組みを実施したい意向である。また、EE Quito への聞き取りでは、産業部門のみならずビル部門でもヒートポンプへのニーズがあり、キト市内のビルでヒートポンプを導入する動きがあることを確認した。



出所：経済産業省「実は CO2 削減によく効く、熱エネルギーの低炭素化」（2018 年 3 月 20 日）

図 12-2 主な熱供給方法

ヒートポンプやインバーターエアコンを含む省エネ機器の導入がこれまで進んでこなかった要因の 1 つとして、インセンティブおよびファイナンスの欠如が挙げられる。ヒートポンプの初期投資は一般にボイラーの最大 5 倍といわれ⁶²⁹、事業者にとっては大きな負担である。補助金や税制などでのインセンティブがないうえ、2.2.8 で述べたように長期融資が少ないエクアドルでは、大規模な投資を伴う入れ替えは難しい。この問題はヒートポンプに限らず、その他の省エネ機器の導入についても同様である⁶³⁰。

そこで、PBL 以外の支援策として、有償資金協力による省エネ機器向けの融資事業（政策金融）も考えられる。バングラデシュで実施、エジプトで検討されている先行事業が参考になる。バングラデシュの事業⁶³¹では、ツーステップローンによって、産業・商業向けに省エネ機器導入のための低金利融資を行っている。エクアドルでも、産業・ビル部門の事業者等を対象に、ヒートポンプやインバーターエアコンを中心とする省エネ機器導入にかかる同様の事業を展開し得る。エクアドルでは、CFN（エクアドル金融公社）を仲介し、現地商業銀行をさらに介して、または直接事業者に融資する形が有望である（図 12-3 参照）。CFN は、電動バス・タクシーの導入を対象とする同様のスキームで IDB による指定金融機関となっ

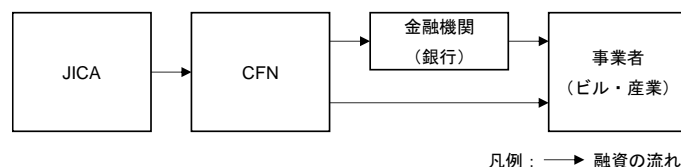
米についてはインバーター比率の記載がなく、正確なデータは把握できていない。

⁶²⁹ Wood Mackenzie “Future energy – zero-carbon heating” (12 May 2020)

⁶³⁰ USAID (2020) “Ecuador Energy Sector Assessment”

⁶³¹ 省エネルギー推進融資事業（フェーズ 1：2016 年借款契約調印、フェーズ 2：2019 年借款契約調印）

ている（6.4(2)参照）、エクアドルの開発銀行である。CFN 以外にも、農村・都市生産部門を主な対象とする BanEcuador や民間商業銀行の活用も考え得る。



出所：JICA 調査団作成

図 12-3 省エネ機器を対象とするツーステップローンのスキーム図

ヒートポンプやインバーターエアコンは、日本が技術に強みを有する分野で、本邦企業による貢献が期待される。実際、インバーターエアコンについては、ダイキン工業が中南米でもメキシコとブラジルにおいて普及活動を進めている⁶³²。また、ヒートポンプやインバーターエアコンなど単体ではなく、EMS やヒートポンプ、高効率冷暖房・空調、LED 照明等を ZEB パッケージとして提供することも検討に値する。

なお、JICA としての支援検討にあたっては、まず関係省庁・機関のニーズを具体的に把握するとともに、実際に省エネ機器を導入することになる産業・ビル部門の事業者（および家庭）のニーズを深掘りする必要がある。融資によって初期の資金調達にかかる課題は解消するものの、それが事業者にとって省エネ機器を積極的に導入する動機付けの効果を十分にもたらすのか、あるいはさらなるインセンティブの付与が必要なのかを確認しなければならない。次に、スキームの具体化も必要である。IDB との実績から指定金融機関の候補として CFN を挙げているが、本調査の段階では CFN に聞き取りを行っておらず、同銀行の関心および適切性は確認できていない。

(3) 水素分野の開発

水素は燃焼時に CO₂ を発生しないクリーンエネルギーとして注目されており、2020~50 年に世界における水素需要は 6 倍となり、2050 年の世界における最終エネルギー需要の 13% を水素系燃料が占めるとの推計もある（7.2.1.2 参照）。しかしながら、現在、水素は主に天然ガス等の化石燃料から製造されていて、製造過程では CO₂ を排出している⁶³³。脱炭素化に向けては、化石燃料由来だが CCUS を適用して製造されたカーボンニュートラルな「ブルー水素」や、再エネ由来の電気を用いて製造過程で CO₂ を全く排出しない「グリーン水素」の普及が鍵となる。

発電電力量の約 8 割を水力発電が占めるエクアドルにおいては、グリーン水素の生産・供給に大きなポテンシャルが見込まれる。製造されたグリーン水素は、石油精製⁶³⁴で利用されている化石燃料由来のグレー水素を置き換えることで、国内石油産業の脱炭素化に寄与できる。また、日本や欧州諸国のようにグリーン水素の需要に対する国内供給が不足する国⁶³⁵ に対しての輸出も考え得る。グリーン水素の普及に向けては、グレー水素やブルー水素より

⁶³² ダイキン工業ウェブサイト <https://www.daikin.co.jp/csr/feature2018/01>

⁶³³ こうした製造過程で CO₂ を大気中に放出して生産された水素は「グレー水素」と呼ばれる。

⁶³⁴ 水素化脱硫や水素化分解等の製油工程では水素が大量に利用されている。

⁶³⁵ Strategy& (2020) “The dawn of green hydrogen”

も高コストであることが大きな課題となっている⁶³⁶。PV や風力発電等の再エネを利用したグリーン水素の製造コストの大半を発電コストが占めることを踏まえると⁶³⁷、発電コストが比較的低い大規模水力発電を中心とするエクアドルでは水素製造コストを下げられる可能性がある。

この他、水素は技術的・コスト的に長期間かつ大容量の電力貯蔵に向いている⁶³⁸。水素による電力貯蔵は、雨季に生じた余剰電力を貯蔵して乾季に利用することを可能にし、エクアドルにおける電力供給の安定化に寄与し得る。

エクアドルでは水素にかかる具体的な取り組みは現状無いものの、MERNNR や CELEC 等の関心が確認されたことは、9.2.4 で述べたとおりである。上記のようにグリーン水素の生産に関して大きなポテンシャルが見込まれることに鑑みれば、まずは MERNNR を中心にエクアドル政府として、同国における水素の生産・利用のポテンシャルを評価し、水素戦略・ロードマップの策定を検討すべきである。複数の南米諸国では既に国としての水素戦略を打ち出しており（9.2.4 参照）、そのうちコロンビアでは IDB と共同作成した「国家水素戦略・ロードマップ」が 2021 年 9 月に発表された⁶³⁹。こうした取り組みをエクアドルでも後押しすべく、後続の PBL に含めることは検討に値する。

なお、JICA としての支援検討にあたっては、MERNNR 等の関係省庁・機関の協力ニーズを確認するとともに、実施検討中のエネルギー貯蔵ポテンシャル調査の一環で水素にも関心を示している世界銀行（6.2(1)参照）とも調整することが効果的であろう。

(4) ライン省庁・実施機関の能力強化

エネルギー構造転換の肝となる再エネ投資の促進と財政健全化を両輪で進めるにあたっては、MERNNR をはじめとする関係省庁・実施機関の能力強化が必須であり、PBL にも盛り込まれるべきである。プログラム I・II にこうした要素は含まれていない。

本調査で質の高いインフラ投資原則に照らしたエクアドル制度の分析の結果、G20 インフラ投資原則に照らし、法制度は比較的整備されていることがわかった。第 11 章で分析したとおり、インフラ投資にあたっての維持管理費用を含めたライフサイクルコストの検討（原則 2）や、自然災害等リスクに備えた強靱性の確保（原則 4）、インフラガバナンスの強化（原則 6）等は、投資前調査や公共投資計画にかかるガイドライン類に規定されている。環境社会配慮（原則 3、原則 5）に関しては、関連法令と事業レベルの EIA 手続き・環境許認可・環境モニタリングの制度・体制は整備されている。また、「持続可能な成長や開発の達成のためのインフラによる正のインパクトの最大化」（原則 1）に関しては、PND 2021-2025 に示される公共投資の優先基準に雇用創出、包摂的な成長、競争力・生産性向上、民間活力導入等が含まれており、さらに PND は SDGs と整合的であると確認されている。

一方、11.3 で見たように、運用実態には改善の余地が大きいことも窺われた。これは、制度が整っていても、その運用にかかる関係省庁・実施機関の意識あるいは能力が低いことが

⁶³⁶ 欧州委員会（2020 年）によると kg あたり生産コストは、グリーン水素が 3~6.55 米ドルなのに対し、グレー水素は 1.80 米ドル、ブルー水素は 2.40 米ドルであった。（S&P Global “Experts explain why green hydrogen costs have fallen and will keep falling” (5 Mar 2021)）

⁶³⁷ Rystad Energy (2021) “Energy Transition Report: Third Edition”

⁶³⁸ World Energy Council (2020) “Five Steps to Energy Storage”

⁶³⁹ IDB “Colombia Takes Position in the Green Hydrogen Industry in Latin America” (30 Sep 2021)

一因であると考えられる。公共投資管理に関しては、特に次の面において実施機関である MERNNR やその他関係機関の能力強化を検討する必要がある。まず、公共投資事業形成・実施時における適切なリスク分析とリスク軽減策の導入を強化すべきである。具体的には、発電事業、送配電事業等の事業類型ごとに特に分析すべきリスクの種類やその管理方法を定めて実施することにより、水源等既存環境への影響評価、事業効果を発現するための適用技術の精査、労働者を含む事業ステークホルダーへの配慮等を行うことが推奨される。また、戦略的環境アセスメントの概念導入や、インフラ事業の環境影響にかかる情報開示・コンサルテーションの強化も検討すべきである。

また、今後再エネ分野での民間投資を推進する中で、PPP の制度改善および運用能力強化に対するニーズも大きい。3.2.1 で述べたように、現状、PPP にかかる法制度はほぼ機能していない。新たに大統領府に設置された PPP・委任管理 技術事務局の下、法制度（インセンティブ等を含む）やガイドライン（標準契約書等を含む）、運用体制を早急に整備していく必要がある。また、国民および民間事業者に対して透明性の高い運用が求められる。これまでは手続きの煩雑性から多くのプロジェクトが「コンセッション」として実施されてきたが、新たに整備する法制度・組織体制をしっかりと機能させ、そうしたものも含め PPP プロジェクトを統一的に管理することが重要となる。MEF としては、ドナー等から PPP 能力の強化に向けて支援を受けたい意向を示している⁶⁴⁰。

JICA としても、①職員のインフラプロジェクト形成・実施にかかる能力向上、②エネルギーインフラ投資に適用するための、PPP、ライフサイクルコスト、環境配慮、リスク管理等の指針整備を目的とする技術協力プロジェクトの組成、または専門家派遣といった支援が考え得る。対象機関としては、再エネを含む電力プロジェクトを所管する MERNNR が優先される。

なお、JICA としての支援検討にあたっては、エクアドル側の関係省庁・機関、特に MERNNR の公共投資・PPP にかかる制度構築・能力強化への具体的なニーズ、および対象となる省庁・機関ならびに部署について情報収集する必要がある。特に現在改革が行われている PPP に関する法制度の動向は注視すべきである。また、世界銀行など他ドナーの関与方針・状況を確認するとともに必要に応じて調整も行わなければならない。

(5) 系統増強（オリエンテ北東部地域への送電線延長）

MERNNR および CELEC への聞き取りの結果、エクアドル全土で系統整備を進めていく中、特にオリエンテ地域北東部・スクンビオス県の Shushufindi における系統整備の重要性およびドナーからの支援への期待が確認された。Shushufindi はエクアドルの主要油田の 1 つで、SNI から独立したミニグリッドが形成され、同地域で利用している電力の相当部分を火力発電（石油）に頼る。また、同地域へは Coca Codo Sinclair 水力発電所から送電網が整備されているが、エネルギー安全保障の観点から代替機能を持つ送電網が開発されることが望ましい。オリエンテ地域北東部には現在、トゥングラワ県（Tungurahua）の S. Francisco または Topo から 138kV の送電網が整備されているが、それと並行する形で 230kV の送電

⁶⁴⁰ 2021 年 10 月に実施した現地調査における MEF との会議、11 月に実施した世界銀行とのオンライン会議による。

線を整備するとともに、Shushufindi まで延長したい意向である (5.3.2(3)参照)。この区間の整備は国 (CELEC) が行うが、資金調達の目途は立っていない状況である。

これはプログラム II のコンポーネント III にある「炭化水素事業におけるディーゼルに対する需要の削減と電気への転換」に寄与するものと考えられる。オリエンテ地域北東部への送電網が整備されれば、水力発電所が集中するシエラ地域から同地域への水力由来の電力供給力を強化することができる。これにより、火力発電 (石油) を減少させて同地域における電源の脱炭素化を促す。CELEC の試算によると、必要投資額は約 100 百万米ドルとされる。また、既に 138kV の送電網が整備されているため、新たな用地取得や環境対策の必要性は比較的低いとのことである。しかしながら、同地域では少人数の村が多数分散しており、政府や CELEC がこれらを適切に管理し得るかについては疑問が残る。

本支援策の検討にあたっては、国や CELEC の本プロジェクトへのニーズ (優先付け含む) を深掘り調査するとともに、特に MEF による借入意向を確認しなければならない。また、新規送電網整備による経済便益や裨益効果を分析したり、技術および環境社会配慮の観点からフィージビリティを確認したりする必要がある。特に、CELEC が述べるほど用地買収や環境対策は容易でないと考えており、実現性を十分検討しなければならない。

(6) 配電線ロスの改善

現地調査を通じて、MERNNR や CNEL から変電所ロス改善および配電線ロス改善にかかる非公式なニーズが確認された。これはプログラム II のコンポーネント III にある「総電力ロス指標が 14%以下になること」や「国家配電システム強化プログラム」の実施等に関連するものと考えられる。

ONE-CENACE の変電設備への入力電力量と出力電力量間に発生するロスを表 12-2 に示す。ロス率は概ね 3%台で推移しており、2019 年も 3.26%である。変圧器本体のロスが 2~3%で、変電所内での電力消費を含んでも、全く問題の無いロス率である。電力ロスの大きい老朽化した変電設備については、電力システムの拡大に合わせて高電圧化や高効率機器への取替等のニーズがあるが、変電所内の省エネや個別に老朽化設備の更新を行うことで対応可能であり、特段の支援は不要であるとする。

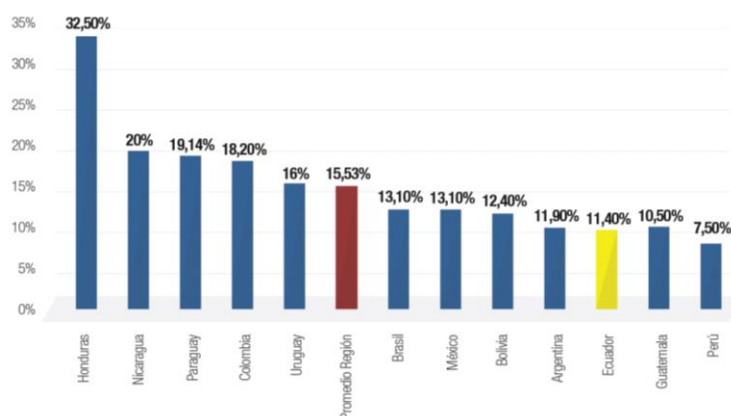
表 12-2 変電所ロスの推移 (2010~19 年)

年	入力電力量 (GWh)	出力電力量 (GWh)	補機消費電力量 (GWh)	ロス電力量 (GWh)	ロス率 (%)
2010	15,745.87	15,208.38	24.61	512.88	3.26
2011	16,462.55	15,809.23	29.15	624.18	3.79
2012	17,486.28	16,822.04	30.02	634.22	3.63
2013	18,089.07	17,519.34	24.85	544.87	3.01
2014	19,285.45	18,708.93	25.56	550.97	2.86
2015	20,140.84	19,496.29	27.70	616.84	3.06
2016	23,057.96	22,331.04	39.17	687.75	2.98
2017	23,686.10	22,903.10	45.58	737.42	3.11
2018	24,774.32	23,900.70	75.30	798.32	3.22
2019	27,532.24	26,578.72	56.96	896.57	3.26

出所：ARCERNNR “Estadística Anual y Multianual del Sector Eléctrico Ecuatoriano 2019”

エクアドルの電力ロス率は、周辺諸国と比べて低い水準にある (図 12-4 参照)。しかし、

全国大の配電ロス率 12.79%（2020 年）に対し、5.4.1 に記したとおり、配電会社別にみるとロス率に著しいばらつきがある。CNEL の Esmeraldas、Manabi、Los Rios 等の配電ロス率は 20%を超え、配電ロス率の高いホンジュラスやニカラグアと同水準である。また、そのうち半分以上はノンテクニカルロスが占めている。ただし、ノンテクニカルロスには電力量計の未設置だけでなく、設置されていても電力会社が計量できていない、計量しても料金徴収できていない、さらには盗電を含めた不正行為といった要因があり、外部からの支援が難しい面がある点を踏まえると、テクニカルロスの改善を軸に支援することが現実的だと考える。また、各配電会社も既に取り組みを進めている。



出所：PME 2018-2027

図 12-4 エクアドルと近隣諸国の電力ロス率エクアドル政府への提言

一方、CNEL の Esmeraldas、Manabi、Los Rios の地域は、コスタ地域沿岸部で 2016 年に発生した地震による配電設備へのダメージが未だなお復旧できていないため電力ロスが高止まりしている模様である。したがって、ノンテクニカルロス改善以前の課題として、配電設備の復旧が必要であり、設備復旧によってテクニカルロスや供給信頼度改善が見込まれる。具体的にはこれら配電ロス率の高い地域の配電線、老朽化した柱上変圧器や電柱等の改修を含む配電設備強化への支援が考え得る。そのうえで新しい計量システムの導入により、配電ロス全体の改善を図ることを計画的に実施する必要がある。

ただし、地震被害を受けた地域での配電設備の復旧に関しては既に IDB が複数のプロジェクトを実施してきており（6.2(2)参照）、現地調査の聞き取りでニーズを非公式に確認しているものの、追加支援の必要性については、IDB や、カウンターパート機関である CNEL に対してニーズを改めて確認する必要がある。

