

中南米地域における水素技術・
バリューチェーン導入に関する
開発ニーズ及びポテンシャルに係る
情報収集・確認調査
ファイナル・レポート

2022年3月

独立行政法人
国際協力機構（JICA）

日本工営株式会社
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

中南
JR
22-020

中南米地域における水素技術・バリューチェーン導入に関する
開発ニーズ及びポテンシャルに係る情報収集・確認調査
ファイナル・レポート

目次

エグゼクティブ・サマリー

第 1 章	背景と目的	1
1.1.	業務の背景	1
1.2.	調査の目的	2
1.3.	調査対象国及び現地調査対象国	2
1.3.1.	本業務における課題及び留意事項の整理	3
1.3.2.	中南米地域におけるエネルギーの現状と動向	3
1.3.3.	日本の水素社会への取り組み	5
1.3.4.	水素技術について	6
第 2 章	調査の流れ	8
2.1.	業務実施の方法	8
2.2.	作業工程	9
2.3.	水素バリューチェーンの定義	9
2.3.1.	水素活用の段階に応じた技術・バリューチェーン	10
2.3.2.	中南米・カリブ地域から見た水素技術・バリューチェーン	12
2.4.	水素の現在及び将来需要	14
2.4.1.	現在の水素需要	14
2.4.2.	水素需要の将来予測	15
2.4.3.	中南米地域における水素需要	17
2.5.	12 か国調査の実施方針	18
2.5.1.	文献調査によるエネルギーセクターの現状と課題の把握	18
2.5.2.	水素バリューチェーンのポテンシャル初期分析	19
2.6.	重点対象国選定の方法について	19
2.6.1.	水素案件形成に関するグループについて	20
2.6.2.	グループ分けの結果	20
2.6.3.	各国の調査結果に基づきグループ内で比較を行うための項目の設定	21
2.7.	分類を通じた重点対象国の選定結果および調査について	23
2.7.1.	各国の地域別評価結果	23
2.7.2.	重点対象国の選定	26
2.7.3.	重点対象国の調査方法	28
第 3 章	各国のエネルギーセクターの現状と課題	33
3.1.	パラグアイ	33

3.1.1.	エネルギーセクターの概況（エネルギー需給、水素の位置づけなど）、関連機関の役割（特に水素全般に関連して）	33
3.1.2.	エネルギー政策・制度・計画（水素の位置づけ）、電源開発計画（需給に水素を見込む余地の有無など）	37
3.1.3.	水素技術の活用・導入状況（伝統技術・新技術、グレー／ブルー／グリーン水素） ..	39
3.1.4.	官・民取り組み状況、他ドナー支援状況	40
3.2.	チリ	41
3.2.1.	エネルギーセクターの概況（エネルギー需給、水素の位置づけなど）、関連機関の役割（特に水素全般に関連して）	41
3.2.2.	エネルギー政策・制度・計画（水素の位置づけ）、電源開発計画（需給に水素を見込む余地の有無など）	48
3.2.3.	水素技術の活用・導入状況（伝統技術・新技術、グレー／ブルー／グリーン水素） ..	50
3.2.4.	官・民取り組み状況、他ドナー支援状況	51
3.3.	ブラジル	52
3.3.1.	エネルギーセクターの概況（エネルギー需給、水素の位置づけなど）、関連機関の役割（特に水素全般に関連して）	52
3.3.2.	エネルギー政策・制度・計画（水素の位置づけ）、電源開発計画（需給に水素を見込む余地の有無など）	59
3.3.3.	水素技術の活用・導入状況（伝統技術・新技術、グレー／ブルー／グリーン水素） ..	64
3.3.4.	官・民取り組み状況、他ドナー支援状況	67
3.4.	アルゼンチン	68
3.4.1.	エネルギーセクターの概況（エネルギー需給、水素の位置づけなど）、関連機関の役割（特に水素全般に関連して）	68
3.4.2.	エネルギー政策・制度・計画（水素の位置づけ）、電源開発計画（需給に水素を見込む余地の有無など）	75
3.4.3.	水素技術の活用・導入状況（伝統技術・新技術、グレー／ブルー／グリーン水素） ..	78
3.4.4.	官・民取り組み状況、他ドナー支援状況	78
3.5.	コロンビア	80
3.5.1.	エネルギーセクターの概況（エネルギー需給、水素の位置づけなど）、関連機関の役割（特に水素全般に関連して）	80
3.5.2.	エネルギー政策・制度・計画（水素の位置づけ）、電源開発計画（需給に水素を見込む余地の有無など）	85
3.5.3.	水素技術の活用・導入状況（伝統技術・新技術、グレー／ブルー／グリーン水素） ..	89
3.5.4.	官・民取り組み状況、他ドナー支援状況	92
3.6.	ウルグアイ	93
3.6.1.	エネルギーセクターの概況（エネルギー需給、水素の位置づけなど）、関連機関の役割（特に水素全般に関連して）	93
3.6.2.	エネルギー政策・制度・計画（水素の位置づけ）、電源開発計画（需給に水素を見込む余地の有無など）	98
3.6.3.	水素技術の活用・導入状況（伝統技術・新技術、グレー／ブルー／グリーン水素） ..	101

3.6.4.	官・民取り組み状況、他ドナー支援状況	103
3.7.	ペルー	104
3.7.1.	エネルギーセクターの概況（エネルギー需給、水素の位置づけなど）、関連機関の役割（特に水素全般に関連して）	104
3.7.2.	エネルギー政策・制度・計画（水素の位置づけ）、電源開発計画（需給に水素を見込む余地の有無など）	108
3.7.3.	水素技術の活用・導入状況（伝統技術・新技術、グレー／ブルー／グリーン水素） ..	110
3.7.4.	官・民取り組み状況、他ドナー支援状況	110
3.8.	メキシコ	111
3.8.1.	エネルギーセクターの概況（エネルギー需給、水素の位置づけなど）、関連機関の役割（特に水素全般に関連して）	111
3.8.2.	エネルギー政策・制度・計画（水素の位置づけ）、電源開発計画（需給に水素を見込む余地の有無など）	115
3.8.3.	水素技術の活用・導入状況（伝統技術・新技術、グレー／ブルー／グリーン水素） ..	122
3.8.4.	官・民取り組み状況、他ドナー支援状況	123
3.9.	コスタリカ	124
3.9.1.	エネルギーセクターの概況（エネルギー需給、水素の位置づけなど）、関連機関の役割（特に水素全般に関連して）	124
3.9.2.	エネルギー政策・制度・計画（水素の位置づけ）、電源開発計画（需給に水素を見込む余地の有無など）	130
3.9.3.	水素技術の活用・導入状況（伝統技術・新技術、グレー／ブルー／グリーン水素） ..	137
3.9.4.	官・民取り組み状況、他ドナー支援状況	138
3.10.	エルサルバドル	139
3.10.1.	エネルギーセクターの概況（エネルギー需給、水素の位置づけなど）、関連機関の役割（特に水素全般に関連して）	139
3.10.2.	エネルギー政策・制度・計画（水素の位置づけ）、電源開発計画（需給に水素を見込む余地の有無など）	144
3.10.3.	水素技術の活用・導入状況（伝統技術・新技術、グレー／ブルー／グリーン水素） ..	149
3.10.4.	官・民取り組み状況、他ドナー支援状況	149
3.11.	トリニダード・トバゴ	150
3.11.1.	エネルギーセクターの概況（エネルギー需給、水素の位置づけなど）、関連機関の役割（特に水素全般に関連して）	150
3.11.2.	エネルギー政策・制度・計画（水素の位置づけ）、電源開発計画（需給に水素を見込む余地の有無など）	155
3.11.3.	水素技術の活用・導入状況（伝統技術・新技術、グレー／ブルー／グリーン水素） ..	157
3.11.4.	官・民取り組み状況、他ドナー支援状況	157
3.12.	ジャマイカ	158
3.12.1.	エネルギーセクターの概況（エネルギー需給、水素の位置づけなど）、関連機関の役割（特に水素全般に関連して）	158
3.12.2.	エネルギー政策・制度・計画（水素の位置づけ）、電源開発計画（需給に水素を見込む余地	

	の有無など)	162
3.12.3.	水素技術の活用・導入状況（伝統技術・新技術、グレー／ブルー／グリーン水素） ..	165
3.12.4.	官・民取り組み状況、他ドナー支援状況	165
第 4 章	協力ニーズに係る初期分析の結果	166
4.1.	パラグアイ	166
4.2.	チリ	169
4.3.	ブラジル	171
4.4.	アルゼンチン	173
4.5.	コロンビア	175
4.6.	ウルグアイ	178
4.7.	ペルー	180
4.8.	メキシコ	182
4.9.	コスタリカ	184
4.10.	エルサルバドル	187
4.11.	トリニダード・トバゴ	189
4.12.	ジャマイカ	193
第 5 章	協力ニーズに関する重点対象国の調査結果	197
5.1.	パラグアイ	197
5.1.1.	ヒアリング対象	197
5.1.2.	ヒアリング及び調査の結果	198
5.2.	アルゼンチン	200
5.2.1.	ヒアリング対象	200
5.2.2.	ヒアリング及び調査の結果	200
5.3.	コロンビア	202
5.3.1.	ヒアリング対象	202
5.3.2.	ヒアリング及び調査の結果	202
5.4.	コスタリカ	206
5.4.1.	ヒアリング対象	206
5.4.2.	ヒアリング及び調査の結果	206
5.5.	ジャマイカ	209
5.5.1.	ヒアリング対象	209
5.5.2.	ヒアリング及び調査の結果	209
第 6 章	提言	212
6.1.	パラグアイ	212
6.1.1.	水素バリューチェーン構築の現状と課題	212
6.1.2.	水素導入に係る政策提言（案）	214
6.1.3.	公的部門による関連プロジェクト案および民間部門との分担	215
6.1.4.	日本が提供し得る協力案	216
6.2.	アルゼンチン	218

6.2.1.	水素バリューチェーン構築の現状と課題	218
6.2.2.	水素導入に係る政策提言（案）	220
6.2.3.	公的部門による関連プロジェクト案および民間部門との分担.....	221
6.2.4.	日本が提供し得る協力案	222
6.3.	コロンビア	225
6.3.1.	水素バリューチェーン構築の現状と課題	225
6.3.2.	水素導入に係る政策提言（案）	227
6.3.3.	公的部門による関連プロジェクト案および民間部門との分担.....	230
6.3.4.	日本が提供し得る協力案	231
6.4.	コスタリカ	235
6.4.1.	水素バリューチェーン構築の現状と課題 235	
6.4.2.	水素導入に係る政策提言（案）	237
6.4.3.	公的部門による関連プロジェクト案および民間部門との分担.....	239
6.4.4.	日本が提供し得る協力案	239
6.5.	ジャマイカ	243
6.5.1.	水素バリューチェーン構築の現状と課題	243
6.5.2.	水素導入に係る政策提言（案）	244
6.5.3.	公的部門による関連プロジェクト案および民間部門との分担.....	246
6.5.4.	日本が提供し得る協力案	247

添付資料

添付 0.	日本の水素社会への取組	1
添付 1.	パラグアイ	4
1.1.	エネルギーバランス/電力需要およびコスト	4
1.2.	国内外送電網の状況	5
1.3.	カーボンニュートラルへの取組状況	8
1.4.	エネルギー、再生可能エネルギー、水素関連事業の実施状況（他ドナーによる支援状況を 含む）	9
添付 2.	チリ	12
2.1	エネルギーバランス/電力需要およびコスト	12
2.2	国内外送電網の状況	14
2.3	エネルギー政策/電力会社の計画	15
2.4	カーボンニュートラルへの取組状況	16
2.5	水素に関する政策枠組み、動向	17
2.6	エネルギー、再生可能エネルギー、水素関連事業の実施状況（他ドナーによる支援状況を 含む）	18
添付 3.	ブラジル	22

3.1.	国内外送電網の状況	22
3.2.	エネルギー政策/電力会社の計画	24
3.3.	カーボンニュートラルへの取組状況	25
3.4.	石油化学産業などの現状および将来見通し.....	27
3.5.	エネルギー、再生可能エネルギー、水素関連事業の実施状況（他ドナーによる支援状況を含む）	28
添付 4.	アルゼンチン	31
4.1.	エネルギーバランス/電力需要およびコスト	31
4.2.	国内外送電網の状況	34
4.3.	エネルギー政策/電力会社の計画	35
4.4.	カーボンニュートラルへの取組状況	36
4.5.	石油化学産業などの現状および将来見通し.....	37
4.6.	エネルギー、再生可能エネルギー、水素関連事業の実施状況（他ドナーによる支援状況を含む）	38
添付 5.	コロンビア	44
5.1.	エネルギーセクターの関連省庁および関連主要企業、団体.....	44
5.2.	エネルギーバランス/電力需要およびコスト	44
5.3.	国内外送電網の状況	45
5.4.	石油化学産業などの現状および将来見通し.....	46
5.5.	エネルギー、再生可能エネルギー、水素関連事業の実施状況（他ドナーによる支援状況を含む）	46
添付 6.	ウルグアイ	49
6.1.	エネルギーバランス/電力需要およびコスト	49
6.2.	国内外送電網の状況	50
6.3.	カーボンニュートラルへの取組状況	51
6.4.	水素に関する政策的枠組み、動向	53
6.5.	エネルギー、再生可能エネルギー、水素関連事業の実施状況（他ドナーによる支援状況を含む）	53
添付 7.	ペルー	55
7.1.	国内外送電網の状況	55
7.2.	石油化学産業などの現状および将来見通し.....	56
7.3.	エネルギー、再生可能エネルギー、水素関連事業の実施状況（他ドナーによる支援状況を含む）	56
添付 8.	メキシコ	59
8.1.	国内外送電網の状況	59
8.2.	石油化学産業などの現状および将来見通し.....	60
8.3.	エネルギー、再生可能エネルギー、水素関連事業の実施状況.....	60

添付 9.	コスタリカ	64
9.1.	エネルギーバランス/電力需要およびコスト	64
9.2.	国内外送電網の状況	65
9.3.	エネルギー政策/電力会社の計画	66
9.4.	エネルギー、再生可能エネルギー、水素関連事業の実施状況.....	68
添付 10.	エルサルバドル	72
10.1.	エネルギーバランス/電力需要およびコスト	72
10.2.	国内外送電網の状況	73
10.3.	エネルギー、再生可能エネルギー、水素関連事業の実施状況.....	73
添付 11.	トリニダード・トバゴ	76
11.1.	国内外送電網の状況	76
11.2.	石油化学産業などの現状および将来見通し.....	76
11.3.	エネルギー、再生可能エネルギー、水素関連事業の実施状況.....	77
添付 12.	ジャマイカ	80
12.1.	エネルギーバランス/電力需要およびコスト	80
12.2.	国内外送電網の状況	80
12.3.	石油化学産業などの現状および将来見通し.....	81
12.4.	エネルギー、再生可能エネルギー、水素関連事業の実施状況.....	82

目 次

図 1-1	中南米地域で水素導入が求められている理由	3
図 1-2	中南米地域における再生可能エネルギーへの投資割合（技術別、大型水力除く）	3
図 1-3	中南米地域における再生可能エネルギーの発電量（大型水力除く）	4
図 1-4	発電容量の傾向	4
図 2-1	全体の作業フロー	8
図 2-2	業務フローチャート	9
図 2-3	CO ₂ フリー水素バリューチェーン	10
図 2-4	本業務におけるバリューチェーンの基本イメージ	10
図 2-5	水素の最終利用	12
図 2-6	中南米・カリブ地域から見た水素技術・バリューチェーン	13
図 2-7	水素輸出ルート、計画及び合意にかかる拡大するネットワーク	14
図 2-8	2050 年ネットゼロシナリオ（IEA）における水素及び水素由来燃料の消費量の推移	15
図 2-9	2 度目目標達成シナリオ（Hydrogen Council）における水素需要	16
図 2-10	2050 年ネットゼロシナリオ（BloombergNEF）における水素及び水素由来燃料の消費量の推移	17
図 2-11	中南米地域の用途別水素需要の現状及び予測（2030 年）	17
図 2-12	中南米地域の国別水素需要の現状及び予測（2030 年）	18
図 2-13	重点対象国選定のフロー	20
図 2-14	業務実施体制図	28
図 3-1	エネルギーソース別総エネルギー供給量の推移（パラグアイ：1990-2018 年）	33
図 3-2	セクター別エネルギー消費量の推移（パラグアイ：1990-2018 年）	34
図 3-3	ソース別再生可能エネルギーによる発電量の推移（パラグアイ：1990-2019 年）	35
図 3-4	エネルギーソース別総エネルギー供給量の推移（チリ：1990-2018 年）	41
図 3-5	セクター別エネルギー消費量の推移（チリ：1990-2018 年）	42
図 3-6	チリにおける電力構成	43
図 3-7	チリにおいて想定される再生可能エネルギーの電源比率	43
図 3-8	ソース別再生可能エネルギーによる発電量の推移（チリ：1990-2019 年）	45
図 3-9	ブラジルにおける電力構成の変遷	53
図 3-10	エネルギーソース別総エネルギー供給量の推移（ブラジル：1990-2019 年）	53
図 3-11	セクター別エネルギー消費量の推移（ブラジル：1990-2019 年）	54
図 3-12	ソース別再生可能エネルギーによる発電量の推移（ブラジル：1990-2019 年）	56
図 3-13	ブラジルのエネルギーセクター関連省庁	57
図 3-14	アルゼンチンにおける発電量構成	68
図 3-15	アルゼンチンにおける 2019 年と 2030 年の発電量構成	69
図 3-16	エネルギーソース別総エネルギー供給量の推移（アルゼンチン：1990-2018 年）	69
図 3-17	セクター別エネルギー消費量の推移（アルゼンチン：1990-2018 年）	70
図 3-18	電力輸出入量の推移（アルゼンチン：1990-2018 年）	71

図 3-19	ソース別再生可能エネルギーによる発電量の推移（アルゼンチン：1990-2019年）	72
図 3-20	コロンビアのエネルギー供給源の構成（2018年）	80
図 3-21	コロンビアのセクター別エネルギー消費（2018年）	81
図 3-22	コロンビアの電力供給構成（GWh）	81
図 3-23	コロンビアの再生可能エネルギーの導入状況	82
図 3-24	コロンビアの2050年までのエネルギー需要	85
図 3-25	コロンビアの2050年のエネルギー供給構成	86
図 3-26	コロンビアのセクター別温室効果ガス排出量	87
図 3-27	コロンビアのエネルギーセクターの温室効果ガス排出量	87
図 3-28	コロンビアの温室効果ガスインベントリーの内訳（2014年）	88
図 3-29	コロンビアで水素利用が見込まれるセクター	91
図 3-30	エネルギーソース別総エネルギー供給量の推移（ウルグアイ：1990-2018年）	93
図 3-31	セクター別エネルギー消費量の推移（ウルグアイ：1990-2018年）	94
図 3-32	ソース別再生可能エネルギーによる発電量の推移（ウルグアイ：1990-2019年）	97
図 3-33	水素開発におけるロードマップ（ウルグアイ）	102
図 3-34	ペルーの1次エネルギー供給構成・発電電力量構成	104
図 3-35	ペルーの設備容量の推移	105
図 3-36	ペルーの産業別エネルギー消費	105
図 3-37	ペルーのエネルギー需要と設備容量の推移	106
図 3-38	ペルーの電力需要予測及びエネルギー需要予測	106
図 3-39	ペルーのGHGインベントリ・エネルギーセクター排出内訳	109
図 3-40	メキシコの1次エネルギー供給構成・発電電力量構成	111
図 3-41	メキシコの産業別エネルギー消費	112
図 3-42	メキシコの設備容量の実績	113
図 3-43	メキシコの電力需要の推移・予測（2006年～2031年）	114
図 3-44	メキシコの産業別エネルギー消費	118
図 3-45	メキシコのGHGインベントリ・エネルギーセクター排出量内訳	119
図 3-46	コスタリカの2018年のエネルギーバランス（左）、2018年の電力発電構成（右）	124
図 3-47	コスタリカのセクター別エネルギー消費（2018年）	125
図 3-48	コスタリカの再生可能エネルギーの導入状況（2000-2020年）	126
図 3-49	コスタリカの1978年-2016年までの電力需要の動向	127
図 3-50	コスタリカのエネルギー及びカーボンニュートラルに係る主要な政策及び計画	130
図 3-51	コスタリカの電力導入計画	133
図 3-52	コスタリカの温室効果ガス排出源、2012年（左）、エネルギー部門における排出源、2012年（右）	134
図 3-53	エルサルバドルの2018年のエネルギーバランス（左）、2018年の電力発電構成（右）	139
図 3-54	エルサルバドルのセクター別エネルギー消費（2018年）	140
図 3-55	エルサルバドルにおける再生可能エネルギーの導入状況（2000-2020年）	141
図 3-56	エルサルバドルにおける電力需要の動向（2000年～2030年）・GWh	142

図 3-57	エルサルバドルにおける電力価格の変動予測（2020年-2031年）	142
図 3-58	エルサルバルの温室効果ガス排出源、2014年（左）、エネルギー部門における排出源、2014年（右）	148
図 3-59	トリニダード・トバゴの1次エネルギー供給構成・発電電力量構成	150
図 3-60	トリニダード・トバゴにおける天然ガス埋蔵量の推移（2000-2018年）	151
図 3-61	トリニダード・トバゴの産業別エネルギー消費内訳	151
図 3-62	世界のグリーンアンモニアの需要予測	152
図 3-63	トリニダード・トバゴにおけるエネルギー需要の推移	153
図 3-64	トリニダード・トバゴにおける電力需要の予測	153
図 3-65	ジャマイカにおけるエネルギー供給源の構成（2018年）	159
図 3-66	ジャマイカにおけるセクター別エネルギー消費（2018年）	160
図 3-67	JPSの発電源構成（ジャマイカ）	160
図 3-68	ジャマイカにおける再生可能エネルギー容量	161
図 3-69	ジャマイカにおける石油輸入量と輸入価格（左）及び輸入単価とスポット単価の比較（右）	162
図 3-70	ジャマイカのセクター別温室効果ガス排出量	164
図 3-71	ジャマイカにおけるエネルギーセクターの温室効果ガス排出量	164
図 3-72	ジャマイカの温室効果ガスインベントリーの内訳（2012年）	165
図 4-1	パラグアイにおける水素バリューチェーンのエコシステム	167
図 4-2	パラグアイにおける水素バリューチェーン実現に向けた課題と調査ニーズ	168
図 4-3	チリにおける水素バリューチェーンのエコシステム	170
図 4-4	チリにおける水素バリューチェーン実現に向けた課題と調査ニーズ	170
図 4-5	ブラジルにおける水素バリューチェーンのエコシステム	172
図 4-6	ブラジルにおける水素バリューチェーン実現に向けた課題と調査ニーズ	172
図 4-7	アルゼンチンにおける水素バリューチェーンのエコシステム	174
図 4-8	アルゼンチンにおける水素バリューチェーン実現に向けた課題と調査ニーズ	174
図 4-9	コロンビアにおける水素バリューチェーンのエコシステム	176
図 4-10	コロンビアにおける水素バリューチェーン実現に向けた課題と調査のニーズ	177
図 4-11	ウルグアイにおける水素バリューチェーンのエコシステム	179
図 4-12	ウルグアイにおける水素バリューチェーン実現に向けた課題と調査ニーズ	179
図 4-13	ペルーにおける水素バリューチェーンのエコシステム	181
図 4-14	メキシコにおける水素バリューチェーンのエコシステム	183
図 4-15	コスタリカにおける水素バリューチェーンのエコシステム	185
図 4-16	コスタリカにおける水素バリューチェーンの構想	186
図 4-17	コスタリカにおける水素バリューチェーン実現に向けた課題と調査のニーズ	186
図 4-18	エルサルバドルにおける水素バリューチェーンのエコシステム	188
図 4-19	トリニダード・トバゴにおけるバリューチェーンの構想	190
図 4-20	カリブ海諸国におけるエネルギー供給	190
図 4-21	再生可能エネルギー導入目標に対するカリブ諸国の進捗	191
図 4-22	カリブ諸国における産業別エネルギー消費	191

図 4-23	トリニダード・トバゴにおける水素バリューチェーンのエコシステム	192
図 4-24	ジャマイカにおける水素バリューチェーンのエコシステム	194
図 4-25	カリブ海のロジスティックスハブ地図	194
図 4-26	海運業界におけるエネルギー消費量及びフュエルミックス予測	195
図 4-27	ジャマイカにおける水素バリューチェーン実現に向けた課題と調査のニーズ	196
図 6-1	詳細調査の結果を反映した水素バリューチェーン（パラグアイ）	212
図 6-2	詳細調査の結果を反映した水素バリューチェーン（アルゼンチン）	218
図 6-3	詳細調査の結果を反映した水素バリューチェーン（コロンビア）	225
図 6-4	詳細調査の結果を反映した水素バリューチェーン（コスタリカ）	235
図 6-5	詳細調査の結果を反映した水素バリューチェーン（ジャマイカ）	243

表 目 次

表 1.1	本邦におけるバリューチェーンの実証状況	5
表 1.2	本邦水素技術の状況	6
表 2.1	水素の分類	11
表 2.2	各セクターにおける現状の水素の用途と今後の需要変動	14
表 2.3	12 か国調査における情報収集項目	19
表 2.4	重点対象国選定のためのグループ分け	21
表 2.5	グループ内で比較を行うための項目の設定理由	22
表 2.6	グループの中で重点対象国選定に最も重要な評価項目	22
表 2.7	地域別評価結果 南米（1）	23
表 2.8	地域別評価結果 南米（2）	24
表 2.9	地域別評価結果 中米	25
表 2.10	地域別評価結果 カリブ	26
表 2.11	グループ毎の重点対象国選定	27
表 2.12	5 か国選定の理由	27
表 2.13	管理体制	29
表 2.14	現地傭人の雇用	30
表 2.15	5 か国における調査内容	30
表 3.1	パラグアイの基礎情報	33
表 3.2	パラグアイにおける燃料価格	35
表 3.3	パラグアイにおける電気料金	36
表 3.4	パラグアイにおける売上電力量	36
表 3.5	パラグアイにおける電力売上高	36
表 3.6	パラグアイのエネルギー政策	37
表 3.7	パラグアイの水素ロードマップの各アクションの概要	39
表 3.8	チリの基礎情報	41
表 3.9	チリにおける燃料価格	44
表 3.10	チリにおける電気料金	44
表 3.11	チリにおける天然ガス価格	44
表 3.12	チリのエネルギーセクターにおける主要機関	47
表 3.13	チリの主要企業の設備容量及び発電量	48
表 3.14	チリの送電に関する主要企業	48
表 3.15	チリにおける主要エネルギー政策の概要	49
表 3.16	チリにおける水素開発プロジェクト	51
表 3.17	ブラジルの基礎情報	52
表 3.18	ブラジルにおける燃料価格	54
表 3.19	ブラジルにおける電気料金	54
表 3.20	ブラジルにおける天然ガス価格	55
表 3.21	ブラジルにおける主要エネルギー計画および政策・制度の概要	60

表 3.22	アルゼンチンの基礎情報	68
表 3.23	アルゼンチンにおける燃料価格	70
表 3.24	アルゼンチンにおける電気料金	70
表 3.25	アルゼンチンにおける天然ガス料金	71
表 3.26	アルゼンチンの主要エネルギー政策	75
表 3.27	アルゼンチンの Energy Scenarios 2030 で設定されたシナリオ	76
表 3.28	アルゼンチンにおける開発プロジェクト	79
表 3.29	コロンビアの基礎情報	80
表 3.30	コロンビアの再生可能エネルギーのポテンシャル	82
表 3.31	コロンビアの国内燃料小売価格	83
表 3.32	コロンビアの国内電力価格の推移	83
表 3.33	コロンビアのエネルギーセクター関連省庁	84
表 3.34	コロンビアの水素エネルギー拡大に向けたステップ	90
表 3.35	コロンビアの水素導入に関する 2030 年までの目標	90
表 3.36	コロンビアの水素開発に向けた課題	91
表 3.37	ウルグアイの基礎情報	93
表 3.38	ウルグアイにおける燃料価格	94
表 3.39	ウルグアイにおける電気料金	94
表 3.40	南米における電力取引概要	95
表 3.41	ウルグアイのエネルギー政策	99
表 3.42	ウルグアイの NDC の概要	100
表 3.43	ペルーの基礎情報	104
表 3.44	ペルーのエネルギーセクター関連機関	107
表 3.45	メキシコの基礎情報	111
表 3.46	メキシコのエネルギーセクター関連機関	114
表 3.47	メキシコの国家気候変動戦略における具体的な対策及び施策	120
表 3.48	コスタリカの基礎情報	124
表 3.49	コスタリカの電力コスト (c/kWh - USD / kWh)	128
表 3.50	コスタリカのエネルギーセクター関連機関	129
表 3.51	PNE の電力及び輸送システムに関する政策 (コスタリカ)	131
表 3.52	コスタリカの脱炭素指針	135
表 3.53	エルサルバドルの基礎情報	139
表 3.54	エルサルバドルのエネルギーセクター主要機関	143
表 3.55	エルサルバドルの 2026 年までの再生エネルギー導入キャパシティー強化計画	146
表 3.56	エルサルバドルの電力の現状と新事業計画	146
表 3.57	トリニダード・トバゴの基礎情報	150
表 3.58	エネルギーセクターにおける主要機関	154
表 3.59	ジャマイカの基礎情報	158
表 3.60	ジャマイカにおける主な独立系発電事業者	159
表 3.61	ジャマイカにおける再生可能エネルギーのポテンシャル	161

表 4.1	パラグアイにおける水素バリューチェーンの構想	166
表 4.2	チリにおける水素バリューチェーンの構想	169
表 4.3	ブラジルにおける水素バリューチェーンの構想	171
表 4.4	アルゼンチンにおける水素バリューチェーンの構想	173
表 4.5	コロンビアにおける水素バリューチェーンの構想	175
表 4.6	ウルグアイにおける水素バリューチェーンの構想	178
表 4.7	ペルーにおける水素バリューチェーンの構想	180
表 4.8	メキシコにおける水素バリューチェーンの構想	182
表 4.9	コスタリカにおける水素バリューチェーンの構想	184
表 4.10	エルサルバドルにおける水素バリューチェーンの構想	187
表 4.11	トリニダード・トバゴにおける水素バリューチェーンの構想	189
表 4.12	ジャマイカにおける水素バリューチェーンの構想	193
表 5.1	ヒアリング対象リスト（パラグアイ）	197
表 5.2	ヒアリング結果（パラグアイ）	198
表 5.3	ヒアリング結果のまとめ（パラグアイ）	199
表 5.4	ヒアリング対象リスト（アルゼンチン）	200
表 5.5	ヒアリング結果（アルゼンチン）	200
表 5.6	ヒアリング結果のまとめ（アルゼンチン）	201
表 5.7	ヒアリング対象リスト（コロンビア）	202
表 5.8	ヒアリング結果（コロンビア）	202
表 5.9	ヒアリング結果のまとめ（コロンビア）	205
表 5.10	ヒアリング対象リスト（コスタリカ）	206
表 5.11	ヒアリング結果（コスタリカ）	206
表 5.12	ヒアリング結果のまとめ（コスタリカ）	208
表 5.13	ヒアリング対象リスト（ジャマイカ）	209
表 5.14	ヒアリング結果（ジャマイカ）	209
表 5.15	ヒアリング結果のまとめ（ジャマイカ）	211
表 6.1	パラグアイにおける政策提言案	214
表 6.2	日本が提供し得る協力案（パラグアイ）	216
表 6.3	アルゼンチンにおける政策提言案	220
表 6.4	日本が提供し得る協力案（アルゼンチン）	222
表 6.5	コロンビアにおける政策提言案	228
表 6.6	日本が提供し得る協力案（コロンビア）	231
表 6.7	コスタリカにおける政策提言案	237
表 6.8	日本が提供し得る協力案（コスタリカ）	240
表 6.9	ジャマイカにおける政策提言案	245
表 6.10	日本が提供し得る協力案（ジャマイカ）	247

略 語 表

略語	正式名称	和訳
ABEólica	Associação Brasileira de Energia Eólica	風力エネルギー協会（ブラジル）
ACOPE	Asociación Costarricense de Productores de Energía	民間発電事業者（コスタリカ）
ADME	Administracion del Mercado Electrico	電力市場監督局（ウルグアイ）
AME	Andes Mining & Energy Corporate	エネルギー事業者（チリ）
ANCAP	Administración Nacional de Combustibles, Alkoholes y Portland	国家燃料・アルコール・ポルトランド管理会社（ウルグアイ）
ANDE	Administración Nacional de Electricidad	国家電力公社（パラグアイ）
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica	国家電力庁（ブラジル）
ANH	Agencia Nacional de Hidrocarburos	国家炭化水素庁（コロンビア）
ANP	National Agency of Petroleum, Natural Gas and Biofuels (Brazil)	石油庁（ブラジル）
ANSI	American National Standards Institute	米国国家規格協会
ARESEP	Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos	公共サービス規制機関（コスタリカ）
ARS	Argentine Peso	アルゼンチン・ペソ
ASME	American Society of Mechanical Engineers	アメリカ機械学会
BAU	Business As Usual	対策のないケース
BNDES	Brazilian Development Bank	ブラジル開発銀行
BRL	Brazilian Real	ブラジルリアル
C3	Consejo de Cambio Climático	気候変動評議会（メキシコ）
CABEI	Central American Bank for Economic Integration	中米経済統合銀行
CAGR	Compound Annual Growth Rate	複合年間成長率
CAMMESA	Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico SA	卸電力市場運営会社（アルゼンチン）
CARICOM	Caribbean Community	カリブ共同体
CCEE	Camara de Comercializacao de Energia Electrica	電力取引委員会（ブラジル）
CCS	Carbon Capture and Storage	二酸化炭素回収・貯留
CCUS	Carbon dioxide Capture, Utilization and Storage	二酸化炭素回収・有効利用・貯留
CECCA	Clean Energy Corridor of Central America	中米クリーンエネルギー回廊
CEL	Certificado de Energía Limpia	クリーンエネルギー証明書（メキシコ）
CEL	Comisión Executive Hidroeléctrica del Río Lempa	国営会社レンパ川水力発電執行委員会（エルサルバドル）
CENACE	Centro Nacional de Control de Energía	国家エネルギー管理センター（メキシコ）
CENCE	Centro Nacional de Control de Energía Costa Rica	エネルギー管理センター（コスタリカ）
CENER	Secretaria de Energia	エネルギー省（メキシコ）
CEPEL	Centro de Pesquisas de Energia Elétrica	電力研究センター（ブラジル）
CfD	Contract for Difference	差金決済取引

CFE	Consejo Federal de la Energía	連邦エネルギー評議会（アルゼンチン）
CFE	Comisión Federal de Electricidad	電力公社（メキシコ）
CH4	Methan	メタン
CIATEQ	Centro de Tecnología Avanzada	先端技術センター（メキシコ）
CICC	Comisión Intersecretarial de Cambio Climático	国家気候変動体制省庁間委員会（メキシコ）
CIDETEQ	Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica	電気化学技術開発調査センター（メキシコ）
CIER	Comisión de Integración Energética Regional	地域エネルギー統合委員会
CLP	Chilean Peso	チリ・ペソ
CLP	Contratos de Largo Plazo	電力の長期契約
CMSE	Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico	電力モニタリング委員会（ブラジル）
CN	Carbon Neutral	カーボンニュートラル
CNE	Comisión Nacional de Energía	国家エネルギー審議会（チリ、エルサルバドル）
CNES	Centrales Eléctricas del Norte de Santander S.A. E.S.P.	電力会社（コロンビア）
CNFL	Compañía Nacional de Fuerza y Luz S.A.	配電会社（コスタリカ）
CNH	Comisión Nacional de Hidrocarburos	国家炭化水素委員会（メキシコ）
CNP	Carbon Neutral Port	カーボンニュートラルポート
CNPE	Conselho Nacional de Política Energética	国家エネルギー政策委員会（ブラジル）
CO2	Carbon Dioxide	二酸化炭素
CO2-EOR	CO2 Enhanced Oil Recovery	炭酸ガス圧入攻法
COES-SINAC	Comite de Operacion Economica del Sistema Interconectado Nacional	全国送電系統経済委員会（ペルー）
COFIDE	Corporación Financiera de Desarrollo S.A.	開発金融公社（ペルー）
CONACYT	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología	国家科学技術審議会（メキシコ）
CONAVI	Consejo Nacional de Vialidad	国家道路協議会（コスタリカ）
CONOMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente	国家環境審議会（ブラジル）
CONUEE	Comision Nacional para el Uso Eficiente de la Energia	国家省エネルギー委員会（メキシコ）
COP	Conference of the Parties	締約国会議
CORFO	Corporación de Fomento de la Producción	産業振興公社（チリ）
COVID-19	Coronavirus Disease of 2019	新型コロナウイルス
CRE	Comision Reguladora de Energía	エネルギー規制委員会（メキシコ）
CREE	Centro Regional de Energía Eólica	風力発電地域センター（アルゼンチン）
CREG	Comision de Regulación de Energía y Gas	エネルギー・ガス規制委員会（コロンビア）
CRIE	Comisión Regional de Interconexión Eléctrica	電力相互接続のための地域規制委員会（コスタリカ）
CSP	Concentrated Solar Power	集光型太陽光発電
CSR	Corporate Social Responsibility	企業の社会的責任
DGAEE	Dirección General de Asuntos Ambientales de Electricidad	エネルギー環境総局（ペルー）

DGE	Dirección General de Electricidad	電力総局（ペルー）
DGER	Dirección General de Electrificación Rural	地方電化総局（ペルー）
DNE	Dirección Nacional de Energía	国家エネルギー局（ウルグアイ）
DRI	Direct Reduced Iron	直接還元鉄
EBISA	二国間エネルギー推進公団	Emprendimientos Energéticos Binacionales Sociedad Anónima（パラグアイ・アルゼンチン）
EEB	Empresa de Energía de Bogotá S.A. E.S.P.	電力会社（コロンビア）
e-fuel	Electrofuels	二酸化炭素と水素の合成液体燃料
EIGA	European Industrial Gases Association	ヨーロッパ産業ガス協会
ENAP	Empresa Nacional del Petróleo	エネルギー事業者（チリ）
ENCC	Estrategia Nacional de Cambio Climático	国家気候変動戦略（メキシコ）
ENDESA	Enel Generación Chile S.A.	国営電力会社（チリ）
ENE	Estrategia Nacional de Energía	国家エネルギー戦略（メキシコ）
ENRE	Ente Nacional Regulador De La Electricidad	国家電力規制機関（アルゼンチン）
EOR	Ente Operador Regional	地域独立電力市場運営機関（コスタリカ）
EPE	Empresa de Pesquisa Energética	エネルギー研究機関（ブラジル）
EPM	Empresas Publicas de Medellin	電力公社（コロンビア）
EPSA	Empresa de Energía del Pacífico S.A.	電力会社（コロンビア）
ESPH	Empresa de Servicios Publicos de Heredia	配電公社（コスタリカ）
ESSA	Electrificadora de Santander S.A. E.S.P	電力会社（コロンビア）
ETESA	Empresa de Transmisión Eléctrica	パナマ送電公社（パナマ）
ETESAL	Empresa Transmisora de El Salvador	エルサルバドル送電会社（エルサルバドル）
ETS	Emissions Trading Scheme	排出量取引制度
EU	European Union	欧州連合
FCV	Fuel Cell Vehicle	燃料電池自動車
FDI	Foreign Direct Investment	海外直接投資
FENOGE	Fondo de Energías No Convencionales y de Gestión Eficiente de la Energía	非従来型エネルギーおよびエネルギー効率基金（コロンビア）
FH2R	Fukushima Hydrogen Energy Research Field	福島水素エネルギー研究フィールド
FINET	Fondo de Inversión en Electricidad y Telefonía	国家電気電話投資基金（エルサルバドル）
FODER	Fondo para el Desarrollo de Energías Renovables	再生可能エネルギー開発基金（アルゼンチン）
FS	Feasibility Study	実現可能性調査
GCF	Green Climate Fund	緑の気候基金
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
GHG	Greenhouse Gas	温室効果ガス
GIZ	German Agency for International Cooperation	ドイツ国際協力公社
GLCC	Ley General de Cambio Climático	気候変動に関する一般法（メキシコ）

GNI	Gross National Income	国民総所得
GW	Giga Watt	ギガワット
H2	Hydrogen	水素
H2RC	Hydrogen Research Collaborative	グリーン水素の開発・導入に向けた共同研究事業（トリニダード・トバゴ）
IBAMA	Instituto Brasileiro Meio Ambiente e dos Recursos Naturales	環境・天然資源院（ブラジル）
ICE	Instituto Costarricense de Electricidad	電力公社（コスタリカ）
ICONTEC	Colombian Institute of Technical Standards and Certification	コロンビア技術規格認定機関
ICT	Information and Communication Technology	情報通信技術
IDB	Inter-American Development Bank	米州開発銀行
IEA	International Energy Agency	国際エネルギー機関
IFC	International Finance Corporation	国際金融公社
IIRSA	Initiative for the Integration of Regional Infrastructure in South America	南米地域インフラ統合イニシアティブ
IMF	International Monetary Fund	国際通貨基金
IMO	International Maritime Organization	国際海事機関
INCOP	Costa Rican Institute of Pacific Ports	コスタリカ港湾機関（コスタリカ）
INECC	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático	環境・気候変動国立研究所（メキシコ）
INEEL	Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias	国立電力・クリーンエネルギー研究所（メキシコ）
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía	国立統計地理情報院（メキシコ）
INTI	National Institute of Industrial Technology	国立工業技術院（アルゼンチン）
IPP	Independent Power Producer	独立系発電事業者
IRENA	International Renewable Energy Agency	国際再生可能エネルギー機関
IRP	Integrated Resource Plan	統合資源計画（ジャマイカ）
IRRP	Integrated Resource Resilience Plan	統合資源レジリエンス計画（ジャマイカ）
ISA	Interconexion Electrica S.A. E.S.P	送電会社（コロンビア）
ISO	International Organization for Standardization	国際標準化機構
IT	Information Technology	情報技術
JASEC	Junta Administrativa del Servicio Eléctrico Municipal de Cartago	配電公社（コスタリカ）
JBIC	Japan Bank for International Cooperation	国際協力銀行
JCM	Joint Crediting Mechanism	二国間クレジット制度
JETRO	Japan External Trade Organization	独立行政法人日本貿易振興機構
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人国際協力機構
JOGMEC	Japan Oil, Gas and Metals National Corporation	独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構
JPS	Jamaica Public Services Company	統合型電力会社（ジャマイカ）
L/A	Loan Agreement	借款契約

LAC	Latin America and the Caribbean	ラテンアメリカ・カリブ諸国
LASE	Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía	エネルギー持続的利用法（メキシコ）
LIE	Ley de la Industria Eléctrica	電力産業法（メキシコ）
LLDC	Landlocked Developing Countries	内陸開発途上国
LPG	Liquefied Petroleum Gas	液化石油ガス
LTS	Long-Term Strategy	長期低排出発展戦略
LULUCF	Land Use Change and Forestry	土地利用、土地利用変化及び林業部門
MADES	Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sustentable	環境・持続的開発省
MCH	Methylcyclohexane	メチルシクロヘキサン
MEEA	Ministry of Energy and Energy Affairs	エネルギー・エネルギー産業省（トリニダード・トバゴ）
MEM	Mercado Eléctrico Mayorista	卸電力市場
MER	Mercado Eléctrico Regional	地域電力市場（コスタリカ）
METI	Ministry of Economy, Trade and Industry	経済産業省
MIC	Ministerio de Industria y Comercio	商工省（パラグアイ）
MIDEPLAN	Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica	経済企画省（コスタリカ）
MIEM	Ministry of Industry, Energy and Mining	工業・エネルギー・鉱業省（ウルグアイ）
MIF	Multilateral Investment Fund.	多数国間投資基金
MINAE	Ministerio de Ambiente y Energía	環境エネルギー省（コスタリカ）
MINAM	Ministerio del Ambiente	環境省（ペルー）
MINEM	Ministerio de Energía y Minas de Peru	エネルギー鉱山省（ペルー）
MINMINAS	Ministerio de Minas y Energin	鉱山エネルギー省（コロンビア）
MMA	Ministerio do Meio Ambiente	環境省（ブラジル）
MME	Ministerio de Minas e Energia	鉱山エネルギー省（ブラジル）
MOPC	Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones	公共事業・通信省（パラグアイ）
MOPT	Ministerio de Obras Públicas y Transportes	公共事業交通省（コスタリカ）
MoU	Memorandum of Understanding	覚書
MRS	Mercado Regulador del Sistema	電力のスポット取引
MSET	Ministry of Science, Energy and Technology	エネルギー・科学技術省（ジャマイカ）
MW	Mega Watt	メガワット
MXN	Peso Mexicano	メキシコ・ペソ
NAMA	Nationally Appropriate Mitigation Actions	国としての適切な緩和行動
NDC	Nationally Determined Contribution	自国が決定する貢献
NEDO	New Energy and Industrial Technology Development Organization	国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
NFPA	National Fire Protection Association	全米防火協会
NGO	Nongovernmental Organization	非政府組織
NH3	Ammonia	アンモニア
N2O	Nitrous Oxide	亜酸化窒素
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助

OECD	Organization for Economic Co-operation and Development	経済協力開発銀行
ONS	Operador Nacional do Sistema Eléctrico	全国電力系統運用者（ブラジル）
OPIC	Overseas Private Investment Corporation	海外民間投資会社
OSINERGMIN	Organismo Supervisor de la Inversion en Energia y Minería	エネルギー鉱業投資監督庁（ペルー）
PCH	Pequeñas Centrales Hidroeléctricas	小規模水力発電所
PDE	Plano Decenal de Expansão de Energia	エネルギー拡大計画（ブラジル）
PEG	Plan de Expansion de la Generacion	発電拡張計画（コスタリカ）
PEM	Polymer Electrolyte Membrane	固体高分子電解質膜
PEMEX	Petróleos Mexicanos	国営石油会社（メキシコ）
PETROPAR	Petroleos Paraguayos	パラグアイ石油公社
PNCC	Plan nacional de cambio climatico	第一次国家気候変動計画（エルサルバドル）
PNE	Plan Nacional de Energia	国家エネルギー計画（コスタリカ）
PNE 2050	Plano Nacional de Energia 2050	2050年までの国家エネルギー政策（ブラジル）
PNTE	Plan Nacional de Transporte Eléctrico	国家交通電化計画（コスタリカ）
PPA	Power Purchase Agreement	電力購入契約
PPP	Public Private Partnership	官民連携
PRODESEN	Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional	国家電力系統開発プログラム（メキシコ）
PROINFA	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica	再生可能エネルギー促進策（ブラジル）
PRONASE	Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energia	エネルギーの持続可能な利用に関する国家プログラム（メキシコ）
PTIEE	Ley 3009 de produccion y transporte independiente de energia electrica	独立系電気事業者に関する法（パラグアイ）
PV	Photovoltaic	太陽光発電
PYG	Guarani	グアラニー
REC	Renewable Energy Committee	再生可能エネルギー委員会
RECOPE	Refinadora Costarricense de Petróleo	石油精製公社（コスタリカ）
RenovAr	Renewable energy auction programme of Argentina	再生可能エネルギー国際入札プログラム（アルゼンチン）
RUT	Reglamento Único de Transporte de Gas Natural	統合天然ガス輸送規制（コロンビア）
SAE	Society of Automotive Engineers	自動車技術者協会
SBTi	Science Based Targets initiative	科学的根拠に基づく目標
SDGs	Sustainable Development Goals	持続可能な開発目標
SEMARNET	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales	環境天然資源省（メキシコ）
SEN	Sistema Eléctrico Nacional	全国グリッド（チリ、メキシコ）
SEPSE	Secretaría de Planificación del Subsector Energía	環境エネルギー省計画局（コスタリカ）
SEZ	Special Economic Zone	経済特区
SGC	Servicio Geológico Colombiano	コロンビア地質調査所
SIC	Sistema Interconectado Central	中央グリッド（チリ電力システム）

SICA	Sistema de la Integración Centroamericana	中米統合機構
SIEPAC	Sistema de Interconexión Eléctrica para Países de América Central	中米電力連系システム
SIGET	Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones	電気通信総監督庁（エルサルバドル）
SIN	Sistema Interligado Nacional de Energia	全国統一系統（ブラジル、コロンビア）
SING	Sistema Interconectado del Norte Grande	北部グリッド（チリ電力システム）
SIP	Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program	戦略的イノベーション創造プログラム
STN	Sistema de Transmision Nacional	地域送電ネットワーク（コロンビア）
T&TEC	Trinidad and Tobago Electricity Commission	トリニダード・トバゴ電力委員会（トリニダード・トバゴ）
UN	United Nations	国際連合
UNCTAD	United Nations Conference on Trade and Development	国際連合貿易開発会議
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change	気候変動枠組条約
UNIDO	United Nations Industrial Development Organization	国際連合工業開発機関
URSEA	Unidad Reguladora de Servicios de Energia y Agua	エネルギー・水サービス規制局（ウルグアイ）
USAID	United States Agency for International Development	アメリカ国際開発庁
USD	United States Dollar	アメリカ・ドル
UT	Unidad de Transacciones	電力取引ユニット（エルサルバドル）
UTE	Administración Nacional de Usinas y Trasmisiones Eléctricas	電力公社（ウルグアイ）
UTECH	University Of Technology, Jamaica	ジャマイカ工科大学
UTT	The University of Trinidad and Tobago	トリニダード・トバゴ大学
UWI	The University of the West Indies	西インド諸島大学
UYU	Peso Uruguayo	ウルグアイ・ペソ
VAT	Value-added Tax	付加価値税
WWF	World Wide Fund for Nature	世界自然保護基金
ZNI	Zonas No Interconectadas	系統非接続地域（コロンビア）

エグゼクティブ・サマリー

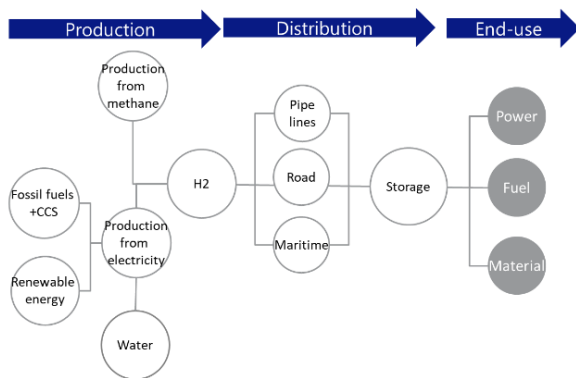
(1) 調査の概要

本調査では、中南米地域の調査対象国のエネルギーセクターの現状や、現行政策・法制度、関連機関の役割等を整理した上で、水素技術・バリューチェーン導入に関連する公的部門への協力ニーズとポテンシャルを分析し、政策提言（案）や今後の協力の可能性（円借款（開発政策借款含む）、技術協力）を検討することを目的として実施された。調査の流れは以下の通り。



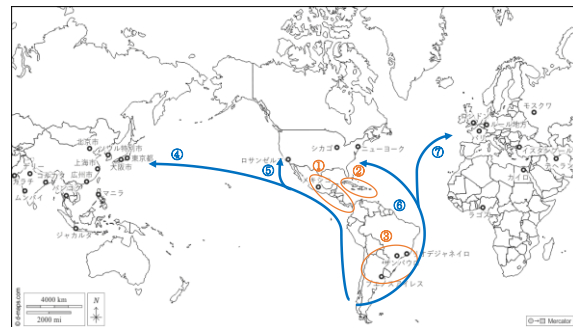
(2) バリューチェーンの考え方

水素の技術・バリューチェーンのポテンシャル検討については、以下に示す通り「(1) 水素活用の段階に応じた技術・バリューチェーン」及び「(2) 中南米・カリブ地域から見た水素技術・バリューチェーン」の2つの側面から、評価・分析を行った。前者は製造、輸送、利用の3段階であり、後者は国内バリューチェーン、地域バリューチェーン（隣国を含む地域）、国際バリューチェーン（水素需要地である東アジア、欧米向け）の3種類に分類した。



出典：JICA 調査団

水素バリューチェーンの基本イメージ



● 地域バリューチェーン：日本、メキシコ、コロンビア、ペルー、チリ、ブラジル、アルゼンチン、コロンビア、ウルグアイ、ペルー
 → 国際バリューチェーン：中南米地域から東アジア、中南米地域から北米地域、中南米地域からヨーロッパ

出典：JICA 調査団

中南米・カリブ地域から見た水素技術・バリューチェーン

(3) 12 개국調査の結果

南米7か国（パラグアイ、チリ、ブラジル、アルゼンチン、コロンビア、ウルグアイ、ペルー）、中米3か国（メキシコ、コスタリカ、エルサルバドル）、カリブ地域2か国（トリニダード・トバゴ、ジャマイカ）の中南米カリブ地域の計12か国を対象とし、エネルギーセクターの現状、再生可能エネルギーや化石燃料の生産・消費状況、また水素に関する政策や動きなど、8項目からデスクスタディを実施し、協力ニーズに関する初期分析を実施した。

(4) 重点対象国の選定

デスクスタディの結果に基づき、まず対象 12 か国を以下の 4 つのグループに分類した。

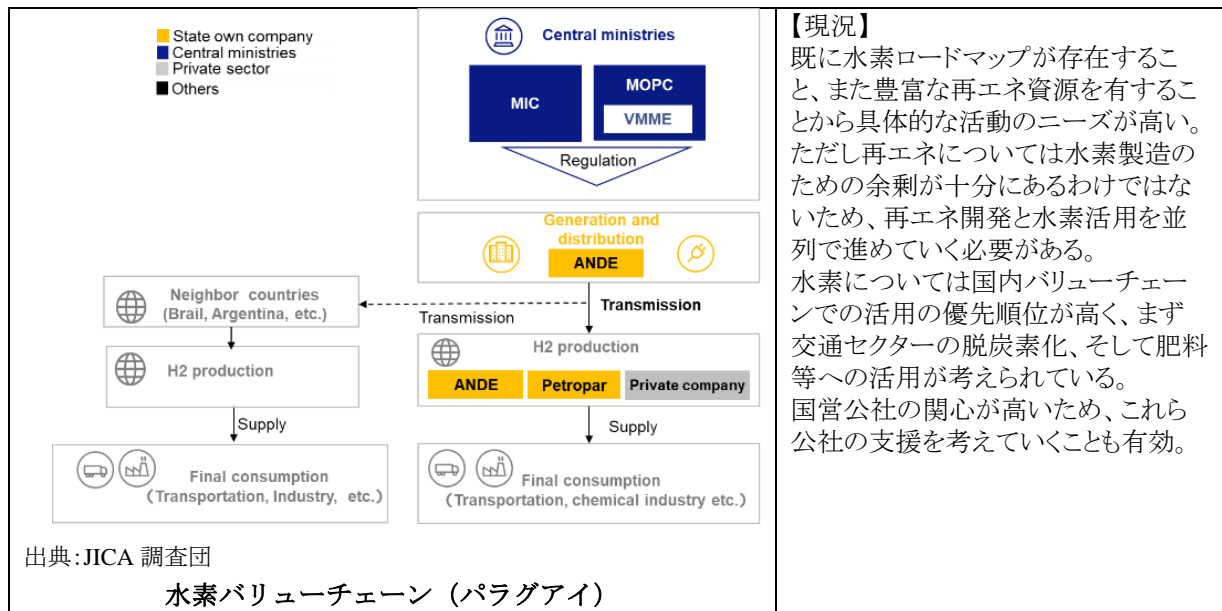
その上で、①脱炭素に関する取組状況、②域内外との連携におけるエネルギープロジェクトのポテンシャル、③国内における再エネプロジェクトの状況・ポテンシャル、④脱炭素社会に向けた産業構造改革の必要性、⑤海外協力の状況の 5 項目から、各国の比較を行い以下表に太字下線で示した 5 か国を選定した。

グループ分け	関連国の特徴
輸出志向型	国際バリューチェーンに向けた水素生産に関心があり、特にそのための計画や政策を有する国。 <u>パラグアイ</u> 、チリ、ブラジル、 <u>アルゼンチン</u> 、 <u>コロンビア</u> 、ウルグアイ
地域バリューチェーン型	既存の電力ネットワークの状況、地理的な接続性を考えて、地域バリューチェーンを構成する可能性がある国。 南米地域 <u>パラグアイ</u> 、チリ、ブラジル、 <u>アルゼンチン</u> 、ウルグアイ カリブ地域 トリニダード・トバゴ、 <u>ジャマイカ</u> 中米地域 <u>コスタリカ</u> 、エルサルバドル
再エネ活用品	豊富な再エネ資源の賦存状況から、将来グリーン水素の生産国になる可能性を持ち、地産地消による国内バリューチェーンの形成が期待される国。 <u>パラグアイ</u> 、チリ、ブラジル、 <u>アルゼンチン</u> 、 <u>コロンビア</u> 、ウルグアイ、ペルー、 <u>コスタリカ</u> 、エルサルバドル、 <u>ジャマイカ</u>
経済移行型	現在化石燃料を生産しており、脱炭素化に伴う経済構造の移行が必要な国。 ブラジル、 <u>アルゼンチン</u> 、 <u>コロンビア</u> 、メキシコ、トリニダード・トバゴ

出典：JICA 調査団

重点対象国に対し、主たる関係者への聞き取りを中心とした追加調査を実施し各国に対し提言及び協力計画を取りまとめた。以下に各国のバリューチェーンの図、現況と協力案件案を示した。

(5) パラグアイ



出典：JICA 調査団

水素バリューチェーン（パラグアイ）

【協力案件ニーズ】

パラグアイにおける水素ロードマップ実施に向けた調査
日本の水素関連技術等に関する本邦研修
交通セクターを中心とした水素市場形成に向けた計画策定支援事業
水素車両・船舶および関連インフラ導入事業

(6) アルゼンチン

【現況】
水素に関するロードマップが準備中であり、水素に関する関心はあるものの国としての方針が明確には示されていない。豊富な再エネ資源、化石燃料、工業セクターを有することから具体的な活動のニーズが高いものの、経済状況に課題を抱えるために資金支援等の見通しは不明瞭。現時点ではCOP26で発表された民間の投資と一部州政府のリーダーシップにより水素についての活動が進む見通しであり、これら地方レベルでの動きをサポートすることも必要となっている。中央政府は国内バリューチェーンへの関心が高いものの、民間投資は国際バリューチェーンへの貢献を目指しており、まず方針の明確化が必要。

出典: JICA 調査団
水素バリューチェーン (アルゼンチン)

【協力案件ニーズ】

- ・官民連携による水素事業の実施にかかる能力向上・技術支援プロジェクト
- ・アルゼンチンにおける水素開発及び脱炭素施策実施計画策定に向けた調査
- ・日本の水素関連技術等に関する本邦研修
- ・水素市場形成に向けた計画策定支援事業

(7) コロンビア

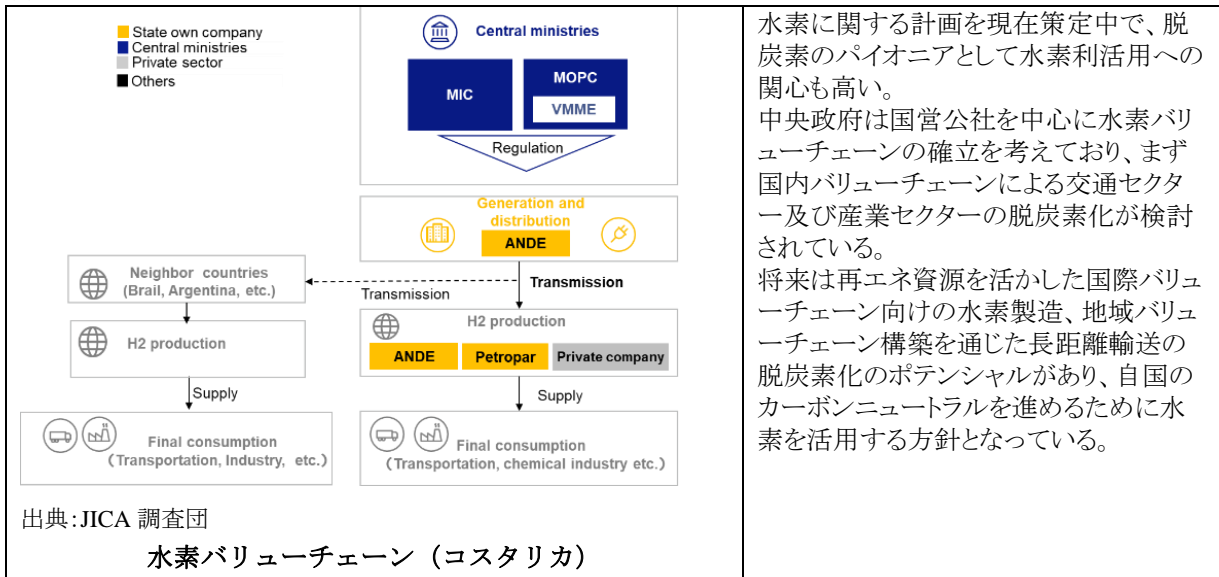
水素に関するロードマップを公表済みであり、政府、及び関係企業ともに同計画に沿った水素開発を進める必要があると認識している。水素の利活用の方法、製造、輸送及び利用を行う場所や方法を定めること、また豊富な化石燃料資源を活用したブルー水素の活用についての水素バリューチェーンを具体化し、事業形成を進めていくことが求められている。

出典: JICA 調査団
水素バリューチェーン (コロンビア)

【協力案件ニーズ】

- 水素開発促進に向けた制度機能向上プロジェクト
- コロンビアにおける水素ロードマップ実施に向けた調査
- 水素・天然ガスのブレンディングに向けた詳細調査
- パイロット事業の実施に向けたプレF/S調査
- 水素需要の促進に向けたファイナンス手法のポテンシャル調査
- 水素バリューチェーン強化事業

(8) コスタリカ

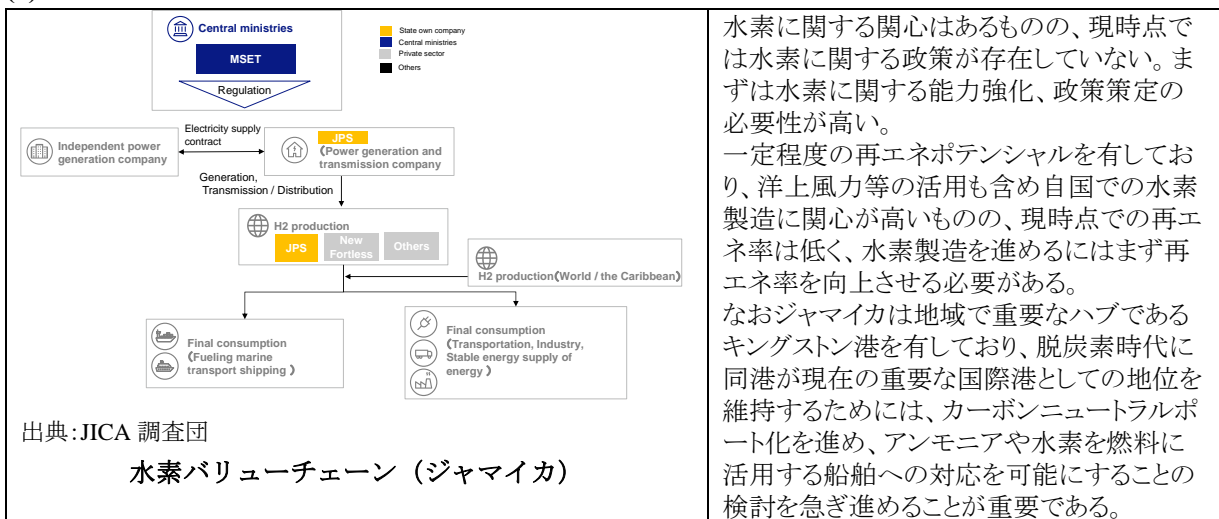


水素に関する計画を現在策定中で、脱炭素のパイオニアとして水素利活用への関心も高い。
 中央政府は国営公社を中心に水素バリューチェーンの確立を考えており、まず国内バリューチェーンによる交通セクター及び産業セクターの脱炭素化が検討されている。
 将来は再エネ資源を活かした国際バリューチェーン向けの水素製造、地域バリューチェーン構築を通じた長距離輸送の脱炭素化のポテンシャルがあり、自国のカーボンニュートラルを進めるために水素を活用する方針となっている。

【協力案件ニーズ】

- 日本の水素に関する技術基準等に関する本邦研修
- 国際バリューチェーン対応のためのインフラ整備計画調査
- 地域バリューチェーン対応のための水素ステーション整備計画調査
- 水素モビリティの導入事業
- 工業セクターの脱炭素化事業

(9) ジャマイカ



水素に関する関心はあるものの、現時点では水素に関する政策が存在していない。まずは水素に関する能力強化、政策策定の必要性が高い。
 一定程度の再エネポテンシャルを有しており、洋上風力等の活用も含め自国での水素製造に関心が高いものの、現時点での再エネ率は低く、水素製造を進めるにはまず再エネ率を向上させる必要がある。
 なおジャマイカは地域で重要なハブであるキングストン港を有しており、脱炭素時代に同港が現在の重要な国際港としての地位を維持するためには、カーボンニュートラルポート化を進め、アンモニアや水素を燃料に活用する船舶への対応を可能にすることが重要である。

【協力案件ニーズ】

- 水素戦略の策定と、統合資源レジリエンス計画 (IRRPP) に対する水素計画の策定支援
- 水素導入のためのインフラ整備計画調査
- カーボンニュートラルレポートの検討
- ジャマイカにおける水素人材の育成事業

第1章 背景と目的

1.1. 業務の背景

中南米諸国では、経済成長に伴い電力需要が増す中で、将来的に電力供給が追いつかなくなると予測される国が少なくない。また、チリのように、エネルギー自給率が35%と低く（IEA、2018年）、エネルギー調達を化石燃料の輸入に頼っているために、国際収支の赤字が恒常化している国が多数存在する。産油国であっても、エクアドルは国内に十分な石油精製設備を持たないため化石燃料は輸入に依存しており、メキシコやブラジルなど石油輸出が出来る国においても、原油の国際価格に国際収支や為替、内国経済が影響を受けるリスクを常に有している。また、2020年以降は新型コロナウイルス対策のコスト増加のため、更なる財政悪化が予想される。

そうした中、中南米諸国は、国際社会の脱炭素化への流れもあり、化石燃料への依存から脱するため、太陽光や地熱など新たなエネルギー源としての再生可能エネルギーに一層強い関心を向けている。中南米における再生可能エネルギーは、風力422GW、太陽光4839GWの開発ポテンシャルが示されてきたものの（IRENA（国際再生エネルギー機関）、2016年）、発電コストが高いため大規模開発が行われてこなかった背景がある。近年は再生可能エネルギーを導入する政策が推進され、民間企業からの投資も増加している。メキシコの太陽光発電分野には日系企業を含め多数の民間投資が入り、2020年の発電量は11,360.0GWhとなっており、また地熱発電分野でも世界第4位の発電能力を誇る。中米コスタリカでは2014年に「世界初」のカーボンニュートラル実現国家を目指し、既に供給電力の9割以上を再生可能エネルギーで賄っている。ボリビアやエクアドルでは円借款事業として地熱発電所建設が予定されている。

一方で、太陽光や風力等の再生可能エネルギーの性質として、天候などの自然状況に左右されるため、需要に合わせた発電が難しいこと、また世界的に徐々に下がってきているものの、導入段階では発電コストが高くなるため、経済低迷による電力需要低下が起こった場合には投資費用の回収に長期間かかってしまうことがデメリットとしてあげられる。かかる状況下、再生可能エネルギーの電力を水素に変えて貯蓄・輸送・消費を行う技術の利活用に向けた動きが世界的に広がっている。グリーン水素など、各国の事情にあわせたサプライチェーンを中南米諸国で構築することが出来れば、再生可能エネルギーで生産した電力を、需要に合わせて自国内で消費し、さらに余剰電力がある際には国外に輸出することで、国際収支の改善が期待でき、同エネルギー導入の促進も期待できる。

そうした中、中南米諸国では既に水素に係る取り組みが始められている。アルゼンチンでは、再生エネルギー由来の水素製造を含む水素サプライチェーンの構築等に関連する覚書を日本と締結している。さらに、パタゴニア地域の大規模風車から製造されるグリーン水素による水電解と、大気中のCO₂回収によりメタノールを製造し、欧州等への輸出するメタノールサプライチェーン構想を有している。

また、チリでは、2020年11月にエネルギー省や産業振興公社（CORFO）の主催により、中南米で最大規模の水素関連の国際イベント「グリーン水素サミット」がオンライン開催され、ピネラ大統領とジョベト・エネルギー省大臣からチリの「グリーン水素国家戦略」が発表されるとともに、水素技術の向上や、市場への導入などのテーマについて議論された。同国家戦略では、①2030年までに世界一安価なグリーン水素を生産する体制を構築する、②2040年までに世界トップ3の

水素の輸出国家となる、③2025年までに電気分解による水素の製造量を5ギガワットに増加させることによりグリーン水素の製造と輸出の両面で世界を牽引する国家を目指すことが示され、同戦略の推進に伴い今後20年間で国内に約10万人規模の新たな雇用機会が創出され、2,000億ドル規模の投資が誘起される見込みであると同時に、チリが掲げる2050年までのカーボンニュートラル化の達成に寄与すると発表された。

わが国では、2014年4月に「エネルギー基本計画」が閣議決定された。同計画では、水素を将来の二次エネルギーの中核として位置付けつつ、水素を日常の生活や産業活動で利活用する社会を目指した取り組みを加速することが示された。同年6月には経済産業省が水素社会の実現に向けた取り組みの加速に向けた「水素・燃料電池戦略ロードマップ」を策定し、水素発電の本格導入といった水素需要の拡大や、その需要に対応するための水素サプライチェーンの構築の必要性を強調しながら、今後の取り組みの道筋を示した。その後、2050年を視野に入れた将来目指すべきビジョンを示した「水素基本戦略」（2017年12月）、脱炭素化に挑戦するために水素や蓄電池などの技術開発を進めることの必要性が記載された「第5次エネルギー基本計画」（2018年7月）が策定され、2018年10月には各国の閣僚レベルが「水素社会の実現」に関して議論する世界初の会議「水素閣僚会議」が開催され、各国の協働が重要であることを掲げた「東京宣言（Tokyo Statement）」が発表された。このような世界的な大きな動きを受け、2019年3月には「水素・燃料電池戦略ロードマップ」の改訂版が発表された。同ロードマップでは、「水素基本戦略」（2017年12月）で掲げられた目標を確実に実現することを目指して、水素の製造・供給や関連インフラの運営費などにかかるコスト削減に係る具体的なターゲットを示すとともに、それらの達成に向け必要な取り組みの内容が定められた。このように、日本では水素社会実現のための様々な政策が策定され、官民連携を強化しながら取り組みが行われている。

中南米諸国にとって、グリーン水素の製造・国内普及・国外輸出を含めたバリューチェーンの構築は、持続可能な経済および脱炭素化社会の実現のための突破口となり得、日本政府の方針とも合致するため、今後取り組む意義が大きい。

1.2. 調査の目的

本調査では、中南米地域の調査対象国のエネルギーセクターの現状や、現行政策・法制度、関連機関の役割等を整理した上で、水素導入に関連する公的部門への協力ニーズとポテンシャルを分析し、政策提言（案）や今後の協力の可能性（円借款（開発政策借款含む）、技術協力）を検討することを目的とした。

1.3. 調査対象国及び現地調査対象国

本調査の調査対象国は、パラグアイ、チリ、ブラジル、アルゼンチン、コロンビア、ウルグアイ、ペルー、メキシコ、コスタリカ、エルサルバドル、トリニダード・トバゴ、ジャマイカの中南米カリブ地域の12か国である。これらを対象に概況調査を行った上で、詳細調査対象の5か国を選定し、現地コンサルタントを雇用して調査を実施した。

1.3.1. 本業務における課題及び留意事項の整理

中南米各国において水素導入が求められている主要な理由を以下の通り認識している。将来の水素に関する開発ニーズ及びポテンシャルを理解するためには、まず現状のエネルギー政策と脱炭素化の計画、そして現時点での各国の水素活用への関心を把握することが重要と考えている。

中南米地域で水素導入が求められている理由

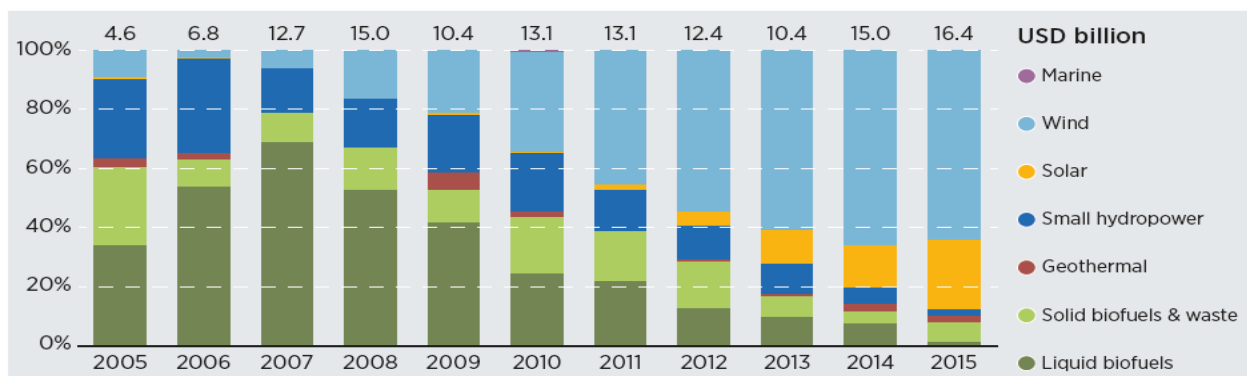
- 【エネルギー政策や再エネ導入の観点から】
 - ・再エネの導入が進んでおり、余剰の安い電力があり、使い道を考えている
 - ・再エネの変動（短期の変動・季節的な変動）を吸収・緩和するために水素の活用が必要
 - ・安価な再エネを活かして水素の製造を新たな産業としていきたい
- 【脱炭素化をさらに進める観点から】
 - ・電化が難しい高熱が必要な重工業などが多く立地している
 - ・長距離輸送（船舶・トラック）や大型重機など、電化が難しい車輛等を水素化したい
 - ・大気汚染等に繋がりにくいよりクリーンなエネルギーとして導入を増やしたい
- 【既存の産業との関係から】
 - ・化学産業が立地し副生水素等の利用が可能
 - ・化石燃料由来の水素を活用したい

出典: JICA 調査団

図 1.1 中南米地域で水素導入が求められている理由

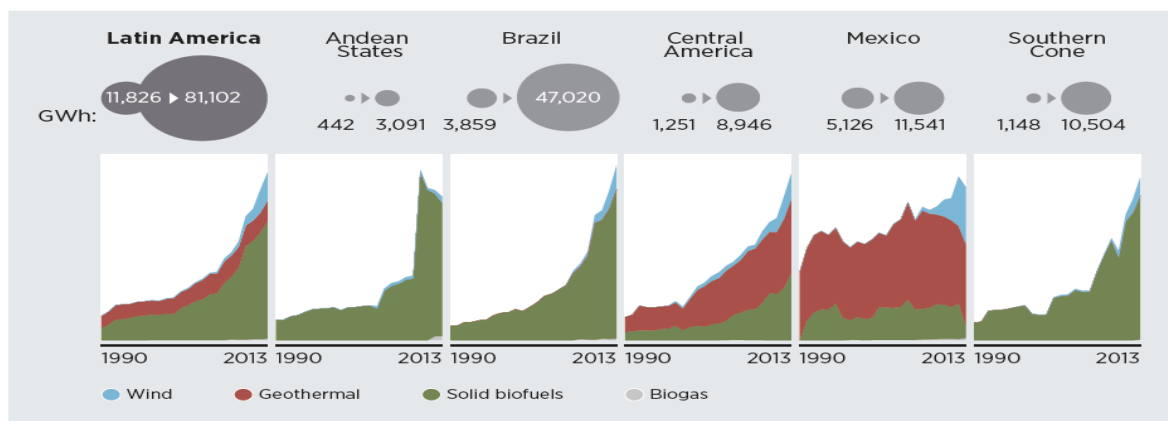
1.3.2. 中南米地域におけるエネルギーの現状と動向

中南米地域は、過去 20 年間（2000 年～2019 年）において高い経済成長（24.2%）を遂げ、エネルギーの消費量もそれに伴い急増している。中南米地域にはメキシコやベネズエラのような世界有数の化石燃料産出国があるものの、歴史的に水力発電とバイオマスの利用が盛んであり、再生可能エネルギーの利用も進んでいる。近年は大型水力発電やバイオマス発電が頭打ちとなり、各国において 2000 年以降の風力発電と 2010 年以降の太陽光発電が、発電単価の急激な下落に伴い、導入量を伸ばしている。



Source: Bloomberg New Energy Finance, 2016

図 1.2 中南米地域における再生可能エネルギーへの投資割合（技術別、大型水力除く）

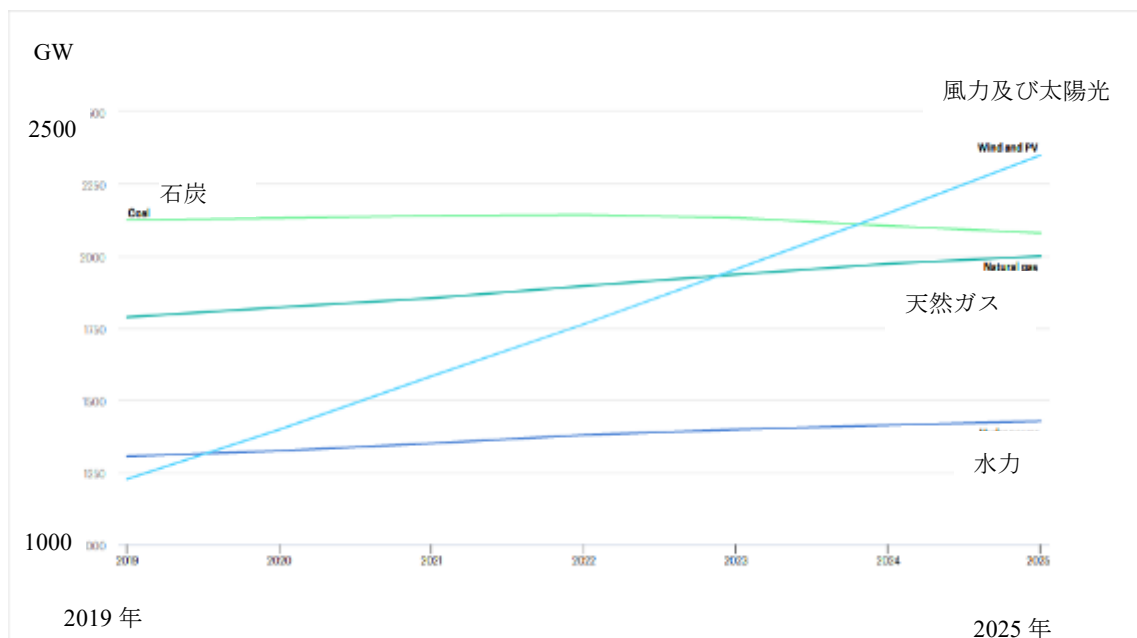


Source: IEA, 2015

図 1.3 中南米地域における再生可能エネルギーの発電量（大型水力除く）

地熱発電については図 1.3「中南米地域における再生可能エネルギーの発電量(大型水力除く)」の通りメキシコと中米に集中している。最近では円借款事業によりコスタリカでラス・パイラス II 地熱発電所（55MW）が運転を開始し、ボリビアのラグナ・コロラダ地熱発電事業(100MW) やエクアドルのチャチンピロ地熱発電事業（50MW）で建設が行われている。

なお、IEA の報告¹では、下図のとおり、2020 年の再エネ発電プロジェクトは 2019 年よりも増加しており、中南米地域を含め、増加傾向はこれまで通り続くと予想されている。なお世界的には全ての地域で COVID-19 の影響によりエネルギーの消費量は下がる影響を受けているが、今後エネルギー消費量が再び増加に転じることが予想されている。



出典: IEA, Total installed power capacity by fuel and technology 2019-2025, main case

図 1.4 発電容量の傾向

¹ <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/total-installed-power-capacity-by-fuel-and-technology-2019-2025-main-cas>

1.3.3. 日本の水素社会への取り組み

わが国では、2014年4月に閣議決定された第4次エネルギー基本計画以降、水素を将来の二次エネルギーの中核として位置付けつつ、水素を日常の生活や産業活動で利活用する社会を目指した取り組みを行い、脱炭素化に向けた取り組みが進められている。2019年3月には「水素・燃料電池戦略ロードマップ」の改訂版が発表された。同ロードマップでは、水素を利用、供給の面から大別して、様々な具体的な数値目標とそのモニタリング方法を掲げた点に特徴がある。

なお、わが国のエネルギー基本計画は本年改定され第6次エネルギー基本計画として発表された。同改定の議論の中では、2018年発表の第5次基本計画以降、「蓄電池、水素、次世代太陽電池など日本が要素技術で先行し、世界をリードできる可能性がある分野も、実用化や社会実装がスピード感を持って進まず、他国に先導される危機が顕在化」しているため、「日本の技術的優位を確保するため、産業政策を通じて実用化・実装・普及いずれの段階においても多様な連携を通じて、国内外での市場創出を加速し、世界を先導することを目指す必要があるのではないか」との議論のポイントが資源エネルギー庁から示されていた（2020年10月）。水素・アンモニアは同基本計画の中で、カーボンニュートラル達成に向けた新たな資源として位置づけられ、日本貿易振興機構（JOGMEC）が、水素・アンモニア、CCSといった脱炭素燃料・技術の導入に向けた技術開発・リスクマネー供給の役割を担えるよう、JOGMECの機能を強化すること等により革新的な水素製造技術の開発に取り組むとともに、国内需要の拡大、国際バリューチェーンの確立等に取り組むことが明記されている。

国際的には、経済産業省とNEDOが2018年10月には各国の閣僚レベルが「水素社会の実現」に関して議論する世界初の会議「水素閣僚会議」を東京で開催し、各国の協働が重要であることを掲げた「東京宣言（Tokyo Statement）」が発表された。水素・燃料電池戦略ロードマップの改訂版（2019年3月）においては、グローバルな水素社会実現のため、日本リードの国際連携が必要として、水素閣僚会議で発表した東京宣言の実現を図るために、基準や規制の標準化やハーモナイゼーションの促進、国際的な共同研究開発の推進、水素利用のポテンシャル調査、水素受容性向上のための教育、広報活動の推進を掲げた。

添付0に、日本の水素関連の政策や取組をまとめた資料を付す。また下表でも一部触れているが、本邦において、地域において様々なバリューチェーン構築の試みがなされている。これらは本邦招聘時の教材としても価値が高い。

表 1.1 本邦におけるバリューチェーンの実証状況

場所	名称	実証内容
福島県	福島水素エネルギー研究フィールド (FH2R)	敷地: 18万m ² 20MWの太陽光発電→10MWの水素製造装置→毎時1,200Nm ³ (定格運転時)の水素を製造し、貯蔵・供給。 水素需要予測システムによる市場の水素需要予測に基づいて水素製造を実施。また、電力系統側制御システムによる電力系統の調整ニーズにあわせて、水素製造装置の水素製造量を調節することにより、需給バランス調整の最適な組み合わせを、蓄電池を用いることなく実現することを実証する。

場所	名称	実証内容
福岡県 (北九州市)	響灘実証フィールド	エネルギーマネジメントシステムを開発・導入し、北九州市響灘地区に集積する太陽光発電や風力発電、北九州市内のごみ発電(バイオマス)など複数の再エネ余剰電力を効率よく調達しCO2フリー水素の低コスト化を図る。 製造した水素は、響灘の物流施設、北九州水素タウンのパイプライン、県内各地の水素ステーションに運んで使い、サプライチェーンを実際に運用する中で、低コストなCO2フリー水素の製造・供給モデルを構築する。
山梨県	プロジェクト「H2-YES」 やまなし水素・燃料電池バレー	プロジェクト「H2-YES」 地産地消モデルの実証:太陽光発電による水電解で水素を製造、その水素をトレーラーで近隣の工場に輸送→水素ボイラーで活用。 やまなし水素・燃料電池バレー 戦略工程表を2018年3月に策定し、研究開発拠点等が集積している山梨県の優位性を生かし、水素・燃料電池関連産業の集積地の実現を目指して、産学官金が連携して進める目標を示し、燃料電池産業に関する企業誘致や、関連産業に参入する県内企業の育成などを推進。
兵庫県	高砂水素パーク	三菱重工の高砂製作所内に建設され、水素製造から発電までにわたる技術を一貫して検証する施設。水素製造・貯蔵およびガスタービンでの水素燃焼技術の試験・実証運転を行う計画。水素製造設備は、水電解装置に加え、メタンを水素と固体炭素に熱分解することによる「ターコイズ水素」の製造など、次世代水素製造技術の試験・実証を順次行う予定。大型ガスタービンでの30%混焼、中小型での100%専焼の実証も行う。

出典:JICA 調査団

1.3.4. 水素技術について

水素関連の技術については、様々な技術の実証や実施が進められている。以下は本邦で用いられている技術を中心にまとめたものである。

表 1.2 本邦水素技術の状況

技術区分	技術	メーカー/組織	技術の概要
水素製造関連	グリーン水素技術	東芝	H ₂ O ₂ など水電解技術が実証的に各所で導入済み
	ターコイズ水素技術	旭化成	水電解槽(アルカリ)、日本最大の10MWを運転中
		日立造船 三菱重工	水電解槽(PEM)、最大1MW 熱触媒によるメタン直接熱分解、副産物は固体炭素(C)
	ブルー水素技術	三菱重工	メタンのプラズマ熱分解、副産物はカーボンブラック
エア・ウォーター/戸田工業		鉄系触媒を使うメタン直接改質法、副産物はカーボンナノチューブ	
グレー水素技術	J Power	NEDO事業で褐炭ガス化+CCS事業中	
	東洋エンジ/伊藤忠	油田増産のためのCO ₂ -EORとの組み合わせによるブルーアンモニア製造	
	三菱化工機/東京ガス/大	天然ガスからの水素製造装置は	

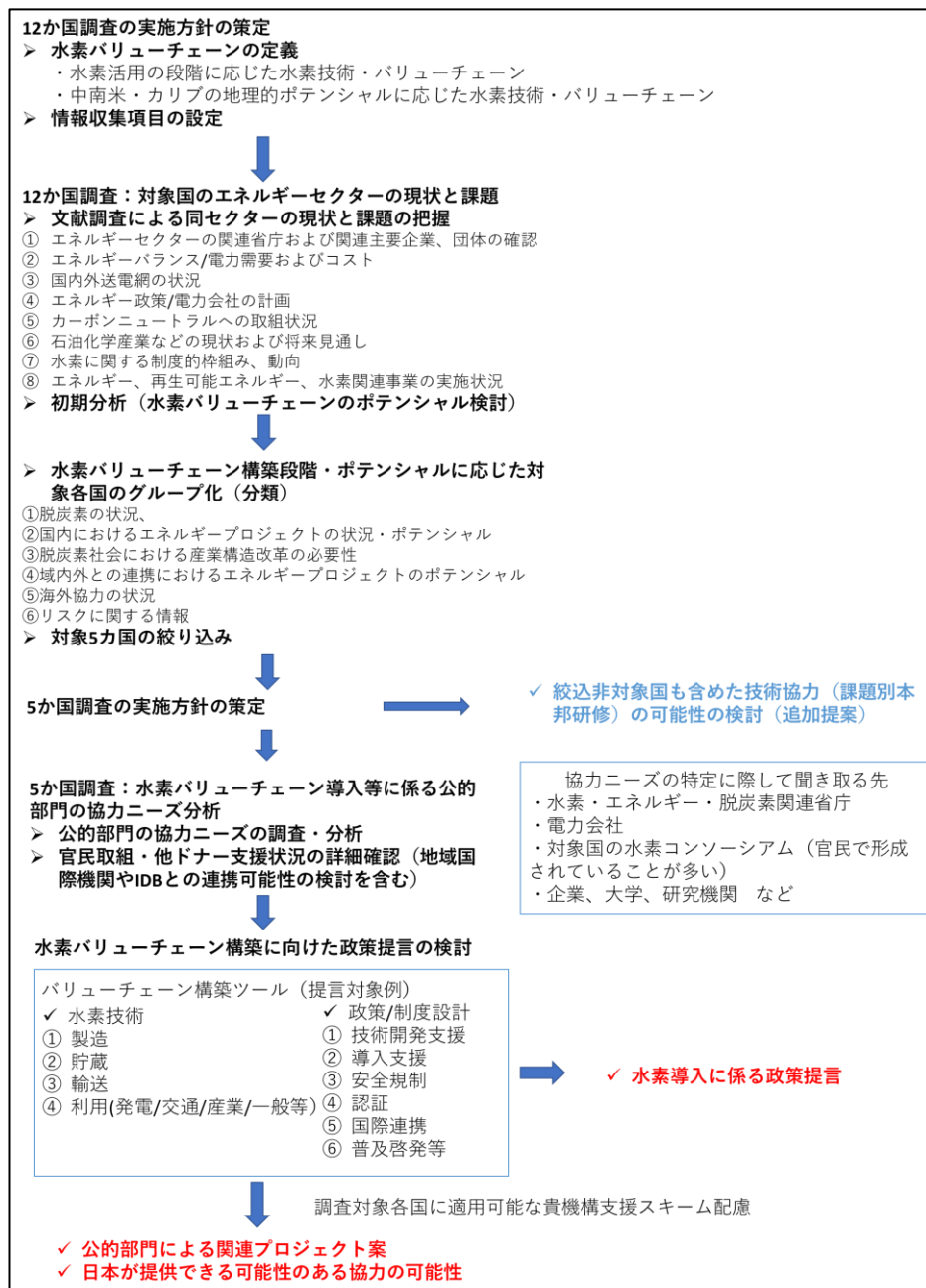
技術区分	技術	メーカー/組織	技術の概要
	ホワイト水素技術	阪ガスなど 日本原子力研究開発機構	多数導入済み 熱化学法ISプロセスの実証に成功
水素貯蔵関連	低温貯蔵 圧縮貯蔵 他媒体での貯蔵 吸蔵合金	川崎重工、岩谷産業、シェル石油 千代田化工、日揮 日本重化学工業、新日本電工、那須電機	低温容器、圧縮容器等 MCH、アンモニアなど 金属による貯蔵
水素輸送関連	液化 圧縮 溶媒利用(MCH) アンモニア 吸蔵合金 ステーション 船舶 ガスパイプライン	川崎重工業 岩谷産業 千代田化工 東洋エンジ、日揮 同上 岩谷産業 川崎重工業 東京ガス大阪ガス	極低温技術による水素の液化 高圧圧縮による保管 SPERA水素システム ハーバーボッシュ法等アンモニア製造 吸蔵合金による輸送 水素ステーションの展開 すいそ ふろんていあの就航
水素利用関連	車輛 発電(エンジン) 発電(タービン) 定置型燃料電池等	トヨタ 三菱重工エンジン&ターボチャージャ 川崎重工、東芝、三菱重工 三菱パワー 東芝	燃料電池車Mirai、燃料電池バスSora 水素エンジンの安定運用が実証済み 水素ガスタービンによる混焼や専焼が各社により実証済み、三菱重工:2025年に大型ガスタービンで30%混焼、中小型では100%専焼の製品を商用化予定 Megamie H2Rex

出典:JICA 調査団

第2章 調査の流れ

2.1. 業務実施の方法

本調査では、まず中南米地域の対象国12か国の調査を行い、それぞれのエネルギーセクターの現状と課題を把握した。その後、水素バリューチェーン構築段階・ポテンシャルに応じた対象各国のグループ化（分類）を行ったうえで、5か国を選定し、さらなる追加調査を実施し、水素導入に関連する公的部門への協力ニーズとポテンシャルを分析することにより、政策提言（案）や今後の協力の可能性（円借款（開発政策借款含む）、技術協力）を検討した。



出典：JICA 調査団

図 2.1 全体の作業フロー

2.2. 作業工程

本調査は、2021年5月から2022年3月の約10ヵ月間である。作業工程は下図に示す通りである。

作業項目	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
12 か国調査の実施方針の策定											
水素バリューチェーンの定義		■	■	■							
情報収集項目の設定		■	■	■							
12 か国調査：対象国のエネルギーセクターの現状と課題											
文献調査による同セクターの現状と課題の把握		■	■	■	■	■	■	■	■		
初期分析(水素バリューチェーンのポテンシャル検討)			■	■							
対象国のグループ化・対象5か国の絞り込み											
水素バリューチェーン構築段階・ポテンシャルに応じた対象国のグループ化(分類)				■							
重点対象国5か国の選定				■							
5 か国調査の実施方針の策定											
5か国調査の実施方針、調査内容の決定					■	■	■				
5か国調査:水素バリューチェーン導入等に係る公的部門の協力ニーズ分析											
公的部門の協力ニーズ調査・分析							■	■	■		
官民取組・他ドナー支援状況の詳細確認							■	■	■		
水素バリューチェーン構築に向けた政策提言の検討											
水素バリューチェーン構築に向けた政策提言の検討							■	■	■		
報告書の作成											
インセプションレポート		▲									
インテリムレポート					▲						
ドラフトファイナルレポート									▲		
ファイナルレポート										▲	
JICA との協議											
月次会議	▲	▲	▲	▲	▲	▲		▲			

出典:JICA 調査団

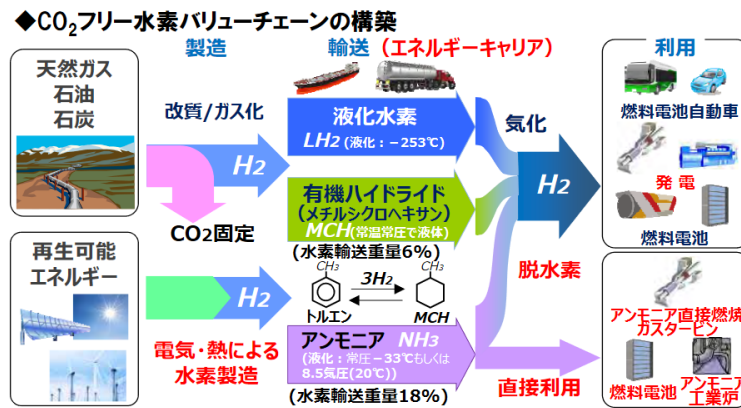
図 2.2 業務フローチャート

2.3. 水素バリューチェーンの定義

本業務を実施する上での前提条件として、水素の技術・バリューチェーンのポテンシャル検討については、以下に示す「(1) 水素活用の段階に応じた技術・バリューチェーン」及び「(2) 中南米・カリブ地域から見た水素技術・バリューチェーン」の2つの側面から、評価・分析を行った。なお、「2.3.1 水素活用の段階に応じた技術・バリューチェーン」については、各バリューチェーンの段階において検討範囲を設定した。

2.3.1. 水素活用の段階に応じた技術・バリューチェーン

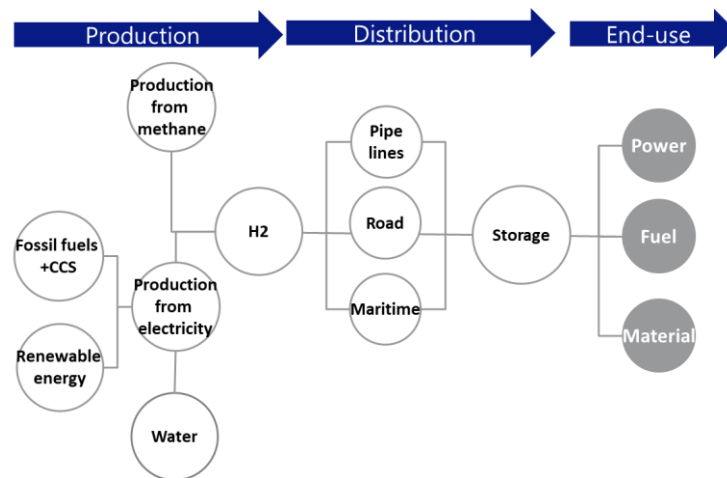
内閣府が戦略的イノベーション創造プログラム（SIP：エスアイピー）にて検討を実施した際の水素バリューチェーンの考え方は以下の通りであり、一般的に水素の製造、輸送、利用の3つのプロセスに大別される。



出典：SIP「エネルギーキャリアの取組」スライド、<https://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/sympo1709/enekyari2017.pdf>

図 2.3 CO₂フリー水素バリューチェーン

本業務では、輸送の中に貯蔵の考え方を加えるとともに、地産地消や域内での水素流通の可能性も踏まえ、下図を水素バリューチェーンの基本イメージとする。



出典：JICA 調査団

図 2.4 本業務におけるバリューチェーンの基本イメージ

水素バリューチェーンの各段階の概要及び、本業務における検討範囲を以下に記す。

(1) 水素の製造段階

水素の製造はこれまで主に化石燃料の改質、工業プロセスの副生成物、電気分解で行われてきたが、近年は脱炭素化の要請に伴い、再生可能エネルギーを用いて電気分解を行うなど、温室効果ガ

スを発生させない形の水素製造が注目を浴びている。再エネによる水分解、水の熱分解等の方法も研究開発や実証実験等もが進められている。

また、水素はその製造（発生）方法により、一般的に表 2.1 のように分類される。

表 2.1 水素の分類

呼称	概要
グリーン水素	風力や太陽光などの再生可能エネルギー由来の電力を利用して水を電気分解し、水素と酸素に還元することで生産される水素。製造過程で二酸化炭素を排出しないCO2フリーの水素である。
ターコイズ水素	二酸化炭素を発生させずメタンから製造された水素。炭素はカーボンブラックやグラファイトとして回収される。
ブルー水素	化石燃料から製造された水素であるが、CCS/CCUSにより大気排出する前に二酸化炭素を回収することにより、グリーン水素と同様に、製造により発生する温室効果ガスをゼロとしたCO2フリー水素。
グレー水素	天然ガス改質により製造された水素であるが、CCSによる二酸化炭素回収を行っていないもの。特に石炭由来のものをブラウン水素と呼ぶことがある。
ホワイト水素	化学プロセス等から副生成物として製造される水素。
ピンク/イエロー水素	水の電気分解等の方法により、原子力発電を利用して製造される水素。

出典:JICA 調査団

本業務において検討するバリューチェーンでは、世界的な脱炭素への取組に関してこれから生産が増えていくことが想定される、生産過程において二酸化炭素を排出しないグリーン水素、ターコイズ水素及びブルー水素を主に想定し、一部について既存の水素・アンモニアマーケットのグリーン化を想定する。ブルー水素については将来的に EU を中心として需要が減退することが考えられるため、優先度は低いものの、中南米カリブ地域における化石燃料採掘量の大きさと、短中期的な水素経済への転換における可能性を鑑み、検討範囲内とした。

(2) 水素の輸送・貯蔵段階

輸送方法における水素の形態につき、水素ガス、圧縮水素や液化水素として輸送する方法と、メチルシクロヘキサンやアンモニア、吸蔵合金をキャリアとして輸送する方法があり、ガスパイプラインによる輸送、陸路、船舶による輸送がそれぞれ考えられる。このことから、輸送・貯蔵段階においては、地理的な制約は特に考えられないため、検討範囲は設定しないこととした。

(3) 水素の利用段階

水素の利用方法は図 2.5 に示す通り多岐にわたる。既存の利用方法としては、石油精製プロセスにおける利用、アンモニア製造などの石油化学産業における利用が多くを占めてきたが、上述の通り、脱炭素社会形成に向けた脱炭素燃料としての利用（発電、車両燃料）に期待が高まっている。



出典：JICA 調査団

図 2.5 水素の最終利用

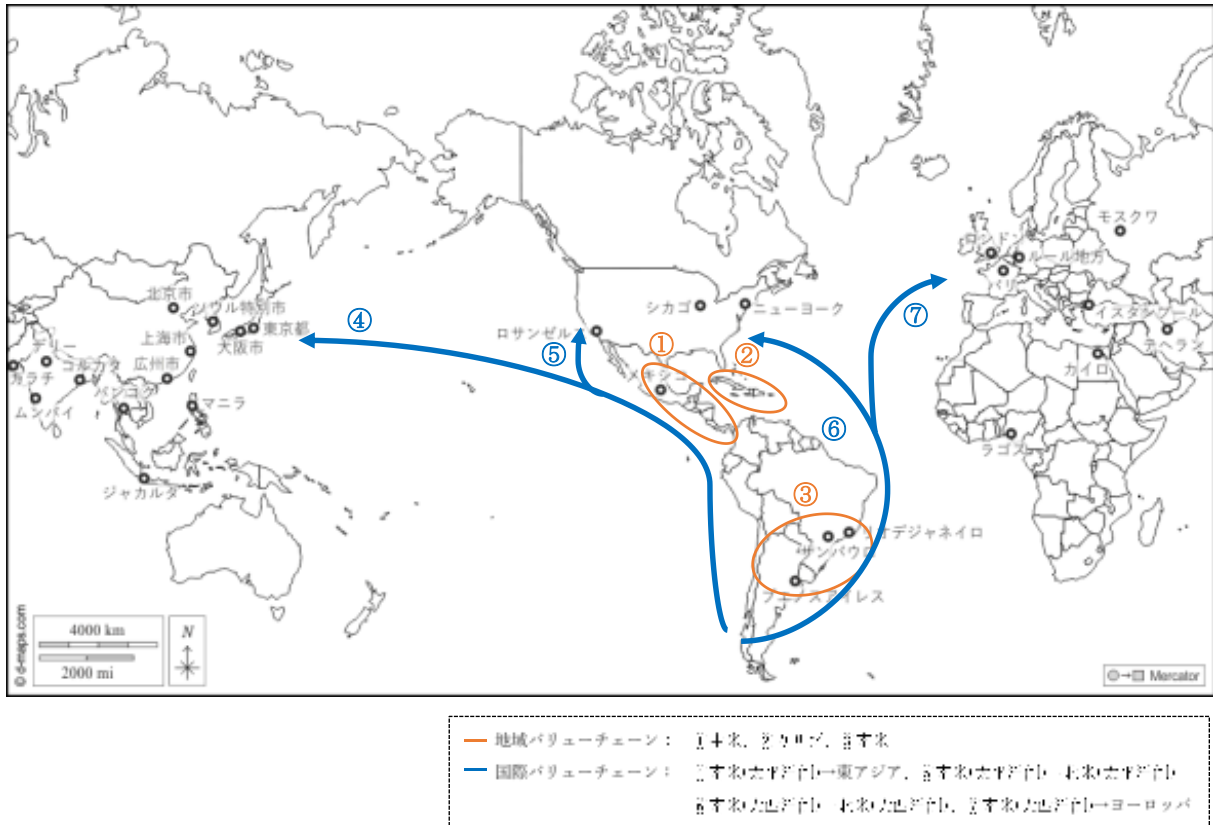
本業務において、利用段階における検討範囲は、設定しないが、各国の水素利用ポテンシャルを検討する際には、それぞれの国の石油化学産業等はじめとした水素利用産業の状況、将来見通しに加え、脱炭素燃料としての今後の需要を鑑みた国内消費ポテンシャルに加え、域内、域外での利用ポテンシャルを鑑みた輸出ポテンシャルについても考慮する。

2.3.2. 中南米・カリブ地域から見た水素技術・バリューチェーン

次に、中南米の地理的位置付けを踏まえて水素バリューチェーンを、各国における地産地消型の取組として「国内」、「地域」、「国際」の3つの広がりを基に評価・分析を行う。

対象国12か国が関連するバリューチェーンとして、国内バリューチェーン12、地域バリューチェーン3（①中米、②カリブ、③南米）、国際バリューチェーン4を想定し分析を行う。なお、国際バリューチェーンについては、水素製造コストが安いことが想定される南米を起点として、④南米（太平洋側）→東アジア（日本、韓国、中国、シンガポール）、⑤南米（太平洋側）→北米（太平洋側）、⑥南米（大西洋側）→北米（大西洋側）、⑦南米（大西洋側）→ヨーロッパを主に想定した²。

² 現状、南米（太平洋側）であるチリからヨーロッパへのバリューチェーンの準備も進められているため、図の通り、南米（大西洋側）のバリューチェーンについては太平洋側から矢印が伸びる形としている。



出典：JICA 調査団

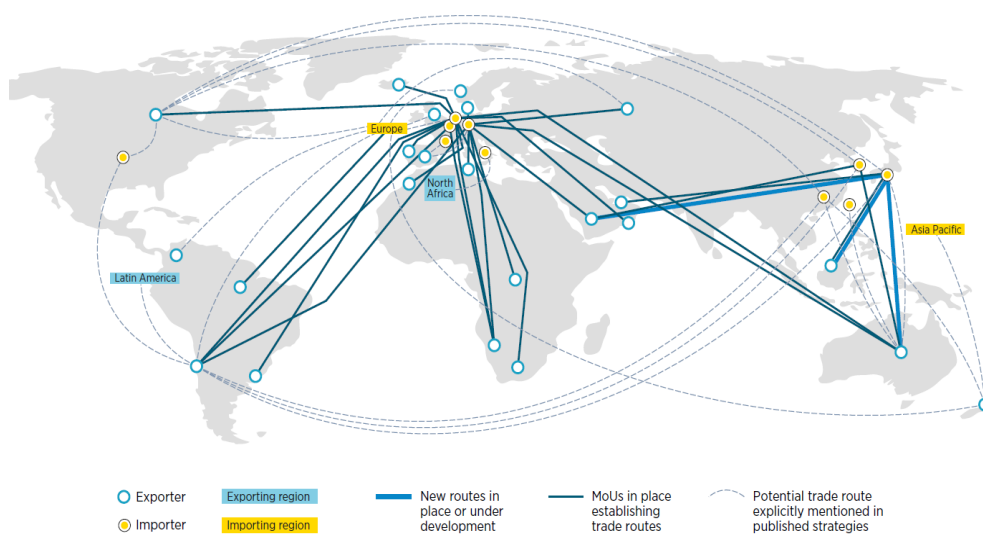
図 2.6 中南米・カリブ地域から見た水素技術・バリューチェーン

(1) 地政学的な観点からの水素の位置付け

IRENA は、2022 年 1 月に「Geopolitics of the Energy Transformation: The Hydrogen Factor」³を発行し、水素の製造、消費に関する分析を行っている。以下の図の通り、南米地域が輸出国として考えられており、ヨーロッパとの水素の取引に関する合意が進んでおり、東アジアやアメリカも輸出先であることが示されている。なお、輸送手段として、年 150 万トンを超える大規模な水素需要がある場合は、4,000km までの距離において、新設パイプラインは船による輸送よりも安いとの試算を示している。

水素キャリアの技術革新によるコスト低下も期待されるが、特にガスインフラを有している国や、これから入れようとする国に対して、将来の水素転換を考えた設備の導入・更新を行っていくことが重要と考えられる。

³ <https://www.irena.org/publications/2022/Jan/Geopolitics-of-the-Energy-Transformation-Hydrogen>



出典:IRENA

図 2.7 水素輸出ルート、計画及び合意にかかる拡大するネットワーク

2.4. 水素の現在及び将来需要

2.4.1. 現在の水素需要

現在の水素需要は、石油、石油化学、鉄鋼セクターが多くを占めており、全需要のうち製油が33%、アンモニア製造27%、エタノール製造11%、製鉄3%となっている。それぞれの産業における現状の水素用途及び今後の需要変動について下表にまとめる。

表 2.2 各セクターにおける現状の水素の用途と今後の需要変動

セクター	水素の用途	今後の需要変動
石油セクター	原油から硫黄等の不純物を除去し、重油を精製する際に用いられる。また、オイルサンドやバイオ燃料の生産にも少量利用されている。	将来の石油需要により水素需要は大きく左右される。Net Zeroシナリオにおいては2020年代をピークに大きく減少し、2050年に現在の15-22%程度となることが予測されているため、石油精製における水素需要は減少が想定される。
石油化学セクター	アンモニア、及びエタノールその他化学製品の原料として主に利用されている。	アンモニア及びエタノール需要は人口増加及び経済成長により増加する傾向にあり、2030年までに31%増加する見込みである。水素需要は今後大きく増加することが予想される。
鉄鋼セクター	直接還元法(DRI)において、水素が必要とされる一方、高炉での生産においては副生性物の一つとして水素が発生する。	直接還元法(DRI)による製鉄は飛躍的に増加しており、また鉄自体の需要も増加が予想されている。
高温熱(化学、鉄鋼セクターを除く)	化学・鉄鋼セクターで発生する水素含有オフガスが限定的に使用されている。この利用のための水素製造は行われていない。	熱需要は2030年までに9%の増加が見込まれている。産業集積地等における天然ガスから水素への転換が期待される。

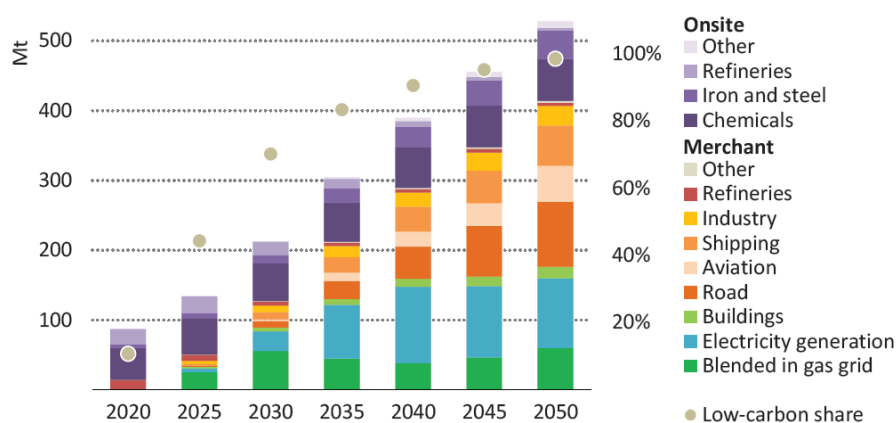
出典:IEA "The Future of Hydrogen"、BNEF"New Energy Outlook 2021"他資料より調査団作成

2.4.2. 水素需要の将来予測

水素に関し、現状の用途での需要増加に加え、新たな需要として脱炭素化のための発電利用、交通セクター（車両、船舶、航空等）での燃料利用、セメント製造での高温熱源利用等が進み、水素需要（特にグリーン水素）が急増することが予測されている。以下に関連機関、団体が発表した水素の世界需要予測について記載する。

(1) IEA

IEA は 2021 年に発表した Net Zero by 2050 -A Roadmap for the Global Energy-において、2050 年ネットゼロシナリオにおける水素及び水素由来燃料の消費量を試算しており、2020 年時点での消費量 90Mt 程度から、2030 年には 200Mt、2050 年のネットゼロ社会においては、500Mt を超える量が必要であるとされている。既存の用途における消費量は 2050 年にかけて微増するのに対し、新たな需要、特に発電、交通セクター（Shipping, Aviation, Road）での水素消費は急激に増加させる必要があるとされている。



注：水素及びアンモニア等水素由来燃料含む

出典：IEA “Net Zero by 2050 -A Roadmap for the Global Energy-“

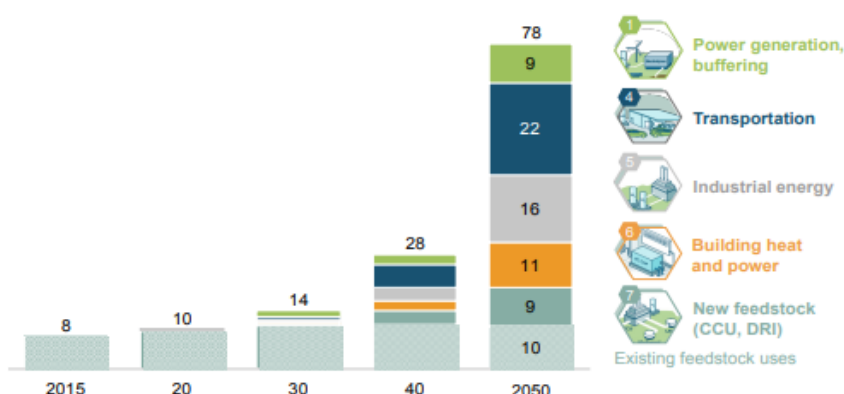
図 2.8 2050 年ネットゼロシナリオ（IEA）における水素及び水素由来燃料の消費量の推移

(2) Hydrogen Council

Hydrogen Council は 2 度目標実現シナリオにおける 2050 年までの水素需要変動予測を行っている。IEA の予測と比較すると、2030 年及び 2040 年時点での水素需要は少なく予測されているが、2050 年時点の需要は、78EJ (=546Mt) であり、IEA 予測と似た数値である。なお、Hydrogen Council は、同需要を満たすために、グレー水素の生産は 2040 年まで減少を続けて無くなり、ブルー水素とグリーン水素が同程度に生産を伸ばしていき、2040 年以降はグリーン水素が大幅に伸びて需要増に応えるというシナリオを予測している。

Exhibit 5: Hydrogen demand could increase 10-fold by 2050

Global energy demand supplied with hydrogen, EJ



出典:Hydrogen Council (2017)“Hydrogen scaling up -A sustainable pathway for the global energy transition-”, 2021 年時点でも同様の数値を活用している

図 2.9 2 度目標達成シナリオ (Hydrogen Council) における水素需要

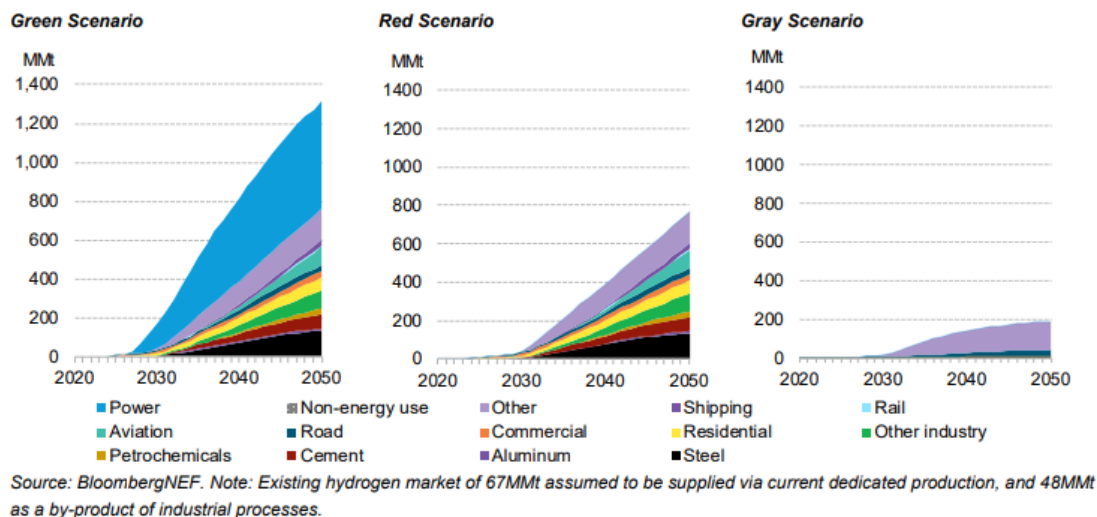
(3) IRENA

IRENA は”World Energy Transitions Outlook: 1.5°C Pathway”において 1.5 度目標実現シナリオにおける 2050 年の水素需要予測を行っている。セクター別の需要増加については、細かな記載はないものの、水素需要は 2050 年には 614Mt (=74EJ) となると予測しており、これは最終エネルギー消費の 12%を占めるとしている。

(4) BloombergNEF

BloombergNEF は、”The New Energy Outlook 2021”において、3 つのシナリオ (Green, Gray, Red) で 2050 年ネットゼロを達成する場合の水素需要を予測している。それぞれのシナリオは以下の通りであり、それらにおける水素需要予測は図 2.10 の通りであり、シナリオ次第で 190Mt (Gray) 、1,310Mt (Green)となり最も幅が大きい予想となっている。

電化、再生可能エネルギーの活用、省エネ等を行った上で、
Green Scenario: グリーン水素のみを利用しネットゼロを実現する達成。
Gray Scenario: ブルー水素及びCCSを利用した化石燃料を利用しネットゼロを達成。
Red Scenario: 原子力及び原子力由来のレッド水素を利用しネットゼロを達成。



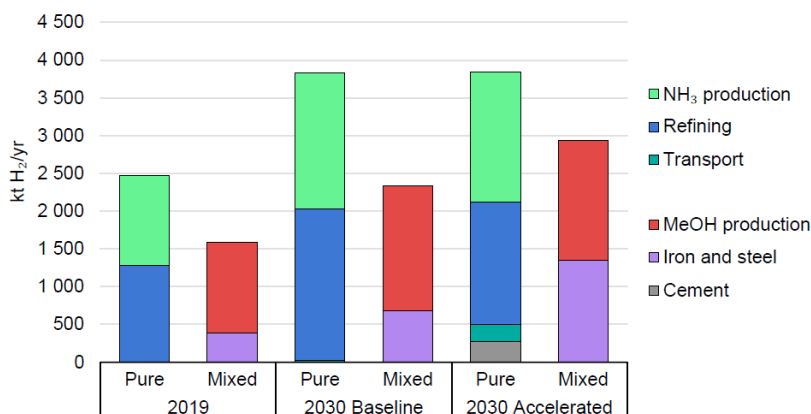
出典: BloombergNEF ”The New Energy Outlook 2021”

図 2.10 2050 年ネットゼロシナリオ (BloombergNEF) における水素及び水素由来燃料の消費量の推移

2.4.3. 中南米地域における水素需要

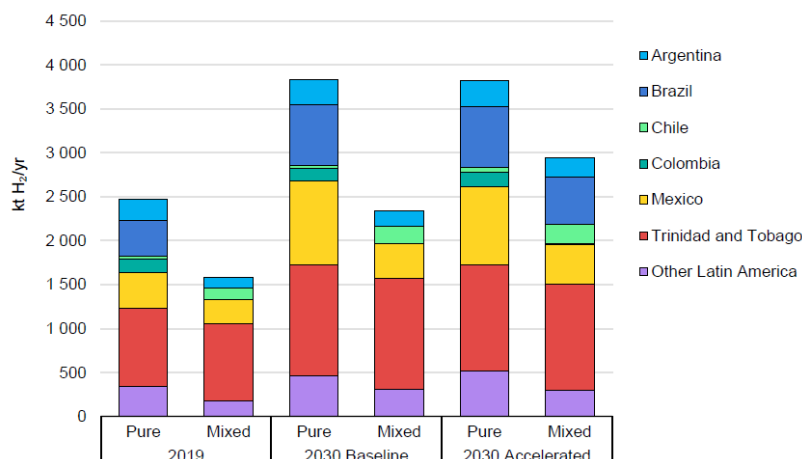
IEA は 2021 年に発表した ”Hydrogen in Latin America -From near-term opportunities to large-scale deployment-“ において、用途別、及び国別の 2030 年の水素需要を予測している。

現状の利用は、世界動向と同様に製油、アンモニア及びメタノール製造、製鉄での利用で占められており、2030 年予測において、Accelerated シナリオにおいては、交通およびセメント製造における需要が年間 500kt 程度となると予測している。国別の予測においては、特にメキシコ、ブラジルでの需要が急激に増加すると予測されている。



出典: IEA ”Hydrogen in Latin America -From near-term opportunities to large-scale deployment-“

図 2.11 中南米地域の用途別水素需要の現状及び予測 (2030 年)



出典: IEA "Hydrogen in Latin America -From near-term opportunities to large-scale deployment--"

図 2.12 中南米地域の国別水素需要の現状及び予測 (2030 年)

2.5. 12 か国調査の実施方針

各調査対象国のエネルギーセクターにおける現状と課題を把握するため、2.3 項に示した水素バリューチェーンの考え方を踏まえると共に、水素バリューチェーンを実現するうえで検討が必要な次の要素を調査項目として選定する。

2.5.1. 文献調査によるエネルギーセクターの現状と課題の把握

文献調査の実施により各調査対象国のエネルギーセクターにおける現状と課題を把握するための情報収集項目として、文献調査によるエネルギーセクターの現状と課題の把握を行うため、2.3 に示した水素バリューチェーンの考え方を踏まえ、水素バリューチェーンを実現するうえで検討が必要と考えられる以下の調査項目として設定する。

- エネルギーセクターの関連省庁および関連主要企業、団体の確認
- エネルギーバランス/電力需要およびコスト
- 国内外送電網の状況
- エネルギー政策/電力会社の計画
- カーボンニュートラルへの取組状況
- 石油化学産業などの現状および将来見通し
- 水素に関する政策
- エネルギー、再生可能エネルギー、水素関連事業の実施状況 (他ドナーによる支援状況を含む)

これら調査項目の概要・設定の目的、バリューチェーンとの関係を下表にまとめる。

表 2.3 12 か国調査における情報収集項目

項目	調査の概要・目的	バリューチェーンとの関係
エネルギーセクターの関連省庁および関連主要企業、団体の確認	エネルギーセクターの関係者を把握するとともに、当該セクターにおける、政府(国営企業含む)と民間企業の役割を確認する。水素に関するニーズを明らかにする際に、これら役割の情報が重要となるため。	各バリューチェーンの段階で関連するアクターとその役割を明らかにし、特に支援ニーズを有するアクターを特定する。
エネルギーバランス/電力需要およびコスト	現状のエネルギーバランス、電力需要、発電コストを把握することで、グリーン水素、ブルー水素の製造ポテンシャルを計るとともに、水素の最終消費分析に活用する	特に製造、利用段階のポテンシャルを明らかにする。また国内、地域、国際バリューチェーンのポテンシャルの分析に活用する。
国内外送電網の状況	水素の流通可能性(特に地域、海外輸出)の検討材料とする。	特に輸送段階のポテンシャル、国内、地域、国際バリューチェーンのポテンシャルの分析に活用する。
エネルギー政策/電力会社の計画	各対象国におけるエネルギーセクター(特に再エネ)の政策、今後の計画、見通しを把握することにより、グリーン水素、ブルー水素の製造ポテンシャルを計る。	活用面・地理面のバリューチェーンの将来像の分析に活用する。
カーボンニュートラルへの取組状況	各対象国の温室効果ガス削減目標や、カーボンニュートラル宣言の動向を把握することにより、再エネ普及や水素利活用のポテンシャルや、政府の方針、意欲を確認する。	活用面のバリューチェーンの将来像の分析に活用する。
石油化学産業などの現状および将来見通し	石油化学産業の現状及び今後の展望及び将来の見通しを把握することで、グリーン水素、ブルー水素の利用ポテンシャルおよび最終消費分析を行う。	活用面でのバリューチェーンの将来像の分析に活用する。
水素に関する政策	水素戦略、ロードマップの策定状況、策定している国については内容から、各対象国の水素分野への関心、支援ニーズを確認する。	活用面・地理面のバリューチェーンの将来像の分析に活用する。
エネルギー、再生可能エネルギー、水素関連事業の実施状況(他ドナーによる支援状況を含む)	エネルギー事業の実施状況を把握することにより、水素ポテンシャルを計るとともに、各対象国における当該分野での投資状況を理解する。また、他ドナーによる実施案件や公募中の案件を調査し、支援の傾向(バリューチェーンのどの部分への支援であるかなど)を確認することで、支援ニーズのある分野を探る。	バリューチェーンに関する支援ポテンシャルの分析に活用する。

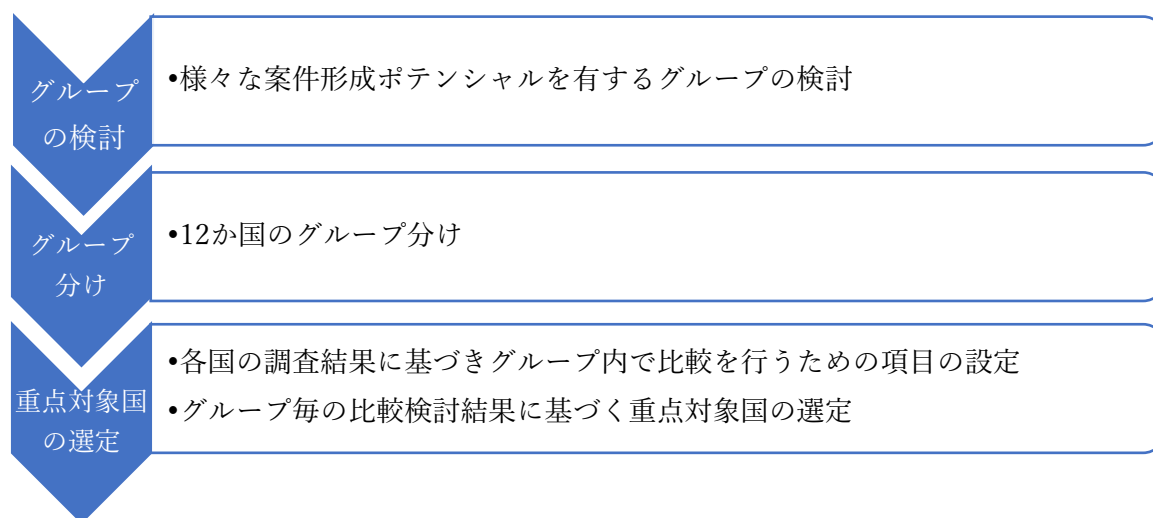
出典: JICA 調査団

2.5.2. 水素バリューチェーンのポテンシャル初期分析

文献調査にて収集した情報を 2.3 項で設定した水素技術・バリューチェーンのポテンシャル検討における 2 つの側面から捉え、各対象国において想定されるバリューチェーンを仮設定する。これを次工程の「水素バリューチェーン構築段階・ポテンシャルに応じた対象国のグループ化(分類)」及び「重点対象国 5 か国の選定」に活用した。

2.6. 重点対象国選定の方法について

重点対象国の選定フローを以下の図に示す。



出典: JICA 調査団

図 2.13 重点対象国選定のフロー

2.6.1. 水素案件形成に関するグループについて

バリューチェーンの考え方、及び3章の調査結果を踏まえ、中南米地域において水素技術・バリューチェーンのニーズを特定し協力案件を検討するために、以下のグループを設定することとした。それぞれのグループに属する国から重点対象国を選定することで、様々な案件形成ポテンシャルを有する国を調査対象として選ぶことができると考えた。

- | | |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 輸出志向型: | 特に国際バリューチェーンに関心がある国、再エネが豊富にあり、なおかつ発電コストが安価な国 |
| 2. 地域バリューチェーン型: | 地域のハブとなって脱炭素化を進める国 |
| 3. 再エネ活用型: | 豊富な再エネを活かして国内・地域バリューチェーンの導入ポテンシャルが大きい国 |
| 4. 経済移行型: | 特に化石燃料に依存した経済構造であり、脱炭素化による影響が大きい国。また、水素導入に際し計画が存在せず、スムーズな脱炭素化には計画の作成や実施支援が必要な国 |

2.6.2. グループ分けの結果

3章の調査結果も参考に、各国をそれぞれのグループに分類した結果が以下の通りである。

表 2.4 重点対象国選定のためのグループ分け

グループ分けについて	国
輸出志向型	国際バリューチェーンに向けた水素生産に関心があり、特にそのための計画や政策を有する国。 パラグアイ、チリ、ブラジル、アルゼンチン、コロンビア、ウルグアイ
地域バリューチェーン型	既存の電力ネットワークの状況、地理的な接続性を考えて、地域バリューチェーンを構成する可能性がある国。 南米地域 パラグアイ、チリ、ブラジル、アルゼンチン、ウルグアイ カリブ地域 トリニダード・トバゴ、ジャマイカ 中米地域 コスタリカ、エルサルバドル
再エネ活用型	豊富な再エネ資源の賦存状況から、将来グリーン水素の生産国になる可能性を持ち、地産地消による国内バリューチェーンの形成が期待される国。 パラグアイ、チリ、ブラジル、アルゼンチン、コロンビア、ウルグアイ、ペルー、コスタリカ、エルサルバドル、ジャマイカ
経済移行型	現在化石燃料を生産しており、脱炭素化に伴う経済構造の移行が必要な国。 ブラジル、アルゼンチン、コロンビア、メキシコ、トリニダード・トバゴ

出典：JICA 調査団

これらのグループ分けに際して重視した点は、まずバリューチェーンの定義であり、輸出志向型、地域バリューチェーン型、再エネ活用型のグループについてはそれぞれ「国際バリューチェーン」「地域バリューチェーン」「国内バリューチェーン」に主に関連する。

経済移行型グループについては、バリューチェーンのアプローチとは異なり、脱炭素を進める際に、現在化石燃料に関わる企業や労働者への影響が甚大と予想される国において協力ニーズの存在が予想されるため、バリューチェーンと別に案件形成の可能性があると考えている。

2.6.3. 各国の調査結果に基づきグループ内で比較を行うための項目の設定

3章で情報の収集整理に活用した8つの調査項目をまとめて、グループ内で比較を行うための項目を次の5点に設定した。

- ①脱炭素に関する取組状況、②域内外との連携におけるエネルギープロジェクトのポテンシャル、③国内における再エネプロジェクトの状況・ポテンシャル、④脱炭素社会に向けた産業構造改革の必要性、⑤海外協力の状況

この5項目の設定理由は以下の通りであり、各グループの国々の中で、これらの評価結果が高い国においてさらなる調査を実施することで、有望案件の特定に資するものとする。

表 2.5 グループ内で比較を行うための項目の設定理由

分類	設定理由	3章の調査項目との関連
①脱炭素に関する取組状況	水素のバリューチェーンを考えるにあたって、輸出、利活用に向けた国の方針や組織体制が明確であることが重要なため。国際、地域、国内バリューチェーンいずれにも関連するが、特に国際バリューチェーンについて、大規模な民間投資が必要になるため、国家の水素の戦略等で明示されていることが重要であるため。	<ul style="list-style-type: none"> ・エネルギーセクターの関連省庁および関連主要企業、団体の確認 ・エネルギー政策/電力会社の計画 ・カーボンニュートラルへの取組状況 ・水素に関する政策
②域内外との連携におけるエネルギープロジェクトのポテンシャル	中南米地域ではすでに地域内で電力の融通等が行われており、水素でも同様のエネルギーの融通に寄与することが期待できるため。またカリブにおいては新しいエネルギー協力の形が考えられるため。	<ul style="list-style-type: none"> ・国内外送電網の状況
③国内における再エネプロジェクトの状況・ポテンシャル	水素のバリューチェーンを考えるにあたって、まず再生可能エネルギーの導入計画の有無や、導入可能な規模が重要なため。国際、地域、国内バリューチェーンいずれにも関連するが、特に国内バリューチェーンについて、まず	<ul style="list-style-type: none"> ・エネルギーバランス/電力需要およびコスト (・エネルギー政策/電力会社の計画) (・カーボンニュートラルへの取組状況)
④脱炭素社会に向けた産業構造改革の必要性	特に石油化学分野が国において重要な場合、グリーン経済への転換に際し協力ニーズがあることが想定されるため。	<ul style="list-style-type: none"> ・石油化学産業などの現状および将来見通し
⑤海外協力の状況	案件形成を行うにあたり、各国の協力状況の確認等が重要なため。	<ul style="list-style-type: none"> ・エネルギー、再生可能エネルギー、水素関連事業の実施状況(他ドナーによる支援状況を含む)

出典:JICA 調査団

なお、各グループから重点対象国を選定する際に重視する項目は以下の通りである。

表 2.6 グループの中で重点対象国選定に最も重要な評価項目

グループ	最も関連する評価項目	その他関連する評価項目
輸出志向型	①脱炭素に関する取組状況(特に明確な計画がある)	③、⑤
地域バリューチェーン型	②域内外との連携におけるエネルギープロジェクトのポテンシャル	①、③、⑤
再エネ活用型	③国内における再エネプロジェクトの状況・ポテンシャル	①、④、⑤
経済移行型	④脱炭素社会に向けた産業構造改革の必要性	①(水素計画がないこと)、⑤

出典:JICA 調査団

2.7. 分類を通じた重点対象国の選定結果および調査について

2.7.1. 各国の地域別評価結果

分析結果を地域別に以下の表に示した。評価項目ごとに4段階（a：最も良い、b：良い、c：不足、d：非常に不足）で評価を実施した。適用した評価基準については評価項目の欄に記載した。

表 2.7 地域別評価結果 南米（1）

評価項目	パラグアイ	チリ	ブラジル	アルゼンチン
①脱炭素に関する取組状況 a: 水素と関係した明確な計画がある b: 再エネ率が高い、またはCNを目指し増加する計画がある(または策定中) c: CNにコミットしていない d: 脱炭素に向けた計画がない	a: 2021年6月に水素ロードマップを発表。2021年7月にNDCを見直している。BAUに対し20%の削減が目標。エネルギー面では水力でほとんどの需要をまかなっている。	a: CNにコミットしており水素戦略を有する。	b: 2020年NDCを見直したものの削減目標は不十分との評価ではある。ただし水力依存のエネルギー構造を多様化することを目指している。	a: 2021年5月に水素フォーラムで水素への取組を説明、2021年中に水素国家戦略を発表予定。現在準備中の長期戦略でCNへのコミット予定。日本政府との水素分野の協力覚書あり。
②域内外との連携におけるエネルギープロジェクトのポテンシャル a: 水素面で既に計画済み b: 電力面で既に実施中 c: 実施していないが、何らかの計画あり d: 実施しておらず、将来計画もない	b: 隣国との電力融通は既に実施。	a: 水素戦略に基づき、輸出を志向している。また豊富な再エネ資源を隣国に販売することにも関心がある。	a: 水素輸出計画あり。隣国との電力融通は既に実施。	b: 隣国との電力融通は既に実施。
③国内における再エネプロジェクトの状況・ポテンシャル a: 多くの再エネプロジェクトがすすめられている b: 再エネの導入ポテンシャルは大きい、導入に向けた課題がある c: 再エネの導入ポテンシャルがあるが、課題により進んでいない d: 再エネのポテンシャルが僅か	a: 既に再エネ率は100%であり、今後も需要次第で再エネ開発のポテンシャルはあるとしている。	a: 再エネ、水素ともに投資が進んでいる。	b: 大型事業は多く進んでいるものの、日本企業にとって通称ブラジル・コストが発生しリスクも高い。	c: 風力等の導入ポテンシャルが大きいが高リスクで民間投資は積極的とは言えない。公共入札案件のキャンセルもあった。
④脱炭素社会に向けた産業構造改革の必要性 a: 石油、ガス、石炭を産出しており、重要なセクターである b: 化石燃料は産出していない(または僅か)が化石燃料削減の方向性を打ち出し、対応開始済み c: 化石燃料削減の方向性	b: 化石燃料削減の方向性を出している。	b: 脱石炭の方向性について既に民間事業者との合意ができている。	a: 石油化学セクターは国家経済にとって重要。中南米最大の産油国。ガス、石炭も産出。	a: 石油化学セクターは国家経済にとって重要。中南米地域で第4位の産油国。ガスは1位。

評価項目	パラグアイ	チリ	ブラジル	アルゼンチン
を出している d: 化石燃料削減の方向性を出していない				
⑤海外協力の状況 a: 実施中(援助、被援助) b: 実施中(被援助) c: 実施していない -1: 援助卒業国 +1: JICA実績(特にエネルギー分野) +1: 水素分野で日本との協力合意等の有無	a: 内陸国であり、気候変動の面から支援ニーズが大きい。 IDB、JICA支援: イグアス水力	b: 中南米の水素分野のリーダーとして、積極的に海外連携に取り組んでいる。 OECD国。	b: ヨーロッパ他の国と連携し水素に関する活動を行っている。	a: 日本と水素に関する協力協定を締結している。

出典: JICA 調査団

表 2.8 地域別評価結果 南米 (2)

評価項目	コロンビア	ウルグアイ	ペルー
①脱炭素に関する取組状況 a: 水素と関係した明確な計画がある b: 再エネ率が高い、またはCNを目指し増加する計画がある(または策定中) c: CNにコミットしていない d: 脱炭素に向けた計画がない +1: 水素分野で日本との協力合意等の有無	a: 2030年51%減、2050年CNの目標あり。水素ロードマップを策定中(パプコメのために公表済)	b: 2025年までに24%減。ただし現時点で再エネ率が既に高い。	b: 2050年CNの目標があり、長期戦略(LTS)を策定中。Net zeroを公表する見込み。
②域内外との連携におけるエネルギープロジェクトのポテンシャル a: 水素面で既に計画済み b: 電力面で既に実施中 c: 実施していないが、何らかの計画あり d: 実施しておらず、将来計画もない	a. 水素のハブになる計画あり。電力面ではベネズエラ、エクアドルと接続済。パナマとの接続を工事中。	a: 水素の輸出の検討のため、ロッテルダム港他と協議中。	c: エクアドルとは接続済みだが、規制の相違等で連携は限られている。
③国内における再エネプロジェクトの状況・ポテンシャル a: 多くの再エネプロジェクトがすすめられている b: 再エネの導入ポテンシャルは大きい、導入に向けた課題がある c: 再エネの導入ポテンシャルがあるが、課題により進んでいない d: 再エネのポテンシャルが僅か	a: 多くのプロジェクトが実施中。水力や太陽光の導入が進められている。バイオマスエネルギーの導入ポテンシャルも大きい。	a: 多くの風力など、再エネの導入が進められている。	a. 風力、太陽光等の導入が進められている。
④脱炭素社会に向けた産業構造改革の必要性 a: 石油、ガス、石炭を産出しており、重要なセクターである b: 化石燃料は産出していない(または僅か)が化石燃料削減の方向性を打ち出し、対応開始済み c: 化石燃料削減の方向性を出している d: 化石燃料削減の方向性を出していない	a. 中南米第4位の産油国。ガスも少量生産している。石炭は中南米第1位。	c: 排出削減のため化石燃料の削減を進めている。	c: 排出削減のため化石燃料の削減を進めている。
⑤海外協力の状況	a. 地熱分野の調	b. 近年は少な	b. ドイツ政府が長

評価項目	コロンビア	ウルグアイ	ペルー
a: 実施中(援助、被援助) b: 実施中(被援助) c: 実施していない -1: 援助卒業国 +1: JICA実績(特にエネルギー分野)	査等の協力あり。	い。	期低排出発展戦略(LTS)について協力中

出典:JICA 調査団

表 2.9 地域別評価結果 中米

評価項目	メキシコ	コスタリカ	エルサルバドル
①脱炭素に関する取組状況 a: 水素と関係した明確な計画がある b: 再エネ率が高い、またはCNを目指し増加する計画がある(または策定中) c: CNにコミットしていない d: 脱炭素に向けた計画がない +1:水素分野で日本との協力合意等の有無	c: 2050年50%減(2000年比)。現政権下で再エネ導入の進捗が足踏みしている。	b:ほぼ再エネ100%を達成している(ごく一部ガス火力)。交通セクターの脱炭素化を重要課題として掲げている。GIZが水素ポテンシャルを調査済。	b: 2025年46%減が目標。再エネ率は既に78%(2018)を達成済。
②域内外との連携におけるエネルギープロジェクトのポテンシャル a: 水素面で既に計画済み b: 電力面で既に実施中 c: 実施していないが、何らかの計画あり d: 実施しておらず、将来計画もない	b: アメリカ他と電力の輸出入を行っている。	b. ニカラグア等に売電している。水素戦略でも検討される可能性あり。	b. 中米電力連携システム SIEPAC に接続済。
③国内における再エネプロジェクトの状況・ポテンシャル a: 多くの再エネプロジェクトがすすめられている b: 再エネの導入ポテンシャルは大きい、導入に向けた課題がある c: 再エネの導入ポテンシャルがあるが、課題により進んでいない d: 再エネのポテンシャルが僅か	c: 政策的な後押しがなく、再エネプロジェクトには逆風が吹いている。風力、太陽光等ポテンシャルは非常に大きい。	a: 風力、地熱等で有望案件が進められている。太陽光の導入ポテンシャルも大きい。	a: 地熱等の有望な資源が確認されている。送電システムは国際機関が担当している。
④脱炭素社会に向けた産業構造改革の必要性 a: 石油、ガス、石炭を産出しており、重要なセクターである b: 化石燃料は産出していない(または僅か)が化石燃料削減の方向性を打ち出し、対応開始済み c: 化石燃料削減の方向性を出している d: 化石燃料削減の方向性を出していない	a: 石油、ガス、石炭ともに産出する。石油はブラジルと並んで中南米で最大規模。	c: 化石燃料の生産はなし。交通セクターのGHG削減を重要と位置付けている。	c: 化石燃料の生産はなし。
⑤海外協力の状況 a: 実施中(援助、被援助) b: 実施中(被援助) c: 実施していない -1: 援助卒業国 +1: JICA実績(特にエネルギー分野)	b. JICA事業は少ないものの、日本環境省資金等のプロジェクトが存在。	a. 円借款で地熱を建設中。ドイツが水素分野で協力している。	a. 地熱探査と地熱貯留層の評価システム導入にJICA事業が活用

出典:JICA 調査団

表 2.10 地域別評価結果 カリブ

評価項目	トリニダード・トバゴ	ジャマイカ
①脱炭素に関する取組状況 a: 水素と関係した明確な計画がある b: 再エネ率が高い、またはCNを目指し増加する計画がある(または策定中) c: CNにコミットしていない d: 脱炭素に向けた計画がない +1:水素分野で日本との協力合意等の有無	c: GHG削減目標はあるものの、再エネ導入目標について明確でない。	b: 2037年までに再エネ率49%を目指している。水素に関連した計画は特定できていない。
②域内外との連携におけるエネルギープロジェクトのポテンシャル a: 水素面で既に計画済み b: 電力面で既に実施中 c: 実施していないが、何らかの計画あり d: 実施しておらず、将来計画もない	d: カリブ海地域内でのグリーン水素の生産、共有が考えられる。	d: カリブ海地域内でのグリーン水素の生産、共有が考えられる。
③国内における再エネプロジェクトの状況・ポテンシャル a: 多くの再エネプロジェクトがすすめられている b: 再エネの導入ポテンシャルは大きい が、導入に向けた課題がある c: 再エネの導入ポテンシャルがあるが、課題により進んでいない d: 再エネのポテンシャルが僅か	c: 再エネ分野の目標は小さく、導入も進んでいない。一方水素分野には一部民間投資が行われている。	a: 17の大型再エネ事業が進行中。太陽光、風力の導入等がさらに進むと考えられる。
④脱炭素社会に向けた産業構造改革の必要性 a: 石油、ガス、石炭を産出しており、重要なセクターである b: 化石燃料は産出していない(または僅か)が化石燃料削減の方向性を打ち出し、対応開始済み c: 化石燃料削減の方向性を出している d: 化石燃料削減の方向性を出していない	a: 石油、ガスを産出。石油化学産業が重要(メタノール、アンモニアの製造)	b: 石油化学産業はほとんど存在しない。
⑤海外協力の状況 a: 実施中(援助、被援助) b: 実施中(被援助) c: 実施していない -1: 援助卒業国 +1: JICA実績(特にエネルギー分野)	a: JICAプロジェクトを実施中	a: JICAプロジェクトおよび円借款プロジェクトを実施中

出典:JICA 調査団

2.7.2. 重点対象国の選定

上記表 2.7 から表 2.10 の評価結果に基づき、各グループに対し、①脱炭素に関する取組状況、②域内外との連携におけるエネルギープロジェクトのポテンシャル、③国内における再エネプロジェクトの状況・ポテンシャル、④脱炭素社会に向けた産業構造改革の必要性、⑤海外協力の状況の面から重点対象国の候補を検討した。

表 2.11 グループ毎の重点対象国選定

グループ	国	重点国の検討結果
輸出志向型	パラグアイ、チリ、ブラジル、アルゼンチン、コロンビア、ウルグアイ	1. ①脱炭素③再エネの観点で評価が高いのがパラグアイ、チリ、コロンビアとなる。 2. ⑤協力の点を加え、パラグアイ、コロンビアを候補として選定。チリについては中南米における水素分野のリーダーであり最新の情報が集まっているものと想定されたが、援助卒業国であることその他、既にヨーロッパ系の企業が多数進出しており競争環境が難しい点で、次フェーズでの調査の優先度は高くないと評価した。
地域バリューチェーン型	南米地域 パラグアイ、チリ、ブラジル、アルゼンチン、ウルグアイ	1. ②連携は各国実施済みである。水素に限ってはチリ、ブラジル、ウルグアイが輸出計画を持つが、地域より国際バリューチェーンを見ている。 2. 輸出志向型でパラグアイが選定されており、また経済移行型アルゼンチンが選定されていることから見送り。
	カリブ地域 トリニダード・トバゴ、ジャマイカ	1. ②連携の項目はカリブ地域では評価できないが、今後水素エネルギーを導入することで、エネルギーの運搬が可能になり地域バリューチェーンが考え得る。 2. ②以外で、①脱炭素、③再エネの観点の評価がより高いジャマイカを優先。 3. トリニダード・トバゴは④経済移行型の観点から選定する可能性があったが、別の国を選定したため見送った。
	中米地域 コスタリカ、エルサルバドル	1. ②域内の連携は各国が実施しているが、グリーン電力の輸出に積極的であり水素の輸出にも関心があるコスタリカを候補として選定。
再エネ活用型	パラグアイ、チリ、ブラジル、アルゼンチン、コロンビア、ウルグアイ、ペルー、コスタリカ、エルサルバドル、ジャマイカ	1. ③再エネの観点から、パラグアイ、チリ、コロンビア、ウルグアイ、ペルー、コスタリカ、エルサルバドル、ジャマイカの評価が高い。 2. 既に他のグループからの候補として選定されているパラグアイ、コロンビア、コスタリカ、ジャマイカを候補として選定。
経済移行型	ブラジル、アルゼンチン、コロンビア、メキシコ、トリニダード・トバゴ	1. ④経済移行の観点からは差が付かない。 2. ①脱炭素、⑤協力の両方の観点で評価が高いのがアルゼンチン、コロンビア、トリニダード・トバゴ。 3. ⑤協力の面で特に日本との協力合意を有するアルゼンチンと他項目の評価も高いコロンビアを候補として選定。

出典：JICA 調査団

上記の通り、パラグアイ、アルゼンチン、コロンビア、コスタリカ、ジャマイカをさらに調査すべき5か国と選定した。その理由については下表に詳述した。

表 2.12 5か国選定の理由

国	選定理由
パラグアイ	【再エネ活用型】【地域バリューチェーン型：南米】【輸出志向型】豊富な水力資源を背景に再エネ供給が需要を上回っており、安定した供給が可能である。それによって水素製造設備の稼働率を高く維持することができる可能性があり費用対効果も高い。LLDC(内陸開発途上国)であり、気候変動の影響を受けやすいともされるところ、水素エネルギーの活用による適応も考えられる。
アルゼンチン	【地域バリューチェーン型：南米】【経済移行型】豊富な再エネポテンシャルを持ちながら再エネ導入が遅れているものの、2021年5月には2030年水素国家戦略フォーラムを開催し2021年内の水素国家戦略策定をアナウンスしており、協力ニーズの特定をちょうど行っている段階と想定され調査すべきタイミングと言える。また2019年に日本と水素分野での協力覚書を交わしている点でも支援ニーズが高い。ガス資源等を背景にブルー水素への関心も有し、経済移行の必要性も有している点も特徴的である。

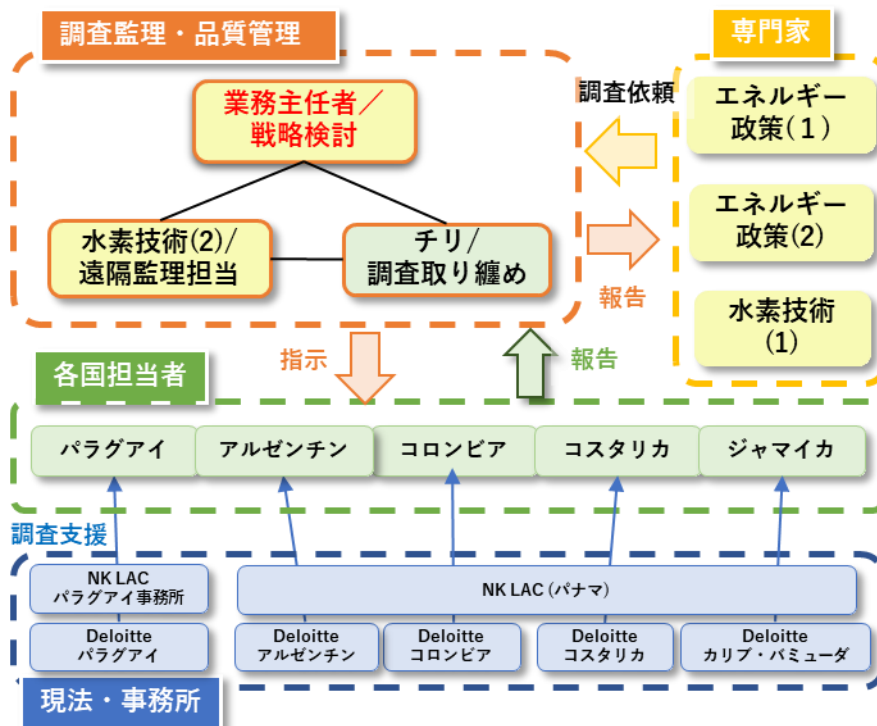
国	選定理由
コロンビア	【輸出志向型】【経済移行型】【再エネ活用型】チリの協力も経て水素戦略策定に取り組んでおり、水素分野に関する協力ニーズが大きい。中南米における大国の一つであり、石油化学産業を有するところから、グリーン経済への移行を含めて広範な協力ニーズが存在すると考えられる。
コスタリカ	【地域バリューチェーン型:中米】【再エネ活用型】最もカーボンニュートラルに向けて熱心に取り組んでいる国の一つであり、中米地域のハブとして隣国との協調も含め案件形成の可能性がある。円借款で建設中の地熱発電所の完成に伴い、将来的に再生可能エネルギーの供給が需要を上回ることが想定されており、同電力の有効活用について日本が協力する意義は大きい。
ジャマイカ	【地域バリューチェーン型:カリブ】【再エネ活用型】カリブ海諸国では、水素活用を検討する際に、それぞれの島嶼国で独立して考えるよりも、再エネが豊富な国を水素生産国として、カリブ地域でのバリューチェーンを検討することが考えられる。再生可能エネルギーの導入を進めることについても積極的である。トリニダード・トバゴに対し再エネ導入ポテンシャルの優位性を評価した。

出典:JICA 調査団

なお、特に地域バリューチェーンのカギとなる国（パラグアイ、コスタリカ、ジャマイカ）の調査に当たっては、地域バリューチェーンを構成する周辺の国についてもある程度の調査が必要である。

2.7.3. 重点対象国の調査方法

上記の通り選定した調査対象国の調査実施体制は以下の通りである。



出典:JICA 調査団

図 2.14 業務実施体制図

(1) 管理体制の構築

本調査では日本人専門家は現地渡航を行わず、現地特殊備人を通じての資料収集・ヒアリングを主体として現地作業を行うため、リモートによる業務監理が重要であった。

表 2.13 管理体制

管理手法	概要
遠隔調査監理担当の設置	12か国の調査及び5か国の詳細調査をリモートで実施するにあたり、調査団内に水素技術兼任で、遠隔調査監理担当を置いた。
調査監理・品質管理ユニットの設置	5か国調査では、下図「重点対象国5か国の調査体制」の通り、業務主任者、遠隔調査監理/水素技術(2)、現地備人チリ担当の3名により調査管理・品質管理ユニットを構成し、調査項目の取り纏め、各国担当への指示、調査報告の取り纏め、品質管理を行う。これにより指示系統を明確化し、効果的かつ効率的に調査を遂行した
調査取り纏め担当の配置・時差対応	現地備人チリ担当が現地調査取り纏め担当を兼任する。日本とは時差の大きい各国での調査取り纏めをチリ在住者が行うことにより、調査項目の確認や報告事項の内容確認等のコミュニケーションをより円滑かつタイムリーに実施した。
オンラインツールを活用した定例会技	進捗に応じ最低でも隔週に1回、Teamsによる団内報告会を実施する。基本的には各対象国の備人との個別での実施を想定するが、水素バリューチェーンの検討等においては対象国間の情報共有も重要となるため、必要に応じて関連のある複数対象国の現地備人と合同で行った。
連絡手法の確立	WhatsApp等のメッセージングアプリでグループを作成し、作業の進捗について週報を送付し、双方向での連絡体制を取る。なお、課題については定期報告以外にも迅速に連絡を行った。
守秘の徹底	守秘義務等については契約書に明記・事前教育を行った。
共同企業体の現地法人によるバックアップ	共同企業体それぞれの構成社の現地法人及び事務所を活用し、現地備人に対する連絡体制を現地からバックアップした。
JICA現地事務所・支所及び大使館との連携	対象国に立地するJICA現地事務所および支所との情報共有、また大使館(特に日本企業支援窓口)との情報共有を行うことで、渡航できないことをカバーするための現地情報の入手に努めた。

出典:JICA 調査団

(2) 実施体制の構築

【オンラインツールでの作業】本調査では現地備人等を通じた情報収集、ヒアリングが主となるが、コロナ感染防止の観点から、可能な限り Zoom や Teams で実施するオンラインで協議し、電子データでの資料提供を心掛け実施した。また、現地備人とのオンライン会議や各現地関係者とのヒアリングの際には、事前に作成した質問票や重要な点をパワーポイント等で整理した資料を作成・配布することにより、協議時間の適正化を図るとともに効率的に必要な情報、意見等を入手した。

【ローカルリソースの活用】現地での作業は (1)エネルギー分野における調査経験を有し、(2)当共同企業体/当共同企業体現地法人との協業経験があり信頼のおける現地備人を各国 1 名雇用した。また、以下の中でも水素に関する知見が豊富なチリの要員については現地時間帯での対応支援のため、取りまとめの支援のために雇用した。

表 2.14 現地傭人の雇用

対象国	雇用方針	従事期間
パラグアイ	NK LAC事務所、デロイト事務所あり。NK-LAC同事務所で協業経験のある現地コンサルタントを雇用。	2021年12月～ (計 1MM)
(チリ)	デロイト事務所あり。JICA及び環境省案件のエネルギー・水素関連調査の経験が豊富な現地コンサルタントを傭人として雇用。業務主任者との複数年にわたる協業経験あり。	2021年6月～ (計1 MM)
アルゼンチン	デロイト事務所あり。デロイトの現地コンサルタントを雇用予定。	2021年12月～ (計1 MM)
コロンビア	デロイト事務所あり。デロイトの現地コンサルタントを雇用予定。	2021年12月～ (計 1MM)
コスタリカ	デロイト事務所あり。JICA及び環境省案件のエネルギー関連調査の経験が豊富な現地コンサルタントを傭人として雇用。業務主任者との複数年にわたる協業経験あり。	2021年12月～ (計1 MM)
ジャマイカ	デロイト事務所あり。日本工営が同国で実施しているプロジェクト関係者を傭人として雇用。	2021年12月～ (計 1MM)

出典:JICA 調査団

(3) 調査内容

上記の通り選定した調査対象国の調査内容を以下に纏める。

表 2.15 5 か国における調査内容

国	調査の概要と留意点
パラグアイ	<p>パラグアイは既に再エネ率が高いことから、今後再エネの開発が水素エネルギーの製造可能性に直結する。また、パラグアイの排出源構成から、交通セクターでの脱炭素が重要である。道路での輸送に加え、河川での運輸の重要性が高いことから、長距離輸送に関するトラック、船舶などの水素化のポテンシャルや、それによる国内水素需要規模の検討が必要である。</p> <p>GDPなどの経済状況、LLDCであることも含め、JICAの支援可能性として最も多様なオプションが考えられる対象国であると想定する。政府に対する法制度の整備支援や能力開発支援、ロードマップの実施支援などの政策、キャパビル支援面と、インフラストラクチャー開発の分野では、民間セクターの資金動員を拡大するための、再生可能エネルギープロジェクトの拡大、水素エネルギー拡大計画とそれを支えるための円借款、海外投融資等の検討が必要である。また、水素を交通分野に適用するためのインフラ整備と技術支援においては、本邦の経験や、本邦企業の技術の活用可能性があるため適用可能な水素技術についてもレビューを実施する。</p> <p>調査のポイント:</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水素開発促進に向けた既存関連法制度の内容調査 ・再生可能エネルギーポテンシャルの調査 ・グリーン水素開発に向けた目標と現状のギャップ分析(供給体制、取引方法、貯蔵システム、送電線計画等) ・ロードマップの実施支援 ・交通セクターの現況と水素への転用可能性調査 ・本邦をはじめとする交通分野における水素への転用技術の調査 ・需要家の水素需要見積もり及び投資計画策定 <p>・他ドナーの動向、政府としての優先順位確認調査</p>
アルゼンチン	アルゼンチンは2021年中に水素国家計画を発表予定としているため、同計画に関する最新情報を収集し、支援ニーズの検討に活用する。

国	調査の概要と留意点
	<p>また、経済リスクの点で再エネプロジェクトが進んでいない現状もある中、水素分野についても民間投資の活性化には時間がかかると考えられるため、JICAの支援可能性として政府に対する法制度の整備支援や能力開発支援、ロードマップの実施支援などの政策、キャパビル支援面と、貿易保険等の活用も含む民間支援スキームの検討などが重要である。</p> <p>調査のポイント:</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水素開発促進に向け検討中の国家計画の内容調査 ・再生可能エネルギーポテンシャルの調査 ・グリーン水素開発に向けた目標と現状のギャップ分析(供給体制、取引方法、貯蔵システム、送電線計画等) ・ロードマップの実施支援 ・脱炭素化による石油化学セクターへの影響と対策に関する調査 ・需要家の水素需要見積もり及び投資計画策定 ・他ドナーの動向、政府としての優先順位確認調査
コロンビア	<p>コロンビアは2021年8月に中長期的な戦略である水素ロードマップ(案)を公表したが、短期的には関連制度・環境を整備することが重要だと考えられる。従って、JICAの支援可能性としては政府に対する法制度の整備支援や能力開発支援が挙げられる。さらにインフラストラクチャー開発の分野では、民間セクターの資金動員が必要であると考えられるが、海外投融資を通じて民間サイドから水素エネルギー拡大を支えていく方法も考えられる。また、ロードマップでは水素の海外輸出についても言及されていることから、既存港湾の再開発もJICAの資金力やこれまでの知見・ノウハウが生かされる分野だと想定される。</p> <p>調査のポイント:</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水素開発促進に向けた既存関連法制度の内容調査 ・グリーン水素開発に向けた目標と現状のギャップ分析(供給体制、取引方法、貯蔵システム、送電線計画等) ・石油・天然ガス用既存設備のキャパシティー調査及び水素への転用可能性調査 ・脱炭素化による石油化学セクターへの影響と対策に関する調査 ・需要家の水素需要見積もり及び投資計画策定 ・他ドナーの動向、政府としての優先順位確認調査
コスタリカ	<p>コスタリカの水素バリューチェーン構築においては既に他ドナーより支援が実施されてきた。また、IDB等の支援が継続すると見込められる他、コスタリカの水素に関する方針が明確であることから、コスタリカを中心とした支援の可能性は、水素ステーションの整備への支援や、民間投資へのサポート等で、比較的限定的と考えられる。一方、中米地域諸国においては水素需要が存在し、コスタリカをハブとして中米地域での水素バリューチェーン構築を検討することも考えられる。しかし、このような地域的なアプローチの実現を目指すためには、MERやEAC等の地域間システムの整備が必要であり、JICAが支援できるポイントになりえる。さらに、中米地域諸国の脱炭素化に向けてグリーン水素を製造するには、再生可能エネルギーの輸出入が必要となるため、各国が十分な送電設備を備えているかを確認するとともに、強化が必要な場合はその支援を行うことも考えられる。</p> <p>調査のポイント:</p> <ul style="list-style-type: none"> ・各国の再生可能エネルギーの状況に関する調査(年間の電力余剰・不足状況、各国間での電力取引の実態、各国の送電線状況など) ・MERやEAC等の地域間システムの整備に向けた調査 ・中米地域諸国との水素バリューチェーン構築の検討調査 ・他ドナーの動向、政府としての優先順位確認調査
ジャマイカ	<p>水素に関する国家目標や政策は未整備であるが、本調査を通じて、ジャマイカでは水素の地産地消を目指す道筋の他に、カリブ諸国全体における水素サプライチェーンの一部として水素製造国から水素を輸入し、自国において活用する需要が存在し得ることが明らかとなった。従ってJICAの支援可能性としては、ジャマイカ政府に対する水素関連戦略の策定支援や、開発促進に向けた関連法制度の整備支援、人員の能力開発支援が考えられる。複数のカリブ諸国を跨ぐ支援についても可能性があり、例えばカリブ諸国</p>

国	調査の概要と留意点
	<p>における水素バリューチェーン構築(再エネ事業や水素事業)への支援が考えられる。また、キングストン港がカリブ海における中心ハブとしての地位を維持・強化していくためには、アンモニアや水素等の新燃料補給整備を整備する必要があると考えられる。当該分野においても、海外投融資を通じた民間資金の動員や、既存港湾再開発にかかる知見・ノウハウの提供という観点からの支援が考えられる。</p> <p>調査のポイント:</p> <ul style="list-style-type: none">・水素開発促進に向けた既存関連法制度の調査・カリブ海諸国との水素バリューチェーン構築の検討調査・キングストン港における新燃料設備整備のニーズ調査(貯蔵システム、アンモニア製造等)・工業団地開発等との連携の可能性の検討調査・他ドナーの動向、政府としての優先順位確認調査

出典:JICA 調査団

第3章 各国のエネルギーセクターの現状と課題

本章では、12か国を対象として行ったデスクスタディの結果を記載した。

3.1. パラグアイ

パラグアイの基礎情報は下表のとおり。

表 3.1 パラグアイの基礎情報

面積	40.6万 km ²
人口	704万人(2019年、世銀)
GDP(名目)	381億ドル(2019年 世銀)
一人当たりGNI(名目)	5,520ドル(2019年 世銀)
主要産業	農業、製造業(自動車部品など)、電力

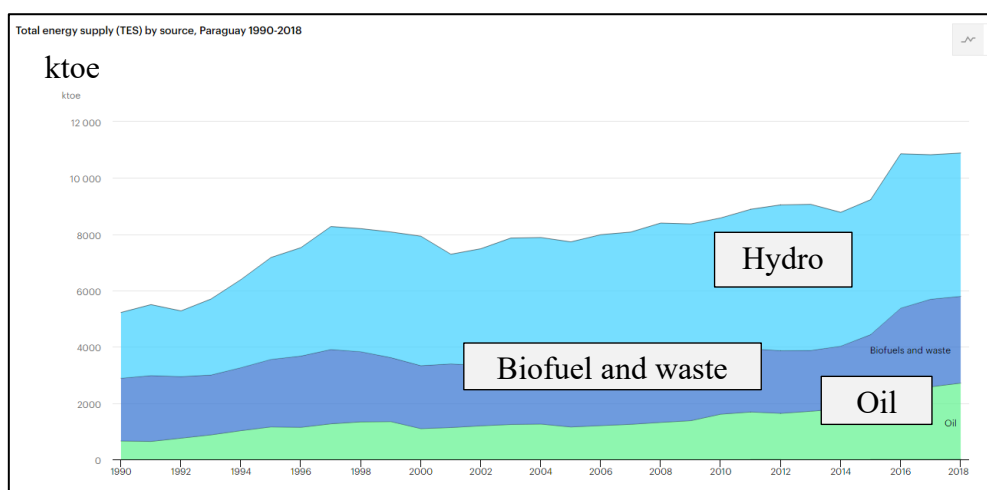
出典:外務省 HP より調査団作成

3.1.1. エネルギーセクターの概況 (エネルギー需給、水素の位置づけなど)、関連機関の役割 (特に水素全般に関連して)

(1) エネルギーバランス

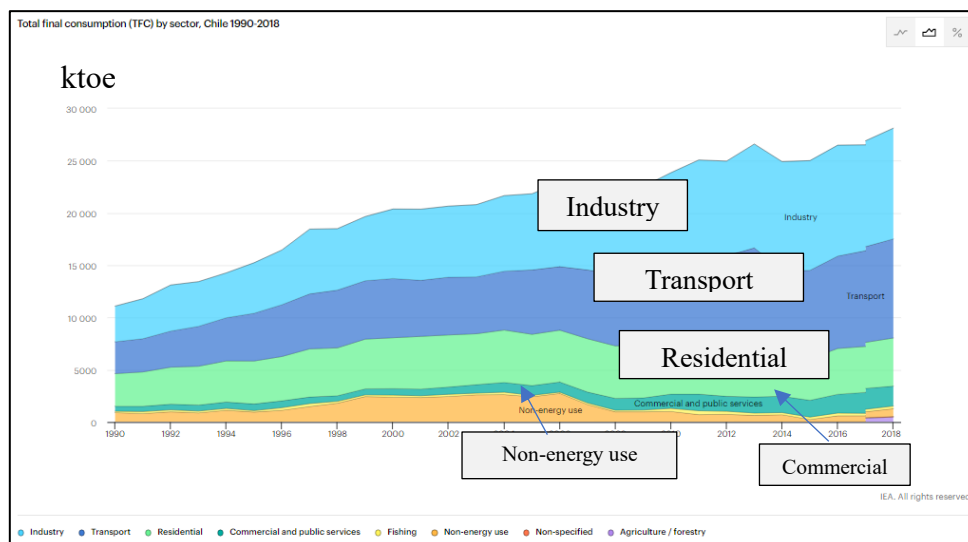
パラグアイの一次エネルギーの国内総供給については、国内生産が国内総供給の100%を大きく超えており、極めて高い自給率を示している。発電用エネルギー投入構成は、パラナ川などの大規模河川があるため、豊富な水力資源を利用し、ほぼ全量が水力発電である。他方、エネルギー消費については、約40%を交通(民生利用も含む)が占め、住宅用と産業用が約26%である。なお交通でのエネルギー消費の大部分は、トラックや車などの陸上輸送である。

次にエネルギーの供給と消費を、エネルギーソース別総エネルギー供給量とセクター別エネルギー消費量の観点で経年推移を概観する。供給、消費とも特にここ数年の期間の伸びが確認できる。



出典:IEA.(2018). エネルギーデータ Retrieved from <https://www.iea.org/data-and-statistics>

図 3.1 エネルギーソース別総エネルギー供給量の推移 (パラグアイ:1990-2018年)



出典: IEA.(2018). エネルギーデータ Retrieved from <https://www.iea.org/data-and-statistics>

図 3.2 セクター別エネルギー消費量の推移(パラグアイ: 1990-2018年)

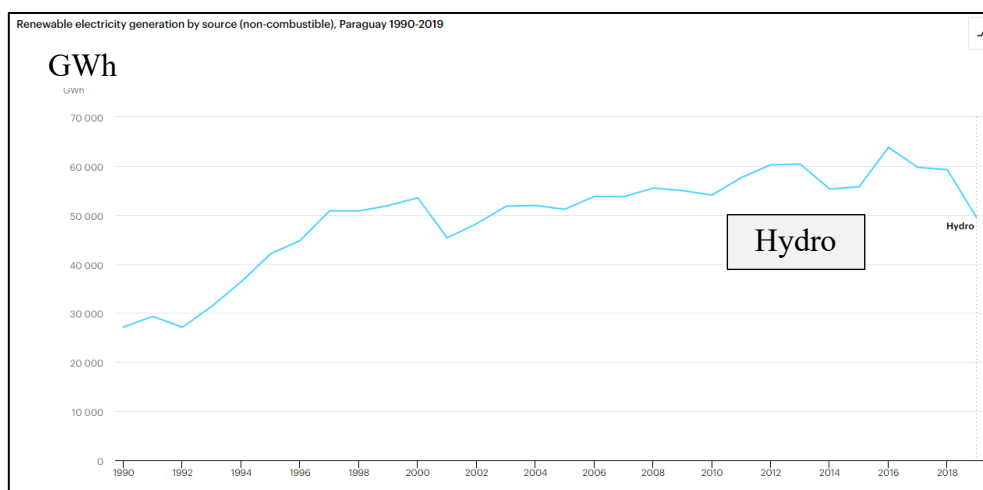
パラグアイの総発電電力量は、世界最大級のイタイプ水力発電所とヤシレタ水力発電所の2大水力発電所によってほぼ賄われている。イタイプ水力発電所はパラグアイとブラジルの共同出資によって建設され、2国間で運営するイタイプ公団が運転や保守を行う。イタイプ水力発電所からの電力購入量や価格は、ANDE とブラジルの連邦電力会社エレクトロブラスとの間で交渉される。一方ヤシレタ水力発電所はパラグアイとアルゼンチンの共同出資によって建設され、2国間で運営するヤシレタ公団が運転や保守を行っている。

ヤシレタ水力発電所からの電力購入量や価格は ANDE とアルゼンチンの2国間エネルギー推進公団 EBISA(Emprendimientos Energéticos Binacionales Sociedad Anónima)との間で交渉される。

(2) 再生可能エネルギーの導入状況及びポテンシャル

1) 再生可能エネルギーの導入状況

パラグアイの発電のほぼ全量は水力発電によって供給されている。それ以外は若干のバイオエネルギーがあるだけで、発電における化石燃料の消費はほぼゼロである。再生可能エネルギーによる発電量の経年推移を次図に示す。過去10年程度の期間に再生可能エネルギーによる発電量に多少の増減が見られるも、大きな変化は見られない。



出典: IEA. (2018). エネルギーデータ Retrieved from <https://www.iea.org/data-and-statistics>

図 3.3 ソース別再生可能エネルギーによる発電量の推移（パラグアイ：1990－2019年）

2) 再生可能エネルギーのポテンシャル

今後開発対象となる再生可能エネルギーとして、太陽光、風力、バイオマスの可能性があると考えられているが、開発の中心は水力となっている。チャコ地方においては風力、太陽光にかかる概略調査にて発電ポテンシャルが確認されており、詳細調査の必要性が示されている。また、バイオマスエネルギーは今後、トウモロコシ、サトウキビ、森林資源等を利用する可能性が GIZ により調査されている。

今後の水力を中心とする再生可能エネルギーの開発シナリオを添付-図 1 (p.添付-4) に示す。2026年以降、Corpus Christi などの水力発電所が運転開始をする見込みで、総発電容量の増強が図られる。平行して送電線網の整備も実施される予定である。同発電所は、設備容量約 3,000MW、年間発電量約 19,000GWh の大規模水力発電プロジェクトであり、地域的、社会的にも課題を抱えているといわれる。

(3) 電力価格・収益

1) 現状のエネルギーコストと将来見込

以下の表は、オクタン価 95 ガソリン、通常のディーゼル、およびその他の燃料の 1 リットルあたりの最新の価格を示している。これらは、すべての税金と手数料を含む小売（ポンプ）での価格である。

表 3.2 パラグアイにおける燃料価格

Fuels,	Price per liter	Year	PYG	USD
Gasoline prices	14.06.	2021	6820	1.014
Diesel prices	14.06.	2021	5330	0.792
LPG prices	14.06.	2021	3375	0.502

出典: Global Petrol Prices. (2021). Retrieved from

https://www.globalpetrolprices.com/documents/Sources_and_methods_GP.添付-pdf

次の表は、kWhあたりの電気料金を示している。

表 3.3 パラグアイにおける電気料金

Electricity	Prices per kWh	Year	PYG	USD
Households	01.09.	2020	401.995	0.06
Business	01.09.	2020	334.798	0.05

出典: Global Petrol Prices. (2021). Retrieved from

https://www.globalpetrolprices.com/documents/Sources_and_methods_GP.添付-pdf

- 2) エネルギー関連の支出（輸入エネルギーのコスト、補助金制度など）、収入（税収など）

パラグアイをはじめとする南アメリカでの電力取引の概要は添付-表 1(p.添付-4)に示す。

- (4) 現在の電力の輸出入の状況（電力量と価格、季節・時間のパターンなど）

近年の国内電力需要と輸出関連データを以下に示す。輸出電力量は全体に比べて1%以下ではあるが増加の傾向を示している。

表 3.4 パラグアイにおける売上電力量

Description	2018		2019		Yearly Variation(%)
	MWh	%	MWh	%	
National Consumption	12,172,700	99.8	12,520,192	99.0	2.9
Export	26,162	0.2	127,001	0.1	385.4
Total	12,198,862	100.0	12,647,193	100.0	3.7

出典: ANDE. (2019). Memoria Annual 2019.

表 3.5 パラグアイにおける電力売上高

Description	2018		2019		Yearly Variation(%)
	Mil. G*	%	Mil. G*	%	
National Consumption	4,535,251	99.6	4,795,617	98.1	5.7
Export	18,695	0.4	94,413	1.9	405.0
Total	4,553,946	100.0	4,890,030	100.0	7.4

* G: Paraguayan Guarani

出典: ANDE. (2019). Memoria Annual 2019.

電力輸出入量の経年推移については、近年の輸出量に大きな変化はなく、輸入はグラフに示す期間において実績はない添付-図 2 (p.添付-4)

- (5) 関連省庁

パラグアイにおけるエネルギー分野の関係機関及び主要企業を次に示す。

- ・ 公共事業・通信省(MOPC: Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones)

省の鉱物・エネルギー副大臣室（次官室）がエネルギー関連事項を所管する。同庁がエネルギー・電気料金を認可する他、パラグアイ石油公社(PETROPAR :Petroleos Paraguayos)や国家電力公社(ANDE: Administración Nacional de Electricidad)を監督する。

- ・ 環境・持続的開発省（Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sustentable（MADES））

環境政策全般を所掌している。地球温暖化対策を進める国際的枠組みのパリ協定については、2016年に批准した。

(6) 関連主要企業

- ・ 国家電力公社(ANDE)

1948年の設立以来、発電・送電・配電の垂直統合での供給体制をとっている。2007年に独立系電気事業者に関する法（法 3009 号）が制定され、ANDE 以外の事業者についても発電、余剰電力の販売が行えるようになった。

3.1.2. エネルギー政策・制度・計画（水素の位置づけ）、電源開発計画（需給に水素を見込む余地の有無など）

(1) エネルギー政策

パラグアイにおけるエネルギー政策（担当省庁：公共事業・通信省）は、以下の通りである。

表 3.6 パラグアイのエネルギー政策

#	政策	概要
1	独立系電気事業者に関する法(PTIEE: Ley 3009 de produccion y transporte independiente de energia electrica)	2007年に持続可能なエネルギーの開発、利用や多様化など長期的なエネルギー供給の信頼性と国益を守るため、独立系電気事業者に関する法（PTIEE: Ley 3009 de produccion y transporte independiente de energia electrica）が制定された。この法律では、多様なエネルギー源の開発（再生可能エネルギーを含む、環境保護や省エネルギーの促進、電力分野における自由競争の促進・国際競争力の強化、エネルギー・電力分野における民間投資の誘致などといった内容が盛り込まれた。
2	国家エネルギー政策(Politica Energetica 2016-2040, Directo 6092)	2016年には、政令の国家エネルギー政策(Politica Energetica 2016-2040, Directo 6092)が公布された。本政令では、エネルギー安全保障の確保、国のエネルギー資源の戦略的活用などのビジョンが掲げられた。また再生可能エネルギーについて、2040年までにエネルギーミックスで最大10%の開発を行うとしている。

出典：JICA 調査団

(2) 電力会社の計画

ANDE は、2030年パラグアイ国家開発計画（2014年12月16日付けの政令第2794号）に関して、政策を実施する立場から電力セクターの地域開発を含むエネルギー問題に取り組んでいる。

ANDE は、a) 500kV ネットワークを拡張しパラグアイのエネルギーを二国間企業が利用できるようにする作業を完了する、b) 市場価格での電力の輸出を増やす、c) Itaipú および Yacyretá 発電

所において連携した運転をする、d) 地域におけるエネルギーの自由な取引を促進する、などの施策を計画している。

(3) カーボンニュートラルへの取組状況

パラグアイにおけるCO₂排出状況は添付-図 7(p.添付-8)の通りであり、2016年のCO₂排出量は5,998,469トンであった。CO₂排出量は前年比1.97%増加し、CO₂排出量が5,882,532トンだった2015年に比べて115,937トン増加した。また、パラグアイの一人当たりのCO₂排出量は、一人当たり0.89トン(2016年の人口6,777,872人に基づく)に相当し、2015年に登録された一人当たり0.88CO₂トンの数値から0.01増加している。これは、一人当たりのCO₂排出量の0.6%の増加に相当する。2021年までの傾向は交通部門のCO₂排出量増加が総量の増加に寄与している状況である。

温室効果ガス(GHG)を見た場合、2014年ぐらいまでは増加傾向にあるものの、2016年以降は横ばいの状況である。この排出量は2018年以降の目標値に比べて低いレベルにあることがわかる添付-図 8(p.添付-9)。

また温暖化ガス排出をセクター別にみると、Land-use and forestryが最も多く約78%、その次が農業で約15%、エネルギーは約3%である。(2014年、World Resources Institute データ)

(4) 国内外送電網の状況

1) 国内送電網

国内の送電電圧は500kV、220kV、66kVに区分される。500kVについては、2013年にイタイプ水力発電所と首都アスシオンに至る基幹送電線の運転が開始され、亘長が16kmから364kmへと大幅に増加した。500kV送電線は、イタイプ、ヤシレタの2つの水力発電所からの電力を送る系統として利用されている。

末端の供給電圧は220V、系統周波数は50Hzである。国内の電化率は1993年には57%であったが、都市部や地方の電化が進み、2017年は99.92%になるなど未電化地域は解消されつつある。国内の電力需要は、今後も増加することが見込まれていることから、今後10年間の送電線計画(Plan Maestro de Transmisión 2016-2025)を策定し、計画的に送配電設備を建設していくこととしている。首都圏周辺及び全国の国内送電網は添付-図 3(p.添付-5)、添付-図 4(p.添付-6)を参照のこと。

2) 国際送電網

南米ではインフラとしての電力の重要性が増大したことから、各国の電力統合を目的として1964年にアルゼンチン、ブラジル、ボリビア、チリ、パラグアイ、ウルグアイの代表者などの各国が集い、地域エネルギー統合委員会(CIER: Comisión de Integración Energética Regional)を設立し将来の各国の設備の拡張に向けた検討を行っている。

こうした中で、南米12カ国では、2000年にブラジルで開始された「南米地域インフラ統合イニシアティブ(IIRSA: Initiative for the Integration of Regional Infrastructure in South America)によってエネルギー、通信、運輸部門におけるインフラが整備されることになった。CIERによる整理では、南

米では 21 ヶ所の 2 国間の連系線が整備され、アルゼンチンーボリビア間の連系線が建設中、このほか 4 ヶ所の連系線について設置が検討されている。南米の主要国であるブラジルは、人口増に伴う国内需要の増加を受け、近隣諸国との電力取引を促進するために連係線の拡充を行ってきた（添付-図 5 (p.添付-7)、添付-図 6 (p.添付-7)）。

3.1.3. 水素技術の活用・導入状況（伝統技術・新技術、グレー／ブルー／グリーン水素）

パラグアイ政府は、2021 年 6 月、「Towards the Green Hydrogen Roadmap in Paraguay」を発表し、水素開発のロードマップを示した。

同ロードマップでは、パラグアイにおける水力発電由来のグリーン水素の活用に係る技術面及び経済面の実現可能性を実証することを目指した計画がされており、Action 1 「グリーン水素経済の推進及び発展」、Action 2 「水素製造プラントの製造・利用にかかるパイロット事業」で構成されている。これらを計画する特定の目的として、以下の 8 つが挙げられている。

1. 意思決定者及び投資家を取り込むため、交通セクターにおける水素利用の実現可能性を実証する。
2. 水素発電及び水素製造プラントの設計、建設、運営のスキルをもつプロフェッショナルを育成する。
3. 交通セクターの脱炭素化に必要なグリーンテクノロジーのバリューチェーンにおいて、地元雇用を生み出す仕組みを特定する。
4. 公共セクターに対し新たな技術に触れる機会を与え、グリーン課題の社会認識を促進する。
5. 水素経済の発展を通して、パラグアイが南米地域のエネルギーハブ、及び気候変動緩和活動のプロモーターを担い、エネルギー供給多様化を促進することの実現可能性を実証する。
6. 水素を用いた脱炭素エネルギー源により製造されるグリーン製品への持続可能な産業投資を促す。
7. 持続可能な経済及び産業の発展に寄与する輸送ルート及びハブを明らかにし、パラグアイにおけるグリーンな陸路及び河川輸送の地盤を築く。
8. Southern cone におけるグリーンな陸路及び河川輸送のハブとしてのパラグアイの役割及び国際的な立ち位置の地盤を築く。

表 3.7 パラグアイの水素ロードマップの各アクションの概要

項目	概要
Action 1	エネルギー多様化と気候変動緩和のための手段として、グリーンH2経済の発展のための戦略的ガイドライン、政策、推進および規制の枠組み、および制度的および技術的能力を向上させる。国の地理的条件とエネルギー資源を活用して、地元の雇用の創出とともにバリューチェーンの産業発展を促進することに重点を置くことが示されており、そのために必要な14の活動が挙げられている。 1. 国際水素フォーラムを開催し、Action 2の活動強化のため、少なくとも2つ以上のパートナーシップを形成する。

項目	概要												
	2. 同国における水素経済発展の実現可能性を示す。 3. 同国の持続可能な経済及び産業の構築のための河川及び陸上輸送ルート及びハブを特定する。 4. 再エネや需要管理のための水素発電の適用に係る分析 5. 水素に係る安全基準の構築 6. 水素の製造、輸送、水素ステーション等の環境管理計画 7. 水素の利用や、関連物質、製品(NH ₃ 、メタノール、酸素等)を含む水素経済に向けた戦略策定 8. 水素分野における人材開発のためプログラム 9. 電解層等のグリーン水素関連技術の製造、開発の促進 10. パイロットプロジェクト運営の妥当性確認 11. グリーン水素の研究及び技術開発のための中核的研究拠点の形成 12. 1件目の水素プラント及びグリーン水素ステーションの設置の成功 13. 2件目の水素プラント及びグリーン水素ステーションの設置の成功 14. 3件目の水素プラント及びグリーン水素ステーションの設置の成功												
Action 2	再生可能エネルギーによる水の電気分解からグリーンH ₂ を生成するためのパイロットプラントを設置し、その実行可能性を実証する。1つの目標は、パラグアイの3つの主要な商業地域であるVilla Elisa-AMA、Ciudad del Este、Encarnacionを結ぶことである。アクション1において民間、公共交通機関、運輸会社が参加することを通じて、需要と供給が拡大することが期待される。 パイロット事業の概要は以下の通り。明確なスケジュール等は決められていない。 <table border="1" data-bbox="406 958 1353 1283"> <thead> <tr> <th>場所</th> <th>供給側(水素製造プラント)</th> <th>需要側(車両)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Villa Elliza – AMA (PETROPAR所有地内)</td> <td>E200 (製造容量200kg、貯蔵容量200kg)</td> <td>FCバストラック:1台(45kgタンク) FC車両:2台(6kgタンク)</td> </tr> <tr> <td>Ciudad del Este (Acaray水力発電所の敷地内)</td> <td>E60+ (製造容量60kg、貯蔵容量72kg)</td> <td>FCバストラック:1台(45kgタンク) FC車両:2台(6kgタンク)</td> </tr> <tr> <td>Enacacion (未定)</td> <td>E60+ (製造容量60kg、貯蔵容量72kg)</td> <td>FCバストラック:1台(45kgタンク) FC車両:2台(6kgタンク)</td> </tr> </tbody> </table>	場所	供給側(水素製造プラント)	需要側(車両)	Villa Elliza – AMA (PETROPAR所有地内)	E200 (製造容量200kg、貯蔵容量200kg)	FCバストラック:1台(45kgタンク) FC車両:2台(6kgタンク)	Ciudad del Este (Acaray水力発電所の敷地内)	E60+ (製造容量60kg、貯蔵容量72kg)	FCバストラック:1台(45kgタンク) FC車両:2台(6kgタンク)	Enacacion (未定)	E60+ (製造容量60kg、貯蔵容量72kg)	FCバストラック:1台(45kgタンク) FC車両:2台(6kgタンク)
場所	供給側(水素製造プラント)	需要側(車両)											
Villa Elliza – AMA (PETROPAR所有地内)	E200 (製造容量200kg、貯蔵容量200kg)	FCバストラック:1台(45kgタンク) FC車両:2台(6kgタンク)											
Ciudad del Este (Acaray水力発電所の敷地内)	E60+ (製造容量60kg、貯蔵容量72kg)	FCバストラック:1台(45kgタンク) FC車両:2台(6kgタンク)											
Enacacion (未定)	E60+ (製造容量60kg、貯蔵容量72kg)	FCバストラック:1台(45kgタンク) FC車両:2台(6kgタンク)											

出典: Ministerio de Obras Publicas y Comunicaciones. Ministerio de Minas y Energia. (2021). Towards the Green Hydrogen Roadmap in Paraguay. Retrieved from https://www.ssme.gov.py/vmme/pdf/H2/DIGITAL_ENG_H2%20Propuesta_de_Innovacion.pdf

3.1.4. 官・民取り組み状況、他ドナー支援状況

本邦機関やその他国際機関によるエネルギー、再生可能エネルギー、水素分野における主な支援状況は添付(1.4)の通り。

IDBはパラグアイにおいて1) グリーン水素の商業化に向けた制度枠組みの構築に係る調査、及び2) 地域バリューチェーンにおける同国の位置づけに関する調査を実施しており、水素ロードマップの構築においても、同国政府への支援を行った。気候変動対策に関連して、パラナ川の気候変動に対する脆弱性及び、発電、経済活動への影響についても調査を行うとともに、水素活用に関連したより具体的な技術協力プロジェクトの実施を検討している。

なお、JICAは2021年8月、ANDEとの間で、「国家電力システム効率改善事業」を対象として92億9400万円を限度とする円借款貸付契約(Loan Agreement: L/A)に調印した。本事業は、IDBとの協調融資によって実施される。

3.2. チリ

チリの基礎情報は下表の通り。

表 3.8 チリの基礎情報

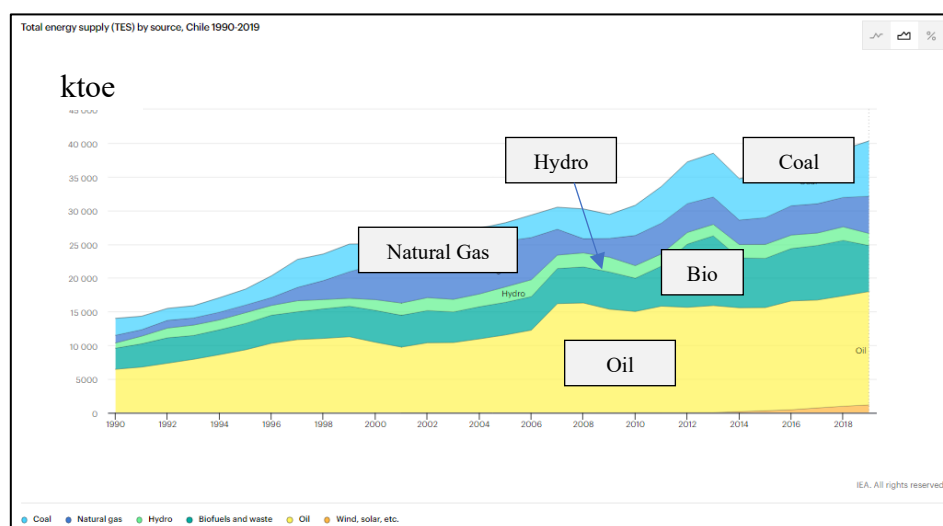
面積	75.6万 km ²
人口	1,895万人(2019年 世銀)
GDP(名目)	2,528億ドル(2020年 IMF)
一人当たりGDP(名目)	12,990ドル(2020年 IMF)
主要産業	鉱業、農林水産業、製造業(食品加工、木材加工)

出典:外務省 HP より調査団作成

3.2.1. エネルギーセクターの概況 (エネルギー需給、水素の位置づけなど)、関連機関の役割 (特に水素全般に関連して)

(1) エネルギーバランス

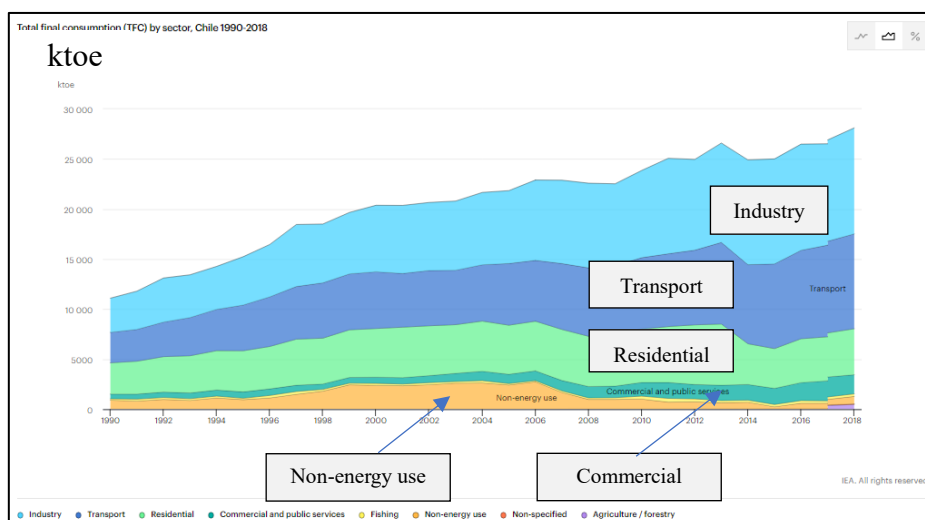
チリにおけるエネルギー需給状況を、ソース別エネルギー供給量とセクター別エネルギー消費量にて概観したものが次に示す図である。



IEA.(2018). エネルギーデータ Retrieved from <https://www.iea.org/data-and-statistics>

図 3.4 エネルギーソース別総エネルギー供給量の推移 (チリ：1990-2018年)

エネルギー供給は石油、石炭、天然ガスが中心となっており、バイオ燃料、水力発電がそれらに続いている。



出典: IEA.(2018). エネルギーデータ Retrieved from <https://www.iea.org/data-and-statistics>

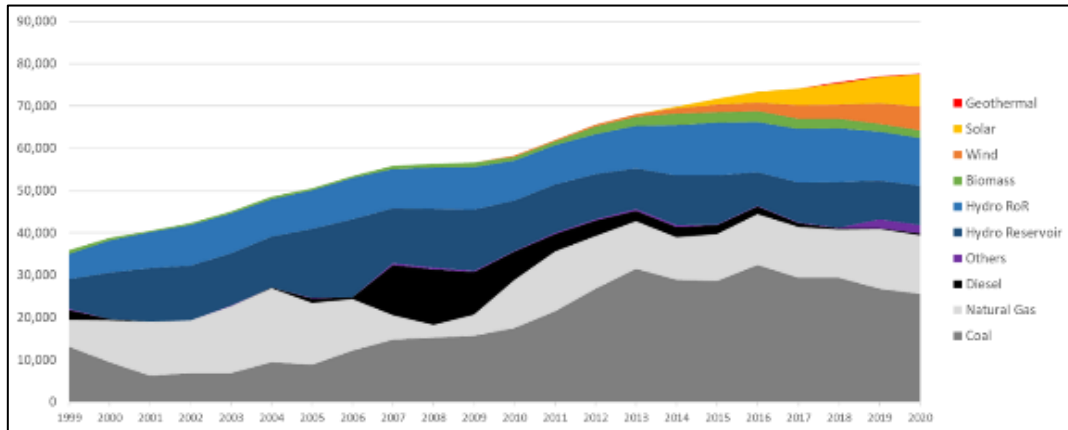
図 3.5 セクター別エネルギー消費量の推移 (チリ: 1990-2018 年)

エネルギー消費は産業、交通部門が大部分を占めており、次に家庭向けとなっている。近年特に産業部門の消費が伸びている。

(2) 電力構成および電力需要

チリの電力システムは、2017年に北部グリッド (Sistema Interconectado del Norte Grande: SING) と中央グリッド (Sistema Interconectado Central: SIC) が接続されて一つの全国グリッド SEN (Sistema Eléctrico Nacional) に統合されている。2019年現在のチリの総設備容量は 25,406 MW であり、そのうち 99.2%が SEN、残り 0.8%が中規模系統⁴により供給されている。チリの現在の電力構成は、下図の通り。

⁴ Sistemas Eléctricos Medianos (SSMM): アイセン (Aysén)、マガジャネス (Magallanes)、ロスラゴス (Los Lagos)、イースター島 (Isla de Pascua) により供給されている。



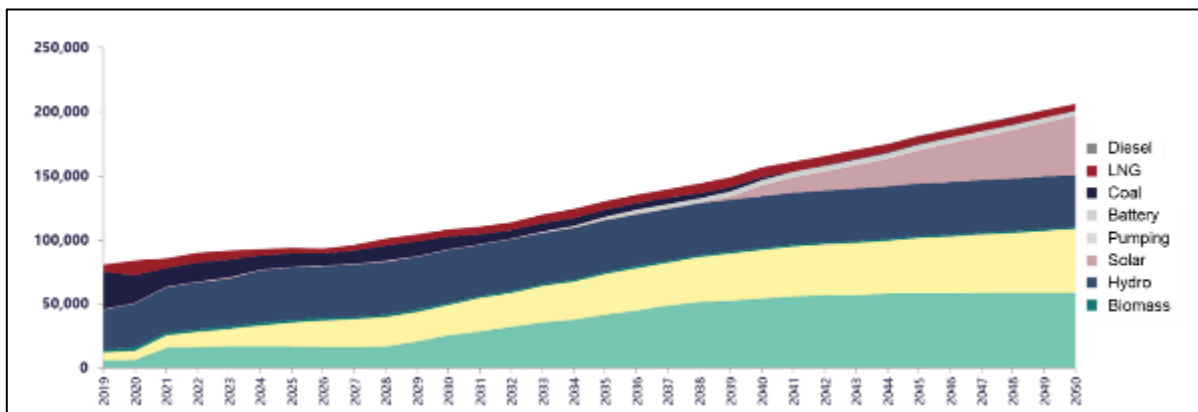
出典: "Latin America-Japan Grid Stabilization & Hydrogen Workshop" におけるチリ政府の発表資料("Energy Trends in Chile")より引用

図 3.6 チリにおける電力構成

2020年時点で46%が再生可能エネルギーによる発電であり、残りは化石燃料等による発電である。再生可能エネルギーによる発電量の内訳は、水力、太陽光、風力、バイオマス、地熱の順番で大きく、2019年時点では水力による発電量が20,874GWh、太陽光が6,304GWh、風力が4,809GWh、バイオマスが4,351GWh、地熱が202GWhであった（International Energy Agency, Data and Statistics: Electricity, Chile 2019を参照）。

チリでは、2040年までに、現在の電力の約40%を発電している石炭火力発電所（28発電所）を廃止することで、官民合意を得ている。撤廃に向けた第一フェーズとして、2024年までに11発電所を廃止する。これは石炭火力発電所の設備容量の約31%に相当する。他方、再生可能エネルギーによる発電所を拡大しており、現在12,528百万米ドルをかけて建設を実施している。更に、776百万米ドルを送電施設の建設に充てている。

下図の通り、チリでは、再生可能エネルギー率を、2030年に70%、2050年に70%、2050年に95%まで拡大する計画である。



出典: "Latin America-Japan Grid Stabilization & Hydrogen Wrokshop" におけるチリ政府の発表資料("Energy Trends in Chile")より引用

図 3.7 チリにおいて想定される再生可能エネルギーの電源比率

チリの電力需要は年々増加傾向にある。2020年から2040年の間に電力需要は56.03%増加（71.2 TWhから111.1 TWhへ増加）、年間の平均増加率は2.25%と予想されている（添付-表7(p.添付-12)）。

(3) エネルギーコスト

以下の表は、オクタン価95ガソリン、通常のディーゼル、およびその他の燃料の1リットルあたりの最新の価格を示している。これらは、すべての税金と手数料を含む小売での価格である。

表 3.9 チリにおける燃料価格

Fuels,	Price per liter	Year	CLP	USD
Gasoline prices	14.06.	2021	935.6	1.301
Diesel prices	14.06.	2021	648.6	0.902
LPG prices	14.06.	2021	505.8	0.703
Kerosene prices	14.06.	2021	701.2	0.975
Methane prices	14.06.	2021	625	0.869

出典: Global Petrol Prices. (2021). Retrieved from
https://www.globalpetrolprices.com/documents/Sources_and_methods_GP.添付-pdf

次の表は、kWhあたりの電気料金を示している。家庭の平均年間電力消費量、ビジネスでは、1,000,000kWhの年間消費量を示している。

表 3.10 チリにおける電気料金

Electricity	Prices per kWh	Year	CLP	USD
Households	01.09.	2020	140.98	0.196
Business	01.09.	2020	106.104	0.147

出典: Global Petrol Prices. (2021). Retrieved from
https://www.globalpetrolprices.com/documents/Sources_and_methods_GP.添付-pdf

次の表は、kWhあたりの天然ガス価格を示している。

表 3.11 チリにおける天然ガス価格

Natural gas	Prices per kWh	Year	CLP	USD
Households	01.12.	2020	74.84	0.104
Business	01.09.	2020	31.27	0.043

出典: Global Petrol Prices. (2021). Retrieved from
https://www.globalpetrolprices.com/documents/Sources_and_methods_GP.添付-pdf

(4) エネルギー関連の支出（輸入エネルギーのコスト、補助金制度など）、収入（税金など）

チリを含む南アメリカの諸国のエネルギー、電力関連の輸出データは添付-図9(p.添付-12)を参照のこと。

(5) 現在の電力の輸出入の状況

・ 電力輸入

唯一の国際送電線は AES Gener が所有しており、チリの送電網とアルゼンチンのサルタ市を接続している。しばらくの間、このラインはアルゼンチン・サルタからチリの送電網に送電するために使用されていたが、2011年12月から、アルゼンチン政府によるエネルギー輸出許可の取り消しにより送電は停止されている。

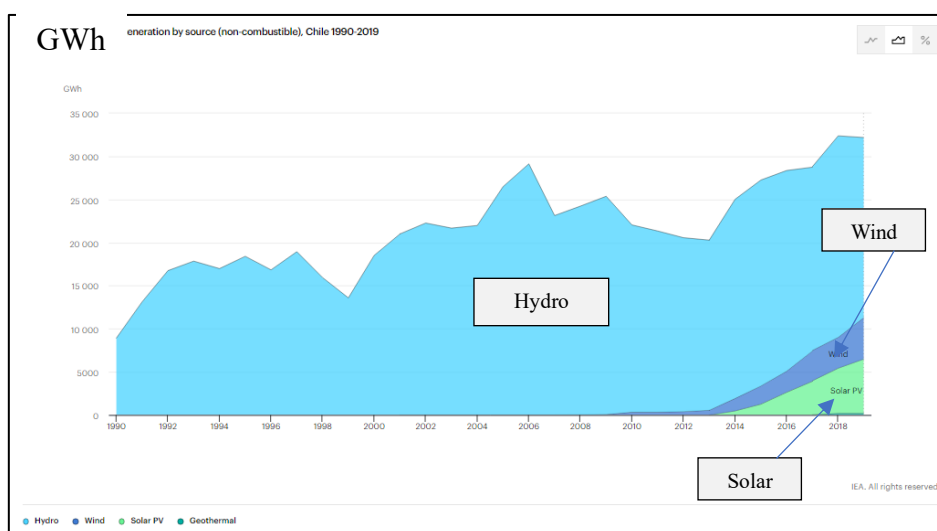
・ 電力輸出

2016年と2017年にはチリからアルゼンチンへのエネルギー輸出に係り国際送電線が使用されている。IEA が取りまとめた、チリにおける電力輸出入量の経年推移を添付-図 10 (p.添付-13)に示す。輸出の実績は数字として表れていない。また、輸入は2006年をピークに減少し、上記で述べたように2011年12月からの実績はない。

(6) 再生可能エネルギーの導入状況、ポテンシャルおよび課題

1) 再生可能エネルギーの導入状況

IRENA では再生可能エネルギーも導入状況を取りまとめている。チリの再生可能エネルギーでは、設備容量の大きいものから水力、太陽光、風力の順となっている。また、IEA が取りまとめたソース別再生可能エネルギーによる発電量の推移を次に示す。特に近年風力と太陽光発電所の新設が増加していることがわかる。



出典: IEA.(2018). エネルギーデータ Retrieved from <https://www.iea.org/data-and-statistics>

図 3.8 ソース別再生可能エネルギーによる発電量の推移 (チリ : 1990-2019 年)

2) 再生可能エネルギーのポテンシャル

チリの再生可能エネルギー市場は、成長の可能性と経済的および政治的安定に呼応して、近年大きな関心を集めている。2013年12月の時点で、設置された再生可能エネルギー容量は、チリのエネルギーミックスの6.3%を占めている。2016年6月までに、この量は倍になり、総電気容量(20,151 MW)の12.65パーセントに達した。さらにチリの再生可能エネルギー市場は、より大きな発展に向けて拡大する傾向にある。

2015年12月、チリ政府はより持続可能なエネルギー市場の柱を確立する2050エネルギーアジェンダを発表し、2050年までに70%の新しい目標割り当てを発表した。今後、再生可能エネルギーは、チリのエネルギーミックスにおいてより重要な役割を果たすと予想される。

特に、太陽エネルギーのアタカマ砂漠の可能性は、国内および外国の投資家にとって非常に魅力的である。2016年、チリはラテンアメリカで最大の太陽エネルギー生産国となり、160以上の太陽エネルギー開発者がいて、世界で建設中の最大の太陽光発電所のうちいくつかが存在する。Accionaの196MW Romero Solar プロジェクトは、ラテンアメリカで最大のPVプロジェクトであり、総投資額は3億4,300万米ドルになる。さらに、SolarReserveは、世界最大のCSPプロジェクトの1つである743MWプロジェクトを開発しており、投資額は20億米ドル近くに上る。再生可能エネルギー市場ですでに活動している他の国際的なプレーヤーは、アクティス、BP（パンアメリカンエナジー）、ENEL、GDF スエズ、パシフィックハイδρο、パターン、RP グローバル、サンエジソン、メインストリーム再生可能エネルギーなどがある。

チリの再生可能エネルギー市場への外国企業参加の増加は、法的枠組みの安定と政府による支援なしには不可能であった。チリには民営化されたエネルギー市場があり、プロジェクトが国有地に建設される場合、公共財省が介入してコンセッションを付与する。2015年、再生可能エネルギーは、市場の開放性と通貨規制緩和だけでなく、再生可能エネルギープロジェクトの開発のために国有地に付与された57のコンセッションからも恩恵を受けた。チリの太陽光および風力プロジェクトの40%以上が、国が所有する土地にあることは特筆される。さらに、2016年に政府は、非従来型の再生可能エネルギープロジェクトの開発を促進するために900万米ドルを超える公的予算を割り当てたなど財務的支援も重要な要因であった。

3) 再生可能エネルギーの導入にあたっての課題

地熱エネルギーの主な障害は固定価格買取制度など、他の法域で利用できる特定のインセンティブがないことである。チリには卓越した地熱ポテンシャルがあるが、初期段階での探査コストと不確実性により、開発に課題がある。一般に、再生可能エネルギーの開発は、他の発電プロジェクトと同様の障害に直面している。それは、グリーンフィールドプロジェクトの資金調達に必要なキャッシュフローを確保するための供給契約などが含まれる。

・ 鉱業コンセッション

チリでは、土地の所有権は鉱物の所有権とは異なることから、電力開発と鉱業の間で矛盾するシナリオが発生する可能性がある。ただし、2013年の法律20,701および2016年の法律20,897によ

り、電力コンセッショナーおよび再生可能エネルギー開発者は、法廷で補償金を支払うことにより、プロジェクトの開発の遅延を回避することができる。

・ マーチャント電力決済の代替

チリのエネルギー部門は規制が緩和されており、エネルギー開発者は、彼らの好みの契約モデルの下で、スポットや他の人々に電力の「ブロック」を販売することが許可されている。PPAの実行により、エネルギーの限界費用へのエクスポージャーが削減される。ただし、そのリスクはすべて排除するものではなく、業界は代替のヘッジメカニズムを採用している。差金決済取引（CfD）では、当事者は、電力の限界費用の恩恵を受ける売り手または買い手がカバーする行使価格について合意する。電気の限界費用が行使価格よりも高い場合、売り手は差額を買い手に払い戻す。逆に、電気の限界費用が行使価格よりも低い場合、買い手は行使価格が完了するまで差額を支払うことになる。チリの限界費用制度は変動費に基づいているため、再生可能エネルギーはその値にあまり影響を与えないため、再生可能エネルギーは理想的な決済取引の候補である。

・ 法人税増税

法案は、2014年9月にチリ議会で可決され、2017年1月1日から発効した。税法の改正により、納税者が採用した制度に応じて、2017年または2018年までに法人所得税が20%から25%または27%に引き上げられる。

・ 将来に向けて

電力需要の増加と国の比類のない資源開発政策により、チリの再生可能エネルギー市場は国際投資家にとって魅力的なものになっている。エネルギーミックスに対して再生可能エネルギーが増加することは今後のエネルギー業界を変えるもので、チリは近い将来、電力の輸出国になると予想されている。実際、2016年2月、国はアルゼンチンへの最初の送電を実現しており、さらに、2021年までに、チリは国の送電システムをペルー、エクアドル、コロンビアと相互接続する予定である。国際的な相互接続は、エネルギー部門への新しい関係者の参加のための送電容量を可能にすることにより、競争をさらに促進させることが期待されている。

(7) 関連省庁

エネルギーセクターにおける主要な機関は以下の通りである。

表 3.12 チリのエネルギーセクターにおける主要機関

主要機関	概要
エネルギー省	エネルギー部門の発展のための国家計画、政策および規制の準備と調整を担当する政府機関。2010年に鉱業省から分離独立した。エネルギー省大臣はチリ大統領によって任命される。
国家エネルギー委員会	エネルギーを生産、電力発電、輸送、流通する企業が遵守しなければならない価格、関税、技術基準などの分析を担当する政府機関。その最も関連性のある役割の1つは、送電および配電料金である。

主要機関	概要
電力・燃料監督庁	サービスの質や活動の安全性など、液体燃料、ガス、電気の生成、送電、配電、貯蔵に関する法的規定の遵守を監督する政府機関。
独立国家電力システム調整機関	政府機関ではなく、すべての国の電力システム設備運用を効率的かつ安全な方法で調整することを主な目的として法律によって設立された独立した法人。

出典: JICA 調査団作成

(8) 関連主要企業

・ 発電

チリでの発電に関与する主な企業は次のとおりである。(2019年の数値)

表 3.13 チリの主要企業の設備容量及び発電量

企業名	設備容量(MW)	発電量(GWh)
Enel Generación	7,303	21,041
AES Gener	3,541	20,375
Colbún	3,238	11,645
Engie	2,200	5,260
EDF	1,126	1,396

出典: JICA 調査団作成

・ 送電

送電事業に関与する主な企業は次のとおりである。(2019年の数値)

表 3.14 チリの送電に関する主要企業

企業名	設備容量(MW)
Transelec	18,935
Compañía Generalde Electricidad	9,123
SAESA	2,737
Enel Distribución	8,781
Celeoredes	6,300
TEN	1,500

出典: JICA 調査団作成

3.2.2. エネルギー政策・制度・計画（水素の位置づけ）、電源開発計画（需給に水素を見込む余地の有無など）

(1) エネルギー政策/電力会社の計画

チリにおけるエネルギー政策の概要を示す。チリ政府は、2050年までにカーボンニュートラルを実現することを宣言している。

表 3.15 チリにおける主要エネルギー政策の概要

#	政策	概要
1	National Energy Strategy 2012-2030	2030年までの国家エネルギー戦略。省エネルギーの普及や、再生可能エネルギーの強化を達成するため、6つの柱((1) エネルギー効率の向上、(2)非従来型再生可能エネルギーの強化、(3) 従来型エネルギー(水力など)の強化、(4) 送電線の拡充、(5) 電力市場における競争力強化、(6)地域の電力相互接続による持続的進歩)を設けている。
2	Energia 2050	エネルギー省は、同国のエネルギー政策として「Energia 2050」を2015年に発表した。同政策では、2050年までにチリの発電量の70%を再生可能エネルギーで構成するという目標が掲げられた。その他、経済協力開発機構(OECD)加盟国内で電力価格競争力3位以内、販売家電を全て省エネ家電に置き換えることなど、10項目の目標が挙げられている。
3	National Green Hydrogen Strategy	エネルギー省は、2040年までにグリーン水素の主要輸出国となることを目指すことを含む、「国家グリーン水素戦略」を2020年に発表した。同戦略は、主に3つの柱((1) 2030年までに世界一安価なグリーン水素を生産する体制を構築する、(2) 2040年までに世界トップ3の水素の輸出国となる、(3) 2025年までに電気分解による水素の製造量を5ギガワットに増加させる)からなる。今後、投資家からの経済的支援など、戦略の実現に向けた準備が本格化する見通し。
4	Flexibility Strategy	チリ政府は、再生可能エネルギーを拡大すると同時に、柔軟な電気システムを実現するため、「Flexibility Strategy」を2020年9月に策定した。本戦略は、「柔軟な電気システムの市場設計」、「ストレージの規制の枠組み」、「柔軟なシステム運用」の3つを軸にしている。

出典: JICA 調査団

ソース別発電の状況(添付-図 13 (p.添付-15))、政府開発計画の骨子(添付-図 14 (p.添付-16))を添付に示す。今後は再生可能エネルギーの開発に注力し、電気自動車の増加などにも取り組む計画となっている。

(2) 国内外送電網の状況

1) 国内送電網

チリの国内送電網(添付-図 11 (p.添付-14))及び送電事業への年度別投資予測・電圧別投資予測(添付-図 12 (p.添付-15))は添付を参照のこと。

・ 既存の送電網

電力セクター改革の先駆者のひとつであるチリは、1980年代に電力セクターの民営化を開始し、それ以来、ラテンアメリカの他のほとんどの国の改革モデルとなっている。現在、発電、送電、配電の各セクターは完全に民間の手に委ねられており、州には、特に特定の関税の決定に関して、監視の役割と規制権限を有しているのみである。

Transec S.A.、Transnet S.A.、AES Gener S.A.、およびE-CL S.A.は、国内で事業を行っている送電会社である。チリの国営電力会社 ENDESA の再編後に1993年に設立された Transec は、ネットワークの最大のシェアを運営している。チリの送電網は、18,435kmの100kVから500kVの送電

線で構成されている。チリのネットワークの 59%以上が 220 kV レベル、27%が 110 kV、5%がそれぞれ 154kV と 500kV、残りが 345kV と 100kV レベルである。

・ 将来の送電グリッド計画

チリはすでに送電網を拡張するための広範な計画を策定している。Global Transmission Research の推定によると、この国は今後 10 年間で 6,200km 以上の送電線と 24,700MVA の変圧器容量を追加する予定であり、75 億米ドル以上の投資が必要である。これには、最近提案された Comisión Nacional de Energía (CNE) の Propuesta de Expansión del Sistema de Transmisión 2018 が含まれ、大規模な太陽光、風力、水力の容量を統合するためのグリッド要件が組み込まれている。CNE 2018 拡張計画には、総投資要件が 1,465 百万米ドルの 10 の国家レベルのプロジェクトと、総投資要件が 2 億 1,300 万米ドルの 38 のゾーンプロジェクトが含まれている。

2018 年のレポートに基づく CNE の最新の評価によると、チリの電力需要は、2018 年の 73TWh から 2037 年の 125TWh まで 2.85%の複合年間成長率 (CAGR) で増加する可能性がある。この大部分は、国の北部地域 (アタカマ砂漠) で開発される太陽エネルギープロジェクトから共有されることになる。このように、太陽光発電の開発を支援するために、この地域で直流送電などの大規模なグリッドプロジェクトが提案されている。

2) 国際送電網

国際送電網については、添付 (1.2(2)) を参照。

3.2.3. 水素技術の活用・導入状況 (伝統技術・新技術、グレー/ブルー/グリーン水素)

チリにおける水素エネルギーはエネルギー省により所掌されている。2020 年、同省よりグリーン水素国家戦略及び同戦略のアクションプランが発表され、グリーン水素の主要輸出国を目指すことが示された (添付-図 17 (p.添付-17))。

グリーン水素国家戦略の 3 本の柱は以下の通りである。

- ・ 2030 年までに世界一安価なグリーン水素を生産する体制を構築する。
- ・ 2040 年までに世界トップ 3 の水素の輸出国となる。
- ・ 2025 年までに電気分解による水素の製造量を 5 ギガワットに増加させる。

また、同省では水素プロジェクトに対し今後 5 千万ドルの補助金の拠出を発表しており、併せて、許認可手続きとプロジェクト監視のためのタスクフォースの設立も計画されている。

また、チリにおける諸外国による水素開発の取組み状況を次に示す。

表 3.16 チリにおける水素開発プロジェクト

#	パートナー	概要
1	シーメンス社	ドイツ政府の支援を受け、イタリアの大手電力会社エネルのチリ子会社であるエネルグリーンパワーチリ、チリの電力大手AME、エネルギー大手のENAP、さらにポルシェ等と共に、チリ南部のパタゴニア地方で「Haru Oniプロジェクト」を進めている。同プロジェクトは風力発電で発生させた電力でPEM電解槽を用いて水素を製造し、さらにその水素を活用し合成気候中性燃料「eFuel」を製造する計画である。2022年に世界初の商業用大規模プラントを完成させることを目標としている。同プロジェクトではパイロットプロジェクトとして、2022年に約13万LのeFuelの生産が計画されている。さらにフェーズ1では、2024年までに年間約5,500万L、フェーズ2では2026年までに約5億5,000万Lまで生産量を増加する予定である。なお、ドイツ政府はこれまでに水素に関連する2件の海外事業への支援を公表しており、本件がそのうちの1件である(もう1件はサウジアラビアにおける事業)。
2	IDB	2021年3月、チリを対象に水素ステーションの規定等を検討・策定する事業等の公募を開始した。
3	WB	2021年3月、チリを対象にグリーン水素導入の機会と障壁等を評価する事業の公募を開始した。本事業は、①液体燃料、気体燃料市場 ②中間サイズの独立型パワーグリッドへのグリーン水素の参入の機会・リスク・課題の評価や、③転換促進のための規制措置に関する具体的な提言の作成により、チリの国家グリーン水素戦略の実施を支援することが目的である。
4		2021年4月、チリにおけるエネルギー転換を促進するための経済スキームを確立するため、詳細な提言とロードマップを提案する事業の公募を開始した。評価は、国内のグリーン水素産業の成長を加速するうえで、特にカーボンプライシングの役割を検討するとしている。

出典: 各種資料より JICA 調査団作成

チリは水素分野において世界の各国（ドイツ、シンガポール、ロッテルダム港等）と水素導入を進めていくための協定を結んでいるが、中南米においてコロンビアと協力協定を交わし、コロンビアの水素戦略の策定、実施についての支援を行っている。

チリは中南米において水素に対する取り組みで先駆的であることから、中南米における水素技術普及のハブとして機能することも考え得る。

3.2.4. 官・民取り組み状況、他ドナー支援状況

本邦機関やその他国際機関によるエネルギー、再生可能エネルギー、水素分野における主な支援状況は添付（2.6）の通り。

3.3. ブラジル

ブラジルの基礎情報は下表のとおり。

表 3.17 ブラジルの基礎情報

面積	851.2万km ²
人口	2億947万人(2018年, 世銀)
GDP(名目)	1兆8,850億ドル(2018年, 世銀)
一人当たりGNI(名目)	9,080ドル(2018年, 世銀)
主要産業	製造業, 鉱業(鉄鉱石他), 農牧業(砂糖, オレンジ, コーヒー, 大豆他)

出典: 外務省 HP より調査団作成

3.3.1. エネルギーセクターの概況 (エネルギー需給、水素の位置づけなど)、関連機関の役割 (特に水素全般に関連して)

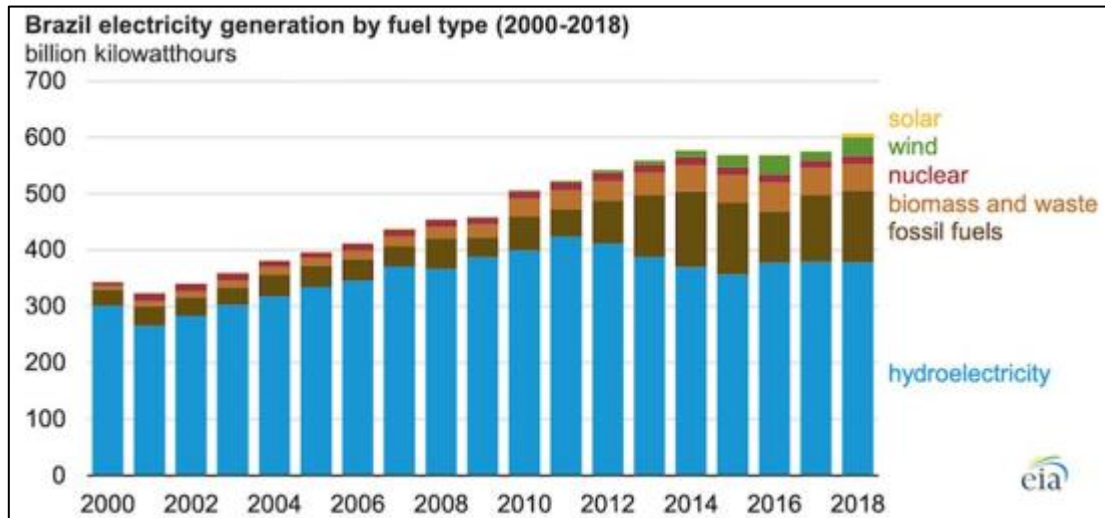
(1) エネルギーバランス

電源構成については、現在発電量ベースで 7 割弱を占めている水力発電への依存度を低減し、バランスのとれた電源構成を目指すこととしている。このため、風力、太陽光、バイオマスなどの再生可能エネルギーを大幅に拡充するとともに、原子力発電の比率を増大させる方針が示されている。なお、ブラジルにおける原子力発電は、発電量ベースで全電源の 3%程度 (約 2GW) を占めている。今後、30 年間に能力を 8~10GW までに拡大することが予定されている。

ブラジルにおける国内エネルギーの供給の変遷を下図に示す。2008 年よりエネルギーの比率に大きな変化は見られないものの、徐々に石油関連の割合が下がり、天然ガスや再生可能エネルギーの割合が増している。また、2014 年以降は風力発電の実施は顕著に伸びている。

また、電力構成に目を向けたものが下図となる。ブラジルは、2017 年時点で中国に次ぐ世界第 2 位の水力発電国であり、アマゾン川流域における豊富な水源を活用しており、同国でのベース電源と言える。しかし、近年では渇水⁵による電力供給の不安定に直面しており、水力以外の再生可能エネルギーの割合を増やすことでのエネルギーミックスの実施に積極的である。また、水力以外の再生可能エネルギーとしては太陽光発電、風力発電、バイオマス発電の割合が増えている。

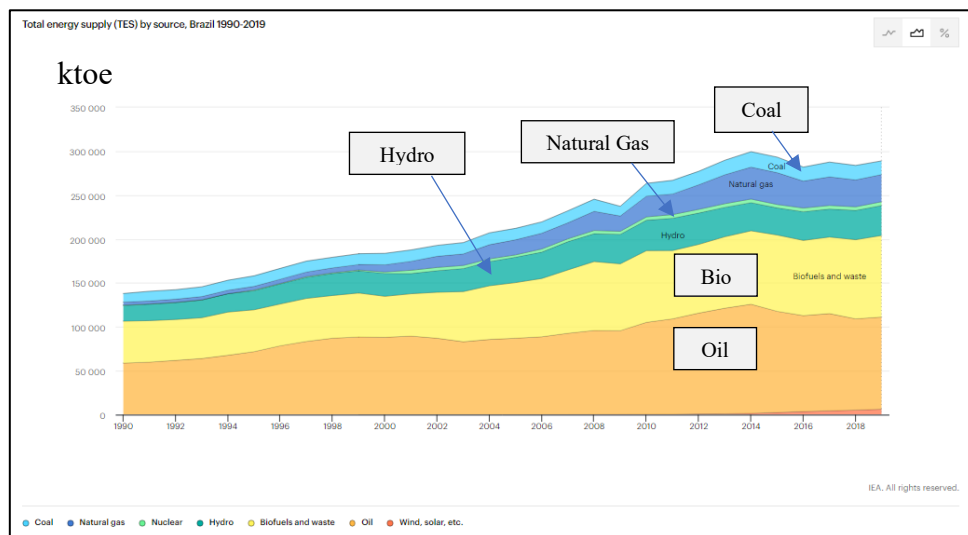
⁵ 2014 年 11 月では、リオデジャネイロ州におけるダム水位が発電可能レベルを下回り、主要発電所 4 か所のうち 1 か所が操業を停止する事態となった。



出典: U.S. Energy Information Administration, International Energy Statistics and International Energy Outlook, Brazil Energy Research Office “Brazilian Energy Balance”

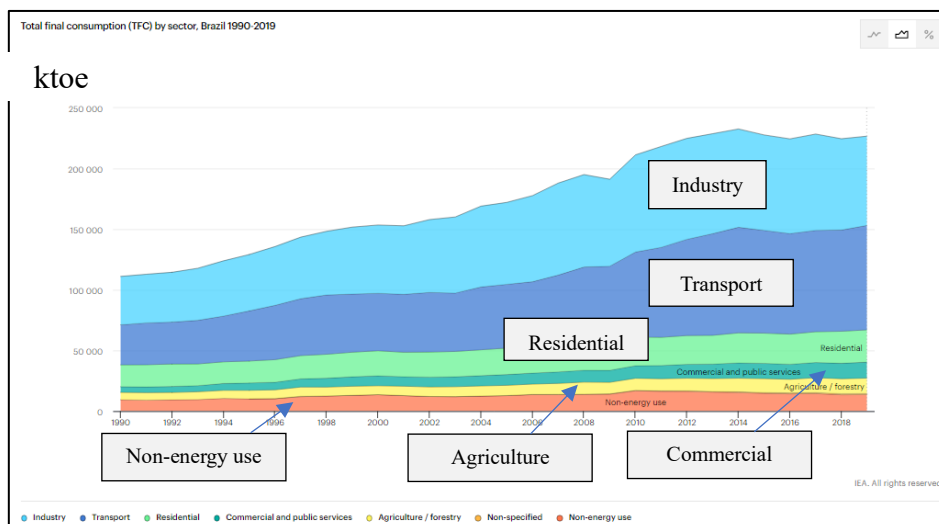
図 3.9 ブラジルにおける電力構成の変遷

また、IEA が取りまとめた、ブラジルにおけるエネルギー需給状況を、ソース別エネルギー供給量とセクター別エネルギー消費量にて概観したものが次に示す図である。供給側は石油、バイオ燃料などが中心となっており、次に水力、天然ガスからの供給となっている。この2、3年の著しい供給増は確認されない。



出典: IEA.(2018). エネルギーデータ Retrieved from <https://www.iea.org/data-and-statistics>

図 3.10 エネルギーソース別総エネルギー供給量の推移 (ブラジル : 1990-2019 年)



出典: IEA. (2018). エネルギーデータ Retrieved from <https://www.iea.org/data-and-statistics>

図 3.11 セクター別エネルギー消費量の推移(ブラジル: 1990-2019年)

需要側としては、交通（民生利用も含む）、産業部門が大部分を占めており、その次に家庭用となっている。需要側もここ2、3年の大きな伸びは確認されない。

(2) 電力価格

以下の表は、オクタン価 95 ガソリン、通常のディーゼル、およびその他の燃料の1リットルあたりの最新の価格を示している。これらは、すべての税金と手数料を含む小売（ポンプ）での価格である。

表 3.18 ブラジルにおける燃料価格

Fuels,	price per liter	Year	BRL	USD
Gasoline prices	14.06.	2021	5.676	1.122
Diesel prices	14.06.	2021	4.492	0.888
Ethanol prices	14.06.	2021	4.388	0.867

出典: Global Petrol Prices. (2021). Retrieved from

https://www.globalpetrolprices.com/documents/Sources_and_methods_GP.添付-pdf

次の表は、kWhあたりの電気料金を示している。家庭の平均年間電力消費量、ビジネスでは、1,000,000kWhの年間消費量を示している。

表 3.19 ブラジルにおける電気料金

Electricity	prices per kWh	Year	BRL	USD
Households	01.09.	2020	0.697	0.138
Business	01.09.	2020	0.64	0.126

出典: Global Petrol Prices. (2021). Retrieved from

https://www.globalpetrolprices.com/documents/Sources_and_methods_GP.添付-pdf

次の表は、kWhあたりの天然ガス価格を示している。

表 3.20 ブラジルにおける天然ガス価格

Natural gas	prices per kWh	Year	BRL	USD
Households	01.12.	2020	0.791	0.156
Business	01.09.	2020	0.282	0.056

出典: Global Petrol Prices. (2021). Retrieved from

https://www.globalpetrolprices.com/documents/Sources_and_methods_GP.添付-pdf

(3) エネルギー関連の支出（輸入エネルギーのコスト、補助金制度など）、収入（税金など）

南アメリカにおける電力セクターの輸出入状況は添付-表 1(p.添付-4)を参照。

(4) 現在の電力の輸出入の状況

ANEEL 情報によると、ブラジルはアルゼンチン、ベネズエラ、ウルグアイ、パラグアイからエネルギーを輸入している。輸入エネルギー量は設備容量の 4.7%に相当し、輸入電力の約 70%は、世界最大の発電所の 1 つである Itaipú Binacional の共同所有者であるパラグアイから供給されている。

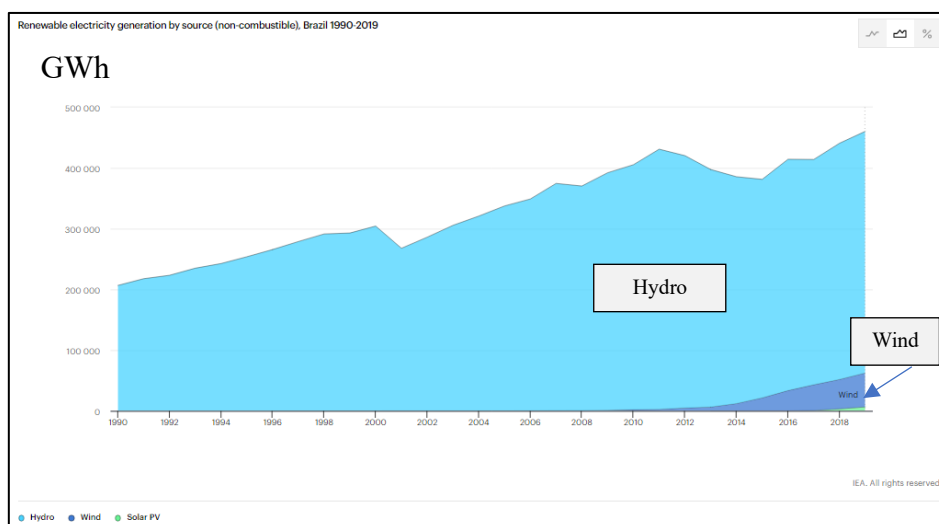
ブラジルは、ラテンアメリカの他の国への電力の輸出を管理するさまざまな国際協定に署名している。さらに、ブラジルのシステムの一部は、アルゼンチン、ウルグアイ、ベネズエラの送電システムと相互接続されており、輸出入のためのアルゼンチンとウルグアイとの覚書がある。ただエネルギーがこれらの国に輸出される機会は多くはない。

Roraima は、国の送電システムに接続されていない唯一の州であり、電力の約 60%をベネズエラから輸入している。2019 年 5 月 31 日、ANEEL は、Roraima 内で建設および運営される新しい発電所(発電容量 263.5 MW)にコンセッションを付与するために特別に公開オークションを開催した。

(5) 再生可能エネルギーの導入状況、ポテンシャルおよび課題

1) 再生可能エネルギーの導入状況

ブラジルにおける再生可能エネルギーによる発電量の概要を次に示す。



IEA.(2018). エネルギーデータ Retrieved from <https://www.iea.org/data-and-statistics>

図 3.12 ソース別再生可能エネルギーによる発電量の推移（ブラジル：1990－2019年）

再生可能エネルギーによる発電は従来ほぼ水力によるものであったが、過去数年来特に風力の開発が急速に進んでいる。また、太陽光発電の開発も今後増える見込みである。

2) 再生可能エネルギーのポテンシャル

ブラジルの再生可能エネルギー目標は、10年間のエネルギー拡大計画（PDEE）に組み込まれている。PDEEは、再生可能エネルギーが2023年までに国の総一次エネルギー供給の42.5%を占めることを目指しており、通常の電力容量オークションの基礎である2014年の42.1%から増加している。再生可能エネルギー（大規模水力発電を含む）が2013年の79.3%から2023年までに発電マトリックスの86.1%を占めると予測しており、風力発電は8.1%を占め、20GWを拡大している。

3) 再生可能エネルギーの導入にあたっての課題

ブラジルのエネルギー部門はすでに主に再生可能エネルギー源で構成されており、今後より多くの非水力ベースの発電開発を模索している。高コストの発電所で風力、バイオマス、太陽エネルギーをさらに開発することは課題のひとつであり、またエネルギー消費のほとんどの主要な中心地は、それを生産する地域から遠く離れて位置しているため、非常に高い送電および統合コストについても課題である。

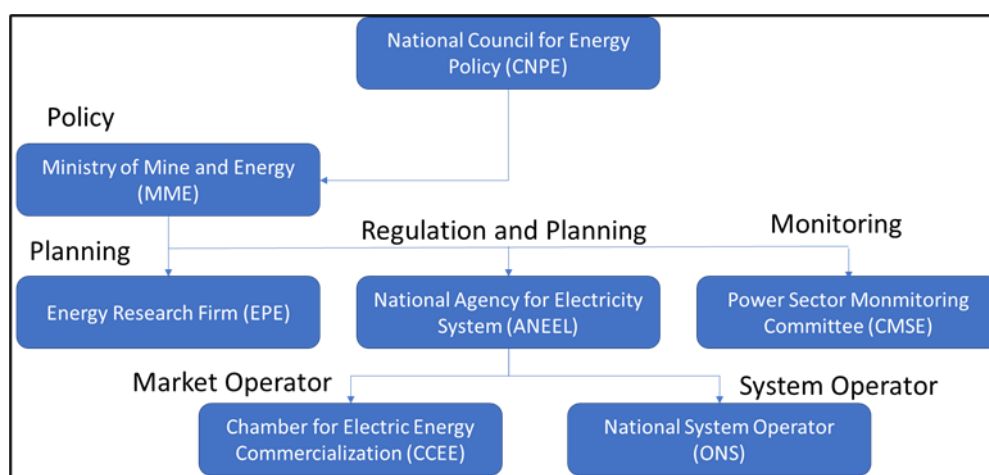
他のほとんどのラテンアメリカ諸国とは異なり、ブラジルは、10か年計画の規定にもかかわらず、再生可能エネルギー部門の開発に対する重要な税制上の優遇措置をまだ実施していない。初期の太陽光開発の高コストは、適切な政府のインセンティブがない場合、競争力に課題が生じることも考えられる。

ブラジル開発銀行（BNDES）は、再生可能エネルギー融資のためのブラジル最大の融資機関であり、特に再生可能エネルギープロジェクトを対象としたさまざまな資金調達プログラムがある。2014年、クリーンエネルギーの公益事業規模の資産金融取引の参加者を対象としたブルームバー

グの新エネルギー金融テーブルにおいて、ブラジルの BNDES が、前年の 15 億ドルから 27 億ドルのクレジットでトップリードアレンジャーであることを示した。BNDES は、ローンを付与するために、機器の少なくとも 60% が現地で生産されることを要求しており、これには追加の課題も生じる可能性がある。ただし、この要件が約 20% に緩和される可能性があり、これにより太陽光発電での貸付が増加すると期待される。

(6) 関連省庁

ブラジルにおけるエネルギー及び再生可能エネルギーセクターの体制は下図の通りである。



出典: WorldBank.(2020).PROJECT APPRAISAL DOCUMENT ON A PROPOSED LOAN IN THE AMOUNT OF US\$38 MILLION TO THE FEDERATIVE REPUBLIC OF BRAZIL FOR AN ENERGY AND MINERAL SECTORS STRENGTHENING PROJECT II

図 3.13 ブラジルのエネルギーセクター関連省庁

- ・ 国家エネルギー政策委員会(CNPE, Portuguese: Conselho Nacional de Política Energética)

国家エネルギー政策委員会は、法律 No. 9.478/1997、石油法としても知られている。委員会は、共和国大統領への助言を担当するブラジルの政府組織であり、国の電気部門の政策を構築する役割を担っている。CNPE は、州政府の代表者、エネルギーの専門家、非政府組織、および 7 人の大臣によって形成されている。

- ・ 鉱山エネルギー省(MME: Ministerio de Minas e Energia)

鉱山エネルギー省(MME)は 1960 年に設立された電力、石油、天然ガス、再生可能エネルギー等のエネルギー分野および鉱物資源分野の監督官庁である。エネルギーの長期計画の策定や開発計画などエネルギー政策全般に携わり、国有公社のペトロブラス(ブラジル連邦石油公社)やエレクトロブラス(ブラジル連邦電力株式会社)を所管する、外局として、電気事業部門には国電力庁(ANEEL)、石油・天然ガス部門には石油庁(ANP)が設置されている。また、鉱山エネルギー大臣は、関係閣僚からなるエネルギー全般に関する諮問機関である国家エネルギー政策委員会 (CNPE) の議長を務める。

- ・ 環境省 (MMA : Ministerio do Meio Ambiente)

環境分野の政策立案機関として環境庁が 1990 年に設立され、1992 年に環境省に格上げとなった。外局には、環境基準等の設置機関である国家環境審議会 (CONOMA: Conselho Nacional do Meio Ambiente)、実施機関である環境・天然資源院 (IBAMA: Instituto Brasileiro Meio Ambiente e dos Recursos Naturales) がある。

- ・ 電力取引委員会(CCEE: Camara de Comercializacao de Energia Electrica)

電力取引委員会 (CCEE) は、2004 年の電力関係機関の再編において設立され、2004 年 11 月より業務を開始している。卸電力市場における取引契約等を運営・監督し、市場での価格や取引状況についての情報公開の役割を担っている。組織運営は、発電、送電、配電、小売りの各事業者団体より選出された 5 名の専門委員から構成される。

- ・ 電力庁(ANEEL: Agencia Nacional de Energia Electrica)

ANEEL は 1997 年に独立規制機関として設置され、主な機能は以下の通りである。a)供給の質を保証する技術基準の整備、b) 発電、送電、配電に係る新しい営業特許権交付のための競争入札要請、c)送電コスト基準の策定:送電料金の決定は全国電力系統運用者(ONS)に委ねられる、d)小売料金の認可、e)需要家の保護など。また、連邦機関として、各州の関係機関と連携を取りながら、全国大の監督に当たることも役割となる。

- ・ Energy Research Firm(Company) (Empresa de Pesquisa Energética: EPE)

エネルギー研究機関 (EPE) は、ブラジル鉱山エネルギー省 (MME) のエネルギー政策を、電気、石油、天然ガス、およびその派生物とバイオ燃料を対象とするエネルギー計画に関する研究と研究で支援することを目的としている。工学、経済学、モデリング、政策、環境の分野とそれらが重複する場所をカバーしている。

- ・ 電気セクター監視委員会 (CMSE)

電力、天然ガス、石油供給の継続性とセキュリティを監視、リスクを特定し、リスク状況を予測して解決するための提案を行う機関である。

- ・ National System Operator (ONS)

National System Operator (ONS) の運営者は、1998 年 8 月に設立された非営利の民間団体であり、National Interconnected System (SIN) の発電および送電設備の調整と制御を担当している。ONS は ANEEL の管理下にある。

(7) 関連主要企業

1) エネルギー・電力会社

- ・ エレトロブラス (ブラジル連邦電力持株会社:Centrais Electrica Brasileiras S.A.)

エレトロブラスは 1962 年に設立された連邦電力持株会社で、政府による再生可能エネルギー促進策 (PROINFA) や全国大での電化政策 (LUZ PARATODOS) などの電気事業に関する政策の実施機関とともに、発電・送電・配電における設備の建設・増強・運転計画にも携わるなど国内電気事業における重要な役割を果たしてきた。ただし、傘下の配電会社の民営化が予定されるなど、その

役割も変わってきている。傘下には、発電や送電の6社、その他に電力・エネルギー分野の調査会社のCEPEL、事業運営持株会社のLIGHTPARがあり、パラグアイとの共同水力発電所を所有・運転する。

- ・ ペトロbras (ブラジル国営石油会社:Petroleo Brasileiro S.A>)

ペトロbrasは1953年にブラジル連邦石油公社として設立され、国内の石油・ガス産業において中心的な役割を果たしてきた。陸上油田の開発から始まった石油・ガス開発であるが、その後、沖合油田の開発を積極的に進め、それによって世界有数の深海掘削・フローティング技術を築いた。1997年以降、石油・ガスの開発が自由化され、外国企業に探査・開発の門戸が開かれたものの、ペトロbrasは国内最大の石油会社として、国内鉱区の過半数を所有し、国内の原油生産量の90%を占めるなど、まさにブラジルの石油・ガス産業をリードしてきた。しかし、2014年後半から続いた原油価格の低迷、さらに、政財界も巻き込んだ汚職問題に対する一連の贈収賄捜査によって、それまでの拡大路線からの変更を余儀なくされた。2018年1月に公表された新5ヵ年計画「ビジネスプラン2018~2022年(BMP201&2022)」によると、2022年までにブラジル国内外の生産目標(石油・ガス)が日量355万バレル、国内の目標は日量288万バレルまで増強する計画とされ、伸びは大幅ではないものの、緩やかな増産を続けていく方針である。

ANEELのデータベースによると10大発電会社は以下の通り。Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (CHESF)/Furnas Centrais Elétricas SA/Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A. (Eletronorte)/Norte Energia SA/Itaipú Binacional/Petróleo Brasileiro SA (Petrobras)/Engie Brasil Energia SA/Copel Geração e Transmissão SA/Rio Paraná Energia SA/Energia Sustentável do Brasil SA (Usina Hidrelétrica Jirau, UHE Jirau).

2) その他機関・企業

- ・ エレトロニュークレア社 (国有原子力発電公社)

エレトロニュークレア社は1997年に、Furnas社の原子力部門を引き継いで設立された国営原子力発電公社である。同社が運転・管理している原子炉は、リオデジャネイロ州のAngra dos Reisに立地するアングラ1号(PWR:64万kW)とアングラ2号(PWR:135万kW)の2基である。アングラ1は1972年に建設が開始され、1985年から商業運転を開始している。また、アングラ2は1973年に建設が開始されたが、財政難から工事が中断し、商業運転は2001年2月から開始している。なお、アングラ3号(140.5万kW)は建設工事が中止されたままであったが、2010年から建設工事が再開した。しかし、一連の政治汚職捜査(ラバジャット作戦)で捜査の対象とされ、2015年に工事が再び中断となっている。

3.3.2. エネルギー政策・制度・計画 (水素の位置づけ)、電源開発計画 (需給に水素を見込む余地の有無など)

(1) エネルギー政策

ブラジルは、中南米における主要国の一つであり、アマゾン川流域をはじめとした豊富な自然にも恵まれている。エネルギー消費も多く、隣国との電力融通等にも関わっている。そのため、同国

の政策は当該地域のエネルギー動向に大きく影響を及ぼすと言っても過言ではない。ブラジルにおけるエネルギー政策の主なものを下表に示す。

表 3.21 ブラジルにおける主要エネルギー計画および政策・制度の概要

#	政策	概要
1	2050年までの国家エネルギー政策 (PNE2050)	所掌機関:MME 2020年12月に公表された、2050年までのエネルギー政策。エネルギーの生産や消費に関する横断的課題、電源構成に関する方針、エネルギー輸送に関連するインフラ整備、技術開発などについて触れられている。電源構成については、現在7割を占める水力発電への依存度を低減し、多様化を目指す。
2	2030年までの国家エネルギー政策 (PNE2030)	所掌機関:MME 2030年までのエネルギー政策。水力発電の割合を2005年の90%から2030年に75%にすること、原子力・天然ガス・石炭発電の割合を2005年の8%から2030年に18%にすること、水力以外の再エネ(バガス、風力、廃棄物)の発電割合を2030年に5%とすることを定めている。
3	エネルギー拡張10カ年計画 (PDE)	所掌機関:EPE ブラジルでは、鉱山エネルギー省傘下のエネルギー調査会社 (EPE) がエネルギー需要の成長および対応する発電能力拡張のニーズをベースに長期見通しを作成、10カ年計画 (PDE) として毎年1年ずつ更新しながら発表。政府の電源入札スケジュール策定のベースラインとしている。
4	代替電力源振興プログラム (PROINFA)	所掌機関:ANEEL (MME) 2002年から開始した代替電力源振興プログラムとは、国内の代替電力源を拡張するため、政府が主導して固定買取を行うことである。これにより、これまで太陽光発電や風力発電の増加が実現している。
5	新規電源入札 (New Energy Auction)	所掌機関:ANEEL (MME) 2004年3月の法律10847号および10848号、及び2004年7月の政令5163号にて法制化。国家電力庁 (ANEEL) が新規および既存のプロジェクトのオークションで実施するエネルギーオークションを通じて、公益事業規模の事業開発を支援している。今後、オークションにおいて太陽光、風力、バイオマス、水力、などの再生可能エネルギー事業や天然ガス事業の実施を促進している。

出典:JICA 調査団

上記のうち特に PNE 2050 では、GDP の伸び率を 2013～2020 年で 3.9%、2020～2030 年で 4.1%、2030～2040 年で 3.5%、2040～2050 年で 3.0%、全期間(2013～2050 年)で 3.6%とし、2050 年には GDP が 14 兆 8,160 億ドルになる想定をベースに立てられている。そして、2050 年のエネルギー需要を 5 億 9,500 万 toe と想定している。

再生可能エネルギーに関しては、世界の他の人口の多い国と比較してブラジルは再生可能エネルギー開発に遅れをとっているものの、現時点の再生可能エネルギー（7GW 程度）からさらに開発を加速させ、2050 年までにエネルギー需要の 45%を再生可能エネルギーで賄うという設定をしている。

MME では 2050 年のエネルギー供給源を添付-図 22 (p.添付-24)のように想定しており、再生可能エネルギー開発を加速させるとしている。

ブラジルのエネルギー機関である Empresa de Pesquisa Energética (EPE)⁶は、最近、Plano Decenal de Expansão de Energia 2031 を承認した。PDE2031 の経済シナリオは、その可能性のある軌道の中に、予想される成長を想定して作成された。至近年では、COVID-19 パンデミックなどの不確実性が指摘されており、負の影響が想定されるものの、経済シナリオでは、ブラジルの GDP は 2022 年から 2031 年にかけて平均 2.9%上昇する可能性がある。一方、ブラジルの一人当たりの GDP は、年平均 2.3%成長し、2019 年の R34.4 mil.から 2030 年には 40.6 mil.のレベルになると予想される。またエネルギー需要は、2019 年の 259 百万石油換算から 2025 年、2030 年にはそれぞれ 289,328 百万石油換算に増加することが想定されている。また、PDE 2030 では、今後 10 年間にエネルギー部門に約 2.7 兆レアルの投資が必要であるとしている。そのうち石油、天然ガス、バイオ燃料に 2.3 兆レアルを、また、バイオ燃料発電、分散発電、送電には 3,650 億レアルが想定されている。

これに対して供給側の 2020 年から 2030 年にかけての発電設備強化として、水力が 101.9GW から 106.4GW、風力が 15.9GW から 32.2GW、バイオマスが 13.9GW から 15.1GW、太陽光が 3.1GW から 8.4GW に増強される計画が示されている。

(2) 電力会社の計画

エレクトロプラスはブラジル最大の発電会社であり、2019 年の発電量は 1 億 8500 万 MWh であり、これは、国内の年間電力消費の 3 分の 1 以上を供給する量に相当する。2019 年の設備容量は 51,143MW に達し、これはブラジルの総設備容量の 30%に相当し、総設備容量のうち、約 96%はクリーンな供給源からのものである。48 の水力発電所、12 の天然ガス、石油、石炭の火力発電所（各一か所）、62 の風力発電所、1 つの太陽光発電所を運営しており、発電所はブラジル全土に展開している。

5 年経営計画である、Business and Management Master Plan では、発電所開発については再生可能エネルギーにも注力する投資計画となっている（添付-図 23 (p.添付-25)）。

⁶ EPE は、2004 年 3 月 15 日に制定された法律 10.847 により設立され、国のエネルギーインフラを持続的に発展させるための基盤を確保することを目的とした 100%国営の会社である。EPE の役割は、エネルギー政策の設計、ガイドライン、実施の支援を行うことによって、ブラジルのエネルギーセクターに貢献することである。具体的には、電力、石油、天然ガスおよびその派生物、バイオ燃料を対象としたエネルギー計画に関する調査・研究を行い、ブラジル鉱山・エネルギー省（MME）のエネルギー政策を支援する活動を行っている。これらスコープには、工学、経済学、モデリング、政策、環境、学際的な分野などが含まれる。

(3) カーボンニュートラルへの取組状況

ブラジルの CO2 排出状況を添付-図 24 (p.添付-25)、温室効果ガス排出状況を添付-図 25 (p.添付-26)に示す。

2016 年のブラジルの化石 CO2 排出量は 462,994,920 トン。CO2 排出量は前年比-6.08%減少し、CO2 排出量が 492,986,500 トンだった 2015 年に比べて-29,991,580 トン減少した。またブラジルの 1 人あたりの CO2 排出量は、1 人あたり 2.25 トン（2016 年の人口 206,163,053 に基づく）に相当し、2015 年に登録された 1 人あたり 2.41CO2 トンの数値から-0.17 減少した。これは、一人当たりの CO2 排出量の-6.9%の変化となる。

・ 再生可能エネルギー

ブラジル風力エネルギー協会（ABEólica）（風力セクターを代表する非営利団体）が収集したデータに基づく、ブラジルは 2019 年に風力発電の設備容量を約 745 MW 増加させ、2023 年までに 19,918.40 MW になるという成長予測がある。ブラジルはまた、15.455 GW で、国際風力発電設備容量ランキングで 8 番目である。

再生可能エネルギー拡大のための 10 年計画は、エネルギー研究機関によって定期的に発行され、電力セクターの拡大のための戦略が含まれている。本計画の法的拘束力はなく、ブラジルのエネルギー部門の持続可能な拡大を促進するために取られるべき措置に関するアドバイスという位置付けである。

最新の計画によれば、ブラジルは、2025 年までに温室効果ガス排出量を最大 37%削減することを期待しており、その時点ですべてのエネルギーの 91%を再生可能エネルギー源にすることを約束している。

ブラジルはまた、非水力再生可能エネルギーのシェアを既存の設備容量の少なくとも 28%に拡大し、非化石エネルギー源の国内使用を 2030 年までに少なくとも 23%に拡大することを約束しています（風力、バイオマス、太陽光）。国際的なコミットメントとして、この目標は政治的に拘束力がある。

・ 政府の政策/インセンティブ

政令第 5,025/2004 号に基づいて実施される電力代替電源育成プログラム（PROINFA）は、風力、バイオマス、小規模水力発電所（PCH）の電源の国内送電システムへの参加を増やし、既存のエネルギーマトリックスを多様化するために策定された。PROINFA の主な戦略目標は次のとおりである。

- ブラジルのエネルギーマトリックスの電源を多様化する。
- 持続可能な方法で電源のセキュリティを強化する。
- 温室効果ガスの排出を削減する。
- 新しいテクノロジーを奨励する。

ブラジル国立経済社会開発銀行（BNDES）は、風力および太陽光プロジェクトの開発と実施を支援するための金融プログラムを定期的に発表している。これらのプログラムは、風力および太陽光プロジェクトを開発する予定のブラジルに本社を置く企業（地元企業または外国企業によって管理されている）への融資（直接またはローンを通じて）を実施する。たとえば、2018年後半に、BNDES は風力および太陽光機器の購入用に設計された 22 億 BRL のクレジットラインを形成し、さらに、2017 年 12 月、BNDES は、ラテンアメリカで最大の太陽光発電所への融資を承認した。これは、5 億 2,900 万 BRL の投資に相当する。また、同年 2 月、BNDES はバイーア州の風力発電所に 8 億 2400 万 BRL の投資を行った。

- ・ 国内石油化学会社（Petrobras）における脱炭素の取組み

添付-表 14 (p.添付-26) を参照のこと。

(4) 石油化学産業などの現状および将来見通し

ブラジルの石油生産量は直近の 10 年間増加傾向にあり、2015 年にはメキシコを抜き中南米カリブ地域で最大となった。2020 年の生産量は、159.2 百万トンである。天然ガス生産量についても成長が続いており、2020 年は南米でアルゼンチンに次ぐ 2 番目に多い 23,900 百万 m³ が生産されている（添付-図 26 (p.添付-27)）。

ブラジルの石油化学産業は、アルゼンチンと並び中南米において重要な位置づけにある。Braskem (ブラスケム)は、サンパウロに本社を置く中南米地域最大の石油化学会社であり、様々な石油化学製品を生産している。主要製品及び年間生産量は添付-表 15 (p.添付-27)の通りである。

ブラジルのアンモニア生産量については、2017 年以降減少傾向にあるものの、2016 年までは 100 万トンを超えていた。これに加えて、毎年 300 千トン前後を輸入しており、多少の輸出も見られるものの国内でのアンモニア需要の高さがうかがえる（添付-図 27 (p.添付-27)）。

(5) 国内外送電網の状況

1) 国内送電網

ブラジルにおける国内送電網の状況を添付-図 18 (p.添付-22) に示す。

ブラジルの全国統一系統（SIN: Sistema Interligado Nacional）は、北部系統、北東部系統、南東部・中西部系統、南部系統の 4 つから成り、系統周波数は 60Hz（周辺国は 50 Hz）である。国内の 98% が SIN 内での供給で、残り 2% 程度がアマゾン地域などの単独系統となる。基幹送電系統は、750kV、500kV、440kV、345kV、230kV で構成され、大型水力と需要地を繋ぐ送電に直流±600kV が中心となっている。全国電力系統運用者(ONS) が SIN の運用を行うが送電設備などの資産を所有せず、発電や送変電などを行う事業者に対して指令を行い、事業者は指令に基づいて系統操作を行っている。

鉱山エネルギー省(MME)は、電力需要の伸びに対応すべく 2026 年までに約 61,884km の送電線を増強する計画を立てている(表-11)。増強する送電線は各系統間を連系する 500kV と電源から都市部へ供給する 230kV、電源から需要地に向けた長距離の直流送電が中心である。

また、風力の導入増加に伴い、北東部の地域システムの増強や北東部から南東部への送電ルートの増強も進められている。

2) 国際送電網

国際送電網については、添付（1.2(2)）を参照。

なお、南アメリカ域内における送電線開発計画については2025年までの計画として次のような取組みが取り上げられている（添付-図 19、添付-図 20 (p.添付-23)、添付-図 21 (p.添付-24)）。

ブラジルのエネルギー機関である Empresa de Pesquisa Energética (EPE)⁷は、最近、Plano Decenal de Expansão de Energia 2031 を承認した。PDE2031 の経済シナリオは、その可能性のある軌道の中に、予想される成長を想定して作成された。至近年では、COVID-19 パンデミックなどの不確実性が指摘されており、負の影響が想定されるものの、経済シナリオでは、ブラジルの GDP は2022年から2031年にかけて平均2.9%上昇する可能性がある。一方、ブラジルの一人当たりの GDP は、年平均2.3%成長し、2019年のR34.4 mil.から2030年には40.6 mil.のレベルになると予想される。またエネルギー需要は、2019年の259百万石油換算から2025年、2030年にはそれぞれ289,328百万石油換算に増加することが想定されている。また、PDE2030では、今後10年間にエネルギー部門に約2.7兆レアルの投資が必要であるとしている。そのうち石油、天然ガス、バイオ燃料に2.3兆レアルを、また、バイオ燃料発電、分散発電、送電には3,650億レアルが想定されている。

これに対して供給側の2020年から2030年にかけての発電設備強化として、水力が101.9GWから106.4GW、風力が15.9GWから32.2GW、バイオマスが13.9GWから15.1GW、太陽光が3.1GWから8.4GWに増強される計画が示されている。

3.3.3. 水素技術の活用・導入状況（伝統技術・新技術、グレー／ブルー／グリーン水素）

(1) 水素に関する政策枠組み、動向

1) 政策・ロードマップ

ブラジルでは2005年に水素エネルギーに係るロードマップが策定されており、早い段階から水素への関心が寄せられている。同国にて水素エネルギーを所掌する鉱山エネルギー省は、2020年に長期的なエネルギー需給政策の在り方を定めた「国家エネルギー計画2050 (PNE2050)」を策定しており、本計画にはグリーン水素の供給に関するものも含まれている。ブラジルでは輸出向けグリーン水素の生産に注力することを計画している。原油生産に係るCCSの経験を持つことから、ブルー水素の大規模生産・消費が期待される。また、ロッテルダム港湾局は2021年より、ブラジル北

⁷ EPEは、2004年3月15日に制定された法律10.847により設立され、国のエネルギーインフラを持続的に発展させるための基盤を確保することを目的とした100%国営の会社である。EPEの役割は、エネルギー政策の設計、ガイドライン、実施の支援を行うことによって、ブラジルのエネルギーセクターに貢献することである。具体的には、電力、石油、天然ガスおよびその派生物、バイオ燃料を対象としたエネルギー計画に関する調査・研究を行い、ブラジル鉱山・エネルギー省(MME)のエネルギー政策を支援する活動を行っている。これらスコープには、工学、経済学、モデリング、政策、環境、学際的な分野などが含まれる。

東部セアラ州において風力由来のグリーン水素の生産及びブラジルでの消費、EU への輸出を実施するプロジェクトを開始する予定である。

2) ガイドライン・規則

ブラジル国家エネルギー政策評議会（CNPE）は、鉱山エネルギー大臣が科学技術革新省および地域開発省とともに、60 日以内に国家水素プログラムのガイドラインを CNPE に提案することを決定する決議第 6/2021 号を発表した。ガイドラインは、ブラジルで競争力のある水素市場を実現するための安全基準、規制設計、および構造を提供することが期待されている。

2020 年 12 月、ブラジル鉱山エネルギー省は、ブラジルのエネルギー部門の長期戦略の指令を概説したブラジル国家エネルギー計画 2050 を発表した。今後水素エネルギーの開発はエネルギー市場を大きく変えることが考えられる。

2050 年のエネルギー計画は、水素が脱炭素化が困難なセクターでの炭素排出量の削減、再生可能エネルギーの貯蔵、水素生産の柔軟性によるエネルギー供給の安全性（複数の供給源）、およびその多様性などのエネルギー課題の解決に役立つ可能性があることを強調している。同計画では、今後のブラジルの運輸部門の脱炭素化の潜在的な主要技術として燃料電池も挙げられている。

これに関連して、2050 年エネルギー計画は、天然ガスに関する新しい法律の制定に続く新しい部門別規制について、水素貯蔵の規制の枠組みに取り組むことを提案している。さらに、同計画、水素と天然ガスの混合を管理するための技術的規制を設けることを推奨している。潜在的な特定のインフラストラクチャーの調整を条件として、これにより、既存のガスパイプラインインフラストラクチャーを使用した水素の輸送が可能になり、コストが削減される可能性がある。また水素産業の規制が安全性などいくつかの課題に対処することの重要性を確認している。したがって、ブラジルの 2050 エネルギー計画の最初の推奨事項は、輸送、貯蔵、供給のインフラストラクチャーに関連するハードルをマッピングし、の効率的な規制に必要な規制の改善を決定するために、政府が追加の調査を実施することであると考えられる。

2021 年 2 月（2050 年エネルギー計画の公表後）、エネルギー計画に関する研究でブラジル鉱山エネルギー省を支援する責任を負うブラジルエネルギー研究機関は、「ブラジル戦略の統合のための基盤」というタイトルのテクニカル文書を発表した。この文書では、ブラジルのエネルギーマトリックスにおける水素の位置を改善するために必要なアクションについて記述されている。また、水素のすべての「色」⁸が重要であり、ブラジルが水素市場での戦略的地位を確保するためにそれらすべてを調査する必要がある「レインボー戦略」の採用を提言している。これには、現在コスト面で競争力が低いことが示されているグリーン水素が含まれるが、今後のエネルギー移行において重要な役割を果たすと予想される。2050 年のエネルギー計画と同様に、テクニカル文書では、水素の規制の枠組みの開発がブラジルの水素市場の発展にとって重要であることが強調されている。

⁸ 「グリーン水素」：再生可能エネルギーで水を電気分解して生成する水素。「ブルー水素」：化石燃料から二酸化炭素（CO₂）を回収・貯留（CCS）付きで生成する水素。「グレー水素」：化石燃料で CCS を使わずに生成される水素。「イエロー水素」：原子力発電による電気エネルギーのみを用いて、水を電気分解し製造された水素。

3) インセンティブ設計

規制の枠組みに加えて、新技術を導入するためのもう 1 つの重要な推進力は、研究、開発、革新への投資に対するインセンティブの創出である。これに関連して、2021 年 2 月、CNPE は、ANP と ANEEL に、とりわけ水素部門における RD&I への投資を優先するよう指示する決議を承認した。ブラジルでは、石油会社と電気エネルギー会社の両方が、エネルギー部門の RD&I プロジェクトに投資する義務がある。このように CNPE の決議は、水素を含むエネルギー移行の観点から優先事項と見なされる分野に投資を振り向けるようにするものである。

4) パイロット・プロジェクト

ブラジルで水素の規制の枠組みを開発する政府の取り組みと並行して、いくつかのパイロットプロジェクトが検討され、開始された。セアラ州政府は、オーストラリアのエネギックスエナジーと提携して、ペセム港にグリーン水素ハブを立ち上げることを発表した。投資は、電解プラントの建設を含めて、約 54 億米ドルと見積もられている。ブラジルの北東に位置するセアラ州は、ヨーロッパと北アメリカに比較的近い理想的な地理的位置に必要な港湾インフラを備えており、州はまた、ブラジルの再生可能エネルギーの最前線、特に風力発電をリードしている。Enegix Energy との覚書とともに、Ceará 州政府は州内のグリーン水素開発のためのワーキンググループを設立する法令にも署名した。

5) グリーン水素プロジェクト

検討されているもう 1 つの潜在的なグリーン水素プロジェクトは、リオデジャネイロ州のポルトドアスである。シーメンスと国営企業である Eletrobras およびその研究センター CEPEL との間で、グリーン水素の生産から消費までのグリーン水素技術サイクル全体を共同で研究するための覚書が締結された。

現時点では、ブラジルは水素経済の確立からまだ長い道のりであるが、国は戦略的に世界の水素市場で重要な役割を果たすように位置付けられている。ブラジルのエネルギーマトリックスは世界で最もクリーンなものの 1 つであり、再生可能エネルギーは国の電力マトリックスの約 80% を占めています。エタノール、天然ガス、バイオガス、バイオマス、さらには天然水素貯蔵所など、再生可能エネルギーを超えたブラジルの豊富な自然エネルギー資源は、水素生産のための多種多様な供給源を利用して、主要な水素生産者になる可能性があると考えられる。

BOX: Project at Alberto Luiz Coimbra Institute of Post-Graduate Studies and Engineering Research of the Federal University of Rio de Janeiro (COPPE)

The hydrogen initiative was promoted through research conducted in a laboratory dedicated to the study of hydrogen for 34 years, the Alberto Luiz Coimbra Institute of Post-Graduate Studies and Engineering Research of the Federal University of Rio de Janeiro (COPPE), Brazil, where there are two focuses, the energy application of hydrogen in the area of transportation, as well as a focus on solid oxide fuel cells (SOFC).

Through the research carried out in the area of transport, with technical cooperation for financing, they were able to develop a series of prototypes that were tested at different events. The series of prototypes developed by the Institute and the lessons learned allowed for the creation of companies that are dedicated exclusively to the development of electronic parts for the traction of vehicles with fuel cells on board.

With the consolidation of the prototypes and the technology produced in Brazil, a pre-commercial prototype is currently being developed, to be introduced later to the market.

3.3.4. 官・民取り組み状況、他ドナー支援状況

本邦機関やその他国際機関によるエネルギー、再生可能エネルギー、水素分野における主な支援状況は添付（3.5）の通り。

3.4. アルゼンチン

アルゼンチンの基礎情報は下表のとおり。

表 3.22 アルゼンチンの基礎情報

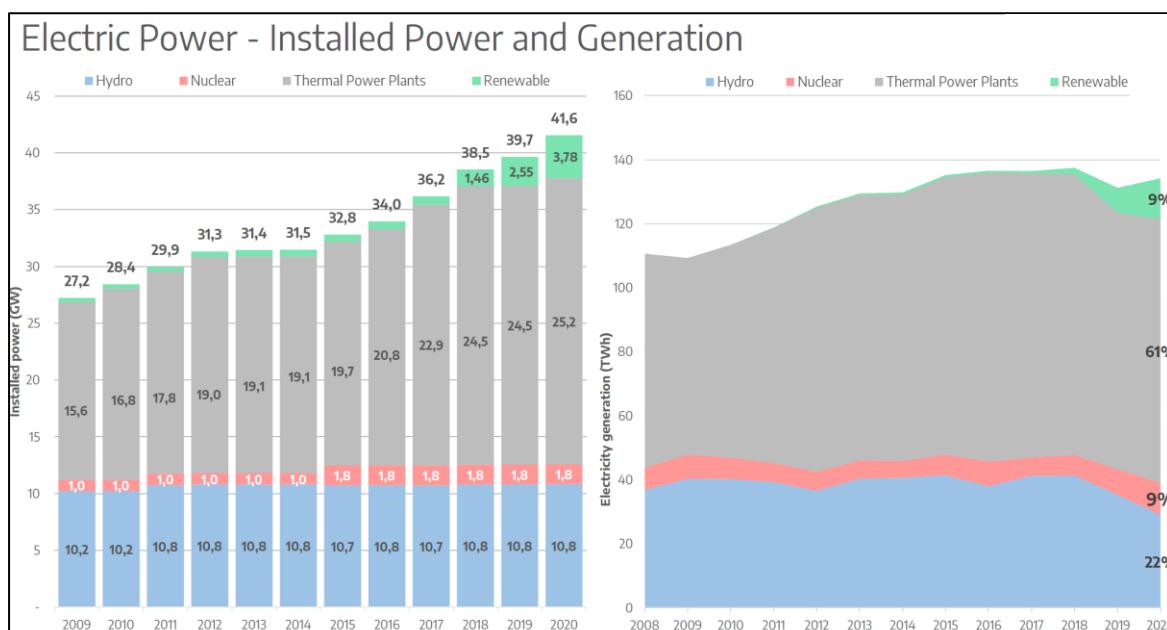
面積	278万km ²
人口	4,538万人(2020年、世銀)
GDP(名目)	3,831億ドル(2020年、世銀)
一人当たりGDP(名目)	8,442ドル(2020年、世銀)
主要産業	農牧業(油糧種子、穀物、牛肉)、工業(食品加工、自動車)

出典：外務省 HP より調査団作成

3.4.1. エネルギーセクターの概況（エネルギー需給、水素の位置づけなど）、関連機関の役割 （特に水素全般に関連して）

(1) エネルギーバランス

アルゼンチンの発電構成は、2020年時点で、ガス火力（61%）、水力（22%）、原子力（9%）、再生可能エネルギー（9%）であった。下図は、アルゼンチンにおける2009年から2020年までの各電源種に対する設置容量（左）と発電電力量（右）を示している。

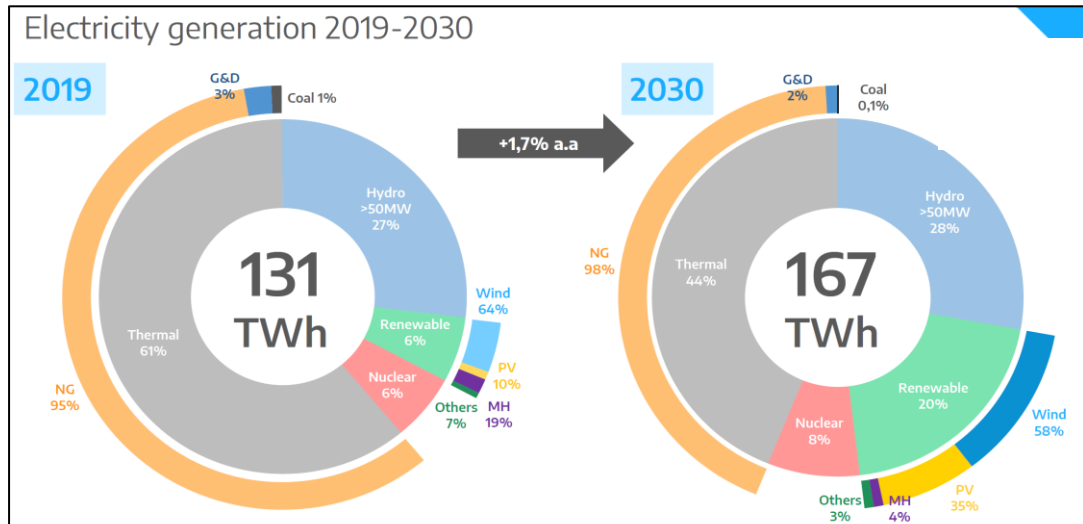


出典：“Latin America-Japan Grid Stabilization & Hydrogen Wrokshop”におけるアルゼンチン政府の発表資料(“Energy Transitions in Argentina and the Role of Renewable Energy”)より引用

図 3.14 アルゼンチンにおける発電量構成

再生可能エネルギーのうち、風力発電と太陽光発電については、それぞれ2020年末時点で2,623MW及び759MWが設置されている（添付-図 28 (p.添付-31)）。

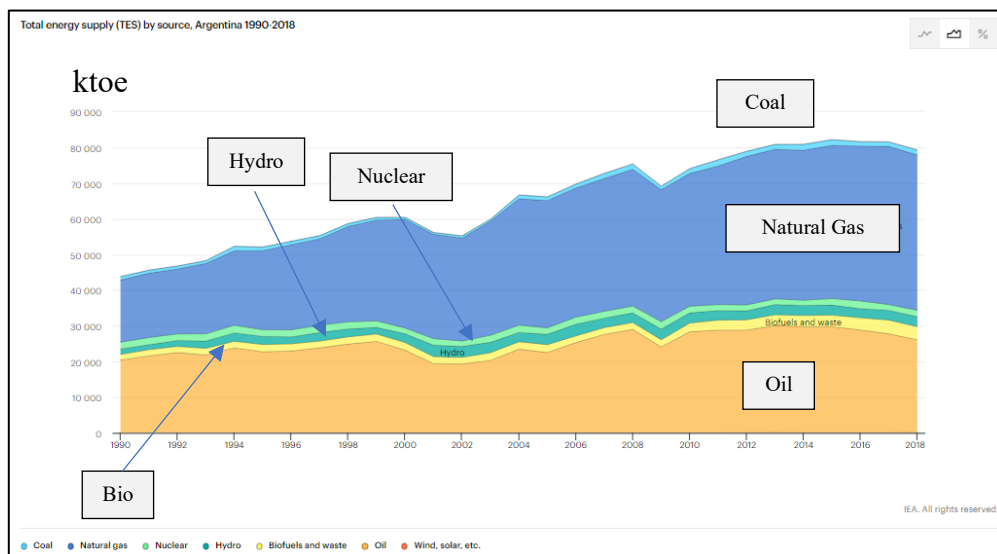
下図は、アルゼンチンにおける 2019 年時点の発電量構成と、2030 年時点で想定される発電量構成を示している。2030 年までに、風力や太陽光などの再生可能エネルギー利用を更に拡大することが計画されている。



出典: "Latin America-Japan Grid Stabilization & Hydrogen Workshop" におけるアルゼンチン政府の発表資料("Energy Transitions in Argentina and the Role of Renewable Energy")より引用

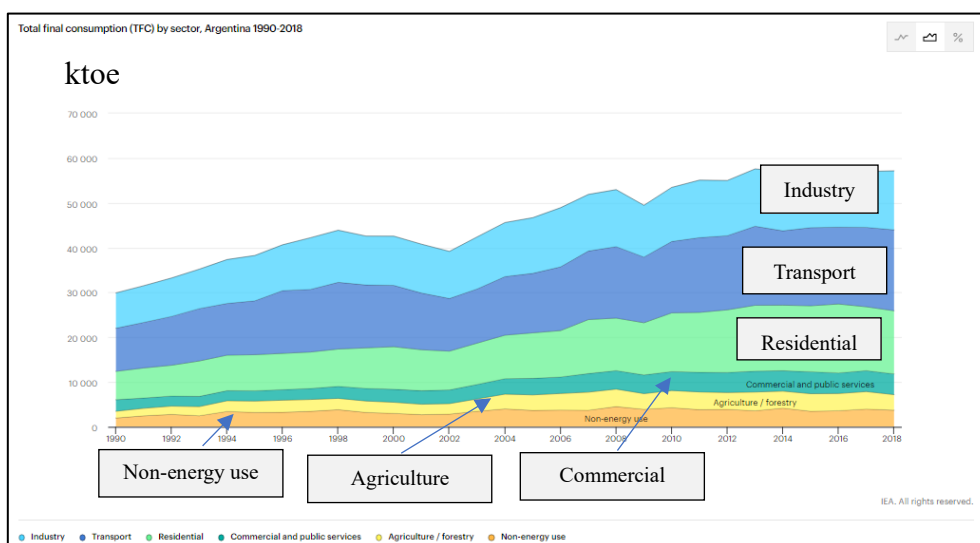
図 3.15 アルゼンチンにおける 2019 年と 2030 年の発電量構成

IEA が取りまとめた、アルゼンチンにおけるエネルギー需給状況を、ソース別エネルギー供給量とセクター別エネルギー消費量にて概観したものが次に示す図である。供給側は石油、天然ガスなどが中心となっており、水力、バイオ燃料などの供給は限定的である。またこの 2、3 年は供給が若干減少傾向にある。



出典: IEA.(2018). エネルギーデータ Retrieved from <https://www.iea.org/data-and-statistics>

図 3.16 エネルギーソース別総エネルギー供給量の推移 (アルゼンチン: 1990-2018 年)



出典: IEA.(2018). エネルギーデータ Retrieved from <https://www.iea.org/data-and-statistics>

図 3.17 セクター別エネルギー消費量の推移(アルゼンチン: 1990-2018年)

消費側を見ると、産業、交通（民生利用も含む）、家庭向けがほぼ同程度の需要となっている。また、商業向け、農業向けの需要も比較的大きいことが特徴的である。

(2) エネルギーコスト

エネルギー価格の状況を次に示す。以下の表は、オクタン価 95 ガソリン、通常のディーゼル、およびその他の燃料の 1 リットルあたりの最新の価格を示している。これらは、すべての税金と手数料を含む小売（ポンプ）での価格である。

表 3.23 アルゼンチンにおける燃料価格

Fuels	Price per liter	Year	ARS	USD
Gasoline prices	14.06	2021	96.444	1.012
Diesel prices	14.06	2021	89.556	0.94
Methane prices	14.06	2021	42.047	0.441

出典: Eninrac. (2020). Retrieved from

https://eninrac.com/vantedge/admin/upload/perspective_pt-in-latin-america.pdf

次の表は、kWh あたりの電気料金を示している。家庭の平均年間電力消費量、ビジネスでは、1,000,000kWh の年間消費量を示している。

表 3.24 アルゼンチンにおける電気料金

Electricity	Price per kWh	Year	ARS	USD
Households	1.09	2020	5.85	0.061
Business	1.09	2020	3.93	0.041

出典: Eninrac. (2020). Retrieved from

https://eninrac.com/vantedge/admin/upload/perspective_pt-in-latin-america.pdf

次の表は、天然ガス料金を示している。家庭の平均年間電力消費量、ビジネスでは、1,000,000kWh の年間消費量を示している。

表 3.25 アルゼンチンにおける天然ガス料金

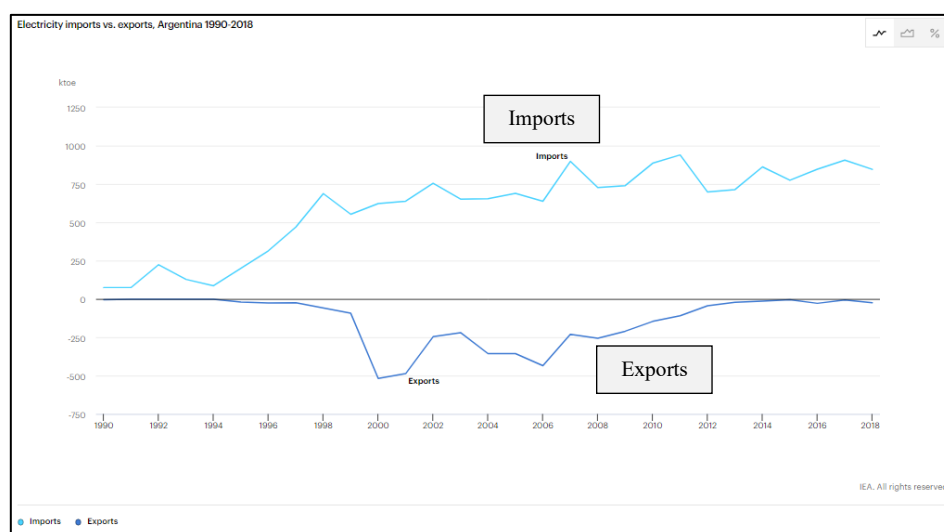
Natural gas	Price per kWh	Year	ARS	USD
Households	1.12	2020	0.937	0.01
Business	1.09	2020	1.208	0.013

出典: Eninrac. (2020). Retrieved from

https://eninrac.com/vantedge/admin/upload/perspective_pt-in-latin-america.pdf

(3) エネルギー関連の支出（輸入エネルギーのコスト、補助金制度など）、収入（税金など）

アルゼンチンにおける電力輸出入の状況を次に示す。以前は輸出もあったもののここ数年はなく、輸入超過の状況である。



IEA.(2018). エネルギーデータ Retrieved from <https://www.iea.org/data-and-statistics>

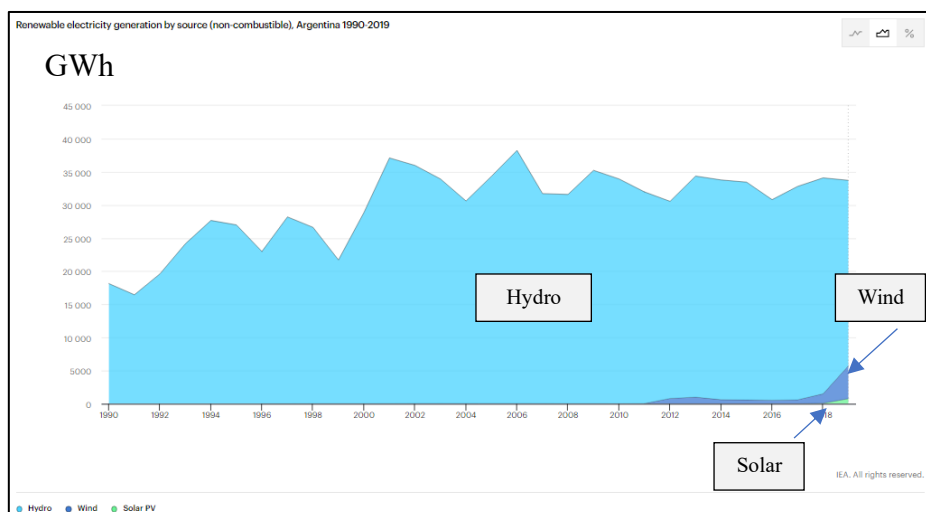
図 3.18 電力輸出入量の推移(アルゼンチン：1990-2018年)

アルゼンチンはパラグアイから、共同建設されたヤシレタダムによって発電された電力を輸入している。2006年9月18日、パラグアイは、40年間年間8,000 GWhの電力を支払うことにより、ヤシレタの建設のためにアルゼンチンに支払うべき11,000,000,000ドルの債務を決済することに合意した。電力輸出入にかかる国際比較を添付-表 22(p.添付-31)に示す。アルゼンチンでは需要の一部を輸入にて賄っている。

(4) 再生可能エネルギーの導入状況、ポテンシャルおよび課題

1) 再生可能エネルギーの導入状況

アルゼンチンにおける再生可能エネルギーによる、ソース別発電量の推移を次の図に示す。大部分は水力によるものであるが、ここ2、3年の期間で風力の新設が著しい。また、太陽光発電も増加傾向にある。



IEA.(2018). エネルギーデータ Retrieved from <https://www.iea.org/data-and-statistics>

図 3.19 ソース別再生可能エネルギーによる発電量の推移（アルゼンチン：1990-2019年）

2) 再生可能エネルギーのポテンシャル

法律第 27.191 号により、2025 年までに再生可能エネルギーによる電力消費量の 20%を達成するという義務的な目標が国内で設定された。この RenovAr プログラムの目標は、再生可能エネルギー電力を長期的に購入することである。これは、Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico SA (CAMMESA) が主導し、エネルギー事務局の指示に従った国内および国際的な入札によるものである。

RenovAr プログラムには、再生可能エネルギー開発基金 (FODER) のフレームワーク内で設計されたさまざまなレベルの保証（支払いおよびソブリン保証）を調整するスキームが含まれている。このプログラムは、法律第 27.191 号に基づいて設けられたもので、これらの保証は、世界銀行と共同で設計された保証プログラムとともに、授与されたプロジェクトにより高い保証を提供している。

承認されたプロジェクトには、再生可能エネルギーの法的枠組みへの参加証明書が付与される。さらに、VAT の事前申告、所得税による減税の加速、輸入関税の免除、税額控除などの税額控除は、法律第 27.191 号の第 9 条に従ってプロジェクトに付与される。

入札の提出のために 3 回の公募が行われた。最初の公募は 2016 年に実施され、2 つのステージ（ラウンド 1 と 1.5）によって実施された。ラウンド 1 の枠組みの中で、29 のプロジェクトが承認された。（総発電容量は、1,142MW）ラウンド 1.5 の枠組みの中で、30 のプロジェクトが承認され、総発電容量は 1,280MW の総容量となっている。RenovAr プログラムとは別に、2016 年中、決議番号 202/16 に従って、10 件の以前の契約が承認された。これらのプロジェクトは、500MW の追加の再生可能エネルギー容量となっている。

2017 年 8 月に開始された第 2 ラウンドの枠組みでは、88 のプロジェクトが承認された。これらのプロジェクトの総発電容量は、2,043MW であった。RenovAr MiniRen として知られる第 3 ラウンドは、2018 年に開始され、プロジェクトはすでに承認されている。ラウンド 3 の目的は、開発を促進するために、13.2 kV、33 kV、および 66kV の中電圧グリッドで利用可能な容量を使用して小規模プロジェクト（最大 10 MW）発電所を需要の近くに建設すること、エネルギー部門への幅

広い関係者の参加を促進することを目的としていた。これまでに、21 の州において、195 の承認プロジェクト（総容量 5225,62 MW）が建設中である。

アルゼンチンは水力発電ポテンシャルの推定 20%しか利用していないため、水力発電能力を大幅に増大する可能性があると考えられている。現在、100MW から 3,200MW の範囲の発電容量を持つ 14 を超える水力発電所がある。2 つの最大の水力発電所は、2 か国国境プロジェクトであり、3,200MW の Yacyret 発電所（アルゼンチンとパラグアイ）と 1,890 MW の Salto Grande 発電所（アルゼンチンとウルグアイ）である。パラナ（アルゼンチンとパラグアイ）での 3,000 MW の 3 番目の水力発電プロジェクトは、両政府によって検討されている。

またアルゼンチン地域は非常に大きな風力ポテンシャルを持っている。Chubut 風力発電地域センター（CREE）は、この地域の理論上のポテンシャルを 500GW の発電量と推定している。しかしながらこの大きな可能性はまだほとんど活用されていないが、この未開発の理由の 1 つは、既存の料金とインセンティブが不十分で、風力発電の開発が十分に魅力的になっていないからであると考えられる。またこの地域の風力発電開発の主な課題は、パタゴニア地域とアルゼンチンの電力システムを接続する国際送電線の欠如である。

再生可能エネルギー開発の取組みの一つとして、法律第 27.191 号では、再生可能エネルギー源からの発電の開発を公益の分野として特定し、再生可能エネルギー（30MW の容量未満のミニ水力発電を含む）のシェアを国の電力構成の 8%に増やすことを州に約束している。この法律により、アルゼンチンは、電力需要の 20%を再生可能エネルギー発電でカバーし、2025 年までに 10,000MW の再生可能エネルギー発電をグリッドに追加するという長期目標も設定した。発電量を増やすためのさまざまなイニシアチブの中で、既述のようにアルゼンチン政府はアルゼンチンの再生可能エネルギー部門を開発するために RenovAr プログラムを開始した。再生可能エネルギー開発を促進させるための信託基金を添付-表 29 (p.添付-43)に示す。

<プロジェクト支援スキーム>

2015 年 10 月、アルゼンチンは再生可能エネルギーを促進するための国家体制を確立した法律第 27.191 号（法律第 26.190 号の改正）を発効した。

新規プロジェクトは、購入した資本財の予想される VAT 還付、該当する資産の加速償却、国の構成要素を含むプロジェクトの税証明書、および所得税の繰越欠損金の期間の 10 年の延長の恩恵を受ける。法律第 27.191 号によって設立された FODER は、政府予算からの資金を再生可能エネルギーの補助金に適用している。これらには、太陽光プロジェクトの場合は最大 30MW、風力プロジェクトの場合は US \$ 0.11/kWh、風力地熱、バイオマス、バイオガス、水力発電プロジェクトの場合は US \$ 0.005/kWh の設備に対して固定価格買取制度の補助金を出している。この基金はまた、長期プロジェクトローン、ローン保証、金利補助金、および出資も対象としている。前述のように、このファンドはすべての入札 PPA の支払い保証、解約金支払いも対象としている。さらに、新しい再生可能エネルギー法は、政府が化石燃料のオフセット購入による節約分の少なくとも 50%を提供する。これらには、電力消費、利子、および融資プロジェクトからの利益に対する費用が含まれる。

再生可能エネルギー開発のための課題としては次のような指摘ができる。すなわち、2001 年にソブリン債に関連してアルゼンチン政府が債務不履行に陥って以来、アルゼンチンは国際投資を

呼び込むことが困難であると認識している。他方中国は、アルゼンチンの再生可能エネルギープロジェクトの積極的なプレーヤーとして、中国開発銀行とともに積極的な資金調達者として浮上している。中国の金融機関は競争力のある金利でアルゼンチンでのプロジェクトに資金を提供する意欲を示すものの、その資金には通常、中国製の設備や請負業者の適用などの条件も伴う。

アルゼンチンの再生可能エネルギー会議所によると、再生可能エネルギー源の収益性の高い開発の主な障害の1つは、プロジェクトの適切な期間にわたり、PPAに基づいて与えられた電力価格の保証が不確定であることである。現政権によって、外国からの投資家を呼び込むために、電気料金は大幅に改訂された。また、PPA 契約破棄にかかる支払いを効果的に保証する FODER によって投資家への支援を行っている。

参考まで再生可能エネルギー開発目標の国際比較を添付-表 23 (p.添付-33)に示す。アルゼンチンでは 2025 年までの目標は設定されているものの、2025 年以降については検討中であると考えられる。

(5) 関係省庁

・ The National Electricity Regulator (ENRE)

1991 年の法律 26.046 によって確立された規制の枠組みの適用を担当するエネルギー事務局内の独立した組織。ENRE は、連邦政府の管理下にあるセクターの規制と全体的な監督を担当している。州の規制当局は、連邦管理下以外のユーティリティを規制監督している。ENRE と州の規制当局は、料金を設定し、規制対象の送電および配電事業者の安全性、品質、技術、および環境基準への対応を監督している。CMMESA (Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico) は、卸電力市場の管理者である。その主な機能には、スポット市場での発電と価格計算の運用と発送、電力システムのリアルタイム運用、および電力市場での商取引の管理が含まれる。監督官庁は Ministerio de Economía。

・ The Federal Energy Council (CFE)

1960 年に創設された CFE は、この分野でも非常に重要な役割を果たしている。特に電力事業を対象とする基金の管理者であり（すなわち、電力のための国家基金）、電力産業、公的および民間のエネルギーサービス、新しいプロジェクトと研究の実施、コンセプションと認可、および電気料金と価格の優先順位に関連する問題などにかかる国および州政府のアドバイザーであり、また電力業界の法改正の顧問でもある。

電力セクターは、南米で最も競争が激しく、規制緩和されているセクターの1つである。発電、送電、配電の機能は民間セクターに開放されていますが、これら 3 つの機能間の持ち合いには制限が設けられている。アルゼンチンでは法制度により、競争力のある環境を作り、発電機が全国のどこの顧客にもサービスを提供できるようにするために、グリッドへのアクセスが保証されている。

(6) 主要企業

・ 発電

民営化と新しい市場参入者の結果として、発電部門は、民間企業と国有企業の競争構造となっている。また再生可能エネルギーの開発により、過去3年間で発電所の数は大幅に増加した。

・ 送配電

送電活動は自然独占であるため、公共サービスとして規制の対象となっている。(法律第 24.065 号)。アルゼンチン政府は、特定の条件(サービス品質基準や送電会社がサービスに対して請求できる料金の固定など)を条件として、送電活動に関与する民間事業体にコンセッションを認めている。送電は以下で構成されている。

・ 高圧送電システム(民間企業である Transener が運営)

いくつかの地域トランクシステム。これらは特定の地域で電力の発電、送電、配電業者、および大規模ユーザーを接続している。

送電サービスは、高電圧および中電圧の送電線を運用および使用するコンセッション業者によって提供されている。送電サービスは、発電所から配電業者または大規模ユーザーの受電ポイントへの電力の変電と送電で構成されている。送電会社は他の WEM 参加者から独立している必要があり、電力を売買することはできない。(法律第 24.065 号)。

主な送電会社は、Transener SA.、Transba SA.、Transnoa SA.、Transnea SA.、Transpa SA.、Distrocuyo SA.、LITSA.、Yacylec SA.、Trans Comahue、および Encor SA.などである。

3.4.2. エネルギー政策・制度・計画(水素の位置づけ)、電源開発計画(需給に水素を見込む余地の有無など)

(1) エネルギー政策

アルゼンチンの主要なエネルギー施策を下表に示す。

表 3.26 アルゼンチンの主要エネルギー政策

#	政策等	概要
1	エネルギー計画	2018年に策定されたエネルギー計画 ⁹ では、5年以内に天然ガスと石油の生産量を2倍にすることが掲げられている。これにより、国内の電力需要を満たすと共に、輸出量の拡大も目指している。
2	エネルギー転換2050 (Transición Energética 2050)	2018年6月に、米州開発銀行(IDB)等の支援のもと、エネルギー鉱山省が制作した2050年までのエネルギー転換に係る政策。策定に際し、大学、NGO、民間企業など23以上の組織が参加し、エネルギー転換に係る検討が行われた。
3	再生可能エネルギー法 (No. 27.191)	2015年9月に制定された法律。再生可能エネルギーによる発電シェアを2018年までに8%、2025年までに20%とする目標が定められている。2017年

⁹ http://www.energia.gob.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/planeamiento/argentina-energy-plan_.pdf

#	政策等	概要
		8月、この法律に基づき、大規模電力消費者が再生可能エネルギー電力供給者と直接電力の売買契約を締結することを可能とする通達(Resolucion 28)が発出された。
4	分散型再生可能エネルギー発電促進に係る法律(No. 27.424)	2017年12月に公布された法律。これにより、再生可能エネルギー発電の余剰電力をグリッドに送ることが可能となった。2018年11月、財務省エネルギー局はこの法律に基づき、分散型再生可能エネルギー発電のグリッド接続に係る基準を発表し、家庭や企業が太陽光発電等による電力を自家利用できる他、余剰電力を配電会社に販売できるようになった。
5	水素ロードマップ	水素エネルギーを所掌する財務省エネルギー政府事務局により水素ロードマップが策定され、現在生産されるグレー水素から、中期的にはブルー水素、長期的にはグリーン水素の生産を目指すことが示されている。また、短期的な目標として、同国内の省庁間での協力や産学連携、民間企業の活用等を図り、水素エネルギーの生産を促進することを目指している。

出典：各種資料より JICA 調査団作成

アルゼンチン政府は、2019年に「Argentina Energy Scenarios 2030」を公表し、想定される4つのシナリオに沿って、2030年までのエネルギーの動向を予測している。シナリオの概要は以下の通り。

表 3.27 アルゼンチンの Energy Scenarios 2030 で設定されたシナリオ

シナリオ		想定される条件等
Current policies	Trendシナリオ	<ul style="list-style-type: none"> 既存のエネルギー政策の実施を前提に、エネルギー価格と需要の両方の予測に基づいて、Trend と Efficient の2つのシナリオを策定。 再生可能エネルギー法 (The Renewable Energy Law) を遵守すると共に、2030年までに再生可能エネルギーを25%まで拡大、及び大規模水力発電や原子力発電プロジェクトを組み合わせる場合。
	Efficientシナリオ	
Gasification (ガス化)シナリオ		<ul style="list-style-type: none"> 交通セクターにおいて、天然ガスの高い市場普及率が実現されている場合。 産業セクターにおいて、燃料として天然ガスを大量に使用している場合。 天然ガスの価格競争力が高まることよって更に普及し、新規産業が開発される場合。(石油化学産業など)
Electrification (電化)シナリオ		<ul style="list-style-type: none"> 電気自動車が多く普及している場合。 石油燃料が電気に代替されている場合。 発電のエネルギー源として天然ガスや再生可能エネルギーがより活用されている場合。

出典：Argentina Energy Scenarios 2030 より JICA 調査団作成

Energy Scenarios 2030 において、2030年までのGDP予想と各シナリオに対する電力消費量が算定されている(添付-図 31 (p.添付-35))。2018年から2030年の間に、アルゼンチン全体でエネルギー需要が年間累計2.2%増加すると予想されており、シナリオ別だと Trend シナリオが2.2%、Efficient シナリオが1.4%、Electrification シナリオが1.9%、Gasification シナリオが2.9%となっている。

2030年時点で、Efficient シナリオの電力消費量が最も小さく、続いて Electrification シナリオ、Trend シナリオ、Gasification シナリオの順に電力消費量が大きくなることが示された。

(2) 電力会社の計画

民間企業と国営企業は、競争の激しいほぼ自由化された電力市場で発電を行っており、総設備容量の75%が民間によるものである。国営企業は、原子力発電と、2つの二国間水力発電所である Yacretá (アルゼンチン-パラグアイ) と Salto Grande (アルゼンチン-ウルグアイ) を運営している。発電部門は10以上の大企業で非常に細分化されており、そのすべてがシステムの総容量の15%未満しか占めていない。発電所は、CAMMESA が運営する卸売市場にて売電している。

(3) カーボンニュートラルへの取組状況

アルゼンチンの二酸化炭素排出状況を添付-図 32 (p.添付-36)、温室効果ガス排出状況を添付-図 33 (p.添付-37)に示す。

- ・ 2016年のアルゼンチンのCO₂排出量は200,708,270トンであった。CO₂排出量は前年比0.16%増加し、CO₂排出量が200,389,230トンだった2015年に比べて319,040トン増加した。
- ・ アルゼンチンの一人当たりのCO₂排出量は4.61トンに相当する。(2016年の人口43,508,460人に基づく。)これは2015年の1人あたり4.65CO₂トンの数字よりも0.04トン減少であり、一人当たりのCO₂排出量の-0.8%の変化となっている。

現在準備中の長期戦略(LTS)において2050年Net Zeroを宣言予定としている。現在最新の政策文書は2020年12月提出の2nd NDCにて2030年までに総排出量を313 MtCO₂e (LULUCFを除く)未満にすることを目標としたものである。

(4) 石油化学産業などの現状および将来見通し

アルゼンチンにおける石油生産量は2010年から10年間、減少傾向にあり、2020年は中南米カリブ地域において4番目の27.6百万トンであった。また、天然ガス生産量は2018年から同地域で最大となっている。2019年まで増加傾向が続いた後、2020年には減少しているものの、生産量は38,300百万m³と大きい(添付-図 34 (p.添付-37))。

中南米の石油化学産業では、アルゼンチン、ブラジルの2か国が重要な位置づけとなっているが、技術的な特性から大きな投資が必要であることから、アルゼンチン国内でプラスチック樹脂の生産を行っているのは少数の大手多国籍企業に限られている。国内の石油化学製品の生産量は、2000年代初頭にピークを迎えて以来、減少傾向にあるが、これは当期の天然ガスの供給不足が主な原因とされている。

また、輸出額についても、2018年をピークに減少傾向を示しており、2020年は、531百万ドルであった。これは、アルゼンチンの総輸出額(54,884百万ドル)の約1%であるが、今後、ネウケン州のバカ・ムエルタ鉱区の天然ガス等の資源を利用することで、大きく発展するポテンシャルがあり、輸出額は5,000百万ドルを目指すことができると言われている(添付-図 35 (p.添付-38))。

アンモニアの主要製造企業は国内企業であるプロフェルティル社、米国企業であるブンゲ・アルヘンティーナ社であり、国内のアンモニア生産量は、2013年~2019年は600千トンから850千トンで推移している。メタノールについては、国内企業であるアルト・パラナ社とYPF社が主な製造企業であり、年間350千トンから470千トンが生産されている(添付-図 36 (p.添付-38))。

(5) 国内外送電網の状況

1) 国内送電網

国内の送電線の電圧は 500kV、330kV、220kV、132kV に配電線の電圧は 66kV、33kV、13.2kV に分かれている。太陽光の適地（中西部および北西部）や風力の適地（南部）が電力需要地（東北部に位置する首都ブエノスアイレスなど）と離れているため、将来は、再エネの導入増加に対応した送電線の建設が必要になると予測されている（添付-図 30 (p.添付-34)）。

2) 国際送電網

国際送電網については、添付（1.2(2)）を参照。

3.4.3. 水素技術の活用・導入状況（伝統技術・新技術、グレー／ブルー／グリーン水素）

特筆すべき事項として、日本政府は 2019 年の第 2 回水素閣僚会議を通じ、アルゼンチン財務省エネルギー政府事務局と水素政策や水素の利活用に向けた取り組み等について政府、産業界、研究機関が協力していくための協力覚書を交わしている。

3.4.4. 官・民取り組み状況、他ドナー支援状況

(1) 日本関連機関

本邦機関やその他国際機関によるエネルギー、再生可能エネルギー、水素分野における主な支援状況は添付（4.6）の通り。

特筆すべき事項として、日本政府は 2019 年の第 2 回水素閣僚会議を通じ、アルゼンチン財務省エネルギー政府事務局と水素政策や水素の利活用に向けた取り組み等について政府、産業界、研究機関が協力していくための協力覚書を交わしている。

既述のようにアルゼンチンでは再生可能エネルギー比率の引き上げをめざしており、世界銀行の支援を受ける国際入札プロセス「RenovAr プログラム」を通じてこれまでに太陽光・風力・バイオマス・小規模水力などの発電プロジェクトが実施されている。三井物産は 100% 出資の子会社を通じ、仏エネルギー大手トタル傘下の再生可能エネルギー発電事業者 Total Eren S.A. と共同で 97.2MW の風力発電所の運営を行っている。

(2) IDB

IDB はアルゼンチンの水素開発を、主に政策対話と基礎研究を中心に支援してきた。支援プログラムの状況は、チリなど他のラテン諸国と比較すると進んでいないものの、IDB 担当者によると今後進捗が期待されるとしている。IDB による水素開発支援の内容は以下の通りである。

- IDB では、国家戦略策定のための基礎的な調査の取り組みを、供給・需要・規制の 3 つの観点から実施している。

- アルゼンチンでは、水素開発を通じた脱炭素化という側面だけでなく、現地でのサプライチェーンの検討も重要であると考えられる。
- 課題のひとつは、送電線の容量であり、この問題については、今後検討・対応する予定になっている。

なお、IDB からは以下の指摘もあった。

- アルゼンチンは再生可能資源が豊富であり、政府は再生可能エネルギー開発のシナリオを示す "Argentina Energy Transition "を公表している。一方、4,600MW の PPA が完了する予定であったが、その多くが国の経済状況の悪化から融資契約の締結には至っていない。
- GIZ がチリ、コロンビア、アルゼンチンなどの支援を行っているが、IDB の知る限りは他の開発パートナーの活動はまだないとしている。

(3) 民間企業

アルゼンチンでは 2 件の開発案件が公表、検討されている。

表 3.28 アルゼンチンにおける開発プロジェクト

プロジェクト	プロジェクト主体	年間生産量	想定運転開始	再生可能エネルギーソース	最終需要
Sierra Grande	Fortescue Future Industries	35k tons H2 (phase 1) 215k tons H2 (phase 2)	2024 (phase 1) 2028 (phase 2)	風力	輸出
Bahía Blanca	Integración Energética S.A. and Fraunhofer Institute	未定	未定	風力	国内および輸出

出典:<https://www.lw.com/thoughtLeadership/low-carbon-hydrogen-in-latin-america-current-context-and-opportunities> から引用

- オーストラリアのフォーテスキュー・フューチャー・インダストリーズ社は、リオ・ネグロ州政府と覚書 (MoU) を締結した。フォーテスキューは、リオ・ネグロ地域の地元の再生可能インフラと資源に投資する予定である。フォーテスキューは、2022 年までに 12 億ドルの試験段階を開始し、2024 年までに建設を終了することを目指している。これにより再生可能エネルギーを使って 3 万 5 千トンの水素を製造するものである。その後、72 億ドルの第一段階を経て、21 万 5,000 トンの水素を製造することを予定している。
- Ieasa¹⁰社は、フラウンホーファー研究所と、アルゼンチンのブエノスアイレスにおけるグリーン水素製造プロジェクトの技術・経済開発に関する協定を締結した。このプロジェクトは、ブエノスアイレスのバイアブランカ地区で風力発電によるグリーン水素を製造するもので、海に面した 2.5km の 200 ヘクタールの敷地において水素ハブを構築する予定である。

¹⁰ Ieasa (Integración Energética Sociedad Anónima) (旧名称 ENARSA)。アルゼンチンの国営企業。石油、天然ガスの開発、製造、販売などを担当する。

3.5. コロンビア

コロンビアの基礎情報は下表のとおり。

表 3.29 コロンビアの基礎情報

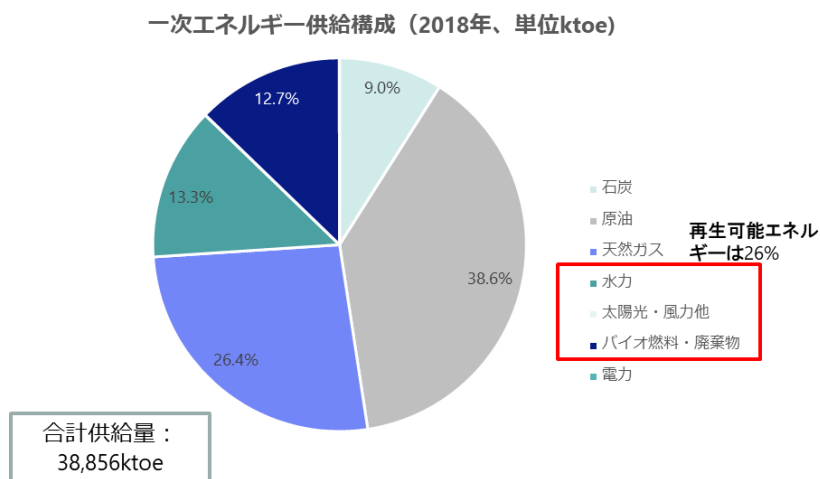
面積	113.9万 km ²
人口	5,034万人(2019年 世銀)
GDP(名目)	2,715億ドル(2020年 IMF)
一人当たりGNI(名目)	5,340ドル(2020年 IMF)
主要産業	農業(コーヒー、バナナ、さとうきび、じゃがいも、米、熱帯果実等)、 鉱業(石油、石炭、金、エメラルド等)

出典:外務省 HP より調査団作成

3.5.1. エネルギーセクターの概況 (エネルギー需給、水素の位置づけなど)、関連機関の役割 (特に水素全般に関連して)

(1) エネルギーバランス

以下の図は 2018 年におけるコロンビアのエネルギー供給構成であり、石炭・原油・天然ガスが全体の 74.0%を占める。再生可能エネルギーの割合は 26.0%であり、水力発電及びバイオ燃料・廃棄物がそれぞれ 13.3%、12.7%を占めた。また、同国はエネルギー資源が豊富であり、石炭・石油は輸出もされている。輸出状況は添付-表 30 (p.添付-44) の通り。



出典: IEA World Energy Balance (2018)から JICA 調査団作成

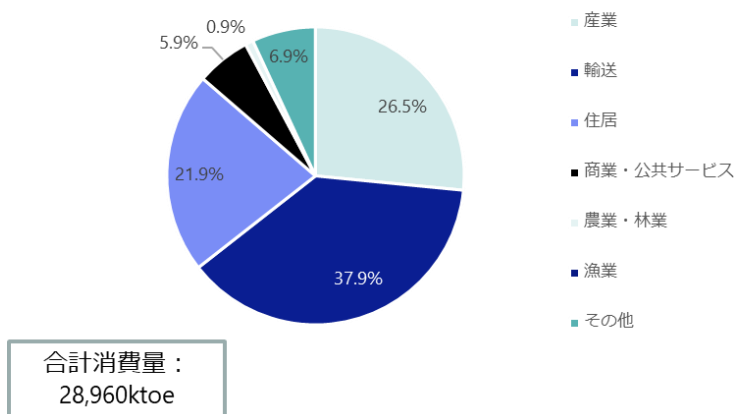
図 3.20 コロンビアのエネルギー供給源の構成 (2018年)

(2) セクター別エネルギー消費

以下の図は 2018 年のセクター別エネルギー消費構成を示している。合計消費量 28,960ktoeのうち輸送が 37.9%、産業が 26.5%を占める。輸送セクターにおける消費量の大部分は道路である。また、産業セクターの 81.7%が製造業、15.8%が鉱業から構成されている。さらに製造業のうち消費

量大きいものは食品・タバコ、非金属鉱物、鉄鋼等である。なおエネルギー供給量と消費量の差額は、エネルギーセクターの自家消費、統計差異等によるものである。

セクター別エネルギー消費（2018年、ktoe）



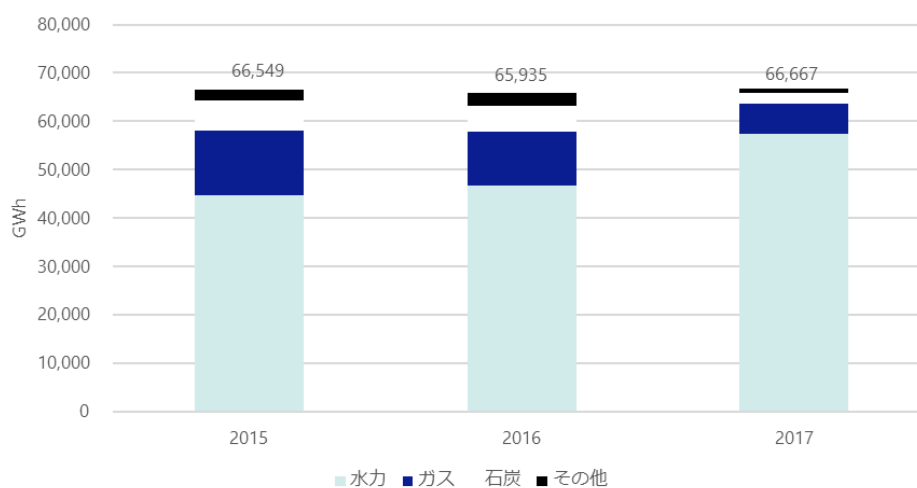
出典: IEA World Energy Balance (2018)より JICA 調査団作成

図 3.21 コロンビアのセクター別エネルギー消費（2018年）

(3) 発電

コロンビアにおける電力供給構成は、2015年から2017年にかけては水力発電が7割から8割と大きな割合を占めた。

電力供給構成（GWh）

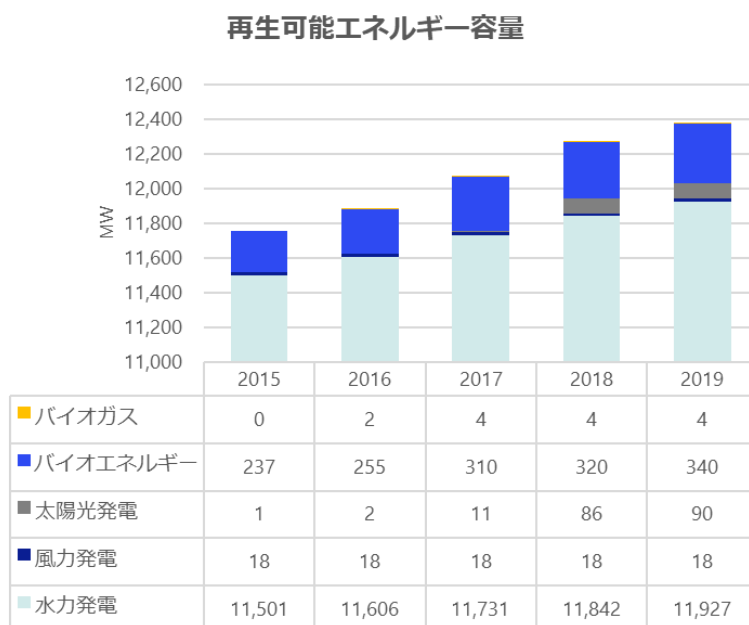


出典: UPME Boletín estadístico de minas y energía 2018より JICA 調査団作成

図 3.22 コロンビアの電力供給構成（GWh）

さらに、再生可能エネルギー容量は過去5年間において増加傾向にある。主な発電源である水力発電が過半を占めるが、バイオエネルギー及び太陽光発電も徐々に増加している。また、国際再

再生可能エネルギー機関（IRENA）は各国の再生可能エネルギーのポテンシャルを太陽光発電、風力発電、バイオマス発電の分野ごとに評価しているが、コロンビアの評価は添付-図 38 (p.添付-44) の通りであり、太陽光発電、風力発電、バイオマス発電ともに開発のポテンシャルがあると考えられる。なお、2022年までに再生可能エネルギーの全体電力の割合を74%（水力60%、その他再生可能エネルギー14%）までの導入を目標としている（エネルギートランジション計画）。2030年までに水力以外の再生可能エネルギーを25%までに増加するとされている。¹¹



出典：IRENA Renewable Energy Statistics 2020 より JICA 調査団作成

図 3.23 コロンビアの再生可能エネルギーの導入状況

表 3.30 コロンビアの再生可能エネルギーのポテンシャル

再生可能エネルギー種類	評価方法	コロンビアの評価結果
太陽光発電	1年間の1ユニットあたりPV出力量が7レベルに分類され、それぞれのレベルに分布する国土の割合が示されている	国土の8割程度が1200～1600kWh/kWp/yearのレベル（2～3番目に低い量）に該当し、地域間のPV出力量の差が比較的小さいと考えられる
風力発電	風力密度が7レベルに分類され、それぞれのレベルに分布する国土の割合を示されている	国土の90%程度が一番低いレベルである260W/m ² に該当し、世界平均と比較すると風力密度が低い地域が多い
バイオマス発電	バイオマスの生産性指標として利用されるNet Primary Production（純一次生産量）が示されている	9.5tC/ha/年と世界平均の3～4tC/ha/年より高い水準にある

出典：IRENA (2020) Energy Profile Colombia より JICA 調査団作成

¹¹ 鉱山エネルギー省大臣のインタビュー（<https://www.rcnradio.com/estilo-de-vida/medio-ambiente/colombia-busca-que-en-2030-la-energia-sea-en-un-70-de-fuentes>）

また、地熱発電の開発ポテンシャルも有すると考えられる。世界銀行のレポートによると、同国の地熱発電のポテンシャルは 1,340MW から 2,210MW と見積もられ、世界でも有数の地熱資源を有した国とされている。一方で、関連法制度や環境管理、調査開発ノウハウ等に課題が存在し、地熱発電事業の開発は進んでいない。

なお南米諸国では、気候変動に伴う降水量の増減が今後の水力発電容量に大きな影響を及ぼすと考えられている。この影響は地域によって異なり、コロンビアにおいては、沿岸地域の降水量は年平均 0.8% から 1.6% 増加すると見込まれている一方で、他地域は減少すると見込まれている。添付-図 39 (p.添付-45) はアンデス地域各国の水力発電容量の予測を示したデータであり（コロンビアは左の青色棒グラフ）、2020 年から 2059 年、2060 年から 2099 年のそれぞれの水力発電容量は、ベースライン（1970 年から 2000 年のデータ）と比較して大きく変わらないと予測されている。しかしながら、端な降水量や季節間の降水量差異がより頻繁に発生することが見込まれており、今後の水力発電の運営はこのような課題に対応する必要がある。

(4) エネルギーコスト、エネルギー関連収入・支出、電力輸出入

コロンビア国内燃料小売価格と電力価格の推移は下表の通りである。燃料小売価格は輸入価格をベースとして決定されており、国際市場における価格動向が国内価格にも一定程度影響を及ぼしていると考えられる。また、電力価格においては、電力取引所の価格変動が大きくなっている。

表 3.31 コロンビアの国内燃料小売価格

単位:ペソ/ガロン	2016	2017	2018
レギュラーガソリン	7,849	8,509	9,063
軽油	7,371	7,827	8,368

(注) 首都ボゴタ価格推移である。あた、2018 年は 1~7 月平均。

出典: UPME Boletín estadístico de minas y energía 2018 より JICA 調査団作成

表 3.32 コロンビアの国内電力価格の推移

単位:ペソ/kWh	2016	2017	2018
電力取引所	300.2	102.8	112.8
個別契約(平均)	156.3	167.8	177.7

出典: UPME Boletín estadístico de minas y energía 2018 より JICA 調査団作成

2019 年のコロンビア政府の税収は 209 兆 398 億ペソ（約 543.5 億 US ドル）であり、このうち石油税は 1 兆 5,852 億ペソ（約 4.1 億 US ドル）、石油サーチャージは 2 兆 898 億ペソ（約 5.4 億 US ドル）、ディーゼルスサーチャージは 5,996 億ペソ（約 1.6 億 US ドル）、炭素税は 4,369 億ペソ（約 1.1 億 US ドル）、プラスチックバッグに係る税は 373 億ペソ（10 百万 US ドル）であった。炭素税は 2017 年に導入され、すべての化石燃料に適用される。1tCO₂ あたりの税価格は 5US ドルとなっている。また、エネルギーインフラストラクチャーへの公共投資は、628 百万 US ドルであり、GDP の 1.4% を占めた。

また、コロンビア政府の化石燃料等に対する補助金は 6.6 億 US ドル（2019 年）であり、そのすべては石油向けであった。なお同国には明示的なカーボンプライスは存在しない。

電力の輸出入については、隣接するエクアドルとベネズエラと取引がある。輸入はエクアドルと行っており、2016年、2017年、2018年の輸入量はそれぞれ377.7GWh、78.2GWh、110.5GWhであった。輸出は双方の国との取引があり、エクアドルとは43.9GWh、0.1GWh、0.2GWh、ベネズエラとは0.8GWh、0.2GWh、0.1GWh（ともに2016年、2017年、2018年の数値）であった。

(5) 関連省庁

コロンビアのエネルギーセクターを管轄する主要な政府機関は下表の通りである。

表 3.33 コロンビアのエネルギーセクター関連省庁

機関・企業名	概要
鉱山エネルギー省(Ministerio de Minas y Energin、以下「MINMINAS」)	エネルギー及び鉱業を管轄し、政策策定、監督・規制を行う。戦略的目標として、炭化水素・電力エネルギーの供給保証、鉱山運営の競争を促進するフレームワークとメカニズムの構築、貧困層へのガス・電力供給の拡大、地域エネルギー統合の促進を掲げる。
エネルギー・ガス規制委員会 (Comision de Regulación de Energía y Gas、CREG)	MINMINAS内の組織であり、電力及びガスの規制を行う。
国家炭化水素庁(Agencia Nacional de Hidrocarburos: ANH)	コロンビアの炭化水素資源の管理、石油開発権益の契約、ロイヤルティの徴収を行う。炭化水素にかかる国家政策策定時にはMINMINASをサポートする役割も担う。
環境省 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible)	環境及び再生可能エネルギー分野を管轄し、政策策定、監督・規制を行う。

出典: 各省ウェブページより JICA 調査団作成

(6) 関連主要企業

電力セクターは、1994年に制定された電力法（Law143）により、卸電力市場（MEM）が創設され、電力部門への民間参入が可能となった他、発電・送電・配電・マーケティングの分離がなされた。MEMは、コロンビア政府が51.4%出資する送電会社 Interconexion Electrica S.A. E.S.P（以下「ISA」）のグループ会社であるXMによって運営されている。

電力法ではそれぞれの部門間での株式持合いが制限され、また部門内での過度の集中が制限されている。ただし、送電および配電は規制された地域独占ではあるが、オープンアクセスは保証されている。発電会社は単独で国全体の発電能力の25%を超えてはならず、配電会社は単独で国全体の電力販売量の25%を超えてはならない。また、発電会社は送電会社の株式の25%を保有してはならないという規制も存在する¹²。

現在の主要な電力会社はEMGESA（民間企業）、Empresas Publicas de Medellin (EPM、電力公社)、Isagen（旧国営企業、2016年に民営化）、AES Chivor & CIA 等である。2019年の国家電力網接続システムにおける発電量シェアは、EMGESAが22%、EPMが22%、Isagenが18%、AES Chivorが6%であった（添付-図 37 (p.添付-44)）。

¹² 経済産業省資源エネルギー庁 2018年 平成29年度国際エネルギー情勢調査（経済産業省資源エネルギー庁委託調査）

石油セクターは国営石油会社のコロンビア石油公社（Ecopetrol）が最大規模を誇る。

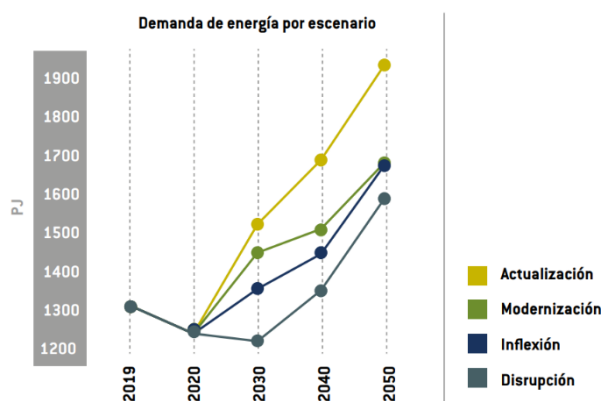
3.5.2. エネルギー政策・制度・計画（水素の位置づけ）、電源開発計画（需給に水素を見込む余地の有無など）

(1) エネルギー政策/電力会社の計画

■ 国家エネルギー計画 2020-2050（Plan Energetico Nacional 2020-2050）

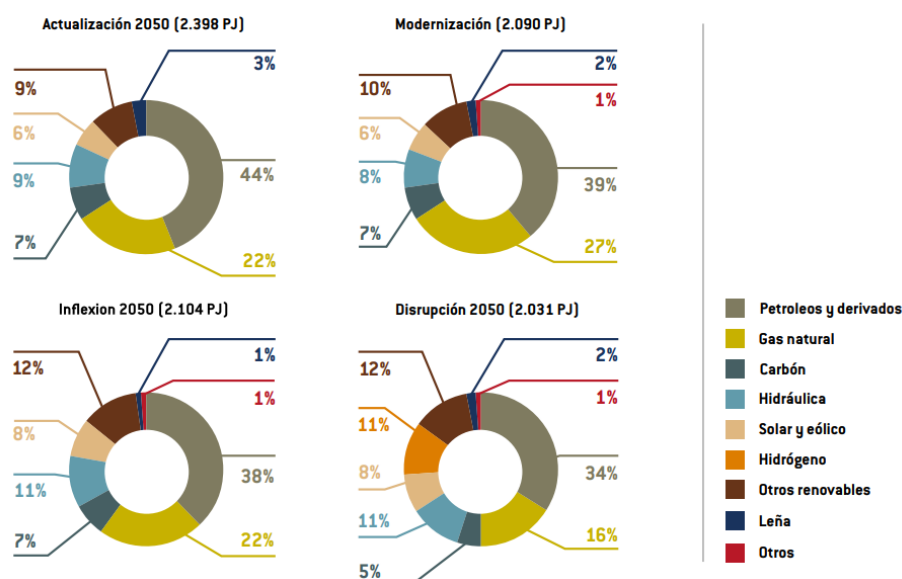
国家エネルギー計画 2020-2050（以下「国家エネルギー計画」）では、中長期的なエネルギーの多様化・安定供給を実現するために、代替エネルギー導入を促進することを目的としている。当計画では、Actualizacion（現状トレンドの継続）、Modernizacion（脱炭素に向けまずガス化を推進）、Inflexion（家庭・産業・輸送の各部門において一部電力化が進展）、Disrupcion（カーボンニュートラルにむけて技術イノベーションが進展）の4シナリオ毎に2050年までのエネルギー需要予測（図3.24）と、それに対する供給源構成（図3.25）が示されている。いずれのシナリオも化石燃料に依存するところがあるが、Disruptionシナリオは電力需要が抑えられ、かつ再生可能エネルギーや水素の供給割合が高い等、最も野心的なシナリオとなっている。

また輸送セクターは、技術革新や電気自動車の導入、水素エネルギーの開発によって、特にエネルギー消費の削減が進められるセクターとされている。



出典：MINMINAS Plan energetico nacional 2020-2050

図 3.24 コロンビアの2050年までのエネルギー需要



出典: MINMINAS Plan energetico nacional 2020-2050

図 3.25 コロンビアの 2050 年のエネルギー供給構成

- 発電・送電リファレンス拡大計画 2017-2031 (Plan de Expansion de Referencia Generacion – Transmission 2017-2031)

2017 年から 2031 年にかけての発電・送電線拡大計画であり、鉱業エネルギー計画局により公表された。本計画では、送電キャパシティの拡充を通じて解決すべき課題を特定している。例えばコロンビア北部では、再生可能エネルギーのキャパシティが大きい一方で、需要が限られており、需要が大きい他地域に電力を接続させる必要があるといった課題が存在する。

このような課題に対処するために、中期的には、北部における 220kV のフレキシブル交流送電システム (FACTS) の導入や 500/230 450MVA の変圧器の設置等、多くの地域において送電網を拡張する計画である。さらに長期的には、発電容量の増加や送電ネットワークの変動性増加に対応するために、変電所や変圧器等の整備を拡充していく計画である。

(2) カーボンニュートラルへの取組状況

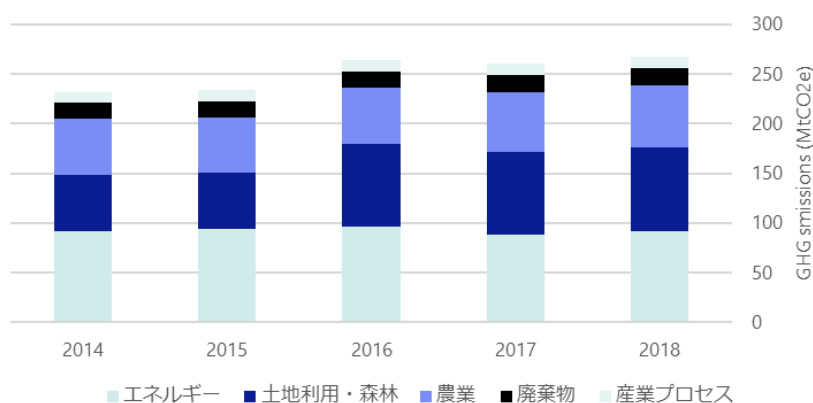
図 3.26 はセクター別の温室効果ガス排出量の推移を示した図である。2014 年から 2018 年の 5 年間にかけ、合計排出量は 232gMtCO₂e から 268gMtCO₂e と 15.5%増加した。2018 年の排出量をセクター別に見ると、エネルギーセクターが 34.3%、土地利用・森林が 31.3%、農業が 23.5%となっている。また、2018 年におけるエネルギーセクターの内訳は、輸送 32.0%、電力・熱 20.2%、漏洩排出 18.1%、製造・建設 16.6%等から構成される (図 3.27)。

温室効果ガスインベントリの内訳 (2014 年) は、合計 214,315GgCO₂e のうち、LULUCF 分野 (農地・森林等) が 49.9%、エネルギー分野 38.5%となっている。

コロンビアは 2020 年 12 月に提出した国が決定する貢献 (NDC) において、2030 年までに 2014 年水準と比較して温室効果ガスを 51%削減し、ブラックカーボン排出量を 40%削減することを目標としている。

また、国内においては2016年に炭素税及びプラスチックバッグ税が導入された。炭素税は、化石燃料によって生成される二酸化炭素の量に応じて、1トンあたり5USドルが課税される。さらに2021年3月の報道によると、MINMINASと電力セクターの8社が、国内の相互接続システムを運営するXM社の支援を受け、2050年までに国内相互接続システムをカーボンニュートラルとするための活動を共同で行うことを目指す協定に署名した。これにより、電力セクターは温室効果ガス削減の国家目標51%に貢献するとされる。また、コロンビアがキャップアンドトレード制度の炭素市場（Programa Nacional de Cupos Transables de Emisión de Gases de Efecto Invernadero (PNCTE))の準備を進めており、パイロットの実施を2023年以降に控えている。

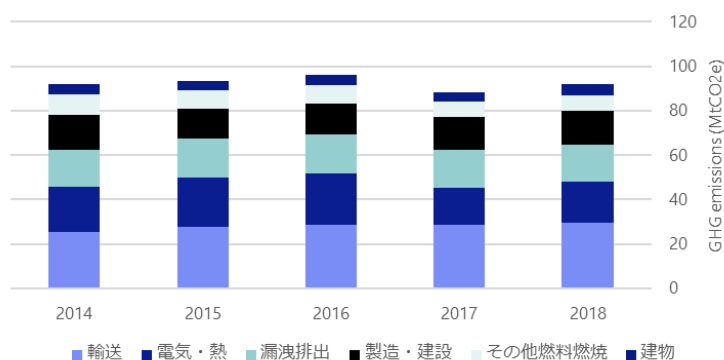
セクター別温室効果ガス排出量



出典：World Resources Institute Climate Watch より JICA 調査団作成

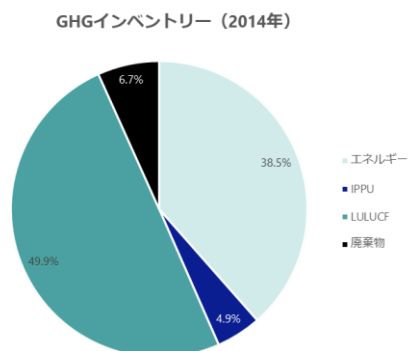
図 3.26 コロンビアのセクター別温室効果ガス排出量

エネルギーセクター温室効果ガス排出量



出典：World Resources Institute Climate Watch より JICA 調査団作成

図 3.27 コロンビアのエネルギーセクターの温室効果ガス排出量



出典：UNFCC Greenhouse gas inventory data より JICA 調査団作成

図 3.28 コロンビアの温室効果ガスインベントリの内訳 (2014年)

また、2021年にコロンビアがエネルギートランジション計画 (Transición energética: un legado para el presente y el futuro de Colombia) を公表した。再生可能エネルギーの割合増加 (水力 60%、その他再生可能エネルギー14%) を目標としている。また、交通部門においては電化の推進等が挙げられている。同計画では、水素をはじめ、洋上風力、地熱、海外への送電等による検討の必要が言及されている。

(3) 石油化学産業などの現状および将来見通し

コロンビア石油公社はコロンビア最大の石油会社であり、当社の2018年売上高はコロンビア GDP の約 8% を占める。過去 5 年間の同社の石油・ガス生産量と温室効果ガス排出量の推移は添付-図 41 (p.添付-46) の通りであり、石油・ガス生産量は 2016 年以降微減している一方で、温室効果ガス排出量は 2014 年から 2017 年にかけて増加している。なおコロンビア石油公社の直接排出量はコロンビア全体の 4.8% を占めるとされ、同社の脱炭素への取組は、コロンビアの国家目標の達成に大きな影響を与えられとされる。また、コロンビアの水素は主に石油精製に利用されていることから、今後グレー水素からの転用において同社の位置付けが重要になると想定される。

当社は国営企業として、国家目標に沿うかたちで脱炭素政策を打ち出しており、2030 年までに温室効果ガス排出量 20% 減 (2010 年比) を目指している。温室効果ガス削減の具体的な取り組みとして、石油精製セクター (当社の排出インベントリの 55%) におけるエネルギー効率改善、上流セクター (排出インベントリの 43%) における技術改善、再生可能エネルギーの導入 (太陽光発電、バイオ燃料発電等) を実施している。一方、再生可能エネルギーによる発電は自家消費にとどまる等の課題があり、今後は、太陽光発電を送電線につなぎ第三供給を実施する等の計画を実施段階にうつし、Scope 3 の達成を目指すとしている。

(4) 国内外送電網の状況

1) 国内送電網

国内送電線の電圧は 110kV から 500kV であり、総距離は 25,015km に及ぶ(2016 年 10 月時点)。また送電線網は国家電力網接続システム (Sistema Interconectado Nacional de Energia、以下「SIN」) と系統非接続地域 (Zonas No Interconectadas、以下「ZNI」) に分けられ、SIN が国内人口の 95% 以上をカバーしている。SIN はさらにローカル配電システム (220kV 以下、自治体等のローカルレベルの配電システム)、地域送電ネットワーク (110kV 以上 220kV 未満、ローカル配電システム外のネットワーク)、STN (Sistema de Transmision Nacional、220kV 以上) の 3 種類のネットワークから構成される。

STN は 11 の公社・国営企業によって所有・運営されている。ISA が最大規模を誇り、220kV 以上の送電線における同社のシェアは 70% 以上に及ぶ。また、国内全域にネットワークを有する唯一の企業でもある。その他の企業は、Empresa de Energía de Bogotá S.A. E.S.P. (EEB)、 Empresa de Energía del Pacífico S.A. (EPSA)、 Empresas Públicas de Medellín E.S.P. (EPM)、 Centrales Eléctricas del Norte de Santander S.A. E.S.P. (CNES)、 Distasa S.A. E.S.P.、 d Electrificadora de Santander S.A. E.S.P (ESSA)等が挙げられる。

国外においては、電力の輸出入取引があるベネズエラとエクアドルと送電線がつながっている。また、パナマとコロンビアをつなぐ送電線建設計画が進行している。本送電線により、コロンビアは中米電力連系システム (SIEPAC) との接続が可能になり、再生可能エネルギーの融通を通じた燃料調整や温室効果ガス排出量削減、乾季の電力輸入等が可能になると考えられる。なお、本事業は ISA とパナマ送電公社 (ETESA) が出資する Interconexion ELéctrica Colombia-Panama (ICP) が主体となって進めている。

国内送電網地図は添付-図 40 (p.添付-45)を参照。

2) 国際送電網

国際送電網については、添付 (1.2(2)) を参照。

3.5.3. 水素技術の活用・導入状況 (伝統技術・新技術、グレー/ブルー/グリーン水素)

コロンビアでは 2021 年 8 月に MINMINAS により水素ロードマップ (案) (以下「ロードマップ」) が公開され、2021 年 8 月 15 日までを期限としてパブリック・コンサルテーションが実施された。ロードマップ案では、同国における水素経済の発展に向けた方向性が詳述されている。

ロードマップ案においては、コロンビアのブルー水素及びグリーン水素双方の生産可能性が認識されている。既述の通り国内の化石燃料資源が豊富であることから、天然ガスをブルー水素製造に利用することができ、二酸化炭素回収技術がブルー水素製造を補完する可能性も考えられる。またブルー水素は、石油化学工業等のエネルギー消費型の産業にとって有用であると評価されている。コロンビアは、ブルー水素を活用して水素サプライチェーンの構築を開始し、のちにグリーン水素の製造にも活用することを目指している。

同時に、コロンビア国内は再生可能エネルギー資源も豊富である。水力発電は発電量の7割を占める可能性があり、風力及び太陽光発電のポテンシャルも高い。ロードマップにおいては、再生可能エネルギーの開発とともにグリーン水素の需要が増加していくことも予測している。なお、水素は下表の3段階に分けて導入されることが検討されている。

表 3.34 コロンビアの水素エネルギー拡大に向けたステップ

第1段階(2030年まで)	ブルー水素及び風力発電に基づいた水素サプライチェーンの構築
第2段階(2030～2040年)	ブルー水素とグリーン水素の共存。2035年にはブルー水素がグリーン水素より競争力を持つことが予想される
第3段階(2040年以降)	グリーン水素の競争力が更に高まる

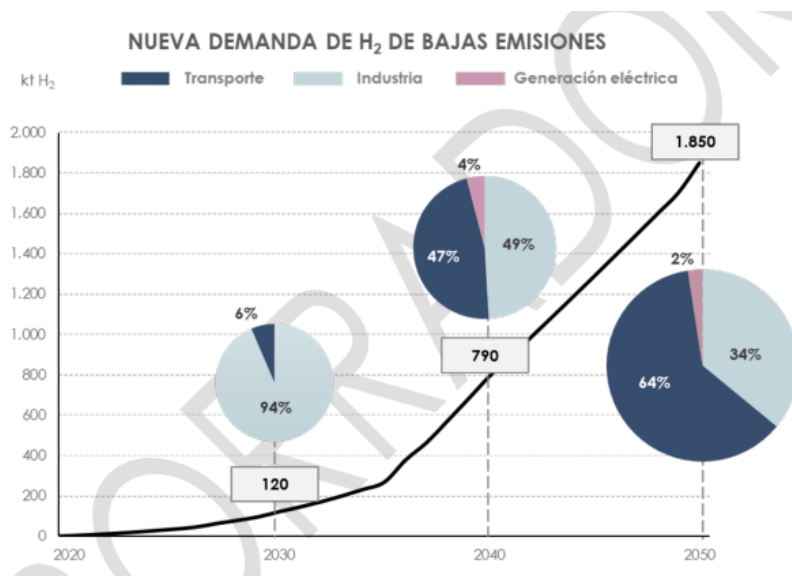
出典: MINMINAS Hoja de ruta del hidrogeno en Colombia (2021)より JICA 調査団作成

水素の需要が特に高まるセクターとして、産業セクターと輸送セクターが挙げられており、輸送セクターの需要はより中長期にわたるものにとらえられている。一方、発電における水素需要は低い水準にとどまると考えられている。そのため、第一段階としてまず水素を重輸送や石油化学産業において活用し、肥料生産や軽輸送における活用はその次の段階になると考えられている。また長期的には、航空輸送やその他の産業における水素利用も考えられている。これらのセクター利用に関する点は下表の2030年までの目標にも反映されている。

表 3.35 コロンビアの水素導入に関する2030年までの目標

<ul style="list-style-type: none"> - 2030年までに以下の達成を目標とする - 電解キャパシティーを1GWとする - グリーン水素の製造コストを1kgあたり1.7USドルとする - ブルー水素を50kt製造する - 水素エネルギーを利用した軽量車両及び重量車両の導入目標をそれぞれ少なくとも1,500～2,000台、1,000～1,500台とする - 産業界における低炭素水素の原材料割合を40%にまで高める - 2030年までに少なくとも25億USドルの投資資金を動員し、その大部分を民間投資とする

出典: MINMINAS Hoja de ruta del hidrogeno en Colombia”より JICA 調査団作成



訳: Nueva Demanda de H₂ de Bajas Emisiones: 低炭素水素の需要予測、Transporte: 交通部門、Industria: 産業部門、Generacion electrica: 電力部門
出典: MINMINAS Hoja de ruta del hidrogeno en Colombia

図 3.29 コロンビアで水素利用が見込まれるセクター

さらに、コロンビアは水素の製造・輸出の国際的なハブになることも目指している。同国は中央アメリカおよび南アメリカの地域市場にアクセスがあり、石油化学製品の輸出向け港湾インフラストラクチャーが既に整備されているため、これらの設備を水素輸出向けに活用することも考えられる。

低排出型の水素ロードマップの実現には、水素製造・輸送・消費の各サプライチェーンにおける官民双方の投資が非常に重要である。エネルギー転換法 (Law 2099、2021年7月発行) では、再生可能エネルギープロジェクトへの税優遇制度等が整備され、エネルギー貯蔵システムやスマートメーターシステム、機械設備投資等の分野においても税優遇が適用されるようになった。この他においても水素目標の実現のために以下のような項目が挙げられている。

表 3.36 コロンビアの水素開発に向けた課題

項目	詳細
環境整備	法的規制、規則と責任の明確化、国際協力の推進等
市場開発の支援	製造及び需要サイドの支援、Law 2099の運用、水素製造を支える電力システム規制の適用、国内の水素関連団体の支援、グリーン水素に利用できる自然資源の評価、産業界における水素活用の促進、輸送セクターにおける水素利用計画の策定等
インフラストラクチャー開発の支援	水資源の評価、天然ガス設備の水素への転用可能性の評価、チャージステーション導入計画の策定、水素輸出設備の建設等
能力開発	水素等に関する国際会議やワーキンググループへの参加促進、能力強化計画の作成、コミュニティへの啓発活動等

出典: MINMINAS Hoja de ruta del hidrogeno en Colombia より JICA 調査団作成

また、水素に関する下記のパイロット事業の実施が予定されている：

- Promigas 社：交通セクターへの利用、分散型電源、天然ガスとの混合、における 4 つのアプリケーションセグメントの研究
- コロンビア石油公社：50kv 電解事業を導入
- TGI 社：天然ガスとの混合による運搬可能性

3.5.4. 官・民取り組み状況、他ドナー支援状況

本邦機関やその他国際機関によるエネルギー、再生可能エネルギー、水素分野における主な支援状況は添付(5.5)の通り。水素について、既にドナー調整会議(IDB、AFD、KfW、Exim、KOICAが参加)が実施されている。

3.6. ウルグアイ

ウルグアイの基礎情報は下表のとおり。

表 3.37 ウルグアイの基礎情報

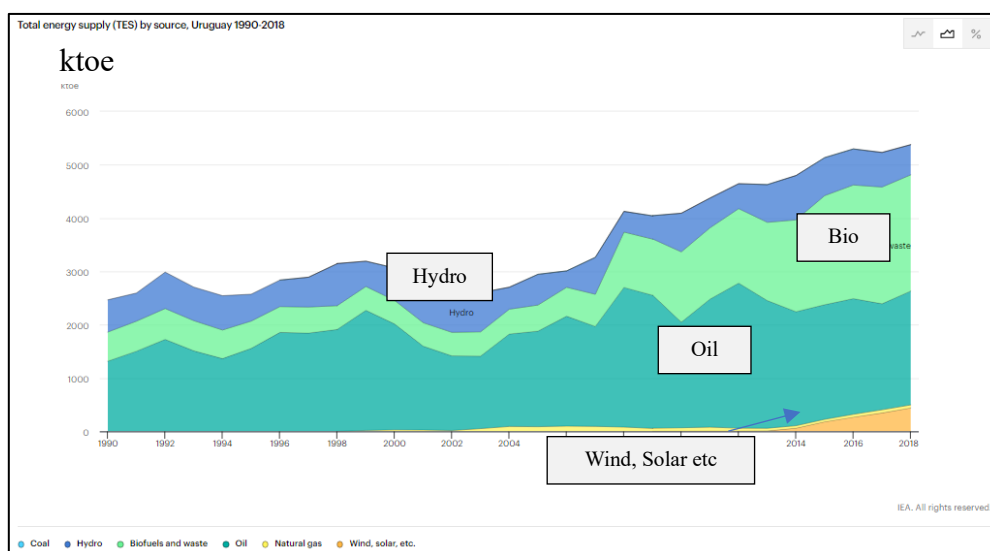
面積	17.6万km ²
人口	346万人(2019年、世銀)
GDP(名目)	560.5億ドル(2019年、世銀)
一人当たりGNI(名目)	16,190ドル(2019年、世銀)
主要産業	農牧業、製造業(特に商品加工)、サービス業

出典:外務省 HP より調査団作成

3.6.1. エネルギーセクターの概況 (エネルギー需給、水素の位置づけなど)、関連機関の役割 (特に水素全般に関連して)

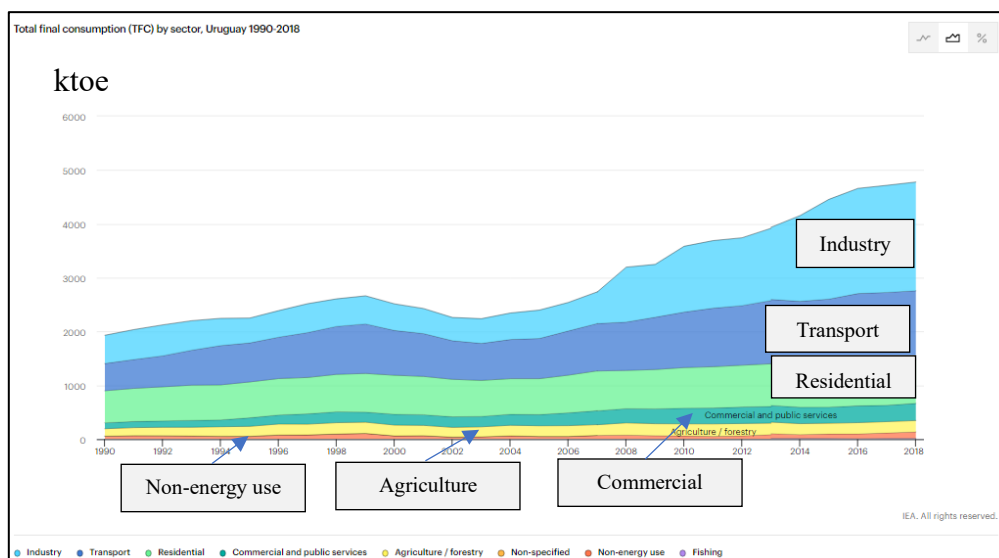
(1) エネルギーバランス

IEA が取りまとめた、ウルグアイにおけるエネルギー需給状況を、ソース別エネルギー供給量とセクター別エネルギー消費量にて概観したものが次に示す図である。供給側は石油、バイオ燃料などが中心となっており、水力がそれらに続く。また、風力、太陽光などの再生可能エネルギーも増加傾向にある。



出典:IEA.(2018). エネルギーデータ Retrieved from <https://www.iea.org/data-and-statistics>

図 3.30 エネルギーソース別総エネルギー供給量の推移 (ウルグアイ : 1990-2018 年)



IEA.(2018). エネルギーデータ Retrieved from <https://www.iea.org/data-and-statistics>

図 3.31 セクター別エネルギー消費量の推移(ウルグアイ：1990-2018年)

産業部門が消費の割合が最も大きく、交通（民生利用も含む）がその次となる。交通部門では石油製品が中心であり、産業ではバイオマス、水力などからの電力が中心と想定される。

(2) エネルギーコスト

以下の表は、オクタン価 95 ガソリン、通常のディーゼル、およびその他の燃料の 1 リットルあたりの最新の価格を示している。これらは、すべての税金と手数料を含む小売（ポンプ）での価格である。

表 3.38 ウルグアイにおける燃料価格

Fuels,	price per liter	Year	UYU	USD
Gasoline prices	14.06.	2021	65.47	1.498
Diesel prices	14.06.	2021	45.29	1.036
Kerosene prices	14.06.	2021	44.5	1.018

出典: Global Petrol Prices. (2021). Retrieved from

https://www.globalpetrolprices.com/documents/Sources_and_methods_GP.添付-pdf

次の表は、kWh あたりの電気料金を示している。家庭の平均年間電力消費量、ビジネスでは、1,000,000kWh の年間消費量を示している。

表 3.39 ウルグアイにおける電気料金

Electricity	price per liter	Year	UYU	USD
Households	01.09.	2020	8.72	0.2
Business	01.09.	2020	4.097	0.094

出典: Global Petrol Prices. (2021). Retrieved from

https://www.globalpetrolprices.com/documents/Sources_and_methods_GP.添付-pdf

(3) エネルギー関連の支出（輸入エネルギーのコスト、補助金制度など）、収入（税金など）

ウルグアイをはじめとする南アメリカでの電力取引の概要を示す。パラグアイにおいては純輸出を示している。

表 3.40 南米における電力取引概要

Particular	Argentina	Brazil	Chile	Paraguay	Uruguay
Electricity Imports(bil. kWh)	9.8	25.0	0.0	0.0	0.0
Electricity Exports(bil. kWh)	0.3	0.2	0.0	42.0	1.2
Net Imports	9.5	24.8	0.0	-42.0	-1.2
Remarks: Year	2018	2019	2019	2019	2018

出典: US Energy Information Administration (EIA).(2020). Retrieved from <https://www.eia.gov/international/overview/world>

(4) 現在の電力の輸出入の状況

ウルグアイでは 2019 年までは電力輸入が輸出を上回っていたが、2020 年においては電力輸出が輸入を上回り、電力輸出は増える傾向にある（添付-図 42、添付-図 43 (p.添付-49)）。

(5) 再生可能エネルギーの導入状況、ポテンシャルおよび課題

1) 再生可能エネルギーの導入状況

バイオ燃料や廃棄物を含む再生可能エネルギー源は、総エネルギー供給の約 60%を占めており、残りの供給は石油製品によるものである。風力と太陽光からの供給は 2014 年から増加傾向にある。

高い GDP 成長と電力の産業消費を反映し、ウルグアイのエネルギー需要は絶えず増加している。この国は天然の化石燃料資源を持っておらず、多くの水力発電所があるものの乾期においては十分な発電量を確保できないためアルゼンチンから最大 400 米ドル/ MWh で電力を購入することを余儀なくされている。

2008 年、Política Energética ウルグアイ 2030 の承認によって、2015 年までに、電力需要の 15%を再生可能エネルギー源（風力、バイオマス、マイクロ水力プロジェクト）から得るという目標を設定した。2013 年に、この目標は再生可能エネルギーによって生成される総容量の 90%に見直された。

世界風力エネルギー協会（World Wind Energy Association）によると、ウルグアイには膨大な風力資源があり、2014 年に世界で最も急成長している風力市場として挙げられている。600MW の設備容量を有しており、追加 600MW が建設中である。EY 再生可能エネルギー国別魅力度指数の予測によると、ウルグアイは総エネルギー構成に占める風力エネルギーの世界的リーダーであるとしている。

ウルグアイは、Nordex や Gamesa などの多くの海外企業を招き、オークションプロセスを通じて風力発電を開発してきた。オークションを通じて、2013 年に約 21 のプロジェクトが、国営配電会社との 20 年間の PPA を保証する契約が結ばれた。風力発電所の設置に費やされる約 20 億米ドル

は、これまでのところ国内で最大の投資の1つであるとされている。2014年3月には、140MWのパンパ風力発電所への融資が完了した。これは国内の最大の風力発電所である。2015年9月、Enel Green Powerは、ウルグアイで最初の風力発電所である50MWMelowindプロジェクトを完了した。

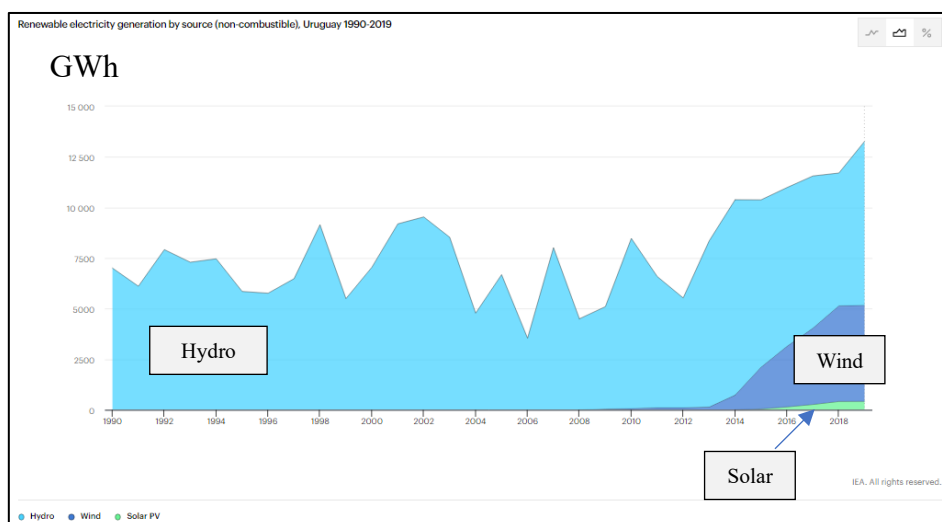
バイオマス資源は現在、最大の再生可能エネルギー源であり、2014年の発電量の13%を占めている。この源泉は、ウルグアイの農業、畜産、林業により、さらに大きな可能性を秘めている。この観点から、ウルグアイは都市廃棄物バイオマスプラントの建設のために環境補助金を検討中で、2010年に導入されたバイオマスの限定的な固定価格買取制度はその後改訂され、現在の運用になっている。

さらにウルグアイには、太陽光発電およびSTEプロジェクトを開発するのに十分な日射量がある。ウルグアイ政府とともにこれらの技術を開発するための「PlanSolar」フレームワークを開発したUTEは、国のPV発電量が2013年の362MWhから1年後に653MWhに増加したと報告している。

2) 再生可能エネルギーのポテンシャル

Climate scope 2014は、ウルグアイをクリーンエネルギー投資と気候ファイナンスのスケールで6位にランク付けしている。2006年から2012年にかけて、3億9,400万米ドルの資金が再生可能エネルギープロジェクトに投資され、2012年には43%増加した。最近のオークションで成立した多くの契約が資金調達を達成するにつれて、投資は今後数年間でさらに成長する可能性がある。これまでのところ、主にOPIC、IDB、IFC、MIFなどの国際機関が再生可能エネルギープロジェクトに資金を提供してきた。2014年にIDBは、ウルグアイの最初のユーティリティ規模プロジェクトである64.8MWの「ラジャシクタ」ソーラーファームに6,590万米ドルを承認し、2015年5月に7,200万米ドルの形で重要な財政支援を行った。

ウルグアイにおける再生可能エネルギーによる発電量をソース別に見たものが次の図である。2013年ぐらいまでは全量が水力発電によるものであったが、その後は特に風力の開発が急速に進んでいる。また太陽光についても近年増加傾向にある。今後も再生可能エネルギー開発の政策は変更がないと想定されるため、風力、太陽光の開発は進むものと考えられる。



出典: IEA.(2018). エネルギーデータ Retrieved from <https://www.iea.org/data-and-statistics>

図 3.32 ソース別再生可能エネルギーによる発電量の推移 (ウルグアイ : 1990-2019 年)

3) 再生可能エネルギーの導入にあたっての課題

・ 開発支援

再生可能エネルギー開発にかかる規制枠組みは、他のラテンアメリカ諸国と比較しても多様な内容となっている。2007 年に投資促進政策が承認され、企業は、雇用創出、地方分権化、輸出の増加、国内の付加価値の増加、クリーンテクノロジーの使用、研究開発とイノベーションの増加、そしてプロジェクトの経済へのインパクトなどを条件に、税金免除が可能となった。2012 年 2 月に発効した法令 002/012 に基づき、新しい案件評価がなされるようになった。さらに、再生可能エネルギー産業に関連する特定の活動を支援する政令 354/0091 は、VAT の免除、輸入税および手数料などの税制上の優遇措置を認めている。

さらに、太陽熱エネルギー推進に関する法律 18/585 は、税制上の優遇措置と、ホテル、スポーツクラブ、病院に対して、熱水に必要なエネルギーの 50%を太陽熱から取得する義務を通じて太陽熱エネルギーの開発を促進している。最後に、法令番号 173/010 は、低電圧配電ネットワークに接続されている加入者に再生可能エネルギー発電システムの設置を許可している。

・ 課題

適切な送電ネットワークの拡張などの技術的な課題に加えて、再生可能エネルギープロジェクト開発のための適切な資金調達を継続的に開発を促進させるための前提条件である。政府が提供するインセンティブと、隣接するアルゼンチンの金融危機によって引き起こされた 2002 年の金融危機からのウルグアイの回復にもかかわらず、適切な資金源を見つけることは依然として課題となっている。地方銀行には大規模なインフラプロジェクトの費用を賄う能力がないため、国際的な金融機関との連携が最も重要である。ウルグアイは比較的小規模で融資可能性が十分検証されていない市場であるため、多くの国際金融機関がウルグアイを迂回して、より大規模でより多くの市場に参入している。

ブラジルなどからの支援、ウルグアイの比較的安定した政治システム、UTE などの国営公益事業からの強力な支援、および対外債務の返済の強力な実績は、これらの問題を克服するのに役立つはずであり、ウルグアイは南米で最も高い電化レベルの 1 つであるため、南アメリカ諸国と比べても良好な投資環境である。

(6) 関連省庁

- ・ 工業・エネルギー・鉱業省 (MIEM: Ministry of Industry, Energy and Mining)

工業・エネルギー・鉱業政策を所掌。水素政策についても経済財務省と連携してプロジェクトを展開している。

- ・ 電力市場監督局(ADME: Administracion del Mercado Electrico)

電力市場の管理・運営を担当。

1997 年に制定された電気事業規制枠組みに関する政令によって卸電力市場が創設されるとともに発電事業への民間企業の参加が可能となっている。

- ・ エネルギー・水サービス規制局(URSEA: Unidad Reguladora de Servicios de Energia y Agua)

公共サービスの規制を担当する独立機関。

(7) 主要企業

- ・ ウルグアイ国営電力発送電局 (UTE: Administracion Nacional de Usinas y Transmisiones Electricas)

発送配電を垂直統合した発電公社。

- ・ 国家燃料・アルコール・ポルトランド管理会社。Administración Nacional de Combustibles, Alcoholes y Portland(ANCAP) (National Administration of Fuels, Alcohols and Portland)

燃料、アルコール飲料、ポルトランドセメントを取り扱う政府関連企業。石油精製工場を有する。

3.6.2. エネルギー政策・制度・計画（水素の位置づけ）、電源開発計画（需給に水素を見込む余地の有無など）

(1) エネルギー政策

ウルグアイは、水資源が豊富であり、電力供給の主力を水力発電が担っていたが、同時に火力発電（主に石油火力）も積極的に導入された。しかし、ウルグアイは増加するエネルギー需要を満たしつつ、エネルギー源の多様化、石油依存からの脱却を図るため、再エネの開発促進を目指し、諸外国から再エネへの投資を積極的に誘致してきた。

具体的な再エネ導入拡大に向けた取り組みとして、政府は国内、国外企業を対象にした投資優遇策を実施している。政府に認可されたプロジェクトはその種類によって 20～100%の法人税が減税（通常の法人税率は 25%されるほか、固定資産については富裕税(wealth tax)が免除される。なお、国内産業と競合しない固定資産の輸入については関税が免除される。その結果、再エネ導入拡大に

成功しており、発電電力量の 98%程度がバイオマス、水力、風力、太陽光などの再生可能エネルギーとなっている。

表 3.41 ウルグアイのエネルギー政策

#	政策	概要																						
1	国家エネルギー政策 (National Energy Policy) 2005- 2030	全体的な政策目標は、エネルギーミックスを多様化し、化石燃料への依存を減らし、エネルギー効率を改善し、国内資源、主に再生可能エネルギーの使用を増やすことである。この計画では、2015年までに再生可能エネルギー源からの一次エネルギーの50%を目標としている。これには、発電、産業および家庭用熱、輸送用の再生可能エネルギーが含まれる。																						
2	2008年エネルギー政策	<p>2008年エネルギー政策によって再生可能エネルギー開発に転換を図り、その後の実施計画においてウルグアイの再生可能エネルギーの現状と将来について次のように提案されている。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>#</th> <th>カテゴリー</th> <th>時期</th> <th>戦略概要</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">1</td> <td rowspan="2">送電システム開発</td> <td>2018年～2020年</td> <td>風力発電の発電量予測と風力発電の予測と制御のための技術の導入</td> </tr> <tr> <td>2020年～2030年</td> <td>スマートメーター導入。クリーンエネルギーの増加。</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">2</td> <td rowspan="2">風力開発</td> <td>2018年～2020年</td> <td>系統計画技術の必要性から風力発電の導入率が高い場合の系統計画や、電圧の情報システムを開発、提供。</td> </tr> <tr> <td>2020年～2030年</td> <td>揚水発電所、タービン発電所、デマンドサイド・マネジメント。エレクトリックモビリティを含む技術開発、ITソリューションの開発。</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">3</td> <td rowspan="2">太陽光</td> <td>2018年～2020年</td> <td>発電予測を可能にするシステム、利用可能なリソースと発電管理システムなどの開発</td> </tr> <tr> <td>2020年～2025年</td> <td>コントロールとメンテナンスシステムの向上により、大太陽光発電所の稼働率を向上。ハイブリッド(風力・太陽光)プラントの開発を期待。</td> </tr> </tbody> </table>	#	カテゴリー	時期	戦略概要	1	送電システム開発	2018年～2020年	風力発電の発電量予測と風力発電の予測と制御のための技術の導入	2020年～2030年	スマートメーター導入。クリーンエネルギーの増加。	2	風力開発	2018年～2020年	系統計画技術の必要性から風力発電の導入率が高い場合の系統計画や、電圧の情報システムを開発、提供。	2020年～2030年	揚水発電所、タービン発電所、デマンドサイド・マネジメント。エレクトリックモビリティを含む技術開発、ITソリューションの開発。	3	太陽光	2018年～2020年	発電予測を可能にするシステム、利用可能なリソースと発電管理システムなどの開発	2020年～2025年	コントロールとメンテナンスシステムの向上により、大太陽光発電所の稼働率を向上。ハイブリッド(風力・太陽光)プラントの開発を期待。
#	カテゴリー	時期	戦略概要																					
1	送電システム開発	2018年～2020年	風力発電の発電量予測と風力発電の予測と制御のための技術の導入																					
		2020年～2030年	スマートメーター導入。クリーンエネルギーの増加。																					
2	風力開発	2018年～2020年	系統計画技術の必要性から風力発電の導入率が高い場合の系統計画や、電圧の情報システムを開発、提供。																					
		2020年～2030年	揚水発電所、タービン発電所、デマンドサイド・マネジメント。エレクトリックモビリティを含む技術開発、ITソリューションの開発。																					
3	太陽光	2018年～2020年	発電予測を可能にするシステム、利用可能なリソースと発電管理システムなどの開発																					
		2020年～2025年	コントロールとメンテナンスシステムの向上により、大太陽光発電所の稼働率を向上。ハイブリッド(風力・太陽光)プラントの開発を期待。																					

出典: JICA 調査団

(2) 電力会社の計画

2008年の国家エネルギー政策では、風力、バイオマス、小水力発電から15%の電力を目標に設定したがこの目標は達成しており、2013年末現在発電量の83%は、大規模な水力発電を含む再生可能エネルギーによるものである。ウルグアイの国営電力会社 UTE は、エンドユーザーの価格調整と電力網のより効率的な管理に重点を置くために 2020-25 戦略を更新した。UTE によれば、フィンランドの林業グループ UPM が開発している 30 億米ドルのセルロース処理プラントからの 150MW の追加により、ウルグアイは 2028 年までの電力供給を確保している。

政府にとっての大きな課題は、エンドユーザーの価格を改訂することである。UTE は支出削減も求められ、電気料金は経済政策上重要な課題となっている。他方、同社のエンドユーザー価格調

整は新しいビジネス戦略の重要な要素であり、エネルギー・水サービス規制局(URSEA)の URSEA と対話して実施する必要があると UTE は考えている。

今後数年間のUTEのもう1つの主要な目標は、クリーンエネルギーの輸出を増やすことである。同社がウルグアイの需要以上のエネルギーを生産できることを考えると、近隣諸国への輸出は資産の効率的運用に資すると考えられる。UTE はまた、NOC Ancap および産業・エネルギー・鉱業省 (Miem) と協力して、ウルグアイの水素開発戦略をさらに発展させようとしている。2021 年 4 月、MIEM、ABACP、および UTE は、ウルグアイの運輸セクターに水素燃料電池を装備する Verne プロジェクトを発表した。

プロジェクトの一環として、国の水素生産と輸送能力をテストするために 10 台のパイロットトラックが装備される予定で、プロジェクトの入札は、運輸会社と水素製造会社を対象に実施準備中である。

(3) カーボンニュートラルへの取組状況

ウルグアイにおけるカーボンニュートラルの目標を次に示す。エネルギーに分野の CO2 排出に関しては国内リソースでの実施の場合、1990 年比率で 25%の削減を 2030 年までに達成することを目標としている。

ウルグアイ NDC の内容は以下の通りである。

表 3.42 ウルグアイの NDC の概要

ガス	セクター		2030 年削減目標 1990 年ベースと比較した削減目標%	
			国内リソースでの実施	追加手段を含む実施
CO2	国内リソースによる 2030年までのネット 削減量	LULUCF	年間13,200Gg	年間19,200Gg
		エネルギー	GDP比排出効率を25%削減	GDP比排出効率を40%削減
			発電単位あたり排出量を 40gCO2/kWh以下	発電単位あたり排出量を 20gCO2/kWh以下
産業プロセス	単位GDPあたり排出効率を参照 値レベルを維持	単位GDPあたり排出効率を40% 削減		
CH4	牛肉生産		単位牛肉生産あたり排出効率を 33%削減	単位牛肉生産あたり排出効率を 46%削減
	廃棄物		単位GDPあたり排出効率を44% 削減	単位GDPあたり排出効率を68% 削減
	その他セクター		単位GDPあたり排出効率を45% 削減	単位GDPあたり排出効率を41% 削減
N2O	牛肉生産		単位牛肉生産あたり排出効率を 31%削減	単位牛肉生産あたり排出効率を 46%削減
	その他セクター		単位GDPあたり排出効率を40% 削減	単位GDPあたり排出効率を55% 削減

出典:ウルグアイ環境省 (Uruguay, Contribución prevista determinada a nivel nacional)

ウルグアイにおける CO2 排出状況を添付-図 45 (p.添付-51)、温室効果ガスの排出状況を添付-図 46 (p.添付-52) に示す。2016 年のウルグアイの CO2 排出量は 6,508,013 トンであった。CO2 排出量は前年比 1.91%増加し、CO2 排出量が 6,385,814 トンだった 2015 年に比べて 122,200 トン増加した。また、ウルグアイの一人当たりの CO2 排出量は、一人当たり 1.90 トン (2016 年の人口 3,424,129

人に基づく)に相当し、2015年の一人当たり1.87CO₂トンの数値から0.03増加している。これは、一人当たりのCO₂排出量の1.6%の増に相当する。

ウルグアイ政府による、電力部門における地球温室効果ガス削減にかかる取り組み対応としては、風力などの再生可能エネルギーの開発促進、交通運輸部門での燃料転換、エネルギー利用の効率化などが中心となっている。緩和行動の進捗については添付-図 47 (p.添付-52)を参照のこと。

(4) 石油化学産業などの現状および将来見通し

ウルグアイにおいて大きな石油化学産業は存在しない。

(5) 国内外送電網の状況

1) 国内送電網

ウルグアイの国内基幹送電線はすべてUTEが所有、運営している。高圧送電線網は500kVで構成されており、モンテビデオから北東のメロまで、西はパイサンドゥ、コンセプシオンデルウルグアイまで延長されている。また中圧送電線は150kV、60kVで構成されており、モンテビデオを起点とすると東はプンタデルエステ、ジャグアラン、西はコロニアデルサクラメント、北はフアンパブロテラまで全国の需要地をカバーしている。ウルグアイの送電網図は添付-図 44 (p.添付-50)を参照のこと。

2) 国際送電網

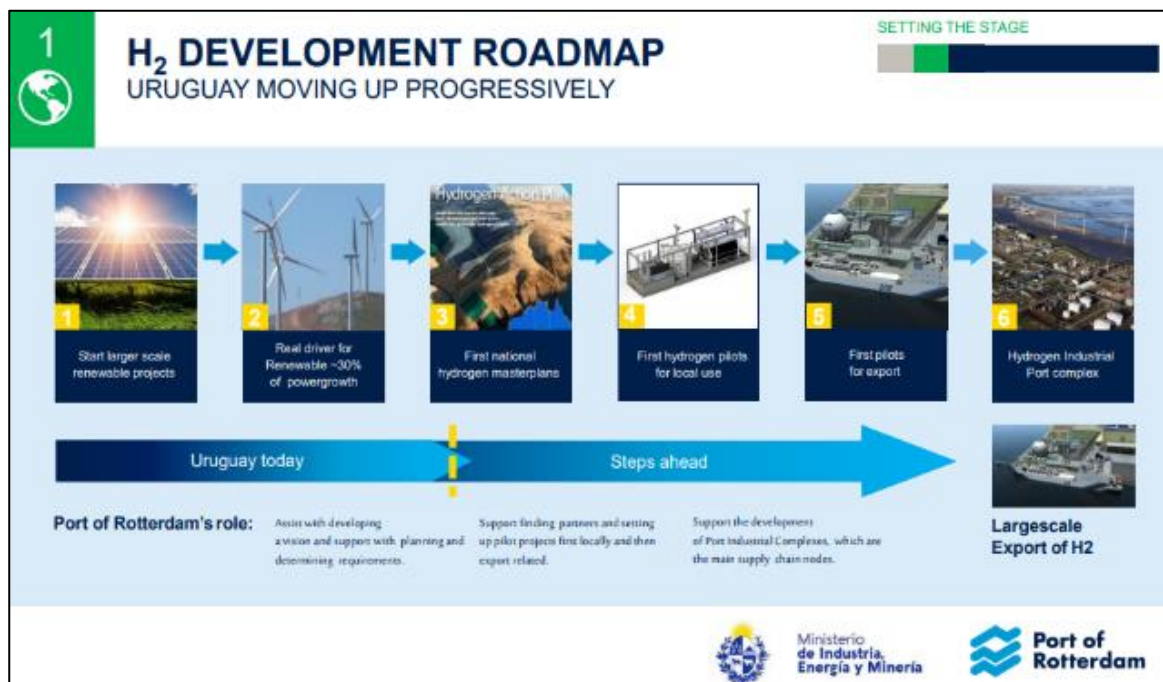
国際送電網については、添付(1.2(2))を参照。

3.6.3. 水素技術の活用・導入状況(伝統技術・新技術、グレー/ブルー/グリーン水素)

ウルグアイは、グリーン水素プロジェクトを開発するために持続可能な開発目標のための国連共同基金(United Nations Joint Fund for the Sustainable Development Goals (SDGs))からの資金1,000万ドルを適用する予定である。資金は、国の産業エネルギー鉱業省(MIEM)によって、国家エネルギー局(DNE)を通じて確保され、他のすでに協力を約束している多国間組織からの資金提供(総額7000万ドル)によって補完されることになっている。

この資金は、とりわけ、ウルグアイの燃料、アルコールおよびポートルランドセメントの国家管理局(National Alcohol and Portland Fuel Administration (ANCAP)、ウルグアイの電力会社UTE、およびMIEM自体によって管理運営され、グリーン水素生産による輸送の電化のためのパイロットプロジェクトであるヴェルヌプロジェクトに利用される。

ウルグアイでは、グリーン水素の開発は、公的レベル(MIEM、ANCAP、およびUTEによって形成された機関間水素グループ)だけでなく、民間部門および学術/大学部門の両方でも検討されてきている。2021年にウルグアイはグリーン水素開発戦略構築を行い、現在、IDB(米州開発銀行)との技術協力の枠組みの中で取り組んでいる。



出典: Ministerio de Industria, Energía y Minería. (2021). Uruguay-Port of Rotterdam Hydrogen Supply Chain. Retrieved from <https://www.gub.uy/ministerio-industria-energia-mineria/comunicacion/noticias/hidrogeno-verde-eslabon-clave-para-completar-transicion-energetica>

図 3.33 水素開発におけるロードマップ（ウルグアイ）

・ H₂U パイロットプロジェクト

ウルグアイは、電力部門において再生可能エネルギーを積極的に開発している。により、近年、電気マトリックスがほぼ完全に脱炭素化されている。

このプロセスの自然な継続性として、ウルグアイは経済の他のセクター（運輸および産業）の脱炭素化を進めることを推進している。この目的のために推進されてきた一連の措置の中には、地元の需要を供給し最終的にはその輸出を目的とした水素生産の開発がある。

このプロジェクトの目的は、官民の連携を通じてウルグアイで運用される最初のグリーン水素パイロットを開発することである。最初の段階として、プロジェクトの一般的なアイデアを提示し、問題に関与するさまざまな関係者からのフィードバックを促進するために、データベースを構築した。パイロットプロジェクトは、重輸送またはグリーン水素に関連するその他のプロジェクト（グリーン肥料の生産、船舶の燃料としてのグリーンアンモニアの生産、またはグリーン水素の生産に関連するプロジェクト）が想定されている。

・ ウルグアイからの水素輸出の評価

ウルグアイは、水素と水素から作ることができる製品の輸出国になるというビジョンを持っている。さまざまな国（オランダ、ドイツなど）および公的機関と民間機関と連携して検討が進められている。MIEM とロッテルダム港は、ウルグアイからの水素の輸出に関する最初の事前実現可能性分析を行った。

- ・ SDG ファンドファンドからのグリーン水素の開発

UN 共同基金からの資金を利用して、プロジェクトの検討が進められており、選択されたプロジェクトが国のエネルギー・トランジションの第2段階に進むことになっている。電力供給の98%が再生可能エネルギー源から供給されているため、この基金で活用され始める次のステップは、運輸および産業セクターからグリーンエネルギーへの移行となる。水素の開発もこのプロジェクトに具体的に含まれている。

- ・ セクターエネルギー基金 (ESF)

エネルギーセクター基金の国立研究開発庁による呼びかけの枠組みの中で、再生可能エネルギーを直接使用する水素開発する課題が提起された。IDB との技術協力に基づいて、2021年に、アンモニアとグリーン肥料の生産および関連するロジスティクス of 技術的および経済的実現可能性の分析のためのコンサルティングが実施される。

このプロジェクトでは、500 kg /日の容量の高分子電解質膜 (PEM) 電解槽と、モンテビデオの充填ステーションを使用したグリーン水素製造の構築を想定している。3つの事業体は、米州開発銀行とドイツ国際協力公社からも財政的支援を受けている。H2Uプロジェクトの概要は添付-図 48 (p.添付-53) を参照のこと。

3.6.4. 官・民取り組み状況、他ドナー支援状況

本邦機関やその他国際機関によるエネルギー、再生可能エネルギー、水素分野における主な支援状況は添付 (6.5) の通り。

3.7. ペルー

ペルーの基礎情報は下表のとおり。

表 3.43 ペルーの基礎情報

面積	129万 km ²
人口	3,297万人(2020年、世銀)
GDP(名目)	2,037億ドル(2020年、IMF)
一人当たりGDP(名目)	6,083ドル(2020年、IMF)
主要産業	製造業、石油・鉱業、商業、農業、建設業

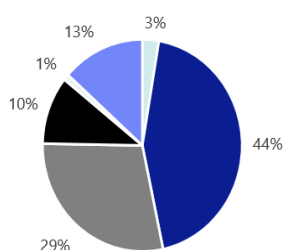
出典:外務省 HP より調査団作成

3.7.1. エネルギーセクターの概況（エネルギー需給、水素の位置づけなど）、関連機関の役割 （特に水素全般に関連して）

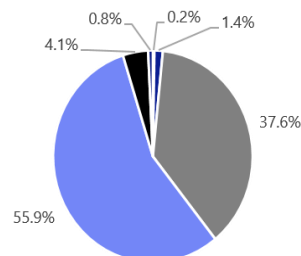
(1) 一次エネルギー供給構成

ペルー国内のエネルギー供給について、1970年まで主に石油が53%、バイオマス（主に薪）が37%を占めていたが、天然ガスの開発により、2018年では石油が44%を占め、天然ガスは29%、バイオマスが13%に減少している。結果、1次エネルギーの約7割を化石燃料に依存している形となっている。一方で発電部門では、水力発電が全体の約56%（30,722GWh）を占めている。しかし図3.34は発電源の設備容量の推移を示しているが、近年火力発電が増加傾向にあり、そのほとんどが天然ガス火力である。

1次エネルギー供給構成（2018年）



発電電力量構成（2018年）

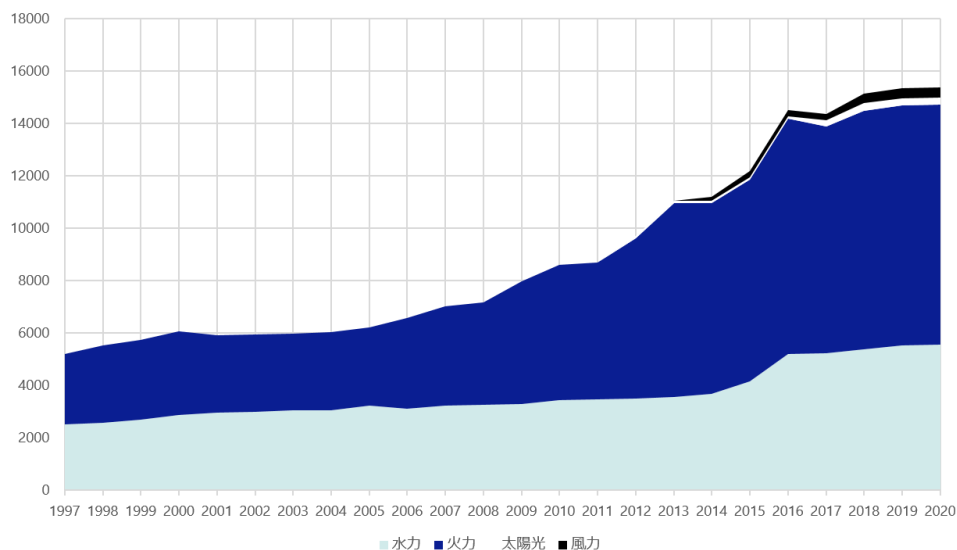


■石炭 ■石油 ■天然ガス ■水力 ■太陽光・風力等 ■バイオ燃料・廃棄物

出典: IEA World Energy Balance (2018)から JICA 調査団作成

図 3.34 ペルーの1次エネルギー供給構成・発電電力量構成

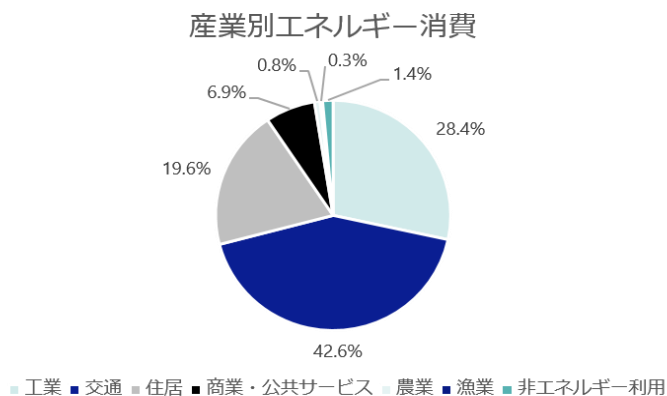
設備容量の推移（1997年～2020年）



出典: OSINERGMIN より JICA 調査団作成

図 3.35 ペルーの設備容量の推移

以下の図は産業別ごとのエネルギー消費を示している。IEA の統計では、2018 年の合計消費量は 20,088ktoe であったが、そのうち交通部門（民生利用も含む）が約 43%を占め、工業（内、製造業による消費 27%、鉄鋼業による消費 26%、鋳業による消費 6%）が約 28%、住居が約 20%と続く。



出典: IEA World Energy Balance (2018)から JICA 調査団作成

図 3.36 ペルーの産業別エネルギー消費

(2) 発電

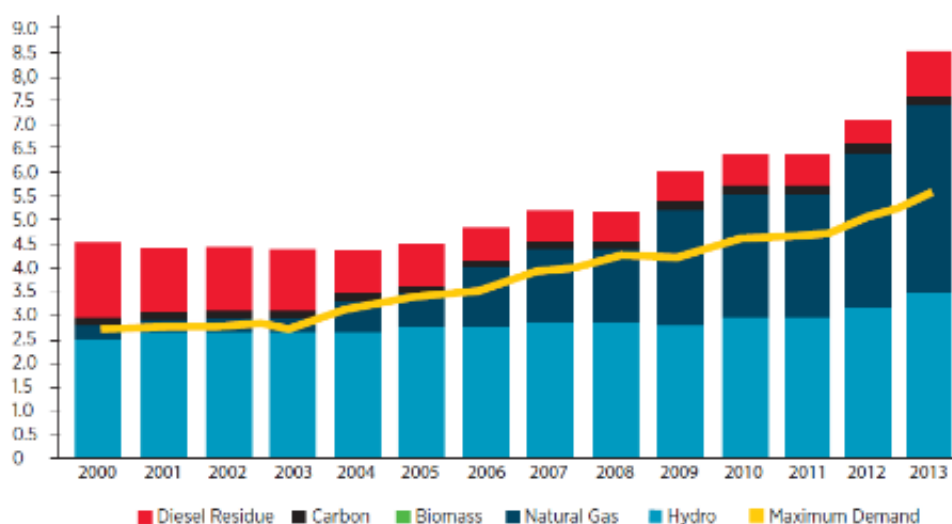
2019 年における国内総発電能力は約 15.0GW で、発電電力量は 57.0TWh だった¹³。ペルーの卸電力市場は自由化（2,500kW 以上の大口需要家を対象）されていて、2019 年には約 123 社が参入

¹³ Enerdata “Country Energy Report: Peru (February 2019)”

しており、そのうち約 65%は発電事業、約 17%が送電事業、約 18%が配電事業に携わっている¹⁴。発電電力シェアに着目すると、I Squared Capital (ISQ) Group（アメリカ）が 23%（3.5GW）で最も高く、次に Engie（フランス）が 20%（3.0GW）、Enel（イタリア）が 18%（2.8GW）と続く。

(3) エネルギー需要

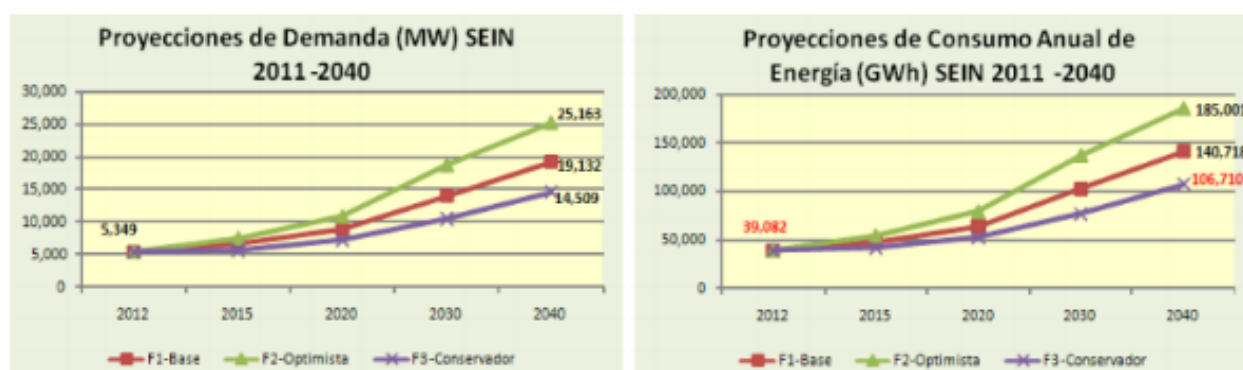
図 3.37 はペルーのエネルギー需要と設備容量の推移を示しており、エネルギー需要は年々増加傾向である。特に 2003 年から 2010 年にかけて、エネルギー需要は 2,965MW から 5,575MW に増加し、この間の年平均増加率は 6.5%だった。



出典: IRENA “Renewables Readiness Assessment”より

図 3.37 ペルーのエネルギー需要と設備容量の推移

この傾向は今後も続く予想されており、エネルギー鉱山省 (MINEM) によると 2040 年にはエネルギー需要がベースシナリオで 19,132MW に拡大すると予測されている。



出典: MINEM より

図 3.38 ペルーの電力需要予測及びエネルギー需要予測

¹⁴ IRENA “Renewables Readiness Assessment” (2014)

(4) エネルギーコスト

2019年におけるエネルギー関連の公共投資は12.2億USDで、GDPの2.1%にあたる¹⁵。また、世界銀行の統計によると、ペルーの歳入に占める石油関連収入の割合は0.3%だった（2019年）。

(5) 関連省庁

エネルギーセクターにおける主要な機関は以下の通りである。

表 3.44 ペルーのエネルギーセクター関連機関

主要機関	概要
Ministerio de Energia y Minas de Peru (MINEM/エネルギー鉱山省)	MINEMはエネルギー分野の監督官庁であり、主に三つの総局で構成されている(電力総局(DGE)、地方電化総局(DGER)、エネルギー環境総局(DGAAE))。MINEMはペルーの資源・エネルギー政策を担い、鉱業部門の管理や電力基本計画の策定、法規案作成、資源調査なども行っている。DGEは主に電力セクター運営のための法的枠組みの設定や事業権の発給を担当しており、DGERは農村電化計画の執行機関である。また、DGAAEは環境影響評価の審査・承認を担当している。
Organismo Supervisor de la Inversion en Energia y Minería (OSINERGMIN/エネルギー鉱業投資監督庁)	OSINERGMINは1997年に設立された独立規制機関で、主な役割は2つある。一つは電力・石油・ガスなどの各事業に関する法律・技術基準などの遵守状況を把握すること、もう一つは電力(発電・送電・配電ごとに)及びガス下流の料金(200kW以下の需要家のための規制市場向け)の設定となっている。他方、石油製品や液化ガスの料金の設定はMINEMが実施している。
Comite de Operacion Economica del Sistema Interconectado Nacional (COES-SINAC/全国送電系統経済委員会)	COES-SINACは給電機能を担う組織で、全国送電系統(SEIN)に属する会社(発電会社・送電会社・配電会社・大口需要家等)で構成されている。同委員会は、供給セキュリティの確保やエネルギー資源の最適化に取り組み、送電系統の拡張計画を策定する任務も担う。
Ministerio del Ambiente (MINAM/環境省)	2008年5月に設置されたMINAMは環境規制の策定を主業務としており、持続可能な開発における環境管理や自然保護区の監視、さらにアマゾン流域に移住する先住民族の研究などを行っているが、電力事業における環境影響評価には携わっていない。

出典:各省ウェブページより JICA 調査団作成

(6) 主要関連企業

配電会社は、民間・国有の配電会社 約 20 社 (卸電力市場に参画している企業の約 18%) で構成されおり、Enel Distribucion 社と Luz del Sur 社の 2 社が配電部門における販売電力量が最も多い (市場シェアはそれぞれ 20%と 15%) ¹⁶なお、配電会社のうち約 7 割が民間で、その他約 3 割が国有の配電会社である (2019 年) ¹⁷。

¹⁵ [Infralatam](#), accessed June 2021

¹⁶ Enerdata “Country Energy Report: Peru (February 2019)”

¹⁷ MINEM “ANUARIO ESTADÍSTICO DE ELECTRICIDAD” (2019)

3.7.2. エネルギー政策・制度・計画（水素の位置づけ）、電源開発計画（需給に水素を見込む余地の有無など）

(1) エネルギー政策/電力会社の計画

・ **Propuesta de Política de Energetica de Estado Peru 2010-2040（国家エネルギー政策 2010-2040）**

国家エネルギー政策 2010-2040 では、再生可能エネルギーとエネルギー効率化を重点に置いたエネルギーマトリクスの多様化を長期目標に掲げている。そのほかの政策目標として、「競争力のあるエネルギー供給の実現」「エネルギー供給へのアクセス向上」「サプライチェーンとエネルギー利用の効率化」「エネルギーの国内自給自足の達成」「天然ガス産業の育成及びガス利用の促進」などが記載されている。他方、再生可能エネルギーの導入目標や水素については、言及されていない。

・ **Plan Energetico Nacional 2014-2025（国家エネルギー計画 2014-2025）**

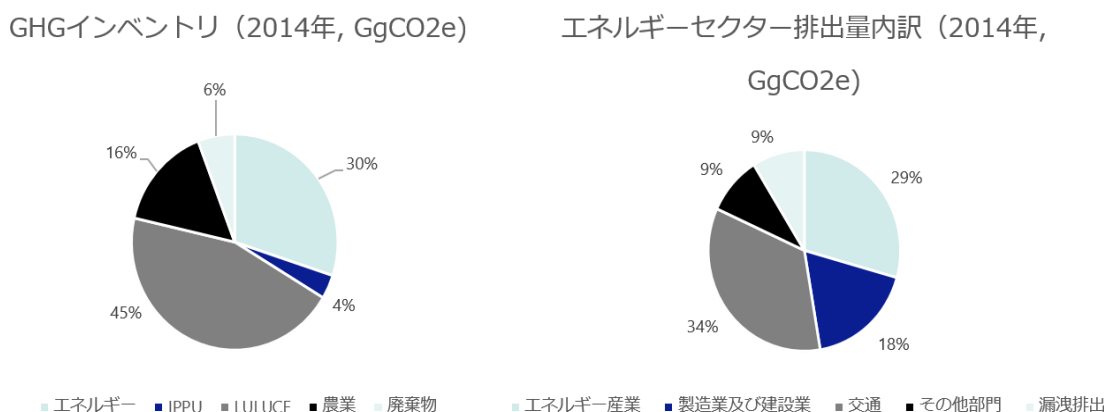
上記の国家エネルギー政策 2010-2040 で示された長期ビジョンの達成に向けて、具体的な数値目標を明記したのが国家エネルギー計画 2014-2025 である。同計画では、エネルギー供給源の低炭素化を実現するため、2025年までに再生可能エネルギーによる発電電力量の割合を6割に拡大し、残りの4割は天然ガスで賄うことを目標に設定している。さらに、「エネルギーマトリクスの多様化」と「地方農村部におけるエネルギー又は電力の持続的な供給」を主要な課題と位置付けている。特に炭化水素や省エネルギーの重要性などについても言及しているが、水素に対する言及は全くなく、また目標を達成するための具体的な対策は明示されていない。

・ **Decreto Legislativo de promoción de la inversión para la generación de electricidad con el uso de energías renovables（再生可能エネルギー利用による発電推進法）**

2008年5月に制定された再生可能エネルギー利用による発電推進法は、再生可能エネルギーの利用を国家の重点政策の一つとして掲げ、再生可能エネルギーの入札規定を設けている。具体的には、電力エネルギー消費の一定割合を再生可能エネルギー（バイオマス、風力、太陽エネルギー、地熱、海洋再生可能エネルギー、20MW以下の水力）でカバーし、再生可能エネルギー発電の目標比率を5年毎に設定することを義務付けた（最初の5年間は5%とした）。さらに、再生可能エネルギー発電の入札に関しては、落札者に対して電力を20年から30年まで固定価格で買い取る（現在は、落札者に対して最大20年まで入札の提示価格を保証している）や、送配線アクセスの優先権を保証している。

(2) カーボンニュートラルへの取組状況

ペルーは2020年12月に提出した国が決定する貢献（NDC）において、無条件で実施する目標として、2030年までにBAU比でGHG排出量を30%削減すること表明した。また、国際的な資金協力を得られることを条件に、2030年までにBAU比でGHG排出量を40%削減としている。



出典: IEA World Energy Balance (2018)から JICA 調査団作成

図 3.39 ペルーの GHG インベントリ・エネルギーセクター排出内訳

図 3.39 は温室効果ガスインベントリの内訳 (2014 年) とエネルギーセクター排出量内訳 (2014 年) を示す。温室効果ガスインベントリでは、エネルギーが全体の 30% を占め、エネルギーセクターに着目すると運輸が全体の 34% で温室効果ガスの排出量が最も高い。

運輸セクターの脱炭素化が急務であることから、「国としての適切な緩和行動 (NAMA)」 (プロジェクト名: TRANSPerú – Sustainable Urban Transport) が 2014 年から開始された。このプロジェクトでは、持続可能な都市交通の開発を目的としており、運輸セクターにおける政策的枠組みの改善や交通インフラの整備、公共交通の強化などが行れた。結果、リマ・カヤオ市都市交通局が 2018 年に創設され、さらに 2019 年には都市交通政策が策定されたことにより、持続可能な都市交通に向けた体制づくりが構築された。2021 年にこのプロジェクトは終了したが、実施機関の一つであるドイツ国際協力公社 (GIZ) は、このプロジェクトにより年間で 85,000 トンの二酸化炭素の排出量削減に貢献したとしている。

・ National Strategy on Climate Change 2050

2018 年にドイツ連邦環境自然保護原子力安全省の支援を受け、Euroclima+プログラムと持続可能な開発のための国際研究所の協力のもとに始まったプロジェクトで、長期目標 (温室効果ガスの実質排出ゼロや持続可能な発展) に向けた道筋を COP26 で示す予定だったが、現在も策定中である。

(3) 石油化学産業などの現状および将来見通し

ペルーにおける石油、天然ガス生産量は、中南米カリブ地域他の生産国に比べると小さい。直近の生産量推移を見ると、石油生産量が減少傾向である一方、天然ガス生産量は増加傾向を示している。2020 年の生産量は、石油が 5.4 百万トン、天然ガスが 12,100 百万 m³ となっている (添付図 50 (p.添付-56))。

一方でペルーは LNG の輸出量が、中南米地域でトリニダード・トバゴに次ぎ 2 番目に多く、2020 年は、5,000 百万 m³ が輸出されている¹⁸。

(4) 国内外送電網の状況

送電の運営は民間会社 7 社を中心に行われており、コロンビアの送電会社 ISA 社の子会社である RESPSA 社が国内最大の送電会社で、国内送電線の 25%を所有・運転する。送配電線の利用する場合、利用者 OSINERGMIN が承認する送電料金と配電料金を負担しなければならない。

2019 年 12 月時点におけるペルーの送電系統 (Sistema Interconectado Nacional) は総距離 18,602km を誇り、COES-SINAC によって管理されている。送電系統は、220kV (10,981km)、138kV (4,728km) および 500kV (2,883km) から成っている。ペルー全国送電線系統図は添付-図 49 (p.添付-55)を参照。

将来的な国際連系として、ペルーの豊富な水力資源を利用し、隣国 (エクアドル、コロンビアなど) への電力輸出がいくつか計画されている¹⁹。すでにエクアドルとの間では 2 つの送電線が敷設されているが、両国の規制の相違により、電力の融通は限られている。またボリビア、チリとの間では、周波数の違いから連系が困難な状況となっており、さらにコロンビアとの間では、国境付近のアクセスの制限とインフラ未整備のため連系が進展していない。

3.7.3. 水素技術の活用・導入状況 (伝統技術・新技術、グレー/ブルー/グリーン水素)

現在ペルーでは水素に関連する政策枠組みは整理されていないが、2021 年 2 月に水素社会の実現を推進する団体 H2Peru が設立される等、水素に対する機運が高まっている。H2Peru は非営利団体で、Exergy Corporation や TotalEnergies などのエネルギー関連の企業、合わせて 16 の企業が H2Peru への賛同を表明している。主にグリーン水素に関する情報提供などを行っており、現在は Engie Impact とのパートナーシップのもと、ペルーでのグリーン水素利用について実現可能性調査を実施している。今後も研究機関・企業との連携を積極的に図っていく予定で、グリーン水素関連のプロジェクトが始動する可能性がある。他方で化石燃料関連企業による関心も高まっており、Talara Refinery (NOC Petroperu)では水素純度を高めるべく高純度精製装置の導入を通じて、設備のアップグレードが行われている。

3.7.4. 官・民取り組み状況、他ドナー支援状況

本邦機関やその他国際機関によるエネルギー、再生可能エネルギー、水素分野における主な支援状況は添付 (7.3) の通り。

¹⁸ bp Statistical Review of World Energy2021

¹⁹ Enel Foundation “Variable Renewable Energy Sources (VRES) deployment and role of interconnection lines for their optimal exploitation: the Columbia-Ecuador-Peru case study” (2019)

3.8. メキシコ

メキシコの基礎情報は下表のとおり。

表 3.45 メキシコの基礎情報

面積	196万km ²
人口	1億2,601万人(2020年 国立統計地理情報院(INEGI))
GDP(名目)	10兆760億ドル(2020 IMF)
一人当たりGNI(名目)	8,421ドル(2020 IMF)
主要産業	製造業、鉱業、商業

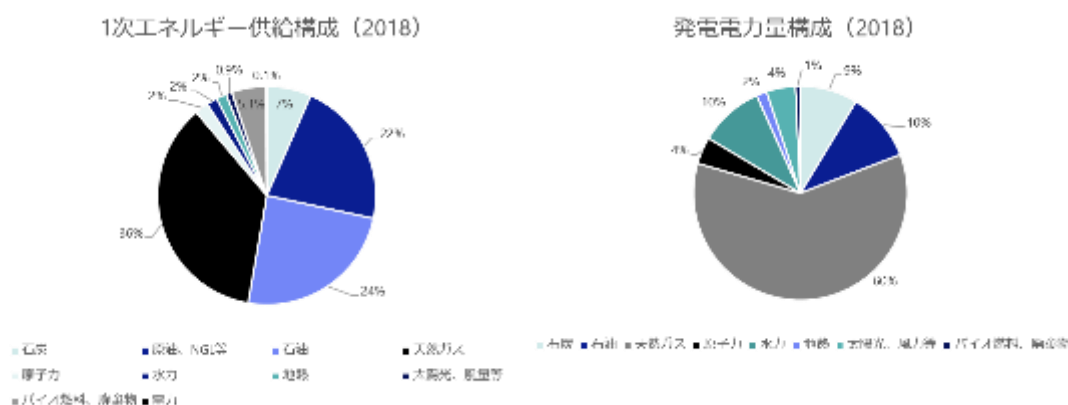
出典:外務省 HP より調査団作成

3.8.1. エネルギーセクターの概況（エネルギー需給、水素の位置づけなど）、関連機関の役割 （特に水素全般に関連して）

(1) エネルギーバランス

2018年において、国内のエネルギー供給は基本的に天然ガスで賄われており、全体の36%を占めている。一方、石油製品及び原油・NGL等はそれぞれ全体の24%と22%だった。また発電部門においても、天然ガスが主要なエネルギー源であり、全体の約60%を占めた。

図 3.40 では、メキシコの1次エネルギー供給構成（左）と発電電力量構成（右）を示している。

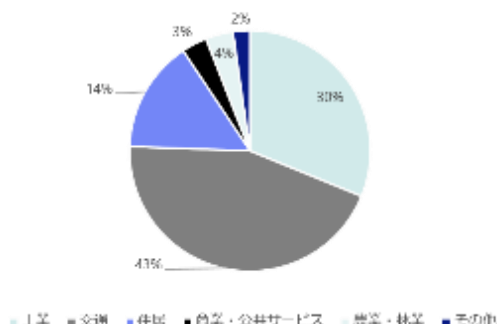


出典: IEA World Energy Balance (2018)より JICA 調査団作成

図 3.40 メキシコの1次エネルギー供給構成・発電電力量構成

以下の図では産業別のエネルギー消費を示しており、交通部門（民生利用も含む）からのGHG排出量が最も高く、工業部門、住居部門と続く。

産業別エネルギー消費（2018, ktoe）



出典: IEA World Energy Balance (2018)より JICA 調査団作成

図 3.41 メキシコの産業別エネルギー消費

(2) 発電

CFE は依然としてメキシコにおける発電能力の大部分を担っており、全体の 60%を有する（2019 年は 48GW）²⁰。2013 年のエネルギー改革に伴い、CFE は独立した発電事業（“GenCos”）に分社化され、CFE の発電設備も分散された。このエネルギー改革により、CFE の独占体制は終了し、卸電力市場が設立された。供給対象となる発電所の建設、保有及び運転には CRE の許認可が必要なものの、この許認可を取得さえすれば大口需要家への電力売買が自由にできる。さらに、0.5MW 以上の出力を有する発電所も卸電力市場に自由に参入できるようになったことで、競争的な電力市場が発展した。

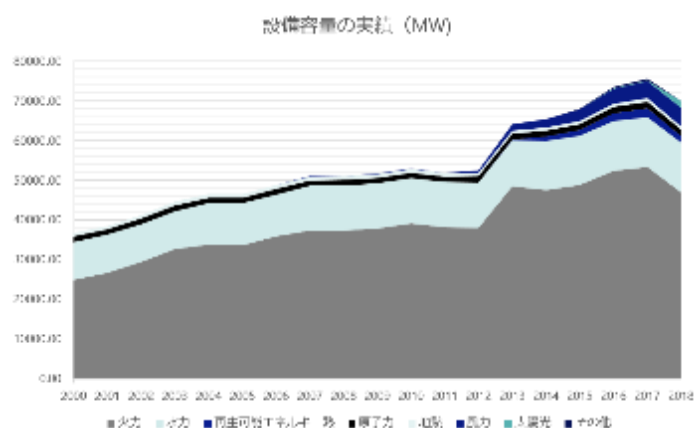
しかし 2021 年 3 月 9 日に電力産業法 (Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Ley de la Industria Eléctrica) の改正法案がメキシコ政府より発表された。改正案は CFE を優遇するもので、再生可能エネルギーを手掛ける民間企業にとっては不利な内容となっている（詳細は 1.3 章を参照）。連邦裁判所は改正案の適用を暫定的に差し止めたものの、民間事業者にとっては発電事業参入へのリスクが高まったといえる²¹。また、現地住民などの反対により再生可能エネルギー発電用地の取得が困難となっている地域もあり、再生可能エネルギーの導入に向けて克服すべき課題が多い²²。

次の図は設備容量の実績を示している。今まで火力発電が主要な電力源だったものの、2012 年以降再生可能エネルギーの発電量も徐々に増加しつつある。2018 年時点では、火力発電が設備容量全体の約 69%を占め、水力は約 18%、風力は約 7%、太陽光は約 3%、再生可能エネルギー熱利用（太陽熱など）は約 3%、原子力は約 2%、地熱は約 1%となっており、火力発電への依存は変わらず、電力セクターの脱炭素化は限定的なものに留まっている。

²⁰ Enerdata “Country Energy Report: Mexico (February 2021)”

²¹ DLA Piper “Reform to the Electric Industry Law: a new risk for energy projects in Mexico” (Accessed August 4th, 2021)

²² Norton Rose Fulbright “Renewable Energy in Latin America” (2017)



出典: CEPAL の統計より JICA 調査団作成

図 3.42 メキシコの設備容量の実績

(3) 送電

前述の通り、国家電力システムシステム (SEN) は CENACE によって運営されており、CENACE はシステム連系へのアクセスも規制する。他方、すべての配電事業は CFE によって行われている。

(4) 配電

メキシコの主な配電事業者は CFE で、約 4500 万の消費者に対してサービスを提供している²³。

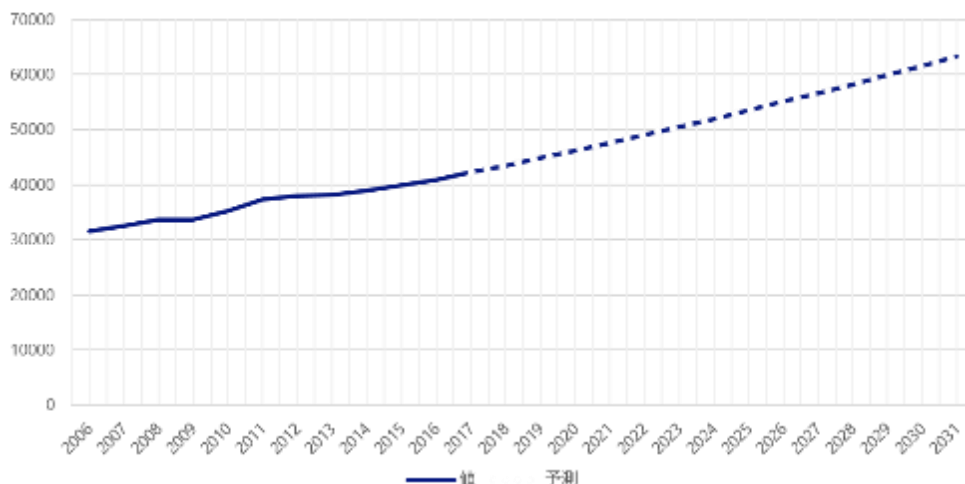
(5) 電力需要と需要変動

電力需要は年々増加傾向にあり、電力需要はこの 10 年間で平均約 2.5%伸び続けてきた (2006 年は 31,547 MWh/h) (図 3.43 参照)²⁴。2020 年には電力需要が 45,722 MWh/h に達し、SENER の推定によれば 2031 年には 63,318 MWh/h になると予想されている。

²³ Enerdata “Country Energy Report: Mexico (February 2021)”

²⁴ SENER “Electricity Sector Outlook 2017-2031”

電力需要の推移 (MWh/h)



出典:SENER, 2017. Electricity Sector Outlook 2017-2031 より JICA 調査団作成

図 3.43 メキシコの電力需要の推移・予測 (2006年～2031年)

(6) 電力価格・収益

メキシコのエネルギー分野に対する平均投資額は年間約 300 億米ドルで、その 8 割が石油・天然ガスセクターへの投資であり、原油価格に影響を受けやすい形となっている。石油関連収入のみに着目すると、2014 年までの 10 年間は国家歳入の約 30% から 40% を占めたが、2020 年は 17.9% だった。それでも GDP に対する石油関連収入は比較的高いままで、メキシコ経済における石油関連産業の重要性を物語っている。2019 年におけるエネルギー関連の公共投資は約 37 億米ドルで、GDP の 0.8% にあたった。また、世界銀行の統計によると、石油関連の GDP 比は 1.8% だった (2019 年)。

このように、メキシコのエネルギー分野では供給量及び投資・収入額の面において化石燃料が圧倒的なシェアを有している。再生可能エネルギーのポテンシャルは高く、電力市場も自由化されたものの、現在の同国のエネルギーバランスや設備容量、化石燃料への投資から考察すると、メキシコにとって再生可能エネルギーの優先度は高くないように考えられる。

(7) 関係省庁

エネルギーセクターにおける主要な機関は以下の通りである。

表 3.46 メキシコのエネルギーセクター関連機関

主要機関	概要
Secretaria de Energia (SENER/ エネルギー省)	SENERは国内のエネルギー供給を確保するため、エネルギーに係る政策立案・規制・監督を主業務とする政府機関である。SENERは国家エネルギー戦略や、発電・送電・配電に関する活動を計画する国家電力系統開発プログラム(PRODESEN)の策定にも携わっている。上記以外にも、長期エネルギー計画の立案、民間セクターの参加や新しい技術に対する研究を促すとともに、CENACEやメキシコ石油公社(PEMEX)など、エネルギーセクターの他の機関を監督する。

主要機関	概要
La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNET/環境天然資源省)	SEMARNATはメキシコの環境政策・気候変動対策の立案を担う政府機関。そのほかにも、天然資源・環境資産の保護、環境規制や廃棄物の管理、国立公園の監視などを担う。
Comision Reguladora de Energía (CRE/エネルギー規制委員会)	CREはエネルギー市場の規制・管理を主業務とし、2013年のエネルギー改革で国家から独立した機関となった。国家炭化水素委員会 (CNH)とともに、民間・公営企業の電力市場参入を管理し、契約・入札手続きの透明性を担保する役割を持つ。
Centro Nacional de Control de Energía (CENACE/国家エネルギー管理センター)	CENACEは2013年のエネルギー改革の一環で、国家電力システム (SEN)を管理するために設立された独立機関。CENACEは送配電実務を管轄し、送配電網への接続に関するガイドラインの策定を行う。さらに、送配電網の近代化・改善を目的としたプログラムも導入している。
Comisión Federal de Electricidad (CFE/メキシコ電力公社)	CFEはメキシコの電力公社であり、発電・送電・配電が一貫した垂直統合型の企業体である。電力の発電および電力サービスの販売、天然ガス・石炭などの燃料の輸出入の調整や管理なども行う。そのほかにも、地質学的な調査やエネルギー源の発掘、インフラ事業の実施・開発も担っている。2013年のエネルギー改革以前は、発電・送電・配電・販売を一貫して行っていたが、改革により電力市場の自由化がすすめられ、民間企業の発電・送配電事業への自由な参入が認められるようになり、CFEとの合弁事業やPPPの締結も可能となった。この卸電力市場はCENACEによって運営されているものの、送配電資産の保有と管理は引き続きCFEによって行われている。
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT/国家科学技術審議会)	CONACYTは科学技術・イノベーションに関する政策の策定を主業務としている。テクノロジーの近代化や技術革新に向けて、科学技術情報の流通、クリーン・省エネルギー技術の促進なども担っている。
Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias (INEEL/国立電力・クリーンエネルギー研究所)	INEELはクリーンエネルギーや省エネルギーに関する事業を調整する公的な研究機関で、科学技術関連の研究や最新技術についての情報提供を行い、SENERやCFEに対して助言やアドバイスも行っている。
Comision Nacional para el Uso Eficiente de la Energia (CONUEE/国家省エネルギー委員会)	CONUEEはエネルギー省に所属する委員会で、主に省エネルギープログラムの促進を担っている。2008年に公布されたエネルギー持続的利用法(LASE:Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía)に基づいて、エネルギーの持続可能な利用に関する国家プログラム (PRONASE:Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energia)の策定・推進も行っている。また、電気製品に対する規格とエネルギー性能の評価を行い、エネルギー効率に関するメキシコ公式規格の策定にも携わっている。

出典:各省ウェブページより JICA 調査団作成

3.8.2. エネルギー政策・制度・計画（水素の位置づけ）、電源開発計画（需給に水素を見込む余地の有無など）

(1) エネルギー政策/電力会社の計画

SENER が策定した国家エネルギー戦略 2014-2028 (Estrategia Nacional de Energía (ENE))が、メキシコのエネルギーセクターにおける長期計画であり、エネルギー関連政策の基盤となっている。この国家エネルギー戦略はエネルギー転換法、電力産業法、国家電力システム開発プログラム (PRODESEN) によって強化されている。ここで留意すべきは、エネルギーの転換に必要な環境を整えた政策の殆どが、前政権で策定されたことである。化石燃料優遇を支持する現政権の姿勢は、エネルギーに関する最新の法案に反映されている。これらの政策の詳細は以下の通りである。

- 国家エネルギー戦略 2014-2028 (Estrategia Nacional de Energía (ENE)、2014 年)

国家エネルギー戦略は 2013 年 5 月 21 日に議会により承認され、毎年見直しが義務付けられているものの、2014 年以降改訂されていない。経済成長と社会的包摂を主要な柱とし、4 つの政策を示している。具体的には (1) 輸送、貯蔵、流通インフラの強化、(2) 精製、処理、発電プロセスの改善、(3) 石油生産に係る課題への対処、(4) エネルギー効率や再生可能エネルギーの導入を促進し、エネルギー転換を実現、を掲げている。

第 1 の政策はエネルギー供給の課題について言及している一方、第 2 の政策はエネルギー燃料の生産や多様化について焦点を当てている。第 3 の政策は石油セクターに着目し、持続的な石油生産を維持できることを目標にしており、最後に第 4 の政策は、再生可能エネルギーなどの代替エネルギーを模索し、化石燃料依存からの脱却に着目している。再生可能エネルギーについては、特に具体的な数値目標等は明示しておらず、言及するのみに留まっている。

また、この戦略では「持続可能性の達成」「経済効率性と環境性」「エネルギー安全保障」を横断的な原則として示しており、エネルギーの持続可能性では、エネルギーシステムを絶えず監視・更新することで、消費をより効率的なものにすることの重要性を強調している。経済効率性と環境性とは、エネルギーの生産と消費におけるベストプラクティスの実施を指しており、エネルギー安全保障は、エネルギーの余剰を維持し、エネルギー生産と供給の継続性に対するリスクを予測することと定義されている。

- 電力産業法 (Ley de la Industria Eléctrica (LIE)、2014 年)

2014 年 8 月 11 日に公布された電力産業法により、民間事業者が国とあらゆる契約を結ぶことが可能となった。また、国家電力システムシステムの計画・管理や電力の送電・発電は依然 CFE を通して国家が管轄するものの、すべての発電事業者が卸電力市場で売買し、電力システムへアクセスできるようになった。卸電力市場は、スポット市場、中期電力競売、長期電力競売、供給能力バランス市場、クリーンエネルギー証明書 (CEL) 取引市場などから構成されており、電力や容量、アンシラリーサービス等が取引されている。また、とりわけ再生可能エネルギーについては言及されていないが、クリーンエネルギー導入促進のため、クリーンエネルギー発電事業者に対して証明書を発行し、卸電力市場で自由に売買できることが規定された。クリーンエネルギー証明書とは、クリーンエネルギー発電事業者に対して CRE が発電量に応じて発行する証明書で、大口電力需要家 (電力需要が 5 千キロワット以上かつ消費電力量が 2 千万キロワット以上の需要家) に対しては、年間総消費電力量の一定比率以上の電力量に相当するクリーンエネルギー証明書を取得し、清算することを義務付けている。なお、2018 年にはクリーンエネルギー証明書の 5%取得が義務付けられ、2022 年には約 14%に取得義務が拡大する見込みである。クリーンエネルギー発電事業にグリーンエネルギー証明書売却収入という新たなメリットが加わったため、多くのクリーンエネルギー事業が計画されるようになった。

- 電力産業法の改正法案（2021年）

2021年に入りロペスオブラドール大統領は、2014年より電力セクターを規制してきた電力産業法の改正案を国会に提出した。この法案は上院で3月に可決された。同案では、公共電力調達源として CFE による発電を優先させることを主な目的としており、競売制度による電力調達義務を廃止する予定である。また、クリーンエネルギー証明書（CEL）が発電所の所有者や操業開始日に関わらず付与されることから、既存施設の更新投資が新規事業開始より経済的に有利となり、再生可能エネルギーを利用した新規発電事業数が少なくなると予想される。この改正案に対して国内外より反発があり、結果連邦裁判所によって暫定的に差し止めされた。最終的に最高裁判所が同案の合憲性について判断を下すとしているが、いまだ進捗は不透明のままである。

メキシコでは2014年以降、エネルギーの転換を図るため、再生可能エネルギーの利用推進をエネルギー政策の柱の一つとし、電力市場の整備やエネルギー政策の見直しを進めてきた。しかし、現政権によって発表された電力産業法の改正法案では、CFEによる発電を優先させ、再生可能エネルギー発電事業を行う民間事業者にとっては不利な内容となっている。この改正案は連邦裁判所により暫定的に差し止められたものの、今後の状況は不明確である。仮に同案が合憲と判断された場合、再生可能エネルギー関連のプロジェクトは減少すると予測され、現政権の方針は脱炭素化の流れに逆行していると言わざるを得ない。

- エネルギー転換法（Ley de Transición Energética, 2015年）

エネルギー転換法は、持続的かつ効率的なエネルギー利用を推進し、電力セクターからの汚染物質排出量の削減を目的としている。同法では、再生可能エネルギーによる発電比率を2018年までに25%、2021年までに30%、2024年までに35%、2036年までに45%、2050年までに60%とすることが示されている。上記の目標を達成するため、電力市場に参画している企業が定められたクリーンエネルギー・エネルギー効率の基準に準拠しているかを監視する役割をSENERに義務付けた。

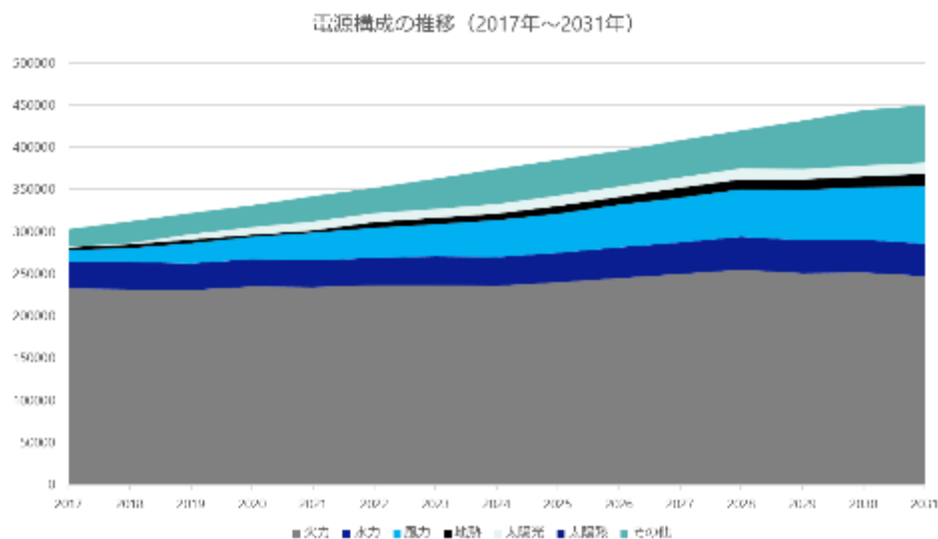
- 国家電力系統開発プログラム(El Programa para el Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN))

SENERによって策定されたこのプログラムは、毎年更新されており、PRODESEN 2020-2034では、2032年までに年平均3.1%電力需要が増加することを予測しており、それに対応して2032年までに66,912MW規模の開発が計画されている。計画内訳はコンバインドサイクル発電28,105MW、風力14,819MW、太陽光11,413MW、高効率コジェネレーション2,383MW、原子力発電4,081MW、水力2,213MW、その他化石燃料2,103MW、バイオマス940MW、地熱842MWとなっており、発送配電設備合計で約20億メキシコペソ（MXN）（約98百万米ドル）の投資額が必要と規定している。

一方2021年6月に発表されたPRODESEN 2021-2035では、2035年までに電力需要が年平均で2.8%増加すると予測しており、発電容量を2021年から2024年までに21,291MW増やす計画を示している。また、2024年までには、クリーン技術（再生可能エネルギー、原子力、バイオ燃料、効率的なコジェネレーションを含む）による発電が全体の55%を占めることを予測しており、主な

計画内訳はコンバインドサイクル発電 9,580MW、風力 2,848MW、太陽光 5,276MW、分散型太陽光発電 2,654MW となっている。

次の図は、PRODESEN で示された 2017 年から 2031 年までの電源構成の推移である。



出典:SENER の統計(PRODESEN 2017-2031)を基に JICA 調査団作成

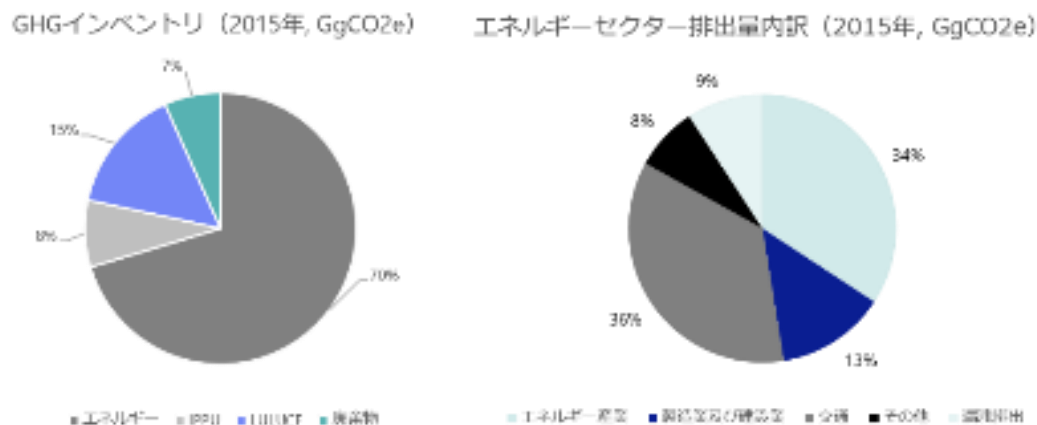
図 3.44 メキシコの産業別エネルギー消費

2016 年には、総発電量の 79.7%がコンバインドサイクル発電や火力発電など既存の発電技術で賄われ、クリーン技術による発電は 20.3%を占めた。上記の表では、今後クリーン技術による発電が飛躍的に増加し、年平均 8.1%ずつ増加することを示唆している。特に太陽光発電と風力発電はこの間、それぞれ年平均 29.3 と 12.0%の増加を目指している。

(2) カーボンニュートラルへの取組状況

メキシコは世界で 10 番目の温室効果ガス排出国で、エネルギーミックス全体の 87%を化石燃料が占める。他方、太陽光、風力、バイオマス、地熱などの再生可能エネルギーはエネルギー供給の 4.7%に過ぎない(2019 年)。発電部門では、化石燃料が発電量の 79%を占め、再生可能エネルギーによる発電は 18%にとどまった。このような状況の中、2016 年にメキシコが提出した国が決定する貢献(NDC)では、2030 年までに BAU 比で GHG 及び短寿命気候汚染物質の排出量を 25%削減すること(内 GHG 排出量の削減は 22%、カーボンブラックが 51%)が盛り込まれた。さらに長期戦略では、2000 年比で 2050 年までに GHG 排出量を 50%削減することが表明された。

メキシコの GHG インベントリによると、エネルギーセクターが GHG 排出量全体の 70%を占め、次に排出量が多いセクターは LULUCF の 15%だった。エネルギーセクターに着目すると、交通部門と工業部門が最も高く、それぞれの比率は 36%と 34%だった。



出典: IEA World Energy Balance (2018)より JICA 調査団作成

図 3.45 メキシコの GHG インベントリ・エネルギーセクター排出量内訳

この結果、エネルギーセクターにおいては、交通部門と工業部門の脱炭素化が必須であると考えられる。

下記ではメキシコのカーボンニュートラルに関する主な取り組みを紹介する。

- 気候変動に関する一般法 (Ley General de Cambio Climático (GLCC), 2012)

2012年に策定された気候変動に関する一般法では、2020年までに BAU 比で GHG 排出量を 30%に、2050年までに 2000年比で 50%削減することを表明した。また、上記の目標を達成するためには、技術的・財政的な国際支援が必要と明記している。さらに、計画立案・政策手段、制度的取り決めを定め、気候政策の履行に関する一般的指針を提示しており、国家気候変動体制省庁間委員会 (CICC)、気候変動評議会 (C3)、環境・気候変動国立研究所 (INECC)、議会、州政府・自治体等の代表が参画し、気候変動対策の策定や実施にはすべてのステークホルダーと密接に連携していくことをコミットしている。なお 2018年に法改正され、排出権取引制度の導入に関する文言が加えられた (排出権取引制度の詳細は下記を参照)。

- 国家気候変動戦略 10-20-40 (Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC) 10-20-40 (2013))

国家気候変動戦略 10-20-40 では、気候変動に係る 10年、20年及び 40年後のメキシコの長期ビジョンを示しており、とりわけ 7分野 (社会、生態系、エネルギー、排出、生産システム、民間セクター、移動) におけるビジョンを規定している。下記の表では、同戦略で発表された気候変動の緩和・適応に対する具体的な対策・施策を示す。

表 3.47 メキシコの国家気候変動戦略における具体的な対策及び施策

緩和	<ul style="list-style-type: none"> ● クリーンなエネルギーへの転換を加速する ● エネルギー効率と持続可能な消費の実現 ● 環境に配慮したモビリティシステムの構築、統合的な廃棄物管理、カーボンフットプリントの少ない建物の建設などを通じた持続可能な都市の開発 ● 二酸化炭素吸収源を増加・保全させ、より良い農業と林業の実践 ● 短寿命気候汚染物質の削減及び気候行動による健康面のコベネフィットの促進
適応	<ul style="list-style-type: none"> ● 社会的脆弱性を減らし、気候変動に対するレジリエンスを高める ● 気候変動に対する脆弱性を軽減し、インフラと生産システムの強靱化を戦略的に図る ● 持続可能な手法で生態系を保全・活用に努め、環境サービスを維持する

出典：National Climate Change Strategy より JICA 調査団作成

エネルギーと交通セクターでは、2050年までに新規のバイク、車、バスからの排出量を実質ゼロにすることを発表している²⁵。また、電気自動車、ハイブリッド車、水素燃料電池自動車などの次世代自動車に対する課税免税措置などの軽減措置を導入している。

参考：メキシコ石油公社（PEMEX）の存在

PEMEXは石油掘削から、精製、流通、小売まで手がけるメキシコの国営企業であり、2018年には年間の二酸化炭素排出量が36.5mtCO₂eだった一方、国家歳入の約2割（税収入、ロイヤリティを通じて）を占める。コジェネレーションプラントの建設や天然ガス・エネルギー効率の促進を通じて、2017年から2021年までの間で二酸化炭素の排出量を25%削減する目標を掲げている。メキシコの歳入におけるPEMEXの重要性を鑑みると、PEMEXの現状を大幅に変える政策・施策等が実施されることは考えにくい。実際、現政府はPEMEXの権限を強化するような政策を打ち出しており、クリーンなエネルギーへの転換が困難な状態となっている。

■ 排出権取引制度（ETS）

2018年に気候変動に関する一般法が改正され、さらなる温室効果ガス削減のために新しいメカニズムを導入する必要性を指摘し、排出権取引制度のパイロット事業を立ち上げることを表明した。SEMARNATの管轄で2020年1月に始まったパイロット事業の期間は3年間で、2022年までは制度・手続きの改善に取り組み、2023年以降に運用開始を目指している。エネルギー・産業部門から年間で100,000tCO₂を排出する企業が対象となり、メキシコの総排出量の40%に相当する約300の企業が参画している²⁶。メキシコの場合、2014年から炭素税も導入しており、炭素税を基本としつつ、排出量をオフセットすることで炭素税負担を減らす形をとっている。

■ 現政府の立場・方針

前ペニャ・ニエト政権、そしてその前のカル・デロン政権では気候変動対策を国家の重点政策と位置付け、エネルギー改革や気候変動対策に取り組んできた。一方現ロペスオブラドール政権は、PEMEXやCFEを強化し、再生可能エネルギー発電事業の参入を妨げる政策（電力産業法の改正法

²⁵ Climate Transparency “Making Transport Paris-Compatible: A contribution to the debate on electromobility in the automotive sub-sector of Mexico”

²⁶ International Carbon Action Partnership “Mexico” (Accessed August 2021)

案)などを打ち出しており、現政権の方針は脱炭素に向かっている世界の潮流に逆行していると言える。従来からロペスオブラドル大統領は上記のエネルギー改革（2013年）に反対を示し、石油関連セクターの近代化と原油生産量の改善を公約にしてきた。気候変動については具体的な方針を示しておらず、2021年4月に開催された気候変動リーダーズサミットでは原油生産の増産計画について説明し、気候変動対策よりも国営企業や石油関連セクターの再興に注力する姿勢が垣間見えた。従って、これまでメキシコが掲げてきたクリーンエネルギー導入や排出削減に対する目標は、現政権では達成されない見込みである。

■ 民間セクターの取り組み

民間セクターにおいては、CSR活動の一環として環境対策を進めている企業も少なくない。例えばメキシコの大手食品会社 Grupo Bimbo は、自社で太陽光発電を行うことで年間約 2,500 トンの二酸化炭素排出量の抑制に取り組んでおり、2025 年まで同社の電力量を 100% 再生可能エネルギーで賄うこととした。さらにセメント製造大手の Cemex S.A.B de C.V. は、2030 年までに二酸化炭素排出量を 2020 年比で 35% 削減することを表明している。世界自然保護基金（WWF）が実施した調査（メキシコ企業 151 社を対象に実施した調査）によると、温室効果ガスの削減目標を設定している企業は全体の 23% に過ぎず、RE100 に加盟しているメキシコ企業は 1 社のみ（Grupo Bimbo）というのが現状である²⁷。しかし、SBT イニシアティブ（SBTi）に加盟しているメキシコの企業は 14 社となっており、今後加盟企業が増えると予想される。とりわけメキシコは、世界で 15 番目の FDI 受入国（UNCTAD 世界投資報告書 2020）であり、グローバルサプライチェーンで重要な役割を担っていることから、取引先（特に最大の貿易相手国であるアメリカ）から再生可能エネルギーの導入や脱炭素化を求められる可能性が比較的高く、カーボンニュートラル社会に向けて民間主導で実施される構図も否定できない²⁸。よって企業は、現政権の再生可能エネルギーへの姿勢にかかわらず、より野心的な目標を設定し、脱炭素への道筋を検討しなければならない。これにより、産業部門におけるエネルギー源の代替として、ブルー水素やグリーン水素を利用する可能性が考えられる。

(3) 石油化学産業などの現状および将来見通し

メキシコは中米において最大の石油生産国であるが、過去 10 年間、生産量は減少傾向にあり、2020 年は 95.1 百万トンであった。天然ガスについても 2013 年ごろから減少が続いており、2020 年の生産量は、30,100 百万 m³ である。これは中南米カリブ地域において、アルゼンチンに次ぐ 2 番目に大きい（添付-図 50 (p.添付-56)）。

メキシコにおけるアンモニア生産量は、2013 年から減少傾向にあり、2017 年の生産量は 550 千トン程度であった。輸入量については、2017 年で 100 千トン程度であり、生産量との合計も減少傾向であるものの、国内需要はいまだ高い水準を保っている（添付-図 54 (p.添付-60)）。

²⁷ WWF Mexico “Ambiciómetro 2019”

²⁸ AlixPartners “Revisiting Mexico: A critical link in the chain”

(4) 国内外送電網の状況

1) 国内送電網

2019年時点における国家電力システム（SEN）の総距離は105,750kmで、容量は115V以上である。そのうち48%は115kV、28%は30kV、24%は400kVとなっている（添付-図 51 (p.添付-59)）²⁹。送電網の課題としてインフラの老朽化が懸念されており、再生可能エネルギーの導入の障害にもなっている³⁰。さらに再生可能エネルギーのポテンシャルが高いテファンテペック地域などには送配電設備が整っておらず、安定的に電力を供給できる状態にない。

2) 国際送電網

メキシコの国際送電網は添付-図 52 (p.添付-59))に示している。具体的に、SENはアメリカ、ベリーズ、グアテマラと違う容量で接続されている。これらの相互接続部分は常時と緊急時に分かれており、2016年にはメキシコから総電力量1,967GWhがアメリカに輸出された³¹。一方、アメリカとグアテマラから電力を輸入しており、輸入した総電力量はそれぞれ2184GWhと48GWhだった。

3.8.3. 水素技術の活用・導入状況（伝統技術・新技術、グレー／ブルー／グリーン水素）

低コストである天然ガスが豊富で、政府が再生可能エネルギーの導入に消極的である現状の中、グリーン水素はメキシコの政策課題として位置づけられているとは言えない。他方民間レベルでは、グリーン水素に係るプロジェクトやイニシアティブが始動している。2021年2月にはメキシコ水素連盟（Asociación Mexicana de Hidrógeno）が正式に発足し、現在は50以上の企業が参画している。参加しているのは、水の電気分解に関する技術をソリューションとしてメキシコ国内で提供しているドイツのシーメンス（Siemens）社や産業用ガスを生産・供給する英国のリンデ（Linde）、再生可能エネルギー発電を担うイベルドーラ（Iberdrola）などである。主にグリーン水素の促進やグリーン水素に関するビジネス機会の創出・最大化に向けた活動を行っており、国家水素戦略の策定に参加することを目指している。

さらに学会的な機関として、1999年にはメキシコ水素協会（Sociedad Mexicana del Hidrogeno）が発足し、水素に関する研究の促進に重点を置いている。2016年には「国家水素計画」イニシアティブが始動し、水素利用や水素のポテンシャルに関する研究を積極的に行っており、160以上の研究者が参加している。また、CONACYT傘下の公的研究機関である電気化学技術開発調査センター（CIDETEQ/Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica）と先端技術センター（CIATEQ/Centro de Tecnología Avanzada）は、Einnovación S.A. de C.V.と協働で工業用のグリーン水素製造装置の研究を進めている。州レベルでは、タマウリパス州政府が水素製造・利活用ポテンシャル調査をドイツ国際協力公社（GIZ）と連携して行い、2021年10月に発表された調査結果では、タマウリパス州は年間5750万トンものグリーン水素を製造できるポテンシャルがあることが確認された。

²⁹ Global Transmission Report “Mexico: Growth in Electricity Transmission Network”

³⁰ Norton Rose Fulbright “Renewable Energy in Latin America” (2017)

³¹ SENER “Electricity Sector Outlook 2017-2031”

グリーン水素関連のプロジェクトとしては、Delicias Solar, SA de CV によって立ち上げられたプロジェクトが注目されている。このプロジェクトでは、140,000 のソーラーモジュールを活用し、75MW の水素発電所に電力を供給することを予定しており、現在 SEMARNAT による環境影響評価が行われている。このプロジェクトが承認された場合、総面積 166.22ha がプロジェクトで利用される見込みである。その他にも、Taraft Mexico が USD10 億規模のグリーン水素プロジェクトを実施するため中国の Wuhan Engineering とパートナーシップを結んだ。総じて民間主導のグリーン水素プロジェクトがいくつか始動しており、メキシコにおけるグリーン水素の存在を高める可能性があるものの、政府による財政的な支援や政策枠組みの欠如が、長期的なグリーン水素導入の障害となり得る。

3.8.4. 官・民取り組み状況、他ドナー支援状況

本邦機関やその他国際機関によるエネルギー、再生可能エネルギー、水素分野における主な支援状況は添付 (8.3) の通り。

3.9. コスタリカ

コスタリカの基礎情報は下表のとおり。

表 3.48 コスタリカの基礎情報

面積	5.1万 km ²
人口	499万人(2018年 世銀)
GDP(名目)	601億ドル(2018年 中銀)
一人当たりGDP(名目)	12,026ドル(2018年 中銀)
主要産業	農業(バナナ, パイナップル, コーヒー等), 製造業(医療器具), 観光業

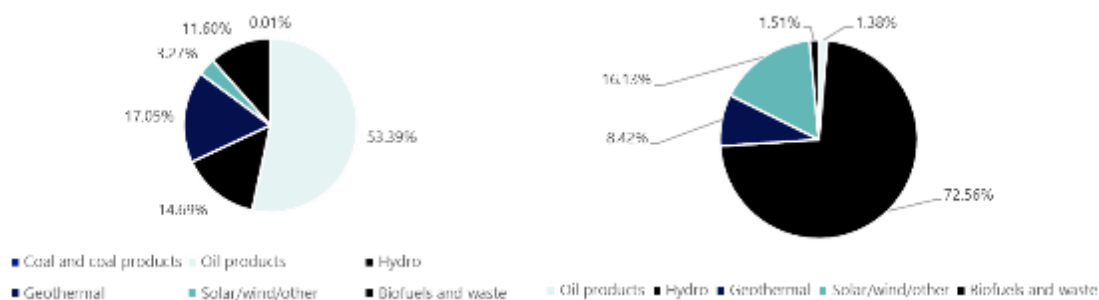
出典:外務省 HP より調査団作成

3.9.1. エネルギーセクターの概況 (エネルギー需給、水素の位置づけなど)、関連機関の役割 (特に水素全般に関連して)

(1) エネルギーバランス

2018年におけるコスタリカのエネルギー供給のうち、53%が石油、17%が地熱、14%が水力であった。また、ほとんどの化石燃料は輸送向けに消費されている一方で、発電電力量におけるエネルギー構成は主に再生可能エネルギー (水力72%、太陽光・風力16%、地熱8%) である。

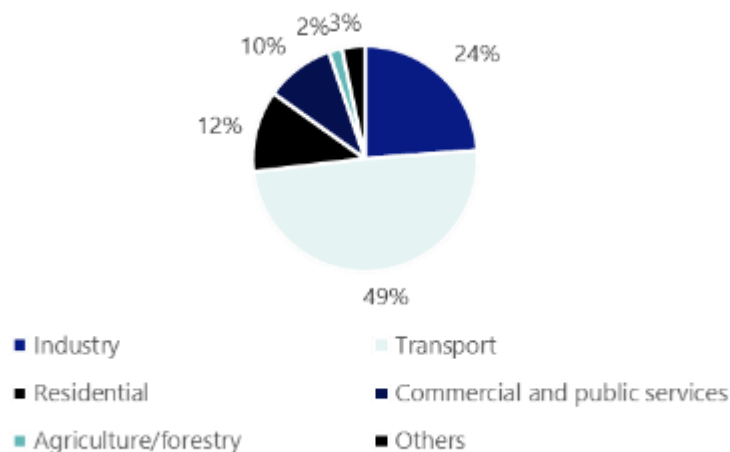
以下の図は左がエネルギー供給構成、右が発電電力量構成である。



出典:IEA World Energy Balance (2018)より JICA 調査団作成

図 3.46 コスタリカの2018年のエネルギーバランス (左)、2018年の電力発電構成 (右)

セクター毎のエネルギー消費は以下の図の通りである。交通セクター (民生利用も含む) が半分近くを占め、産業セクター、家庭セクターがそれに続く。



出典: IEA World Energy Balance (2018)より JICA 調査団作成

図 3.47 コスタリカのセクター別エネルギー消費 (2018 年)

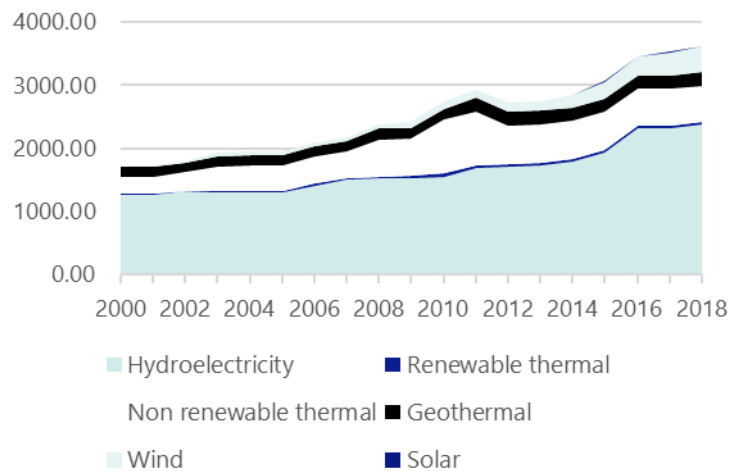
以下にて発電、送電、配電部門の詳細を記述する。

(2) 発電

ICE がコスタリカにおける発電所の多くを所有・運営している他、配電公社である JASEC (Junta Administrativa del Servicio Eléctrico Municipal de Cartago) と ESPH (Empresa de Servicios Públicos de Heredia) が残る発電所を管理している。また、4つの電化共同組合も発電事業に携わっている。これらに加えて、民間発電事業者は ACOPE と呼ばれるグループに組織化されている。³²

以下の図は発電容量の推移である。上述の通り化石燃料エネルギーのほとんどは輸送用に利用されており、発電電力の主なエネルギー源は再生可能エネルギーから構成される。2018 年においては、水力が 2,372MW、太陽光が 5.4MW、風力が 407.8MW、地熱が 208MW であった。化石燃料の発電容量は全体の 14% (517MW) であった。

³² [ACOPE](#), accessed 2021/8/3



出典:CEPAL のエネルギー統計より JICA 調査団作成

図 3.48 コスタリカの再生可能エネルギーの導入状況 (2000-2020 年)

発電量や再生可能エネルギー導入量の増加にかかる計画は次節以降で詳述する。

(3) 送電

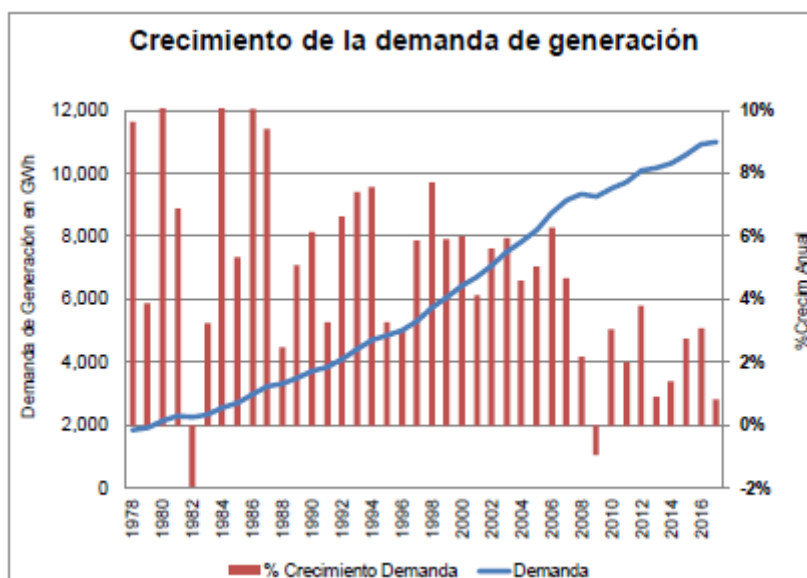
ICE はコスタリカで送電線サービスを提供する唯一の企業であり、傘下の CENCE が送電線サービスを実施している。また、国内の送電線ネットワークは SIEPAC (the Central American Electrical Interconnection System) の一部でもある。

(4) 配電

配電サービスは、主に CNFL を通じて ICE が管理している他、公営の JASEC と ESPH が市レベルの配電を管理している。

(5) 電力需要と需要変動

コスタリカの電力需要の推移は以下の図の通りである。



出典:ICE, 2019. 発電拡張計画

図 3.49 コスタリカの 1978 年-2016 年までの電力需要の動向

1978 年以降、電力需要は大きく増加している。直近の過去数年間では、毎年の成長率が 1%から 3.8%となり、2017 年には 10,594GWh に達した。今後の電力需要も引き続き成長すると予測されており、平均シナリオでは 2030 年までに 14,034GWh、2040 年までに 16,307GWh に到達する見込みである。Lower estimate では 2040 年に 13,800GWh、high estimate では 17,634GWh と予測されている。なお、需要や新事業における COVID-19 による中期的な影響はまだ明らかになっていないものの、2020 年時点では 2019 年と比較して需要が 7%減となっていた³³。他方、コスタリカの脱炭素事業が国全体の COVID-19 復興に向けて期待されていることから、新事業の計画廃止等は予想されていない。

国内需要に加えて、MER を通じての地域需要が 2025 年までは毎年 4.5%増加し、78,768GWh まで到達すると予測されている。

平日の電力需要は、日中 10 時から 14 時と、夜 18 時から 20 時にピーク需要がある。日中は産業・商業での電力消費が、夜間は家庭での電力消費が大きいことがうかがえる。時間帯ごとのピーク需要は添付-図 55 (p.添付-64) の通りである。

一方、季節感の電力需要の変化は限定的であり、年を通じての電力需要は一定している (添付-図 56 (p.添付-64))。

(6) 電力価格・収益

2020 年時点の電力料金、及び 2030 年・2040 年の予測料金は以下の表の通りである。

³³ [laDB](#)

表 3.49 コスタリカの電力コスト (c/kWh - USD / kWh)

最終消費者	2020	2030	2040
家庭	85.4 - 0.14	93.4 - 0.15	103.2 - 0.17
一般	98.4 - 0.16	107.6.4 - 0.17	118.9 - 0.19
公共照明	110.2 - 0.18	120.6 - 0.19	133.2 - 0.121
産業	78.3 - 0.13	85.6 - 0.14	94.5 - 0.15

出典:ICE, 2019. 発電拡張計画より JICA 調査団作成

20 年間の年成長率は 1% 近く (0.94~0.95%) に及ぶ。

2019 年のエネルギーインフラストラクチャーへの投資は 376 百万 US ドルと見積もられ、コスタリカの GDP の 2.5% を占めた。また、電力消費や燃料消費にかかる税を含むエネルギーセクターからの税収は、GDP の 1.7% を占めた (2018 年)。

電力・エネルギー消費に関連したその他の収入・支出として、電力輸入・輸出がある。送電線システムの節にて言及した通り、コスタリカの送電線システムは SIEPAC に統合されており、SIEPAC には加盟国同士が電力取引を行える地域電力市場 (MER) が存在する。MER は電力システムの安定性を向上・強化し、地域内各国における天然資源の利用を最適化するとともに、地域規模のメリットを生かして大規模な発電所を開発することを目標としている。

参考：MER の運営と課題³⁴

MER は 2006 年に部分的に運用を開始し、2014 年 10 月に本格的に運用を開始した。MER は 24 時間前に電力取引をスケジュールすることによって運用されている。加盟国のオペレーターは、電力輸出量を輸出 1 日前に MER のオペレーターに通知することになっている。通知された情報をもとに、地域オペレーターは事前ディスパッチを行い、各国の国内オペレーターに伝達する。MER は、電力相互接続のための地域規制委員会 (CRIE) によって管理されている。CRIE は、MER の運用と市場エージェント間の関係を規制する責任を負う。地域独立電力市場運営機関 (EOR) が MER の技術的な運営を担当している。

MER は地域の電力貿易を可能にしているが、発電拡大に関して加盟国間の調整がまだ限定的である。そのため、加盟国は地域の供給よりも自国による発電の供給を優先している状況である。加盟国の電力部門に関する目標や戦略が異なることから、地域統合プロセスが進んでいない。その結果、現在は地域の設備容量は電力需要よりも速いペースで増加している。

地域統合や MER の目的を達成するため、地域規制と市場監視のさらなる展開が必要であると予想されている。効率的な MER を達成するには、送電と発電の拡大における地域計画の整備も重要となる。

添付-図 57 (p.添付-65) に示す通り、コスタリカは電力の輸出を行っているが、規模の大きいグアテマラのレベルには及んでいない。

一方で、2021 年の電力輸出は大きく増加すると見込まれている。ICE によると、2021 年第 1 四半期の電力輸出量は前年同期比で 4 倍増加し、224.64GWh であった。また、2020 年 10 月から 2021

³⁴ IDB, 2017. Central American Electricity Integration, Genesis, Benefits and Outlook of the SIEPAC Project, [ISPI, Integrating the power sector in Central America: Myths and Realities, access 2021/8/4](https://www.idb.org/en/publications/2017/08/integrating-the-power-sector-in-central-america-myths-and-realities)

年3月の間の輸出は17.52百万USドルに達したとのことである。なお、2021年の時点では、MERで取引可能なコスタリカ企業はICEのみである。

(7) 関係省庁

コスタリカのエネルギーセクターを管轄する主要な政府機関は以下の表の通りである。

表 3.50 コスタリカのエネルギーセクター関連機関

機関	概要
環境エネルギー省 (Ministerio de Ambiente y Energía、以下「MINAE」)	MINAEは、コスタリカのエネルギーおよび電力セクターを担う。MINAEはエネルギーや電力における法整備、規制整備を担当しており、経済的および財政的な面から計画策定や調整を担う。MINAEのエネルギー副省がエネルギーに関する公共政策と戦略の策定を担当している。例えば、MINAEは、国家エネルギー計画の策定と承認も担当している。上記に加え、MINAEは公共サービスを提供する地方自治体の後者や協同組合等のエネルギーセクターの関連機関のパフォーマンスの監視と評価を担う。MINAEはICE、配電企業、協同組合や民間事業者等のエネルギー部門の主要な利害関係者と調整を行っている。
公共サービス規制機関 (Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos、以下「ARESEP」)	ARESEPは公共サービスの規制を担う。もともとはNational Electricity Serviceの一部として設立されたが、1990年代はじめに独立した規制機関となった。規制全般、料金設定、モニタリングを実施している。
コスタリカ電力公社 (Instituto Costarricense de Electricidad、以下「ICE」)	国営電力公社。ICEグループは電力・テレコミュニケーションサービスを提供し、3つの企業から構成される。その一社であるICEは主要発電会社であり、かつコスタリカ全土の送電線を所有する。また、地域電力市場(MER)で取引できる唯一の企業でもある。もう1つのCNFL (Compania Nacional de Fuerza y Luz)は配電会社であり、ICENの子会社である。ICEが歴史的にコスタリカの電力供給を担ってきたことを背景に、国家電力拡大・開発も担う。また、ICEは国家dispatch centerであるCENCE (Centro Nacional de Control de Energia)を所有する。CENCEはARESEPの規制に基づき国家電力システムを運営している。CNFLはコスタリカの大都市圏において配電・売電を行う。供給電力の一部はCNFLが所有する10の発電所(水力発電所が9つ、風力発電所が1つ)で発電している。ICEとCNFLの合計発電量は、コスタリカ全体の78%を占める。

出典：各省ウェブページより JICA 調査団作成

上述の通り、コスタリカのエネルギーセクターや電力開発は、ICE 及び CNFL 等その子会社によって独占されており、民間セクターの参入は非常に限られている。いくつかの民間企業は、発電事業を行い電力販売契約 (PPA) を通じて電力取引を行っているが、PPA の料金設定は ARESEP の規程に基づいている。発電、送電、配電は後述のセクションにて説明する。

3.9.2. エネルギー政策・制度・計画（水素の位置づけ）、電源開発計画（需給に水素を見込む余地の有無など）

コスタリカのエネルギー及びカーボンニュートラルに係る主要な政策及び計画を下図に示す。



出典: JICA 調査団

図 3.50 コスタリカのエネルギー及びカーボンニュートラルに係る主要な政策及び計画

詳細を以下に記載する。

(1) エネルギー政策/電力会社の計画

コスタリカには多くの国家開発計画が存在する。これには経済企画省 (MIDEPLAN) によって策定された長期開発計画や 3 ヶ年開発計画が含まれる。また、エネルギーセクターも多くの政策や計画によって管理されているが、同セクターの方向性を示す主要な文書として国家エネルギー計画がある。国家エネルギー計画は ICE によって作成された発電拡張計画や送電拡張計画等によって補完されている。政府やその他機関によって策定された主な政策は以下の通りである。

■ 包括的脱炭素化経済に向けた地域経済戦略 2020-2050 及び 3 ヶ年開発計画

包括的脱炭素化経済に向けた地域経済戦略 2020-2050 (Estrategia Económica Territorial para una Economía Inclusiva y Descarbonizada 2020-2050) は MIDEPLAN に策定され、2021 年 5 月に発表された。本計画は、国の脱炭素化戦略 (脱炭素化の章で詳述) に沿って、グリーン成長の促進と温室効果ガス排出量の削減を目指している。エネルギーセクターに関しては、イノベーションを分散化して脱炭素化を促進することを提唱している。また、本戦略では 6 つの回廊を開発し、主要地域の連

携を図りながら、アクセスやロジスティクス改善を目指すとしている。エネルギーセクターと直接関連するアクションは下記の通りである。

- 電圧制御変圧器を設置し、新しい変電所を建設する
- 先進的な製造業、ICT、再生可能エネルギーに関するトレーニングを実施する
- 電力の接続範囲を拡大する
- 新しい再生可能エネルギープロジェクトを促進する
- 沿岸地域において再生可能エネルギーを開発する
- イノベーションを活用して生産的なセクター間のつながりをつくる

水素についても言及されているが、水素経済に直接つながるようなアクションは具体的に記載されていない。

2019年から2022年までの3ヶ年計画は、経済全体の行動リストを示しており、そのいくつかは輸送及びエネルギーセクターに関連している。同計画はとりわけ都市交通（公共交通）及び道路インフラの整備を目指している。また、温室効果ガス削減のための国家プログラムについても詳述しており、特に公共交通では電気バスの導入について言及している。乗用車の分野においても、電気自動車や再生可能エネルギー由来の燃料利用等が脱炭素化施策として計画されている。

■ VII 国家エネルギー計画

VII 国家エネルギー計画（Plan Nacional de Energia : PNE）はコスタリカのエネルギーセクターの包括的な政策である。同計画は MINAE によって 2015 年に公表され、2015 年から 2030 年までの期間を対象としている。また国の主要な開発計画である国家開発計画 2015-2018 の気候変動及びエネルギー供給に関する特定目標 2 及び 3³⁵に沿った内容となっている。

PNE は温室効果ガス排出量の低いエネルギー供給を通じてサステナビリティを実現することを目指しており、需要の増加を吸収し、かつ競争的な価格で提供可能な、クリーンな再生可能エネルギーをベースとした国家エネルギーシステムの構築の方向性を示している。その実現のために、PNE は以下の表の通り電力生産や輸送システムに関する戦略を示している。

表 3.51 PNE の電力及び輸送システムに関する政策（コスタリカ）

サブセクター	戦略
電力	エネルギー効率性の推進 エネルギー配分の最適化 電力供給・ミックスの持続性推進 持続的な電力開発
輸送及び燃料	環境にやさしい車両 持続的な公共交通システム クリーン燃料の促進

出典：VII 国家エネルギー計画より JICA 調査団作成

³⁵ 国家開発計画 PND (<https://www.mideplan.go.cr/Plan-Nacional-Desarrollo-2015-2018>) p478

目標 2：国の幸福、人間の安全保障、競争力を確保するために、市民参加、技術革新プロセス、研究、知識を通じて地球規模の気候変動に対処する行動を促進する。

目標 3：電力と燃料の最適かつ継続的な供給を保障するエネルギーマトリックスを通じて、国のエネルギー需要を満たし、エネルギーの効率的な利用を促進し、国の競争力を維持・向上させる。

さらに、それぞれの戦略ごとに制度・行政改革、新しい効率性基準、認証・関税の設定等の一連の目標が設定されている。いくつかの目標は以下の通りである。

- 2018年までに再生可能エネルギープロジェクトを731.9MWまで拡大し、2019年から2023年にかけては470MW、2024年から2030年にかけては910MWをさらに追加する
- 2018年までに送電線を313.5 km 拡張する
- 2018年までに配電線を1,921 km 拡張する

PNE はバイオマスや地熱等の再生可能エネルギー源の多様化についても言及している。また、地域間電力市場であるMERへの更なる参加についても提言しており、余剰電力を地域市場で売却することでエネルギーに関連する収入を増加させる機会になるととらえていると考えられる。

コスタリカにおける主要なエネルギー消費セクターである運輸セクターに関しては、PNEは車両検査の改善やエネルギー効率性の高い車両購入時のインセンティブ付与等の目標を詳述している。さらにいくつかの内容は、水素を含む新しい技術の導入戦略を策定することを明らかにしている。公共交通に関しては、コスタリカ大都市圏地域における31の自治体のマスタープランを具体化し、インターモーダルな交通にかかる基準を盛り込むことを目指している。さらに、コスタリカ大都市圏地域や他の地域における電気バスの開発も目標としている。

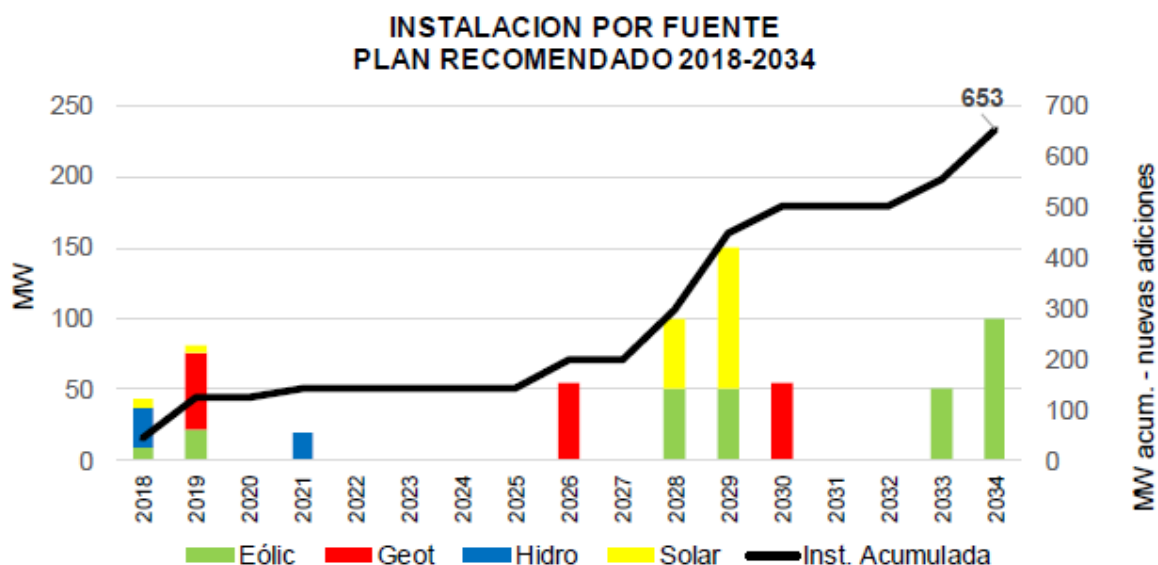
■ 発電拡張計画

ICEが作成した最新の発電拡張計画（Plan de Expansion de la Generacion : PEG）は、2019年に発表され、2018年から2034年の期間を対象としている。PEGは、コスタリカの電力システム及び電力需要の予測に基づいたICEの電力容量拡張計画を詳細に述べており、新しい発電インフラストラクチャーのパイプラインは2,336MWにのぼるとしている。その内訳は、水力発電1,435MW、地熱発電220MW、風力発電120MW、太陽光発電81MWとなっており、残りの480MWは化石燃料発電となっている。

上記のICEの計画に加えて、配電公社による300MW（水力235MW、風力39MW、バイオマス16MW、地熱10MW、太陽光5MW）以上の新発電事業が計画されており、そのうち109MWは2026年までに運営が開始される予定である。

ICEによる2018年から2034年にかけての年毎の拡張計画は添付-表48(p.添付-66)の通りである。

全期間を通じて需要は年率1.3%から2.1%で増加すると予測されている。これに対応するために、ICEは546MWの正味発電容量の導入を目指している。その内訳は化石燃料発電の廃止73MW、風力発電の導入260MW、太陽光発電161MW、地熱発電151MW、水力発電47MWとなっており、年1.4%の増加が計画されている。この導入計画は以下の表においても示されている。



出典: 発電拡張計画

図 3.51 コスタリカの電力導入計画

電源種ごとの発電容量推移は添付-図 60 (p.添付-67)に示す通りである。計画期間中に最も割合が増加するのは風力発電（緑の折れ線）であり、2034 年までには全発電容量に占める割合が 16%になると予想され、2017 年の 11%から 5%増加する見込みである。化石燃料（黒の折れ線）は 16%から 12%に、水力発電（青の折れ線）は 66%から 58%に減少する見込みである。他の電源種の増減幅はわずかである（太陽光発電が 0%から 4%、地熱発電が 6%から 9%）。

■ 送電線拡張計画

送電線拡張計画（Plan de Expansión de la Transmisión Eléctrica 2019-2029）も ICE によって策定され、2019 年に公表された。2019 年から 2029 年までの期間を対象とし、現在の送電システム及び電力需要予測の分析に基づき、期間中のコスタリカの送電線設備拡張計画が示されている。ICE は、2029 年までに変電設備容量を現容量の 6%増にあたる 620MVA まで増加させる他、230kV 送電線を 100 km（現在の 4%増）拡張させることも目指している。

国内送電ネットワークの拡大計画は添付-図 61 (p.添付-68)を参照。

■ エネルギーセクターに関連するその他の法制度、規制、インセンティブ

エネルギーや電力開発にかかる国の政策や計画に加えて、コスタリカではエネルギーや運輸セクターに関連する多くの法律、規制、インセンティブが整備されてきた。例えば、分散型エネルギー規制は、全国電力系統網に接続するための基準や運用法を定めたネットメータリングに関する規制を定めている。また、Concession Framework Law for the Use of Hydraulic Forces for Hydroelectric Generation（Ley Marco de Concesión para el Aprovechamiento de las Fuerzas Hidráulicas para la Generación Hidroeléctrica）は水力発電源のコンセッションの枠組みを規定している。

電力輸送に関するインセンティブ制度としては Law 9518（電力輸送に関する奨励、インセンティブ、免税措置）が挙げられる。

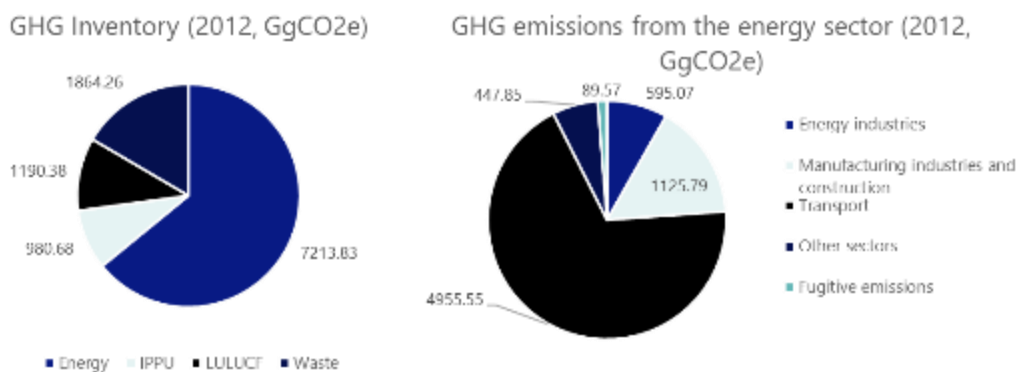
- 地域的取組み：中米クリーンエネルギー回廊（Clean Energy Corridor of Central America：CECCA）

SIECAに加えて、中米クリーンエネルギー回廊（CECCA）構想が2015年にIRENAの主導により発案された。CECCAは地域電力市場とSIEPACを活用して、中央アメリカにおける再生可能エネルギーの開発促進とクロスボーダー取引を目指す地域イニシアチブである。変動性再生可能エネルギー増加に向けた電力システム運用と制度設計、再生可能エネルギーにかかる国家・地域のパワーシステム計画、ゾーニング・再生可能エネルギー資源の評価、能力開発と情報発信等の実現に向けた柱が構築されている。

(2) カーボンニュートラルへの取組状況

エネルギーセクター及びエネルギーバランスの章で記載した通り、コスタリカは既に98%以上の電力を再生可能エネルギーによって賄っており、化石燃料由来の電力は1.4%だけである。しかしコスタリカは、最も排出量が多い輸送を含む全セクターにおいて、2050年までにゼロ・エミッションを達成することを目指している。コスタリカは、2015年に初めてUNFCCCに提出した国が決定する貢献（NDC）において、森林セクターにおけるオフセットと吸収源活動によってカーボンニュートラルを目指し、温室効果ガスをBAUシナリオで44%削減し、2012年比で25%削減するとした。コスタリカのゼロ・エミッション目標は、このNDCに続くものである。

同国のエネルギー消費はGHGインベントリーにも反映されており、エネルギーセクターは排出量全体の64%と大きな割合を占めている。廃棄物がそれに続くが、17%と全体に占める割合は小さい。また、エネルギーセクターのうち輸送が69%と最も大きな割合を占め、製造業がそれに続く。



出典：Costa Rica second Biennial report to UNFCCC (2019)よりJICA 調査団作成

図 3.52 コスタリカの温室効果ガス排出源、2012年（左）、エネルギー部門における排出源、2012年（右）

エネルギー消費とGHGインベントリーから、エネルギーセクターのうち特に輸送セクターにおいて脱炭素化に向けた大きな取り組みが必要であると考えられる。

コスタリカにおけるカーボンニュートラルやネットゼロに関連した主な取組は以下の通りである。

■ 国家脱炭素化計画（Plan Nacional de Descarbonización 2018-2050）

国家脱炭素化計画は MINAE によって策定され、2018 年に公表、UNFCCC に提出された。同計画は脱炭素化に向けた戦略指針であり、コスタリカの脱炭素化に向けたアクションを取り纏めている。

脱炭素化とレジリエンスは、現在の経済開発モデルから、生物経済、グリーン成長、インクルージョン、および市民の福祉向上に基づくモデルに変換する手段だとしている。コスタリカは、2050 年に GHG 排出量のネットゼロの脱炭素経済を目指しており、世界の平均気温の上昇を産業革命前のレベルより 1.5° C に制限するという長期目標と合致している。同計画は 2050 年までの期間を、2018～2022 年は初期段階、2023～2030 年は推進期、2031～2050 年は新技術への移行の常態化及び大規模普及期の 3 つの時期に分けている。

同計画において、目標達成における交通セクターの重要性が認識されている。自家用車が大半を占める車両の数は、30 年間で 3 倍になっている一方、交通インフラへの投資は進んでおらず、コスタリカの輸送問題を示している。都市公共交通機関においては、複数のバス経路等が必要と合致しておらず、自家用車の利用が増加している要因になっている。同計画では、水素の可能性について検討しながら、交通セクターの脱炭素手段として自家用車の電化を挙げている。交通セクター以外の部門も同計画の対象になっている（産業、残留物、農業、林業、その他の土地利用）。

表 3.52 コスタリカの脱炭素指針

セクター	戦略
エネルギー（交通部門）	安全で効率的な再生可能エネルギー由来な公共交通機関とアクティブモビリティスキームに基づくモビリティシステムの構築
	自家用車のゼロ・エミッション化（化石燃料から再生エネルギー由来へ）
	ゼロエミッションまたは可能な限り低炭素の技術やエネルギー源を利用する貨物運搬への転換
	競争力を備えた再生可能エネルギーによる電力マトリックスの構築
	省エネで、低炭素手法の建設の建物の採用（商業、住宅、機関）
産業	産業セクターの近代化を通じた持続可能化（再生可能エネルギー利用や低炭素プロセスの促進）
廃棄物	廃棄物の分別、再利用、再評価および廃棄の統合的管理システムの構築
農業及び土地利用	国内消費用および輸出用の食糧生産の低炭素化
	牧畜業における温室効果ガスの削減
	生物多様性の保護、森林率の向上と維持、都市・地方・海岸地域で自然のエコシステムに沿った管理モデルの確立

出典：国家脱炭素化計画より JICA 調査団作成

エネルギー・交通セクターにおいては、2050 年までに公共交通の 85% をゼロ・エミッション車へ置き換え、公共交通が市民の第一の移動手段になることを目指している。これには、水素の利用可能性の評価、水素や他のゼロ・エミッション技術の推進計画を立案することも含まれる。

一般乗用車においては、電化が主な脱炭素手段とされているが、電化に加え水素の利用が検討されている。貨物車両の脱炭素化においては、水素が一つの技術として検討されている。

産業の脱炭素化においては、コスタリカはサーキュラーエコノミーアプローチの導入やエネルギー効率の促進に焦点を当てている。化石燃料の転換、再生可能エネルギーやバイオエネルギーの導入等に向けた各産業のエネルギー要件に合わせ、セクター別排出削減戦略の策定が予定されている。他方、GIZによって発信された最近の調査³⁶では、産業からの水素需要が交通セクターと比べて少ないとされていることから、水素の産業部門における需要量は少ないとされている。

■ 国家交通電化計画 2018～2030 年（Plan Nacional de Transporte Eléctrico 2018-2030、以下「PNTE」）

PNTE は 2018 年に MINAE 及び公共事業交通省（MOPT）により公表され、2030 年までの交通セクターの電化に向けた目標及びアクションプランを記載している。一般乗用車は公共交通の短期・中期的な脱炭素化に向けた具体的なロードマップが示されており、国家脱炭素化計画を補完するものとなっている。なお、PNTE は短期・中期的な行動計画を焦点に置いているため、水素やその他の技術は同計画では言及されていない。

■ その他のイニシアチブ

国家脱炭素計画は、RECOPE の近代化（脱炭素化）に言及している。RECOPE は、水素とバイオ燃料に焦点を当て、ゼロ・エミッション燃料の使用と販売への検討を促進する。また、脱炭素の移管として、RECOPE の組織改編が議論されており、クリーン燃料等をより強調した組織を目指している。RECOPE は既に交通部門における脱炭素計画（Plan de descarbonización de sector transporte Terrestre）を策定している。同計画には、バイオ燃料と LPG の利用に加え、水素イニシアチブ（研究、パイロットプラント、ステーション整備等）の計画が挙げている。

(3) 石油化学産業などの現状および将来見通し

コスタリカにおいて大規模な石油化学産業は存在しない。

(4) 国内外送電網の状況

1) 国内送電網

2018 年の時点において、同国の国内送電線は 138kV が 653.66 km、230kV が 1,725.4km である。また、変電システムの容量は 10,921MVA（降圧：4,594MVA、昇圧：4,156MVA、自動変圧：2,091MVA、電圧制御器：80MVA）である。2018 年及び 2019 年の時点では、システムによって管理されている電力は安定的であるとされる。国内送電線ネットワーク地図は添付-図 58 (p.添付-65)を参照のこと。

³⁶ GIZ and Hinico, 2021. Study on the possibilities to produce, use and export "green" hydrogen in Costa Rica

2) 国際送電網

中米電力連系システム（SIEPAC）は地域間送電線システムと地域電力市場（MER）から構成される。SIEPACの議論は1987年から始まり、最初の送電線建設は2006年に始まった。最初の送電線は全長1,703km（運用容量300MW、電圧230kV）からなり、パナマからグアテマラまでをつないでいる。現在の送電線状況は添付-図59(p.添付-66)を参照のこと。なおMERについてはエネルギーコスト・収入の節で詳述する。

第二の送電線ネットワークも計画されており、これにより国際電力システムの強化（エルサルバドルとホンジュラス、ホンジュラスとニカラグア・コスタリカ、パナマとニカラグア）が見込まれる。また、長期的にはメキシコとの送電線接続も目指されている。

3.9.3. 水素技術の活用・導入状況（伝統技術・新技術、グレー／ブルー／グリーン水素）

コスタリカでは、水素に関するプロジェクトがこれまでにいくつか実施されてきた他、現在でも進行中であり、かつ今後も準備が進められている。IDBによるいくつかのプロジェクトは、国家の水素戦略やセクター別のアクションプラン策定を支援することにより、水素経済の育成を目指している。

また、2021年にドイツ国際協力公社によりコスタリカにおけるグリーン水素の製造、利用、輸出可能性に関する調査が発表された。同調査では、コスタリカには2050年までに年間最大520万トンの水素を製造する可能性があることが強調され、2030年までにはコスト競争力を備えほとんどの化石燃料に取って代わると推定されている。調査結果では産業セクターでは利用の可能性がほぼないことが明らかにされた一方で、モビリティ分野においては高い可能性があり、2030年までの水素需要は19,000トン、2050年までには335,000トンが見込まれている。なおこの需要に海上輸送や鉄道輸送は含まれていない。また、地域的な競争を考慮し、コスタリカで製造された水素がヨーロッパ連合や日本に輸出される可能性は低いとされた。

ICEやRECOPEの他、Ad AstraやCumminsといった企業も水素の研究開発に取り組んでいる。例えば、Ad AstraとCumminsは、2015年から2017年にかけて水素製造に向けた風力エネルギーの実行可能性調査を実施した。最近では、Ad AstraがSail Cargoとともに、水素燃料を利用した船舶等の乗り物の開発に取り組んでいる。さらに、水素バス、水素車、チャージングステーションのパイロット事業も実施されてきた。

具体的な水素関連にイニシアチブに加えて、コスタリカには水素経済に関するいくつかの関連団体が存在する。コスタリカ水素協会（the Costa Rican Hydrogen Association）は、様々な分野や用途で水素利用を促進する非営利団体である。同協会の参加団体には、ACOPEやRECOPE、Jb Power等がある。

2019年5月、コスタリカはIDBの支援を受けてコスタリカ水素同盟（the Costa Rican Alliance for Hydrogen）を発足させた。本同盟は、調整機関としての役割を果たし、水素を経済の脱炭素化とエネルギートランジションの促進剤として位置づけ、コスタリカ経済における水素に関する公共政策と支援制度の採用を促進することを目的としている。2021年8月現在で21の団体・機関（民間、公共、NGO）が参加し、水素サプライチェーン全体をカバーするアライアンスを形成してい

る。参加団体は、IDB、CRUSA Foundation、Purdy Motor、Ad Astra、ICE、Grupo Electrotécnica、Siemens
コスタリカ、Matelpa、Cummins コスタリカ等である。

3.9.4. 官・民取り組み状況、他ドナー支援状況

本邦機関やその他国際機関によるエネルギー、再生可能エネルギー、水素分野における主な支援
事業は添付（9.4）の通り。

3.10. エルサルバドル

エルサルバドルの基礎情報は下表のとおり。

表 3.53 エルサルバドルの基礎情報

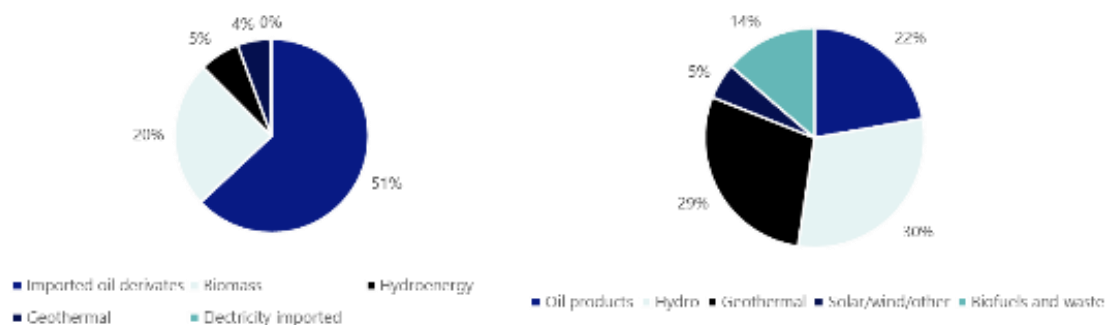
面積	2.1万 km ²
人口	664万人(2018年、統計局)
GDP(名目)	270億ドル(2019年、中銀)
一人当たりGNI(名目)	4,676ドル(2019年、中銀)
主要産業	軽工業(輸出向け繊維縫製産業)、農業(コーヒー、砂糖等)

出典:外務省 HP より調査団作成

3.10.1. エネルギーセクターの概況(エネルギー需給、水素の位置づけなど)、関連機関の役割(特に水素全般に関連して)

(1) エネルギーバランス

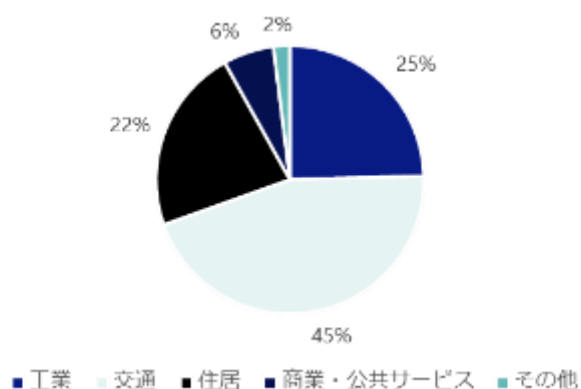
2019年におけるエネルギー供給のうち、51%が石油、20%がバイオマス、5%が水力、4%が地熱から構成された。ほとんどの化石燃料は輸送(民生利用も含む)及び産業セクターにおいて消費されている一方で、発電電力量におけるエネルギー構成は主に再生可能エネルギー(水力30%、太陽光・風力5%、地熱29%)からなる。また、少量の電力(0.2%)が輸入されている。以下の図は左がエネルギー供給構成、右が発電電力量構成である。



出典:CNE「エネルギーバランス 2019」及びIEA「世界エネルギーバランス 2019」よりJICA 調査団作成

図 3.53 エルサルバドルの2018年のエネルギーバランス(左)、2018年の電力発電構成(右)

セクター毎のエネルギー消費は以下の図の通りである。交通セクターが主な消費セクターであり、産業セクター、家庭セクターがそれに続く。



出典:IEA「世界エネルギーバランス 2019」より JICA 調査団作成

図 3.54 エルサルバドルのセクター別エネルギー消費 (2018 年)

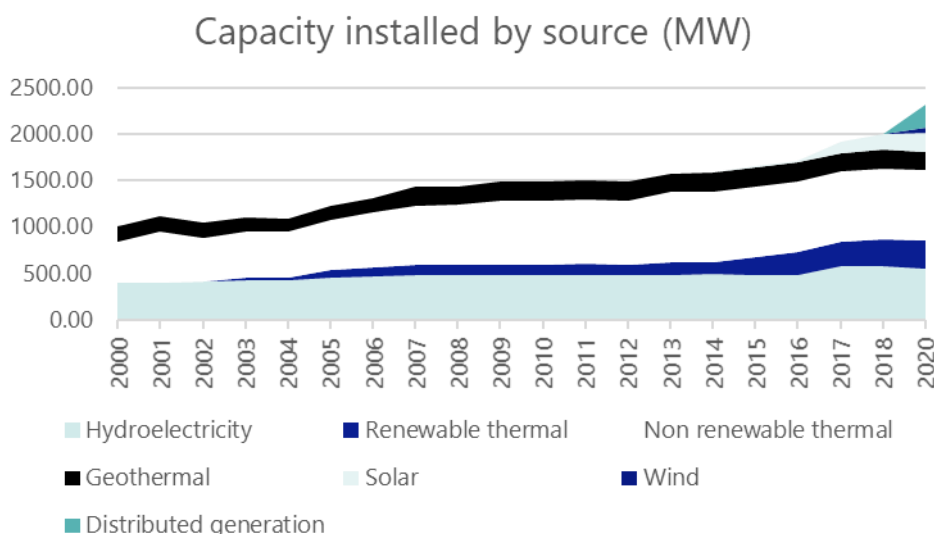
2021 年時点において、エルサルバドルは最終セクターにおける再生可能エネルギーの利用目標を設定しておらず、輸送セクター及び建物における冷暖房利用において当該目標を設定することで、同国における再生可能エネルギー利用をさらに促進できる可能性がある。

(2) 発電

CEL とその子会社が、エルサルバドルの主な発電所を所有・運営している。2020 年の時点で、CEL とその子会社は同国の合計発電量の 29.94% を占める。また、45 の他の発電事業者が電力市場で取引を行っている。出力容量がもっとも大きい発電事業者は Orazul Energy 社や Capella Solar 社であり、それぞれ 3.81% と 2.18% の市場シェアを占める。このことから、同国の発電セクターは非常に分散した市場であることがうかがえる³⁷。

以下の図は電源源別の発電容量の推移を示したものである。2018 年において、化石燃料による発電が 756.6MW であり、再生可能エネルギーは 1,229.43MW であった。このうち、水力が 573.95MW、バイオマスが 298.35MW、太陽光が 215.81MW、地熱が 204.4MW であった。

³⁷ [UT](#), 2020 statistics per generator, accessed 2021/8/11



出典：CEPAL 統計資料及びエルサルバドル発電拡張計画 2021-2031 より JICA 調査団作成

図 3.55 エルサルバドルにおける再生可能エネルギーの導入状況（2000-2020 年）

地熱発電開発は近年停滞しており、新規事業の数が限られた状況となっている。これは、長期売電契約の締結可否や資金調達等の地熱発電事業の構造的な問題が要因となっている。例えば、電力販売契約（PPA）は太陽光、風力、バイオエネルギー、小規模水力発電事業においてのみ認められている。PPA のような長期契約は、長期間にわたる一定価格を保証し、安定的なキャッシュフローを生み出すことが可能となるため、投資家を呼び込むために非常に重要なものである。このため、地熱発電開発事業はこのような構造的な問題を見直すことによって促進される可能性がある。

再生可能エネルギーは 6 月から 8 月にかけて発電量が減少し、化石燃料の消費がピークとなる（添付-図 62 (p.添付-72)）。このことから、エルサルバドルが再生可能エネルギーの発電量を増やすのであれば、ベースロード容量も増やす必要があることがうかがえる。

(3) 送電

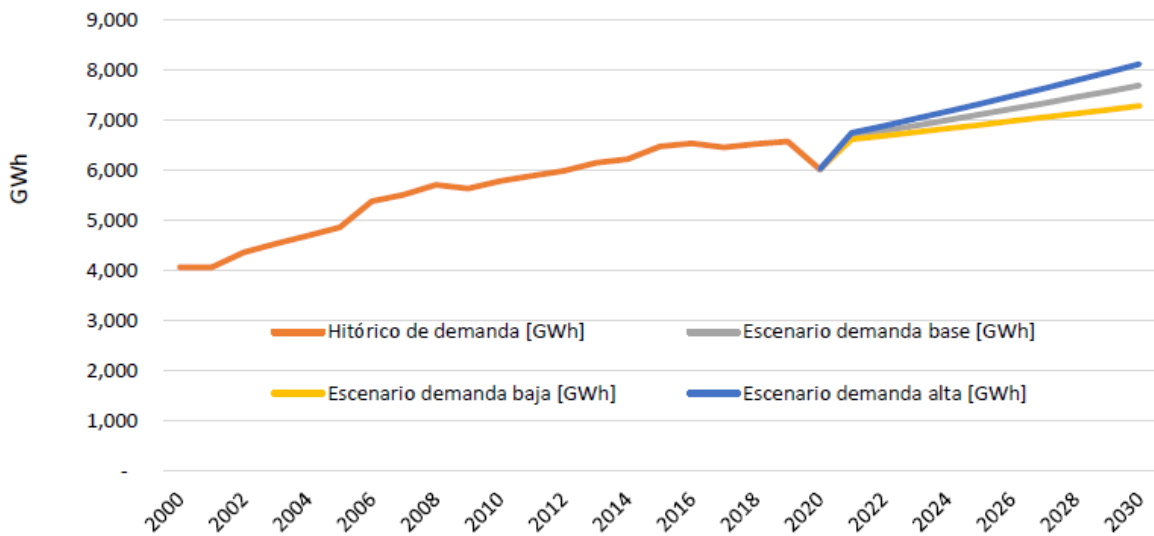
エルサルバドルの送電網は ETESAL1 社がその管理を担当している。

(4) 配電

エルサルバドルの配電事業は 7 つの企業が担い、自由化された競争市場となっている。通常は異なる地域ごとに運営しているが、同じ地域でサービスを提供することも可能となっている。

(5) 電力需要と需要変動

エルサルバドルの電力需要の推移は以下の図の通りである。



出典:エルサルバドル発電拡張計画 2021-2031

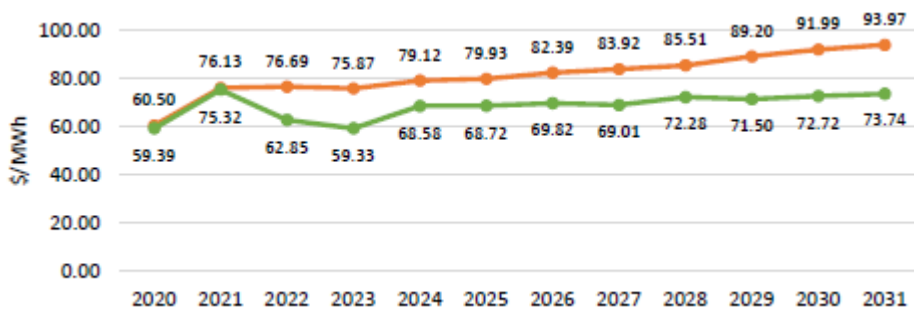
図 3.56 エルサルバドルにおける電力需要の動向 (2000年~2030年)・GWh

電力需要は2000年以降大幅に増加してきた。2020年から2030年にかけては、電力需要は毎年1.58%増加し、コロナ前の6,582GWhと比較して、2030年までに7,291GWhから8,125GWhに到達すると予測されている。国内需要に加えて、MERを通じた地域需要が毎年4.5%増加し2025年までには78,768GWhに達すると見込まれており、エルサルバドルに限らずMERの加盟国が電力輸出を目指す。

月毎の電力統計によると、季節ごとの電力需要の変化はあまりなく、年間を通じて需要は一定している。

(6) 電力価格・収益

2020年時点の電力料金、及び2030年から2040年にかけての予測料金は以下の図の通りである。2つのシナリオからなり、1つ目のシナリオ(緑線)は新しい発電プロジェクトにより市場需要がカバーされることを前提条件とし、比較的安定した料金推移となっている。2つ目のシナリオ(オレンジ線)は、2031年までに新規プロジェクトがいずれも開発されないことを前提条件とし、電力料金は2020年の60.5USD/MWhから2031年の93.97USD/MWhへと増加する予測となっている。



出典:エルサルバドル発電拡張計画 2021-2031

図 3.57 エルサルバドルにおける電力価格の変動予測 (2020年-2031年)

2019年のエネルギーインフラストラクチャーへの投資は77百万USドルと見積もられ、エルサルバドルのGDPの1.1%を占めた³⁸。なおエネルギーセクターから得られる政府収入に関する公開情報は得られなかった。

電力・エネルギー消費に関連したその他の収入・支出として、電力輸入・輸出入がある。送電線システムの節にて言及した通り、エルサルバドルの送電線システムはSIEPACに統合されており、SIEPACには加盟国同士が電力取引を行える地域電力市場（MER）が存在する。MERは電力システムの安定性を向上・強化し、地域内各国における天然資源の利用を最適化するとともに、地域規模のメリットを生かして大規模な発電所を開発することを目標としている。MERの詳細はコスタリカの章に記載した通りである。

添付-図 63 (p.添付-72)の通り、エルサルバドルは電力の純輸入国であり、かつMER参加国の中で最大の輸入国である。2018年には、輸入量は2,000GWh近くに及んだ。

(7) 関係省庁

エルサルバドルのエネルギーセクターは1996年に再編された。1996年以前は、国営会社レンパ川水力発電執行委員会（以下「CEL」）を通じて国がエネルギーセクターを独占していた。CELは垂直統合型企業として同セクターのサプライチェーン全体を主導し、その開発戦略の策定も担っていた。また1948年から1996年の間には、電力エネルギー供給に要するインフラストラクチャーの大部分を開発した。

1996年に始まった市場の自由化では、1996年から1999年にかけて電力卸売市場が整備され、発電、配電、売電の民営化が行われるとともに、送電は分離化された。また、電気通信総監督庁（SIGET、各サブセクターの監督機関）と電力取引ユニット（UT、卸電力市場の運営機関）が設立された。

以下の表はエルサルバドルのエネルギーセクターにおける主要な機関をまとめている。

表 3.54 エルサルバドルのエネルギーセクター主要機関

機関	概要
国家エネルギー審議会 (Consejo Nacional de Energía、以下CNE)	CNEはエルサルバドルのエネルギー政策と規範の策定を担当する主要機関であり、エネルギーセクターにおける調整機関の不在や長期計画の未整備等の課題に対応するために、2007年に設立された。電力セクターの効率的な開発を促進する政策・戦略を策定する他、再生可能エネルギーの開発、エネルギー市場の地域統合等の分野における計画策定機能も担う。CNEは、経済大臣を議長とし、環境天然資源大臣、財務大臣、消費者保護庁長官等から構成される理事会によって運営される。
電気通信総監督庁 (Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicacione、以下SIGET)	SIGETは電力・通信セクターの法的枠組みを適用・施行し、同セクターを規制する役割を担う。
電力取引ユニット (Unidad de Transacciones、以下 UT)	UTは一般電力法 (General Electricity Law) に基づき、送電網システムの運営と電力市場の運営を目的として設立された民間企業である。

³⁸ [Infralatam](#), accessed June 2021

エルサルバドル送電会社 (Empresa Transmisora de El Salvador、以下 ETESAL)	ETESALは一般電力法に準拠し、CELの発電事業、送電事業、配電事業を分離する構造改革の枠組みのなかで1999年に設立された。同社は送電システムの開発・管理を行うたった1つの会社である。 ESTALは発電事業者と接続する41の送電線と、電力連系システム(SIEPAC)と接続する4つの送電線を管理している。
レンパ川水力発電執行委員会 (Comisión Executive Hidroeléctrica del Río Lempa、以下CEL)	CELは国営企業であり、1996年までは発電、送電、配電分野を独占していた。現在は主要な発電会社の一つとなっている。CELの傘下には、地熱発電会社のラヘオ社(La Geotermica)、水力発電会社のクマカヤン電力会社(Compañía Eléctrica Cucumacayán、CECSA)、火力発電会社のエネルギー投資会社(Inversiones Energéticas、INE)等いくつかの子会社が存在する。CELの役員は、総務省、経済相、財務省、公共事業省、外務省、農牧省、中央銀行により指名される。
国家電気電話投資基金 (Fondo de Inversión en Electricidad y Telefonía、以下FINET)	低所得消費者に対する補助金分配の管理や、地方電力の拡大を担う。

出典:各省ウェブページより JICA 調査団作成

このようにエルサルバドルのエネルギーセクターは自由化されている。送電事業は国有企業が独占しているが、発電及び配電は民間セクターに開かれている。発電、送電、配電の詳細は次節以降で詳述する。

3.10.2. エネルギー政策・制度・計画 (水素の位置づけ)、電源開発計画 (需給に水素を見込む余地の有無など)

(1) エネルギー政策/電力会社の計画

エルサルバドルではエネルギーセクターに関する多くの政策や計画が策定されているが、同セクターの方向性を規定している主要なものは国家エネルギー政策と一般電力法である。国家エネルギー政策は、発電拡張計画等 CNE によって策定された計画によって補完されている。政府やその他機関によって策定された主な政策を以下に記述する。

■ 国家エネルギー政策

2021年8月時点において、2020年から2050年までの改訂版エネルギー政策の全文は公表されていないが、主な戦略課題は以下の通りである。

- 環境整備: 更なる再生可能エネルギー利用に対するインセンティブ付与、競争性と価格の更なる改善、新技術の導入
- 持続可能なエネルギー供給: エネルギーのユニバーサルアクセス、カーボンニュートラル、エネルギーインフラへの投資、更なる再生可能エネルギー源の利用
- エネルギーの効率性
- 研究、開発、イノベーション: グリーン水素の導入、エネルギートランジションにかかる新技術、新しいエネルギー源の探求

- エネルギーの安全性と統合：エネルギーマトリックスの最適化、石油依存の軽減、地域統合

水素に関しては、国家グリーン水素戦略の策定、規制及び標準化の確立、グリーン水素の製造・認定、管理・技術能力の開発、様々な分野におけるグリーン水素のパイロット事業の実施等に関する行動計画を示している

なお 2020 年から 2050 年のエネルギー政策は、2010 年から 2024 年にかけてのエネルギー政策に続くものである。前回期間の主な戦略課題は以下の通りである。

- 再生可能エネルギーの促進とエネルギーミックスの多様化
- エネルギーセクターの構造的枠組み強化による消費者保護
- 省エネ技術の推進とエネルギー効率重視する文化の醸成
- 電力アクセスの拡大と優遇制度の促進
- エネルギー技術の開発
- 隣国との電力網統合の推進

■ 一般電力法

一般電力法は、エルサルバドルにおけるエネルギー市場自由化の基礎となっている。同法は 1996 年に制定され、発電、送電、配電、売電のサブセクターを規制している。また、同法によってエルサルバドルの電力市場は自由化され、電力システムの法的枠組みが整備された。例えば、発電事業の開発権の付与方法として入札プロセスが確立されている。なお、5MW 以下の地熱・水力発電事業については、SIGET によって規制されており、直接入札を含むさらに合理化された入札プロセスが整備されている。

同法は 2012 年に改正され、系統接続とネットメータリングに関する新しい要件が導入された。

20MW 以上の発電事業者に対しては、バイオマス発電、太陽光発電、風力発電、水力発電、地熱発電への優先的な送電が認められている。また、ネットメータリングは、小規模の再生可能エネルギー自家発電業者が利用できることとされた。電力入札の一枠は自家発電業者に用意されている。

■ 再生可能エネルギー国家マスタープラン（2012-2026）

再生可能エネルギー国家マスタープランは、2012 年から 2026 年間の再生可能エネルギー利用にかかる戦略策定を目的として 2012 年に策定された。同マスタープランでは、2026 年までのキャパシティー強化が 3 段階に分けて記載されており、詳細は以下の表の通りとなっている。

表 3.55 エルサルバドルの 2026 年までの再生エネルギー導入キャパシティー強化計画

技術	既存容量(MW)	強化容量(MW)		
		2012-206	2017-2021	2022-2026
小規模水力 (20MW以下)	35	102.5	51.8	16
風力	-	10	20	30
太陽光	0.5	18	21	51
太陽熱	-	60	80	60
地熱発電	204.4	5~9	55~80	-
バイオマス	109.5	45	-	-
バイオガス	6.3	10	-	25

出典:再生可能エネルギー国家マスタープランより JICA 調査団作成

■ エルサルバドル発電拡張計画 2021-2031 (Plan Indicativo de Expansión de la Generación 2021-2031)

エルサルバドル発電拡張計画は、国及び投資家に対して同国における発電能力の成長可能性を示す指標的な役割を果たしている。同計画は、エルサルバドルのエネルギー政策 2020-2050 の一つの戦略目標である「石油製品への過度の依存に起因するエネルギー不足、気候変動の影響、国の緊急事態等のリスクの軽減」に基づいて策定された。さらに、CNE によって推進される戦略は、NDC を通じて国によって署名されたエネルギーに関する国際的なコミットメントの達成に基づいている。

同計画において、エルサルバドルの電力市場は自由市場であり、候補プロジェクトが各規制機関や運営機関、送電会社等の要求事項を満たすことができれば、すべての投資家が参加可能であることが強調されている。また、技術の種類に関わらず同じ条件での参加が保証されている。

火力発電の投資パイプラインは合計発電量が 780MW に達する。また、以下の表の通り 712.6MW の再生可能エネルギーのパイプラインも存在する。これらのプロジェクトの中で、合計 512.6MW はすでに実施が承認されている。そのうち 380MW は火力発電、65.7MW は水力発電、50MW は風力発電である。また 2027 年までに、さらに 380MW の発電容量（太陽光発電 300MW、地熱発電 80MW）が追加されると予測されている。

表 3.56 エルサルバドルの電力の現状と新事業計画

技術別	現状(MW)	新規事業 (計画・MW)
水力	552	65.7
地熱	204.4	87
風力	54	250
太陽光	204	309.9
バイオマス	298.35	-
その他	248.12	-
合計	1,560.87	712.6

出典:エルサルバドル発電拡張計画 2021-2031 より JICA 調査団作成

■ エネルギーセクターに関するその他の法律、規制、インセンティブ

エネルギー・電力の開発にかかる政策や計画に加えて、エルサルバドルにはエネルギーセクターに関する多くの法律、規制、インセンティブが整備されている。同国のエネルギー市場を規制する法的枠組みは電力の商業化を推進しており、様々な電力供給者が市場にアクセスでき、最終消費者は電力供給者を選択することができるようになっている。

エネルギーセクターへの投資に対するインセンティブ制度も整備されている。2014年には「投資に関する法的安定化法（Stability Law for Investments）」が制定され、法的安定化契約の締結により、投資家に対して法的安定性を保証する枠組みが整備された。本法律の対象となる投資家は、安定した税制や資本の本国送還の保証等の便益も享受することができる。また、2007年に制定された「再生可能エネルギー促進に関する財政的インセンティブ（Fiscal Incentives Act to promote renewable energy）」では、開発業者が発電設備を輸入する場合の免税措置（最初の10年間）や所得税免除の他、プロジェクトによって税の完全免除等の恩恵を受けることが可能となった。

電気交通に関するインセンティブとしては、電気交通に関するインセンティブや推進制度、免税措置を定めた Law9518 等がある。

■ 地域的取組：中米クリーンエネルギー回廊（Clean Energy Corridor of Central America : CECCA）

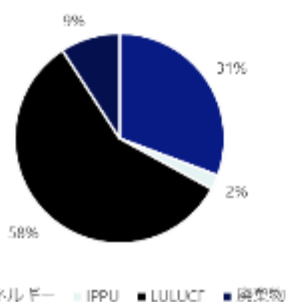
SIECAに加えて、中米クリーンエネルギー回廊（CECCA）構想が2015年にIRENAの主導により発案された。CECCAは地域電力市場とSIEPACを活用して、中央アメリカにおける再生可能エネルギーの開発促進とクロスボーダー取引を目指す地域イニシアチブである。変動再生可能エネルギー増加に向けた電力システム運用と制度設計、再生可能エネルギーにかかる国家・地域のパワーシステム計画、ゾーニング・再生可能エネルギー資源の評価、能力開発と情報発信等の実現に向けた柱が構築されている。

(2) カーボンニュートラルへの取組状況

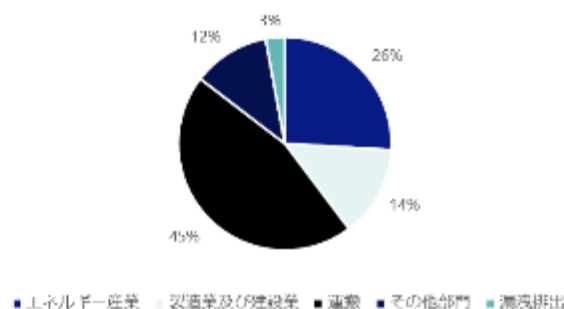
エネルギーセクターの概要及びエネルギーバランスの章に記載した通り、エルサルバドルは既に64%の電力を再生可能エネルギーによって賄っている。一方で、2019年における同国のエネルギー供給源構成は51%が石油であり、再生可能エネルギー由来のものはバイオマスが20%、水力が5%、4%が地熱となっている。また、主に輸送及び産業セクターが化石燃料に依存している。

このようなエネルギー源における化石燃料依存は同国の温室効果ガス（GHG）インベントリーにも反映されており、エネルギーセクターはGHGインベントリーの31%を占め、土地利用に次ぐ2番目に排出量が多いセクターとなっている。また、エネルギーセクターの内訳を見ると、輸送セクターが全体の45%と最も大きな割合を占め、エネルギー産業（26%）、製造業（14%）がそれに続く。

GHGインベントリー (2014年、GgCO2e)



エネルギーセクターの排出量内訳 (2014年、GgCO2e)



出典: Costa Rica Third National Communication to UNFCCC (2018)より JICA 調査団作成

図 3.58 エルサルバドルの温室効果ガス排出源、2014年 (左)、エネルギー部門における排出源、2014年 (右)

2016年に最初に UNFCCC へ提出した国が決定する貢献 (NDC) では、エルサルバドルは 2025年までに BAU シナリオで 46%の温室効果ガスを削減することを表明した。また追加的な資源があれば、92MW の地熱発電を開発し、温室効果ガスをさらに 15%削減するとした。

また、2012年に国家環境政策が承認され、環境法を改正してその構成に気候変動を組込む下地が整えられた。2013年には、国家環境戦略が策定され、国家気候変動戦略に組み込まれた。これらの政策・戦略は、第一次国家気候変動計画 (Plan nacional de cambio climatico – PNCC) の基礎となっている。

(3) 石油化学産業などの現状および将来見通し

エルサルバドルにおいて大規模な石油化学産業は存在しない。

(4) 国内外送電網の状況

送電ネットワークはグアテマラとホンジュラスを通じて中米電力連系システム (SIEPAC) と関係している。また、送電網は全長 1,360.82km に及び、115kV (41 ライン、1,073.82km) と 230kV の地域間送電網 (4 ライン、287km) から構成される。送電網の運営は、UT が担当している。国内の送電網地図は添付-図 64 (p.添付-73)を参照。

電力市場の契約形態には、長期契約 (CLP : Contratos de Largo Plazo) とスポット取引 (MRS : Mercado Regulator del Sistema) が存在する。CLP 市場は 2011 年に開設され、配電業者が発電業者と長期売電契約を締結し、電力の売買を行っている。一方、MRS 市場は生産コストベースで電力価格の設定がなされ、変動価格での電力取引が可能となっている。なお SIEPAC の詳細はコストリカの章を参照されたい。

3.10.3. 水素技術の活用・導入状況（伝統技術・新技術、グレー／ブルー／グリーン水素）

エルサルバドルでは、水素に関するイニシアチブやプロジェクトの数はまだ少ない状況である。上述した改訂版国家エネルギー政策では、水素分野の開発に関する多少の方向性は示唆されたが、グリーン水素に関する戦略はまだ策定されていない。なお CNE は、2021 年から UNIDO が主導している水素ワーキンググループに参加している。

3.10.4. 官・民取り組み状況、他ドナー支援状況

本邦機関やその他国際機関によるエネルギー、再生可能エネルギー、水素分野における主な支援事業は添付（10.3）の通り。

3.11. トリニダード・トバゴ

トリニダード・トバゴの基礎情報は下表のとおり。

表 3.57 トリニダード・トバゴの基礎情報

面積	5,130 km ²
人口	139.5万人(2019年 世銀)
GDP(名目)	235億6,600万ドル(2019年 世銀)
一人当たりGNI(名目)	16,890ドル(2019年 世銀)
主要産業	エネルギー産業(石油・石油製品、天然ガス、メタノール、アンモニア、尿素)、鉄鋼製品、食料品、セメント

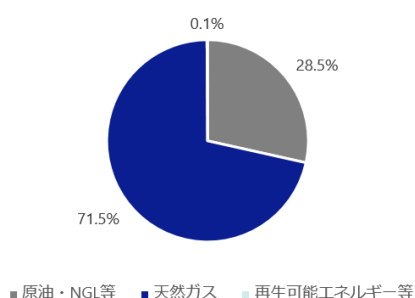
出典:外務省 HP より調査団作成

3.11.1. エネルギーセクターの概況(エネルギー需給、水素の位置づけなど)、関連機関の役割(特に水素全般に関連して)

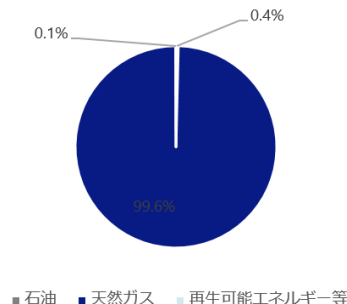
(1) 一次エネルギー供給構成

トリニダード・トバゴはカリブ地域最大の石油・天然ガス産出国であり、石油は優先的に輸出されている一方で、国内エネルギー供給は基本的に天然ガスで賄われている。2018年において、エネルギー供給の殆どを化石燃料に依存しており、そのうちの7割以上を国内生産の天然ガスが占めている。さらに発電電力量を見ると、発電量のほぼ全量を天然ガスに依存している。ただし近年は、石油・ガス生産及び残存埋蔵量が年々減少しており(図 3.60)、MEEAによると、天然ガス生産量は、2010年の約43億立方フィートから2017年には33億立方フィートまで減少した。活発な探索活動が功を奏し、一時期に埋蔵量の改善が見受けられたことがあったものの、全体的な減少傾向に変わりはない。そのため、短期・中期的には天然ガスは国内消費量に見合う十分な生産量が見込まれるものの、同国は埋蔵量減少に対する危機感を募らせており、化石燃料依存からの脱却が同国の喫緊の課題といえる。

1次エネルギー供給構成(2018年)

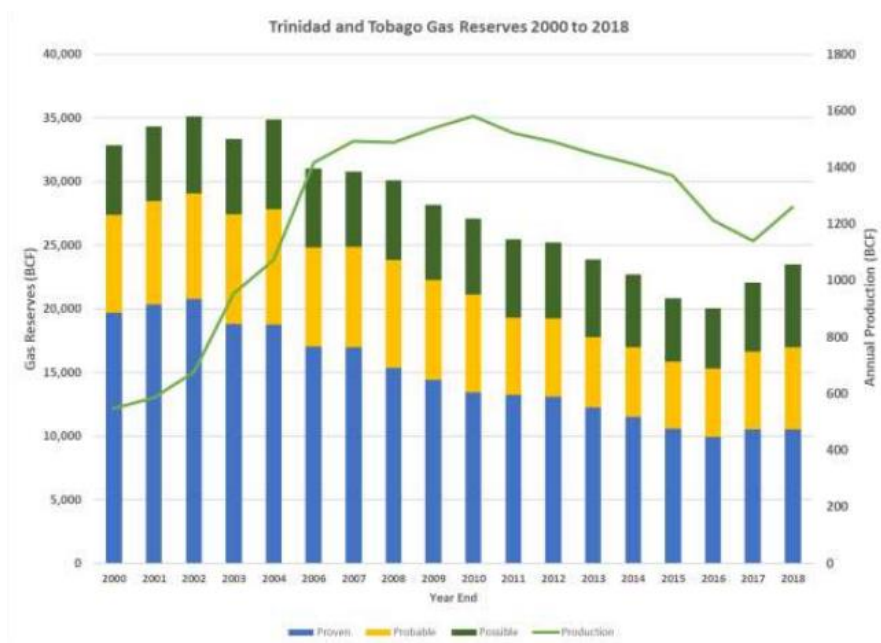


発電電力量構成(2018年)



出典: IEA World Energy Balance (2018)から JICA 調査団作成

図 3.59 トリニダード・トバゴの1次エネルギー供給構成・発電電力量構成

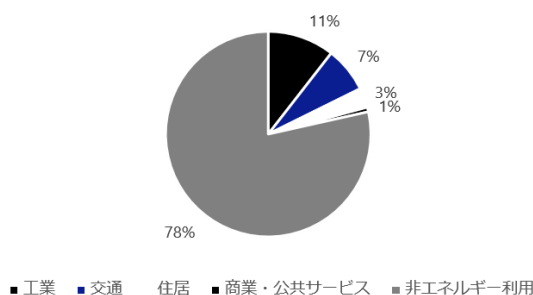


出典: MEEA Natural Gas Reserve Audit Summary Report (2019)より

図 3.60 トリニダード・トバゴにおける天然ガス埋蔵量の推移 (2000-2018 年)

下図はトリニダード・トバゴにおける産業別エネルギー消費内訳を示している。産業別では非エネルギー利用のエネルギー消費が全体の 78%で最も高く、そのあと工業部門 (11%)、交通部門 (民生利用も含む) (7%) と続く。非エネルギー利用では、石油化学産業で天然ガスを原材料として利用している。トリニダード・トバゴの石油化学産業は主にメタノールとアンモニアを製造しており、アンモニアに関しては年間 567 万トンの生産能力を有している。³⁹

産業別エネルギー消費 (2018年、ktoe)



出典: Government of Trinidad and Tobago, IEA World Energy Balance (2018)から JICA 調査団作成

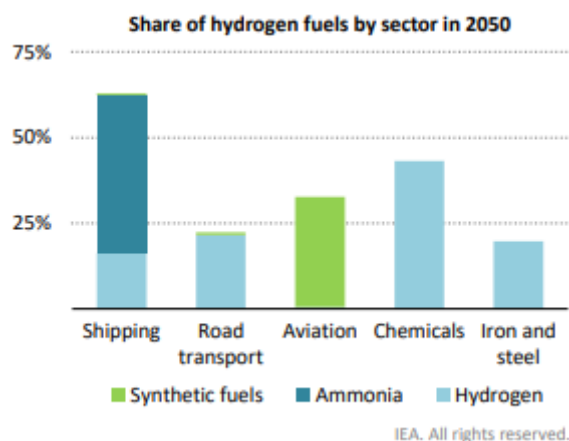
図 3.61 トリニダード・トバゴの産業別エネルギー消費内訳

2019 年の世界の原料用アンモニア生産量は 年間約 1 億 7588 万トンで、2026 年までに 1 億 9722 万トンまで増加すると見込まれている。⁴⁰また、グリーンアンモニアは水素のエネルギーキャリアの候補として挙げられており、更に海上運搬での利用も期待されている。ネットゼロ排出の世界的

³⁹ Ministry of Energy and Energy Industries

⁴⁰ Mordor Global Industry Reports, Global Ammonia Market (2021)

な目標を達成するため、2050年には世界のグリーンアンモニアに対する需要が年間で6900万トン以上に拡大すると予測されており、用途別では海上運搬等の交通部門での利用が5600万トン、電力利用が1300万トンと見込まれている⁴¹。海上運搬においては、全体シェアの45%以上を占めると予測されている（下図参照）。



出典:IEA より

図 3.62 世界のグリーンアンモニアの需要予測

(2) 発電

2019年における国内総発電能力は約2.0GWで、発電電力量は9.2TWhだった。大型の火力発電所3基（Penal、Point Lisas、Port of Spain）を保有するPowerGen社が発電電力シェアの6割以上を占め（1.3GW）、残りをIPPのTrinity Generation Unlimited社（720MW）とTrinity Power社（225MW）が占める。

(3) 送電

前述の通り、トリニダード・トバゴの送配電部門はT&TECの独占状態にある。送電網の状況については、3.11.3を参照。

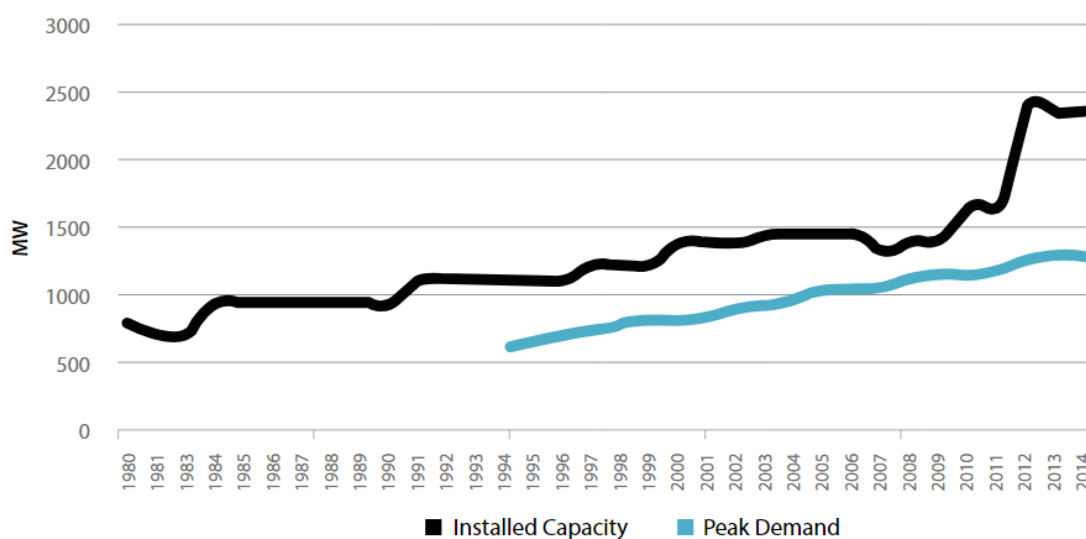
(4) 配電

T&TECがトリニダード・トバゴにおけるすべての配電事業を担っている。

(5) 電力需要

下図はトリニダード・トバゴの電力需要の推移を示しており、電力需要は年々増加傾向にある。1994年から2012年の間、ピーク需要は年平均4.3%で増加し、2016年には2000年の倍に当たる1,600MWに拡大した。

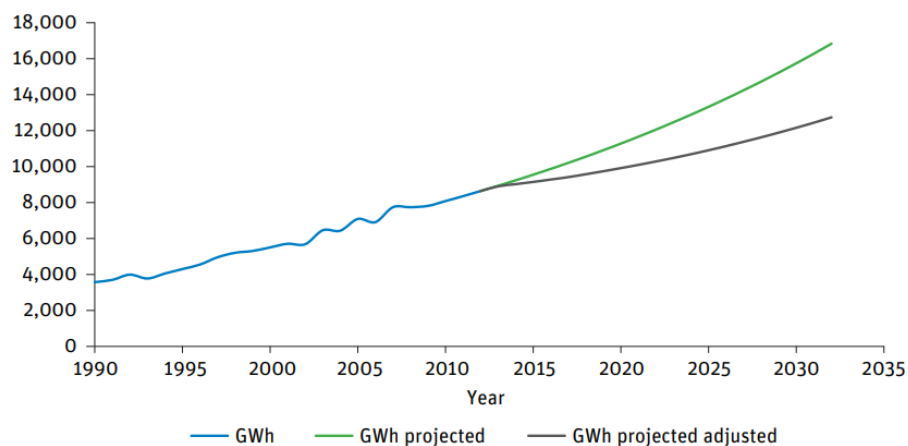
⁴¹ IEA “Net Zero by 2050, a roadmap for the global energy sector (2021)”



出典: Inter-American Development Bank “Energy Dossier: Trinidad and Tobago” (2016)より

図 3.63 トリニダード・トバゴにおけるエネルギー需要の推移

米州開発銀行（IDB）が 2015 年に発表した報告書では、2032 年までのトリニダード・トバゴにおける電力需要の見通しが示されている（図 3.64）。報告書では、1990 年から 2012 年までの間電力需要が平均約 4.0%伸び続けたことを受け、この状態が今後も続いた場合を BAU シナリオとし、2032 年には 16.8TWh に到達すると予測した。一方調整シナリオでは、天然ガス埋蔵量の減少に伴い GDP が現在より縮小すると想定しており、この場合 2032 年には電力需要が 12.7TWh となる。



出典: Inter-American Development Bank “A Unique Approach to Sustainable Energy” (2015)より

図 3.64 トリニダード・トバゴにおける電力需要の予測

(6) エネルギーコスト、エネルギー予算など

2019 年において、エネルギー産業全体は輸出収入の約 80%、歳入の 23%を占めており、トリニダード・トバゴの経済成長力の原動力である。エネルギー部門の GDP 寄与度は 2008 年の 50.8%がピークで、その後は減少しており、2019 年は約 19%だった。また、世界銀行の統計によると、

石油関連の GDP 比は 3.3%だった（2019 年）。COVID-19 の影響もあり、2020 年はエネルギー関連の収入が例年より 50%以上減少した。

(7) エネルギーセクターの制度的枠組み

エネルギーセクターにおける主要な機関は以下の通りである。

表 3.58 エネルギーセクターにおける主要機関

主要機関	概要
Ministry of Energy and Energy Affairs (MEEA/エネルギー・エネルギー産業省)	エネルギー分野の監督官庁であるMEEAは、エネルギーに関連する政策の立案、実行を主業務としている。とりわけ、石油天然ガス関連の上流から下流に至るあらゆる活動を管轄し、エネルギーセクターの関連法制度の整備や活動の監督も行っている。その他の機能では、石油の探査や生産のためのリース・ライセンスの提供、石油製品・天然ガスの輸送と販売の管轄、石油天然ガスセクターの長期計画、政策イニシアティブ等の策定、鉱物資源部門の管理なども行っている。
Standing Committee on Energy (エネルギー常設委員会)	エネルギー常設委員会はエネルギーセクターの最高意思決定機関であり、首相が議長を務め、10からなる閣僚で構成されている。さらに、MEAAや財務省の官僚、国営企業のNGC、NEC、Petrotrin、トリニダード・トバゴ電力委員会の最高経営責任者が参画している。また、エネルギーセクター全体を監視しセクターにおける重要な戦略的決定を行う。
The Energy Chamber (エネルギー会議所)	エネルギー会議所は石油、天然ガス、石油化学、重工業部門の400以上の企業から構成された利益団体である。トリニダード・トバゴのエネルギー政策に対する民間セクターからの提言及び発言力の確保を目的として結成された組織で、経営者の意見の取りまとめ、政治・行政・労働組合・市民などとの対話を実施している。
Trinidad and Tobago Electricity Commission (T&TEC/トリニダード・トバゴ電力委員会)	トリニダード・トバゴ電力委員会は発電・送電・配電・販売事業を行う国営電力会社。また、トリニダード・トバゴの送電網の設計・構築、運用及び維持も担っている。1945年に施行した電力委員会法(2013年改正)に基づき、T&TECの独占的地位が認められ、それ以降トリニダード・トバゴにおける発電・送電・配電・販売を一貫して行っている。その一方で、同法は独立系発電業者(IPP)とライセンス契約を締結し、大臣が設定した条件に従って電力を供給することを認めている。1994年には経営不振によりトリニダード島にある発電部門を切り離し、子会社(PowerGen)を設立することで、垂直統合型からの移行を図った。その他にはTrinity Power LimitedとTrinidad Generation Unlimitedとライセンス契約を結び、現在はトリニダード島での発電は行っていない。その一方で、国内送配電部門はT&TECによる独占状態を維持しており、発電に必要なすべてのガスをNational Gas Companyから購入し、IPPに供給している。
Environment Management Authority, Ministry of Environment and Water Resources (環境管理庁・環境省)	環境管理庁・環境省は環境規制の制定を主業務としており、石油・天然ガス・鉱物事業の承認や環境に影響を与える経済活動に対して環境許認可証明書(Certificate of Environmental Clearance)を発行している。環境管理庁は環境管理法(Environmental Management Act/1995年)に基づき設立され、この法律の下、天然ガスの開発・生産を担う企業は上記の環境許認可証明書を取得しなければならない。
Renewable Energy Committee (REC/再生可能エネルギー委員会)	再生可能エネルギー委員会は再生可能エネルギーの政策的枠組みの策定を目的として、2008年にMEEAによって設立された。再生可能エネルギーの有効活用やそれに資する資金調達などの体制を整備し、トリニダード・トバゴに適合した再生可能エネルギーの調査・検討、国際機関を含む関連機関との連携などを行っている。

出典：各省ウェブページより JICA 調査団作成

3.11.2. エネルギー政策・制度・計画（水素の位置づけ）、電源開発計画（需給に水素を見込む余地の有無など）

(1) エネルギー政策

2020年、トリニダード・トバゴはリカバリーロードマップ（Roadmap for recovery）を公表した。同戦略は、COVID-19による影響からの経済の立ち直りを目的としている。エネルギー部門においては、リカバリーパッケージのほか、水素経済とグリーン石油化学製品の開発の促進が挙げられている。またこれらは、民間セクターが主導することが想定されている。エネルギー部門に関連するその他の方針については、下記で説明する。

- MEEA のエネルギー政策の主な基本方針は以下の通りである（ホームページに記載）：
 - ✓ 炭化水素資源を最大限活用し、国民所得を向上させる効率的な管理体制、法的規制及び財政的な枠組みを構築する
 - ✓ カリブ共同体（CARICOM）内やアフリカの産油国に対してエネルギー・サービスが提供できるよう、企業・人材を支援する
 - ✓ 天然ガスなどを原料とする下流部門の効率化
 - ✓ 産業開発やイノベーションを促進するとともに、新しいテクノロジーに対する理解向上に努める
 - ✓ 必要に応じて再生可能エネルギーの使用を最大化し、欧州連合（EU）のように再生可能エネルギーの導入目標を設定し、トリニダード・トバゴのカーボンフットプリント削減を優先する
 - ✓ 石油化学産業や重工業が国際競争力を確保できるように支援する
 - ✓ 特にガイアナ、スリナム、ガーナ、タンザニアの石油・天然ガスを生産する企業とパートナーシップを構築する

上記以外にも、石油・天然ガスの安定供給の確保や石油化学産業の発展などにも言及しており、脱炭素化を考慮したエネルギー政策とは言い難いものである。

■ Vision 2030（2016年）

2016年に制定されたトリニダード・トバゴの長期開発計画「Vision 2030（2016年～2030年）」は、2030年までに高所得国入りすることを目標に掲げ、「人材育成」「グッド・ガバナンスやサービスの提供」「質の高いインフラ・交通を通じた生産力向上」「国際競争力のあるビジネスの構築」「社会経済開発の中心を環境にすること」を柱としている。とりわけエネルギーに関しては、2021年までにエネルギー供給に占める再生可能エネルギーの割合を10%に増やすこととしているが、現在エネルギー供給に占める再生可能エネルギーの割合は0%であることから、達成はできていない。また、化石燃料への依存を減らしエネルギー安全保障の強化を図るなどについて言及している一方、水素の利用については記載がない。

■ Renewable Energy Policy Framework (2011 年)

Renewable Energy Policy Framework は The University of the West Indies (UWI)の協力のもと、MEEA によって策定された。エネルギーミックスにおける再生可能エネルギーの拡大を目標に掲げ、電力セクターでは、2020 年までに再生可能エネルギー発電の導入量を 60MW とすることを明記している。産業セクターでは省エネルギー技術の導入や排出取引制度の構築、交通セクターでは代替エネルギーを活用する一般車の輸入やバイオ燃料の促進などが具体的な対策として挙げられているものの、実際にこれらの対策が講じられた例は少ない。現在策定中の Draft Policy Green Paper では、Renewable Energy Policy Framework で示された対策や計画も含まれる予定である。

(2) カーボンニュートラルへの取組状況

トリニダード・トバゴは 2018 年 2 月に提出した国が決定する貢献 (NDC) において、無条件で実施する目標として、2030 年までに BAU 比で交通部門から GHG 排出量を 30%削減することを表明した。さらに国際支援を条件に、2030 年までに 2013 年比で主要 3 部門 (電力・産業・交通) からの GHG 排出量を 15%削減する国別目標案を提出した。

2015 年に策定されたトリニダード・トバゴにおける二酸化炭素排出量の削減に向けた戦略 2040 では、2040 年までに天然ガスや石油への依存からの脱却をビジョンとして示し、電力・産業・交通部門それぞれで GHG 排出量を削減するためのアクション・プランが明記されている。具体的には「技術促進」「再生可能エネルギー」「節電」「グッド・ガバナンス」の 4 つを主軸として、2040 年までに実施する計画・対策が記されている。例えば「技術促進」では、電力・産業・交通部門においては最新技術の活用を推進するとし、電力部門においてはコンバインドサイクル発電の導入を検討すると明記している。「再生可能エネルギー」では、短期的に太陽光・風力発電導入に向けたフィジビリティ調査の実施、そして長期的には再生可能エネルギー政策の策定や交通部門でのバイオ燃料の利用を検討することなどが記載されているが、具体的な数値目標はない。

(3) 石油化学産業などの現状および将来見通し

トリニダード・トバゴはカリブ地域最大の石油・天然ガス産出国であり、石油は優先的に輸出されている一方で、国内エネルギー供給は基本的に天然ガスで賄われている。

同国において石油化学産業を含むエネルギーセクターが GDP の約 35%を占めていることから、長期的な経済発展において非常に重要な産業として認識されている⁴²。このことから、上述の MEEA のエネルギー政策においても石油・天然ガスの安定供給の確保や石油化学産業の発展などに今後も注力していくことが示していると理解できる。

2020 年の天然ガス生産量は、本事業の対象 12 か国のうち、アルゼンチン、メキシコに次いで 3 番目に多い、29,500 百万 m³ であったが、上述の通り、石油・天然ガス埋蔵量は全体的な減少傾向にあることから、化石燃料依存からの脱却が同国の喫緊の課題といえる (添付-図 66(p.添付-76))。

⁴² Ministry of Energy and Energy Industries, Trinidad and Tobago

トリニダード・トバゴで生産された天然ガスのうち、50%以上が LNG として利用されており、そのうち、毎年 14,300 百万 m³ (2020) が輸出されている。これは同地域において、もっとも多い。また、同国は世界でも有数のアンモニア及びエタノール生産・輸出国であり、同国における天然ガスの約 28%が、アンモニア (14%) 及びエタノール (14%) の生産に使われている⁴³。近年のアンモニア年間生産量は 5 百万トン前後で推移しており、そのうち 9 割以上が輸出されている (添付図 67 (p.添付-77))。

一方、天然ガス生産量の減少が進めば、現状のアンモニアなどの石油化学製品の生産量を保つことも難しいと予測されることから、グリーンアンモニアへの転換等、同産業における脱化石燃料が将来的に必要となると考えられる。

(4) 国内外送電網の状況

同国の送電線は地上と地下の両方に整備されており、それぞれの総距離は 16,692km (2010 年) と 1,760km (2010 年) である。2010 年における地上送電線の内訳は Medium and low voltage (1.1kV-6.6kV) が 7,289km、2.3-12kV が 6,681km、33kV が 578km、66kV が 512km、132kV が 280km で、地下送電線の内訳は Medium and low voltage (1.1kV-6.6kV) が 80km、2.3-12kV が 1,558km、33kV が 114km、66kV が 9km、132kV が 2km だった。またトリニダード島とトバゴ島の間では、海底送電ラインが構築されている。国内送電網図は添付図 65 (p.添付-76)に示す。

3.11.3. 水素技術の活用・導入状況 (伝統技術・新技術、グレー/ブルー/グリーン水素)

現在トリニダード・トバゴでは水素に関連する政策枠組みは整理されていないが、民間主導の水素関連プロジェクトはいくつか実施されており、特に国内アンモニア産業との連携が模索されている。例えば 2020 年に始まった NewGen Project は 2024 年までに Point Lisas にあるアンモニア施設へ水素を供給することを目標に掲げ、現在フィジビリティ調査が行われており、最終投資判断は 2022 年を予定している。このプロジェクトでは、エネルギーコンサルティング会社 Kensjay Green 社と国営ガス企業 National Gas Company 社とその子会社 National Energy Corporation が MOU を締結し、今後もエネルギー産業での水素利用を促進することに合意した。

さらに同国では、水素関連の団体はまだ発足していないものの、The University of Trinidad and Tobago (UTT) と The University of the West Indies (UWI) が参画する、グリーン水素の開発・導入に向けた共同研究事業 Hydrogen Research Collaborative (H2RC)が今年開始される等、グリーン水素関連の動きが活発化している。

3.11.4. 官・民取り組み状況、他ドナー支援状況

本邦機関やその他国際機関によるエネルギー、再生可能エネルギー、水素分野における主な支援事業は添付 (11.3) の通り。

⁴³ Ministry of Energy and Energy Industries, Trinidad and Tobago

3.12. ジャマイカ

ジャマイカの基礎情報は下表のとおり。

表 3.59 ジャマイカの基礎情報

面積	10,990 km ²
人口	294.8万人(2019年 世銀)
GNI	158.1億ドル(2019年 世銀)
一人当たりGNI(名目)	5,250ドル(2019年 世銀)
主要産業	観光業、鉱業(ボーキサイト及びアルミナ)、農業(砂糖、コーヒー、バナナ等)、製造業、建設業、金融・保険業

出典:外務省 HP より調査団作成

3.12.1. エネルギーセクターの概況 (エネルギー需給、水素の位置づけなど)、関連機関の役割 (特に水素全般に関連して)

(1) エネルギーセクターの制度的枠組み

ジャマイカでは、エネルギー・科学技術省 (Ministry of Science, Energy and Technology、以下「MSET」) がエネルギーセクターの管轄を担い、エネルギー供給や代替エネルギー、エネルギー資源保護等の政策策定を行っている。

ジャマイカは自国に化石燃料資源がなく、また再生可能エネルギーの利用が進んでいないため、エネルギー需要の 90%以上を化石燃料の輸入に依存している。このため国家財政は輸入燃料価格に影響されやすく、国家財政の健全化のためには省エネルギーの推進や代替エネルギーの導入等を促進し、化石燃料の輸入を減らす必要がある。

(2) エネルギー関連主要企業

Jamaica Public Services Company (以下「JPS」) はジャマイカにおける統合型電力会社であり、国内の送電線網を独占している。発電、送電、配電事業に従事しており、電力の一部は独立系発電事業者から購入している。丸紅株式会社と韓国の Korea East-West Power 社が当社へ 40%ずつ出資している他、残りの株式はジャマイカ政府及び少数株主が所有している。なお、ジャマイカにおける主な独立系発電事業者は以下の表の通りである。

エネルギー分野においては、国営企業であるジャマイカ石油公社 (Petroleum Corporation of Jamaica) が存在する。石油資源開発に関する排他的利権を有する他、再生可能エネルギーの開発や国家エネルギー政策の実行主体としての役割を有する。

表 3.60 ジャマイカにおける主な独立系発電事業者

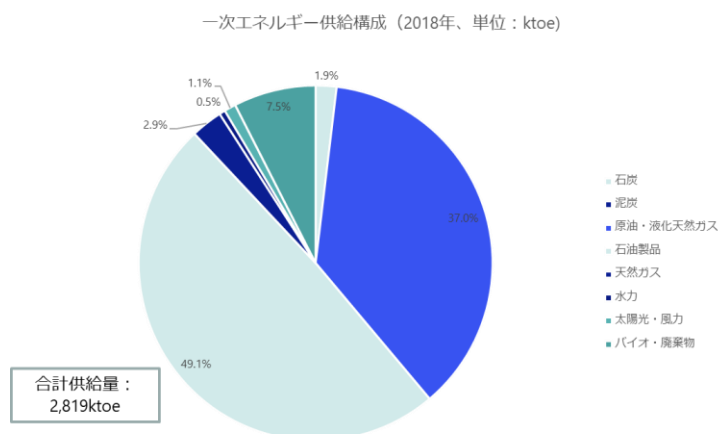
独立系発電事業者	概要
Jamaica Energy Partners	ジャマイカ最大のIPP事業者。2つの発電所を運営し、合計出力規模は124.4MW。
Jamaica Private Power Company	JPSに60MWの電力を販売。
Wigton Wind Farm	ジャマイカ石油公社の子会社であり、風力発電事業者。3つの発電所を運営し、合計出力規模は62.7MW。

出典：MSET ウェブページより JICA 調査団作成

(3) エネルギーバランス/電力需要およびコスト

1) エネルギー供給

2018 年においては、ジャマイカはエネルギー供給の約 9 割を輸入化石燃料に依存しており、再生可能エネルギーの割合は約 1 割にとどまっている。IEA データによると、合計エネルギー供給は 2,819 ktoe であり、このうちバイオ燃料・廃棄物発電が 7.5%、太陽光・風力発電が 1.1%、水力発電が 0.5%を占める。



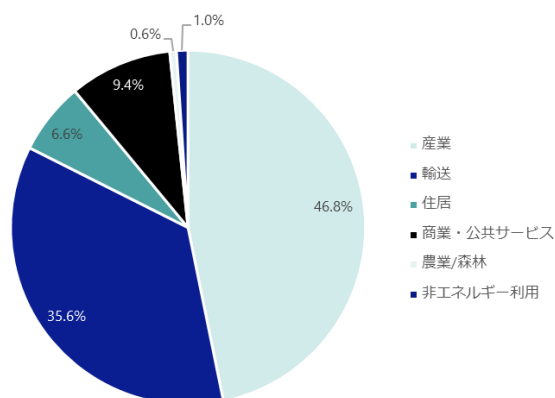
出典：IEA World Energy Balance (2018)から JICA 調査団作成

図 3.65 ジャマイカにおけるエネルギー供給源の構成 (2018 年)

2) セクター別エネルギー消費

以下の図はセクター別のエネルギー消費構成を示している。合計消費量 2,284ktoe のうち産業セクターが 46.8%を占め、交通セクター（民生利用も含む）が 35.6%と続く。産業セクターでは、鉱業・採石業（76.4%）と製造業（14.3%）が主要サブセクターとなっている。輸送における消費の大部分は道路である。なおエネルギー供給量と消費量の差額は、電力プラント（自家発電含む）における消費等によるものである。

産業別エネルギー消費（2018年、ktoe）



出典: IEA World Energy Balance (2018)より JICA 調査団作成

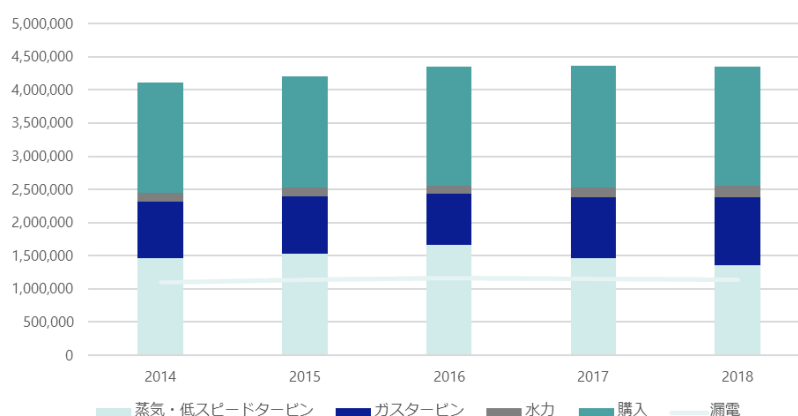
図 3.66 ジャマイカにおけるセクター別エネルギー消費（2018年）

3) 発電

以下の図は JPS の発電源の構成である。全発電量のうち約 6 割は自家発電で、残る 4 割は独立系発電事業者から購入している。2018 年においては、蒸気・低スピードプラントによる発電が 31.1%、ガスタービンプラントが 23.6%、水力発電が 4.1%となっており、再生可能エネルギーによる発電は進んでいない状況が見受けられる。2014 年から 2018 年にかけては、蒸気・低スピードプラントの割合が 4.4%減少した一方で、ガスタービンプラントが 2.8%、水力発電が 0.8%増加した。

なお JPS に 40%出資する丸紅によると、出資参画当時の 2007 年はジャマイカ全体の電力の 95%が重油・ディーゼル由来であったが、高効率の天然ガス焼き火力発電・再生可能エネルギー発電を推進した結果、2020 年の重油・ディーゼル由来の発電設備容量は 50%未満に縮小したとのことである⁴⁴。

Jamaica Public Servicesの発電源（単位：MWh）



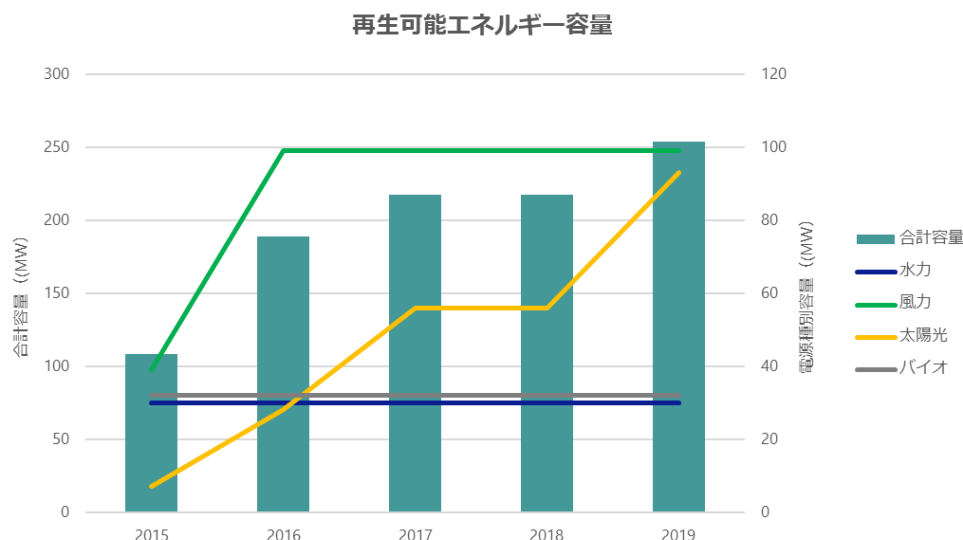
出典: MSET “JPS Electricity Statistics 2018”より JICA 調査団作成

図 3.67 JPS の発電源構成（ジャマイカ）

⁴⁴ [丸紅](#)、2020/8/4 アクセス

ジャマイカ政府は再生可能エネルギー導入に積極的であり、国家エネルギー政策、統合資源計画においては高い再生可能エネルギー割合を目標としている。一方で、エネルギー供給源、JPSの発電源構成で見た通り、実際には再生可能エネルギーのエネルギー源及び発電源に占める割合はまだ低い水準にある。

以下の図は過去5年間のジャマイカの再生可能エネルギー容量を示したものである（左軸が合計発電容量、右軸が各再生可能エネルギーの発電容量）。合計容量は2015年の108MWから2019年の254MWと235%増加しており、風力発電及び太陽光発電が主要な発電源となっている。



出典: IRENA “Renewable Energy Statistics 2020”より JICA 調査団作成

図 3.68 ジャマイカにおける再生可能エネルギー容量

また、国際再生可能エネルギー機関 (IRENA) は各国の再生可能エネルギーのポテンシャルを太陽光発電、風力発電、バイオマス発電の分野ごとに評価しているが、ジャマイカの評価は添付-図 68 (p.添付-80) の通りであり、太陽光発電、風力発電、バイオマス発電ともに開発のポテンシャルがあると考えられる。

表 3.61 ジャマイカにおける再生可能エネルギーのポテンシャル

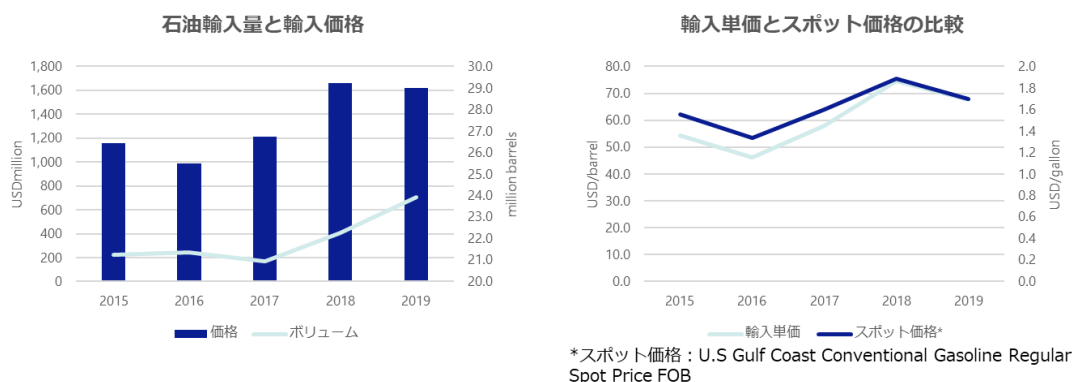
再生可能エネルギー種類	評価方法	ジャマイカの評価結果
太陽光発電	1年間の1ユニットあたりPV出力量が7レベルに分類され、それぞれのレベルに分布する国土の割合が示されている	国土の大部分が1400～1800kWh/kWp/yearのレベルに該当する
風力発電	風力密度が7レベルに分類され、それぞれのレベルに分布する国土の割合を示されている	国土の90%程度が260W/m ² のレベルに該当する
バイオマス発電	バイオマスの生産性指標として利用されるNet Primary Production (純一次生産量) が示されている	8.5tC/ha/年と世界平均の3～4tC/ha/年より高い水準にある

出典: IRENA “Energy Profile Jamaica”より JICA 調査団作成

(4) エネルギーコスト、エネルギー関連収入・支出、電力輸出入

輸入化石燃料への依存が大きいことから、エネルギーコストは国際石油価格に影響されやすい。以下の図の通り過去5年間においては石油輸入量及び輸入金額ともに増加傾向にあるが（左）、輸入単価と国際市場のスポット価格は連動している（右）。

なおジャマイカ政府の2019年の税収は6,036億ジャマイカドル（約40億USドル）であった。エネルギー関連の税収も含まれると考えられるが、正確な金額は入手できなかった。



出典：MSET “Jamaica Energy Statistics 2019”及びUS Energy Information Administration 公開データから JIA 調査団作成
図 3.69 ジャマイカにおける石油輸入量と輸入価格（左）及び輸入単価とスポット単価の比較（右）

(5) 国内外送電網の状況

既述の通り JPS が国内送配電線を独占しており、そのネットワークは約 14,000km に及ぶ。送電ネットワークは 138kV の基幹電力システムと 69kV のサブトランスミッションネットワークからなる。首都キングストン周辺のコーポレートエリアが主要なロードセンターであり、当該エリアの 69kV 送電線は国内 69kV 送電線全体の約 18% を占める。

統合資源計画においては、既存送電線網の拡充投資計画に加えて、変動性再生可能エネルギー増加に対応したスマートグリッドやエネルギー貯蔵システムへの投資も計画されている。

なお、隣国とつながる送電線網は開発されておらず、電力の輸出入も行われていない。ジャマイカの送電網図及び送電システム拡大計画は、添付-表 61 (p.添付-81)

3.12.2. エネルギー政策・制度・計画（水素の位置づけ）、電源開発計画（需給に水素を見込む余地の有無など）

(1) エネルギー政策/電力会社の計画

■ 国家エネルギー政策（Jamaica's National Energy Policy 2009-2030）

2009年に制定された国家エネルギー政策は、2009年から2030年の期間を対象としている。本政策では、高性能機器を利用した効率的なエネルギー利用の促進や、再生可能エネルギーの促進、エネルギーの多様化を通じたエネルギー安全保障強化等に関する以下7つの目標が設定された。

- 主要な消費セクターにおける効率的なエネルギー利用の促進
- 高性能インフラストラクチャーへの置き換え
- 再生可能エネルギーの開発促進。エネルギーミックスにおける再生可能エネルギー割合を 2012 年までに 11%、2015 年までに 12.5%、2030 年までに 20%とする
- 輸入石油依存からの脱却。エネルギー多様化の実現・エネルギー安全保障強化
- エネルギーセクターにおける法的枠組み・規制の整備
- 政府機関が率先して環境保全・環境スチュワードシップをリードする
- 民間セクターにおけるエネルギー効率の向上

■ 統合型資源計画（Integrated Resource Plan）

統合資源計画（Integrated Resource Plan）は 2018 年に公表され、2037 年までの電力資源ポートフォリオやロードマップがまとめられている。特に発電源における再生可能エネルギーの拡大が掲げられており、発電容量における再生可能エネルギー割合を 2030 年までに 31%、2037 年までに 49%を目指すとしている。とりわけ太陽光発電の大きな成長を見込んでおり、2037 年の全発電容量におけるシェアは 37%とされている。なお、本計画においては、変動性再生可能エネルギーの発電量増加を踏まえ、スマートグリッドやエネルギー貯蔵システムへの投資の必要性についても言及されている。

■ 2021 年 3 月の MSET Vaz 大臣の発言

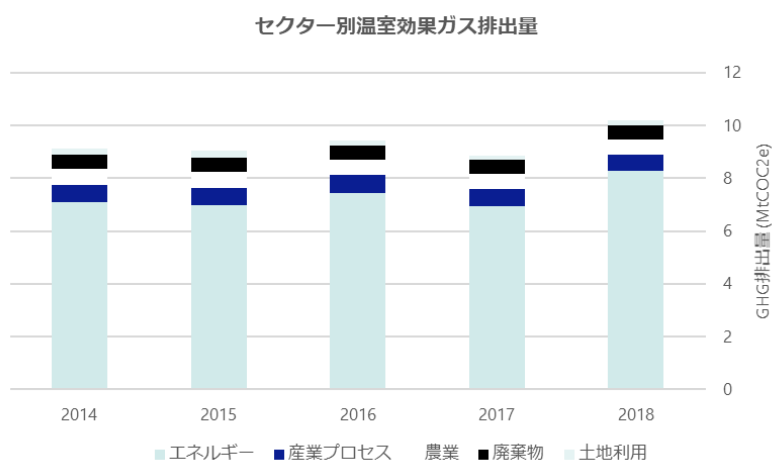
2021 年 3 月にカナダで開催された Climate-Smart and Clean Technologies Infrastructure において、MSET の Vaz 大臣は、発電源に占める再生可能エネルギーの割合を 2030 年までに 33%、2037 年までに 50%を目指すことを表明し、統合資源計画より更に踏み込んだ目標を掲げた。また、2025 年までに 22%の電力を再生可能エネルギー由来とするとも発言した。現在ジャマイカでは 17 の大型再生可能エネルギープロジェクトが進行しており、2025 年までの 5 年間で 320MW の太陽光・風力発電、120MW の LNG、74MW の水力発電・廃棄物発電・バイオマス発電の実現を目指すとしている。

(2) カーボンニュートラルへの取組状況

以下の図はセクター別の温室効果ガス排出量の推移を示した図である。年によって増減が見られるが、合計排出量は 2014 年の 9.13MtCO₂e から 2018 年の 10.2MtCO₂e と過去 5 年間で 11.7%増加している。また、エネルギーセクターが最も高い割合を占め、2014 年の 77.7%から 2018 年の 81.2%と全体に占める割合が増加した。産業、農業、廃棄物は 5%前後で推移しており、農業は過去 5 年間で全体に占める割合が 1.5%減少した。エネルギーセクターを更に細かく見ると、製造・建設、電力、輸送がそれぞれ全体の 25%前後を占めている。

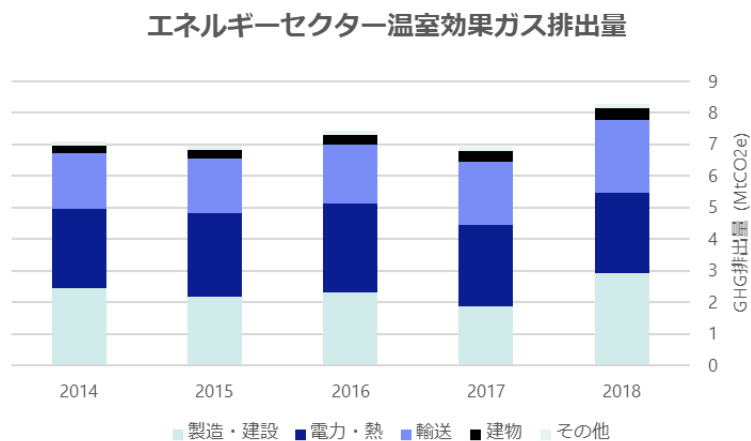
温室効果ガスインベントリの内訳（2012 年）においても、合計合計 13,292GgCO₂eq のうち、エネルギーセクターが 52.8%と過半を占める状況にある。

ジャマイカは2020年6月に提出した国が決定する貢献（NDC）において、2030年までにエネルギー及び森林セクターにおける温室効果ガス排出量をBAU比25.4%削減し、国際的な支援を受けた場合には、28.5%削減することを表明している。エネルギーセクターの温室効果ガス排出量割合が高いことを踏まえ、より積極的な姿勢を打ち出していると考えられる。なお、炭素税等は未導入の状況にある。



出典: World Resources Institute Climate Watch より JICA 調査団作成

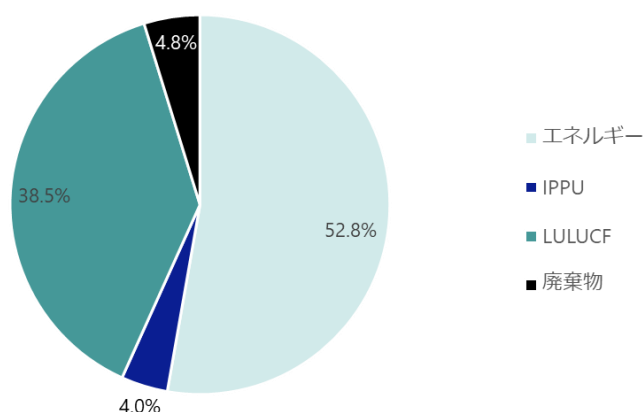
図 3.70 ジャマイカのセクター別温室効果ガス排出量



出典: World Resources Institute Climate Watch より JICA 調査団作成

図 3.71 ジャマイカにおけるエネルギーセクターの温室効果ガス排出量

温室効果ガスインベントリーの内訳（2012年）



出典：UNFCCC “Greenhouse Gas Inventory Data”よりJICA 調査団作成

図 3.72 ジャマイカの温室効果ガスインベントリーの内訳（2012年）

3.12.3. 水素技術の活用・導入状況（伝統技術・新技術、グレー／ブルー／グリーン水素）

水素に関する国家目標や政策はまだ整備されておらず、担当省庁等に関する情報も調査では入手できなかった。

一方で、2012年に家庭用水素ガスの調査プロジェクトが実施された模様である。当該プロジェクトは、輸入化石燃料に頼るLPG調理ガスの代替手段として水素ガスが着目され、水素ガスを利用した家庭向けLPG調理ガスの商業開発に向けた調査が実施された。ヨーロッパ連合が421,000ユーロを支援したとの情報がある。

3.12.4. 官・民取り組み状況、他ドナー支援状況

ジャマイカにおける本邦機関やその他国際機関によるエネルギー、再生可能エネルギー、水素分野における主な支援状況は添付（12.4）の通り。

第4章 協力ニーズに係る初期分析の結果

本章は、第3章で纏めた12か国のデスクスタディに基づき、協力ニーズについて行った初期分析の結果である。12か国についてバリューチェーンの現状（As is）と将来像（To be）を比較した上で、バリューチェーンのエコシステム、さらなる調査ニーズを明らかにした。

4.1. パラグアイ

パラグアイの電力セクターにおける再生エネルギー比率はほぼ100%であり、今後とも国家エネルギー政策のもと、国内におけるエネルギー安全保障の確保、国の再生可能エネルギー資源の開発を促進させることが政策目標として掲げられている。再生可能エネルギーは今後さらに戦略的な活用が期待されており、特に水力開発を通じた水素開発、交通運輸分野への利用を検討している。

パラグアイ政府の水素ロードマップ（2021年6月）によると、アクション1として戦略的ガイドライン、政策、推進および規制の枠組み、および制度的および技術的能力を向上させるとともに、国の地理的条件とエネルギー資源を活用して、地元の雇用の創出とともにバリューチェーンの産業発展を促進することに重点を置いている。さらにアクション2としては、パイロットプラントを設置し、その実行可能性を実証するとともに、民間、公共交通機関、運輸会社が参加することを通じて、交通運輸分野での需要と供給を拡大することを目標としている。

現時点ではロードマップが提示された段階であり、水素バリューチェーンにかかる取組みは、現在始まったばかりと言える。

水素のバリューチェーンの構想（As is・To be）は、下表の通りである。

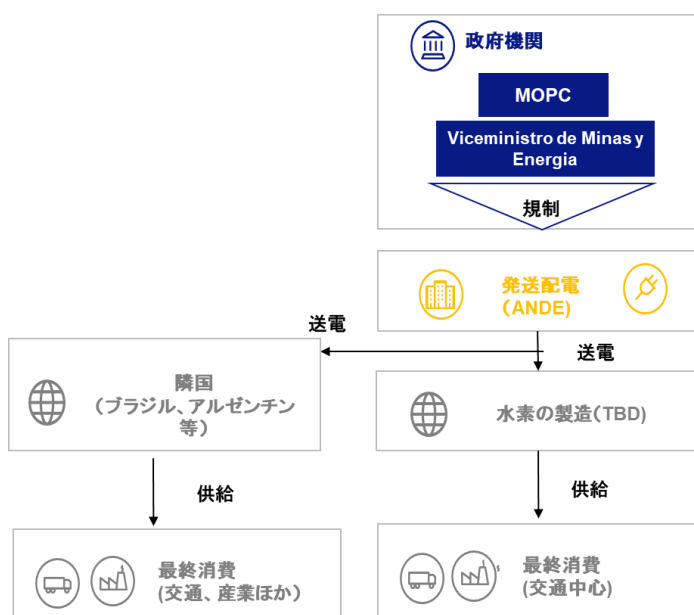
表 4.1 パラグアイにおける水素バリューチェーンの構想

バリューチェーン 段階	As is	To be
製造	<ul style="list-style-type: none"> 現状の高い再生可能エネルギー比率、今後の水力を中心とした開発ポテンシャルから、グリーン水素の開発ポテンシャルは非常に高いと考えられる。 水素の製造設備はパイロットプラントが計画中であるも、稼働している設備はない。 	<ul style="list-style-type: none"> 再生可能エネルギー開発、水素ロードマップの政策実施が進めば、水素開発はグリーン水素が中心となると考えられる。 水素の製造事業体制につき、まだ決まっていないため今後の検討課題である。
流通	<ul style="list-style-type: none"> 水素の流通インフラはまだ整備されていない。 隣国との電力融通を目的とした送電網があり、電力輸出が行われている。 水素流通のための市場設計、設備計画は今後の検討課題である。 	<ul style="list-style-type: none"> 国内の交通運輸関連の需要に対応する設備は、今後の需要に応じて開発することが求められる。 送電網を通じ電力輸出を行い、他国で水素開発を行う選択肢も考えられる。パラグアイと南米地域の他国との水素輸出入にかかる流通設備開発は、南米地域、国際流通のシナリオを勘案し、検討することが望ましい。
最終消費	<ul style="list-style-type: none"> 現時点ではパイロット事業計画において交通運輸での利用が想定されている。 	<ul style="list-style-type: none"> 国内では主に交通運輸部門での利用がまずは想定される。 南米地域でのその他需要、産業利

バリューチェーン 段階	As is	To be
		用などの可能性が指摘される。

出典：JICA 調査団

このような水素バリューチェーン構築にかかる、国内や地域的なアプローチは下記のエコシステム図でまとめることができる。



出典：JICA 調査団

図 4.1 パラグアイにおける水素バリューチェーンのエコシステム

今後のバリューチェーン構築に向けては、国内でのパイロットプロジェクトにおいて実績を積むとともに、隣国との発電、送電計画や電力融通にかかる協調、連携が重要である。また、水素利用にかかる政策協調、連携についてもまだ着手できていない状況ではあるが、今後取組みの強化が望まれる。水素利用についてはまだ需要が顕在化していないが、今後運輸交通分野、産業分野、発電需要も含めて具体的な利用方法を検討することが必要と考えられる。さらに、パラグアイは内陸国であることから、南米地域以外への輸出プロジェクトに参加する場合は、隣国の水素規制、流通設備仕様、市場規制など連携に配慮をする必要がある。

水素バリューチェーンの構築、実現にあたっての課題、今後調査すべき点については次に整理するとおりである。パラグアイにおいては再生可能エネルギー開発の可能性が高い一方、水素の国内需要、南米地域各国との連携、関連設備の整備などが今後の課題と考えられる。

課題	<ul style="list-style-type: none"> 南米地域での電力送電網、電力融通の強化、取引システムの整備が求められる 水素製造に必要な再生可能エネルギーによる発電容量、送電設備について現状と今後の水素サプライチェーン実現に向けた対応検討が必要である 	
	現状	今後調査すべきポイント
再生可能エネルギーの状況	<ul style="list-style-type: none"> 再生可能エネルギー開発のポテンシャルは大きい 開発計画は整備されている 	<ul style="list-style-type: none"> 国際送電線を通じた年間の電力余剰・不足状況（安定した再生可能エネルギー取引の実現可能性） 電力取引、送電線の現状と見通し
電力市場、EACシステム	<ul style="list-style-type: none"> 需要に対応した相対取引を中心とした電力融通が行われている。 地域間のEACシステムは存在しない 	<ul style="list-style-type: none"> アクターの確認（各国電力大手、国際機関等） 地域内取引の整備（長期取引や複数企業間の取引実現） EACの整備（二重登録防止策等）
水素が必要となるセクター	<ul style="list-style-type: none"> エネルギー消費が大きいセクターは交通が中心で、産業、家庭用がその次となる 水素エネルギーの利用実績はなし 	<ul style="list-style-type: none"> 水素利用方法の検討

出典：JICA 調査団

図 4.2 パラグアイにおける水素バリューチェーン実現に向けた課題と調査ニーズ

4.2. チリ

エネルギー省は、同国のエネルギー政策として「Energia 2050」を2015年に発表し、再生可能エネルギー率を、2030年に70%、2050年に70%、2050年に95%まで拡大する計画である。再生可能エネルギーとしては、北部アタカマ砂漠における豊富な日射量を生かした太陽光発電、アンデス山脈と海岸線に挟まれた地形を生かした風力発電などが有望である。また、環太平洋火山帯に位置する地熱資源保有国でもある。

エネルギー省は、2040年までにグリーン水素の主要輸出国となることを目指すことを含む、「国家グリーン水素戦略」を2020年に発表した。同戦略は、主に3つの柱((1)2030年までに世界一安価なグリーン水素を生産する体制を構築する、(2)2040年までに世界トップ3の水素の輸出国となる、(3)2025年までに電気分解による水素の製造量を5ギガワットに増加させる)からなる。今後、投資家からの経済的支援など、戦略の実現に向けた準備が本格化する見通しである。チリは水素開発に対して他の南米諸国に先行して開発に着手しており、具体的な開発プロジェクトが進行中である。

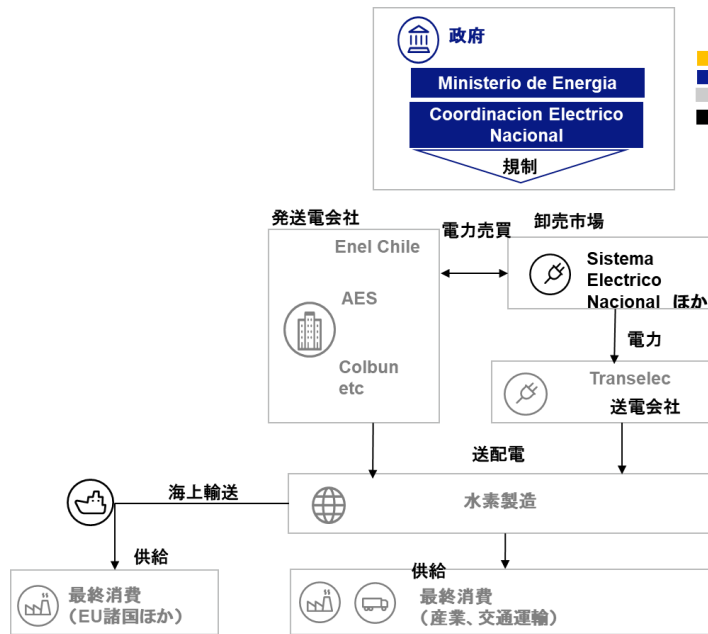
水素のバリューチェーンの構想 (As is・To be) は下表の通りである。

表 4.2 チリにおける水素バリューチェーンの構想

バリューチェーン 段階	As is	To be
製造	<ul style="list-style-type: none"> 現状の高い再生可能エネルギー比率、今後の水力を中心とした開発ポテンシャルから、グリーン水素の開発ポテンシャルは非常に高いと考えられる。 南部パタゴニア地方での風力発電を利用したプロジェクトが進行中 	<ul style="list-style-type: none"> ドイツ政府支援のプロジェクトでは2022年に水素製造プラントが完成予定 水素開発はグリーン水素が中心となると考えられる。 今後は案件数、水素製造容量の増加が期待される
流通	<ul style="list-style-type: none"> 水素の流通インフラはまだ整備されていない。 	<ul style="list-style-type: none"> 水素輸出を志向しており、主にヨーロッパへの輸出のための流通インフラ整備が望まれる また国内の需要への対応については今後の検討課題と想定される
最終消費	<ul style="list-style-type: none"> まずは国内よりヨーロッパでの需要が想定されている 	<ul style="list-style-type: none"> ヨーロッパを中心とした需要対応の検討 国内、南米地域での交通運輸、産業利用などの可能性が指摘される

出典:JICA 調査団

このような水素バリューチェーン構築にかかる、国内や地域的なアプローチは下記のエコシステム図でまとめることができる。



出典: JICA 調査団

図 4.3 チリにおける水素バリューチェーンのエコシステム

今後のバリューチェーン構築に向けては、現行のプロジェクトの着実な進捗を図るとともに、国内での水素利用についても今後交通運輸分野、産業分野、発電需要も含めて具体的な利用方法を検討することが必要と考えられる。水素バリューチェーンの構築、実現にあたっての課題、今後調査すべき点については次に整理するとおりである。チリにおいては再生可能エネルギー開発の可能性が高い一方、輸出相手国の需要想定、連携、関連設備の整備などが今後の課題と考えられる。

課題	<ul style="list-style-type: none"> 南米からの水素輸出のビジネスモデルの確立が期待されており、そのための環境整備、政策促進の取組みが求められている 国内、南米地域における水素利用の検討、促進 	
	現状	今後調査すべきポイント
再生可能エネルギーの状況	<ul style="list-style-type: none"> 再生可能エネルギー開発のポテンシャルは大きい 	<ul style="list-style-type: none"> 開発計画と水素開発の整合性、経済性の検討、確認 電力取引、送電線の現状と見通し
電力市場、EACシステム	<ul style="list-style-type: none"> 需要に対応した相対取引を中心とした電力融通が行われている。 地域間のEACシステムは存在しない 	<ul style="list-style-type: none"> アクターの確認（各国電力大手、国際機関等） 地域内取引の整備（長期取引や複数企業間の取引実現） EACの整備（二重登録防止策等）
水素が必要となるセクター	<ul style="list-style-type: none"> エネルギー消費が大きいセクターは交通、産業が中心、家庭用がその次となる 水素エネルギーの利用実績はなし 	<ul style="list-style-type: none"> 輸出シナリオの検討、検証 国内での水素利用方法の検討

出典: JICA 調査団

図 4.4 チリにおける水素バリューチェーン実現に向けた課題と調査ニーズ

4.3. ブラジル

ブラジルの現在の電源構成は発電量ベースで約 7 割を水力発電が占めているが、国家エネルギー計画（PNE2050）において、水力発電への依存度を低減し、多様化（風力、太陽光、バイオマス等）を目指すとしている。原子力発電の比率も引き上げる方向性を示している。加えて、電力代替電源育成プログラム（PROINFA）においても、風力、バイオマス、小規模水力発電所（PCH）の電源の国内送電システムへの参加を増やし、既存のエネルギーマトリックスを多様化させる方針である。

PROINFA の主な戦略目標としては、ブラジルのエネルギーマトリックスの電源を多様化する、持続可能な方法で電源のセキュリティを強化する、温室効果ガスの排出を削減する、新しいテクノロジーを奨励する、などが提示されている。

水素開発について、ブラジルでは 2005 年に水素エネルギーに係るロードマップが策定されており、早い段階から水素への関心が示されている。PNE2050 にはグリーン水素の供給に関しても含まれており、輸出向けグリーン水素の生産に注力することを計画している。原油生産に係る CCS の経験を持つことから、ブルー水素の大規模生産・消費が期待される。また、ロッテルダム港湾局は 2021 年より、ブラジル北東部セアラ州において風力由来のグリーン水素の生産及びブラジルでの消費、EU への輸出を実施するプロジェクトを開始する予定である。

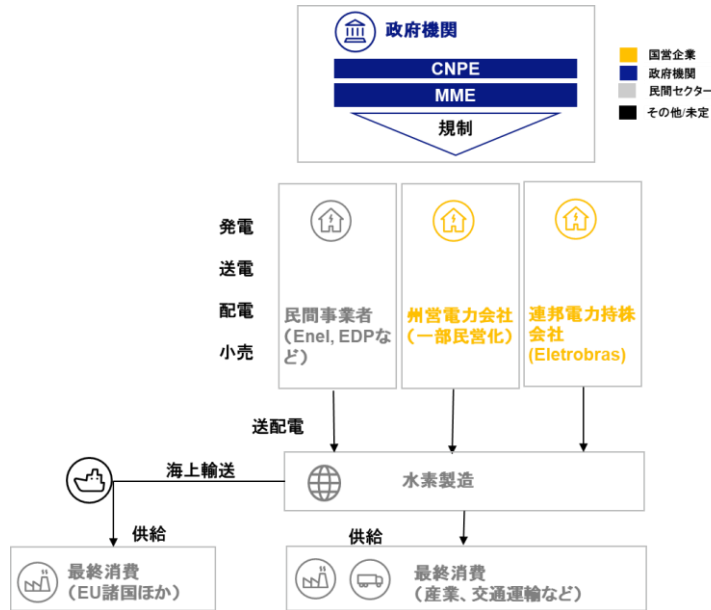
水素のバリューチェーンの構想（As is・To be）は下表の通りである。

表 4.3 ブラジルにおける水素バリューチェーンの構想

バリューチェーン 段階	As is	To be
製造	<ul style="list-style-type: none"> 現状の水力を中心とした高い再生可能エネルギー比率、今後の再生可能エネルギー開発政策から、グリーン水素の開発ポテンシャルは非常に高いと考えられる EU輸出向けの水素開発プロジェクトが進行中（ロッテルダム港湾局） シーメンス、Eletrobrasによるグリーン水素プロジェクト 	<ul style="list-style-type: none"> 今後開発される再生可能エネルギーは水素製造の原資として期待される 水素開発はグリーン水素およびブルー水素が考えられる 今後は案件数、水素製造容量の増加が見込まれる
流通	<ul style="list-style-type: none"> 水素の流通インフラは計画中 	<ul style="list-style-type: none"> 主にヨーロッパへの輸出のための流通インフラ整備が望まれる また貯蔵、供給のためのインフラ開発が求められる
最終消費	<ul style="list-style-type: none"> ヨーロッパでの需要に加えて国内での最終消費が想定されている 	<ul style="list-style-type: none"> ヨーロッパを中心とした需要対応の検討 国内、南米地域での交通運輸、産業利用などの可能性が指摘される

出典:JICA 調査団

このような水素バリューチェーン構築に係る国内や地域的なアプローチは、下記のエコシステム図でまとめることができる。



出典: JICA 調査団

図 4.5 ブラジルにおける水素バリューチェーンのエコシステム

今後のバリューチェーン構築に向けては、現在実施されている EU 向けの水素プロジェクトを推進させるとともに、水素開発を促進させるための規制、インセンティブの検討や国内での輸送、貯蔵、供給にかかるインフラ整備が必要と考えられる。また、国内での水素利用についても今後交通運輸分野、産業分野、発電需要も含めて具体的な利用方法を検討することが必要と考えられる。水素バリューチェーンの構築、実現にあたっての課題、今後調査すべき点については次に整理しておりである。

課題	今後調査すべきポイント	
	現状	今後調査すべきポイント
再生可能エネルギーの状況	<ul style="list-style-type: none"> 再生可能エネルギー開発のポテンシャルは大きい 	<ul style="list-style-type: none"> 開発計画と水素開発の整合性、経済性の検討、確認 電力取引、送電線の現状と見通し
電力市場、EACシステム	<ul style="list-style-type: none"> 国内電力市場は、スポット市場、自由取引、シングルバイヤー市場などが整備されている。また隣国との電力融通もある 地域間のEACシステムは存在しない 	<ul style="list-style-type: none"> アクターの確認（各国電力大手、国際機関等） 地域内取引の整備（長期取引や複数企業間の取引実現） EACの整備（二重登録防止策等）
水素が必要となるセクター	<ul style="list-style-type: none"> エネルギー消費が大きいセクターは交通、産業が中心、家庭用がその次となる 水素エネルギーの利用実績はなし 	<ul style="list-style-type: none"> 輸出シナリオの検討、検証 国内での水素利用方法の検討

出典: JICA 調査団

図 4.6 ブラジルにおける水素バリューチェーン実現に向けた課題と調査ニーズ

4.4. アルゼンチン

アルゼンチン電力セクターの電源構成は、そのほとんどが火力発電（設備容量の約6割）と水力発電（約3割）に依存している。天然ガス焚きの火力発電は、将来のガス供給の不確実性のためにリスクを抱えているため、エネルギー転換が望まれている。再生可能エネルギー開発については2015年に再生可能エネルギーに係る新たな法律（No. 27.191）を制定し、再生可能エネルギーによる電力供給率を2025年までに20%達成することを目標としている。この取り組みの一つとして、国際入札プロセス「RenovArプログラム」を2016年より開始しており、太陽光や風力、バイオマス、小規模水力などの再生可能エネルギー発電プロジェクトを推進している。

水素開発については、水素エネルギーを所掌する財務省エネルギー政府事務局により水素ロードマップが策定中であり、同ロードマップでは現在生産されているグレー水素から、中期的にはブルー水素、長期的にはグリーン水素の生産を目指すことが示されている。短期的な目標としては、同国内の省庁間での協力や産学連携、民間企業の活用等を図り、水素エネルギーの生産を促進することを目指している。これにより、アルゼンチンにおいて、将来的には水素エネルギーも重要なエネルギー源となると考えられる。

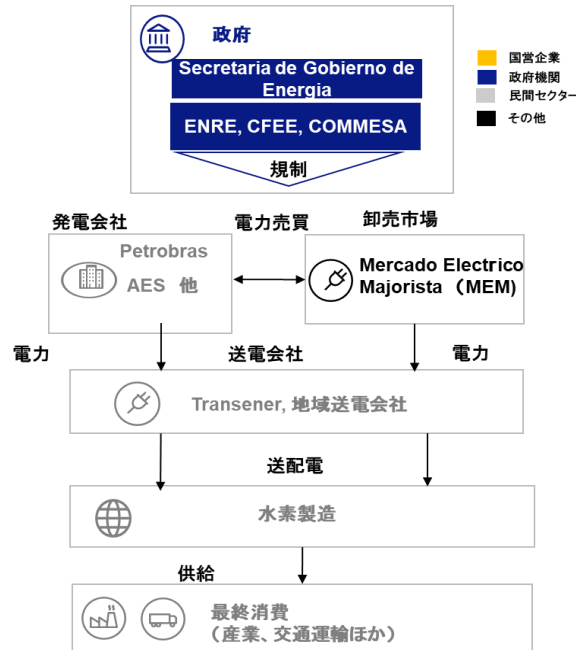
水素のバリューチェーンの構想（As is・To be）は下表の通りである。

表 4.4 アルゼンチンにおける水素バリューチェーンの構想

バリューチェーン段階	As is	To be
製造	<ul style="list-style-type: none"> 再生可能エネルギー開発のための政策、環境政策は立案されており、促進の支援施策は実施されている しかしながら再生可能エネルギーが電源ポートフォリオに占める割合は限定的 グリーン水素製造についてはパタゴニアのHychicoにて風力を利用した設備が2008年より稼働中 	<ul style="list-style-type: none"> 現在検討されている水素ロードマップの制定が望まれる 石油天然ガスからのエネルギー転換のための、今後の重要なエネルギーソースとして期待される 水素製造にかかる具体的な案件についても今後の検討課題
流通	<ul style="list-style-type: none"> 天然ガスパイプラインを通じて、チリ、ブラジル、ウルグアイなどへの輸出を行っている。またボリビアとも天然ガス融通を行っている 現時点で水素の流通インフラは十分整備はされていない 	<ul style="list-style-type: none"> 送電線はブラジル、ウルグアイなどと連系がされている 水素パイプラインなど流通インフラは、製造プラントとデマンドを勘案し今後計画することが必要
最終消費	<ul style="list-style-type: none"> 現時点でエネルギー消費は、家庭用・商業向けが多く、その後交通運輸、産業向けなどとなっている 	<ul style="list-style-type: none"> 産業向け、化学分野での脱炭素への期待がされる 国内交通運輸における可能性が指摘される

出典：JICA 調査団

このような水素バリューチェーン構築にかかる、国内や地域的なアプローチは下記のエコシステム図でまとめることができる。



出典: JICA 調査団

図 4.7 アルゼンチンにおける水素バリューチェーンのエコシステム

今後のバリューチェーン構築に向けては、現行の水素法（2006年）の改定、水素開発戦略・ロードマップの最終化・詳細化が期待される。また石油、天然ガスを含めた総合的なエネルギー政策、開発戦略の見直しもその中に含むことが望ましい。そのうえで、開発を促進させるための規制、インセンティブの検討や国内での輸送、貯蔵、供給にかかるインフラ整備が必要と考えられる。また利用についても今後運輸交通分野、産業分野、発電需要も含めて具体的な利用方法を検討することが必要と考えられる。水素バリューチェーンの構築、実現にあたっての課題、今後調査すべき点については次に整理するとおりである。

課題	今後調査すべきポイント	
	現状	今後調査すべきポイント
再生可能エネルギーの状況	<ul style="list-style-type: none"> 再生可能エネルギーは電力供給ポートフォリオの中で約1割程度で、限定的 水素製造設備はパタゴニアのHychicoの実績あり 	<ul style="list-style-type: none"> 開発計画と水素開発の整合性、経済性の検討、確認 電力取引、送電線の現状と見通し
電力市場、EACシステム	<ul style="list-style-type: none"> 国内電力市場は、卸売市場が整備されている。また隣国との電力融通もある 地域間のEACシステムは存在しない 	<ul style="list-style-type: none"> アクターの確認（各国電力大手、国際機関等） 地域内取引の整備（長期取引や複数企業間の取引実現） EACの整備（二重登録防止策等）
水素が必要となるセクター	<ul style="list-style-type: none"> エネルギー消費が大きいセクターは家庭・業務向けが多く、交通、産業がそれに続く 	<ul style="list-style-type: none"> 輸出シナリオの検討、検証 国内での水素利用方法の検討

出典: JICA 調査団

図 4.8 アルゼンチンにおける水素バリューチェーン実現に向けた課題と調査ニーズ

4.5. コロンビア

コロンビアは国内のエネルギー資源が豊富であり、エネルギー供給の約7割は石炭・原油・天然ガスからなる。一方で発電源における水力発電の占める割合が7割と高く、加えてバイオマスや風力、太陽光等の再生可能エネルギーのポテンシャルも大きい。また、エネルギー消費が大きいセクターは輸送や産業である。

同国政府は再生可能エネルギーの導入に積極的である他、2021年8月には水素ロードマップ(案)を公表した。中長期的な国内利用だけでなく、水素製造・輸出の国際的なハブになる目標も盛り込んだ野心的なロードマップであり、まずは2030年までの第1ステップ期間中に諸制度・環境を整備していくことが非常に重要になると考えられる。

ロードマップ(案)自体がIDBの協力を得て策定されている等、他の国際機関の関与が大いに想定されるが、JICAの支援余地は大いにあり得ると考えられる。水素エネルギーの拡大に向けた課題を表3.36に記載しているが、環境整備においては、法制度の整備・確立の支援や人員の能力開発支援が考えられる。市場開発では円借款を通じて国内環境を整備していくことができる。さらにインフラストラクチャー開発の分野では、大きな投資額が必要であることから民間セクターの参入が不可欠であるが、海外投融資を通じて民間サイドから水素エネルギー拡大を支えていく方法も考えられる。また、ロードマップでは水素の海外輸出について記載されているが、既存港湾の再開発もJICAの資金力やこれまでの知見・ノウハウが生かされる分野だと想定される。

水素のバリューチェーンの構想(As is・To be)は下表の通りである。

表 4.5 コロンビアにおける水素バリューチェーンの構想

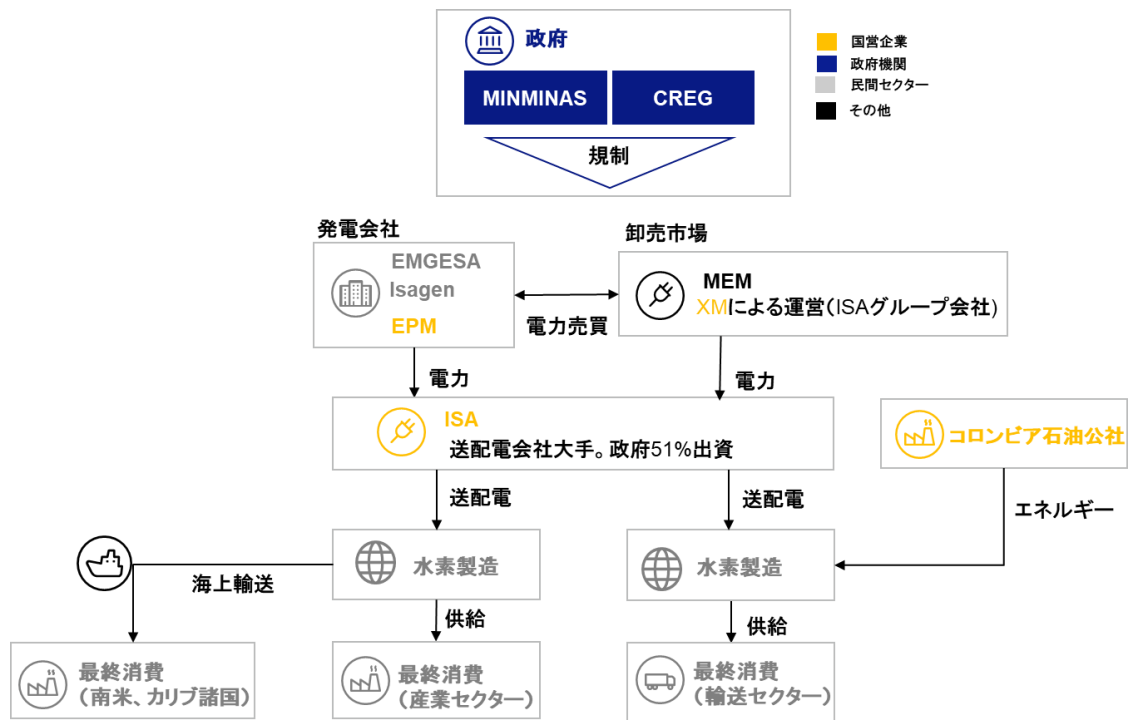
バリューチェーン段階	As is	To be
製造	<ul style="list-style-type: none"> 国内のエネルギー資源が豊富であり、ブルー水素の製造ポテンシャルが高い 水力発電を除く再生可能エネルギーのエネルギーシェア・発電シェアはまだ低い 再生可能エネルギーのポテンシャル自体は高く、グリーン水素の製造ポテンシャルも有する 水素製造設備は未整備である 	<ul style="list-style-type: none"> 2021年8月に発表されたロードマップでは、まずブルー水素のバリューチェーン構築が目指されている グリーン水素製造も想定されるが、市場における競争力を持つのは2040年以降と想定されている 水素製造事業においては民間事業者の参入が期待されている
流通	<ul style="list-style-type: none"> 現時点ではない 	<ul style="list-style-type: none"> 水素ステーション、水素パイプライン等の必要設備の試算、設備投資額、整備計画を策定する必要がある 官民双方の投資が必要となる 水素輸出構想があるため、既存港湾設備を水素向けに再整備する必要がある
最終消費	<ul style="list-style-type: none"> 現時点ではない 	<ul style="list-style-type: none"> ロードマップでは、産業セクター(石油化学産業等)や輸送セクターにおける利用が想定されている

出典: JICA 調査団

以下の図はロードマップをもとにコロンビアにおける水素バリューチェーンをイメージ化したものである。水素製造の原料となる化石燃料や電力は、コロンビア石油公社や大手発電会社から購入する。また、電力は卸売市場での取引と個別契約取引の両方が考えられる。製造された水素は、

エネルギー消費の大きい石油化学工業や、重輸送を中心に輸送セクターでの利用が想定される。また、海上輸送を通じて他の中南米・カリブ諸国に輸出される。

このようなバリューチェーン構築に向けて今後調査すべき課題として、コロンビアにおける再生可能エネルギーの普及状況（安定した供給体制の有無、取引方法、貯蔵システムの有無、送電線状況）を調査する必要がある。また、水素製造の担い手となる企業のリストアップや、製造にあたり障壁となりうる既存規制の確認も挙げられる。水素利用の点においては、産業セクター・輸送セクターが中心になると考えられるが、具体的な利用方法の検討や、温室効果ガス削減効果、水素消費量の把握等が必要になると考えられる。さらに水素輸出を支援の範囲に含める場合には、既存港湾・船舶を水素向けに再整備する必要があるため、港湾関連制度の把握、既存施設のキャパシティ調査等も実施する必要がある。



出典: JICA 調査団

図 4.9 コロンビアにおける水素バリューチェーンのエコシステム

実現に向けた課題や調査のニーズについては、下記の図にまとめている。

課題	<ul style="list-style-type: none"> 2021年8月に水素ロードマップ（案）が公表されたばかりであり、ロードマップにおける課題を優先順位付けしたうえで、制度・市場整備や人材育成等、開発に向けた適切な環境づくりを行う必要がある。 ブルー水素・グリーン水素ともに大きな投資額が必要であり、民間投資を呼び込むスキーム作りが求められる。 	
	▲	
	現状	今後調査すべきポイント
環境整備	<ul style="list-style-type: none"> 2021年7月にエネルギー転換法が発行され、グリーン水素・ブルー水素に関する税優遇制度等が整備された 	<ul style="list-style-type: none"> 政府としての優先分野・順位を確認する。明確に定まっていない場合は、支援対象分野となり得る。 水素の開発促進に向け、既存関連法制度（民間投資制度含む）の内容を調査し、改正が必要な内容を提言する
再生可能エネルギー	<ul style="list-style-type: none"> 水力発電が主である 再生可能エネルギーのキャパシティが大きい地域と需要が大きい地域が離れている 	<ul style="list-style-type: none"> グリーン水素開発に向けた目標と現状のギャップ分析（安定した供給体制、取引方法、貯蔵システム、既存送電線計画の検証等）
水素関連のインフラストラクチャー	<ul style="list-style-type: none"> 水素製造設備や流通設備（水素ステーション、パイプライン等）は未整備 石油化学製品の輸出向け港湾設備が存在 	<ul style="list-style-type: none"> 既存設備（石油・天然ガス向け等）のキャパシティ評価、水素への転用可能性の評価 需要サイドの需要見積もり、それに基づく投資計画策定

出典：JICA 調査団

図 4.10 コロンビアにおける水素バリューチェーン実現に向けた課題と調査のニーズ

4.6. ウルグアイ

ウルグアイ電力セクターの電源構成は、全体の 9 割を超える、ほとんどが再生可能エネルギーでなっており、中でも水力、風力、バイオマスが中心で太陽光が若干含まれている。2030 年までの国家エネルギー政策では政策目標として、エネルギーミックスを多様化し、化石燃料への依存を減らし、エネルギー効率を改善し、国内資源、主に再生可能エネルギーの使用を増やすことを掲げている。再生可能エネルギー拡大に向けた取り組みとして、国内、国外企業を対象にした投資優遇策を実施している。政府に認可されたプロジェクトはその種類によって 20~100%の法人税が減税(通常の法人税率は 25%されるほか、固定資産については富裕税(wealth tax)が免除される。

水素開発については、2021 年にグリーン水素開発戦略構築を行い、現在、IDB (米州開発銀行)との技術協力の枠組みの中で取り組んでいる。またグリーン水素プロジェクトを開発するために持続可能な開発目標のための国連共同基金 (United Nations Joint Fund for the Sustainable Development Goals (SDGs)) からの資金 1,000 万ドルを適用し、開発を進める予定である。この資金は、ウルグアイの燃料、アルコールおよびポルトランドセメントの国家管理局 (ANCAP)、電力会社 UTE、および MIEM 自体によって管理運営され、グリーン水素生産による輸送の電化のためのパイロットプロジェクトであるヴェルヌプロジェクトに利用される。ウルグアイでは、グリーン水素の開発は、公的レベル (MIEM、ANCAP、および UTE によって形成された機関間水素グループ) だけでなく、民間部門および学術/大学部門の両方でも検討されてきている。

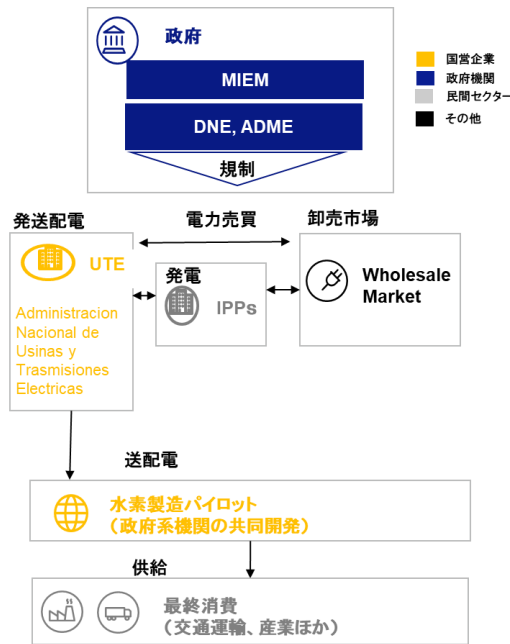
水素のバリューチェーンの構想 (As is・To be) は下表の通りである。

表 4.6 ウルグアイにおける水素バリューチェーンの構想

バリューチェーン段階	As is	To be
製造	<ul style="list-style-type: none"> 再生可能エネルギー開発のための政策、環境政策は立案されている 水素開発ロードマップが制定されており、パイロットプラントに着手している 	<ul style="list-style-type: none"> パイロットプラントの稼働、検証をふまえて商業ベースのプラント開発が期待されている 水素製造の商業プラントの実施体制等については未定である
流通	<ul style="list-style-type: none"> 電力送電網は隣国のアルゼンチン、ブラジルを連系されている 水素開発にかかる連携体制、インフラ整備は今後の課題 	<ul style="list-style-type: none"> 水素バリューチェーンの中での電力及び水素流通設備の開発計画は今後の課題 国際連携の在り方についても同様に今後検討が望まれる
最終消費	<ul style="list-style-type: none"> エネルギー需給バランスでは、産業向けおよび交通運輸部門が多い 現行の水素パイロットプラントでの水素需要としては国内の交通運輸部門での消費を想定 	<ul style="list-style-type: none"> パイロットプラントでの実績をベースに、今後国内交通運輸における可能性が高い その他の水素需要、国際連携についても今後の検討課題

出典: JICA 調査団

このような水素バリューチェーン構築にかかる、国内や地域的なアプローチは下記のエコシステム図でまとめることができる。



出典: JICA 調査団

図 4.11 ウルグアイにおける水素バリューチェーンのエコシステム

今後のバリューチェーン構築に向けては、パイロット事業の検証をもとに水素の利用拡大が進められることが期待される。また隣国との送電網連系も整備されていることから、地域連携の可能性も考えられる。また今後は、開発を促進させるための規制、インセンティブの検討や国内での輸送、貯蔵、供給にかかるインフラ整備が必要と考えられる。また利用についても今後交通運輸分野、産業分野、発電需要も含めて具体的な利用方法を検討することが必要と考えられる。水素バリューチェーンの構築、実現にあたっての課題、今後調査すべき点については次に整理するとおりである。

課題	今後調査すべきポイント	
	現状	今後調査すべきポイント
再生可能エネルギーの状況	<ul style="list-style-type: none"> 再生可能エネルギー開発は継続して実施中 水素製造設備はパイロット事業に着手 	<ul style="list-style-type: none"> 開発計画と水素開発の整合性、経済性の検討、確認 電力取引、送電線の現状と見直し
電力市場、EACシステム	<ul style="list-style-type: none"> 国内電力市場は、民間の発電事業への参画が可能。また隣国との電力融通もあり、ネットでは電力輸出国 地域間のEACシステムは存在しない 	<ul style="list-style-type: none"> アクターの確認 (各国電力大手、国際機関等) 地域内取引の整備 (長期取引や複数企業間の取引実現) EACの整備 (二重登録防止策等)
水素が必要となるセクター	<ul style="list-style-type: none"> エネルギー消費が大きいセクターは、交通運輸、産業が中心 	<ul style="list-style-type: none"> 輸出シナリオの検討、検証 国内での水素利用方法の検討

出典: JICA 調査団

図 4.12 ウルグアイにおける水素バリューチェーン実現に向けた課題と調査ニーズ

4.7. ペルー

ペルーはエネルギー基本政策としてエネルギー基盤の多様化や、エネルギー供給の確保に重点を置いている。再生可能エネルギーの利用は国の重点政策として位置づけられ、入札手続き等の整備がなされているが、2018年時点では発電源に占める割合が1割弱と導入が遅れている状況にある。これは、地方における送電網インフラの整備や発電事業に関する行政手続きの簡素化等の課題が解決されていないためと考えられ、再生可能エネルギーの更なる拡大のためにこれらの課題に対処する必要がある。

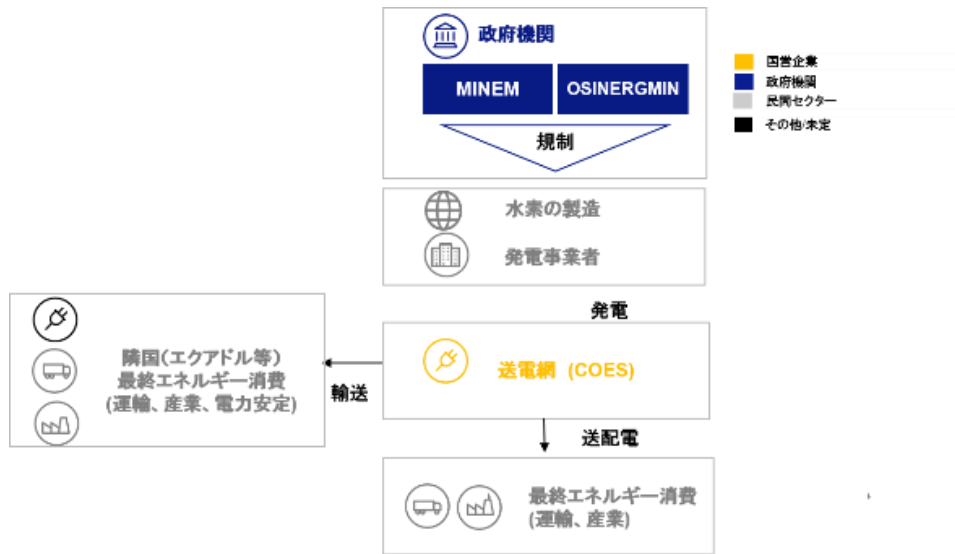
水素に関しては、政府による政策的な枠組みは整備されておらず、政府主導によるグリーン水素関連のプロジェクトは現時点で見受けられない。水素のバリューチェーンの構想（As is・To be）は下表の通りである。

表 4.7 ペルーにおける水素バリューチェーンの構想

バリューチェーン 段階	As is	To be
製造	<ul style="list-style-type: none"> ・電力需要の約56%は水力発電で賄われている一方で、天然ガスへの依存も比較的に高いことから、ブルー及びグリーン水素のポテンシャルがある ・水素の製造設備はなく、現在実現可能性調査が行われている段階 	<ul style="list-style-type: none"> ・グリーン水素が製造される可能性も高いが、電力インフラの現状を鑑みると、短期的にはブルー水素も製造されると考えられる ・水素製造事業は、民間事業者によって行われる可能性が高い
流通	<ul style="list-style-type: none"> ・天然ガスパイプラインは整備されているものの、水素専用のパイプラインはない ・地方では送電網インフラが整っていない地域も多く、電力の安定的な供給に課題 ・送電線の老朽化に加えて、規制や周波数の違いにより、海外への輸出は困難 	<ul style="list-style-type: none"> ・設備費用と需要を踏まえると、水素専用のパイプライン設備可能性が低い ・特に地方において、送電網インフラの整備が必要
最終消費	<ul style="list-style-type: none"> ・現状では、国内での利用事例がない 	<ul style="list-style-type: none"> ・国家計画やマーケット調査の結果を踏まえ、国内では主に交通部門 ・インフラや規制が整備されれば、隣国へ電力を輸出することも可能だが、基本的に国内での水素利用が想定される

出典：JICA 調査団

一方で、非営利団体 H2 Peru が 2021 年に発足し、グリーン水素のエコシステム構築や実証実験の実施、規制導入の議論等を目指している。ペルーの電力市場は自由市場であり多くの民間企業が参入していることも鑑み、民間主導によりグリーン水素製造への取組みが活発化する可能性がある。また、国内で水素を活用する場合、GHG 排出量の多い運搬部門での利用が最適であると考えられる。他方、ペルー国内で水素を利用して発電し、隣国のコロンビアやエクアドルに電力を輸出する選択肢も考えられるが、インフラ整備の必要性や規制の調整などの課題が実在し、ハードルが高く、まずは国内利用を検討することが現実的であると考えられる。



出典: JICA 調査団

図 4.13 ペルーにおける水素バリューチェーンのエコシステム

4.8. メキシコ

メキシコは低コストの天然ガスを含む化石燃料資源が豊富で、火力発電が設備容量全体の約7割を占める。同国には豊富な再生可能エネルギーの賦存量があり、再生可能エネルギー導入ポテンシャルは高い。よって理論的には、メキシコはブルー水素とグリーン水素双方の開発ポテンシャルがあるが、メキシコにおける石油化学産業の重要性を考えると、短期的には二酸化炭素回収・貯留技術（CCS）と組み合わせてブルー水素を導入することが現実的であると考えられる。水素のバリューチェーンの構想（As is・To be）は下表の通りである。

表 4.8 メキシコにおける水素バリューチェーンの構想

バリューチェーン 段階	As is	To be
製造	<ul style="list-style-type: none"> メキシコは豊富な再生可能エネルギーの賦存量があることから、グリーン水素の製造ポテンシャルは極めて高い 一方化石燃料資源も豊富で、火力発電が主要な電力源となっている。よって、ブルー水素の開発ポテンシャルも高くなっている 水素の製造設備については、現在計画段階であり、環境影響評価が行われている 他方、現政権の化石燃料に関するスタンスを踏まえると、公共セクター主導に期待できないと思われる 	<ul style="list-style-type: none"> 短期的にはブルー水素（CCS技術の導入）を製造し、段階的にグリーン水素への移行を検討するのが現実的である（現政権の基本方針・政策では、グリーン水素への移行は難しい） 民間事業者が水素を製造する可能性が高い
流通	<ul style="list-style-type: none"> 天然ガスパイプラインが整備されているが、水素のパイプラインはない 国際送電網が整備されており、海外への電力輸出は可能 	<ul style="list-style-type: none"> 既存の天然ガスパイプラインを利用し、国外への輸出も可能 製造コストの観点から、水素専用のパイプラインを構築する可能性は低い
最終消費	<ul style="list-style-type: none"> 現在実施中のプロジェクトでは、工業部門での利用が想定されている 	<ul style="list-style-type: none"> 調査結果を踏まえ、水素はGHG排出量の多い交通や工業部門で利用される可能性が高い また、メキシコの企業はグローバルバリューチェーンで重要な役割を担っており、今後脱炭素化を求められる可能性が高いことから、自社での水素利用を検討・導入する企業も増えると予想される 域内では、交通部門以外にも各種産業に利用される可能性がある

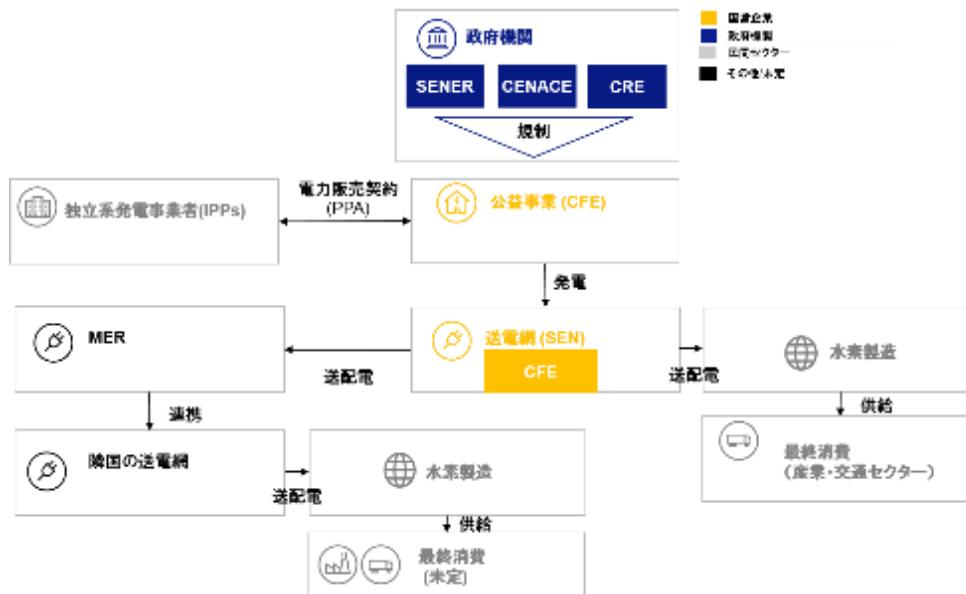
出典：JICA 調査団作成

しかしながら、現ロペスオブラドル政権は、気候変動対策や再生可能エネルギーの導入に積極的ではなく、逆に PEMEX や CFE の強化を基本方針として、世界の脱炭素の潮流に逆行するような政策を打ち出している。特に、直近に発表された電力産業法の改正法案は、民間の再生可能エネルギー発電事業者を経済的に不利な立場に追い込むような内容となっており、国内外で強い懸念がある。また、地域によっては必要なインフラが不足し、発電事業用地の取得が困難となっている等、再生可能エネルギーの導入に向けての課題も多い。このような状況下では、JICA による法整備や能力開発などの公的部門への支援は、メキシコでは難しいと考えられる。

他方、海外投融資を通じ、民間主導で水素エネルギーの導入拡大を支援することは可能である。特にメキシコのグローバルバリューチェーンにおける立ち位置を鑑みると、取引先から脱炭素化を求められる可能性が高い。今後も RE100 や SBT イニシアティブなどに加盟するメキシコ企業が増えると予想され、自社の使用電力を脱炭素化する選択肢として、水素利用を検討・導入する企業

が出てくることも考えられる。実際にメキシコにおける水素関連のプロジェクトは民間主導であり、今後もこの傾向が続くであろう。

以下の図ではメキシコにおける水素バリューチェーンをイメージ化したもので、主要なステークホルダーを示している。メキシコ国内では、製造された水素は、GHG 排出量の多い交通や工業部門での利用が想定され、自国の二酸化炭素排出量削減目標にも貢献できる。さらに既存の天然ガスパイプラインを利用し、水素の需要が高い国に対して輸出することも可能だ。総じてメキシコは水素ハブとしてのポテンシャルは高いものの、今後の動向は政治情勢に左右される。



出典: JICA 調査団

図 4.14 メキシコにおける水素バリューチェーンのエコシステム

4.9. コスタリカ

コスタリカは脱炭素化に向けた明確な道筋を策定してきた。同国は様々な分野での水素利用の可能性を探っている一方で、2030年以降は輸送セクターの脱炭素化に向けて水素を優先的に利用する可能性が高い。また、現時点では水素がエネルギー貯蔵や産業セクター等の他の分野にすぐに利用される可能性は低いと考えられる。水素のバリューチェーンの構想（As is・To be）は下表の通りである。

表 4.9 コスタリカにおける水素バリューチェーンの構想

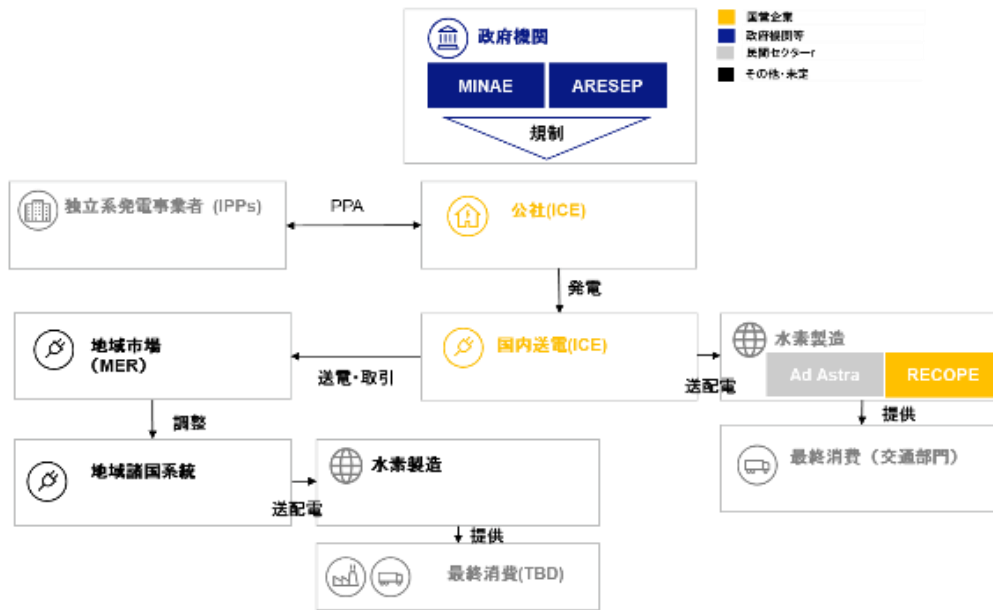
バリューチェーン段階	As is	To be
製造	<ul style="list-style-type: none"> ・コスタリカは国内電力需要の99%程度を再生可能エネルギーで賄っていることから、グリーン水素の製造ポテンシャルは極めて高い ・水素の製造設備はまだパイロット・実証段階で、商業ベースのものはない 	<ul style="list-style-type: none"> ・電力インフラの現状・計画、水素に関する計画に沿う場合、グリーン水素のみになる可能性が高い ・水素製造事業においては公社のRECOPEや民間事業者(Ad Astra等)が行う可能性が高い
流通	<ul style="list-style-type: none"> ・現時点では限られたステーションのみ ・石油の横断パイプライン(Poliducto Recope)等は整備されているものの、水素のパイプラインはない ・海外への電力輸出を通じた水素製造のためのインフラが整っているものの、ソフトインフラ(市場機能等)の整備が十分ではない 	<ul style="list-style-type: none"> ・コスタリカの回廊構想に沿って整備される可能性が高い ・設備費用と需要を踏まえると、水素専用のパイプライン設備可能性が低い ・水素を輸出することよりは、余剰電力を輸出し、各国で水素を製造、のモデルの方が現実的である。そのため、市場整備の実施が必要 ・域内以外への輸出は予想されていない
最終消費	<ul style="list-style-type: none"> ・パイロットや実証事業でFCバス、セダンのみ 	<ul style="list-style-type: none"> ・国家計画やマーケット調査の結果を踏まえ、国内では主に交通部門 ・域内では、交通部門以外にも各種産業に利用される可能性がある

出典: JICA 調査団

国内の水素バリューチェーンの発展には、既に多くの支援がなされてきている。国家水素戦略等のハイレベルの研究は IDB によって支援されてきた他、運輸セクターにおけるパイロット事業は官民の連携により実施されてきたことから、支援余地は限定的だと思われる。また、短期的には、コスタリカの運輸セクターにおいては電化が進められており、水素の役割は限定的である可能性がある。

一方で、中米地域諸国においては水素需要が存在すると考えられる。コスタリカの電力系統は既に SIEPAC へに接続している。また、中米地域諸国の脱炭素化に向けて、グリーン水素を製造するには再生可能エネルギー資源の共有は必要不可欠だと考えられる。メキシコ以外は、中米諸国は水素に対して一定程度の関心を示している。各国においては、交通部門における水素への需要が期待できる上、産業での利用も考えられる。メキシコについては、水素需要は期待できるものの、現状の政治状況を考えると、SIEPAC への接続や、産業やその他の民間事業者が脱炭素に取り組む姿勢がより鮮明になってから、中長期的に水素社会を目指す可能性がある。

国内や地域的なアプローチは下記のエコシステム図でまとめている。

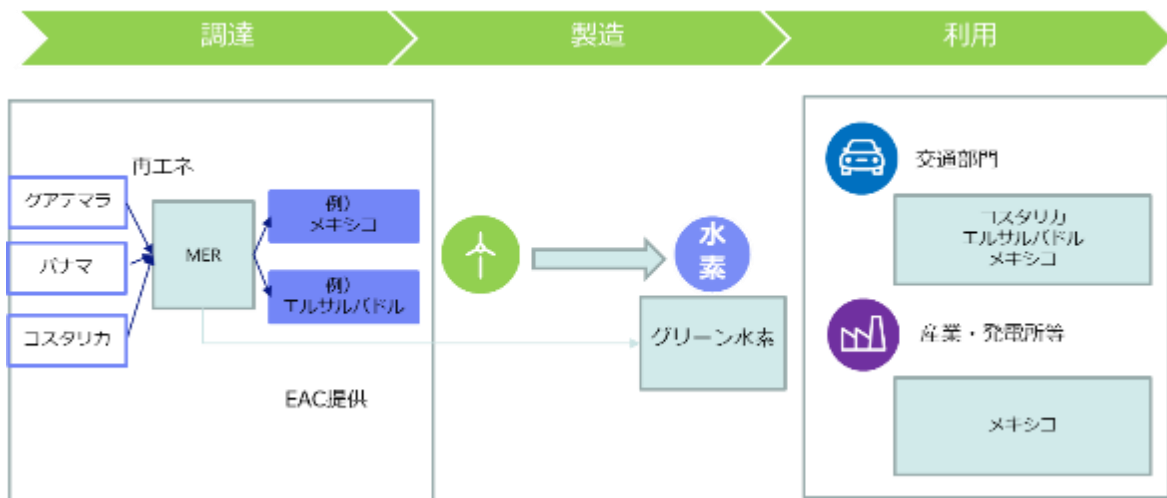


出典: JICA 調査団

図 4.15 コスタリカにおける水素バリューチェーンのエコシステム

一方、SIEPAC と MER の枠組みでそれぞれ関心の度合いが異なる各国の電力戦略を地域的に統合することは容易ではない。たとえば、発電と送電の拡張計画に関する協力と調整は限定的である。これによって、再生可能エネルギー資源の利用可能性が低い国ではグリーン水素の生産が難しくなる可能性がある。さらに、グリーン水素はエネルギー属性証明書 (Energy attribute certificate – EAC) に関連しているが、2021 年時点では、エネルギー属性証明書に対する地域的なアプローチは存在していない。産業や民間セクターの脱炭素化に向けて、エネルギー使用における GHG 排出量がない、或いは少ないと報告できるためにこれら証明するシステムも必要である。

中米地域の潜在的な水素バリューチェーンは、次の図にまとめている。



出典: JICA 調査団

図 4.16 コスタリカにおける水素バリューチェーンの構想

実現に向けた課題や調査のニーズについては、下記の図にまとめている。

課題	<ul style="list-style-type: none"> MERやEAC等の地域間システムの整備が必要であり、JICAが支援できるポイントになる 水素製造には大量の再生可能エネルギーの輸出入が必要となるため、各国が十分な送電設備を備えているか確認するとともに、強化が必要な場合はその支援を行う必要がある 	
	現状	今後調査すべきポイント
各国の再生可能エネルギーの状況	<ul style="list-style-type: none"> 再生可能エネルギーのキャパシティは国によって差がある 地域間の電力取引がある（乾季の電力輸入等） 	<ul style="list-style-type: none"> 各国の年間の電力余剰・不足状況（安定した再生可能エネルギー取引の実現可能性） 各国間での電力取引の実態 各国の送電線状況
MER（地域電力市場）、EACシステム	<ul style="list-style-type: none"> MERでは相対・スポット取引のみ可能 地域間のEACシステムは存在しない。各国でI-RECが導入されているが、実施の初期段階にある 	<ul style="list-style-type: none"> アクターの確認（各国電力大手、国際機関等） MERの整備（長期取引や複数企業間の取引実現） EACの整備（二重登録防止策等）
水素が必要となるセクター	<ul style="list-style-type: none"> エネルギー消費が大きいセクターは交通、産業、家庭等 水素エネルギーを利用している国はない 	<ul style="list-style-type: none"> 各国ごとの水素利用方法の検討

出典: JICA 調査団

図 4.17 コスタリカにおける水素バリューチェーン実現に向けた課題と調査のニーズ

4.10. エルサルバドル

エルサルバドルでは再生可能エネルギーをエネルギー源とした発電が行われているが、経済全体の脱炭素化に向けた明確な道筋はまだ示されていない。一方で、最近発表された改訂版エネルギー政策においては、エルサルバドル政府の水素に対する明確な関心が示され、国家グリーン水素戦略の策定や関連規制の確立を目指している。また、同分野におけるキャパシティー強化の必要性も認識しており、グリーン水素に関するパイロット事業の実施も検討している状況にある。ただし、現時点では国内の水素バリューチェーン開発に対する支援はなく、グリーン水素戦略策定に必要な資金も投入されていない。

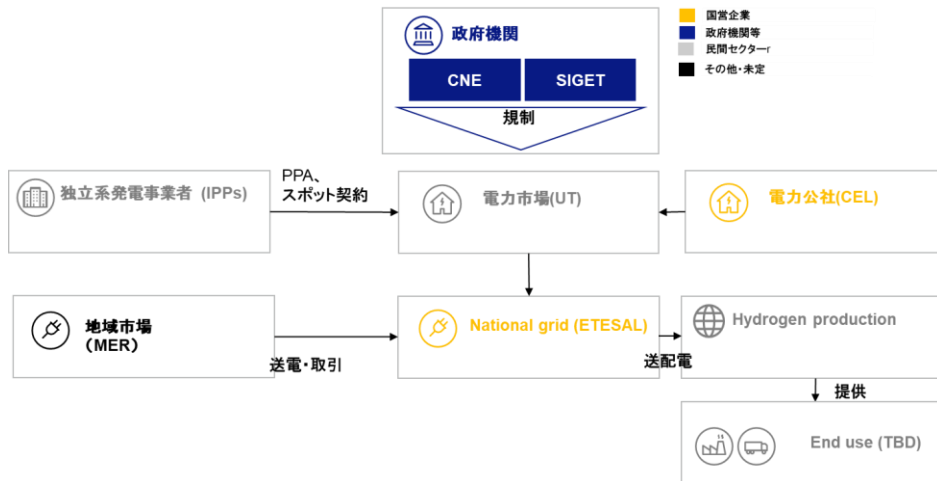
また、同国が水素に関心を示す一方で、主に産業・運輸セクター等の市場規模は小さいにおいては、水素への関心は低い状況にある。水素のバリューチェーンの構想（As is・To be）は下表の通りである。

表 4.10 エルサルバドルにおける水素バリューチェーンの構想

バリューチェーン 段階	As is	To be
製造	<ul style="list-style-type: none"> ・エルサルバドルは国内電力発電の 55%程度を再生可能エネルギーで行っており、今後においても増加させる予定であることから、一定程度のグリーン水素の製造ポテンシャルはあると考える ・他方、一部の電力を輸入していることから、国内資源だけで安定的に水素の製造にとりくむのが困難だと考える ・水素の製造設備はまだない 	<ul style="list-style-type: none"> ・電力インフラの現状・計画を踏まえると、グリーン水素のみになる可能性が高いが、一定程度の電力輸入が必要だとみられているため、エネルギー由来の証明が必要となる ・電力事業は民営化されていることから、水素製造事業においても民間主導で行われる可能性が高い
流通	<ul style="list-style-type: none"> ・現時点ではなし 	<ul style="list-style-type: none"> ・現時点では不明であるが、最終消費は交通部門に集中すると推測されていることから、水素ステーションの設備拡大の可能性が高く、設備費用と需要を踏まえると、水素専用のパイプライン設備可能性が低い ・域内以外への輸出は予想されていない
最終消費	<ul style="list-style-type: none"> ・現時点ではなし 	<ul style="list-style-type: none"> ・排出量とエネルギー利用データを踏まえ、国内では主に交通部門による需要の可能性が最も高い

出典：JICA 調査団

以下のエコシステムは、潜在的な水素バリューチェーンに関係のあるステークホルダーとそのタイプをまとめた図である。



出典: JICA 調査団

図 4.18 エルサルバドルにおける水素バリューチェーンのエコシステム

エネルギー市場が自由化されているエルサルバドルにおいては、民間企業が主導して水素製造が進められることが期待される。ただし、どの企業が中心となって製造・商業化を担っていくかはまだ不明確である。このような状況であることから、現時点ではエルサルバドルが水素を MER 市場へ輸出する可能性は低いと考えられる。一方で、国内需要を満たすために水素を輸入する可能性はある。

水素バリューチェーンの発展には、まず国家グリーン水素戦略を策定し、各ステークホルダーの役割やそれぞれの利益を明確にする必要がある。また、中長期的に水素を必要とするセクターを特定し、評価することにより、同国のエネルギー資源計画の再検討がさらに進むと考えられる。その結果、再生可能エネルギー資源の開発や他国との地域統合、水素開発に関する実証実験等を目的とした更なる事業につながる可能性があると考えられる。

4.11. トリニダード・トバゴ

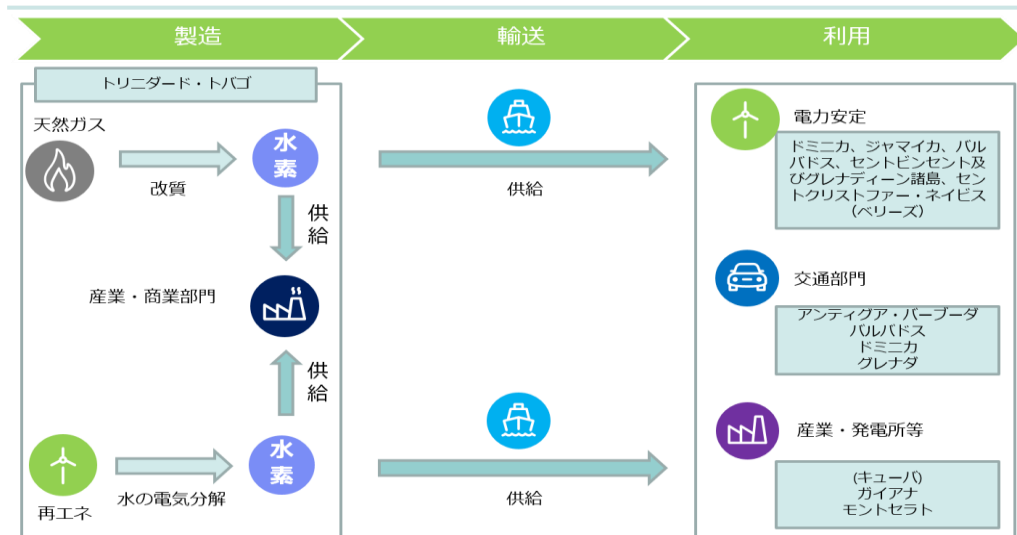
カリブ海地域最大の石油・天然ガス産出国であるトリニダード・トバゴは、自国生産の天然ガスで国内消費を賄うことができ、短期的には水素や再生可能エネルギーを導入するインセンティブがないといえる。しかし近年、原油、天然ガス生産量及び残存埋蔵量が年々減少していることから、トリニダード・トバゴ政府は危機感を募らせており、今後再生可能エネルギーの導入量が増える可能性がある。水素に関しては、特に民間レベルでの動きが活発となっており、既にいくつかのプロジェクトが立ち上がり、今後も増加すると考えられる。とりわけ、アンモニア産業を含む石油化学産業での水素利用に関心が向けられている。さらに産業部門だけでなく、交通部門での活用ができる可能性もあるが、同国での水素に対する需要は限定的であると考えられる。水素のバリューチェーンの構想 (As is・To be) は下表の通りである。

表 4.11 トリニダード・トバゴにおける水素バリューチェーンの構想

バリューチェーン段階	As is	To be
製造	<ul style="list-style-type: none"> ・トリニダード・トバゴは石油・天然ガス産出国であり、国内電力需要の全てを天然ガスで賄っている。よって水素製造過程で発生する二酸化炭素を回収することができれば、ブルー水素の製造拠点としてのポテンシャルがある ・グリーン水素の製造設備はなく、現在フィジビリティ調査が実施されている ・石油化学産業は主にメタノールとアンモニアを製造しており、グリーンアンモニア製造のポテンシャルもある 	<ul style="list-style-type: none"> ・短期的にはブルー水素 (CCS技術の導入) を製造し、段階的にグリーン水素への移行を検討する可能性がある (今後発表予定のDraft Policy Green Paperの方針次第) ・アンモニアについても上記同様、当初はブルーアンモニアを製造し、その後グリーンアンモニアへの移行を検討すると思われる。 ・水素製造事業は、国営ガス企業National Gas Company社やKensjay Green社が行う可能性が高い
流通	<ul style="list-style-type: none"> ・国内では、天然ガスパイプラインが整備されているものの、水素のパイプラインはない ・アンモニアを海外に輸出するためのインフラ施設は整っている 	<ul style="list-style-type: none"> ・同国での水素に対する需要は限定的であることを踏まえると、海上輸送を通じて他のカリブ諸国に水素の輸出を目的とする可能性が高い (水素のエネルギーキャリアの候補としてアンモニアを利活用することも想定できる) ・インフラ設備コストの観点から、水素専用のパイプラインを構築する可能性は低い
最終消費	<ul style="list-style-type: none"> ・パイロットにおいて、アンモニア施設への供給が検討されている 	<ul style="list-style-type: none"> ・国内では、産業部門・交通部門で利用される可能性があるものの、水素に対する需要は総じて低い ・域内では、対象国の電力安定や交通部門、産業・発電所への供給が考えられる

出典: JICA 調査団

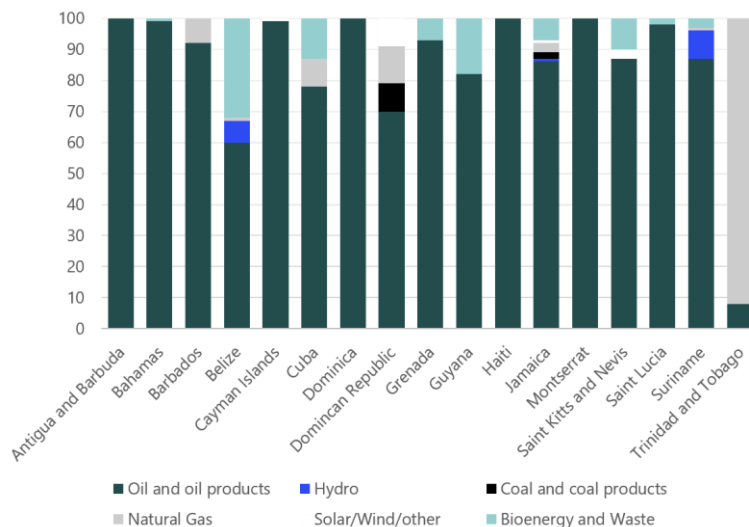
一方、他のカリブ海諸国では水素に対する需要があり、そのような国に対して水素を輸送し、対象国の電力安定や交通部門、産業・発電所に供給することも選択肢の一つである。その際のバリューチェーン案を下記の図で示す。



出典: JICA 調査団

図 4.19 トリニダード・トバゴにおけるバリューチェーンの構想

カリブ海諸国の多くは自国のエネルギー供給源を輸入化石燃料に頼っており、図 8 が示すようにバリーズ以外は再生可能エネルギーの普及は進んでおらず、発電部門においても同様のことが言える。また、カリブ海諸国の多くが再生可能エネルギーの導入目標を表明しているものの、そのほとんどが達成できておらず、現状のままだと導入目標の達成は難しい。カリブ共同体 (CARICOM) で決定した地域での再生可能エネルギーの導入目標は 48% であるが、この目標についても達成できていない国が多い (図 4.20、図 4.21)。さらに一部の国 (ドミニカ共和国、セントクリストファーネイビス、ジャマイカ等) は野心的な目標を設定しているものの、目標達成はやはり難しいと考えられる。この現状を打開するには、一定程度の安定的なエネルギー供給が必要であり、その際にトリニダード・トバゴで製造された水素を利用することも可能である。

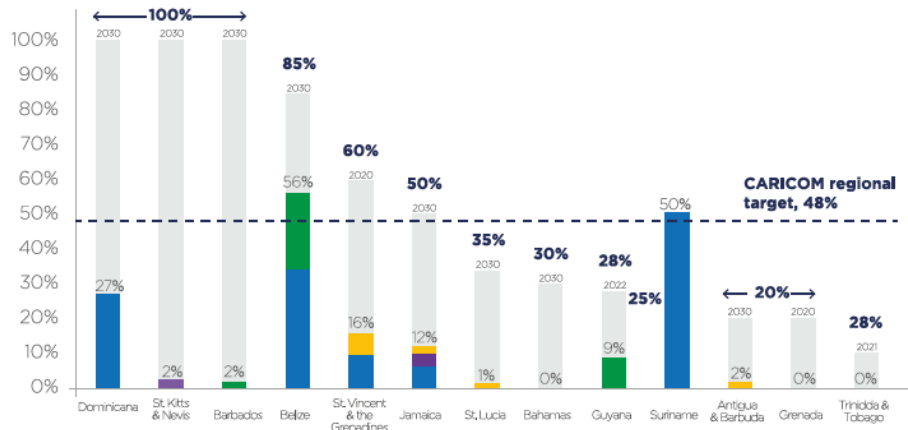


出典: CARICOM Energy Report Cards (2013-2017), IEA World Energy Balances, IRENA Energy Profile より JICA 調査団作成

図 4.20 カリブ海諸国におけるエネルギー供給

Figure 1.1: Progress Against Renewable Energy Targets in CARICOM

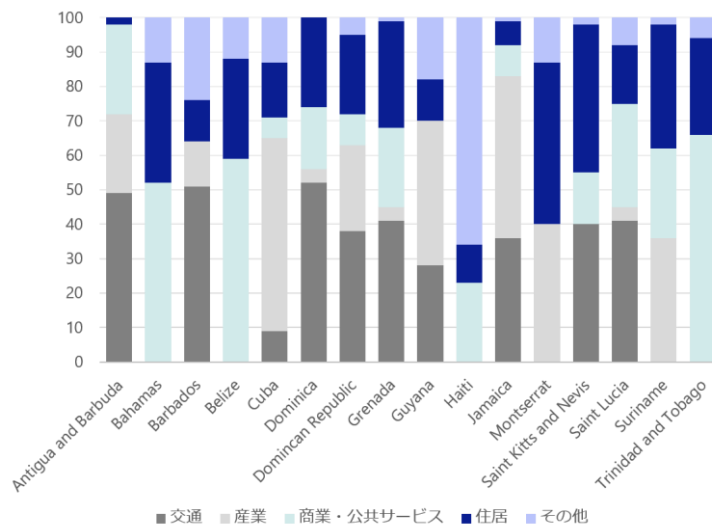
Notes: The years at the top of each bar indicate the target year set by the country to reach their renewable energy target.
Source: UNFCCC 2016, Castalia 2019.



出典: Inter-American Development Bank “Sustainable Energy Paths for the Caribbean”

図 4.21 再生可能エネルギー導入目標に対するカリブ諸国の進捗

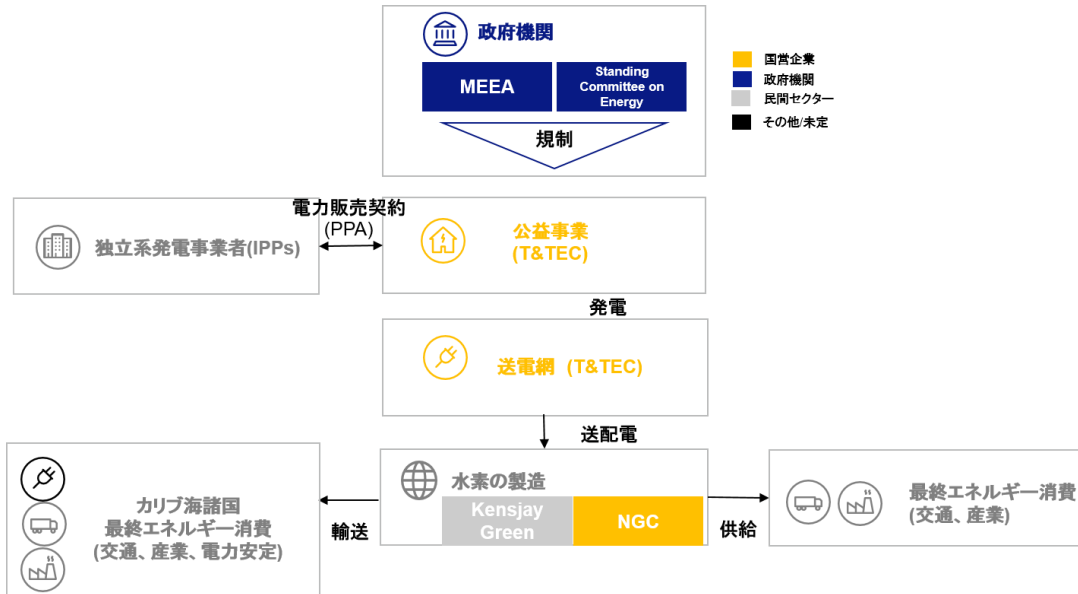
カリブ海諸国の産業別エネルギー消費に着目すると、アンティグア・バーブーダやドミニカ共和国、バルバドスなど、多くの国で交通・産業部門のエネルギー消費が高く、脱炭素のニーズが一定程度あると考えられる(図 4.22)。よって、海上輸送を通じて他のカリブ諸国に輸出し、エネルギー消費の大きい交通・産業部門での水素利用も検討の余地がある。ただ、これらのバリューチェーン構想を実現するにはカリブ諸国間の密接な連携や制度の構築、インフラの整備などが不可欠であり、JICA の支援余地があると考えられる。



出典: CARICOM Energy Report Cards (2013-2017), IEA World Energy Balances, IRENA Energy Profile より JICA 調査団作成

図 4.22 カリブ諸国における産業別エネルギー消費

以下の図は、バリューチェーン構想をイメージ化したもので、主要なステークホルダーを示している。



出典: JICA 調査団

図 4.23 トリニダード・トバゴにおける水素バリューチェーンのエコシステム

4.12. ジャマイカ

ジャマイカでは、エネルギー供給の 9 割を輸入化石燃料に依存している。ジャマイカ政府はエネルギーの安定化や脱炭素化の観点から再生可能エネルギーの導入・利用拡大を掲げているが、現状の導入状況を勘案すると、これらの目標は野心的であり、実現のためには現状以上のスピードで再生可能エネルギーの導入を促進する必要があると考えられる。一方で、地熱発電、太陽光発電、風力発電の導入ポテンシャルは比較的高く、今後発電容量は増加していくことが予想される。また、再生可能エネルギーの拡大に伴い、安定的な供給体制を構築することがさらに重要になることも考えられる。

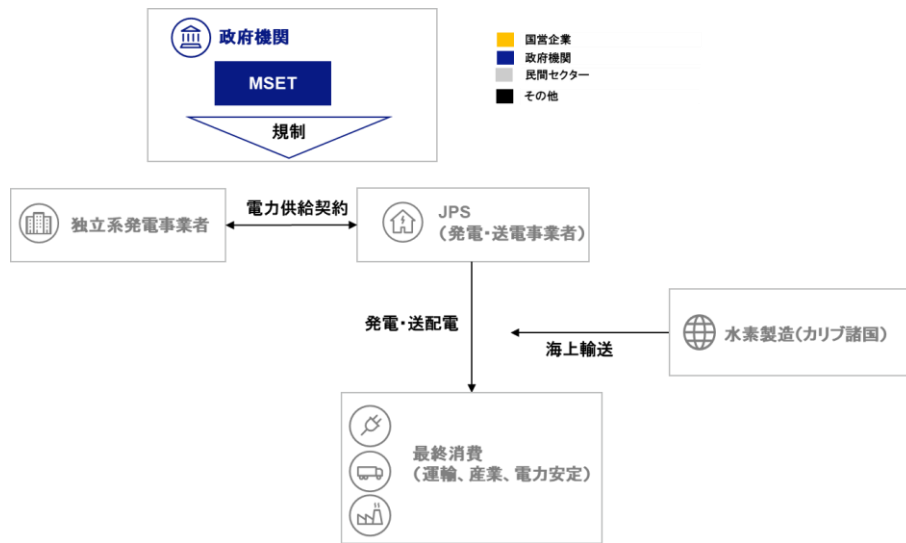
水素については、まずブルー水素の製造は、輸入化石燃料を原料として利用した場合に生産コストが高くなることが予想され、現実的ではないと考えられる。また、再生可能エネルギーの導入量もまだ低い水準にあるため、ジャマイカ国内におけるグリーン水素製造も難しいと考えられる。一方で、エネルギー消費における運輸・産業セクターの割合が大きく、エネルギーの効率利用を更に推進する余地がある。また、今後再生可能エネルギーの導入量の増加が予想されることから、電力の安定供給がより重要になることが考えられる。このような状況から、ジャマイカ国内での水素製造・利用を目指すのではなく、カリブ諸国地域全体における水素バリューチェーンの一部として、カリブ諸国の水素製造国から水素を輸入し、自国において活用する需要が存在する可能性がある。

水素のバリューチェーンの構想 (As is・To be) は下表の通りである。

表 4.12 ジャマイカにおける水素バリューチェーンの構想

バリューチェーン 段階	As is	To be
製造	<ul style="list-style-type: none"> エネルギー供給の 9 割を輸入化石燃料に依存している 国内での水素製造は実証実験も含めて実施されていない 	<ul style="list-style-type: none"> 輸入化石燃料を利用したブルー水素は生産コストが高くなることが予想され、現実的ではない 今後の再生可能エネルギーの導入量次第では国内でのグリーン水素製造も考えられるが、短期的な可能性は低いと考えられる
流通	<ul style="list-style-type: none"> 現時点ではない カリブ海最大の港湾設備を有しているが、貯蔵設備等水素向け設備がない 	<ul style="list-style-type: none"> 地域内の水素を輸入する場合は、既存港湾設備を水素向けに再整備する必要がある 水素ステーション、水素パイプライン等の必要設備の試算、設備投資額、整備計画を策定する必要がある 船舶の燃料転換に備え、中期的には水素・アンモニア燃料供給設備を新たに整備する必要がある
最終消費	<ul style="list-style-type: none"> 現時点ではないが、国際海上運搬のハブ港であることから、今後は需要が出てくると推測される 	<ul style="list-style-type: none"> 運輸・産業セクターにおける利用が想定される

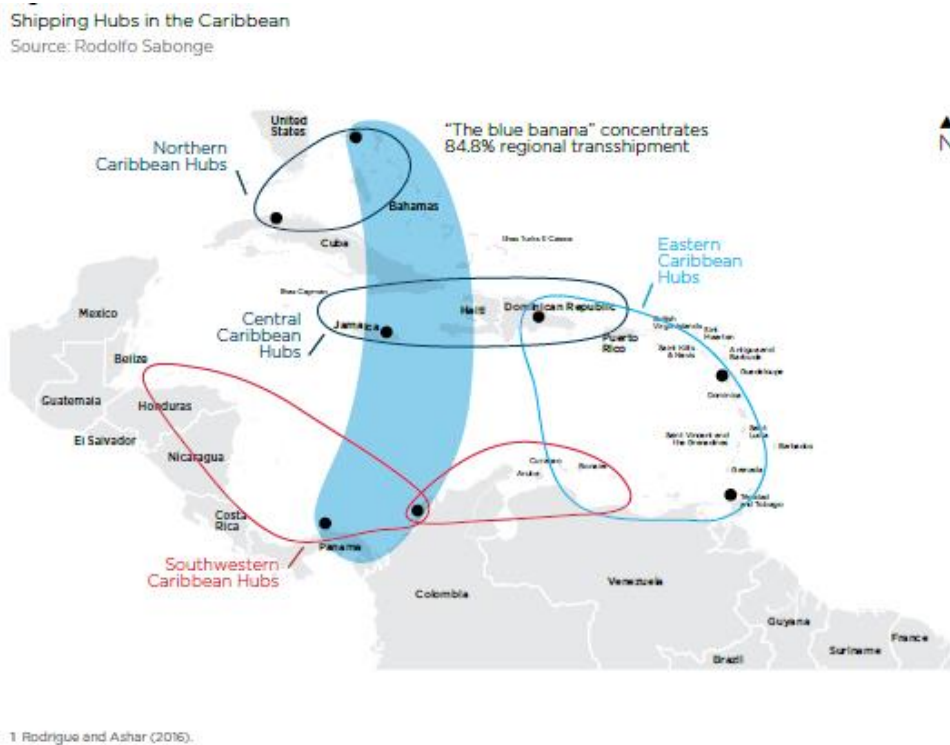
出典: JICA 調査団



出典: JICA 調査団

図 4.24 ジャマイカにおける水素バリューチェーンのエコシステム

上記に加えて、ジャマイカは自国のトランスshipment・ハブ港としての立ち位置を生かし、水素を基盤とした経済発展を実現できるポテンシャルを有すると考えられる。同国はパナマ運河の近くに位置し、既に国際的なハブ港としての役割を果たしている他、今後カリブ海の短距離輸送のハブ港となる可能性がある。以下の地図より、ジャマイカの首都であるキングストン港が国際海上輸送および短距離海上輸送双方の中心に位置していることがわかる。



出典: IDB, 2018. Short sea shipping network and finance model for the Caribbean

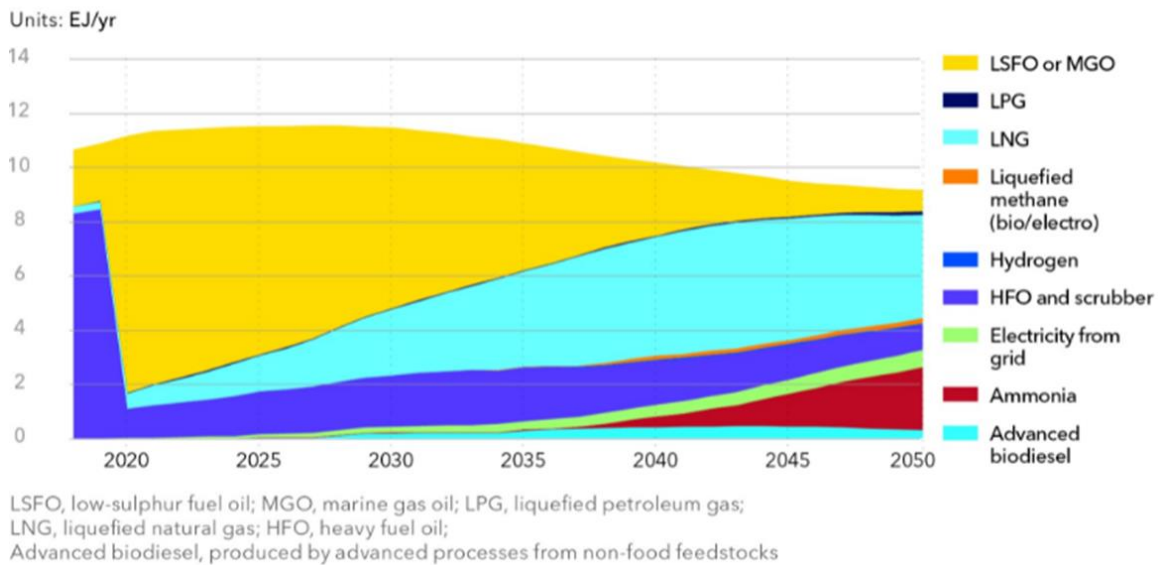
図 4.25 カリブ海のロジスティクスハブ地図

ジャマイカは2007年に国家運輸戦略を策定し、海上輸送の分野ではキングストン港をカリブ海のハブ港とすることを目標とした。また2018年には、同国はすでに貨物とコンテナ取扱量の点において地域で最も重要な港となった。

現在の船舶の主燃料は化石燃料であるが、脱炭素化の必要性も認識されている。国際機関(IMO)の排出削減戦略(IMO2020)では、複数の方法を利用して削減に取り組むことを想定している。本戦略では、国際海運業界における排出係数の削減検討が行われている。平均して、2008年と比較して2030年までに40%、2050年までに70%の削減を目指しており、総排出量は2008年水準と比較して、2050年までに50%の削減を目指している。また、目標達成のためのアプローチの1つとして、燃料転換が挙げられている。具体的には、アンモニアや水素の利用が期待されているが、開発や実用に時間を要すると考えられている。本戦略においては、2035年を目途にアンモニアを利用したタンカーの普及が見込まれている。

このような状況から、カリブ海の中心ハブとしての地位を維持・強化するために、キングストン港は中期的にアンモニアや水素の燃料補給設備を整備する必要があると考えられる。この課題は、キングストン港のインフラ開発の目標、あるいはジャマイカやカリブ諸国のアンモニアや水素製造の目標となり得ると考えられる。

Energy use and projected fuel mix 2018-2050 for the simulated IMO ambitions pathway with main focus on design requirements



出典: DNV, 2019. Energy Transition Outlook

図 4.26 海運業界におけるエネルギー消費量及びフュエルミックス予測

実現に向けた課題や調査のニーズについては、下記の図にまとめている。

水素サプライチェーンの実現にあたっての課題や今後調査すべきポイントは以下の通りである。

課題	<ul style="list-style-type: none"> ・ ジャマイカは再生可能エネルギー発電の増加を計画しているが、エネルギーのニーズ（発電、安定化）と海上運搬部門の需要を満たす程の水素製造を達成する可能性が低い ・ ただし、カリブ海のハブとしての地位を維持するため、国際海上輸送のニーズに合わせてインフラ整備をする必要があり、隣国を含むバリューチェーン構築の可能性はある 	
	現状	今後調査すべきポイント
環境整備	<ul style="list-style-type: none"> ・ グリーン水素・ブルー水素に関する方針が公表されていない ・ 海上運搬やキングストン港の位置づけに関する戦略も更新されていない 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 政府としての優先分野・順位を確認する。明確に定まっていない場合は、支援対象分野となり得る。 ・ 水素の開発促進に向け、既存関連法制度（民間投資制度含む）の内容を調査し、改正が必要な内容を提言する
再生可能エネルギー	<ul style="list-style-type: none"> ・ 再生可能エネルギーが風力と水力を中心に総合出力の12%未満を示している ・ 再生可能エネルギーのポテンシャルが一定程度あるが、中期的にグリーン水素に取り組める可能性が低い 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 再生可能エネルギーのポテンシャルが高い国（ネイビス等）とのバリューチェーン構築の検討
水素関連のインフラストラクチャー	<ul style="list-style-type: none"> ・ 水素製造設備や流通・ストレージ設備は未整備 	<ul style="list-style-type: none"> ・ キングストン港における整備のニーズ調査（ストレージ、アンモニア製造等） ・ それ以外、電力発電等に使う可能性がある場合、流通方法やストレージ方法の検討

出典: JICA 調査団

図 4.27 ジャマイカにおける水素バリューチェーン実現に向けた課題と調査のニーズ

第5章 協力ニーズに関する重点対象国の調査結果

本章は、重点対象国5か国において実施した調査の結果である。

5.1. パラグアイ

5.1.1. ヒアリング対象

重点調査において、以下の組織に対し聞き取りを実施した。

表 5.1 ヒアリング対象リスト (パラグアイ)

機関	聞き取りのポイント
公共事業・通信省(MOPC: Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones)、鉱物・エネルギー副大臣室(次官室)(VMME: Viceministerio de Minas y Energía) (以下、MOPC-VMME)	<ul style="list-style-type: none"> ・水素開発促進に向けた既存関連法制度の内容と改定の必要性 ・再生可能エネルギーポテンシャル ・グリーン水素開発に向けた目標と現状のギャップ分析(供給体制、取引方法、貯蔵システム、送電線計画等) ・ロードマップの状況 ・交通セクターの現況と水素への転用可能性 ・需要家の水素需要見積もり及び投資計画策定 ・他ドナーの動向、政府としての優先順位確認調査 ・水素/アンモニア活用に関する関心 ・必要な資金、技術等 ・必要な協力について
国家電力公社(ANDE: Administración Nacional de Electricidad)	<ul style="list-style-type: none"> ・脱炭素に向けた方針について ・再生可能エネルギーの導入ポテンシャルと導入計画について ・脱炭素、再生可能エネルギー導入に関する課題について ・水素/アンモニア活用に関する関心 ・特に交通セクター、民間セクター等の電化方針 ・電力の輸出/輸入について ・必要な資金、技術等
パラグアイ石油公社(PETROPAR: Petroleos Paraguayos)	<ul style="list-style-type: none"> ・脱炭素に向けた方針について ・脱炭素に向けた行動計画について ・脱炭素における労働力の転換について ・水素/アンモニア活用に関する関心 ・脱炭素に関する課題について ・必要な資金、技術等
IDB パラグアイ事務所	<ul style="list-style-type: none"> ・IDBによる水素関連活動の方針および実績 ・初期分析及び本調査の方針への意見 ・IDBによる協力との重複の可能性 ・JICAとの協調可能性

出典: JICA 調査団

上記の聞き取りに加え、ANDE と水素及びアンモニア製造についての MOU を結んだ外資民間企業や、パラグアイ及びブラジルにおいて主に水力発電関連の科学技術開発を行っており、水素関連の取組も始めている Parque Tecnológico Itaipú についての情報収集を実施した。

5.1.2. ヒアリング及び調査の結果

ヒアリング及び調査の結果は以下の通り。

表 5.2 ヒアリング結果（パラグアイ）

調査内容	調査結果
水素開発促進に向けた既存関連法制度の内容と改定の必要性	<ul style="list-style-type: none"> ・2016年に公布された国家エネルギー政策(Politica Energetica 2016-2040, Derectro 6092)では、エネルギー安全保障の確保、国のエネルギー資源の戦略的活用などのビジョンが掲げられ、再生可能エネルギーについては、2040年までにエネルギーミックスで最大10%の開発を行うとしている。一方で、同政策においては、水素に関する記載はされておらず、水素ロードマップの内容や、2021年7月に更新されたNDC等も踏まえた政策改定が必要。
再生可能エネルギーポテンシャル	<ul style="list-style-type: none"> ・同国の電力セクターにおける再生エネルギー比率はほぼ100%である。一方で現状、水素製造に活用可能な余剰電力については制限があるため、水素バリューチェーンの構築にはさらなる再エネ(水力、太陽光、風力、バイオマス等)開発が必要である。 ・ANDEは、中規模及び小水力の開発を中心に、太陽光等と蓄電池の導入等も含めた再エネ開発を進める計画である。これまでは輸出されていた余剰電力を、水素製造へ転換することも検討する考えである。(ANDE) ・バイオマスについては、GIZが、トウモロコシ、サトウキビ、森林資源等の利用可能性について調査を行っている。 ・PETROPARは、再エネの開発計画等はないものの、サステナビリティの観点から、炭化水素中心の事業体系から、よりグリーンな企業へと徐々に転換を図りたいと考えている。(PETROPAR)
グリーン水素開発に向けた目標と現状のギャップ分析(供給体制、取引方法、貯蔵システム、送電線計画等)	<ul style="list-style-type: none"> ・水素ロードマップにおいて明確な目標値は設定されていない。 ・ANDEが供給した電力を用いて、PETROPAR、及びANDEとMOUを結ぶ外資企業等の民間企業が水素製造を行うことが想定されるが、ANDE自身も水素製造には関心を示している。(MOPC-VMME、ANDE)
ロードマップの状況	<ul style="list-style-type: none"> ・2021年6月に水素ロードマップを発表した。アクション1として、グリーンH2経済の発展のための戦略的ガイドライン、政策、推進および規制の枠組みの構築、制度的および技術的能力の向上を目指すこと。また、アクション2として水素製造プラントのパイロットプロジェクトの実施が挙げられており、需要側としてFC車両の導入も計画されている。(詳細は3.1.3項を参照) ・水素ロードマップの下で計画されている3つのパイロットプラント事業については、資金不足のため進んでいない。(MOPC-VMME)
交通セクターの現況と水素への転用可能性	<ul style="list-style-type: none"> ・同国における化石燃料消費割合の大部分が同分野により占めている。特に長距離輸送(陸上・河川)が、水素活用の主要セクターとしてのポテンシャルが高い。(MOPC-VMME、ANDE) ・水素ロードマップにおいても、交通運輸分野での需要の拡大を促すことが目標とされているが、明確な目標数値等は設定されていない。 ・ANDEは、大型輸送車両に加え、全国に600-700台の軽トラックを所有しており、400km以上の長距離移動・輸送を行っていることから、これらの車両のFC化のポテンシャルがあると考えている。(ANDE)
需要家の水素需要見積もり及び投資計画策定	<ul style="list-style-type: none"> ・水素ロードマップ等において、水素需要の目標値等は定められていない。 ・現時点では投資計画は公開されていない。

調査内容	調査結果
他ドナーの動向、政府としての優先順位確認調査	<ul style="list-style-type: none"> ・IDBにより、水素分野の制度枠組みの構築に係る調査や輸出及びバリューチェーンのポテンシャルについての調査が実施されており、2年以内に、政策及び制度枠組みの構築にかかる技術協力プロジェクトを実施する予定であり、資金調達の検討を行っている。また、パラナ川の気候変動脆弱性と気候変動による水力発電及び経済活動への影響や、交通セクターにおける水素利用ポテンシャルについても調査を行うことを検討している。(IDB) ・国家エネルギー計画の実施については、GIZがウルグアイとの連携による三角協力で支援を実施している。(MOPC-VMME)
水素/アンモニア活用に関する関心	<ul style="list-style-type: none"> ・交通分野が水素活用の主要セクターとされている。また、新たな産業として肥料製造が期待されている。(MOPC-VMME、ANDE) ・乾季に利用するための電力の長期貯蔵に関心が高い。その観点から水素としての貯蔵に関心が高い。(MOPC-VMME)
必要な資金、技術等	<ul style="list-style-type: none"> ・水素ロードマップにおいて計画された3件のパイロットプラント事業は、資金不足により進んでいない。融資ではなく、助成金や補助金が期待される。(MOPC-VMME)
必要な協力について	<ul style="list-style-type: none"> ・制度枠組みの構築 ・水素関連技術の知見共有及び関連技術者の育成 ・水素関連技術の基準構築、グリーン水素認証に係るトレーニング ・民間セクターによる水素分野の発展を促す制度構築支援 (MOPC-VMME、ANDE、PETROPAR)

出典: JICA 調査団

表 5.3 ヒアリング結果のまとめ (パラグアイ)

今後の方針に関する情報・意見	<ul style="list-style-type: none"> ・パラグアイにおいては可能な限り多くのグリーンエネルギーを国内利用することが方針となっており、特に交通セクターと新規産業としての肥料製造におけるグリーン水素・アンモニアの利用に期待が大きい。 ・電力を長期貯蔵し、乾季に利用することに大きな関心がある。この観点から水素としての貯蔵については期待が大きい。
初期分析に関する意見	<ul style="list-style-type: none"> ・MOPC-VMMEに加え、商工省(MIC: Ministerio de Industria y Comercio)も重要な省庁であり、水素市場の形成や、水素の商業化に係る制度については、同省が担当することとなる。 ・ANDEが主に電力の供給を担当し、PETROPARや民間企業が水素製造を行う体制が想定されるが、ANDE自身も水素製造に関心がある。ANDEは外資企業3社とグリーン水素及びアンモニア製造に係るMOUを結んでいる。 ・PETROPARは現時点では、特定の事業を実施していないが、水素の製造、輸送、利用のすべてのバリューチェーン段階での関与に関心を持つ。 ・国内バリューチェーンの優先度が最も高いが、地域、国際バリューチェーンについても関心があり、水素の輸出及び隣国での水素製造のための電力輸出も想定される。
公的セクターのニーズ	<ul style="list-style-type: none"> ・水素ロードマップの実施に係る計画策定及び関連法制度の整備 ・民間セクターによる水素分野の発展を促す制度枠組み構築 ・発電、送電計画や電力融通、及び水素流通・利用にかかる隣国との連携
民間セクターのニーズ	<ul style="list-style-type: none"> ・パイロットプロジェクトの実施 ・水素分野への参入によるインセンティブの付与
キャパシティビルディングの必要性	<ul style="list-style-type: none"> ・水素技術に関する知見共有、関連技術者の育成 ・水素関連技術基準構築、グリーン水素認証
資金協力の必要性	<ul style="list-style-type: none"> ・水素ロードマップで計画されたパイロットプロジェクトへの支援

出典: JICA 調査団

5.2. アルゼンチン

5.2.1. ヒアリング対象

重点調査において、以下の組織に対し聞き取りを実施した。

表 5.4 ヒアリング対象リスト (アルゼンチン)

機関	ヒアリングのポイント
Ministry of economy	政府、公的機関における水素開発ロードマップ 水素開発にかかる法制度、マスタープラン 水素需要の動向 必要な協力ポテンシャル
H2 Argentina Platform	水素開発政策 開発準備状況
Economic and social Committee (Council)	政府による水素開発戦略
Fortescue	大規模水素開発プロジェクト
Enel Group	将来の水素開発戦略 グリーン水素開発

出典: JICA 調査団

5.2.2. ヒアリング及び調査の結果

ヒアリング及び調査の結果は以下の通り。

表 5.5 ヒアリング結果 (アルゼンチン)

調査内容	調査結果
水素開発促進に向けた既存関連法制度の内容と改定の必要性	アルゼンチンは現在、水素戦略を最終化している段階であり、2022年中の発表を想定している。至近年では中央政府による投資プロジェクトは想定していない。 将来的には詳細な規則や規制が必要になると考える。例えば、ブルー水素についてはグリーン水素開発への橋渡しの位置づけになると考えており、今後開発の方向性について検討をする。(アルゼンチン中央政府財務省、H2 Argentina Platform)
再生可能エネルギーポテンシャル	アルゼンチンの最近の再生可能エネルギーの入札プロジェクトによって開発は進んでおり、潜在的な新しい水素プロジェクトに必要なエネルギーの供給源となることが期待される。 さらに、パタゴニア東部の平原の風力や北西部と西部の地域の太陽光など、アルゼンチンの世界クラスの資源により、アルゼンチンは再生可能エネルギーのポテンシャルがあると考える。(H2 Argentina Platformほか)
グリーン水素開発に向けた目標と現状のギャップ分析(供給体制、取引方法、貯蔵システム、送電線計画等)	複数の民間企業主導による開発プロジェクトが開始されたが、将来的には関連するインフラの整備が必要になる。現時点では、そのための具体的な分析や計画は特定されていない。(H2 Argentina Platform)
ロードマップの状況	・2022年2月現在、水素開発のロードマップは公表されていない。中央政府は現在水素製造、水素需要想定、法規・規制ルールなどの調査を行っており、水素ロードマップ・戦略の構築後は具体的なプロジェクトの検討が考えられる。これらの調査は政府では今後1年程度を目途に取りまとめたいとしている。 平行してリオ・ネグロ州などにおいては州政府主体で開発が進められており、中央政府の関与は現時点では深くないとのことであった。また、この中央政府の関与は、州や案件によっても異なるということであった。(財務省、H2 Argentina Platform)
交通セクターの現況と水素への転	運輸部門における水素利用に関しては、水素需要の具体的な

調査内容	調査結果
用可能性	可能性は明らかとなっていない。現在実施中の調査結果をもとに検討を深める予定である。 (アルゼンチン中央政府財務省)
需要家の水素需要見積もり及び投資計画策定	需要予測とそれに対応した投資・供給計画は、現在調査中あるいは今後の検討課題となっている。 (アルゼンチン中央政府財務省)
他ドナーの動向、政府としての優先順位確認調査	ドナーからの支援プログラムは、現在、基本的な調査や協議を行っているところである。しかし、民間主導の開発を契機とし、公的セクターによる水素開発への関与が深まり、開発促進に関与するきっかけとなることが期待される。 (H2Argentina Platform)
水素/アンモニア活用に関する関心	今回のインタビューでは、水素開発に関する政策構築の進展、開発の進捗状況は確認できたものの、国内の需要側の関心については現在調査中ということもあり明確な数字等は示されなかった。 アンモニアについては産業向け利用が中心と想定する一方、日本での発電利用については関心を持っている。 (アルゼンチン中央政府財務省)
必要な資金、技術等	水素製造の開発資金については、中央政府では民間資金を中心に開発が進むものと想定している。他方、パイロットプロジェクトの検討、政府機関での必要な投資については現時点では詳細な検討がなされていない。 水素技術については能力強化のニーズが認識されている。 (アルゼンチン中央政府財務省)
必要な協力について	政府、公的機関が必要とする支援内容としては、次があげられる。 水素技術支援 パイロットプロジェクト検討 炭素回収技術 メタネーション等脱炭素にかかるノウハウ (アルゼンチン中央政府財務省)

出典: JICA 調査団

表 5.6 ヒアリング結果のまとめ (アルゼンチン)

今後の方針に関する情報・意見	水素開発ロードマップ・戦略は開発方針を示すものではあるが、今後の具体的なプロジェクト開発については今後の検討課題である。これは公的セクターにおけるニーズの一つである。
初期分析に関する意見	調査チーム作成の今後の開発の方向性、組織体制については、相手方機関と理解を共通するものであった。
公的セクターのニーズ	既述のように、次の4点となる。 - 水素技術支援 - パイロットプロジェクト検討 - 炭素回収技術 - メタネーション等脱炭素にかかるノウハウ
民間セクターのニーズ	民間セクターが必要とする支援内容については、詳細は確認できなかった。
キャパシティビルディングの必要性	水素技術支援、パイロットプロジェクト検討、炭素回収技術、メタネーション等脱炭素にかかるノウハウなど幅広いニーズが確認された。
資金協力の必要性	パイロットプロジェクト等を立ち上げず際には資金的ニーズが検討されるものと想定する。

出典: JICA 調査団

5.3. コロンビア

5.3.1. ヒアリング対象

重点調査において、以下の組織に対し聞き取りを実施した。

表 5.7 ヒアリング対象リスト (コロンビア)

組織名	ヒアリングのポイント
ANH	<ul style="list-style-type: none"> ・ブルー水素に関する関心 ・ブルー水素に関する課題 ・CCS等に関する関心、課題認識
CREG	<ul style="list-style-type: none"> ・法整備の視点からの水素VC開発に関する課題認識
AES	<ul style="list-style-type: none"> ・グリーン水素に関する関心 ・グリーン水素に関する課題 ・グリーン水素VC開発に向けて意見
ENEL	<ul style="list-style-type: none"> ・グリーン水素に関する関心 ・グリーン水素に関する課題 ・グリーン水素VC開発に向けて意見
ISA	<ul style="list-style-type: none"> ・送電企業としての水素VC開発に関する関心、課題認識
コロンビア石油公社 (Ecopetrol)	<ul style="list-style-type: none"> ・水素全般に関する関心、導入計画 ・導入に向けた課題 ・水素のパイロット事業の内容確認
MINMINAS	<ul style="list-style-type: none"> ・水素VCの構造確認 ・水素VC構築に向けて重要課題、優先課題 ・直近の計画 ・ニーズ確認 ・JICAへの期待

出典: JICA 調査団

5.3.2. ヒアリング及び調査の結果

ヒアリング及び調査の結果は以下の通り。

表 5.8 ヒアリング結果 (コロンビア)

調査内容	調査結果
水素開発促進に向けた既存関連法制度の内容と改定の必要性	<p>コロンビアでは、グレー水素に対する法制度(安全基準等)は存在しているものの、今後ブルー・グリーン水素の導入に伴う製造や活用方法がグレー水素と異なるため、法制度、規定等の見直しは不可欠である。(ANH、コロンビア石油公社)</p> <p>エネルギーの利用の観点から、現時点で水素は危険物として扱われているため、エネルギー利用に伴う規定の改定が必要である。例えば、天然ガスとのブレンド、交通部門における利用等については、法律は未整備である。ブレンドにおいては、統合天然ガス輸送規制(Reglamento Único de Transporte de Gas Natural (RUT))は水素の運搬(ブレンド)を禁止にしているため改定が必要となる。ブレンドに関する改定に必要な調査について、アンデス開発公社(CAF)がケーススタディをまとめる予定であるが、詳細調査などについては、まだサポートが得られていない。(MINMINAS)</p> <p>また、システムの安定化を行うアンシラリーサービスの提供においても、水素の活用がまだ認められていないため検討が必要とされている。(ISA、CREG)</p> <p>なお、エネルギー部門の規制を担当する機関のCREGによると、水素利用に伴う規制改定が現時点では優先事項ではない。(CREG)</p>

調査内容	調査結果
	<p>同様に、ロードマップでは、NFPA、ASME、ANSI、SAE等の先行事例を分析し、今後取り組みを検討すると記載があり、安全基準等の改定が必要とみられているが、現時点では基準改定に向けた検討が進んでいない。(ENEL、MINMINAS)</p> <p>上記以外に、グリーン水素・ブルー水素等の定義やタクソミー、原産地証明書(Guarantee of Origin)制度が未整備であることから、今後定義づける必要がある。原産地証明書制度については、世界銀行が支援を予定している。定義やタクソミーの整理については、支援がまだない状況である。(MINMINAS、ANH、コロンビア石油公社)</p> <p>また、需要拡大措置としては炭素市場の拡大や炭素税・排出権制度の導入等の検討も必要とされている。(MINMINAS、ENEL)</p>
再生可能エネルギーポテンシャル	<p>コロンビアでは、再生可能エネルギーのポテンシャルが高いものの、地域によってポテンシャルが異なる。ラ・グアヒーラ県等、コロンビア北部は風力や太陽光関連のポテンシャルが高く評価されており、風力発電の開発が進んでいる。(MINMINAS、ENEL)</p> <p>しかし、需要の高い地域と必ずしも被っていないこともあるため、水素の製造における方針(オンサイト製造、電力運搬等)に関する検討が必要とされている。(MINMINAS、ENEL)</p>
グリーン水素開発に向けた目標と現状のギャップ分析(供給体制、取引方法、貯蔵システム、送電線計画等)	<p>グレー水素においては、コロンビア石油公社を中心に一定程度の需要が存在するが、主にオンサイトで製造・利用となっている(年間150kt)。グレー水素については利用拡大の目標が存在していない。(ISA、コロンビア石油公社)</p> <p>一方、コロンビア政府がブルー水素・グリーン水素の製造・販売を目標としている。ただし、グリーン水素について製造目標を設けておらず、電解能力のみの目標値を設けている。2030年まで1~3GWの電解能力(グリーン)を展開し、ブルー水素50ktの製造を目指すことにしている。供給目標値に対して、2030年までにバス、運搬の交通セクター(合計2,500~3,500台)と工業セクター(工業セクターが利用する水素の40%を低炭素水素にする)を中心に目標値を設けている。</p> <p>ブルー水素においては、国内プレーヤーによる検討が進んでいるものの、二酸化炭素回収・貯留(CCS)における技術的な能力がまだ不足していると指摘されている。コロンビアは天然ガスや石炭生産国であるため、それら資源を採掘する(した)サイトへの貯留が期待されている。しかし、候補地が適切であるか、技術的に可能か、等については評価がまだなされていない。また、CCSを前提にバリューチェーンを構築した場合、水素製造地を炭素貯留地に近くに設定するか、炭素貯留地への炭素運搬等、方針の検討が必要であるが、現時点では検討が進んでいない。(MINMINAS、ANH、コロンビア石油公社)</p> <p>現時点では製造・取引・運搬方針を定めていない状況である。例えば、電力製造地で水素を製造し、水素を運搬すべきか、電力製造地と異なっても水素における需要が高いエリアで水素を製造すべきか、に関する方針が決まっていない。輸出用の水素製造については、北部で再生可能エネルギー・水素製造・港を通して輸出するというバリューチェーン構成の検討を進めている。北部では再生可能エネルギーのポテンシャルが最も高く、バランキージャ港やカルタヘナ港が整備されているため、今後港に必要な投資について明確にする予定である。ロッテルダム港とMOU締結済みで、今後調査を行う。また、輸出においてGIZが支援を行う予定である。(MINMINAS、ENEL)</p> <p>他方、国内バリューチェーンの構造についてはまだ検討中である。中央部でも再生可能エネルギーのポテンシャルがあるため、整備済みの天然ガスパイプラインを活用する方向で検討進めているが、未確認(ブレンディングの可能性、各種セクターの需要予測等)の内容がまだ多く残っている。そのため、供給体制・送電線拡大等への必要な投資がまだ明確になっていない状況にある。(MINMINAS)</p>
ロードマップの状況	<p>ロードマップは2021年8月に公開された。ロードマップでは供給開発、需給拡大、法整備に必要なアクション・調査が整理されているものの、各種アクションの方針がまだ明確ではない。例えば、上記の製造地やクラスターへのアプローチがまだ定まっていない。</p>

調査内容	調査結果
	また、法整備への具体的な方針がまだない状況にある。現在、次に実施すべきアクションが検討されている。(MINMINAS、CREG)
交通セクターの現況と水素への転用可能性	<p>ロードマップでは、バスやトラックによる水素への転換は2026年から本格的に開始されるとされており、2040年までに工業セクターと同じ水準の需要が見込まれている。2050年には、コロンビア国内の水素需要の64% (1,180kt) を交通セクターが占めると予測されている(一部は飛行機・海上運搬で利用)。2022年に一部の事業者(Promigas等)が交通セクターにおける水素への転用の可能性に関する実証事業を実施する予定である。コロンビア石油公社も交通セクターにおける水素への転用を検討している。(MINMINAS、コロンビア石油公社)</p> <p>他方、電気化等を理由に一部の事業者から交通セクターによる十分な需要を見込めないといわれている。(ENEL)</p>
需要家の水素需要見込み及び投資計画策定	<p>2050年までに、国内の需要は1,850ktと予測されている。その内、交通セクターが64%、工業セクターが34%を占める。具体的な目標値が挙げられていないものの、将来的に化石燃料の輸出入に代わるポテンシャルがあるとして水素の輸出がコロンビア政府に重要視されている。今後需要の詳細化、より正確なモデリングが期待されている。</p> <p>現時点では投資計画が公開されていない。</p>
他ドナーの動向、政府としての優先順位確認調査	<p>他ドナーの動きは下記の通りである：</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水素について、既にドナー調整会議 (IDB、AFD、KFW、Excim、KOICAが参加) が実施されている。 ・IDBが最も積極的に働きかけている。IDBは、ブルー水素は支援しないと主張しているため、短期的にブルー水素を支援できるパートナーが必要である。 ・ロードマップの次のステップとして、詳細調査の実施が必要。IDBがサポートを検討しているが、予算について日本を含む各ドナー国に要請する予定。 ・ロードマップでは、10数個のパイロット事業が特定されており、IDBがその内1~2つ程度をサポートする予定である(プレF/Sを想定) ・法整備・規定整備については、コロンビア政府がAFD・GIZに支援を要請している。ただし、グリーン水素・ブルー水素等の定義やタクソミーに関する調査がカバーされていない。 ・世界銀行が原産地証明書制度を支援を予定 <p>水素バリューチェーンに実現に向けて今後もサポートが不可欠となるが、コロンビア政府としては下記の優先順位事項を挙げている。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・CCS・CCUSに関する調査 ・石炭由来の水素製造に関する調査 ・パイロット事業のプレF/S調査、日本の経験をもとにした知見共有 ・水素ファンドへのファイナンス支援 ・ブレンディングの可能性における詳細調査 ・サブセクターにおける需要予測調査
水素/アンモニア活用に関する関心	<p>コロンビア政府、各種事業者において関心が高い。グレー水素の転用としての活用において、コロンビア石油公社を中心に検討が進んでいる。コロンビア石油公社は、自社利用や交通部門に加え、産業への売り込みを検討している。</p> <p>また、ブルー水素においては、ANHが関心を示しているものの、技術的な知見が限定的である。特に、CCS技術やCCSサイト評価等の技術移転が必要である。(MINMINAS、ANH、コロンビア石油公社)</p>
必要な資金、技術等	<ul style="list-style-type: none"> ・各種パイロット事業の実施に必要な資金 ・CCSに関する知見、技術移転 <p>(MINMINAS、コロンビア石油公社)</p>
必要な協力について	<ul style="list-style-type: none"> ・法整備に関する支援 ・ロードマップ各種調査(インフラ投資、全体的なアプローチ等) ・受給サイドの需要促進支援 <p>(MINMINAS)</p>

出典：JICA 調査団

表 5.9 ヒアリング結果のまとめ（コロンビア）

<p>今後の方針に関する 情報・意見</p>	<p>コロンビア政府が積極的にブルー水素に取り組みたい意向を示している。他方、一部の事業者においては、環境権・資金面等を理由にブルー水素を支援すべきではないと主張し、早めにグリーン水素への転用を望んでいる。 また、コロンビア政府は需要家が交通セクターになると予測しているものの、一部の事業者においては交通セクターのポテンシャルよりは工業セクターや輸出用の製造を優先すべきとの意見がある。</p>
<p>初期分析に関する 意見</p>	<p>現時点では、水素製造地に関する方向性が明確ではないことから、電力と水素製造をセットにするか、それとも送電線を通して製造地で電力を運搬するか決まっていない。そのため、送電会社の役割はまだ明確ではない。同様に、製造後の運搬の必要性については明確ではないため、パイプライン・トラック運搬等が適切か否かはまだ明確ではない。</p>
<p>公的セクターの ニーズ</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ロードマップ実施、詳細調査の実施等への支援（サブセクターへの需要予測） ・ブルー水素製造に向けて、貯蓄可能性（サイトの適切性調査等）の実施 ・他国法整備事例の提示（パイロット実施、ブレンディング） ・水素ファンドへのファイナンス支援 ・法制度整備（原産地証明書制度、タクソミーと定義、ブレンディングなど）
<p>民間セクターの ニーズ</p>	<p>民間セクターは水素に高い関心を有しているものの、供給・受給側で次の課題が挙げられている：</p> <ul style="list-style-type: none"> ・供給側：法整備が必要となる（特に品質基準、ブレンディング等に関する基準等）。 ・供給側：バリューチェーンにおける明確な方針（クラスター型、輸出型、運搬型）が必要である。 ・供給側：需要の促進が必要である。コロンビア石油公社がコロンビアの水素利用・需要の大半を占めていることから、コロンビア石油公社以外での需要促進が必要。現在ではコストがまだ高いことから、今後法制度やインセンティブの整備が必要である。
<p>キャパシティビルディングの 必要性</p>	<p>民間セクターにおいて特段ニーズがないが、公共セクターにおいては下記にニーズが挙げられている：</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ブルー水素製造に向けて、貯蓄可能性（サイトの適切性調査等）の実施 ・他国法整備事例の提示、法整備サポート（例：タクソミー、エネルギー利用・品質基準の見直し等）
<p>資金協力の 必要性</p>	<p>短期的なニーズ： CCS・CCUSに関する調査</p> <ul style="list-style-type: none"> ・パイロット事業のプレF/S調査、日本の経験をもとに知見共有 ・水素ファンドへのファイナンス支援 ・ブレンディングの可能性における詳細調査 ・サブセクターにおける需要予測調査 ・石炭由来の水素製造に関する調査 <p>中長期的なニーズ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・送電線・パイプライン等のインフラ投資 ・港等におけるインフラ投資

出典：JICA 調査団

5.4. コスタリカ

5.4.1. ヒアリング対象

重点調査において、以下の組織に対し聞き取りを実施した。

表 5.10 ヒアリング対象リスト (コスタリカ)

機関	ヒアリングのポイント
環境エネルギー省 (MINAE) 計画局 (SEPSE)	水素分野の計画の準備状況 国営公社の水素分野へのかかわり方について
環境エネルギー省 (MINAE) エネルギー局	エネルギー転換について 再エネの増加計画について
大統領府	地域バリューチェーン形成の際には、外交努力が不可欠のため。ただし大統領府からは、エネルギー局に面談するように紹介を受けたため、面談は行わなかった。
国家道路協議会 (CONAVI)	大型トラックの交通量情報収集
電力公社 (ICE)	再エネ導入計画 再エネコスト低減の計画 水素製造への関心
日系民間企業	水素ステーションの導入を通じた水素需要の創出 必要な支援について
コスタリカ民間企業	水素車両の導入 将来事業 必要な支援について
コスタリカ民間企業	水素ステーション+水素車両の実証について 今後の水素社会の実現に向けた方針について
コスタリカNGO	水素社会の推進に関する国内動向について
IDB	コスタリカにおける水素分野の市場調査や政策形成支援等について
CABEI	地域バリューチェーンや水素関連事業への関心について

出典: JICA 調査団

5.4.2. ヒアリング及び調査の結果

ヒアリング及び調査の結果は以下の通り。

表 5.11 ヒアリング結果 (コスタリカ)

調査内容	調査結果
水素開発促進に向けた既存関連法制度の内容と改定の必要性	これまで様々な検討調査等を実施してきた。それら結果に基づき、グリーン水素の導入促進法や、水素ロードマップを準備中。現政権の期間中の国会承認を目指している (MINAE)。国営企業による水素製造が可能になるように、法改正を準備している (ICE、MINAE)。
再生可能エネルギーポテンシャル	需要のほぼ100%を再生可能エネルギーで満たしており、今後さらに発電を強化する計画に変更する。 水素社会に向けて再生可能エネルギーの導入をさらに進めるため、マスタープランの改定に着手した (電力公社)。 太陽光発電のLCOEについて2030年に2021年の約半額 (47.8→23.9USD/MWh) を想定している (IDB、MINAE)。
グリーン水素開発に向けた目標と現状のギャップ分析 (供給体制、取引方法、貯蔵システム、送電線計画等)	現在水素ロードマップを準備中で、将来の方針や目標値等を検討しているところである (MINAE)。 現状の電力価格では水素製造は難しい。政府の今後の方針を注視している (日コ民間企業)。 現状のエネルギー計画は国内需要には十分であるが、水素を活用する脱炭素社会への移行には不十分であり、より一層の再エネ導入が必要 (ICE)。

調査内容	調査結果
ロードマップの状況	2022年4月までの国会承認を目指して準備中。(MINAE)
交通セクターの現況と水素への転用可能性	GHG排出の多くは交通と産業セクターであり、交通セクターの電化を進めているが、長距離輸送等において水素のポテンシャルがあると考えている(MINAE、電力公社、民間企業、NGO) パンアメリカンハイウェイに一か所トラックの記録を取っている地点がある、2021年の実績で11万台強の大型トラックが通過した。うち5万台強がコスタリカ登録、6万台弱が外国登録である(CONAVI)。 毎日約30便の国際長距離バスが運行されている。最も便数が多い行先はニカラグア(補足デスクスタディ)。
需要家の水素需要見積もり及び投資計画策定	マーケット調査を実施済み(MINAE、IDB) 交通セクターは間違いなく重要だが、産業面での水素活用も重要と考えている(ICE)。 国内需要について水素ロードマップにおいて明らかにする(MINAE)。なお、多くの海外投資家がグリーン水素事業に関しMINAEにアプローチしてきている(MINAE、電力公社)。 マーケット調査の結果から、まず国際バリューチェーンに関心がある。なお2019年にコスタリカ大統領がドイツを訪問した際に、ドイツ側からグリーン水素の購入を行いたい旨の発言があったこともある。(MINAE)。
他ドナーの動向、政府としての優先順位確認調査	IDBが積極的に支援している。(IDB、MINAE) コスタリカとアメリカの協力に関するNPOも活動している。(MINAE、NPO) GIZはどちらかという交通の電化を支援しているが、NAMA Facilityの枠組みで、GIZがIFCの資金も活用し水素セクターでコスタリカの民間企業の支援を行う「グリーン水素プロジェクト」も予定している。活動の詳細は今後決まる(MINAE、日コ民間企業) ⁴⁵ 関心は持って注視しているが具体案件はまだない。(CABEI)
水素/アンモニア活用に関する関心	火力発電の廃止、交通セクター及び産業セクターの脱炭素化のために活用したい。また地域、国際バリューチェーンでの販売可能性も検討中(MINAE、ICE、日コ民間企業) 近隣国ではガスパイプライン建設の話もあり、そちらへの関心が高い(CABEI)。
必要な資金、技術等	安全な水素活用技術、既存車両の転換に係る支援、大型の水素製造設備の導入に係る技術(MINAE、ICE、CABEI、NPO、日コ民間企業)
必要な協力について	安全や基準などの制度づくり、実際の水素事業形成に関する支援(MINAE、ICE、NPO、日コ民間企業) JICAなど、水素分野で経験がある国の機関と連携していきたい(CABEI)。

出典:JICA 調査団

⁴⁵ <https://www.nama-facility.org/projects/costa-rica-green-hydrogen/> (2022年1月アクセス)

表 5.12 ヒアリング結果のまとめ（コスタリカ）

<p>今後の方針に関する 情報・意見</p>	<p>コスタリカ政府は世界でも有数の脱炭素を達成してきた国として、グリーン水素への関心が急速に高まっており、現政権下で方針を打ち出すことを進めている。コスタリカ政府はまず国内需要に応えたい一方で、国際需要にも応じていきたいと考えている。一方で、協議を通じて、もともと持っていた地域需要への関心も高まった。 民間セクターは水素需要をいかに増加させるかが水素関連インフラへの民間投資を決定する条件と考えている。国内バリューチェーン以外では、地域バリューチェーンでの水素活用（パンアメリカンハイウェイ沿いでの水素ステーション整備）に関心がある。</p>
<p>初期分析に関する 意見</p>	<p>MINAE、ICEから良く理解できているという評価を受けたが、規制を作る部分でのARESEPの役割が、水素を公的に管理すべきもの（電力など）と枠組みでとらえるか、民間で管理しても良いものにとらえられるかで今後限定的になる可能性、また水素製造ではRECOPEよりもまずICEへの期待が高いとの指摘を受けた。国内需要が最も重要であり、地域需要も重要と考えるが国際バリューチェーンも検討しているとのコメントがあった。</p>
<p>公的セクターの ニーズ</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・今後決定されるロードマップに応じた実施、詳細調査の実施等への支援 ・今後決定されるICEやRECOPEの法制度改正を踏まえた実施支援 ・他国法整備事例（水素ステーションやFCVの安全性の確保など）の提示 ・産業セクターの脱炭素の具体プロジェクトの実施
<p>民間セクターの ニーズ</p>	<p>民間セクターは水素に高い関心を有している。なお、ロードマップの完成や様々な対策が進んだ段階で、コスタリカ資本だけでなく、海外資本の参入が期待されている。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水素ステーションの展開に関する支援策（電力料金優遇、補助金、規制導入など） ・車両の転換に関する補助、技術など ・産業セクターの脱炭素の具体プロジェクトの実施
<p>キャパシティビルディングの 必要性</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・他国法整備事例の提示、法整備サポート
<p>資金協力の 必要性</p>	<p>短期的なニーズ：</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水素製造、利用事業への支援（特にICE関連） ・水素ステーション整備 ・車両の転換に関する融資資金等 ・再エネ導入 <p>中長期的なニーズ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・送電線等のインフラ投資 ・港等における水素取り扱いインフラの導入 ・国際金融機関との連携

出典：JICA 調査団

5.5. ジャマイカ

5.5.1. ヒアリング対象

重点調査において、以下の組織に対し聞き取りを実施した。

表 5.13 ヒアリング対象リスト (ジャマイカ)

機関	聞き取りのポイント
エネルギー・科学技術省 (MSET)	水素分野の計画に関する準備状況 水素活用の優先分野 海運セクターにおける水素活用についての考え
Jamaica Public Services Company (JPS)	エネルギー分野における水素転換の活用可能性について
University of Technology	これまでの水素分野の取組について 将来実施に関心のある活動や関心のある技術について
日系民間企業	港湾における水素活用への関心、水素の水素ステーションの導入を通じた水素需要の創出に関心があるため。
New Fortless	水素事業について: 聞き取りは出来なかったためインターネットによる調査を追加的に実施した。
IDB	ジャマイカにおける水素分野、エネルギー分野支援の方向性について
JICA調査団(ジャマイカ経済特区開発可能性基礎調査)	SEZ開発における水素ポテンシャルの確認について
JICA調査団(カリコム調査)	再生可能エネルギーの可能性について

出典: JICA 調査団

5.5.2. ヒアリング及び調査の結果

ヒアリング及び調査の結果は以下の通り。

表 5.14 ヒアリング結果 (ジャマイカ)

調査内容	調査結果
水素開発促進に向けた既存関連法制度の内容と改定の必要性	<ul style="list-style-type: none"> 現時点で省内の検討は行われており、水素に関する方針の明確化が必要と理解されているが、明文化された文書はまだ存在しない。(MSET) 統合資源計画 (IRP) は、2022年に改訂予定。今回の改定で、水素について言及される可能性もある。また、統合資源レジリエンス計画 (IRRP) も準備される。(デスクスタディ)
再生可能エネルギーポテンシャル	<ul style="list-style-type: none"> 洋上風力発電のポテンシャル調査がUSAIDの支援を受けて進められており、同結果に期待している。(MSET) かつて地熱ポテンシャルの調査を行ったが、ジャマイカのポテンシャルは大きくなかった。(MSET) 陸上風力のポテンシャルはあるが、風況が良い場所が限られているので、風車が同じ風況に集中することで変動が大きくなることが想定される(カリコム調査) MSETへのヒアリングによれば、今は使われていないさとうきび畑など、土地はあるため、太陽光を増やしていく可能性はある。(SEZ) 廃棄物発電も調査対象となりうる。(IDB)
グリーン水素開発に向けた目標と現状のギャップ分析(供給体制、取引方法、貯蔵システム、送電線計画等)	<ul style="list-style-type: none"> 水素製造や利活用に関心は持っているが、JPSは安価に発電することが法律で決められていることから、自由に出来ない部分がある。(JPS) グリーン水素は輸入よりも国内で製造したいと考えている。(MSET) 港湾における水素、アンモニア供給設備の整備が必要で

調査内容	調査結果
	ある。(MSET、日系民間企業) ・ 石油やガス産業はエネルギー転換のための投資を行っている。(IDB) ・ グリーン水素製造は、地熱の余剰電力や風力発電の可能性も考えられる。(IDB)
ロードマップの状況	・ 現状、政府内での関心は高いものの、公表されている文書等における水素への言及は一般的な内容にとどまっており、ロードマップの準備も始まっていない。(MSET)
交通セクターの現況と水素への転用可能性	・ 政府としては公共交通における水素導入を優先したいと考えている。(MSET) ・ 貨物鉄道等に活用する可能性もある。(SEZ調査) ・ 港湾の水素化は重要である。(MSET、JPS、UTECH、日系民間企業) ・ 日系企業は既に欧米の港湾での水素実証を進めており、今後ジャマイカでも船や港湾の水素化が行われる可能性が考えられる。(日系民間企業) ・ Inverness SEZの現場は、キングストン港から30～45分離れた場所に位置しており、貨物輸送(トラック、鉄道)の水素化の可能性は十分考えられる。(SEZ調査団)
需要家の水素需要見積もり及び投資計画策定	・ 現時点で明確な見積もりや計画はない。(MSET、UTECH、JPS)
他ドナーの動向、政府としての優先順位確認調査	・ 現在水素に関し協力を表明しているドナーは存在しない。IDBが水素の国際セミナーへの渡航費用を支援してくれた程度である。(MSET) ・ UTECHはバーミンガム大学と水素を利用したレトロフィット技術に関する連携をこれから開始する。(UTECH) ・ UTECHは、アンモニアのパイロットプラント事業についても着手の予定がある。(UTECH) ・ EUと、調理における家庭用水素ガスの実証を実施済み。(UTECH) ・ IDBは今後、電動バスやFCバスを組み合わせる可能性調査を実施し、モンテゴベイ地域でケーススタディを行うことを計画中。(IDB) ・ 2022年4月にカリブ地域における再エネフォーラムがマイアミで開催予定であり、IDBは、カリブ地域における水素可能性評価を実施予定。(IDB)
水素/アンモニア活用に関する関心	・ 必要と考えている。(MSET、UTECH) ・ コストの面が課題ではあるものの、重要であると考えている。(JPS、日系民間企業)
必要な資金、技術等	・ 資金、技術ともに現状ジャマイカに不足しており、他国からの支援が必要と考えている。(MSET、JPS、UTECH) ・ 他国で港湾における水素利活用を実証しており、ジャマイカにおいても応用可能と考えている。(日系民間企業)
必要な協力について	・ 水素に関する研修はまず必要(MSET、UTECH) ・ 研究や人材育成等、JICAとの連携に関心あり。(UTECH) ・ グリーン水素の可能性について、中央政府に積極的に訴えていく事が必要。(JPS、日系民間企業)
国際海運に関する脱炭素の動きについて(デスクスタディ)	・ 2018年4月に、国際海事機関(IMO)がGHG削減戦略を採択した。これにより、国際海運全体での GHG 削減目標として、①2030年までに効率40%以上改善、②2050年までに総排出量50%以上削減、③今世紀中なるべく早期に排出ゼロを目指す、が合意されたこととなった ⁴⁶ 。 ・ ジャマイカが2018年に提出した第3回国別報告書によれ

⁴⁶ 「IMO GHG 削減戦略への対応に関する調査研究」 <https://www.mlit.go.jp/common/001302988.pdf>

調査内容	調査結果
	ば、最新のデータである2012年のInternational Marineについて626.45Gtの温室効果ガスを排出しており、これは国全体の排出量に対して1割を超える量である。

出典: JICA 調査団

表 5.15 ヒアリング結果のまとめ (ジャマイカ)

調査内容	調査結果
今後の方針に関する情報・意見	<ul style="list-style-type: none"> 水素の位置付けを明確化し、水素戦略を準備することがまず必要。
初期分析に関する意見	<ul style="list-style-type: none"> 全体として間違っている点等はなかった。 再エネの導入ポテンシャルは存在するが、陸上風力資源については一か所に集中しており、大量導入の際には留意が必要。 水素製造はJPSも可能であり、他にも民間セクターが中心になって実施すると想定する。 最終的には土地に限られる陸上のみならず、洋上風力など、海洋域からの再生可能エネルギーが重要になると考えている。
公的セクターのニーズ	<ul style="list-style-type: none"> 水素戦略の準備や実証活動を通じ、水素の活用方法について理解したい。 職員やスタッフのトレーニングニーズがある
民間セクターのニーズ	<ul style="list-style-type: none"> 水素関連インフラの整備には費用が大きくかかるため、FS調査や事業実施に際しての支援が必要。特に水素技術の費用が高く経済性が出ない初期段階での支援が有効。
キャパシティビルディングの必要性	<ul style="list-style-type: none"> 一般的な水素に関する基礎的な研修がまず必要。 大学との連携を通じて、研究レベルでの協力も重要。
資金協力の必要性	<ul style="list-style-type: none"> 先方政府のニーズである公共交通における水素活用を進めるためには、再エネ発電の増強、水素製造設備の導入、FCバスやFC鉄道車両の導入が必要になる。これらに対する資金協力が必要となる。 また港湾設備においてグリーン燃料を供給できるように整備することが肝要であり、水素、アンモニアの製造、保管等における資金協力ニーズがある。

出典: JICA 調査団

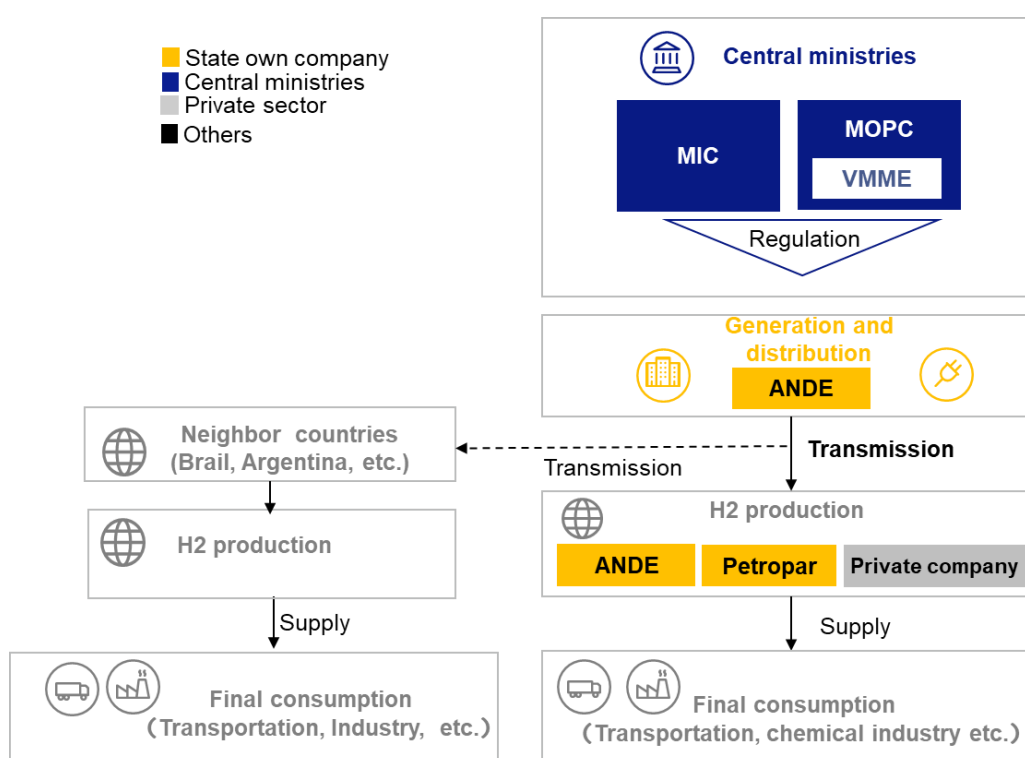
第6章 提言

本章では、重点対象国 5 か国で実施した詳細調査の結果を踏まえ、各国のバリューチェーン構築の現状と課題を整理し、水素導入に係る政策提言（案）、公的部門による関連プロジェクト案および民間部門との分担、日本が提供し得る協力案を提言する。

6.1. パラグアイ

6.1.1. 水素バリューチェーン構築の現状と課題

詳細調査の結果を反映した水素バリューチェーンの概要は以下の通りである。



出典: JICA 調査団

図 6.1 詳細調査の結果を反映した水素バリューチェーン（パラグアイ）

国内バリューチェーン：パラグアイの電力セクターにおける再生エネルギー比率はほぼ 100% である。一方 2001 年以降、電力需要が年平均 15.8% で急増しており、これに対し ANDE は発電・送電マスタープランにおいて水力、太陽光、風力等の増強により 2030 年までに合計発電容量を現状の約 8,810MW から 2030 年までに約 11,541MW まで拡大する計画を発表している⁴⁷。現時点では、国内の再エネ電力をまず可能な限り国内利用する方針であり、水素については、十分な再エネ電力供給確保の目途を立てながら活用を進めることになる。

⁴⁷ ANDE. 2016. “Plan Maestro de Generación y Transmisión (2016-2025).” https://www.ande.gov.py/plan_maestro.php.

なお水素の活用に関して、現在化石燃料の消費の大部分を占める交通セクターでの水素利用、及び新たな国内産業としての肥料製造に係るアンモニア利用のポテンシャルが大きく、乾季における水力発電の減少に備えるための電力の長期貯蔵への関心も高い。

地域バリューチェーン：既存送電網により、水素製造のための電力輸出が可能であることから、隣国（主にアルゼンチン、ブラジル）の脱炭素化に貢献できるポテンシャルがある。一方で、現状では、水素製造に活用可能な余剰電力については制限があり、また可能な限りグリーンなエネルギーを国内利用する方針であるため、地域バリューチェーンの優先度は高くない。地域バリューチェーンの構築にはさらなる再エネ（水力、太陽光、風力、バイオマス等）開発が必須であるとともに、電力輸出計画やそれに係る隣国との調整が必要であると考えられる。

国際バリューチェーン：地域バリューチェーン同様の理由により、優先度は高くない。

バリューチェーンの段階ごとの状況は以下の通りである。

製造段階：現状、水素製造に活用可能な余剰電力については制限があり、また電力需要も増加している中で、水素バリューチェーンの構築にはさらなる再エネ開発が必須である。ANDE は、中規模及び小規模水力のさらなる開発、及び太陽光事業の開発等を計画する一方で、水素及びアンモニア製造に係り外資企業3社とMOUを結んでいる。なお、ANDEが電力の供給を行い、これらの外資企業やPETROPAR等が水素製造を行う体制が想定されるが、ANDE自身も水素製造に関心を示している。

輸送段階：国内及び地域バリューチェーンにおける水素輸送は、電力で送り、分散型で水素製造を行うことで最小化できると考えられる。国内で唯一燃料の輸入・配給を行ってきたPETROPARが、水素輸送・貯蔵において中心となることが期待されている。

消費段階：交通セクターの脱炭素化のための水素利用に期待が大きい。そのため今後の需要に応じて水素ステーション等のインフラ設備の開発が求められる。また、国内における新たな産業開発として肥料製造への期待が大きい。

上記を踏まえた課題は以下の通りである。

政策面の課題：水素ロードマップが2021年に発表されており、同ロードマップにおいて、グリーン水素経済の発展のための戦略的ガイドライン、政策、推進および規制の枠組みの構築、制度的および技術的能力の向上を目指すことが示されるとともに、水素製造プラントのパイロットプロジェクトの実施が計画されている一方で、供給・需要目標等が明確に設定されているわけではない。同ロードマップを基に、今後より明確な水素社会形成に向けた戦略の構築や、実施に係る法制度・政策の整備が求められる。

現状水素製造のための余剰電力は十分でないことから、再生可能エネルギーの拡大が必要であるとともに、地域バリューチェーン構築を見越した、送電計画や電力融通にかかる協調、水素利用にかかる政策協調等の隣国との連携も今後必要とされる。

制度面の課題：民間投資を導入し大規模に再生可能エネルギー開発を進められるようにする法制度の検討が求められるとともに、民間企業の水素分野への参入を促進する制度枠組みの構築が必要である。

技術面の課題：現状、水素製造プラントの導入については、パイロットプロジェクトが計画されているのみである。今後の導入に向けて、供給、需要の両面における水素関連技術の知見や技術者の育成が必要であるとともに、技術基準や安全規制等の構築も必要とされる。

資金面の課題：水素ロードマップ制定により開始された水素製造に係るパイロット事業3件が、すでに資金不足により進んでいないことが判明している。また、需要側として、FC車両の導入等は現状民間企業による投資のみが想定されている。

6.1.2. 水素導入に係る政策提言（案）

制度に関するニーズと提案、ポテンシャル等の調査ニーズと提案、具体案件の実施に係るニーズと提案、キャパシティビルディングに関するニーズと提案の4つの提案に分類して整理した。

表 6.1 パラグアイにおける政策提言案

項目	内容
種別	制度に関するニーズと提案/キャパシティビルディング・資金協力に関するニーズと提案
提言内容	水素ロードマップの実施に係る計画策定及び関連法制度の整備
背景	パラグアイにおいては、2021年6月に水素ロードマップが発表されたばかりであり、その実施に係る計画策定や、関連法制度の整備等の制度枠組みの構築が必要であるとともに、推進のための体制構築及びキャパシティビルディングが求められる。
先行事例	IDBがグリーン水素の商業化に係る制度枠組みに関する調査を実施。
実施者	公共事業・通信省(MOPC)、商工省(MIC)、環境・持続的開発省(MADES)、ANDE
民間参入の可能性等	民間セクターは、規制・基準の整備に対する助言を行う。

項目	内容
種別	具体案件の実施に係るニーズと提案
提言内容	再生可能エネルギープロジェクトの拡大促進のための制度構築
背景	同国の電力セクターにおける再生エネルギー比率はほぼ100%である。一方で現状、水素製造に活用可能な余剰電力については制限があるため、水素バリューチェーンの構築にはさらなる再エネ(水力、太陽光、風力、バイオマス等)開発が必要である。
先行事例	GIZが、バイオマス資源(トウモロコシ、サトウキビ、森林資源等)の利用可能性について調査を実施。
実施者	公共事業・通信省(MOPC)、ANDE
民間参入の可能性等	民間参入の可能性は低い。

項目	内容
種別	ポテンシャル等の調査ニーズと提案/キャパシティビルディング・資金協力に関するニーズと提案
提言内容	水素製造パイロットプロジェクトの実施及び商業化に向けた実行可能性調査の実施
背景	水素ロードマップにおいてグリーン水素製造設備のパイロットプロジェクトを実施し、実行可能性の実証を行うことの必要性が示されている。
先行事例	特になし。

実施者	公共事業・通信省(MOPC)、ANDE
民間参入の可能性等	需要側(FC車両導入等)での民間参入の期待が高い。

項目	内容
種別	ポテンシャル等の調査ニーズと提案
提言内容	交通分野における水素適用ポテンシャルの調査及び調査結果に基づく政策および計画の策定
背景	パラグアイにおける化石燃料消費の大部分が交通分野に占められることから、水素ロードマップにおいても交通分野での水素利用を推進する必要性が示されている。なお、陸上交通に加え、河川船舶による運輸も水素適用ポテンシャルが大きい。
先行事例	特になし
実施者	公共事業・通信省(MOPC)、商工省(MIC)、
民間参入の可能性等	公共交通機関、運送会社等への計画策定や、インセンティブ検討に係る情報提供依頼やヒアリング等。

項目	内容
種別	制度に関するニーズと提案/ポテンシャル等の調査ニーズと提案
提言内容	発電、送電計画や電力融通、及び水素流通・利用にかかる隣国との連携
背景	パラグアイはブラジル、アルゼンチンとの間で、電力の輸出入を行っている。国内及び地域での水素バリューチェーンの構築を進める上で、隣国との発電、送電、電力融通及び水素利用計画に係る調整・連携を図ることが必要である。
先行事例	特になし
実施者	公共事業・通信省(MOPC)、ANDE、2国間エネルギー推進公団、地域エネルギー統合委員会、南米地域インフラ統合イニシアティブ
民間参入の可能性等	民間参入の可能性は低い。

出典:JICA 調査団

6.1.3. 公的部門による関連プロジェクト案および民間部門との分担

パラグアイの水素バリューチェーン構築においては、主に公的セクターが主導するものの、官民の連携が必須であると考えられ、特に MOPC による制度枠組みの構築、MIC による商業化や民間セクターによる水素分野への参入に向けた制度構築等においては、ANDE、PETROPAR などの国営企業のみならず、民間セクターによる助言が必要である。また、パイロットプロジェクトの実施、拡大においても、民間セクターの参入に期待がかかる。

なお、ANDE と Parque Tecnológico Itaipú はそれぞれ個別に、ATOME Energy 社（英国）とのグリーン水素及びアンモニア製造にかかる MOU を締結しており、同社の 2024 年までに 50MW 規模の生産を開始し、その後 250MW 規模まで拡大する計画に対し ANDE は電力供給、Parque Tecnológico Itaipú は水の供給及び土地の提供において協力する。加えて、ANDE は Fortescue（豪国）と、グリーン水素及びアンモニア製造プラントの導入に係る FS の実施についての文書を交わすとともに、カナダの Neogreen Hydrogen Corporation（加国）とグリーン水素の商業生産に向けた協力同意書を交わしている。

6.1.4. 日本が提供し得る協力案

ロングリスト案として、政策提言の中で、日本の知見、経験を活かした協力をし得る内容を以下の通り整理した。

表 6.2 日本が提供し得る協力案（パラグアイ）

項目	内容
種別	ポテンシャル等の調査ニーズと提案
案件名	パラグアイにおける水素ロードマップ実施に向けた調査
協力スキーム	技術協力、南南協力(チリ)
背景	パラグアイでは水素ロードマップが公開され、同国における水素経済の発展に向けた取り組みが整理されているとともにパイロットプロジェクトの計画が示されている。しかし、具体的なステップが明記されておらず、また、パイロットプロジェクトも資金不足により進んでいない状況にある。(3.1.2、5.1.2参照)
先行事例	ドイツ政府がチリ、コスタリカ、コロンビア等に対し、水素ロードマップや水素戦略の構築や実施に係る支援を実施している。また、チリはコロンビアにおける水素戦略の策定及び実施を支援している。
活動内容	1. 再生可能エネルギーの拡大、交通セクターにおける需要拡大を想定したグリーン水素開発ポテンシャルの評価。 2. コスト・需要の見通し、インフラ開発の実現性の検討 3. パイロット事業の技術的、経済的な実行可能性の再検討 4. パイロット事業の実施に係る財政的支援の検討
実施者	MOPC-VMME
民間参入の可能性等	民間セクターが実際の調査を実施する。

項目	内容
種別	制度に関するニーズと提案/キャパシティビルディングに関するニーズと提案
案件名	日本の水素関連技術等に関する本邦研修(オンライン含む)
協力スキーム	本邦研修
背景	MOPC-VMME、ANDE、PETROPARは、今後の水素社会形成に向けた制度構築、事業開発にむけて、水素関連技術についての知見を学んだうえで、パラグアイに合った技術導入を進めたい考えがあり、また、関連技術者の育成についても関心が高い。水素ロードマップにおいても、関連技術者の育成や研究開発の重要性が示されているものの、未だ具体的な方策については示されていない。(3.1.2、5.1.2参照)
先行事例	日本の水素関連技術の導入・実証事例、設計基準、既存車両の水素車両への改造の知見、貯蔵や輸送等
活動内容	1. 日本の水素関連技術に関する情報提供 2. 既存の車体や船体を利用した燃料電池動力化技術の提供 3. 研究開発拠点の構築に関する情報提供
実施者	MOPC-VMME、ANDE、PETROPAR
民間参入の可能性等	・産業技術総合研究所 福島再生可能エネルギー研究所、山梨県や福岡県などの自治体の取り組みなどを中心に紹介することになるため、そこで活躍する民間企業の参入機会に繋がる可能性がある。 ・燃料電池動力化について、日本の開発技術を持つ企業の海外展開に繋がり得る。

項目	内容
種別	制度に関するニーズと提案/ポテンシャル等の調査ニーズと提案
案件名	交通セクターを中心とした水素市場形成に向けた計画策定支援事業
協力スキーム	技術協力
背景	パラグアイにおける化石燃料消費の大部分が交通分野に占められることから(3.1.1参照)、水素ロードマップにおいても交通分野での水素利用を推進していくことが記載されている一方で、需要拡大に係る目標値等は設定されていない(5.1.2参照)。また、需要の拡大においては、交通セクターにおける民間企業の同分野への参入を促進する制度枠組みが必要とされる(5.1.2参照)。
先行事例	特になし
活動内容	1. 交通セクターにおける水素需要ポテンシャル調査 2. 水素供給及び需要計画の検討及び目標値の設定 3. 計画及び目標値の達成に向けた方策の検討(交通セクターにおける民間企業の水素分野への参入のためのインセンティブ等の検討等)
実施者	MOPC、MIC
民間参入の可能性等	公共交通機関、運送会社等への計画策定や、インセンティブ検討に係る情報提供依頼やヒアリング等。

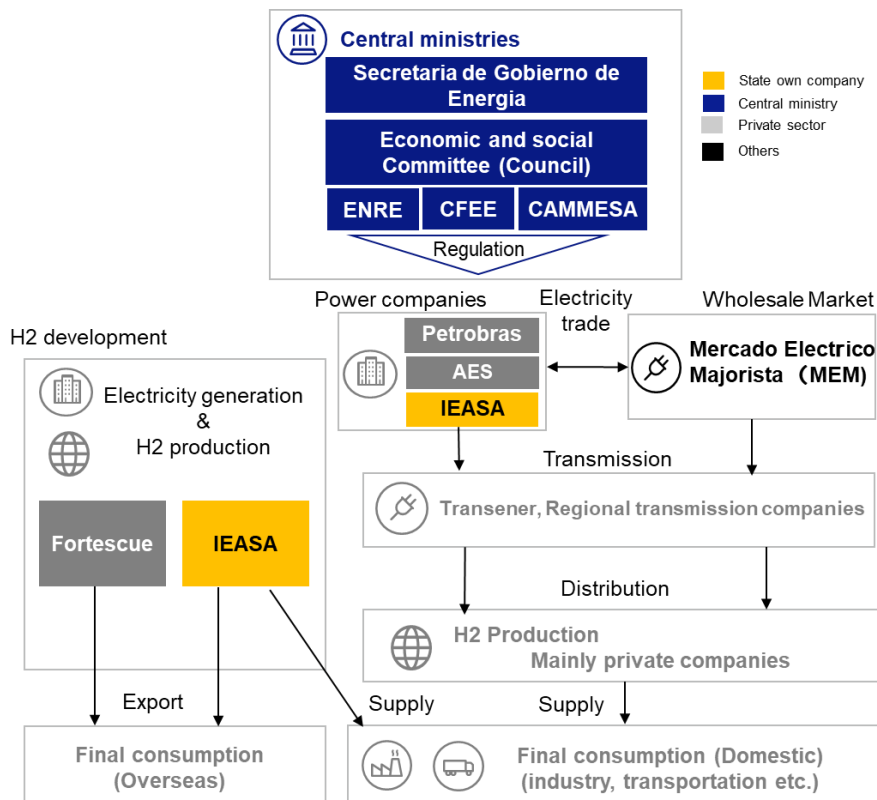
項目	内容
種別	具体案件の実施に係るニーズと提案
案件名	水素車両・船舶および関連インフラ導入事業
協力スキーム	海外投融资、円借款、NEDO実証
背景	パラグアイにおいては、陸路・河川交通における脱炭素化への関心が高く、また水素ロードマップにおいては、持続可能な経済及び産業構築に資する輸送ルートおよびハブ構築を目指す旨が記載がされているが、現時点で明確な方策は定められておらず、またロードマップにおいて計画されたパイロットプラントの設置及びFC車両導入についても資金不足等により進んでいない状況である。(3.1.2、5.1.2参照)
先行事例	日本政府などが、水素ステーションの整備計画を進めている。カリフォルニアでは日系商社が水素ステーションの整備を行うとともに、自動車メーカーがFCトラックの実証走行を行っている。
活動内容	1. 持続可能な経済及び産業構築に資する輸送ルート、ハブ構築を念頭にいた水素ステーションの整備 2. 車両・船舶の化石燃料から水素燃料への転換を行うとともに、継続して車両の燃料転換が進むような仕組みづくりを行う。
実施者	MOPC
民間参入の可能性等	水素ステーションの整備や、水素車両、船舶の導入に関心のある企業の参入可能性がある。

出典: JICA 調査団

6.2. アルゼンチン

6.2.1. 水素バリューチェーン構築の現状と課題

詳細調査の結果を反映した水素バリューチェーンの概要は以下の通りである。



出典: JICA 調査団

図 6.2 詳細調査の結果を反映した水素バリューチェーン (アルゼンチン)

国内バリューチェーン：政府は国内での水素利活用を進めていきたいとの考えであるが、大型の投資が発表されたこともあり、水素事業開発については民間プロジェクトの形で先行している。国内での開発戦略、需要供給シナリオ、支援政策など詳細な実施施策については現在調査中であり、同結果をもって検討されるため、詳細が公表されるまでに1年程度の時間を要する見込みである。しかしながら、水素の活用に関して、現在化石燃料の消費の大部分を占める交通セクターでの水素利用、及び産業利用としての可能性が指摘される。これらのニーズに対応するためにも、今後国内バリューチェーン構築に向けた取組み検討が進捗するものと想定される。

地域バリューチェーン：既存送電網により、水素製造のための電力輸出が可能であること、またガスパイプラインの存在から、隣国の脱炭素化に貢献できるポテンシャルがある。一方で、現状では、地域バリューチェーン構築のための検討が進んでおらず、まずは国内需要への対応の優先順位が高いと考えられる。地域バリューチェーンの構築にはさらなる再エネ（太陽光、風力、バイオマス等）開発が必須であるとともに、電力輸出計画やそれに係る隣国との調整が必要であると考えられる。なお、現在は天然ガス（シェールガス）のパイプライン輸送が検討されているものの、将来の水素への転換を見越したインフラ整備をしておくことで、エネルギーの移行、脱炭素化に繋がることを期待できる。

国際バリューチェーン：地域バリューチェーン同様の理由により、優先度は高くない。他方、Fortescue に代表される民間投資事業について、民間企業と州政府の間で検討が進められている。同事業は輸出を主目的とする設備であり国内へのエネルギー供給設備ではないため、中央政府としては直接関与するものではないという立場である。しかしながら国内再生可能エネルギー資源を利用するものであるため、広義においては国内のエネルギー開発全体に与える影響はある。中央政府としては今後エネルギー政策全体を俯瞰した政策構築が求められるものとする。

バリューチェーンの段階ごとの状況は以下の通りである。

製造段階：現状、PATAGONIA における風力を利用した小規模な水素製造プラントがあるのみであり、今後の水素需要に対応するための製造設備の整備が望まれる。2021 年、オーストラリア Fortescue 社主導による水素投資事業のイニシアティブが立ち上がり、輸出を中心とした水素開発の検討が進んでいる。

中央政府としては、上記民間プロジェクトにかかる関与はほとんどないとのことであるが、国内バリューチェーンを想定した水素製造を進めたいとの考えなので、現在進められている水素戦略やロードマップの策定に加え、再生可能エネルギーが現状の電力供給の約 1 割程度しか占めていない現実を改善していく必要がある。

なお、化石燃料資源があることから、ブルー水素（CCS、CCUS で CO₂ を吸収固定）やターコイズ水素（炭素をカーボンブラックやカーボンナノチューブとして固定）の製造も可能である。

輸送段階：再生可能エネルギー利用拡大のための送電線開発の重要性が指摘されている。水素輸送については、再生可能エネルギーを送電網を通じて送電し、水素製造を行うモデル、またガスパイプラインの利活用が考えられる。特に天然ガス（シェールガス）からブルー水素やターコイズ水素を製造することと現状のガスインフラを改善、転用し水素輸送に活用することができれば、経済性が高まることが期待される。なお水素輸送・貯蔵においては製造プラント、需要地のマッピングをベースに輸送設備の最適化を今後検討することが想定される。

消費段階：現行の水素開発プロジェクトは輸出を中心に検討が進められている一方、国内においては、産業、交通セクターなどでの脱炭素化を含めた水素需要の拡大が期待されている。現在水素法の改訂ならびに関連法制度の整備の検討が進んでおり、需要対応ならびに水素利用拡大のための技術基準、規制ルールの整備が望まれる。さらに、水素利用のための水素ステーション等のインフラ設備の開発、利用拡大のためのインセンティブなど政府が検討すべき事項が指摘される。

上記を踏まえた課題は以下の通りである。

政策面の課題：水素に関する法改訂、戦略の策定や関連規制ルールの検討が進んでいる。これらが完成次第、関連する税制、インセンティブ、技術基準などの法制度整備が今後の課題となることが想定される。これらの政策面での十分な準備ができていない段階で、現行の民間投資計画が立ち上がった印象があり、民間投資を促進させる意味でも政策制度面での検討の加速が求められる。

開発、利用拡大に向けた定量的目標の設定、それに基づいた詳細なアクションプランなどについても今後の検討課題であるとする。ブルー水素についても他国での開発状況も踏まえて検討することが考えられる。再生可能エネルギー開発についても政策目標が掲げられ、政策実施が行

われているが、水素開発ロードマップとリンクしたものではなく、今後水素開発ニーズを踏まえた開発の見直しが必要と考える。さらに、隣国との開発連携についても今後ニーズが高まると考えられる。

制度面の課題：民間投資計画を円滑に促進させるためには、公的機関側の制度面での支援、プロジェクトの規制、技術指導、管理が不可欠である。今後、水素開発、利用に対して十分な制度面での準備を進める必要がある。

技術面の課題：製造、輸送、利用などの段階での技術的対応、規制、評価などの点で今後政府側が取り組むべき課題が多い。これらについては国際基準や他国のプラクティス、先行事例から学ぶ点が多い一方、アルゼンチン国内での水素開発実施に当たっては、州政府との連携が重要になると考えられ、中央政府の政策立案支援に加えて、実施主体である民間企業、州政府、関連機関を巻き込んだ取り組みを検討するなど個別の対応枠組みが求められる。現在政府、関連機関にて検討されているものの、外部からの支援は有効であると考えられる。

資金面の課題：現在進捗中の Fortescue 社による民間主導投資プロジェクトは 84 億ドルの投資金額が発表されている。それ以外については未定であり、また現在、不安定な経済状況下で IMF との交渉等も続けられており、資金調達についてのハードルは引き続き高いものと想定される。水素製造に直接関連するインフラのみならず、再エネ導入、パイプラインや港湾設備等の整備が必要となるところ、公的資金の調達について、引続き検討することが重要である。

6.2.2. 水素導入に係る政策提言（案）

制度に関するニーズと提案、ポテンシャル等の調査ニーズと提案、具体案件の実施に係るニーズと提案、キャパシティビルディングに関するニーズと提案の 4 つの提案に分類して整理した。

また提言は中央政府向けを中心とする一方、アルゼンチンは連邦共和制であり州政府の権限も強いことから、州政府の能力開発や州との直接協力も検討した。例として、現在進められている Fortescue 社による水素開発プロジェクトにおいては公的セクター側の対応はリオ・ネグロ州政府が中心となって検討を行っている。

表 6.3 アルゼンチンにおける政策提言案

項目	内容
種別	制度に関するニーズと提案
提言内容	水素開発に関するルールや規制の整備に関する技術支援。
背景	水素法案は2022年に制定される予定。H2 Argentina Platformが、政府による草案作成を支援した。今後、ルールや規制を明文化する必要がある。
先行事例	IDBによる能力強化、政策立案支援の実績あり。
実施者	財務省エネルギー担当部局 リオ・ネグロ州
民間参入の可能性等	ルールや規則の策定にあたっては、民間企業の意見を参考にする想定。

項目	内容
種別	ポテンシャル等の調査ニーズと提案
提言内容	水素開発に関するルールや規制の整備に関する技術支援。
背景	水素法案は2022年に制定される予定。H2 Argentina Platformが、政府による草案作成を支援。 今後は詳細なルール規制の検討が必要と想定される。
先行事例	IDBによる能力強化、政策立案支援の実績あり。
実施者	財務省エネルギー担当部局 リオ・ネグロ州
民間参入の可能性等	ルールや規則の策定にあたっては、民間企業の意見を参考にする想定。

項目	内容
種別	具体案件の実施に係るニーズと提案
提言内容	技術・政策調査に基づき、プロジェクト開発およびアドバイザリーサービスのニーズが想定される。リオ・ネグロ州においては大型投資が発表されているため、他の州での案件形成のための支援が考えられる。
背景	アルゼンチンでは、水素開発プロジェクトが実際に開始されておらず、限られた能力しか備えていないため、実施に関する支援が効果的であると考えられる。 現在進んでいるリオ・ネグロ州を中核としてさらに支援する方向性と、次の展開のために他の州を支援する方向性の2つが考えられる。
先行事例	水素開発の具体的案件にかかるアドバイザリーサービスについては特になし。チリにおいてはプロジェクト実施が先行しており、参考となる。
実施者	財務省エネルギー担当部局 リオ・ネグロ州、また他に関心のある州政府
民間参入の可能性等	州と案件形成のためのマスタープラン作りや案件候補のF/Sを実施する場合は、民間企業は裨益者になる。または、F/Sの実施を希望する民間企業を公的資金で支援する方策がある。

項目	内容
種別	キャパシティビルディング・資金協力に関するニーズと提案
提言内容	インタビューで指摘された公的機関向けの能力開発、官民の技術力強化、投資資金調達力の強化が必要であると考えられる。
背景	アルゼンチンには、水素開発のためのキャパシティ・ビルディングや資金調達のためのファシリティはあまりなく、今後の支援が期待される
先行事例	チリにおける具体的な案件は参考となる。
実施者	財務省エネルギー担当部局 リオ・ネグロ州
民間参入の可能性等	ルールや規則の策定にあたっては、民間企業の意見を参考にする想定。

出典: JICA 調査団

6.2.3. 公的部門による関連プロジェクト案および民間部門との分担

民間企業が現在リオ・ネグロ州で準備している水素開発プロジェクトにおいては、民間企業によるプロジェクト・設備設計、案件審査、許認可取得、環境社会配慮、資金調達、案件実施監理だけではプロジェクト実施を完結することはできないため、公的セクターとの連携が非常に重要である。リオ・ネグロ州では、民間による水素開発の取り組みとともに、「開発のためのイノベーション連邦会議」の枠組みの中で、グリーン水素の戦略プランが策定、公表されている。同州では、公共部門と民間部門の間で必要な相乗効果を生み出すことが目的であることを強調している。

しかし詳細な計画については、現時点では明らかにされていない。この官民連携にかかる取り組み事例が今後重要になると考えられる。

アルゼンチンにおける水素開発は、長年の歴史があるものの、国の方針が明確化されていない中で、民間主導、地方政府主導で進む部分が大きくなってきている。ただし中央政府も民間部門との連携は行っており、またその重要性も理解している。

法制度、規制、技術基準、支援施策などの構築を通じ、公的セクターの詳細な役割と責任が明確になることを注視する必要があるが、共和政体の特徴から、地方自治体との協力を中心に進めていく方法も考えられる。

6.2.4. 日本が提供し得る協力案

ロングリスト案として、政策提言の中で、日本の知見、経験を活かした協力をし得る内容を以下の通り整理した。

表 6.4 日本が提供し得る協力案（アルゼンチン）

項目	内容
種別	具体案件の実施に係るニーズと提案・制度に関するニーズと提案
案件名	PPP開発にかかる能力向上・技術支援プロジェクト
協力スキーム	技術協力
背景	アルゼンチンにおいて現在検討中の民間投資案件にかかる、政府側への技術支援を行うもの。案件実施にかかり、公的機関が担当すべき所掌事項には、技術面、環境社会配慮面、資金面、組織体制面などにおいて法規制、技術規格、ルール制度などの整備、適用が含まれる。これらの事項のうちカウンターパートである政府機関のニーズに沿った、時宜を得た支援、技術指導を行うことが案件の円滑な実施に不可欠である。必要に応じて、政府機関が担当するインフラ整備への資金支援の要請も考えられる。 アルゼンチンは経済状況の課題から外国からの借款を受けることができない可能性があるため、同状況も踏まえた資金調達、リスク分担等について検討する必要がある。(3.4.2、5.2.2参照)
先行事例	PPP取組支援はJICAによってインドネシア他で実施されている。
活動内容	PPP事業の実施全般を支援するための事業 民間セクターの投資部分については連携を通じて間接的に裨益する。
実施者	財務省エネルギー政府事務局、地方政府
民間参入の可能性等	民間セクターからの参加を通じて、案件実施にかかる民間セクターからの課題抽出・分析、要望調査、対応オプション構築、PPPにおける役割・責任の明確化、対応施策にかかる合意、など連携を図る。

項目	内容
種別	ポテンシャル等の調査ニーズと提案
案件名	アルゼンチンにおける水素開発及び脱炭素施策実施計画策定に向けた調査
協力スキーム	技術協力、南南協力(チリ)
背景	水素開発の促進に向けた具体的な計画策定を行う。マスタープラン的な計画策定をベースに具体的な個別案件にかかるニーズを把握し、優先度の高い案件の促進に向けた検討を行う。また、地域における隣国他との情報交換、連携を図る。CCS/CCUSによるブルー水素やブルーアンモニアのバリューチェーン構築の可能性がある(例:日本の火力発電のCO2を回収、アルゼンチンに運搬しEOR等で活用し、アルゼンチンから日本にはグリーン/ブルー水素やアンモニアを運ぶことで往復の輸送を活用できる)(3.4.2、5.2.2参照)
先行事例	ドイツ政府がチリ、コスタリカ、コロンビア等に対し、水素ロードマップや水素戦略の構築や実施に係る支援を実施している。また、チリはコロンビアにおける水素戦略の策定及び実施を支援している。
活動内容	再生可能エネルギーの拡大、産業、交通セクターにおける需要拡大を想定したグリーン水素開発ポテンシャルの評価。 CCS/CCUSによるブルー水素・アンモニアの製造可能性の検討 コスト・需要の見通し、インフラ開発の実現性の検討 今後のPPP事業の技術的、経済的な実行可能性の再検討 PPP事業の実施に係る財政的支援の検討 脱炭素に向けた総合的取り組みの検討
実施者	財務省エネルギー政府事務局
民間参入の可能性等	水素製造にかかる投資は民間セクターが中心となって実施することが想定されているため、水素製造セグメントにおいて民間セクターからの投資意欲、課題、対応方法などをサウンディングしながら案件を進めることによって案件を実施する。CCS/CCUSの実施に際しても民間の有する技術が必要になる。

項目	内容
種別	制度に関するニーズと提案/キャパシティビルディングに関するニーズと提案
案件名	日本の水素関連技術等に関する本邦研修(オンライン含む)
協力スキーム	本邦研修
背景	アルゼンチン政府機関、関係者の技術的レベルアップを通じて、今後の開発計画策定、案件設計、案件実施などに向けた技術移転、能力向上を図るもの。インハウスの技術者、政策策定者の技術レベルの向上は、先行する民間投資案件の円滑な実施・促進、や今後の投資案件の検討、策定、実施準備に寄与するものとする。(3.4.2、5.2.2参照)
先行事例	日本の水素関連技術の導入・実証事例、設計基準、産業・交通部門での需要対応、水素貯蔵や輸送等
活動内容	1. 日本の水素関連技術に関する情報提供 2. 既存の車体や船体を利用した燃料電池動力化技術の提供 3. 研究開発拠点の構築に関する情報提供
実施者	財務省エネルギー政府事務局
民間参入の可能性等	・産業技術総合研究所 福島再生可能エネルギー研究所、山梨県や福岡県などの自治体の取り組みなどを中心に紹介することになるため、そこで活躍する民間企業の参入機会に繋がる可能性がある。 ・燃料電池動力化について、日本の開発技術を持つ企業の海外展開に繋がり得る。

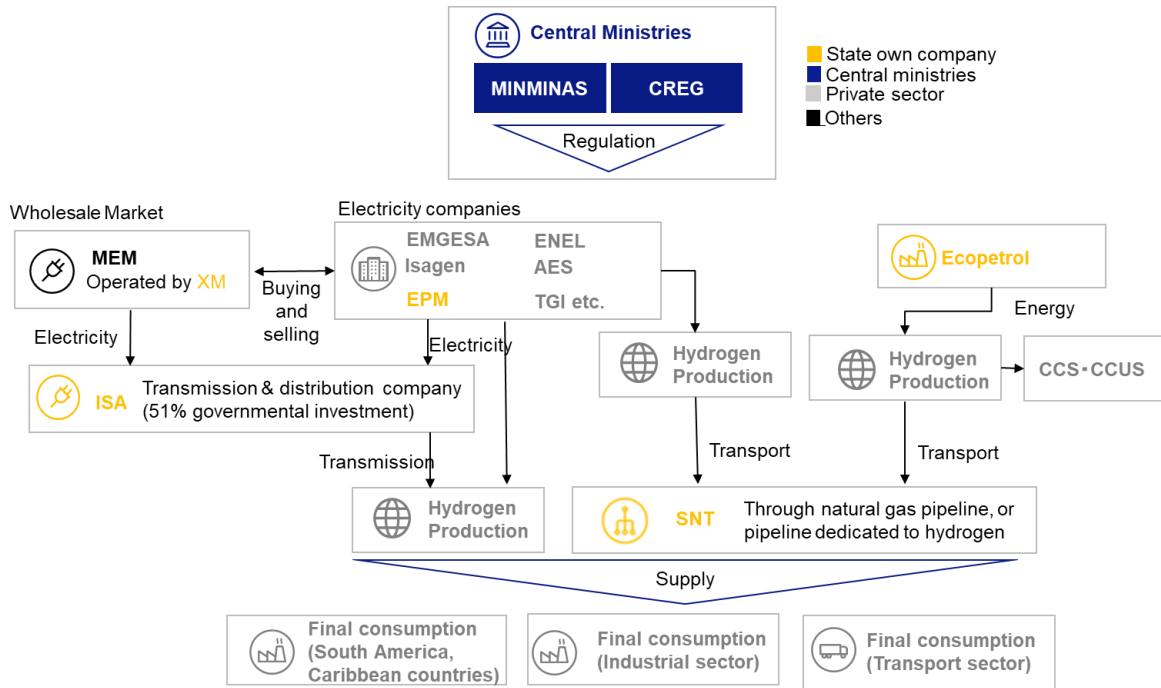
項目	内容
種別	制度に関するニーズと提案/ポテンシャル等の調査ニーズと提案
案件名	水素市場形成に向けた計画策定支援事業
協力スキーム	技術協力
背景	アルゼンチンの産業・交通分野における水素利用にかかる具体的な開発計画の策定、実施へのボトルネック対応検討などを通じて、水素市場の拡大を図る。また、開発にかかり民間連携、公的機関との連携が想定されるため、それを実現するための制度構築、対応検討を行う。(3.4.4、5.2.2参照)
先行事例	特になし
活動内容	1. 水素需要ポテンシャル調査 2. 水素供給及び需要計画の検討及び目標値の設定 3. 計画及び目標値の達成に向けた方策の検討(民間企業の水素分野への参入のためのインセンティブ等の検討等)
実施者	財務省エネルギー政府事務局
民間参入の可能性等	公共交通機関、運送会社等への計画策定や、インセンティブ検討に係る情報提供依頼やヒアリング等。

出典: JICA 調査団

6.3. コロンビア

6.3.1. 水素バリューチェーン構築の現状と課題

詳細調査の結果を反映した水素バリューチェーンの概要は以下の通りである。



出典: JICA 調査団

図 6.3 詳細調査の結果を反映した水素バリューチェーン (コロンビア)

国内バリューチェーン： コロンビアは再生可能エネルギーに係る開発が今後も必要である。水素ロードマップでは、短期を 2030 年まで、中期を 2030 年～2040 年、長期を 2040 年以降と定義し、中長期的にグリーン水素に移行する前に、短期的にはブルー水素の展開を目指す道筋が想定されている。ブルー水素は、コロンビアの化石燃料産業の脱炭素化の手段の一つになり得る。また、水素は産業セクター・交通セクターの脱炭素化に必要とされている。ただし、一部のステークホルダーからは、交通部門に関する需要が中期的に限定的であると評価されている。

地域バリューチェーン： コロンビアは中米近隣諸国の脱炭素化に貢献する意思があり、またポテンシャルを有している。しかしながら、現時点では地域バリューチェーン構築に対するアクションが特定されていない。

国際バリューチェーン： コロンビアはヨーロッパ等、複数の市場への輸出を検討している。コロンビアは既に天然ガスの輸出インフラを有しており、水素にも活用できればと検討を進めているが、F/S 等がまだ実施されていないため活用の可能性が不明である。

バリューチェーンの段階ごとの状況は以下の通りである。

製造段階：2022年1月時点で、コロンビア石油公社の精製事業に利用されるグレー水素のみが製造されている。ブルー水素とグリーン水素の製造はまだ行われていない。水素ロードマップは、短中期的にブルー水素の製造に取り組み、長期的にグリーン水素開発に取り組みと計画している。

ただし、ブルー・グリーン水素に取り組むため、解決すべき課題がある。まず、水素の製造、運搬、使用のバリューチェーン構築方針について検討が必要である。例えば、水素製造と最終利用を同じ地域で行う水素クラスターアプローチを採用するか、水素が利用される場所と異なった地域でも再生可能エネルギー電力所近辺で製造を行うアプローチとするか、方針がまだ定まっていない。方針によって、整備すべきインフラが異なるため、民間セクターによる再生可能エネルギーや水素製造への投資リスクがまだ高い。なお、再生可能エネルギーのポテンシャルが高い北部と中央部を中心としたバリューチェーン構築（国内・地域・国際）の検討が進められている。

また、ブルー・グリーン水素に必要な投資が異なるため、ブルー水素とともにグリーン水素のバリューチェーン構築における方針の明確化が必要である。例えば、ブルー水素については効率の高いCCS技術の導入に加え、炭素貯蔵地の適性評価と開発に多額の投資が必要となる。投資の規模と導入に必要な期間を考慮すると、2030年前後にブルー水素のアセットが導入され運用されてから数年以内（2035年前後）には、グリーン水素の製造が本格的に開始できると予想される。他のエネルギーインフラと同様に、水素インフラは15年以上運用できると予想される。グリーン水素の導入の影響でブルー水素アセットの投資回収率が減少する可能性があることから、投資リスクが高いと想定されており、詳細調査が必要である。

また、投資家や事業者による投資額を増やすためには、水素の需要拡大が不可欠である（消費段階ご参照）。さらに、水素製造のための電力使用に関する規制や品質基準等がまだ未整備であり、今後法整備等が必要とされる。

運搬段階：水素ロードマップでは、水素と天然ガスの混合や天然ガスのパイプライン活用等、潜在的なアプローチについて言及があるものの、水素の運搬方針について情報が限られている。運搬関連のインフラを最小限にするため、最終消費者が存在する地域で水素の製造に取り組みたい事業者もいる。また、送電線への投資を避けるために、水素利用地域の近くに再生可能エネルギー電力所の整備を計画している事業者もいる。各種アプローチのコストとベネフィットはまだ評価されていない。なお、再生可能エネルギーのポテンシャルが高い北部と中央部を中心としたバリューチェーン構築を進めることになった場合、送電線ではなく、パイプラインの整備・活用となる可能性が高いことが聞き取り調査より明らかになった。

優先すべきインフラ投資に関する方針が明確ではないため、コロンビア政府が各種事業に必要なインフラに投資する保証がなく、最終的に民間事業者の投資へのリスクとなり得る。炭素貯蔵地と連携するブルー水素と、再生エネルギー生産地に連携するグリーン水素の製造地域も異なることから、今後のバリューチェーン構築に優先すべきインフラの明確化が不可欠である。

消費段階：2022年1月時点で、精製目的に水素を利用するコロンビア石油公社が水素の主な消費者である。グリーン・ブルー水素に転用する際に、コロンビア石油公社が引き続き主要プレーヤーであると予想されるが、今後水素製造を拡大するために内需の促進が不可欠である。水素ロードマップでは、2050年までに交通セクターと産業セクターが主な消費先になると想定されているが、コロンビアでは燃料電池を利用する大型車の導入に向けた計画がまだない。

産業セクターにおいては、エネルギー消費量が高い鉄鋼、食品産業等で水素への積極的なエネルギー転換を促進する取り組みが必要である。さらに、一部の産業クラスターが再生可能エネルギー

ギー生産地から遠いため、水素パイプライン或いは送電線への投資が不可欠になると想定されている。

水素ロードマップでは、需要を促進するためにグリーン・ブルー水素の定義やタクソノミー、炭素市場との連携等の規制手段やインセンティブの展開が検討されている。ただし、これらの設計に必要な詳細調査はまだ未実施である。

上記を踏まえた課題は以下の通りである。

政策面の課題：コロンビアはすでに2021年に水素ロードマップを公開しており、投資に関する関連法規制が更新されている。今後MINMINASは、国内のバリューチェーンの構造に関する方針を示す必要がある。また、品質基準、ブランディング、電力使用に関連する規制の更新やグリーン・ブルー水素の定義に必要なGHG排出水準の検討も必要となる。これらに加え、需要促進に必要な規制手段に関する検討が必要である。

制度面の課題：水素ロードマップ実施に向けて、主に品質基準、ブランディング、電力使用に関する規制の整備が必要となる。

技術面の課題：技術に関連する課題に取り組む必要がある。コロンビアは天然ガスを利用しブルー水素製造の検討を進めるために、CCS・CCUS技術の導入や、国内の炭素貯蔵地の適合性評価等、技術移転が必要とされている。また、運搬においては天然ガスのパイプラインの活用が検討されているが、技術的な可能性がまだ検証されていない。交通部門での水素の適用はまだ新しいことから、今後実証する必要がある。

資金面の課題：グリーン水素製造に必要な再生可能エネルギー由来の電力供給の増加が不可欠である。さらに、運搬と輸出においては多額のインフラ投資が必要になると想定されている。この点はブルー水素においても同様で、CCS・CCUS技術の導入には一定の投資が必要となる。なお、コロンビアでは電力セクターにおける民間投資が既に進んでおり、今後の水素開発においても民間投資に期待できる。そのようなプロジェクトの資金調達における公的および民間セクターの責任範囲を明確にし、官民連携の仕組みを構築することが重要である。また、民間セクターの足掛かりとなるパイロット事業への資金調達が必要となる。コロンビア政府が運営する非従来型エネルギーおよびエネルギー効率基金（Fondo de Energías No Convencionales y de Gestión Eficiente de la Energía – FENOGE）が水素のパイロット事業に対して資金提供（グラントあるいは低金利融資）を行う予定であるが、資金が不足している。

また、水素の利用促進のためのインセンティブなど、仕組み作りにおけるファイナンス手法の検討も必要である。

6.3.2. 水素導入に係る政策提言（案）

制度に関するニーズと提案、ポテンシャル等の調査ニーズと提案、具体案件の実施に係るニーズと提案、キャパシティビルディングに関するニーズと提案の4つの提案に分類して整理した。

表 6.5 コロンビアにおける政策提言案

項目	内容
種別	制度に関するニーズと提案
提言内容	水素の品質基準に関する規制の整備
背景	<ul style="list-style-type: none"> ブルー水素・グリーン水素の製造・利用に向けて、品質基準の見直しが必要である。 水素ロードマップにおいても強調されている(アクション#5)
先行事例	全米防火協会(NFPA)、アメリカ機械学会(ASME)、国際標準化機構(ISO)、米国家規格協会(ANSI)、ヨーロッパ産業ガス協会(EIGA)、自動車技術者協会(SAE)
実施者	コロンビア技術規格認定機関(ICONTEC)、エネルギー・ガス規制委員会(CREG)
民間参入の可能性等	民間セクターは、規制・基準の整備に対する助言を行う。

項目	内容
種別	制度に関するニーズと提案
提言内容	水素の定義等の標準化に向けた規制の整備
背景	<ul style="list-style-type: none"> 現在ブルー水素・グリーン水素の定義は、2021年に改正された1994年法律第1715号に定められている。ブルー水素は化石燃料とCCS・CCUSを組み合わせ製造された非在来型エネルギー資源として位置づけられ、グリーン水素はバイオマス、小水力、風力、地熱、太陽光、海洋などの再生可能エネルギーを活用し、製造された非在来型エネルギー資源と定められている。しかし、ライフサイクル全体の温室効果ガス排出量の算定方法は規定されておらず、さらに水素の製造源に応じて認証する制度も確立されていない(原産地証明書制度)。原産地証明書制度は、水素製造時のCO2排出量に着目し、利用者は低炭素燃料の使用を証明できるメリットがある。 水素ロードマップにおいても強調されている(アクション#2、3)
先行事例	CertifHy
実施者	MINMINAS, MINAMBIENTE
民間参入の可能性等	民間セクターは、規制・基準の整備に対する助言を行う。

項目	内容
種別	ポテンシャル等の調査ニーズと提案
提言内容	ブルー水素の導入に向けたCCS・CCUSに関する調査・技術移転
背景	<ul style="list-style-type: none"> コロンビアではブルー水素の導入も検討されているが、CO2排出量のカウント対象とする境界範囲が定まっておらず、CCS・CCUS等の技術に関する知見・能力も限定的である。CCS・CCUSを前提にバリューチェーンを構築するには、CCS・CCUSに関連する法制度の整備や知識・経験の共有、技術移転が必要となる。
先行事例	米国、ノルウェー、日本など
実施者	MINMINAS, MINAMBIENTE、コロンビア石油公社
民間参入の可能性等	民間セクターは、規制・基準の整備に対する助言を行う。また、技術移転プロセスにも参画する。

項目	内容
種別	ポテンシャル等の調査ニーズと提案
提言内容	ブレンディングに関する詳細調査及び規制・基準の整備
背景	<ul style="list-style-type: none"> 国内バリューチェーン構築に向けて、既存の天然ガスパイプラインの利用が検討されているものの、ブレンディングに関する詳細調査は実施されていない。さらに現在設けられている天然ガスの品質基準では、ブレンディングが事実上認められていないため、ブレンディング関連の法規制・品質基準の整備が必要である。
先行事例	英国
実施者	MINMINAS
民間参入の可能性等	民間セクターは、規制・基準の整備に対する助言を行う。

項目	内容
種別	ポテンシャル等の調査ニーズと提案
提言内容	水素バリューチェーン(国内・地域・国際)構築に向けた詳細なアプローチの明確化
背景	<ul style="list-style-type: none"> コロンビアでは水素ロードマップが公開され、同国における水素経済の発展に向けた取り組み・調査等が整理されている。しかし、優先すべき製造・輸送方法など、水素バリューチェーン構築へのアプローチが明確ではない。また、ブルー水素・グリーン水素の発展に向けた次のステップや、それに伴う投資・インフラ面への影響に関する情報も少ない。貯留サイトの適合性評価など、ブルー水素開発に必要な施設・投資の可能性調査の実施も必要である。 なお、再生可能エネルギーのポテンシャルが比較的高い北部・中央部においてバリューチェーン構築が検討されている。他方、これらの地域でバリューチェーンを構築するには、ブレンディングの実現可能性や各サブセクターの需要予測など、インフラ面以外での調査も必要となる。
先行事例	ドイツ
実施者	MINMINAS
民間参入の可能性等	民間セクターは、インフラ・投資計画などの直近のステップに対して、助言を行う。

項目	内容
種別	ポテンシャル等の調査ニーズと提案
提言内容	水素の海外輸出(国際バリューチェーン)に向けた具体的なアプローチの明確化
背景	<ul style="list-style-type: none"> コロンビアでは水素ロードマップが公開され、同国における水素経済の発展に向けた取り組み・調査等が整理されている。他方、どのように水素輸出に付加価値を与えていくのか等、輸出に対するアプローチの情報が限られている。また、水素を海外に輸出するにあたり、パイプライン・湾港などの既存インフラの整備・活用方法のほか、輸出インフラへの投資に関する情報も少ない。
先行事例	チリ
実施者	MINMINAS
民間参入の可能性等	民間セクターは、インフラ・投資計画などの直近のステップに対して、助言を行う。

項目	内容
種別	具体案件の実施に係るニーズと提案
提言内容	水素に関するパイロットプロジェクト展開に向けた支援
背景	<ul style="list-style-type: none"> 既に複数のパイロット事業の実施が検討されており、一部はIDBなどの援助機関に今後支援される予定であるものの、事業展開に向けた資金面での支援も考えられる。 さらに、これらのパイロット事業のプレF/Sの実施も検討が進められており、さらなる財政的・技術的な支援が求められている。
先行事例	特になし
実施者	MINMINAS
民間参入の可能性等	民間セクターは事業の受益者になる。

項目	内容
種別	制度に関するニーズと提案
提言内容	低炭素水素需要の拡大に向けた支援策の展開
背景	<ul style="list-style-type: none"> コロンビアにおける水素需要は限られており、コロンビア石油公社の精製事業がコロンビアの水素利用・需要の大半を占めている。バリューチェーン構築には需要拡大が必須条件であり、需要促進支援だけでなく、水素開発を促進させるための規制インセンティブも必要である。コロンビアはすでに炭素市場の拡大や炭素税・排出権制度の導入が検討されており、これらの取り組みが需要拡大に貢献することが期待される。また、規制措置として、低炭素燃料導入の義務化や目標値の設定も考えられる。 一方、低炭素水素と代替エネルギー源との資金ギャップの解消のための財政的支援やインセンティブの導入も不可欠である。例えば、固定費用に対する補助金やプレミアムの導入などが選択肢として考えられる。
先行事例	再生可能エネルギー・化石燃料での事例はあるものの、水素の事例はなし(英国などで検討されている)
実施者	MINMINAS、MINAMBIENTE
民間参入の可能性等	民間セクターは、規制・基準の整備に対する助言を行う。

項目	内容
種別	ポテンシャル等の調査ニーズと提案
提言内容	サブセクターにおける水素需要の予測
背景	<ul style="list-style-type: none"> コロンビアでは水素ロードマップが公開され、同国における水素経済の発展に向けた取り組み・調査等が整理されている。しかし、バリューチェーンの構築には需要予測を把握し、需要拡大を促進させることが求められる。よって、水素ロードマップの実施に向けて、まずサブセクターにおける需要予測を確認することが肝要であるが、詳細調査は実施されていない。
先行事例	ドイツ
実施者	MINMINAS
民間参入の可能性等	民間セクターは事業の受益者になる。

出典: JICA 調査団

6.3.3. 公的部門による関連プロジェクト案および民間部門との分担

コロンビアの水素バリューチェーン構築には、官民の連携が不可欠である。この点は水素ロードマップにおいても強調されており、官民連携作業部会の設置など、官民連携を促す取り組みが

盛り込まれている。特に、規制メカニズムやインセンティブの導入、品質基準の整備や詳細調査の実施には、民間セクターによる助言が必要である。しかしその一方で、これらの取り組みは公共セクター主導で行われるべきであり、規制さえ整備されれば、民間セクターがパイロット事業の展開やバリューチェーン構築を主導する可能性が高い。

6.3.4. 日本が提供し得る協力案

ロングリスト案として、政策提言の中で、日本の知見、経験を活かして協力可能な内容を以下の通り整理した。

表 6.6 日本が提供し得る協力案（コロンビア）

項目	内容
種別	制度に関するニーズと提案/キャパシティビルディングに関するニーズと提案
案件名	水素開発促進に向けた制度機能向上プロジェクト
協力スキーム	技術協力、本邦研修
背景	コロンビアでは、グレー水素に対する法制度(安全基準等)が定められているが、今後低炭素水素の開発・利用を促進するには法制度・規制等の整備が不可欠である。特に、低炭素水素の定義・品質基準の明確化が喫緊の課題になっている。(5.3.2、6.3.1参照)
先行事例	CertifHy
活動内容	<ol style="list-style-type: none"> 1. 水素の品質基準に係る法制度・規制のベストプラクティスのレビューを行う 2. コロンビアの公共セクターに対して、水素の品質基準に関するスキル・能力向上の機会を提供する 3. 水素の定義等の標準化に向けた規制の整備への助言を行う 4. 低炭素水素の定義づけを適切に行うため、ライフサイクル全体の温室効果ガス排出量の算定方法やモニタリング・トレーサビリティ、水素の製造源に応じた原産地証明書制度を確立する
実施者	コロンビア技術規格認定機関 (ICONTEC)、エネルギー・ガス規制委員会 (CREG)
民間参入の可能性等	民間セクターは、規制・基準の整備に対する助言を行う

項目	内容
種別	ポテンシャル等の調査ニーズと提案
案件名	コロンビアにおける水素ロードマップ実施に向けた調査
協力スキーム	技術協力、南南協力(チリ)
背景	コロンビアでは水素ロードマップが公開され、同国における水素経済の発展に向けた取り組み・調査等が整理されている。(水素ロードマップについては3.5.3を参照)しかし、具体的な次のステップが明記されておらず、ロードマップ実施に向けた詳細調査を行うことが重要である。(5.3.2、6.3.1参照)
先行事例	ドイツ、チリ
活動内容	<ol style="list-style-type: none"> 1. 天然ガスの需要(見通しも含む)・埋蔵量などを検討し、ブルー水素開発ポテンシャルの評価を行う。 2. コロンビアにおける貯留適地調査の実施(F/S) 3. 再生可能エネルギー開発、産業・インフラに関する地域間の違いを考慮し、グリーン水素開発ポテンシャルの評価を行う 4. コスト・需要の見通し、インフラ開発の実現性を検討し、水素輸出ポテンシャルの評価を行う 5. クラスタ型、運搬型などのインフラ開発のオプションを、費用・便益に基づいて評価し、水素バリューチェーン戦略策定を支援する 6. ブルー水素の導入に向けたCCS・CCUSに関する調査 7. アンモニア・水素混焼技術の導入可能性調査
実施者	MINMINAS
民間参入の可能性等	民間セクターが実際の調査を行う

項目	内容
種別	制度に関するニーズと提案/ポテンシャル等の調査ニーズと提案
案件名	水素・天然ガスのブレンディングに向けた詳細調査
協力スキーム	技術協力
背景	国内バリューチェーン構築において、天然ガスパイプラインを活用したブレンディングが検討されているもの、詳細調査は実施されておらず、法制度・規制も整備されていない。(5.3.2、6.3.1参照)
先行事例	英国
活動内容	<ol style="list-style-type: none"> 1. ブレンディングに関する法制度・規制のベストプラクティスのレビューを行う 2. ブレンディングに伴う制度的・技術的課題の整理 3. ブレンディングに必要な技術・インフラの導入に係るコスト評価の実施 4. ブレンディングの技術導入に伴う、ライフサイクル全体の温室効果ガス排出量の算定
実施者	MINMINAS
民間参入の可能性等	民間セクターが実際の調査を行う

項目	内容
種別	ポテンシャル等の調査ニーズと提案
案件名	パイロット事業の実施に向けたプレF/S調査
協力スキーム	技術協力
背景	コロンビアでは既に複数のパイロット事業の実施が検討されているが、プレF/S調査が必要な事業もいくつかあり、日本の経験をもとに知見を共有する余地がある。(5.3.2参照)
先行事例	特になし
活動内容	<ol style="list-style-type: none"> 1. パイロット事業が対象とするサブセクターの需要予測調査 2. パイロット事業の実行可能性を技術的、経済的、財務的、社会的な側面からレビューする 3. 上記の調査・レビューを参考に、パイロット事業計画の策定を支援し、財政的支援やインセンティブの導入も検討する
実施者	MINMINAS
民間参入の可能性等	民間セクターが実際の調査を行う

項目	内容
種別	制度に関するニーズと提案/ポテンシャル等の調査ニーズと提案
案件名	水素需要の促進に向けたファイナンス手法のポテンシャル調査
協力スキーム	技術協力
背景	コロンビアにおける水素需要は現時点で限られており、さらに水素需要の拡大にはコストが依然高いため、ファイナンス手法を含めたインセンティブ・規制の導入が必要である。(5.3.2、6.3.1参照)
先行事例	再生可能エネルギー・化石燃料での事例はあるものの、水素の事例はなし(英国などで検討されている)
活動内容	<ol style="list-style-type: none"> 1. コロンビアのETSやその他メカニズムに関する計画のレビューを行い、低炭素水素開発との連携の可能性を模索する 2. 低炭素燃料の義務化・目標値の設定などの規制の導入可能性を検討する 3. 低炭素水素と代替エネルギー源との資金ギャップの解消のための財政的支援やインセンティブの導入を検討する
実施者	MINMINAS、MINAMBIENTE
民間参入の可能性等	民間セクターは、規制・基準の整備に対する助言を行う

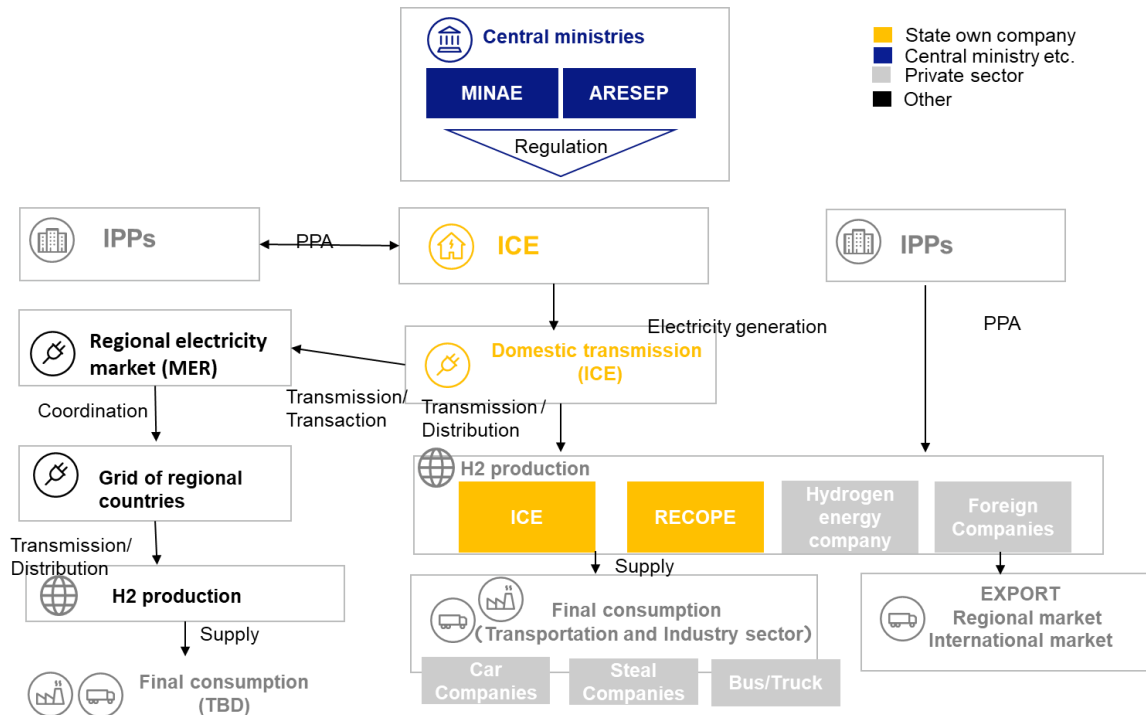
項目	内容
種別	制度に関するニーズと提案/具体案件の実施に係るニーズと提案
案件名	水素バリューチェーン強化事業
協力スキーム	円借款、海外投融資
背景	既にコロンビアでは、いくつかのパイロット事業の実施が検討されている。一部はIDBなどの援助機関に今後支援される予定であるものの、パイロット事業展開に向けた資金面での支援が必要な場合も考えられる。また、パイロット事業の実施に向けてFENOGEが資金提供を行う予定であるが、資金が不足している。 (5.3.2参照)
先行事例	特になし
活動内容	<ol style="list-style-type: none"> 1. 水素モビリティの導入事業、石油化学産業の脱炭素化事業等のパイロット事業の実施を支援(コロンビア政府が検討しているパイロットプロジェクトのリストについては別途添付) 2. 実行ギャップを埋めるメカニズムの導入支援
実施者	MINMINAS
民間参入の可能性等	民間セクターは事業の受益者になる

出典: JICA 調査団

6.4. コスタリカ

6.4.1. 水素バリューチェーン構築の現状と課題

詳細調査の結果を反映した水素バリューチェーンの概要は以下の通りである。



出典: JICA 調査団

図 6.4 詳細調査の結果を反映した水素バリューチェーン (コスタリカ)

国内バリューチェーン：コスタリカは現状電力の再エネ化をほぼ終えているが、わずかに残るガス火力の転換、また将来的な気候変動に伴い渇水年に水力発電の発電量が減少する可能性を考えると、電力の安定供給の手段として水素の導入が求められる。また、カーボンニュートラル達成のために、現在化石燃料を消費している交通セクター、および産業セクターの脱炭素化を進める手段としても水素が有望と考えられている。

地域バリューチェーン：コスタリカは中米における脱炭素化のパイオニアとして、近隣諸国の脱炭素化に貢献するポテンシャルと関心を有している。また、既存の送電ネットワークの強化を通じてバリューチェーンを形成できる点で、初期投資の面で優位性がある。ただし、近隣諸国すべてで脱炭素化に向けた足並みが揃っていないわけではないこと、また政治や治安のリスクが国によって異なることは課題であり、近隣諸国への働きかけを併せ実施する必要がある。なお、長距離輸送（バス、トラック）の脱炭素化を進める上で、パンアメリカンハイウェイ沿いの水素ステーション整備は不可欠といえる。

国際バリューチェーン：コスタリカはドイツに対する水素の輸出を考えている。ヨーロッパ市場への輸出を志向する北アフリカ地域や、南アメリカの南部地域等が競争相手となることが想定される。将来の国際競争を考えれば、規模の経済が働くように輸出インフラを整えることが必要であり、港湾整備等の初期投資は大きくなることが想定される。

バリューチェーンの段階ごとの状況は以下の通りである。

製造段階：製造に関する課題は、まず電力セクターについて、電力価格を下げることで、また民間投資を促進し再エネ電力の導入を拡大することがある。大規模な変動性の再エネの追加に当たり、蓄電設備の導入や地熱等の安定電源開発が必要であることに加えて、水電解等によるグリーン水素の製造プラントの導入が求められる。コスタリカ政府は国営企業が水素製造に主要な役割を果たすことを期待している。国内の交通セクターや大型の需要が想定される工業セクターの燃料転換については、グリッドから供給を受けた再エネによるオンサイトで分散型の水電解により水素を製造することが想定される。水素/アンモニアの形態での輸出については、規模の経済が働くため、長期で見た場合に輸出志向で大規模な投資が予想される国・地域との競争が激化することに留意することが必要である。

輸送段階：国内や地域バリューチェーンにおける水素輸送の必要性については、電力で送り、分散型で水素製造を行うことで最小化できる。国際バリューチェーン向けの輸送については、発電設備、電解設備はもとより、パイプラインや港湾設備に大きな投資が必要になる。そのため、ヨーロッパ市場に対しては、適切な規模を適切な時期に達成することを設定しながら進めることが重要である。

消費段階：交通セクターの脱炭素化のため、コスタリカでは BEV の導入、鉄道の電化などが進められている。それに対し水素が期待されているのは長距離の輸送であり、長距離バス、長距離トラックなどがその対象となる。ただし現状でコスタリカの近隣国で水素ステーションが導入された事例はないと思われる。パンアメリカンハイウェイを通過する長距離トラックのうち、半分以上が外国籍の車輛であることから、コスタリカにとって、長距離トラック由来の温室効果ガス排出を削減するために、隣国との協力も必要になる。

上記を踏まえた課題は以下の通りである。

政策面の課題：水素に関するロードマップは 2022 年 1 月時点で公表していないものの、2022 年第 1-第 2 四半期を目標として準備が急速に進められている。「コスタリカにおけるグリーン水素経済の促進と実施に関する法」についても既にドラフト版が完成している。これら水素製造を支えるグリーン電力についても、水素の製造需要に応じた全体の発電容量の増加、また変動性の再エネ電源を受け入れるためのグリッドの安定化を含めて電力計画の改定が進められている。よって、現時点では水素に係る戦略や政策策定に関する新たなニーズは大きくなく、今後は、より具体的な安全性に係る基準等の整備が必要になる。

制度面の課題：コスタリカ政府が期待する ICE、RECOPE などの国営公社による水素製造を行うためには、組織の機能を定めた関連法規の改正が必要であり、まず ICE の関連法規の改定準備が進められている。他には、グリーン水素製造に必要な電力供給を安価に行うために、民間投資を同入し大規模に再生可能エネルギー開発を進められるようにする法制度の検討、制定が進められている。

技術面の課題：現状、大型の電解装置等はコスタリカ国内に存在していないため、水素の製造量を増やす際には新規技術の導入が必要である。また、大型車両の水素燃料化に当たっては、現状トラックなどはアメリカ等から輸入される中古品が新車導入の費用負担は民間セクターのみの取組では簡単ではない。安全な既存車両の改造技術の確立や低コスト化が必要である。

資金面の課題：水素製造のために電力供給量の増加が必要であり、特に規模の経済を活かすためには大型の再エネ発電所の整備が必要である。これらに関する資金調達メカニズムの確認が重要である。また、水素製造や利用のパイロットプロジェクトの実施がコスタリカでは比較的早期に進められていく計画であるため、現時点では経済性が高くない点を補うために公的資金による支援が強く求められている。

6.4.2. 水素導入に係る政策提言（案）

コスタリカ政府が近日中に公開する全体政策のもとで、以下についてさらなる活動が必要になると考えられる。それらについて、制度に関するニーズと提案、ポテンシャル等の調査ニーズと提案、具体案件の実施に係るニーズと提案、キャパシティビルディングに関するニーズと提案の4つの提案に分類して整理した。

表 6.7 コスタリカにおける政策提言案

項目	内容
種別	制度に関するニーズと提案/キャパシティビルディングに関するニーズと提案
提言内容	世界の水素に関する技術基準等の整理分析
背景	コスタリカ政府(MINAE)は、水素インフラ導入に関し、高い安全性を担保したいと考えている。現在は燃料電池車について新車の輸入を認めているが、価格を下げるためには、既存の車輛の改造等も考える必要がある。
先行事例	日本、EU、アメリカ、中国などの水素ステーションの事例、設計基準、既存車両の水素車両への改造の知見、貯蔵や短距離輸送等
実施者	MINAE
民間参入の可能性等	商社、水素ステーション関連企業、自動車関連企業など

項目	内容
種別	ポテンシャル等の調査ニーズと提案
提言内容	国際バリューチェーン対応のためのインフラ整備計画調査
背景	コスタリカ政府は国内バリューチェーンに次いで、国際バリューチェーンへの関心が高い。実際に国際バリューチェーンを整備するにあたり、港湾設備の整備が喫緊の課題の一つである。
先行事例	日本政府は、MCH、アンモニア、また液化水素を活用した製造、輸送に関する事業をアジア、オセアニア、中東、ロシアなどで進めている。 オランダのロッテムダム港は将来の水素ハブとしての立ち位置を確立するための活動を行っている。
実施者	MINAE、INCOP(コスタリカ港湾機関)
民間参入の可能性等	商社、港湾会社、海運会社など

項目	内容
種別	ポテンシャル等の調査ニーズと提案
提言内容	地域バリューチェーン対応のためのインフラ整備計画調査
背景	コスタリカ政府は中米地域における脱炭素の先駆者として、水素社会の導入についても地域を引っ張るためのポテンシャルと関心を有している。また、長距離輸送（バス、トラック）の脱炭素化のためには、コスタリカ国内に水素ステーションができるだけでなく、沿道の諸国にも一定の間隔で水素ステーションが導入される必要がある。一部の近隣諸国には脱炭素化や水素への関心度合いに濃淡があるため、時間をかけて説明、準備する必要がある。多くの大型車両の燃料転換を進めるための資金調達等の仕組み作りも求められる。中米全域での展開を視野に入れて着手することが望ましいものの、まずコスタリカ-パナマから始める等の方法も考えられる。また、水素ステーションの導入のみであれば、小型のソリューション等も存在するため、必ずしもパンアメリカンハイウェイ沿いの国に対し、大規模な水素社会への転換を提案をする必要はなく、小規模なパイロット施設の導入から着手することが検討できる。
先行事例	日本政府が日本国内で水素ステーションの整備を進めている。
実施者	大統領府、MINAE、CABEI、SICA
民間参入の可能性等	商社、エンジ会社、水素ステーション関連企業、水素車両関連企業

項目	内容
種別	具体案件の実施に係るニーズと提案
提言内容	水素発電の導入による系統安定化
背景	変動性再エネの導入量の増加に伴い、系統安定技術の導入が重要になっている。気候変動によるとみられる降雨量の不安定化が観測されており、将来減少が予測されている。そのため、蓄電池や水素を活用した季節間の電力融通等が必要になると考えられている。
先行事例	世界的に、変動性再エネの導入量増加に伴い、容量市場の検討や、蓄電システムの導入、周波数安定技術の導入などが行われている。
実施者	ICE、MINAE
民間参入の可能性等	電力会社、蓄電会社、燃料電池会社他

項目	内容
種別	具体案件の実施に係るニーズと提案
提言内容	水素モビリティの導入実証
背景	交通セクターの脱炭素化は、コスタリカの悲願である。ただし水素モビリティの活用にあたっては、水素製造設備、ステーションなどインフラの準備、水素を活用する必要性が高いトラック、バスや空港送迎車両など、大型または走行距離が長く運行の頻度が高い車両の転換を図るビジネスモデルが必要である。
先行事例	日本、米国、ヨーロッパ、中国などにおいて水素モビリティは多く導入済みである。
実施者	MINAE、ICE/RECOPE
民間参入の可能性等	商社、自動車メーカーなど

項目	内容
種別	具体案件の実施に係るニーズと提案
提言内容	産業セクターへの水素導入実証
背景	交通セクターの次に残る脱炭素化が、産業セクターであり、製鉄企業や、飲料工場などが対象となる
先行事例	日本では水素ボイラ、水素バーナ等が開発され、天然ガス等を水素で代替することに貢献している。
実施者	ICE/RECOPE、民間企業
民間参入の可能性等	製鉄企業、水素ボイラ/バーナメーカーなど

出典：JICA 調査団

6.4.3. 公的部門による関連プロジェクト案および民間部門との分担

多くの国では、公共部門が戦略を定めることで、民間セクターが安心して将来投資に踏み切るための環境づくりを進め、実際の事業については民間の投資を主体にして進めることが多い。そのため、まず公的部門で制度設計を進めること、また水素分野の知見や技術力を高めるための技術協力が求められる。コスタリカ政府は特に高い安全性を達成したいとしており、既に水素インフラや水素車両の知見を積み上げてきた日本からの情報共有は有効である。

なおコスタリカ政府の考え方として、民間の投資も進むように環境は整えるものの、まず国営企業である ICE や RECOPE を中心に据えて、水素製造体制を構築していきたいとの希望を持っている。そのため、ODA 等の公的資金を活用し国営企業と水素インフラの整備を行うことも考えられる。

ただし再エネ及び水素製造のキャパシティをパリ協定の達成に向けて急ぎ増加させるためには公的部門と民間部門の両面で進めることが重要である。

また、コスタリカはこれまで水力発電中心で高い再エネ率を達成してきたが、今後は風力や太陽光など、変動型の再生可能エネルギーの増加が予測されており、ますます電力系統における蓄電設備の導入や、エネルギーマネジメントシステムによる安定化技術が重要になっていく。また、再エネ率 100%を達成するために 99%から最後の 1%の向上を行うことは、90%を 91%に上げるよりも一般的に技術、費用の面で難しいことが知られている。これらについて、高い技術を持つ電力会社やメーカーをはじめとした民間企業の知見を活かすことが可能である。

加えて、交通セクター、特に長距離輸送に係る脱炭素化については、一国ではなく複数国で中米地域として進めていく必要がある。中米の近隣国の水素分野への関心には濃淡があるとの指摘が多く、足並みを揃えていくためには、国際企業によるアプローチのみならず、リーダーシップをとる国と、その外交力が問われる部分であり、公的部門の動きが重要となる。

6.4.4. 日本が提供し得る協力案

ロングリスト案として、政策提言の中で、日本の知見、経験を活かした協力をし得る内容を以下の通り整理した。

表 6.8 日本が提供し得る協力案（コスタリカ）

項目	内容
種別	制度に関するニーズと提案/キャパシティビルディングに関するニーズと提案
案件名	日本の水素に関する技術基準等に関する本邦研修(オンライン含む)
協力スキーム	本邦研修/国別研修
背景	コスタリカ政府(MINAE)は、水素インフラ導入に関し、高い安全性を担保したいと考えている。現在は燃料電池車について新車の輸入を認めているが、価格を下げるためには、既存の車輛の改造等も考える必要がある。
先行事例	日本の水素ステーションの事例、設計基準、既存車両の水素車両への改造の知見、貯蔵や輸送等
活動内容	1. 日本の水素に関する技術基準に関する情報提供 2. 既存の車体や船体を利用した燃料電池動力化技術の提供 3. 変動性再生可能エネルギーを活かした水素製造に関する情報提供
実施者	MINAE、ICE、RECOPE
民間参入の可能性等	・産業技術総合研究所 福島再生可能エネルギー研究所、山梨県や福岡県などの自治体の取り組みなどを中心に紹介することになるため、そこで活躍する民間企業の参入機会に繋がる可能性がある。 ・燃料電池動力化について、日本の開発技術を持つ企業の海外展開に繋がり得る。

項目	内容
種別	ポテンシャル等の調査ニーズと提案
案件名	国際バリューチェーン対応のためのインフラ整備計画調査
協力スキーム	技術協力、協力準備調査(海外投融資)、METI-FS(質の高いインフラ関連、他)、JETRO-FS、NEDO事業、環境省事業
背景	コスタリカ政府は国内バリューチェーンに次いで、国際バリューチェーンへの関心が高い。
先行事例	日本政府は、MCH、アンモニア、また液化水素を活用した製造、輸送に関する事業をアジア、オセアニア、中東、ロシアなどで進めている。 オランダのロッテムダム港は将来の水素ハブとしての地位を確立するために様々な事業を行っている。
活動内容	1. 国際バリューチェーンに水素を供給するための港湾施設、パイプラインや国内における水素製造設備等の検討を行う。 2. ・輸出ビジネスを行う可能性がある商社等も巻き込んでビジネスモデルを検討する。
実施者	MINAE、INCOP(コスタリカ港湾機関)
民間参入の可能性等	・大手のエンジニアリング会社や商社の参画が必要。

項目	内容
種別	ポテンシャル等の調査ニーズと提案
案件名	地域バリューチェーン対応のための水素ステーション整備計画調査
協力スキーム	技術協力(南南協力含む)
背景	コスタリカ政府は、地域バリューチェーンへの関心が高い。コスタリカと日本は「共に」(Juntos:フントス)のコンセプトで発展しあうパートナーシップを築き、周辺諸国の支援を共同で行ってきた。 また国内に唯一存在するパンアメリカンハイウェイ沿いのモニタリングポイントでは年間11万台の大型トラックの通行が記録されているが、うち半数以上が外国籍である。交通セクターの脱炭素の達成には、これらも含めた対策が必要になる。
先行事例	日本政府は、自治体や事業者と共同で水素ステーションの整備を進めている。
活動内容	<ol style="list-style-type: none"> 1. パンアメリカンハイウェイ沿いに水素ステーションの整備を行うため、国際物流の調査を行い水素ステーションの設置間隔や水素製造キャパシティについての検討を行う。 2. 各国で必要な再エネ量とその調達方法を検討する(コスタリカからの送電を第一案として検討)。 3. 水素ステーションの整備区間については、 4. 車両(トラック、バス)の転換に係るリース・融資等支援の仕組み作り。
実施者	大統領府、MINAE、地域国際機関(IDB、CABEI、SICAなど)
民間参入の可能性等	水素ステーションの整備や、水素車両の導入に関心のある企業の参入可能性がある。

項目	内容
種別	具体案件の実施に係るニーズと提案
案件名	水素モビリティの導入事業
協力スキーム	海外投融资、円借款、NEDO、JCM
背景	コスタリカ政府は中米地域の脱炭素をリーダーシップをとって進めることができるポテンシャルと関心がある。また、長距離輸送の脱炭素化を進めるにあたって、コスタリカ一国での達成は難しい。
先行事例	日本政府などが、水素ステーションの整備計画を進めている。カリフォルニアでは日系商社が水素ステーションの整備を行っている。
活動内容	水素ステーションの整備、車両の化石燃料から水素燃料への転換を行うとともに、継続して車両の燃料転換が進むような仕組みづくりを行う。
実施者	MINAE
民間参入の可能性等	水素ステーションの整備や、水素車両の導入に関心のある企業の参入可能性がある。

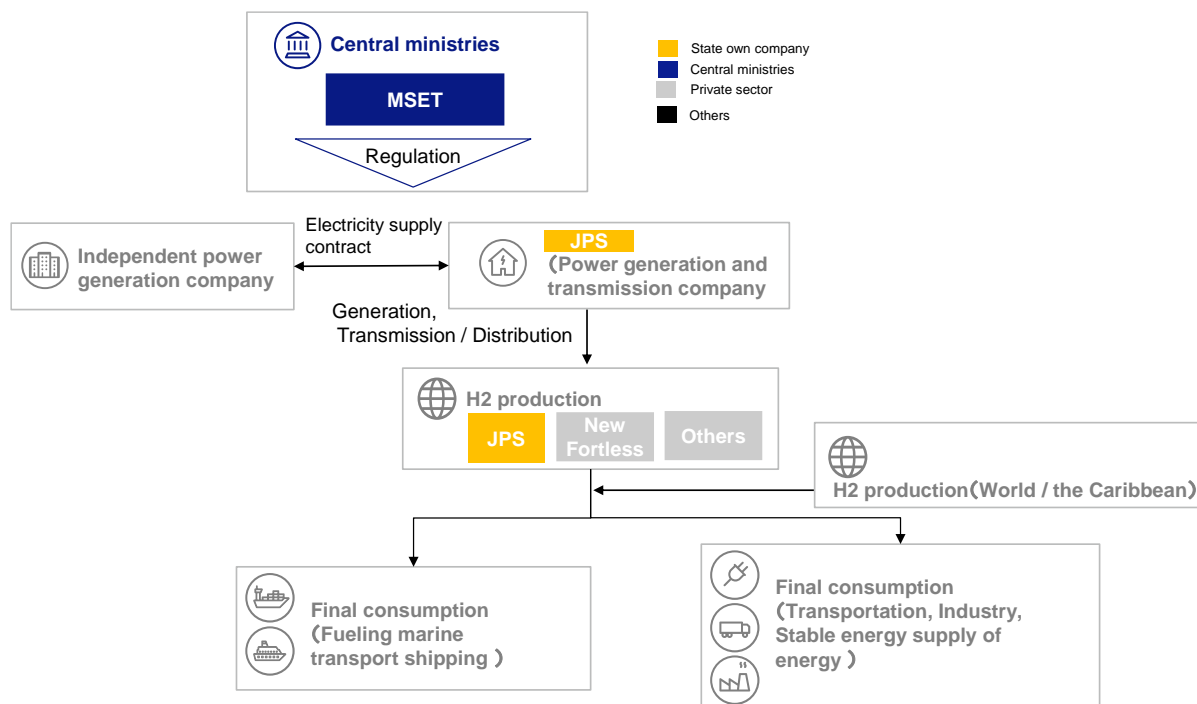
項目	内容
種別	具体案件の実施に係るニーズと提案
案件名	工業セクターの脱炭素化事業
協力スキーム	海外投融資、円借款、NEDO、環境省
背景	コスタリカの脱炭素化で残るのが交通、産業セクターである。コスタリカの主要産業である精密機械等は電気エネルギーを活用しており、再エネ電力で脱炭素化が容易な一方、化石燃料の燃焼による高熱や蒸気等を利用する産業が水素を活用しての脱炭素化に関心を有している。
先行事例	脱炭素化が難しい、高い熱を必要とする重工業や長距離輸送のために、水素の利活用は世界的に検討されている。
活動内容	1. 工業セクターの化石燃料を転換するための水素量とその製造方法を検討する。 2. 水素バーナやボイラ技術を活用し水素燃料に転換する方策を検討する。
実施者	MINAE、ICE、民間企業
民間参入の可能性等	重工業が製鉄セクターであれば技術を有する製鉄会社や、バーナ、ボイラ等技術を有するメーカーの参入可能性がある。

出典: JICA 調査団

6.5. ジャマイカ

6.5.1. 水素バリューチェーン構築の現状と課題

詳細調査の結果を反映した水素バリューチェーンの概要は以下の通りである。



出典: JICA 調査団

図 6.5 詳細調査の結果を反映した水素バリューチェーン (ジャマイカ)

国内バリューチェーン：ジャマイカは現時点では国内の水素利用への関心が最も高い。一方で政府としても現状の再エネ率がグリーン水素の積極的な製造には不十分であるとの認識であり、まず洋上風力等も活用して再エネ率を上げたうえで、水素の導入を進めていきたいとの考えである。

1) 電力の安定供給の手段として水素の導入が求められる。また、カーボンニュートラル達成のために、現在化石燃料を消費している 2) 交通セクター、および 3) 産業セクターの脱炭素化を進める手段としても水素が有望と考えられている。

地域バリューチェーン：現時点で政府は地域バリューチェーンについて関心が高いわけではない。一方で、カリブ地域の発展のために、地域バリューチェーンの考え方が有効であることについて同意している。民間セクターでは、カリブ海地域の脱炭素化を進めるにあたっての水素活用のポテンシャルにも着目しており地域バリューチェーンにも関心がある。

国際バリューチェーン：現時点で政府は国際バリューチェーンについて関心が高いわけではない。一方で、十分な水素製造能力がないものの、海運の脱炭素化に向けて水素が必要になる際には、南米等からグリーン水素を輸入する可能性は高く、その意味で国際バリューチェーンとの繋がりが重要である。

バリューチェーンの段階ごとの状況は以下の通りである。

製造段階：製造に関する課題は、再エネ電力の導入を拡大することがある。現在 USAID によって洋上風力のポテンシャル調査が実施されており、ジャマイカ政府はその結果に高く期待している。現状ではグリーン水素の生産設備が存在しないため、小規模でも構わないので港湾や公共交通向けの水素製造を実施することが望まれる。

輸送段階：島内の輸送については車両やパイプラインが想定される。地域や国際バリューチェーンにおいては水素やアンモニアとして輸送する必要性が増加すると考えられるため、港湾における関連設備の整備が重要である。

消費段階：海運での利用、国内公共交通、国内産業での利用が想定される。

上記を踏まえた課題は以下の通りである。

政策面の課題：水素に関する国としての戦略が定められていないことが課題である。特にキングストン港をどのように世界の海運の脱炭素化に遅れないようにしていくかについて、計画を準備する必要がある。

制度面の課題：燃料や電力に関するユーティリティを担っている JPS は水素においても一定の役割を果たすことが期待されているが、最も安い価格でエネルギー調達、製造を行うことが法律で規定されているため、水素等の導入がしにくい体制にある。

技術面の課題：現状、グリーン水素の製造設備や関連設備が小規模なものを除けば存在しないため、パイロット事業として大型の電解装置や水素貯蔵設備を整備することが必要である。まず港湾設備に必要な技術を導入することが考えられる。それに加えて、MSET が関心を持つ公共交通のことを考えれば、運行間隔が短く充電の時間が取りにくいバス路線での利用等が考えられる。

資金面の課題：水素製造のために電力供給量の増加が必要であり、まず太陽光と陸上風力を増強しつつ、洋上風力等も進めていく必要がある。これらに関する資金調達メカニズムの確認が重要であり、これらを後押しする資金協力も求められている。

6.5.2. 水素導入に係る政策提言（案）

制度に関するニーズと提案、ポテンシャル等の調査ニーズと提案、具体案件の実施に係るニーズと提案、キャパシティビルディングに関するニーズと提案の4つの提案に分類して整理した。

表 6.9 ジャマイカにおける政策提言案

項目	内容
種別	制度に関するニーズと提案
提言内容	水素戦略の策定と、統合資源レジリエンス計画(IRRPP)に対する水素計画の策定支援
背景	2018年に策定された統合資源計画(IRRPP)は、特に発電源における再エネの拡大を見込んでいるが、水素に関する言及はされていない。本年度に改訂予定のため、今後水素に関する計画が追加される可能性がある。一方、IRRPPと同様のプロセスで策定されるIRRPPは、今後準備されることから、水素計画の策定支援の可能性があり得る。これらの計画に基づいて、水素戦略を準備する必要がある。
先行事例	日本を含め、多くの国において水素戦略やロードマップが準備されている。
実施者	MSET
民間参入の可能性等	再エネの導入量が重要であるため、エネルギー分野への投資を検討している企業と連携して計画を策定する必要がある。またキングストン港など、港湾におけるインフラ整備が重要となるため、港湾管理者や海運業者との連携も必要である。

項目	内容
種別	ポテンシャル等の調査ニーズと提案
提言内容	<ul style="list-style-type: none"> - 海運・港湾セクターにおける燃料転換及びインフラ設備に関するポテンシャル調査 - 公共交通に関する水素燃料活用のポテンシャル調査 - 工業団地開発等と連携した物流セクターおよび産業セクターの水素化ポテンシャル調査
背景	パイロットプロジェクトとして、水素インフラ導入を考える際に、優先順位を検討する必要がある。水素戦略やロードマップの具体化支援に資する。水素戦略の策定段階、また水素戦略策定後の具体化段階のいずれかにおいての支援として実施が必要になる。
先行事例	日本を含め多くの国で水素戦略の中で取り組むべきセクターや優先事業についての言及がなされている。
実施者	MSET
民間参入の可能性等	調査において民間セクターの知見、協力が求められる。また民間セクターの優先度が高いとの結論の場合は主に民間企業が将来のパイロット事業を実施することになる。

項目	内容
種別	具体案件の実施に係るニーズと提案
提言内容	カーボンニュートラルレポートの検討
背景	2018年4月に、国際海事機関(IMO)が温室効果ガス(GHG)削減戦略を採択した。これにより、国際海運全体でのGHG削減目標として、①2030年までに効率40%以上改善、②2050年までに総排出量50%以上削減、③今世紀中なるべく早期に排出ゼロを目指す、が合意されたこととなった ⁴⁸ 。
先行事例	日本では2021年にカーボンニュートラルレポート(CNP)の形成に向けた施策の方向性とCNP形成計画策定マニュアルが国土交通省によってまとめられた。
実施者	MSET、Port Authority of Jamaica
民間参入の可能性等	港湾に関する様々な企業が参入する可能性がある。

項目	内容
種別	キャパシティビルディング・資金協力に関するニーズと提案
提言内容	MSETやJPS、UTECH、キングストン港に關係するスタッフ(Port Authority of Jamaica、the Shipping Association of Jamaica、海運事業者などの職員)の能力強化 University of Technology (UTECH)との研究、人材育成面での国際連携
背景	水素分野に関する人材は多くないため、水素分野の検討、実施に向けた活動を進めるためには国内の人材を増やしていく必要がある。
先行事例	様々な国際機関、ドナーが中南米地域で水素分野に関するセミナー等を通じたキャパシティビルディングを行っている。
実施者	MSET、JPS、UTECH、キングストン港
民間参入の可能性等	自治体、研究機関(独立行政法人等)、大学等との協力を軸とし、技術を有する民間企業の参画も期待できる。

出典: JICA 調査団

6.5.3. 公的部門による関連プロジェクト案および民間部門との分担

調査を通じ、ジャマイカにおいては、いまだ水素に関する戦略等が公表されていないため、官民両者において水素分野に係る取り組みに関心は高いものの、具体的な官民の役割像は共有されていないとの印象を受けた。

公的部門からは、国内の公共交通等での水素を優先的に進めたいとの声もあり、まず、公的部門には、再生可能エネルギーの普及を加速、最大化するような施策、そして水素戦略の策定を進めていく必要がある。戦略策定の中で、水素製造、公共交通への水素導入、キングストン港に関する水素化の戦略策定などについての調査、優先順位付け等が必要になる。

民間部門では、海外民間企業が80%、ジャマイカ政府が19.9%を保有するJPS(発電事業者かつ唯一の送電事業者)が国内最大のエネルギー関連企業の一つとして水素においても重要な役割を果たすことが期待される。JPS自身にも関心はあるものの、同社の活動は法律で規定されている部分があるため、水素など新しい取り組みを進めるにあたっては法改正も必要となる。よってJPSの役割は、国の定める国家戦略を受けて、その中でJPSが果たすべき役割についての議論の上、法改正をもって正式化されることになる。

⁴⁸ 「IMO GHG 削減戦略への対応に関する調査研究」 <https://www.mlit.go.jp/common/001302988.pdf>

ジャマイカの現状では、まず国としての方針の中で官民の分担について方向性が示されることが求められていると言える。

6.5.4. 日本が提供し得る協力案

ロングリスト案として、政策提言の中で、日本の知見、経験を活かした協力をし得る内容を以下の通り整理した。

表 6.10 日本が提供し得る協力案（ジャマイカ）

項目	内容
種別	制度に関するニーズと提案
案件名	水素戦略の策定と、統合資源レジリエンス計画(IRRPP)に対する水素計画の策定支援
協力スキーム	技術協力
背景	2018年に策定された統合資源計画(IRP)は、特に発電源における再エネの拡大を見込んでいるが、水素に関する言及はされていない。本年度に改訂予定のため、今後水素に関する計画が追加される可能性がある。一方、IRPと同様のプロセスで策定されるIRRPPは、今後準備されることから、水素計画の策定支援の可能性があり得る。これらの計画に基づいて、水素戦略を準備する必要がある。これら上位のエネルギー関連計画の策定時に水素関連でインプットを行う支援と、水素戦略の策定支援がニーズとして考えられる。
先行事例	日本を含め、多くの国において水素戦略やロードマップが準備されている。
活動内容	<ol style="list-style-type: none"> 1. 将来の水素需給ポテンシャルの検討 2. 水素利用の検討(例:公共交通、工業、輸送、電力貯蔵、国際港における燃料利用) 3. 水素戦略の策定と上位計画への提言 4. 官民の役割分担の検討、明確化
実施者	MSET
民間参入の可能性等	再エネの導入量が重要であるため、エネルギー分野への投資を検討している企業やグリッド全体の安定化と連携して計画を策定する必要がある。またキングストン港など、港湾におけるインフラ整備が重要となるため、海運業者との連携も必要である。 また政策レベルで官民の役割分担が示されることで、民間参入が促進される。

項目	内容
種別	ポテンシャル等の調査ニーズと提案
案件名	水素導入のためのインフラ整備計画調査
協力スキーム	技術協力、協力準備調査(海外投融資)、METI-FS(質の高いインフラ関連、他)、JETRO-FS、NEDO事業、環境省事業
背景	パイロットプロジェクトとして、水素インフラ導入を考える際に、優先順位を検討する必要がある。水素戦略やロードマップの具体化支援に資する。水素戦略の策定段階、また水素戦略策定後の具体化段階のいずれかにおいての支援として実施が必要になる。
先行事例	日本を含め多くの国で水素戦略の中で取り組むべきセクターや優先事業についての言及がなされている。オランダのロッテムダム港は将来の水素ハブとしての地位を確立するために様々な事業を行っている。
活動内容	<ol style="list-style-type: none"> 1. 海運・港湾セクターにおける燃料転換及びインフラ設備に関するポテンシャル調査 2. 公共交通に関する水素燃料活用のポテンシャル調査 3. 工業団地開発等と連携した物流セクターおよび産業セクターの水素化ポテンシャル調査
実施者	MSET
民間参入の可能性等	調査において民間セクターの知見、協力が求められる。また民間セクターの優先度が高いとの結論の場合は主に民間企業が将来のパイロット事業を実施することになる。

項目	内容
種別	具体案件の実施に係るニーズと提案
案件名	カーボンニュートラルポートの検討
協力スキーム	海外投融資、円借款、NEDO、国土交通省、環境省
背景	「2018年4月に、国際海事機関(IMO)が温室効果ガス(GHG)削減戦略を採択した。これにより、国際海運全体でのGHG削減目標として、①2030年までに効率40%以上改善、②2050年までに総排出量50%以上削減、③今世紀中なるべく早期に排出ゼロを目指す、が合意されたこととなった」 ⁴⁹ 。
先行事例	日本では2021年にカーボンニュートラルポート(CNP)の形成に向けた施策の方向性とCNP形成計画策定マニュアルが国土交通省によってまとめられた。 ⁵⁰
活動内容	<p>以下のようなフローを通じてカーボンニュートラルポート形成計画を策定する。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. カーボンニュートラルポートの形成計画における基本的な事項の検討 2. 温室効果ガス排出量の推計 3. 温室効果ガスの削減目標および削減計画の設定 4. 水素・燃料アンモニア等供給目標及び供給計画の設定 5. 港湾・産業立地競争力の強化に向けた方策の検討 6. ロードマップの策定 7. 対策の実施・進捗管理・公表
実施者	MSET、Port Authority of Jamaica
民間参入の可能性等	港湾に関する様々な企業が参入する可能性がある。

⁴⁹ 「IMO GHG 削減戦略への対応に関する調査研究」 <https://www.mlit.go.jp/common/001302988.pdf>

⁵⁰ 「カーボンニュートラルポート(CNP)形成計画」策定マニュアル
<https://www.mlit.go.jp/kowan/content/001447257.pdf>

項目	内容
種別	キャパシティビルディング・資金協力に関するニーズと提案
案件名	ジャマイカにおける水素人材の育成事業
協力スキーム	国別研修、本邦研修
背景	水素分野に関する人材が多くないため、水素分野の検討、実施に向けた活動を進めるためには国内の人材を増やしていく必要がある。
先行事例	様々な国際機関、ドナーが中南米地域で水素分野に関するセミナー等を通じたキャパシティビルディングを行っている。
活動内容	1. MSETやJPS、UTECH、キングストン港スタッフの能力強化 2. UTECHとの研究、人材育成面での国際連携
実施者	MSET、JPS、UTECH、キングストン港
民間参入の可能性等	自治体、研究機関(独立行政法人等)、大学等との協力を軸とし、技術を有する民間企業の参画も期待できる。

出典: JICA 調査団

添付資料

添付 0. 日本の水素社会への取組

Ref. Japanese initiatives for hydrogen society (Policy)

Basic Hydrogen Strategy (2017): Lays out the vision for common target that public and private sectors should pursue together with an eye on 2050

- | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>1. Structural challenges involving Japan's energy supply and demand</p> | <p>(1) Energy security and self-sufficiency rate
(2) CO2 emission restrictions</p> |
| <p>2. Significance and importance of hydrogen</p> <p>(1) Diversification of supply/procurement sources to fundamentally reduce procurement/supply risk
(2) Reducing carbon in power generation, transportation, heating and industrial processes
(3) Significance as seen from 3E+S viewpoint</p> | <p>(4) Contributions to the international community through world-leading innovation
(5) Industrial promotion and competitiveness enhancement
(6) Leading hydrogen initiatives in foreign countries</p> |
| <p>3. Basic strategy for realizing a hydrogen-based society</p> <p>(1) Realizing low-cost hydrogen use
(2) Developing international hydrogen supply chain
(3) Renewable energy expansion in Japan and regional revitalization
(4) Hydrogen use in power generation
(5) Hydrogen use in mobility</p> | <p>(6) Potential hydrogen use in industrial processes and heat utilization
(7) Utilizing fuel cell technologies
(8) Utilizing innovative technologies
(9) International expansion (standardization, etc.)
(10) Promoting citizen's understanding and regional cooperation</p> |

NIPPON KOEI

34

Ref. Japanese initiatives for hydrogen society (Policy)

Strategic Road Map for Hydrogen and Fuel Cells (2019)

In order to achieve goals set in the Basic Hydrogen Strategy,

- 1) Set of new targets to achieve (Specs for basic technologies and cost breakdown goals), establish approach to achieving target
- 2) Establish expert committee to evaluate and conduct follow-up for each field.

1. Hydrogen Use (Mobility)

In order to reduce cost for full-scale implementation period, thorough establishment of mass production technology and implementation of regulatory reform

2. Hydrogen supply chain

Acceleration of RD&D to establish technologies for future hydrogen mass-consuming society

3. Other applications for a global "Hydrogen Society"

Developing and deepening the market to expand the application of hydrogen
International cooperation led by Japan for realizing a Global "Hydrogen Society"

NIPPON KOEI

35

Ref. Japanese initiatives for hydrogen society (Demonstration)

Fukushima Hydrogen Energy Research Field (FH2R)

FH2R uses 20MW of solar power generation facilities on a 180,000m² site along with power from the grid to conduct electrolysis of water in a renewable energy-powered 10MW-class hydrogen production unit, the largest in the world. It has the capacity to produce, store, and supply up to 1,200 Nm³ of hydrogen per hour (rated power operation).

Demonstration point:

To identify the optimal operation control technology that combines power grid demand response with hydrogen supply and demand response, using units of equipment that each have their own different operating cycles



Green H2 production and supply in Hibikinada Area

Demonstration project for development of low-cost CO₂-free hydrogen supply chain model by efficiently utilizing multiple renewable energy facilities (PV, Wind and waste-to-energy) in Hibikinada area of Kitakyusyu City.

Demonstration point:

- To realize low production cost of CO₂-free hydrogen by inventing and installing energy management system to efficiently procure surplus energy from multiple renewable energy.
- To develop production and supply model of low-carbon CO₂-free hydrogen by implementing simulation of operation method of equipment such as electrolyzers and procurement method of low-cost electricity in operating supply chain of transport of produced hydrogen to logistic facility and hydrogen station through pipeline for final use



NIPPON KOEI

36

Ref. Japanese initiatives for hydrogen society (International Cooperation)

Japan's International cooperation on hydrogen sector

Opponent	Date	Name of MOC/Partnership/Joint statement
New Zealand	Oct 23, 2018	MOC on Hydrogen
Argentina	Sep 25, 2019	MOC to boost the development of hydrogen as a pollution-free energy source
Australia	Jan 10, 2020	JOINT STATEMENT ON COOPERATION ON HYDROGEN AND FUEL CELLS BETWEEN THE MINISTRY OF ECONOMY, TRADE AND INDUSTRY OF JAPAN AND THE DEPARTMENT OF INDUSTRY, INNOVATION AND SCIENCE OF AUSTRALIA
UAE	Jan 2021	MOC on Fuel Ammonia and Carbon Recycling
Netherlands	Jan 21 2021	Dutch-Japanese partnership in hydrogen developments
Russia	Sep 2, 2021	Joint Statement of Intent between the Ministry of Economy, Trade and Industry of Japan and the Ministry of Energy of the Russian Federation on Cooperation in the field of Sustainable Energy
US, Australia, India	Sep 24, 2021	Clean hydrogen partnership

NIPPON KOEI

37

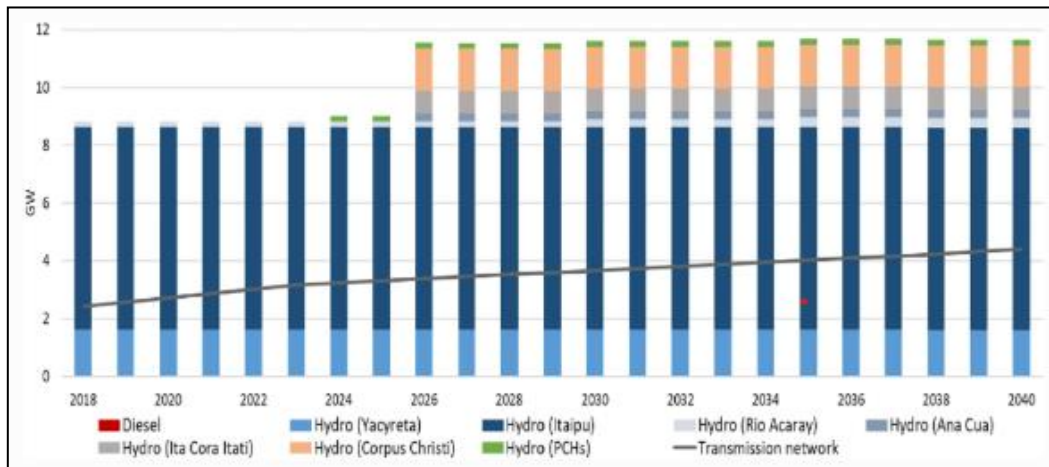
Ref. Japanese initiatives for hydrogen society (International Cooperation)

Hydrogen Energy Ministerial Meeting hosted by METI

Date	Overview	Participants
Oct 23, 2018	Participants held discussions on obstacles to the realization of a global "Hydrogen Society" and future directions of related policies. Then, Tokyo Statement, the chair's summary of the meeting, was released.	Australia, Austria, Brazil , Brunei, Canada, Chile , China, <u>Costa Rica</u> , Denmark, France, Germany, Iceland, India, Indonesia, Italy, Netherlands, New Zealand, Norway, Poland, Qatar, Russia, Saudi Arabia, Singapore, South Africa, South Korea, Spain, Sweden, UAE, UK, US, European Commission (EC), IEA
Sep 25, 2019	After sharing the status of "Tokyo Declaration," direction of policies toward the global utilization of hydrogen was discussed and "Global Action Agenda (GAA)" was released as action as an action guideline for hydrogen and fuel cells in each country	UAE, Argentina , Italy, Indonesia, UK, EC, Australia, Oman, the Netherlands, Canada, the ROK, IEA, IRENA, Costa Rica , Saudi Arabia, Hydrogen Council, Spain, Thailand, Tanzania, Chile , Germany, New Zealand, Norway, Pakistan, Bangladesh, ERIA, the Philippines, France, Brunei Darussalam, US, Vietnam, Poland, Morocco, and Russia
Oct 14, 2020	"GAA Progress Report," a report on the progress in the efforts by member countries and organizations for GAA, was released. Also, ministers of 23 countries and leaders of international organizations and industrial players which have been advancing efforts for realization of a hydrogen-based society, made briefings on future directions of such efforts.	Argentina , Australia, Brunei Darussalam, Canada, EC, France, Germany, Hydrogen Council, IEA, IPHE, IRENA, Netherlands, New Zealand, Norway, Oman, Portugal, Russia, Singapore, South Africa, UAE, and UK
Oct 4, 2021	Representatives presented their progress on hydrogen projects including international cooperation and studies on hydrogen production potential, and their thinking and progress of deliberations regarding systems and regulations to ensure smooth hydrogen trade. They also shared information about their challenges and policy directions toward furthering the cause of using hydrogen globally in the future.	Argentina , Australia, Chile , EC, Germany, Netherlands, New Zealand, Norway, Poland, Saudi Arabia, Spain, UAE, IEA, IPHE, Hydrogen Council, JH2A, Brunei, Czech Republic, Egypt, Indonesia, Malaysia, Republic of Korea, Russia, South Africa, Thailand, UK, US, Alberta (Canada), IRENA

添付 1. パラグアイ

1.1. エネルギーバランス/電力需要およびコスト



出典: Pappis.I et al. (2021). Implications to the electricity system of Paraguay of different demand scenarios and export prices to Brazil. Retrieved from <https://link.springer.com/article/10.1007/s12667-020-00420-w/figures/2>

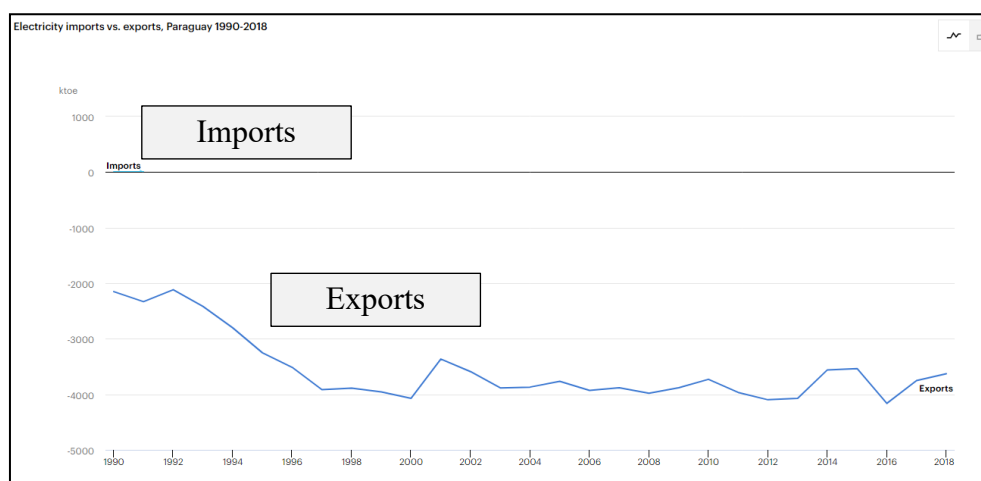
添付-図 1 パラグアイにおける電力構成計画

添付-表 1 南米における電力取引概要

Particular	Argentina	Brazil	Chile	Paraguay	Uruguay
Electricity Imports(bil. kWh)	9.8	25.0	0.0	0.0	0.0
Electricity Exports(bil. kWh)	0.3	0.2	0.0	42.0	1.2
Net Imports	9.5	24.8	0.0	-42.0	-1.2
Remarks: Year	2018	2019	2019	2019	2018

注: 上表における Electricity imports, Electricity export, Import は 5 か国間で完結している訳ではない。

出典: US Energy Information Administration (EIA).(2020). Retrieved from <https://www.eia.gov/international/overview/world>

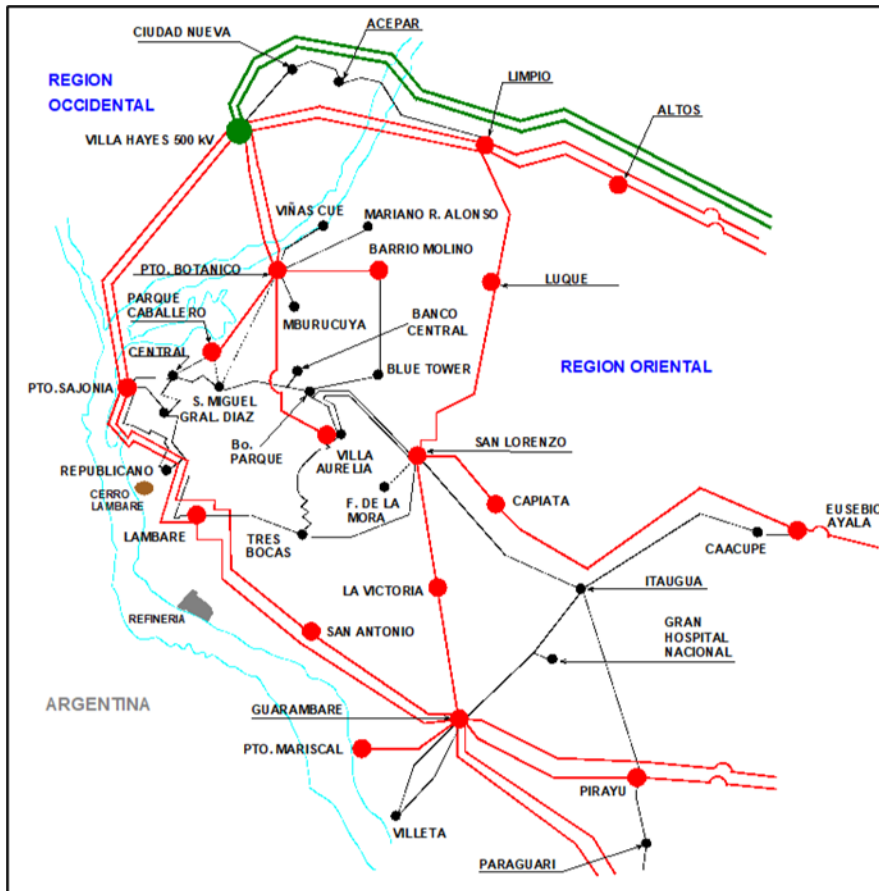


出典: IEA.(2018). エネルギーデータ Retrieved from <https://www.iea.org/data-and-statistics>

添付-図 2 電力輸出入量の推移(パラグアイ: 1990-2018年)

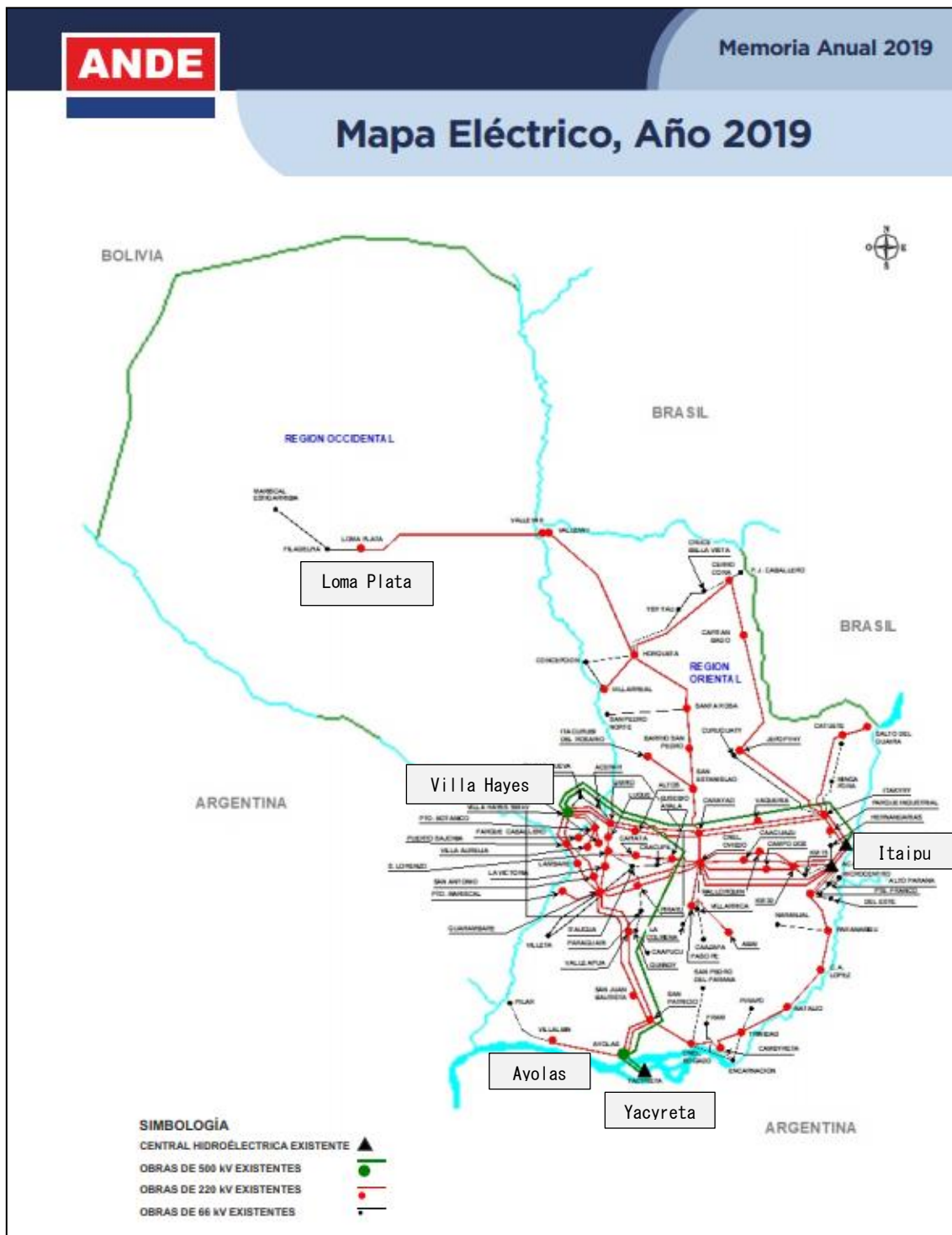
1.2. 国内外送電網の状況

(1) 国内送電網



出典：ANDE. (2019). Memoria Annual 2019. Retrieved from <https://www.ande.gov.py/finanzas/MEMORIA%20ANUAL%202019/ANDE%20-%20MEMORIA%20ANUAL%202019.pdf>

添付-図 3 パラグアイの国内送電網（1）



出典: ANDE. (2019). Memoria Anual 2019. Retrieved from <https://www.ande.gov.py/finanzas/MEMORIA%20ANUAL%202019/ANDE%20-%20MEMORIA%20ANUAL%202019.pdf>

添付-図 4 パラグアイの国内送電網 (2)

(2) 国際送電網



出典: 海外電力調査会海外諸国の電気事業.(2020).海外諸国の電気事業 第2編(2020).

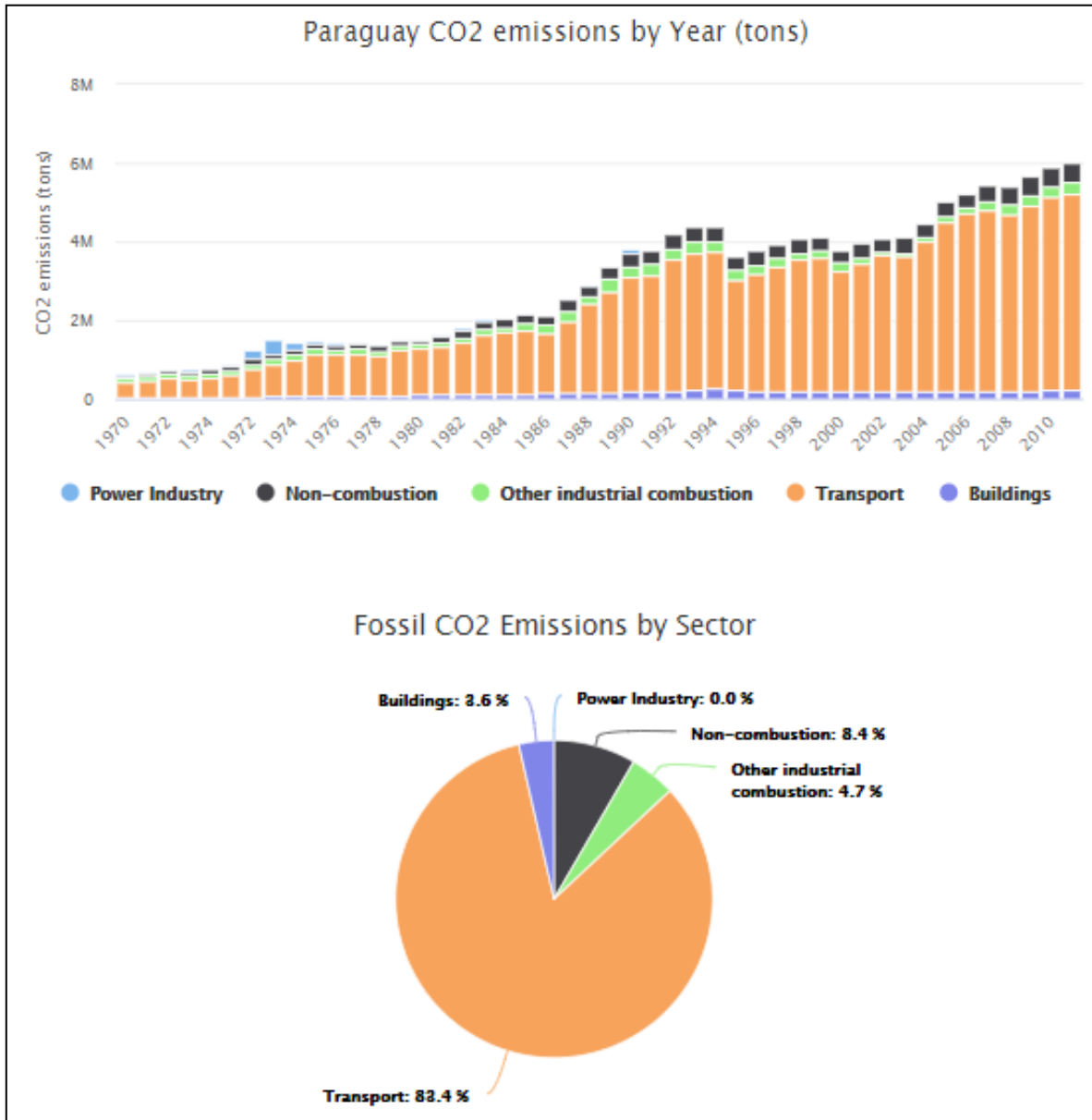
添付-図 5 南米における国際送電網 (1)

#	Points	Countries	Voltage (kV)	Capacity (1,000kW)	Remarks
1	Cuestecita - Cuatricentenario	Colombia - Venezuela	230	150	In operation
2	Tibú -- La Fría	Colombia - Venezuela	115	36/80	In operation
3	San Mateo - El Corozo	Colombia - Panamá	230	150	In operation
4	Cerromatoso - Panamá	Colombia - Ecuador	230	300	Under planning
5	Pasto - Quito	Colombia - Ecuador	138	200/250	In operation
6	Jamondino - Pomasqui	Colombia - Ecuador	230	250	In operation
7	Ipiiales - Tulcan	Colombia - Ecuador	138	35	In operation
8	Machala - Zorritos	Ecuador - Peru	230	300	In operation
9	Boa Vista - El Gun	Brasil - Venezuela	230/400	200	In operation
10	La Paz - Puno	Bolivia - Peru	230/220	150	Under planning
11	Salidas de Central Itaipú	n.a.	500/220	14,000	Suspended
12	Foz de Iguazú - Acaray	Brasil - Paraguay	220/138	50	In operation
13	El Dorado - Mcal. A. López	Argentina - Paraguay	220/132	30	In operation
14	Clorinda - Guarambaré	Argentina - Paraguay	132/220	150	In operation
15	Salidas de Central Yacuyretá	n.a.	500	3,200	In operation
16	Rincón S.M. - Garabí	Argentina - Brasil	500	2,000/2,200	In operation
17	P. de los Libres - Uruguayana	Argentina - Brasil	132/230	50	In operation
18	Salto Grande - Salto Grande	Argentina - Uruguay	500	1,890	In operation
19	Concepción - Paysandu	Argentina - Uruguay	132/150	100	In operation
20	Colonia Elia - San Javier	Argentina - Uruguay	500	1,386	In operation
21	Livramento - Rivera	Brasil - Uruguay	230/150	70	In operation
22	Pte. Médici - San Carlos	Brasil - Uruguay	500	500	In operation
23	C.T. TermoAndes -- Sub Andes	Argentina - Chile	345	633	In operation
24	Yaguacua - Tartagal	Argentina - Bolivia	132	120	Under construction
25	Tacna/Los Héroes - Arica/Párinacota	Perú - Chile	220	150	Under planning
26	Tacna/Montalvo - Arica/Nuevo Crucero	Perú - Chile	500	1,000	Under planning

出典: 海外電力調査会海外諸国の電気事業.(2020).海外諸国の電気事業 第2編(2020).

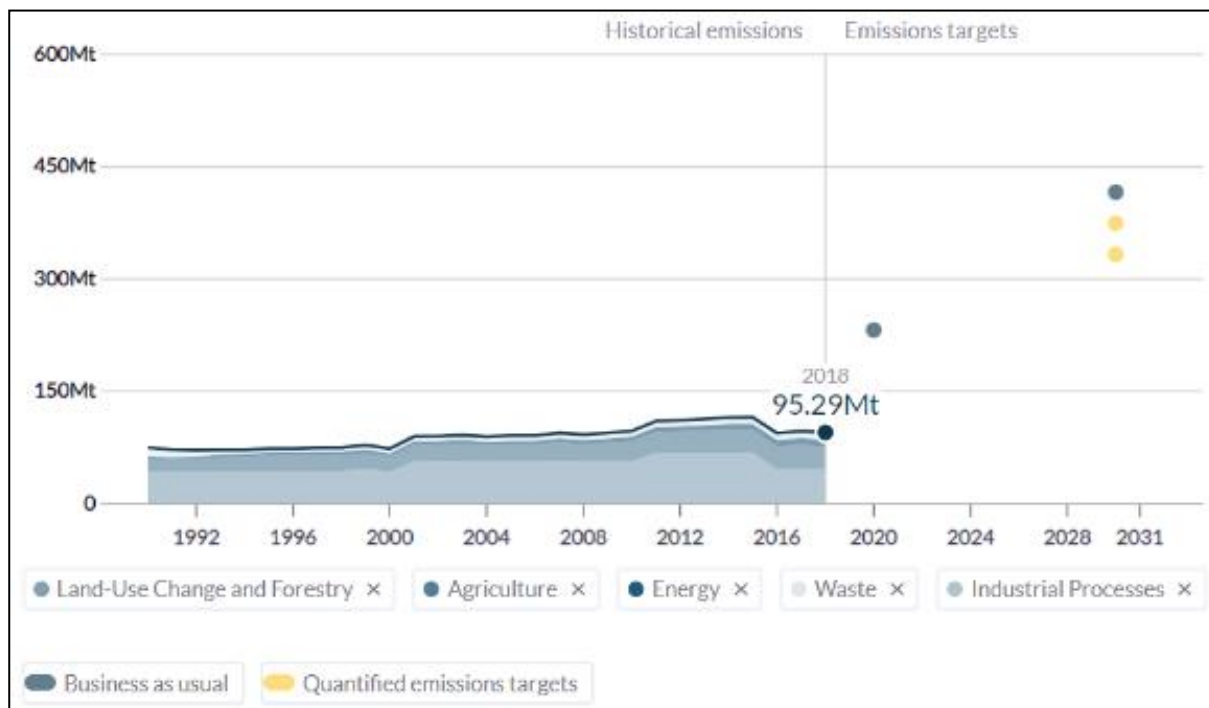
添付-図 6 南米における国際送電網 (2)

1.3. カーボンニュートラルへの取組状況



出典: Worldometer.(2016). Retrieved from <https://www.worldometers.info/co2-emissions/paraguay-co2-emissions/>

添付-図 7 パラグアイにおける CO2 排出状況



出典: Climate Watch. (2018). Paraguay Greenhouse Gas Emissions and Emissions Targets. Retrieved from <https://www.climatewatchdata.org/countries/ARG#climate-vulnerability>

添付-図 8 温室効果ガス排出状況

1.4. エネルギー、再生可能エネルギー、水素関連事業の実施状況（他ドナーによる支援状況を含む）

本邦機関やその他国際機関によるエネルギー、再生可能エネルギー、水素分野における主な支援状況を以下の表にまとめている。

(1) JICA 案件

添付-表 2 パラグアイにおけるエネルギー関連技術協力案件（2016年-2020年）

項目	概要
案件名	該当なし
プロジェクトサイト	N/A
協力期間	N/A
相手国機関名	N/A

出典: JICA. (2021). 案件概要表一覧. Retrieved from https://www.jica.go.jp/activities/project_list/knowledge/region/america/index.html

パラグアイでのエネルギーセクターでの円借款実績を次に示す。

添付-表 3 パラグアイにおける円借款実績

案件名	業種	借款契約日	借款契約額 (百万円)	本体部分(特利適用部分)				コンサルタント部分				事業実施者名
				金利 (%)	償還 期間 (年)	据置 期間 (年)	調達 条件	金利 (%)	償還 期間 (年)	据置 期間 (年)	調達 条件	
国家電力システム効率改善事業	送電線	2021/08/18	9,294	送電線建設: 1.35 省エネ機器交換・設置: 1.15	30	10	IDB アントイド	---	---	---	---	パラグアイ国営電力公社
イグアス水力発電所建設事業	発電所	2006/02/16	21,402	0.75	40	10	一般 アントイド	0.75	40	10	一般 アントイド	パラグアイ国営電力公社
アスンシオン送配電網整備事業	送電線	1994/11/29	8,100	3.00	30	10	一般 アントイド	3.00	30	10	一般 アントイド	パラグアイ電力公社
送配電網建設事業	送電線	1985/11/15	8,800	4.75	25	7	部分 アントイド	4.75	25	7	部分 アントイド	パラグアイ電力公社

出典:JICA データベースより JICA 調査団作成

また、JICA 技プロとしては、2013 年からイグアス湖流域地域総合管理体制プロヘジェクト（技プロ）を通じて ANDE が実施機関となり、イグアス流域（発電所近辺）の管理能力強化を実施している。

(2) 経済産業省、環境省、新エネルギー・産業技術総合開発機構、国際協力銀行

添付-表 4 パラグアイにおける JBIC プロジェクト

項目	概要
案件名	地球環境保全融資
プロジェクトサイト	チリ、パラグアイほか
契約	2011
相手先	アンデス開発公社 (Corporación Andina de Fomento)

出典:JBIC.(2021).

(3) 米州開発銀行 (IDB) 事業

添付-表 5 パラグアイにおける IDB プロジェクト

項目	概要
案件名	Supporting the Preparation and Implementation of Clean Energy Projects under PR-O0004 and PR-L1156
プロジェクトサイト	パラグアイ全土
契約	2020
相手先	ANDE
案件名	Support for the execution of the program PR-L1156 - Rehabilitation and Modernization of the Acaray Hydroelectric Plant and for the preparation of PR-L1173- Investment program for sustainable energy in Paraguay, first operation under the CCLIP PR-O0004
プロジェクトサイト	パラグアイ全土
契約	2019
相手先	ANDE

出典:IDB.(2021). <https://www.iadb.org/en/project/PR-T1285>、<https://www.iadb.org/en/project/PR-T1264>

(4) エネルギー関連開発プロジェクト

パラグアイで予定されているエネルギー分野に係る主なインフラ開発プロジェクトのうち、2020年1月から2021年3月の期間に更新された主な案件の情報を下表に示す。

添付-表 6 パラグアイにおけるインフラ開発リスト

#	タイプ	案件数	設備容量 (MW)		事業規模 (百万 USD)		案件状況
			Min	Max	Min	Max	
1	水力	6件	270	3500	145	8,000	初期工事・高度設計・エンジニアリング:1件 建設中:1件 実現可能性調査:2件 初期設計・エンジニアリング:1件 建設決定承認待ち:1件
2	バイオマス	2件	220	N/A	800	N/A	建設決定承認待ち:1件 高度設計・エンジニアリング:1件

出典:BN America 等情報より JICA 調査団作成

添付 2. チリ

2.1 エネルギーバランス/電力需要およびコスト

添付-表 7 チリにおける電力需要予想 (2020-2040 年)

YEAR	DEMAND FORECAST		
	REGULATED CUSTOMER (**)	FREE CUSTOMER	SYSTEM (*)
2020	27.558	43.695	71.253
2021	28.435	45.506	73.941
2022	28.346	49.441	77.787
2023	28.680	51.898	80.578
2024	29.411	54.923	84.334
2025	30.165	56.246	86.411
2026	31.047	58.498	89.545
2027	31.862	60.558	92.420
2028	32.494	60.583	93.077
2029	33.087	60.857	93.944
2030	33.527	61.245	94.772
2031	34.222	61.644	95.866
2032	35.048	62.527	97.575
2033	36.028	63.264	99.292
2034	37.055	64.003	101.058
2035	38.096	63.827	101.923
2036	39.080	64.098	103.178
2037	40.094	64.571	104.665
2038	41.084	65.366	106.450
2039	42.098	66.399	108.497
2040	43.271	67.903	111.174

(*) Values calculated in MWh and expressed in GWh units

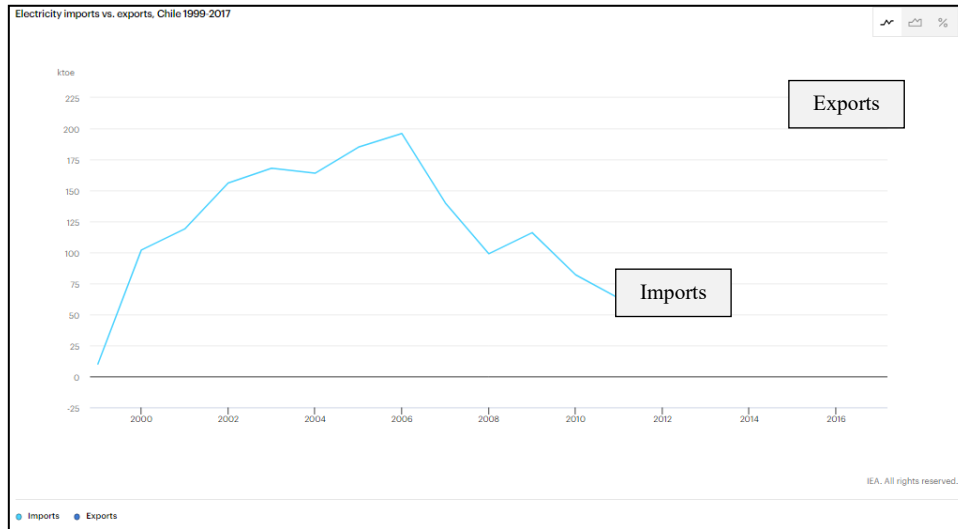
(**) Demand forecast of regulated customers at the primary substation level.

出典: Cuadros Informe Definitivo de Previsión de Demanda 2020-2040 Sistema Eléctrico Nacional y Sistemas Medianos より
抜粋

Country	Total installed generation capacity (GW)	Total Annual Electricity Production (GWh, 2017)	Total Annual Electricity Consumption (GWh, 2017)	Electricity Exports (GWh, 2017)	Electricity Imports (GWh, 2017)	Import share of consumption (2017)	Hydro % of Total Generation	Solar % of Total Generation	Wind % of Total Generation	Other Renewable % of Total Generation	Average Generation Cost (1000 US\$/GWh) [Year]	Average Generation Cost (1000 US\$/GWh) [Year]	Type of Cross-border Exchange	Average Residential Tariff (US\$/kWh)	Average Residential Tariff (US\$/kWh) [Year]	Lifeline Tariff (US\$/kWh)	Lifeline Tariff (US\$/kWh) [Year]	Average Industrial Tariff (US\$/kWh)	Average Industrial Tariff (US\$/kWh) [Year]	Electricity Subsidies	Subsidy rate per kWh (US\$/kWh)	Subsidy rate per kWh (US\$/kWh) [Year]	Government Expenditure on Electricity Subsidies (million US\$)	Government Expenditure on Electricity Subsidies (million US\$) [Year]
Argentina	40.02	145,645	129,022	69	10,531	8.16	28.73	0.60	2.8	0.21	64.60	2019	Occasional							Yes			3,400.00	2018
Brazil	172.80	589,401	498,977	156	36,511	7.32	62.52	1.88	9.11	8.75			Regular (Seasonal/Monthly/weekly/Daily)	0.143	2019			0.119	2019	Yes			277.33	2019
Chile	25.41	79,417	69,624	39			27.40	8.10	6.2	2.60			Occasional	0.192	2019			0.144	2019	Yes				
Colombia	17.46	79,280	61,576	9	78	0.13	77.64	0.19	0.09	1.00			Regular (Seasonal/Monthly/weekly/Daily)	0.145	2019	0.061	2020	0.137	2019	Yes			54.56	2019
Costa Rica	3.53	11,309	9,901	741	551	5.57	69.18	0.08	15.88	14.01			Integrated Power Pool	0.163	2019	0.129	2020	0.214	2019	No				
Jamaica	0.99	4,379	3,209				3.52	1.00	6.6	5.97	26.00	2019	No	0.288	2019	0.075	2018	0.229	2019	Yes				
Mexico	75.69	322,062	271,921	1,804	2,151	0.79	10.20	0.70	3.9	4.10			Regular (Seasonal/Monthly/weekly/Daily)	0.074	2019	0.038	2020	0.145	2019	Yes	0.047	2020	2,699.39	2019

出典: World Bank. (2020). Power Markets Database. Retrieved from
<https://www.worldbank.org/en/who-we-are/ifc/power-markets-database>

添付-図 9 南米諸国のエネルギー、電力関連輸出入



出典: IEA.(2018). エネルギーデータ Retrieved from <https://www.iea.org/data-and-statistics>

添付-図 10 電力輸出入量の推移(チリ : 1999-2017 年)

2.2 国内外送電網の状況

(1) 国内送電網



出典: Global Energy Network Institute. (2021). National Energy Grid Chile. Retrieved from http://www.geni.org/globalenergy/library/national_energy_grid/chile/index.shtml

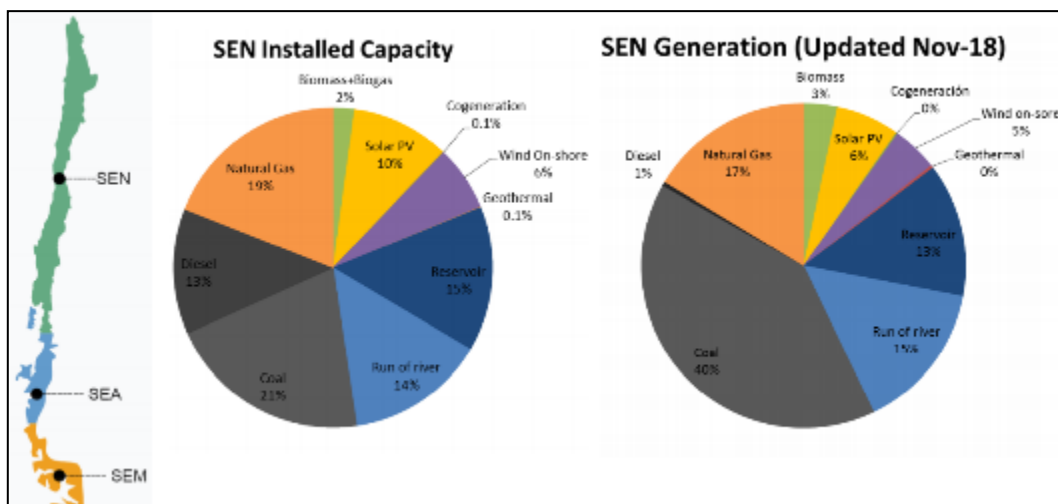
添付-図 11 チリの国内送電網図



出典：eninrac. (2020). Latin America’s Power Transmission Landscape –Moving Towards Smart Grid Expansion for Renewable Integration. Retrieved from https://eninrac.com/vantage/admin/upload/perspective_pt-in-latin-america.pdf

添付-図 12 チリの送電事業への年度別投資予測（左）及び電圧別投資予測

2.3 エネルギー政策/電力会社の計画



出典：Ministerio de Energia. (2018). Long-term Energy Planning in Chile Retrieved

添付-図 13 SEN における発電ポートフォリオ

LTEP results

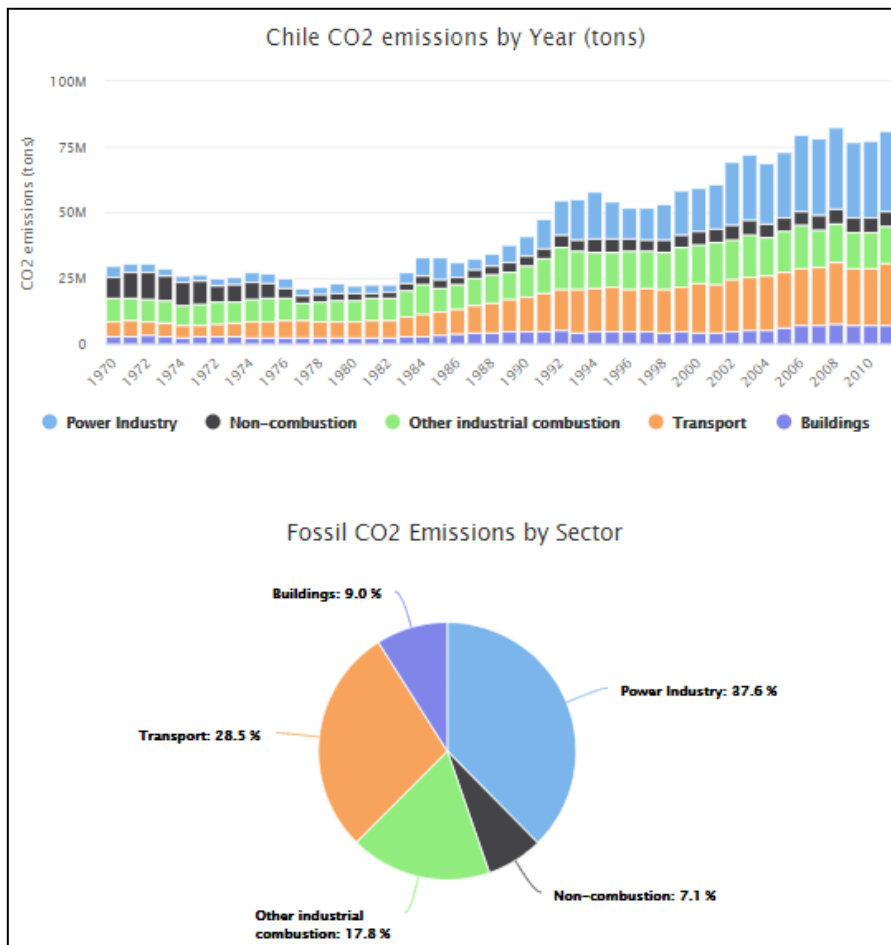
The principals result for Chile in the process 2016-2018 process are:

- By 2050 there will be 40% of **electric vehicles** and **100 % electric buses**.
- By 2046, 100-150 000 households with **distributed generation**.
- By 2030, 60% of **renewable generation** in all scenarios, and in 2 scenarios we reach **90% by 2046**. (Without considering the undergoing process of decarbonization)
- Two scenarios show the need to upgrade **LNG regasification terminals**.
- The **international interconnections** shows bidirectional flows, that exports energy during solar hours and importing energy in the night.

出典：Ministerio de Energia. (2018). Long-term Energy Planning in Chile

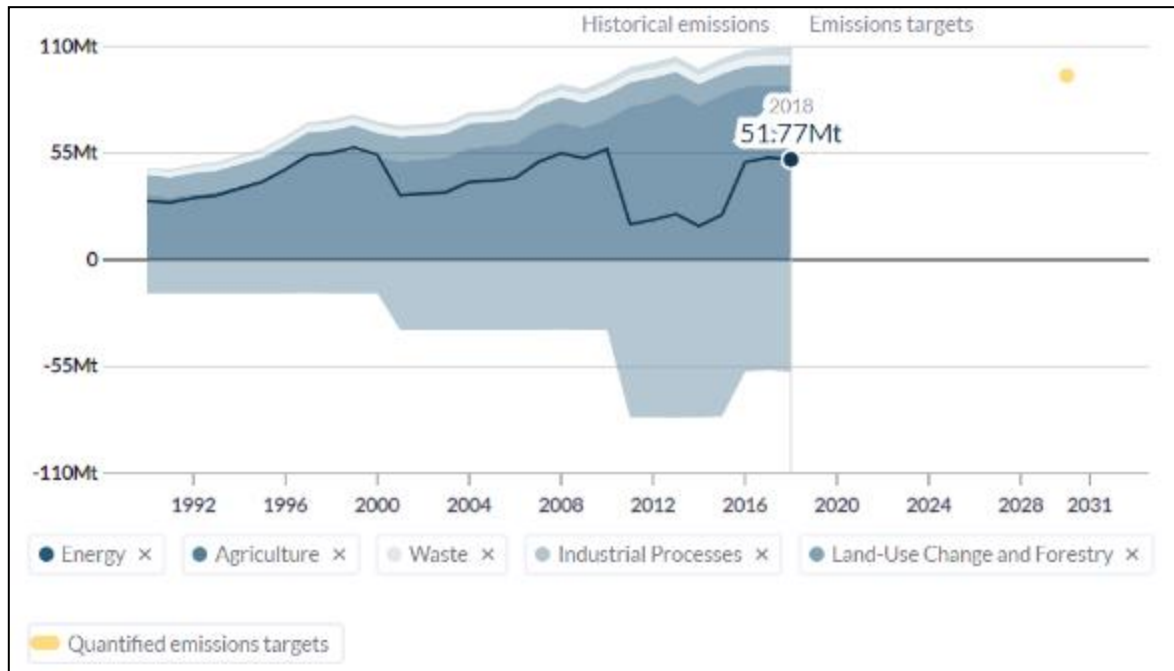
添付-図 14 長期開発計画の骨子

2.4 カーボンニュートラルへの取組状況



出典：Worldometer.(2016). Retrieved from <https://www.worldometers.info/co2-emissions/chile-co2-emissions/>

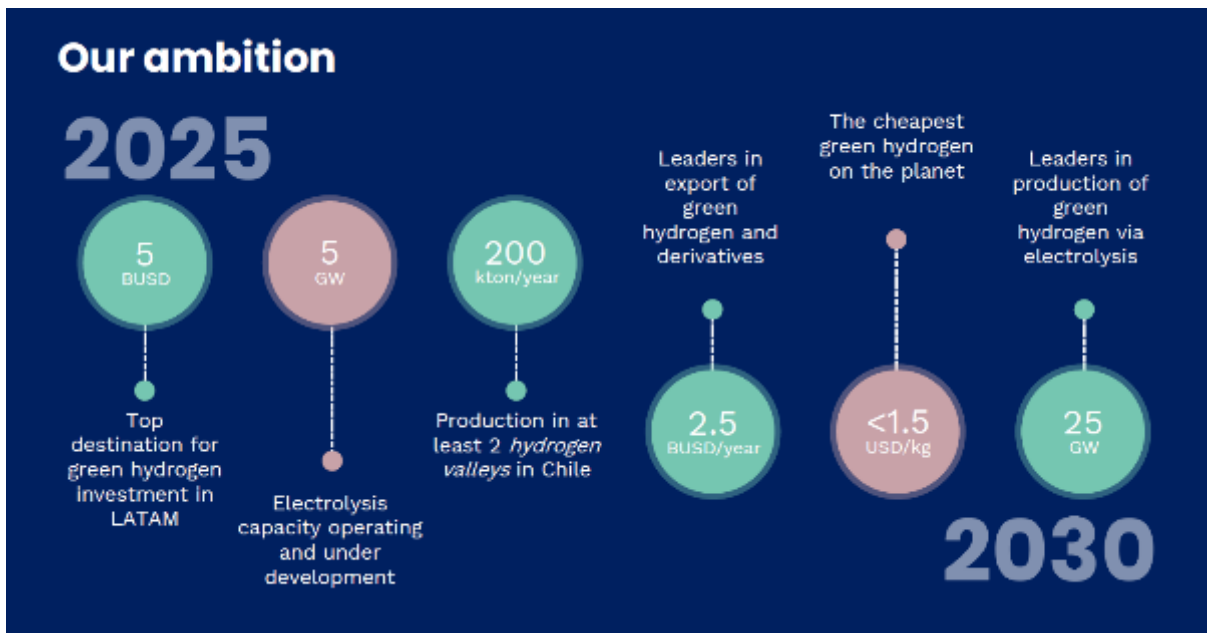
添付-図 15 チリにおける CO2 排出状況



出典: Climate Watch. (2018). Chile Greenhouse Gas Emissions and Emissions Targets. Retrieved from <https://www.climatewatchdata.org/countries/ARG#climate-vulnerability>

添付-図 16 チリにおける温室効果ガス排出状況

2.5 水素に関する政策枠組み、動向



出典: "Latin America-Japan Grid Stabilization & Hydrogen Workshop" におけるアルゼンチン政府の発表資料("Energy trends in Chile")より引用

添付-図 17 チリ水素戦略アクションプラン

2.6 エネルギー、再生可能エネルギー、水素関連事業の実施状況（他ドナーによる支援状況を含む）

本邦機関やその他国際機関によるエネルギー、再生可能エネルギー、水素分野における主な支援状況を以下の表にまとめている。

(1) JICA 案件

添付-表 8 チリにおけるエネルギー関連技術協力案件（2016年－2020年）

項目	概要
案件名	(和) 産業における省エネ推進支援 (英) Energy Efficiency and Management in Industry
プロジェクトサイト	東京
協力期間	2016年04月01日 ～ 2019年03月31日
相手国機関名	(和) エネルギー省 (英) Ministry of Energy

出典:JICA.(2021). 案件概要表一覧. Retrieved from
https://www.jica.go.jp/activities/project_list/knowledge/region/america/index.html

円借款案件は 2016 年から 2020 年において実績はなし。

(2) 経済産業省、環境省、新エネルギー・産業技術総合開発機構、国際協力銀行

添付-表 9 チリにおける NEDO プロジェクト

項目	概要
案件名	地球温暖化対策技術普及等推進事業
プロジェクトサイト	チリ
協力期間	2014ー
委託先	JCMプロジェクト実現可能性調査等実績

出典:NEDO.(2021).

添付-表 10 チリにおける JBIC プロジェクト

項目	概要
案件名	地球環境保全融資
プロジェクトサイト	コロンビア、ペルー、ブラジル、チリ等
契約	2011
相手先	アンデス開発公社(Corporación Andina de Fomento)

出典:JBIC.(2021).

(3) 米州開発銀行 (IDB) 事業

国際機関によるチリに対するエネルギー関連の支援プロジェクトを整理した。以下に、IDB による支援プロジェクトを示す。

添付-表 11 チリにおける IDB プロジェクト

#	プロジェクト名	状況	種類	規模 (USD)	概要
1	Program to Support a Fair, Clean and Sustainable Energy Transition	準備中	ローン	50,000,000	チリにおいて、公正でクリーンかつ持続可能なエネルギーへの移行を支援する事を目的とする。具体的な目的は、(i)エネルギーセクターの長期的な価格・経済的な持続可能性を保障するため、政策に係る規制を改善すること (ii)エネルギーマトリックスの脱炭素化を加速し、市民参加を重視したイノベーションを促進する政策改革を支援すること (iii)COVID-19により脆弱立場にある人々の、最低レベルの生活の質を確保することに貢献することである。
2	Promotion for the Development of a Green Hydrogen Market in Chile	実施中 (2020/11承認)	技術協力	500,000	グリーン水素市場形成支援を目的とし、(i)水素輸出プロジェクトのpre-FSの実施 (ii)Magallanes地域における合成燃料プロジェクトのpre-FS (iii)水素を既存のガス輸送及び配給インフラに混合するための技術及び規制のFS評価 (iv)車両用の水素及びマルチ燃料補給ステーションの規制策定の支援 (v)グリーン水素に関する知識の教育及び普及を実施する。
3	Support for the Modernization of the Energy Sector of Chile with a Citizen-Based Approach	実施中 (2020/9承認)	技術協力	250,000	エネルギー省(MINENERGIA)を通じてチリ政府を支援し、チリのエネルギーロードマップ2018-2022に沿った市民ベースのアプローチにより、エネルギーセクターを近代化することが目的である。
4	Decontamination and Decarbonization Solutions for Chile: Geothermal Energy Applications	実施中 (2020/5承認)	技術協力	400,000	潜在的な地熱エネルギーの地域暖房及び冷房への使用に焦点を当て、チリにおける汚染除去及び脱炭素化に貢献することが目的である。チリ都市部におけるCO2排出削減及び大気汚染抑制と、公衆衛生改善を目的とし、低温地熱資源の開発機会の評価を行う。
5	Latin America Autonomous Vehicles Hub (VAs)	実施中 (2020/7承認)	技術協力	150,000	チリにおける自動運転車の最初の官民イニシアチブを支援する。
6	Energy Sustainable Program	完了	ロ	100,000,000	技術、経済、社会、環境的側面

#	プロジェクト名	状況	種類	規模 (USD)	概要
			ローン		から、国及び地域の両方のニーズ・利益を考慮した政策改革を通じて、チリのエネルギーセクターの持続可能性に貢献することが目的である。具体的目的は、(i)長期的なエネルギー政策を策定すること (ii) 多様化を促進し、エネルギーマトリックスにおける再生可能エネルギーのシェアを増やすこと (iii) 効率的なエネルギー利用を促進すること (iv)国際的なエネルギー取引及び移転を増やすことである。
7	C2F Loan for El Olivo PV (IIC)	完了	ローン	1,880,250	カナダの気候基金によるプロジェクト
8	C2F Loan for Alturas PV (IIC)	完了	ローン	1,861,976	カナダの気候基金によるプロジェクト
9	Support to Chile's Energy Policy Agenda	完了	技術協力	550,000	現在準備中の融資である”Support Chile's Energy Policy" CH-L1083”の準備や実行の支援を目的とする。
10	Support to the Clean Technology Fund (CTF) Geothermal Risk Mitigation Program	完了	技術協力	750,000	MiRiGプロジェクトを選択・支援し、リスクを軽減することが目的である。
11	Los Loros Solar PV Project	完了	ローン	56,400,000	53MWの太陽光発電発電所の建設、運用、保守を通じ、チリの再生可能エネルギー供給を増やすことが目的である。
12	Crucero Solar Photovoltaic Power Project	完了	ローン	66,400,000	72MWの太陽光発電発電所の建設、運用、保守を通じ、チリの再生可能エネルギー供給を増やすことが目的である。
13	Support for the Preparation of Energy Projects Aimed at Employment and Economic Recovery in Latin America and the Caribbean (LAC)	2021年3月公募開始		未公表	チリにおける「水素ハブ」の発展を調査することを目的とする。

出典: IDB 公開情報より JICA 調査団作成

(4) ドイツ国際協力公社 (GIZ)

添付-表 12 GIZ による水素関連の支援概要

相手国	水素関連の支援概要
チリ	2019年にEnergy Partnership Chile-Alemaniaを締結。 上述の通り、2020年12月にはドイツ経済エネルギー省がHaru Oniプロジェクトに対する資金支援 (EUR 8 million) を承認した。2021年6月29日にはグリーン水素に係る協力について Agreement を締結し水素タスクフォースを設ける等、チリの水素セクターへの包括的な支援を進めている。

出典: GIZ ウェブサイト等より JICA 調査団作成

(5) エネルギー分野開発プロジェクト

チリで予定されているエネルギー分野に係る主なインフラ開発プロジェクトのうち、2020年1月から2021年3月の期間に更新された主な案件の情報を下表に示す。

添付-表 13 チリにおけるインフラ開発リスト

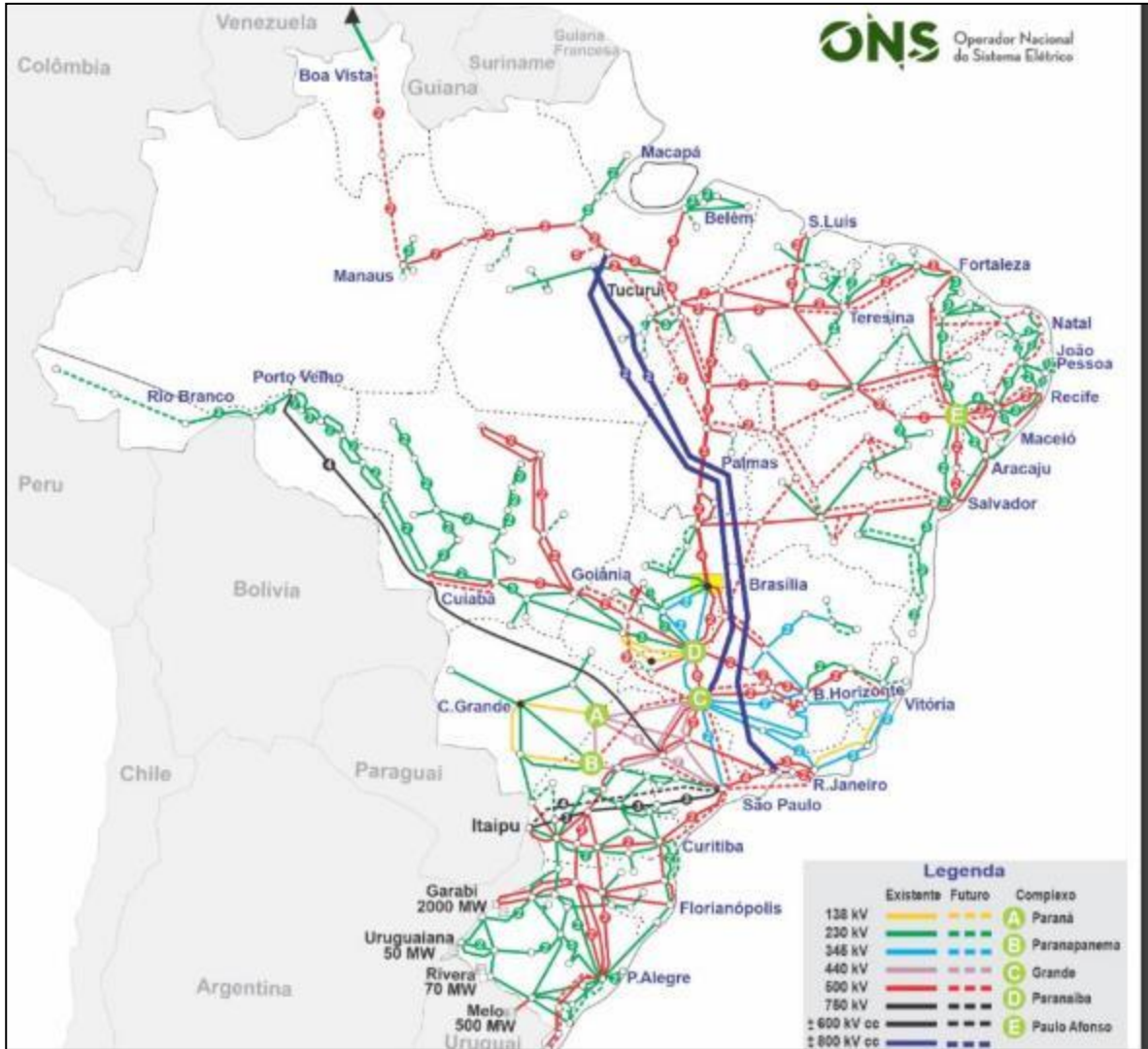
#	タイプ	案件数	設備容量 (MW)		事業規模 (百万 USD)		案件状況
			Min	Max	Min	Max	
1	太陽光	96件	4.8	600.0	4.9	600.0	環境社会配慮: 34件 追加的な環境影響評価1件 建設決定承認待ち: 55件 初期設計・エンジニアリング 6件
2	風力	21件	0.33	528.0	0.7	932.9	実現可能性調査: 4件 環境社会配慮: 4件 建設決定承認待ち: 12件 高度設計・エンジニアリング: 1件
3	水力	10件	2.5	625.0	2.8	1,060.0	環境社会配慮: 2件 追加的な環境影響評価1件 建設決定承認待ち: 6件 高度設計・エンジニアリング: 1件
4	バイオマス	2件	15.0	40.0	70.0	100.0	環境社会配慮: 1件 建設決定承認待ち: 1件
5	地熱	1件	110	---	600	---	環境社会配慮: 1件
6	石油・天然ガス等	10件	---	---	0.4	165	環境社会配慮: 2件 追加的な環境影響評価1件 建設決定承認待ち: 7件

出典: BN America 等情報より JICA 調査団作成

添付 3. ブラジル

3.1. 国内外送電網の状況

(1) 国内送電網

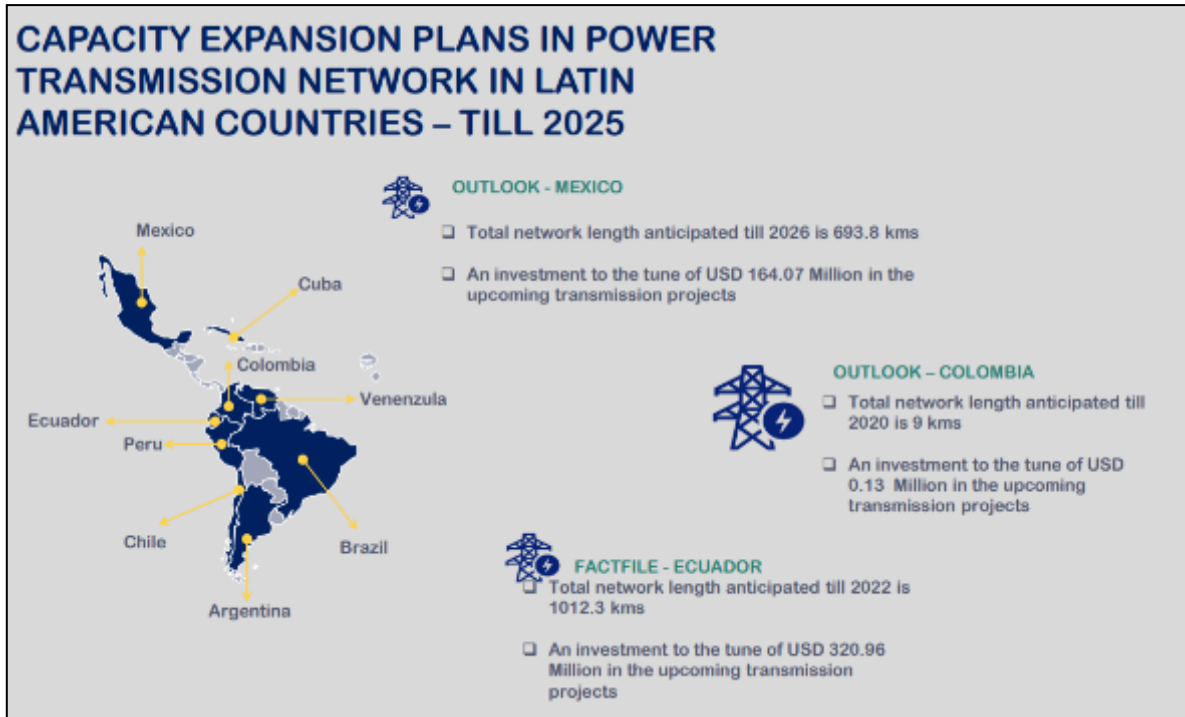


出典: Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS). (2020). Retrieved from

<http://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/mapas>

添付-図 18 ブラジルの国内送電網の状況

(2) 国際送電網



出典: Eninrac. (2020). Retrieved from

https://eninrac.com/vantedge/admin/upload/perspective_pt-in-latin-america.pdf

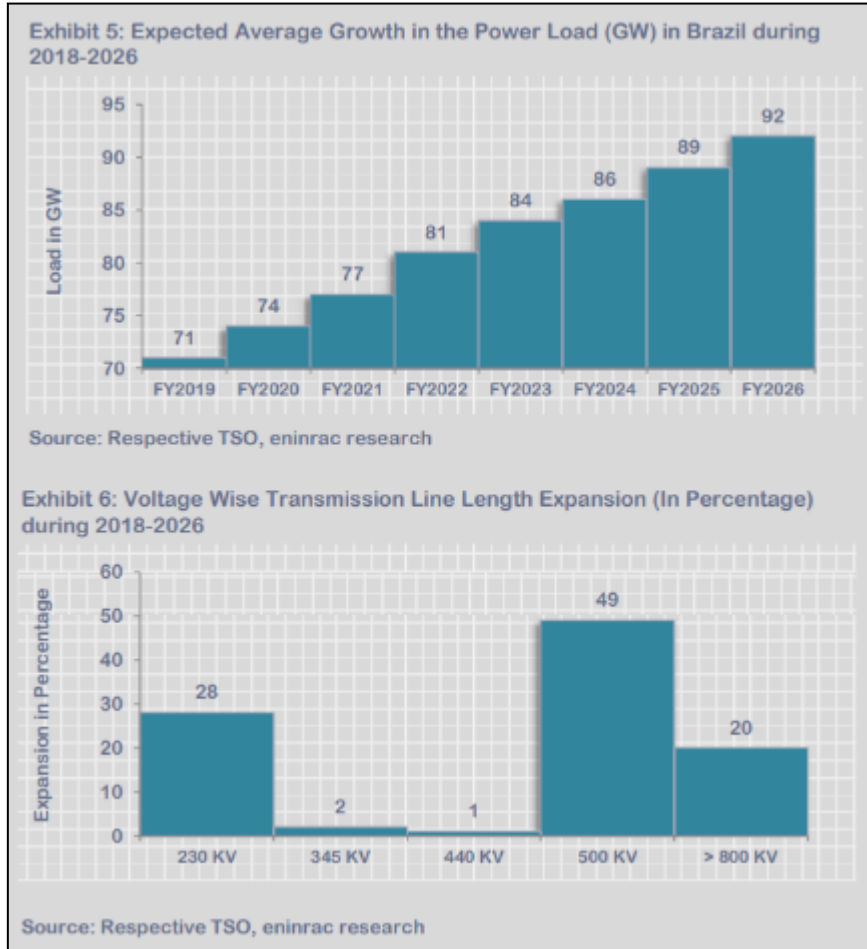
添付-図 19 国際連系送電線開発計画 - 1



出典: Eninrac. (2020). Retrieved from

https://eninrac.com/vantedge/admin/upload/perspective_pt-in-latin-america.pdf

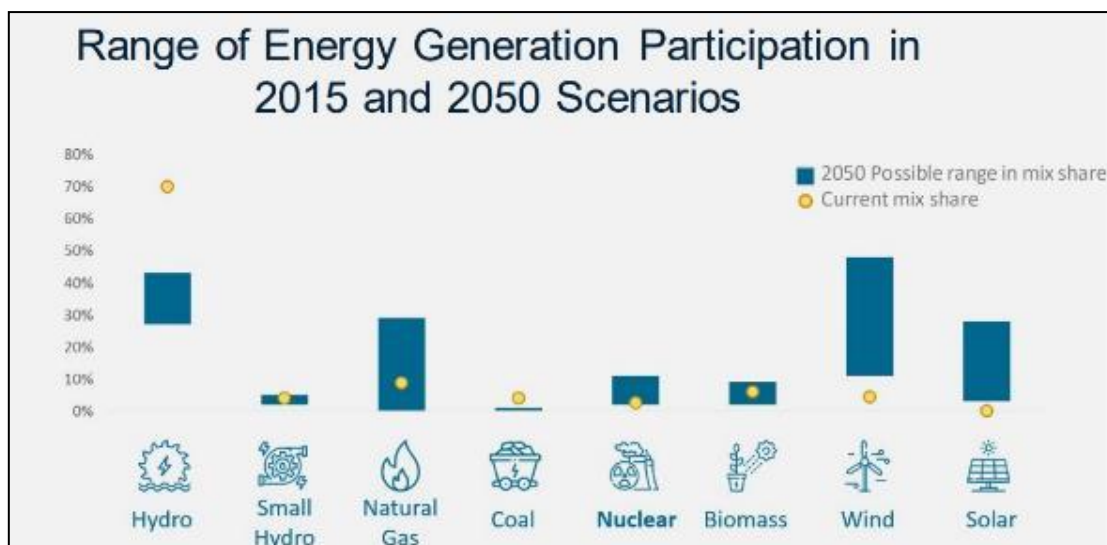
添付-図 20 国際連系送電線開発計画 - 2



出典: Eninrac. (2020). Retrieved from https://eninrac.com/vantage/admin/upload/perspective_pt-in-latin-america.pdf

添付-図 21 国際連系送電線開発計画 - 3

3.2. エネルギー政策/電力会社の計画



出典: MME. (2020). retrieved from IAEA web <https://www.iaea.org/sites/default/files/20/10/danilow-presentation-2020.pdf>

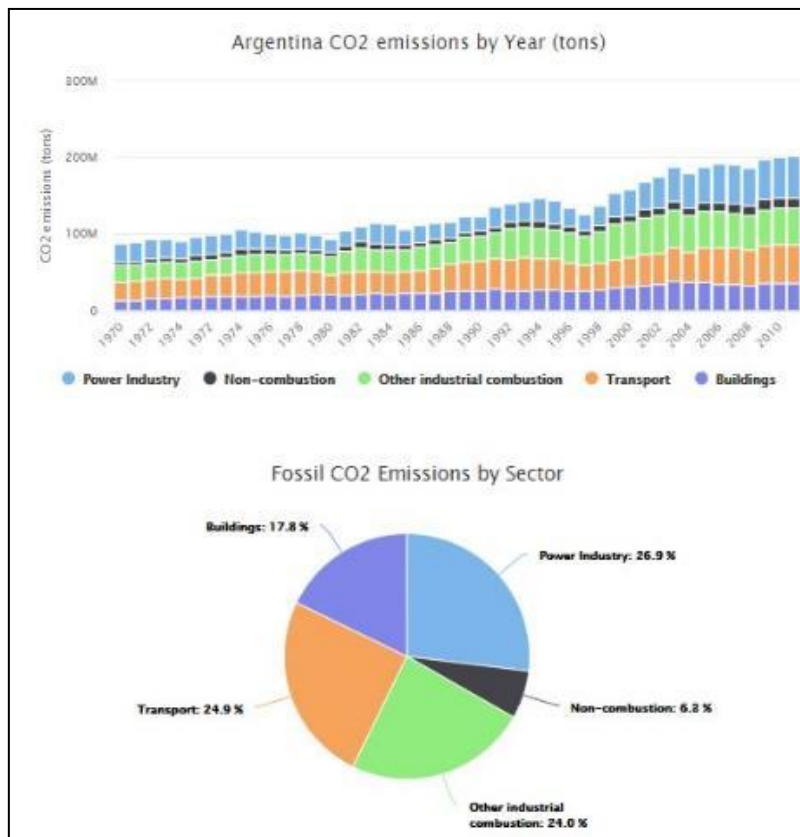
添付-図 22 2050年のエネルギー供給源



出典: Centrais Electricas Brasileiras S.A.(2020). <https://eletrobras.com/en/Paginas/Business-and-Management-Master-Plan.aspx>

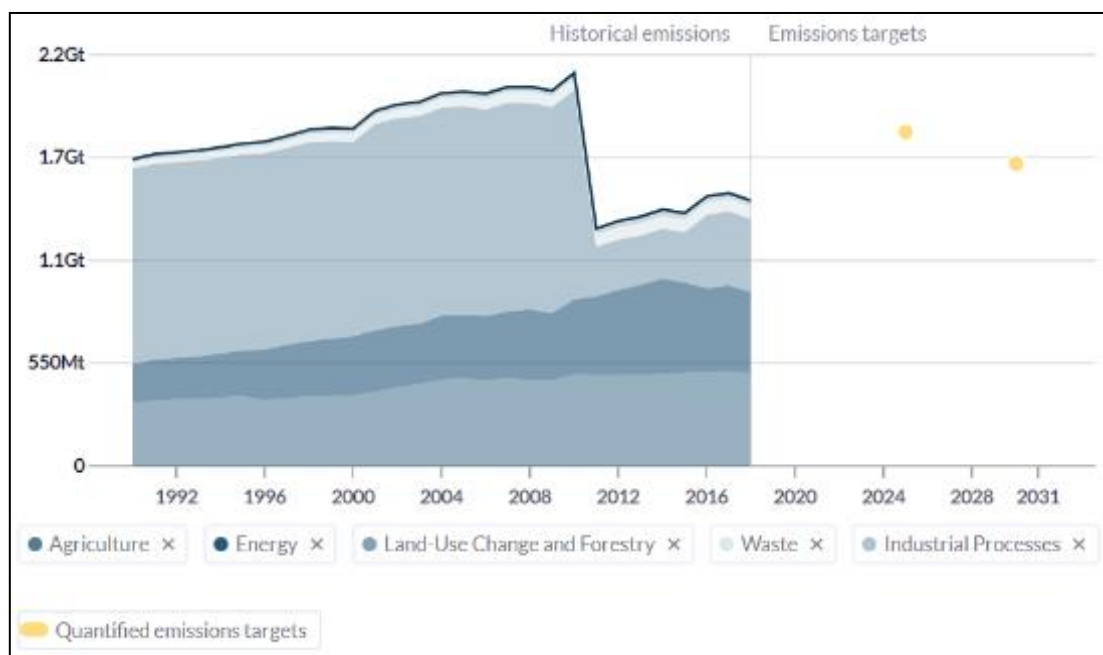
添付-図 23 エレトロブラスの5カ年投資計画

3.3. カーボンニュートラルへの取組状況



出典: Worldometer.(2016). Retrieved from <https://www.worldometers.info/co2-emissions/brazil-co2-emissions/>

添付-図 24 ブラジルにおけるCO2排出状況



出典: Climate Watch. (2018). Brazil Greenhouse Gas Emissions and Emissions Targets. Retrieved from <https://www.climatewatchdata.org/countries/ARG#climate-vulnerability>

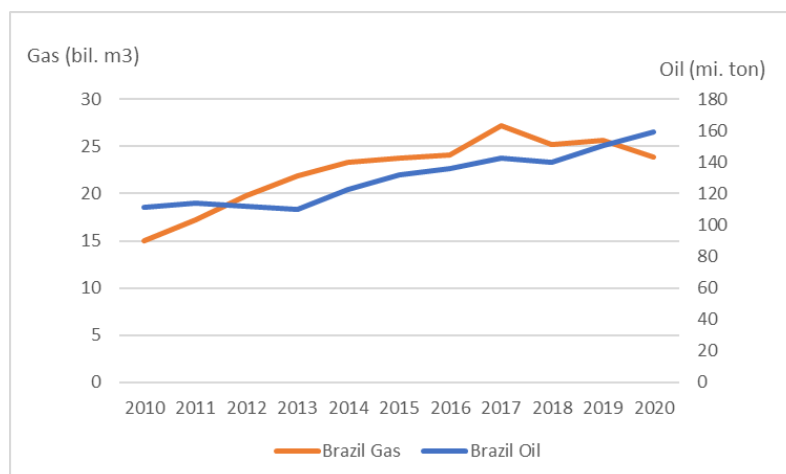
添付-図 25 ブラジルにおける温室効果ガス排出状況

添付-表 14 国内石油化学会社 (Petrobras) における脱炭素の取組み

CRUDE PRODUCTION (2018)	GAS PRODUCTION (2018)	TOTAL DIRECT EMISSIONS	EMISSIONS TARGET (COMPANY)	KEY CLIMATE STRATEGIES	UNCONDITIONAL EMISSIONS TARGET IN PARIS AGREEMENT
2.03 million b/d	2.97 billion ft ³ /d	61.7 million tons CO ₂ e	Achieve zero growth of operational emissions in 2025 compared to 2015 figures.	Reduce flaring, improve energy efficiency, reinject CO ₂ in pre-salt fields, develop pilot projects for wind and solar generation.	BRAZIL: 37% GHG emissions reduction below 2005 levels by 2025

出典: IDB. (2020). Latin American State Oil Companies and Climate Change. Retrieved from <https://www.thedialogue.org/wp-content/uploads/2020/05/Latin-American-State-Oil-Companies-and-Climate-Change.pdf>

3.4. 石油化学産業などの現状および将来見通し



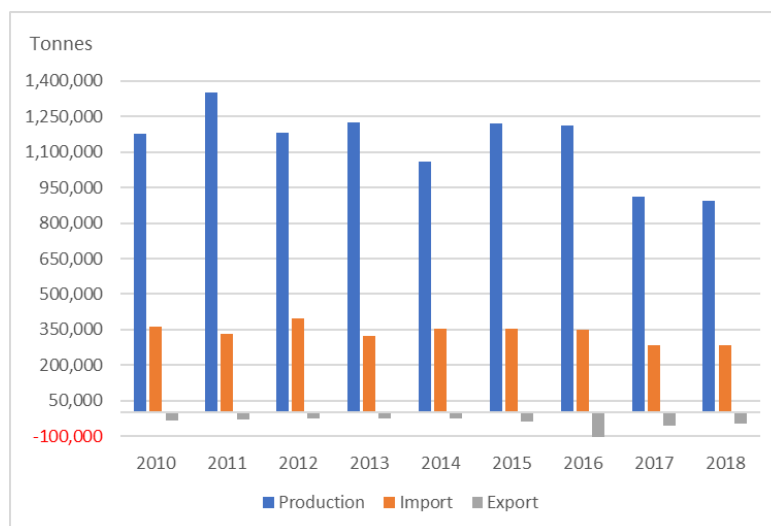
出典: bp Statistical Review of World Energy2021 より JICA 調査団作成

添付-図 26 ブラジルにおける天然ガス・石油生産量 (2010-2020)

添付-表 15 ブラスケムの主要石油製品及び生産容量

製品	容量 (kton/year)
エチレン	3,752
グリーンエチレン	200
プロピレン	1,585
ブタジエン	466
ベンゼン	969

出典: Braskem: Basic Petrochemicals Unit より JICA 調査団作成



出典: Food and Agriculture Organization of the United Nations より JICA 調査団作成

添付-図 27 ブラジルのアンモニア生産、輸入、輸出量の推移

3.5. エネルギー、再生可能エネルギー、水素関連事業の実施状況（他ドナーによる支援状況を含む）

本邦機関やその他国際機関によるエネルギー、再生可能エネルギー、水素分野における主な支援状況を以下の表にまとめている。

(1) JICA 案件

添付-表 16 ブラジルのエネルギー関連技術協力案件（2016年－2021年）

項目	概要
案件名	北東部クリーン電化事業
プロジェクトサイト	ブラジル北東部バイーア州
協力期間	2021年3月30日調印
相手国機関名	配電事業会社であるCompanhia de Eletricidade do Estado da Bahia (Coelba)
案件名	分散型太陽光発電システム導入事業(海外投融資)
プロジェクトサイト	ブラジル国内太陽光発電サイト
協力期間	2021年3月31日調印
相手国機関名	ブラジル最大規模の信用組合連合であるSicrediグループ

出典:JICA.(2021). 案件概要表一覧他資料から作成. Retrieved from

https://www.jica.go.jp/activities/project_list/knowledge/region/america/index.html

円借款案件は2016年から2020年において実績はなし。

(2) 経済産業省、環境省、新エネルギー・産業技術総合開発機構、国際協力銀行事業

添付-表 17 ブラジルにおけるJBICプログラム

項目	概要
案件名	地球環境保全融資
プロジェクトサイト	ブラジル
契約	2018
相手先	ブラジル国立経済社会開発銀行(Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social)

出典:JBIC.(2021).

(3) 米州開発銀行 (IDB) 事業

添付-表 18 ブラジルにおけるIDBプロジェクト

項目	概要
案件名	Support for the Development of Renewable Distributed Generation and Energy Efficiency Projects in Brazilian Municipalities
プロジェクトサイト	ブラジル全土
契約	2018
相手先	地方自治体

出典:IDB.(2021). Retrieved from <https://www.iadb.org/en/project/BR-T1395>

(4) ドイツ国際協力公社 (GIZ)

添付-表 19 GIZ による水素関連の支援概要

相手国	水素関連の支援概要
ブラジル	2008年にGerman-Brazilian Energy Partnershipを締結した。 2019年11月の会合において水素事業の候補案件について議論がなされ、以下の6件が挙げられた。 Use of photovoltaic systems on roofs and open areas for green hydrogen generation Green hydrogen in the mobility for transport of goods and people Web Map for Hydrogen in Brazil Production of green hydrogen on site at industrial hubs Hydrogen House Project Green Hydrogen Valley Rio de Janeiro - São Paulo 但し2019年末以降、ウェブサイトの更新がされておらず、上記の候補案件が実際に実施につながっているかどうか確認ができていない。

出典:GIZ ウェブサイト等より調査団作成

(5) エネルギー分野開発プロジェクト

2020年から2023年の4年間での基幹インフラへの投資予算としては、合計3,841.9億レアルを計上し、予算の大半(約76%)は石油・ガス部門に充て、陸上輸送に全体の5%程度の192.3億レアル、水上運送に全体の8.3%の318.9億レアルを計上している。なお、石油・ガス・バイオ燃料に係る予算の受け取り省庁は、鉱山エネルギー省(MME)となっている。

添付-表 20 ブラジルにおける基幹インフラへの投資予算 (2022-2023年)

基幹インフラ部門	千レアル ^{注1}	予算割合[%]
電気	27,433,131	7.1
鉱工業	159,775	0.0
石油・ガス・バイオ燃料	291,550,397	75.9
空運	13,923,354	3.6
水運	31,889,689	8.3
陸運	19,232,909	5.0
合計	384,189,255	100.0

注:1 ブラジルレアル≒19.24円, 21/3/25 (https://www.jibunbank.co.jp/products/foreign_deposit/chart/brl/)

出典:JICA ブラジル共和国“インフラ分野課題に対する本邦企業進出及び本邦技術活用の検討にかかる情報収集・確認調査”, 令和2年4月

上表の通り、ブラジル政府におけるインフラ開発への予算は限られていることから、民間事業者からの投資を想定した事業形態(PPI: 公民共同投資プログラム)を想定している。PPI事業では、契約期間内で利益回収ができることが原則となっており、維持管理費用等を含めた経済性が問われているため、採算度外視の事業は対象外となっている。

ブラジル政府は、2020年度における民間資金活用のPPIプロジェクトリストを発表しており、主なPPIプロジェクトとして、空港(50億レアル)、鉄道(620億レアル)、道路(1,400億レアル)、港湾(53.2億レアル)、鉱山(5,720億レアル)、エネルギー(41.8億レアル)、国営企業民営化、公園管理民営化、市営事業の民営化等を挙げている。PPIを進める利点として、投資だけに限らず、民間ノウハウを活用し政策決定を行い、将来の事業計画を作成することで、効率的、効果的なインフラ整備を目指している。

エネルギーインフラに関し、ブラジルの主要電源である水力発電の資源の多くは、北部のアマゾン川流域に位置しているも、ブラジル国内の電力需要は主に南部（サンパウロやリオデジャネイロ）にあり、水力発電所と需要地域が離れている。そのため、確実な送電が求められていると言える。そのため、送電設備に対する安定性は高い関心となっている。

また、ブラジルでは 2012 年から 2015 年までの 3 年間に於いて干ばつに見舞われ、安定した水供給が困難となり、水力発電の安定性にも懸念が持たれることとなった。そのため、水力発電依存からの脱却として、一時的に天然ガスの利用が増加した。しかしながら、輸出財としても期待される自国の天然ガスを産出量以上に消費すること、温室効果ガス（GHG）の排出という観点より、天然ガスにも依存しない再生可能エネルギーの開発が進められている。

エネルギー分野における開発・投資見通しについては、今後も増加が見込まれている。例えば、同国の強みである広大な土地を活用したバイオエタノール政策は、2006 年より開始され、サトウキビやトウモロコシなどを原料とするバイオエタノールやバイオディーゼルの精製に着手している。加えて、近年ではエネルギー拡充 10 年計画において再生可能エネルギーの導入拡大を進めている。

ブラジルで予定されているエネルギー分野に係る主なインフラ開発プロジェクトのうち、2020 年 1 月から 2021 年 3 月の期間に更新された主な案件の情報を下表に示す。

添付-表 21 ブラジルにおけるインフラ開発リスト

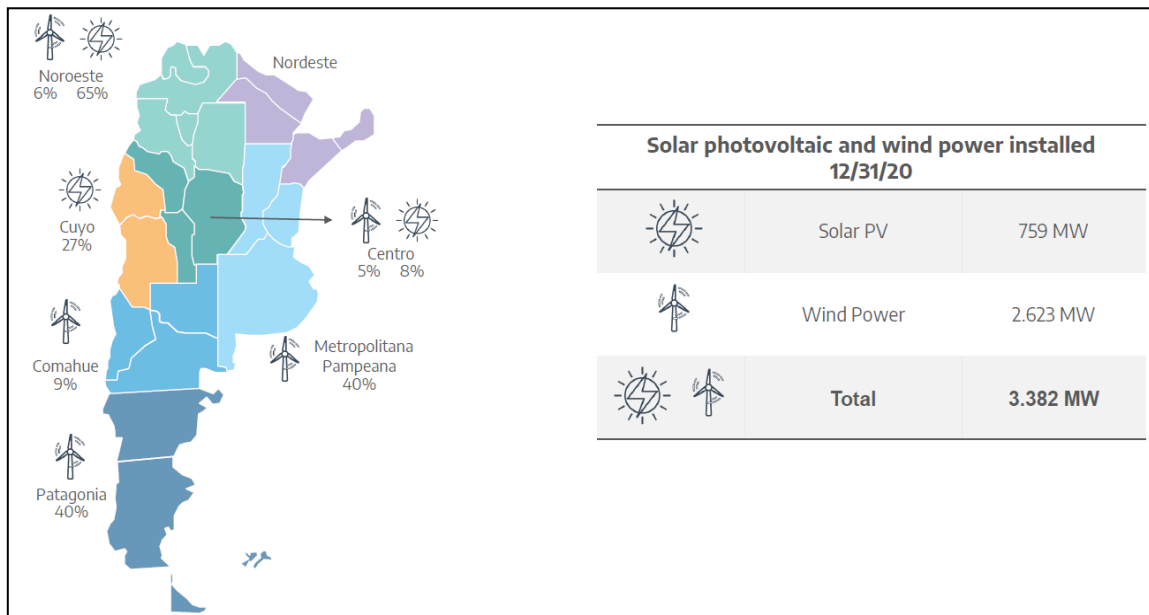
#	タイプ	案件数	設備容量 (MW)		事業規模 (百万 USD)		案件状況
			Min	Max	Min	Max	
1	太陽光	1,143 件	5.0	540.0	3.6	N/A	実現可能性調査:1件 環境社会配慮: 22件 建設決定承認待ち: 74件 初期設計・エンジニアリング:1,046件
2	陸上風力	780件	1.14	1,200	N/A	69	環境社会配慮:2件 建設決定承認待ち:14件 初期設計・エンジニアリング:764件
3	洋上風力	20件	30.0	44.8	N/A	N/A	環境社会配慮:2件 建設決定承認待ち:4件 初期設計・エンジニアリング:14件
4	水力	619件	1.0	50.0	N/A	5,000	実現可能性調査:1件 環境社会配慮:2件 建設決定承認待ち:92件 初期設計・エンジニアリング:524件
5	バイオマス	1件	---	50.0	---	66.0	環境社会配慮:1件 建設決定承認待ち:1件
6	石油・天然ガス等	65件	N/A	8,448	N/A	N/A	実現可能性調査:1件 環境社会配慮:6件 建設決定承認待ち:39件 初期設計・エンジニアリング:19件

補足)N/A は数値を特定できなかった項目。

出典:BN America 等情報より JICA 調査団作成

添付 4. アルゼンチン

4.1. エネルギーバランス/電力需要およびコスト



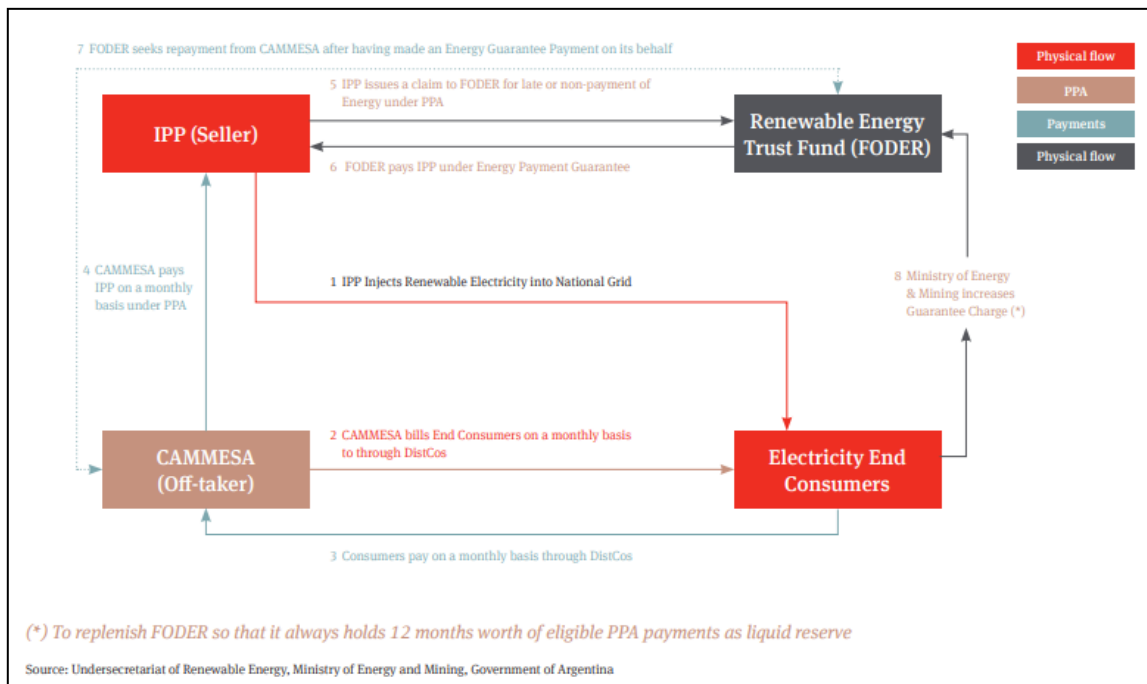
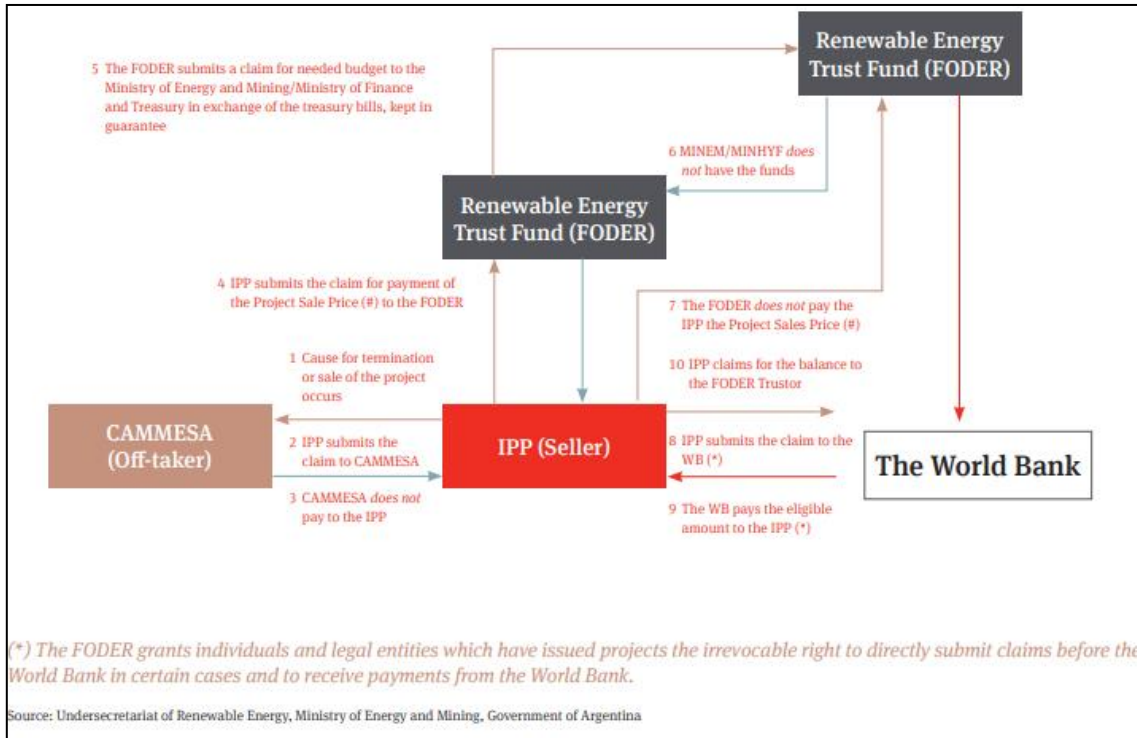
出典: "Latin America-Japan Grid Stabilization & Hydrogen Workshop" におけるアルゼンチン政府の発表資料("Energy Transitions in Argentina and the Role of Renewable Energy")より引用

添付-図 28 アルゼンチンにおける風力発電と太陽光発電の導入状況

添付-表 22 南米諸国における電力輸出入概要

Country	Total installed generation capacity (GW)	Total Annual Electricity Production (GWh, 2017)	Total Annual Electricity Consumption (GWh, 2017)	Electricity Exports (GWh, 2017)	Electricity Imports (GWh, 2017)	Import share of consumption (2017)	Hydro % of Total Generation	Solar % of Total Generation	Wind % of Total Generation	Other Renewable % of Total Generation	Average Generation Cost (1000 US\$/GWh)	Average Generation Cost (1000 US\$/GWh) (Year)	Type of Cross-border Exchange	Average Residential Tariff (US\$/kWh)	Average Residential Tariff (US\$/kWh) (Year)	Lifeline Tariff (US\$/kWh)	Lifeline Tariff (US\$/kWh) (Year)	Average Industrial Tariff (US\$/kWh)	Average Industrial Tariff (US\$/kWh) (Year)	Electricity Subsidies	Subsidy rate per kWh (US\$/kWh)	Government Expenditure on Electricity Subsidies (million US\$)	Government Expenditure on Electricity Subsidies (million US\$)	
Argentina	40.02	145,645	129,022	69	10,531	8.16	28.73	0.60	2.8	0.21	64.60	2019	Occasional							Yes		3,400.00	2018	
Brazil	172.80	589,401	498,977	156	36,511	7.32	62.52	1.68	9.11	8.75			Regular (Seasonal/Monthly/weekly/Daily)	0.143	2019			0.119	2019	Yes		277.33	2019	
Chile	25.41	79,417	69,624	39			27.40	8.10	6.2	2.60			Occasional	0.192	2019			0.144	2019	Yes				
Colombia	17.46	79,280	61,576	9	78	0.13	77.64	0.19	0.08	1.00			Regular (Seasonal/Monthly/weekly/Daily)	0.145	2019	0.061	2020	0.137	2019	Yes		54.56	2019	
Costa Rica	3.53	11,309	9,901	741	551	5.57	68.18	0.08	15.88	14.01			Integrated Power Pool	0.163	2019	0.129	2020	0.214	2019	No				
Jamaica	0.99	4,379	3,209				3.52	1.00	6.6	5.97	26.00	2019	interconnection	0.288	2019	0.075	2018	0.229	2019	Yes				
Mexico	75.69	322,062	271,921	1,804	2,151	0.79	10.20	0.70	3.9	4.10			Regular (Seasonal/Monthly/weekly/Daily)	0.074	2019	0.038	2020	0.145	2019	Yes	0.047	2020	2,699.39	2019

出典: World Bank. (2020). Power Markets Database. Retrieved from <https://www.worldbank.org/en/who-we-are/ifc/power-markets-database>



出典：Norton Rose Fulbright.(2017).Renewable Energy in Latin America. Retrieved from <https://www.nortonrosefulbright.com/-/media/files/nrf/nrfweb/imported/renewable-energy-in-latin-america.pdf?la=en&revision=66edb636-af27-43d7-8c44-c65564b1833b>

添付-図 29 再生可能エネルギー信託基金

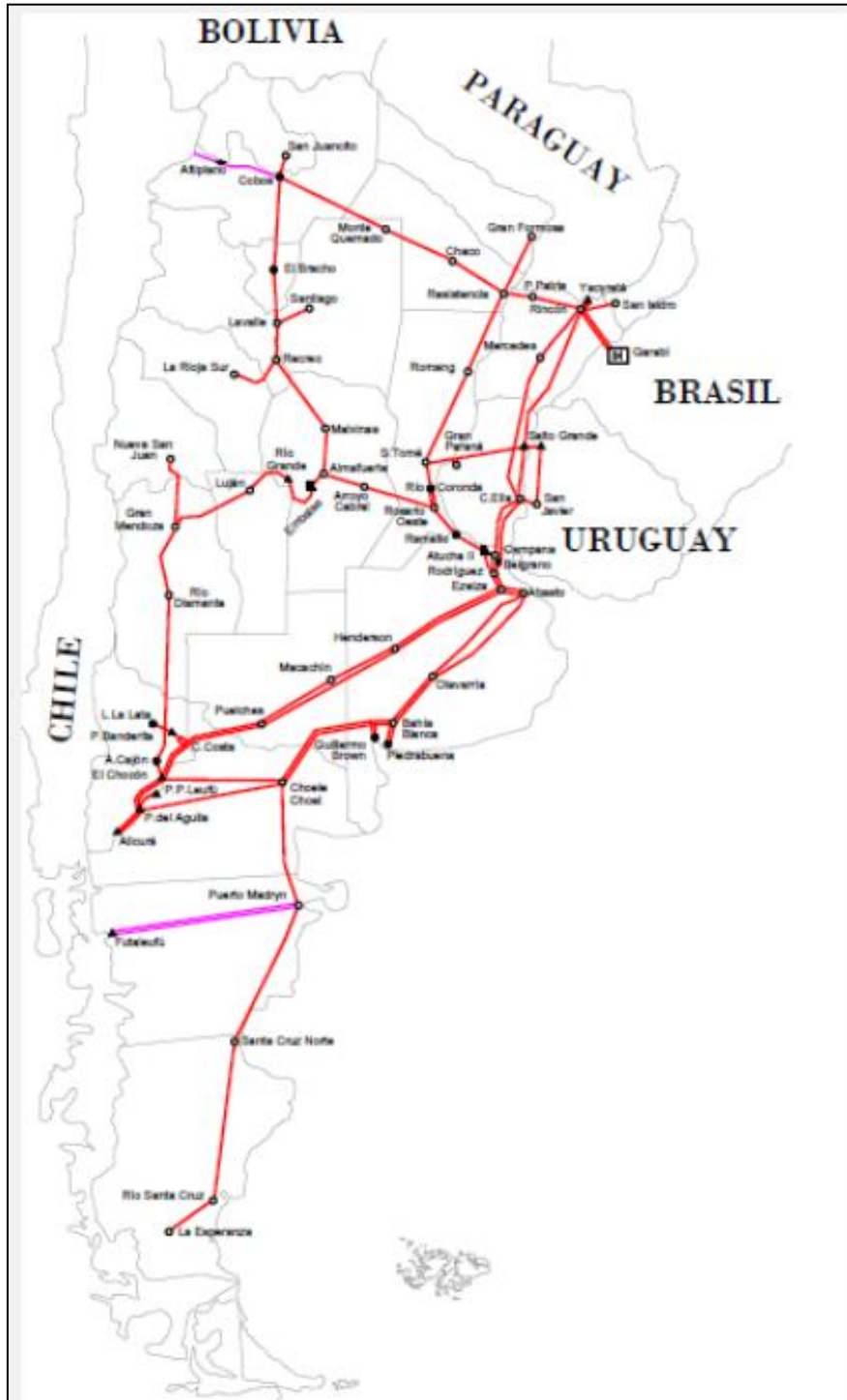
添付-表 23 再生可能エネルギー開発目標

Country	期間		
	2020	2021-2025	2025 以降
Argentina	n/a	20% of electricity consumption by 2025	n/a
Bolivia	n/a	Increase hydro to 70% of total generation and 4% of other renewable energy by 2025 • 183 MW renewable generation by 2025	n/a
Brazil	n/a	45.2% of primary energy supply by 2024 • 86% of electricity generation by 2024 • Increase wind power share to 8% in 2024 • 23% of electricity generation from non-hydro renewables by 2030	n/a
Chile	n/a	20% of electricity generation by 2025	At least 60% of electricity generation by 2035 • 70% of new capacity installed between 2015 and 2050
Colombia	n/a	n/a	Total renewable installed capacity of 6,179 MW1 by 2028, including 3,689 MW of non-hydropower
Costa Rica	n/a	n/a	Total renewable installed capacity of 6,179 MW1 by 2028, including 3,689 MW of non-hydropower
Ecuador	n/a	4.2 GW hydropower by 2022 • 277 MW non-hydro renewables by 2022	n/a
Mexico	n/a	Clean energy share of total electricity generation: 30% by 2021	Clean energy share of total electricity generation: 35% by 2024
Peru	n/a	4.2 GW hydropower by 2022 • 277 MW non-hydro renewables by 2022	n/a

出典: Eninrac Research, IRENA LAC. (2020). Retrieved from https://eninrac.com/vantedge/admin/upload/perspective_pt-in-latin-america.pdf

4.2. 国内外送電網の状況

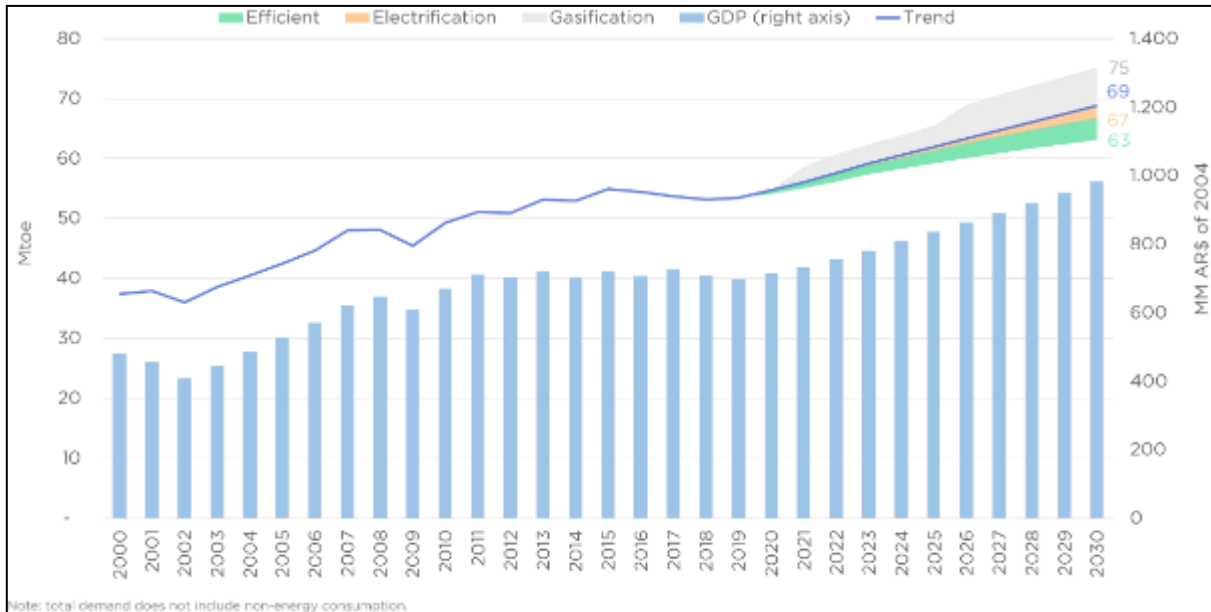
(1) 国内送電網



出典: Cammesa. (2020). Existing 500kV transmission line. <https://microfe.cammesa.com/static-content/CammesaWeb/download-manager-files/Informe%20Anual/INFORME%20ANUAL%202020%20VF.pdf>

添付-図 30 アルゼンチンにおける国内送電網

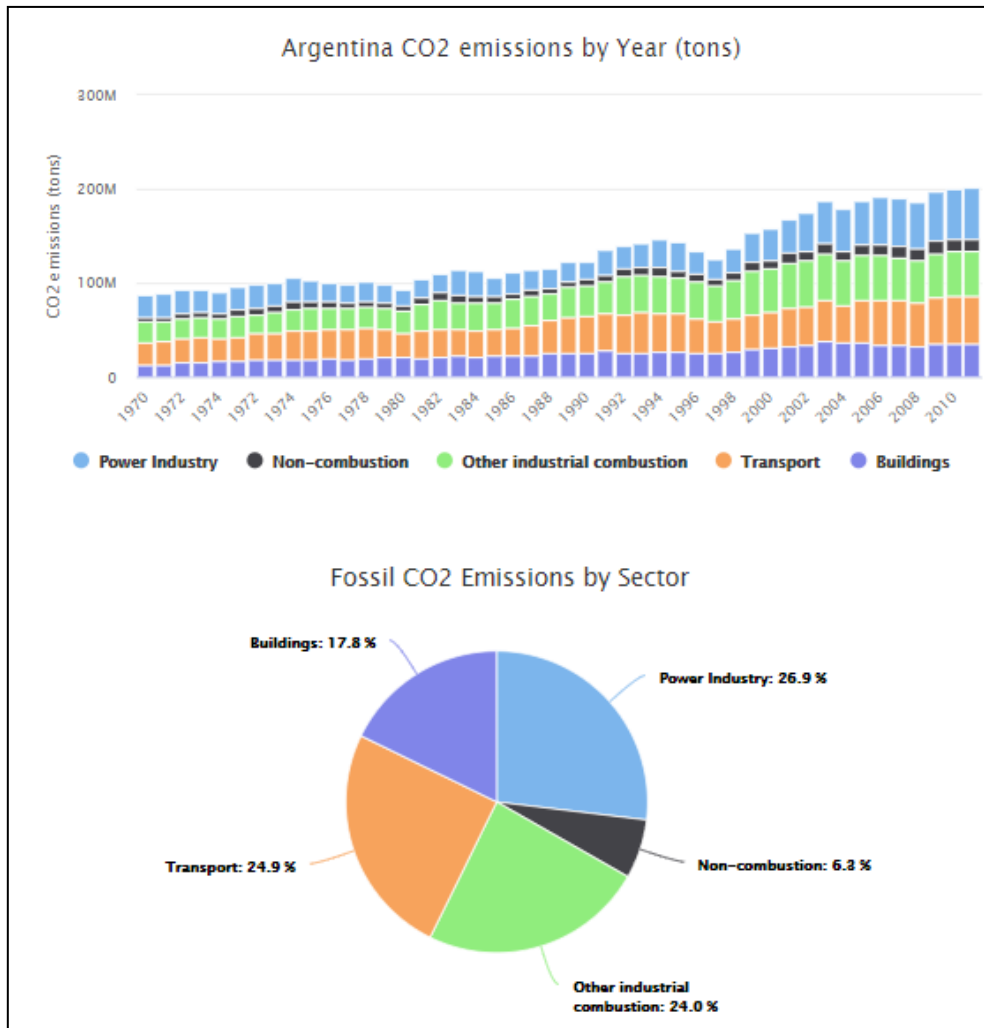
4.3. エネルギー政策/電力会社の計画



出典：Argentina Energy Scenarios 2030

添付-図 31 2030年までのGDPと各シナリオにおける電力消費量予測

4.4. カーボンニュートラルへの取組状況



出典: Worldometer.(2016). Retrieved from <https://www.worldometers.info/co2-emissions/argentina-co2-emissions/>

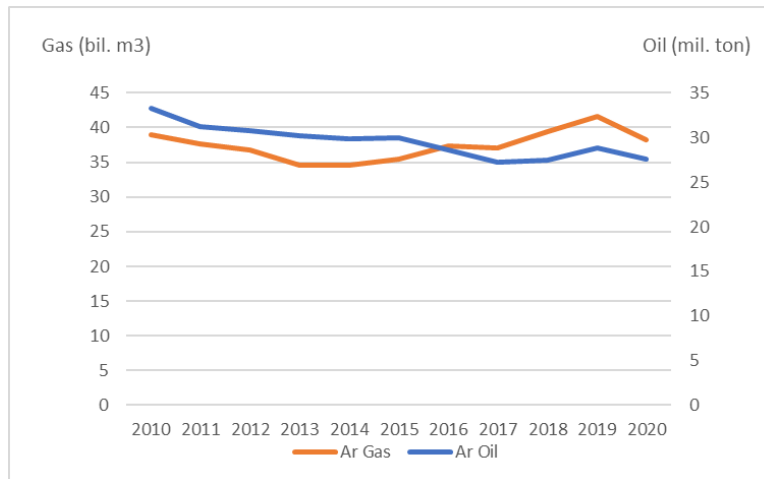
添付-図 32 アルゼンチンにおける CO2 排出状況



出典: Climate Watch. (2018). Argentina Greenhouse Gas Emissions and Emissions Targets. Retrieved from <https://www.climatewatchdata.org/countries/ARG#climate-vulnerability>

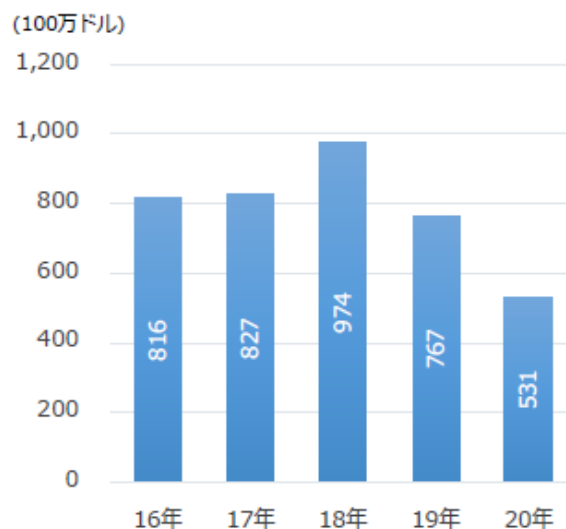
添付-図 33 アルゼンチンにおける温室効果ガス排出状況

4.5. 石油化学産業などの現状および将来見通し



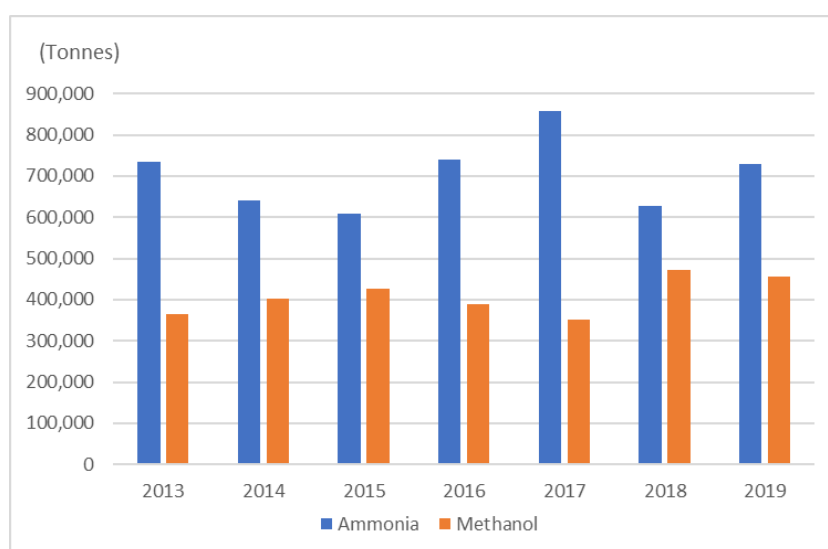
出典: bp Statistical Review of World Energy 2021 より JICA 調査団作成

添付-図 34 アルゼンチンにおける天然ガス・石油生産量 (2010-2020)



出典：日本貿易振興機構（ジェトロ）ブエノスアイレス事務所 アルゼンチンの主要産業（2021）

添付-図 35 アルゼンチンの石油化学産業の輸出額（FOB）



出典：Instituto Nacional de Estadística y Censos de la República Argentina より JICA 調査団作成

添付-図 36 アルゼンチンにおけるアンモニア及びメタノール生産量の推移（2013-2019）

4.6. エネルギー、再生可能エネルギー、水素関連事業の実施状況（他ドナーによる支援状況を含む）

本邦機関やその他国際機関によるエネルギー、再生可能エネルギー、水素分野における主な支援状況を以下の表にまとめている。

(1) JICA 案件

JICA による支援プロジェクトを下表に示す。

添付-表 24 アルゼンチンにおけるエネルギー関連技術協力案件（2016年－2020年）

項目	概要
案件名	(和) 中小企業における省エネ技術の普及 (英) Application of Energy saving Technology for SMEs
プロジェクトサイト	ブエノスアイレス州サンマルティン市
協力期間	2016年05月18日 ～ 2019年03月29日
相手国機関名	(和) 国立工業技術院 (INTI) エネルギー・センター (英) National Institute of Industrial Technology, Energy Center

出典:JICA.(2021). 案件概要表一覧.

円借款案件は 2016 年から 2020 年において実績はなし。

(2) 経済産業省・環境省・NEDO・JBIC 事業

NEDO 及び JBIC による支援プロジェクトを下表に示す。

添付-表 25 アルゼンチンにおける NEDO プロジェクト

項目	概要
案件名	水素利用等先導研究開発事業 トータルシステム導入シナリオ調査研究
プロジェクトサイト	アルゼンチンパタゴニア地方
協力期間	2014－2016
委託先	横浜国立大学

出典:NEDO.(2021).

https://www.nedo.go.jp/search_result.html?cx=014532562694825026858%3Adtjmw2wsy&cof=FORID%3A10&ie=UTF-8&q=%E3%82%A2%E3%83%AB%E3%82%BC%E3%83%B3%E3%83%81%E3%83%B3&sa=%E6%A4%9C%E7%B4%A2&siteurl=www.nedo.go.jp%2Factivities%2Fintroduction_100006.html&ref=www.nedo.go.jp%2Factivities%2Fintroduction8_01.html&ss=0j0jl

添付-表 26 アルゼンチンにおける JBIC プロジェクト

項目	概要
案件名	地球環境保全融資
プロジェクトサイト	コロンビア、ペルー、ブラジル、チリ等
契約	2011
相手先	アンデス開発公社 (Corporación Andina de Fomento)

出典:JBIC.(2021).

(3) IDB 事業

IDB による支援プロジェクトを示す。

添付-表 27 アルゼンチンにおける IDB プロジェクト

#	プロジェクト名	状況	種類	規模 (USD)	概要
1	Support Sustainable Energy Development Agenda In Argentina II	実施中 (2019/9 承認)	技術協力	200,000	本技術協力は、調査及びコンサルティング資金を提供し、アルゼンチンにおいて、省エネ・再エネの促進により中長期的にエネルギー分野の持続可能性に貢献しうるエネルギー政策を戦略的に策定するための活動を支援することを主な目的とする。
2	Strengthening the Technical, Environmental, and Social Capacities for	実施中 (2019/6 承認)	技術協力	1,350,000	本技術協力の目的は、フイ州のリチウムセクターの調査段階から抽出段階、及びガバナンスにおける、責任ある持続可能な発展と、政府の政策実施能力、及び市民、政

#	プロジェクト名	状況	種類	規模 (USD)	概要
	the Governance of Lithium Resources in the Province of Jujuy, Argentina				府、産業間のつながりの改善を支援することである。 本技術協力は、以下の3つの目標の下行われる。(1)リチウム採掘プロジェクトの技術的、環境的評価及び管理を強化すること。(2)リチウム鉱業の基本的技術、環境、社会的側面を主流化し、複数のステークホルダーによる効果的な関与活動を採用すること。(3)リチウム生産地域間での知識の共有、普及を促進すること。
3	Support for Resource-Based Socioeconomic Development in Patagonia, Argentina	実施中 (2018/7 承認)	技術協力	1,000,000	この技術協力の目的は、民間セクターを原動力として、アルゼンチンのパタゴニアの天然資源に基づく社会経済開発を促進することである。この目的のため、本プロジェクトは、インフラと都市サービスの改善を計画、優先順位付けし、ブエノスアイレス湖局(サンタクルス州)におけるローカル、及び地域経済の多様化を促進するための活動を支援する。本プロジェクトは、 Development Compact と呼ばれるコンセプトの小規模実施に貢献する。このコンセプトは、課題と機会に関するコンセンサス、及び資源投入を基に、長期的な土地計画及び開発活動を促進するための公共部門、民間部門、市民社会の3つの主要アクターの協調的な取り組みである。
4	Support Sustainable Energy Development Agenda in Argentina	実施中 (2017/11 承認)	技術協力	500,000	アルゼンチンの中長期的な持続可能なエネルギーアジェンダの強化に貢献する、エネルギー部門の戦略的計画の策定、エネルギー効率の促進、再生可能エネルギーの開発等の調査、コンサルティングサービスおよび活動への支援。
5	Development of a Forest Waste-to-Energy Model to Cover the Basic Needs of the Vulnerable Population in the Municipio of San Carlos de Bariloche	実施中 (2017/2 承認)	技術協力	831,600	本技術協力は、剪定残渣やその他の有機廃棄物から練炭を生み出す革新的なWaste-to-Energyシステムの運用を提案する。 半工業用練炭製造システムは、押出成形プロセスにより開発される。バリローチェ市エヒードに中小企業や既存の協同組合によって運営される5つの練炭センターが設置される。加工工場で生産された練炭は、購入契約(オフテイク契約)により、バリローチェ政府が実施するPlan Calorの燃焼材料のすべての需要を満たす。
6	Supply Elec. to Country's Regions under Federal Electricity Transmission Plan	完了	ローン	120,000,000	本プログラムの目的は、アルゼンチンの電気システムにおいて、さまざまな地域への電力供給を効率的に支援し、アルゼンチンの送電システムが直面する問題とリスクを克服することに貢献することである。プログラムの具体的な目的は次のとおりである。 (1)州レベルでの送電容量を改善する。 (2)送電および配電システムの効率と信頼性を向上させる。
7	Development and provision of energy services	完了	技術協力	693,467	本プロジェクトの目的は、低所得コミュニティにおけるインフラストラクチャーの基本サ

#	プロジェクト名	状況	種類	規模 (USD)	概要
	in the base of the pyramid				サービスの拡張とアクセスの改善を通じて社会的包摂を促進することであり、最終的には、需要主導型の組織化と、このサービスを提供するための代替スキームを通じて、基本サービスの拡張モデルを統合することを目指すもの。
8	Additional Financing Norte Grande Electricity Transmission Program	完了	ローン	300,000,000	プロジェクトの主な目的は、生産部門の継続的な発展に貢献し、国民の生活水準を向上させることを目的として、利用可能な発電資源を合理的に利用することによって増大する電力需要のカバレッジとアルゼンチン相互接続システム(SADI)のセキュリティを保証することである。具体的な目標は以下の通りである。(1)超高压送電線(LEAT 500kVおよび関連する変電所)を使用して北東および北西アルゼンチン地域の電気システムを相互接続し、これにより、両地域間のエネルギー融通を促進し、特にノルテグランデのマクロ地域の電力価格を改善するとともに、電力供給の品質とセキュリティを向上させる。(2)地域通信網(それぞれの関連する変電所を備えた500kV未満の高張力線および中張力線)を統合および拡張し、これらのシステムのセキュリティと信頼性を脅かす課題の解決策を提供し、生産的および社会的発展の基盤を築く。
9	Support Renewable Energy Program Wind Power of the South	完了	技術協力	500,000	本技術協力の目的は、以下(1)~(3)を含む再生可能エネルギー促進プログラムの策定に関してアルゼンチン政府を支援することである。 (1)南部の再生可能エネルギー(風力発電)プログラム(AR-L1079) (2)再生可能エネルギー開発を支援する既存のセクターの政策と規制の分析 (3)太陽熱エネルギー開発にかかる国家のポテンシャルの特定。
10	Support Renewable Energy Program Wind Power of the South	完了	技術協力	300,000	同上

出典: IDB 公開情報より JICA 調査団作成

他にも、EU による合計 4,309,100 ユーロの資金支援のもと、「Energy Efficiency in Argentina」が実施されている。本プログラムは、パリ協定で掲げているアルゼンチンの温室効果ガス削減目標の達成に寄与すること、国家エネルギー効率計画の草案を作成すること、産業・運輸・住宅・公共部門におけるエネルギー関連のパイロットプロジェクトを実施するための技術支援を行うこと等目指し、アルゼンチンにおけるエネルギーの効率的な利用に向けた支援を実施することを目的としている。実施期間は、2018年5月から2021年5月の3年間である。

(4) エネルギー分野開発プロジェクト

アルゼンチンで予定されているエネルギー分野に係る主なインフラ開発プロジェクトのうち、2020年1月から2021年3月の期間に更新された主な案件の情報を下表に示す。

添付-表 28 アルゼンチンにおけるインフラ開発リスト

#	タイプ	案件数	設備容量 (MW)		事業規模 (百万 USD)		案件状況
			Min	Max	Min	Max	
1	太陽光	10件	9.0	200.0	N/A	N/A	実現可能性調査:8件 初期設計・エンジニアリング:2件
2	陸上風力	9件	50.0	200.0	106.9	425.0	建設決定承認待ち:9件
3	水力	4件	118.0	3,100.0	177.0	1180.0	実現可能性調査:2件 建設決定承認待ち:2件
4	地熱	1件	---	30	N/A	N/A	実現可能性調査:1件
5	原子力	1件	---	1,200.0	---	8,800	建設決定承認待ち:1件

補足) N/A は数値を特定できなかった項目。

出典: BN America 等情報より JICA 調査団作成

(5) RenovAr プログラム

アルゼンチン政府は、2015年に再生可能エネルギーに係る新たな法律（No. 27.191）を制定し、再生可能エネルギーによる電力供給率を2025年までに20%達成することを定めている。この目標を達成するため、同国政府は国際入札プロセス「RenovAr プログラム」を2016年より開始した。このRenovAr プログラムは、世界銀行や国際金融公社（IFC）による支援を受けており、2016年末までに2回の入札（ラウンド1とラウンド1.5）を実施した。この2回のラウンドで、太陽光や風力、バイオマス、小規模水力などの再生可能エネルギー発電プロジェクト（投資額合計約30億ドル）が落札され、これにより再生可能エネルギーによる電力供給率を2%から8%（2018年時点）まで拡大することに成功した。2017年にはラウンド2、2018年にはラウンド3が実施されており、同国はRenovAr プログラムによる再生可能エネルギーの拡大を推進している。同プログラムの落札結果等を考慮すると、アルゼンチンでは風力や太陽光による発電ポテンシャルが大きいと考えられる。尚、RenovAr プログラムによって落札されたプロジェクトの概要は、以下に示す。

前項で示したアルゼンチンの「RenovAr プログラム」により落札された主なプロジェクトを以下に整理する。ただし、これらの事業について、BNAmerica の報道⁵¹によれば期日までに契約が締結されなかったため、複数がキャンセルされたとのことである。

⁵¹ 会員制サービスの情報

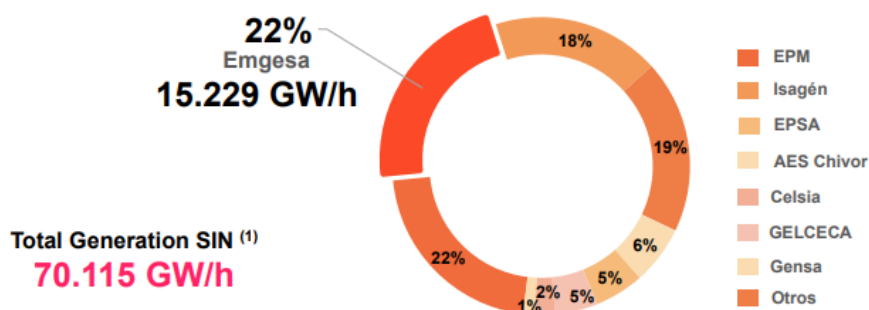
添付-表 29 RenovAR プログラムにより落札されたプロジェクトの概要

技術	発電容量 (MW)	平均価格 (USD/MWh)	プロジェクト数
Round 1 (2016)			
Wind	708.00	59.4	12
Solar	400.00	59.7	4
Biogas	1.20	118	1
Total	1,109.00	-	17
Round 1.5 (2016)			
Wind	765.35	53	10
Solar	516.18	55	20
Total	1,281.53	-	30
Round 2 (2017)			
Wind	665.80	41.23	8
Solar	556.80	43.46	12
Biomass	117.20	106.73	14
Biogas	35.00	156.85	20
Small hydropower	20.80	98.89	9
Landfill biogas	13.10	129.18	3
Total	1,408.70	-	66
Round 3 (2018)			
Wind	128.70	58.04	10
Solar	96.75	57.58	13
Biogas	17.75	158.57	6
Biomass	8.50	106.15	2
Small hydropower	7.38	103.44	6
Landfill biogas	5.00	129.50	1
Total	259.08	-	38

出典：アルゼンチン財務省公表資料、及び国際エネルギー機関(IEA)公表資料より JICA 調査団作成

添付 5. コロンビア

5.1. エネルギーセクターの関連省庁および関連主要企業、団体



出典: Enel Colombia Corporate presentation 2019

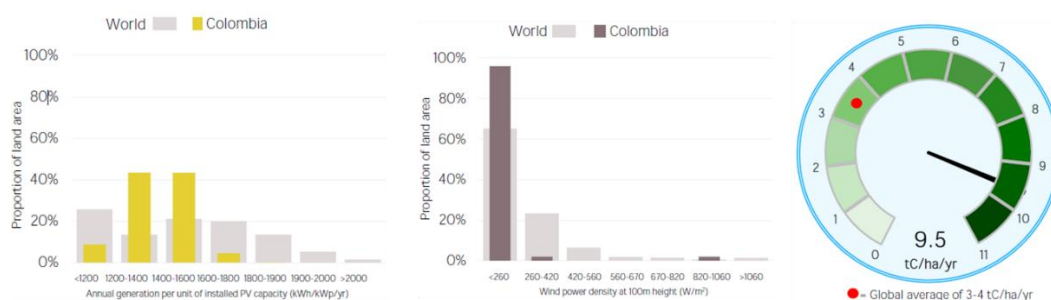
添付-図 37 コロンビアの発電量シェア (2019年)

5.2. エネルギーバランス/電力需要およびコスト

添付-表 30 コロンビアのエネルギー供給源の構成と輸出状況 (2018年)

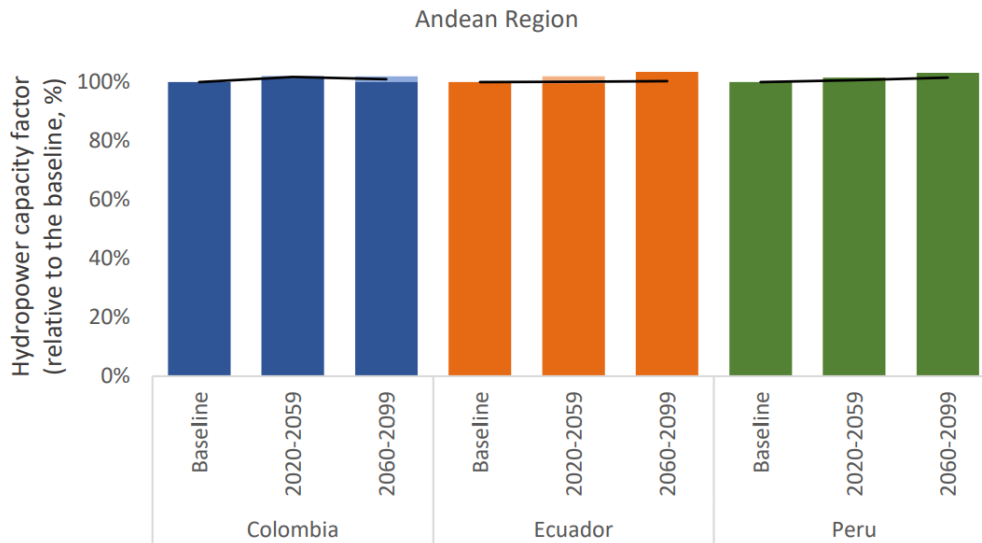
ktoe	石炭	原油	天然ガス	水力	太陽光・風力	バイオ燃料・	電力
国内生産	54,784	45,318	10,235	5,153	6	4,962	-
輸入	-	4,603	11	-	-	-	10
輸出	(55,822)	(36,606)	-	-	-	(8)	(1)
国際船舶・航空輸送	-	(1,672)	-	-	-	-	-
在庫変動	4,531	3,355	-	-	-	(2)	-
一次供給合計	3,493	14,997	10,246	5,153	6	4,952	9
シェア	9.0%	38.6%	26.4%	13.3%	0.0%	12.7%	0.0%

出典: IEA World Energy Balance (2018)から JICA 調査団作成



出典: IRENA (2020) Energy Profile Colombia

添付-図 38 コロンビアの再生可能エネルギーの導入ポテンシャル



出典：IEA (2021) Climate Impacts on Latin American Hydropower

添付-図 39 アンデス地域における気候変動影響を加味した水力発電容量

5.3. 国内外送電網の状況

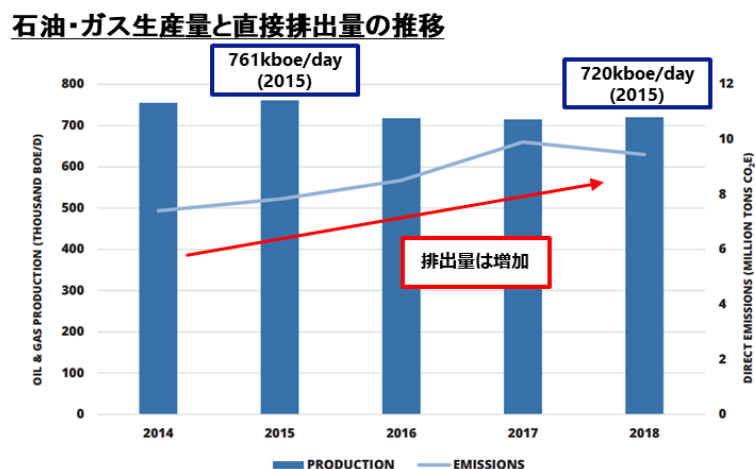
(1) 国内送電網



出典：MINMINAS “Plan de Expansión de Referencia Generation-Transmission 2017-2031”

添付-図 40 コロンビアの送電網地図

5.4. 石油化学産業などの現状および将来見通し



出典: IDB Latin American state oil companies and climate change 2020

添付-図 41 コロンビア石油公社の石油・ガス生産量及び直接排出量の推移

5.5. エネルギー、再生可能エネルギー、水素関連事業の実施状況（他ドナーによる支援状況を含む）

本邦機関やその他国際機関によるエネルギー、再生可能エネルギー、水素分野における主な支援状況を以下の表にまとめている。

(1) JICA 案件

これまで取り組んできたプロジェクト（下表）に加えて、地熱発電に関しては、2021年11月23日から12月9日まで課題別研修「地熱掘削マネージメント」が実施され、コロンビア地質調査所（SGC）から1名参加した。また、コロンビア政府は2021年度の要望調査（2022年度向け）の課題別研修「地熱開発における投資促進」を要請し、全体通報によりコロンビアは2名割り当てられた。さらに、2022年2月14日からコスタリカを拠点とした第三国研修「地熱開発の能力強化」が予定されており、コロンビアからは、メデジン公益企業（EMP）グループのCHEC（1名）が参加する予定となっている。

水素に関しても、2022年1月17日～2月4日、オンラインで課題別研修「水素エネルギー利用の推進～CO2フリー社会に向けたエネルギー政策～」が実施され、MINMINAS（1名）とEMP（1名）がオブザーバーとして参加した。加えて、2021年度要望調査（2022年度向け）の課題別研修「水素エネルギー利用の推進～CO2フリー社会に向けたエネルギー政策～」を要請し、全体通報により1名が割り当てられた。

このような再生可能エネルギー分野の課題別研修が注目されている背景には、2020年10月に日本政府が「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン戦略」を宣言したことがある。脱炭素社会の実現に向けて、コロンビア政府としても同分野に多くの知見を有する日本のリーダーシップに期待していることがうかがえる。

添付-表 31 コロンビアにおける JICA プロジェクト

#	プロジェクト名	状況	種類	金額 (JPY)	概要
1	地熱発電開発にかかる情報収集・確認調査	完了(2017年)	情報収集・確認調査	n/a	コロンビアの電力政策、地熱案件の取組・進捗状況等を整理・分析のうえ、地熱発電開発の促進に向けて必要な取組についての提言を行う

出典: JICA「プロジェクト・案件一覧」より JICA 調査団作成

(2) 経済産業省、環境省、新エネルギー・産業技術総合開発機構、国際協力銀行事業

添付-表 32 コロンビアにおける各機関のプロジェクト

#	プロジェクト名	状況	種類	金額 (JPY)	概要
1	平成29年度国際エネルギー情勢調査(諸外国のエネルギー政策動向及び国際エネルギー統計等調査事業)	完了(2017年)	調査	n/a	経済産業省の委託調査業務。世界86の国と地域を対象に、政治やマクロ経済に関する基礎的情報、エネルギーの需給や政策、産業動向に関する情報を収集・整理。
2	コロンビア・地熱発電導入による再生可能エネルギー開発促進に関する新メカニズム実現可能性調査	完了(2011年採択)	調査	n/a	環境省の新メカニズム実現可能性調査業務。

出典: 各省ウェブページ等より JICA 調査団作成

(3) 米州開発銀行 (IDB) 事業

添付-表 33 コロンビアにおける IDB プロジェクト

#	プロジェクト名	状況	種類	金額 (千 USD)	概要
1	非在来型再生可能エネルギー発電事業及び電気自動車事業に係るファイナンスファシリテーター	準備中	Loan operation	45,000	非在来型再生可能エネルギー事業及び電気自動車事業に対してプロジェクトファイナンスを組成し、温室効果ガス削減及びエネルギーセクターの脱炭素化への移行を支援する。
2	大規模非在来型再生可能エネルギー統合に係る制度機能向上プロジェクト	進行中(2019年6月承認)	技術協力	1,000	コロンビアの発電マトリックスにおいて大規模非在来型再生可能エネルギーを円滑に導入していくために、制度、技術、規制の分野におけるコロンビア政府の能力向上を図るプロジェクト。
3	ユニバーサル・アクセス戦略及び電力セクターの制度・規制移行にかかる支援プロジェクト	進行中(2019年5月承認)	技術協力	400	国家統合エネルギーアクセスマップ及び実行計画の策定を通じて、エネルギーのユニバーサルアクセスにかかる戦略策定を支援する。電力セクターの制度・規制の移行に向けたロードマップを策定する。

#	プロジェクト名	状況	種類	金額 (千 USD)	概要
4	カリブ地域のエネルギー効率化プログラム策定支援	進行中(2018年7月承認)	技術協力	400	コロンビア政府によるカリブ海地域の大規模エネルギー効率化プログラムの策定を支援する。同プログラムは、家庭及び政府セクターにおいてエネルギー効率の高い技術の利用を増加させることで、地域のエネルギー効率の改善や気候変動リスクの軽減を図ることを目的としている。
5	持続的・効率的なエネルギー供給の保証にかかる国家プログラム	完了	ローン	300,000	コロンビアのエネルギーセクターの持続可能性(気候変動に対する脆弱性の低減、電力アクセスの改善等)のために、国内の接続地域及び非接続地域双方で効率的な電力供給を保証する制度改革を支援する。
6	グリッド非接続地域における再生可能エネルギー促進にかかる公共政策策定支援	完了	技術協力	477	グリッド非接続地域において、民間セクター主導により安価な再生可能エネルギー源に基づいた発電システムの開発を促進することにより、気候変動の緩和に貢献する。

出典: ADBプロジェクトデータベースよりJICA調査団作成

(4) ドイツ国際協力公社 (GIZ)

コロンビアの水素ロードマップ策定に係る支援を行っている。

(5) エネルギー分野開発プロジェクト

コロンビアで予定されているエネルギー分野に係る主なインフラ開発プロジェクトのうち、2020年1月から2021年3月の期間に更新された主な案件の情報を下表に示す。

添付-表 34 コロンビアにおけるインフラ開発リスト

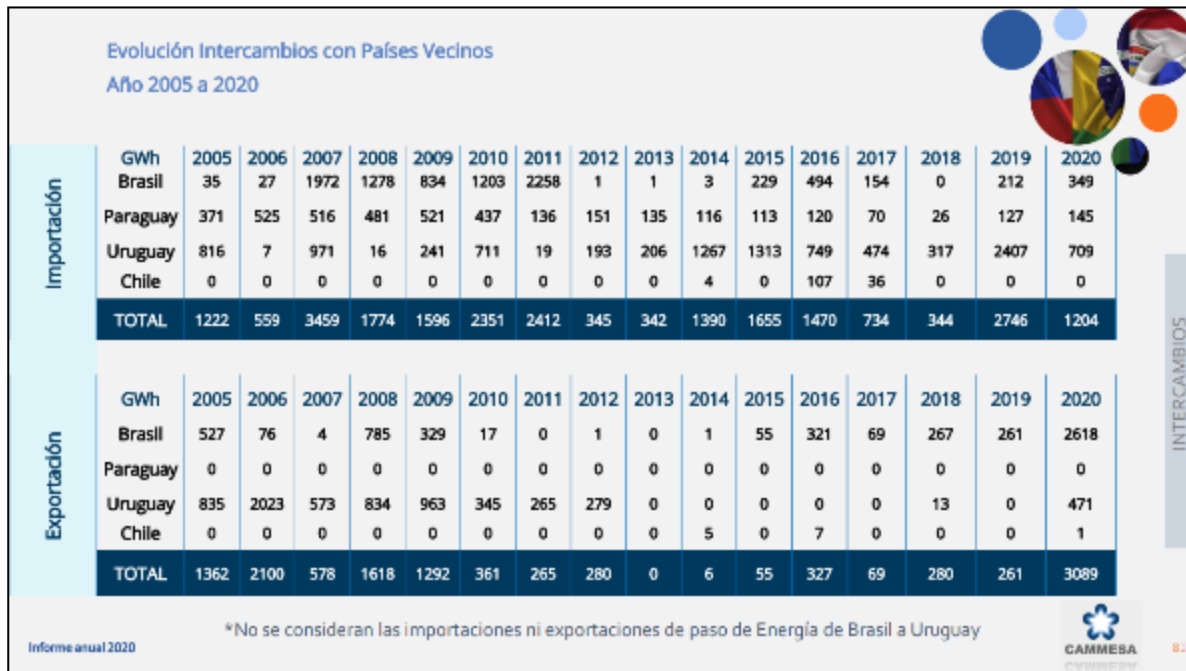
#	タイプ	案件数	設備容量 (MW)		事業規模 (百万 USD)		案件状況
			Min	Max	Min	Max	
1	太陽光	111件	1.0	700.0	17.0	300.0	実現可能性調査:105件 建設決定承認待ち:3件 環境社会配慮:3件
2	風力	18件	75.0	378.0	110.0	582.0	実現可能性調査:12件 環境社会配慮:5件 高度設計・エンジニアリング:1件
3	水力	34件	1.0	171.0	53.0	1250.0	実現可能性調査:25件 高度設計・エンジニアリング:1件 建設決定承認待ち:1件 環境社会配慮:7件
4	バイオマス	1件	25.0	---	N/A	N/A	実現可能性調査:1件
5	地熱	1件	65.0	---	350.0	---	実現可能性調査:1件
6	石油・天然ガス等	11件	40.0	1125.0	75.0	6000.0	実現可能性調査:6件 建設決定承認待ち:2件 初期設計・エンジニアリング:3件

補足) N/A は数値を特定できなかった項目。

出典: BN America 等情報より JICA 調査団作成

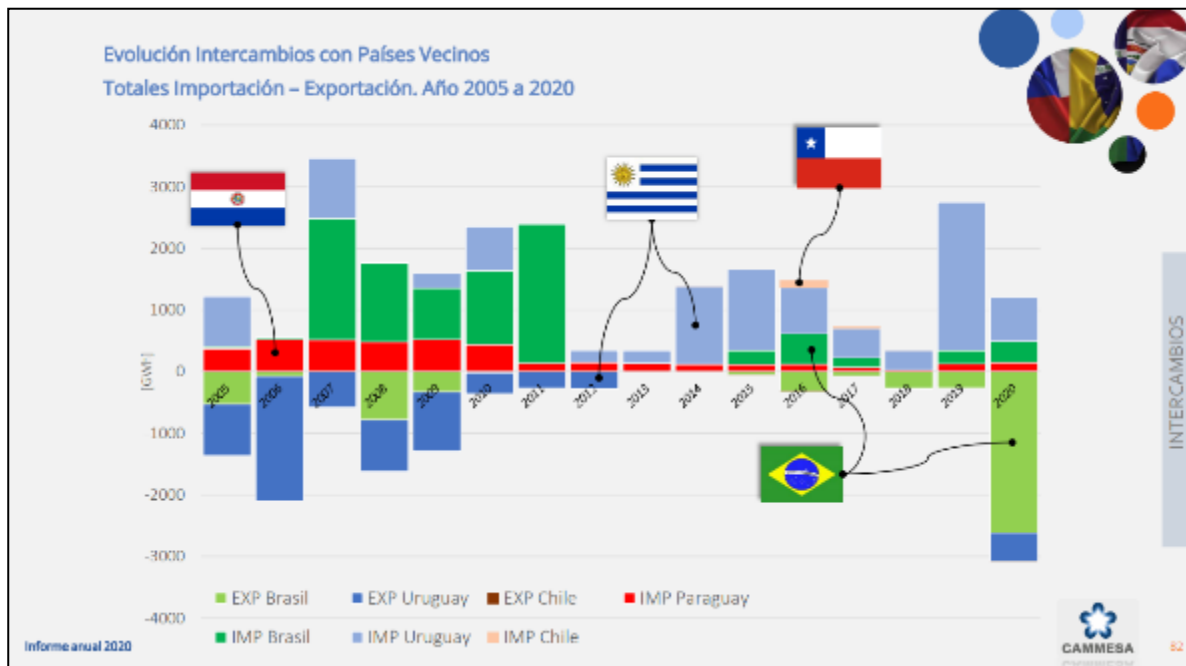
添付 6. ウルグアイ

6.1. エネルギーバランス/電力需要およびコスト



出典： Cammesa. (2020) Informe Annual 2020. Retrieved from <https://microfe.cammesa.com/static-content/CammesaWeb/download-manager-files/Informe%20Anual/INFORME%20ANUAL%202020%20VF.pdf>

添付-図 42 南米各国の電力輸出入状況（1）



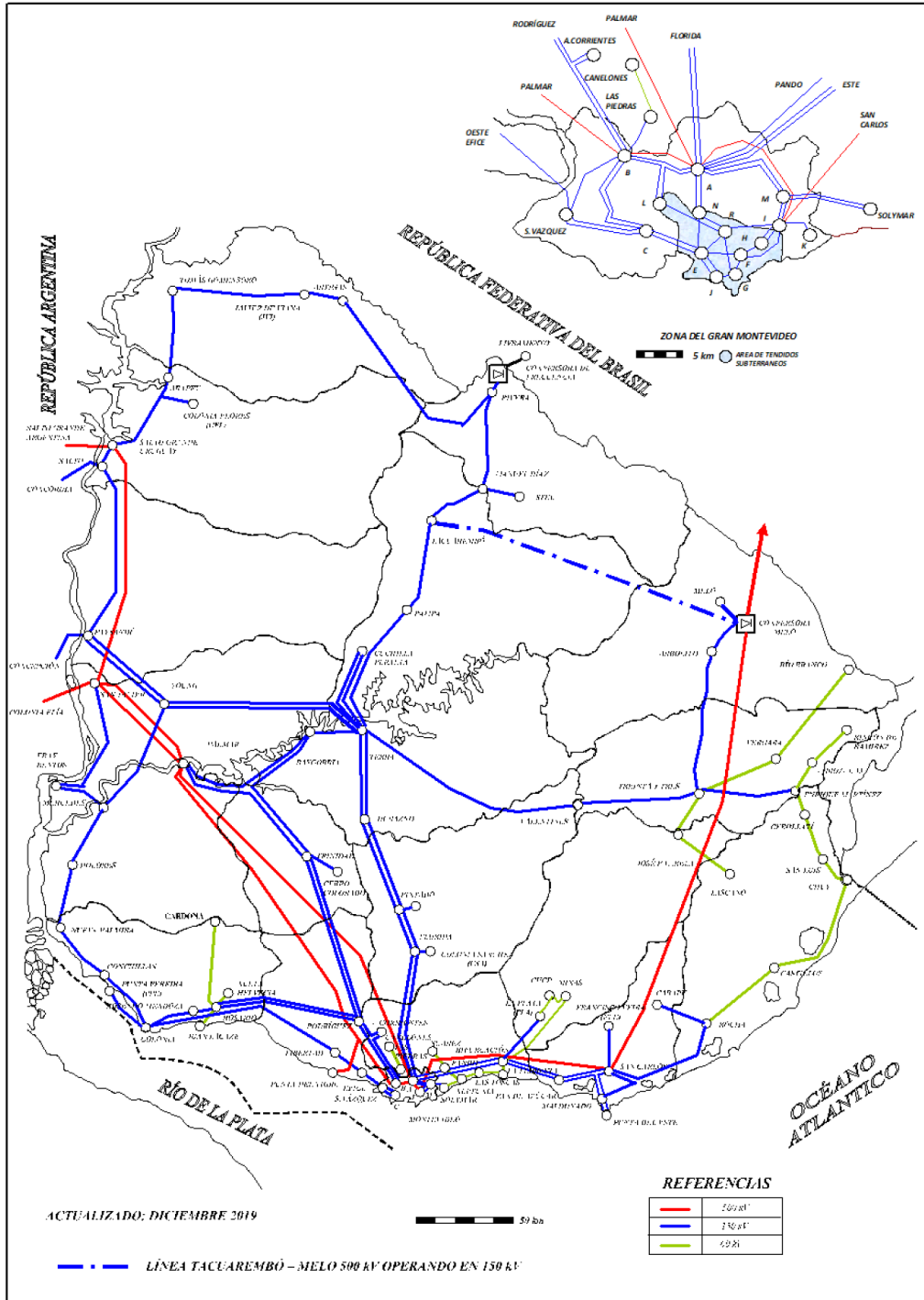
出典： Cammesa. (2020) Informe Annual 2020. Retrieved from <https://microfe.cammesa.com/static-content/CammesaWeb/download-manager-files/Informe%20Anual/INFORME%20ANUAL%202020%20VF.pdf>

添付-図 43 南米各国の電力輸出入状況（2）

6.2. 国内外送電網の状況

(1) 国内送電網

Red de UTE hasta 60 kV



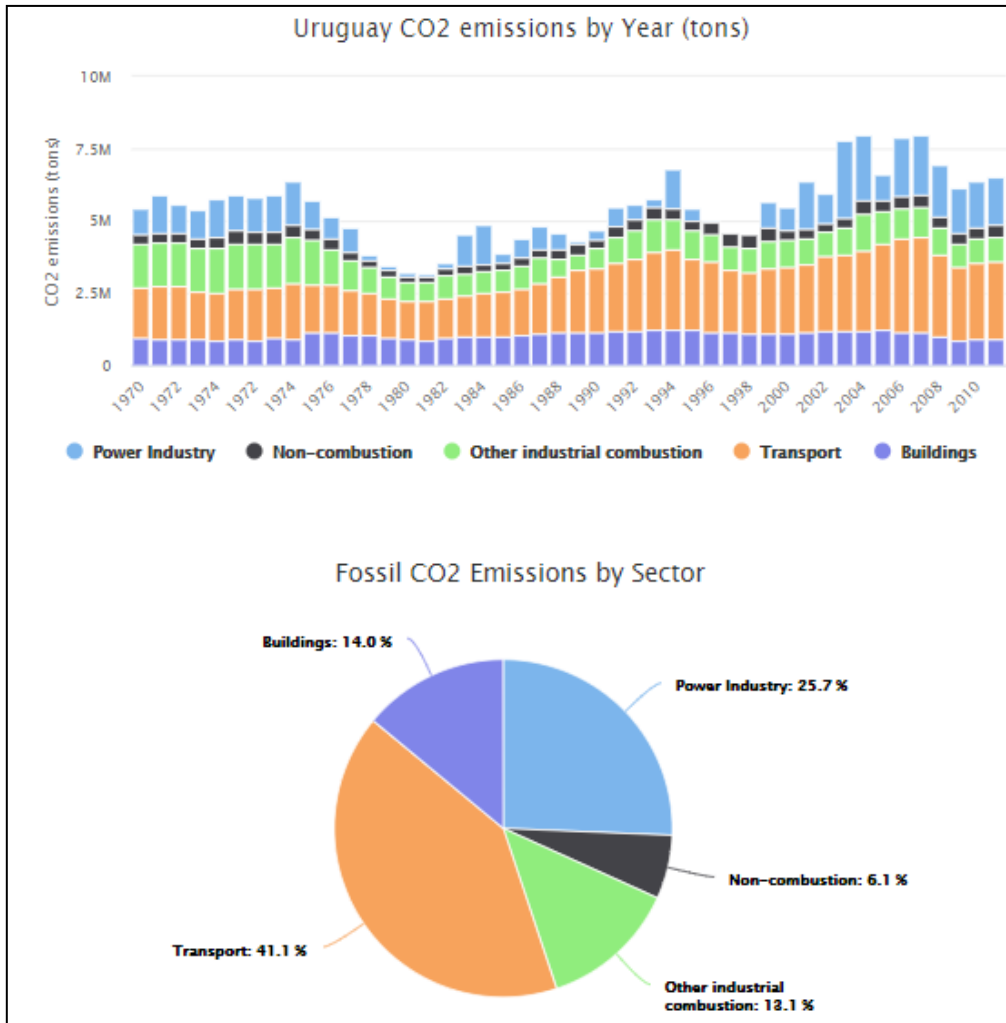
Transmission line (500kV, 150kV, 60kV)

出典: UTE. (2019). Memoria Annual 2019 Retrieved from

[https://portal.ute.com.uy/sites/default/files/generico/Memoria UTE 2019 0.pdf](https://portal.ute.com.uy/sites/default/files/generico/Memoria%20UTE%202019%200.pdf)

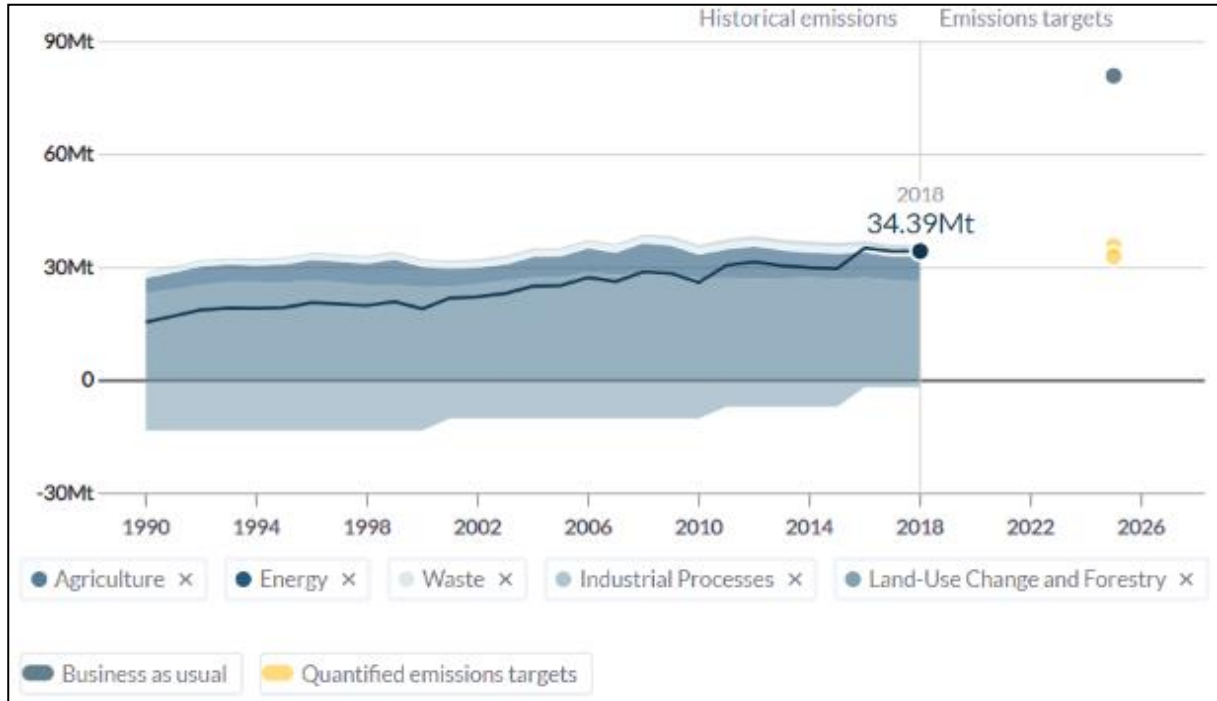
添付-図 44 ウルグアイの送電網図

6.3. カーボンニュートラルへの取組状況



出典: National Communication <https://www.worldometers.info/co2-emissions/uruguay-co2-emissions/>

添付-図 45 ウルグアイにおける CO2 排出状況



出典: Climate Watch. (2018). Uruguay Greenhouse Gas Emissions and Emissions Targets. Retrieved from <https://www.climatewatchdata.org/countries/ARG#climate-vulnerability>

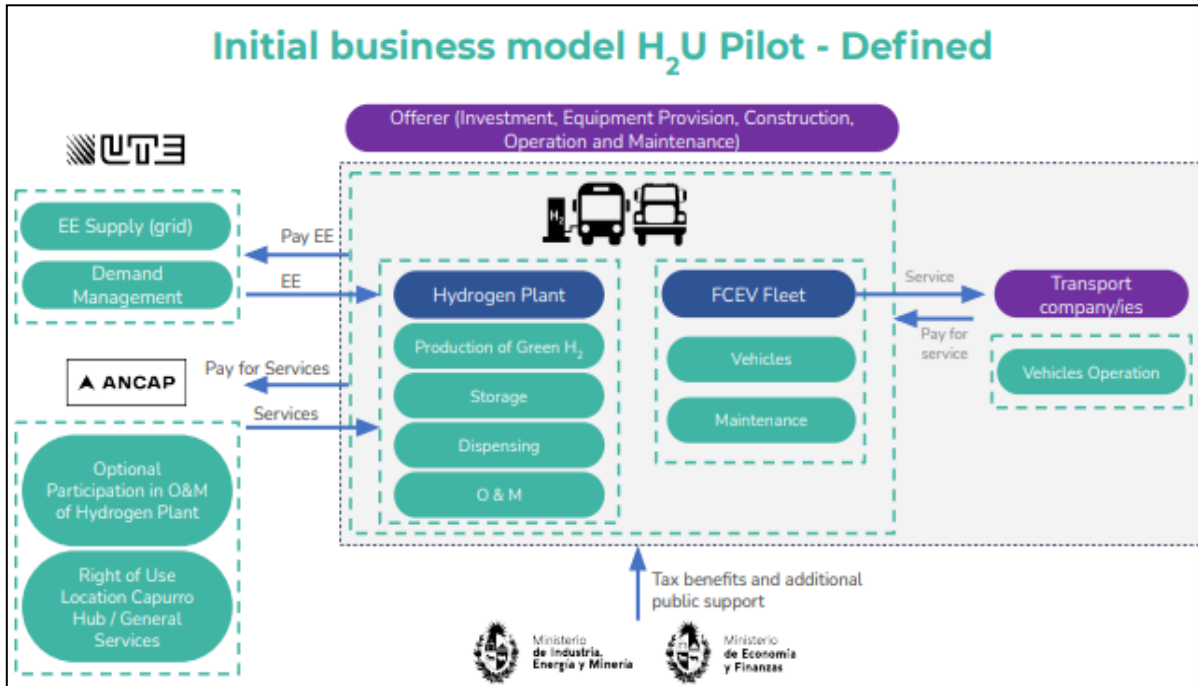
添付-図 46 ウルグアイにおける温室効果ガス排出状況

<p>I. Sustainable diversification of the energy matrix</p> <p>Action 1: Wind power generation.</p> <p>DESCRIPTION OF THE ACTION: development of wind farms to contribute to the objectives of matrix diversification by using non-traditional renewable sources.</p> <p>2025 TARGETS: Achieve 1450 MW of wind energy installed power.</p> <p>STATUS/ACHIEVEMENTS: Public and privately-owned wind farms are operational, contributing 1511 MW of wind energy to date (December 2018).</p> <p>GENDER SENSITIVITY: Potentially Responsive.</p>
<p>III. Efficient and sustainable transport</p> <p>Action 8: Installation of the first electric route in Latin America</p> <p>DESCRIPTION OF THE ACTION: Development of the first electric route in Latin America by setting up charging stations for electric vehicles along the national roads that link the cities of Colonia-Montevideo-Chuy (approximately 550km).</p> <p>2025 TARGET: This corridor stretches across around 550 km, where it expected to install 13 charging stations.</p> <p>STATUS/ACHIEVEMENTS: 17 charging stations have been installed, fully covering the entire route planned. And progress has been made in the next phase of expansion to all national roads. (December 2017)</p> <p>GENDER SENSITIVITY: Neutral.</p>
<p>IV. Increase and sustainability of agricultural productivity</p> <p>Action 1: Good natural field management practices</p> <p>DESCRIPTION OF THE ACTION: Incorporation of natural pasture management good practices and breeding herd management good practices in livestock production establishments, including adjustment of forage supply, regenerative management and sound nitrogen management.</p> <p>2025 TARGET: Achieve 1,000,000 ha of livestock production under good management practices (10% of pasture area)</p> <p>STATUS/ACHIEVEMENTS: Under implementation, there are approximately 20 establishments (about 7,000 ha) that have adopted good practices. By 2019, the Natural Pasture Livestock Farming Office drew up guidelines for the Strategic Plan for Livestock Farming on Natural Pastures.</p> <p>GENDER SENSITIVITY: Potentially Responsive.</p>

出典: Government of Uruguay. (2019). Fifth National Communication to the Conference of the Parties to the United Nations Framework Convention on Climate Change. Retrieved from https://www4.unfccc.int/sites/SubmissionsStaging/NationalReports/Documents/63801597_Uruguay-NC5-1-20191231%20URUGUAY%20NC5%20EX%20SUM%20ENG.pdf

添付-図 47 ウルグアイの第5国別報告書における緩和行動の進捗

6.4. 水素に関する政策的枠組み、動向



出典: Ministerio de Industria, Energía y Minería. (2021). *Opening Event Virtual Data Room H2U Pilot Project*. Retrieved from <https://www.gub.uy/ministerio-industria-energia-mineria/comunicacion/noticias/hidrogeno-verde-eslabon-clave-para-completar-transicion-energetica>

添付-図 48 H2U プロジェクトの概要

6.5. エネルギー、再生可能エネルギー、水素関連事業の実施状況（他ドナーによる支援状況を含む）

(1) JICA 案件

日本の機関によるエネルギー、再生可能エネルギー、水素関連の主なプロジェクト・事業は以下の通りである。

添付-表 35 ウルグアイにおけるエネルギー関連技術協力案件（2016年－2020年）

項目	概要
案件名	該当なし
プロジェクトサイト	
協力期間	
相手国機関名	

出典: JICA. (2021). 案件概要表一覧. Retrieved from https://www.jica.go.jp/activities/project_list/knowledge/region/america/index.html

円借款案件は 2016 年から 2020 年において実績はなし。

(2) 経済産業省、環境省、新エネルギー・産業技術総合開発機構、国際協力銀行

添付-表 36 ウルグアイにおける JBIC プログラム

項目	概要
案件名	地球環境保全融資
プロジェクトサイト	ウルグアイ
契約	2011
相手先	アンデス開発公社 (Corporación Andina de Fomento)

出典:JBIC.(2021).

(3) 米州開発銀行 (IDB) 事業

添付-表 37 ウルグアイにおける IDB プロジェクト

項目	概要
案件名	Support for the Creation of a Hydrogen Ecosystem in Uruguay: Promoting a Sustainable Mobility System
プロジェクトサイト	ウルグアイ
契約	2019
相手先	Ministry of Industry, Energy and Mining (MIEM), the National Administration of Fuels, Alcohol and Portland (ANCAP) and the National Administration of Electric Power Plants and Transmissions (UTE)

出典:IDB.(2021). Retrieved from <https://www.iadb.org/en/project/UR-T1223>

(4) エネルギー分野開発プロジェクト

ウルグアイで予定されているエネルギー分野に係る主なインフラ開発プロジェクトのうち、2020年1月から2021年3月の期間に更新された主な案件の情報を下表に示す。

添付-表 38 ウルグアイにおけるインフラ開発リスト

#	タイプ	案件数	設備容量 (MW)		事業規模 (百万 USD)		案件状況
			Min	Max	Min	Max	
1	水力	1件	---	N/A	---	80	建設中
2	バイオマス	1件	---	310	---	2700	建設中
3	石油・天然ガス等	1件	---	N/A	---	70	初期設計・エンジニアリング

補足) N/A は数値を特定できなかった項目。

出典:BN America 等情報より JICA 調査団作成

添付 7. ペルー

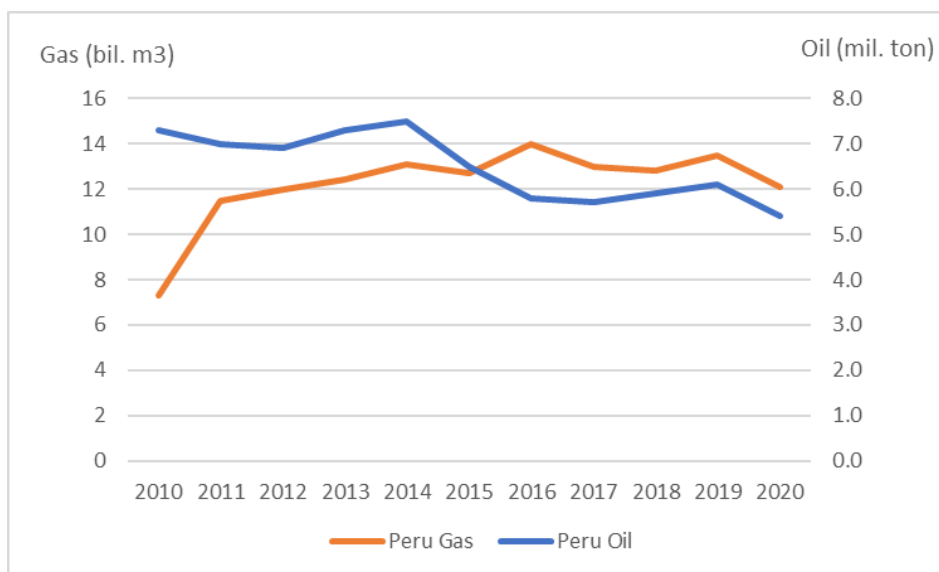
7.1. 国内外送電網の状況



出典: MINEM より

添付-図 49 ペルー全国送電線系統図

7.2. 石油化学産業などの現状および将来見通し



出典: bp Statistical Review of World Energy2021 より JICA 調査団作成

添付-図 50 ペルーにおける天然ガス・石油生産量 (2010-2020)

7.3. エネルギー、再生可能エネルギー、水素関連事業の実施状況 (他ドナーによる支援状況を含む)

日本の機関によるエネルギー、再生可能エネルギー、水素関連の主なプロジェクト・事業は以下の通りである。

(1) JICA 案件

添付-表 39 ペルーにおけるエネルギー関連案件

#	案件名	進捗状況	分野	支援額 (億円)	概要
1	ペルー共和国再生可能エネルギーによる地方電化マスタープラン調査	実施済み (2007年～2008年)	技術協力(資源・エネルギー)	0.17	本調査は、全国の未電化村落の内、ペルー国エネルギー省が実施している配電線延長による電化の対象となっていない、遠隔地域に存在する村落の再生可能エネルギーによる地方電化のためのマスタープラン作成を目的としている
2	エネルギー効率化インフラ支援プログラム	借据契約 (L/A) 調印: 2012年10月	有償資金協力(資源・エネルギー)	87.70	ペルーの開発金融公社 (Corporación Financiera de Desarrollo S.A.(COFIDE)) から仲介金融機関を通じ、民間企業等を中心としたエンドユーザーに対し、エネルギー効率化促進に資するサブプロジェクトに必要な中長期資金を融資するとともに、融資対象サブプロジェクトの円滑な実施促進に向けての技術支援(コンサルティング・サービス)を提供することにより、エンドユーザーによる各種環境対策の促進を図り、もって持続的な経済発展及び気候変動緩和に寄与する

#	案件名	進捗状況	分野	支援額 (億円)	概要
3	モケグア地熱 発水力発電 所整備事業	借款契約 (L/A) 調 印:2014年 11月	有償資金協 力(資源・エ ネルギー)	69.44	本事業はペルー南部モケグア州において、 水力発電所及び関連施設を整備すること により、同地域の安定的な電力供給に貢献する とともに、電源構成の多様化促進及び気候 変動緩和に寄与する
4	ペルー国 地 熱開発にお ける民間投資 促進支援に 係る情報収 集・確認調査	実施済み (2016年～ 2017年)	技術協力(資 源・エネルギ ー)	0.17	本調査プロジェクトの目的は、ペルーの地熱 開発有望地点の地熱資源量、電力需要等 に基づく 全国地熱発電開発計画(マスター プラン)を作成し、同国の地熱発電開発を促進 すること

出典: 出典:JICA.(2021). 案件概要表一覧. Retrieved from
https://www.jica.go.jp/activities/project_list/knowledge/region/america/index.html

(2) 米州開発銀行 (IDB) 事業

米州開発銀行によるプロジェクトは以下の通りである。

添付-表 40 ペルーにおける IDB プロジェクト

#	案件名	進捗状況	分野	承認額 (USD)	概要
1	エネルギーの持 続的かつ効率的 な管理に向けて の支援プログラ ム	実施済 (2012年3 月承認)	技術支援	18,287,700	エネルギーの管理やエネルギー政策 の策定に関するスキルの向上を目的 に、政府機関に対する能力開発支援 を実施
2	地方における再 生可能エネルギ ーの導入に向け た支援	実施済 (2012年8 月承認)	融資	900,000	カハマルカ地方での再生可能エネル ギーの導入を支援することで、住民が 持続的な電力にアクセスできるような 環境づくりに寄与
3	バイオ燃料・アク シオンプラン	実施済 (2010年8 月承認)	技術支援	400,000	アマゾン地域(サンマルティン、ウカヤ リ、ロレト)の森林破壊が進んでいる地 域のGHG排出削減に貢献することを 目的に、バイオ燃料の使用を促進する プログラムを実施
4	持続可能なエネ ルギーマトリクス 作成支援	実施済 (2010年9 月承認)	融資	25,000,000	持続可能なエネルギーマトリクス (NUMES)の作成業務を支援し、ペル ーでの持続的なエネルギー利用を推 進
5	ペルーのエネル ギーセクター改 革支援	実施中 (2020年12 月承認)	技術支援	387,834	より持続可能な体制づくりを構築し、エ ネルギーセクターの改革を促進するた めの支援

出典:IDB.(2021). Retrieved from <https://www.iadb.org/en/project/UR-T1223>

(3) エネルギープロジェクト

ペルーで予定されているエネルギー分野に係る主なインフラ開発プロジェクトのうち、2020年
1月から2021年3月の期間に更新された主な案件の情報を下表に示す。

添付-表 41 ペルーにおけるインフラ開発リスト

#	タイプ	案件数	設備容量 (MW)		事業規模 (百万 USD)		案件状況
			Min	Max	Min	Max	
1	太陽光	6件	80	280	N/A	280	環境社会配慮:2件 実現可能性調査:4件
2	風力	9件	20	168	N/A	N/A	初期設計・エンジニアリング: 3件 実現可能性調査:6件
3	水力	20件	14	635	17	1,443	建設決定承認待ち:6件 初期設計・エンジニアリング: 2件 高度設計・エンジニアリング: 2件 環境社会配慮:8件 実現可能性調査:2件
4	地熱	1件	---	110	---	560	環境社会配慮:1件
5	石油・天然 ガス等	6件	N/A	N/A	100	857	建設決定承認待ち:2件 初期設計・エンジニアリング: 3件 高度設計・エンジニアリング: 1件

補足)N/A は数値を特定できなかった項目。

出典:BN America 等情報より JICA 調査団作成

添付 8. メキシコ

8.1. 国内外送電網の状況

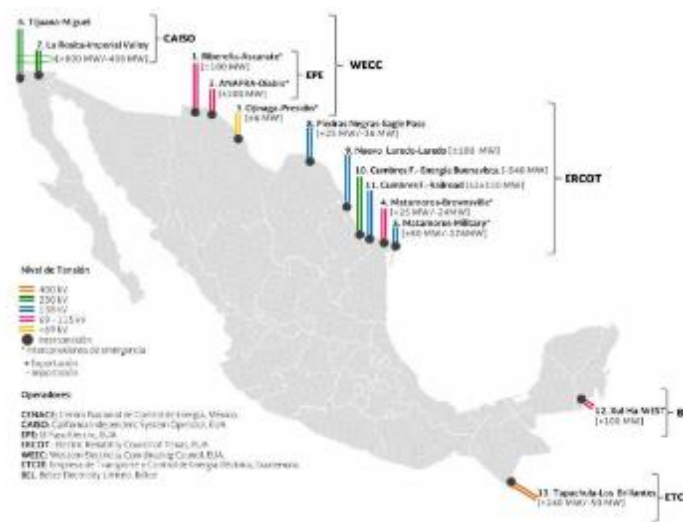
(1) 国内送電網



出典:SENER, 2017. Electricity Sector Outlook 2017-2031 より

添付-図 51 メキシコの国家電力系統システム (SEN)

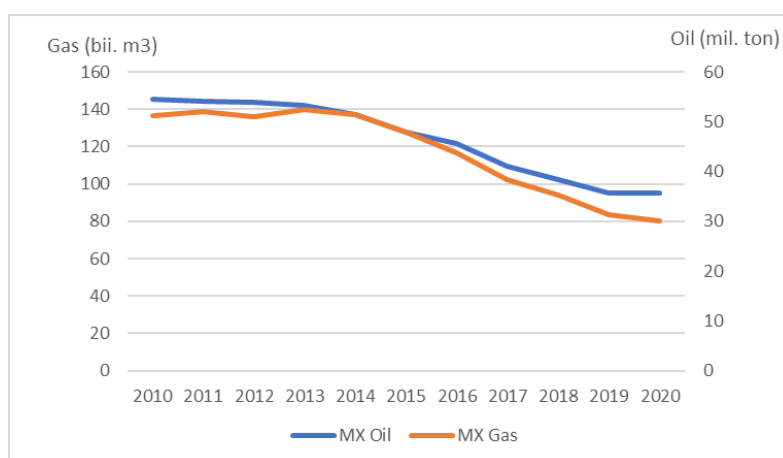
(2) 国際送電網



出典:SENER, 2017. Electricity Sector Outlook 2017-2031 より

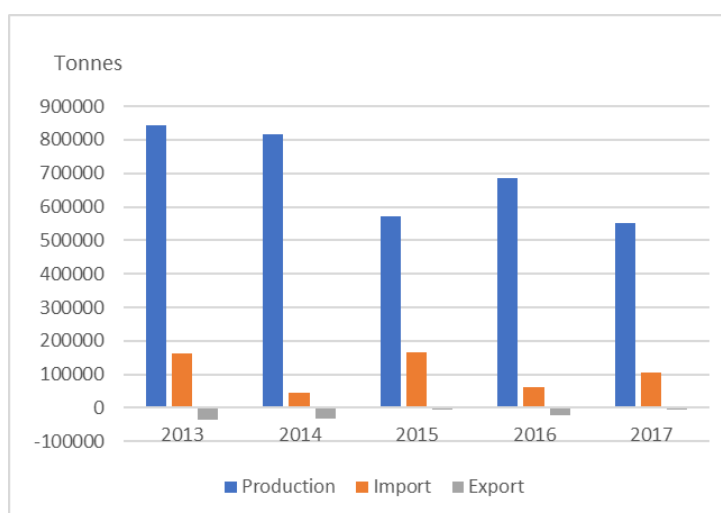
添付-図 52 メキシコの国際送電網

8.2. 石油化学産業などの現状および将来見通し



出典:bp Statistical Review of World Energy2021 より JICA 調査団作成

添付-図 53 メキシコにおける天然ガス・石油生産量（2010-2020）



出典:Food and Agriculture Organization of the United Nations より JICA 調査団作成

添付-図 54 メキシコのアンモニア生産、輸入、輸出量の推移

8.3. エネルギー、再生可能エネルギー、水素関連事業の実施状況

本邦機関やその他国際機関によるエネルギー、再生可能エネルギー、水素分野における主な支援状況を以下の表にまとめている。

(1) JICA 案件

添付-表 42 メキシコにおけるエネルギー関連プロジェクト

#	案件名	進捗状況	分野	支援額 (億円)	概要
1	メキシコ「太陽光発電事業」に対する融資契約	実施中 (2020年3月締結)	JICAグリーンローン原則認証融資案件	100.0	メキシコのエネルギー会社 (Infraestructura Energética Nova, S.A.B.de C.V.) による太陽光発電事業 (3件・合計276MW) に対する支援を通じ、同国の電力供給増加及び再生可能エネルギーの促進並びに電源多様化の推進を図り、もって気候変動の影響緩和に寄与するもの
2	メキシコ国省エネルギー制度 情報収集・確認調査	実施済み (2010年11月)	省エネルギー	N/A	メキシコのエネルギー管理制度に係る情報収集及び分析を行うとともに、日本の制度を紹介した上で、収集された情報に基づきメキシコにおけるエネルギー管理制度構築に資する追加情報・提案の取り纏めを行うこと

出典: JICA「プロジェクト・案件一覧」より検索

(2) 経済産業省、環境省、新エネルギー・産業技術総合開発機構、国際協力銀行事業

経済産業省、環境省、新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO)、国際協力銀行 (JBIC) による JCM 関連のプロジェクトは以下のとおりである。

添付-表 43 メキシコにおける各機関によるプロジェクト

#	案件名	採択年度	種類	関連機関
1	メタンガス回収・1.2MW発電設備の導入	2016年	JCMプロジェクト(廃棄物)	株式会社エヌ・ティ・ティ・データ経営研究所 MGM Metano Mexicano S. de R.L. de C. V. Energreen Holdings S.A.P.I. de C.V.
2	メキシコ合衆国・太陽光発電と電力系統安定化技術の導入による質の高い工業団地 実現可能性調査事業 (METI)	2018年	質の高いエネルギーインフラの海外展開に向けた事業実施可能性調査事業	日鉄住金物産株式会社 EY 新日本有限責任監査法人
3	グアナフアト州における30MW太陽光発電プロジェクト	2018年	JCMプロジェクト(再生可能エネルギー)	シャープエネルギーソリューション株式会社 Prana Power SAPI de CV Tampico Solar SA de CV
4	ラ・パズ市における30MW太陽光発電プロジェクト	2019年	JCMプロジェクト(再生可能エネルギー)	シャープエネルギーソリューション株式会社 Prana Power SAPI de CV Saferay Solar SAPI de CV

出典: 各省ウェブページ等より JICA 調査団作成

(3) 米州開発銀行 (IDB) 事業

米州開発銀行によるプロジェクトは以下の通りである。

添付-表 44 メキシコにおける IDB プロジェクト

#	案件名	進捗状況	分野	承認額 (USD)	概要
1	風力発電プロジェクト	実施中(2012年5月承認)	技術支援	5,000,000	メキシコにおける風力発電の設備容量を増やすため、風力発電に係る技術の開発・導入を行う
2	GEF持続可能な都市プログラムの実施(メキシコ3都市)	実施中(2015年12月承認)	融資	15,000,000	メキシコ3都市(ハラパ、ラパス、カンペチェ)においてGEF持続可能な都市プログラムを実施し、温暖化対応を軸にした街づくりに貢献する
3	太陽光発電プロジェクト	実施中(2017年10月承認)	財政支援	13,761,468	住宅用太陽光発電システムの導入に向けて、市場の整備を行う
4	メキシコシティにおける省エネルギー対策・再生可能エネルギー利用促進に向けたプロジェクト	実施中(2020年8月承認)	財政支援	150,000	持続可能なエネルギー計画策定に向けて、環境省とメキシコシティ支庁を支援し、太陽光発電と省エネルギー対策を推進しつつ、メキシコシティ全体のカーボンフットプリント削減に貢献する

出典: IDB プロジェクトデータベースより JICA 調査団作成

(4) 世界銀行 (WB)

世界銀行によるプロジェクトは以下の通りである。

添付-表 45 メキシコにおける WB プロジェクト

#	案件名	進捗状況	分野	承認額 (USD)	概要
1	アンモニア市場調査	2021年3月公募開始	アンモニア	承認前のため未公表	メキシコにおけるグリーンアンモニア製造の商業可能性と、現在のアンモニア市場における(現地及び輸入元に対する)コスト競争力、(アンモニア製造のための天然ガスの輸入ポテンシャルの検討も含む)短期・中期の期待度を評価することが目的である。

出典: WB ウェブサイトより JICA 調査団作成

(5) ドイツ国際協力公社 (GIZ)

ドイツ国際協力公社によるプロジェクトは以下の通りである。

添付-表 46 GIZ による水素関連の支援概要

相手国	水素関連の支援概要
メキシコ	2016年にGerman-Mexican Energy Partnershipを締結した。 水素に係る活動はこれまでに実施されていないものの、2021年4月13日、電力公社CFEとGIZが再エネ発電、送電網強化、分散電源での協力にかかるMOUを締結しており、その中でグリーン水素の利用についても記載されている。

出典：GIZ ウェブサイト等より JICA 調査団作成

(6) エネルギー分野開発プロジェクト

メキシコで予定されているエネルギー分野に係る主なインフラ開発プロジェクトのうち、2020年1月から2021年3月の期間に更新された主な案件の情報を下表に示す。

添付-表 47 メキシコにおけるインフラ開発リスト

#	タイプ	案件数	設備容量 (MW)		事業規模 (百万 USD)		案件状況
			Min	Max	Min	Max	
1	太陽光	30	43	467	60	419	環境社会配慮: 6件 追加的な環境影響評価1件 建設決定承認待ち: 22件 初期設計・エンジニアリング 1件
2	風力	8	52	390	65	600	建設決定承認待ち: 5件 初期設計・エンジニアリング: 1件 高度設計・エンジニアリング: 2件
3	地熱	2	25	25	79	91	建設決定承認待ち: 1件 N/A: 1件
4	石油・天然 ガス	21	---	---	55	7,521	環境社会配慮: 3件 建設決定承認待ち: 5件 高度設計・エンジニアリング: 1件 初期設計・エンジニアリング 12件

補足) N/A は数値を特定できなかった項目。

出典: BN America 等情報より JICA 調査団作成

グリーン水素及びブルー水素の民間主導事業は存在している。たとえば、Delicias Solar PV Plant Green Hydrogen は太陽光 58MW を活用し、グリーン水素を製造しようとしており、年間 3,205Mt の製造を目指している。それ以外に、アンモニア製造の事業 (Tarafer) 等も存在しているほか、セメント関連の会社も水素の製造への取り組みを開始している。

添付9. コスタリカ

9.1. エネルギーバランス/電力需要およびコスト

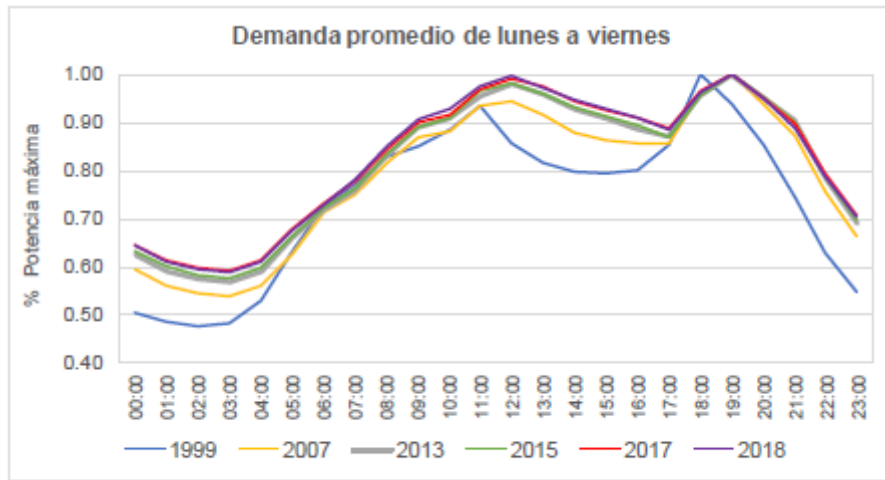


Figura 5.4 Demanda promedio día laboral

出典:ICE, 2019. 発電拡張計画

添付-図 55 コスタリカの時間別の電力需要の動向

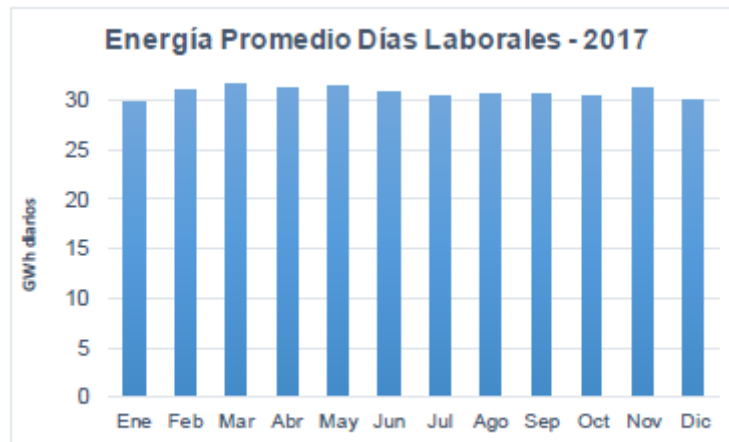
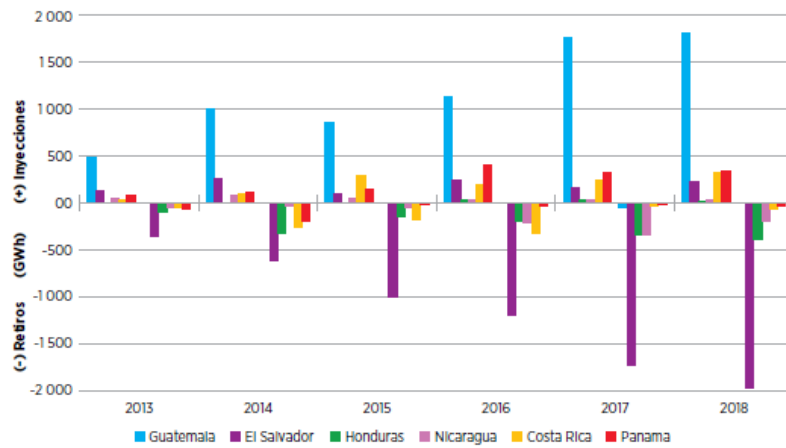


Figura 5.5 Comportamiento estacional de la demanda

出典:ICE, 2019. 発電拡張計画

添付-図 56 コスタリカの月別の電力需要の動向

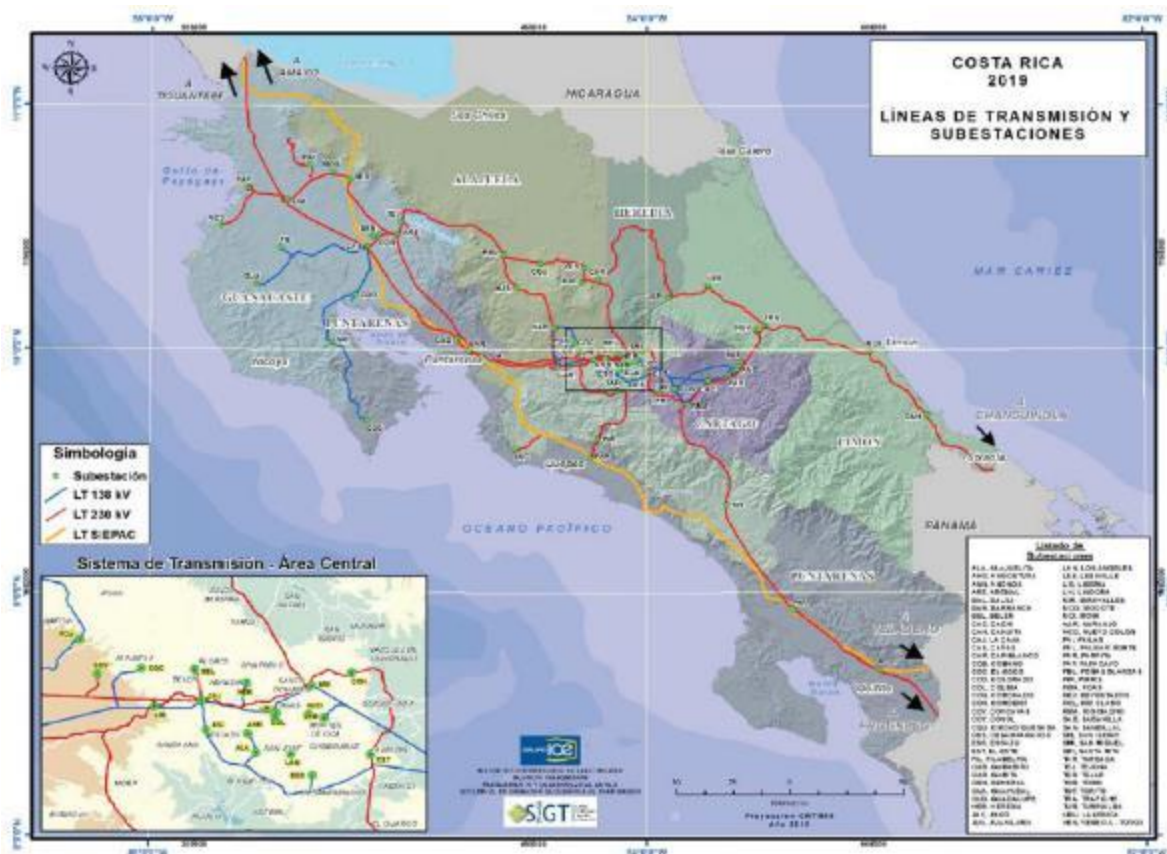


出典: IRENA, 2020. Renewables Readiness Assessment: El Salvador

添付-図 57 中米 MER の電力輸出入状況

9.2. 国内外送電網の状況

(1) 国内送電網



出典: ICE, 2019. 送電拡張計画

添付-図 58 コスタリカの国内送電網

(2) 国際送電網



出典: IDB, 2017. Central American Electricity Integration, Genesis, Benefits and Outlook of the SIEPAC Project

添付-図 59 中米地域送電図 (SIEPAC)

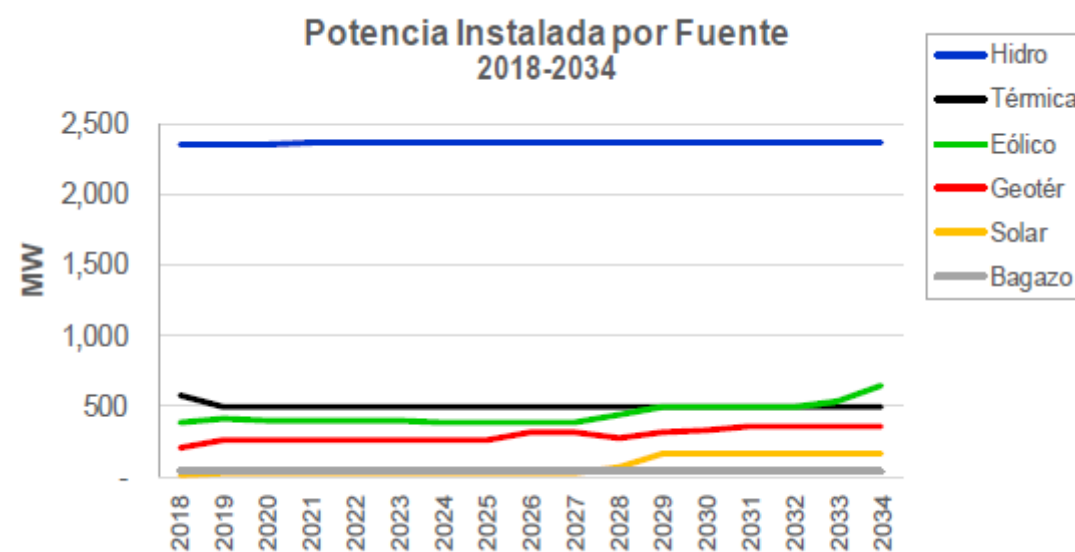
9.3. エネルギー政策/電力会社の計画

添付-表 48 PNE の電力及び輸送システムに関する政策

年	需要				供給		
	GhW	増減 (%)	MW	増減 (%)	電力源	増減 (MW)	合計 (MW)
2017	-	-	-	-	-	-	3,530
2018	11,216	1.8%	1,714	1.3%	風力	6	3,570
					水力	28	
					太陽光	6	
2019	11,433	1.9%	1,739	1.4%	火力	-73	3,579
					風力	21	
					太陽光	5	
					地熱	55	
2020	11,693	2.3%	1,765	1.5%	風力	-7	3,572
2021	11,974	2.4%	1,804	2.2%	水力	19	3,591
2022	12,264	2.4%	1,830	1.5%	-	0	3,591
2023	12,545	2.3%	1,866	2.0%	-	0	3,591
2024	12,826	2.2%	1,897	1.6%	風力	-10	3,581
2025	13,105	2.2%	1,938	2.1%	-	0	3,581
2026	13,383	2.1%	1,973	1.8%	地熱	55	3,636
2027	13,661	2.1%	2,008	1.8%	-	0	3,636
2028	13,942	2.1%	2,038	1.5%	風力	50	3,693
					地熱	-42	
					太陽光	50	
2029	14,226	2.0%	2,079	2.0%	風力	50	3,878
					地熱	35	

年	需要				供給		
	GhW	増減 (%)	MW	増減 (%)	電力源	増減(MW)	合計(MW)
					太陽光	100	
2030	14,513	2.0%	2,108	1.4%	地熱	13	3,891
2031	14,804	2.0%	2,146	1.8%	地熱	35	3,926
2032	15,094	2.0%	2,177	1.5%	-	0	3,926
2033	15,375	1.9%	2,219	1.9%	風力	50	3,976
2034	15,645	1.8%	2,253	1.5%	風力	100	4,076

出典: 発電拡張計画より JICA 調査団作成



出典: 発電拡張計画

添付-図 60 コスタリカの発電容量推移計画



出典:ICE, 2019. 送電拡張計画

添付-図 61 コスタリカの国内送電拡張計画図

9.4. エネルギー、再生可能エネルギー、水素関連事業の実施状況

本邦機関やその他国際機関によるエネルギー、再生可能エネルギー、水素分野における主な支援事業を以下の表にまとめている。

(1) JICA 案件

添付-表 49 コスタリカにおける JICA プロジェクト

#	プロジェクト名	状況	種類	金額 (JPY)	概要
1	ラス・パイラス2プロジェクト(グアナカステ地熱開発セクターローン)	進行中 (2014年8月契約)	有償資金協力	168.1億	コスタリカ北西部グアナカステ県ラス・パイラス地区における地熱発電所建設プロジェクト。再生可能エネルギーによる電力供給の増強および気候変動への影響緩和を図り、同国の持続的発展に貢献するもの。
2	ボリンケン1地熱開発事業(グアナカステ地熱開発セクターローン)	進行中 (2017年6月契約)	有償資金協力	259.91億	ICEが地熱発電所をコスタリカ北西部のグアナカステ県ボリンケン地区に建設。経済成長と環境保全の両立を目指す同国の電力需要対応と気候変動対策に貢献することを目指す。

出典:JICA「プロジェクト・案件一覧」より JICA 調査団作成

(2) 経済産業省、環境省、新エネルギー・産業技術総合開発機構、国際協力銀行事業

経済産業省、環境省、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）、国際協力銀（JBIC）による JCM 関連のプロジェクトは以下の通りである。

添付-表 50 コスタリカにおける各機関の JCM 関連プロジェクト

#	プロジェクト名	採択年度	種類	関係者
1	ホテルへの高効率チラー及び排熱回収温水器の導入	2016年	JCM設備補助事業(環境省)	NTTデータ経営研究所
2	ベレン市における5MW太陽光発電プロジェクト	2016年	JCM設備補助事業(環境省)	NTTデータ経営研究所
3	太陽光発電・省エネ機器の導入によるホテル・オフィスビル等の低炭素化推進	2015年	JCM案件組成調査(PS)(環境省)	NTTデータ経営研究所
4	タクシー用途での電気自動車利用促進	2014年	JCM実現可能性調査(環境省)	日産自動車
5	コスタリカ共和国グアナカステ州における太陽光発電プロジェクトのJCM実現可能性調査	2014年	JCM実現可能性調査(FS:METI/NEDO)	あすかグリーンインベストメント株式会社

出典：各省ウェブページ等より JICA 調査団作成

(3) 米州開発銀行（IDB）事業

米州開発銀行によるプロジェクトは以下の通りである。

添付-表 51 コスタリカにおける IDB プロジェクト

#	案件名	進捗状況	分野	承認額(USD)	概要
1	脱炭素化経済に向けた国家水素開発戦略策定にかかる支援	実施中 (2021年9月承認)	技術協力	500,000	本事業の目的は、脱炭素計画2018-2050に沿ってグリーン水素市場の開発に係るコスタリカ政府を支援する。特に、国家グリーン水素戦略とロードマップの策定を支援する。
2	グリーン経済に向けて：コスタリカ脱炭素化計画IIにかかる支援	準備中	ローン	200,000,000	本事業目的は、2050年までにコスタリカのネットゼロ排出量への移行支援である。事業は、農業や森林に関するアクションの他、エネルギー部門においては電力の使用を奨励する。
3	脱炭素経済に向けたエネルギー部門の変革への支援事業	実施中 (2020年11月承認)	技術協力	220,000	本事業目的は、2050年までにコスタリカのネットゼロ排出量への移行支援である。事業は、再生可能エネルギーの使用を促進する。エネルギーの使用におけるコスト分析を通じて、国家脱炭素計画の策定にインプットする。
4	ICEの財政的持続可能性と競争力支援事業	実施中 (2019年5月承認)	技術協力	400,000	本事業では、コスタリカの電力部門に纏わる変化(再生可能エネルギーの増加、分散型電源の増加、電気輸送の導入、貯蔵技術の導入)に直面するICEに対し、技術支援を通じて近代化を目指す。
5	脱炭素化への	実施中	技術協力	820,000	本事業の目的は、水素に基づく電力

#	案件名	進捗状況	分野	承認額 (USD)	概要
	道: コスタリカの水素経済の促進	(2018年10月承認)			発電・送電エコシステムの強化を通じて経済の脱炭素化の支援である。水素バリューチェーンの参加者にとってより良いビジネスチャンス発掘を目指す。
6	TicoFrut Biomass Cogeneration Plant	実施中 (2015年10月承認)	プロジェクトファイナンス	4,800,000	N/A

出典: IDB プロジェクトデータベースより JICA 調査団作成

(4) その他機関

GIZ は、コスタリカでグリーン水素の製造、使用、輸出する可能性の調査を支援した（調査の結果は、コスタリカの水素に関連するセクションを参照）。

添付-表 52 GIZ による水素関連の支援概要

相手国	水素関連の支援概要
コスタリカ	2021年2-3月に”Study on the possibilities to produce, use and export "green" hydrogen in Costa Rica”を実施した。当事業の調査項目は以下の通りである。 <ul style="list-style-type: none"> ➤ コスタリカにおける水素製造、利用、輸出のポテンシャルに係る現状分析 ➤ コスタリカにおける水素技術普及についての提言 ➤ 将来のコスタリカ水素戦略の構成や、戦略等構築のためのロードマップにかかる提言

出典: GIZ ウェブサイト等より調査団作成

中米経済統合銀行（CABEI）は、サンホセ市圏に 85 km の複線、電気ライトレール輸送システムを設置することを目的とした、GCF が共同出資する 19 億米ドルの事業を実施している。ライトレールは 98%以上の再生可能エネルギーを利用する予定である。中米地域には、CABEI は SIEPAC の第 2 巡回区にも支援している。欧州連合 (EU) は、その主要な気候イニシアチブである Euroclima +を通じて、他のセクターでの支援に加えて、電気自動車の資金調達へのアクセスについて地域に支援している。

(5) エネルギー分野開発プロジェクト

コスタリカで予定されているエネルギー分野に係る主なインフラ開発プロジェクトのうち、2020年1月から2021年3月の期間に更新された主な案件の情報を下表に示す。

添付-表 53 コスタリカにおけるインフラ開発リスト

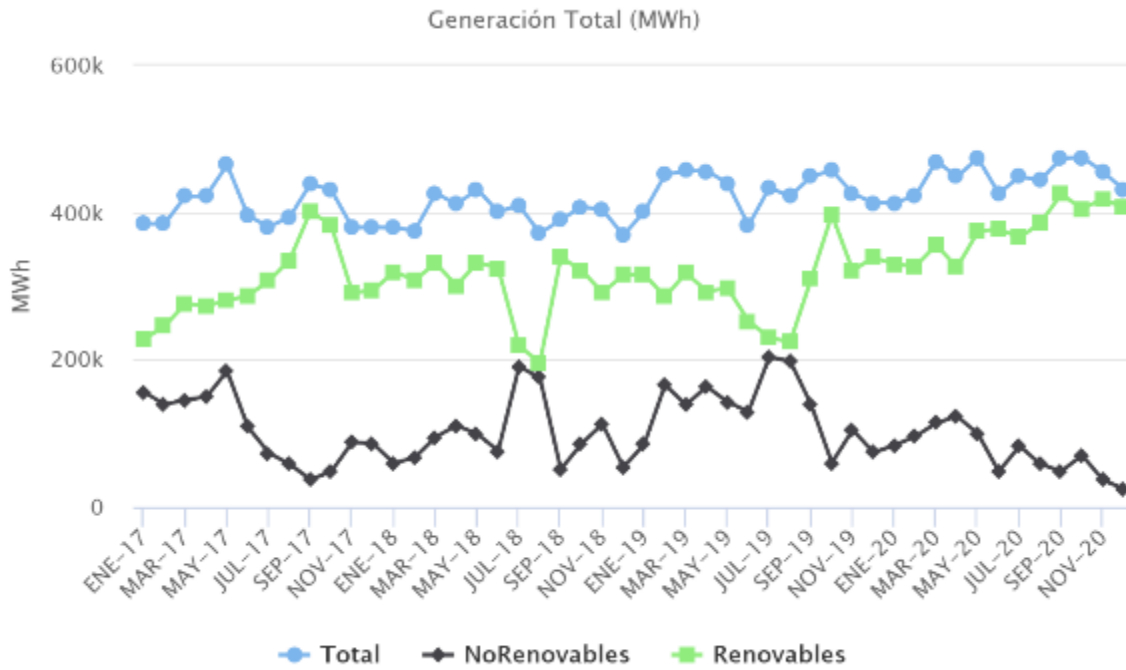
#	タイプ	案件数	設備容量 (MW)		事業規模 (百万 USD)		案件状況
			Min	Max	Min	Max	
1	水力	1	---	50	---	210	建設決定承認待ち: 1件
2	地熱	1	---	55	---	300	実現可能性調査: 1件
3	石油・天然ガス	1	---	N/A	---	N/A	入札図書作成中: 1件

補足) N/A は数値を特定できなかった項目。

出典: BN America 等情報より JICA 調査団作成

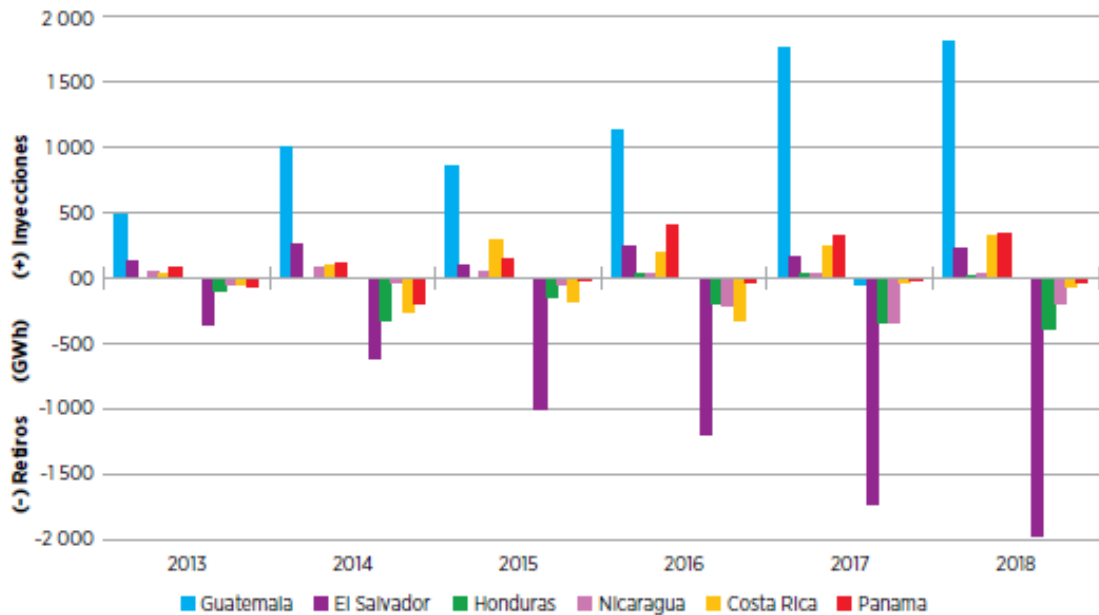
添付 10. エルサルバドル

10.1. エネルギーバランス/電力需要およびコスト



出典: SIGET

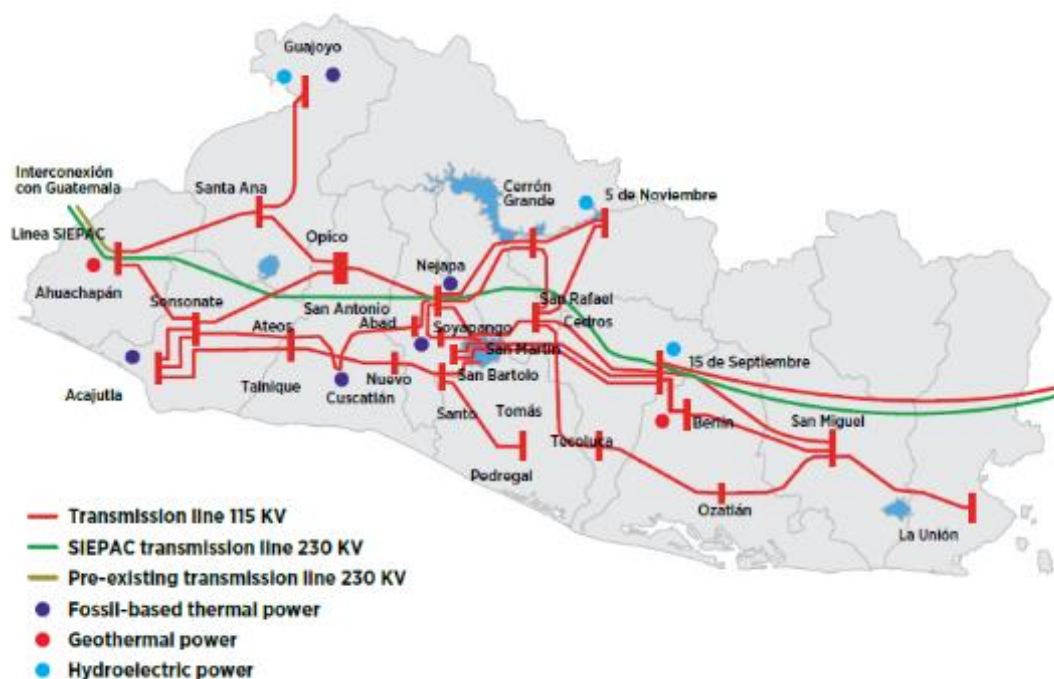
添付-図 62 エルサルバドルにおける月別の電力需要の動向



出典: IRENA, 2020. Renewables Readiness Assessment: El Salvador

添付-図 63 中米 MER の電力輸出入状況

10.2.国内外送電網の状況



Source: SIGET (2019)

出典：IRENA, 2020. Renewables Readiness Assessment: El Salvador

添付-図 64 エルサルバドルの国内送電図

10.3.エネルギー、再生可能エネルギー、水素関連事業の実施状況

本邦機関やその他国際機関によるエネルギー、再生可能エネルギー、水素分野における主な支援事業を以下の表にまとめている。

(1) JICA 案件

JICA によるプロジェクトは以下の通りである。

添付-表 54 エルサルバドルにおける JICA プロジェクト

#	プロジェクト名	状況	種類	金額 (JPY)	概要
1	熱発光地熱探査法による地熱探査と地熱貯留層の統合評価システム	進行中 (2018年8月承認)	技術協力	168億	熱発光地熱探査法の展開・推進、地熱探査データ解析技術の開発、貯蓄層シミュレーションの整備など、地熱資源の探査を行うための総合システムを構築し、エルサルバドルにおける地熱エネルギー利用の促進に寄与。

出典：JICA「プロジェクト・案件一覧」より JICA 調査団作成

(2) 米州開発銀行 (IDB) 事業

米州開発銀行によるプロジェクトは以下の通りである。

添付-表 55 エルサルバドルにおける IDB プロジェクト

#	案件名	進捗状況	分野	承認額 (USD)	概要
1	エルサルバドルにおける電力・再生可能エネルギーインフラの強化	実施中 (2020年5月承認)	技術協力	300,000	本事業の目的は、国家エネルギー審議会(CNE)の支援を通じてエルサルバドルのエネルギーセクターを強化することである。CNEに対する支援内容は、(i)国家エネルギー展望の開発、(ii)エルサルバドルのエネルギーセクターに係る法・規制の技術的・包括的なレビューの実施、(iii)地方電化計画を含むエルサルバドル・エネルギーマスター計画の策定、である。
2	エルサルバドルにおける電力セクター強化事業	完了	技術協力	150,000	本事業の目的は、エルサルバドル政府と民間セクター、電力セクターに関わる利害関係者間の対話に対してサポート・アドバイスをし、将来の電力ネットワークに必要な容量・条件を定め、配電部門の課題解決に貢献する。
3	プロビデンス太陽光発電プロジェクト	完了	ローン	144,200,000	本事業の目的は、エルサルバドルにおける再生可能エネルギーの設備容量を60MW増加することである。
4	Cangrejera, S.A. de C.V.太陽光発電事業	完了	プロジェクト・ファイナンス	2,700,000	本融資は、太陽光発電プラント及びMelera/Del Sur変電所への送電線(250m、23-kV)の開発・設置を支援する
5	Energia del Pacifico LNG 火力発電プロジェクト	完了	プロジェクト・ファイナンス	60,000,000	本事業では、1)ソソナーテ県アカフトラ港に378メガワット(MW)の火力発電所、2)浮体式LNG受入基地・火力発電所向けの天然ガスパイプライン、3)送電線(44km、230kV)と変動所(発電所と電量網を接続)の設置・運営を支援する
6	カペラ太陽光発電プロジェクト	完了	プロジェクト・ファイナンス	30,000,000	本事業では、2つの太陽光発電所(Albireo 1・2)(合わせて140MW)の建設・運営・メンテナンスを支援する

出典:IDB プロジェクトデータベースより JICA 調査団作成

(3) エネルギー分野開発プロジェクト

エルサルバドルで予定されているエネルギー分野に係る主なインフラ開発プロジェクトのうち、2020年1月から2021年3月の期間に更新された主な案件の情報を下表に示す。

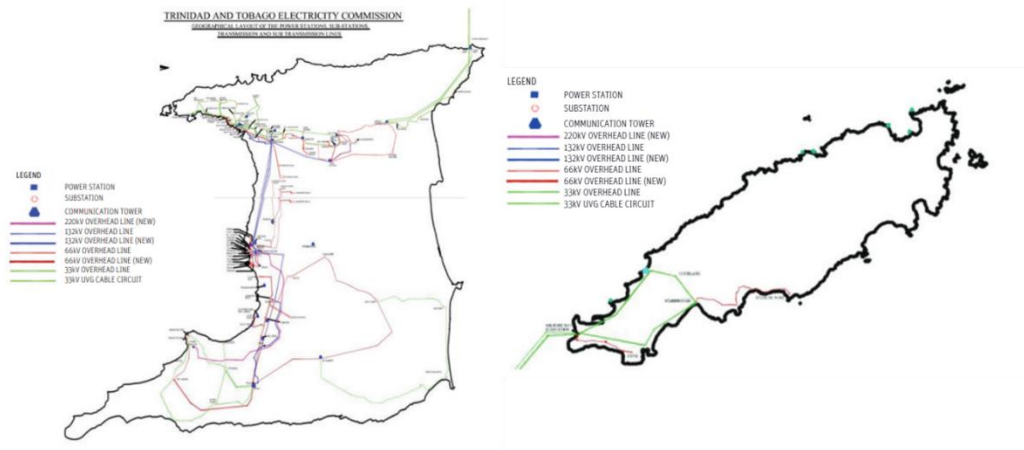
添付-表 56 エルサルバドルにおけるインフラ開発リスト

#	タイプ	案件数	設備容量 (MW)		事業規模 (百万 USD)		案件状況
			Min	Max	Min	Max	
1	地熱	2	10	25	78	147	環境社会配慮:2件

出典:BN America 等情報より JICA 調査団作成

添付 11. トリニダード・トバゴ

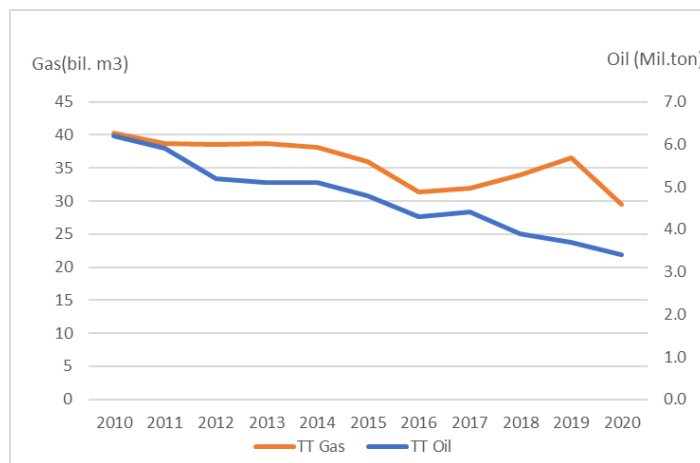
11.1.国内外送電網の状況



出典: Ministry of Energy and Energy Affairs より

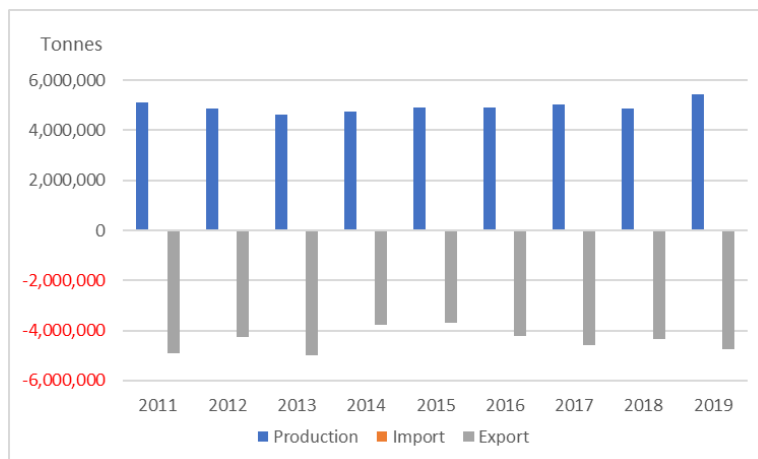
添付-図 65 トリニダード・トバゴの国内送電網

11.2.石油化学産業などの現状および将来見通し



出典: bp Statistical Review of World Energy2021 より JICA 調査団作成

添付-図 66 トリニダード・トバゴにおける天然ガス・石油生産量 (2010-2020)



出典: Food and Agriculture Organization of the United Nations より JICA 調査団作成

添付-図 67 トリニダード・トバゴにおけるアンモニア生産量 (2005-2019)

11.3. エネルギー、再生可能エネルギー、水素関連事業の実施状況

日本の機関によるエネルギー、再生可能エネルギー、水素関連の主なプロジェクト・事業は以下の通りである。

(1) JICA 案件

添付-表 57 トリニダード・トバゴにおける JICA プロジェクト

#	案件名	進捗状況	分野	支援額 (億円)	概要
1	カリコム諸国再生可能エネルギー・省エネルギー分野 情報収集・確認調査	実施済み (2014年 8月 ~ 2015年 2月)	技術協力(資源・エネルギー)	1.00	カリコム域内の調査対象国における、再生可能エネルギー・省エネルギー分野の政策・技術面及び資源開発のポテンシャルに係る情報収集・分析
2	カリコム省エネルギー推進プロジェクト(広域)	実施中 (2019年 5月 ~ 2022年 5月)	技術協力(資源・エネルギー)	3.30	カリブ地域3カ国(ジャマイカ、バルバドス、セントクリストファーネイビス)において、再生可能エネルギーの導入及び省エネルギーの推進に向けた人材育成計画を策定することにより、再生可能エネルギー導入および省エネルギー促進を図る

出典: JICA「プロジェクト・案件一覧」より検索

(2) 経済産業省、環境省、新エネルギー・産業技術総合開発機構、国際協力銀行事業

経済産業省、環境省、新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO)、国際協力銀 (JBIC) による JCM 関連のプロジェクトは以下の通りである。

添付-表 58 トリニダード・トバゴにおける各機関のエネルギー関連プロジェクト

#	案件名	採択年度	種類	関連機関
	特になし			

出典：各省ウェブページ等より JICA 調査団作成

(3) 米州開発銀行 (IDB) 事業

米州開発銀行によるプロジェクトは以下の通りである。

添付-表 59 トリニダード・トバゴにおける IDB プロジェクト

#	案件名	進捗状況	分野	承認額 (USD)	概要
1	持続可能なエネルギー推進プロジェクト	実施済 (2011年11月承認)	融資	60,000,000	トリニダード・トバゴ政府に対して、持続可能なエネルギー(特に再生可能エネルギー、省エネルギー)の推進に向けた政策枠組みの策定を支援
2	持続可能なエネルギープログラムの実施に向けた支援	実施済 (2011年11月承認)	技術支援	720,000	持続可能なエネルギープログラム(エネルギー政策の策定支援、能力開発を主要の柱としたプログラム)の実施に向けて、MEEAを支援
3	再生可能エネルギー発電の導入に向けた規制当局の強化	実施中 (2020年4月承認)	技術支援	250,000	再生可能エネルギー事業の送電網へのアクセスを可能とするために、法的レビューなどを実施し、規制当局の強化を図る
4	Promotion of the Green Hydrogen Market in LAC Countries	実施中 (2020年11月承認)	対象は、Regional(受益者:ウルグアイ及びトリニダード・トバゴ)	363,817	将来の革新的かつ競争力のあるエネルギー源としてのグリーン水素市場の形成を支援する目的とし、①グリーン水素パイロットプランのpre-FSの実施②グリーン水素の製造及び輸出に関するpre-FSの実施③グリーン水素市場及びリスクに関する政策立案者のトレーニングの実施④ウェビナーの実施を行う

出典：IDB プロジェクトデータベースより JICA 調査団作成

(4) エネルギー分野開発プロジェクト

トリニダード・トバゴで予定されているエネルギー分野に係る主なインフラ開発プロジェクトのうち、2020年1月から2021年3月の期間に更新された主な案件の情報を下表に示す。

添付-表 60 トリニダード・トバゴにおけるインフラ開発リスト

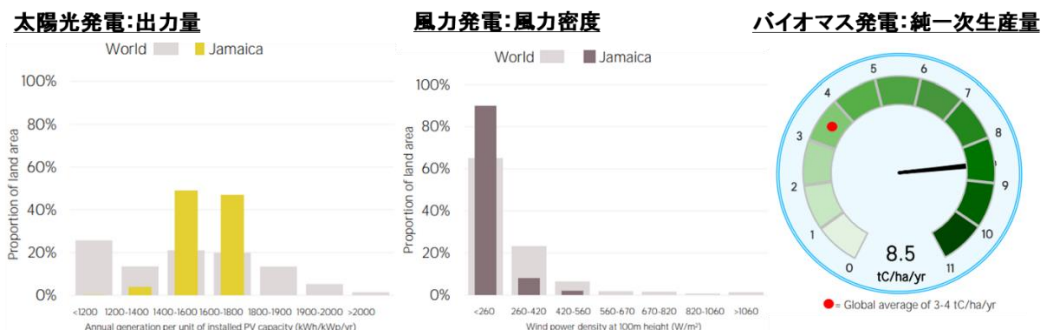
#	タイプ	案件数	設備容量 (MW)		事業規模 (百万 USD)		案件状況
			Min	Max	Min	Max	
1	太陽光	4	1.4	92.2	1.4	N/A	詳細情報なし
2	バイオマス	1	---	10	---	N/A	詳細情報なし
3	石油・天然 ガス	4	N/A	N/A	N/A	N/A	開発段階:4件

補足)N/A は数値を特定できなかった項目。

出典:BN America 等情報より JICA 調査団作成

添付 12. ジャマイカ

12.1. エネルギーバランス/電力需要およびコスト



出典: IRENA “Energy Profile Jamaica”より JICA 調査団作成

添付-図 68 ジャマイカにおける再生可能エネルギーのポテンシャル

12.2. 国内外送電網の状況



出典: JPS ウェブページ

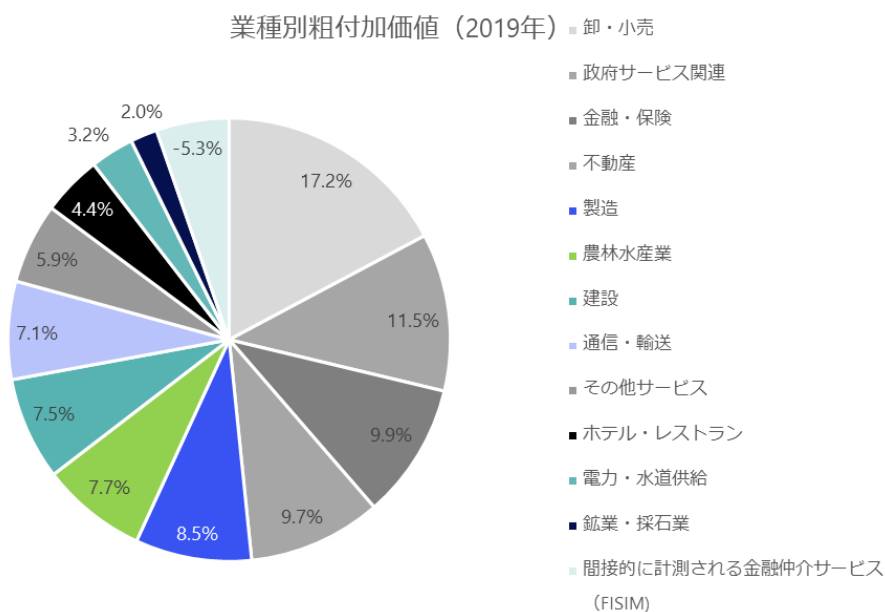
添付-図 69 ジャマイカの国内送電網

添付-表 61 ジャマイカの送電システム拡大計画

Description	Year	Type	Voltage (kV)
Transmission Projects			
Old Harbour - Hunts Bay	2022	Expansion	138
Duhaney - Washington Blvd	2024	Re-conductor	69
Twickenham - Duhaney	2027	Re-conductor	69
Hunts Bay - Three Miles	2027	Re-conductor	69
New Transformer /BESS/VAR			
	Year	Rating (MVA)	Qty.
Hunts Bay 138kV	2022	80	1
Bulk Cap Bank	2024	6	1
Bulk Cap Bank	2024	5	1
BESS	2022	20	1
BESS	2024	20	1
BESS	2030-2037	100	5

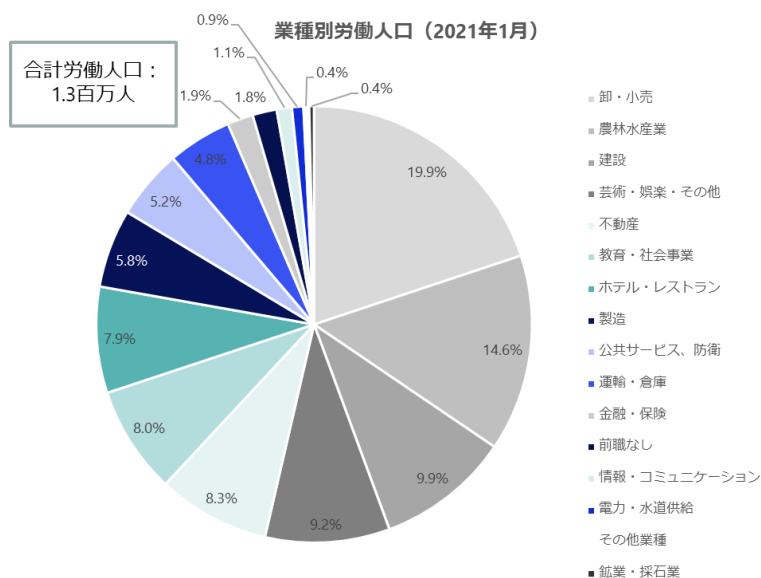
出典:MSET “2018 Jamaica Integrated Resource Plan”

12.3.石油化学産業などの現状および将来見通し



出典:Statistical Institute of Jamaica 公表データより JICA 調査団作成

添付-図 70 業種別粗付加価値 (GVA) (2019年)



出典: Statistical Institute of Jamaica 公表データより JICA 調査団作成

添付-図 71 業種別労働人口 (2021年1月)

12.4. エネルギー、再生可能エネルギー、水素関連事業の実施状況

本邦機関やその他国際機関によるエネルギー、再生可能エネルギー、水素分野における主な支援状況を以下の表にまとめる。

(1) JICA 案件

添付-表 62 ジャマイカにおける JICA プロジェクト

#	プロジェクト名	状況	種類	金額	概要
1	カリコム省エネルギー推進プロジェクト(広域)	実施中 (2019年5月～2022年5月)	技術協力	n/a	対象国(ジャマイカ、バルバドス、セントクリストファー・ネイビス、トリニダード・トバゴ)の再生可能エネルギーの導入と省エネルギー促進の実現に向けた課題を精査し、推進することで、エネルギー自給率の向上を図る。
2	エネルギー管理及び効率化事業	2017年11月借款契約締結	有償資金協力	15百万ドル(借款額)	省エネルギー促進のため、公共施設における省エネルギー技術・機器導入のための改修工事、運輸セクターにおける燃料消費改善等にかかる支援。IDBとの協調融資。
3	カリコム諸国再生可能エネルギー・省エネルギー分野情報収集・確認調査	完了 (2015年)	技術援助	1億円(受注額)	カリブ地域における12か国を対象に、再生可能エネルギー・省エネルギー分野の政策・技術および開発ポテンシャルに係る情報集積・分析、各国への適用可能性について調査。

出典: JICA「プロジェクト・案件一覧」より検索

(2) 米州開発銀行 (IDB) 事業

添付-表 63 ジャマイカにおける IDB プロジェクト

#	プロジェクト名	状況	種類	金額 (USD)	概要
1	持続可能な電気モビリティエコシステムの構築	実行中 (2019年11月承認)	技術協力	995,000	ジャマイカにおける電気モビリティのエコシステムを構築することを目的とする。
2	持続可能な輸送システムと再生可能エネルギー由来の電力モビリティに関する支援	実行中 (2019年10月承認)	技術協力	500,000	ジャマイカ政府に対する技術協力。輸送セクターの電力費用及び温室効果ガス削減のために、電気自動車の早期定着及び再生可能エネルギー投資の促進を支援。
3	COK組合における中小企業及び低所得者層向けの再生可能エネルギー及びエネルギー効率にかかるグリーンファイナンス	実行中 (2018年9月承認)	技術協力	350,000	中小企業に対するグリーンファイナンスを通じて、再生可能エネルギー及びエネルギー効率のエコシステムを構築することを目標とする。
4	エネルギーマネジメント及び効率性プログラム	実行中 (2016年12月承認)	ローン	15,000,000	化石燃料輸入の削減のために、政府施設のエネルギー効率及び道路輸送の燃料節約を促進するプログラム

出典: IDB プロジェクトデータベースより JICA 調査団作成

(3) エネルギー分野開発プロジェクト

ジャマイカで予定されているエネルギー分野に係る主なインフラ開発プロジェクトのうち、2020年1月から2021年3月の期間に更新された主な案件の情報を下表に示す。

添付-表 64 ジャマイカにおけるインフラ開発リスト

#	タイプ	案件数	設備容量 (MW)		事業規模 (百万 USD)		案件状況
			Min	Max	Min	Max	
1	太陽光	1	---	45	---	60	実現可能性調査
2	バイオマス	1	---	N/A	---	N/A	掘削探査

補足) N/A は数値を特定できなかった項目。

出典: BN America 等情報より JICA 調査団作成