

ジャマイカ国

バルバドス国

セントクリストファー・ネービス国

北米・中南米地域  
カリコム省エネルギー推進  
プロジェクト

プロジェクト業務完了報告書

2023年6月

独立行政法人国際協力機構  
(JICA)

日本工営株式会社・株式会社パデコ

## 目次

第1章	プロジェクトの概要	1
1.1	プロジェクトの背景	1
1.2	プロジェクトの対象国・関係機関	2
1.2.1	ジャマイカ	2
1.2.2	バルバドス	3
1.2.3	セントクリストファー・ネービス	3
1.3	プロジェクトの目標と上位目標	5
1.3.1	本業務の目標	5
1.3.2	プロジェクト目標および上位目標の検証指標	5
1.3.3	ジャマイカのプロジェクト目標と上位目標	6
1.3.4	バルバドスのプロジェクト目標と上位目標	7
1.3.5	セントクリストファー・ネービスのプロジェクト目標と上位目標	8
第2章	プロジェクトの実施体制	10
2.1	業務体制	10
2.1.1	業務実施体制	10
2.1.2	プロジェクト専門家	11
2.2	全体スケジュール	12
2.2.1	COVID-19 流行前(2020年3月以前)	12
2.2.2	COVID-19 流行によるスケジュール変更内容	14
2.2.3	変更後のスケジュール	14
2.3	業務フロー	16
第3章	プロジェクトの活動(ジャマイカ)	18
3.1	ベースライン調査(ジャマイカ)	18
3.1.1	関係機関	18
3.1.2	調査項目	18
3.1.3	エネルギー政策および電力開発計画	19
3.1.4	電力需要側の基本指標	20
3.1.5	電力供給側の基本指標	25
3.1.6	省エネルギー推進	30
3.1.7	再生可能エネルギー導入	34
3.1.8	送配電ロス現状	37
3.1.9	人材・組織能力	37
3.2	課題分析と技術移転項目の検討(ジャマイカ)	42
3.2.1	技術移転すべき内容	42
3.2.2	ジャマイカの最新エネルギーバランス状況(2021年)	42

---

3.2.3	技術移転項目 .....	44
3.3	技術移転 (ジャマイカ).....	45
3.3.1	省エネルギーロードマップと目標値策定 .....	45
3.3.2	省エネルギー目標実現に必要な設備・技術.....	50
3.3.3	省エネルギー推進プロジェクトに向けた提言 .....	51
3.3.4	省エネルギー目標実現に向けた人材育成 .....	52
3.3.5	省エネルギー目標実現に必要な政策・制度 .....	54
3.3.6	再生可能エネルギーの導入と系統安定化.....	56
3.3.7	マイクログリッドコンセプトのモデル化・系統解析.....	64
3.3.8	再生可能エネルギー導入・系統安定化への人材育成.....	71
3.3.9	再生可能エネルギーの導入プロジェクト実現化 .....	73
3.3.10	再生可能エネルギーの導入目標実現に向けた政策・制度 .....	74
3.3.11	本邦研修.....	75
<b>第4章</b>	<b>プロジェクトの活動 (バルバドス).....</b>	<b>77</b>
4.1	ベースライン調査 (バルバドス).....	77
4.1.1	関係機関.....	77
4.1.2	調査項目 .....	77
4.1.3	エネルギー政策および電力開発計画 .....	78
4.1.4	電力需要側の基本指標 .....	80
4.1.5	電力供給側の基本指標 .....	84
4.1.6	省エネルギー推進 .....	86
4.1.7	火力発電設備の運転維持管理 .....	89
4.1.8	再生可能エネルギー導入 .....	90
4.1.9	電気自動車(EV)および蓄電池導入拡大 .....	94
4.1.10	人材・組織能力.....	101
4.2	課題分析と技術移転項目 (バルバドス).....	105
4.2.1	技術移転すべき内容.....	105
4.2.2	バルバドスの最新エネルギーバランス状況(2020年).....	105
4.2.3	技術移転項目 .....	107
4.3	技術移転 (バルバドス) .....	108
4.3.1	省エネルギーロードマップと目標値策定 .....	108
4.3.2	省エネルギー目標実現に必要な設備・技術.....	113
4.3.3	省エネルギー推進プロジェクトに向けた提言 .....	118
4.3.4	省エネルギー目標実現への人材育成 .....	119
4.3.5	省エネルギー目標実現に必要な政策・制度 .....	121
4.3.6	火力発電設備の運転維持管理改善 .....	129
4.3.7	再生可能エネルギー導入と系統安定化 .....	130
4.3.8	VRE の導入最大化のためのマイクログリッドコンセプトの作成.....	136

4.3.9	再生可能エネルギーの導入目標実現に向けた人材育成 .....	149
4.3.10	再生可能エネルギーの導入プロジェクト実現化 .....	154
4.3.11	再生可能エネルギー導入実現に向けた政策・制度 .....	156
4.3.12	電気自動車(EV)市場に関する提言 .....	157
4.3.13	本邦研修 .....	157
<b>第5章</b>	<b>プロジェクトの活動 (セントクリストファー・ネービス)</b> .....	<b>160</b>
5.1	ベースライン調査 (セントクリストファー・ネービス) .....	160
5.1.1	関係機関 .....	160
5.1.2	調査項目 .....	160
5.1.3	エネルギー政策および電力開発計画 .....	161
5.1.4	電力需要側の基本指標 .....	163
5.1.5	電力供給側の基本指標 .....	166
5.1.6	省エネルギー推進 .....	170
5.1.7	火力発電設備の運転維持管理 .....	173
5.1.8	再生可能エネルギー導入 .....	177
5.1.9	送配電ロスの現状 .....	181
5.1.10	人材・組織能力 .....	181
5.2	課題分析と技術移転項目 (セントクリストファー・ネービス) .....	185
5.2.1	技術移転すべき内容 .....	185
5.2.2	セントクリストファー・ネービスの最新エネルギーバランス状況(2020年) .....	185
5.2.3	技術移転項目 .....	187
5.3	技術移転 (セントクリストファー・ネービス) .....	188
5.3.1	省エネルギーロードマップと目標値策定 .....	188
5.3.2	省エネルギー目標実現に必要な設備・技術 .....	191
5.3.3	省エネルギー推進プロジェクトに向けた提言 .....	191
5.3.4	省エネルギー目標実現に向けた人材育成 .....	192
5.3.5	省エネルギー目標実現に必要な政策・制度 .....	194
5.3.6	火力発電設備の運転維持管理改善 .....	197
5.3.7	再生可能エネルギー導入と系統安定化 .....	197
5.3.8	再生可能エネルギー導入・系統安定化への人材育成 .....	206
5.3.9	再生可能エネルギーの導入プロジェクト実現化 .....	213
5.3.10	再生可能エネルギーの導入目標実現に向けた政策・制度 .....	215
5.3.11	本邦研修 .....	217
<b>第6章</b>	<b>プロジェクトの活動(全体)</b> .....	<b>220</b>
6.1	合同調整会議 (JCC) .....	220
6.1.1	第1回 JCC .....	220
6.1.2	第2回 JCC .....	222

6.1.3	第3回 JCC .....	223
6.2	プロジェクト目標と上位目標の達成度 .....	225
6.2.1	ジャマイカ .....	225
6.2.2	バルバドス .....	233
6.2.3	セントクリストファー・ネービス .....	243
6.3	広報活動 .....	252
6.3.1	バルバドスでの取材対応 .....	252
6.3.2	セントクリストファー・ネービスでの取材対応 .....	253
6.3.3	CariMET .....	254
6.3.4	パンフレット .....	254
6.4	機材調達 .....	254
6.4.1	データロガー .....	254
6.4.2	系統解析シミュレーションソフトウェア .....	255
6.4.3	アセットマネジメントソフト .....	256
6.5	再委託 .....	257

## 図表目次

図

図 2-1	業務実施体制.....	10
図 2-2	業務スケジュール (2020 年 3 月以前).....	13
図 2-3	業務スケジュール (2022 年 7 月以降).....	15
図 2-4	業務実施フロー (2022 年 7 月以降).....	17
図 3-1	GDP とエネルギー消費量の推移(2010-2018).....	21
図 3-2	カリコムメンバー各国のエネルギーインテンシティの推移(2010-2018) .....	22
図 3-3	年間電力消費量の推移(2005-2020) .....	22
図 3-4	ジャマイカの電力消費量内訳(2017 年).....	23
図 3-5	ジャマイカの電力日負荷曲線.....	24
図 3-6	2015 年から 2035 年までの成長別ピーク電力需要予測 .....	25
図 3-7	2015 年から 2035 年までの需要別電力量需要予想 .....	25
図 3-8	アクセス率の推移 (ジャマイカ).....	26
図 3-9	電源種別による電源構成 (ジャマイカ).....	26
図 3-10	電力事業者の構成 (ジャマイカ).....	27
図 3-11	電源別年間発電電力量推移(2005-2020).....	28
図 3-12	JPS の 138 kV・69kV 系統および発電所位置図.....	29
図 3-13	BSJ 内の効率測定用環境試験室(左: 冷蔵庫、右: ルームエアコン).....	32
図 3-14	ジャマイカの太陽光・風力ポテンシャル分布図.....	34
図 3-15	2016 年時点の風力、太陽光による変動例 .....	36
図 3-16	ジャマイカの 138 kV・69 kV 系統 .....	37
図 3-17	系統解析における状態推定のモデル例.....	37
図 3-18	ジャマイカのエネルギーセクター関係図 (2023 年 3 月時点).....	38
図 3-19	MSET Energy Division の組織図 (2019 年 7 月時点).....	39
図 3-20	MSET Energy Division の組織図 (2023 年 4 月時点).....	40
図 3-21	MSET Program Implementation Division の組織図 (2023 年 4 月時点).....	40
図 3-22	ジャマイカのエネルギーバランスフロー図(2021 年、kBOE (kilo Barrel of Oil Equivalent)) .....	43
図 3-23	ジャマイカの最終消費エネルギー構成(セクター別、エネルギー別、2021 年) .....	43
図 3-24	エネルギー別(左)・セクター別(右)エネルギー消費構造(一次エネ換算ベース)の変化 (2010 年(上図)、2021 年(下図)) .....	45
図 3-25	ジャマイカの電力消費量の変化(2010 年、2021 年、セクター別、最終消費量).....	47
図 3-26	2021 年のジャマイカの電力需要セクター別内訳(最終消費ベース).....	47
図 3-27	EE ロードマップにおいて想定した MEPS の推移(左図: 家庭用、右図: 業務用) .....	48
図 3-28	セクター別、機器別電力消費量削減ポテンシャル割合(2038 年) .....	48

図 3-29	ジャマイカの電力消費量削減ポテンシャル(民生分野、2038 年まで)	49
図 3-30	ジャマイカのエネルギーインテンシティの推移	50
図 3-31	ジャマイカのセクター別・用途別電力消費量(GWh)と各セクターへのエネマネシステム導入提案	51
図 3-32	インバータ電源の増加と同期化力不足及びブラックアウト	58
図 3-33	SCR の値と過渡計算における安定性の例	59
図 3-34	送電可能容量(ATC)の概念図	59
図 3-35	グリッドフォーミングインバータと同期発電機	61
図 3-36	系統解析に使用したジャマイカの系統模擬図	62
図 3-37	系統シナリオ解析結果例	64
図 3-38	ジャマイカ CB Microgrid 概略	65
図 3-39	簡易マイクログリッドモデル例	66
図 3-40	簡易マイクログリッドモデルにおける潮流解析結果 (電圧分布)	66
図 3-41	ジャマイカのマイクログリッド対象地域	67
図 3-42	Hagley Gap Microgrid 計画の需要、PV・風力の出力予測	68
図 3-43	Hagley Gap Microgrid の ETAP モデル	69
図 3-44	Hagley Gap Microgrid 過渡安定度計算例	69
図 4-1	IRRP Scenario 3 における 2021 年から 2030 年までの発電設備容量構成、ピーク負荷および設備予備率	79
図 4-2	IRRP Scenario 3 における 2021 年から 2030 年までの発電電力量構成	80
図 4-3	GDP とエネルギー消費量の推移(2010-2018)	81
図 4-4	カリコムメンバー各国のエネルギーインテンシティの推移(2010-2018)	81
図 4-5	セクター別電力消費量の変化(2010～2019 年)	82
図 4-6	バルバドスの用途別電力消費量割合(全セクター)	82
図 4-7	バルバドスのセクター別電力消費量割合	82
図 4-8	バルバドス国の電力日負荷曲線	83
図 4-9	IRRP ベースケースにおける需要予測	84
図 4-10	2015 年における電源(原燃料消費別)構成	84
図 4-11	電源別年間発電電力量(2005-2020)	85
図 4-12	バルバドスの送電系統および発電所(既存および計画)位置図	86
図 4-13	バルバドスの系統図、発電所と再エネ計画	90
図 4-14	バルバドスの太陽光・風力のポテンシャル	91
図 4-15	West Indies 大学によるバルバドスの風力発電可能量試算	91
図 4-16	Trents PV サイト(左)・Lambers 風力ポテンシャルサイト(右)	92
図 4-17	PV による周波数変動例	93
図 4-18	世界の EV 数(2010-2021)	95
図 4-19	EV メーカーとサプライチェーン	96
図 4-20	日本市場における自動車のシェア(燃料毎、2022 年 1 月～10 月)	97
図 4-21	都心における EV 充電ステーション(左)と水素ステーション(右)の設置場所	98

図 4-22	バルバドスにおける EV 充電ステーションのマップ(左)と充電ステーション(右) .....	101
図 4-23	バルバドスのエネルギーセクター関係図 (2023 年 1 月時点).....	102
図 4-24	MEB の組織図(2023 年 1 月現在).....	102
図 4-25	バルバドスのエネルギーバランスフロー図(2020 年、TJ).....	106
図 4-26	バルバドスの最終消費エネルギー構成(セクター別、エネルギー別、2020 年).....	106
図 4-27	エネルギー別(左)・セクター別(右)エネルギー消費構造(一次エネ換算ベース)の変化 (2010 年(上図)、2019 年(下図)) .....	108
図 4-28	EE ロードマップにおいて想定した MEPS の推移(左図:家庭用、右図:業務用) .....	110
図 4-29	セクター別、機器別電力消費量削減ポテンシャル割合(2036 年) .....	110
図 4-30	バルバドスの電力消費量削減ポテンシャル(民生分野、2036 年まで).....	111
図 4-31	省エネ診断対象建物の鳥瞰図.....	111
図 4-32	蒸暑地域の類似用途建物との延床面積当りの消費電力量比較(省エネ対策前後) .....	112
図 4-33	冷蔵庫の消費電力量実測データ(2022 年 9 月) .....	113
図 4-34	インバータ AC とノンインバータ AC の消費電力量実測データ(冷房運転時) .....	114
図 4-35	ヒートポンプ技術の効率向上の推移 .....	114
図 4-36	VRF システムの概観 .....	115
図 4-37	家庭用冷蔵庫の年間電力消費量推移(401-450ℓ, 2003-2013 年).....	115
図 4-38	家庭用冷蔵庫の年間電力消費量推移(2016 年-2020 年).....	116
図 4-39	業務用冷蔵庫の省エネ化の例.....	116
図 4-40	各種照明器具の発光効率推移(左図)と表面温度差異(右図、白熱球と LED 電球) .....	117
図 4-41	各街灯の LED による照度の変化 .....	117
図 4-42	BEMS の構成(分電盤 17 台の例).....	118
図 4-43	バルバドスのセクター別・用途別電力消費量(GWh)とグリーンビル化提案 .....	119
図 4-44	構築された体制(本邦某工場の例).....	123
図 4-45	ISO50001 認定取得までの工程(本邦某工場の例) .....	124
図 4-46	わが国の住宅建築物の省エネ基準 .....	125
図 4-47	沖縄県の住宅建築物の省エネ評価方法(スコアポイント方式).....	125
図 4-48	沖縄県の住宅建築物の省エネ評価方法(シミュレーション) .....	126
図 4-49	沖縄県の住宅建築物への省エネ技術評価シート.....	126
図 4-50	省エネ型モデル住宅に採用された省エネ技術 .....	127
図 4-51	省エネ型モデル住宅の省エネ率 .....	127
図 4-52	省エネ型住宅のアプローチ 1(遮熱対策).....	128
図 4-53	省エネ型住宅のアプローチ 2(自然通風の活用に向けた工夫).....	128
図 4-54	省エネ型住宅のアプローチ 3(太陽光の活用-1).....	128
図 4-55	省エネ型住宅のアプローチ 4(太陽光の活用-2).....	129
図 4-56	インバータ電源の増加と同期化力不足及びブラックアウト .....	131
図 4-57	SCR の値と過渡計算における安定性の例 .....	132
図 4-58	送電可能容量(ATC)の概念図.....	133
図 4-59	CSP のコスト予測 .....	134



図 4-60	グリッドフォーミングインバータと同期発電機.....	135
図 4-61	バルバドス系統 簡易化系統モデル .....	137
図 4-62	IRRP Scenario 3 簡易化モデルにおける潮流解析結果 .....	138
図 4-63	Feedback の要望に基づく簡易化モデルにおける潮流解析結果 (PV 60 %、Wind 20 %、 Biofuel 20 %) .....	139
図 4-64	ETAP 用いたバルバドス IRRP Scenario 3 モデル.....	140
図 4-65	IRRP Scenario 3 の 100MW 風力脱落時の過渡計算結果例 .....	140
図 4-66	簡易マイクログリッドモデル例 .....	141
図 4-67	簡易マイクログリッドモデルにおける潮流解析結果.....	141
図 4-68	Coverley Village マイクログリッド対象地位置図 .....	142
図 4-69	Coverley Village のピーク需要と消費電力量予測.....	143
図 4-70	バルバドスの高さ 50m 及び 100m における平均風速 .....	144
図 4-71	1 MW および 2MW 風車のパワーカーブ例.....	145
図 4-72	バルバドス Long Beach における 5 分毎風速推定値 および Long Beach 写真.....	146
図 4-73	Coverley Village マイクログリッドのモデル例.....	146
図 4-74	Coverley Village マイクログリッドの潮流計算例 .....	147
図 4-75	Coverley Village マイクログリッドコスト試算例 .....	148
図 4-76	バルバドスの設置済・認可済・申請中 PV 位置図 .....	155
図 5-1	MPI によるエネルギーセクターの課題.....	162
図 5-2	GDP とエネルギー消費量の推移(2010-2018) .....	164
図 5-3	カリコムメンバー各国のエネルギーインテンシティの推移(2010-2018) .....	165
図 5-4	セクター別電力消費量の変化(2010～2019 年).....	165
図 5-5	セントキッツ島(左)とネービス島(右)の電力日負荷曲線 .....	166
図 5-6	アクセス率の推移 (セントクリストファー・ネービス).....	166
図 5-7	非再生可能エネルギー電源と再生可能エネルギー電源の電源構成 (セントクリストファー・ ネービス) .....	167
図 5-8	再生可能エネルギー電源の電源構成 (セントクリストファー・ネービス) .....	167
図 5-9	年間発電電力量推移(2005-2020).....	169
図 5-10	セントキッツ島の電力系統(11 kV) .....	170
図 5-11	ネービス島の電力系統(11 kV) .....	170
図 5-12	発電機の負荷-燃料カーブ(Needsmust 発電所).....	175
図 5-13	1 ヶ月毎の燃料使用量(Needsmust 発電所).....	175
図 5-14	セントキッツ島の 1 時間毎の平均負荷 .....	176
図 5-15	セントキッツ島の 1 日毎の負荷曲線.....	176
図 5-16	セントキッツ島の 1 ヶ月毎のピーク電力 .....	176
図 5-17	ネービス島の 1 日毎の負荷曲線.....	177
図 5-18	セントキッツ島 SCASPA 空港太陽光(停止中)(左)・ネービス島 Windwatt 修理中風車(右) .....	178
図 5-19	セントクリストファー・ネービスの太陽光・風力ポテンシャル .....	179

図 5-20	ネービスの重力偏差と活断層.....	180
図 5-21	セントクリストファー・ネービスのエネルギーセクター関係図 (2023 年 1 月時点).....	182
図 5-22	MPI Energy Unit の組織図 (2023 年 1 月).....	182
図 5-23	セントクリストファー・ネービスのエネルギーバランスフロー図(2020 年、TJ) .....	186
図 5-24	セントクリストファー・ネービスの最終消費エネルギー構成(セクター別、エネルギー別、 2020 年) .....	186
図 5-25	エネルギー別(左)・セクター別(右)エネルギー消費構造(一次エネ換算ベース)の変化 (2010 年(上図)、2019 年(下図)) .....	188
図 5-26	EE ロードマップにおいて想定した MEPS の推移(左図:家庭用、右図:業務用) .....	189
図 5-27	セントクリストファー・ネービスの電力消費量削減ポテンシャル(民生分野、2036 年まで) .....	190
図 5-28	セントクリストファー・ネービスのセクター別・用途別電力消費量(GWh)とグリーンビル化提 案.....	192
図 5-29	PADLOCK 第一ポンプ所の電力消費量の推移(kWh) .....	195
図 5-30	セントキッツ島の系統解析モデル .....	198
図 5-31	ネービス島の NEVLEC 系統の単線図(ETAP で表示) .....	198
図 5-32	2020 年のセントキッツ島の潮流計算結果(ノード電圧及び電線電流).....	199
図 5-33	RE 増設時のセントキッツ島の潮流計算結果(ノード電圧及び電線電流).....	199
図 5-34	2022 年のネービス島の潮流計算結果(ノード電圧及び電線電流).....	200
図 5-35	NEVLEC による 11 kV, 66 kV 二島連系案.....	201
図 5-36	セントクリストファー・ネービス 66kV 連系の潮流解析結果例 .....	201
図 5-37	アセットマネジメントシステムの概念図 .....	203
図 5-38	セントキッツ島アセットマネジメントシステムの概要.....	203
図 5-39	セントキッツ島アセットマネジメントシステムにおける 11 kV フィーダと変圧器、電柱位置 .....	204
図 5-40	セントキッツ島アセットマネジメントシステムにおける変圧器単線図と機器構成の例.....	205
図 5-41	アセットマネジメントシステムにおける系統解析結果表示例 .....	205
図 5-42	Sky Perfect JSAT 全天カメラによる気象予測例 .....	213
図 5-43	水素プラントコスト(上部)と水素製造電力コスト(下部).....	214
図 5-44	LOHC、H <sub>2</sub> 、NH <sub>3</sub> 水素運搬コスト比較例.....	215
図 6-1	2010 年から 2022 年までのバルバドスのエネルギー輸入量 (KBOE).....	242
図 6-2	バルバドス現地紙 (Advocate)による紹介記事 .....	252
図 6-3	セントクリストファー・ネービス現地紙 (SKNIS)のウェブサイト紹介記事.....	253

表

表 1-1	ジャマイカのプロジェクト目標.....	6
表 1-2	ジャマイカの上位目標.....	7
表 1-3	バルバドスのプロジェクト目標.....	7
表 1-4	バルバドスの上位目標.....	8
表 1-5	セントクリストファー・ネービスのプロジェクト目標.....	8
表 1-6	セントクリストファー・ネービスの上位目標.....	9
表 2-1	JICA プロジェクト専門家.....	11
表 2-2	全体スケジュールの変更.....	14
表 3-1	IRP2020 Draft における電力開発計画.....	20
表 3-2	ジャマイカのエネルギー消費量(セクター別・エネルギー別・一次エネルギー換算ベース・ 2017 年、kTOE).....	21
表 3-3	ジャマイカのクラス別電力消費量(2012, 2017 年).....	23
表 3-4	電力会社(JPS)の需要区分と区分別年間電力消費量実績.....	23
表 3-5	2007 年から 2010 年までの SAIDI (ジャマイカ).....	28
表 3-6	2007 年から 2010 年までの SAIFI (ジャマイカ).....	28
表 3-7	2016 年から 2020 年までの SAIDI および SAIFI (ジャマイカ).....	29
表 3-8	ジャマイカの主要省エネ政策、省エネ施策推進状況.....	31
表 3-9	ジャマイカで販売されているルームエアコン(2019 年調査).....	33
表 3-10	ジャマイカでのインバータ機とノンインバータ機との経済性比較試算結果.....	33
表 3-11	ジャマイカにおける各種省エネルギー技術に対する導入優先順位調査結果.....	34
表 3-12	ジャマイカの再生可能エネルギー導入.....	35
表 3-13	他ドナーの支援状況概要 (2019 年 7 月時点).....	41
表 3-14	ジャマイカへの技術移転項目.....	44
表 3-15	2010 年のジャマイカのエネルギー消費状況(セクター別、最終消費ベース、kBOE).....	46
表 3-16	2010 年のジャマイカのエネルギー消費状況(セクター別、電力一次エネ換算ベース、 kBOE).....	46
表 3-17	2021 年のジャマイカのエネルギー消費状況(セクター別、最終消費ベース、kBOE).....	46
表 3-18	2021 年のジャマイカのエネルギー消費状況(セクター別、電力一次エネ換算ベース、 kBOE).....	46
表 3-19	EE ロードマップにおいて想定した MEPS の推移(ジャマイカ).....	48
表 3-20	家庭用、業務用セクターの各機器のエネルギー効率(EE Index)試算結果(2038 年).....	49
表 3-21	追加的省エネ対策／取り組みと期待される省エネ効果.....	50
表 3-22	EE オンライン研修の概要(3 か国共通、渡航再開前).....	52
表 3-23	EE 研修の概要(ジャマイカ、渡航再開後).....	53
表 3-24	第 1 回 EE 研修実施の概要(ジャマイカ).....	53
表 3-25	第 2 回 EE 研修実施の概要(ジャマイカ).....	54
表 3-26	火力・再エネ電源構成と需要予測値.....	61

表 3-27	2030 年発電容量構成シナリオ例 .....	62
表 3-28	2030 年電源シナリオにおける電源の各ノード配分量 .....	63
表 3-29	ジャマイカマイクログリッドコンセプト諸元.....	68
表 3-30	Hagley Gap Microgrid 計画のコスト試算 (左:蓄電池あり、右:蓄電池無し).....	71
表 3-31	大量再エネ・系統安定化セミナーの目的、内容 .....	72
表 3-32	大量再エネ・系統安定化セミナーのアジェンダと参加者 .....	73
表 3-33	政策提言のサマリー .....	74
表 3-34	本邦研修の概要 .....	75
表 4-1	2021 年と 2030 年における各シナリオ別発電電力量と電源構成 .....	79
表 4-2	バルバドスのエネルギー消費量(セクター別、エネルギー別、一次エネルギー換算ベース、 2016 年、kTOE) .....	80
表 4-3	バルバドスの主要省エネ政策、省エネ施策推進状況.....	87
表 4-4	バルバドスで販売されているルームエアコン(2019 年調査) .....	88
表 4-5	バルバドスでのインバータ機とノンインバータ機との経済性比較試算結果(5.27kW 級)....	88
表 4-6	バルバドスにおける各種省エネルギー技術に対する導入優先順位調査結果.....	89
表 4-7	バルバドスの発電設備一覧(2019 年) .....	89
表 4-8	バルバドスの FIT 売電価格(2023 年 1 月).....	93
表 4-9	日本における EV の販売価格と維持費の比較.....	97
表 4-10	バルバドスにおける自動車の価格比較 .....	100
表 4-11	各ドナーの支援状況概要(2019 年 7 月時点).....	104
表 4-12	バルバドスへの技術移転項目 .....	107
表 4-13	バルバドスのエネルギー消費量(セクター別、エネルギー別(一次エネルギー換算ベース)、 2019 年、TJ).....	109
表 4-14	EE ロードマップにおいて想定した MEPS の推移 .....	109
表 4-15	家庭用、業務用セクターの各機器のエネルギー効率(EE Index)試算結果(2036 年)....	110
表 4-16	省エネ診断による省エネ対策効果.....	112
表 4-17	追加的省エネ対策／取り組みと期待される省エネ効果.....	113
表 4-18	第 1 回オンライン研修実施の概要 .....	120
表 4-19	EE 研修の概要(バルバドス、渡航再開後).....	120
表 4-20	第 1 回 EE 研修実施の概要(バルバドス).....	120
表 4-21	第 2 回 EE 研修実施の概要(バルバドス).....	121
表 4-22	エネマネ推進活動で設定された省エネ目標値(本邦某工場の例).....	123
表 4-23	エネマネ推進活動の達成状況(本邦某工場の例).....	124
表 4-24	再エネ電源のコスト比較.....	134
表 4-25	Coverley Village 需要とパラメータ .....	144
表 4-26	Coverley Village マイクログリッド想定パラメータ .....	144
表 4-27	バルバドスの大量再エネ・系統安定化セミナー .....	150
表 4-28	バルバドス大量再エネ・系統安定化セミナーのアジェンダと参加者 .....	151
表 4-29	バルバドスにおける再エネ・系統安定化政策提言概略 .....	156

表 4-30	本邦研修の概要.....	157
表 5-1	NDC に記載された電源開発計画.....	162
表 5-2	セントクリストファー・ネービスの RE プロジェクト.....	163
表 5-3	NEVLEC のフェーズ別系統・電源開発計画.....	163
表 5-4	セントクリストファー・ネービスのエネルギー消費割合(セクター別・エネルギー別・一次エネルギー換算ベース、2016 年、kTOE).....	164
表 5-5	セントキッツ島の発電設備一覧(2019 年).....	168
表 5-6	ネービス島の発電設備一覧(2019 年).....	168
表 5-7	セントクリストファー・ネービスの既存 RE 発電設備.....	169
表 5-8	セントクリストファー・ネービスの主要省エネ政策、省エネ施策推進状況.....	171
表 5-9	セントクリストファー・ネービスで販売されているルームエアコン(2019 年調査).....	172
表 5-10	セントクリストファー・ネービスでのインバータ機とノンインバータ機との経済性比較試算結果.....	172
表 5-11	セントクリストファー・ネービスにおける各種省エネルギー技術に対する導入優先順位調査結果.....	173
表 5-12	Needsmust 発電所の 1 ヶ月毎の負荷率[%].....	174
表 5-13	Needsmust 発電所の 1 ヶ月毎の稼働率[%].....	174
表 5-14	セントクリストファー・ネービスの既存 RE 発電設備.....	178
表 5-15	各ドナーの支援状況概要( (2019 年 7 月時点)).....	184
表 5-16	セントクリストファー・ネービスへの技術移転項目.....	187
表 5-17	セントクリストファー・ネービスのエネルギー消費量(セクター別、エネルギー別(一次エネルギー換算ベース)、2019 年、TJ).....	189
表 5-18	EE ロードマップにおいて想定した MEPS の推移.....	189
表 5-19	追加的省エネ対策／取り組み提案と期待される省エネ効果.....	191
表 5-20	第 1 回オンライン研修実施の概要(セントクリストファー・ネービス).....	193
表 5-21	EE 研修の概要(セントクリストファー・ネービス、渡航再開後).....	193
表 5-22	第 1 回 EE 研修実施の概要.....	194
表 5-23	第 2 回 EE 研修実施の概要.....	194
表 5-24	セントクリストファー・ネービスの大量再エネ・系統安定化セミナー.....	207
表 5-25	セントクリストファー・ネービス大量再エネ・系統安定化セミナーのアジェンダと参加者.....	208
表 5-26	セントクリストファー・ネービスへのセミナーにおける政策提言の議論、フィードバック.....	212
表 5-27	Errors% of Intraday & Day-Ahead PV Power Forecast.....	213
表 5-28	セントクリストファー・ネービスの大量再エネ・系統安定化のための政策提言.....	217
表 5-29	本邦研修の概要.....	217
表 6-1	ジャマイカ第 1 回 JCC 兼キックオフワークショップの概要.....	220
表 6-2	バルバドス第 1 回 JCC 兼キックオフワークショップの概要.....	221
表 6-3	セントクリストファー・ネービス第 1 回 JCC 兼キックオフワークショップの概要.....	222
表 6-4	第 2 回 JCC.....	222
表 6-5	ジャマイカ 第 3 回 JCC の概要.....	223

表 6-6	バルバドス 第3回 JCC の概要 .....	223
表 6-7	セントクリストファー・ネービス 第3回 JCC の概要 .....	224
表 6-8	ジャマイカのプロジェクト目標の達成状況とその評価 .....	227
表 6-9	ジャマイカの上位目標の達成状況と更なる達成に向けた今後の課題 .....	232
表 6-10	バルバドスのプロジェクト目標の達成状況とその評価 .....	235
表 6-11	バルバドスの上位目標の達成状況と更なる達成に向けた今後の課題 .....	241
表 6-12	セントクリストファー・ネービスのプロジェクト目標の達成状況とその評価 .....	245
表 6-13	セントクリストファー・ネービスの上位目標の達成状況と更なる達成に向けた今後の課題 .....	251

添付資料:

- Appendix 2-1 要員計画
- Appendix 3-1-1 Material for the 1st Energy Efficiency Workshop (Jamaica)
- Appendix 3-1-2 Attendant list, and Q&A, of the 1st Energy Efficiency Workshop (Jamaica)
- Appendix 3-2-1 Material for the 2nd Energy Efficiency Workshop (Jamaica)
- Appendix 3-2-2 Attendant list, and Q&A, of the 2nd Energy Efficiency Workshop (Jamaica)
- Appendix 3-3-1 Material for the 1st Seminar (Jamaica)
- Appendix 3-3-2 Attendant list, and Q&A, of the 1st Seminar (Jamaica)
- Appendix 3-4-1 Material for the 2nd Seminar (Jamaica)
- Appendix 3-4-2 Attendant list, and Q&A, of the 2nd Seminar (Jamaica)
- Appendix 3-5-1 Material for the 3rd Seminar (Jamaica)
- Appendix 3-5-2 Attendant list, Q&A, and Feedback, of the 3rd Seminar (Jamaica)
- Appendix 3-6 Completion Report of Training in Japan
- Appendix 4-1-1 Material for the 1st Energy Efficiency Workshop (Barbados)
- Appendix 4-1-2 Attendant list, and Q&A, of the 1st Energy Efficiency Workshop (Barbados)
- Appendix 4-2-1 Material for the 2nd Energy Efficiency Workshop (Barbados)
- Appendix 4-2-2 Attendant list, and Q&A, of the 2nd Energy Efficiency Workshop (Barbados)
- Appendix 4-3-1 Material for the 1st Seminar (Barbados)
- Appendix 4-3-2 Attendant list, and Q&A, of the 1st Seminar (Barbados)
- Appendix 4-4-1 Material for the 2nd Seminar (Barbados)
- Appendix 4-4-2 Attendant list, and Q&A, of the 2nd Seminar (Barbados)
- Appendix 4-5-1 Material for the 3rd Seminar (Barbados)
- Appendix 4-5-2 Attendant list, and Q&A, of the 3rd Seminar (Barbados)
- Appendix 4-6-1 Material for the 4th Seminar (Barbados)
- Appendix 4-6-2 Attendant list, and Q&A, of the 4th Seminar (Barbados)
- Appendix 4-7 All Feedbacks of Seminars (Barbados)
- Appendix 5-1-1 Material for the 1st Energy Efficiency Workshop (St. Kitts and Nevis)
- Appendix 5-1-2 Attendant list, and Q&A, of the 1st Energy Efficiency Workshop (St. Kitts and Nevis)
- Appendix 5-2-1 Material for the 2nd Energy Efficiency Workshop (St. Kitts and Nevis)
- Appendix 5-2-2 Attendant list, and Q&A, of the 2nd Energy Efficiency Workshop (St. Kitts and Nevis)
- Appendix 5-3-1 Material for the 1st Seminar (St. Kitts and Nevis)
- Appendix 5-3-2 Attendant list of the 1st Seminar (St. Kitts and Nevis)
- Appendix 5-4-1 Material for the 2nd Seminar (St. Kitts and Nevis)
- Appendix 5-4-2 Attendant list, and Q&A, of the 2nd Seminar (St. Kitts and Nevis)
- Appendix 5-5-1 Material for the 3rd Seminar (St. Kitts and Nevis)
- Appendix 5-5-2 Attendant list, Q&A, and Feedback, of the 3rd Seminar (St. Kitts and Nevis)
- Appendix 6-1-1-1 Minutes of Meeting, Attendance list, and Materials, of 1<sup>st</sup> JCC (Jamaica)

- Appendix 6-1-1-2 Minutes of Meeting, Attendance list, and Materials, of 1<sup>st</sup> JCC (Barbados)
- Appendix 6-1-1-3 Minutes of Meeting, Attendance list, and Materials, of 1<sup>st</sup> JCC (St. Kitts and Nevis)
- Appendix 6-1-2-1 Minutes of Meeting, Attendance list, and Materials, of 2<sup>nd</sup> JCC (Jamaica)
- Appendix 6-1-2-2 Minutes of Meeting, Attendance list, and Materials, of 2<sup>nd</sup> JCC (Barbados)
- Appendix 6-1-2-3 Minutes of Meeting, Attendance list, and Materials, of 2<sup>nd</sup> JCC (St. Kitts and Nevis)
- Appendix 6-1-3-1 Minutes of Meeting, Attendance list, and Materials, of 3<sup>rd</sup> JCC (Jamaica)
- Appendix 6-1-3-2 Minutes of Meeting, Attendance list, and Materials, of 3<sup>rd</sup> JCC (Barbados)
- Appendix 6-1-3-3 Minutes of Meeting, Attendance list, and Materials, of 3<sup>rd</sup> JCC (St. Kitts and Nevis)
- Appendix 6-2-1-1 Monitoring Sheet Summary (Jamaica)
- Appendix 6-2-1-2 Monitoring Sheet I, Revision of Project Design Matrix (Jamaica)
- Appendix 6-2-1-3 Monitoring Sheet II, Revision of Plan of Operation (Jamaica)
- Appendix 6-2-2-1 Monitoring Sheet Summary (Barbados)
- Appendix 6-2-2-2 Monitoring Sheet I, Revision of Project Design Matrix (Barbados)
- Appendix 6-2-2-3 Monitoring Sheet II, Revision of Plan of Operation (Barbados)
- Appendix 6-2-3-1 Monitoring Sheet Summary (St. Kitts and Nevis)
- Appendix 6-2-3-2 Monitoring Sheet I, Revision of Project Design Matrix (St. Kitts and Nevis)
- Appendix 6-2-3-3 Monitoring Sheet II, Revision of Plan of Operation (St. Kitts and Nevis)
- Appendix 6-3-1 Brochure of Project Activities
- Appendix 6-3-2 Brochure of Promotion of Energy Efficiency
- Appendix 6-4 Manual of “Micro Grid Designer”
- Appendix 6-5 Report of Grid Simulation Analysis



## 略語表

略語	英語名	日本語名
AAGR	Average Annual Growth Rate	平均年間成長率
ADAS	Advanced Driver-Assistance Systems	先進運転支援システム
AEE	Association of Energy Engineers	エネルギー技術者協会
ANSI	American National Standards Institute	
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers	アメリカ暖房冷凍空調学会
BAT	Best Available Technologies	利用可能な最良の技術
BAU	Business As Usual	平常通り
BEMS	Building Energy Management System	ビルエネルギー管理システム
BESS	Battery Energy Storage System	二次電池エネルギー貯蔵システム
BEV	Battery-powered vehicle	バッテリー式電気自動車
BL&P (or BLPC)	Barbados Light and Power Company Limited	バルバドス電力会社
BNEP	Barbados National Energy Policy	バルバドス国家エネルギー政策
BOE	Barrel of Oil Equivalent	石油換算バレル
BREA	Barbados Renewable Energy Association	バルバドス再生可能エネルギー協会
BSJ	Bureau of Standards Jamaica	ジャマイカ基準局
BTU/Btu	British thermal unit	英国熱量単位
CAEP	Climate Action Enhancement Package	気候変動アクション強化パッケージ
CARICOM	Caribbean Community	カリブ共同体
CARILEC	Caribbean Electric Utility Services Corporation	
CCREEE	Caribbean Centre for Renewable Energy and Energy Efficiency	カリブ再エネ・省エネセンター
CEA	Certified Energy Auditor	公認省エネ診断士
CEM	Certified Energy Manager	公認エネルギー管理士
CFL	Compact fluorescent lamps	コンパクト型蛍光灯
CHP	Combined Heat & Power	熱電併給システム
CIF	Climate Investment Funds	気候投資基金
CIMH	Caribbean Institute for Meteorology & Hydrology	カリブ気象水文研究所
CMRP	Certified Maintenance & Reliability Professional	
COP	Coefficient of Performance	成績係数
CREDP	Caribbean Renewable Energy Development Programme	カリブ再生可能エネルギー開発プログラム
CREEBC	CARICOM Regional Energy Efficiency Building Code	カリコム地域省エネビルディングコード
CROSQ	CARICOM Regional Organization for Standards and Quality	カリコム地域標準化・品質機構
CSP	Concentrating Solar Power	集光型太陽熱発電
CSPF	Cooling Seasonal Performance Factor	冷房期間エネルギー消費効率
DET	Division of Electricity and Telecommunications, Prime Minister's Office	首相府電力通信局 (バルバドス)
DFID	Department for International Development	国際開発省
EA	Energy Audit	省エネルギー診断
EDC (or ELD)	Economic Load Dispatching Control	経済負荷配分制御
EE	Energy Efficiency	省エネルギー
EE Index	Energy Efficiency Index	エネルギー効率指標
EE Measure	Energy Efficiency Measure	省エネルギー対策
EER	Energy Efficiency Ratio	エネルギー消費効率
EMS	Energy Management System	エネルギー管理システム
ESCO	Energy Service Company	エネルギーサービス会社

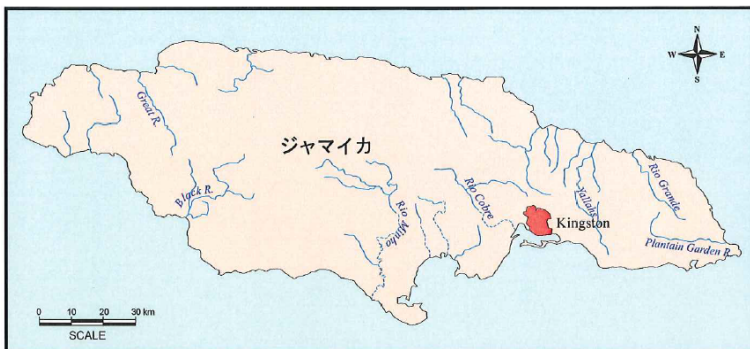
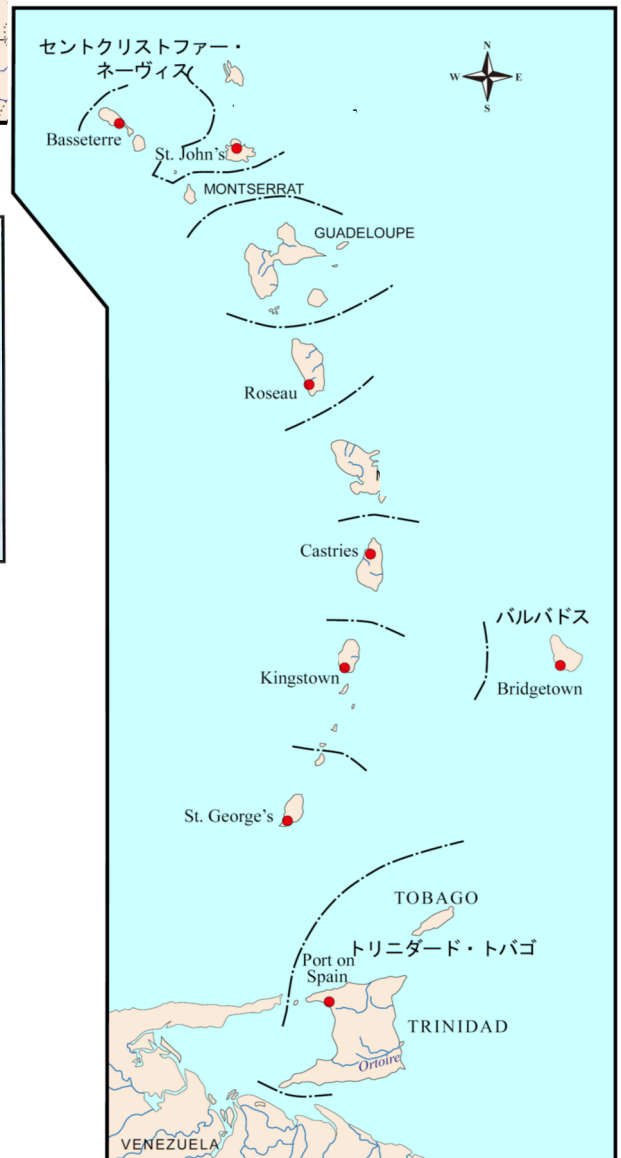
北米・中南米地域 カリコム省エネルギー推進プロジェクト  
プロジェクト事業完了報告書

略語	英語名	日本語名
ESMAP	Energy Sector Management Assistance Program	エネルギーセクター管理支援プログラム (世界銀行)
EV	Electric Vehicle	電気自動車
FCEV	Fuel Cell Electric Vehicle	燃料電池自動車
FIP	Feed in Premium	
FIT	Feed in Tariff	
G/A	Grant Agreement	
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
GEF	Global Environment Facility	地球環境ファシリティ
GFL	Grid Following Inverter	グリッドフォローイングインバータ
GFM	Grid Forming Inverter	グリッドフォーミングインバータ
GIS	Geographical Information System	地理情報システム
GIZ	Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit	ドイツ国際協力公社
GWh	Gigawatt Hour	ギガワット時
HEV	Hybrid Electric Vehicle	ハイブリット自動車
HRD	Human Resources Development	
ICV	Internal combustion engine vehicle	エンジン式自動車
IEA	International Energy Agency	国際エネルギー機関
IEP	Integrated Energy Plan	
IPP	Independent Power Producer	
IRENA	International Renewable Energy Agency	国際再生可能エネルギー機関
IRP	Integrated Resource Plan	
IRRP	Integrated Resource and Resilience Plan	
ICC	International Code Council	国際基準評議会
IE	International Energy-efficiency Class	
IFC	International Finance Corporation	国際金融公社
ISO	International Organization for Standardization	国際標準化機構
JCC	Joint Coordination Committees	合同調整会議
JET	JICA Expert Team	JICA 専門家チーム
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人国際協力機構
JPS	Jamaica Public Service Company Limited	
JV	Joint Venture	共同企業体
kBOE	kilo barrel of oil equivalent	石油換算キロ・バレル
kW	Kilowatt	キロワット
LED	Light Emitting Diode	発光ダイオード
LNG	Liquid Natural Gas	液化天然ガス
M/M	Minutes of Meeting	協議議事録
MaaS	Mobility as a Service	
MEB	Ministry of Energy and Business	エネルギービジネス省(バルバドス)
MEPS	Minimum Energy Performance Standard	最低エネルギー消費効率基準
METI	Ministry of Economy, Trade and Industry	経済産業省
MEWR	Ministry of Energy and Water Resources	エネルギー・水資源省 (バルバドス)
MLIT	Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism	国土交通省
MPI	Ministry of Public Infrastructure, Post, Urban Development and Transport	インフラ・郵政・都市開発・交通省 (セントクリストファー・ネイビス)
MSD	Medium Speed Diesel generator	中速ディーゼル発電機
MSET	Ministry of Science, Energy and Technology	エネルギー・科学技術省 (ジャマイカ)
MW	Megawatt	メガワット
MWh	Megawatt-hour	メガワット時
NDC	Nationally Determined Contribution	国が決定する貢献
NEP	National Energy Policy	国家エネルギー政策

北米・中南米地域 カリコム省エネルギー推進プロジェクト  
プロジェクト事業完了報告書

略語	英語名	日本語名
NESoL	National Energy Solution Limited	
NEVLEC	Nevis Electricity Company Limited	ネービス電力会社
NIA	Nevis Island Administration	
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration	海洋大気庁 (米国)
NPO	Non-Profit Organization	非営利団体
NREL	National Renewable Energy Laboratory	国立再生可能エネルギー研究所 (米国)
O&M	Operation & Maintenance	運用・メンテナンス
OA	Office Automation	事務の自動化
OUR	Office of Utilities Regulation	
PCJ	Petroleum Corporation of Jamaica	ジャマイカ石油公社
PDM	Project Design Matrix	
PHEV	Plug-in Hybrid Electric Vehicle	プラグインハイブリッド車
PPP	Purchasing Power Parity	購買力平価
PV	Photovoltaic	太陽光発電
R/D	Record of Discussions	討議議事録
RAC	Room Air Conditioner	ルームエアコン
RE	Renewable Energy	再生可能エネルギー
S&L	Minimum Energy Performance Standard & Labelling	最低エネルギー消費効率基準とラベリング(制度)
SC	Shunt Capacitor	
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition	
SCASPA	The St. Christopher Air & Sea Ports Authority	セントクリストファー空港港湾局
SCO	Synchronous Condenser	
SKELEC	St. Kitts Electricity Company	セントキッツ電力会社
SME	Small and Medium Enterprise	中小企業
STATCOM	Static Var Compensator	
TOE	Tonne of Oil Equivalent	石油換算トン
ToR	Terms of Reference	
ToU	Time of Use	時間帯別料金
UNDP	United Nation Development Programme	国連開発計画
UNSD	United Nation Statistics Division	国連統計部
UWI	University of West Indies	西インド諸島大学
VPP	Virtual Power Plant	
VRE	Variable Renewable Energy	変動性再生可能エネルギー
VRF	Variable Refrigerant Flow	ビル用マルチエアコン
VtoG (V2G)	Vehicle to Grid	
VtoH (V2H)	Vehicle to Home	
WB	World Bank	世界銀行
ZEB	Net Zero Energy Building	ネット・ゼロ・エネルギー・ビル

北米・中南米地域 カリコム省エネルギー推進プロジェクト  
プロジェクト事業完了報告書



プロジェクト対象地域位置図

## 第1章 プロジェクトの概要

### 1.1 プロジェクトの背景

カリブ共同体(Caribbean Community: 以下、カリコム)諸国は、一系統あたりの電力需要が小さく、エネルギー資源にも乏しいため、産油国のトリニダード・トバゴを除き主要な電力エネルギー源を輸入燃料に強く依存している国が多い。このため、2000年代半ば以降、近年までの油価の高騰の影響を受けるなど、輸入燃料依存の低減と発電コストの削減の2つが課題となっている。

係る状況を受け、カリコム諸国ではエネルギー効率利用のために再生可能エネルギーの導入・省エネルギー推進に向けた政策が策定されており、数値目標も定めて取り組んでいる。しかしながら、各国の政策実現に向けたロードマップの作成、電力固定買取制度(FIT: Feed in Tariff)の導入といった取り組みは十分ではなく、民間事業者の再生可能エネルギーおよび省エネルギー事業参入が十分進んでいない現状にある。

一方、JICAは大洋州において5カ国を対象とした電力分野の広域技術協力「太平洋地域ハイブリッド発電システム導入プロジェクト」(2017～2022年度)を実施中であり、また、カリコム本部が所在するガイアナ共和国に対し、無償資金協力「再生可能エネルギー・省エネルギーシステム導入計画」(2018年6月贈与契約(Grant Agreement: G/A)締結)を実施する等、同課題に対する支援を行っている。

このような状況の下、カリコム諸国のうち4か国(ジャマイカ、バルバドス、セントクリストファー・ネービス、トリニダード・トバゴ)の各政府は再生可能エネルギー・省エネルギー分野の人材育成・組織能力強化のため「カリコム省エネルギー推進プロジェクト」(以下、「本プロジェクト」という)の実施を我が国に要請した。これを受け、JICAは、本プロジェクトの必要性、妥当性を確認し、協力内容を検討するために2016年2月から9月にかけて詳細計画策定調査を行い、同調査結果に基づき2017年3月以降プロジェクトの枠組みについてトリニダード・トバゴを除く各国政府とRecord of Discussions(以下、R/D)により基本合意し、今般、本プロジェクトを開始することとなった。

## 1.2 プロジェクトの対象国・関係機関

本プロジェクトは、カリコム諸国のうち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、以下、各対象国)を対象として実施した。技術訓練や研修は、おもにカウンタパート(以下、C/P 機関)である各対象国実施機関の設備等にて実施した。なお、トリニダード・トバゴも当初は対象国として含まれていたが、R/D の署名が行われず実施対象国から外されることとなった

各対象国の関係機関は以下の通りである。直接受益者は各実施機関のエンジニアやその他の技術職員、最終受益者は相手国の電力会社および研修参加者である。

### 1.2.1 ジャマイカ

ジャマイカの関係機関は以下の通りである。

- MSET (Ministry of Science, Energy and Technology) ※実施機関・C/P 機関
- PCJ (Petroleum Corporation of Jamaica) ※C/P 機関

ジャマイカは、世界有数のボーキサイト埋蔵量を誇り、観光、農業(コーヒー、バナナ、砂糖)に加えてボーキサイト、アルミナの生産が重要な産業となっている。石油、天然ガスなど燃料は全て輸入に依存しており、発電設備は、輸入燃料による火力発電が 83%を占め、他は水力と風力、そして太陽光である。更に、これら発電設備の老朽化による発電効率低下、盗電などの損失が課題となっている。

MSET はジャマイカのエネルギー政策、立法、規制の策定を担っている。特にエネルギーデータや統計に基づくエネルギー分野の計画策定、開発、監督・評価を実施している。

PCJ はジャマイカの石油法によって設立された MSET 傘下の法定組織であり、ジャマイカの石油資源を調査および開発および、その他のエネルギー資源の開発を実施している。

また、National Energy Solution Limited(以下、NESoL)も当初は対象機関だった。ベースライン調査の結果、地方電化のオフグリッドコンポーネントはジャマイカではほぼ終了しており、所掌と大量 RE の系統安定化を主題としたプロジェクトの活動がマッチしないこと、活動として追加されたマイクログリッドは送配電オペレータの Jamaica Public Service Co Ltd (以下、JPS)が実施する事を確認したため、NESoL はその後の本事業トレーニング対象機関には含まないこととなった。

なお、2020年にPCJは組織再編により、MSETに吸収・統合された。2020年以降は、MSETを実施機関・C/P機関として活動を行った。

## 1.2.2 バルバドス

バルバドスの関係機関は以下の通りである。

- MEB (Ministry of Energy and Business) ※実施機関・C/P 機関
- BL&P (Barbados Light and Power Co., Ltd.) ※C/P 機関

バルバドスは、観光業に加え伝統的農業が基幹産業であったが、近年は情報通信インフラの整備を含む産業の多角化を進めており財政運営は、比較的安定している。天然ガス開発の可能性があり、海底・陸上油田開発にも力をいれている。しかし、国内に石油精製施設を持たないため、重油、ディーゼルなど石油製品は100%輸入に依存している。発電設備は、輸入燃料による火力発電が93%を占め、水力はなく、残りは太陽光である。

MEB はエネルギー部門に関する政策、法律、規制の取り組みや、バルバドスのエネルギーセクターの監督を行っている。

BL&P は EMERA Caribbean Incorporated (ECI、カナダ)の100%子会社で、バルバドスの電力事業を実施している。2028年までバルバドスにおける系統運用のライセンスを有している電気事業者である。

なお、省庁再編により、Division of Electricity and Telecommunications, Prime Minister's Office (以下、DET) のエネルギー分野の所掌は2020年に Ministry of Energy and Water Resources (以下、MEWR)、さらに同年に Ministry of Energy, Small Business and Entrepreneurship (以下、MESBE) に、2022年に MEB へ移っている。

このような経緯から、2019年はDET、2020年の途中までMEWR、その後2020年から2021年はMESBE、2022年から2023年はMEBを実施機関・C/P機関として活動を行った。

## 1.2.3 セントクリストファー・ネービス

セントクリストファー・ネービスの関係機関は以下の通りである。

- MPI (Ministry of Public Infrastructure, Post, Urban Development and Transport) ※実施機関・C/P 機関
- SKELEC (St. Kitts Electricity Company Ltd.) ※C/P 機関
- NIA (Nevis Island Administration) ※C/P 機関
- NEVLEC (Nevis Electricity Company Ltd.) ※C/P 機関

セントクリストファー・ネービスは、中南米諸国の中でも小さな国であり、電力系統も域内で比較的小規模である。このため、電力供給は小規模な内燃機関火力発電にほぼ100%依存しており、原油価格の変動によるボラティリティを受けやすい状況にある。発電設備は、輸入燃料による火力発電が94%を占め、水力はなく、残りは太陽光である。近年は風力発電、地熱発電、廃棄物発電など再生可能エネルギーへの投資を積極的に行っている。

MPI はセントキッツ島にある政府機関であり、質の高いエネルギー供給を目指してセントクリストファー・ネービスのエネルギー政策、規制の策定、実施、および監督・評価を行っている。

SKELEC はセントキッツ島の発電・送配電を行う電力事業者である。

NIA はネービス島の自治政府組織で、ネービス島の電力政策策定、監督を行っている。

NEVLEC はネービス島における発電・送配電を行う電力事業者である。

また、セントクリストファー・ネービスは、セントキッツ島とネービス島の 2 島から構成されているが、MPI はセントキッツ島を、NIA はネービス島を管轄する体制となっている。そのため、両島を対象として業務を進めるために、MPI だけでなく NIA も対象機関とした。



## 1.3 プロジェクトの目標と上位目標

### 1.3.1 本業務の目標

本業務実施に先立ち、R/D にて各国政府とプロジェクトおよび上位目標に関する検討項目・検証指標・現状及び目標値、プロジェクトのプロジェクト・マトリックス（以下、PDM）を定めた。本業務の目標は R/D および PDM に基づき、以下の成果を達成することが、プロジェクトを通して期待される成果である。

#### (1) プロジェクト目標

再生可能エネルギー導入および省エネルギー推進を図るための人材・組織能力が強化される。

#### (2) 上位目標

再生可能エネルギー導入および省エネルギー指針を通じてエネルギー安全保障の向上が図られる。

#### (3) 期待される成果

- 【成果 1】 再生可能エネルギー (Renewable Energy、以下 RE) 導入に向けた能力強化を行うための基本情報が確認される。
- 【成果 2】 省エネルギー (Energy Efficiency、以下 EE) 推進に向けた能力強化を行うための基本情報が確認される。
- 【成果 3】 RE 導入に向けた能力強化を図るための人材・組織能力が強化される。
- 【成果 4】 EE 推進に向けた能力強化を図るための人材・組織能力が強化される。

### 1.3.2 プロジェクト目標および上位目標の検証指標

#### (1) プロジェクト目標

4 つの指標(Verifiable Indication)が掲げられた。内容は以下の通りである。なお、JET は JICA 専門家チーム(JICA Expert Team)である。

- No.1: 本プロジェクト活動を通じてまたは本プロジェクト活動中に、RE 導入に係るアクションを“対象国側”がどの程度行ったかを示す指標
  - No.2: 本プロジェクト活動を通じてまたは本プロジェクト活動中に、EE 推進に係るアクションを“対象国側”がどの程度行ったかを示す指標
  - No.3: “JET”が域内研修などを通じ、RE 導入に係る人材を何人訓練したかを示す指標
  - No.4: “JET”が域内研修などを通じ、EE 推進に係る人材を何人訓練したかを示す指標
-

## (2) 上位目標

2つの指標(Verifiable Indication)が掲げられた。内容は以下の通りである。

- No.1: 対象国各国が掲げているエネルギー保障に係る指標
- No.2: 対象国各国の化石燃料輸入量に係る指標

### 1.3.3 ジャマイカのプロジェクト目標と上位目標

#### (1) プロジェクト目標

ジャマイカの MSET と合意したプロジェクト目標に係る指標等を以下の表 1-1 に示す。

表 1-1 ジャマイカのプロジェクト目標

Description	Verifiable Indicator	Baseline Value	Target Value
<b>■ Project Purpose</b> Human and institutional capacities are enhanced for the introduction of RE and promotion of EE	1. Number of RE facilities such as PV power station, wind generating facility, battery application, high-efficiency thermal power plant	1. Hydro 28.6 MW, VRE 162MW (total 191 MW) Rooftop 20MW BESS 21.5 MW+ FH 3MW	1.To be set according to IRP
	2. Number of public buildings with EE program including BEMS: Building Energy Management System	2. BEMS 11(completed), 3 (planned)	2. EE program in total for 44 facilities in next 4 yrs
	3. Number of trained staffs for introduction of RE	3. Several Officers under MSET/PCJ took local trainings but no specialized staffs to RE	3. Domestic trainings: 20-30 personnel, Training in Japan: 1-4 personnel
	4. Number of trained staffs for promotion of EE	4. 0 (External 3day Basic Energy Audit Training Course: Total No.150, Awareness building WS, seminars, etc.: Total No. 745)	4. Domestic trainings: 20-30 personnel, Training in Japan: 1-4 personnel

注 1: PV は Photovoltaic の略

注 2: VRE は Variable Renewable Energy の略

注 3: BESS は Battery Energy Storage System の略

注 4: IRP は Integrated Resource Plan の略

注 5: WS は Workshop の略

出所: JET 作成

## (2) 上位目標

ジャマイカの MSET と合意した上位目標に係る指標等を以下の表 1-2 に示す。

表 1-2 ジャマイカの上位目標

Description	Verifiable Indicator	Target Value
<p>■ Overall Goals</p> <p>Energy security is ensured through introduction of RE and promotion of EE</p>	<p>1. Energy self-dependency</p> <p>2. Imported fossil fuel reduction</p>	<p>1. 50% (50%RE by 2030)</p> <p>2. To 80% (20% by RE in energy base)</p>

出所: JET 作成

### 1.3.4 バルバドスのプロジェクト目標と上位目標

#### (1) プロジェクト目標

バルバドスの MEB と合意したプロジェクト目標に係る指標等を以下の表 1-3 に示す。なお、項目 2 の Target value は合意した当初は設定されておらず、空白であった。この点につき後述、第 6 章記載の通り、プロジェクト途中で設定値を見直した。

表 1-3 バルバドスのプロジェクト目標

Description	Verifiable Indicator	Baseline Value	Target Value
<p>■ Project Purpose</p> <p>Human and institutional capacities are enhanced for the introduction of RE and promotion of EE</p>	<p>1. Number of RE facilities such as PV power station, wind generating facility, battery application, high-efficiency thermal power plant</p>	<p>1. PV 10MW + 12MW rooftop BESS 5MW/21MWh</p>	<p>1. PV 10 MW (BLPC) + 25 MW (Other) + Wind 10 MW</p>
	<p>2. Number of public buildings with EE program including Building Energy Management System (BEMS)</p>	<p>2. Needs of MEB is very high to promote EE of public buildings.</p>	<p>2.-</p>
	<p>3. Number of trained staffs for introduction of RE</p>	<p>3. 0</p>	<p>3. 6 personnel (MEB:3, BLPC:3) and others</p>
	<p>4. Number of trained staffs for promotion of EE</p>	<p>4. 0</p>	<p>4. 7 personnel</p>

出所: JET 作成

#### (2) 上位目標

バルバドスの MEB と合意した上位目標に係る指標等を以下の表 1-4 に示す。

表 1-4 バルバドスの上位目標

Description	Verifiable Indicator	Target Value
<p>■ <b>Overall Goals</b> Energy security is ensured through introduction of RE and promotion of EE</p>	<p>1. Energy self-dependency 2. Imported fossil fuel reduction</p>	<p>1. 100% (100%RE by 2030) 2. 0% by 2030</p>

出所: JET 作成

### 1.3.5 セントクリストファー・ネービスのプロジェクト目標と上位目標

#### (1) プロジェクト目標

セントクリストファー・ネービスの MPI と合意したプロジェクト目標に係る指標等を以下の表 1-5 に示す。

表 1-5 セントクリストファー・ネービスのプロジェクト目標

Description	Verifiable Indicator	Baseline Value	Target Value
<p>■ <b>Project Purpose</b> Human and institutional capacities are enhanced for the introduction of RE and promotion of EE</p>	<p>1. Number of RE facilities such as PV power station, wind generating facility, battery application, high-efficiency thermal power plant</p>	<p>1. PV 1.2MW (St. Kitts), Wind 2MW(Nevis)</p>	<p>1. PV 35MW by 2020, Wind 5MW, BESS 44.2MWh (St. Kitts), Geothermal power 9MW (Nevis)</p>
	<p>2. Number of public buildings with EE program including BEMS: Building Energy Management System</p>	<p>2. Needs of MPI is very high to promote EE of public buildings. (Current: 0)</p>	<p>2. 1 Proposal by JET will be prepared for the BEMS introduction</p>
	<p>3. Number of trained staffs for introduction of RE</p>	<p>3. 0 staff on this Project (Numbers of trainings by international agencies provided)</p>	<p>3. 10 personnel</p>
	<p>4. Number of trained staffs for promotion of EE</p>	<p>4. 0 staff on this Project (Numbers of trainings by international agencies provided)</p>	<p>4. 10 personnel</p>

出所: JET 作成

#### (2) 上位目標

セントクリストファー・ネービスの MPI と合意した上位目標に係る指標等を以下の表 1-6 に示す。

表 1-6 セントクリストファー・ネービスの上位目標

Description	Verifiable Indicator	Target Value
■ <b>Overall Goals</b> Energy security is ensured through introduction of RE and promotion of EE	1. Energy self-dependency 2. Imported fossil fuel reduction	1. 100% (100%RE in power generation by 2030) 2. 2% of total fuel import

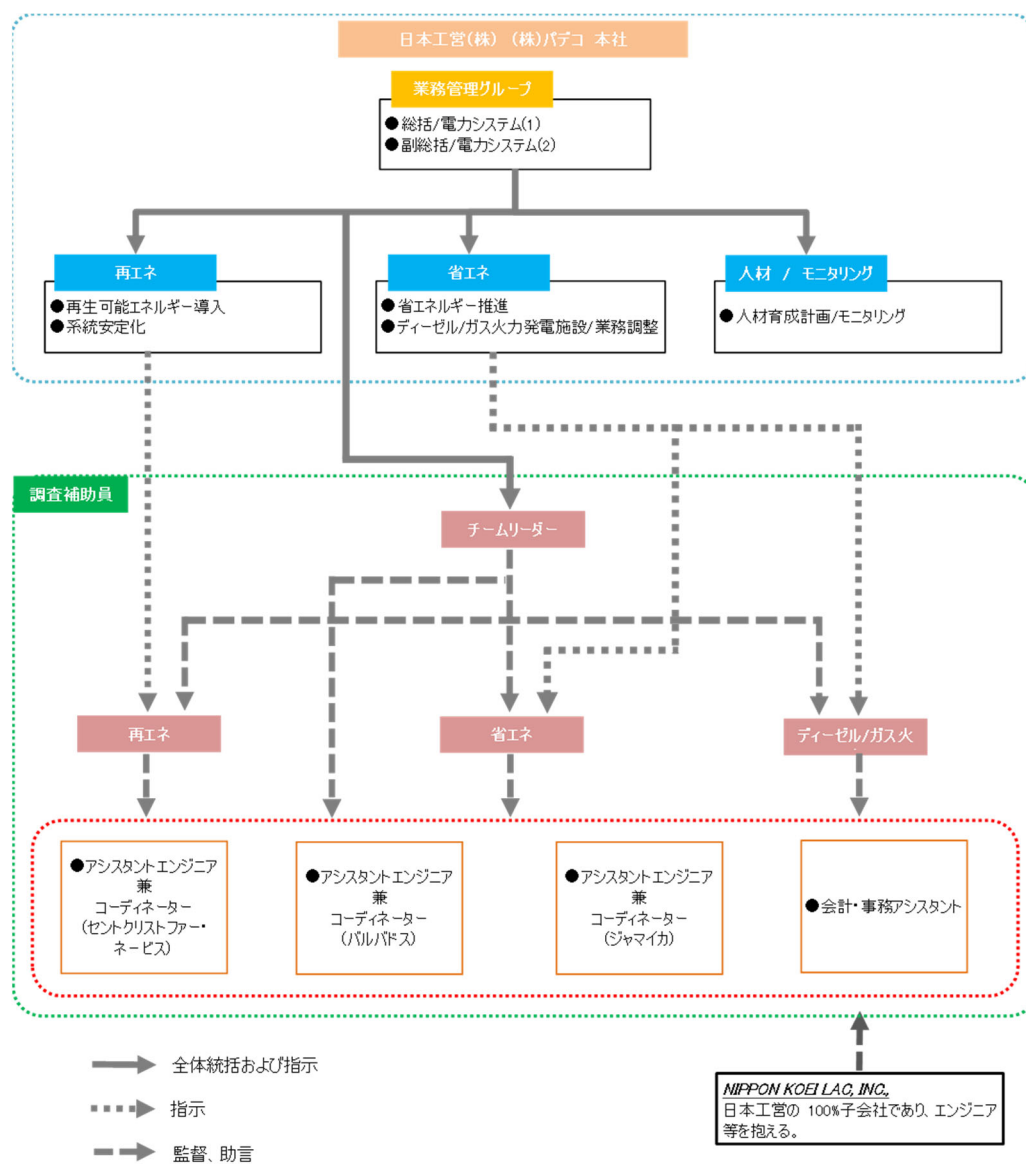
出所: JET 作成

## 第2章 プロジェクトの実施体制

### 2.1 業務体制

#### 2.1.1 業務実施体制

本プロジェクトの業務実施体制を図 2-1 に示す。業務管理グループが、他の業務従事者及び調査補助員を統括する。業務従事者は担当分野の専門性(再エネ・省エネ・ディーゼル/ガス火力発電施設)を有した調査補助員及び、各国に配置するアシスタントエンジニア(各国でのコーディネーターを兼ねる)を活用して遂行する体制とした。



出所: JET 作成

図 2-1 業務実施体制

## 2.1.2 プロジェクト専門家

本プロジェクトに従事したプロジェクト専門家を表 2-1 に示す。また、要員計画については、Appendix 2-1 に示す。

表 2-1 JICA プロジェクト専門家

氏名	担当業務	所属
小川 良輔	▪ 総括 / 電力システム(1) / ディーゼル発電/ガス火力発電施設(2) _ 前任業務従事者	日本工営株式会社
福地 智恭	▪ 総括 / 電力システム(1) / ディーゼル発電/ガス火力発電施設(2) _ 後任業務従事者	▪ 日本工営株式会社
蝦名 雅章	▪ 副総括 / 電力システム(2)	▪ 日本工営株式会社
中川 由香	▪ 再生可能エネルギー導入	▪ 日本工営株式会社
坂本 康弘	▪ 省エネルギー推進	▪ 株式会社パデコ
鈴木 浩	▪ 系統安定化(D 枠)	▪ 日本工営株式会社 ▪ (補強: 株式会社 三鈴)
田岡 久雄	▪ 系統安定化(D 枠)	▪ 日本工営株式会社 ▪ (補強: 学校法人西大和学園 大和大学)
西埜 亮太	▪ ディーゼル/ガス火力発電施設/業務調整(1)	▪ 日本工営株式会社
田邊 崇洋	▪ 人材育成計画/モニタリング _ 前任業務従事者	▪ 株式会社パデコ
宮浦 杏那	▪ 人材育成計画/モニタリング _ 後任業務従事者	▪ 株式会社パデコ
新美 宏昭	▪ 系統安定化(2) 電力貯蔵システム / アセットマネジメント / 業務調整(2) _ 前任業務従事者	▪ 日本工営株式会社
辻 智明	▪ 系統安定化(2) 電力貯蔵システム / アセットマネジメント / 業務調整(2) _ 後任業務従事者	▪ 日本工営株式会社

出所: JET 作成

## 2.2 全体スケジュール

### 2.2.1 COVID-19 流行前(2020 年 3 月以前)

プロジェクトを開始した 2019 年 4 月時点での業務スケジュールを図 2-2 に示す。当初計画では、プロジェクト実施期間は 2019 年 3 月から 2022 年 3 月までの 36 ヶ月間であった。うち、最初の半年間をフェーズ 1 としベースライン調査を実施、残りの 2 年半をフェーズ 2 とし、技術移転を行うこととしていた。COVID-19 が流行し始めた 2020 年 3 月時点で現地渡航を中断した。





## 2.2.2 COVID-19 流行によるスケジュール変更内容

新型コロナウイルス(以下、COVID-19)の影響により、2020年3月、すなわちフェーズ2の初期段階において、渡航を伴う活動を中断せざるを得ない状況となった。そのため、残余の活動時期を延期するとともに、それまでの間、オンラインでの協議・講義による技術移転活動を行うこととなった。全体スケジュールの変更は、表 2-2 の通りである。

2021年11月に開催されたバルバドス、セントクリストファー・ネイビスとの、2022年2月に開催されたジャマイカとの、それぞれの第2回合同調整会議 (Joint Coordinating Committee, 以下 JCC)においてプロジェクト期間の12ヵ月間の延長が、関係機関との間で合意された。結果として、プロジェクト期間は2022年3月から2023年3月までとなり、プロジェクト期間は36ヵ月から48ヵ月へ延長された。

表 2-2 全体スケジュールの変更

	当初の計画プロジェクト	現時点で想定される変更スケジュール
全体スケジュール	<ul style="list-style-type: none"> <li>3年間</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>4年間</li> </ul>
フェーズ1	<ul style="list-style-type: none"> <li>第1年次の前半(約半年間)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(変更なし)</li> </ul>
フェーズ2	<ul style="list-style-type: none"> <li>第1年次の残り、第2,3年次</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>第2,3年次に予定していた現地での活動を第4年次に実施</li> <li>第2,3年次はオンラインでの協議・講義による技術移転活動と、第2回 JCC の実施</li> </ul>

出所: JET 作成

## 2.2.3 変更後のスケジュール

第2回 JCC で合意した内容を反映した R/D の再締結後、現地の感染状況を考慮したうえで、2022年7月よりバルバドスとセントキッズネイビスへの活動、2022年10月よりジャマイカへの活動を再開した。

また、本邦研修実施時期の調整を含めた3ヵ月の工期延長をさらに行い、2023年6月まで、51ヵ月へプロジェクト期間が延長された。最終スケジュールを図 2-3 に示す。



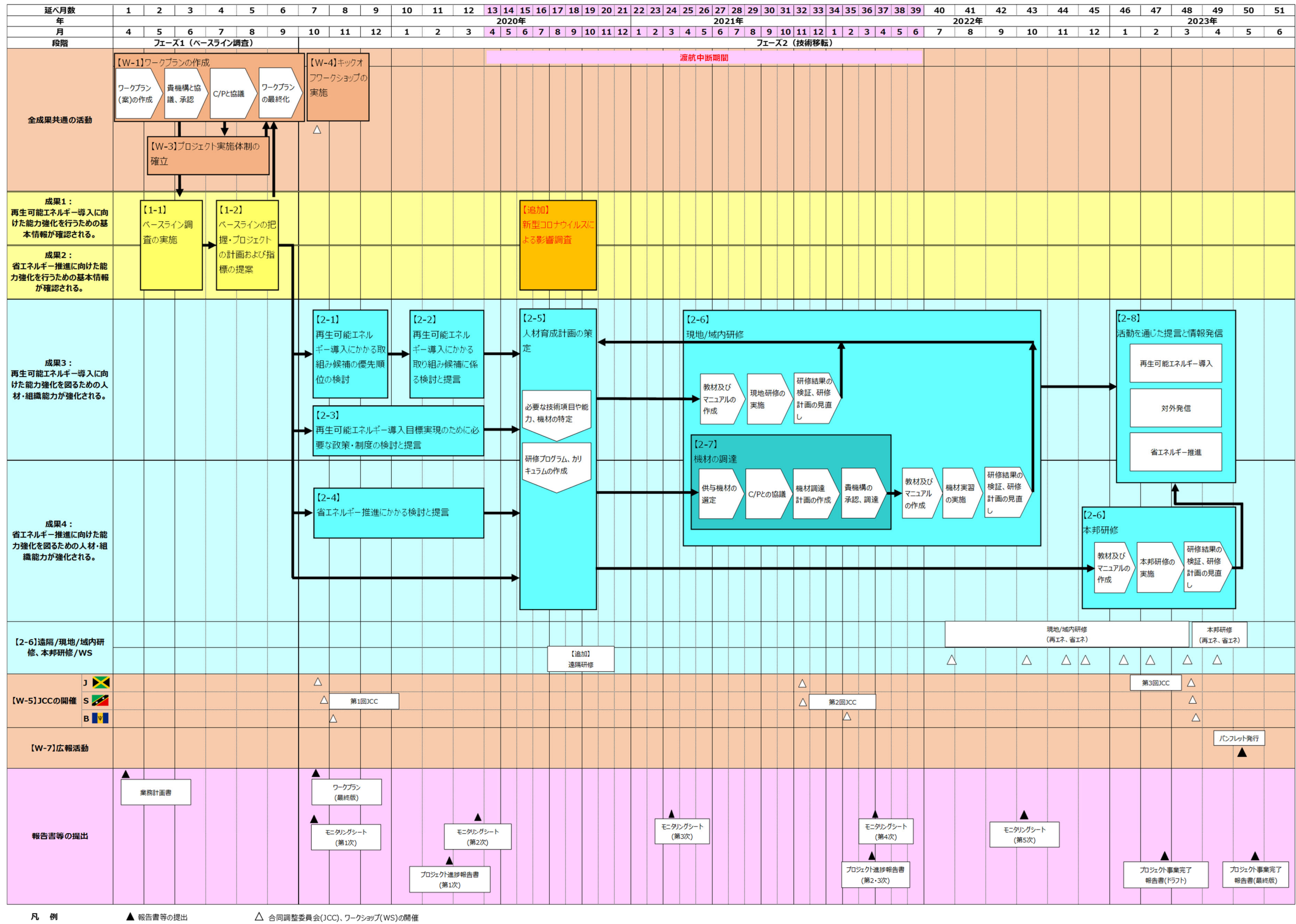
## 2.3 業務フロー

本業務は以下の手順により進めた。

- (i) ワークプランの作成
- (ii) ベースライン調査
- (iii) 課題分析
- (iv) 技術移転項目検討
- (v) 技術移転（提言&研修等）
- (vi) 総括提言
- (vii) 報告書

図 2-3 に基づき見直し最終化した本プロジェクトの業務フローを図 2-4 に示す。

Ⅰ 業務フローチャート(変更案)



出所: JET 作成

図 2-4 業務実施フロー (2022年7月以降)

## 第3章 プロジェクトの活動 (ジャマイカ)

### 3.1 ベースライン調査 (ジャマイカ)

本項ではベースライン調査にて確認した内容を示す。また、現地活動再開後にフォローアップし、かつ技術移転内容のベースとなった基本情報についても本項に一部記載する。

#### 3.1.1 関係機関

ベースライン調査では、以下の各機関やサイトで面談・協議や、サイト視察を行った。

- MSET (Ministry of Science, Energy and Technology) ※実施機関・C/P 機関
- PCJ (Petroleum Corporation of Jamaica) ※C/P 機関
- NESOL (National Energy Solution Limited)
- JICA ジャマイカ支所
- 在ジャマイカ日本国大使館
- JPS (Jamaica Public Service Co Ltd)
  - Bogue Power Station
  - Hunts Bay Power Station
  - Rockfort Power Station
  - Old Harbor Power Station (under construction)
- IDB (Inter-American Development Bank)
- Wigton Windfarm Limited
  - Wigton Windfarm
- WRB Energy
- Content Solar Photovoltaic Power Plant
- Bureau of Standards Jamaica
- National Water Commission
- UNDP
- Jamaica Productivity Centre
- National Irrigation Commission
- OUR (Office of Utility Regulation)

#### 3.1.2 調査項目

本プロジェクトのベースラインで確認すべき内容に基づき、調査を行った。ジャマイカに該当する項目は以下の通りである。

##### (1) 電力システム

- 電力供給側の基本指標
- 電力需要側の基本指標
- 送配電ロス の現状確認

##### (2) 省エネルギー推進

- 省エネルギーの推進状況、政策・計画の確認
- 省エネルギー推進に向けた人材・組織能力の確認

##### (3) 再生可能エネルギー導入

- 再生可能エネルギー/系統安定化技術にかかる導入状況、政策・計画、実施体制・能力などの確認
- 再生可能エネルギー導入に向けた人材・組織能力の確認

### 3.1.3 エネルギー政策および電力開発計画

#### (1) エネルギー政策

ジャマイカ政府は、2009年「国家エネルギー政策(Jamaica's National Energy Policy (2009-2030)、以下NEP)」を公表。再生可能エネルギー導入については National Renewable Energy Policy 2009-2030 Draft を2010年8月に策定している。これらにおいては“affordable and accessible energy supplies with long-term energy security”、則ち長期的なエネルギー安全保障を確保した利用可能でアクセスできるエネルギー供給を題目に掲げており、2030年までに20%のエネルギーベース、電力出力ベースで30%の再エネ導入を目標としていた。政策目標を以下の通りとしている。

- ✓ 目標1：  
ジャマイカのすべての再生可能エネルギー資源の持続可能な開発に資する経済的、インフラ計画の策定
- ✓ 目標2：  
再エネ促進のために国の資源と投資を再エネ技術に投じる主要政策(財政・金融)の策定
- ✓ 目標3：  
再エネ分野の成長と発展に対応した、ダイナミックな法・規制環境の構築
- ✓ 目標4：  
研修プログラム、情報普及戦略、継続的な政府広報を用いた効果的な支援による再エネ技術・能力及び国民意識の向上
- ✓ 目標5：  
既存及び新規再エネ技術における持続的な研究開発及び技術革新の推進

政策では、エネルギーパフォーマンス、エネルギーセキュリティが求められている。エネルギーセキュリティとして、近代化、省エネ、多様化、環境持続性の4つのゴールが定められた。多様化の中期的政策としては、現在の95%石油依存からエネルギーミックスとし、ガスの導入に重点を置いた。

また、ジャマイカは2020年6月に「国が決定する貢献(Nationally Determined Contribution (以下、NDC))」を、国連気候変動枠組条約事務局に正式に提出している。このなかで、ジャマイカは2030年までに排出量を2005年の政策を考慮した通常シナリオにて条件なしの場合25.4%、国際支援を受ける条件において28.5%削減するとしている。

#### (2) 電源開発計画

カリブ諸国の平均電気料金は高く、2020年において0.272 USD/kWhである。ジャマイカは同年0.299 USD/kWhであり、カリブ諸国の平均より1割程度さらに高い価格である。これは化石燃料輸入に加え、主に技術的/非技術的送配電損失が発生しているためである。

この現状を踏まえ、ジャマイカは将来の電源開発、送電線整備計画を、IDB(以下、Inter-American Development Bank)の支援を受けて、MSET, OUR, JPSが中心となり国家計画 Integrated Resource Plan (IRP)を策定した。このIRPはABBもメンバーに雇用された。現在2020年2月版のドラフトが公開されている。2020年版IRP(IRP2020) Draftは、2037年までのジャマイカの20年電力計画となっている。IRP2020 Draftにおける実行計画(Implementation Plan)では、2037年迄に1,664 MWの追加発電容量を計画している。この内太陽光発電または風力発電を1,270 MW(76%)としている。これにより、2030年までに必要な発電量を31%、2037年までに49%を再生可能エネルギーにて提供することで計画している。このうち太陽光発電が最大のシェア(37%)を占めることになる。なお、2037年の時点でも天然ガスによる発電は51%となるとしている。

IRP2020 Draftにおける追加発電計画を表3-1に示す。

表 3-1 IRP2020 Draft における電力開発計画

FiscalYear	Initial Reference Case		Implementation Case	
	Gen. Cap. Added (MW)	Type	Gen. Cap. Added (MW)	Type
2018				
2019				
2020				
2021				
2022	437	Solar/Wind, Gas Turbine	147	Solar/Wind
2023	176	Hydro, Waste to Energy, Combined Cycle	74	Hydro, Waste to Energy, Biomass
2024	37	Solar/Wind	173	Solar/Wind
2025			120	Combined Cycle
2026	160	Gas Turbine, Combined Cycle	120	Combined Cycle
2027	40	Solar/Wind	111	Solar/Wind
2028	40	Solar/Wind		
2029	20	Solar/Wind		
2030	60	Solar/Wind	40	Gas Turbine
2031				
2032	112.5	Solar/Wind, Gas Turbine	122.5	Solar/Wind
2033	80	Gas Turbine	60	Solar/Wind
2034			37	Solar/Wind
2035	18.5	Gas Turbine	20	Solar/Wind
2036	212	Solar/Wind, Waste to Energy	50	Solar/Wind, Gas Turbine
2037	217	Solar/Wind, Cabdidate Transmission Line	589.5	Solar/Wind
<b>Total</b>	<b>1610</b>		<b>1664</b>	

出所: IRP 2020 Draft を用いて JET にて作成

一方、2018年の首相演説で、2030年までの再エネ導入目標を50%(電力量ベース)に前倒しすることが表明された。この導入方針への対応もあり、2023年2月現在、MSETはIRPの改定作業中である。改定内容における電源構成や系統増強などは開示されていない。

今後、再生可能エネルギーによる発電設備を大幅に導入する計画ではあるが、安定して出力を出せる水力のポテンシャルは山間地に限られ、また、廃棄物発電やバイオガスなどのバイオマス発電は材料の収集に課題があり可能な容量に制限がある。そのために相当量のPVと風力を計画に入れており、目標を実現する上で、特に系統安定化の面での課題がある。

また、IRP2020 Draftにおいては将来シナリオとしてエネルギー効率および省エネルギーについても言及しており、家庭用は、冷房・照明・温水器、商業用では冷房・照明・冷凍庫が主要要素であり、これに対して解析と対策を提言している。新設発電設備導入や系統安定性対策も懸念されるので、着実な省エネルギー対策実行は必要な要素となる。

### 3.1.4 電力需要側の基本指標

#### (1) エネルギーバランス表によるエネルギー消費量

国際エネルギー機関(International Energy Agency、以下 IEA)が公表しているジャマイカのエネルギーバランスをもとに、需要側電力消費量を一次エネルギー換算して評価した場合のセクター別、エネルギー別エネルギー消費量を表 3-2 に示す。セクター別エネルギー消費割合は産業分野が最大で 49%、次いで運輸分野(27%)、家庭分野(15%)となっている。この IEA のセクター別割合については検討を加え、結果については後述する。

電力に関しては、発電プラントへの投入エネルギーの 87%が石油、8%が天然ガス、残る 5%が水力を含む再生可能エネルギーとなっている。



表 3-2 ジャマイカのエネルギー消費量(セクター別・エネルギー別・一次エネルギー換算ベース・2017年、kTOE)

	産業	業務・公共	家庭	運輸	農林業・未使用	合計
石油	565	104	24	679	27	1,399 (53 %)
石炭	51	0	0	0	0	51 (2 %)
バイオ/排熱	52	70	32	34	0	188 (7 %)
電力(一次エネルギー換算値)	625	59	342	0	0	1,026 (39 %)
合計	1,293 (49 %)	233 (9 %)	398 (15 %)	713 (27 %)	27 (1 %)	2,664 (100 %)

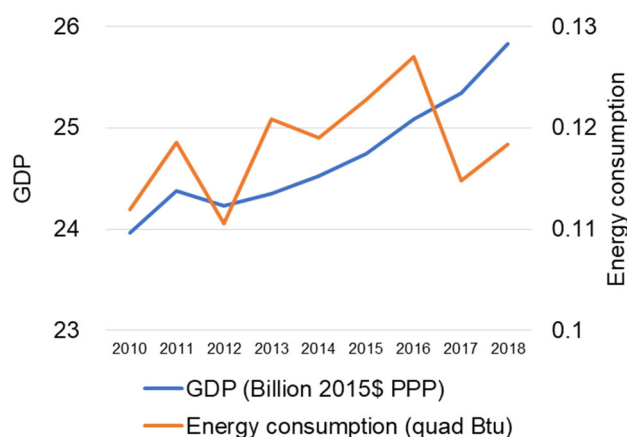
注1: 電力の一次エネルギー換算係数は、需要端効率=26.9%を想定

注2: 石油換算トン (Tonne of Oil Equivalent, 以下 TOE)

出所: 「ジャマイカエネルギーバランス (IEA, 2017)」を参照し JET 作成。

## (2) エネルギー消費とエネルギーインテンシティ

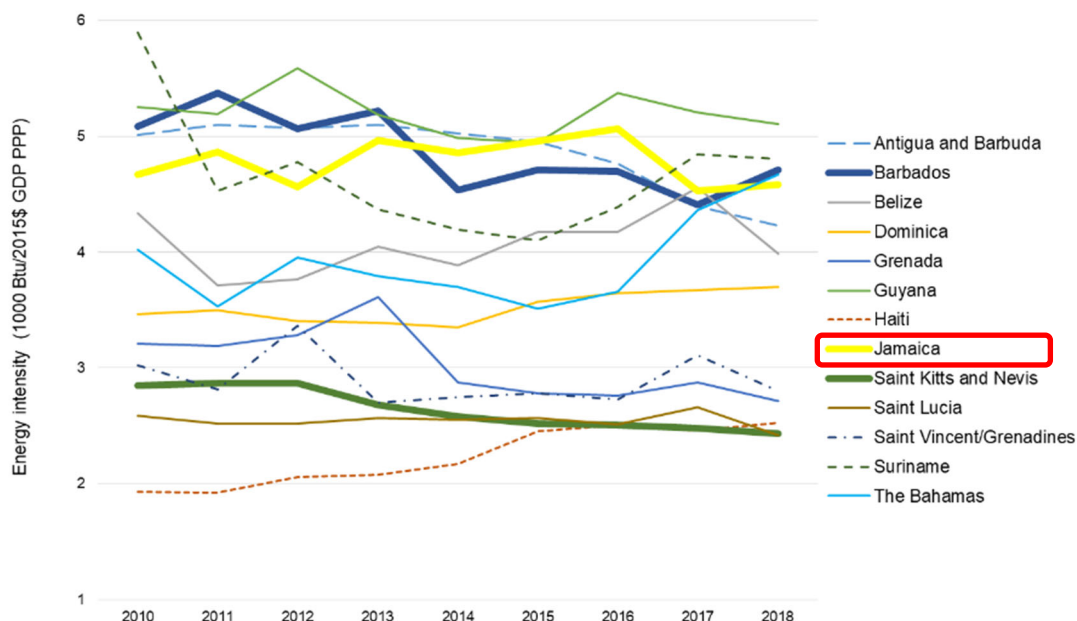
2010年～2018年の Gross Domestic Product (以下、GDP) とエネルギー消費の推移を図 3-1 に示す。下図が示す様に順調な経済成長が進む一方、国全体のエネルギー消費量は経済成長に比して増加していない。



出所: U.S. Energy Information Administration データを基に JET 作成。

図 3-1 GDP とエネルギー消費量の推移(2010-2018)

従い、2010～2018年のエネルギーインテンシティの推移も図 3-2 に示す通り若干低下(=改善)傾向にある。しかし、カリコムメンバー国の中では高いインテンシティであり、エネルギー消費効率の改善余地の大きいことが確認された。

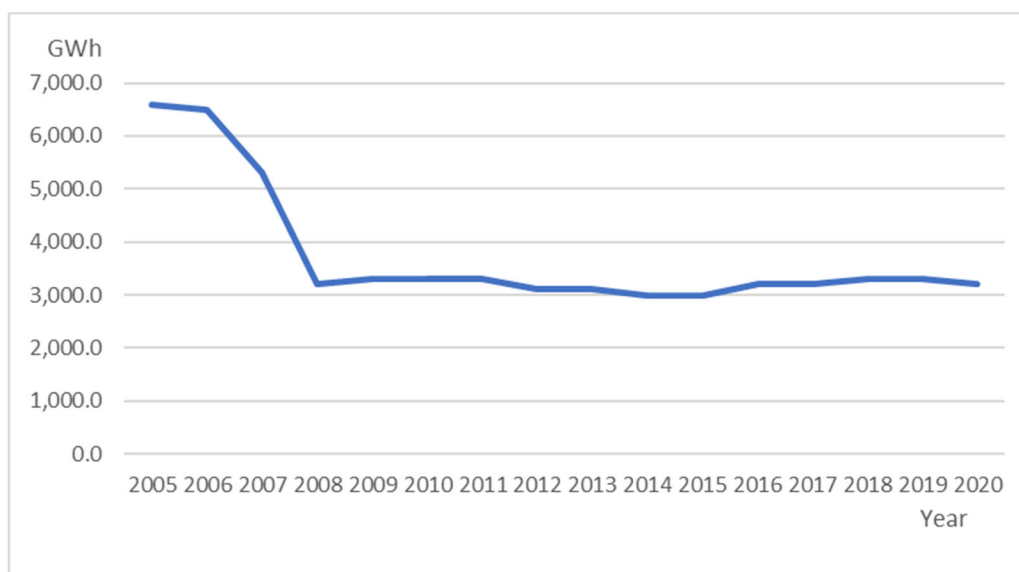


出所: U.S. Energy Information Administration データを基に JET 作成。

図 3-2 カリコムメンバー各国のエネルギーインテンシティの推移(2010-2018)

### (3) 電力消費量

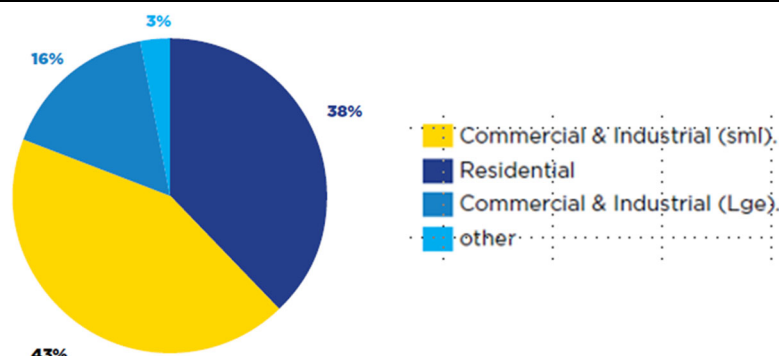
IEA が公表している年間電力消費量の内 2005 年から 2020 年までの推移を図 3-3 に示す。2008 年頃から 3,200 GWh 前後で推移しており、2020 年の年間発電電力量は 3,200 GWh である。



出所: IEA データを基に JET 作成。

図 3-3 年間電力消費量の推移(2005-2020)

次に 2017 年のジャマイカの電力消費量内訳を図 3-4 に示す。業務用・産業用(小規模)分野が最大(43%)、次いで家庭用分野(38%)、業務用・産業用(大規模)分野(16%)となっている。



出所: 「JPS 年次報告書」を参照し JET 作成。

図 3-4 ジャマイカの電力消費量内訳(2017年)

各分野の年平均伸び率(Average Annual Growth Rate, AAGR)は表 3-3 に示す通りであり、過去数年間においては顕著な需要の伸びは確認されなかった。

表 3-3 ジャマイカのクラス別電力消費量(2012, 2017年)

	2012	2017	AAGR (%)
Residential	1,035,377	1,068,594	0.6
C&I (small)	1,383,296	1,381,376	0.0
C&I (large)	615,314	646,669	1.0
Other	99,979	110,500	2.0
Total	3,133,966	3,207,139	0.5

注: C&I (small)は業務用・産業用(小規模)、C&I (large)は業務用・産業用(大規模)を指す。

出所: 「JPS 年次報告書」を参照し JET 作成。

一方、地元電力会社(JPS)の電力需給契約は表 3-4 に示す通り、業務用と産業用に区分されていないことから、需要種別電力消費量割合について検討を加えた。

表 3-4 電力会社(JPS)の需要区分と区分別年間電力消費量実績

需要区分	定義	2017 年実績 (OUR)	2017 実績 (IEA、電力一次エネ換算前)
RATE 10 (低圧供給)	家庭用需要家。	34%	業務用:6% 産業用:61%
RATE 20 (低圧供給)	家庭用を除く最大需要 25kVA 未満の需要家。単相または 3 相 220V。	19%	
RATE 40 (低圧供給)	家庭用を除く最大需要 25kVA 以上。供給電圧 220-415V、3 相。	25%	
RATE 50 (中圧供給)	家庭用を除く最大需要 25kVA 以上。供給電圧 6.9kV-24kV、3 相。	19%	
RATE 60 (街灯)		2%	
その他		1%	

出所: 「JPS 電気料金体系」、「Final Criteria, JPS 2019 - 2024 Rate Review Process, Office of Utilities Regulation」、IEA データを基に JET 作成。

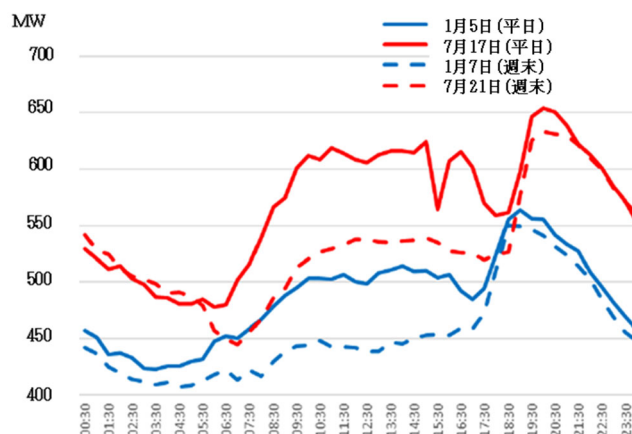
- RATE 20(電力消費量割合 19%)・・・25kVA 未満の需要でありほぼ全量業務用。
- RATE 40(電力消費量割合 25%)・・・25kVA 以上の需要なものの低圧供給であることから、その過半以上は業務用と見なせる。
- RATE 50(電力消費量割合 19%)・・・中圧供給であり大口需要。産業用に加え大規模業務用ビル(ホテル含む)により構成される。

以上より、IEA の業務用/産業用の仕分け根拠は不明なものの、実態として業務用電力需要は全体の 30~40%程度(RATE20(ほぼ全量)+「RATE40 と RATE50」の一部)占めているものと推定することが妥当である。

従って、家庭用分野と合わせると、電力需要の2/3程度は民生用と考えられ、この結果を踏まえ民生分野に有効な優先順位を踏まえた省エネルギー対策の検討、推進が必要であることを確認した。

#### (4) 最大電力と電力日負荷カーブ

図 3-5 に示す通り、2018 年の最大電力は7月17日 18時30分～20時30分に記録され(点灯ピーク)、654.5 MW であった。なお、2017年の最大電力は671 MW であった。電力日負荷カーブは、朝の立ち上がりからいったん午後ピーク(14時)を迎え夕方にかけて需要は減少、点灯需要により50MW程度伸びピークを迎えている。また、夏期と冬期とでは100MW程度の差異があり、これは冷房需要の差分によるものと推察できる。



出所: 関連資料を基にJET作成。

図 3-5 ジャマイカの電力日負荷曲線

#### (5) 電力需要予測

2015年から2035年まで成長別に高成長ケース、低成長ケース、もっともありうるケース(most likely case)3ケースの条件で電力ピーク需要と需要別電力量需要を予測している。各ケースにおける電力ピーク需要予測と、もっともありうるケースでの需要別電力量需要予測を、それぞれ図 3-6、および図 3-7 に示す。

もっともありうるケースでの電力量需要の年間平均増加率は、1.43%と予測している。

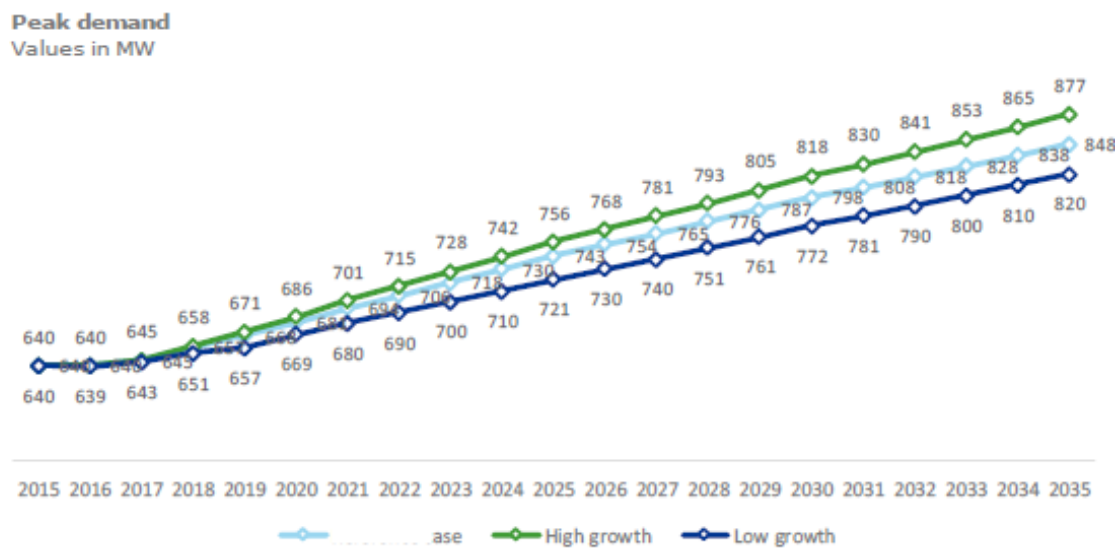


図 3-6 2015 年から 2035 年までの成長別ピーク電力需要予測

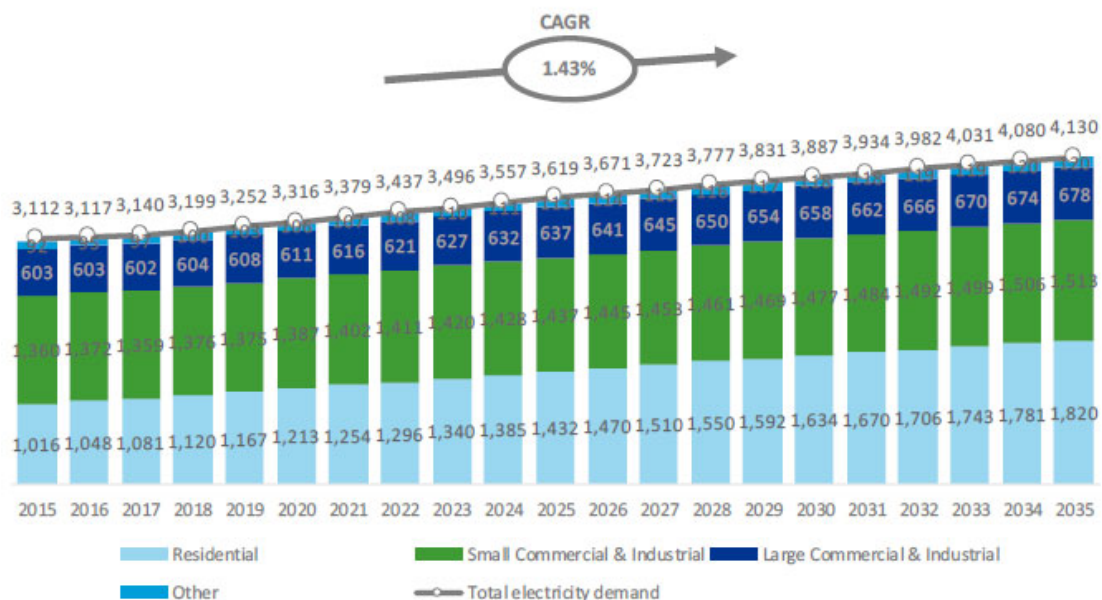
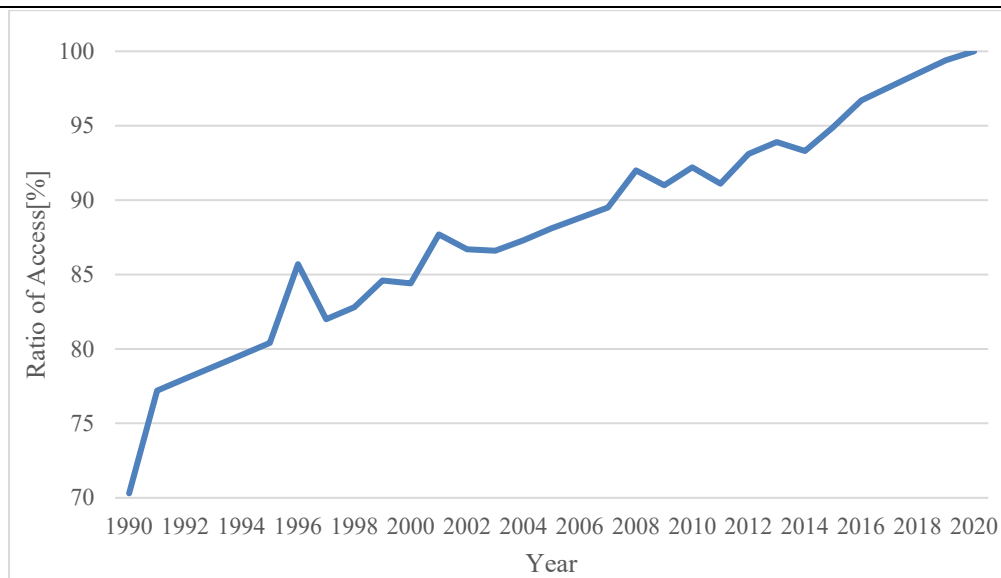


図 3-7 2015 年から 2035 年までの需要別電力量需要予想

### 3.1.5 電力供給側の基本指標

#### (1) アクセス率

電力へのアクセス(電化率)の推移を図 3-8 に示す。電化が進み、2018 年時点で 100 %に近い状況にある。



出所: The World Bank - Access to electricity (% of population) - Jamaica を用いて、JET 作成

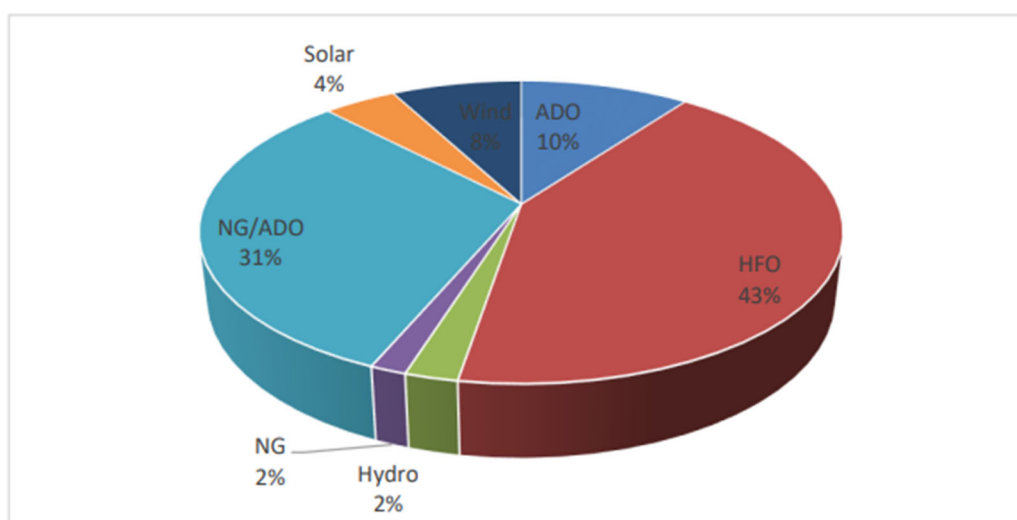
図 3-8 アクセス率の推移 (ジャマイカ)

## (2) 電源構成

2018 年末時点の電源構成を図 3-9 に示す。発電設備は重油・自動車用ディーゼル油および天然ガスの輸入化石燃料に大きく依存している。太陽光/風力および水力発電設備は 14 %に過ぎない。

後述、図 3-11 に示す通り、2016 年より天然ガス焼き発電設備の運転が開始され、従来の重油からの燃料転換が顕著になってきている。2020 年においては、重油が約 29.5 %、天然ガスが 57.5 %となっている。再生可能エネルギーは、13 %程度となっている。

前述の通り、IRP2020 Draft においては、再生可能エネルギー発電設備による必要な発電量を 2030 年までに 31 %、2037 年までに 49 % と高い目標を掲げている。しかし上述の通り、2018 年の首相演説により IRP2020Draft の目標は、2030 年までに RE 50 %と前倒しされた。



注 1: HFO は Heavy Fuel Oil の略

注 2: ADO は Automotive diesel の略

出所: 2018 JAMAICA INTEGRATED RESOURCE PLAN

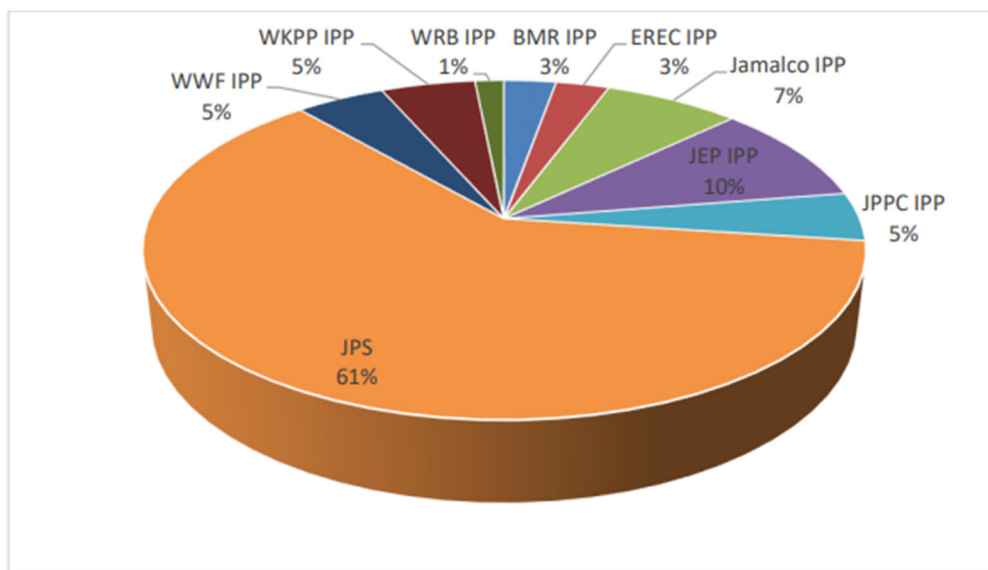
図 3-9 電源種別による電源構成 (ジャマイカ)

### (3) 発電事業者

発電事業者の構成を図 3-10 に示す。ジャマイカでは複数の電力事業者が存在しているが、JPS が最大の事業者であり、発電容量の約 6 割を占めている。

1996 年および 1997 年に Jamaica Energy Partners (JEP)、Jamaica Private Power Company (JPPC) の 2 社が、独立系発電事業者(Independent Power Producer、IPP)として市場参入した。

その後も複数の IPP が市場参入し現在では、前記の 2 社の加え、West Kingston Power Partners (WKPP)、Jamaica Aluminum Company(JAMALCO)、Wigton Windfarm Limited (WWF)、BMR Energy (BMR)、WRB Enterprises (WRB) の合計 7 社の IPP が事業を行っている。JPS はこれらの IPP と電力購入契約を締結している。



出所: 2018 JAMAICA INTEGRATED RESOURCE PLAN

図 3-10 電力事業者の構成 (ジャマイカ)

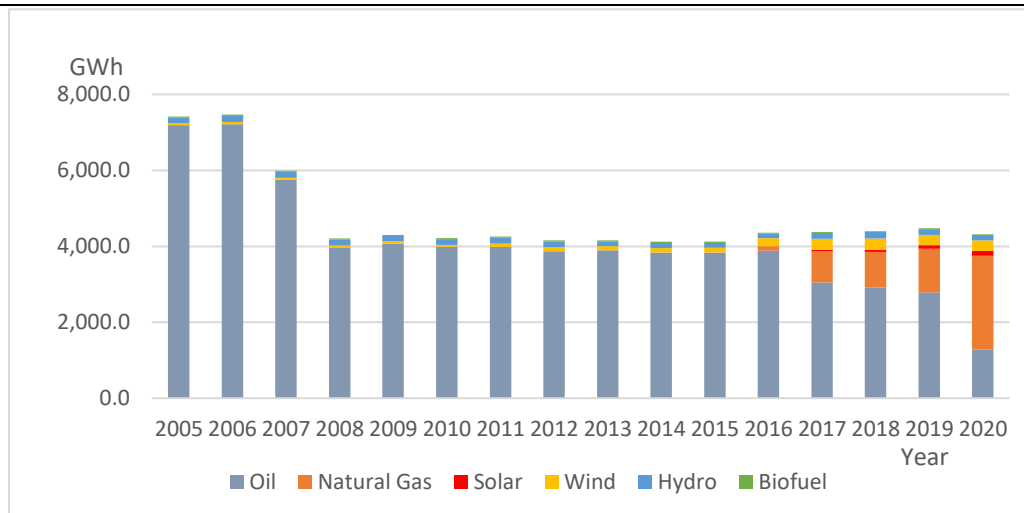
### (4) 電力供給状況

IEA が公表している電源別年間発電電力量の内 2005 年から 2020 年までの推移を図 3-11 に示す。2008 年頃から 4,200~4,500 GWh 前後で推移している。2020 年の年間発電電力量は 4,316 GWh である。

2016 年より天然ガス焼き発電設備の運転が開始され、従来の重油からの燃料転換が顕著になってきている。2020 年においては、重油が約 29.5%、天然ガスが 57.5%となっている。

一方で再生可能エネルギーは水力の他に太陽光と風力が徐々に増加するも、2020 年では 13%程度にと止まっている。

2018 年時点では、発電能力 990 MW に対しピーク需要は 654 MW であった。供給予備率は 34%で、日本の目安の 3%に比して十分余裕があった。



出所: IEA データを基に JET 作成

図 3-11 電源別年間発電電力量推移(2005-2020)

カリブ地域はハリケーンなどの災害被害を受けやすい為、レジリエンス向上が政策に掲げられている。基幹発電所が被害を受けるとブラックアウトとなり、復旧までの時間を要することがありうる。発電所が一家所に集中している場合、その地域が被害を受けると復旧に相当な時間を要し、停電日数が大きくなる。JPS が 2012 年公表の資料に 2007 年から 2010 年までの需要家当たり年間平均停電時間 System Average Interruption Duration Index (以下 SAIDI,)、および需要家当たり年間平均停電回数 System Average Interruption Frequency Index (以下 SAIFI)が掲載されており、これらをそれぞれ表 3-5 と表 3-6 に示す。

両指標とも高数値となっているが、その要因は上記の自然環境と共に設備の老朽化や管理面等が考えられる。上記資料では、JPS は毎年、両指標を 2~3 %改善させることベンチマークとしていた。

表 3-5 2007 年から 2010 年までの SAIDI (ジャマイカ)

	SAIDI					
	2007	2008	2009	2010	2011 Customer Count	
					*Fuse size	Actual
T&D	2538	2308	1925	1945	1390	1315
Generation	402	198	343	631	316	316
System Total	2940	2506	2268	2577	1706	1631
Annual % Reduction		15%	9%	-14%	34%	
Average Annual % Reduction	<b>11%</b>					

注: Transmission and Distribution (以下、T&D)

出所: JPS ANNUAL TARIFF ADJUSTMENT SUBMISSION FOR 2012

表 3-6 2007 年から 2010 年までの SAIFI (ジャマイカ)

	SAIFI					
	2007	2008	2009	2010	2011 Customer Count	
					*Fuse size	Actual
T&D	16.25	16.85	14.41	14.00	11.24	10.67
Generation	7.37	7.49	11.81	15.10	10.76	10.76
System Total	23.62	24.34	26.22	29.10	22.00	21.43
Annual % Reduction		-3%	-8%	-11%	24%	
Average Annual % Reduction	<b>1%</b>					

出所: JPS ANNUAL TARIFF ADJUSTMENT SUBMISSION FOR 2012



なお、World Bank のデータベースにおいてが 2015 年より SAIDI および SAIFI が記録されており、それぞれの 2016 年から 2020 年までのデータを表 3-7 に示す。これによると SAIDI、および SAIFI は、改善が認められるが、未だ更なる改善余地が十分に残されている。

表 3-7 2016 年から 2020 年までの SAIDI および SAIFI (ジャマイカ)

	2016	2017	2018	2019	2020
SAIDI	33.2	31.1	46.2	46.2	27.1
SAIFI	15.9	16.1	19.5	19.5	10.7

出所: World Bank Data Bank より JET にて作成

## (5) 送電網

ジャマイカの送配電システムのオペレータは JPS である。図 3-12 に 2018 年時点での送電網と発電所の位置を示す。ジャマイカの送電線システムは 138 kV と 69 kV の電圧階級を採用しており、延伸距離は 1,184 km である。138 kV 幹線送電網の延伸距離は、382 km におよぶ。69 kV 回線は、副送電システムとして運用され、地中ケーブル 1.6 km を含めて全長 800 km 以上におよぶ。

主要負荷センターである企業エリア(首都 キングストン)には、138 kV 送電線はないが、副送電システム(69 kV 回線)の 18% を占める 105 km の送電線が敷設されている。

変電所は 9 ヶ所あり、総容量 798 MVA の 12 台のインターバス変圧器で運営されている。

IRP(IRP2020) Draft では、現状からの改善や今後の再生可能エネルギー導入に向けた送電網の複数の対策が提案されている。

配電線システムの電圧は 12 kV, 13.8 kV, 24 kV があり、合計約 11,000 km の延伸距離である。43 箇所の変電所がある。需要家数は 2021 年時点で一般家庭が約 61 万軒、小規模商業・産業需要家数が約 71,000、大口需要家が 172、その他が 482 である。<sup>1</sup>

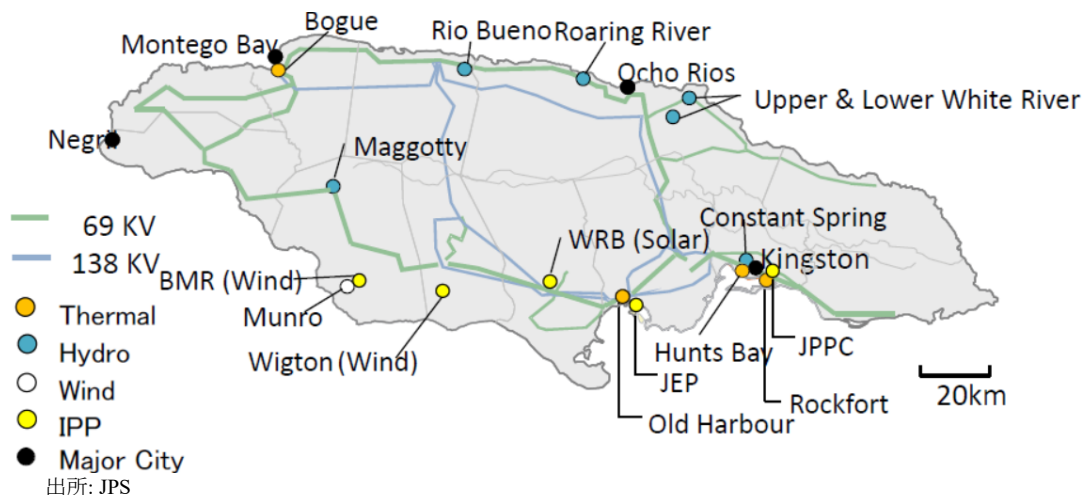


図 3-12 JPS の 138 kV・69kV 系統および発電所位置図

<sup>1</sup> JPS Annual Report 2021

### 3.1.6 省エネルギー推進

#### (1) 省エネルギー政策と推進状況

2009年に「国家エネルギー政策, Jamaica's National Energy Policy (2009-2030), Ministry of Energy and Mining (NEP)」を公表、さらに、2010年には「国家省エネルギー政策, National Energy Conservation and Efficiency Policy (2010-2030), Ministry of Energy and Mining」をドラフト<sup>2</sup>、国家省エネルギー政策(案)ではエネルギーインテンシティ(単位=BTU/US\$1 unit of output)を2030年に約72%低減(2009年をベースライン)する目標値を掲げた。

しかし、省エネルギーによるインテンシティ低減への寄与度(割合)は同政策(案)に定量的に明示されておらず、また、省エネルギーポテンシャル量、省エネルギー対策ロードマップも未制定であり、系統だった省エネルギー推進方策が立案されておらず、国家エネルギー政策は2020年に改訂予定であったものの、未改定のままである(2023年3月時点)。

ジャマイカの主要省エネ政策、省エネ施策推進状況を表 3-8 に示す。

---

<sup>2</sup> 国家省エネルギー政策は政府承認には至っていないものの、省エネ行政執行資料として参照されている。なお、エネルギーインテンシティ目標値は国家エネルギー政策にも示されているが、ベースライン年に関し省エネルギー政策がアップデートされている。

---

表 3-8 ジャマイカの主要省エネ政策、省エネ施策推進状況

省エネ推進主要政策／施策	内容
エネルギー政策、省エネ政策	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 国家エネルギー政策(NEP) 2009-2030。</li> <li>▪ NEPを2020年に改訂予定(ただし、2023年3月時点でも改訂されていない)。</li> <li>▪ 国家省エネルギーサブポリシー(案) 2010-2030。 注: 省エネルギー政策については上記サブポリシーも参照しつつ展開。</li> <li>▪ エネルギーインテンシティ目標値 (単位&gt;BTU/US\$1 Unit of output (constant year 2000 \$US)): ➢ 2009: 21,152、2012: 14,000、2015: 12,700、2030: 6,000</li> </ul>
EEロードマップ	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ EEロードマップは策定されておらず、省エネルギー対策(EEサブポリシー案)と上記目標値との関係が明示されていない。</li> </ul>
MEPS&ラベリング (S&L)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ CARICOM Regional Organization for Standards and Quality (CROSQ)が地域全体のS&amp;L制度を制定予定(2022年)。</li> <li>▪ CROSQ原案(2018年)では対象製品は3製品: 家庭用冷蔵庫、家庭用エアコンディショナー、CFLとLED。</li> <li>▪ 空調機器のMEPS策定は完了、冷蔵庫のMEPSも策定済(但し、ドラフト段階に留まっており発行には至っていない)。</li> <li>▪ 2020年半ばに、ミニスプリットRAC、冷凍冷蔵庫のMEPS&amp;ラベリング義務化予定だったが、CROSQの動向に合わせて計画後ろ倒しの予定。</li> <li>▪ 上記2機種についてはBSJ内に試験室有り(WB, UNDPの支援)。⇒ ISO規格準拠のジャマイカ効率基準局試験室の有効活用を提言していく(南々協力)。</li> </ul>
EEビルディングコード(EEBC)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ カリコム地域省エネルギービルディングコード2018(CREEBC, 2019年2月)を参照しつつ、国内用ビルディングコード策定の検討段階。</li> <li>▪ CREEBC策定は本技プロ対象国のC/P機関、および、各国効率基準局等に加え、International Code Council (ICC)、ASHRAE等の専門家が参画。発刊後のメンテナンス(半年毎)はCROSQによる。</li> <li>▪ CREEBCは公表されているものの官報には未掲載であるため、遵守義務はない。</li> <li>▪ 空調、照明等のエネルギー消費ベンチマークは、地域内基準を参照。</li> </ul>
エネルギー管理士 (CEM)／エネルギー診断士 (CEA)制度	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ CEM/CEAはNPOのAssociation of Energy Engineers(AEE、米国ジョージア州)が発行。AEEは域内唯一の認定機関。CEMは経営的観点も含む一方、CEAは純技術分野の資格。なお、各国とも公的認証制度は無いものの、AEEの認定資格が認知されている。</li> <li>▪ AEEの地域組織であるJamaica Society of Energy Engineers (JSEE)による研修受講でCEM/CEA取得可能。</li> <li>▪ CEMは実地調査後、省エネルギー提案実施が認められている。</li> </ul>
省エネルギー診断 (EA)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 2012年以降、政府系建物約60軒を対象に実施→約55軒に省エネルギー対策実施(照明、空調、ソーラーフィルム、クールルーフ等)。</li> <li>▪ 6軒の省エネルギー診断報告書がInvestment Grade Audit (IGA) レベルに至らなかった。</li> <li>▪ PCJが担当していく予定。</li> </ul>
ESCO	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 現時点で本格的なESCO事業者はいないがPCJはスーパーESCO<sup>3</sup>になることに関心を寄せてはいるものの、実現には以下の課題がある。 ➢ 病院などの場合、裨益者=財務省。→同省の理解を得ることが必要。 ➢ 国の公共調達規則とセービング最優先のESCOスキーム間のギャップ。</li> </ul>

<sup>3</sup> スーパーESCOは公的機関によるESCO事業者。スーパーESCOは政府から十分資金を受け入れ、公共セクターでのESCO事業を実施することに加え、民間ESCO事業者によるESCO事業についても技術面／ファイナンス面の保証を行うことでESCO市場全体の発展・育成も図る。

省エネ推進主要政策 ／施策	内容
ポンプ所	<ul style="list-style-type: none"> <li>上水ポンプ設備の一部にインバータ、高効率モータ導入。制御システムに問題がありインバータが作動できず、モータ電流値が負荷変動に追従せず一定（納入メーカーも含めた制御システムのチューニングが必要と認識）。</li> </ul>

注1: MEPS は Minimum Energy Performance Standard の略  
 注2: S&L は Minimum Energy Performance Standard & Labelling の略  
 注3: CFL は Compact fluorescent lamps の略  
 注4: LED は Light Emitting Diode の略  
 注5: RAC は Room Air Conditioner の略  
 注6: WB は World Bank の略  
 注7: UNDP は United Nation Development Programme の略  
 注8: ISO は International Organization for Standardization の略  
 注9: CREEBC は CARICOM Regional Energy Efficiency Building Code の略  
 注10: ASHRAE は American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers の略  
 注11: CEM は Certified Energy Manager の略  
 注12: CEA は Certified Energy Auditor の略  
 注13: NPO は Non-Profit Organization の略  
 注14: EA は Energy Audit の略  
 注15: ESCO は Energy Service Company の略  
 出所: JET 作成。

## (2) 最低エネルギー消費効率基準とラベリング制度(Minimum Energy Performance Standard & Labelling, S&L)

ジャマイカ標準化局(BSJ, Bureau of Standards Jamaica)ではルームエアコンの MEPS の策定を完了、また、冷蔵庫の MEPS も原案が策定されているものの、いずれも公式発行には至っていなかった。2020 年半ばに、ルームエアコンと冷凍冷蔵庫に係る S&L を導入予定(義務化)だったが、基準及び質に係るカリブ地域機構(CROSQ, CARICOM Regional Organization for Standards and Quality)の動静<sup>4</sup>を踏まえ、ジャマイカ独自の S&L 制度導入は見送られた。

WB、および、UNDP の支援により整備された BSJ 内効率測定用環境試験室<sup>5</sup>を図 3-13 に示す。



出所: JET

図 3-13 BSJ 内の効率測定用環境試験室(左: 冷蔵庫、右: ルームエアコン)

## (3) インバータルームエアコン(RAC)の経済性調査

電力需要の過半を占める民生用需要の中でも、電力消費量の多い空調用途における省エネ効果の高いインバータルームエアコン(RAC)の市場調査を行った結果を表 3-9 に示す。効率表記はインバータ、ノンインバータ機ともに定格運転時の効率表記であり、また、冷媒は全て R410a であった。

<sup>4</sup> CROSQ では地域全体の S&L 制度導入(2022 年)を企図。対象製品は、ルームエアコン、家庭用冷蔵庫、照明器具(CFL と LED)

<sup>5</sup> 照明器具の効率測定用環境試験室はトリニダード・トバゴ国にある。

表 3-9 ジャマイカで販売されているルームエアコン(2019 年調査)

機種	価格	効率
インバータ RAC (24,000 BTU=7.03 kW)	US\$ 680 単位能力当たりコスト:97 (US\$/kW)	COP=3.28
インバータ RAC (18,000 BTU=5.27 kW)	US\$ 930 単位能力当たりコスト:177 (US\$/kW)	COP=3.21
ノンインバータ RAC (24,000 BTU=7.03 kW)	US\$ 501 単位能力当たりコスト:71 (US\$/kW)	COP=2.43
ノンインバータ RAC (18,000 BTU=5.27 kW)	US\$ 379 単位能力当たりコスト:72 (US\$/kW)	COP=2.55

注: インバータ RAC(18,000BTU)は海外ブランド(LG 電子)であり、単価(単位能力当たりコスト)が突出して高い。なお、他製品は地元ブランドと思われる。

出所: JET 作成。

上記ルームエアコンの市場調査をもとに、インバータ機とノンインバータ機との経済性試算を行った結果、表 3-10 に示す通りインバータ機の単純投資回収年数=0.4~2.2 年との結果が得られ、省エネルギー性に加えて高い経済性を有することが確認された。

表 3-10 ジャマイカでのインバータ機とノンインバータ機との経済性比較試算結果

	7.03kW クラス	5.27kW クラス
増分イニシャルコスト	US\$ 179	US\$ 551
年間電気料金 (インバータ RAC)	US\$ 1,286 (7.03 (kW) x 2000 (h) x 0.3 (US Cent/kWh) / 3.28)	US\$ 985 (5.27 (kW) x 2000 (h) x 0.3 (US Cent/kWh) / 3.21)
年間電気料金 (ノンインバータ RAC)	US\$ 1,736 (7.03 (kW) x 2000 (h) x 0.3 (US Cent/kWh) / 2.43)	US\$ 1,240 (5.27(kW) x 2000(h) x 0.3 (US Cent/kWh) / 2.55)
年間電気料金メリット	US\$ 450	US\$ 255
単純投資回収年数	0.4 年	2.2 年

注 1: 前提条件: 全負荷相当運転時間=2000 時間(なお、ルームエアコンの年間電力量試算基準(ジャマイカ効率基準局)では、ルームエアコンの年間運転時間=2,000 時間と定めている)。

注 2: 家庭用電気料金フラットレート=0.3 (US Cent/kWh)。

注 3: ルームエアコンの効率は、定格運転時の表記(COP (Coefficient of Performance)、EER (Energy Efficiency Ratio) 等)より精度の高い指標(ISO 規格は CSPF(Cooling Seasonal Performance Factor))を用いるべき。  
インバータによる省エネルギー効果はさらに拡大して評価される。

出所: JET 作成。

#### (4) 各種省エネルギー技術に対するニーズ調査

C/P 機関、関連ドナー等関係機関に対し、ジャマイカにおける各種省エネルギー技術に対する導入優先順位/ニーズ調査をアンケート(聞き取り含む)方式で行った結果、導入/普及に向け関心の高い省エネ技術は、BEMS、インバータ RAC、LED、VRF(Variable Refrigerant Flow) 等であり、電力需要の大きい民生分野の省エネ化に関心の高さが示された。

本アンケート結果を表 3-11 に示す。

表 3-11 ジャマイカにおける各種省エネルギー技術に対する導入優先順位調査結果

優先順位	省エネルギー技術
1	BEMS
2	インバータRAC
3	LED
4	VRF
5	インバータによる運転最適化
6	高効率冷蔵庫
7	高効率モータ(IE1-IE3クラス)
8	熱回収システム(コージェネ、熱回収ヒートポンプ)
9	スマートメーター
10	アモルファス変圧器
EV	MSETの政策次第

注 1: IE は International Energy-efficiency Class の略

注 2: EV は Electric Vehicle の略

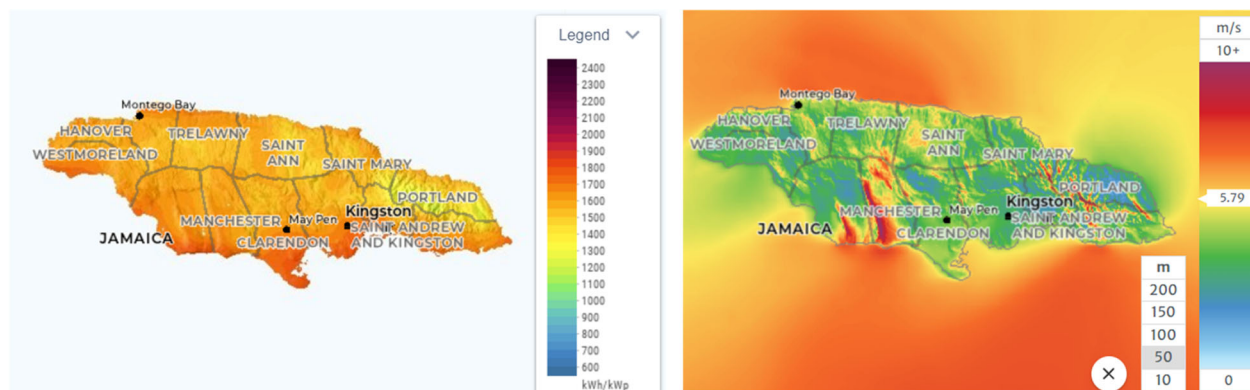
出所: JET 作成。

### 3.1.7 再生可能エネルギー導入

#### (1) 再生可能エネルギーの導入状況

ジャマイカの 2020 年の発電容量は約 1,400 MW で、そのうち火力発電が 1,050 MW、350 MW が再生可能エネルギー<sup>6</sup>であった。

ジャマイカの太陽光、風力ポテンシャルを図 3-14 に示す。太陽光は全土にポテンシャルがある。南部海岸側に近いほど日射量が大きく、中央や特に東部の山岳地帯は日射量が低い傾向にある。



出所: Global Solar Atlas / Global Wind Atlas, ENERGU.DATA.INFO

図 3-14 ジャマイカの太陽光・風力ポテンシャル分布図

ジャマイカの PV は分散型屋根置き PV が 20-40 MW 程度設置されていると推定されている。小規模の分散型 PV については、Geographical Information System (GIS)での地理情報やデータ

<sup>6</sup> IRENA Energy Profile, Jamaica

ベースでの管理データはなく、系統では需要と共に負の負荷として現れる。このため、統計的に正確な数と容量は明確ではない。

ジャマイカの再エネ導入状況を表 3-12 に示す。

表 3-12 ジャマイカの再生可能エネルギー導入

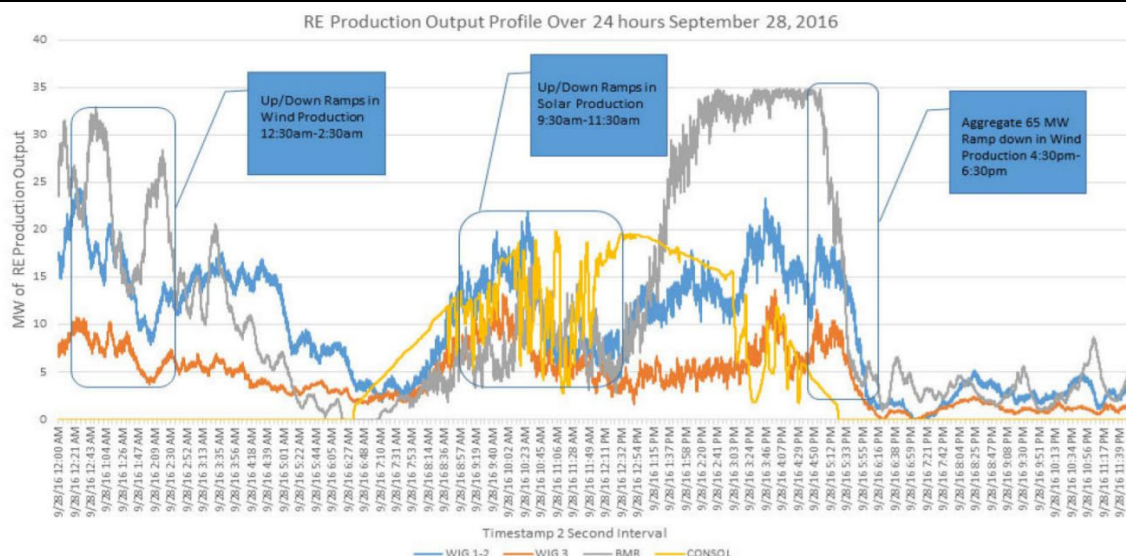
Location/Project	Type	Capacity MW	Year	Tariff US\$/kWh	Investment mil USD	USD/MW
JPS Hydro Stations	Hydro	28.5	-	(JPS own)	NA	
Wigton I	Wind	20.7	2004	10.21	26	1,256
Wigton II	Wind	18	2010	10.723	45	2,500
Wigton III	Wind	24	2016	13.4	46.5	1,938
Munro	Wind	3	2010	(JPS own)	NA	
BMR Wind	Wind	36.3	2016	12.9	90	2,479
Content Solar (WRB)	PV	20	2016	18.8	65	3,250
Eight River (EREC)	PV	33.1	2019	8.5	62.5	1,888
Independent roof-top	PV	22.4		--		
Frome	Bio	5	2016	NA	NA	NA
Wigton IV	Wind	34	(Planned)			
<b>RE under operation</b>		<b>211</b>				

出所: MSET 情報、IRP2020 Draft をもとに JET 作成

## (2) 系統安定化の状況

JPS の技術力は高く、エネルギーミックス(重油・軽油、ガス火力、RE 等)におけるメリットオーダーや設備維持管理、制御、保護、送電事業における RE 導入と系統の安定的な運用などの課題について適切な対応を行っている。大型変動型再生可能エネルギー(VRE)接続における系統への影響として、特に 2016 年に Wigton III 24 MW、BMR Wind 36.3 MW、Content Solar 20 MW などが系統に接続され、出力変動により系統の安定性が問題となった。導入が進められたコンバインドサイクルガス火力は、効率は良いがランプレート(Ramp Rate)<sup>7</sup>が低く短周期の周波数調整には不向きである。主に LNG(Liquid Natural Gas)を電源とする西部 Borgue 発電所などが周波数調整を行っていたが、周波数が不安定となり、変動を補う火力が追従しきれず、周波数低下リレー(Under Frequency Relay, UFR)が作動してフィーダ単位での停電も生じた。JPS が規制機関の Office of Utility Regulation (OUR)に提出した、2016 年時点の風力、太陽光による変動例を図 3-15 に示す。

<sup>7</sup> 出力変化速度。このレートが高いほど、VRE の出力変動に高速に対応することが可能。



出所: JPS

図 3-15 2016 年時点の風力、太陽光による変動例

VRE による変動対策のため JPS は 2019 年に 3 MW フライホイールと 21.5 MW リチウムイオン電池から構成されるハイブリッド蓄電システム(Hybrid Energy Storage System, HESS)の導入を行った。ABB がシステムインテグレータで、フライホイールは独 Pillar 社製を採用している。小規模で頻発する変動はフライホイールが吸収し、長い変動はリチウムイオン電池が吸収する。HESS 導入後、系統の安定性は向上した。加えて JPS は、無効電力補償のために、キャパシタバンクを採用している。さらにガスタービンなどの火力をスピニング・リザーブとし、周波数の変動を吸収している。これらにより現在の所 2016 年のような VRE による変動の問題は生じていない。

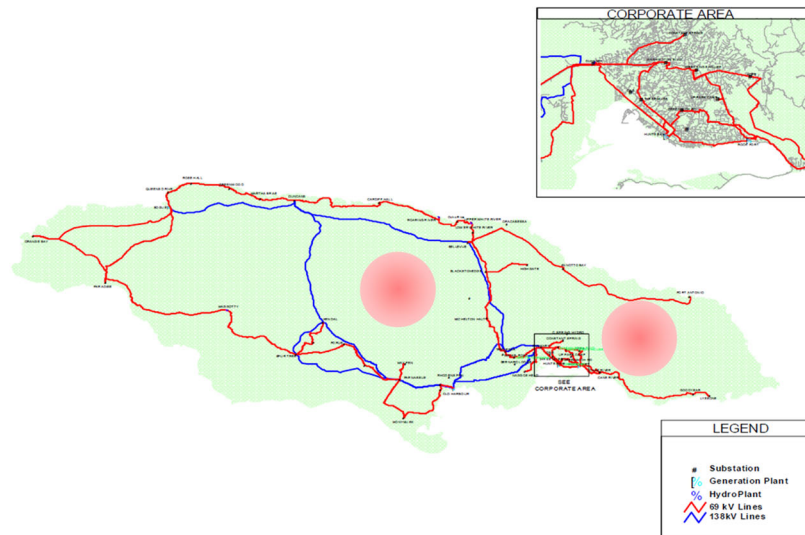
給電指令は System Control 部が担っている。Economic Load Dispatching Control (EDC)を導入しており、メリットオーダーに基づき運用している。優先順位は RE, Rockford, Jamaica Energy Partner (JEP), Borgue の順である。発電機ごとの Heat Rate および燃料価格を毎年あるいは必要時に更新している。

JPS は Amazon Web Service (AWS) を用いた気象予測システムを自己資金で 2022 年に導入した。衛星画像なども利用し、PV と風力の出力変動を予測し、スピニング・リザーブの効率的運用を実施している。

一方、今後の政府計画 Integrated Resource Plan (IRP)に基づく VRE の導入が進められた場合、それに応じた追加的な系統安定化対策とそのための投資が必要になる。今後、VRE の IPP に対する蓄電池システム(Battery Energy Storage System, BESS)や無効電力補償対策の義務付けを含めた接続要件の改定も必要と考えられる。

JPS は系統安定度の解析を行い、インシデント発生時に中央の St. Annto 州と Claredon 州の境界付近、東部の St. Thomas 州、St.Andrew 州, Portland 州の境界付近(図 3-16 の赤色付近)で電圧低下が著しくなることを示した。





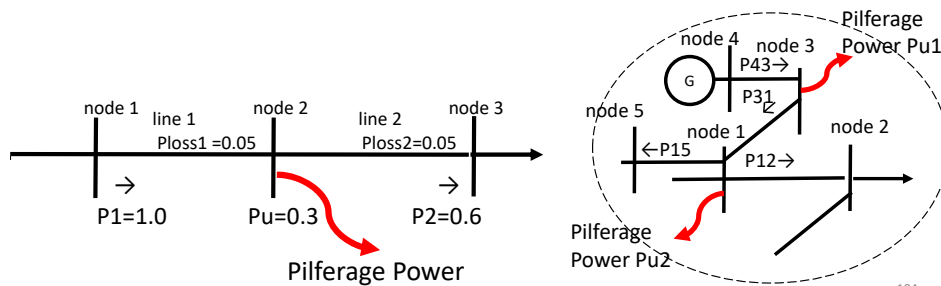
出所: Integrated Resource Plan (2020 Draft), 赤色はインシデント発生時における電圧降下の著しい個所で JET 追加

図 3-16 ジャマイカの 138 kV・69 kV 系統

### 3.1.8 送配電ロスの現状

ジャマイカにおいては盗電が大きな問題であり、ノンテクニカルロスの要因となっている。JPS は盗電対策のために 2010 年からスマートメーターを導入し諸対策を実施している。しかし COVID-19 の経済への打撃もあり、盗電は増加傾向にある。JPS Annual Report によると、システムロスベースライン調査時の 2018 年の 26.5 %から 2021 年に 28.3 %と増大している。システムロスが大きいかほど電気料金への影響があり、電気料金が高いためにさらに盗電が増加する悪循環の状態がある。

盗電対策の一助とするため、2022 年 11 月の第 2 回セミナーにおいて、系統解析の状態推定の手法を活用した盗電個所の特定や盗電電力量の算定(図 3-17)について紹介を行った。



出所: JET 作成

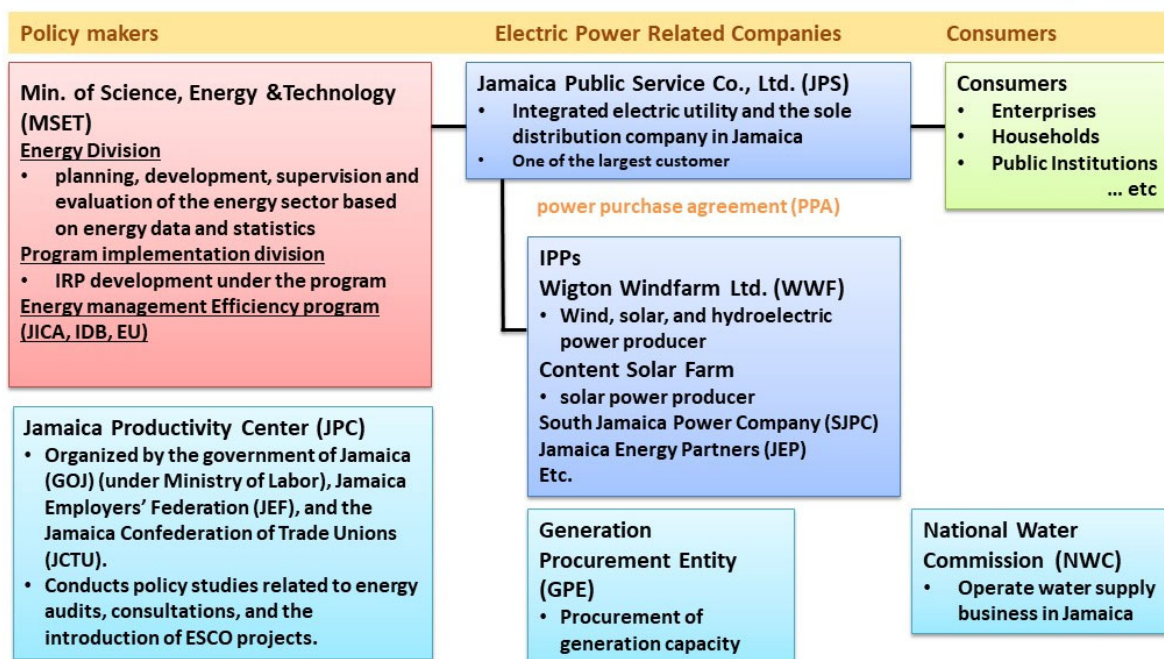
図 3-17 系統解析における状態推定のモデル例

### 3.1.9 人材・組織能力

下記では、ジャマイカにおける再生可能エネルギー導入、省エネルギー推進に関連する C/P やその他関連組織、またこれら関連組織の人材育成の状況を分析する。第 2 次渡航(2019 年 7 月)までのベースライン調査において人材・組織能力の調査を実施した。下記の MSET、PCJ に係る情報および組織図は 2023 年 3 月実施のオンライン研修、および 4 月の本邦研修時に C/P に確認の上、内容を更新した。

#### (1) ジャマイカのエネルギーセクター

ジャマイカのエネルギーセクターの組織関係図は図 3-18 の通りである。また各組織の詳細は以降に纏めた。



出所: JET 作成

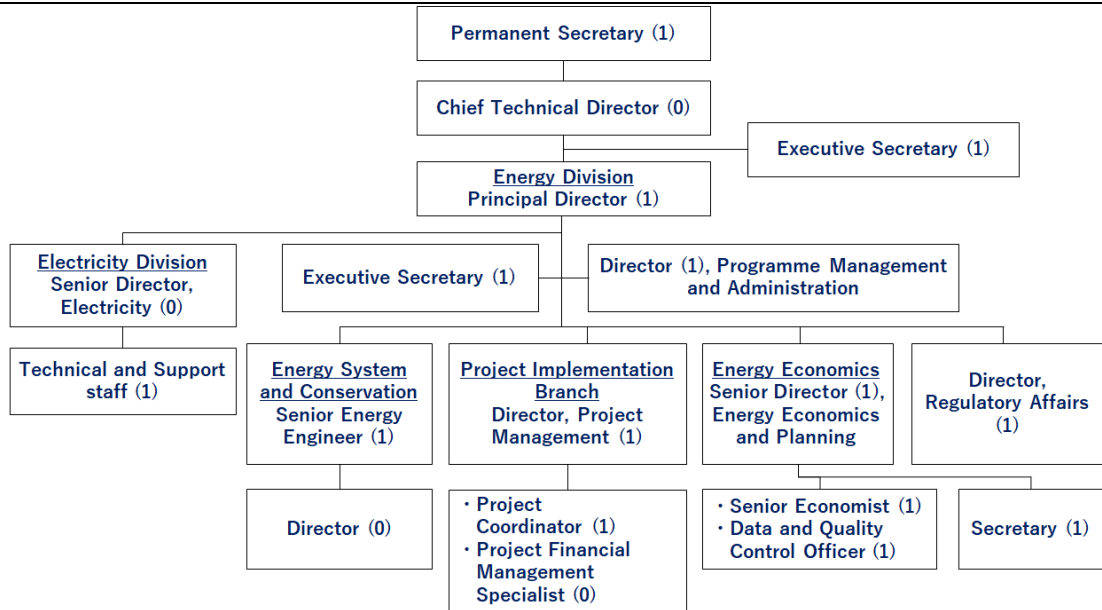
図 3-18 ジャマイカのエネルギーセクター関係図 (2023年3月時点)

## (2) MSET

MSET はジャマイカのエネルギー政策、立法、規制の策定を担っている。特にエネルギーデータや統計に基づくエネルギー分野の計画策定、開発、監督・評価を実施している。また Energy Licensing and Administration Office (ELAO)では許認可業務を行っており、Jamaica Public Service Company (JPS)や Independent Power Producers (IPP)事業者を監督している。

ベースライン調査において、MSET では①人員不足、職員の専門性不足等、各組織内の人員計画や人材開発の課題、②電力事業に関連する組織間の連携不足、③エネルギー調達、電力供給の安定性、電力事業の収益性の確保といった電力事業の運営面の課題、④新エネルギー導入に係る制度構築と設備導入・運営管理、⑤EEに係る法制度や関連データの未整備といった課題があることがわかった。また MSET との面談では、その他省エネルギー分野のマスタープラン、規制(Regulation)、ラベリング制度の未整備、データ整備、ESCO 事業の導入等についても課題として挙げられた。

2019年7月時点では MSET の Energy Division には全 14 名の職員がおり、組織図は図 3-19 の通りであった。



出所: JET 作成

図 3-19 MSET Energy Division の組織図 (2019 年 7 月時点)

全職員が期間の定めのない労働契約である。Chief Technical Director は Energy Division の職員に業務の割り当てを行っている。エネルギー担当の専門家は 4 名で、RE と EE 業務は 1 名の担当者が兼務している。職員は広範な領域をカバーしており、人員が不足している。また職員の資格保有者は 1 名いるが、エネルギー管理士(Certificated Energy Manager, CEM) や、エネルギー診断士(Certificated Energy Auditor, CEA)の資格を有する職員はおらず、専門的な知見のない職員が業務を行っている場合もある。

MSET の職員はジャマイカ政府の公務員研修、MSET の Department および Division 研修、ジャマイカ生産性センター(JPC)等他機関の研修、海外の研修等を受講可能である。MSET では省エネルギー診断研修や省エネルギーの普及啓発ワークショップ、セミナーを開催しており、研修内容や参加者の管理は HR Department が行っている。また他機関の研修に関しては各 Division Manager が情報を有し、参加にも Division Manager の承認が必要である。HR Department と Division Manager の間で研修関連の情報は十分に共有されておらず、MSET 職員の研修受講状況を把握するには双方から情報収集が必要である。

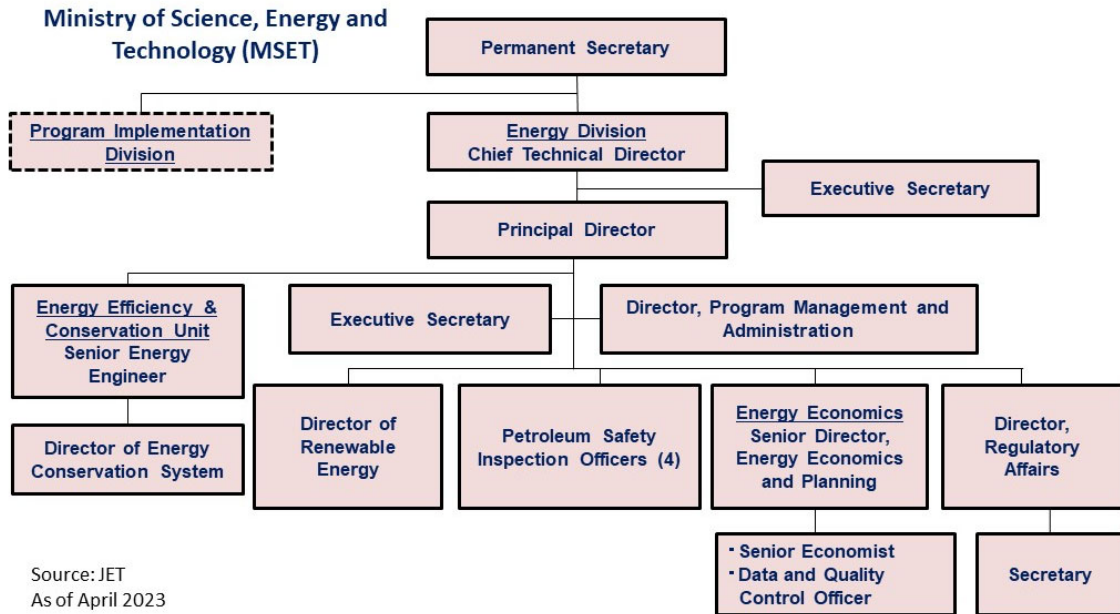
### (3) PCJ

MSET 傘下のジャマイカ石油公社(Petroleum Corporation of Jamaica : PCJ)は 1977 年 6 月に設立し、ジャマイカの石油資源開発を行っていた。1995 年にはその業務が拡大され National Energy Policy 2009-2030 を策定した。第 2 次渡航時点(2019 年 7 月)では、PCJ が Integrated Resource Plan (IRP) の策定、省エネルギー診断、政府機関職員の能力開発を行っており、EE 担当者は 4 名、RE 担当者は 6 名在籍していた(うち CEM 保有者は 7 名)。しかし 2020 年 4 月 1 日には MSET に統合された。

PCJ にはドナー支援が入っており、IDB が IRP 策定支援、UNDP が ESCO 事業支援を実施していた。

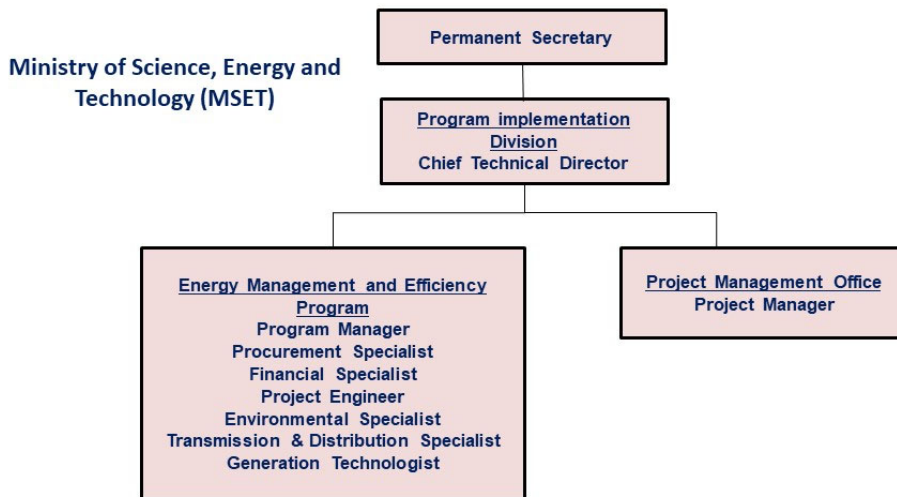
### (4) MSET (PCJ 統合後)

上述の通り、PCJ は 2020 年 4 月 1 日に MSET に統合され、Permanent Secretary のもと Energy Division と Program Implementation Division が組成された。同時に Energy Division 内のポジションの見直しも行われた。2023 年 4 月時点での組織図は図 3-19 および図 3-20 の通りである。



出所: JET 作成

図 3-20 MSET Energy Division の組織図 (2023 年 4 月時点)



出所: JET 作成

図 3-21 MSET Program Implementation Division の組織図 (2023 年 4 月時点)

## (5) NESoL

NESoL は地方電化、公共施設への省エネルギー診断を行っていたが、2021 年に閉鎖された。RE を用いた地方電化の収益性確保は難しく、設備の維持管理のコストも大きい等、地方における電力事業運営に課題を抱えていた。

## (6) その他関連組織

- JPS

Jamaica Public Service (JPS)は総合電気事業者であり、ジャマイカにおける唯一の配電事業者である。同社は発電、送電、配電を行うほか、複数の IPP から電力を購入している。日本の丸紅株式会社と韓国東西発電株式会社(EWP)が共同で JPS の株式 80%を保有しており、残りの株式は、ジャマイカ政府と少数の株主が保有している。1,600 人以上の社員を雇用している。JPS はベースライン調査時点で、エネルギーミックス(重

油・軽油、ガス火力、RE 等)による発電事業の安定性の向上や設備維持管理、送電事業における RE 導入とシステムの安定的な運用、配電事業における盗電対策および Time of Use (ToU)導入に向けたスマートメーターの普及と電力料金の見直し等の課題を抱えていた。なお Wigton Windfarm Limited(風力、太陽光、水力発電事業者)、Content Solar Farm (Parque Solar Content、太陽光発電事業者)等の IPP は、JPS との連携(SCADA(Supervisory Control And Data Acquisition)データの共有や蓄電池システム(BESS)の設置等)に課題がある。

- GPE

The Generation Procurement Entity (GPE)は 2020 年 1 月閣議により再設立された組織で、IPP が発電した電力等の新たな発電容量の調達を公正に行うための機関である。

- NWC

ジャマイカ国家水委員会(National Water Commission, NWC)は、1980 年に設立されジャマイカの水道事業を行っている。ベースライン調査時点でエネルギー部門がプロジェクトに参画するタイミングが遅く、省エネルギーを効果的に推進できずにいた。またエネルギー管理の仕組みも有しておらず、EE 分野での自社メンテナンス技術者、オペレーションスタッフを育成して欲しいとの要望があった。

- JPC

ジャマイカ生産性本部(Jamaica Productivity Center, JPC)はジャマイカの生産性向上を推進する国家機関で、ジャマイカ政府(Government of Jamaica, GOJ)、ジャマイカ雇用者連盟(Jamaica Employers' Federation, JEF)、ジャマイカ労働組合連合(Jamaica Confederation of Trade Unions, JCTU)の三者で構成される組織である。エネルギー診断、コンサルテーション、ESCO 事業導入に係る政策調査を行っている。

- AEE

ジャマイカには Association of Energy Engineers (AEE、米国ジョージア州の NPO で省エネルギー専門家の育成を行う)の支部があり、域内では唯一の CEM、CEA 認定機関である。

## (7) 他ドナーの支援状況

ベースライン調査ではジャマイカにおける各ドナーの支援状況を現地にてヒアリングした。表 3-13 にその概要をまとめた。

表 3-13 他ドナーの支援状況概要 (2019 年 7 月時点)

プロジェクト	ドナー	内容
省エネルギー協調融資	IDB、JICA、EU、CIF	政策、公共施設の省エネルギー機材調達、人材育成等の支援。C/P は PCJ、支援額は約 40mil USD で、2018~2021 年までのプロジェクトである。
電力セクタープログラム	IDB	PCJにおける IRP 策定支援、RE 導入政策(固定買取制度など)、エンジニアの育成(PLEXES を使用したエネルギー計画立案)、省エネ診断、省エネ機器の導入
防災プロジェクト	世銀	ビルディングコード(建築基準)策定支援
地球環境ファシリティプロジェクト	UNDP	医療施設での省エネルギー能力強化、BSJ への PV 運用保守に係る国家ガイドライン策定支援、ESCO 事業導入支援(PCJ への研修他)
Street Light Project	CDB	不明

注 1: EU は European Union の略

注 2: CIF は Climate Investment Funds の略

注 3: CDB は Caribbean Development Bank の略

出所: JET 作成

## 3.2 課題分析と技術移転項目の検討 (ジャマイカ)

### 3.2.1 技術移転すべき内容

プロジェクト開始時に掲げられた、本業務でジャマイカへ技術移転すべき内容を以下に示す。

#### (1) 省エネルギー推進

- 省エネルギー化可能な設備導入に向けた費用対効果分析のうえ、省エネルギーの目標値を検討・提言
- 省エネルギー目標実現に必要な設備の検討・提言
- ビル・エネルギー・マネジメント・システム (Building Energy Management System: BEMS)等を含む省エネルギー目標達成に必要な技術の検討・提言
- 省エネルギーの目標実現に必要な政策・制度の検討・提言
- 省エネルギーの目標実現に必要な人材育成計画の策定
- 省エネルギーに係る人材育成計画に則り、OJT、本邦研修等の実施
- 省エネルギーに係る人材育成効果の検証とその見直し
- 省エネルギー推進プロジェクト実現に向けた提言
- 省エネルギー目標実現で提案した政策・制度の策定に向けた提言

#### (2) 再生可能エネルギー導入

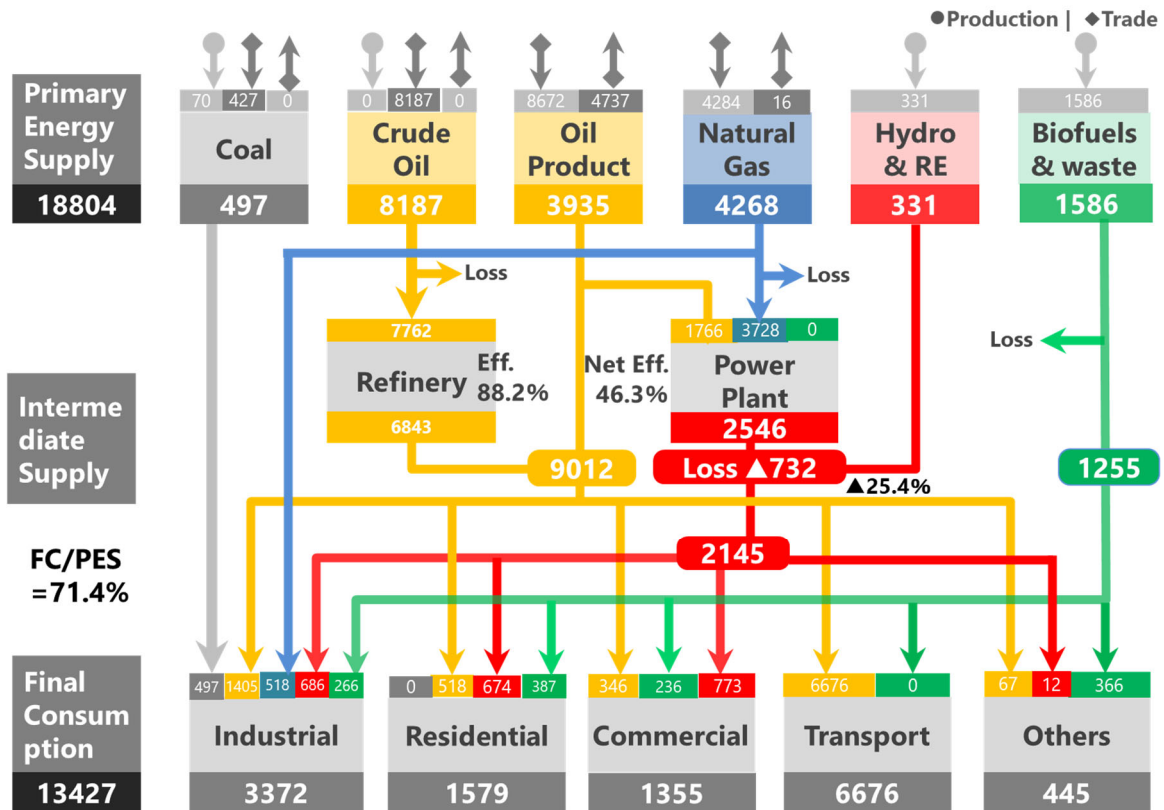
- 再生可能エネルギーの導入目標を実現するのに必要な政策・制度の検討・提言
- 再生可能エネルギーの導入目標実現に必要な人材育成計画の策定
- 再生可能エネルギーに係る人材育成計画に則り、OJT、本邦研修等の実施
- 再生可能エネルギーに係る人材育成効果の検証とその見直し
- 再生可能エネルギー導入プロジェクト実現に向けた提言
- 再生可能エネルギー導入目標実現で提案した政策・制度の策定に向けた提言

### 3.2.2 ジャマイカの最新エネルギーバランス状況(2021年)

ジャマイカの最新エネルギーバランス(2021年、MSET)によると、一次エネルギー供給量約9割が輸入による化石燃料であり、約65%が原油および石油製品が占めている。天然ガスに関しては、2016年から輸入を開始し輸入量は年々増加、2021年では約23%を占めている。再生可能エネルギーの供給シェアは最終消費向けバイオマス等が8%、発電用REが約2%となっている。

エネルギー転換部門については、火力発電所への投入燃料の約68%が天然ガス、残りが石油焚きであり、火力全体の送電端効率は46.3%と比較的高効率といえる。他方、送配電ロス率は25.4%と高く、送配電ケーブル、変圧器等でのエネルギー損失に加え、ノンテクニカルロスが相当量程度あるものと推察する。製油所の石油製品製造効率は88.2%と世界レベルと比し高効率である。

エネルギーバランス表に基づく、ジャマイカのエネルギーバランスフロー図を図3-22に示す。

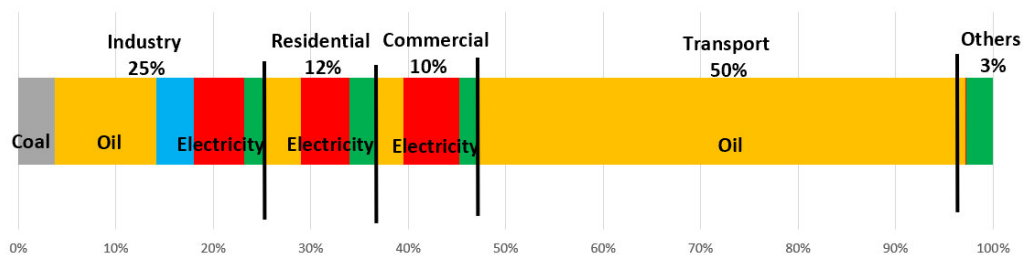


出所: ジャマイカのエネルギーバランス表(2021, MSET)を基に JET 作成。

図 3-22 ジャマイカのエネルギーバランスフロー図(2021 年、kBOE (kilo Barrel of Oil Equivalent))

最終需要サイドについては、最終エネルギー消費量の 5 割を運輸分野(全て石油製品)が占め、次いで産業用(25%)、家庭用(12%)、業務用(10%)となっている。

本事業の目的である電力の省エネ推進に向けては、電力消費量全体の 67%が業務用・家庭用分野で占められていることから、民生分野の省エネ対策に優先して取り組む必要がある。(図 3-23 参照)



出所: ジャマイカのエネルギーバランス表(2021, MSET)を基に JET 作成。

図 3-23 ジャマイカの最終消費エネルギー構成(セクター別、エネルギー別、2021 年)

### 3.2.3 技術移転項目

ベースライン調査結果、技術移転すべき内容、エネルギーバランスフロー図の3つを基に分析した結果、化石燃料依存から RE 中心としたエネルギーの多様化と省エネルギーの推進は妥当であることが確認された。

併せて、VRE の大量導入に伴う系統の安定度や省エネルギー推進に必要な設備、技術、政策、制度等が課題として浮き彫りになった。結果として、表 3-14 の内容をジャマイカへの技術移転項目とした。

表 3-14 ジャマイカへの技術移転項目

No	技術移転項目	
1	省エネルギー推進	
	1	省エネルギーロードマップと目標値策定【提言】
	2	省エネルギー目標実現に必要な設備・技術【提言】
	3	省エネルギー推進プロジェクト【提言】
	4	省エネルギー目標実現への人材育成【ワークショップ】
	5	省エネルギー目標実現に必要な政策・制度【提言】
2	再生可能エネルギー導入	
	1	系統安定化に向けた制度と機器・設備【提言】
	2	大量 VRE 導入に伴う系統解析【提言】
	3	マイクログリッドコンセプト【提案】
	4	再生可能エネルギー導入・系統安定化に向けた人材育成【セミナー】
	5	導入実現に向けた政策・制度【提言/セミナー】
3	盗電への対策【提案/セミナー】	

出所: JET 作成



### 3.3 技術移転 (ジャマイカ)

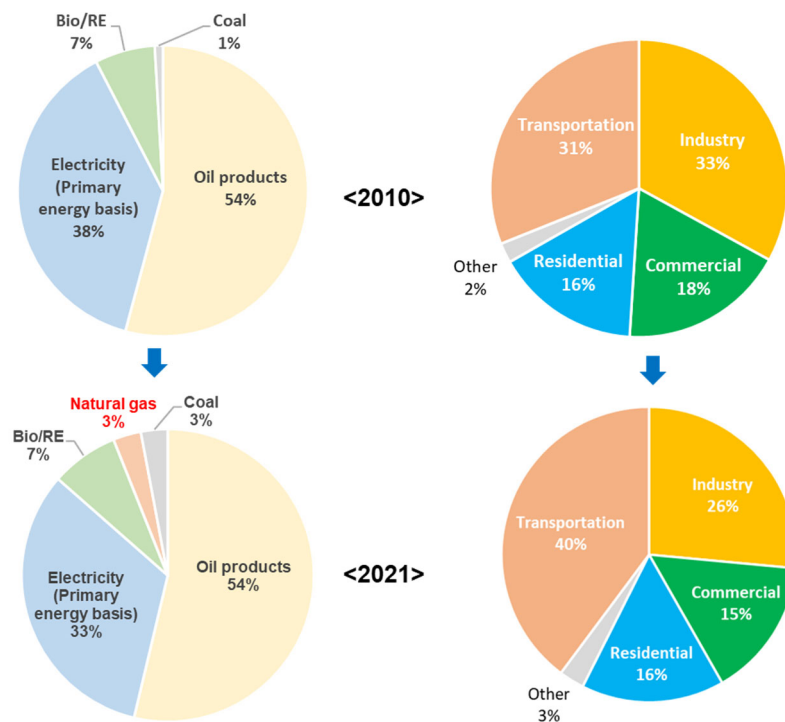
#### 3.3.1 省エネルギーロードマップと目標値策定

##### (1) 省エネロードマップの策定

ジャマイカでは、電力需要の使用用途に係るデータがないためカウンタパートと協議のうえバルバドス政府提供資料「Consumer Guide Energy Efficiency, Barbados Renewable Energy Association (BREA)」(図 4-7 参照)を活用し第一次省エネロードマップ(家庭用分野)を策定、結果を示しつつ、方法論について合意した。2023 年 3 月末に実施された第 2 回省エネワークショップにおいて、最新エネルギーバランスデータ(2020 年、MSET)を活用しつつ MEPS 導入(空調、冷蔵庫、照明の 3 用途)に伴う 2038 年までの省エネロードマップ(電力消費量削減量、省エネ率、各用途の Best Available Technologies (BAT)等を含む)について結果説明・報告を行った。なお、同ロードマップは電力消費量の約 67%を占める民生分野を対象とした。

- エネルギーバランスに基づく経時的エネルギー消費構造の変化

2010 年と 2021 年のエネルギー消費割合(一次エネ換算ベース)を比較すると、電力消費が 5% 減少しており、また、2020 年からは天然ガスの(発電用以外の)最終消費が確認されている。2010 年と 2021 年のセクター別エネルギー消費割合(一次エネ換算ベース)では、運輸セクターが 9%増加しているのに対し、産業及び民生分野のエネルギー消費割合はいずれも低下している。図 3-24 に 2010、2021 年のエネルギーバランス表(MSET)に基づく、エネルギー消費構造(エネルギー別、セクター別)を示す。



出所: MSET データを基に JET 作成。

図 3-24 エネルギー別(左)・セクター別(右)エネルギー消費構造(一次エネ換算ベース)の変化 (2010 年(上図)、2021 年(下図))

以下の表 3-15、表 3-16、表 3-17、表 3-18 に 2010 年および 2021 年のエネルギー消費状況(最終消費ベースおよび一次エネ換算ベース)を示す。2010 年と比較し 2021 年の電力需要端効率が大きく向上していることが確認された。これは高効率天然ガス発電設備導入に伴う影響が大きいものと考えられる。

表 3-15 2010 年のジャマイカのエネルギー消費状況(セクター別、最終消費ベース、kBOE)

	Industry	Commercial	Residential	Other	Transportation	Total	
Coal	159	-	-	-	-	159	1%
Oil products	3,072	330	327	335	5,460	9,524	74%
Bio/RE	418	533	228	-	-	1,179	9%
Electricity (Final consumption basis)	654	702	675	14	-	2,045	16%
Total	4,303	1,565	1,230	349	5,460	12,907	100%
	33%	12%	10%	3%	42%	100%	

出所: MSET データを基に JET 作成。

表 3-16 2010 年のジャマイカのエネルギー消費状況(セクター別、電力一次エネ換算ベース、kBOE)

	Industry	Commercial	Residential	Other	Transportation	Total	
Coal	159	-	-	-	-	159	1%
Oil products	3,072	330	327	335	5,460	9,524	54%
Bio/RE	418	533	228	-	-	1,179	7%
Electricity (Primary energy basis)	2,148	2,306	2,217	46	-	6,718	38%
Total	5,797	3,169	2,772	381	5,460	17,580	100%
	33%	18%	16%	2%	31%	100%	

注: エネルギーバランス表より、電力需要端効率=30.4%と算定し作成。

出所: MSET データを基に JET 作成。

表 3-17 2021 年のジャマイカのエネルギー消費状況(セクター別、最終消費ベース、kBOE)

	Industry	Commercial	Residential	Other	Transportation	Total	
Coal	497	-	-	-	-	497	4%
Natural gas	518	-	-	-	-	518	4%
Oil products	1,405	346	518	67	6,676	9,012	67%
Bio/RE	266	236	387	366	-	1,255	9%
Electricity (Final consumption basis)	686	773	674	12	-	2,145	16%
Total	3,372	1,355	1,579	445	6,676	13,428	100%
	25%	10%	12%	3%	50%	100%	

出所: MSET データを基に JET 作成。

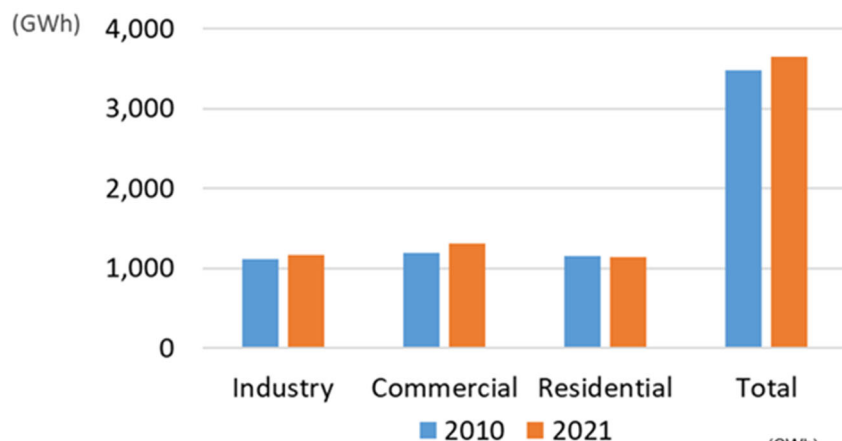
表 3-18 2021 年のジャマイカのエネルギー消費状況(セクター別、電力一次エネ換算ベース、kBOE)

	Industry	Commercial	Residential	Other	Transportation	Total	
Coal	497	-	-	-	-	497	3%
Natural gas	518	-	-	-	-	518	3%
Oil products	1,405	346	518	67	6,676	9,012	54%
Bio/RE	266	236	387	366	-	1,255	7%
Electricity (Primary energy basis)	1,757	1,980	1,726	32	-	5,494	33%
Total	4,443	2,561	2,632	465	6,676	16,777	100%
	26%	15%	16%	3%	40%	100%	

注: エネルギーバランス表より、電力需要端効率=39.0%と算定し作成。

出所: MSET データを基に JET 作成。

電力需要サイドの省エネに係る努力については、本ケースのように需要端効率が大幅に変化している場合には、最終消費ベースでの評価が妥当である。従い、電力消費量(最終消費ベース)の2010年~2021年の変化をまとめると、電力全体の AAGR は+0.4%と微増であることが確認された。2010年、および、2021年のセクター別電力消費量、および、AAGR を図 3-25 に示す。

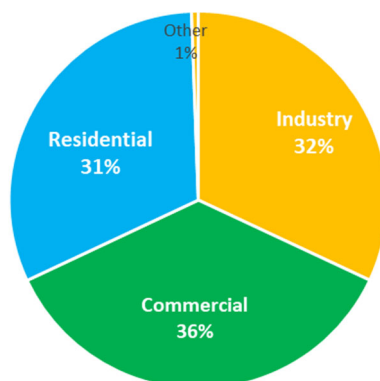


	Industry	Commercial	Residential	Other	Total
2010	1,111	1,193	1,147	24	3,475
2021	1,166	1,314	1,145	21	3,646
AAGR	100.4%	100.9%	100.0%	98.9%	100.4%

出所: MSET データを基に JET 作成。

図 3-25 ジャマイカの電力消費量の変化(2010 年、2021 年、セクター別、最終消費量)

2021 年の電力最終消費量の内訳は図 3-26 に示す通り、民生分野(家庭用+業務用)が約 67%、産業分野が約 32%を占めていた。



出所: MSET データを基に JET 作成。

図 3-26 2021 年のジャマイカの電力需要セクター別内訳(最終消費ベース)

- 主要前提条件
  - 中長期電力需要想定
 

上述のセクター別電力消費量、および、各セクター別 AAGR を基に、2038 年までのセクター別需要想定を行い、この想定を省エネ対策が未実施ケース(BAU, Business As Usual)とした。注：AAGR(業務用)=+ 0.9%、AAGR(家庭用)= - 0.01%。
  - 主要機器の MEPS 導入/引き上げ想定
 

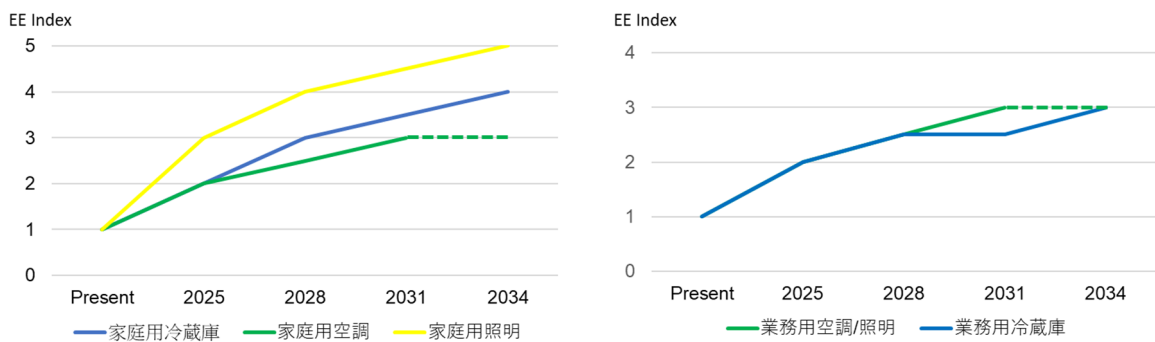
現在稼働中の機器の平均運転効率=1(EE Index)とし、各機器の BAT を考慮しつつ(4.3.2 (1)~(3)参照)、定期的/段階的な MEPS の引き上げを行うものとし、表 3-19 および、図 3-27 の通り想定した。

表 3-19 EE ロードマップにおいて想定した MEPS の推移(ジャマイカ)

EE Index						
	家庭用 冷蔵庫	家庭用 空調	家庭用 照明	業務用 空調	業務用 照明	業務用 冷蔵庫
Present	1	1	1	1	1	1
2025	2	2	3	2	2	2
2028	3	2.5	4	2.5	2.5	2.5
2031	3.5	3	4.5	3	3	
2034	4		5			3

注: 各機器の現状のエネルギー効率の実態は把握できないが、家庭用照明については相当程度白熱電球が使用されており、高効率化の余地が大きいものと想定した。

出所: JET 作成。



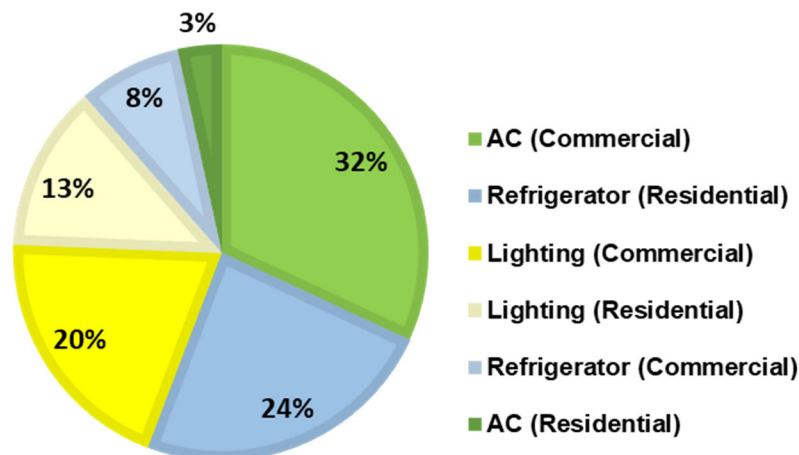
出所: JET 作成。

図 3-27 EE ロードマップにおいて想定した MEPS の推移(左図:家庭用、右図:業務用)

● EE ロードマップの試算結果

- 2030 年における電力削減量は約 839 GWh(省エネ率約 33 %、対 BAU)。
- 2038 年における電力削減量は約 1,458 GWh(省エネ率約 55 %、対 BAU)。内訳は、業務用で 873 GWh、家庭用で 586 GWhである。
- 機器別による省エネ貢献割合は、空調 35 %、冷蔵庫 32 %、照明 33 %であり、ほぼ同等である。

図 3-28 に 2038 年時点でのセクター別、機器別電力消費量削減ポテンシャル割合を示す。



出所: JET 作成。

図 3-28 セクター別、機器別電力消費量削減ポテンシャル割合(2038 年)

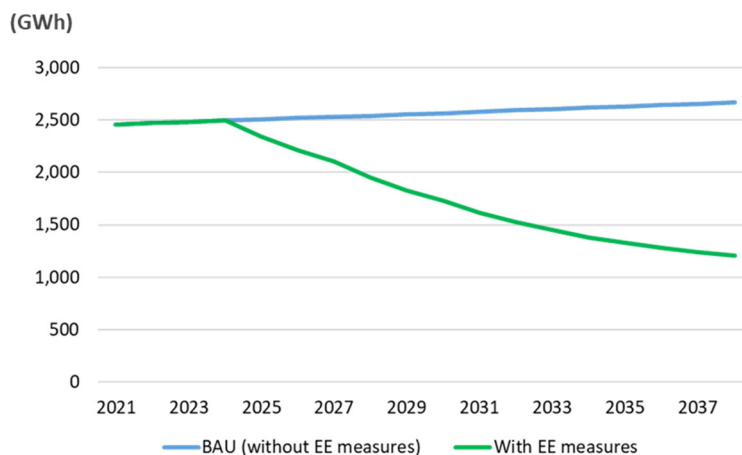
家庭用、業務用の各セクターにおける各機器の 2038 年におけるエネルギー効率試算結果を表 3-20 に示す。(現状の各機器のエネルギー効率を 1(EE Index=1)とした場合))

表 3-20 家庭用、業務用セクターの各機器のエネルギー効率(EE Index)試算結果(2038 年)

	家庭用 冷蔵庫	家庭用 空調	家庭用 照明	業務用 空調	業務用 照明	業務用 冷蔵庫
EE Index	3.1	2.6	4.7	2.6	2.9	2.5

出所: JET 作成。

図 3-29 に作成した EE ロードマップ(民生分野)における 2038 年までの電力消費量の削減ポテンシャルを示す。



出所: JET 作成。

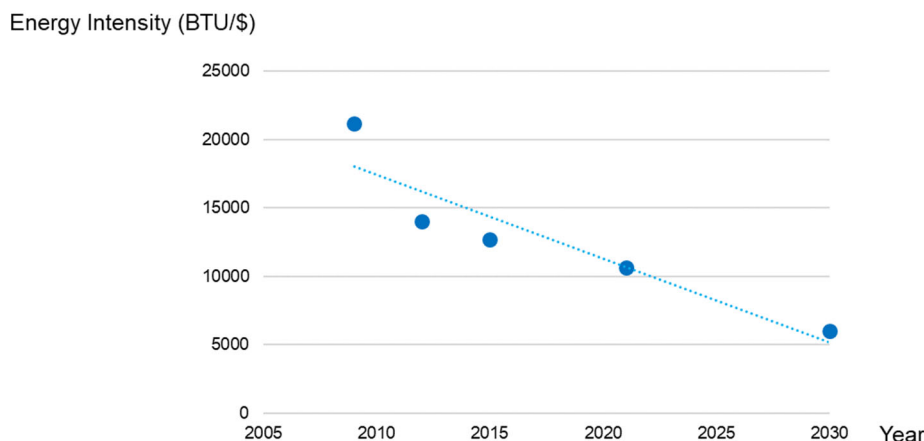
図 3-29 ジャマイカの電力消費量削減ポテンシャル(民生分野、2038 年まで)

## (2) 省エネ診断(ウォークスルー)結果

バルバドス政府建物を対象に実施した簡易省エネ診断(ウォークスルー調査)結果を第 1 回省エネワークショップにて報告した(4.3.1(2) 参照)。

## (3) まとめ(追加的省エネ対策/取り組み提案を含む)

ジャマイカでは「国家エネルギー政策(NEP) 2009-2030」において、省エネ目標値として 2030 年時点でのエネルギーインテンシティを 6,000(BTU/US\$)と掲げている。2021 年の最新データを含め、これまでの推移は図 3-30 に示す通り、エネルギーインテンシティ目標達成に向け着実に進捗していることが確認できる。



出所: 2009、2012、2015、2030 年は、MSET データ最新値。2021 年データは、CCREEE 提供データを基に JET 作成。

図 3-30 ジャマイカのエネルギーインテンシティの推移

民生分野を対象とした EE ロードマップにおいて、ジャマイカでは既に導入されている MEPS(エアコン、冷蔵庫が対象)の定期的引き上げの必要性について提言を行った(注:CROSQ 規格ではエアコンの MEPS は COP=3.0 (定格運転)となっており、部分負荷運転も考慮した期間効率への移行も提言)。

上記 3 機器への MEPS 導入に加え、更なる省エネ化に向けた追加的省エネ対策/省エネへの取り組みを検討した結果、2030 年における省エネ率約 42%(対 BAU)、国全体の消費電力量は約 2,200 GWh となった。表 3-21 に優先されるべき追加的省エネ対策およびその省エネ効果を示す。

表 3-21 追加的省エネ対策/取り組みと期待される省エネ効果

優先度	追加的省エネ対策/取り組み	期待される省エネ効果
高	モータ、OA 機器、家電機器等への MEPS 導入	290 GWh(家庭用+業務用+産業用需要の 1 割削減)
高	徹底したエネルギー管理の実践 (BEMS 導入を含む)	220 GWh(業務用+産業用需要の 1 割削減)
中	ビルディングコードの導入	170 GWh(家庭用+業務用需要の 1 割削減)
低	省エネ普及啓発活動の強化	50 GWh 以上(冷房温度高め設定、ナイトパージ、省エネ機器の経済性等を含む)

出所: JET 作成。

### 3.3.2 省エネルギー目標実現に必要な設備・技術

省エネロードマップにて主要電力 3 用途(空調、冷蔵庫、照明)に係る MEPS の引き上げ/導入を提言しつつ、省エネルギー目標実現に必要なエネルギー消費設備・技術に係る検討内容・結果等について、第 2 回省エネワークショップ等を通じて以下の提言を行った。具体的には、4.3.1(2) および 4.3.2 の記載内容である。

- 提言の要点
  - 主要 3 機種への MEPS の段階的引き上げ(空調、冷蔵庫)、および、導入(照明器具)に伴う電力消費量推移を示した省エネロードマップ策定時には、BAT を見据えつつ設備面からの検討を加え、省エネ型空調機器・冷蔵庫・照明器具の高効率化が急務であり、早期段階で MEPS の引き上げ/導入を提言した。

- さらに、各組織におけるエネルギーマネジメントの効果的実践に必要な BEMS(Building Energy Management System)、FEMS(factory Energy Management System)、および、家庭用 HEMS(Home Energy Management System)の普及を提言した。

### 3.3.3 省エネルギー推進プロジェクトに向けた提言

省エネ推進に向けたエネマネ活動の PDCA サイクル(「現状把握～省エネ計画立案／実践～レビュー／チェック」)を回す セクター横断的なエネルギーマネジメント活動の実践を提言する。

最優先されるべき業務用分野については、グリーンビル・プロジェクトとして VRF およびインバータ AC の普及、BEMS 活用によるエネマネ活動の実践、業務用建物の省エネ／グリーンビル化に向けたプロジェクト成果を発信／共有(普及啓発活動推進)し、ジャマイカにおけるグリーンビル・モデルの構築を提言する。

二番目に優先されるべき家庭用分野については、冷蔵庫、照明、エアコン等主要エネルギー消費機器の高効率化、および、断熱、遮熱等建物表皮性能向上による省エネ対策実施を視野に入れつつ、HEMS 導入による省エネ効果の検証、成果の発信／共有(普及啓発活動推進)し、脱炭素型省エネモデル住宅の構築・普及に向けた支援を提言する。

産業用分野については、ネービス水道局でのエネマネ活動、および、(第 1 回省エネワークショップで紹介した)わが国の成功例に倣い、特に電力需要の大きいポンプ(およびファン)・モータ設備へのインバータ導入、モータの高効率化をメーンターゲットとしたうえで、エネルギー消費機器全体を対象とした FEMS を導入しエネマネ活動の実践支援を提言する。

図 3-31 にセクター横断的エネルギーマネジメントシステム導入支援の提案図を示す。

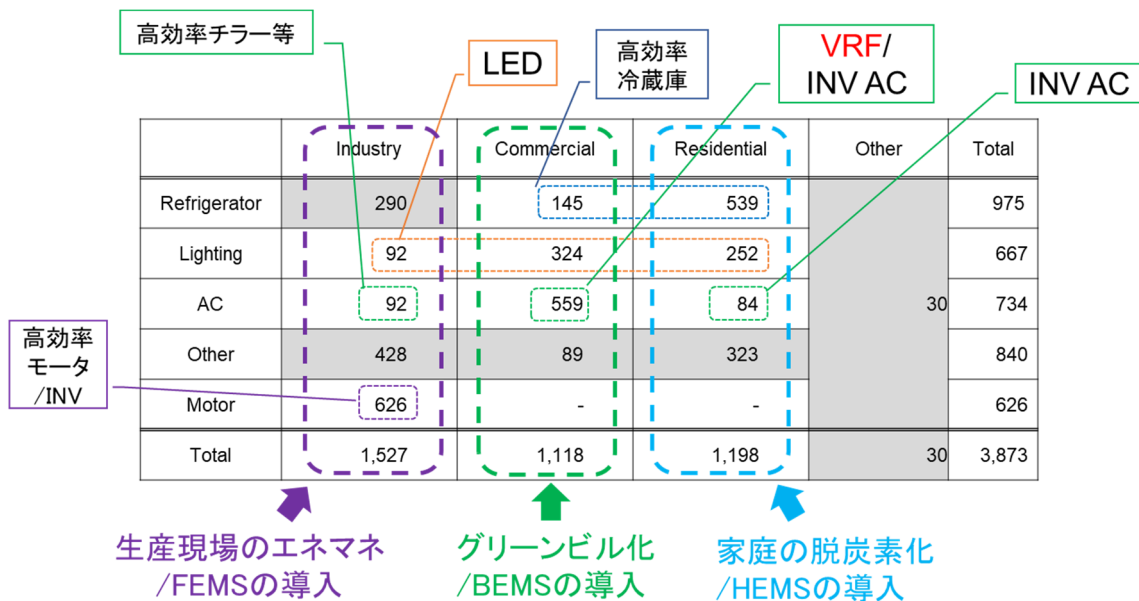


図 3-31 ジャマイカのセクター別・用途別電力消費量(GWh)と各セクターへのエネマネシステム導入提案

省エネロードマップでは業務用分野の電力消費量削減ポテンシャルが大きい結果が得られており、業務用建物の省エネ化、グリーンビル・プロジェクトに向けた具体的実施イメージを以下の通り提言する。

- 導入技術
  - 高効率空調機器(VRF、インバータ RAC)  
注：立地状況次第では、空調機器室外機を PV パネルで覆い室外機の日射遮蔽を図る(室外機の塩害対策としても有効、との意見あり(バルバドス関係者より))。
  - 高効率冷蔵庫、高効率照明器具、BEMS
- 対象建物
  - 公的機関の事務所ビル(新設は実施時期が不透明であるため、既設であること)。
- 目標
  - 低層建物の場合、Net Zero Energy Building (ZEB)を目指す(わが国では4階建て以下までなら ZEB 化が可能との政府による技術検討会議の結果あり)。

### 3.3.4 省エネルギー目標実現に向けた人材育成

2019年7月にベースライン調査を終え、2019年10月の第4回渡航ではジャマイカにてキックオフワークショップを実施し、研修計画についての議論を行った。EE チームは第5回渡航を2020年2～3月にかけて実施し、データロガーのデモンストレーションと省エネロードマップの説明を行った。MSET/PCJ 5名、NWC 3名が参加した。JET は以降の本格的な研修準備を行っていたが、同時期にコロナが発生したため、現地での人材育成活動の中断を余儀なくされた。

その後 JET は JICA との議論を踏まえて下表のオンライン研修(2回)を企画した。EE における研修の概要は以下の表 3-22 の通りである。

表 3-22 EE オンライン研修の概要(3か国共通、渡航再開前)

研修タイトル	講義概要
COVID-19 の電力・エネルギー需要と EE への影響	<ul style="list-style-type: none"> <li>- COVID-19 による日本経済、電力需要、ロードカーブ等への影響と展望</li> <li>- COVID-19 による世界のエネルギー需要の変化・見通しと EE 対策の位置付け・役割</li> <li>- COVID-19 による世界のエネルギー需要の変化・見通し、および EE 対策の位置付け・役割について</li> <li>- GDP、エネルギー原単位、一次エネルギー消費量に伴う CO<sub>2</sub> 排出量推移の分析(国別)</li> </ul>
EE に対する具体的な取り組みと指標	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 家庭・産業における省エネルギーへの取り組み-両分野で減少を続けるエネルギー消費量/エネルギー原単位</li> <li>- 各国の個別プロジェクトへの対応(揚水設備の省エネ対策、ジャマイカのエネルギー政策見直しなど)</li> </ul>
組織間のコミュニケーション	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 関係者間の円滑なコミュニケーションに関する講義と討議</li> </ul>

出所: JET 作成

上記を実施予定であったが、ジャマイカを対象としたオンライン研修は現地とのスケジュール調整が難航し、実施には至らなかった。

JET は渡航再開後の第7回渡航(2022年11月)にジャマイカ側と協議の上、研修内容の再検討を行い、表 3-23 の内容で2回の省エネ研修を実施することとした。



表 3-23 EE 研修の概要(ジャマイカ、渡航再開後)

研修タイトル	講義概要
エネルギーマネジメントとエネルギー診断	<ul style="list-style-type: none"> <li>- エネルギーマネジメントおよびエネルギー診断の国際標準</li> <li>- 日本における成功事例の紹介</li> <li>- エネルギー診断と現地調査</li> </ul>
蓄電池と水素貯蔵装置の比較	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 蓄電池の比較とコスト</li> <li>- 蓄電池と水素貯蔵装置の比較</li> <li>- 水素貯蔵装置の導入事例</li> <li>- グリーン水素を活用した発電コストの事例</li> </ul>
EV の市場動向	<ul style="list-style-type: none"> <li>- EV の分類と特徴</li> <li>- 世界における EV 市場のトレンドと蓄電池市場</li> <li>- 各国の EV 政策およびインフラ整備状況</li> <li>- EV メーカーの分析</li> <li>- 日本とバルバドスにおける EV 導入事例</li> </ul>
データロガー用ソフトウェアのデモンストレーション	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ジャマイカに供与するデータロガー用ソフトウェアの使い方</li> </ul>
エネルギー消費分析&EEC ロードマップ	<ul style="list-style-type: none"> <li>- エネルギーバランス表によるエネルギー消費量分析</li> <li>- 住宅部門におけるエネルギー効率化・省エネルギー(EEC)ロードマップ</li> <li>- 商業部門における省エネルギー(EEC)ロードマップ</li> <li>- 非産業部門における有望なエネルギー効率化技術</li> </ul>
省エネビルディングコード	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 住宅建築物における省エネルギー規制の概要</li> <li>- 住宅建築物における簡易計算の例(地域-6)</li> <li>- 住宅用建物の簡易計算例(第 8 地域)</li> <li>- EEC 独自の住宅建築における取り組み(沖縄県)</li> </ul>
組織間のコミュニケーション(RE、EE 共通)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 各国エネルギー分野のステークホルダー分析とベースライン調査の振り返り</li> <li>- 組織の種類と比較</li> <li>- 組織間コミュニケーションの重要性</li> <li>- 関係者間の円滑なコミュニケーションに関する討議</li> </ul>

出所: JET 作成

第 1 回 EE 研修は 2023 年 2 月 9 日と 10 日の 2 日間、表 3-24 の要領でオンラインにて実施した。第 2 回 EE 研修は 2023 年 3 月 28 日に、表 3-25 の要領でオンラインにて実施した。研修のモニタリング結果は概ね良好であった。第 1 回 EE 研修で使用した資料、参加者および Q&A リストを Appendix 3-1-1、3-1-2、第 2 回 EE 研修分を Appendix 3-2-1、3-2-2 に示す。

表 3-24 第 1 回 EE 研修実施の概要(ジャマイカ)

研修日程	2023 年 2 月 9 日 9:00-12:00(ジャマイカ時間) 2023 年 2 月 10 日 9:00-12:00(ジャマイカ時間)
参加者	3 名(MSET1 名、OUR2 名)
プログラム	(1 日目) 1. エネルギーマネジメントとエネルギー診断 2. 蓄電池と水素貯蔵装置の比較 (2 日目) 1. データロガー用ソフトウェアのデモンストレーション 2. EV の市場調査
モニタリング評価結果	4.8(5 点満点)

出所: JET 作成

表 3-25 第 2 回 EE 研修実施の概要(ジャマイカ)

研修日程	2023 年 3 月 28 日 10:00-15:00(ジャマイカ時間)
参加者	8 名(MSET 5 名、BSJ 3 名)
プログラム	1. 省エネロードマップ 2. 日本における省エネ方針 3. 省エネと建築基準法
モニタリング評価結果	3.9(5 点満点)

出所: JET 作成

### 3.3.5 省エネルギー目標実現に必要な政策・制度

本事業を通じ実施した省エネ推進に必要な政策・制度に係る提言、ならびに、現状認識(2023 年 3 月時点)を整理しつつ、本事業後における省エネ推進に必要な政策・制度およびその策定に向けた支援を以下に提言する。

#### (1) 現状認識

各種省エネに関する取り組みとその現状認識は、以下の通りである。

- 国家省エネ計画
  - 省エネ推進は国家エネルギー政策に含まれており、2030 年における省エネ目標値(エネルギーインテンシティ)が定められている。最新データによれば、目標値達成に向け着実な進捗状況が確認されている(2021 年実績データ)。
  - 国家省エネ計画(省エネサブポリシー(案))はベースライン調査にて確認したドラフトのままである。
- MEPS/ラベリング制度
  - エアコン、冷蔵庫の BSJ 試験室が完成し、MEPS を導入(義務化)。(規制機関: NCRA, National Compliance and Regulator Authority)
  - カリコムメンバー国への試験室共有について検討が進められている(南南協力が進捗中)。
- ビルディングコード
  - CREEBC の国内承認には至っておらず義務化は未実施。なお、UNDP が能力開発トレーニングを実施。
- ESCO
  - PCJ 主体による ESCO モデルが検討されているが、実施能力、組織フレームワーク、公共調達規則の面で課題あり、コンセプトに留まっている。

#### (2) 国家省エネ計画

- 政策・制度の提言
  - 国家省エネサブポリシー(案)における省エネ目標値が浸透しておりドラフトとして存在感のあることを踏まえ、省エネ推進に向けた個別政策・制度・施策について提言した。

注: わが国の省エネ政策(2013 年~2030 年までの省エネ目標値、および、進捗状況等)について、第 2 回省エネワークショップで紹介、説明した。

- 政策・制度策定への提言

- 省エネ政策策定の際にはデータに基づく立案プロセスが重要であり、すなわち、エネルギーバランスを参照すること、電力消費に係る一次エネルギー換算を行い評価することが重要であると提言した。
- (エネルギーバランスには表記されない)用途別電力消費量のデータ収集も重要であり、本事業で供与したデータロガーの有効活用を提言した(特に、家庭用電力需要が伸びている現況において、家庭内の用途別電力消費量を計測すること、等)。
- 本事業後においては、(未整備な)民生分野における用途別電力需要調査・データ収集支援を提言する。(優先度：高)

### (3) MEPS/ラベリング制度

#### ● 政策・制度の提言

- 省エネロードマップに係る説明の際に、可能な限り早期の MEPS 引き上げ(空調、冷蔵庫)、および、MEPS/ラベリング制度導入(照明器具)が長期にわたる省エネ化へ肝要であることを提言、あわせて、BSJ 試験室のカリコムメンバー国への共有(南南協力)を継続的に提言した。
- ジャマイカの用途別電力消費構造は民生用分野が約 2/3 を占めている。主要消費電力機器である空調・冷蔵庫の MEPS の早期引き上げ、および、MEPS/ラベリング制度導入(照明器具)が長期にわたる省エネ化へ肝要であることを提言した。
- 他方、具体的政策対応の見通しの無い領域は、業務用空調、業務用冷蔵庫、モータである。モータについては、今後、MEPS を策定していくことが必要であると提言した。これは業務用分野でもエレベータ、各種ポンプ等へも適用されるものである。

#### ● 政策・制度策定への提言

- ジャマイカでは MEPS/ラベリング制度が確立、実施に至った。今後は、照明器具(トリニダードトバコ国に試験室あり)をはじめ、モータ、主要家電機器への MEPS/ラベリング制度制定の必要性について省エネロードマップ説明時などを通じ、提言した。
- BSJ 試験室ではエアコンの部分負荷効率も測定可能な設備が整っており、今後のインバータ RAC の MEPS 改定時には定格運転時の効率評価ではなく、部分負荷運転時の運転性能も考慮する期間効率へ評価方法を改定すべき、と重ねて提言した。
- 本事業後においては、MEPS/ラベリング制度の拡充に向けた検討支援を提言する。具体的には、産業分野の主要電力消費機器であるモータ、上述(2)で収集された主要家電機器(天井ファン、給湯機器等を想定)への MEPS 導入、非効率機器排除プログラムの制定に向けた検討支援を提言する。(優先度：中)

### (4) エネルギーマネジメント活動の推進

#### ● 政策・制度の提言

- 第1回省エネワークショップにおいて、ISO50001 に基づいたエネルギーマネジメント活動の手順、手法等を講義、あわせて、ベストプラクティスを紹介しエネマネ活動の推進の重要性を説明、提言した。具体的内容については、バルバドスの項の記述(4.3.5(5))と同様である。
- ネービス水道局で実践されたエネマネ活動の好事例を省エネパンフレット等で紹介、共有した。

#### ● 政策・制度策定への提言

- ジャマイカでは、省エネ推進に必要な技術・設備の第一番目に BEMS を挙げており、省エネ推進には消費エネルギー削減効果の可視化が極めて重要、と認識している。本事業

業で実現したネービス水道局のエネマネ成功事例を共有しつつ、ジャマイカ国内でも業務用・産業用分野における積極的なエネマネ活動推進を提言した。

- 本事業後においては、**3.3.3** で記したセクター横断的エネマネ活動推進支援を提言する。(優先度：高)

## (5) ビルディングコード

- 政策・制度の提言
  - ジャマイカでは現状の CREEBC が国内承認されていないことを踏まえ、わが国の簡易版建築物省エネ性能評価手法を紹介し、将来のビルディングコード義務化の際の参照となるよう、情報共有、提言を第 2 回省エネワークショップで行った。具体的内容については、バルバドスの項の記述**(4.3.5(5))**と同様である。
- 政策・制度策定への提言
  - 2018 年に発刊された CREEBC は建築物(業務用および住宅の新築/既築改修)設計者向け技術図書であり、建物に採用されるモータ効率、照明、エアコン、VRF、水配管の断熱、表皮断熱性能、窓/サッシ断熱性能等詳細にスペックを規定した設計者向け標準図書である。本事業では、より実践的で幅広い層への浸透も考慮した建築物省エネ評価方法(簡易版)の策定を提言、共通認識を醸成した。

## (6) ESCO

- 政策・制度の提言
  - 一定の需要規模(例：延床面積 10,000 m<sup>2</sup> 以上)であることが ESCO 事業成立の一般的要件であることを踏まえれば、本事業 3 ヶ国の中で最も潜在的マーケットのあるジャマイカだが、既存制度によるバリアがあることから本格的な ESCO 事業者は確認できていない。わが国では、ESCO スキームとは異なる省エネ機器普及事業スキームもあり、本邦研修の機会に本邦電力会社グループが実践している各種エネルギーサービスビジネス、および、そのスキームを紹介した。

## (7) 普及啓発活動

- 政策・制度策定への提言
  - 昨今の電気料金高騰の影響でベースライン調査時よりインバータエアコンの経済性がさらに高まって来ている。各種省エネ型機器が従来に増して経済効果が得られることを訴求しつつ、(個人/組織における)自発的な省エネの実践を中心に効果的な省エネ普及啓発活動の推進を提言した。
- 本事業後においては、高効率空調、冷蔵庫、照明機器の導入により得られる省エネ・脱炭素効果、経済効果等各種便益を消費者に幅広く訴求する普及啓発活動支援を提言する。(優先度：低)

### 3.3.6 再生可能エネルギーの導入と系統安定化

#### (1) 再エネ導入に伴う系統不安定化問題

3.1.3 に記載した通り、ジャマイカの再生可能エネルギー(RE)導入目標は 2030 年までに 50 % の RE と前倒しされた。この目標を実現する上で、特に系統安定化の面での課題がある。現在のグリッドコードは 2017 年に更新されたが、大量の再エネ導入や、時間帯により VRE が系統の主力となるような電源構成に対応したものはなっていない。

安定して出力を出せる水力のポテンシャルは山間地に限られる。また、廃棄物発電やバイオガスなどのバイオマス発電は材料の収集に課題があり可能な容量に制限がある。IRP で計画

---

している水力発電やバイオマス発電などの安定型 RE では 50 % の目標には到達せず、相当量の PV と風力を計画に入れている。

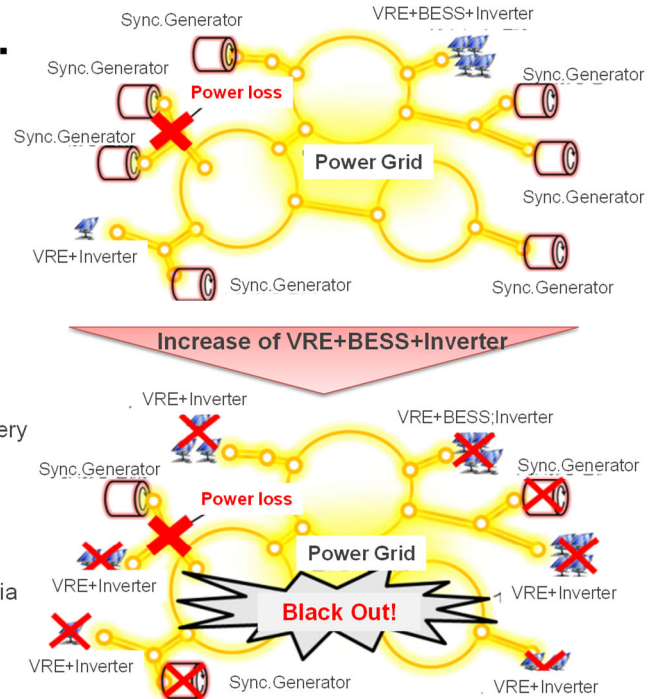
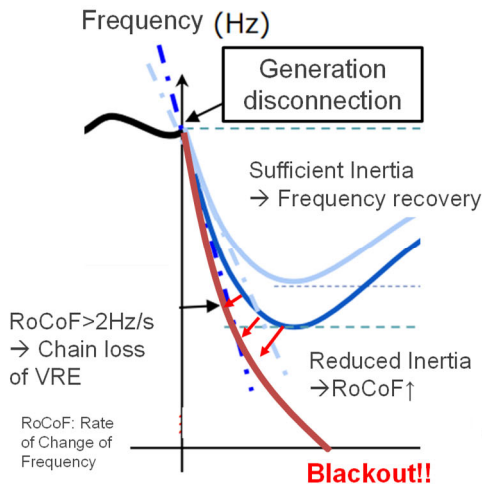
PV や風力など VRE の容量が増えるにつれ、グリッドコードなどの基準で以下を考慮する必要がある。

- (i) **スピニング・リザーブ:** 瞬時に追従し変動を吸収するためにスタンバイさせておく電源(スピニング・リザーブ)が必要となる。例えば雲の動きにより PV は出力の 8 割以上が 1 分以内に変動することがある。この 8 割をカバーするために、高速のランプレートを有するガスエンジンなどの発電機が必要である。
- (ii) **無効電力補償:** 交流電力は、有効電力と無効電力から構成されている。無効電力は有用な働きをしないが、電気系統が適切に機能するために必要である。無効電力は、グリッド内の電圧の安定性を維持するために必要である。PV も風力発電システムも天候に左右され、太陽光や風速の変化により出力電力が変動する。この変動は、系統の電圧変動や不安定化を招き、機器の損傷や停電などの問題を引き起こす可能性がある。無効電力補償は、系統の無効電力のバランスをとることで、これらの問題を緩和する。キャパシタや同期調相機(SCO)などの無効電力補償装置を PV や風力発電システムとともに設置し、必要に応じて無効電力を供給したり吸収したりする必要がある。これらのデバイスは、グリッドの電圧を安定させ、力率を向上させる。
- (iii) **同期化力:** PV や風力などインバータ電源が系統に増加すれば、既存の同期発電機電源が変動をカバーできない場合に、周波数が乱れる。火力や水力など十分な同期化力を持つ電源があれば出力を増やすことでこれを防げる。しかし VRE 割合が増加しインバータ電源が多くなる場合、問題が生じる。インバータは系統の周波数に合わせて交流を作る。この為、系統の周波数の変化率(Rate of Change of Frequency, RoCoF)が大きい場合、周波数が早く変化しすぎて、周波数を回復させる動作が間に合わなくなる。周波数の低下により、下限値(Nadir)が周波数低下リレー(Under Frequency Relay, UFR)の設定値以下になると発電所の UFR が働き、電源が系統から外れ、インバータ電源が次々と脱落することになる。これによりさらに周波数が低下する。すると変電所の UFR により、該当するフィーダの負荷も遮断され、該当の地域が停電する。最悪の場合はブラックアウトとなる。VRE 割合が増加しても、同期化力を十分に確保する必要がある。

VRE の出力が系統負荷の約 1/3 を超える場合、系統において慣性力と同期化力が不足し、上記の問題が生じる恐れがある。図 3-32 の通りである。

## Black-out when insufficient Sync. Gen.

If synchronous generator is reduced and inertial is not sufficient, power loss  
 → Frequency drop, with no recovery  
 → Chain reaction of loss of VRE  
 → **Black out**



出所: OCCTO (Organization for Cross-regional Coordination of Transmission Operators, Japan)資料を基に JET 作成

図 3-32 インバータ電源の増加と同期化力不足及びブラックアウト

### (2) 系統安定化に向けた制度と設備

周波数変動を避ける為には BESS(Battery energy storage system, 蓄電池、インバータとコントローラからなるシステム一式)の設置が有効である。しかし蓄電池もインバータを通して系統に接続するため、VRE と BESS を増加しても同期化力の減少の問題は残る。これを解決するのが、グリッドフォーミングインバータ(GFM)である。GFM は系統の周波数が無くとも VRE と BESS で周波数を定めることができ、同期化力を維持することが可能である。現在 GFM は開発、実証中であり、オーストラリアなどでは商用導入実績がある。

今後、接続要件を規定するグリッドコードにおいて、VRE の IPP に対して BESS や無効電力補償対策を義務付けることを含めた要件の改定が必要と考えられる。

グリッドコードは OUR が制定している。電気料金の許認可も総括原価方式に基づき OUR が行っている。IPP の売電価格も OUR が管轄している。系統安定化に必要な蓄電池、無効電力補償装置などの投資が原価として理解され、今後も認められることも必要である。

上の状況に応じ、再エネの大量導入に備えた政策提言として、セミナーや会議において、MSET と OUR に対して以下の提言を行った。

#### 1) BESS 設置の義務付け

今後の 1 MW 以上の規模の VRE の IPP には、変動を吸収する BESS の設置を義務付ける。蓄電池の容量は設置 VRE 容量の 80 %以上を 4 時間以上カバーするものであることを推奨する。

#### 2) SCR(Short Circuit Ratio)の規定

十分な同期化電源を系統計画において考慮する。具体的には SCR の値が 3 以上となるよう計画することを推奨する。SCR= 系統容量 / インバータ電源定格容量 で定義される。Institute of Electrical and Electronics Engineer (IEEE) Std 1204-1997(R2003) では系統安定の為に SCR を 3 以上とすることを規定している。つまり、通常のインバータで系統連携す

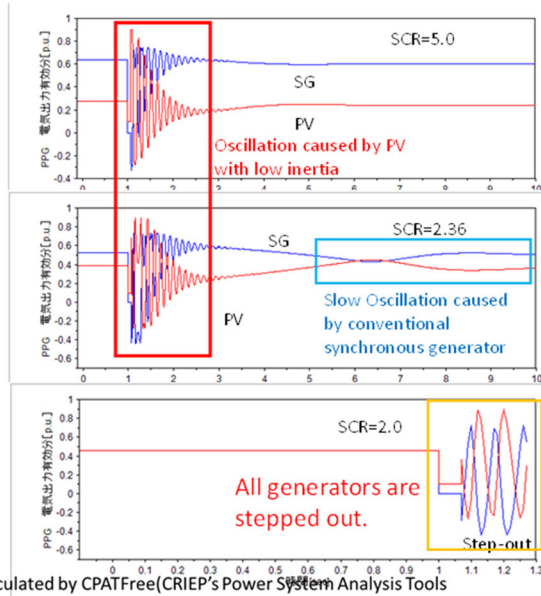
る PV・風力の定格容量の二倍以上の容量の同期化力を持つ発電機(火力、水力など)が系統に必要である。

図 3-33 は SCR をそれぞれ 5.0、2.36、2.0 とした場合の、系統安定度計算例である。SCR が 5 の際は、一部の発電機が遮断した場合の振動は他の同期型発電機により瞬時に収束する。一方、SCR が 2.36 の場合、長周期で動揺が残る。一方、SCR が 2.0 の場合、発電機が同期速度に追従できず、周波数が低下し、発電機をトリップしたり、負荷が遮断されたりする。

### Difference of SCR value

Red: PV  
(Low Inertia)  
Blue: Synchronous Generator (SG)  
(High Inertia)

70 msec 3 line ground fault by lightning at 1 of 2 circuit transmission line close to SG.

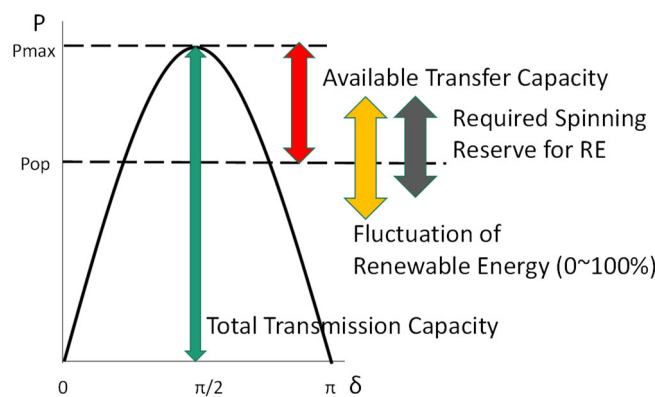


出所: Prepared by JET using Software "CPAT"

図 3-33 SCR の値と過渡計算における安定性の例

### 3) 送電可能容量(Available Transfer Capacity, ATC)の検討

ATC は、既に変更されている送電線において、さらなる追加の電力の送電のために送電線ネットワークに余裕のある送電能力の指標である。熱負荷や電圧制限などから算出される。VRE の追加電源を計画する際、VRE の変動幅と必要なスピニング・リザーブより ATC を検討し、場合によって使用送電線を見直すことを提言する。ATC の概念図(図 3-34)と計算方法を以下に示す。



出所: JET 作成

図 3-34 送電可能容量(ATC)の概念図

$$P_{loss} = R * \left(\frac{V_i}{X}\right)^2 < P_{LOSSMAX}$$

$$P = \frac{V_i V_j}{X} \sin \delta \rightarrow P_{ATC} = \frac{V_i V_j}{X} - P_{OP},$$

ここで

R : Transmission line resistance  
X: Transmission line inductance  
 $V_i, V_j$  : Sending Voltage and Receiving voltage  
 $P_{loss}$  : Transmission line loss by line Resistance R and line inductance.  
 $P_{LOSSMAX}$  : Capacity Limit of transmission line  
 $P_{ATC}$  : Available Transfer Capacity  
 $P_{OP}$  : Operating Power

4) 系統安定に資する制度の適用

PV、風力発電の発電コストの低下により、VRE 発電業者の市場参入が拡大している。しかし際限の無い VRE 導入は、制御のできない出力変動により系統を脅かす。VRE の IPP 業者も系統安定化のための投資の責任を分担することが必要である。オークションにおいて、BESS や無効電力補償など系統安定化の機器への投資を IPP に義務付ける入札を実施することを提言する。また需要家の側にも、ToU (Time-of-use, 時間帯ごとに異なる料金設定)やデマンドサイドマネジメント等、系統安定に資する制度を適用することを提言する。

5) グリッドフォーミングインバータの採用

系統安定化の為に SCR が 3 以上の値であることが必要であるが、インバータで接続する PV や風力により RE を 50%以上とする場合、これは満たせない。太陽の熱を貯めてタービンを駆動する集光型太陽熱発電(Concentrating Solar Power, CSP)は同期発電機電源の SCR に寄与するが、ジャマイカでは現状のコストが高い。PV や風力を活用し続けるために、将来のインバータ電源のインバータに、グリッドフォーミングインバータ(Grid Forming Inverter, GFM)を採用することを提言する。

GFM と蓄電池を用いる事で、同期化電源と同様に用いることが可能である(図 3-35)。GFM は現在開発・実証中であるが数年間の内に市場投入が期待されている。市場で調達可能になり次第の GFM の採用を提言する。

6) 再生可能エネルギーのエネルギーミックスの提言

風力・太陽光などの VRE だけではなく、水力(揚水を含む)、バイオマス、CSP など SCR に寄与する再エネ電源につき可能な限りの採用を推奨する。再エネでも特定の電源に偏重せず、多種類の電源をバランスよく取り入れる再エネのエネルギーミックスを提言する。

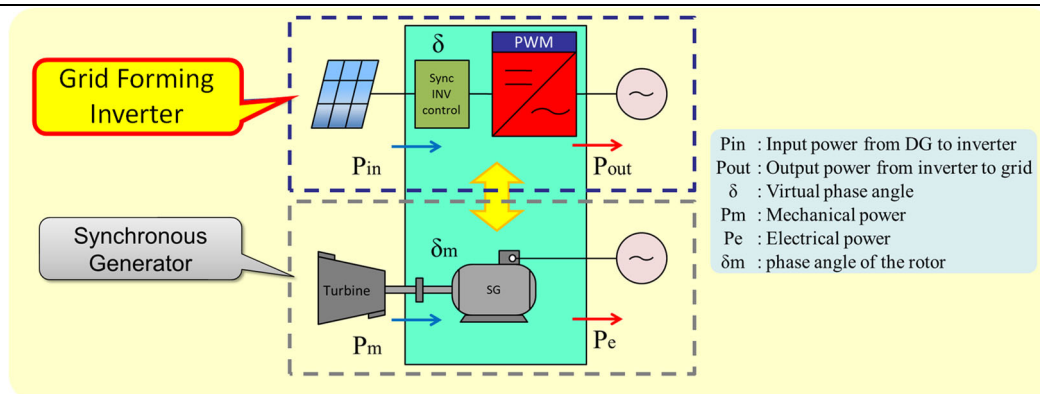
7) グリッドコードの改定

大量 VRE の導入を前提とした接続要件を含むよう、グリッドコードを改定することを提言する。

8) IRP の継続的改定

IRP チームを恒常的な組織とし、2年に1度など更新状況や技術導入状況に応じた改定を継続的に行うことを提言する。





Source: M. Kawai, Y. Sakai, H. Sugiyama, H. Taoka "Frequency Improvement of a Power System with a Distributed Generator using Synchronization Inverter," 2015 International Symposium on Smart Electric Distribution Systems and Technologies (EDST), CIGRE SC C6 Colloquium, Sep. 2015.

出所: Masaki Kawai; Yuta Sakai; Hironori Sugiyama; Hisao Taoka, Frequency improvement in power system by Synchronization Inverter-based distributed generators, 2015 International Symposium on Smart Electric Distribution Systems and Technologies (EDST)

図 3-35 グリッドフォーミングインバータと同期発電機

### (3) 再エネ導入に伴うケーススタディ

3.1.6に記載した通り、現状の IRP の改訂版の電源構成はまだ開示されていない。IRP2020 Draft でも、VRE 導入の場所やそれに応じた系統増強の必要性などは詳細まで示されていない。よってケーススタディとして、2030 年の 50%RE 導入目標を達成する電源構成を模擬したシナリオにおける系統解析を実施した。電源構成のシナリオは、2022 年 12 月の実施した第 2 回セミナーでのフィードバックの内容より検討した。2020 年における火力・再エネ電源構成と消費電力量を基に、複合年間増加率 (Compound Annual Growth Rate, CAGR) 1.43 % と仮定した 2030、2040 年の電力量需要予測値を表 3-26 に記載する。

表 3-26 火力・再エネ電源構成と需要予測値

Category	Capacity MW%	Capacity 2020 MW*	Energy GWh%	Energy 2021 GWh*	2021 GWh assumed uwith loss	2030 GWh (CAGR 1.43%**)	2040 GWh (CAGR 1.43%**)
Fossil Fuel	75%	1050	86.5%	4092	2,934.0	4,649.8	5,359.2
Total RE	25%	350	13.5%	640	458.9	727.2	838.2
Hydro	3.0%	42	2.9%	136	97.5	154.5	178.1
Solar	9.0%	126	2.6%	124	88.9	140.9	162.4
Wind	9.8%	136.5	5.9%	280	200.8	318.2	366.7
Bioenergy	3.3%	45.5	2.1%	100	71.7	113.6	131.0
Total	100%	1,400	100.0%	4732	3,392.8	5,377.0	6,197.4

\* IRENA Energy Profile, Jamaica \*\* IRP(2020), most likely case

出所: IRP2020 Draft および IRENA Energy Profile に基づき、JET 作成

表 3-26 を基に、いくつかのシナリオを想定した。表 3-27 がそのシナリオ例である。

表 3-27 2030 年発電容量構成シナリオ例

Category	Capacity factor IRP2020	Capacity factor IRENA	2021 Energy GWh	GWh Energy target %	2030 Energy GWh	2030 Capacity MW	2030 Capacity MW %	2040 Energy GWh	2040 Energy MW	2040 Capacity MW%
Fossil Fuel	54%	41%	4,092	50%	2,689	748.6	39%	3,099	862.8	39%
Total RE			640	50%	2,689	1,190	61%	3,099	1,372	61%
Hydro	61%	52%	136	10%	538	118.0	6%	620	136.1	6%
Solar	21%	15%	124	15%	807	613.8	32%	930	707.5	32%
Wind	38%	32%	280	15%	807	287.7	15%	930	331.6	15%
Bioenergy	95%	36%	100	10%	538	170.5	9%	620	196.5	9%
Total			4,732	100%	5,377	1,939	100%	6,197	2,234	100%

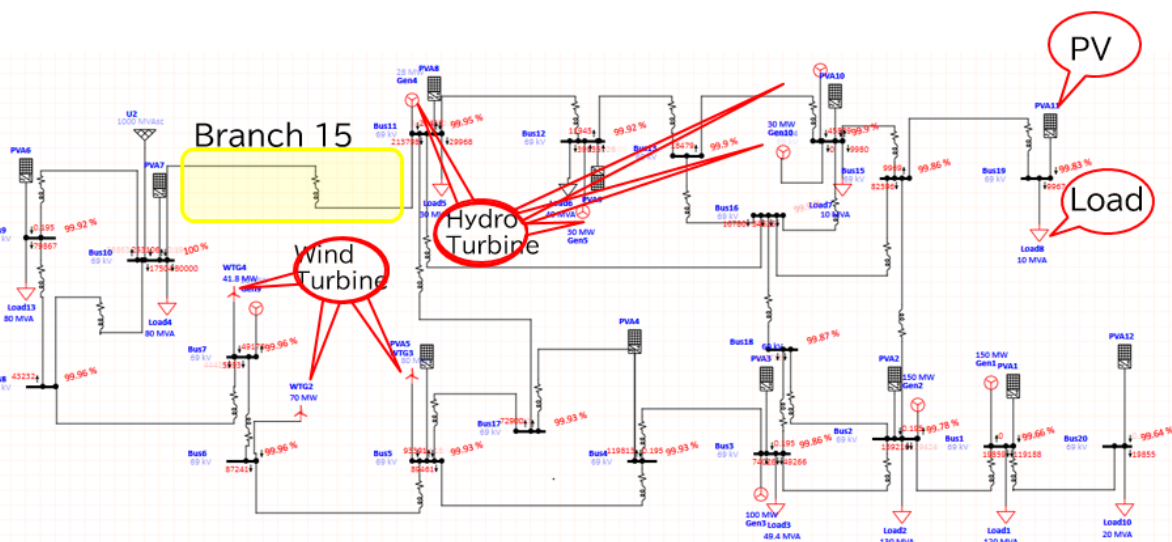
出所: IRP2020 Draft および IRENA Energy Profile, Jamaica に基づき、JET 作成

PV や風力など VRE は、火力よりも設備稼働率が低いのが通常である。2030 年に電力エネルギーベースでの再エネ 50% を達成するためには、容量ベースの 50% よりも大きい RE の設備容量を必要とする。例えば、稼働率が 20% の電源であれば、1 年間など同じ期間で同じ電力量 MWh を発電するためには、稼働率 100% の電源の 5 倍の容量を要する。IRP2020 Draft で想定されていた設備稼働率は風力で 38%、PV で 21% など、計画用に大きい値が採用されている。

一方、IRENA Energy Profile の推定値は風力で 32%、PV が 15% であり、実績値に近いと考えられる。よって、IRENA の設備稼働率を採用し、2030 年、2040 年の各電源の必要容量、必要発電電力量を試算した。例えば、再エネ電力量を 50% とする場合、設備容量で火力が 39%、再エネで 61% (内水力 6%、PV 32%、風力 15%、廃棄物発電およびバイオマス発電 9%) となる。

上の想定に基づき、セミナーのフィードバックでもたらされた 2030 年の各電源の割合について、ジャマイカの模擬システムにおいて系統解析を行った。なお系統解析における送電線の線路定数は、系統解析ソフトウェア ETAP 内のデータベースに格納されている一般的な値を使用した。

系統解析に使用したジャマイカの系統模擬図を図 3-36 に示す。



出所: ETAP を使用し、JET 作成

図 3-36 系統解析に使用したジャマイカの系統模擬図

表 3-28 2030 年電源シナリオにおける電源の各ノード配分量

Node ID	Fossil Fuel	Hydro	Bioenergy	Load	PV	Battery	Wind
(Up to 4 characters)	(pu)	(pu)	(pu)	(pu)	(pu)	(pu)	(pu)
1	1.5			1.2	1.5		
2	1.5			1.3	1.5		
3	1			0.494	1		
4					1		
5	1				1		0.8
6							0.7
7		0.3					0.418
8							
9				0.8	1		
10	2			0.8	1		
11		0.28		0.3	1		
12		0.3		0.3	1		
13							
14	0.486	0.3		0.1	1		
15							
16							
17							
18							
19				0.1	0.276		
20				0.2	1		
(Total pu)	7.486	1.18	0	5.594	12.276	0	1.918

出所: JET 作成

表 3-28 の表は、図 3-36 の模擬システムにおいて、フィードバックの一つより、年間 GWh 比で水力 10%、PV 30%、風力 10%とするための各発電出力を想定し、各ノードに Per Unit (pu) で配分している。風力は西部の谷間、PV は全国で万遍なく配置した。

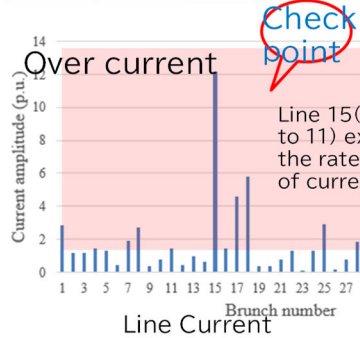
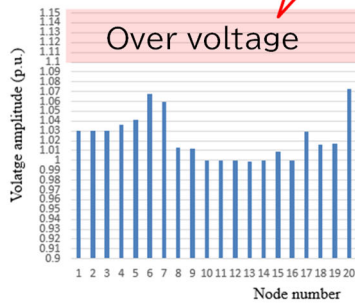
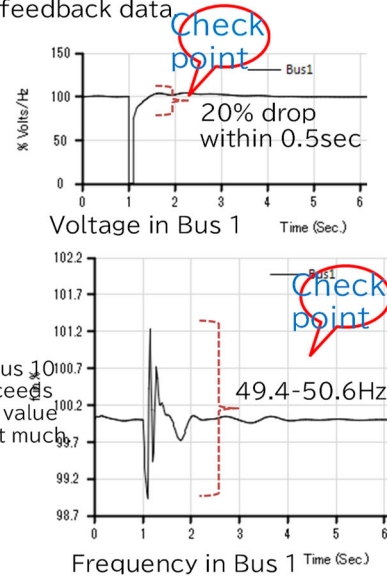
その結果を図 3-37 に示す。潮流計算のソフトウェアは Microgrid Designer を用いた。過渡安定度計算はソフトウェア ETAP を用いた。

Microgrid Designer は環境エネルギー技術研究所(Energy & Environment Technology Research Institute, EETRI)が開発した潮流解析、経済負荷配分などを解析するソフトウェアであり、大学での教育用に当初は開発された。

解析にあたって、pu の基準容量は 100 MW、基準電圧は 69 kV とした。系統解析における系統の送電線インピーダンスは、Google Map から距離を読み、69 kV 系統に用いられる標準的な送電線のインピーダンスを用いて計算し、推定した。

Category	Capacity factor 2020 Jamaica	Capacity factor IRP2020	Capacity factor IRENA	2021 GWh	GWh target %	2030 GWh	2030 MW	2030 MW %
Fossil Fuel	44%	54%	41%	4,092	50%	2,689	748.6	33%
Total RE				640	50%	2,689	1,537	67%
Hydro	37%	61%	52%	136	10%	538	118.0	5%
Solar	11%	21%	15%	124	30%	1,613	1,227.6	54%
Wind	23%	38%	32%	280	10%	538	191.8	8%
Bioenergy	25%	95%	39%	100	0%	0	0.0	0%
Total				4,732	100%	5,377	2,286	100%

This is the typical case proposed in the 2<sup>nd</sup> seminar's feedback data.



出所: ETAP と Microgrid Designer を使用し、JET 作成

図 3-37 系統シナリオ解析結果例

上の結果、電圧は Per Unit で 0.99-1.1 の間に収まり系統に問題は生じないと考えられる。また、過渡安定度計算結果では、0.5 秒以内に 20 % の電圧低下がみられたが、安定性に問題はないことが確認された。

一方、送電線を流れる電流は Bogue – Rio Bueno 間の送電線 (図 3-36 の Branch 15) で 15 pu の電流となった。Rio Bueno には既設の水力 28 MW に加え、2030 年までに新設の PV 100 MW を設置すると仮定している。一方、需要は 30 MW と、周辺に比べ少なく仮定している。このため、多くの余剰電力が送電線を経て Bogue に送られている想定である。この電流を許容する為には、昇圧や複数回線化を行う必要がある。これには多大な送電線投資が必要となる。100 MW の PV の立地の想定に無理があると考えられる。該当する送電線セクションへの PV の接続を制限し、他の余裕のある送電線セクションの地域に建設するよう、発電計画を見直すことが現実的である。

上のように、系統解析の結果に応じ、発電計画に対する送電線計画の必要性や、送電線の容量に応じた発電計画の修正の検討を行うことになる。ここでは、系統解析の必要性を示すために、仮定のシナリオを用いて、その一例を示した。

### 3.3.7 マイクログリッドコンセプトのモデル化・系統解析

#### (1) マイクログリッドコンセプト

カリブ地域はハリケーンなどの災害被害を受けやすい為、レジリエンス向上が政策に掲げられている。基幹発電所が被害を受けるとブラックアウトとなり、復旧までの時間を要し、停電日数が大きくなる。2017 年のハリケーン Irma ではプエルトリコで 11 か月もの停電が続いた。キューバでも全土の 2/3 が停電した。2022 年 9 月のハリケーン Fiona でもカリブで全島停電が発生する国があった。

レジリエンスを高める為には、マイクログリッドを複数構築し、それぞれを自律的に連系することが有効である。マイクログリッドは平常時、主要系統と接続し、災害等による大規模停電時には自立して電力を供給できるエネルギーシステムである。一つのマイクログリッドが被害を受けた場合、系統や他のマイクログリッドと自動的に切り離すことで、周波数低下の連鎖によるブラックアウトなどを避けられる。また一つのマイクログリッドの被害の際、

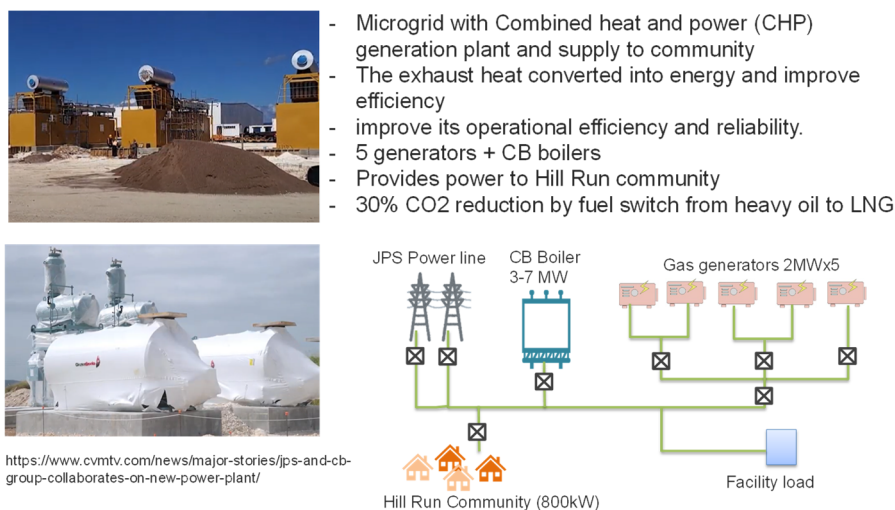
連携した系統や他のマイクログリッドが被害地域の電源となることで、復旧を早めることが可能である。

よって、2019年のベースライン調査時に、MSET および JPS に対して、マイクログリッドにかかる協議を行い、改定 PDM の活動項目にマイクログリッドのコンセプト作成とモデル化、かかる課題の検討を含めることで C/P と合意した。

ジャマイカでは送配電オペレータの JPS が送電、配電について唯一ライセンスを有している。現在のジャマイカにおける許認可システムでは、例えば地方政府が発電事業者と Joint Venture (JV) でマイクログリッド事業を実施するということが不可能であり、マイクログリッドは JPS が運営する必要がある。よって 2019 年の現地活動実施時に、JPS とマイクログリッドの可能性について協議した。

## (2) JPS による CB グループマイクログリッド

2021 年に、JPS は食品会社の Caribbean Broiler (CB) と共に、ガス火力発電機とボイラで熱電供給(Combined Heat & Power, CHP)を行うマイクログリッドを構築した。食品会社に熱電供給を行い、Caribbean Boiler の需要に加え Hill Run 地域に電力供給を行う。排ガスの熱を利用すること、発電燃料を LNG とすることで、他地域の重油を燃料とした発電に比べ 30% の CO<sub>2</sub> を削減する。概要を図 3-38 に示す。



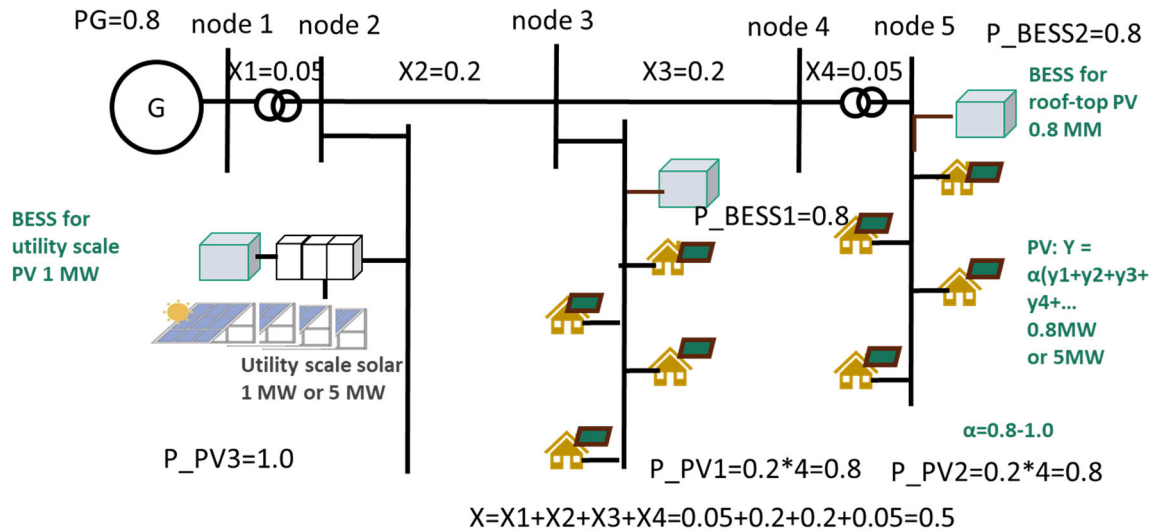
出所: JPS の説明、記事に基づき、JET 作成

図 3-38 ジャマイカ CB Microgrid 概略

ジャマイカの大規模需要家は独自に自家発電を持つ傾向がある。事業者にとっては上のマイクログリッドによるエネルギー効率化および発電単価の低減、JPS にとっては大口顧客の確保、および地球環境として CO<sub>2</sub> の削減が行われることで、トリプルウィンの構造となる。JPS は同様のマイクログリッドを今後も進めていきたい方針である。

## (3) 簡易モデルを用いたマイクログリッドモデル化

マイクログリッドの計画・解析手法の技術移転のために、図 3-39 に示す簡易マイクログリッドの概念をモデル化し、潮流計算を実施した。1 MW または 5 MW のメガソーラーを node 2 に、分散型屋根置き太陽光を node 3 と node 5 の各フィーダ 0.8 MW、2 フィーダ合計で 0.8 x 2 = 1.6 MW とした。BESS を合計 0.8 MW x 2 = 1.6 MW 設置すると仮定した。BESS は各フィーダの上流にまとめてフィーダごとにかか所ずつ設置すると想定した。同期発電機は PV の出力と需要の差を補う出力を発電するとした。なお、潮流計算にあたって、基準容量は 1 MW、基準電圧は 400 V とした。

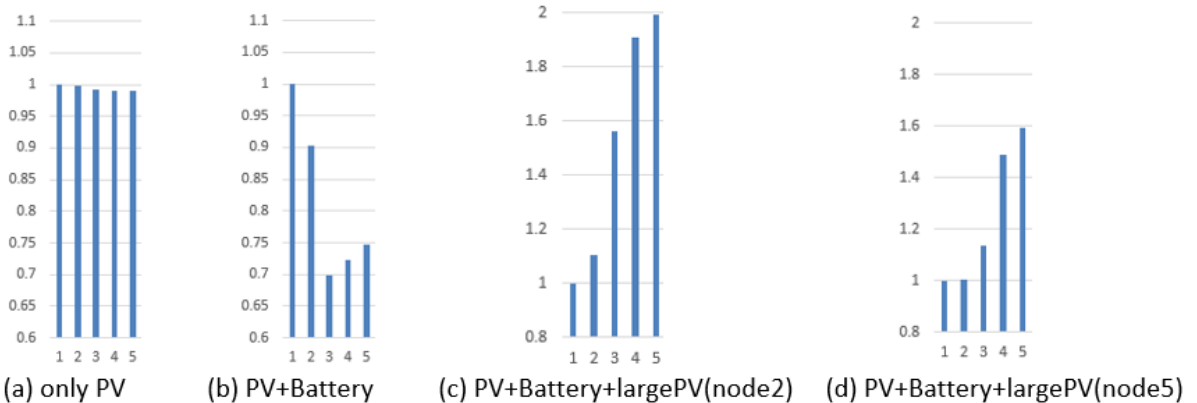


出所: JET 作成

図 3-39 簡易マイクログリッドモデル例

上の簡易マイクログリッドモデルにおける潮流計算の結果を図 3-40 に示す。潮流計算はソフトウェア“Microgrid Designer”を用いた。

Y axis : P.U. Voltage



出所: JET 作成

図 3-40 簡易マイクログリッドモデルにおける潮流解析結果 (電圧分布)

BESS は、昼間 PV が出力している時を想定し、充電モードとした。また負荷は node3 と node5 にピーク値各 1 MW ずつを設定した。node1-2 間の配電線は 11.4 kV である、node2 の変電所の近傍に PV と BESS を設置すると仮定し、これを node2 に 400 V で接続するとした。他の配電線の電圧は 400 V であるとして、解析モデルでは 400 V を基準電圧としている。

図 3-40 (a)は以下三点を仮定した潮流計算から得られた電圧分布である。(i) node3 の下流のサブフィーダに接続した屋根置き PV をまとめて node3 に合計 0.8 MW におくと仮定。(ii) node5 も同様に屋根置き PV 合計 0.8 MW を接続すると仮定。(iii) BESS は一切接続しない。それぞれの node で負荷の 80%が PV から供給されるとすると、発電所からの供給が少なくなり、電圧はほぼ規定値になる。

一方、図 3-40 (b) は BESS を node2 に 1 MW、node3, 5 にそれぞれ BESS を 0.8 MW の容量で設置するとする。この BESS の容量は各 node の PV の容量と同じである。この場合の潮流計算から得られた電圧分布が、図 3-40 (b)である。BESS 充電時は負荷が増えた状態になり、図に示すように、400 V 配電線の node3, 4, 5 の電圧を比べると、node5 の電圧が上昇し、node3

は低下している。BESS の充電モードでは BESS も負荷となり、電圧のアンバランスが生じていることがわかる。この場合 PV の出力に応じて BESS への充電量を制御する必要がある。

図 3-40 (c)は、図 3-40 (b)で node2 に PV 5 MW と BESS 1 MW を設置、BESS を node2 に 1 MW、node3, 5 にそれぞれ BESS 0.8 MW と仮定した場合の電圧分布である。フィーダの真ん中(node3)の負荷に node2 より電力が送られ、末端の PV からの電力が余り、末端で電圧が上昇している。node3, 4, 5 で電圧が 1.5-2.0 pu などに上昇し、問題である。この場合、node 間の電位差を少なくする必要がある。PV と同じ容量の BESS 5 MW を node2 に設置すれば、電圧のアンバランスが緩和される。

図 3-40 (d)は、図 3-40 (b)で、node5 に PV 5 MW と BESS 1 MW を設置した場合の電圧分布である。末端の node5 から発電機側の node1 に向かって電力が流れ、node5 は電圧が上昇し、電線のインピーダンスにより node4, node3, node2 と順次電圧が小さくなっている。この場合、2 回線化、電線素材の交換などを検討し、電線インピーダンスを減らし、node 間の電位差を少なくし、送電線を通る電流容量を増加させる必要がある。

上記のように、PV と BESS の設置位置と容量により電圧分布が大きく影響を受ける。解析による事前確認と対策の検討が必要である。

#### (4) Hagley Gap マイクログリッド案

JPS の CB マイクログリッドは火力が主体であった。本プロジェクトの活動として、大量再生エネルギー導入の課題とその対策を明らかにするために、VRE の風力・太陽光を主力電源とするマイクログリッドのコンセプトを作成した。マイクログリッドの対象地域の選定クライテリアは以下の通りとした。

- ・ 送電線系統で特に末端部に位置し、送電ロスが大きい地域
- ・ 電圧が低くなりやすく停電しやすい地域
- ・ 風力・太陽光のポテンシャルが高い地域

システムの末端に位置する地域をマイクログリッドとして独自の電源を導入して主要系統に接続すると、低下した電圧を上げることができ、かつロスを改善する。よって系統運営上有利となる。候補地としては IRP チームとの協議の際に、西部で Medium Voltage (MV)線の電圧降下が問題となっている Orange Bay, 69 kV 送電線の電圧変動が激しい Ocho Rive 地域などが、候補として挙げられた。

一方、JPS との会議において、東部僻地の電圧降下の大きい問題が示された。その地域は風力の豊富なポテンシャルがあるが、電源の開発はされていない。よって、上の選定クライテリアに基づき、St. Thomas 州の北西部の州境に近い Hagley Gap とその周辺を最終的にマイクログリッドのコンセプト作成対象地域に選定した(図 3-41)。

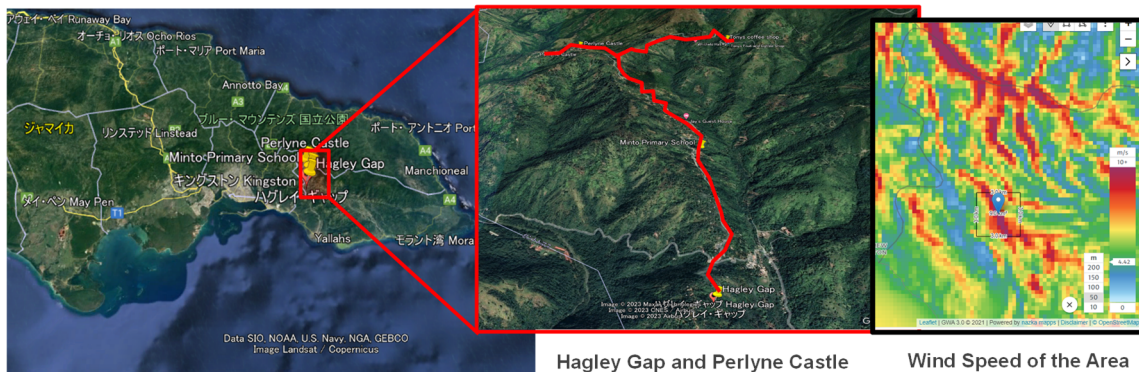


図 3-41 ジャマイカのマイクログリッド対象地域

対象地域は Hagley Gap とその北部の Penlyne Castle を含む山岳地域で、需要家は 166 世帯、ゲストハウス 2 軒、学校 2 軒、コーヒーエステート 1 軒を含む(表 3-29)。

表 3-29 ジャマイカマイクログリッドコンセプト諸元

Item	Amount	Unit
Total residential consumer	166	hh <sup>*1</sup>
Number of facility	7	facility <sup>*1</sup>
Max daily energy consumption	7,029	kWh/day <sup>*2</sup>
Peak load	367.2	kW <sup>*2</sup>
Hagley Gap mean wind speed	7.6	m/s @10mH <sup>*3</sup>
Wind rated output	500	kW
Wind average output	301	kW
Hagley Gap solar irradiation	4314	kWh/kWp/day
Total Solar PV output	95	kWp
Diesel Generator	400	kW

\*1 The Number of household and facility is from visual check of Google Earth. It may have error and needs to be reviewed by administration data.

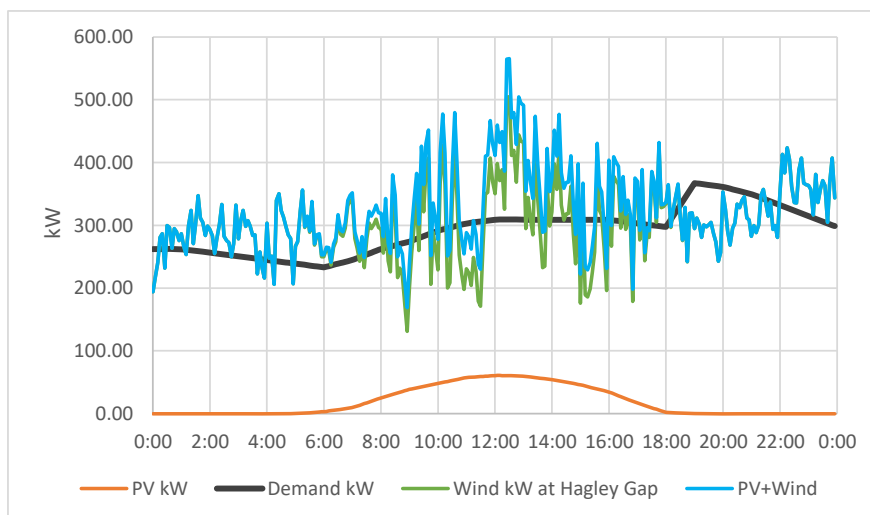
\*2 Assumed from 1.5 kW /hh, 30kW/facility. It needs to be reviewed by accrual data of the area.

\*3 Wind speed at available road. Better wind speed may be obtained at hilltop, but road construction will be necessary.

出所: JET 作成

マイクログリッドにおけるピーク負荷を 367 kW と算定した。これに対し、500 kW の風力発電、合計 95 kW の屋根置き PV、及びバックアップ用の 400 kW のディーゼル発電機を導入する。Hagley Gap での日射量を 4.314 kWh/kWp/day、平均風速は道路近傍で最も風速の早い地点を選定し、平均風速を 7.6 m/s とした。なお、道路から外れた場所では 10 m/s などの高い風速で定格に近い平均出力が得られる場所もあるが、この場合アクセス道路の建設が必要となる。ブルーマウンテンの保護地域に近いため、規模の大きい開発行為は避ける方針とした。

上記を想定した対象地域の 5 分毎の想定日負荷曲線、晴天日の想定 PV 出力・想定風力出力を図 3-42 に示す。Hagley Gap の PV および風力の出力曲線は、平均値と他の地域の変動曲線からの推測である。負荷が出力を超える場合はディーゼル発電機が補う想定である。なお曇天時には PV の出力は変動し、PV 変動分もディーゼル発電機が補う必要がある。雨天時には PV の出力が無くなる。

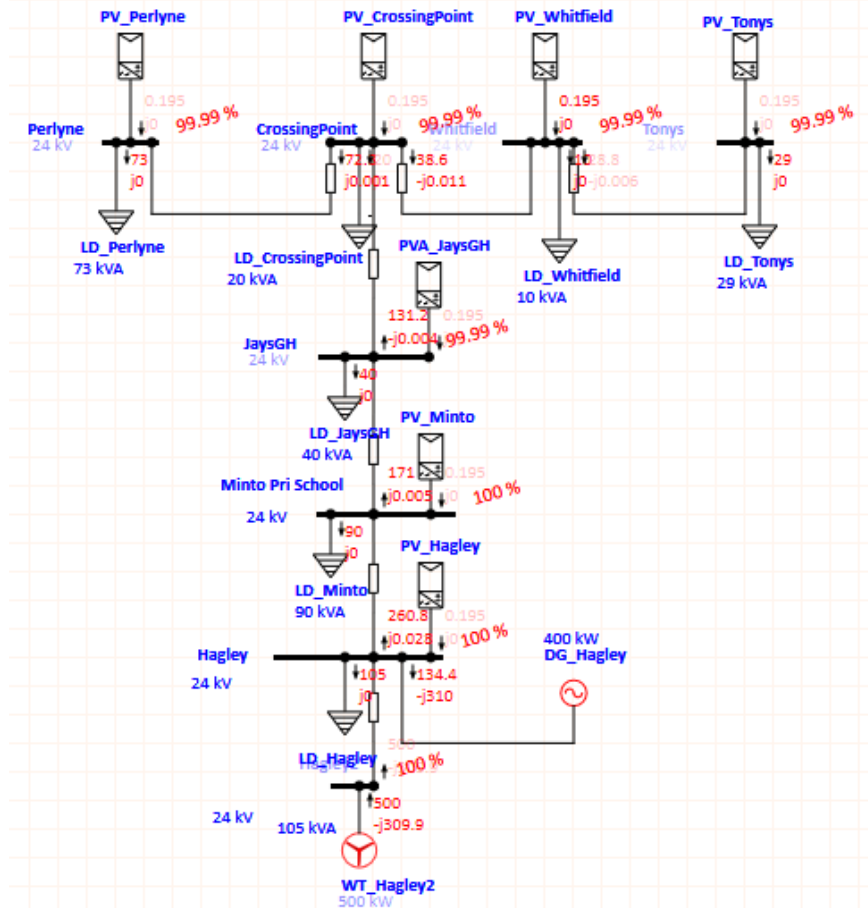


出所: JET 作成

図 3-42 Hagley Gap Microgrid 計画の需要、PV・風力の出力予測

上 Hagley Gap マイクログリッドにつき、ソフトウェア ETAP による潮流解析モデルを図 3-43 に示す。

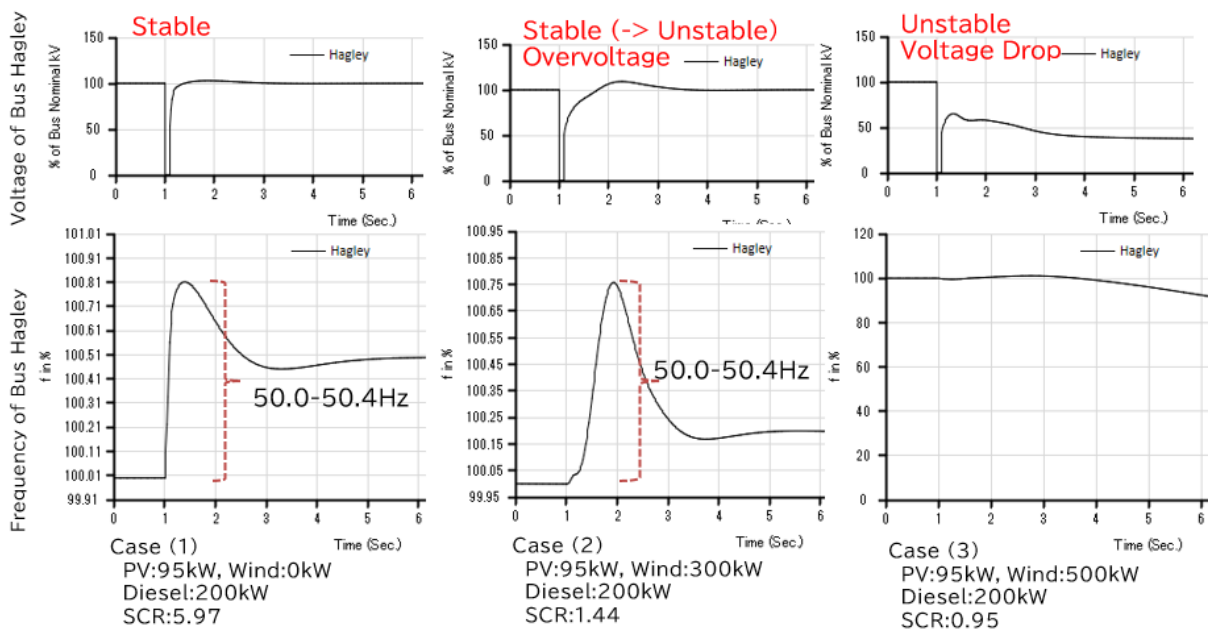




出所: ETAPを使用し、JET 作成

図 3-43 Hagley Gap Microgrid の ETAP モデル

過渡安定度計算の解析結果を図 3-44 に示す。事故条件として、シミュレーション開始後 1 秒で 100 msec(5 cycle)の三相地絡故障を Hagley Node で発生させた後、再開路した。



出所: ETAPを使用し、JET 作成

図 3-44 Hagley Gap Microgrid 過渡安定度計算例

想定と結果をまとめると、以下の通りである。

1) マイクログリッド電圧

マイクログリッドの電圧を現在 JPS が進めている配電線電圧の昇圧プロジェクトに従い 24 kV と仮定した。総負荷を 367 kW とした。500 kW の風力発電が接続され、屋根置き PV は各世帯と 6 施設で合計 95 kW を接続するとし、バックアップ用の 400 kW ディーゼル発電機を設置した。この状態で潮流計算を行ったが、マイクログリッドの電圧に問題は見られなかった。

2) 過渡安定度計算

PV と風力の出力の合計が 125 kW を超えると、過渡安定度計算(Transient Stability Analysis)の結果、不安定で動揺が起きやすくなることが示された。この出力は SCR が 3 以下になる条件でもある。この場合、同期化力の為にディーゼル発電機が必要となる。加えて、PV や風力に接続するインバータとして、GFM を BESS と共に採用するとした場合には、安定になる。GFM は、現状採用されている電流源で電圧追従型の Grid Following Inverter (GFL)とは異なり、電圧源で慣性と同期化力を供給できる形式のインバータである。現在実証中であり、将来導入が期待されている。SCR が 3 以上となるように GFM を設置する必要がある。

3) BESS の充放電速度と過渡安定度

BESS は、GFM を用いて系統に接続する場合は、充放電コントローラが充電・放電の切り替えを高速に制御することで、慣性と同期化力を与えることができる。これにより、マイクログリッドを安定に保つことができる。過渡安定度計算は、GFM を BESS と共に採用する想定で行った。なお、充電モードと蓄電モードの切り替えの遅れは考慮していない。BESS の充放電速度は高速で瞬時に PV と風力の変動をカバーできると仮定した。

4) 急激な出力対策

風力や PV の急激な出力低下対策のため、BESS の容量を風力及び PV の定格出力と同等の容量とすること、および BESS を GFM と共に用いることで、蓄電池をマイクログリッドの予備力として用いることができるようになる。

解析結果より、出力変動を補い安定化させるためには蓄電池が必要であると考え、蓄電池出力を需要と風力出力の差の最大値かつ PV の変動を補うための 260 kW、容量を 1.05 MWh とした。

またこの場合、ディーゼル発電機の燃料消費を抑えられるため、運用面で経済的にも有利となる。ディーゼル発電機設置に加え BESS を設置した場合と、ディーゼル発電機のみを設置した場合の初期コスト比較例を表 3-30 の通りに示す。蓄電池の無い場合の燃料消費量は PV の変動次第であるが 10 mil USD/年のオーダーとなり、初期コストの差は数年で回収可能と考えられる。ただし蓄電池も劣化するため、サイクル数によってはプロジェクト期間内で交換が必要になる可能性もある。

表 3-30 Hagley Gap Microgrid 計画のコスト試算 (左:蓄電池あり、右:蓄電池無し)

Item	Amount	unit	Remark	Item	Amount	unit	Remark
Unit cost of PV	1000	USD/kW		Unit cost of PV	1000	USD/kW	
Rated Output of PV	95	kW		Rated Output of PV	95	kW	
Cost of PV installation	94,700	USD		Cost of PV installation	94,700	USD	
Unit cost of Wind	2,500	USD/kW		Unit cost of Wind	2,500	USD/kW	
Rated output of Wind	500	kW		Rated output of Wind	500	kW	
Cost of Wind	1,250,000	USD		Cost of Wind	1,250,000	USD	
Unit cost of 24 kV system	400,000	USD/km		Unit cost of 24 kV system	400,000	USD/km	
Length of 24 kV	0.3	km		Length of 24 kV	0.3	km	
Cost of 24 kV system	120,000	USD		Cost of 24 kV system	120,000	USD	
Requirement of SCO	149	kVA	25% of PV+Wind output	Requirement of SCO	149	kVA	25% of PV+Wind output
Unit cost of SCO	200	USD/kVA		Unit cost of SCO	200	USD/kVA	
Cost of SCO	29,735	USD		Cost of SCO	29,735	USD	
Unit cost of Battery	400	USD/kWh		Unit cost of Diesel Generator	300	USD/kW	
Battery Storage	1.05	MWh	0.26 MW, 4 hr	Capacity of Diesel Generator	400	kW	
Cost of Battery	419,483	USD		Cost of Diesel Generator	120,000	USD	
Cost of Diesel Generator	120,000	USD		<b>Total Cost</b>	<b>1,614,435</b>	<b>USD</b>	<b>+ Fuel Cost</b>
<b>Total Cost</b>	<b>2,033,918</b>	<b>USD</b>					

出所: JET 作成

上は限られた情報に基づく机上の概算である。マイクログリッド計画を実施する場合、F/S などにおいて現地に太陽光・風力の気象観測装置を設置して1年以上計測し、その結果に基づいた最適な投資計画を策定し、利子など財務条件に基づいた経済財務評価を行うことが望ましい。

上のマイクログリッドの計画手法と解析のモデリングと結果につき、2023年2月の第3回セミナーにおいて説明し、技術移転を行った。

### 3.3.8 再生可能エネルギー導入・系統安定化への人材育成

ベースライン調査の結果、再エネ導入につき、3.2.4に記す通り、ジャマイカにおいて再エネそのものの実施に問題はないと判断された。一方、大量再エネの導入における系統の安定化が顕著な問題となっていることが明らかになった。2016年の大規模PV、風力の接続により、系統の周波数や電圧が乱れ、フィードの遮断が頻繁に発生した。2021年のJPSによるHESSの導入により系統は安定したが、今後の再エネ導入50%目標に応じたさらなる大規模VRE接続に対応する人材育成が必要である。そこで、大量再エネ導入にかかる系統安定化セミナーを3回に分けて実施することで、C/Pと合意した。セミナーの目的、内容をまとめたものを、表3-31に示す。

セミナーの主目的は以下の通りである。

- 大量VREの系統接続にかかる課題を理解する。
- VRE接続が可能かどうかの判断を行うために、系統解析の基本や要素を理解する。
- 系統解析の結果にかかる知見、系統安定化に必要な対処についての知見を得る。

なお、系統解析の実施そのものは、電力システムエンジニアリングのバックグラウンドを有し、プロフェッショナルになるには数年規模の実務経験が必要な分野である。数回のセミナーで習得が可能な分野ではない。系統解析や過渡計算そのものの実施は、コンサルタントや専門家がを行い、C/P機関はそのTerms of Reference (ToR)の作成やレポートの評価、作業の監理や課題の理解、必要な投資計画を策定する、その為に必要な知見とセンスを得ることを、セミナーの主眼とした。

表 3-31 大量再エネ・系統安定化セミナーの目的、内容

Title	Date	Objective	Contents
1st Seminar	12 Oct 2022	To share basic technical knowledge for grid analysis with large RE	Overview of Power system, per unit method, modeling, asset management, load flow analysis, introduction of method, software and tools
2nd Seminar	30 Nov 2022	To conduct and exercise grid modeling and analysis	Grid modeling, Microgrid, example, Load flow analysis and stability analysis, evaluation
3rd Seminar	8 Feb 2023	Review and exercise of grid analysis with scenario cases	Detailed system and countermeasures, protection, Exercise of tools for grid analysis with various RE scenarios, discussion for policy and grid code

出所: JET 作成

セミナーの内容については、大量再エネ導入時の課題と発生しうる問題、その対処方法、系統解析に必要な電力システム基礎、系統モデル化と解析の手法、系統解析結果の例示、マイクログリッドの計画手法と解析結果例などを含めた。

また、ジャマイカにおける系統計画は先進的であるが、他方で盗電が大きな課題となっている。この対策の一助とするため、セミナーの項目を追加し、盗電の場所と量を推定する状態推定の手法を紹介した。

各回で用いたセミナー資料を、**Appendix 3-3-1, 3-4-1, 3-5-1** に示す。また、得られたフィードバックは各回それぞれ **Appendix 3-3-2, 3-4-2, 3-5-2** に添付する。

C/PのMSETだけではなく、グリッドコード制定にかかる規制機関はOffice of Utility Regulation (OUR) であるため、議論におけるOURの参画が重要である。よってセミナーにはOURからも参加した。特にJPSからは若手の研修機会と捉えられ、多くの参加があった。

大量再エネ・系統安定化セミナーのアジェンダと参加者を表 3-32 に示す。

表 3-32 大量再エネ・系統安定化セミナーのアジェンダと参加者

Seminar	Agenda	Participant
1st Seminar	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Activity and overall project schedule</li> <li>2. RE target, challenges, and activity of Technical Assistance</li> <li>3. Grid with large RE penetration and Microgrid Concept for resilience</li> <li>4. Proposed Contents for Workshop No.1 and No.2</li> <li>5. Suggestion for countermeasure to non-technical loss</li> </ol>	32 nos in total (MSET: 3, OUR 4, JPS and other: 25)
2nd Seminar	<ol style="list-style-type: none"> <li>0. Opening Remarks</li> <li>1. Project Outline, RE and Microgrid Concept</li> <li>2. Review and Feedback of 1st seminar</li> <li>3. Why Grid Stability is necessary                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Grid Modelling for Jamaica</li> <li>- Basics of Power System Engineering for Grid Stability Simulation</li> </ul> </li> <li>4. Load Flow Analysis and its Evaluation</li> <li>5. Transient Stability Analysis and Evaluation of Stability</li> <li>6. State Estimation for Multi-point Pilferage</li> <li>7. Discussion for future grid and RE in Jamaica</li> </ol>	45 nos in total (MSET:6, OUR:2, JPS and other: 57)
3rd Seminar	<ol style="list-style-type: none"> <li>0. Opening Remark</li> <li>1. Project outline, Review and Feedback of 2nd Seminar</li> <li>2. Grid Scenario proposed and stability analysis</li> <li>3. Development Status of Grid Forming Inverter and its Safety                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Current Status, Blackout with GFM &amp; Black Start using BESS</li> </ul> </li> <li>4. Transmission lines and Remedial Action Schemes                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Special Protection System, PV/Wind Turbine Trip</li> </ul> </li> <li>5. Microgrid planning</li> <li>6. Technology options</li> <li>7. Policy recommendation</li> <li>8. Discussion, sharing good practice of Jamaica, and way forward</li> </ol>	29 nos in total (MSET:6, OUR:3, JPS and other: 20)

出所: JET 作成

### 3.3.9 再生可能エネルギーの導入プロジェクト実現化

ジャマイカは燃料費及び電気料金が非常に高い為、民間の再エネ導入プロジェクト実現に関する障壁は少ない。風力、太陽光の導入はすでに民間業者が主体となっている。風力発電業者の Wigton Windfarm 社などをはじめとした VRE の IPP 業者は政府の入札を待っている状況である。PV の事業者も数多い。よって、PV、風力の導入実現そのものに特に課題は無い。

一方、VRE 導入を無作為に行えば、系統安定化の問題が顕在化する。大規模な再生可能エネルギー導入プロジェクトは、IRP に従い政府が IPP のオークションを実施することとなって

いる。系統安定化のための投資計画を時期的にも整合させるよう、また系統安定化の必要機器についても改定中 IRP で検討するよう、提言を行った。

### 3.3.10 再生可能エネルギーの導入目標実現に向けた政策・制度

電源と系統開発計画は改定中 IRP で国家計画として定められることになる。よって、IRP に採用されるよう、3.3.1 に記した提言内容を、2022 年 11 月の第 2 回、2023 年 2 月のセミナーにおいて提示し議論した。また内容についてのフィードバックを求めた。セミナーでの提示内容のサマリーを、表 3-33 に示す。

表 3-33 政策提言のサマリー

Item	Description
Storage for smoothing output and peak shift	- Mandatory installation of BESS, for example, more than 80% of Peak MW and 4hrs storage for utility scale VRE
Investment to secure inertia and spinning reserve for grid	- Maintaining sufficient synchronous generator for spinning reserve - Introduction of Grid Forming Inverter (GFM) for VRE once available, application of Weather projection system
Investment for voltage and reactive power	- Mandatory application of Inverter with reactive power compensation for Wind/Solar IPP
Sharing responsibility of grid stability among utility, IPP, consumers	- Utility: maintaining transmission and distribution line frequency and voltage stability, ancillary service - VRE IPP: installation of inverter with VAR compensation & energy storage - Consumer: demand response, ToU setting & EV charging, peak shifting
Option for storage (especially with inertia)	- In addition to BESS, consideration of V2G, hydrogen, (pumped storage), Compressed Air Energy Storage (CAES) and Gravity Storage in future
Microgrid	- To promote microgrid to strengthen resiliency
Data management	- GIS for distributed PV, Database management, Asset management
Recycle/disposal	- Consideration for disposal and recycling of battery and PV panel
Finance	- Use of climate finance, international finance cooperation for RE&stability
“Best-Mix” Energy	- Gas for fluctuation mitigation as intermittent measurement. - Multiple alternative for RE and storage, not a single source (Solar/CSP/Wind/Biomass, BESS/Thermal/new storage, etc.)

出所: JET 作成

また、グリッドコードについては、他国事例や IEEE の規定を参照し、下の提言を行った。

- 力率は 0.85 遅れから 0.85 進みまでの間とすること。DVS(Dynamic Voltage Support) 機能がインバータに搭載されている場合、力率の許容範囲は現在のコード値よりも広くする必要がある。
- 系統安定化のために PV の Maximum Power Point Tracking (MPPT) より力率、無効電力補償を優先すること。
- SCR を規定する項目を追加すること。系統安定性のために、SCR を 3 以上確保す範囲で VRE 接続を行うこと。(SCR を確保するために、可能な限りの水力の導入、可能であればバイオ燃料や集光型太陽熱発電(CSP)を採用することも推奨される)
- VRE の接続において、BESS を義務付ける事。また、系統安定化のための BESS の充放電制御を行うこと。
- GFM が市場調達可能になり次第、VRE と BESS の系統接続において GFM の採用を行うこと。また、GFM が利用できない場合は、無効電力補償機能のあるインバータを採用する事。

上につき、OUR から、特に SCR を 3 以上にすることについては賛成であるなどのコメントを得ている。

### 3.3.11 本邦研修

本邦研修を技術移転の総仕上げとして実施した。概要は表 3-34 の通りである。詳細については、Appendix 3-6 に示す。

表 3-34 本邦研修の概要

日時	2023 年 4 月 9 日(日) - 4 月 22 日(土)、計 14 日間
参加者	ジャマイカ 2 名、バルバドス 4 名、セントクリストファー・ネイビス 3 名
場所	JICA 東京、東京都、茨城県、福島県、沖縄県
目的	各国の再生可能エネルギー導入および省エネルギー推進が前進するよう、各研修員に講義もしくは見学を通じて日本の技術や知見の取得する研修を実施する。

出所: JET 作成

本邦研修の研修員成果発表にてジャマイカ研修員から得られた、今後 JICA や日本政府から支援を受けたい分野や取り組みについて、以下にまとめる。

#### (1) 省エネルギー推進

ジャマイカの研修員は、同国の省エネルギー推進に係る課題/現状として以下を挙げた。

- ・ 旺盛な電力需要と高いエネルギーコスト
- ・ エネルギー効率や省エネルギーに関する意識が低く、また、省エネ活動が実践されていない
- ・ 省エネ推進はこれまで規制対象外であった

省エネ推進には、(i) 高効率技術の積極的な市場投入によるユーザーの増加、(ii) 公共部門向け省エネルギー基準ガイド策定、(iii) 既存政策 National Energy Policy の推進、(iv) 省エネビルディング化（民間企業/NGO/学校）、が重要だと述べた。

また、研修員は JICA や日本に対して、以下のニーズや期待する項目があることを説明した。

- ・ 省エネビルのさらなる開発支援
- ・ 省エネモデルビルへの評価・表彰制度策定
- ・ ZEB および省エネ業界のリーダー向け技術力強化・育成
- ・ 省エネビルに係る規制と（規制制度の）執行
- ・ 家電製品のラベリング・評価システム開発
- ・ （省エネ運転自動化を実現する）スマート家電製品導入
- ・ 官公庁向けエネルギー管理システムの導入推進
- ・ エネルギー管理者の育成（パイロットプログラム）
- ・ 省エネプロモーションや省エネ技術普及啓発アニメーション作成支援

#### (2) 再生可能エネルギー導入

ジャマイカの研修員は、同国の電力セクターの課題として以下を挙げた。

- ・ ピーク需要が減少トレンドであること
- ・ 産業需要家をはじめ、系統の大規模消費者が自家発電へ移っていること
- ・ 高いノンテクニカルロス

- 政策と規制の枠組みが発展段階にある（2023年12月までに政策の完成を目指す）

なお、ジャマイカ現政権内閣は、すべての化石燃料の発電は再生可能エネルギー技術に置き換える方針を述べたことを付記した。

また、研修員は JICA や日本に対して、以下のニーズや期待する項目があることを説明した。

- エネルギーデータの収集、管理、分析、Web モニタリング
- JPS のライセンス 2027 年失効を踏まえた、ジャマイカの電力セクター移行に関する分析
- 電力部門の市場・規制改革分析、分散型エネルギーソリューションを促進するための RE グリッド統合、発電計画最適化、送配電の近代化
- 水素他、エネルギー貯蔵オプションの適切なロードマップ策定
- 石油の上流・下流政策の立案
- 電力会社・IPP の従来グリッドの送配電サービスからの移行
- 料金制度の改定：ネットビルディングからネットゼロへ。余剰分を発電しない場合はゼロトレランスとする。
- マイクログリッドとレジリエンスを高めること
- 研究・開発パートナーシップ：FREA などを通じ、秘密保持契約を締結した上で、ジャマイカの送電網に対する技術的サポート、技術研究の実施
- Integrated Resource Plan-3（IRP-3）の支援：スピニング・リザーブの必要量を計算するための予備力調査、電力コスト削減モデル化、ユーティリティ規模のオフショア風力発電のフェージビリティを高める方法、など

特に IRP-3 は現在改定中の IRP-2 の次の電源・送配電開発計画ともなるもので、実施スケジュールはまだ決まってないが、上の項目がその中にスコープとして含まれると思われる。技術協力プロジェクトとして IRP-3 を実施することが可能であれば、ジャマイカの電力開発へのインパクトは大きいと考えられる。



## 第4章 プロジェクトの活動 (バルバドス)

### 4.1 ベースライン調査 (バルバドス)

本項ではベースライン調査にて確認した内容を示す。また、現地活動再開後にフォローアップし、かつ技術移転内容のベースとなった基本情報についても本項に一部記載する。

#### 4.1.1 関係機関

ベースライン調査では、以下の各機関やサイトで面談・協議や、サイト視察を行った。

- MEWR (Ministry of Energy and Water Resources) ※実施機関・C/P 機関
- BL&P (Barbados Light and Power Co., Ltd.) ※C/P 機関
  - ・ Spring Garden 発電所
  - ・ Trens PV 発電所
- JICA セントルシア事務所
- 在バルバドス日本国大使館
- CARICOM (Caribbean Community)
- CCREEE (Caribbean Center for Renewable Energy and Energy Efficiency)
- GIZ (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeithe)
- IDB (Inter-American Development Bank)
- CIMH (Caribbean Institute for Meteorology & Hydrology)
- BMS (Barbados Meteorological Services)
- UWI (University of West Indies (Cave Hill Campus))
- BNSI (Barbados National Standards Institution)
- CBD (Caribbean Development Bank)
- Town & Country Development Planning Office
- BWA (Barbados Water Authority)
- Megapower
- FTC (Fair Trade Commission)

#### 4.1.2 調査項目

本プロジェクトのベースライン調査で確認すべき内容に基づき、調査を行った。バルバドスに該当する項目は以下の通りである。

##### (1) 電力システム

- ・ 電力需要側の基本指標

##### (2) 省エネルギー推進

- ・ 省エネルギーの推進状況、政策・計画の確認
- ・ 省エネルギー推進に向けた人材・組織能力の確認

##### (3) 既設火力発電設備の改善

- ・ 火力発電設備の運転維持管理に係る現状の確認

##### (4) 再生可能エネルギー導入

- ・ 再生可能エネルギー/系統安定化技術にかかる導入状況、政策・計画、実施体制・能力などの確認
- ・ 再生可能エネルギー導入に向けた人材・組織能力の確認

#### 4.1.3 エネルギー政策および電力開発計画

##### (1) エネルギー政策

バルバドスのエネルギー政策は Barbados National Energy Policy (BNEP)2019-2030 で策定されている。同政策は、バルバドスの近代的、効率的、多様で持続可能なエネルギー供給の達成を目指す。BNEP で太陽光、風力、バイオ燃料およびエネルギー貯蔵の活用を拡大した再生可能エネルギー(RE)導入目標として、2030 年までに、電力だけではなく交通セクターも含むすべてのエネルギー供給を RE100%とし、カーボンニュートラルとする目標を掲げている。

目標は、BNEP 2019-2030 には次の点を含めた政策としている。

- ✓ すべての居住者と訪問者に、信頼性が高く、安全で、手頃な価格で、持続可能で、最新の、気候に優しいエネルギー サービスの提供。
- ✓ 化石燃料の国内消費を経済全体でゼロに。
- ✓ 陸上および海上の両方で生産されたすべての炭化水素の輸出。
- ✓ 分散型 RE 形成と貯蔵 (エネルギーの民主化) への地元 (個人および企業) 参加の最大化。
- ✓ 外貨流出の最小限化
- ✓ RE の研究開発における卓越した地域センター創設。

具体的なエネルギーミックス目標は、化石燃料を 2023 年までに 49 %、2030 年までに 100 % 削減、RE を 2023 年までに 52 %、2030 年までに 100 %増加させることを掲げている。

輸送部門では 2030 年までに乗用車の完全電化またはバイオ燃料の使用を目標としている。

省エネルギー推進も一つの主要施策に位置づけられている。しかしながら、国家目標達成に向け EE 推進を取りまとめたパッケージ化された政策は未策定である。

RE100%導入によるカーボンニュートラルを掲げている一方で、化石燃料資源の探索が進められているが、これに対しては、これによる全ての炭化水素を輸出し外貨利益を最大化する観点から引き続き積極的に追求するとしている。

また、2021 年 7 月に NDC を UNFCCC 事務局に正式に提出している。NDC には BNEP2019-2030 に準じて化石燃料を使用しない経済を達成し、2030 年までにすべての部門で GHG 排出量を可能な限りゼロにするという野心的な目標を設定したと明示している。経済全体では 2030 年までに GHG 排出量を 70%削減としている。

##### (2) 電源開発計画

RE100%目標を達成する為、電源および系統のバルバドス国家計画である Integrated Energy and Resilience Plan (IRR)が策定された。IRR の資金は IDB で、コンサルタントは英国の Mott Macdonald 社が雇用された。IRR は電源をはじめとしたエネルギー需給の総合的評価を行い、エネルギー最適化と消費者電力コストの最小化を目的として策定された。

IRR においては、3 つのシナリオで検討され、それぞれシナリオ 1 は政策介入がない最小コスト計画(LCP、Least-cost Plan)、シナリオ 2 は、炭素価格の政策を加味したカーボンプライスシナリオ(CO<sub>2</sub>、Carbon Cost Internalized)、シナリオ 3 はシナリオ 2 に RE を強制する政策を追加したシナリオ(FRES、Forced Firm Renewable Scenario)としている。

IRR では 2040 年までの電力需要を基本需要、高需要および低需要の 3 つのシナリオで試算している。基本需要シナリオにおける 2030 年の電力需要は 1,277GWh、2040 年の電力需要は 1,499 GWh と試算されている。これは 2019 年のレベルからそれぞれ 35 %および 59 %増加に相当する。輸送部門では、EV の大部分が自家用車であると予想され、2030 年には 264GWh であり最大需要増加となるとしている。この新たに電化される輸送部門の需要は全体の 21 % を占めことになる。需要予測については、別途 4.1.4(6) に示す。

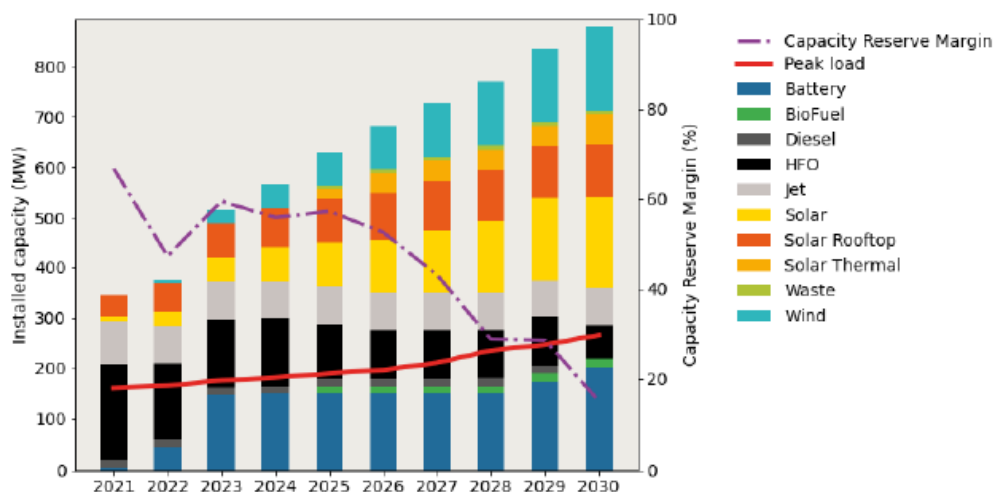
今後の電源開発においては、RE が最も魅力的な選択肢とされ、特に太陽光が最も経済的で、風力が2番目の最有望策として認識されている。

IRRP ではすべてのシナリオにおいて、2030年までに設置容量が800 MWを超え、ピーク需要の4倍に達するようなVREと蓄電池の成長が際立つと予測している。各シナリオの発電電力量電源構成を表4-1に示す。現在MEBはシナリオ3(FRES)を前提に計画している。シナリオ3における2021年から2030年までの発電設備容量構成、ピーク負荷および設備予備率を図4-1、発電電力量構成を図4-2にそれぞれ示す。

表 4-1 2021年と2030年における各シナリオ別発電電力量と電源構成

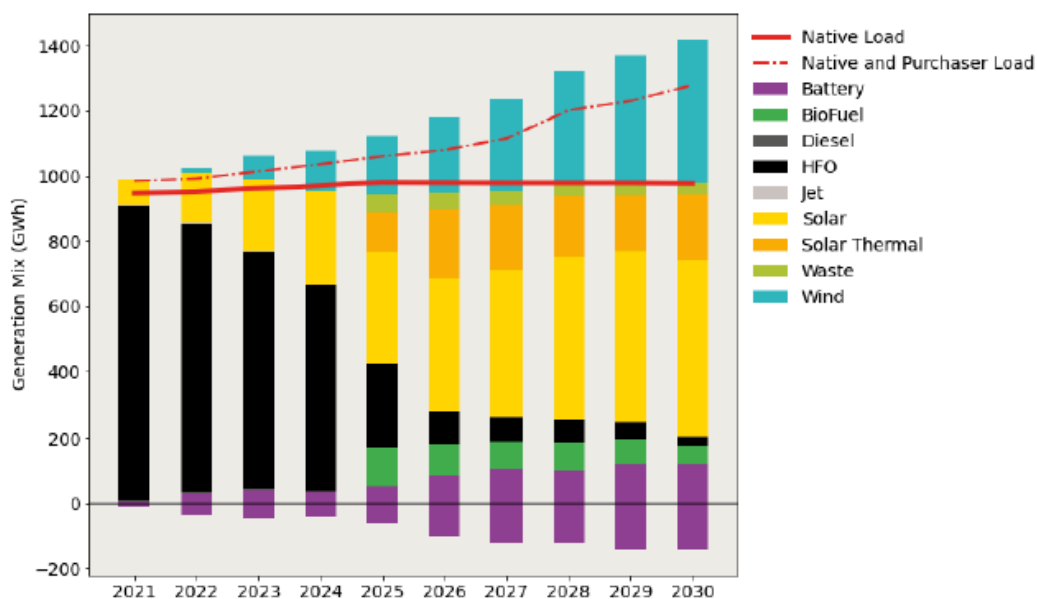
電源構成比率 (%)	2021	2030		
		シナリオ 1	シナリオ 2	シナリオ 3*
化石燃料	95	9	5	2
太陽光	4	41	38	38
太陽熱	0	11	17	14
風力	0	30	31	31
バイオマス、埋立ガス&廃棄物	0	0	0	6
バッテリーエネルギー貯蔵システム	1	9	9	9

出所: IRRP 2019-2030, Mott MacDonald



出所: IRRP, Mott MacDonald

図 4-1 IRRP Scenario 3 における 2021 年から 2030 年までの発電設備容量構成、ピーク負荷および設備予備率



出所: IRRP, Mott MacDonald

図 4-2 IRRP Scenario 3 における 2021 年から 2030 年までの発電電力量構成

#### 4.1.4 電力需要側の基本指標

##### (1) エネルギーバランス表によるエネルギー消費量

国際連合統計部が公表しているバルバドスのエネルギーバランス(2016 年)をもとに、需要側電力消費量を一次エネルギー換算して評価した場合のセクター別、エネルギー別エネルギー消費量を表 4-2 に示す。セクター別エネルギー消費割合は運輸分野が最大で 33%、次いで業務・公共分野(25%)、家庭分野(20%)となっている。

電力に関しては、発電は 98% が石油、2% が天然ガスと再生可能エネルギーによるもの、また、需要に関しては、民生分野(業務用+家庭用)で電力消費量の 71% を占めている。

表 4-2 バルバドスのエネルギー消費量(セクター別、エネルギー別、一次エネルギー換算ベース、2016 年、KTOE)

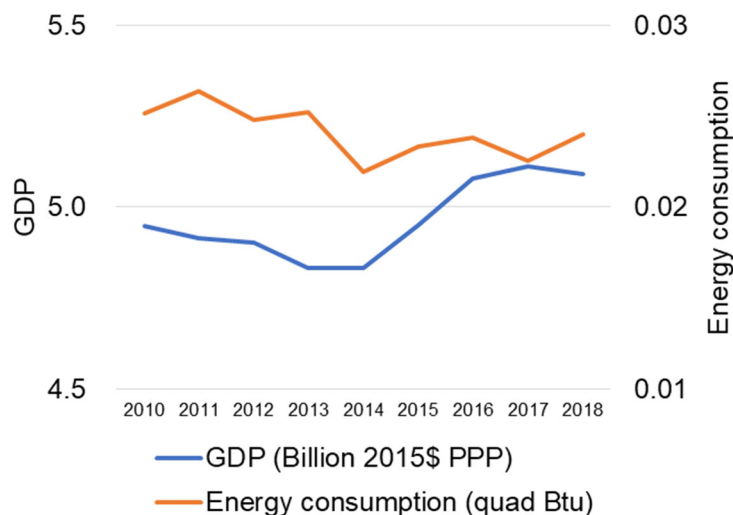
	産業	業務・公共	家庭	運輸	その他	合計
石油	17	12	8	138	1	175 (42%)
天然ガス	1	7	2	0	0	10 (2%)
バイオ/排熱	7	0	0	0	1	7 (2%)
木炭	0	0	0	0	0.2	0.2 (0%)
電力(一次エネルギー換算値)	19	84	74	0	47	224 (54%)
合計	43 (10%)	103 (25%)	83 (20%)	138 (33%)	48 (12%)	416 (100%)

注: 電力の一次エネルギー換算係数は、バルバドス政府提供資料より需要端効率=36.3%を想定。

出所: 「バルバドスエネルギーバランス (United Nations Statistics Division)」、及び、上述電力需要端効率を用いて JET 作成。

##### (2) エネルギー消費量とエネルギーインテンシティ

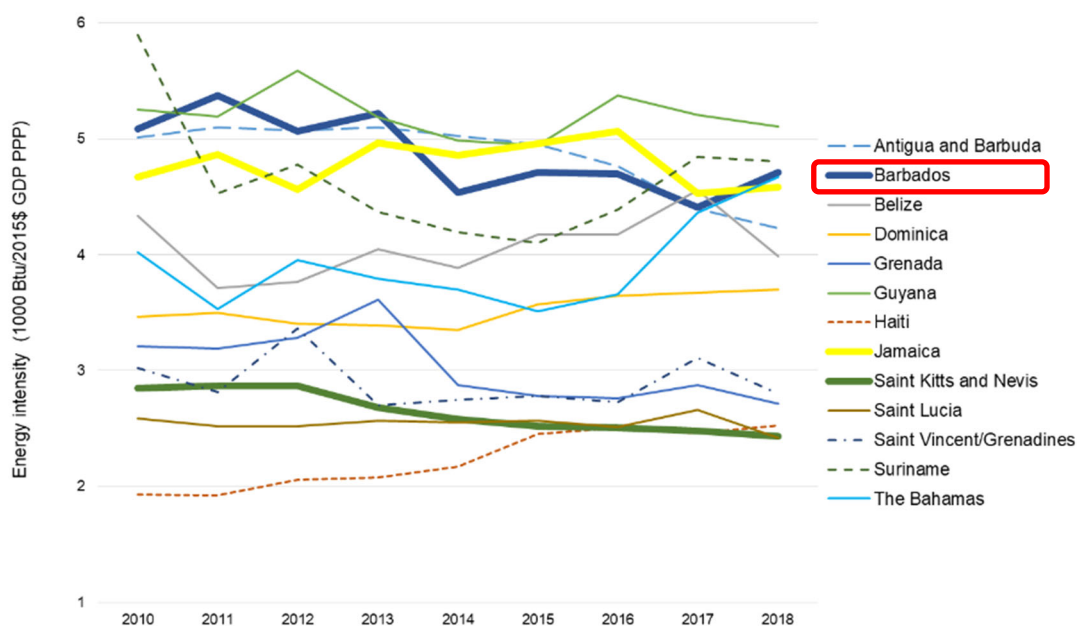
2010 年から 2018 年までの GDP とエネルギー消費量の推移を図 4-3 に示す。2010 年~2018 年において順調な経済成長が進む一方、国全体のエネルギー消費量は経済成長に比して減少傾向にある。



出所: U.S. Energy Information Administration データを基に JET 作成。

図 4-3 GDP とエネルギー消費量の推移(2010-2018)

従い、2010～2018 年のエネルギーインテンシティの推移も図 4-4 に示す通り低下(=改善)傾向にあるものの、カリコムメンバー国の中では 3 番目に高いインテンシティであり、エネルギー消費効率の改善余地の大きいことが確認された。



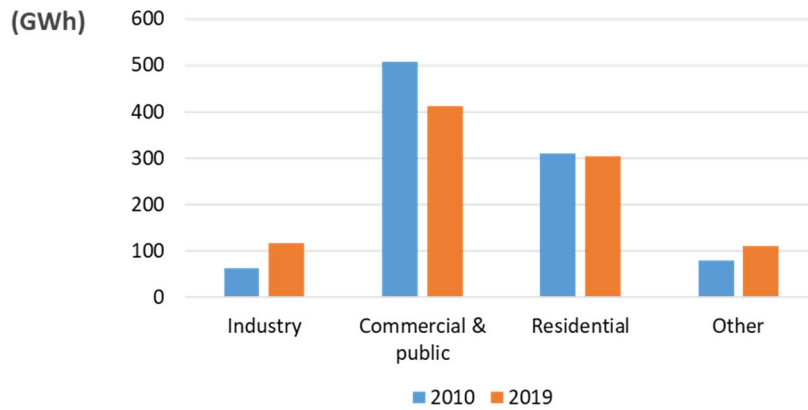
注: MEB によれば、エネルギーインテンシティに係る公表値はない。

出所: U.S. Energy Information Administration データを基に JET 作成。

図 4-4 カリコムメンバー各国のエネルギーインテンシティの推移(2010-2018)

### (3) 電力消費量

2010 年から 2019 年の 10 年間にわたる電力消費量全体の増減は-2%であり、セクター別では、セクター別では、産業用：+87%、業務用：-19%、家庭用：-2%となっている。図 4-5 に 2010 年～2019 年までのセクター別電力消費量の変化を示す。

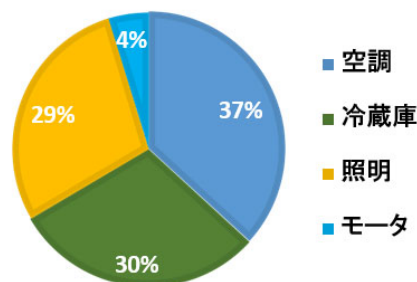


出所: 「バルバドスエネルギーバランス(United Nations Statistics Division)」より JET 作成。

図 4-5 セクター別電力消費量の変化(2010～2019年)

#### (4) 用途別電力消費量割合

バルバドス全体の電力消費量の用途別電力消費量割合を図 4-6 に示す。バルバドス全体の電力消費量の中で、使用用途が明示されている電力消費量の約 4 割が空調用途によるもの、次いで冷蔵庫、照明(ともに約 3 割)となっている。従って、この 3 用途に優先順位を置きつつ、省エネルギー対策を立案・実行していくことがバルバドスの省エネルギー推進には極めて有効である。

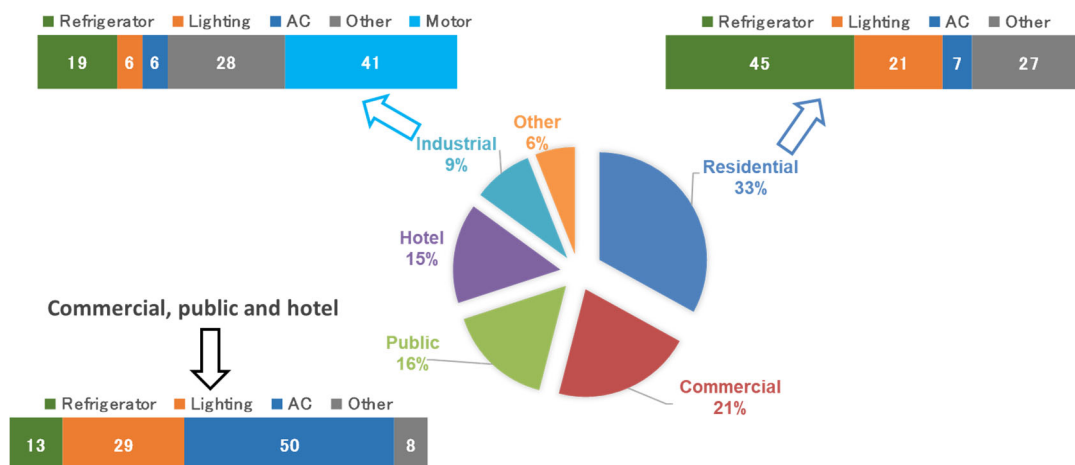


注: 需要種別が「その他」に区分されている需要(6%)、および、各種別で用途が「その他」に区分されているデータは、省エネ対策検討が困難であるため除いた(家庭用:27%、業務用:8%、産業用:28%)。

出所: バルバドス政府提供資料「Consumer Guide Energy Efficiency」(BREA)を基に JET 作成。

図 4-6 バルバドスの用途別電力消費量割合(全セクター)

また、全セクターの用途別電力消費割合を図 4-7 に示す。

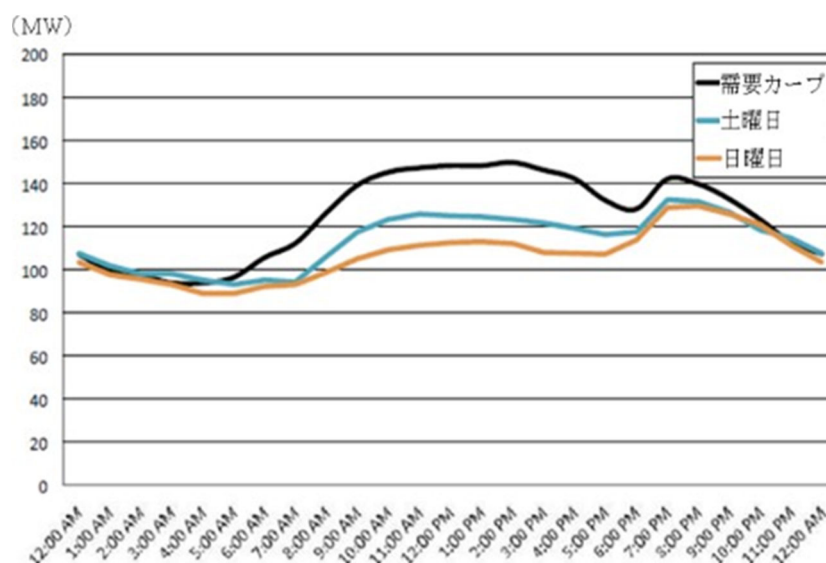


出所: バルバドス政府提供資料「Consumer Guide Energy Efficiency」(BREA)を基に JET 作成。

図 4-7 バルバドスのセクター別電力消費量割合

## (5) 最大電力と電力日負荷カーブ

バルバドスの電力日負荷曲線を図 4-8 に示す。最大電力は約 150 MW(発生時間帯:14 時～15 時)、また、日負荷カーブは午後のピーク時間帯の後いったん需要減少、再び点灯ピーク(19 時～20 時)が発生する、所謂「ニコブラくだ」型ロードカーブである。



出所: ウェストインディーズ大学資料(2016年9月)を基に JET 作成。

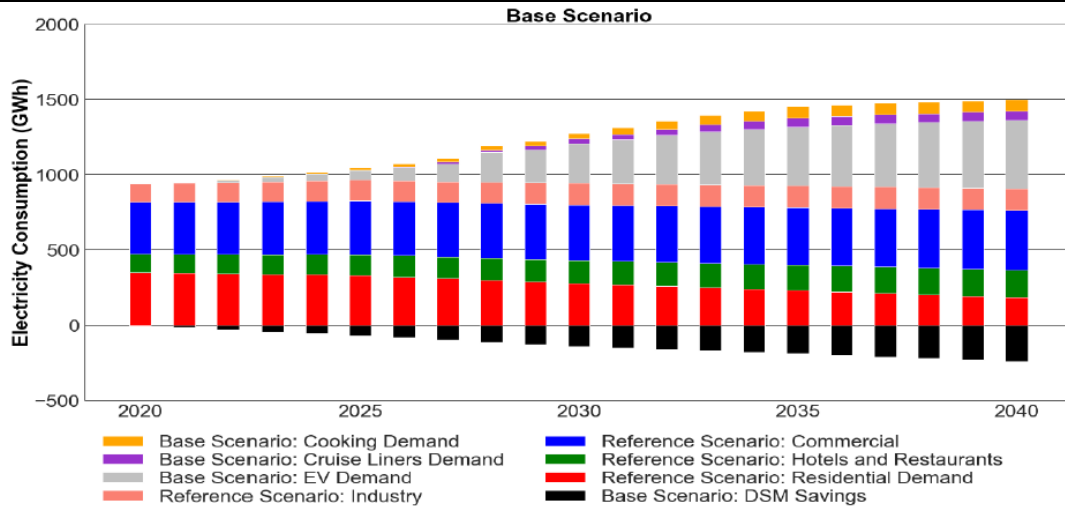
図 4-8 バルバドス国の電力日負荷曲線

## (6) 電力需要予測

IRRП では 2040 年までの電力需要を基本需要、高需要および低需要の 3 つのシナリオで試算している。将来の電力需要は既存の経済的な要因と将来の電化、特に輸送部門が関係しているとしている。2020 年から 2040 年までは、引き続き電力需要は商業および家庭部門により牽引され、2030 年から 2040 年までは EV が大きな割合を占めると推測している。

基本需要シナリオにおいては、2025 年までに緩やかに上昇し 1,049 GWh に達し、その後、急速に 2030 年に 1,277 GWh に達し、2040 年までには 1,499 GWh までになる試算されている。これは 2030 年および 2040 年の需要は 2019 年のレベルからそれぞれ 35% および 59% 増加に相当する。輸送部門では、EV の大部分が自家用車であると予想され、2030 年には 264 GWh、総需要の 21% を占める可能性があるとしている。更に、2040 年には 455 GWh まで達し、最大需要増加とみている。IRRП のベースケースにおける需要予測を図 4-9 に示す。

高需要シナリオでは 2020 年代に需要の伸びが加速し、2030 年には 1,670 GWh に達し、その後鈍化するも 2040 年には 1,776 GWh まで達するとしている。また、低需要シナリオでは 2025 年以降緩やかに増加し、2030 年には 899 GWh、2040 年には 1,003 GWh に達すると予測している。



出所: IRRP

図 4-9 IRRP ベースケースにおける需要予測

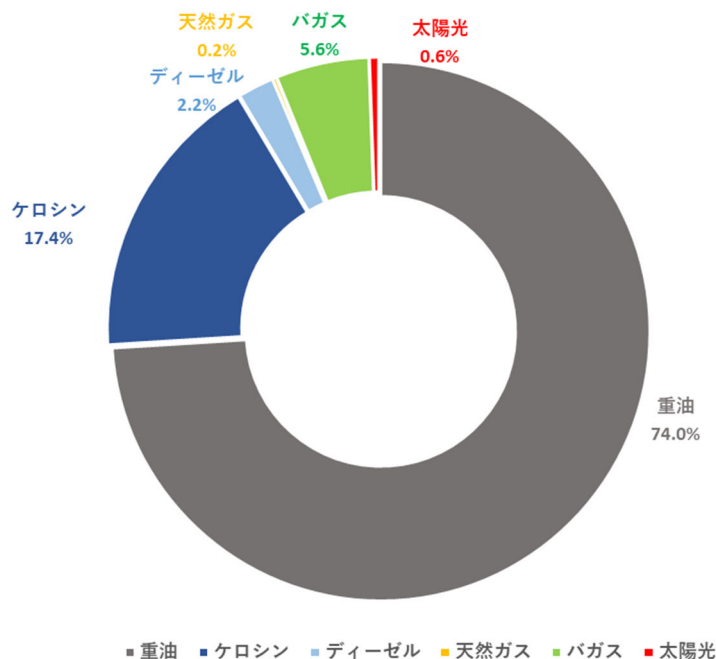
#### 4.1.5 電力供給側の基本指標

##### (1) アクセス率

World Bank のデータベースによると 1990 年より電力へのアクセス(電化率)は、100 %に達している。

##### (2) 電源構成

BNEP2019-2030 に記載されている、2015 年の電源(原燃料消費別)構成を図 4-10 に示す。すなわち、2015 年は化石燃料 93.8 %、バイオマス 5.66 %、太陽光 0.6 %の構成であったが、前述の IRRP の報告では 2021 年の構成は、化石燃料 95 %、太陽光 4 %、バッテリーエネルギー貯蔵システム(BESS) 1 %であり、太陽光が近年立ち上がりつつあると推察される。



出所: BNEP により JET にて作成

図 4-10 2015 年における電源(原燃料消費別)構成

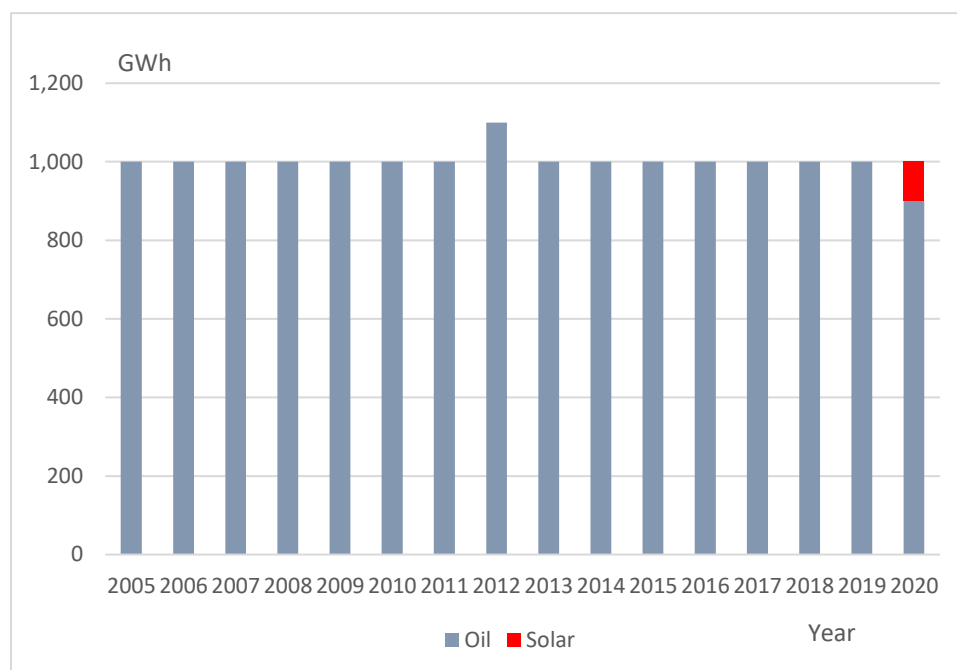


### (3) 電力事業者構成

BL&P (もしくは BLPC) は、1889 年設立されたバルバドスの電力会社である。BL&P はカリブ海諸国でもっとも初期の会社の一つで、公正取引委員会 (Fair Trade Commission, FTC))によって規制された垂直統合型の独占企業であり、現在はカナダに拠点を置く Emera Inc.が完全に所有している。1986 年に取得した既存のライセンスにより、BL&P は 2028 年までバルバドスで電力を販売する唯一のフランチャイズを持つことができるとされている。

### (4) 電力供給状況

米国エネルギー情報局(EIA, U.S. Energy Information Administration)が公表しているバルバドスにおける電源別年間発電電力量の内 2005 年から 2020 年までを図 4-11 に示す。下図が示す通り、これまでほぼ一定の発電量で運営され、かつ電源の燃料は、ほぼ 100%石油に依存してきた。2011 年頃から僅かに太陽光による発電が開始され、2020 年によりやく 100 GWh 程度の発電量が記録された。



出所: EIA のデータにより JET にて作成

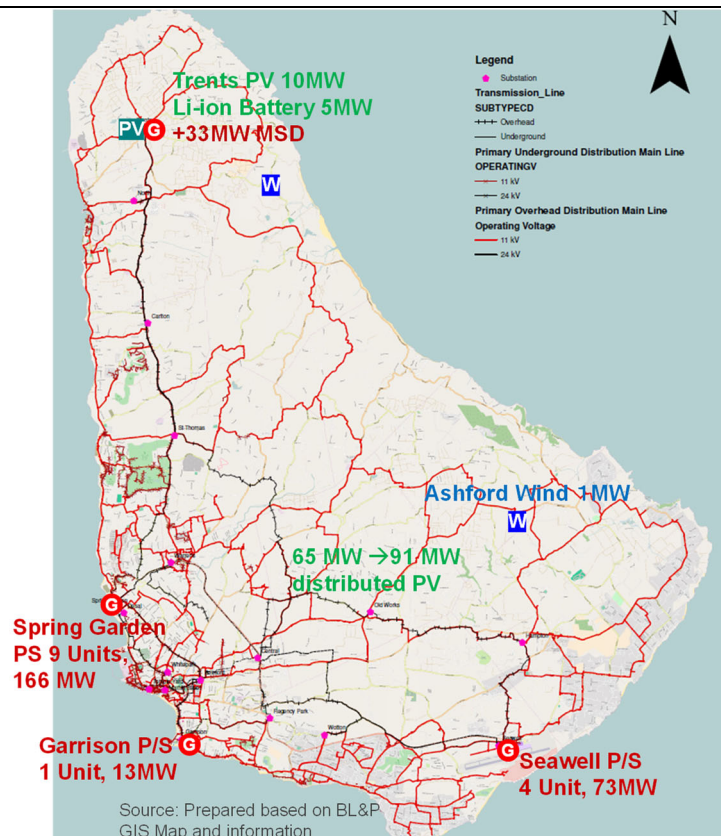
図 4-11 電源別年間発電電力量(2005-2020)

### (5) 送電網

バルバドスの送電網は、18ヶ所(内 12ヶ所は冗長伝送リンクで地中接続)の変電所と 150.2 km の延伸距離にて形成されている。系統容量は分散型 PV を除くと 2021 年で 255.5 MW であり、ピーク需要は約 150-160 MW である。週末は需要が低下し、130 MW 程度になる。

2021 年時点で導入されている大型の VRE は BLPC による Trents の 10 MW の PV のみである。Trents には 5 MW、20 MWh の BESS が併設されている。なお 2022 年末に 1 MW の風力が運転開始した。

送電系統と既存発電所位置を図 4-12 に示す。



出所: BLPC の GIS 情報に基づき、JET 作成

図 4-12 バルバドスの送電系統および発電所(既存および計画)位置図

#### 4.1.6 省エネルギー推進

##### (1) 省エネルギー政策と推進状況

バルバドスでは、「国家エネルギー政策、BARBADOS NATIONAL ENERGY POLICY, BNEP, (2019-2030)」において、国全体として 100%の脱化石燃料、すなわち、エネルギー源として完全に再生可能エネルギー由来とすることを国家目標に掲げている。同政策では、省エネルギー推進も一つの主要施策に位置づけられている。しかしながら、国家目標達成に向け EE 推進を取りまとめたパッケージ化された政策は未策定であり、今後サブポリシーとして EE マスタープラン等の策定が必要である。

バルバドスの主要省エネ政策、省エネ施策推進状況を表 4-3 に示す。

表 4-3 バルバドスの主要省エネ政策、省エネ施策推進状況

省エネ推進主要政策／施策	内容
エネルギー政策、省エネ政策	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 「国家エネルギー政策(BNEP) 2019-2030」が策定、議会承認されたものの、EEマスタープランが無い同プラン策定が急務。</li> <li>▪ BNEPでは、以下目標を掲げている。 <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 2023 年までに49 %化石燃料削減(ベースライン: 2015年)</li> <li>➢ 2030 年までに完全に脱化石(全セクター)。</li> </ul> </li> <li>▪ BNEPで言及されているロードマップ(IRENA)によれば、EEシナリオで2030年までに30 %の電力需要削減を想定(対2014年)。</li> </ul>
EEロードマップ	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ カリコム、CCREEE、CROSQにより2019年8月から策定着手予定との情報あり(GIZ)。</li> </ul>
MEPS&ラベリング(S&L)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ CARICOM Regional Organization for Standards and Quality (CROSQ)が地域全体のS&amp;L制度を制定予定(2022年)。</li> <li>▪ CROSQ原案(2018年)では対象製品は3製品: 家庭用冷蔵庫、家庭用エアコンディショナー、CFLとLED。</li> <li>▪ ミナスプリットRAC、冷凍冷蔵庫、CFL&amp;LEDの原案策定完了→自主規制で開始を企図。</li> </ul>
EEビルディングコード(EEBC)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ カリコム地域省エネルギービルディングコード 2018(CREEBC,2019年2月)を参照しつつ、ビルディングコード策定の検討段階。</li> <li>▪ CREEBC策定は本技プロ対象国のC/P機関、および、各国効率基準局等に加え、International Code Council (ICC)、ASHRAE等の専門家が参画。発刊後のメンテナンス(半年毎)はCROSQによる。</li> <li>▪ 国会承認、官報掲載を待つ段階。</li> <li>▪ EEBCは設計者へのガイドラインとの位置付け。</li> <li>▪ 効率基準局から日本の省エネルギー法(建築物)に基づく具体的な行政手続きに係る知見共有依頼あり。</li> </ul>
エネルギー管理士(CEM)／エネルギー診断士(CEA)制度	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ CEM/CEAはNPOのAssociation of Energy Engineers(AEE、米国ジョージア州)が発行。AEEは域内唯一の認定機関。CEMは経営的観点も含む一方、CEAは純技術分野の資格。なお、各国とも公的認証制度は無いものの、AEEによる資格が認知されている。</li> <li>▪ CEMは現地調査後に省エネルギー提案するレベルには至っていない。</li> <li>▪ 電力会社がトレーニング実施、受講証明書を発行。</li> <li>▪ CARILECは会員電力会社にトレーニング実施。</li> </ul>
省エネルギー診断(EA)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 2010年と2018年に実施。</li> <li>▪ 2018年分は2010年の省エネルギー対策の効果確認も含む。</li> <li>▪ 政府系建物約30軒(母数は約80～100軒(病院除く))。</li> </ul>
ESCO	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ PV設置も含むマーケットポテンシャルはあると見られている。</li> <li>▪ ただし、機器の高効率化、エネルギーマネジメントに比べ重要性は劣後。</li> <li>▪ BPLがESCOに取り組む計画あり(2020年)。</li> </ul>
ポンプ所	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ポンプへは既にインバータを導入済(フロアへの適用は残っている)。</li> <li>▪ 省エネルギー診断(2012年)後、2015-16 年に各ポンプ所の主ポンプにインバータを導入したものの、期待された省エネルギー／経済効果が得られていない。今後最新型インバータに交換予定。</li> </ul>

注: CARILEC は Caribbean Electric Utility Services Corporation の略  
出所: JET

(2) インバータルームエアコン(RAC)の経済性調査

バルバドスで販売されているルームエアコンの市場調査を行った結果、表 4-4 に示す通りであった。効率表記はインバータ、ノンインバータ機ともに定格運転時の効率表記であり、また、冷媒は全て R410a であった。

表 4-4 バルバドスで販売されているルームエアコン(2019 年調査)

機種	価格	効率
インバータ AC (12,000 BTU=3.52 kW)	US\$ 600 単位能力当たりコスト:170 (US\$/kW)	COP=3.25
インバータ AC (18,000 BTU=5.27 kW)	US\$ 850 単位能力当たりコスト:161 (US\$/kW)	COP=3.23
ノンインバータ AC (9,000 BTU=2.64 kW)	US\$ 300 単位能力当たりコスト:114 (US\$/kW)	COP=2.72
ノンインバータ AC (18,000 BTU=5.27 kW)	US\$ 500 単位能力当たりコスト:95 (US\$/kW)	COP=2.55

注: インバータ RAC(18,000BTU)は海外ブランド(LG 電子)であり、の単価(単位能力当たりコスト)が突出して高い。なお、他製品は地元ブランドと思われる。

出所: JET 作成。

上記ルームエアコンの市場調査をもとに、インバータ機とノンインバータ機との経済性試算を行った結果、インバータ機の単純投資回収年数=1.6 年となり、省エネルギー性に加えて高い経済性を有することが確認された(表 4-5 参照)。

表 4-5 バルバドスでのインバータ機とノンインバータ機との経済性比較試算結果(5.27kW 級)

増分イニシャルコスト	US\$ 350	US\$850 - US\$500
年間電気料金(インバータRAC)	US\$ 816	5.27(kW) x 2,000 (h) x 0.25(US Cent/kWh)/3.23)
年間電気料金(ノンインバータRAC)	US\$ 1,033	5.27(kW) x 2,000 (h) x 0.25(US Cent/kWh)/2.55)
年間電気料金メリット	US\$ 217	
<b>単純投資回収年数</b>	<b>1.6 年</b>	<b>350/(1,033-816)</b>

注 1: 前提条件: 全負荷相当運転時間=2000 時間(なお、ルームエアコンの年間電力量試算基準(ジャマイカ効率基準局)では、ルームエアコンの年間運転時間=2,000 時間と定めている)。

注 2: 家庭用電気料金フラットレート=0.25 (US Cent/kWh)。

注 3: ルームエアコンの効率は、定格運転時の表記(COP、EER 等)より精度の高い指標(ISO 規格は CSPF)を用いるべき。

→インバータによる省エネルギー効果はさらに拡大。

出所: JET 作成。

(3) 各種省エネルギー技術に対するニーズ調査

C/P 機関、関連ドナー等関係機関に対し、バルバドスにおける各種省エネルギー技術に対する導入優先順位/ニーズ調査をアンケート(聞き取り含む)方式で行った。その結果、導入/普及に向け関心の高い省エネ技術は、VRF、BEMS、インバータの活用、インバータ RAC 等であり、電力需要の大きい民生分野を中心にまだ普及されていない省エネ技術へのニーズ・関心の高さが示された。

本アンケート結果を表 4-6 に示す。

表 4-6 バルバドスにおける各種省エネルギー技術に対する導入優先順位調査結果

優先順位	省エネルギー技術
1	VRF
2	BEMS
3	インバータによる運転最適化
4	スマートメーター
5	インバータRAC
6	高効率冷蔵庫
7	高効率モータ(IE1-IE3 クラス)
8	LED
9	熱回収システム(コージェネ、熱回収ヒートポンプ)
10	アモルファス変圧器
EV	高い

出所: JET 作成。

#### 4.1.7 火力発電設備の運転維持管理

バルバドス国内の火力発電設備構成は表 4-7 に示す通りである。なお、Trents に新しく火力発電設備が設置され、2021 年から運転を開始した。

表 4-7 バルバドスの発電設備一覧(2019 年)

Plant	Unit	Type	Fuel	Manufacture	Installed Year	Rating Capacity (MW)
Spring Garden	D10(Unit A)	LSD	HFO	MAN	1982	12.0
	D11(Unit A)	LSD	HFO	MAN	1982	12.0
	D12(Unit A)	LSD	HFO	MAN	1987	12.0
	D13(Unit A)	LSD	HFO	MAN	1990	12.5
	CG01	ST	heat from unit A	Peter Brotherhood	1985	1.5
	D14(Unit B)	LSD	HFO	MAN	2005	30.0
	D15(Unit B)	LSD	HFO	MAN	2005	30.0
	CG02	ST	heat from unit B	SHINKO	2005	2.0
	Unit S1	ST	HFO	GEC	1976	20.0
Unit S2	ST	HFO	GEC	1976	20.0	
		Olympos GT	Jet Fuel/Diesel	Curtiss Wright	1969-1970	17.5
Garrison	G02	GT	Diesel	ABB	1990	13.0
Seawell	G03	GT	Diesel	ABB	1996	13.0
	G04	GT	Jet Fuel	ABB	1999	20.0
	G05	GT	Jet Fuel	ABB	2001	20.0
	G06	GT	Jet Fuel	ABB	2002	20.0
Trents	Unit 1	MSD	HFO	Wartsila	2021	8.25
	Unit 2	MSD	HFO	Wartsila	2021	8.25
	Unit 3	MSD	HFO	Wartsila	2021	8.25
	Unit 4	MSD	HFO	Wartsila	2021	8.25

出所: 聞き取りにより JET 作成

発電所(Spring Garden, Seawell, Garrison)の運転を監視する SCADA が Spring Garden 発電所に接続されており、中央給電指令所の役割を担っている。電力システムに EDC システムは未導入であり、ガバナーと手動で周波数をコントロールしている。メンテナンスについては主機メーカー推奨の交換時期にパーツ交換を実施するスケジュールドメンテナンスを実施している。クリ

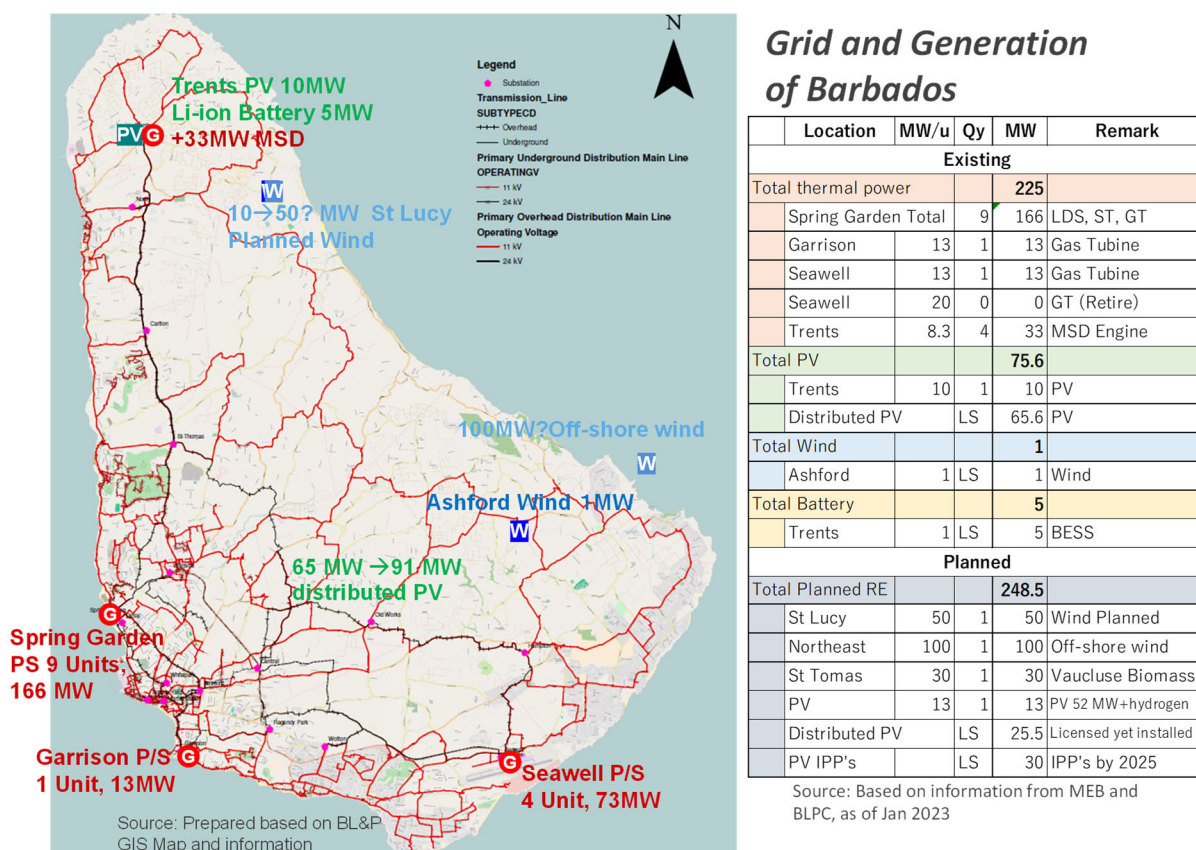
ティカルな機器については1年に2度、振動や温度などのデータを集め、トレンド解析を行うことによりプレディクティブメンテナンスを実施している。

新人トレーニングに関しては4年かけ、6か月ごとに座学を含め継続的に行っている。目標としてスケジュールドメンテナンスは自社ですべてできるようにしている。メンテナンスについては独自のデータベースを持ち、メンテナンスのプラン作成に活用している。なお、BL&PにはANSI (American National Standards Institute)の認定を受けているCMRP (Certified Maintenance & Reliability Professional)というメンテナンスの資格を有したエンジニアが所属しており、火力発電設備のメンテナンスの状況は良好と考える。

#### 4.1.8 再生可能エネルギー導入

##### (1) 再生可能エネルギー導入状況

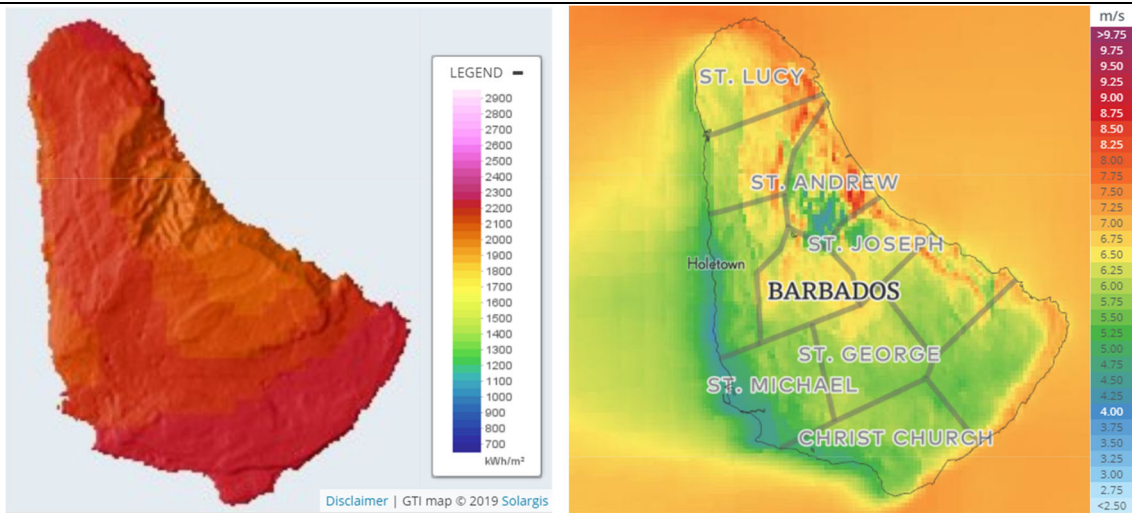
バルバドスの系統の容量は分散型PVを除くと2022年で255.5 MWであり、ピーク需要は約150-160 MWである。週末は需要が低下し、130 MW程度になる。2022年末時点で導入されている大型のVREはBLPCによるTrentsの10 MWのPV、St. Johnsの1 MW風力のみである。Trentsには5 MW、21 MWhのBESSが併設されている。バルバドスの系統図と発電所に再エネ計画を追加したものを、図4-13として示す。



出所: BLPCのGIS情報に基づき、JET作成

図4-13 バルバドスの系統図、発電所と再エネ計画

バルバドスの太陽光および風力のポテンシャルを図4-14に示す。



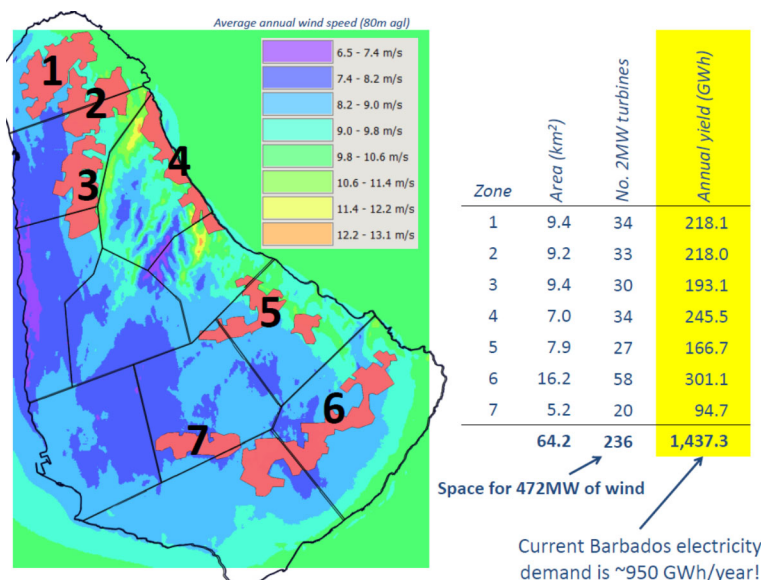
出所: ESMAP Global Solar Atlas, Global Wind Atlas

図 4-14 バルバドスの太陽光・風力のポテンシャル

他のカリブ諸国と同様、太陽光のポテンシャルは高く、おおむね  $2,000 \text{ kWh/m}^2$  ( $5.5 \text{ kWh/m}^2/\text{日}$ )以上で、特に南部は  $2,200 \text{ kWh/m}^2$  ( $6.2 \text{ kWh/m}^2/\text{日}$ )を超える。首都 Bridge Town 周辺、St. Michael, Christ Church などでは急激に分散型の屋根置き PV の導入が進んでいる。分散型 PV についてはフィードインタリフ (FIT)が施行されており、数 kW~500 kW 程度のものが導入されている。2018 年時点で 25 MW 程度と推定されていたが、2022 年 12 月時点では 65 MW まで増加した。2023 年初頭も毎月 3 MW ごとに増加している。屋根置き PV の出力は負の需要として系統上に現れ、BLPC の見掛け上の需要は 2015 年以降減少している。

風力については、大西洋の東からの風が吹くため、東部で年間平均風速  $6\sim 8 \text{ m/s}$  の箇所があり、ポテンシャルが比較的高く、西部では低くなっている。

West Indies 大学の調査(図 4-15)によると、472 MW の風力の開発が可能とされているが、実際は環境、地質との兼ね合いで、風力事業が可能なサイトは限定的である。また、東側中部は土地が砂質および粘土質の地盤の為、地質調査と風車の構造検討が必要とされている。



出所: Measuring and mapping wind energy in Barbados 2016

図 4-15 West Indies 大学によるバルバドスの風力発電可能量試算

風力事業は St. Lucy と St. Andrew の県境付近の Lambers で BLPC が 10 MW の風力発電を計画していたが、政府の要請により 50 MW への計画拡大を検討中である。

また、バルバドス初の風力 IPP として、St. Johns の Ashford Plantation に 1 MW の風力発電所が 2022 年末に運転開始した。これは Ashfold Dairy 社と Pavana Energy 社による IPP で、売電価格は 22.875 US¢/kWh である。

Trents 太陽光サイトと、Lambers 風力ポテンシャルサイトの写真を図 4-16 に示す。



出所: JET

図 4-16 Trents PV サイト(左)・Lambers 風力ポテンシャルサイト(右)

上の他、以下が計画されている。

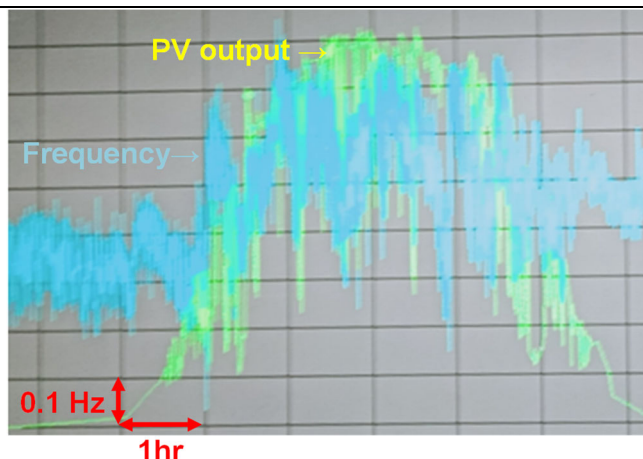
- PV IPP : (i) 10 MW PV, Kendal Sporting, north beach, (ii) 5 MW PV, Sipaple Golf Club, St. George, (iii) 4 MW Pan-African Solar, Cliff Plantation, St. George, (iv) スペインの事業者による 8 MW PV (BESS は無し)
- 52 MW PV + 3 MW BESS and Hydrogen storage, 系統接続最大 13 MW 、残りは水素燃料電池
- 30 MW 廃棄物発電(WtoE), Vancluse, St. Thomas
- International Finance Corporation (IFC)の融資による 100 MW off-shore wind, northeast

## (2) 系統安定化

バルバドスにおいては、民間企業である BLPC が政府より認可を受け、バルバドス唯一の送配電事業者として電力事業を行っている。BLPC はカナダの大手電力会社 Emera の系列会社である。現在のライセンスは 2028 年までの契約となっている。発電も BLPC が主体で、255 MW の火力発電所、および北部 Trents の 10 MW の PV を運営している。火力発電所は Spring Garden, Garison, Seawell, Trents の 4 か所である (Trents は 2021 年に新設)。

現在、特に分散型 PV による変動が系統の問題となっている(図 4-17)。周波数の変動が一分以内に 0.1~0.5 Hz に達することもある。Spring Garden のガスタービン発電機が周波数安定の為に使用されているが、ガバナーコントロールでは間に合わず、発電所のオペレータが手動で発電機を制御している。Spring Garden 発電所が系統の制御を行っており、Trents にバックアップがある。すべての発電機を一元管理するシステムはまだ有しておらず、現在 Automatic Generation Control (AGC)の導入を検討中である。





出所: BLPC

図 4-17 PVによる周波数変動例

Trents の PV に近接し、変動吸収およびピークシフトのための 5 MW、21 MWh のテスラ製の蓄電池が導入されている。インバータは無効電力も供給しており、PV による周波数の変動を抑えられるように設計が行われている。蓄電池の容量は Trents の PV の出力変動に対しては十分であるが、分散型 PV の急激な増加の後、系統全体の変動に対応しきれない。特にピーク需要が 130 MW に低下する週末は、分散型の PV の変動吸収がしきれないために、BLPC は Trents の PV を停止して対応している。2022 年 12 月時点で 65.6 MW の分散型 PV が各地に設置されている。認可済みのものを含めると 91.1 MW になる。その差の 25.6 MW の PV が追加で近年中に接続すると考えられ、更に系統における変動は大きくなる方向性である。

### (3) FIT 制度

FTC によると、2023 年 1 月時点の FIT は表 4-8 の通りである。

表 4-8 パルパドスの FIT 売電価格(2023 年 1 月)

Type	Scale	Tariff (BBDc/kWh)	Remark, up/down BBDc/kWh
PV	<10 kW	34.25	Down from 42.75
PV	10 to 100 kW	35.75	Down from 44.75
PV	100 to 250 kW	34.75	Down from 41.75
PV	250 to 500 kW	39.75	Up from 38.25
PV	500 kW to 1 MW	34.25	Down from 36.25
Land-base Wind	<10 kW	36.75	Down from 39.75
Land-base Wind	10 to 100 kW	45.75	Up from 38.25

出所: Fare Trade Commission (1 BBD = 0.5 USD)

上の売電価格は BESS などの設置を義務付けた価格ではない。上表に示す通り、風力・PV の発電コストが低下している国際的現状に対し、FIT 価格は十分に高く、民間事業者を惹きつける価格設定となっている。

このまま進めば系統安定化に問題が生じ、すでに BLPC は系統運用に課題を抱えている状況である。JET との議論に基づき、MEB は 10 kW 以上の VRE には BESS の設置を義務づける、または出力抑制を受け入れる方向性を検討している。

また、MEB は分散型 PV をこのまま推進するかあるいは大型 PV に集中するか、という議論を行っている。JET はどちらかに制限する必要はなく、以下の留意事項と共に、双方推進すべきであると提言した。

上記に加え、以下の内容も JET は提言した。

- 地価の高い人口密集地には小型の屋根置き型、地価の安い場所には集中型の大型を設置するのが合理的である。
- 分散型は集中型に比べて規模は小さいが、集中型により普及速度が速いため、様々な地域に設置し、変動を抑え、スムーズな出力を得ることが望ましい。これにより、必要な蓄電池容量を減らすことができる可能性がある。
- 変動や無効電力不足を考慮し、蓄電池やスマートインバータを義務付け、系統安定性をサポートすることが推奨される。
- 集中型大規模システムの場合、森林を発電用の土地に代替することは推奨されない。また、IPP 業者に対し、発電所周辺の地域社会に利益をもたらす計画を策定するよう助言することを推奨する。

#### 4.1.9 電気自動車(EV)および蓄電池導入拡大

##### (1) 電気自動車(EV)及び蓄電池市場

###### 1) EV の種類

EV には大きく分けて 4 種類あり、電気のみを使いエンジンのない①バッテリー式電気自動車(Battery-powered vehicle、BEV)、エンジンとモータの 2 つの動力を備えている②ハイブリット自動車(Hybrid Electric Vehicle、HEV)、HEV に外部電源を利用するためのプラグがついた③プラグインハイブリッド車(Plug-in Hybrid Electric Vehicle、PHEV)、④水素と酸素で電気を発生させる燃料電池が搭載された④燃料電池自動車(Fuel Cell Electric Vehicle、FCEV)がある。

EV は従来のエンジン式自動車は(Internal combustion engine vehicle、ICV)と比較すると、CO<sub>2</sub> 排出量が少なく、環境に優しいというのは周知の事実であるが、これら EV にはどのような違いがあるのか。以下で比較する。

BEV のメリットは CO<sub>2</sub> を一切排出せず、維持費(電気代)が安いことである。しかし 1 回の走行距離が短く、小まめな充電が必要になる点、充電時間が長い点(最短でも 30 分程度)、また車体価格が高い点はデメリットと言える。

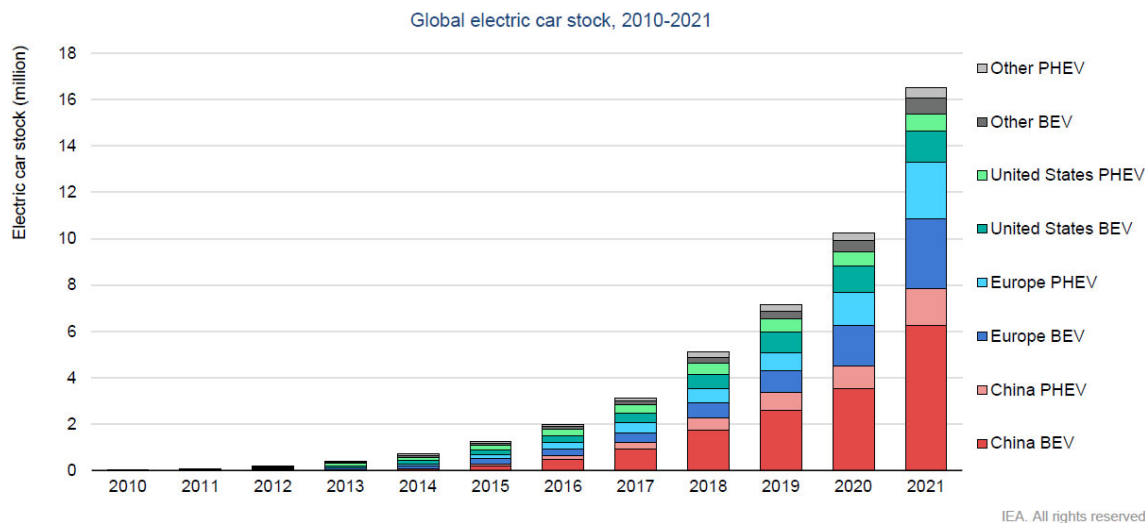
HEV と PHEV は ICV と EV の機能を有しており、ICV と比較すると CO<sub>2</sub> 排出量が抑えられること、維持費(燃料・電気代)が安いこと、また走行距離が長く、充填インフラが充実していること(PHEV の場合ガソリンスタンドとチャージングステーションを両方使用可)、充填時間が短いことがメリットと言える。しかし 2 つの動力を備えることから車内が狭い点はデメリットと言える。

FCEV は CO<sub>2</sub> を一切排出せず、BEV と比較して走行距離が長いこと、また充填時間が短いこと(5 分程度)にメリットがある。一方で非常に限られた充填インフラと車体価格の高さ、車両モデルが限定的である点がデメリットである。

###### 2) EV 市場の拡大

世界の EV 数の推移を図 4-18 に示す。EV 市場は過去 10 年で急速に拡大しており、2021 年には世界における EV の販売台数は 660 万台、走行車数は 1,650 万台を超えた。EV は全車両の 10 %を占める。特に中国と欧州は、EV の成長市場であり、欧州ではオランダ、スウェーデン、ノルウェーなどの北欧諸国、ドイツ、フランス、イギリスで成長が著しい。IEA によると EV 走行車数は 2021 年の 1,650 万台から、2025 年までに 1,800 万台、2030 年までに 3,000 万台に拡大すると見られている。新車販売における EV のシェアは 2030 年には 30 %となる見込みである。

市場拡大と同時に EV モデル数も拡大しており、2021 年には 450 モデルが市場に販売されている。うち 70 %が BEV、30 %は PHEV である。



Notes: BEV = battery electric vehicle; PHEV = plug-in hybrid electric vehicle. Electric car stock in this figure refers to passenger light-duty vehicles.  
 "Other" includes Australia, Brazil, Canada, Chile, India, Japan, Korea, Malaysia, Mexico, New Zealand, South Africa and Thailand. Europe in this figure includes the EU27, Norway, Iceland, Switzerland and United Kingdom.  
 Sources: IEA analysis based on country submissions, complemented by [ACEA](#), [CAAM](#), [EAF0](#), [EV Volumes](#), [Marklines](#)

出所: Global EV Outlook 2022, IEA

図 4-18 世界の EV 数(2010-2021)

### 3) EV 政策

この EV 市場の拡大には各国の政策が大きく寄与していると考察される。中国政府は 2020 年 10 月「新エネルギー車産業発展計画(2021-2035)」を発表した。2025 年までに新車販売における新エネルギー車の割合を 20 %前後に引き上げ、2035 年までには新車販売の主流を純電気自動車(EV)とすることなど目標とし、自動車メーカーと輸入業者の EV 割り当て、製造補助金、免税、電気自動車充電ステーションの建設支援などを実施している。

また EU は 2019 年に「グリーンディール政策」を打ち出した。2030 年までに CO<sub>2</sub> 排出量を少なくとも 50 %削減し、2050 年までにカーボンニュートラル目標を達成することを目指している。ドイツとフランスはそれぞれ 2030 年と 2040 年までに内燃機関自動車 (ICV) の販売を停止することとしており、BEV や PHEV 購入への補助金や自動車税の優遇策を実施するなどしている。

### 4) EV 用バッテリー市場

EV 用バッテリー市場も EV 市場拡大に併せて拡大している。市場規模は 2020 年の 340.8 億ドルから 2027 年には 2184.7 億ドルになると予測される。特にリチウムイオン市場における技術革新により、今後はリチウムイオン電池セグメントが市場を支配すると予想される。

### 5) EV 充電ステーション

EV 市場の拡大に伴い、インフラ整備も急速に進んでいる。上述のように政府が補助金を拠出し、EV 充電ステーション建設を支援している。自動車市場における EV 販売シェアが大きい国ほど EV 充電ステーション建設に対する補助金の拠出額も多くなる傾向があり、イギリス、スウェーデン、カナダ、アメリカ、韓国、ドイツ、日本、フランス、インドの順で拠出額が大きい。

6) EV 生産者市場

EV メーカーとサプライチェーンを図 4-19 に示す。EV 生産者は自動車・自動車部品メーカー、モーターメーカー、インバーターメーカー、バッテリーメーカーで構成され、従来の自動車産業とは異なるサプライチェーン構造となっている。EV メーカーは Tesla(アメリカ)、BYD Company Ltd(中国)、Mercedes-Benz Group(ドイツ)、Volkswagen(ドイツ)、Toyota(日本)が主要プレーヤーである。EV 用バッテリーメーカーは、Panasonic Corporation(日本)、Contemporary Amperex Technology Co Ltd(中国)、Samsun SDI Co. Ltd. (韓国)、BYD Company Ltd(韓国)、LG Energy Solution Ltd(韓国)が主要プレーヤーである。



出所:UZABASE

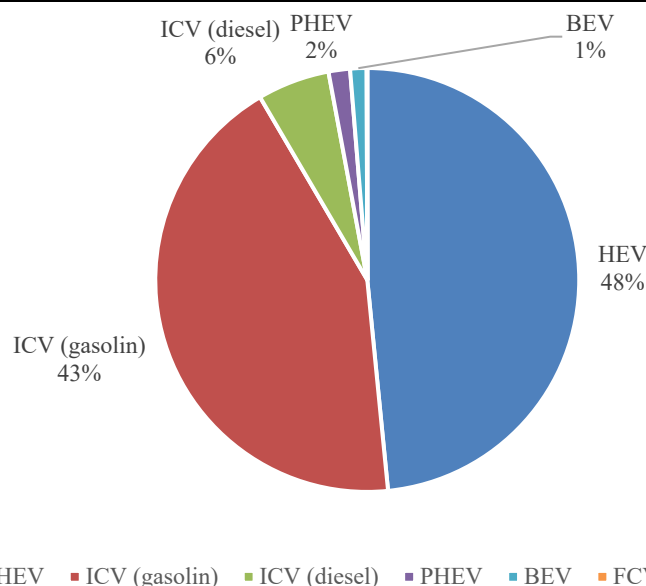
図 4-19 EV メーカーとサプライチェーン

(2) 日本における EV 市場

バルバドスの EV 市場について述べる前に、まず日本における EV 市場の現況について記載する。

1) 日本の現況

日本自動車販売協会連合会の資料(図 4-20)によると、2022 年 1~10 月まで最も販売されたのは HEV で 88.3 万台(48.4%)、次いで ICV(ガソリン車)が 78.7 万台(43.14%)、HEV とガソリン車で市場シェアの 90%以上を占める。PHEV は 3 万台、BEV は 2.3 万台、FCV に至っては 810 台の販売に留まっている。



出所: 日本自動車販売協会連合会

図 4-20 日本市場における自動車のシェア(燃料毎、2022年1月~10月)

2) EV 車両と補助金

日本市場で販売されている主な自動車を比較すると表 4-9 の通りである。

表 4-9 日本における EV の販売価格と維持費の比較

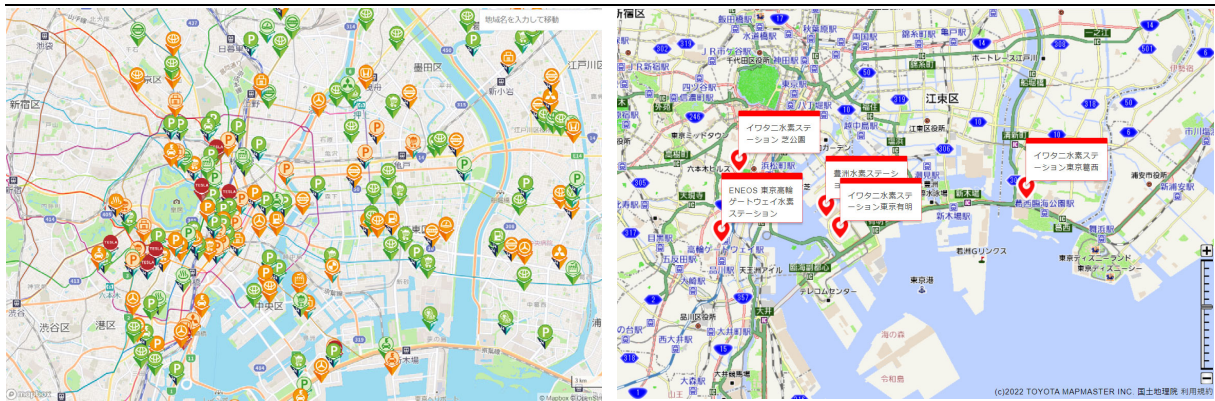
EV の種類	車種	販売価格	一回の充填にかかる料金	フル充填時の走行距離	千円で走行可能な距離
BEV	Nissan ARIYA B6	539 万円	740 円 (45 分×16.5 円/分)	470 km	635 km
HEV	Honda Fit e:HEV RS	235 万円	6,300 円 (42L×150 円/L)	1,142 km (42L×27.2km/L)	181 km
PHEV	Toyota Prius	320 万円	6,450 円 (43L×150 円/L)	1,230 km (43L×28.6km/L)	190 km
FCV	Toyota MIRAI Z	790 万円	6,720 円 (5.6kg×1,200 円/kg)	750 km	111 km
ICV	Toyota SIENTA G	234 万円	6,000 円 (40L×150 円/L)	732 km (40L×18.3 km/L)	122 km

出所: JET 作成

日産自動車の HP を見ると、Nissan ARIYA B6 は 539 万円と ICV や HEV、PHEV に比べて高額であるが、国の令和 4 年度補正予算「クリーンエネルギー自動車導入促進補助金」92 万円、エコカー減税 4.85 万円(うち登録翌年度自動車税減税 1.85 万円)、東京都の補助金 60 万円で 390 万円程度まで抑えられる。

3) EV インフラと補助金

2022 年 11 月時点での東京都心における EV 充電ステーションと水素ステーションの設置場所を図 4-21 に示す。ガソリンスタンドは 28,500 か所に対し、EV 充電ステーションは 21,000 か所、水素ステーションは 161 か所となっている。



出所: GoGoEV, NeV, ENEOS, Toyota Mirai

図 4-21 都心におけるEV 充電ステーション(左)と水素ステーション(右)の設置場所

国内のEV 充電ステーションは2015年から急激に増加しており、ディーラーや、コンビニ、ホテル、道の駅やショッピングモールなどに設置されている。通常の充電器に加え、急速充電器の設置も進んでいる。また家庭用の充電設備も設置されていることを考慮するとガソリンスタンドと同様にインフラが整備され、利便性が高まっている。料金体系も登録料を支払い、都度支払いを行うもの、月額を支払うもの、またはその両方などがある。充電時間は急速充電器の場合は30分～1時間程度、通常の充電器で5～8時間程度、家庭用で16時間程度フル充電までに時間がかかる場合が多いようである。

EV 充電ステーションの急増は設置価格が安いこと、また補助金の拠出があることが要因と考えられる。充電ステーションの設置費用は300～500万円程度、家庭用充電プラグは30万円程度である。充電器設置は補助金を活用することにより、費用負担が全くないケースもある。

一方で水素ステーションの設置は関東(59か所)、中部(49か所)、近畿(22か所)地方に集中しており非常に限定的である。水素ステーションは水素ステーション単独で設置されているもの、ガソリンスタンド、Compressed Natural Gas (CNG、天然ガス)スタンド、天然ガス・Liquefied Petroleum Gas (LP ガス)スタンドに併設されているもの、コンビニエンスストアや空港に併設されているものがある。設置費用は非常に高額で5億円程度かかる。補助金や助成金を活用しても1億円程度の負担が必要である。

#### 4) EV メーカー

日本市場においては、自動車メーカーおよび電気メーカー等がEV市場に参入している。ここでは主要メーカーの動きを纏めた。

- トヨタ自動車は当初PHEV、FCVに注力していたが、BEV市場の拡大に伴い、BEV市場に本格参入することに決めた。EVとMobility as a Service (MaaS)を組み合わせたモビリティ/コネクティビティの向上を強化している。
- 日産自動車はe-POWER(HEV)の開発に注力すると同時に、BEVの開発も行っている。
- パナソニックは1996年にトヨタと合弁でEVバッテリー製造を行うためプライムアースEVエナジー株式会社を設立した。2018年パナソニックは自動運転システムを搭載したスペースイヤー(SPACe\_C)を発表、2022年4月にはEV生産のためのプライムプラネット エナジー&ソリューションズ株式会社をトヨタとの合弁にて設立した。またテスラとともにEV用バッテリー工場GIGA factoryを運営している。
- デンソーは2020年4月にトヨタの主要な電子部品関連事情(インバータやモータ、半導体)をデンソーに集約する事業譲渡契約締結に合意した。EV開発における連携強化のため、2019年6月にはトヨタ豊田章男(当時)が取締役に就任した。

- アイシン精機は2020年にEV駆動用装置の量産を始め、EV対応のため、2021年4月に子会社のアイシンAWと経営統合し、社名を「アイシン」とすることを発表した。
- 明電舎重電は三菱自動車工業などに、EV用モータ、インバータを供給している。設備投資等を実施し、生産能力増強を図っている。
- 日立オートモティブシステムズ株式会社はEV用モータ、とインバータを製造し、GM、Ford Motors、Daimler、BMWなどに提供している。2019年10月には「日立オートモティブシステムズ」を存続会社とし、電動パワートレインやシャーシ、自動運転、Advanced Driver-Assistance Systems (ADAS)などの分野で目川サプライヤーになることを目指し、ホンダ系のケーヒンや日信工業、ショーワと経営統合することを発表した
- 日本電産株式会社はEVモータ、およびモータとインバータが一体となった部品を生産する。2023年までにEV用モータの受注が急増したため、現在の中国工場に加え、ポーランドとメキシコに生産ラインを拡張することを決定した。
- 三菱電機はホンダ、スズキ、ダイムラーにインバータを供給。EVバッテリーを家庭用電源に利用するV2H(Vehicle to Home)システムを開発した。
- TDK CorporationはTDK(75%)、東芝(25%)が出資するEV用インバーターメーカーでフォルクスワーゲン、フォードモーターズ等にインバータを供給している。

### (3) バルバドス政府の政策

バルバドス政府は国営バスにBYDのEVを導入している。しかし台数が限られていること、また市営バスや乗り合いバスは台数も多く、老朽化したICVを使用していることから、CO<sub>2</sub>排出量は高いと考えられる。

バルバドス政府は公務員に対し、ICV購入では5万ドルだったローンを、電気自動車またはハイブリット車購入のためには10万ドルまで無利子で借りられるようにした。BARBADOS STATISTICAL SERVICEによると、公務員は全体の労働者のうちの21.0%、民間企業で働く労働者は60.5%である。

加えてバルバドス政府は2022年4月1日から24年間、電気自動車に対する税金と付加価値税を免除することとし、2024年3月までの2年間、電気自動車購入時の輸入関税を10%にすることとした。しかし上述の通り、新車のBEVと中古車のICVには圧倒的な価格差があることから、その効果は限定的と推察される。MEBでは数台のEVを保有しており、商用車についてもEVを見かける頻度が以前より増えた。

### (4) バルバドスにおけるEV市場

#### 1) EVディーラーと販売価格

2022年11月の第7回渡航においてバルバドスのEV市場について、ケーススタディを行った。バルバドスではMegapower BarbadosとCourtesy Garage Barbadosの2社がEVを販売している。MegapowerはMG、日産、ジャガーの自家用車を取り扱っている。また商用車としてBYDのバスやトラックも販売している。Courtesy GarageはHyundaiの自家用車を取り扱っている。

バルバドスにおける自動車の価格比較を表4-10に示す。販売価格は、NISSAN ARIYA(新車BEV)が150,000BBD(約75,000USD)で、NISSAN X-TRAIL(新車ICV)が117,995BBD(約59,000USD)と比較すると14,000USD程度高い。またバルバドスで自動車を購入する場合は中古車が多いようであるが、NISSAN JUKE 2015(中古車ICV)が55,900BBD(約28,000USD)で販売されていることを考えると、BEVは3倍程度の値段であることがわかる。EV

中古車の販売についてはオンライン上にいくつかの情報があったが、数は限定的で市場は未成熟のようである。

表 4-10 バルバドスにおける自動車の価格比較

	<p>NISSAN ARIYA (新車 BEV)</p> <p>販売元: Megapower</p> <p>販売価格 : 150,000 BBD</p>
	<p>NISSAN X-TRAIL (新車 ICV)</p> <p>販売元 : COURTESY</p> <p>販売価格 : 117,995 BBD</p>
	<p>NISSAN JUKE 2015 (中古車 ICV)</p> <p>販売元:qv motors</p> <p>販売価格 : 55,900 BBD</p>

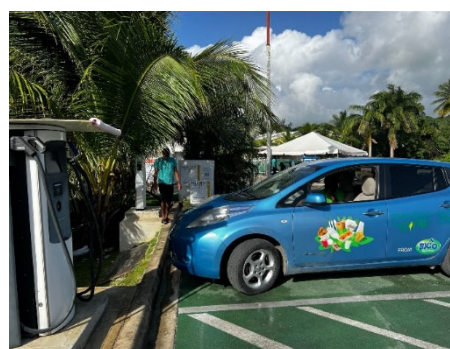
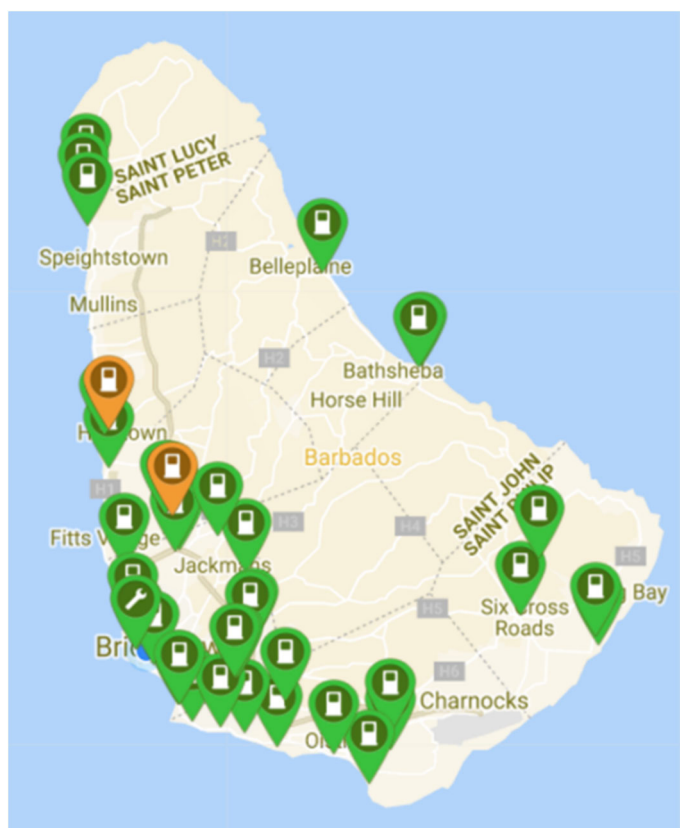
出所: JET 作成

日本の一人当たり GDP は 39,301 USD で自動車保有率は 77.9%である。バルバドスの一人当たり GDP が 16,817 USD であることを考えても BEV の新車購入は難しいと考えられる。また島内にはバスや乗り合いタクシーが発達しており、料金は 3.5 BBD である。研修参加者にヒアリングところ、バスや乗り合いタクシーを利用している場合も多かった。

## 2) EV インフラ

図 4-22 はバルバドスにおける EV 充電ステーションのマップである。島の西側に設備が集中していることがわかる。西側のエリアは道路が平坦であり、首都ブリッジタウンや商業施設、またホテルが多いエリアである。一方で島の中央および東側は起伏が激しく、農地や自然が豊かなエリアである。





出所: Megapower

図 4-22 バルバドスにおける EV 充電ステーションのマップ(左)と充電ステーション(右)

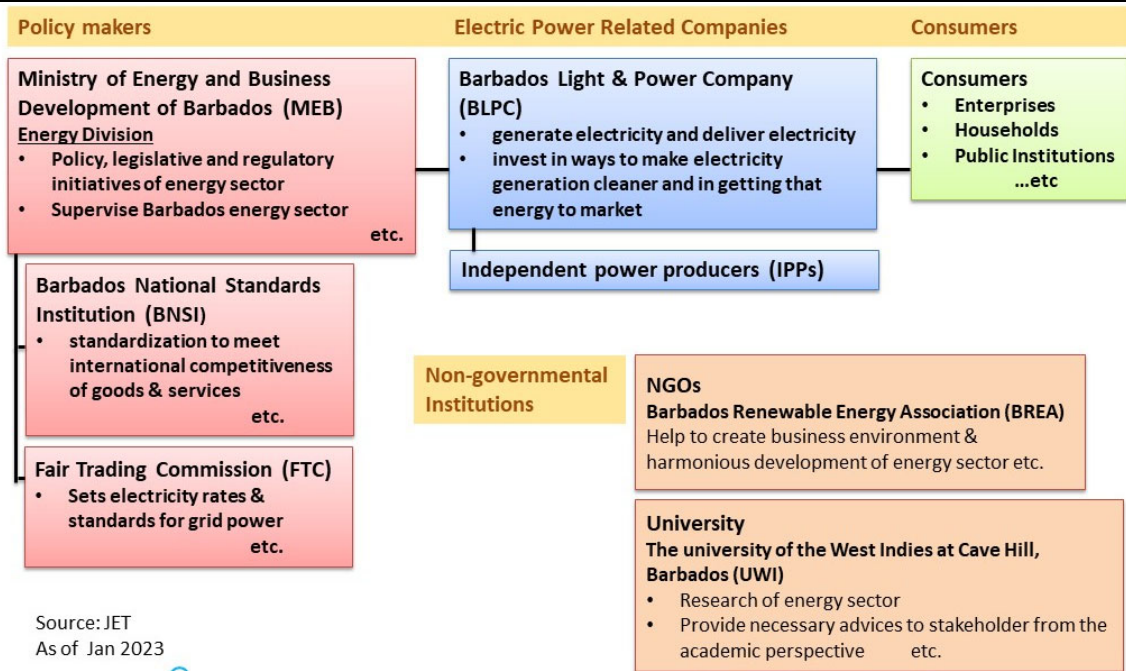
Megapower の HP によると、島内で EV を運転したときの燃費は 0.15 kWh/km～0.2 kWh/km で、年間約 2,200～2,900 kWh の電力量が必要である。Megapower の家庭用料金プランに基づくと、年間約 1,300～1,700 BBD の電気代がかかる。また充電料金について、スポット充電は 1.5 BBD/kWh、急速充電器は 1.75 BBD/kWh、月額プランは 600 BBD/kWh(Megapower 以外で購入した EV は 1,000 BBD/kWh)である。充電速度は Ultra charger (100kW)で 30～45 分、Rapid charger(25 kW)で 2～3 時間、Fast charger(7.2 kW)で 10～16 時間程度である。

#### 4.1.10 人材・組織能力

下記ではバルバドスにおける再生可能エネルギー導入、省エネルギー推進に関連する C/P やその他関連組織、またこれら関連組織の人材育成の状況を分析する。第 2 次渡航(2019 年 7 月)までのベースライン調査において人材・組織能力の調査を実施し、その後も活動の中で可能な情報の更新を行った。

##### (1) バルバドスのエネルギーセクター

バルバドスのエネルギーセクターの組織関係図は図 4-23 の通りである。また各組織の詳細は以降に纏めた。



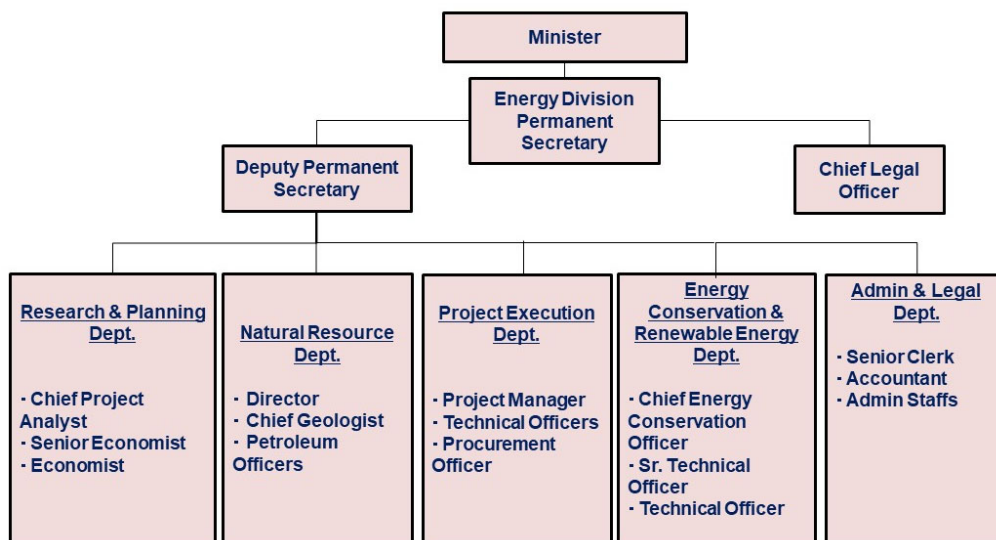
Source: JET  
As of Jan 2023  
出所: JET 作成

図 4-23 パルバドスのエネルギーセクター関係図 (2023 年 1 月時点)

## (2) MEB

MEB はエネルギー部門に関する政策、法律、規制の取り組みや、バルバドスのエネルギーセクターの監督を行っている。当初 DET (Division of Electricity and Telecommunications, Prime Minister's Office) がエネルギー部門を管轄していたが、その後の組織再編で MEWR (Ministry of Energy and Water Resources) となり、再度の組織再編で Ministry of Energy, Small Business and Entrepreneurship (MESBE)、再々度の再編で現在は Ministry of Energy and Business Development (MEB) となっている。

MEB の組織図を図 4-24 に示す。



出所: JET 作成

図 4-24 MEB の組織図(2023 年 1 月現在)

MEB の Energy Division には Permanent Secretary を含め 18 の役職がある。MEB 職員は無期雇用と有期雇用の労働契約があり、無期雇用の職員になるには委員会の面接を受け合格しな

ればならない。昇進・移動について、一定以上のポストに達するには相当の時間を要する。また現職に留まるか、上位ポストが空席の場合には昇進試験に合格するか、他省の同水準のポストへ異動するか、他省へ出向するか、の選択肢がある。給与面は各ポストに一定の範囲があり(政府の統一基準)、資格、経験、技能等によって決定される。賞与はなしである。採用について、空席が続くポストは他職員で充足する、もしくは新聞等で公示される。

また人材育成について、マスタープランは策定されておらず、Unit 内の研修も実施されていないことから外部の研修を活用している。また、CEM と CEA の資格保有者はいない。ベースライン調査時には当時の MEWR(現 MEB)からレジリエンスの観点から、系統安定化に関する研修プログラムを行ってほしいとの依頼があった。

### (3) BL&P

BL&P は EMERA Caribbean Incorporated (ECI、100 %カナダ資本)の 100 %子会社で、バルバドスの電力事業を実施している。BL&P 2028 年までのライセンスを有している。発電施設の効率的な運用、設備の維持管理、技術者の育成、系統管理や電力供給量に関するデータ収集、利用者からの料金収集 (Non-technical Loss は 1 %以下) 等を行っている。

第 2 次渡航時点(2019 年 7 月)時点では BL&P は計画部に 4 名、アセットマネジメント部には 6 名のエンジニアと Director がおり、EE 専任の職員および CEM、CEA の資格保有者も在籍していなかった。人事評価は 1 年に 1 度行われ、自社の研修プログラムを継続的に実施し、質の高い技術者を育成している。研修分野は需要管理、EE、先進技術、省エネルギー診断等で、設備メンテナンスにおいても自社のデータベースを有し、計画的にメンテナンスを行っている。

### (4) Energy Policy 2019-2030 と MEWR および BL&P の関係性

バルバドスでは Energy Policy 2019-2030 が内閣承認され、2030 年までにエネルギーの 100%を RE で賄うとの政策決定が行われた。2019 年 7 月時点では電力事業は BL&P のほぼ独占状態であった。MEWR(現 MEB)は電力事業に係る許認可の権限を有し、RE100%を達成するためマイクログリッド化やスマート化を推進するためにも BL&P の 1 社独占状態から抜け出し、発電・送配電分離(Generation, Transmission and Distribution, System Operator, Storage, Retail の 5 ライセンスに分離)も視野に入れ、市場競争を促進したい意向であった。

BL&P は MEWR の市場開放の動きに反発し、ベースライン調査時点では 2 者が同席した JCC の開催が困難である等、円滑なコミュニケーションを取るのが難しい状況にあった。CARICOM や IDA からは両者が関係回復とグリッドコード統一化に関する指摘があった。

バルバドスではプロジェクトをスムーズに実施する上で、①MEWR(現 MEB)と BL&P 間の 2 者の関係改善、②RE 導入に係る実現可能な政策策定のための能力開発、③他ドナーと協調した現地研修の実施、④本邦技術を活用した今後の案件形成を課題として設定した。

近年では、太陽光を中心に RE 市場に新しいプレーヤーが参入したり、地方の電力会社が太陽光ファームを設立したりしている模様。

尚、2023 年 1 月時点でバルバドスにおいて複数の IPP が市場に参入し、BL&P への売電を行っていることが確認された。

### (5) その他関連組織

- Barbados National Standard Institute (BNSI)

BNSI は EE Management Committee の一員で National Standard を策定している。MEPS を含む省エネルギー基準やラベリングプログラムの策定、カリコム地域のビルディングコードを参照しながら MEWR が策定中のビルディングコードのレビューを行っている。BNSI からは EE および RE の技術者、特に設計技術者が不足しているとの意見があった。

- Barbados Water Authority (BWA)  
BWA はディーゼルとガスタービン発電にて、3つの主要ポンプ所で水を汲み上げ、顧客に配水している。Energy Unit Committee を設立し、省エネルギー診断も行っているが、EE の実施に課題がある。機械工学、熱解析・分析、トラブルシューティングができる技術者のニーズが高い。
- Town & Country Development Planning Office (T&C)  
T&C は建築基準に関する許認可の権限を有している。T&C は自然災害の被害を防ぐ厳格な基準設定や災害管理が可能な人材、蓄電技術、安定的な PV 電力の供給等のニーズが高い。
- Megapower  
Megapower は EV 販売、およびチャージングステーション(欧州規格)の設置等を行っている。ベースライン調査時点で EV と PV をセットで販売するビジネスモデルに可能性を見出していた。

## (6) 他ドナーの支援状況

バルバドスにおける各ドナーの支援状況を現地にてヒアリングした。表 4-11 にその概要をまとめた。

表 4-11 各ドナーの支援状況概要(2019年7月時点)

プロジェクト	ドナー	内容
Climate Resilient and Sustainable Energy Supply in the Caribbean (Cli-RES) のプログラム	GIZ, BMZ, CARICOM	1) Technical Assistance and Program for Sustainable Energy in the Caribbean (TAPSEC) (EU9mil USD、BMZ1.5mil USD) と 2) Cli-RES (BMZ 3.8 mil EUR) の 2 つからなる。 1) は気候変動とエネルギー供給に関し、 ① 政策立案(ヘルプデスクを設置、EE ロードマップを含む各国の政策策定支援)、 ② 情報と能力開発(CCREEE と共同し、建築士、エンジニア等の能力強化)、 ③ ファイナンス支援(CDB、CDF と連携)を行う。EE にかかる Regional Strategy を策定中で、各国の経済評価を含めた EE 技術の検討・評価を行っている。 2) は Integrated Resource Resilience Plan (IRRP) 策定とパイロットプロジェクトからなる。実施機関は CCREEE で、ビルディングコード、MEPS、省エネルギー診断等の実施を検討中である。 ※IRRP は IRP に Resilience が加わったもの。
Energy Efficient Retrofit of Public Streetlights project	IDB	調達戦略の立案、RE、EE プロジェクト実施における契約設計 PPP の設計、構造化、交渉についての研修 ビルディングコードの作成
Public Sector Smart Energy Program (PSSEP)	IDB	45 mil USD のローン(うち EU が 15mil USD を拠出)。 1) 公共セクターにおける EE 照明、AC、PV、EV(車、バス)、チャージングステーションの導入、 2) RE および EE の普及(ソフトウェアとモデリングに関する政府関係者の能力開発。人材育成はまだ実施されていない。)、 3) 政府へのコンセSSIONAL ローンで、SME の EE や RE 事業、EV プロジェクトに貸付け(利率 3.75%)
LED テストプログラム	IDB	5,000 軒の電球を LED に無償で交換。

注: BMZ は German Federal Ministry of Economic Cooperation and Development を指す  
出所: JET 作成

その他、CARICOM とはカリコム域内で情報共有できるプラットフォームの構築、IDB とは協調融資(送配電線の地中化、アセットマネジメントのシステム導入、EE 機器調達)の実施、GIZ とは国内研修におけるロジ周りの支援の可能性に関する議論があった。また CDB からは個人住宅向けには PV 機器の導入の方が浸透しやすいこと、工場向け EE 機器の導入プロジェクトへの関心があるとの発言があった。

## 4.2 課題分析と技術移転項目 (バルバドス)

### 4.2.1 技術移転すべき内容

本業務でバルバドスへ技術移転すべき内容を以下に示す。

#### (1) 省エネルギー推進

- 省エネルギー化可能な設備導入に向けた費用対効果分析のうえ、省エネルギーの目標値を検討・提言
- 省エネルギー目標実現に必要な設備の検討・提言
- ビル・エネルギー・マネジメント・システム (Building Energy Management System: BEMS)等を含む省エネルギー目標達成に必要な技術の検討・提言
- 省エネルギーの目標実現に必要な政策・制度の検討・提言
- 省エネルギーの目標実現に必要な人材育成計画の策定
- 省エネルギーに係る人材育成計画に則り、OJT、本邦研修等の実施
- 省エネルギーに係る人材育成効果の検証とその見直し
- 省エネルギー推進プロジェクト実現に向けた提言
- 省エネルギー目標実現で提案した政策・制度の策定に向けた提言

#### (2) 既設火力発電設備の改善

- 火力発電設備の運用効率改善に必要な方策等の検討・提言
- 火力発電設備のメンテナンス、スペアパーツ調達に関する改善方策の検討・提言

#### (3) 再生可能エネルギー導入

- 再生可能エネルギーの導入目標を実現するのに必要な政策・制度の検討・提言
- 再生可能エネルギーの導入目標実現に必要な人材育成計画の策定
- 再生可能エネルギーに係る人材育成計画に則り、OJT、本邦研修等の実施
- 再生可能エネルギーに係る人材育成効果の検証とその見直し
- 再生可能エネルギー導入プロジェクト実現に向けた提言
- 再生可能エネルギー導入目標実現で提案した政策・制度の策定に向けた提言
- 変動型再生可能エネルギーを最大化させレジリエンスを強化するマイクログリッドコンセプトの作成
- マイクログリッドのモデル化と系統解析シミュレーションの実施
- 系統安定化のための蓄電池用のコスト分析、検討

#### (4) 電気自動車関係

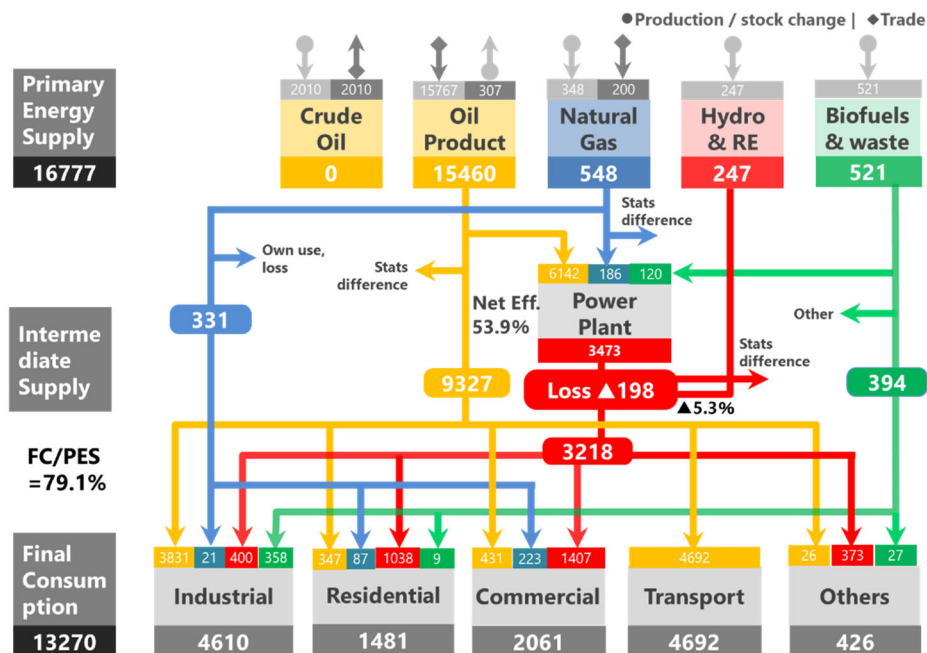
- 電動輸送使用による系統や経済に対する正負の影響検討
- 既存政策をレビューし、電動自動車使用促進のための改定への提言

### 4.2.2 バルバドスの最新エネルギーバランス状況(2020年)

バルバドスの最新エネルギーバランス(2020年、United Nation Statistics Division (UNSD))によると、一次エネルギー供給量の約95%を輸入による化石燃料、約92%を石油製品が占めている。天然ガスに関しては、業務用・家庭用・産業用の最終消費サイド、および、ごく限定的に火力発電用に供給されている。再生可能エネルギーの供給シェアは最終消費向けおよび発電用バイオマス等が3%、発電用REが約2%となっている。

エネルギー転換部門については、火力発電所への投入燃料の約95%が石油である。送配電ロス率は5.3%と標準レベルの範囲内にある。

エネルギーバランス表に基づく、バルバドスのエネルギーバランスフロー図を図 4-25 に示す。

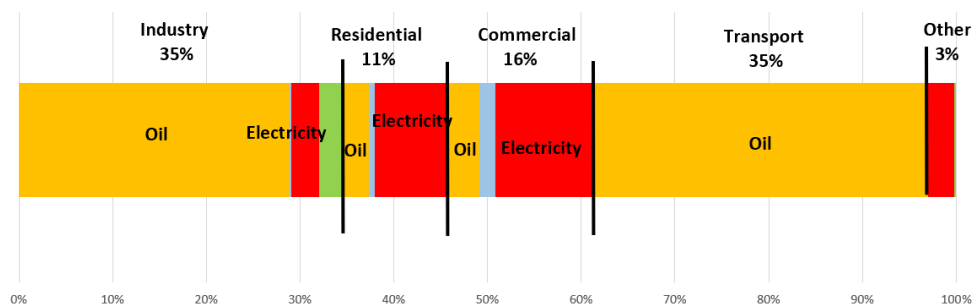


出所: バルバドスのエネルギーバランス表(2020, UNSD)を基に JET 作成。

図 4-25 バルバドスのエネルギーバランスフロー図(2020 年、TJ)

最終需要サイドについては、最終エネルギー消費量の約 35%ずつを産業分野と運輸分野が占め、次いで業務用(約 16%)、家庭用(11%)となっている。

電力消費に関しては、業務用・家庭用分野が全体の 76%を占めていることから、民生分野の省エネ対策を優先して取り組む必要がある。(図 4-26 参照)



出所: バルバドスのエネルギーバランス表(2020, UNSD)を基に JET 作成。

図 4-26 バルバドスの最終消費エネルギー構成(セクター別、エネルギー別、2020 年)

### 4.2.3 技術移転項目

ベースライン調査結果、技術移転すべき内容、エネルギーバランスフロー図の3つを基に分析した結果、化石燃料依存から RE 中心としたエネルギーの多様化と省エネルギーの推進は妥当であることが確認された。

併せて、VRE の大量導入に伴うシステムの安定度や省エネルギー推進に必要な設備、技術、政策、制度等が課題として浮き彫りになった。結果として、表 4-12 の内容をバルバドスへの技術移転項目とした。

表 4-12 バルバドスへの技術移転項目

No	技術移転項目
1	省エネルギー推進
1	省エネルギーロードマップと目標値策定【提言】
2	省エネルギー目標実現に必要な設備・技術【提言】
3	省エネルギー推進プロジェクト【提言】
4	省エネルギー目標実現への人材育成【ワークショップ】
5	省エネルギー目標実現に必要な政策・制度【提言】
2	火力発電設備の運転維持管理改善【提言】
3	再生可能エネルギー導入
1	系統安定化に向けた制度と機器・設備【提言/セミナー】
2	大量 VRE 導入に伴う系統解析【提言/セミナー】
3	マイクログリッドコンセプト【提案/セミナー】
4	再生可能エネルギー導入・系統安定化に向けた人材育成【セミナー】
5	導入実現に向けた政策・制度【提言/セミナー】
4	電気自動車(EV)市場【提言】

出所: JET 作成。

## 4.3 技術移転 (バルバドス)

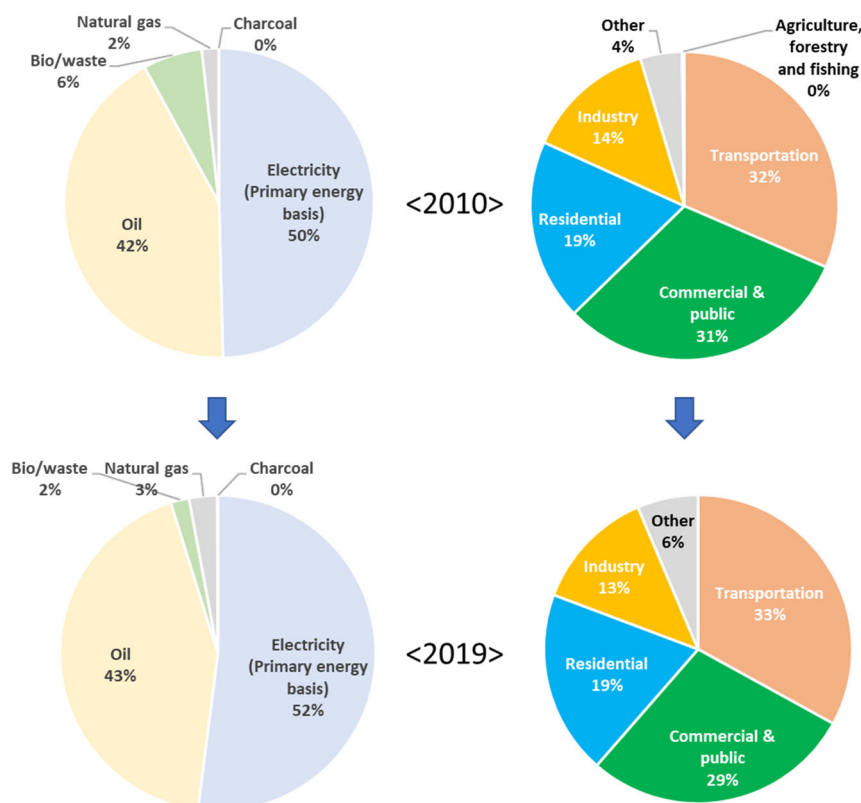
### 4.3.1 省エネルギーロードマップと目標値策定

#### (1) 省エネロードマップの策定

4.1.4(4) で述べた通り、使用用途が明らかになっているバルバドスの電力需要のうち、約 4 割が空調、約 3 割が冷蔵庫、照明である。従って、本プロジェクトではこれら三用途が主要需要である民生分野を対象に、MEPS 導入に伴う高効率化に向けた 2036 年までの省エネロードマップ(電力消費量削減量、省エネ率、各用途の BAT 等を含む)を策定し、第 1 回、第 2 回省エネワークショップにて報告を行った。なお、同ロードマップ策定に際しては、省エネワークショップ開催準備時点で入手可能な最新エネルギーバランス表(国連統計部、2019 年)を参照した。

- エネルギーバランスに基づく経時的エネルギー消費構造の変化

2010 年と 2019 年のエネルギー消費割合(一次エネ換算ベース)を比較すると、エネルギー別の消費割合、および、セクター別の消費割合のいずれにおいても、顕著な変化はなかった。図 4-27 に 2010 年、2019 年のエネルギーバランス表(UNSD)に基づく、エネルギー消費構造(エネルギー別、セクター別)を示す。



出所: UNSD データを基に JET 作成。

図 4-27 エネルギー別(左)・セクター別(右)エネルギー消費構造(一次エネ換算ベース)の変化 (2010 年(上図)、2019 年(下図))

表 4-13 にバルバドスのエネルギー消費量(セクター別、エネルギー別、2019 年)を示す。



表 4-13 バルバドスのエネルギー消費量(セクター別、エネルギー別(一次エネルギー換算ベース)、2019年、TJ)

	産業	業務・公共	家庭	その他	運輸	合計
石油	20	15	8	1	141	185 (43%)
天然ガス	1	10	2	0	0	12 (3%)
バイオ/排熱	7	0	0	1	0	8 (2%)
木炭	0	0	0.2	0	0	0.2 (0%)
電力(一次エネルギー換算値)	28	97	72	26	0	223 (52%)
合計	55 (13%)	122 (28%)	83 (19%)	27 (6%)	141 (33%)	428 (100%)

注: 電力の一次エネルギー換算係数は、バルバドス政府提供資料より需要端効率=36.3%を想定。  
出所: UNSD データを基に JET 作成。

● 主要前提条件

➤ 中長期電力需要想定

省エネワークショップ開催準備時点で入手可能な最新エネルギーバランス表(国連統計部、2019年)を活用しつつ、年平均伸び率(AAGR)については、バルバドス政府から供与された「Long-Term Peak Power Outlook: Report submitted to Prime Minister's Office, Government of Barbados (Mar 2017)」を参照し(2015年～2035年までの電力需要 AAGR=1.8%)、省エネ対策が未実施ケース(BAU、Business As Usual)を策定。なお、本資料には省エネ対策後の需要想定は示されていない。

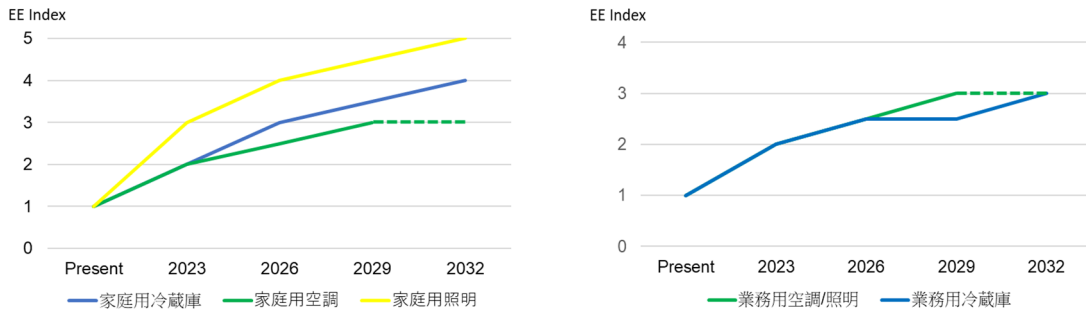
➤ 主要機器の MEPS 導入/引き上げ想定

現在稼働中の機器の平均効率=1(EE Index)とし、各機器の BAT を参照しつつ定期的/段階的な MEPS の引き上げを表 4-14 および図 4-28 の通り想定した。

表 4-14 EE ロードマップにおいて想定した MEPS の推移

	EE Index					
	家庭用 冷蔵庫	家庭用 空調	家庭用 照明	業務用 空調	業務用 照明	業務用 冷蔵庫
Present	1	1	1	1	1	1
2023	2	2	3	2	2	2
2026	3	2.5	4	2.5	2.5	2.5
2029	3.5	3	4.5	3	3	
2032	4		5			3

出所: JET 作成。



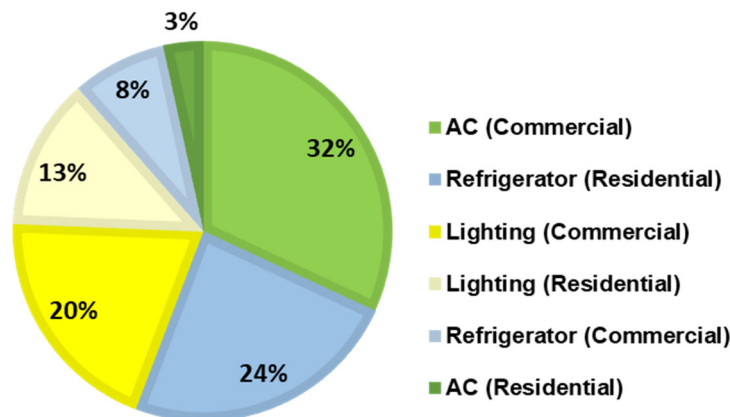
注: 各機器の現状のエネルギー効率の実態は把握できないが、家庭用照明については相当程度白熱電球が使用されており、高効率化の余地が大きいものと想定した。

出所: JET 作成。

図 4-28 EE ロードマップにおいて想定した MEPS の推移(左図:家庭用、右図:業務用)

- EE ロードマップの試算結果
  - 2030 年における電力削減量は約 358 GWh(省エネ率約 41 %、対 BAU)。
  - 2036 年における電力削減量は約 529 GWh(省エネ率約 55 %、対 BAU)。内訳は、業務用で 319 GWh、家庭用で 210 GWh である。
  - 機器別による省エネ貢献割合は、空調 35 %、冷蔵庫 32 %、照明 33 %であり、ほぼ同等。

図 4-29 に 2036 年時点でのセクター別、機器別電力消費量削減ポテンシャル割合を示す。



出所: JET 作成。

図 4-29 セクター別、機器別電力消費量削減ポテンシャル割合(2036 年)

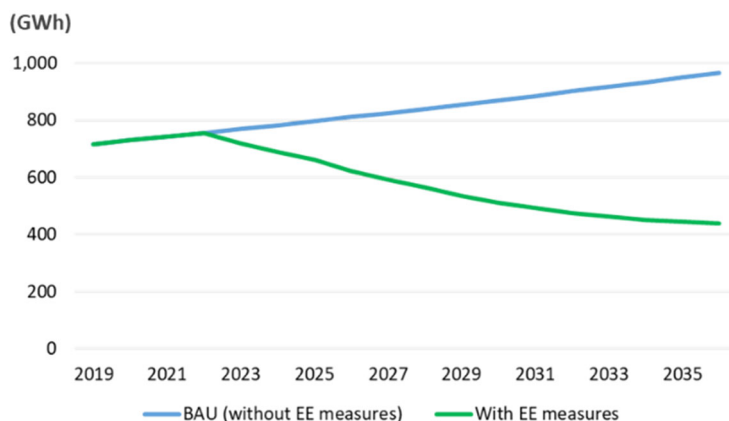
家庭用、業務用の各セクターにおける各機器の 2036 年におけるエネルギー効率試算結果を表 4-15 に示す。(現状の各機器のエネルギー効率を 1 (EE Index=1)とした場合)

表 4-15 家庭用、業務用セクターの各機器のエネルギー効率(EE Index)試算結果(2036 年)

	家庭用 冷蔵庫	家庭用 空調	家庭用 照明	業務用 空調	業務用 照明	業務用 冷蔵庫
EE Index	3.1	2.6	4.7	2.6	2.9	2.5

出所: JET 作成。

図 4-30 に作成した EE ロードマップ(民生分野)における 2036 年までの電力消費量の推移を示す。



出所: JET 作成。

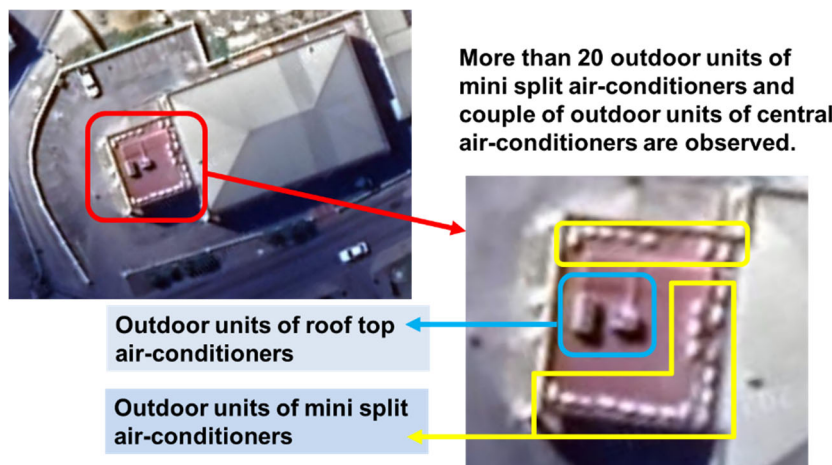
図 4-30 バルバドスの電力消費量削減ポテンシャル(民生分野、2036 年まで)

## (2) 省エネ診断(ウォークスルー)結果

バルバドス政府建物を対象に簡易省エネ診断(ウォークスルー調査)を実施し、結果を第 2 回省エネワークショップにて報告した。

- 主要収集データ
  - 建物の部屋別電気料金請求書(計 8 部屋、1 年間分)
  - 建物平面図
  - 照明機器は全て LED を導入済(聞き取りによるもの)。
- 想定条件
  - 年間消費電力量の 50%が空調用途。
  - 機器リストが整備されておらず、外観および聞き取りから空調機器(RAC、ルーフトップ型)に関しては、冷房能力比でインバータ機とノンインバータ機を 50 %ずつと想定(図 4-31 参照)。

注)同建物には政府機関がテナントとして入居。



出所: JET

図 4-31 省エネ診断対象建物の鳥瞰図

- 省エネルギー診断提案内容
  - 省エネ対策(i)
 

RAC およびルーフトップエアコンのインバータ化→省エネ効果=50%。気料金の高騰もあり、(customer charge + demand charge + energy charge + fuel charge)を含めたフラットレートは 64 バルバドドル/kWh=32 米ドル/kWh。→単純投資回収年数 1.2 年
  - 省エネ対策(ii)
 

空調機器室外機の遮熱→省エネ効果=10%
  - 省エネ対策(iii)
 

冷房設定温度を 1°C アップ→省エネ効果=10%

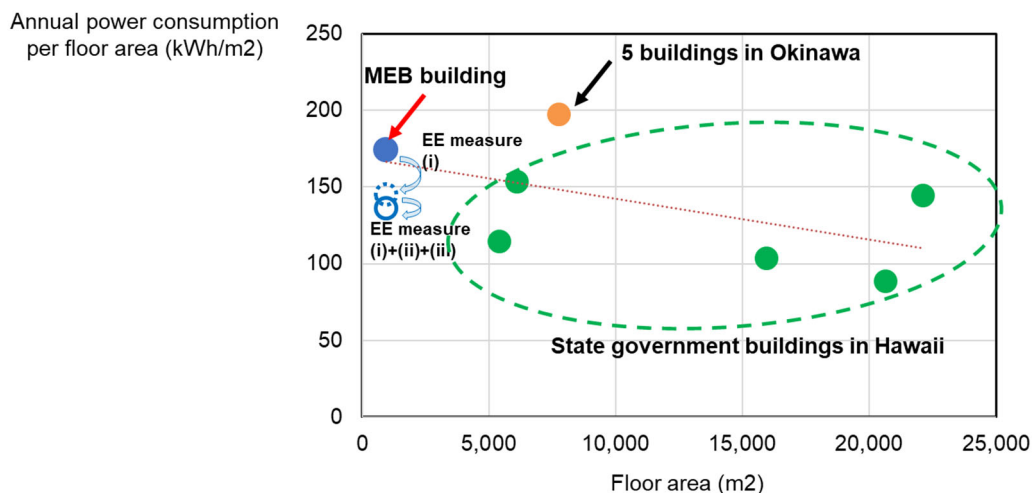
省エネ対策(i)～(iii)を合計すると建物全体として、省エネ対策効果は表 4-16 の通りとなった。

表 4-16 省エネ診断による省エネ対策効果

年間消費電力量(現状)	167,635 kWh
年間消費電力削減量	38,556 kWh
建物全体の省エネ率	23%
延床面積あたりの消費電力量の変化	174 kWh/m <sup>2</sup> →134 kWh/m <sup>2</sup>

出所: JET

上記 3 つの省エネ対策の結果、図 4-32 に示す通り、蒸暑地域の類似用途建物(沖縄県: 通常オフィスビル 5 軒、米国ハワイ州: 政府機関建物 5 軒)と比べ延床面積の少ないことを鑑みれば、延床面積当たりの消費電力量が小さくなり(相対比較)、省エネ性に優れたレベルに達する結果となった。



出所: JET

図 4-32 蒸暑地域の類似用途建物との延床面積当たりの消費電力量比較(省エネ対策前後)

- その他実施した省エネ提案
 

上述の冷房空調分野に係る省エネ提案に加え、下記二項目についても省エネ化に向けた提案を行った。

➤ データロガーを活用した冷蔵庫の消費電力データ収集

機材供与したデータロガーを設置し建物内冷蔵庫(給湯室に設置)の消費電力データを数日間計測した結果、図 4-33 に示す通り、ノンインバータ型であることが確認された。→高性能なインバータ型冷蔵庫への更新を提案。

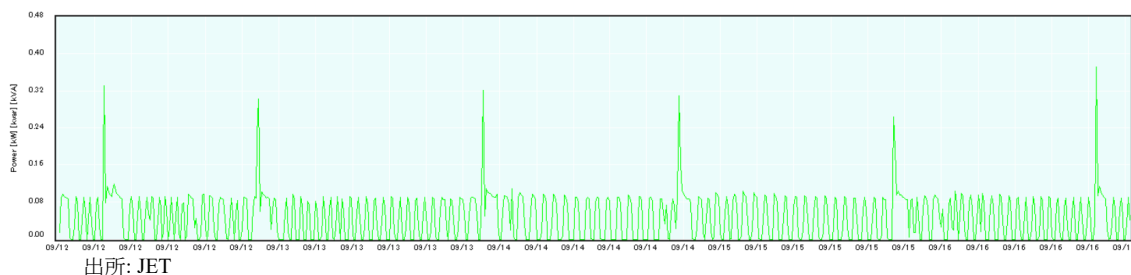


図 4-33 冷蔵庫の消費電力量実測データ(2022年9月)

➤ 照度実測と照明の間引き提案

建物内会議室の照度を実測したところ、800 Lux 以上あり日本の省エネガイドライン範囲<sup>8</sup>を超えていたため、LED 照明の間引きを提案。

(3) まとめ(追加的省エネ対策/取り組み提案を含む)

4.3.1(1) で示した省エネロードマップは MEPS の早期導入(導入時期が早いほど省エネ効果が積算される)、また、定期的に(可能と思われる)ハイピッチで MEPS を引き上げていくことを想定し策定した。その結果、2030 年における民生分野における電力消費量は約 512 GWh(削減量=359 GWh、対 BAU)と試算された。産業分野とその他も含めた全体の電力消費量は約 788 GWh となる。

BNEP で言及されている 2030 年における電力消費量 3 割削減(対 2014 年)の達成(895 GWh x 0.7=627 GWh)に向けては、上記 3 機器への MEPS 導入に加え、追加的省エネ対策/省エネへの取り組みが不可欠であり、優先されるべき追加的省エネ対策および期待される省エネ効果を表 4-17 に示す(3 割削減に向けて必要な省エネ量=788 GWh - 627 GWh=161 GWh)。

表 4-17 追加的省エネ対策/取り組みと期待される省エネ効果

優先度	追加的省エネ対策/取り組み	期待される省エネ効果
高	モータ、OA 機器、家電機器等への MEPS 導入	65 GWh(家庭用+業務用+産業用の 1 割削減)
高	ビルディングコードの導入	51 GWh(家庭用+業務用需要の 1 割削減)
高	徹底したエネルギー管理の実践(BEMS 導入含む)	43 GWh(業務用+産業用需要の 1 割削減)
中	省エネ普及啓発活動の強化	14 GWh 以上(冷房温度高め設定、ナイトパーズ、省エネ機器の経済性等を含む)

出所:JET

4.3.2 省エネルギー目標実現に必要な設備・技術

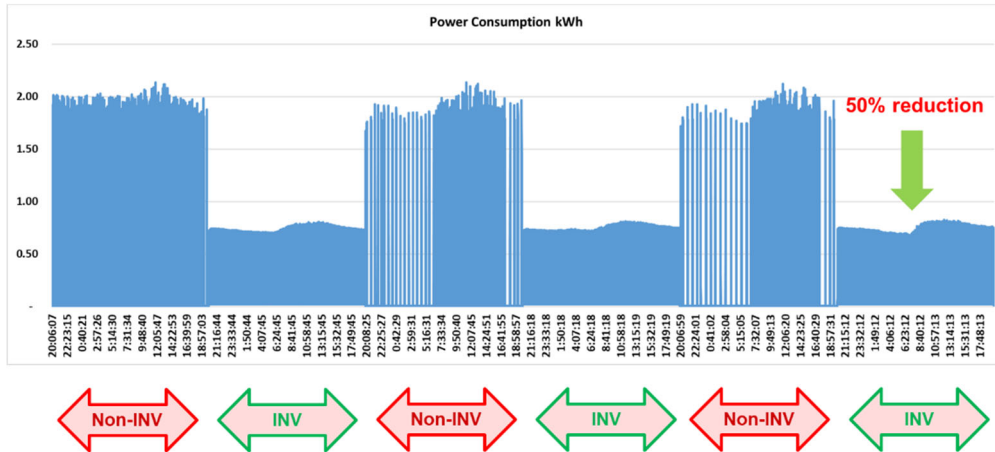
4.3.1(3) の記述内容に基づき、省エネルギー目標実現に必要なエネルギー消費設備・技術に係る検討内容、ならびに、省エネワークショップ等を通じて行った提言を以下に記す。

<sup>8</sup> 建物省エネガイドブック(省エネセンター、2022 年)

(1) 空調機器

- インバータ付きルームエアコンディショナー(RAC)

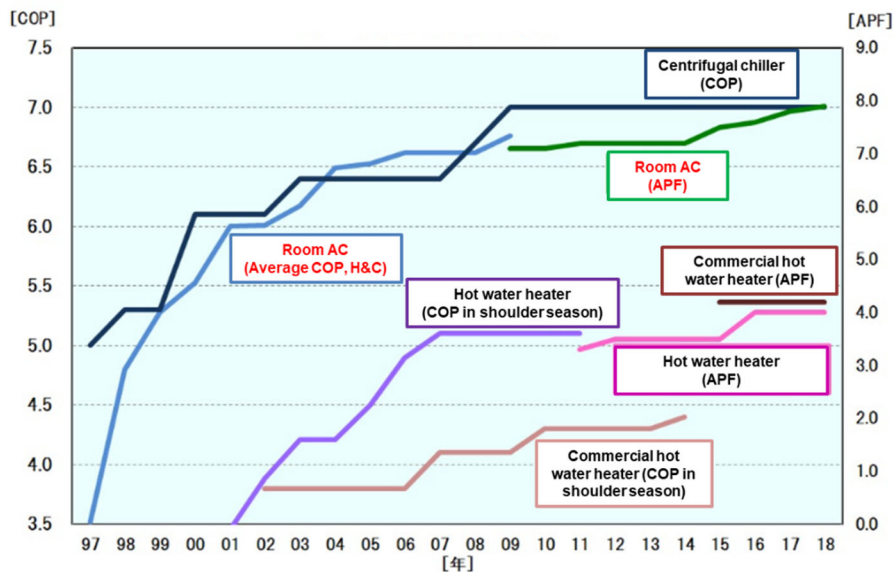
インバータ付き RAC は、ノンインバータ RAC に比べ電力消費量が約 50%削減されることが、貴機構他事業で実施したデモンストレーションにおいて確認されている(図 4-34 参照)。



出所: JET

図 4-34 インバータ AC とノンインバータ AC の消費電力量実測データ(冷房運転時)

わが国では RAC の効率化は過去 20 年間で 2 倍程度の向上を遂げた。国全体のエネルギー消費効率向上に向けては、インバータ RAC の普及が極めて重要であることを提言した。(図 4-35 参照)



出所: Manufactures' Catalogue, Energy Saving Catalogue (METI)を基に JET 作成。

図 4-35 ヒートポンプ技術の効率向上の推移

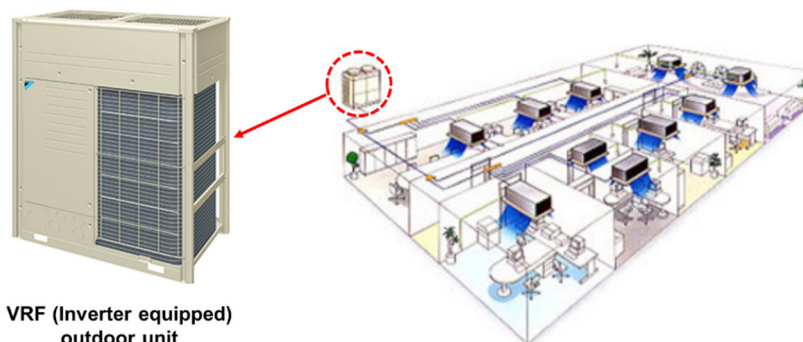
- VRF(Variable Refrigerant Flow)システム

EE ロードマップにおいて、「業務用空調の高効率化」が電力消費量削減への貢献割合が最大(民生分野の 32%)であることが示されている。(図 4-29 参照)

省エネ診断(ウォークスルー調査)でも、ルーフトップ型エアコンが確認されており、VRF への代替を提案している。

業務用建物などで多く活用されているルーフトップエアコン等、現地ではセントラル空調と呼ばれている空調方式の代替システムとして優れた省エネ性能を有する VRF(全てインバータが搭載された日本発の技術)の普及が極めて有効と提言した。

VRFは省エネ性(室内機の個別運転制御を含む)に加え、省スペースかつ静音性にも優れている。  
図 4-36 に VRF システムの概観を示す。



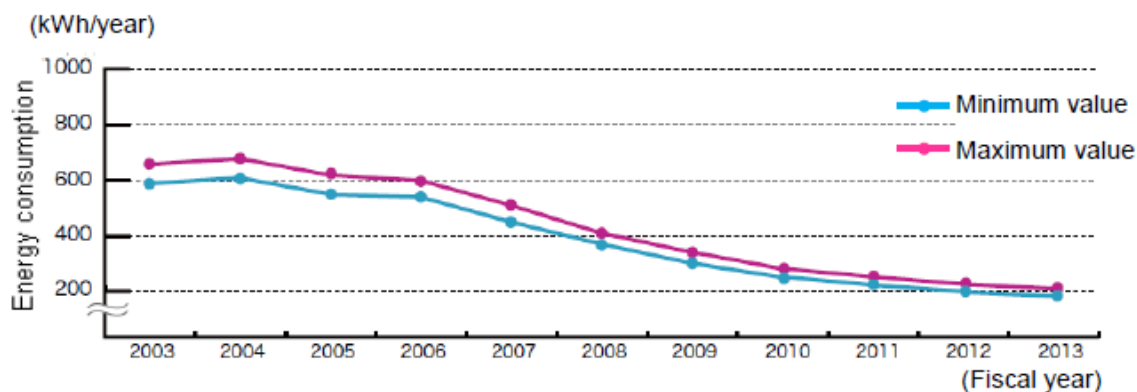
出所: ダイキン工業資料を基に JET 作成。

図 4-36 VRF システムの概観

## (2) 冷蔵庫

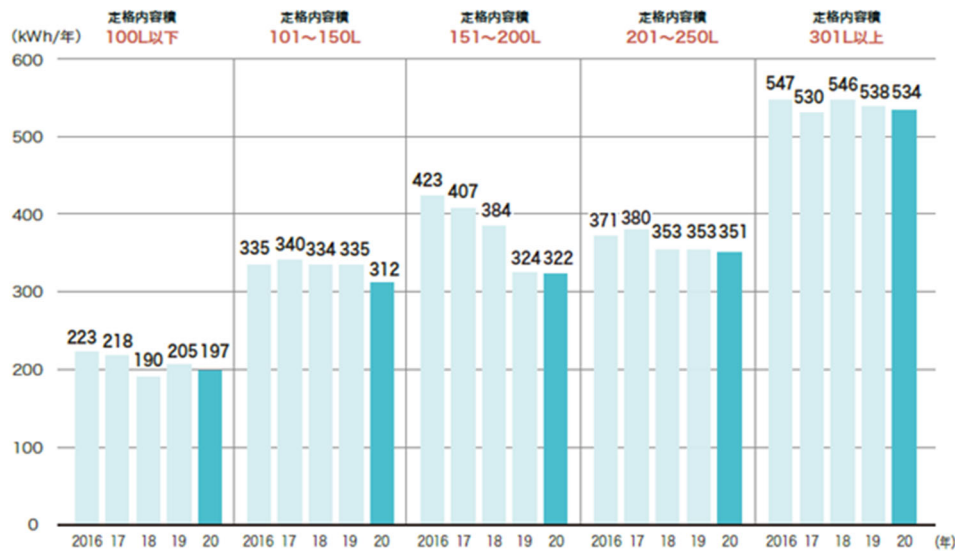
- 高効率家庭用冷蔵庫

コンプレッサ・モータのインバータ化、ならびに、断熱仕様強化等各種省エネ要素技術の導入に伴い、家庭用冷蔵庫の年間消費電力量は 2003 年～2013 年間で約 1/3 へと大幅な省エネ化が図られた。さらに、2016 年以降も各容量において省エネ化が継続している。(図 4-37、図 4-38 参照) EE ロードマップにおいては家庭用冷蔵庫の高効率化を提言、また、省エネ診断(ウォークスルー調査)でも高効率インバータ冷蔵庫への更新を提案した。



出所: 省エネ性能カタログ 2014 夏(METI)

図 4-37 家庭用冷蔵庫の年間電力消費量推移(401-450ℓ, 2003-2013 年)

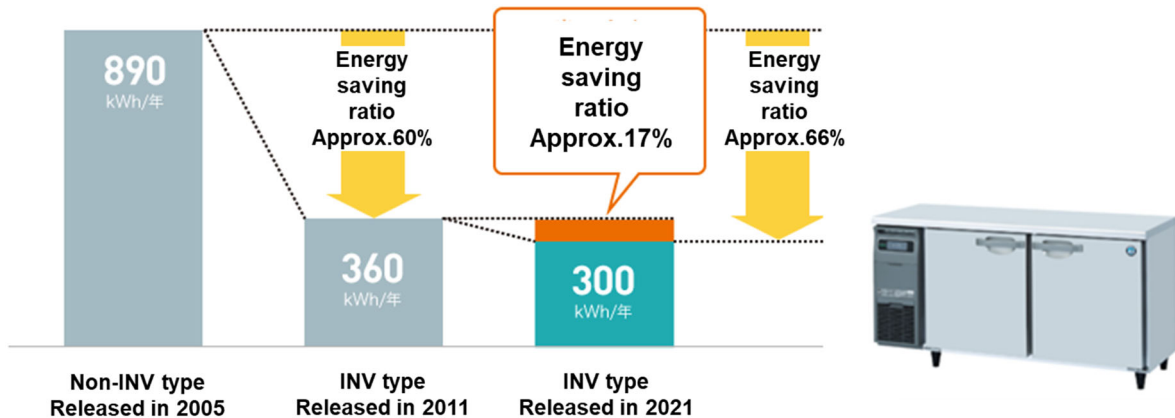


出所: 省エネ性能カタログ 2021(METI)

図 4-38 家庭用冷蔵庫の年間電力消費量推移(2016年-2020年)

● 高効率業務用冷蔵庫

本邦メーカーの例では、図 4-39 に示す通り 2011 年にインバータ化が図られ約 60%消費電力量が削減、さらに、最新モデルでは 2006 年モデルに比べ消費電力量が約 1/3 へ削減された。わが国では業務用冷蔵庫においても、省エネ化の進展が著しい。これら高効率化事例を共有しつつ、EE ロードマップにおいて業務用冷蔵庫の高効率化を提言した。



出所: HOSHIZAKI CORPORATION 資料を基に JET 作成。

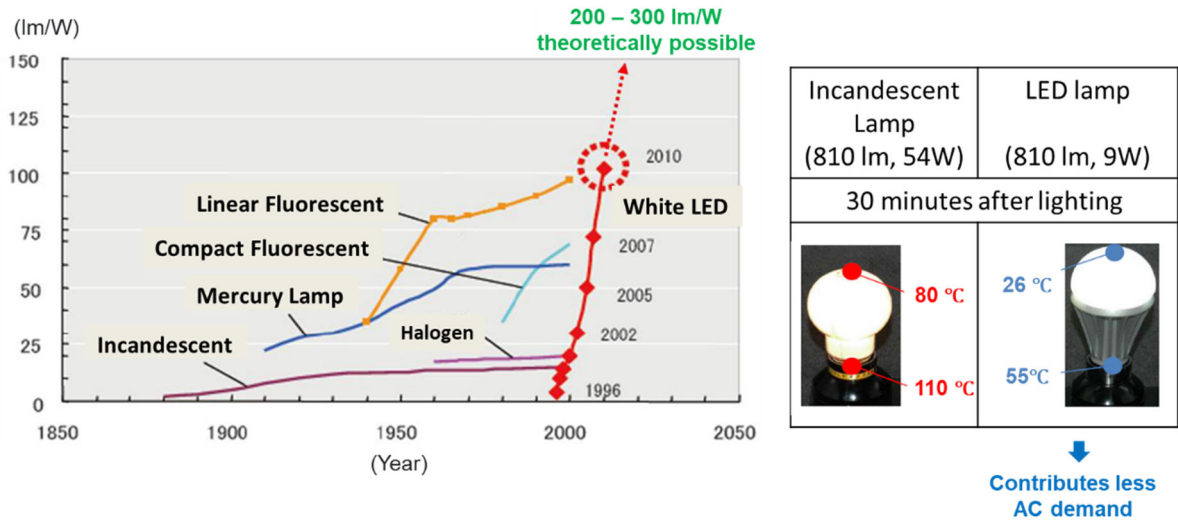
図 4-39 業務用冷蔵庫の省エネ化の例

(3) 照明器具

● LED

省エネ化の急速な進化を遂げている LED 照明器具の中には、すでに 200 lm/W 程度の発光効率に到達(白色 LED)、さらなる高効率化が進展するものと考えられる。(図 4-40 参照) 加えて、LED からの発熱量低減に伴う空調負荷削減の副次効果も得られる。LED 導入による照明用途の消費電力量削減効果について EE ロードマップで紹介した。

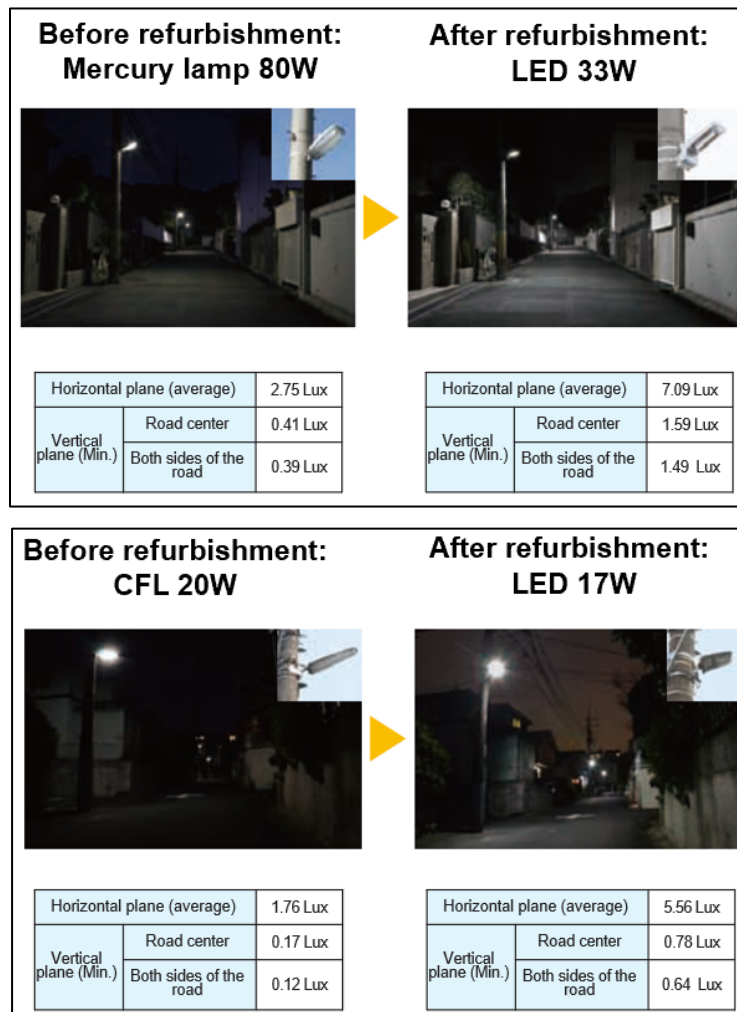




注: 白色 LED、直管 LED では 200 lm/W 程度の製品がすでに市場投入されている。  
出所: METI 資料を基に JET 作成。

図 4-40 各種照明器具の発光効率推移(左図)と表面温度差異(右図、白熱球と LED 電球)

併せて、街灯の LED 化に伴い道路が暗くなる懸念に関しては、図 4-41 に示す通り、わが国においてむしろ照度が高まった 2 事例を紹介した。



出所: 公益社団法人日本防犯設備協会資料を基に JET 作成。

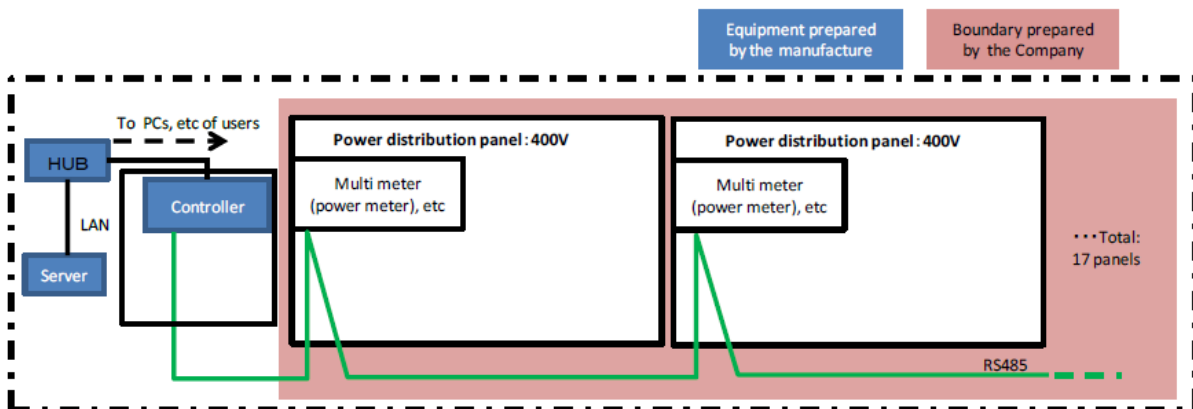
図 4-41 各街灯の LED による照度の変化

#### (4) BEMS (Building Energy Management System)

(1)~(3)で示した高効率電力消費機器の普及・促進に加えて、組織として省エネ推進に取り組むエネルギーマネジメントの効果的実践が必要であること、またそのためには、エネルギー消費量を“見える化”する BEMS(Building Energy Management System)の導入を提言した。

さらに、通常 BEMS は単体の電力消費機器の消費量測定まではカバーしていないため、データロガーを活用し個別機器の電力消費量測定をサポートすることが望ましい。

BEMS の構成例を図 4-42 に示す。



出所: JET 作成。

図 4-42 BEMS の構成(分電盤 17 台の例)

#### (5) まとめ

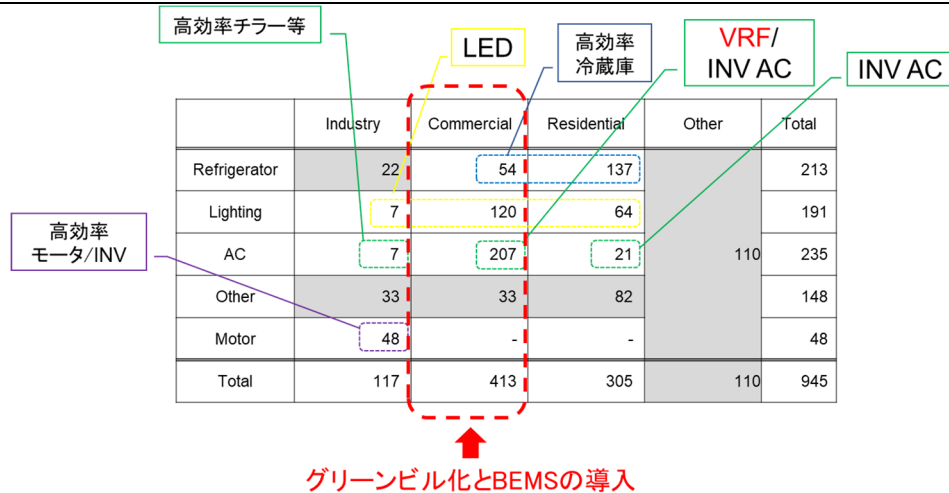
主要 3 電力消費機器への MEPS 導入に伴う電力消費量推移を示した省エネロードマップ策定時には、併せて BAT を見据えつつ設備面からの検討を加えた。その結果、省エネ型空調機器・冷蔵庫・照明器具の導入促進が急務であり、早期 MEPS 導入を継続的に提言した。さらに、BNEP で示されている省エネ目標実現に向けては、各組織におけるエネルギーマネジメントの効果的実践に必要な BEMS の普及を提言した。

### 4.3.3 省エネルギー推進プロジェクトに向けた提言

バルバドスの用途別電力消費構造は図 4-43 に示す通り、民生用分野が約 76%を占めている。これらの中で、主要電力消費領域であるものの、具体的政策対応の見通しの無い領域は、業務用空調、業務用冷蔵庫、産業用モータである。産業用モータについては、今後、モータの MEPS を策定していくことが必要であり、これは業務用分野でもエレベータ、各種ポンプ等へも適用される。

他方、業務用空調は最大の電力消費領域の一角をなすものの、セントラル空調への早期の MEPS 導入は困難と考えられる(わが国のトップランナー基準にも含まれていない)。

そこで、業務用グリーンビル・プロジェクトとして VRF 普及、BEMS 活用によるエネマネ活動の実践、業務用建物の省エネ化/グリーンビル化に向けたプロジェクト成果の発信/共有(普及啓発活動推進)を図ることを提言する。(図 4-43 参照)



注: 灰色の網掛け部は、省エネ対策の不明な領域  
出所: エネルギーバランス表(UNSD, 2019年)を基にJET作成

図 4-43 バルバドスのセクター別・用途別電力消費量(GWh)とグリーンビル化提案

省エネロードマップでは業務用分野の電力消費量削減ポテンシャルが大きい結果が得られており、業務用建物の省エネ化、グリーンビル・プロジェクトに向けた具体的実施イメージを以下の通り提言する。

- 導入技術
  - 高効率空調機器(VRF、インバータ RAC)  
注: 立地状況次第では、空調機器室外機を PV パネルで覆い室外機の日射遮蔽を図る(室外機の塩害対策としても有効、との意見あり(バルバドス関係者より))。
  - 高効率冷蔵庫、高効率照明器具、BEMS
- 対象建物
  - 公的機関の事務所ビル(新設は実施時期が不透明であるため、既設であること)
- 目標
  - 低層建物の場合、ZEB を目指す(わが国では 4 階建て以下までなら ZEB 化が可能との政府による技術検討会議の結果あり)。

#### 4.3.4 省エネルギー目標実現への人材育成

2019年7月にベースライン調査を終え、2019年10月の第4回渡航ではバルバドスにてキックオフワークショップを実施し、研修計画についての議論を行った。EE チームは第5回渡航を2020年2~3月にかけて実施し、データロガーのデモンストレーション、および省エネロードマップとビルディングコードに関する説明を行った。MEB 3名、BWA 3名、BNSI 9名の15名が参加した。

JET は以降の本格的な研修準備を行っていたが、同時期にコロナが発生したため、現地での人材育成活動の中断を余儀なくされた。その後 JET は JICA との議論を踏まえてオンライン研修を企画した。EE における研修の概要は表 4-18 に記載の通りである。

バルバドスを対象とした第1回オンライン研修は下表の要領で実施した。研修のモニタリング結果は良好であった。参加者からはエネルギーマネジメントとエネルギー診断に関するコメントがあった。また第2回オンライン研修は現地とのスケジュール調整が難航し、実施には至らなかった。

**表 4-18 第 1 回オンライン研修実施の概要**

研修日程	2020 年 12 月 7 日 10:00-12:00(バルバドス時間、RE との共同開催のうち 1 時間が EE の講義)、リモート
参加者	4 名(MESBE 4 名)
プログラム	COVID-19の電力・エネルギー需要とEEへの影響
モニタリング評価結果	4.5(5 点満点)

出所: JET 作成

JET は渡航再開後の第 6 回渡航(2022 年 9 月)にバルバドス側と協議の上、研修内容の再検討を行い、表 4-19 の内容で 2 回の省エネ研修を実施することとした。

**表 4-19 EE 研修の概要(バルバドス、渡航再開後)**

研修タイトル	講義概要
エネルギーマネジメントと省エネ診断	<ul style="list-style-type: none"> <li>- エネルギーマネジメントおよび省エネ診断の国際標準</li> <li>- 日本における成功事例の紹介</li> </ul>
省エネ診断結果報告	<ul style="list-style-type: none"> <li>- エネルギー診断と現地調査(MEB 建物を対象)</li> </ul>
エネルギー消費分析&EEC ロードマップ 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- エネルギーバランス表によるエネルギー消費量分析</li> <li>- 住宅部門におけるエネルギー効率化・省エネルギー(EEC)ロードマップ</li> </ul>
エネルギーバランスと EE ロードマップ 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 商業部門における省エネルギー(EEC)ロードマップ</li> <li>- 非産業部門における有望なエネルギー効率化技術</li> </ul>
省エネビルディングコード 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 住宅建築物における簡易計算の例(地域-6)</li> <li>- 住宅用建物の簡易計算例(第 8 地域)</li> <li>- EEC 独自の住宅建築における取り組み(沖縄県)</li> </ul>
EV および蓄電池の市場動向	<ul style="list-style-type: none"> <li>- EV の分類と特徴</li> <li>- 世界における EV 市場のトレンドと蓄電池市場</li> <li>- 各国の EV 政策およびインフラ整備状況</li> <li>- EV メーカーの分析</li> <li>- 日本とバルバドスにおける EV 導入事例</li> </ul>
組織間のコミュニケーション(RE、EE 共通)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 各国エネルギー分野のステークホルダー分析とベースライン調査の振り返り</li> <li>- 組織の種類と比較</li> <li>- 組織間コミュニケーションの重要性</li> <li>- 関係者間の円滑なコミュニケーションに関する討議</li> </ul>

出所: JET 作成

第 1 回 EE 研修は 2022 年 11 月 14 日に、表 4-20 の要領で対面にて実施した。研修のモニタリング結果は概ね良好であった。参加者からは第 2 回研修にて住宅用建築物の省エネ規制や EV 用蓄電池の中古市場に関して触れて欲しいとの要望があった。

**表 4-20 第 1 回 EE 研修実施の概要(バルバドス)**

研修日程	2022 年 11 月 14 日 10:00-14:30(バルバドス時間) バルバドス会議室にて対面
参加者	5 名(BL&P 1 名、BNSI 2 名、UWI 2 名)
プログラム	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. エネルギーマネジメントとエネルギー診断</li> <li>2. エネルギー消費分析&amp;EECロードマップ1</li> <li>3. EVおよび蓄電池の市場動向</li> </ol>
モニタリング評価結果	3.7(5 点満点)

出所: JET 作成

第 2 回 EE 研修は 2023 年 1 月 23 日と 24 日の 2 日間、表 4-21 の要領で対面にて実施した。研修のモニタリング結果は概ね良好であった。参加者からは今後の研修にてグリッド接続用蓄電池、EV 用インフラについて触れて欲しいとの要望があった。

第1回 EE 研修で使用した資料、参加者および Q&A リストを **Appendix 4-1-1、4-1-2**、第2回 EE 研修分を **Appendix 4-2-1、4-2-2** に示す。

**表 4-21 第2回 EE 研修実施の概要(バルバドス)**

研修日程	2023年1月23日 10:00-15:00(バルバドス時間) 2023年1月24日 10:00-15:00(バルバドス時間) バルバドス会議室にて対面
参加者	11名(MEB 3名、BNSI 4名、CCREEE 2名、BREA 2名)
プログラム	(1日目) 1. エネルギー消費分析&EECロードマップ2 2. 省エネビルディングコード2 (2日目) 1. 省エネ診断結果報告 2. 組織間のコミュニケーション
モニタリング評価結果	3.9(5点満点)

出所: JET 作成

#### 4.3.5 省エネルギー目標実現に必要な政策・制度

本事業を通じ実施した省エネ推進に必要な政策・制度に係る提言、ならびに、現状認識(2023年3月時点)を整理しつつ、本事業後における省エネ推進に必要な政策・制度およびその策定に向けた支援を以下に提言する。

##### (1) 現状認識

各種省エネに関する取り組みとその現状認識は、以下の通りである。

- 国家省エネ計画策定
  - 未策定。
- MEPS/ラベリング制度
  - CARICOM S&L 制度制定を 2022 年に予定していたが、遅延の見通し。
  - MEB は 21 年 12 月より、非効率照明器具の輸入禁止措置を実施。
  - 2023 年からラベリング制度のパイロット運用を開始 ⇒ 対象：販売店、輸入業者等。
  - 試験室の共同使用：エアコンと冷蔵庫については BSJ(ジャマイカ)、照明については トリニダード・トバコの試験室を活用する計画。現在協定書を策定中。(南南協力が進捗中)
  - MEB では非効率空調機器の販売禁止に向けた検討を開始。
- エネルギーマネジメント
  - 2023 年第 3 四半期までを目途に、エネルギーマネジメント・ガイドブックを策定予定。
- ビルディングコード
  - MEB は建設業者、設計者にも分かり易いビルディングコード導入を検討中。
  - CREEBC は 2023 年にアップデート予定。それを受け、国内でもビルディングコード(省エネを義務化)を制定する案も検討中。
- 電気自動車
  - 電気自動車普及支援策として、中央政府職員を対象に無利子融資(最大 9 年間)を導入(2022 年 11 月時点では、制度説明会等が行われている)。

## (2) 国家省エネ計画

- 制度・政策への提言
  - BNEP で示されている EE シナリオで 2030 年までに 30 %電力需要削減(対 2014 年)、という目標を踏まえ省エネ対策を網羅した国家省エネマスター計画策定が必要である。しかしながら、同計画策定～議会承認までの全工程には一定の期間が必要となることを鑑み、同計画の柱となり得る個別の政策・制度・施策の推進を提言した。
- 制度・政策の策定への提言
  - 「国家エネルギー政策(BNEP) 2019-2030」に紐づく国家省エネマスター計画策定が必要であるものの、BNEP 自体が 2030 年までであること、および、同計画策定～議会承認までの全工程には一定の時間を要することを鑑み、本事業では国家省エネ計画策定に係る具体的提言をするよりはむしろ、省エネ推進に向けた個別政策・制度に係る検討・提言をすることが妥当と判断した。
  - 省エネ政策策定の際にはデータに基づく立案プロセスが重要であり、すなわち、エネルギーバランスを参照すること、電力消費に係る一次エネルギー換算を行い評価することが重要であると提言。さらに、(エネルギーバランスには表記されない)用途別電力消費量のデータ収集も重要であり、本事業で供与したデータロガーの有効活用を提言した(特に、家庭用電力需要が伸びている現況において、家庭内の用途別電力消費量を計測すること、等)。
  - 本事業後においては、アップデートが必要な民生分野における用途別電力需要調査・データ収集支援を提言する。(優先度：高)

注:わが国の省エネ政策(2013 年～2030 年までの省エネ目標値、および、進捗状況等)について、第 2 回ワークショップで紹介、説明した。

## (3) MEPS/ラベリング制度の導入計画

- 制度・政策への提言
  - 2023 年：自主規制  
空調、照明、冷蔵庫を対象としたパイロット運用後、可能な限り早期に MEPS/ラベリング制度を導入することが長期にわたる省エネ化へ肝要であることを EE ロードマップの説明の機会などを通じ提言した。
  - 2～3 年後  
自主規制による効果をレビューし必要に応じて MEPS/ラベリングの義務化を検討すること、および対象機器の追加(モータ、主要家電機器)についても検討すべきであることを提言した。
- 制度・政策の策定への提言

ベースライン調査から比較すると、以下の進捗が確認された。

- 非効率照明器具の輸入禁止措置実施済。
- 2023 年からラベリング制度のパイロット運用開始予定。
- エアコンと冷蔵庫は BSJ(ジャマイカ)、照明器具はトリニダード・トバコの試験室の活用を具体的に計画しており、南南協力が進捗中。
- 非効率空調機器の販売禁止に向けた検討を開始。

これらはいずれもこれまでの当事業期間を通じ、JET から C/P 機関に対し継続的に提言してきた内容が現実に前進しているものである。

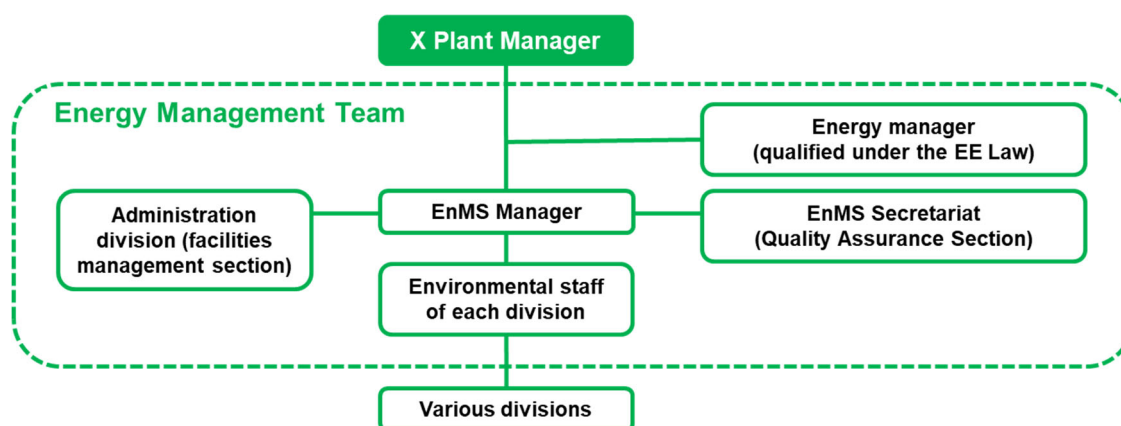
BSJ(ジャマイカ)の試験室ではエアコンの部分負荷効率も測定可能な設備が整っており、今後のインバータ RAC の MEPS 改定時には定格運転時の効率評価ではなく、部分負荷運転時の運転性能も考慮する期間効率へ評価方法を改定すべき、と重ねて提言していく必要がある。

- 本事業後においては、(端緒についたばかりのである)非効率空調機器排除プログラム制定に向けた検討支援を中心に、(2)で収集された主要家電機器(天井ファン、給湯機器等を想定)、および、モータ等への MEPS 導入に向けた検討支援を提言する。(優先度：高)

#### (4) エネルギーマネジメント活動の推進

- 制度・政策への提言
  - MEB との個別会議、また、第 1 回省エネワークショップにおいて、ISO50001 に基づいたエネルギーマネジメント活動の手順、手法等を講義、あわせて、ベストプラクティスを紹介しエネマネ活動の推進の重要性を説明、提言した。

わが国のエネマネ推進好事例において、構築された省エネ推進体制を図 4-44 に示す。



出所: METI 資料を基に JET 作成。

図 4-44 構築された体制(本邦某工場の例)

エネマネ推進活動で設定されたエネルギー消費量、インテンシティ等省エネに係る目標値を表 4-22 に示す。

表 4-22 エネマネ推進活動で設定された省エネ目標値(本邦某工場の例)

		Electricity	City gas	LPG	Air
Intensity	FY2015	5% improvement	5% improvement	Less than FY2012	3% improvement
	FY2012	3% improvement	3% improvement	Less than FY2012	1% improvement
Total amount	FY2015	30% reduction	5% reduction	15% reduction	3% reduction
	FY2012	10% reduction	Less than FY2010	15% reduction	1% reduction

出所: METI 資料を基に JET 作成。

エネマネ推進活動の達成状況を表 4-23 に示す。

表 4-23 エネマネ推進活動の達成状況(本邦某工場の例)

Total effect by measures conducted in FY2012	CO2 reductions (total)	81.2 t-CO2
	Reduction cost (total)	JPY 2,844,000
Total effect by measures conducted in FY2013 (estimates)	CO2 reductions (total)	130.3 t-CO2
	Reduction cost (total)	JPY 4,801,000

出所: METI 資料を基に JET 作成。

エネマネ推進活動開始から ISO50001 認定取得までの約 1 年半の工程を図 4-45 に示す。

2012												2013									
3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
▲ Kick-off																					
System establishment																					
Energy review																					
Implementation of EE measures																					
▲ Capacity development of auditor, internal audits																					
▲ Management review																					
Examination																					
Certification ▲																					

出所: METI 資料を基に JET 作成。

図 4-45 ISO50001 認定取得までの工程(本邦某工場の例)

- 制度・政策の策定への提言
  - MEB は、省エネ推進活動は個人単位ではなく、職場やビル、企業など社会全体で取り組むことが重要であり、かつ、省エネ効果の可視化が必要、との認識にあり、エネルギーマネジメントの重要性を高く評価している。
  - 本事業後においては、MEB にて策定予定であるエネマネ活動ガイドブック(2023 年 9 月完了予定)と並行しつつ、効果的なエネマネ成果が得られた好事例を取りまとめ(ネービス水道局、わが国における好実践例)、成功に至った共通項/要因分析を行い、民間セクターも含め共有する。また、建物用途別のベンチマークを策定し(例: 延床面積あたりの消費電力量)、各エネルギー消費者・建築物関係者に向け目標値を示していくことが肝要である。そのモデルビルとして、4.3.3 で記したグリーンビル・プロジェクト実施支援(BEMS 導入も含む)を提言する。(優先度: 高)

## (5) ビルディングコード

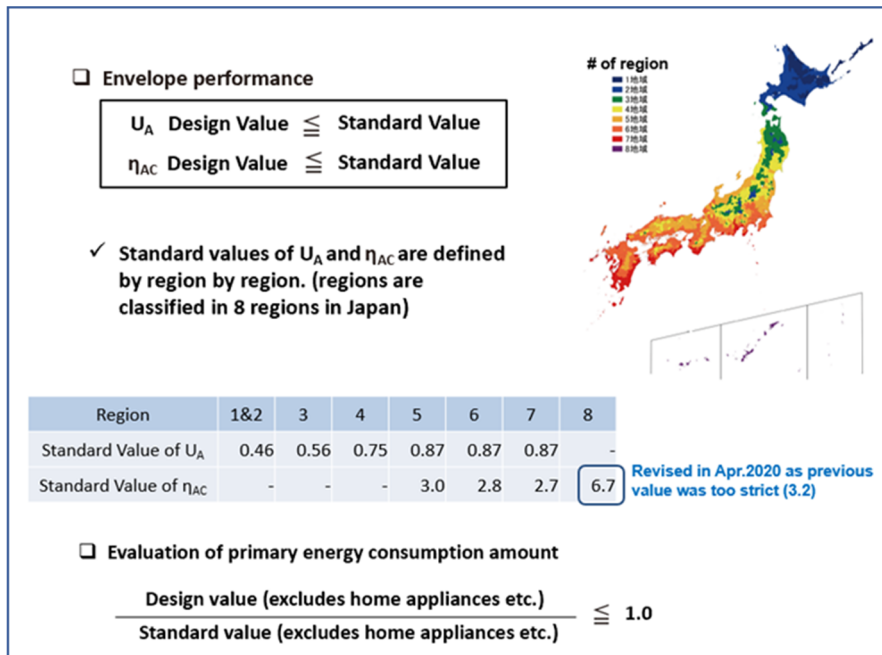
- 制度・政策への提言

バルバドスでは現状の CREEBC を設計者向けガイドラインと位置付けつつも、新たに簡易なビルディングコードを独自に策定したいとの意向がある。類似気候にある沖縄県における建築物の省エネ化への取り組みを紹介して欲しい、との要望に基づき、第 2 回省エネワークショップにて講義を行った。そのポイントを以下に記す。



➤ ポイント 1(国レベルの省エネ評価基準)

わが国による沖縄県における住宅建築物省エネ基準では、日射遮蔽に係る基準(日射熱取得率)は設けられているものの、外皮性能(envelope performance)の熱貫流率(U 値)は他地域と異なり設けられていないことを紹介した。(図 4-46 参照)

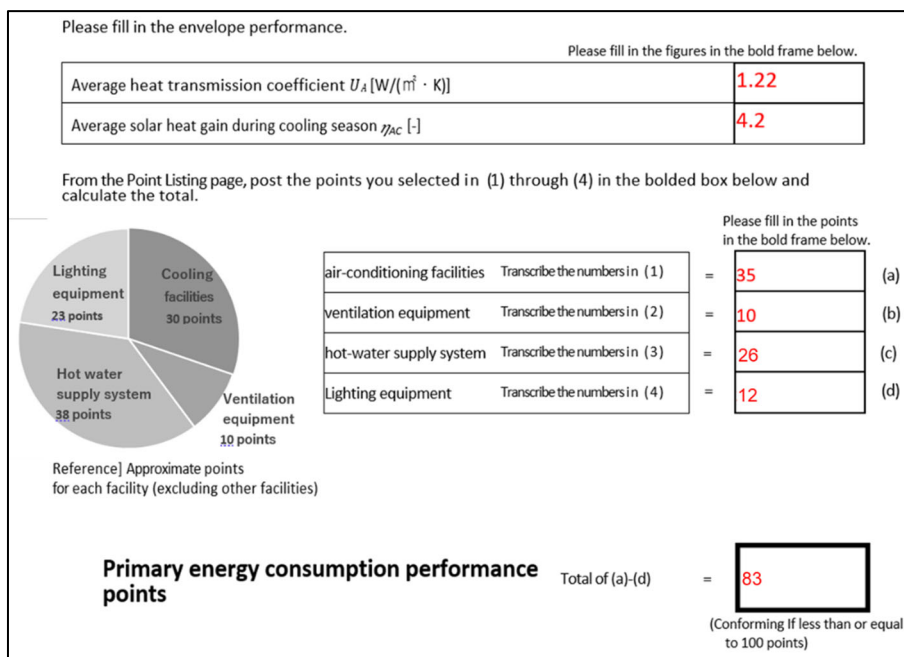


出所: MLIT 資料を基に JET 作成。

図 4-46 わが国の住宅建築物の省エネ基準

➤ ポイント 2(国レベルの省エネ評価基準)

わが国による沖縄県における住宅建築物省エネ性能評価方法の例として、冷房システム・換気システム・給湯システム・照明器具を対象としたスコアポイント方式による評価方法を紹介した。(図 4-47 参照)



出所: MLIT 資料を基に JET 作成。

図 4-47 沖縄県の住宅建築物の省エネ評価方法(スコアポイント方式)

➤ ポイント 3(国レベルの省エネ評価基準)

わが国による沖縄県における住宅建築物省エネ性能評価方法の例として、簡易プログラムによる一次エネルギー消費量シミュレーションによる評価方法(標準値と設計値との比較)を紹介した。(図 4-48 参照)

(1) Name of housing type	OOOO residence ( detached house)			
(2) Floor area.	Principal living space	Other living space	Non-living space	Total
	29.81 m2	51.34 m2	38.93 m2	120.08 m2
(3) Regional classification	8 Region		*****	
(4) Primary energy consumption (per dwelling)			Design primary [MJ].	Standard Primary [MJ].
	heating facilities		0	0
	air-conditioning facilities		15483	21289
	ventilation equipment		4583	4542
	hot-water supply system		12338	17922
	lighting equipment		5964	10763
	Other equipment.		21241	21241
total amount		59609	75756	
(5) BEI	Primary energy consumption (excluding others) [GJ/(unit/year)].		38.4	54.6
	BEI		0.71	

\*1: Power generation facilities include cogeneration facilities and photovoltaic facilities. \*2: This is the amount of primary energy consumption required to generate the electricity sold by the cogeneration facility.

出所: MLIT プログラムを基に JET 作成。

図 4-48 沖縄県の住宅建築物の省エネ評価方法(シミュレーション)

➤ ポイント 4(沖縄県による省エネ評価方法)

沖縄県における住宅建築物省エネ技術導入に伴う省エネ性能評価方法(沖縄県によるもの)の例として、省エネ技術評価シートを紹介した。(図 4-49 参照)

Use	Energy consumption standard value (GJ)	Efficient technology	Energy consumption rate (standard value is set at 1.0)			
			Level 1	Level 2	Level 3	Level 4
Cooling	10.3 (15%)	Use and control of natural wind	0.96	0.91	0.88	
		Solar radiation shielding method	0.9	0.8	0.75	0.7
		Cooling system plan (efficient AC, etc.)	0.9	0.8	0.75	0.65
Ventilation	3.1 (5%)	Ventilation equipment	ducted	0.7	0.5	
	2.8		wall-mounted	0.8		
Hot water supply	13.8 (21%)	Solar hot water supply	0.9	0.7	0.5	0.3
		Hot water supply system	0.9	0.8		0.6
Lighting	13.6 (20%)	Daylight use	0.97~0.98	0.95	0.9	
		Lighting Equipment planning	0.85	0.8	0.7	
Appliances	21.4 (32%)	Introduction of high-efficiency appliances	0.8	0.6		
Other (Cooking)	4.4 (7%)					
Total amount	66.6					
	66.3					

出所: 省エネ住宅ガイドライン(沖縄県、2015年)を基に JET 作成。

図 4-49 沖縄県の住宅建築物への省エネ技術評価シート

➤ ポイント 5(沖縄県による省エネ評価方法)

実際の省エネ型モデル住宅で採用された省エネ技術について図 4-50 を用いて紹介した。

Use	Efficient technologies	Evaluation level	Energy consumption rate	Adopted EE methods
Cooling	Use of natural wind	3	0.88	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Openings on ventilation paths</li> <li>• Openings with consideration of the prevailing wind direction</li> <li>• Use of high windows</li> </ul>
	Solar radiation shielding method	4	0.7	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Thermal barrier paint</li> <li>• Thermal barrier block</li> </ul>
	Cooling system planning	3	0.75	<ul style="list-style-type: none"> <li>• High-efficiency air conditioner (COP 4 or higher) + fan</li> </ul>
Hot water supply	Hot water supply system planning	4	0.6	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CO2 heat pump water heater</li> </ul>
Ventilation	Ventilation system planning	1	0.8	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Simplified ventilation system</li> </ul>
Lighting	Daylight use	2	0.95	<ul style="list-style-type: none"> <li>• LD and individual rooms</li> </ul>
	Lighting Equipment Planning	3	0.7	<ul style="list-style-type: none"> <li>• High efficiency, control, and design ingenuity</li> </ul>
Appliances		2	0.6	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Efficient products + reduced standby power</li> </ul>


出所: 省エネ住宅ガイドライン(沖縄県、2015年)を基にJET作成。


図 4-50 省エネ型モデル住宅に採用された省エネ技術

- ポイント 6(沖縄県による省エネ評価方法)

上記省エネ型モデル住宅に採用された各種省エネ技術導入に伴う省エネ率試算結果(対標準住宅)を紹介。(図 4-51 参照)

Use	Standard value (GJ)	A	B	C	Design value (GJ)	Energy saving rate (%)	Note
Cooling	10.3	0.88	0.7	0.75	4.76	53.7	$4.76 = 10.3 \times 0.88 \times 0.7 \times 0.75$
Hot water supply	13.8	0.6			8.28	40.0	$8.28 = 13.8 \times 0.6$
Ventilation	3.1	0.8			2.48	20.0	$2.48 = 3.1 \times 0.8$
Lighting	13.6	0.95	0.7		9.04	33.5	$9.04 = 13.6 \times 0.95 \times 0.7$
Appliances	21.4	0.6			12.84	40.0	$12.84 = 21.4 \times 0.6$
Other	4.4				4.4	0	
Total	66.6				41.8	37.2	


  
**Energy saving rate**

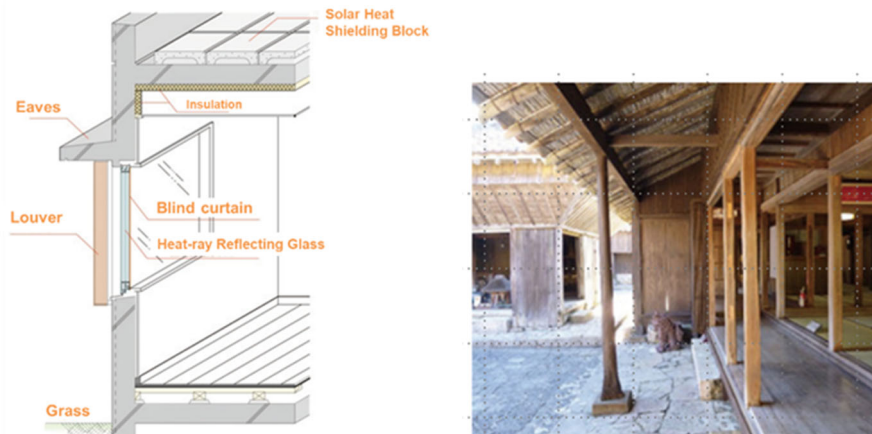


出所: 省エネ住宅ガイドライン(沖縄県、2015年)を基にJET作成。

図 4-51 省エネ型モデル住宅の省エネ率

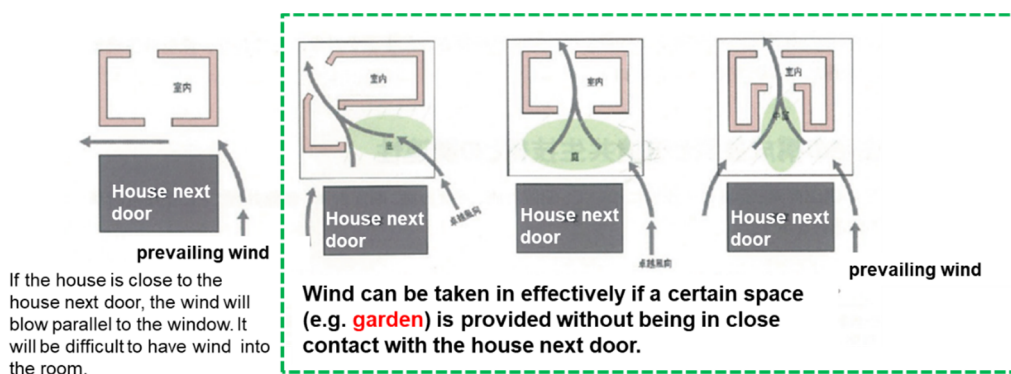
- ポイント 7(沖縄県による推奨省エネ技術)

沖縄県では、省エネ型住宅実現に向けたアプローチ/省エネ技術として「太陽熱遮熱」、「自然通風の活用」、「太陽光の利用」を推奨しており、図 4-52、図 4-53、図 4-54 および図 4-55 等を含めて各アプローチを紹介した。



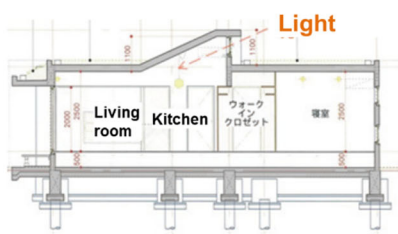
出所: 省エネ住宅ガイドライン(沖縄県、2015年)を基に JET 作成。

図 4-52 省エネ型住宅のアプローチ 1(遮熱対策)



出所: 省エネ住宅ガイドライン(沖縄県、2015年)を基に JET 作成。

図 4-53 省エネ型住宅のアプローチ 2(自然通風の活用に向けた工夫)



High Sidelight

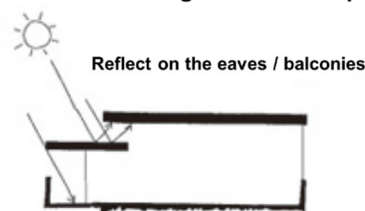


High Sidelight (sunshine enters indirectly)

出所: 省エネ住宅ガイドライン(沖縄県、2015年)を基に JET 作成。

図 4-54 省エネ型住宅のアプローチ 3(太陽光の活用-1)

➤ Introduction of light shelf concept



- If the eaves on the south side of the building are made two-tiered, the eaves blocks direct sunshine from entering the window.
- The light reflected on the upper part of the eaves is diffusely reflected on the ceiling of the room and light up the back of the room.



出所: 省エネ住宅ガイドライン(沖縄県、2015年)を基にJET作成。

図 4-55 省エネ型住宅のアプローチ 4(太陽光の活用-2)

● 制度・政策の策定への提言

- 2018年に発刊された CREEBC は建築物(業務用および住宅の新築/既築改修)設計者向け技術図書であり、建物に採用されるモータ効率、照明、エアコン、VRF、水配管の断熱、表皮断熱性能、窓/サッシ断熱性能等詳細にスペックを規定した設計者向け標準図書である。MEB は CREEBC を国内におけるガイドライン、即ち、参考図書と位置付けている。
- 他方、MEB は簡易な建築物省エネ評価方法の策定を企図しており、ワークショップで紹介した簡易評価方法(ポイント方式、簡易シミュレーションソフトの作成・活用)について、「分かり易く、今後のビルディングコード策定時に参考にしたい。」とのコメントがあった。
- 実践的で幅広い層への浸透も考慮した建築物省エネ評価方法(簡易版)の策定を提言、共通認識を醸成した。
  - 本事業後においては、バルバドス関係者から高い関心が寄せられたわが国の建築物省エネ評価方法(簡易版)に類する幅広い層をターゲットとした建築物の省エネ評価方法策定支援を提言する。(優先度：高)

(6) 普及啓発活動

● 制度・政策の策定への提言

- 昨今の電気料金高騰の影響でベースライン調査時よりインバータエアコンの経済性がさらに高まって来ている。各種省エネ型機器が従来に増して経済効果が得られることを訴求しつつ、(個人/組織における)自発的な省エネの実践を中心に効果的な省エネ普及啓発活動の推進を提言した。
  - 本事業後においては、高効率空調、冷蔵庫、照明機器の導入により得られる省エネ・脱炭素効果、経済効果等各種便益を消費者に幅広く訴求する普及啓発活動支援を提言する。(優先度：中)

4.3.6 火力発電設備の運転維持管理改善

(1) 火力発電設備の運用効率改善等の必要な方策

2021年に新設された Trents の Medium Speed Diesel generator (MSD)のディーゼル火力は最大の効率でベースロード運転されており、再エネの変動は他の発電所で吸収している。燃費は既に最適化されており、今後もこの方向性を進めることを BLPC に確認した。

## (2) 火力発電設備のメンテナンスに関する改善方策

BLPC の火力発電所は 4 か所あり、Spring Garden PS から遠隔運用を行っているが、メリットオーダーに基づいた制御が可能な一元管理体制にはなっていない。大量の PV の導入による出力変動のために、経済運用は限定的である。BLPC は AGC の採用を検討している。維持管理の観点よりも、中央制御の実現と共にこの方向性を進めるよう提言した。

### 4.3.7 再生可能エネルギー導入と系統安定化

#### (1) 導入に伴う系統不安定化問題

ジャマイカとの共通項目が多い。ジャマイカとの共通事項を以下緑色字で示す。

バルバドスは平地が多く、安定して出力を出せる水力のポテンシャルはあまり見込めない。また、廃棄物発電やバイオガスなどのバイオマス発電は材料の収集に課題があり、収集可能量に応じた発電計画とする必要がある。IRRPP では変動型電源である PV と風力を、BESS と共に大量に計画入れている。

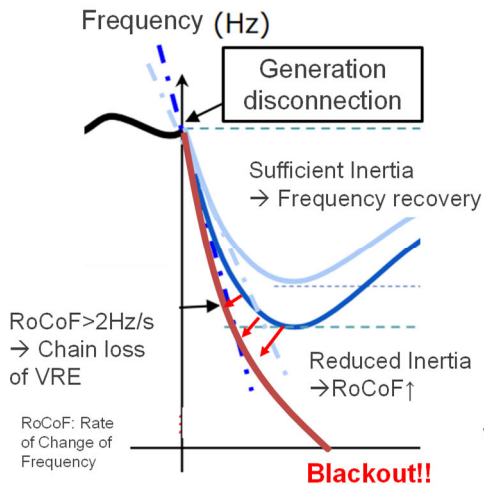
(以下、ジャマイカの記述と一部重複するため、重複箇所は緑色で表示する)

- (i) **スピニング・リザーブ**：瞬時に追従し変動を吸収するためにスタンバイさせておく電源(スピニング・リザーブ)が必要となる。例えば雲の動きにより PV は出力の 8 割以上が 1 分以内に変動することがある。この 8 割をカバーするために、高速のランプレートを有するガスエンジンなどの発電機が必要である。
- (ii) **無効電力補償**：交流電力は、有効電力と無効電力から構成されている。無効電力は有用な働きをしないが、電気系統が適切に機能するために必要である。無効電力は、グリッド内の電圧の安定性を維持するために必要である。PV も風力発電システムも天候に左右され、太陽光や風速の変化により出力電力が変動する。この変動は、系統の電圧変動や不安定化を招き、機器の損傷や停電などの問題を引き起こす可能性がある。無効電力補償は、系統の無効電力のバランスをとることで、これらの問題を緩和する。キャパシタや同期調相機(SCO)などの無効電力補償装置を PV や風力発電システムとともに設置し、必要に応じて無効電力を供給したり吸収したりする必要がある。これらのデバイスは、グリッドの電圧を安定させ、力率を向上させる。
- (iii) **同期化力**：PV や風力などインバータ電源が系統に増加すれば、既存の同期発電機電源が変動をカバーできない場合に、周波数が乱れる。火力や水力など十分な同期化力を持つ電源があれば出力を増やすことでこれを防げる。しかし VRE 割合が増加しインバータ電源が多くなる場合、問題が生じる。インバータは系統の周波数に合わせて交流を作る。この為、系統の周波数の変化率(Rate of Change of Frequency, RoCoF)が大きい場合、周波数が早く変化しすぎて、周波数を回復させる動作が間に合わなくなる。周波数の低下により、下限値(Nadir)が周波数低下リレー(Under Frequency Relay, UFR)の設定値以下になると発電所の UFR が働き、電源が系統から外れ、インバータ電源が次々と脱落することになる。これによりさらに周波数が低下する。すると変電所の UFR により、該当するフィーダの負荷も遮断され、該当の地域が停電する。最悪の場合はブラックアウトとなる。VRE 割合が増加しても、同期化力を十分に確保する必要がある。

VRE の出力が系統負荷の約 1/3 を超える場合、系統において慣性力の不足と同期化力が不足し、上記の問題が生じる恐れがある。図 4-56 の通りである。

## Black-out when insufficient Sync. Gen.

If synchronous generator is reduced and inertial is not sufficient, power loss  
 → Frequency drop, with no recovery  
 → Chain reaction of loss of VRE  
 → **Black out**



出典: OCCT 資料を基に JET 作成

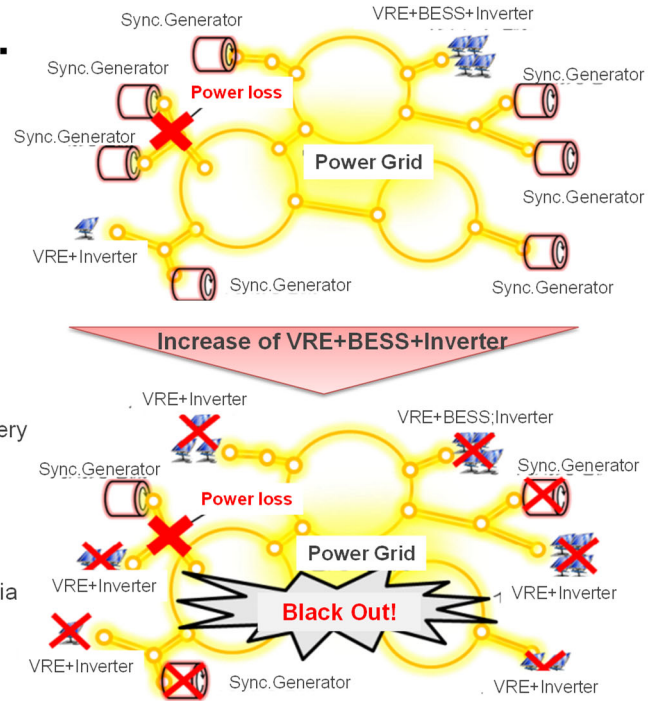


図 4-56 インバータ電源の増加と同期化力不足及びブラックアウト

### (2) 系統安定化に向けた制度と設備

周波数変動を避ける為には蓄電池の設置が有効である。しかし蓄電池もインバータを通して系統に接続するため、VRE と蓄電池を増加しても同期化力の減少の問題は残る。これを解決するのが、グリッドフォーミングインバータ(GFM)である。GFM は系統の周波数が無くとも VRE と蓄電池のみで周波数を定めることができ、同期化力を維持することが可能である。現在 GFM は開発、実証中であり、オーストラリアなどでは商用導入実績がある。

特に運輸部門を含み 100%の RE を政策目標とし、水力や地熱など安定型の RE 電源が乏しいバルバドスにおいては、GFM の採用が必須である。

GFM が市場で調達可能になるまでは、既存のガスタービンやディーゼル発電機を改修し、バイオディーゼルやバイオジェット燃料を適用することで、SCR を確保しながら再エネ率を高めることもありうる。しかしバイオディーゼル、バイオジェット燃料は、現状の軽油、ジェット燃料より割高であり、国家経済への影響も検討を行う必要がある。現在 Barbados National Petroleum Corporation (BNOC)はバイオディーゼル割合を 30 %とする B30 の導入を進めている。

今後、接続要件を規定するグリッドコードにおいて、VRE の IPP へ BESS や無効電力補償対策の義務付けを含めた要件の改定が必要と考えられる。

上の状況に応じ、再エネの大量導入に備えた政策提言として、セミナーや会議において、MEB と GEED に対して以下の提言を行った。

#### 1) BEMS 設置の義務付け

今後の 1MW 以上の規模の VRE の IPP には、変動を吸収する蓄電池の設置を義務付ける。蓄電池の容量は設置 VRE 容量の 80 %以上を 4 時間以上カバーするものであることを推奨する。

## 2) SCR(Short Circuit Ration)の規定

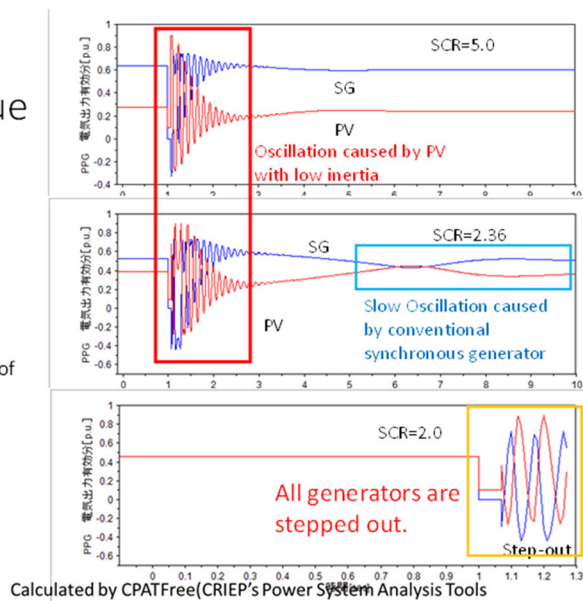
十分な同期化電源を系統計画において考慮する。具体的には SCR(Short Circuit Ratio)の値が 3 以上となるよう計画することを推奨する。SCR= 系統容量 / インバータ電源定格容量 で定義される。IEEE Std 1204-1997(R2003) では系統安定の為に SCR を 3 以上とすることを規定している。つまり、通常のインバータで系統連携する PV・風力の定格容量の三倍以上の同期発電機の容量が系統に必要である。

図 4-57 は SCR をそれぞれ 5.0、2.36、2.0 とした場合の、系統安定度計算例である。SCR が 5 の際は、一部の発電機が遮断した場合の振動は他の同期型発電機により瞬時に収束する。一方、SCR が 2.36 の場合、長周期で動揺が残る。一方、SCR が 2.0 の場合、発電機が同期速度に追従できず、周波数が低下し、発電機をトリップしたり、負荷が遮断されたりする。

### Difference of SCR value

Red: PV  
(Low Inertia)  
Blue: Synchronous  
Generator (SG)  
(High Inertia)

70 msec 3 line ground  
fault by lightning at 1 of  
2 circuit transmission  
line close to SG.



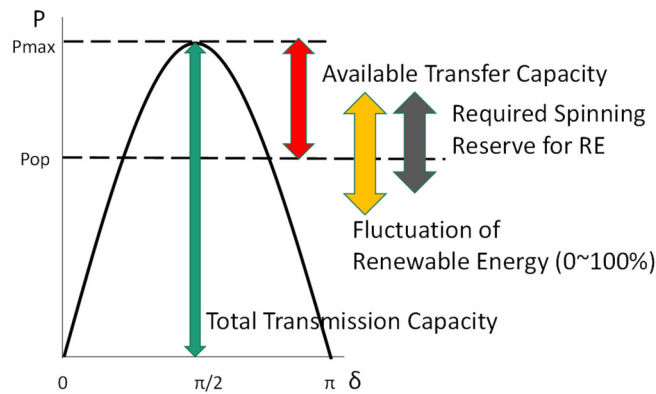
出所: ソフトウェア“CPAT”BLPCを使用し、JET 作成

図 4-57 SCR の値と過渡計算における安定性の例

## 3) 送電可能容量(Available Transfer Capacity)の検討

送電可能容量 (Available Transfer Capacity, ATC)は、既に使用されている送電線において、さらなる追加の発電送電ために送電線ネットワーク残っている転送能力の指標である。熱負荷や電圧制限などから算出される。VRE の追加電源を計画する際、VRE の変動幅と必要なスピニング・リザーブより ATC を検討することを提言する。ATC の概念図(図 4-58)と計算方法を以下に示す。





出所: JET 作成

図 4-58 送電可能容量(ATC)の概念図

$$P_{loss} = R * \left(\frac{V_i}{X}\right)^2 < P_{LOSSMAX}$$

$$P = \frac{V_i V_j}{X} \sin \delta \rightarrow P_{ATC} = \frac{V_i V_j}{X} - P_{OP},$$

ここで

- R: Transmission line resistance
- X: Transmission line inductance
- $V_i, V_j$ : Sending Voltage and Receiving voltage
- $P_{loss}$ : Transmission line loss by line Resistance R and line inductance.
- $P_{LOSSMAX}$ : Capacity Limit of transmission line
- $P_{ATC}$ : Available Transmission Capacity
- $P_{OP}$ : Operating Power

#### 4) 系統安定に資する制度の適用

PV, 風力発電の発電コストの低下により、VRE 発電業者の市場参入が拡大している。しかし再現の無い VRE 導入は、制御のできない出力変動により系統を脅かす。VRE の IPP 業者も系統安定化のための投資の責任を分担することが必要である。オークションにおいて、BESS や無効電力補償など系統安定化の機器への投資を IPP に義務付ける入札を実施することを提言する。また需要家の側にも、ToU やデマンドサイドマネジメント等、系統安定に資する制度を適用することを提言する。

#### 5) V2H および V2G 可能な車種に対する優遇措置

EV におけるデマンドサイドマネジメントとして、晴天時の PV の出力が大きい時間帯に充電を行うインセンティブを設けることが必要である。例えば昼間の職場における充電機にスマート充電システムを採用し、気象機関の天気データをもとに、晴天時の昼間の充電料金を低く設定するなどである。特に EV を用いた RE100% を目標とするバルバドスにとって、V2H や V2G を行う EV の蓄電池の活用は重要である。一部の EV メーカーは V2H や V2G が可能なシステムを搭載していないため、V2H や V2G が可能な車種に対する優遇措置を設けるべきである。

#### 6) 集光型太陽熱発電(CSP)の検討

系統安定化の為に SCR が 3 以上の値であることが必要であるが、インバータで接続する PV や風力の割合を 30 %以上とする場合、これは満たせなくなる。一方、太陽の熱を貯めてタービンを駆動する集中型太陽光 (CSP) は同期発電機電源の為 SCR に寄与する。IRRP では 2025 年からの導入を計画しているが、現在の所具体的な IPP 業者の計画はない。バルバドスにおける日射量はチリなどに比べるとやや劣るが、1600-2000 kWh/m<sup>2</sup>/yr で

あり、CSP の採算を立てるのも可能であると考えられる。参考として CSP のコスト予測を図 4-59 に示す。

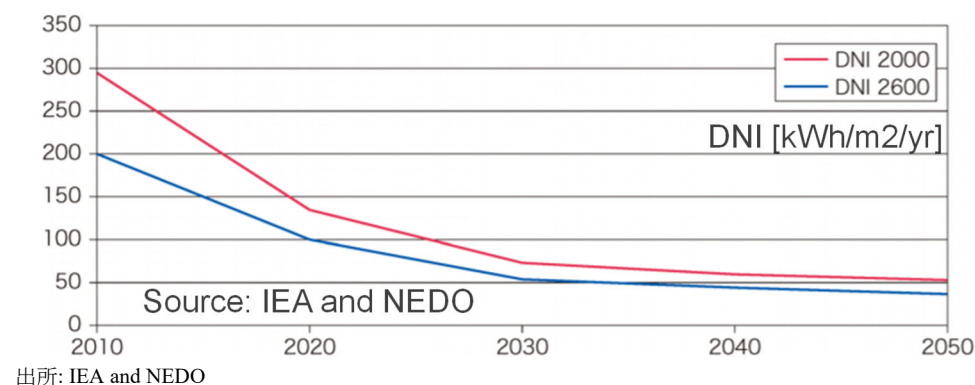


図 4-59 CSP のコスト予測

表 4-24 によると CSP は 2021 年で 9,091 USD/kW と PV の 10 倍以上であるが、kWh 当たりのコストは 0.114 USD/kWh と低下してきている。PV をこれ以上導入するには BESS および系統安定化措置が必須となるため、そのコストを勘案すると、CSP が競争性を有するようになる可能性は高いと考えられる。

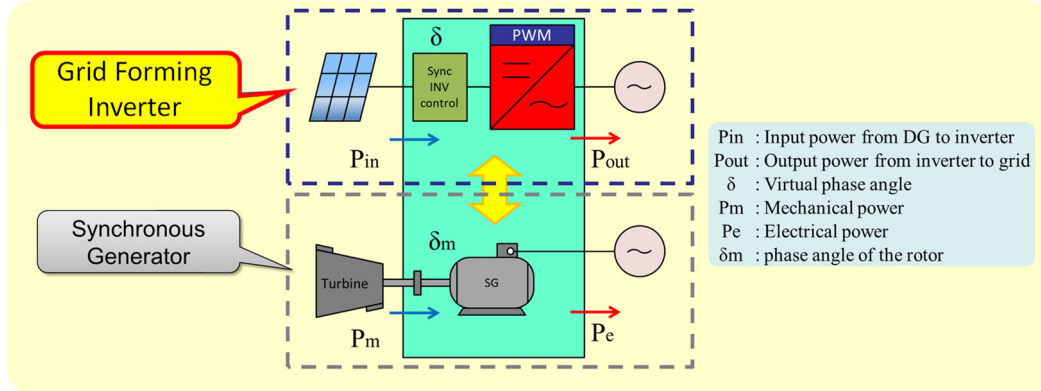
表 4-24 再エネ電源のコスト比較

	Total installed costs			Capacity factor			Levelised cost of electricity		
	(2021 USD/kW)			(% )			(2021 USD/kWh)		
	2010	2021	Percent change	2010	2021	Percent change	2010	2021	Percent change
Bioenergy	2 714	2 353	-13%	72	68	-6%	0.078	0.067	-14%
Geothermal	2 714	3 991	47%	87	77	-11%	0.050	0.068	34%
Hydropower	1 315	2 135	62%	44	45	2%	0.039	0.048	24%
Solar PV	4 808	857	-82%	14	17	25%	0.417	0.048	-88%
CSP	9 422	9 091	-4%	30	80	167%	0.358	0.114	-68%
Onshore wind	2 042	1 325	-35%	27	39	44%	0.102	0.033	-68%
Offshore wind	4 876	2 858	-41%	38	39	3%	0.188	0.075	-60%

出所: RENEWABLE POWER GENERATION COSTS IN 2021 (IRENA)

#### 7) グリッドフォーミングインバータ(GFM)の採用

CSP やバイオフェューエルによる発電が系統の 2/3 を占める規模にならない限り、PV や風力など大量の VRE の活用のために、将来のインバータ電源のインバータにグリッドフォーミングインバータ(GFM)を採用することが必須となる。GFM と蓄電池を用いる事で、同期化電源と同様に用いることが可能である(図 4-60)。GFM は現在開発・実証中であるが数年間の内に市場投入が期待されており、市場で調達可能になり次第の採用を提言する。



Source: M. Kawai, Y. Sakai, H. Sugiyama, H. Taoka "Frequency Improvement of a Power System with a Distributed Generator using Synchronization Inverter," 2015 International Symposium on Smart Electric Distribution Systems and Technologies (EDST), CIGRE SC C6 Colloquium, Sep. 2015.

出所: Masaki Kawai; Yuta Sakai; Hironori Sugiyama; Hisao Taoka, Frequency improvement in power system by Synchronization Inverter-based distributed generators, 2015 International Symposium on Smart Electric Distribution Systems and Technologies (EDST)

図 4-60 グリッドフォーミングインバータと同期発電機

8) 再生可能エネルギーのエネルギーミックス

風力・太陽光などの VRE だけではなく、バイオマス、集光型太陽熱発電 (CSP) など SCR に寄与する再エネ電源につき可能な限りの採用を推奨する。再エネでも特定の電源に偏重せず、多種類の電源をバランスよく取り入れる再エネエネルギーミックスを提言する。

9) VRE 変動吸収に係るライフサイクルコストの F/S

VRE を主電源とする場合、蓄電池の劣化や交換の必要性を考慮する必要がある。リチウムイオン電池は現在価格低下しているが、通常 5,000-6,000 のサイクル数であり、VRE の変動吸収のために 1 日に何度も充放電を繰り返す場合、数年で交換が必要になる可能性がある。リチウムイオン電池の初期コストだけではなく、充放電サイクル、Depth of Discharge (DoD), State of Charge (SoC), 充放電効率などの仕様も勘案し、ライフサイクルを考慮して最小コストの手法を調達において検討することが望ましい。また、ジャマイカが行っているように、フライホイールと組み合わせて蓄電池の劣化を防ぐことも、蓄電池の寿命を延ばしライフサイクルコストを下げる可能性が高いため、これを F/S で検討すること推奨する。

10) 蓄電池リサイクルの仕組み

蓄電池は交換の際に廃棄又はリサイクルの為に回収する必要がある。今後 VRE の導入と共に大量に用いられ、廃棄物となることが予想される。不法投棄を防ぐ仕組みが必要である。具体的にはコントラクターに回収のコストを含むことを仕様で要求し回収を義務づける、個別のメンテナンス契約に廃棄時の回収を義務付ける、などである。

11) IRRP の継続的な改定

リチウムイオン電池だけではなく、Compressed Air Energy Storage (CAES) や重力式蓄電池など、新規手段が今後市場に出てくる可能性もある。市場動向を抑えながら新規の蓄電池、系統安定化を検討することを提言する。さらに IRRP を 2 年に一度など更新状況や技術導入状況に応じた改定を継続的に行うことを提言する。

12) グリッドコードの改定

大量 VRE の導入を前提とした接続要件を含むよう、グリッドコードを改定することを提言する。

#### 4.3.8 VRE の導入最大化のためのマイクログリッドコンセプトの作成

##### (1) マイクログリッドコンセプトの作成

(以下、ジャマイカの記述と一部重複する。対象国ごとの章立てであるが同様の課題を有する為、重複部分も再掲する。重複箇所は緑色で表示する)

カリブ地域はハリケーンなどの災害被害を受けやすい為、レジリエンス向上が政策に掲げられている。基幹発電所が被害を受けるとブラックアウトとなり、復旧までの時間を要することがありうる。発電所が一か所に集中している場合、その地域が被害を受けると復旧に相当な時間を要し、停電日数が大きくなる。2017年のハリケーン Irma ではプエルトリコで11か月もの停電が続いた。キューバでも全土の2/3が停電した。2022年9月のハリケーン Fiona でもカリブで全島停電が発生する国があった。

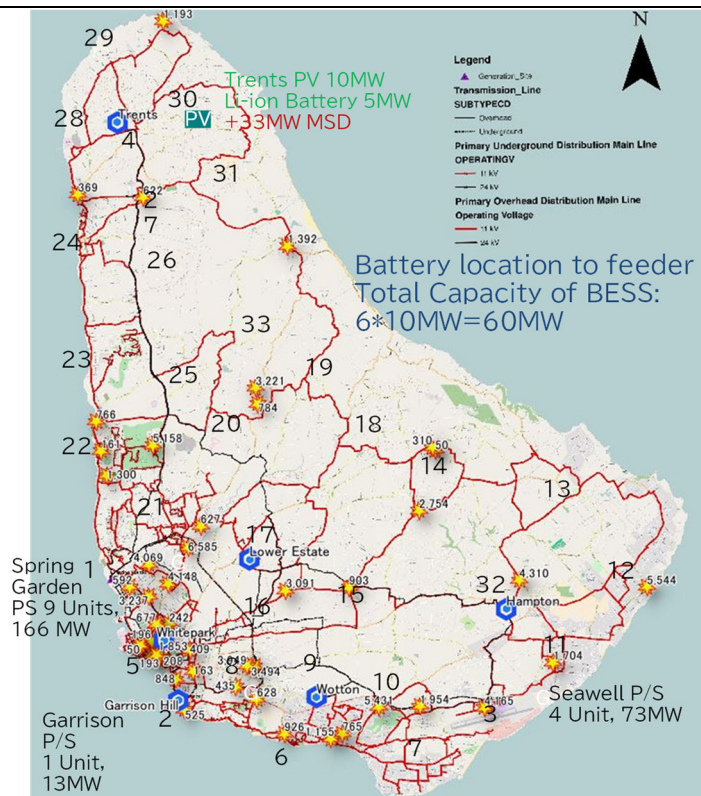
レジリエンスを高める為には、マイクログリッドを複数構築し、それぞれを自律的に連携することが有効である。一つのマイクログリッドが被害を受けた場合、系統や他のマイクログリッドと自動的に切り離すことで、周波数低下の連鎖によるブラックアウトなどを避けられる。また一つのマイクログリッドの被害の際、連携した系統や他のマイクログリッドが被害地域の電源となることで、復旧を早めることが可能である。

バルバドスにとってもレジリエンスは大きな課題である。2019年11月に2日間のブラックアウトが生じた。よって、ベースライン調査時に、MEBとマイクログリッドにかかる協議を行い、改定PDMの活動項目にマイクログリッドのコンセプト作成とモデル化、かかる課題の検討を含めることでC/Pと合意した。マイクログリッドの対象地域については、MEBより国際空港(GAIA, Grantley Adams International Airport)近辺の新興住宅地である Coverley Village と提案され、これを対象とすることで合意した。またMEBよりGAIAをマイクログリッドに含むよう要望があったGAIAのエンジニアと協議した所、GAIAは独立電源としてディーゼル発電を有しており、5-8MWのPVと蓄電池主体とするRE100%のマイクログリッドを計画しているとのことであった。既にEIAを実施中とのことである。よって、GAIAはマイクログリッドの対象には含まず、将来のGAIAマイクログリッドとCoverley Villageマイクログリッドをそれぞれ自律的(Autonomous)に連系することをMEBに提案した。

バルバドスでは送配電オペレータであるBLPCが送電、配電について唯一ライセンスを有している。現在のバルバドスにおける許認可システムにおいて、マイクログリッドはBLPCが運営する必要がある。

##### (2) IRRP シナリオ 3 の系統モデル

バルバドスの IRRP シナリオ 3 をベースにした系統解析を行うため、2030年の将来系統を33ノードのシステムに簡略化し、図 4-61 の通りのモデル化を行った。



- Capacity in 2030 from IRRP Report
 

Power Resources	Capacity [MW]	Node
- Thermal Generator	102.7*	1,2,3,4
- WH	3.7*	2
- Distributed Solar	100.13	1-33
- Utility Scale Solar	186.16	3,7,11
- Biomass and WtE	57.04*	25
- Onshore Wind	166.35	29
- Solar CSP	60.00*	11
- Battery	203.37	2, 4, 5, 9, 17, 32 +others
• Total	879.45	

出所: BLPC の GIS Map を使用し、JET 作成

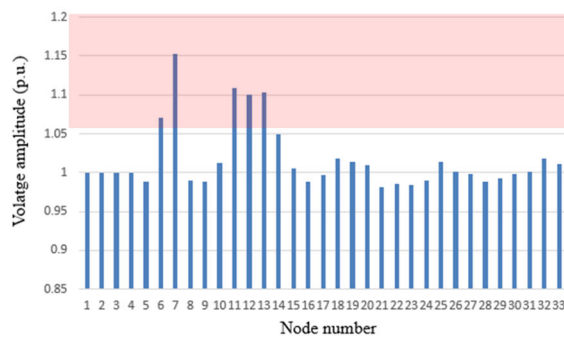
図 4-61 パルパドス系統 簡易化系統モデル

IRRP では各発電種別の今後増加する発電機の間所までは想定しておらず、それに基づく系統の強化などは検討されていない。そのため、“Microgrid Designer”を用いて、潮流解析でこの点を含めて分析した。

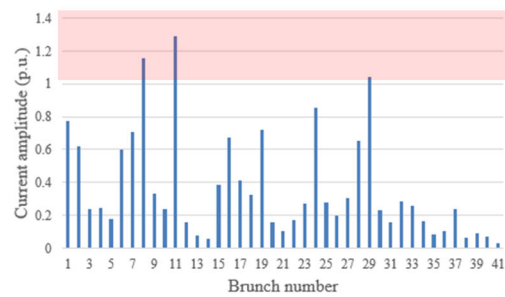
電圧は 11 kV, 22 kV をそれぞれの電圧階級で 1 pu (Per unit, 潮流解析において定格などの出力・電圧などを 1.0 と置いて計算する) とした。需要を 150 MW と仮定し、100 MW を 1 pu とした。上図のノードに IRRP Scenario3 に計画されている各発電機の設置を想定した。

また、IRRP で合計 203.37MW の BESS を設置するとしている。この内、BLPC は上の青印の 6 か所に各 10 MW の BESS を設置する予定であり、調達準備中である。よって、BESS は各々 10 MW を予定の 6 か所に設置されると想定し、残る 203.37 MW - 60 M = 143.37 MW を、各ノードの VRE 電源の想定容量に比例配分する形で配置する想定とした。(α<sub>i</sub>をサイト i における PV・風力の容量、全ての PV と風力の容量の合計を α<sub>all</sub> とすると、サイト i における BESS 設置容量 = 143.37 x α<sub>i</sub> / α<sub>all</sub> MW)。この想定における、BESS 充電時及び放電時の潮流解析の結果を図 4-62 に示す。

<BESS 充電時>

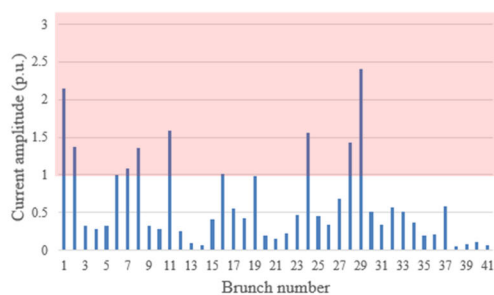
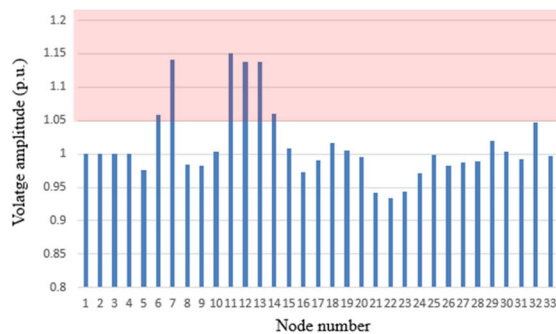


Node Voltages (pu)



Line Currents (pu)

<BESS 放電時>



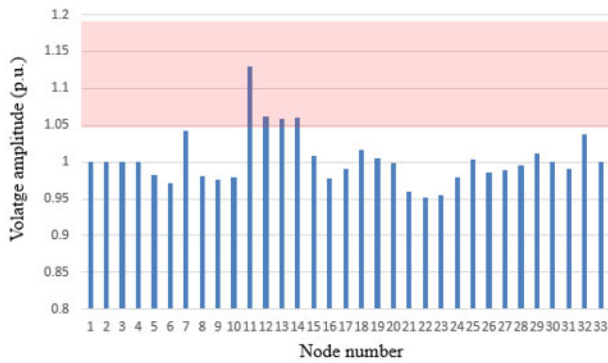
出所: “Microgrid Designer”を使用し、JET 作成

図 4-62 IRRP Scenario 3 簡易化モデルにおける潮流解析結果

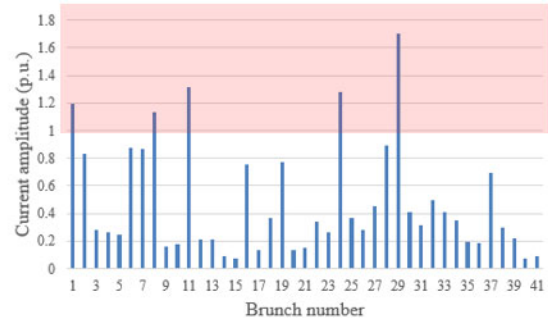
図 4-62 に示す通り、蓄電池充電時、放電時とも、セクションにより電線を通る電力が増加しており、定格値以上(>1pu)となっている電線が多くなっている。これを解消するため、電線電圧の昇圧、2回線化などにより、送電線を通る電力の許容量を増やす必要がある。たとえば、送電線のインピーダンスが  $Z$  とすると、2回線化により合成インピーダンスは  $Z/2$  となる。 $(電流)=(電圧)/(インピーダンス)$  なので、インピーダンスが小さくなれば電流容量が増え、送電線を通る電力を2倍にすることができる。また、電線の電流許容量を増やすために電線素材をインピーダンスの小さいものに変えることも有効である。再生可能エネルギーは郊外に設置されることが多い。電力を送る送電線の送電可能容量を増やす必要がある場合は、昇圧、2回線化、電線素材の変更などを検討する必要がある。

次に、ケーススタディとして、セミナーの Feedback より要望があったケースより、PV 60%、Wind 20%、Biofuel 20%の比率で RE を導入した場合について、簡易化モデルで潮流計算を行った。結果を図 4-63 に示す。

<BESS なし> : PV 出力が需要地に向かって流れているため、一部で電流が増えている。

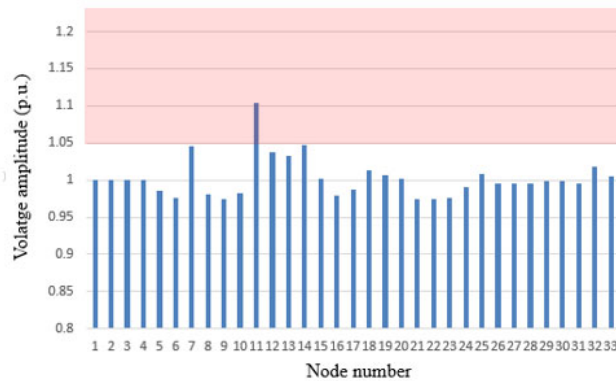


Node Voltages (p.u)

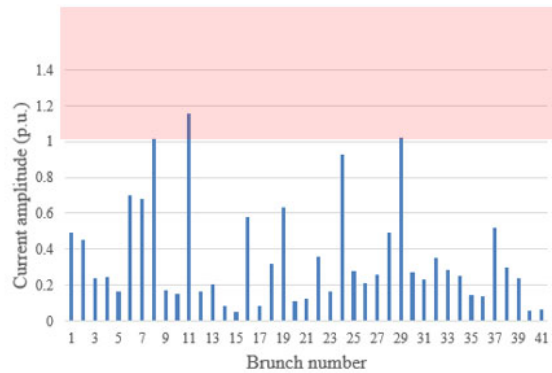


Line Currents (p.u)

<BESS 充電時> : PV の出力が蓄電池で吸収されており、電線の過負荷解消になっている。また、余剰電力が少なくなり、各 node の電圧が低く抑えられている。



Node Voltages (p.u)



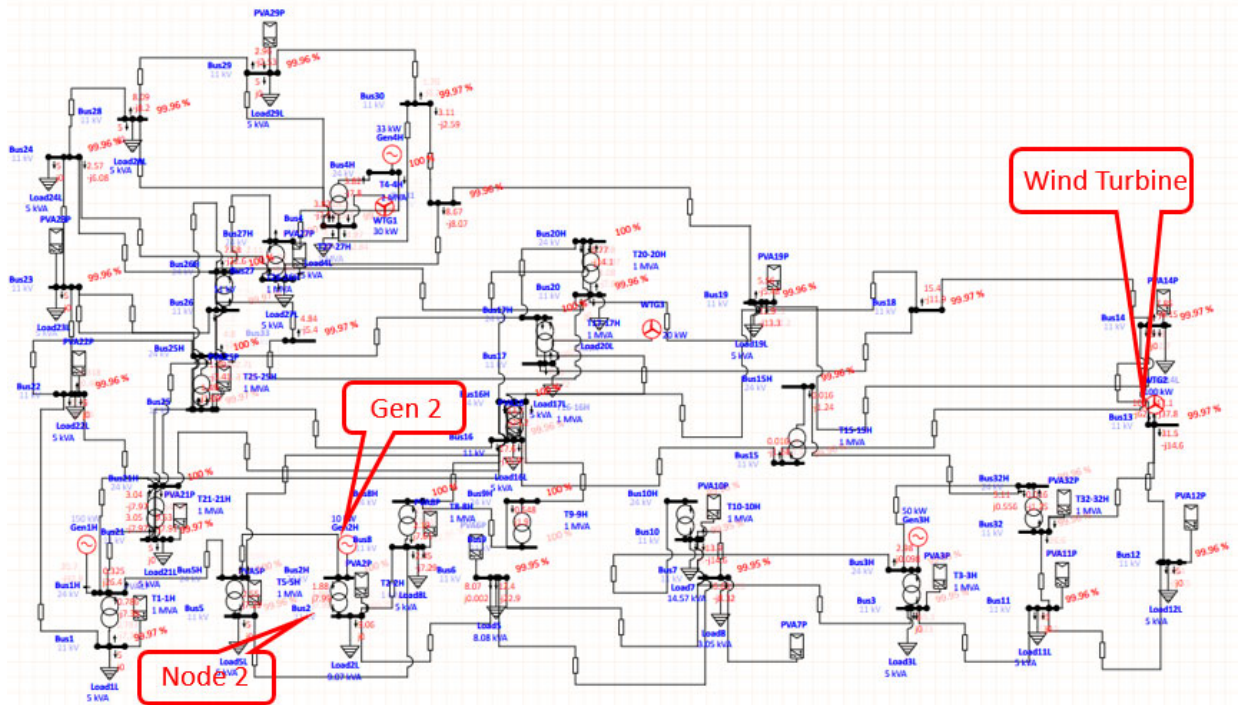
Line Currents (p.u)

出所: “Microgrid Designer”を使用し、JET 作成

図 4-63 Feedback の要望に基づく簡易化モデルにおける潮流解析結果 (PV 60 %、Wind 20 %、Biofuel 20 %)

各所に設置された PV は、電力を送るために電線に流れる電流を増加させる。新規の PV 設置容量によっては電線の容量を超える。その際、BESS を配分して設置することにより、電圧のアンバランスを緩和し、電流を減少させることができる。蓄電池の充電時、放電時ともに、電線を流れる電流が減少する。その観点からも、今後、大型 PV や風力はそのサイトの場所に、分散型 PV の場合はそのサブフィーダ上流の変電所や開閉所などに BESS の設置を更に進める必要がある。

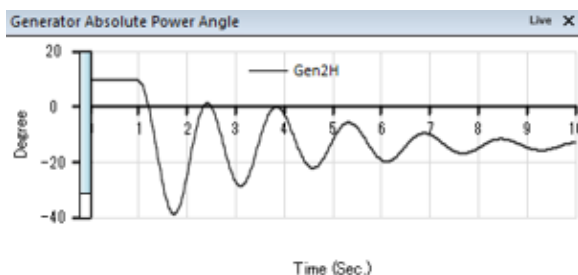
また、過渡計算を行うために、上記の IRRP シナリオ 3 を ETAP でモデル化した。図 4-64 の通りである。



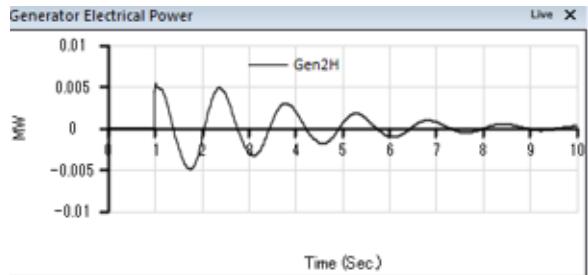
出所: ETAPを使用し、JET 作成

図 4-64 ETAP 用いたバルバドス IRRP Scenario 3 モデル

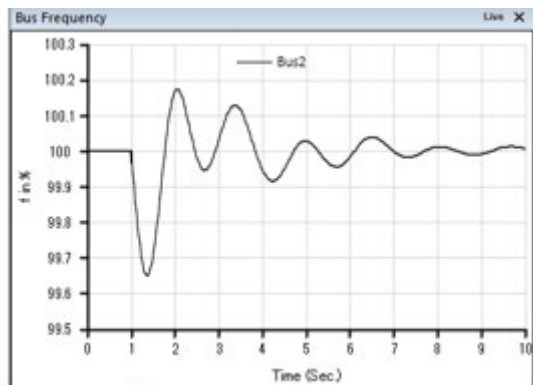
上の系統モデルで 100 MW の風力発電所がトリップした場合の Node2 における計算結果例を図 4-65 に示す。この場合、過渡計算上問題は生じない結果となった。



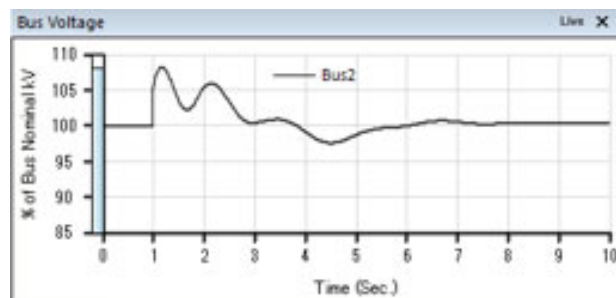
(a) Power Angle of Generator 2(Garrison)



(b) Output of Generator 2 (Garrison)



(a) Frequency of Node 2 (Garrison)



(b) Voltage of Node 2(Garrison)

出所: ETAPを使用し、JET 作成

図 4-65 IRRP Scenario 3 の 100MW 風力脱落時の過渡計算結果例

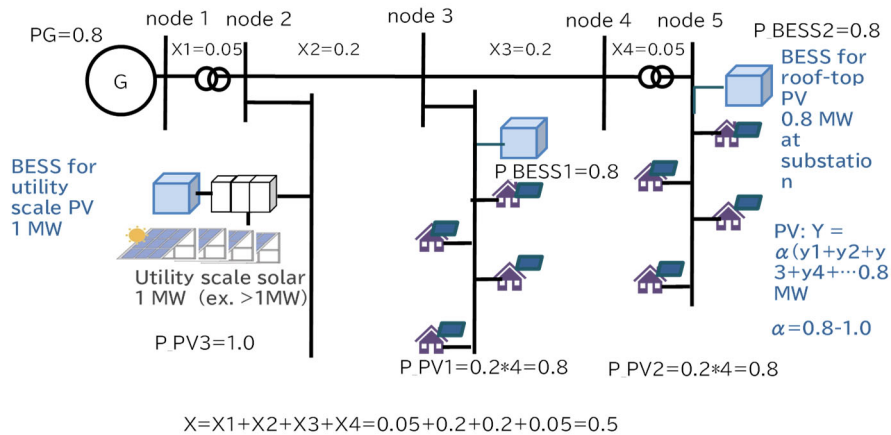
風力発電所と離れたところにある Node2 (Garrison)と風力発電所の間で電力動揺が起きている。離れている距離が長いので 1.2 秒程度のゆっくりした周期の動揺である。動揺は 7~8 秒程度でおさまり、系統は安定になっていることがわかる。



### (3) 簡易モデルを用いたマイクログリッドモデル化

(以下は 3.2.2 節のジャマイカの簡易マイクログリッドモデルと重複するが、再掲する)

マイクログリッドの計画・解析手法の技術移転のために、**図 4-66** に示す簡易マイクログリッドの概念をモデル化し、潮流解析を実施した。1MW のメガソーラー、0.8 MW の BESS、加えて分散型屋根置き太陽光を合計で 0.8 MW として仮定している。同期発電機は需要を補う形の出力としている。このモデルについてセミナー内で説明を行い、潮流解析ソフトウェア “Microgrid Designer” を用いて、演習の題材とした。

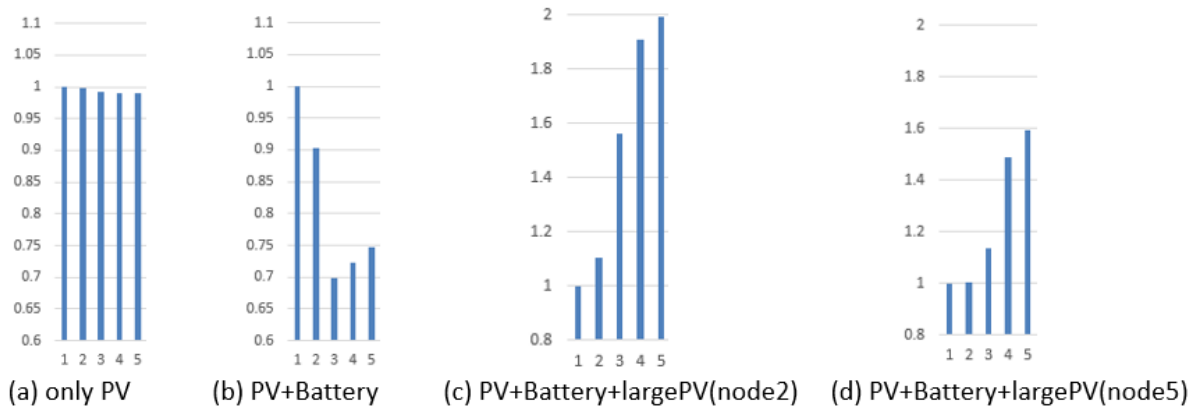


出所: JET 作成

**図 4-66 簡易マイクログリッドモデル例**

上の簡易マイクログリッドモデルにおける潮流解析の結果を**図 4-67** に示す。解析はソフトウェア “Microgrid Designer” を用いた。

Y axis : P.U. Voltage



出所: JET 作成

**図 4-67 簡易マイクログリッドモデルにおける潮流解析結果**

BESS は、昼間 PV が出力している時を想定し、充電モードとした。また負荷は node 3 と node 5 にピーク値各 1 MW ずつを設定した。node1-2 間の配電線は 11.4 kV である、node2 の変電所の近傍に PV と BESS を設置すると仮定し、これを node2 に 400 V で接続するとした。他の配電線の電圧は 400 V であるとして、解析モデルでは 400 V を基準電圧としている。

**図 4-67 (a)** は以下三点を仮定した潮流計算から得られた電圧分布である。(i) node 3 の下流のサブフィードに接続した屋根置き PV をまとめて node 3 で合計 0.8 MW におくと仮定。(ii) node 5 も同様に屋根置き PV 合計 0.8 MW を接続すると仮定。(iii) このケースでは BESS は一切接続しないとする。それぞれの node で負荷の 80% が PV から供給されるとすると、発電所からの供給が少なくなり、電圧はほぼ規定値になっている。

一方、図 4-67 (b) は BESS を node2 に 1 MW、node3,5 にそれぞれ BESS を 0.8 MW の容量で設置するとする。この BESS の容量は各 node の PV の容量と同じである。この場合の潮流計算から得られた電圧分布が、図 4-67 (b) である。BESS 充電時は負荷が増えた状態になり、図に示すように、400 V 配電線の node3, 4, 5 の電圧を比べると、node5 の電圧が上昇し、node3 は低下している。BESS の充電モードでは BESS も負荷となり、電圧のアンバランスが生じていることがわかる。この場合 PV の出力に応じて BESS への充電量を制御する必要がある。

図 4-67 (c) は、図 4-67 (b) で node2 に PV 5 MW と BESS 1 MW を設置、BESS を node2 に 1 MW、node3, 5 にそれぞれ BESS 0.8 MW と仮定した場合の電圧分布である。フィーダの真ん中(node3)の負荷に node2 より電力が送られ、末端の PV からの電力が余り、末端で電圧が上昇している。node 3, 4, 5 で電圧が 1.5-2.0 pu などに上昇し、問題である。この場合、node 間の電位差を少なくする必要がある。対策として、PV と同じ容量の BESS 5 MW を node2 に設置すれば、電圧のアンバランスが緩和される。

図 4-67 (d) は、図 4-67 (b) で、node5 に PV 5 MW と BESS 1 MW を設置した場合の電圧分布である。末端の node5 から発電機側の node1 に向かって電力が流れ、node5 は電圧が上昇し、送電線のインピーダンスにより node4, node3, node2 と順次電圧が小さくなっている。この場合、2 回線化、電線素材の交換などを検討し、送電線インピーダンスを減らし、node 間の電位差を少なくし、送電線を通れる電流容量を増加させる必要がある。

上記のように、PV と BESS の設置位置と容量により電圧分布が大きく影響を受けるので、解析による事前確認と対策の検討が必要である。

こうした点をバルバドスでのセミナーにおいて説明し、“Microgrid Designer” の演習を通じた潮流解析における技術移転を行った。

#### (4) Coverley Village マイクログリッド計画

4.2.1 節に記した通り、GAIA 近くの新興住宅地である Coverley Village をマイクログリッドコンセプト作成の対象地として選定した。位置図を図 4-68 に示す。



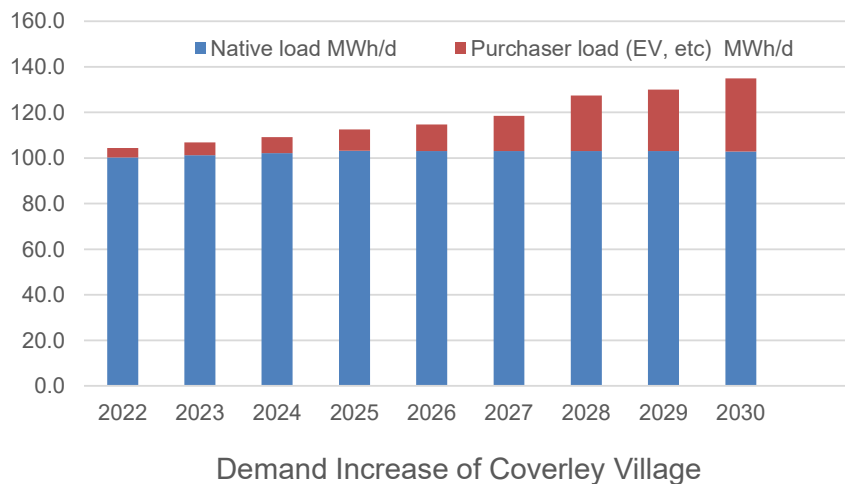
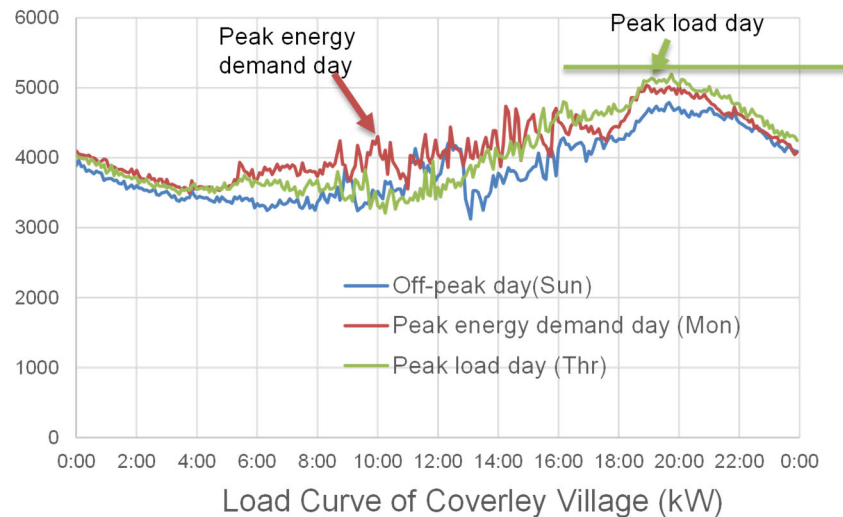
出所: Global Solar Atlas and Google Earth を使用し、JET 作成

図 4-68 Coverley Village マイクログリッド対象地位置図

対象地域の需要カーブにつき、需要の低い週末の例、最もピーク需要の大きい平日の例、および 1 日の消費電力量が最も大きい日の例を図 4-69 に示す。この負荷曲線は Seawell 変電所の値であり、Coverley Village だけではなく周辺の負荷も含むと考えられる。このため、発電計画は Seawell 変電所の下流地域を全て含むものとする。

なお、ピーク需要が最も大きい日が、消費電力量も最も大きい日であるとは限らない。図 4-69 の場合、赤線の日が日中の負荷が平均的に最も大きいため 1 日の消費電力量が大きくなり、緑色線の日が夕方のピーク需要の値が最も高い。これに基づき、対象地域のピーク負荷を 5.19 MW と想定した。

設計に用いる需要と消費量は、政府目標に応じ、交通セクター、則ち EV も含めた RE100%の計画に応じたものとする必要がある。バルバドスの消費電力量の伸びは現状ほぼ横ばいであるが、今後、EVをはじめとした運輸部門の電化が進み、この分の消費電力量の需要が伸びると考えられる。運輸部門を含めた消費電力量の伸びは、IRRP のベースシナリオの割合を参照し、年率 2.6%と仮定した。この場合、2021 年に 99.6 MWh/日の消費電力量は、2030 年に 135 MWh/日に増加すると推定される。



出所: BLPC からの提供データに基づき、JET 作成

図 4-69 Coverley Village のピーク需要と消費電力量予測

RE100%が政府目標であるため、Coverley Village の対象世帯・施設数、需要を基に、(i) PV と蓄電池による電力供給、(ii) PV、風力、蓄電池で電力供給する計画、の二通りを検討した。現状の対象地にける需要と日射量の条件を表 4-25 に示す。

表 4-25 Coverley Village 需要とパラメータ

Nos of houses	1026	nos
Roof area for PV	30	m <sup>2</sup> /house
Commercial/official roof	300	m <sup>2</sup> (6 facilities)
Total rool area	31080	m <sup>2</sup>
Rooftop PV Capacity	3108	kWp
Specific PV Generation	4.917	kWh/kW/day
PV Generation by Rooftop	15,282	kWh/day
Current peak demand	5191	kW
Current energy demand	99,637	kWh/day

出所: JET 作成

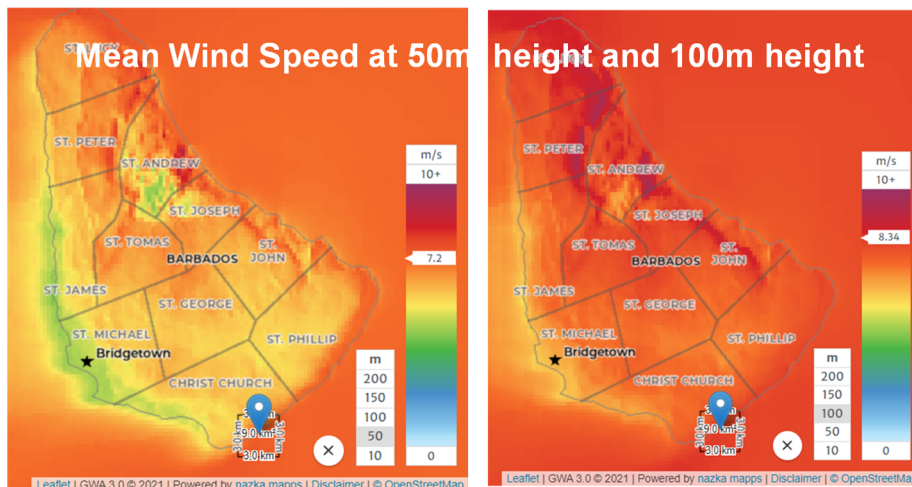
需要の増加を加味し 2030 年の需要に対する、PV のみの電力供給とする場合の計画を表 4-26 に示す。Power Conditioning Subsystem (PCS)の効率を 97 %、充放電効率を 90 %、放電深度を 90 %と仮定する。この場合、無日照日の想定無しで晴天日のみを想定したとしても、日没後～日の出前の電力供給をカバーするための蓄電池の容量が膨大に必要なになる。更に実際は曇天・雨天日があり、無日照日を想定する必要があるため、現実的な計画にはならない。

表 4-26 Coverley Village マイクログリッド想定パラメータ

(1)	Max kW of peak day	5,191	(7)	Design energy demadn kWh/d	129,228
(2)	Demand consideration yr (2021-2030)	10	(11)	Efficiency of PCS	97%
(3)	Demand increase incl. EV %/yr	2.6%	(12)	Battery Capacity kW	6,918
(4)	Peak demand kW in 2030	6,710	(13)	Capacity rate after cycle life K	0.9
(5)	PV Capacity to cover Peak demand	6,710	(14)	Depth of Discharge D	0.9
(6)	Present energy demand kWh/d	99,973	(15)	Charge-discharge efficiency $\eta$	0.9
(7)	Design energy demadn kWh/d	129,228	(16)	Nos of days to store energy n	1
(8)	Specific PV generation kWh/kW/day	4.901	(17)	Design Battery Energy MWh	182
(9)	Tentative PV Output kW	26,368	(18)	Required PV Output for batetery MW	37.2
(10)	BESS PCS output kW	6,710			

出所: JET 作成

特に日没後～日の出前の電力供給をカバーするために、風力と組み合わせることとする。バルバドスの 50 m、100 m 高さの風力ポテンシャルを図 4-70 に示す。バルバドスで最も風力が大きいのは北東部の St. Andrew の Strawberry Hill 周辺であるが、対象地からは距離が大きい。マイクログリッド計画として地域で完結できるよう、Coverley Village の最も近傍で風速の大きい Long Beach を風力対象地点とした。

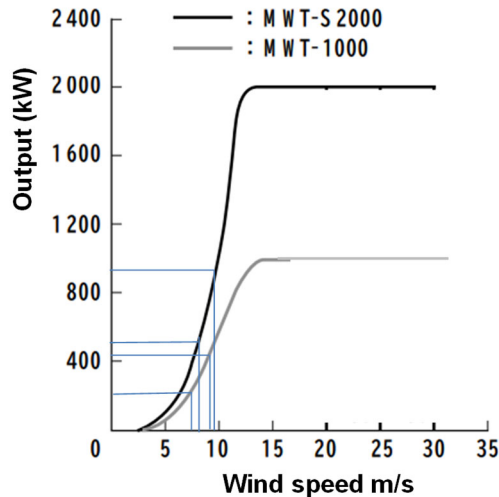


Source: Global Wind Atlas

出所: JET 作成

図 4-70 バルバドスの高さ 50m 及び 100m における平均風速

Long Beach の平均風速は 50 m 高さで 7.34 m/s, 100 m 高さで 7.98 m/s である。5 分おきの風速の推定値を下図に示す。風車の高さが高い方が、同じ場所でも大きい風速で高い出力が得られるが、ブレードが長くなるため輸送が問題になる。設置場所 Long Beach の場合、近隣に港があり、バージ船による輸送と既存アクセス道路での建設が可能と考えられるため、高さ 100 m、2 MW のタービンを選定した。風速と出力の関係は風車のパワーカーブによる。図 4-71 に示す 2 MW 風車のパワーカーブを、1 日の出力と発電電力量の予測に用いた。



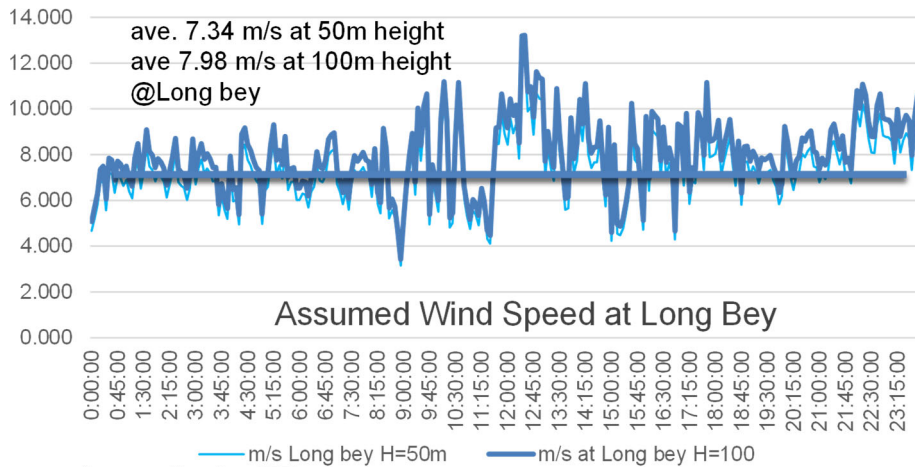
Power Curve of Wind Turbine Source: Mitsubishi

出所: 三菱 MWT Turbine の資料に基づき、JET 作成

図 4-71 1 MW および 2 MW 風車のパワーカーブ例

Long Beach での平均風速を 7.98 m/s とした場合、2 MW 風車での平均出力は 550 kW となる。この風車での 1 日間の 5 分毎出力推定値を図 4-72 に示す。Long Beach での風速観測データは無い為、そこから約 3 km 地点の GAIA での 5 分おき風速データを参考に、推定値とした。

なお Long Beach は Coverley Village から約 5 km である。風力発電サイトから 11 kV または 22 kV の専用回線を新たに設置する想定とした。



Source: Assumption by JET

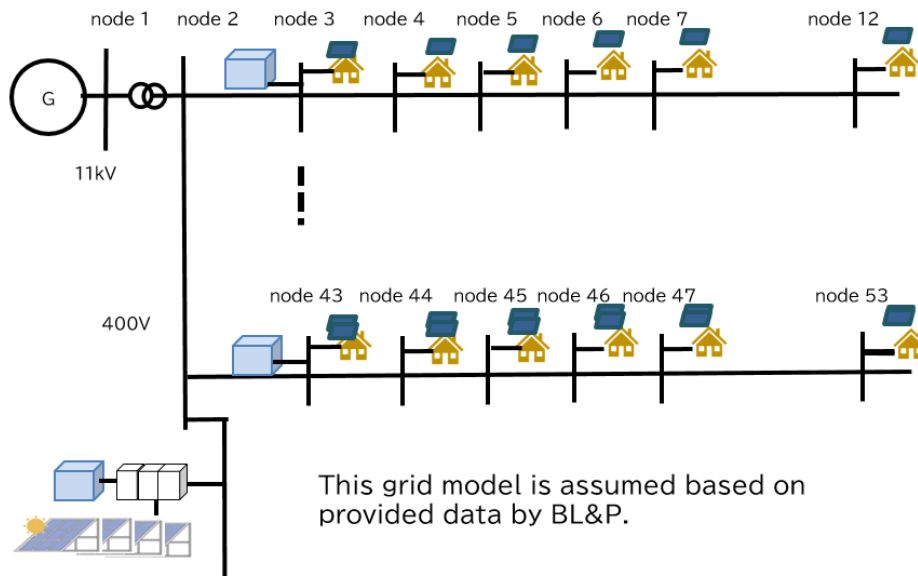


出所: JET 作成

図 4-72 バルバドス Long Beach における 5 分毎風速推定値 および Long Beach 写真

(i) PV 14.1 MW+風力 10 MW の場合と、(ii) PV 7 MW+Wind 16 MW の場合の、2 パターンについて示した。屋根置き PV の容量は 3.1 MW であり、残りは外部のメガソーラーより供給を受ける必要がある。Coverley Village の近傍に 18 MW のメガソーラーが IPP により計画されており、この IPP と契約を行い PV の電力供給を受ける想定とする。

Coverley Village マイクログリッドの潮流解析用のモデルを図 4-73 に示す。”G” は BLPC 系統、又は風力設置の場合マイクログリッド用風力を示す。また自立運転時は 100% VRE の想定となる為、同期化力確保の為に PV、風力、BESS の接続は GFM を用いる仮定とする。



出所: JET 作成

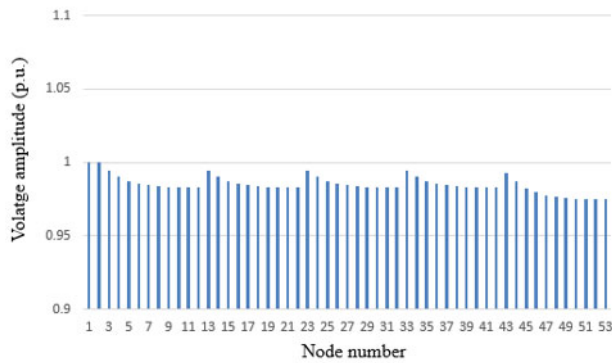
図 4-73 Coverley Village マイクログリッドのモデル例

上のマイクログリッド例における、Microgrid Designer を用いた潮流計算結果を図 4-74 に示す。

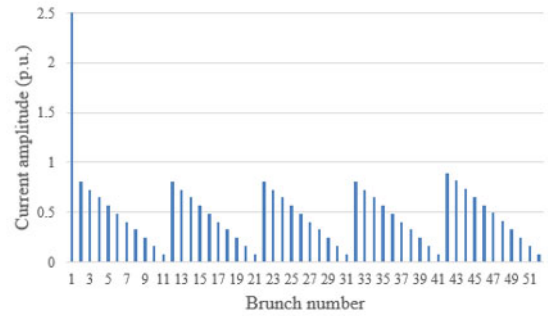
フィーダの基準電圧 1 pu = 400 V とする。負荷は 1 pu (per unit) = 1 MW とする。ただし、Line 1 (Node1 ~ Node 2 間)は 11 kV/400 V 変圧器である。変圧器の定格容量を 50 MW とする。この変圧器容量はピーク需要と PV および風力の容量の総和を超える容量である。

潮流解析の結果、上の想定において、電圧、電流に問題は見られない。なお、電流を示す下図のグラフ(右)では、三段とも Node 1-2 間の電流の pu (per unit)表示がグラフの上限を超えて計算結果は 4 pu であった。Node1-2 は変圧器であり、定格電流は、[変圧器の定格容量]/[系統基準容量] = 50 MW/1 MW = 50 pu 以内であれば問題はない。

<PV、BESS 共に設置されていない場合>

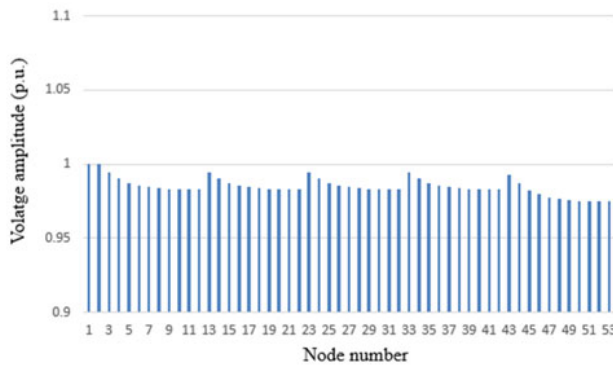


Node Voltage

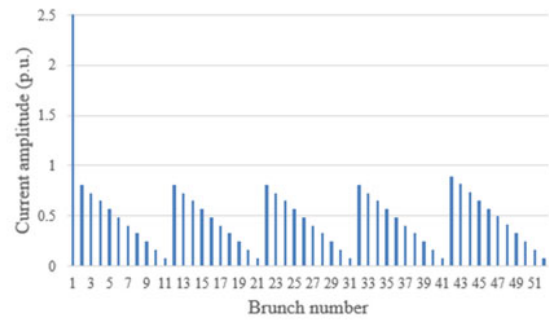


Line Current

<各家庭にPVを設置し、各サブフィーダ上流にBESS(充電モード)を設置した場合>: PVの出力がBESSの充電に使われているため、PV、蓄電池に設置されていない場合とほぼ同じ結果になっている。

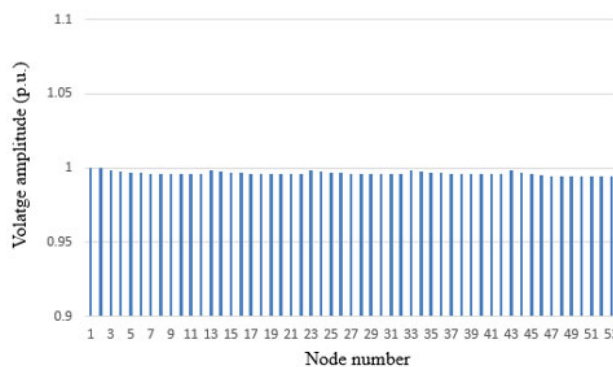


Node Voltage

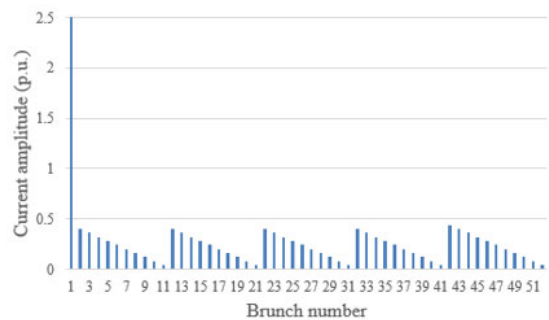


Line Current

<各家庭にPVを設置し、各サブフィーダ上流にBESS(放電モード)を設置した場合>: 各家庭の負荷にPVとBESSの両方から電力が供給されるため、風力からの電力供給が少なくなり、配電線を流れる電流が少ない。配電線電流が少ないため、配電線の電圧降下が少なくなり、node電圧は定格値からあまり減ってない。



Node Voltage

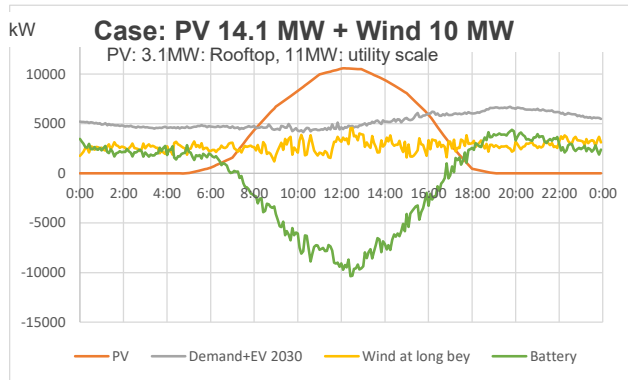


Line Current

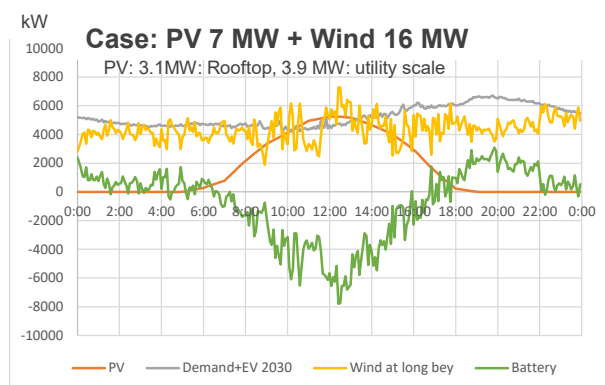
出所: “Microgrid Designer”を使用し、JET 作成

図 4-74 Coverley Village マイクログリッドの潮流計算例

上の Coverley Village マイクログリッド計画についての概略コスト試算例を図 4-75 に示す。風力発電のタービン数に応じて、風力 2 MW x 5 基 + PV 14.1 MW とした場合と、風力 2 MW x 8 基 + PV 7 MW とした場合の二通りについて比較した。



Item	Amount	unit	Remark
Unit cost of PV	1000	USD/kW	
Rated Output of PV	14,100	kW	
Cost of PV installation	14,100,000	USD	
Unit cost of Wind	1,500	USD/kW	
Rated output of Wind	10,000	kW	
Cost of Wind	15,000,000	USD	
Unit cost of 22 kV system	400,000	USD/km	
Length of 22 kV	5	km	
Cost of 22 kV system	2,000,000	USD	
Requirement of SCO	6,025	kVA	25% of PV+Wind output
Unit cost of SCO	200	USD/kVA	
Cost of SCO	1,205,000	USD	
Unit cost of Battery	400	USD/kWh	
Battery Storage	54.1	MWh	10.7 MW, 5.1 hr
Cost of Battery	21,633,178	USD	
<b>Total Cost</b>	<b>53,938,178</b>	<b>USD</b>	



Item	Amount	unit	Remark
Unit cost of PV	1000	USD/kW	
Rated Output of PV	7,000	kW	
Cost of PV installation	7,000,000	USD	
Unit cost of Wind	1,500	USD/kW	
Rated output of Wind	16,000	kW	
Cost of Wind	24,000,000	USD	
Unit cost of 22 kV system	400,000	USD/km	
Length of 22 kV	5	km	
Cost of 22 kV system	2,000,000	USD	
Requirement of SCO	5,750	kVA	25% of PV+Wind output
Unit cost of SCO	200	USD/kVA	
Cost of SCO	1,150,000	USD	
Unit cost of Battery	400	USD/kWh	
Battery Storage	32.9	MWh	8 MW, 4.1 hr
Cost of Battery	13,158,725	USD	
<b>Total Cost</b>	<b>47,308,725</b>	<b>USD</b>	

出所: JET 作成

図 4-75 Coverley Village マイクログリッドコスト試算例

上はコンセプトスタディの一例として作成したもので、現地における価格の積み上げではなく、一般的な国際価格を単価として採用したものであり、精度は高くはない。風力 10 MW + PV 14.1 MW とした場合 54 mil USD、風力 16 MW + PV 7 MW の場合 47.3 mil USD となった。風力の出力を可能な限り需要カーブに合わせられるほど、BESS の容量を小さくできるため、経済的になる傾向である。ただし上の計画において、以下を付記事項とする。

- ジャマイカの 3.3.7 で示した通り、通常の GFL の場合は同期化力が無く、実現は不可能である。RE100%の為に、風力と太陽光の接続は全て、BESS と共に同期化力を有することのできる GFM を採用するとした想定である。
- EV 導入を行う場合、EV が無しの場合に対して初期投資額は 22 % 上昇する。EV の充電時を晴天時の昼間に限るなどデマンドサイドマネジメントを行うことで、蓄電池の容量を下げ、価格を低減できる可能性がある。
- 上は Trents の実績を基に BESS コストを 400 USD/kWh と置いた場合である。現在蓄電池コストは低下が続いており、蓄電池のみの場合ベストエフォートで 140 USD/kWh の例も出てきた。BESS コストは規模や入札の条件次第であり、サイクル数や可能な放電深度(Depth of Discharge, DoD)にもよるが、上の想定より低下する可能性もある。BESS コストが下がれば風力より PV を増加したほうが初期コストは下がる。ただし PV や風力の変動吸収によるサイクル数と蓄電池寿命への検討を慎重に行う必要がある。PV の変動による蓄電池劣化を避けるにはフライホイールやリチウムイオンキャパシタを組み合わせたシステムが有効である可能性がある。
- 風力を Long Beach に設置すると仮定したが、北部の Strawberry Hill などより風速の高い場所に建設した場合、風力のコストを下げる事ができる。風力は定格以下の



場合出力が風速の3乗に比例する為、少しでも風速の大きい場所に設置することが必要である。ただし距離が遠くなるため、マイクログリッド専用電源とするためには送電線距離が大きくなる。

- 上の点を考慮し、F/Sで経済分析、財務分析を実施し、最適計画を策定することが望ましい。

セミナーにおいて、上のピーク需要、消費電力量からマイクログリッドのシステムの容量を決める方法について説明し、技術移転を行った。

#### 4.3.9 再生可能エネルギーの導入目標実現に向けた人材育成

##### (1) RE100%達成への課題

RE100%の政策目標達成に向け、バルバドスは Integrated Resilience Resource Plan (IRRPP)を既に策定している。その実現において、以下の課題が明らかになった。

- IRRPPでは年次の追加電源種別計画はあるが、その電源の場所が明確ではない。特に VRE の増加に応じて必要になる系統の増強計画が明らかではない
- RE100%実現目標に対し、水力の計画は無く、バイオマスなどの安定型 RE は限られている。2025年以降に安定型電源である CSP を計画しているが、多くの割合を VRE に頼ることになる。VREが増加すれば、周波数の変動、電圧の変動、スピニング・リザーブの減少、同期化力や慣性力の減少といった技術的な問題が生じる。周波数の変動は蓄電池など、電圧変動については SCO の導入が IRRPP で計画されているが、同期化力や慣性力減少への対処は記述されていない。
- IRRPP 策定後に分散型 PV の激増や IFC の 100 MW の風力などすでに IRRPP における電源計画の修正が必要になっているが、IRRPP の更新を行う体制が不在である。
- 分散型 PV の増加に応じて、フィーダ事の系統容量の不足が懸念されている。MEB は独自に系統解析を実施して系統計画の検証を行う体制にはなっていない。BLPC は民間会社であり MEB は独自に系統解析を実施して BLPC の計画や投資を検証する必要がある。このため、BLPC へ委託して系統解析を実施するという方針は無い。
- 上を踏まえて今後 MEB が系統解析を外部に委託して監督できるようにするための技術移転の要望がある。MEB が内部で予算を確保し、ToR を作成し、コンサルタントを雇用し、結果を検証し議論するための能力強化が求められている。
- MEB は系統解析の必要性を理解し、独自に ETAP を購入、1 ライセンス分を確保したが、ソフトウェアを使いこなす状況には至っていない。

##### (2) 人材育成の対象

上の状況より、今後 IRRPP を更新する為の能力強化、および、VRE の増加に対応して PV などのライセンス認可の是非の判断や、系統強化の為に電力会社を管理するための人材育成が求められている。よってセミナーは再エネ計画に加え、大量 VRE 導入を前提とした系統計画、及び系統解析を主題とすることで合意した。電力エンジニアは 2 名、再生可能エネルギーで修士号を取得したオフィサーが 2 名おり、この 4 名を主な対象として技術移転を実施する。また政府電気エンジニアリング部 GEED も含めることとした。

また、ETAP は系統計画のスペシャリストを対象とした系統解析ソフトウェアである。ユーザーインターフェースや過渡計算などの機能は優れているが、中身はブラックボックスである。一方、JET はセントクリストファー・ネービス用に導入を検討していた系統解析教育用のソフトウェアである Microgrid Designer を紹介し、系統解析の基礎を紹介した。同ソフトウェアを用いてバルバドスにおける導入と系統解析技術移転を行うことを、ベースラインサーベイ時に要望された。なお、ETAP と異なり Microgrid Designer は過渡計算を含まないなど機能に

制限はあるが、年間費用は不要であり、汎用ソフトウェアのエクセルがあれば使用できるなど、PV 増加に応じた系統容量の確認などが簡易に可能である。よって、バルバドスにおいても Microgrid Designer を導入し、技術移転を行うことで同意した。また ETAP についても、MEB の担当エンジニアに使用方法のレクチャーを行うこととした。

### (3) セミナーの実施

上の課題とニーズに基づき、バルバドスにおいて、各現地活動の Wrap-up Meeting で C/P と協議した上で、大量再エネ導入に基づく系統安定化の課題と手法の取得を目的に、合計 4 回のセミナーを実施することとした。

1 回目のセミナーは VRE 増加に応じて生じる課題と、系統安定化の必要性について述べた。加えて、COVID-19 感染対策による渡航制限で現地活動に期間が空いたため、ベースライン調査後のニーズの更新を行うことも目的とした。2 回目のセミナーは系統解析の技術的要件と電力システムの基礎、系統解析の方法およびツールの紹介を主要な内容とした。3 回目のセミナーは系統のモデル化の例と演習、及びマイクログリッドについて、4 回目のセミナーはマイクログリッド計画の手法、系統解析の演習レビューとシナリオケースごとの系統解析について主な内容とした。4 回のセミナーの概要を表 4-27 に示す。

表 4-27 バルバドスの大量再エネ・系統安定化セミナー

Title	Date	Objective	Contents
1 <sup>st</sup> Seminar	27 Jul 2022	To confirm present situation and needs for seminar	• RE target and challenges, revise of activity, general issues of grid with large RE penetration • Microgrid Concept for resilience
2 <sup>nd</sup> Seminar	3-5 Oct 2022	To share basic technical knowledge for grid analysis with large RE	Overview of Power system, per unit method, modeling, load flow analysis, introduction of method, software and tools
3 <sup>rd</sup> Seminar	6-7 Dec 2022	To conduct and exercise grid modeling and analysis	Grid modeling, Microgrid, example, Load flow analysis and stability analysis, evaluation
4 <sup>th</sup> Seminar	25-26 Jan 2023	Review and exercise of grid analysis with scenario cases	Detailed system and countermeasures, protection, Exercise of tools for grid analysis with various RE scenarios

出所: JET 作成

### (4) セミナー内容

4.3.9 で示したセミナー内容は、毎回フィードバックを取得し、Q&A の内容を吟味し、次回へのセミナーの要望を聴取して、各セミナーの詳細内容と項目を検討した。バルバドスで 4 回にわたり実施した大量再エネ・系統安定化セミナーの内容を表 4-28 に示す。それぞれ講義のみの場合の日はオンラインのみとし、演習を含む日はオンライン・オフラインハイブリッドの形式とした。

また、一部の日程はセントクリストファー・ネービスと共通である。参加者は MEB と BLPC の他、政府機関で電力設備の検査を行っている GEED, Caribbean Center for Renewable Energy and Energy Efficiency (CCREEE), University of West Indies (UWI), Barbados Renewable Energy Association (BREA) などから求めた。C/P を対象としたセミナーであったが、第 1 回～第 3 回セミナーでは、MEB からの招待でバルバドスの再生可能エネルギー関連企業や Barbados National Petroleum Corporation (BNPC) など、多くの参加者があった。

一方、第 3 回の演習や第 4 回は、バルバドスの実際の系統を基にしたシナリオにおける系統解析において一部開示に注意が必要な系統情報を含んだため、参加者は政府機関と BLPC に限定した。

表 4-28 ハルバドス大量再エネ・系統安定化セミナーのアジェンダと参加者

Seminar	Agenda	Participant
1st Seminar 27 Jul, 2022 Hybrid	(On-line/Off-line hybrid) 1. Activity and overall project schedule 2. RE target, challenges, and activity of Technical Assistance 3. Grid with large RE penetration 4. Microgrid Concept for resilience 5. Grid Stability: General Session 6. Grid Stability: Special Session	25 nos in total (MEB:3, GEED:1 BLPC:3 CCREEE:2 UWI:1 Other: 15)
2 <sup>nd</sup> Seminar 3, 4, and 5 Oct 2022	<Day-1 on-line only> Basics of Power System Engineering for Grid Stability 1. What is Power System? Three-phase AC, Single line network description 2. Per Unit Method: 3. Modeling of Power System Equipment: Transmission Line Transformer, Generator & Load 4. Active Power & Frequency: Frequency control, Area requirement 5. Reactive Power & Voltage: P-V Curve, Reactive power resource 6. Practice of Modeling of Grid	Day-1: 61 nos in total (joint with St. Kitts & Nevis) MEB:7, GEED:2, BPLC:1 BREA and other: 51
	<Day2 online/off-lin hybrid > Basics and Exercise for Load Flow Analysis 1. Overview of Load Flow Analysis: Purpose, Methods, Modeling of grid 2. Newton-Raphson Method: Theory, Characteristics 3. DC Flow Method: Theory, Simple method to solve load flow manually 4. Exercise of DC Flow Method 5. Practice on Microgrid/VPP Designer 6. Load Flow Analysis & Evaluation of sample Grid	Day-2: 44 nos (joint with St. Kitts & Nevis) MEB:11, GEED:1, CCREEE:3 BLPC:2 BREA:1, Other:26

Seminar	Agenda	Participant
2 <sup>nd</sup> Seminar 3, 4, and 5 Oct 2022	<p>&lt;Day-3 on-line/off-line hybrid&gt; Analysis of Grid Stability and LFC/ELD</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Overview of Stability: Definition, Methods, Swing equation</li> <li>2. Stability Model: Simplified grid model, Equivalent circuit of synchronous generator</li> <li>3. Equal Area Criterion: Theory, Simple method to solve stability manually</li> <li>4. Available Transmission Capacity &amp; Spinning Reserve</li> <li>5. Exercise of Equal Area Criterion</li> <li>6. Practice on Microgrid/VPP Designer and LFC/ELD</li> <li>7. Stability Analysis, Evaluation of Barbados Grid</li> </ol>	<p>Day-3: 48 nos (joint with St .Kitts &amp; Nevis) MEB:11, GEED:1, CCREEE:3 BLPC:2 BREA:1, Other:26</p>
3 <sup>rd</sup> Seminar 6 and 8, Dec2022	<p>&lt;Day-1 on-line only&gt;</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>0. Opening Remarks</li> <li>1. Project Outline, Large RE, Feedback of 2nd seminar, Microgrid, Why Grid Stability is necessary</li> <li>2. Grid Modeling</li> <li>3. Basics of Power System Engineering</li> <li>4. Load Flow Analysis and its Evaluation</li> <li>5. Transient Stability Analysis and Evaluation of Stability</li> <li>6. Discussion</li> </ol>	<p>Day-1: 45 nos (joint with St. Kitts &amp; Nevis) MEB:9 GEED:2, CCREEE:3 BLPC:5 BREA:4, Other: 22</p>
	<p>&lt;Day-2 on-line/off-line hybrid &gt;</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Evaluation of Load Flow Analysis by Microgrid Designer</li> <li>2. Evaluation of Load Flow Analysis &amp; Transient Stability by ETAP</li> <li>3. Discussion for 100% RE achievement</li> <li>4. Closing Remarks</li> </ol>	<p>Day-2:11 nos MEB:4 CCREEE:2 BLPC:1 BREA:2, Other: 2</p>

Seminar	Agenda	Participant
4 <sup>th</sup> Seminar 25-26, Jan 2023	<p>&lt;Day-1 on-line only&gt;</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Introduction for the Seminar, Power system, Review &amp; feedback</li> <li>2. Microgrid Planning with Large RE</li> <li>3. Development Status of Grid Forming Inverter and its Safety <ul style="list-style-type: none"> <li>- Current Status, Blackout with GFM &amp; Black Start using BESS</li> </ul> </li> <li>4. Battery &amp; Hydrogen as an Electricity Storage, cost comparison</li> <li>5. Special Protection System including Load Shedding, PV/WT Trip</li> <li>6. Scenario cases of modified IRRP, Simulation Cases for Exercise</li> <li>7. Cost of stability and Sharing Responsibility for stability</li> <li>8. Harmonics and filtering</li> <li>9. Measurement Function of Inverter, Grid Code</li> <li>10. A Sample of Other Countries Situations of Grid and RE</li> <li>11. Investment of MW and MWh of Energy Storage for VRE</li> </ol>	<p>Day-1:13 nos</p> <p>MEB:3</p> <p>UWI:1</p> <p>CCREEE:3</p> <p>GEED:2</p> <p>BLPC:2</p> <p>BREA:2</p>
	<p>&lt;Day-2 on-line/off-line hybrid &gt;</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Introduction of Microgrid Designer and Transient Analysis <ul style="list-style-type: none"> <li>- Role of Tools for Power System Analysis, - Load Flow Analysis</li> <li>- Transient Stability Analysis for Operation and Control</li> </ul> </li> <li>2. Microgrid model with Coverley Village example</li> <li>3. Exercise on simple model and Microgrid <ul style="list-style-type: none"> <li>- Design &amp; Operation Planning</li> <li>- Load Flow Analysis</li> <li>- Transient Stability Analysis</li> </ul> </li> <li>4. Exercise on Future Grid and IRRP Scenario <ul style="list-style-type: none"> <li>- Design and Operation Planning</li> <li>- Load Flow Analysis</li> <li>- Transient Stability Analysis</li> </ul> </li> <li>5. Analysis Result and Countermeasure of Grid Stability</li> <li>6. Discussion and Way forward</li> <li>7. Conclusion and Closing Remarks</li> </ol>	<p>Day-1:8 nos</p> <p>MEB:3</p> <p>GEED:1</p> <p>BLPC:2</p> <p>BREA:2</p>

出所: JET 作成

各回で用いたセミナー資料を、**Appendix 4-3-1, 4-4-1, 4-5-1, 4-6-1** に示す。また、参加者と Q&A リストをそれぞれ **Appendix 4-3-2, 4-4-2, 4-5-2, 4-6-2** に添付する。

上の 4 回にわたるセミナーにおける参加者からの得られた各フィードバックを **Appendix 4-7** に示す。主要なフィードバックの内容をまとめると、以下の通りである。

- 第 1 回セミナーにおいて、RE100%実現の課題として、現状の RE 導入計画が系統安定化の必要事項とリンクしていないことが参加者間で理解された。潮流解析による系統の容量や過渡解析による安定性の評価の必要性が理解された。一方、系統解析に入る前に、電力システム工学の基礎についての講義の要望があった。そこで大学の電気工学学科にお

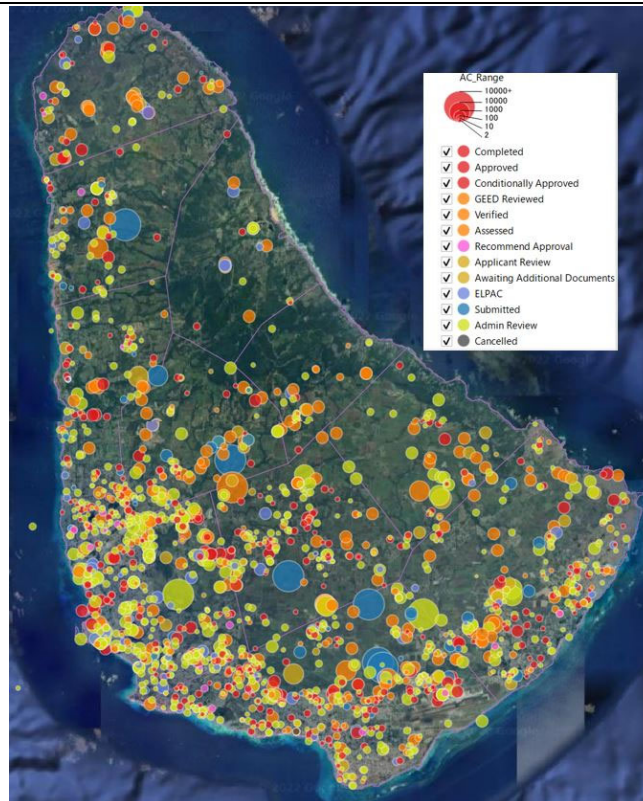
ける電力システム工学で、通常1年かけて履修する内容を、特に系統解析に必要な知見に絞り1日に凝縮した形で講義を行うこととした。

- 第2回セミナーにおいて、系統のどの場所に BESS を設置するのが良いのか、系統解析の手計算の方法について、また現状以上の PV の接続について系統の許容度をどのように評価すればよいのか、などの質問・要望があった。それらを第3回セミナーにおいての項目に追加し、演習で行うこととした。
- 第3回セミナーにおいて、将来のバルバドスの系統シナリオとして、IRRП のシナリオに基づく PV、風力、バイオマスなどの現状の計画割合について確認し、第4回の系統シナリオにおける系統解析のテーマとした。また、大量 VRE を接続するための保護システムや高調波対策についての要望があった。それらを第4回に含めることとした。
- 第3回、第4回のセミナーにおいて4.2.7節にまとめる政策提言について議論した。Short Circuit Ratio (SCR)や Available Transfer Capacity (ATC)の理解が進み、Grid Code の改定の必要性が認識された。

第4回のセミナーにおいて、大容量の VRE 接続にかかる課題、系統解析の必要項目や、今後の計画修正に基づく IRRП の更新の必要性が理解されたことを確認した。将来の系統において、既存の計画にある SCO の他、VRE 主体とする大容量再エネの系統には GFM の導入が必須であると理解された。系統解析の実施と習熟には年数を要するが、その必要性や結果の評価についての理解は進んだものと考えられ、セミナーの目的はおおむね達成されたと考えられる。

#### 4.3.10 再生可能エネルギーの導入プロジェクト実現化

ジャマイカと同じく、バルバドスにおける VRE 特に分散型 PV は際限なく導入が進む状態である。MEB によると分散型 PV は2022年11月時点で65 MW、2023年1月時点で70 MW を超えているとのことである。下図に建設済み、認可済み、計画中などの PV システムの位置図を図4-76に示す。設置済・認可済は赤、レビュー中はオレンジ、文書チェック中は黄色、申請書提出済は青色、キャンセルは灰色で示している。



出所: MEB の PV Database に基づき、JET 作成

The format of the coordinate information in the database was not unified, and manual conversion was conducted. Some coordinates were not possible to conduct properly. Thus, the accuracy of the above map is approx. 90%.

**図 4-76 バルバドスの設置済・認可済・申請中 PV 位置図**

MEB から入手した分散型 PV のデータベースより、GIS を作成する場合、座標データのフォーマットが統一されておらず、図化に多くの手作業を要する状態であった。上図も座標変換の問題で一部のデータは完全ではない。JET が作成した PV の GIS により、アセット管理の計画への有用性が MEB に理解され、データベースの座標フォーマットの統一など今後のデータベース構築の品質管理が行われることとなった。

上の通り、すでに 65.5 MW の分散型 PV が接続済みであり、さらに 25 MW 規模の分散型 PV が認可され近日中に接続する見込みである。

さらに、現状の大型の RE プロジェクトの計画は以下が実施予定である。

- PV: (i) 10 MW PV, Kendal Sporting, north beach, (ii) 5 MW PV, Sipaple Golf Club, St. George, (iii) 4 MW Pan-African Solar, Cliff Plantation, St. George, (iv) スペインの事業者による 8 MW PV (蓄電池無し)、52 MW PV + 3 MW BESS and Hydrogen storage, 系統接続最大 13 MW、残りは水素燃料電池。
- バイオマス: 30 MW 廃棄物発電(WtE), Vancluse, St. Thomas
- 風力: 100 MW off-shore wind, northeast, IFC

上の計画は既に IRRP の修正を必要とするものである。特に 100 MW の風力をはじめとした大型の電源に対しては、系統の増設が必要であると考えられる。その他の MW 級の接続についても、既存の 24.9 kV の容量で受け入れ可能かどうか、その都度系統解析を実施する必要がある。さらに大型 VRE は出力変動を吸収するための BESS の併設を必須とするべきである。

#### 4.3.11 再生可能エネルギー導入実現に向けた政策・制度

以上を踏まえ、第3回、第4回セミナーにおいて政策提言をまとめ、協議した。概略を表 4-29 に示す。

表 4-29 バルバドスにおける再エネ・系統安定化政策提言概略

Item	Description
Storage for smoothing output and peak shift	- Mandatory installation of BESS, for example, more than 80% (or 100%) of Peak MW and 4hrs storage for utility scale VRE
Investment to secure inertia and spinning reserve for grid	- Maintaining sufficient synchronous generator for spinning reserve - Introduction of Grid Forming Inverter (GFM) for VRE once available, application of Weather projection system
Investment for voltage and reactive power	- Mandatory application of Inverter with reactive power compensation for Wind/Solar IPP
Microgrid	- To promote microgrid to strengthen resiliency
Sharing responsibility of grid stability among utility, IPP, consumers	- Utility: maintaining transmission and distribution line frequency and voltage stability, ancillary service - IPP of VRE: installation of inverter with reactive power compensation and energy storage - Consumer: demand response, ToU setting& EV charging, peak shifting
Option for storage (especially with inertia)	- In addition to BESS, consideration of V2G, hydrogen, (pumped storage), Compressed Air Energy Storage (CAES) and Gravity Storage based on cost analysis and future development
Data management	- Database management, update plans based on implementation status
Recycle/disposal	- Consideration for disposal and recycling of battery and PV panel
“Best-Mix” Energy	- Multiple alternative for RE and storage, not a single source (Solar/CSP/Wind/Biomass, BESS/Thermal/new storage, etc.)

出所: JET 作成

バルバドスにおいて、2030年までのRE100%の政策目標を達成するための系統への提言は、提言については、以下の通りである。

##### <系統について>

- PV や Wind Turbine などの RE が、負荷の少ない郊外や各家庭に広く普及することで、送電線を通る電力が多くなる。送電線の送電可能容量を増やすため、送電線電圧の昇圧化、及びそれに伴う変電所の設備更新が、必須の課題である。
- 郊外の送電線の許容容量を増やすために、2回線化、4回線化、電線素材の交換などの対策を講じる必要がある。
- 無効電力消費が多い負荷が多く接続されているフィーダが繋がれている変電所や開閉所に、STATCOM や SCO を導入して、電圧を維持する必要がある。
- BESS の設置場所は、PV や風力などの RE の変動吸収のためには、一か所にまとめるのではなく、大型の VRE の場合はそのサイト近傍に設置するのが良い。また分散型の PV が多量にある場合は、そのサブフィーダの上流の変電所、開閉所、発電所等に設置するのがよい。
- SCR を規定する項目を追加すること。系統安定性のために、VRE 接続においても SCR3 以上を確保すること。SCR を確保するために、バイオ燃料や CSP を採用すること、および VRE 接続と共に GFM を採用することが推奨される。



<Grid Code の追加推奨事項>

- 100 kW を超えるなど、ある程度の容量以上の VRE には同等の容量を 4 時間以上カバーする BESS を義務付ける。同時に、BESS 充放電の制御を行うこと、また、特に大型の BESS の場合は遠隔制御できることが望ましい。
- VRE の接続において、GFM ではない場合は、無効電力補償及び Fault Ride Through (FRT)機能を有するインバータを義務付ける。
- 力率は 0.85 遅れから 0.85 進みまでの間とすること。DVS(Dynamic Voltage Support)機能がインバータに搭載されている場合、力率の許容範囲は現在のコード値よりも広くする必要がある。
- 系統安定化のために PV の MPPT より力率、無効電力補償を優先すること。
- GFM が市場調達可能になり次第、VRE と BESS の系統接続において GFM の採用を行うこと。また、GFM が利用できない場合は、無効電力補償機能のあるインバータを採用する事。

#### 4.3.12 電気自動車(EV)市場に関する提言

##### (1) EV 促進に係る補助金や助成金の拠出

補助金や助成金を拠出する等して、バスへの EV 導入を推進することが効果的であると提言した。急速に EV シフトを進めるためには車両ライセンスや車検と併せて ICV の使用を規制していくことも考えられるが、購入時の補助金の充実や更なるインフラ整備が必要と思われる。

##### (2) EV に係るローンの拡充、カーシェアリングの導入

民間企業で働く人々が借りられるローンを増やす、もしくはカーシェアリングのような形で気軽に EV を使用できるようにすることも一案であると提言した。

##### (3) EV 優遇策や特別料金設定の導入

夜間に充電をすることが多い政府機関の車両や商用車を対象に EV 優遇策や ToU を用いた夜間特別充電料金の設定を行う施策の検討を提言した。

#### 4.3.13 本邦研修

本邦研修を技術移転の総仕上げとして実施した。ジャマイカと同様であるが、概要を表 4-30 に再掲する。詳細については、3.3.11 で述べた通り Appendix 3-6 に示す。

表 4-30 本邦研修の概要

日時	2023 年 4 月 9 日(日)–4 月 22 日(土)、計 14 日間
参加者	ジャマイカ 2 名、バルバドス 4 名、セントクリストファー・ネービス 3 名
場所	JICA 東京、東京都、茨城県、福島県、沖縄県
目的	各国の再生可能エネルギー導入および省エネルギー推進が前進するよう、各研修員に講義もしくは見学を通じて日本の技術や知見の取得する研修を実施する。

出所: JET 作成

本邦研修の研修員成果発表にてバルバドス研修員から得られた、今後貴機構や日本政府から支援を受けたい分野や取り組みについて、以下にまとめる。

## (1) 省エネルギー推進

バルバドスの研修員は、同国の省エネルギー推進に係る課題として以下を挙げた。

- エネルギー効率フレームワークの開発
- バルバドスにフィットする省エネソリューションを提供するための現地調査の仕組み
- 非効率エアコン大量廃棄に係る冷媒処理計画、基準、方法
- 建物や運輸部門におけるエネルギー効率を規定する基準や法律が未整備
- 非効率照明に関する法律はあるものの、省エネに係る包括的法律が未整備
- スマートビルディングのメーカー（供給者）不足

省エネ推進のためには、ヒートポンプの導入、省エネルギー関連法律の充実、建物の ZEB 化、省エネ政策の（策定も含め）定期的な見直し、実証事例に基づく省エネサービス事業の創出、省エネ家電導入による旧式製品の処分方法の確立、日本のベストプラクティスに倣った包括的省エネ法策定、建物のエネルギー効率算定用ソフトウェア開発が重要であると述べた。

また、研修員は JICA や日本に対して、以下のニーズや期待する項目があることを説明した。

- ヒートポンプの供給に係る支援
- 省エネへの取り組み
- 効率的かつ持続可能な省エネビルディングコードおよび政策の開発支援
- バルバドスに適した現地調査の仕組みの開発
- エネルギー・サービス・モデルの検討
- バルバドスの地質と地中熱利用ヒートポンプの適用研究、開発
- スマートビルディングに係る日本企業と現地企業の提携、開発、教育

## (2) 再生可能エネルギー導入

バルバドスの研修員は、同国の再生可能エネルギー導入に係る課題として以下を挙げた。

- 現状の送配電設備が変動型再エネ(VRE)の大量導入を踏まえたものとなっていない。逆潮流を前提としていない。活用できる蓄電池の不足。これらを至急に改善する必要があること。
- バルバドスのグリッドに特化して認証されたインバーターシステムの不在
- BESS のコスト回収。また、バルバドスの一般世帯(の PV オーナー)は財務的に BESS を設置することは不可能であること。また蓄電池の廃棄について。電池が寿命に達した場合の廃棄計画や方針。
- 変圧器の設置に 2 年以上の長いリードタイムが必要であること。このため一部の住宅・商業用 RE の接続を遅らせる必要がある。
- 大規模な風力発電プロジェクトの許可に長い年月がかかること。その間に技術が陳腐化する可能性がある。
- 政策の実施目標。100%RE 達成に重点を置いているが、これが最も効率的で持続可能なアプローチとは限らないこと。
- 自然災害影響を軽減するためのレジリエントな建設に関する枠組みやガイドラインの不在。

研修で特に印象的だった点、日本の教訓をバルバドスに活用したい点として、以下を挙げた。

---

- 宮古島の VPP を含む技術により、島内で高い RE 比率を達成していること。
- 系統シミュレーションモデルと解析に基づいた計画
- 風力発電プロジェクト：寿命を確保するために維持管理が必須であること。特に島嶼部では腐食の緩和を考慮する必要がある。タービンの風荷重を理解し、自然災害時の緩和策を講じることで、確実に寿命を達成する必要がある。また、風力発電の開発を可能にし、より迅速な許認可を可能にする政策が必要。技術の進歩は速く、スコープの決定や承認を加速する必要がある。
- マイクログリッド：マイクログリッドにおける負荷バランシングには計画が必要。特にグリッド電源と接続していない場合、顧客への信頼性の高い供給を維持するための容量と BESS の必要性という点で非常に具体的な検討が必要。BESS と PV の制御と監視が必要。
- 研究開発：産総研などの研究が、その国の資源に特化した技術の機会を提供し、その国の課題解決を行っていること。例えばインバータの認証と開発、塩水バッテリー、住宅用地熱、グリッド管理におけるニューラルネットワークの使用、風力サイトの実行可能性を決定するためのドップラーライダーの使用、RE 効率と貯蔵能力のための新しい材料と複合材料の開発など。

さらに、本邦や JICA へ期待する支援の項目として以下を上げた。

- 水素やアンモニア技術、エネルギー貯蔵媒体研究開発、BLPC と MEB の研究機会と本邦研究機関とのネットワーク
- バルバドスのグリッドに接続するインバータについて、機能のテスト・動作確認・検証を通じた適合性認証プロセスの開発
- 出力抑制の取り組み
- 日本のメーカ技術を用いたパイロットプロジェクト、かかる本邦企業とバルバドス企業とのパートナーシップや、BESS や変圧器メーカとのネットワークの構築
- レジリエントで効率的で持続可能な建設基準および政策の開発支援

バルバドスは RE100%を政策目標として掲げているが、地熱や水力など安定型再エネポテンシャルがほとんど無い。RE100%達成するためには、VRE の大量導入が必要となるが、通常のスマートインバータでは VRE 増加につれて慣性力や同期化力の不足が顕著になる。

よって今後、グリッドフォーミングインバータを BESS と共に導入していくことが、RE100%の達成に不可欠となる。インバータの認証に関して、実証事業としてのグリッドフォーミングインバータの本邦企業の参画と、バルバドスの認証制度設立にかかる支援、系統解析と出力抑制の枠組み構築、蓄電池廃棄とリサイクルにかかる支援が、同国の RE100%実現に大きく寄与すると考えられる。

また本邦企業に島嶼国 RE 主要電源化の機器供給や事業実施機会を与えることとなる。