

第5章 プロジェクトの活動 (セントクリストファー・ネービス)

5.1 ベースライン調査 (セントクリストファー・ネービス)

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。

5.1.1 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。

- 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
 - Needsmust Power Station
 - SKELEC 太陽光発電サイト(500kW)
- NIA (Nevis Island Administration) ※C/P 機関
- NEVLEC (Nevis Electricity Company Ltd.) ※C/P 機関
 - Prospect Power Plant
- SCASPA (St. Christopher Air & Sea Ports Authority)
 - Robert L. Bradshaw 空港太陽光発電サイト
- NASPA (Nevis Air and Sea Ports Authority)
- NREI (Nevis Renewable Energy International)
 - Geothermal Potential Site
- WindWatt (Nevis) Ltd.
 - Windatt Wind Farm
- St. Kitts and Nevis Bureau of Standards
- St. Kitts Water Services Department
- Nevis Water Department

5.1.2 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。セントクリストファー・ネービ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
- 電力供給側の基本指標
- 送配電ロス現状確認

(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) 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

5.1.3 エネルギー政策および電力開発計画

(1) エネルギー政策

セントクリストファー・ネービスは2011年4月に National Energy Policy を策定し、信頼性の高いクリーンで手頃な再生可能エネルギーを二つの島の国民すべてに提供する、西半球で最も小さなグリーンな国家となるビジョンを有している。

2011年版を継続した内容で2014年7月にEUの資金支援を受けて Revised National Energy Policy として見直し、策定している。この中で、セントクリストファー・ネービスは「持続可能なエネルギーセクターを持つ島国」になるとしており、ビジョンとして以下を掲げている。

- 信頼性が高く、再生可能で、クリーンで手頃な価格のエネルギーサービスが全ての国民に提供される。
- エネルギー効率化と再生可能エネルギー源による化石エネルギーの代替が経済の全ての分野で促進される。
- (2020年までに)国内で供給される電力の100%が再生可能エネルギー源から生産される。

また、このエネルギービジョンを遵守するための実行政策措置として以下を掲げている。

- エネルギー安全保障とエネルギーマトリックスの多様化
- 制度能力強化
- 再生可能エネルギー導入
- 電力セクター強化
- 一貫した法的枠組構築
- エネルギー効率化と省エネルギー推進
- 輸送部門のエネルギー使用

この様に同国では高い電力料金、輸送用燃料の価格高騰、世界的な気候変動への認識と懸念により、再生可能エネルギー(RE)技術への投資拡大とともに、エネルギー効率と保全の必要性を認識し、REの積極的且つ幅広い導入を推進している。同政策は、同国が化石燃料中心のエネルギー源から、風力、太陽光、地熱、水力、廃棄物発電などのRE源に移行できるようにするための枠組みである。

エネルギー効率化や省エネルギーに関しては、輸送および産業を含む全ての部門での促進や適切なラベリング・基準・建築基準法の見直し等が掲げられているが、詳細の施策は謳われていない。

同国は上述の通り、2020年までにRE100%とする目標を有していたが、これは大型の風力、PVやネービス島の地熱開発を想定していた。しかしながら、開発の見直しや資金計画の遅れなどで実現していない。2023年1月現在、National Energy Policy は更新されておらず、道半ばである。

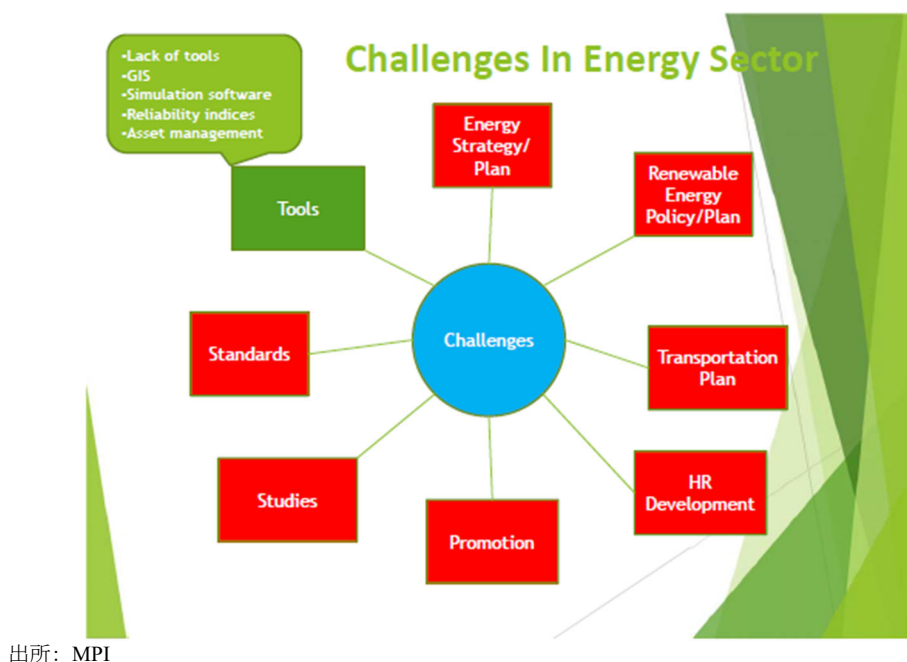
一方、2021年10月に同国は Nationally Determined Contribution (NDC) として UNFCCC 事務局に正式提出しており、このなかで2030年までに2010年の基準年に対してCO₂排出量を61%削減する目標を掲げている。ただし、下記項目に対し適切な国際的気候資金や能力開発支援等を条件としている。

- 発電のRE100%への移行
- 送配電の効率化
- 車両全体の2%の電動化

➤ EV インフラの整備

なお、NDC 改定の為にセントクリストファー・ネービスは NDC Partnership’s Climate Action Enhancement Package (CAEP)において、IRENA と EU Global Technical Assistance Facility の支援を受けた。

MPI はエネルギーセクターの課題として再エネ政策、人材開発、基準、調査、ツールの必要性などを上げている。ツールについては GIS, 系統解析、信頼性にかかる指標、アセットマネジメントなどのシステムのニーズがある。図 5-1 に MPI が第 1 回 JCC で提示した課題を示す。



出所: MPI

図 5-1 MPI によるエネルギーセクターの課題

(2) RE 電源開発計画

NDC に記載された国際的な支援を得て進めることを期待している案件を表 5-1 に示す。

表 5-1 NDC に記載された電源開発計画

Location	Type	Capacity	Remarks
Saint Kitts	PV	35.7 MW	Utility-Scale
Saint Kitts	Wind	6.6MW	
Saint Kitts	Geothermal	15 MW	
Nevis	Geothermal	10 MW	
-	PV	2 x 0.75 MW	to supply two desalination plants

出所: St. Kitts and Nevis NDC に基づき JET 作成

一方、ベースライン調査にて、セントキッツ島の電力会社(SKELEC) およびネービス島電力会社(NEVLEC)より、電源開発計画を聴取した。セントクリストファー・ネービスの既存及び計画中の RE プロジェクトを表 5-2 に示す。

セントキッツ島では 35 MW の IPP Leclanche のプロジェクトが進行中である。サイトは確定し起工式も行われたが、現在計画を見直し中であり、2023 年初頭時点で工事は準備中である。また、5.7 MW の Bellevue 風力が計画中で、IPP との PPA を準備中である。

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

Location	Project and Location	Type	Capacity	Year
St.Kitts	SCASPA	PV	0.7	2013
St.Kitts	SKELEC	PV	0.5	2015
Nevis	Windwatt	Wind	2.2	2011
St.Kitts	Leclanche	PV	35	2024?
St.Kitts	Bellevue	Wind	5.7	planned
Nevis	N3 Geothermal -Ph2	Geo	30	2025
Nevis	N3 Geothermal -Ph3	Geo	15	proposed
Nevis	N1 Geothermal -Ph4	Geo	15-30	proposed
Nevis	Off-shore wind -Ph4	Wind	50	proposed

出所: SKELEC and NEVLEC からの情報に基づき、JET 作成

ネービス島では電線の拡張計画と共に、地熱の開発計画を NEVLEC が策定している(表 5-3)。Phase-1 で既存の 11 kV に加え 66 kV の送電線を増強する。Phase-2 で 66 kV を延伸し、N3 サイトに 30 MW の地熱を開発する。この内の 10 MW について現在調達中である。Phase-3 では N3 サイトでさらに 15 MW の地熱開発を行う。また水素製造プラントを建設し、余剰の地熱で水素を製造する想定である。Phase-4 で 50 MW の洋上風力を 4 時間分の蓄電池の設置と共に計画する。さらに N1 サイトに 15 MW または 30 MW の地熱を追加する計画である。

表 5-3 NEVLEC のフェーズ別系統・電源開発計画

Phase	Nevis Geothermal and Grid Interconnection Plan (provisional)
Phase-1	Power Grid Reinforcement from 11 kV to 66 kV
Phase-2	Expand 66 kV, 30 MW Geothermal at N3, Connect into St. Kitts Power System
Phase-3	Hydrogen Based Project at Long Point, Install 15 MW Geothermal at N3
Phase-4	66 kV from Long Point to Camp, Offshore Wind at 50 MW, 4hr BESS, Additional Geothermal from 15 MW to 30 MW at N1, Expansion of Hydrogen Based Project

出所: NEVLEC からの情報に基づき、JET 作成

5.1.4 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セントクリストファー・ネービ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 5-4 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 31%、次いで業務・公共分野(26%)、家庭分野(22%)となっている。

電力に関しては、発電は全て石油系燃料によるもの、また、需要の 70%が民生用需要(業務用+家庭用)である。

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)

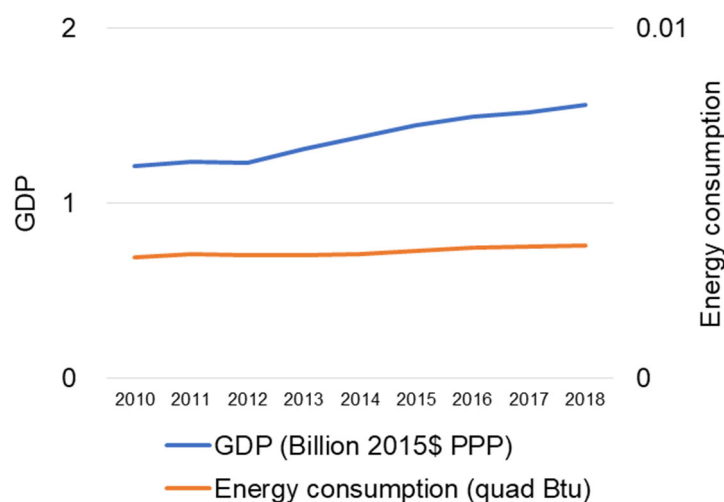
	産業	業務・公共	家庭	運輸	合計
石油	1	1	2	25	29 (37 %)
電力(一次エネルギー換算値)	15	19	16	0	50 (63 %)
合計	16 (21 %)	20 (26 %)	18 (22 %)	25 (31 %)	79 (100 %)

注: 電力の一次エネルギー換算係数は、需要端効率=30.0%を想定。なお、発電所内電力ならびに送電ロスを含むトータルロス率=約20%(SKELEC情報)とのこと。

出所: 「セントクリストファー・ネービ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

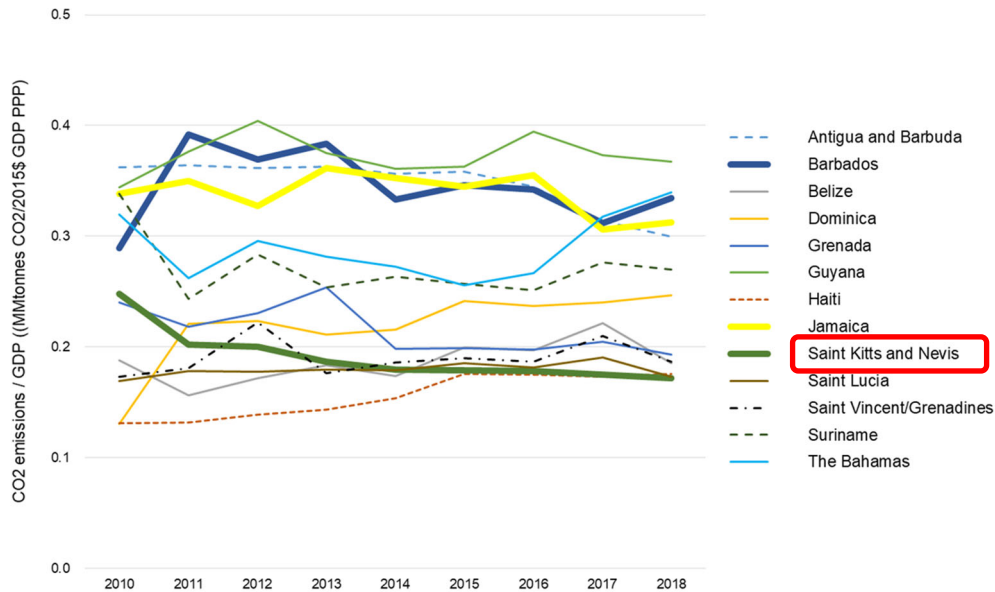
2010年～2018年において継続して経済成長が進む一方、国全体のエネルギー消費量はほぼ一定である。(図 5-2 参照)



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

図 5-2 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 5-3 に示す通り低下(=改善)傾向が継続しており、カリコムメンバー国の中で最もインテンシティの低い、すなわち、エネルギー消費効率に最も優れた国である。



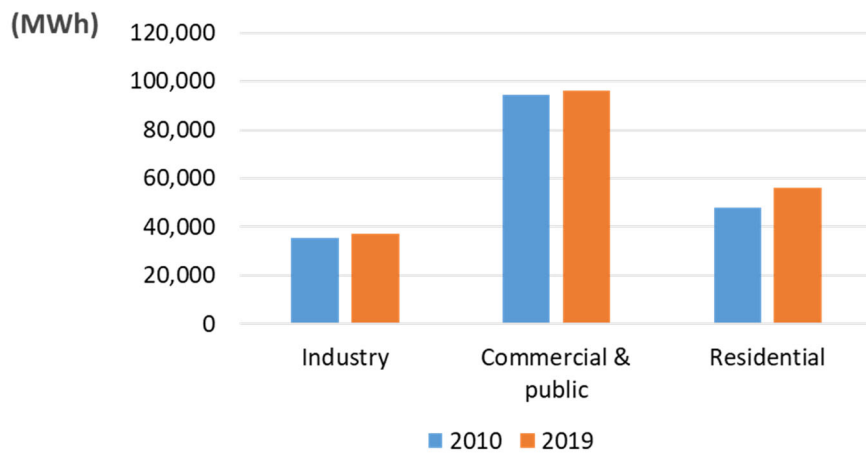
出所: U.S. Energy Information Administration データを基に JET 作成。

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)

(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+6%であり、セクター別では、産業用：+4%、業務用：+2%増、家庭用：+17%と全セクターにおいて増加している。

図 5-4 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: 「セントクリストファー・ネービスエネルギーバランス (United Nations Statistics Division)」より JET 作成。

図 5-4 セクター別電力消費量の変化(2010～2019 年)

(4) 最大電力と電力日負荷カーブ

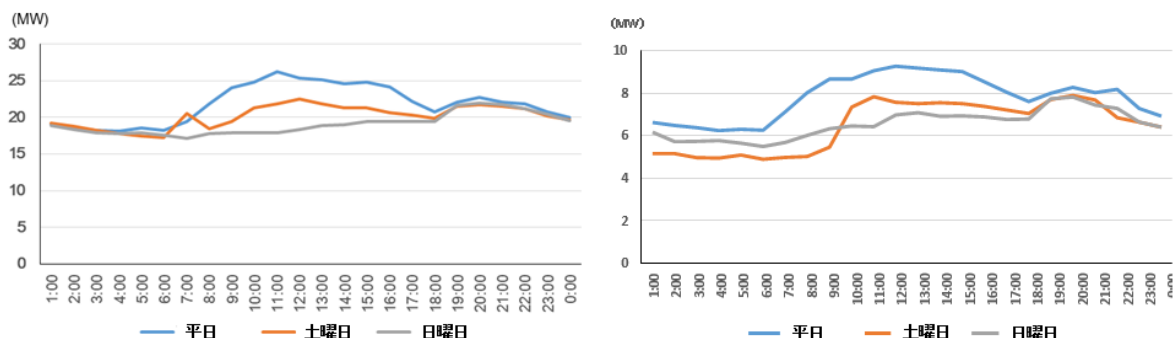
セントキッツ島、ネービス島それぞれの最大電力と電力日負荷カーブを図 5-5 に示す。

➤ セントキッツ島

現在のセントキッツ島の最大電力は約 25 MW(発生時間帯:11 時)。午後から夕方にかけて需要は減少するものの、再び点灯ピーク(18～20 時)が発生する負荷カーブである。

➤ ネービス島

現在のネービス島の最大電力は約 10 MW(発生時間帯: 12 時)。午後から夕方にかけて需要は減少するものの、再び点灯ピーク(18~20 時)が発生する負荷カーブである。なお、ネービス島は現在電力需給ひっ迫状況下にある。



出所: 「ST. KITTS AND NEVIS RENEWABLE ENERGY POLICY (draft), MINISTRY OF PUBLIC INFRASTRUCTURE, POST, URBAN DEVELOPMENT AND TRANSPORT」を基に JET 作成。

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

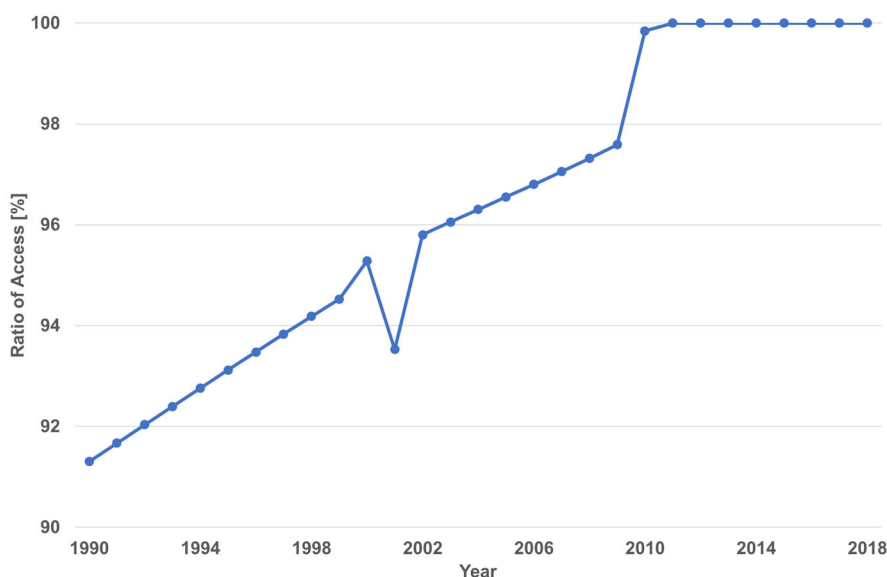
(5) 電力需要予測

2023 年 1 月現在、電力需要予測に関するデータは公表・調査されていない。需要予測は、2014 年改訂版の National Energy Policy で調査されており、ベースシナリオでは 2020 年に約 200GWh を超えると予測している。一方、電力消費量は 2011 年以降、約 200GWh で推移しており、増加傾向にない。

5.1.5 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 5-6 に示す。1990 年代から着実に伸ばし、2011 年には 100%に達している。



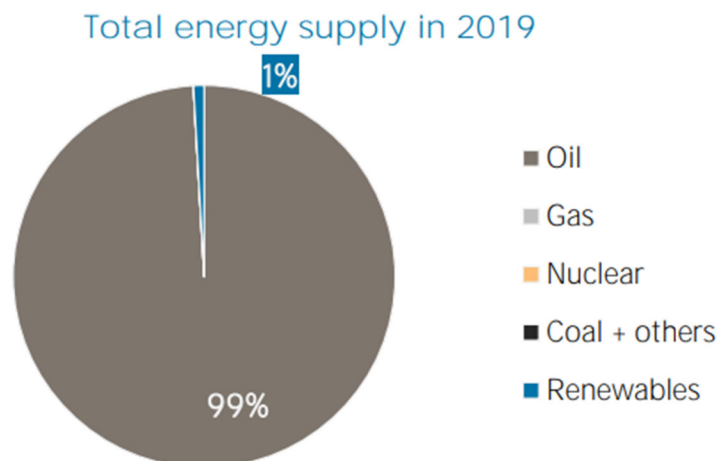
出所: The World Bank - Access to electricity (% of population) – St. Kitts and Nevis を用いて、JET 作成

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)

(2) 電源構成

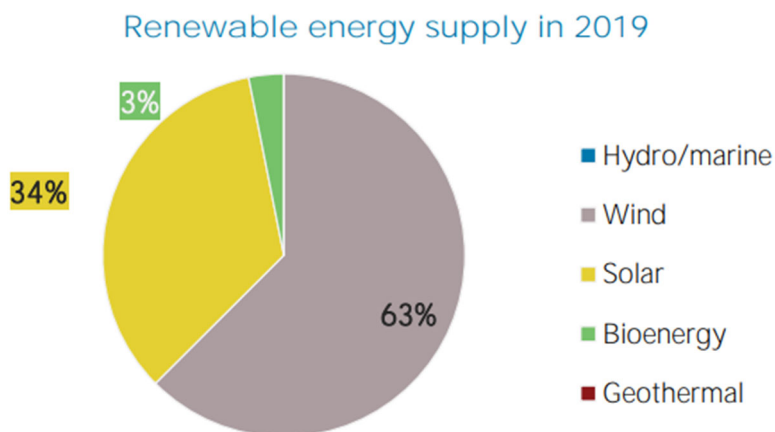
セントクリストファー・ネービスは、セントキッツ島とネービス島の2つの島から構成されている。セントキッツ島の電力会社はSKELEC、ネービス島の電力会社はNEVLECがそれぞれ島の電力系統、主電源を管理している。

2019年における電源別による電源構成およびREの電源構成をそれぞれ図5-7、図5-8に示す。2011年より風力、2013年より太陽光発電が運転開始された。なお、2021年時点でのREの電源構成は、太陽光が47%、風力が53%となり、太陽光発電が伸びている。



出所: IRENA Energy Profile Saint Kitts and Nevis

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)



出所: IRENA Energy Profile Saint Kitts and Nevis

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)

(3) 電源事業者

SKELECは、2011年政府の電気部門(SKED, St. Kitts Electricity Department)から資産と運営を取得し設立されセントキッツ島の発電・送配電を担う公益事業会社である。SKELECは、Needsmust発電所に15基のディーゼル発電機で構成され48.9MWの設備容量を有している。また、2020年にはセントキッツ島政府と共にカリブ諸国最大の太陽光発電と蓄電システムを建設している。

2019年時点でのSKELECが有する火力発電設備の一覧を表5-5に示す。

表 5-5 セントキッツ島の発電設備一覧(2019年)

Plant	Unit	Type	Fuel	Manufacture	Installed Year	Rating Capacity (MW)	Minimum Load (MW)
Needsmust (St. Kitts)	G1	MSD	Diesel	MAN (Mirlees Blackstone)	1999	6.1	1.2
	G2	MSD	Diesel	MAN	2009	3.9	0.8
	G3	MSD	Diesel	MAN	2008	3.9	0.8
	G4	MSD	Diesel	MAN	2007	3.9	0.8
	Mobile set 1	MSD	Diesel	Caterpillar	2017	2.0	unknown
	Mobile set 2	MSD	Diesel	Caterpillar	2018	2.0	unknown
	Mobile set 3	MSD	Diesel	Caterpillar	2017	2.0	unknown
	Mobile set 4	MSD	Diesel	Caterpillar	2018	2.0	unknown
	Mobile set 5	MSD	Diesel	Caterpillar	2019	2.0	unknown
	Mobile set 6	MSD	Diesel	Caterpillar	2019	2.0	unknown
	G9	MSD	Diesel	MAN (Mirlees Blackstone)	1987	3.5	0.7
	G10	MSD	Diesel	MAN	2010	3.9	0.8
	G11	MSD	Diesel	MAN	2010	3.9	0.8
	G12	MSD	Diesel	MAN	2011	3.9	0.8
G14	MSD	Diesel	MAN	2011	3.9	0.8	

出所: 聞き取りにより JET 作成

一方、ネービス島の発電・送配電事業を担うのは、NEVLEC である。NEVLEC は、2000 年設立したネービス島政府の完全子会社である。2019 年の時点で 9 基のディーゼル発電機で構成され、設備容量として 20.3 MW を有している。

2019 年時点での NEVLEC が有する発電設備の一覧を表 5-6 に示す。

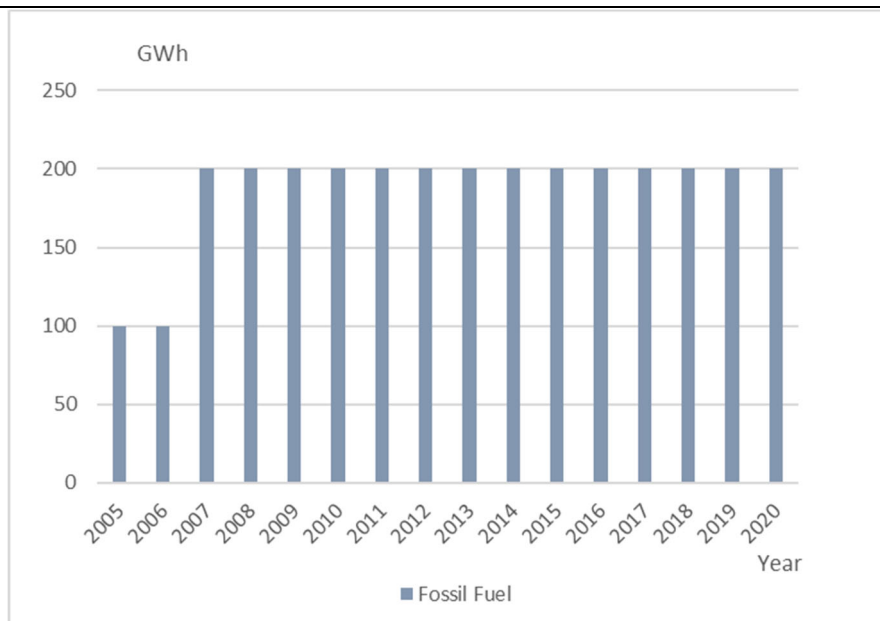
表 5-6 ネービス島の発電設備一覧(2019年)

Plant	Unit	Type	Fuel	Manufacture	Installed Year	Rating Capacity (MW)	Governor Type
Prospect (Nevis)	G3	MSD	Diesel	MAN (Mirlees Blackstone)	1985	0.9	Mechanical
	G4	MSD	Diesel	MAN (Mirlees Blackstone)	1990	2.0	Electrical
	G5	MSD	Diesel	MAN (Mirlees Blackstone)	1996	2.2	Electrical
	G6	MSD	Diesel	MAN (Mirlees Blackstone)	1996	2.2	Electrical
	G7	MSD	Diesel	Detroit Diesel	1997	2.5	Mechanical
	G8	MSD	Diesel	Wartila	2002	2.7	Electrical
	G9	MSD	Diesel	Cummins	2012	1.5	Electrical
	G10	MSD	Diesel	Detroit Diesel	2016	2.5	Mechanical
G11	MSD	Diesel	Wartila	2017	3.8	Electrical	

出所: 聞き取りにより JET 作成

(4) 電力供給状況

EIA が公表している年間発電電力量の内 2005 年から 2020 年までの推移を図 5-9 に示す。2011 年頃より風力発電が僅かに運転されているが、未だ高価な輸入ディーゼル油による発電に依存している。



出所: EIA データを基に JET 作成

図 5-9 年間発電電力量推移(2005-2020)

RE に関しては、現状の RE 発電容量は 3%、エネルギーベースでは 1%である。セント クリストファー・ネービスにおける既存の RE 発電設備を表 5-7 にまとめる。

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

Location/Project	Type	Capacity MW	Generation GWh estimated	Year	Tariff USc/kWh
S: SCASPA	PV	0.7	NA	2013	Self
S: SKELEC	PV	0.5	1	2015	Self
N: Windwatt	Wind	2.2	5.25	2011	NA

(S:セントキッツ、N:ネービス)

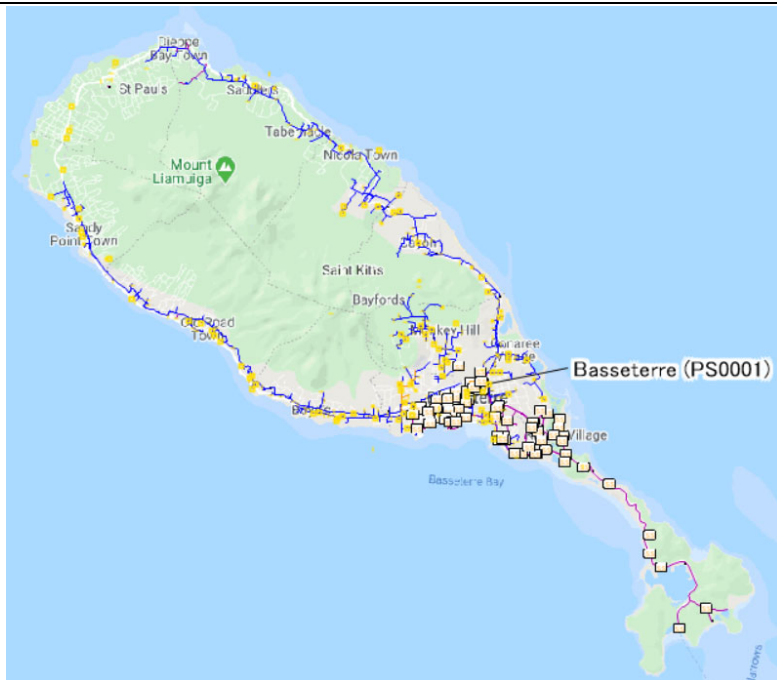
出所: MPI, SKELEC, NIA, NEVLEC からの情報に基づき、JET 作成

ただし、セントキッツ島の SKELEC に設置された PV は一部故障しており、フル出力での運転は行われていない。また、The St. Christopher Air & Sea Ports Authority (SCASPA)の空港に設置された PV は元々 1.3 MW であったが、パネルの破損により出力が低下している。

(5) 送電網

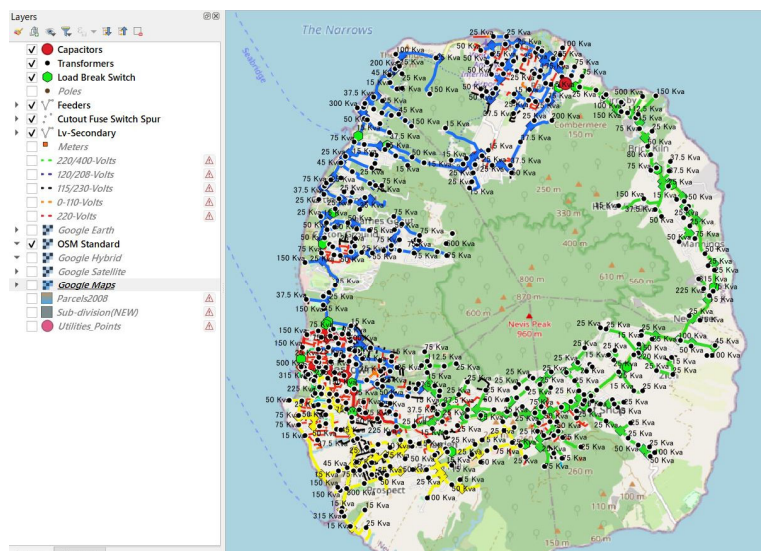
セントキッツ島およびネービス島とも、主幹線は 11 kV 電力系統で構成されている。セントクリストファー・ネービスにおける送配電系統のオペレータは、セントキッツ島、ネービス島でそれぞれ異なり、セントキッツ島では SKELEC が、ネービス島においては NEVLEC がオペレーティングを行っている。

両島の電力系統図をそれぞれ図 5-10、図 5-11 に示す。



出所: Prepared by JET based on SKELEC using Smallworld

図 5-10 セントキッツ島の電力系統(11 kV)



出所: NEVLEC

図 5-11 ネービス島の電力系統(11 kV)

5.1.6 省エネルギー推進

(1) 省エネルギー政策と推進状況

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を表 5-8 に示す。

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

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"> ▪ 国家エネルギー政策(NEP) 2011が策定されているものの、EEに係る個別政策は含まれていない。また、EEに係る目標値無し。 ▪ Nevisでは現在電力需給ひっ迫状態にあり、各省エネルギー技術導入に関心が高い。
EE ロードマップ	<ul style="list-style-type: none"> ▪ EE ロードマップは未策定。
MEPS&ラベリング (S&L)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ CARICOM Regional Organization for Standards and Quality (CROSQ)が地域全体のS&L制度を制定予定(2022年)。 ▪ 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。 ▪ 国レベルでMEPS策定に向けた動きは無いが、CROSQの動向は認識。
EE ビルディングコード(EEBC)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ CREEBC2018を基に国内EEBC策定、既に総理承認済。 ▪ 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。
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"> ▪ CEM/CEAはNPOのAssociation of Energy Engineers(AEE、本部: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。 ▪ 政府としてCEM/CEA取得を奨励。
省エネルギー診断 (EA)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ CDB支援により2017-2018年に実施。 ▪ EA実績(セントキッツ): <ul style="list-style-type: none"> ➢ 政府系建物: 8軒 ➢ ポンプ場: 13軒 ▪ EA実績(ネービス): <ul style="list-style-type: none"> ➢ 政府系建物: 9軒 ➢ ポンプ場: 7軒
ESCO	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ESCO事業には関心が薄い。
ポンプ場	<ul style="list-style-type: none"> ▪ セントキッツ <ul style="list-style-type: none"> ➢ 電気料金は財務省負担。 ➢ 水中ポンプから高台にあるタンクへ揚水し、重力により地域へ給水。 ▪ ネービス <ul style="list-style-type: none"> ➢ 中間ポンプ設備にインバータ導入(2カ所)。 ➢ 年度予算の4割が電気料金支払い。 ➢ ネービス水道局は、ポンプ所へのインバータ導入に関心が高い一方、各ポンプに係るデータは月間電力消費量しかない現状(時刻別電力消費量および流量データが無い)。
その他	<ul style="list-style-type: none"> ▪ EE政策／規制対象に電力会社を含めること。 ▪ 電力供給に係る効率(以下数値は概算値) ▪ SKELEC: <ul style="list-style-type: none"> ➢ 所内ロス: 3.1% ➢ 送配電ロス: 17.4% ▪ NEVLEC: <ul style="list-style-type: none"> ➢ 送配電ロス: 14% <p>(注) 両電力ともテクニカルとノンテクニカルロスの内訳は不明。</p>

出所: JET 作成。

(2) インバータルームエアコン(RAC)の経済性調査

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の市場調査を行った結果、表 5-9 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 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)

機種	価格	効率
インバータ RAC (18,000 BTU=5.27 kW)	US\$ 814 単位能力当たりコスト:155 (US\$/kW)	COP=3.06
インバータ RAC (12,000 BTU=3.52 kW)	US\$ 740 単位能力当たりコスト:210 (US\$/kW)	COP=3.24
インバータ RAC (12,000 BTU=3.52 kW)	US\$ 629 単位能力当たりコスト:179 (US\$/kW)	COP=3.06
ノンインバータ RAC (18,000 BTU=5.27 kW)	US\$ 703 単位能力当たりコスト:133 (US\$/kW)	COP=2.77
ノンインバータ RAC (12,000 BTU=3.52 kW)	US\$ 592 単位能力当たりコスト:168 (US\$/kW)	COP=2.78

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=0.6~1.2 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 5-10 参照)

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

	5.27kWクラス	3.52kWクラス
増分イニシャルコスト	US\$ 111	US\$ 37 or 148
年間電気料金 (インバータRAC)	US\$ 896 (5.27 (kW) x 2000 (h) x 0.26 (US Cent/kWh) / 3.06)	US\$ 598 or 565 (3.52 (kW) x 2000 (h) x 0.26 (US Cent/kWh) / 3.06 or 3.24)
年間電気料金 (ノンインバータRAC)	US\$ 989 (5.27(kW) x 2000(h) x 0.26 (US Cent/kWh) / 2.77)	US\$ 658 (3.52 (kW) x 2000 (h) x 0.26 (US Cent/kWh) / 2.78)
年間電気料金メリット	US\$ 94	US\$ 60 or 93
単純投資回収年数	1.2年	0.6 or 1.6年

注 1: 前提条件: 全負荷相当運転時間=2,000 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=0.26 (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、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/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上位 3 技術は何れもインバータ技術関連で、インバータによる運転最適化、インバータ RAC、VRF であった。他方、家庭用電力需要の中で主要な電力消費機器である冷蔵庫の高効率化については、関心が低かった。

本アンケート結果を表 5-11 に示す。

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

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

出所: JET 作成。

5.1.7 火力発電設備の運転維持管理

セントキッツ島では電力系統に 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。メーカーやコントローラに統一性がなく、Energy Management System (EMS)導入を行う場合は、複数仕様の制御盤の整合が必要となる。また部分負荷運転時のディーゼル発電機の効率低下を防止するために 60~70%を最低負荷として運転している。メンテナンスについては主機メーカーの担当者を派遣し、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採用している。

火力発電設備の燃料はすべてベネズエラから輸入しているディーゼル油であり、使用量は 29,000 Imperial Gal/Day である。港から燃料タンクまでパイプラインで接続している。燃料タンクは計 3 基あり、各々の容量は 6,000 bbl x 1 基、3,000 bbl x 1 基、500 bbl x 1 基である。トータル容量は 12 日分の消費量に相当する。

また、Needsmust 発電所の 1 ヶ月毎の負荷率および稼働率を表 5-12、表 5-13 に示す。2017 年 8 月から 2019 年 4 月までの負荷率の平均値は約 57 %であり、国際的な標準値となっている。

表 5-12 Needsmust 発電所の 1ヶ月毎の負荷率[%]

	G1	G2	G3	G4	Mobile Cat 1	Mobile Cat 2	Mobile Cat3	Mobile Cat 4	G9	G10	G11	G12	G14
2017/8	63.2	76.5	79.1	74.2	-	0.0	0.0	-	69.9	79.0	81.3	81.5	80.0
2017/9	62.3	76.1	78.1	71.1	-	0.0	0.0	-	66.1	80.0	80.3	78.2	78.3
2017/10	63.8	76.3	77.9	73.9	-	0.0	0.0	-	0.0	79.6	82.2	81.4	81.0
2017/11	64.6	76.2	76.3	74.4	-	0.0	0.0	-	0.0	81.5	81.6	82.0	81.9
2017/12	63.0	76.9	72.6	74.7	-	28.5	35.9	-	0.0	79.7	80.3	81.4	79.0
2018/1	62.8	76.7	69.1	74.7	-	0.0	40.2	-	0.0	78.9	81.3	80.7	78.3
2018/2	60.8	76.2	72.9	73.4	-	0.0	48.7	-	0.0	77.0	80.4	79.2	76.3
2018/3	63.3	75.5	77.7	73.3	-	0.0	31.8	-	0.0	77.1	81.7	81.6	77.1
2018/4	61.5	72.4	76.9	80.8	70.7	75.0	75.0	72.6	0.0	0.0	80.9	80.2	55.5
2018/5	62.1	73.8	75.4	69.7	74.5	68.6	73.0	72.8	0.0	75.4	81.0	80.0	58.7
2018/6	61.5	74.2	75.2	67.2	0.0	65.0	65.0	79.8	0.0	79.0	82.0	80.7	80.3
2018/7	66.3	72.2	70.1	68.0	-	103.8	135.0	50.7	0.0	0.0	82.3	80.4	80.4
2018/8	65.5	73.0	64.2	69.0	0.0	0.0	71.8	72.4	0.0	0.0	82.6	82.3	0.0
2018/9	65.2	75.2	65.0	71.8	0.0	0.0	72.0	73.6	0.0	0.0	82.5	82.5	54.1
2018/10	64.6	71.9	69.0	69.8	69.9	69.4	71.3	69.8	67.8	81.1	81.9	81.9	83.3
2018/11	63.2	72.8	72.1	62.1	0.0	68.9	68.2	70.1	64.0	79.5	80.4	80.3	0.0
2018/12	63.2	72.7	72.8	5.0	0.0	70.7	71.8	44.1	64.5	0.0	78.9	80.5	0.0
2019/1	64.3	71.9	72.8	53.0	0.0	78.8	62.5	42.0	63.4	0.0	80.5	81.0	0.0
2019/2	62.7	72.1	71.6	42.9	0.0	67.1	69.3	55.3	64.4	0.0	80.0	79.9	0.0
2019/3	63.7	71.9	73.4	59.4	0.0	65.6	69.4	43.3	65.3	0.0	78.3	80.1	0.0
2019/4	62.1	67.8	71.9	63.2	0.0	61.8	66.6	35.2	63.5	0.0	79.1	80.0	0.0

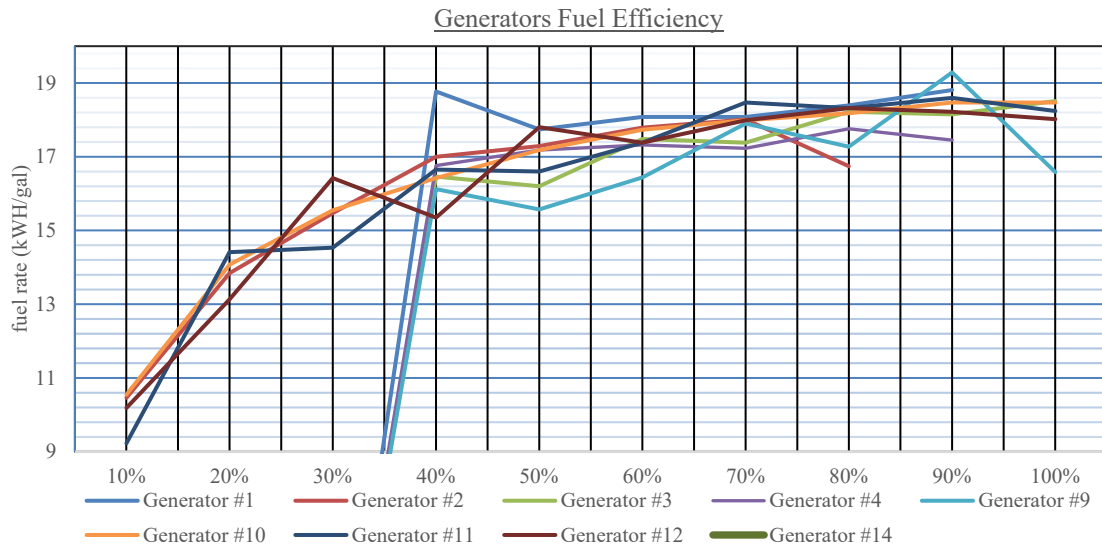
出所: SKELEC から提供されたデータをもとに JET 作成

表 5-13 Needsmust 発電所の 1ヶ月毎の稼働率[%]

	G1	G2	G3	G4	Mobile Cat 1	Mobile Cat 2	Mobile Cat3	Mobile Cat 4	G9	G10	G11	G12	G14
2017/8	94.5	91.5	89.9	85.1	-	0.0	0.0	-	9.3	54.0	77.0	96.8	65.1
2017/9	84.3	71.9	86.9	80.7	-	0.0	0.0	-	2.5	61.0	86.9	78.1	36.4
2017/10	98.1	76.3	79.8	91.5	-	0.0	0.0	-	0.0	78.1	98.1	80.4	53.1
2017/11	91.8	84.4	52.1	95.3	-	0.0	0.0	-	0.0	98.6	88.3	91.5	59.3
2017/12	95.2	93.7	23.1	98.1	-	1.6	1.2	-	0.0	89.2	85.2	87.5	61.2
2018/1	98.5	92.2	26.2	93.4	-	0.0	1.2	-	0.0	78.8	79.6	85.2	71.5
2018/2	68.3	95.1	30.1	97.9	-	0.7	1.0	-	0.0	79.6	94.6	93.2	62.1
2018/3	97.8	90.7	79.2	95.0	-	7.0	7.9	-	0.0	11.0	100.0	96.1	55.6
2018/4	88.1	69.6	97.5	88.1	18.0	27.5	26.3	39.0	0.0	0.0	94.7	92.1	72.6
2018/5	90.1	65.9	99.6	90.1	22.5	20.6	17.1	26.9	0.0	27.7	100.0	94.1	57.1
2018/6	61.3	87.2	98.5	61.3	0.0	8.9	17.6	21.2	0.0	84.0	96.5	88.9	75.0
2018/7	94.4	82.8	99.2	94.4	0.0	19.9	14.1	46.0	0.0	0.0	92.6	65.7	7.1
2018/8	90.3	96.1	91.5	90.3	0.0	0.0	20.4	36.0	67.2	99.3	98.9	55.2	0.0
2018/9	96.0	98.6	4.2	96.0	0.0	0.0	24.0	48.8	67.4	96.8	96.5	98.9	3.1
2018/10	98.8	91.7	8.7	98.8	2.0	34.7	21.4	46.4	66.1	97.3	93.5	100.0	4.6
2018/11	94.0	83.2	93.9	94.0	0.0	12.6	5.0	15.9	57.5	88.3	93.3	91.9	0.0
2018/12	97.7	86.8	98.0	97.7	0.0	12.1	12.2	14.6	53.7	98.9	97.3	88.0	0.0
2019/1	62.1	94.2	98.9	62.1	0.0	19.6	4.8	19.0	57.5	86.4	100.0	99.1	0.0
2019/2	86.3	89.3	94.3	86.3	0.0	14.6	8.3	18.5	73.7	98.7	72.0	97.8	0.0
2019/3	97.8	88.3	99.3	97.8	0.0	24.5	9.5	27.8	67.5	95.3	28.8	94.0	0.0
2019/4	98.9	70.7	91.7	98.9	0.0	6.8	5.6	15.6	33.4	84.6	96.5	100.0	0.0

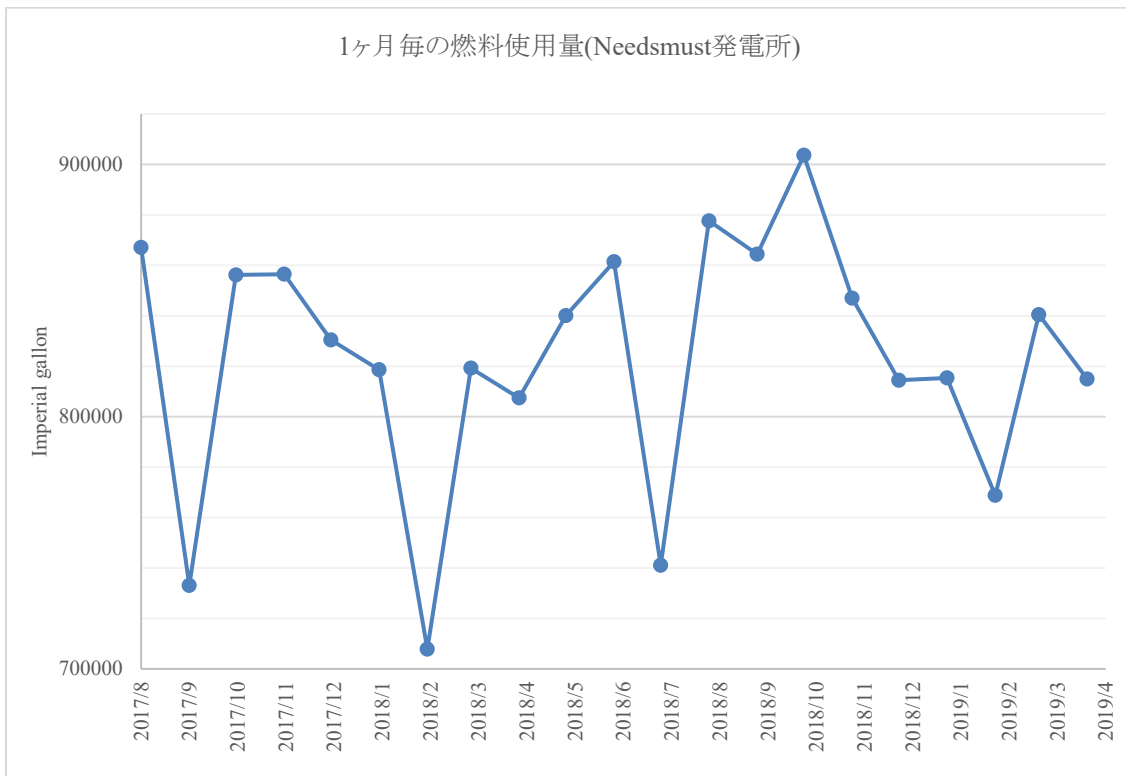
出所: SKELEC から提供されたデータをもとに JET 作成

Needsmust 発電所に設置されている発電設備の負荷燃料曲線および 1ヶ月毎の燃料使用量を
図 5-12 および図 5-13 に示す。負荷燃料曲線に示す通り、個体差も存在するが概ね 60~70%
の部分負荷では効率の大きな低下は見られない。



出所: SKELEC

図 5-12 発電機の負荷-燃料カーブ(Needsmust 発電所)



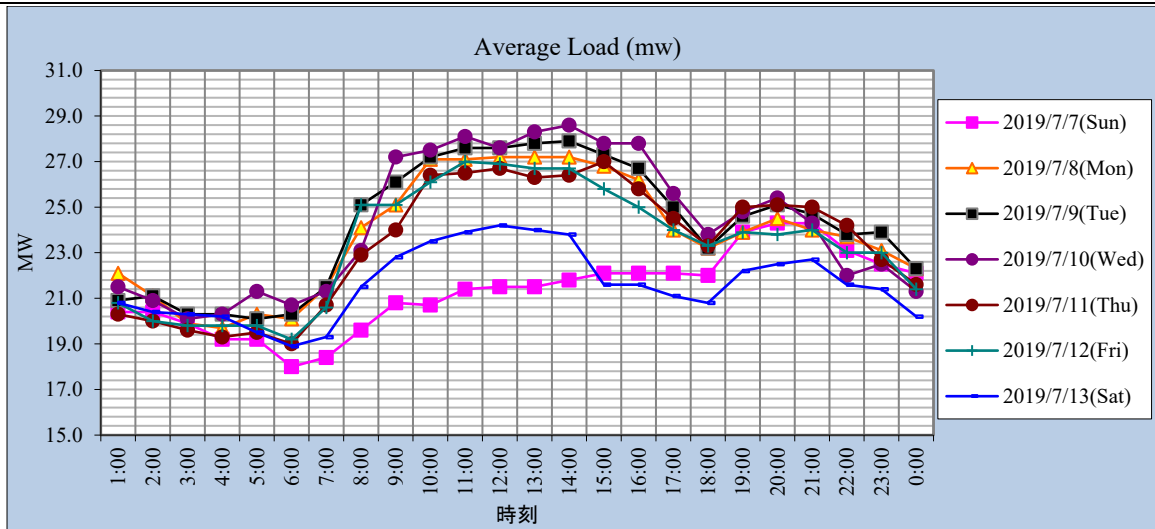
出所: SKELEC から提供されたデータをもとに JET 作成

図 5-13 1ヶ月毎の燃料使用量(Needsmust 発電所)

セントキッツ島の1時間毎、1日毎、1ヶ月毎の平均負荷およびピーク電力を図 5-14、図 5-15、および図 5-16 に示す。

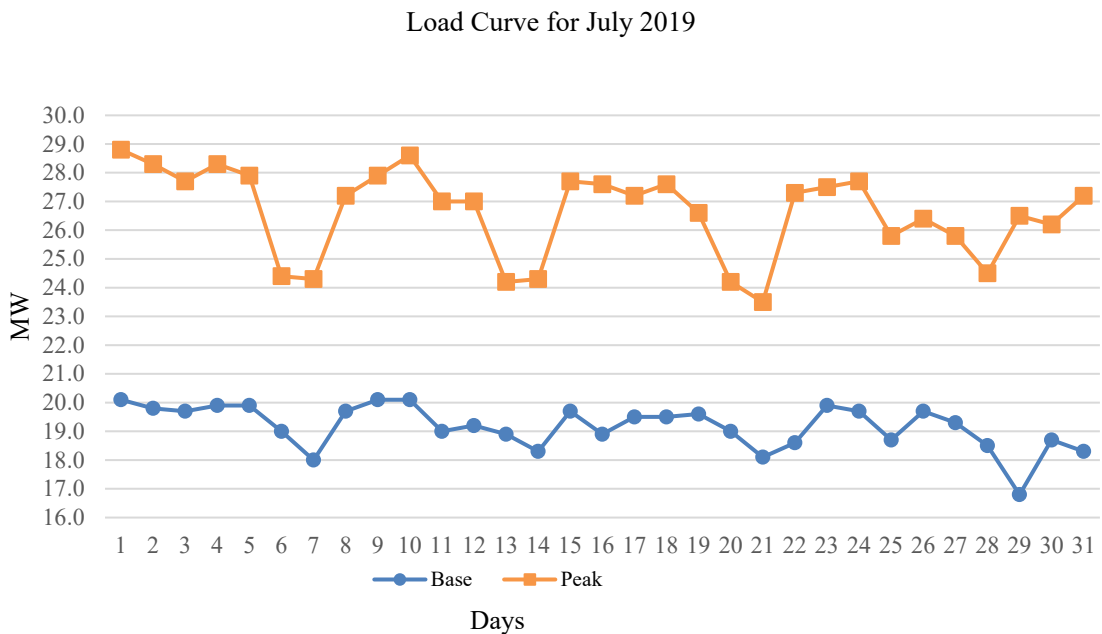
2017年9月、2018年2月、2018年9月、2019年2月に燃料消費量が落ち込んでいるが、発電電力量も落ち込んでおり、気候その他の要因で電力需要が小さかったものと考えられる。

1時間毎の電力負荷からは、朝から夕方までは空調負荷、夜は照明負荷がグラフの形を特徴づけていること、また、休日(土曜日・日曜日)よりも平日の負荷が大ききことから、事業用の電力負荷が大きいと予想できる。



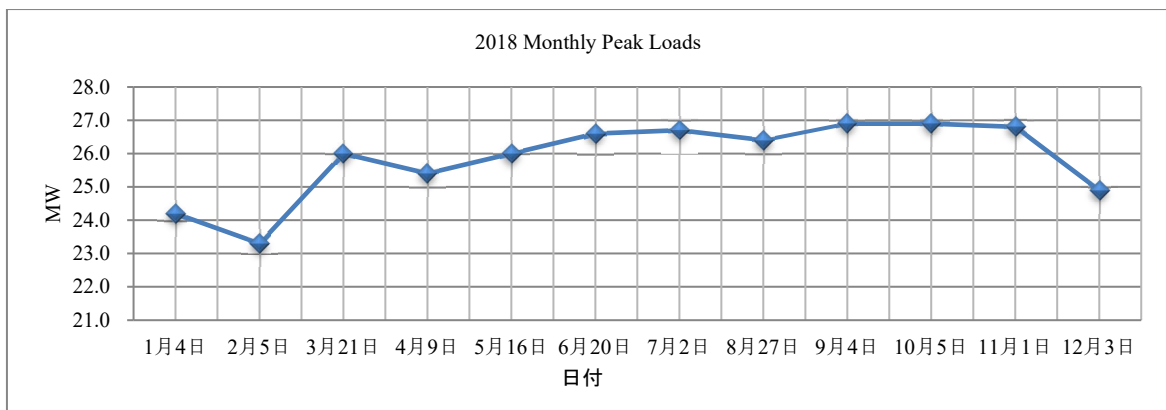
出所: SKELEC

図 5-14 セントキッツ島の1時間毎の平均負荷



出所: SKELEC から提供されたデータをもとに JET 作成

図 5-15 セントキッツ島の1日毎の負荷曲線



出所: SKELEC

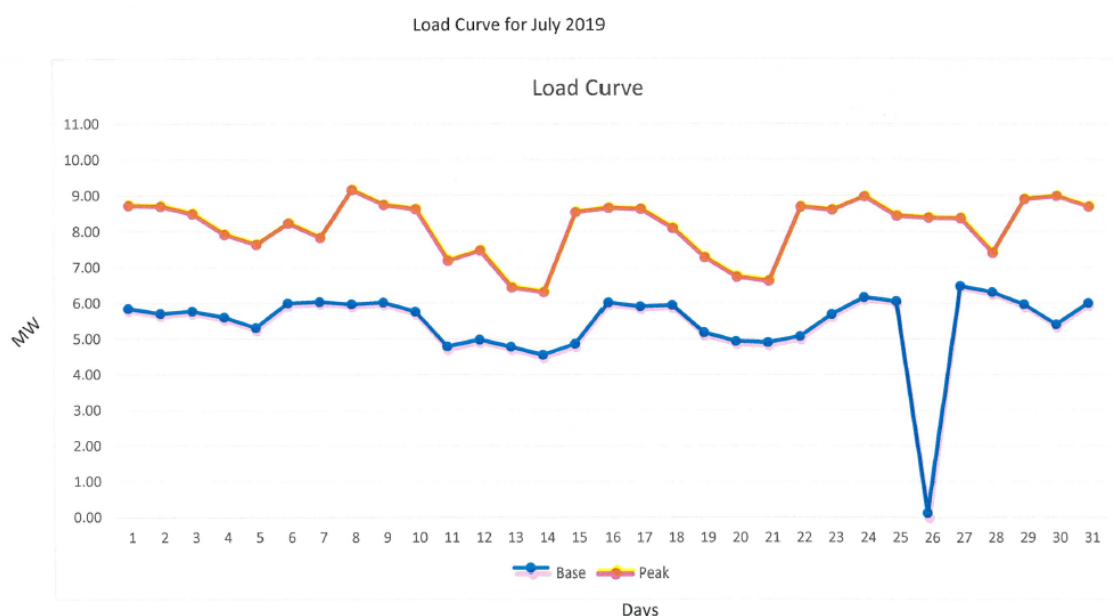
図 5-16 セントキッツ島の1ヶ月毎のピーク電力

EDC システムは未導入であるが、最低負荷を原則 60～70%として運転できていることから効率的な運用が行われているといえる。また、G1 および G9 以外のディーゼル発電機は比較的近年設置された設備で構成されており、短・中期的には、供給力や VRE の一定程度の導入に対する調整力も問題ないといえる。

ネービス島においても電力系統に 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。メーカから Supervisor (SV)を招聘し、メーカ発行のメンテナンスマニュアルに従って 1,000 時間ごとにスケジュールドメンテナンスを実施している。また、1 時間ごとに発電機の点検も実施している。トレーニングに関しては、新規採用の従業員に対してはインハウストレーニングを実施している。またマイアミやフィンランド、イングランドに従業員を派遣し、トレーニングも受講させることも行っている。

火力発電設備の燃料は燃料流通業者のデルタから購入している。

また、ネービス島の 2019 年 7 月の 1 日毎の負荷曲線を図 5-17 に示す。セントキッツ島と同様に、休日(土曜日・日曜日)の負荷は平日よりも小さい傾向にある。なお、7 月 26 日の Base Load 値がゼロとなっている理由としては、何らかの事情でデータが保存されていなかったものと考えられる。



出所: NEVLEC

図 5-17 ネービス島の 1 日毎の負荷曲線

5.1.8 再生可能エネルギー導入

5.1.3(2) に示した通り、再生可能エネルギー導入に関して現在進行中もしくは計画中のプロジェクトがある。本項では、現時点での再生可能エネルギー導入状況とポテンシャルについて示す。

(1) 再生可能エネルギー(RE)の導入状況

現状の RE 発電容量は 3%、エネルギーベースでは 1%である。セントクリストファー・ネービスにおける既存の RE 発電設備を表 5-14 として再掲する。

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

Location/Project	Type	Capacity MW	Generation GWh estimated	Year	Tariff USc/kWh
S: SCASPA	PV	0.7	NA	2013	Self
S: SKELEC	PV	0.5	1	2015	Self
N: Windwatt	Wind	2.2	5.25	2011	NA

(S:セントクリストファー、N:ネービス)

出所: MPI, SKELEC, NIA, NEVLEC からの情報に基づき、JET 作成

上の内、セントキッツ島の SKELEC に設置された PV は一部故障しており、フル出力での運転は行われていない。The St. Christopher Air & Sea Ports Authority (SCASPA)の空港に設置された PV は元々1.3 MW であったが、パネルの破損により出力が低下している。(架台はアルミ製で、熱膨張により、クランプで固定したパネルにストレスがかかり、割れが発生。また、パネルに水が浸透し発電機能が損なわれている) さらに一部漏電もあり 2019 年の 8 月以降は接続が遮断されている。SKELEC の 0.5 MW の PV についても、インバータの焼き付きの問題から運転停止している。設置した台湾業者に対し、全体を撤去し新たに同規模のものを設置する調整が行われているが、コントラクターからの交換や修理は受けられていない。PV 発電のデータ取得についてもシステムのライセンスが切れており、発電データが入手できない状況である。機材調達に際し、業者選定基準を厳しくする、設備導入後のメンテナンスや運営管理を徹底する等の対応が必要である。

このほか、ルーフトップ PV の設置が行われているが、実際の数は把握されてない。FIT はなく、基本的に自家用である。余剰の逆潮流分は無償で SKELEC のグリッドに供給されている。

風力はネービス島には Windwatt 社の 1 基 275 kW タービン 8 基からなる定格出力 2.2 MW の風力発電所が 2010 年に設置された。ただしブレードの破損により運転できる出力は 1.5 MW となっている。加えて出力変動の系統への影響からの出力抑制の必要性があり、現在、1.0 MW 以下に出力を制限して運転している。

セントキッツ島の SCASPA 空港太陽光(停止中)と、ネービス島 Windwatt の修理中風車の写真を図 5-18 に示す。



出所: JET

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)

今後のセントキッツ島の RE 導入計画として、PV は 35 MW についてスイスの Leclanche と SKELEC が PPA を締結済みである。契約期間は 20 年である。44.2 MWh、出力 6 MW の蓄電池が併設される予定であり、昼間の PV 発電量の一部を夜間にシフトする運用が予定されている⁹。発電出力のうち 16 MW のみが SKELEC に購入される。系統が受容する出力を最大 18

⁹ <https://www.leclanche.com/government-of-st-kitts-and-nevis-skelec-and-leclanche-commence-construction-of-caribbeans-largest-solar-generation-and-storage-system/>

MW とし、16 MW を超過した分については売電料金の支払いはない契約である。そのため、16 MW を超過した分を昼間に蓄電池に充電し、夜間に放電・売電する。

セントキッツ島の風力発電は 5.7 MW Belle Vue 風力が計画されている(報道では 6.6 MW)。North Star 社との PPA が準備中である¹⁰。

ネービス島の PV は、ルーフトップ PV が数カ所あるが、メガソーラーはまだ導入されていない。民間事業者から 5 MW の提案があるがサイトは特定されていない。一方、アラブ首長国連邦(UAE)の支援により太陽光海水淡水化設備の導入を計画している。風力は、Cades Bay と Deep Water Harbour などにおいて提案がある。

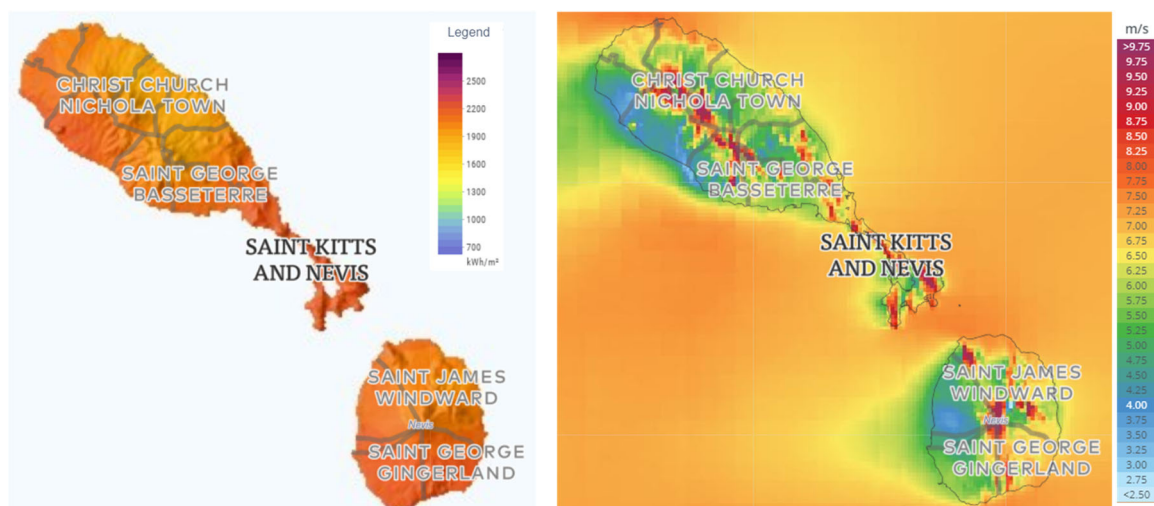
ネービス島には豊富な地熱ポテンシャルがある。Caribbean Development Bank (CDB) と Inter-American Development Bank (IDB)による Sustainable Energy Facility (SEF) Programme において NIA と NEVLEC に対して技術支援と融資を行う。CDB の調達計画によると、コントラクターの国際競争入札が 2022 年 10 月開始で、選定後の最初の坑井の掘削は、2023 年 6 月に開始される予定となっている¹¹。フェーズ 1 の 10 MW の掘削では約 4,500~5,000 ft の垂直深度の 5 本の地熱井(1 本の垂直と 4 つの水平井)の掘削を含む予定である。地層温度の最高値は 290 °C と推定される。この地熱発電所が完成すれば、ネービス島は 100 %の RE 供給が可能になる見込みである。

(2) PV、風力のポテンシャル

セントクリストファー・ネービスの太陽光ポテンシャルは、1,900~2,200 kWh/m²/年 (5.2~6.0 kWh/m²/日)と、一概して高いといえる。北部のセントキッツ島は特に南側で日射量が強く、南部のネービス島では地域差はほぼない。

風力ポテンシャルは、セントキッツ島やネービス島の山頂部や標高の高い箇所に集中している。セントキッツ島北部の海岸部、南部の半島部にも一部平均風速が早い場所がある。バルバドスなど他のカリブ諸国と同様、気候の特徴として東部から風が来るため、山影になる西部の風速は大きくない。ネービス島でも同様の傾向がある。環境や地形の要件上、開発可能な場所が限られ、必ずしも風況が最善のサイトでの開発が行われているわけではない。

セントクリストファー・ネービスの太陽光と風力のそれぞれにポテンシャル図を図 5-19 に示す。



出所: ESMAP Global Solar Atlas, Global Wind Atlas

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

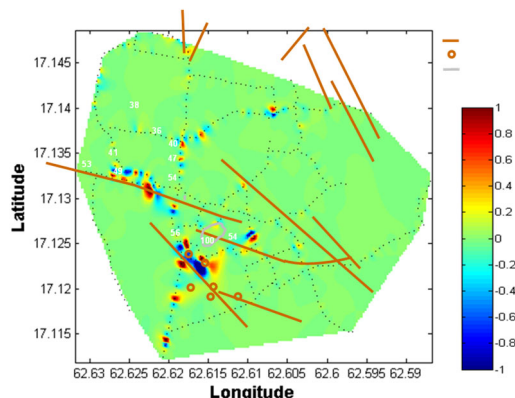
¹⁰ <https://www.sknis.gov.kn/2022/03/04/st-kitts-and-nevis-steadily-moving-towards-renewable-energy-reliance/>

¹¹ <https://www.caribank.org/work-with-us/procurement/procurement-notices/nevis-geothermal-energy-project>

(3) 地熱のポテンシャル

東カリブ海は、地質学的に若い火山島が連なっている。カリブの東側は複雑なプレートテクトニクス活動を展開しており、カリブ海には多くの天然熱水系が存在する。カリブ海の島々で見られる噴気孔、温泉、休火山、活火山などの熱現象は、主にカリブ海プレートの下に北大西洋地殻プレートが沈み込んでいることと、地震が多い地域であることに関連している。セントキッツ島の Mt. Liamuiga, ネービス島の Nevis Peak in Nevis が、モンセラートの Soufrière Hills, グアドループの La Soufrière, セントルシアの Soufrière Volcanic Centre, St.Vincent の The Soufrière, グレナダの Kick ‘em Jenny (海中), Ronde/Caille 及び Mt. St. Catherine などとともに地熱のポテンシャルを有しているとされる¹²。

特にネービス島は地熱発電のポテンシャルが豊富であり、発電可能出力は 300 MW に達するといわれる¹³。現在 10 MW の地熱が開発中であるが、ファイナンスの問題で進捗が遅れ、2023 年初頭時点で調達中の段階である。ネービスの RE 100% 目標は地熱の成否による。地熱ポテンシャルの把握には、マグマ等熱源及びその熱で熱せられた熱水や蒸気を貯める地熱貯留層の地下深度や分布、或いは岩石や熱水流体の性状などのデータが必要である。物理探査として重力、磁力、電磁波、弾性波などの探査行がわれる。高温マグマやその固結した貫入岩体の存在、それらの深度や分布などより、地熱ポテンシャルが推定される。Eastern Caribbean Geothermal Energy Project は自然電位、Bouguer 重力偏差、活断層位置より、地熱の試掘場所を提言している。



出所: GEOTHERMAL POTENTIAL OF ST. KITTS AND NEVIS ISLANDS, Geothermal Management Company, Inc.
Eastern Caribbean Geothermal Energy Project (“Geo- Caribes”; “G-C”)

図 5-20 ネービスの重力偏差と活断層

セントキッツ島にも地熱のポテンシャルがあるが、詳細な発電可能量の推定などはまだ行われていない。今後、Mt. Liamuiga での試掘が計画されている。

(4) バイオマスのポテンシャル

人口がセントキッツ島の 4 万人、ネービス島が 1 万人と少なく、サトウキビや米などの農業生産量も多くは無い為、セントクリストファー・ネービスにおけるバイオマス発電のポテンシャルは高くはないと考えられる。廃棄物発電もある程度の人口規模を必要とするため、現実的ではないと思われる。

一方、同国の海岸にはホンダワラ類のサルガッスムが大量に漂着する。これを生ごみとともに発酵させてメタンを生成させるバイオガス発電および肥料化について University of West Indies が研究している。しかしソフトセルローズ系であることでメタン生成能力が低く、嫌

¹² A Review of Caribbean Geothermal Energy Resource Potential, The West Indian Journal of Engineering Vol.42, No.2, January 2020, pp.37-43

¹³ Alexander Richter, ThinkGeoEnergy ltd. <https://www.thinkgeoenergy.com/exploration-drilling-to-start-for-geothermal-project-on-nevis-caribbean/>

気性発酵のために水熱処理を行う必要があることより、実用化には至っていない¹⁴。サルガッスムの嫌気発酵は、エネルギー生産より廃棄物処理の観点から必要性が議論されている。

現在ディーゼル発電機が稼働中のセントキッツ島の Needsmust 発電所、ネービス島の Prospect 発電所で、バイオディーゼルを導入することは考えられる。一方、バイオディーゼルは軽油に比べて割高であり、同国の電気料金を上昇させることになる為、現在の所は計画されていない。

同国においてバイオマスは課題が多く、太陽光、風力、そして地熱の開発がより有望であると考えられる。

(5) RE 導入にかかる系統安定化、シミュレーション状況

SKELEC は 2014 年に Renewable Infusion Study の調査を、コンサルタントの Leidos に委託して実施した。これはその時点で計画されていた 4.4 MW の PV および 5.4 MW の風力を当時の既存の 9.2 MW のディーゼル発電機と 11 kV の電力システムに追加するための調査である。5.4 MW の風力導入における電圧フリッカの問題を指摘している。この時に用いられた系統解析ソフトウェアは、潮流解析は CYME、過渡計算は PSS/E であった。系統解析のソフトウェアの MPI への供与は行われておらず、MPI が独自に系統解析結果を検証したり、新たな計画に基づいて解析を行ったりすることができる状況ではない。

MPI と SKELEC は今後の大容量 VRE のもたらす影響を自力で評価することを希望しており、ベースライン調査において系統解析ソフトウェアの供与を JET に求めた。

5.1.9 送配電ロスの現状

2019 年 5 月の調査時では、SKELEC の送配電ロス全体は、12%と計量されている。このうち機械的ロスについては、9%程度と見積もられている。残りの 3%は Non-Technical Loss で、メータの精度誤差、メータの故障による誤差、そして盗電が含まれていると考えられる。

NEVLEC はシステムロスが全体の 14%、うちテクニカルロスが 9%、ノンテクニカルロスが 5%である。

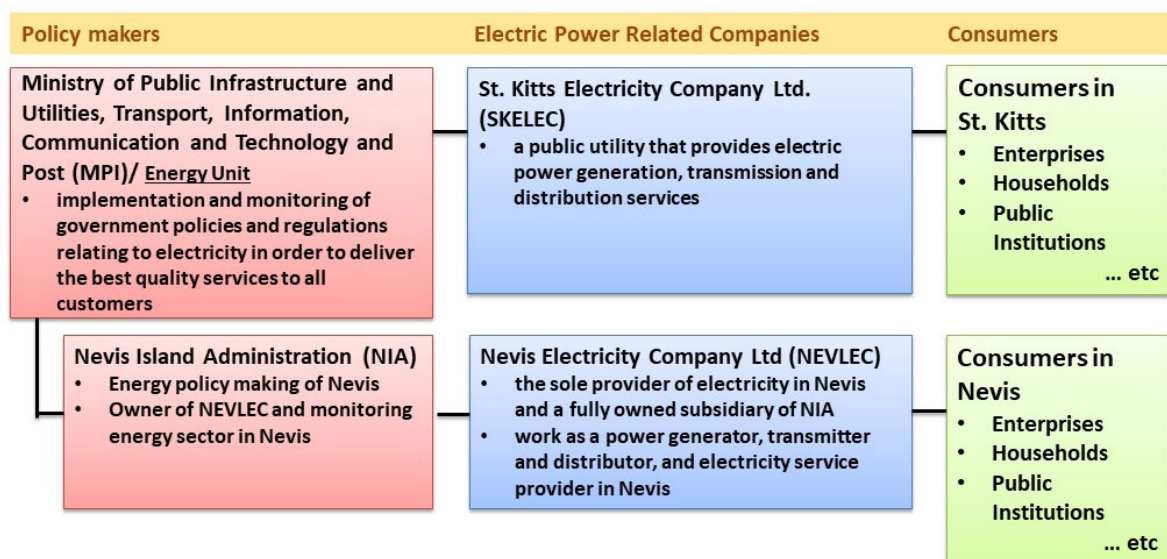
5.1.10 人材・組織能力

下記では、セントクリストファー・ネービ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) セントクリストファー・ネービスのエネルギーセクター

セントクリストファー・ネービスのエネルギーセクターの組織関係図は図 5-21 の通りである。また各組織の詳細は次項以降に纏めた。

¹⁴ Enhancing biogas production from Caribbean pelagic Sargassum utilizing hydrothermal pretreatment and anaerobic co-digestion with food waste, 2021 Jul;275:130035. doi: 10.1016/j.chemosphere.2021.130035. Epub 2021 Feb 20.



出所: JET 作成

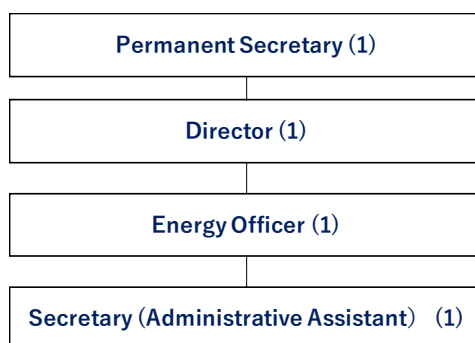
図 5-21 セントクリストファー・ネービスのエネルギーセクター関係図 (2023 年 1 月時点)

(2) MPI

MPI は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。ベースライン時点で、MPI の Energy Division には 4 名の職員がおり、Energy Unit の職員は 3 名で、全職員が無期雇用であった。Permanent Secretary は Director 以下に業務を割り当てており、小さな組織のため活動は限定的である。執務マニュアルは有していない。MPI 内では定期的にミーティングを行い情報交換しており、年 1 回人事評価を行う。尚、MPI と SKELEC、及び NIA との定期的なやり取りはほとんどない。

人事について、上位ポストに空席が生じた場合には下位ポストの者が応募することが可能であり、要件を満たせば昇進も可能である。時折 Energy Division から Water Service Department への内部移動があり、他省への出向もある。給与面は各ポストに一定の範囲があり、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、まず内部人材を検討し、いない場合は新聞、ソーシャルメディア等で公募する。また人材育成について、MPI の研修はなく、外部の研修を利用している。CEM と CEA の資格保有者はいない。

MPI Energy Unit の組織図を図 5-22 に示す。



出所: JET 作成

図 5-22 MPI Energy Unit の組織図 (2023 年 1 月)

セントキッツでは 2030 年までに RE 100% を目標としている。ベースライン調査において MPI からは JET に SKELEC が行っているグリッドコードのドラフトをレビューして欲しいとの依頼があった。EE に関して、MPI は ESCO や省エネルギー診断等は民間事業者の担当であり、

SKELEC の業務範囲ではないとの見解であった。ただし EE による消費電力の変化は今後の電力開発計画にも影響を及ぼすことから MPI の理解促進に努める必要がある。

(3) SKELEC

SKELEC はセントキッツの発電・送配電を行う電力事業者である。ベースライン調査時点での SKELEC の従業員は 157 名で、Transmission and Distribution、Planning and Development、Finance & Administration、Customer Service (CS) の 4 部門があり、マネジャーが各 1 名ずつ 4 名配置されていた。JET が視察した Needsmust 火力発電所にはメカニックが 9 名、電気エンジニアが 2 名、オペレータが 13 名いた。SKELEC には、技術者向けグループワーク、マネジャー向け座学研修があり、CS には外部講師を招いた研修を行っている。新入社員に対しては、HR がオリエンテーションを行った後、各部門長が指導する。外部研修への参加も可能で、CARILEC の研修にも参加している。

ベースラインでは SKELEC に設置された PV は故障で稼働していないものがあり、機材調達に際し、業者選定基準を厳しくする、設備導入後のメンテナンスや運営管理を徹底する等の必要性が指摘された。SKELEC では、これまでにシステムロス調査、RE100%を達成するための RE Infusion Study で系統安定化の調査を実施した。

(4) NIA

NIA は MPI 傘下の組織でネービス島の電力政策を策定している。MEPS や CEM と CEA の認証制度は有していない。ネービスでは過去 2 回、ドナー(UNDP、CDB)による省エネルギー診断が行われた。ドナーからの報告書は MPI に提出されており、NIA は保有していない等が見受けられ、MPI と NIA 間の情報共有が課題と考えられる。ベースライン調査時点で NIA は EV を 16 台導入しており、蓄電池設備の普及の要望もあった。

(5) NEVLEC

NEVLEC はネービス島における電力事業を実施している。ベースライン調査時点で NEVLEC には 78 名の従業員がおり、Transmission & Distribution、Generation、Finance & Administration、CS の 4 つの部署があった。NEVLEC では社内研修プログラムを有しており、新入社員に対しては社内研修を行っている。またエンジニア向けに配線についての研修を行った。OJT は外部研修を利用しており、マネジメントレベルは外部研修を受講している。CARILEC の研修等、従業員を海外に派遣して研修を行うこともある。ただし人材育成計画は無い。また月例で管理者会議、スタッフ会議を行っている。人事評価は年 2 回実施している。

NEVLEC の顧客数は約 7,500 で、ベースライン調査時点では Four Season Hotel が最大の需要家(全体需要の 20-30%)である。ネービスでは長期電力需給見通しを作成していない。スマートメーターは未設置である。電力需給はひっ迫した状態にあり EE に関心があった。

また Needsmust 発電所の発電機はメーカからスーパーバイザーを招聘し、メーカ発行のメンテナンスマニュアルに沿って計画的にメンテナンスを実施している。しかし計画外のメンテナンスも発生しており、パーツ到着の遅れやメンテナンス人員が少ない等、運営上の課題がある。1 か月に 2 回ほど、1 回あたり 2 時間ほどの停電が起こっており、1 日の負荷率も 70% 程度と高い。

(6) その他関連組織

- Water Services Department (WSD)

WSD は全職員が 85 名で、近年エンジニアの退職が相次ぎ、2019 年 7 月時点でエンジニアは 1 名のみ、CEM や CEA の資格保有者はいない。また人材育成は OJT が主であり、必要に応じ外部ワークショップ等に参加している。機械工学、配管修理・設計技術者等の人材育成ニーズがあった。

- St. Kitts and Nevis Bureau of Standards (SKNBS)

SKNBS への聞き取りでも CEM や CEA に関する情報は有していなかった。

(7) 他ドナー

セントクリストファー・ネービ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 5-15 にその概要をまとめた。

表 5-15 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
Sustainable Energy for the Eastern Caribbean (SEEC)	CDB、EU、DFID	12mil USD の協調融資。ローン(利率は 4.7~4.8 %、実質金利 3 %以下)と TA を平行して行っており、SME および政府に対する省エネルギー診断、省エネルギー導入計画の策定、省エネルギー機材の調達・設置までを行っている。
CDB Geo Smart Initiative	CDB、IDB、EU、DFID、GEF	初期の設備投資を行う PPP モデル(コンセッションローン)と Geo Smart Initiative のもとで行われる無償とローンのパッケージプログラムで 5 ドナーの協調融資。
Battery Energy Storage Systems (BESS) Study	CDB	詳細は不明であるが、蓄電池システムに関する調査。
Street Light Project	CDB	詳細は不明であるが、該当に関する調査。
Grid Code	WB	SKELEC の Grid Code 策定支援。
省エネルギー診断	UNDP	詳細は不明であるが、2015 年に終了した Caribbean Energy Efficiency Lighting Project (CEELP)に関連するものと思われる。
省エネルギー診断	CDB	詳細は不明であるが、2018 年に終了した Sustainable Energy for Eastern Caribbean の一環と思われる。

注 1: DFID は Department for International Development の略

注 2: GEF は Global Environment Facility の略

出所: JET 作成

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)

5.2.1 技術移転すべき内容

本業務でセントクリストファー・ネービ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

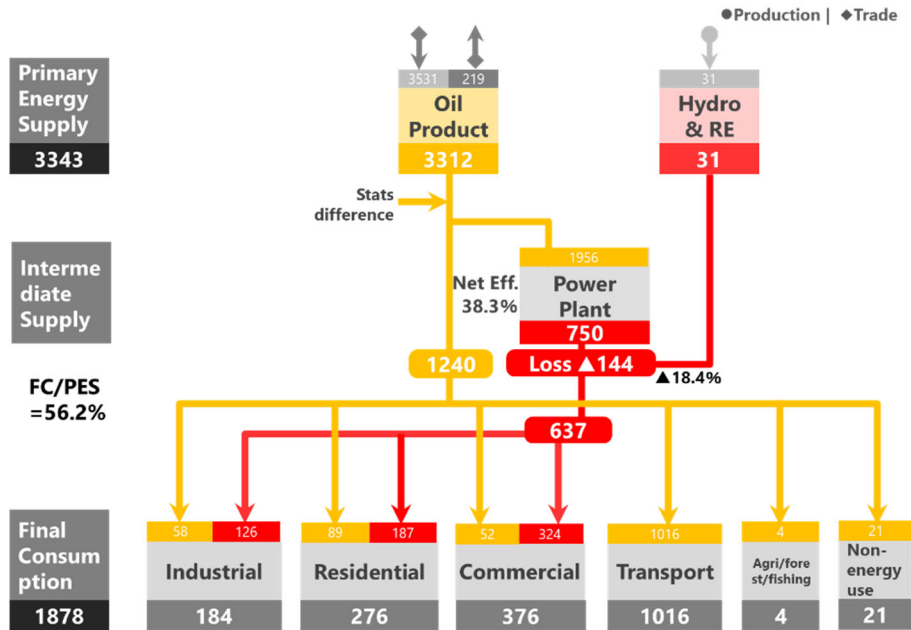
- 再生可能エネルギーの導入目標を実現するのに必要な政策・制度の検討・提言
- 再生可能エネルギーの導入目標実現に必要な人材育成計画の策定
- 再生可能エネルギーに係る人材育成計画に則り、OJT、本邦研修等の実施
- 再生可能エネルギーに係る人材育成効果の検証とその見直し
- 再生可能エネルギー導入プロジェクト実現に向けた提言
- 再生可能エネルギー導入目標実現で提案した政策・制度の策定に向けた提言
- 再生可能エネルギーのポテンシャル調査
- 系統のモデル化と系統解析、かかる大量再生可能エネルギー導入にかかる課題の検証
- アセットマネジメントシステムを用いたレジリエンス強化の提言
- 再生可能エネルギー導入目標実現に必要な設備の検討・提言
- 再生可能エネルギー導入目標実現に必要な技術の検討・提言

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)

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(2020年、UNSD)によると、一次エネルギー供給量のほぼ全量が輸入による石油製品である。再生可能エネルギーの供給シェアは発電用 RE で 1%に留まっている。

エネルギー転換部門については、石油火力発電の送電端効率が 38.3%と標準レベルの範囲内であるものの、送配電ロスが 18.4%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あると推察する。

エネルギーバランス表に基づく、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を図 5-23 に示す。

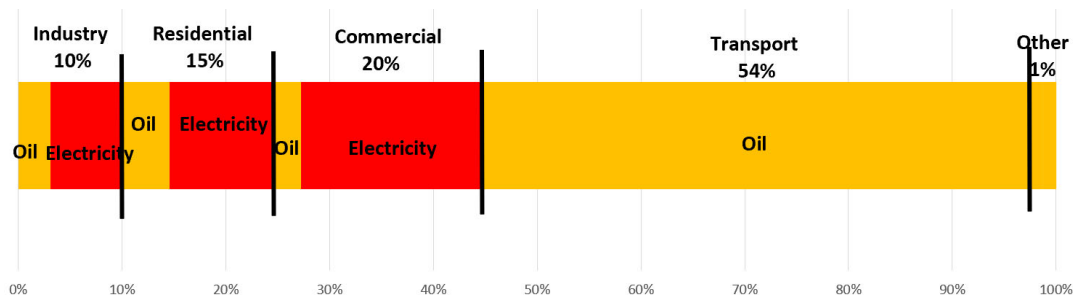


出所: セントクリストファー・ネービスのエネルギーバランス表(2020, UNSD)を基に JET 作成。

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)

最終需要サイドについては、最終エネルギー消費量の 54%を運輸分野が占め、次いで業務用(20%)、家庭用(15%)、産業用(10%)となっている。

電力消費に関しては、業務用・家庭用分野で全体の 8 割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 5-24 参照)



出所: セントクリストファー・ネービスのエネルギーバランス表(2020, UNSD)を基に JET 作成。

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)

5.2.3 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 5-16 の内容をセントクリストファー・ネービスへの技術移転項目とした。

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

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	大量 VRE 導入に伴う系統解析【提言/セミナー】
	2	セントキッツ島～ネービス島間送電網強化【提言】
	3	アセットマネジメントを通じたレジリエンス向上【提言/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	再生可能エネルギー導入実現に向けた政策・制度【提言/セミナー】

出所: JET 作成

5.3 技術移転 (セントクリストファー・ネービス)

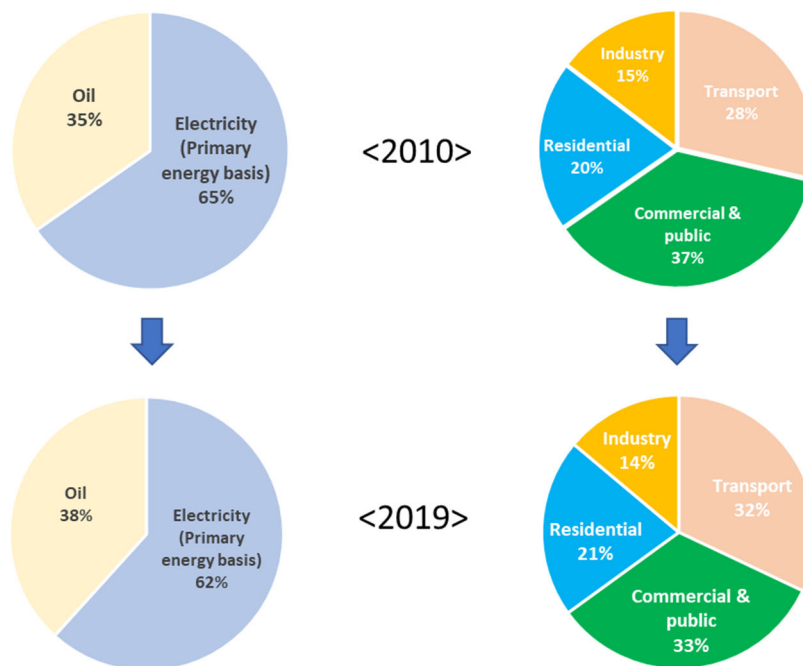
5.3.1 省エネルギーロードマップと目標値策定

(1) 省エネロードマップの策定

セントクリストファー・ネービスでは、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」(BREA)を活用し、省エネロードマップを策定した。従って、バルバドス同様、空調、冷蔵庫、照明の三用途が主要用途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、エネルギー別では石油が 3 %増、電力が 3 %減しており、これを反映してセクター別においては、運輸分野の消費割合が 4 %増加した。図 5-25 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 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))

表 5-17 に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、2019 年)を示す。

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)

	産業	業務・公共	家庭	農林水産業	運輸	合計
石油	62	54	94	4	1,086	1,300 (38 %)
電力(一次エネルギー換算値)	409	1,065	622	-	-	2,095 (62 %)
合計	471 (14 %)	1,119 (33 %)	716 (21 %)	4 (0 %)	1,086 (32 %)	3,395 (100 %)

注: エネルギーバランス表(国連統計部)より、電力需要端効率=32.5%と算出
出所: エネルギーバランス表(国連統計部)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、2010年～2019年までのセクター別年平均伸び率(AAGR)を算出し、2036年までセクター別毎の需要想定を行い、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)=0.2%、AAGR(家庭用)=1.7%。

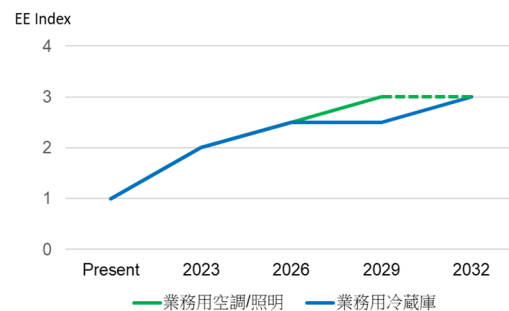
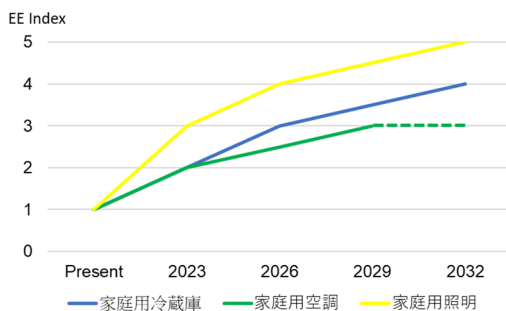
➤ 主要機器の MEPS 導入/引き上げ想定

表 5-18 および図 5-26 に示す通り、バルバドスと同様の想定を行った。

表 5-18 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。



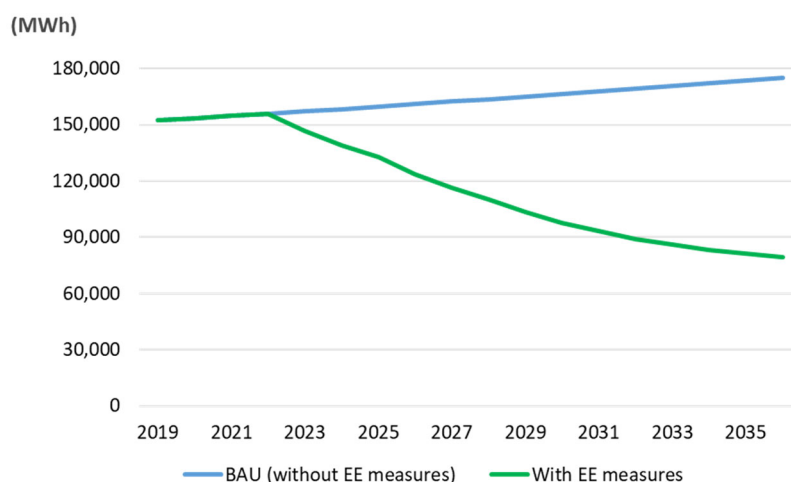
注: 各機器の現状のエネルギー効率の実態は把握できないが、家庭用照明については相当程度白熱電球が使用されており、高効率化の余地が大きいものと想定した。

出所: JET 作成。

図 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)

- 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 69 GWh(省エネ率約 41 %、対 BAU)
 - 2036 年における電力削減量は約 96 GWh(省エネ率約 55 %、対 BAU)。内訳は、業務用で 57 GWh、家庭用で 39 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 5-27 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 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)

(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 2 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)

セントクリストファー・ネービスでは省エネ目標値を掲げていないものの、5.3.1(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 98 GWh(削減量=69 GWh、対 BAU)と試算された。

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 51%(対 BAU)、国全体の消費電力量は約 100 GWh となった。表 5-19 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 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

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	徹底したエネルギーマネジメントの実践(BEMS 導入含む)	10 GWh(業務用+産業用需要の 1 割削減)
高	モータ、OA 機器、家電機器等への MEPS 導入	14 GWh(家庭用+業務用+産業用の 1 割削減)
中	ビルディングコードの義務化導入	10 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	3 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 作成

5.3.2 省エネルギー目標実現に必要な設備・技術

5.3.1(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・結果等について、省エネワークショップ等を通じて提言を行った。具体的には、4.3.1(2)、および、4.3.2 の記載内容と同様である。

- 提言の要点

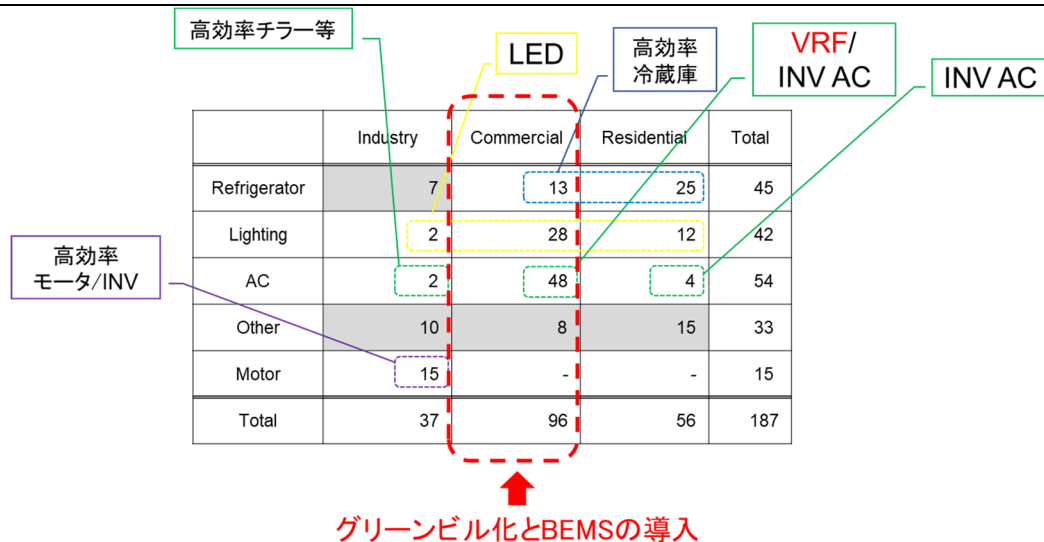
主要 3 機種への MEPS 導入に伴う電力消費量推移を示した省エネロードマップ策定時には、併せて BAT を見据えつつ設備面からの検討を加えた。その結果、省エネ型空調機器・冷蔵庫・照明器具の導入促進が急務であり、早期 MEPS 導入を継続的に提言した。さらに、各組織におけるエネルギーマネジメントの効果的実践に必要な BEMS の普及を提言した。

5.3.3 省エネルギー推進プロジェクトに向けた提言

セントクリストファー・ネービスの用途別電力消費構造は図 5-28 に示す通り民生用分野が 81%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 5-28 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 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

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・プロジェクト化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)。

5.3.4 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回渡航ではセントクリストファー・ネービ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、省エネロードマップについての説明とデータロガーのデモンストレーションを行った。MPI 2名、NIA 1名、SKELEC 7名の10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。セントクリストファー・ネービスを対象とした第1回オンライン研修のEEにおける概要は表 5-20 に記載の通りである。

研修のモニタリング結果は良好であった。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 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)

研修日程	2020 年 12 月 14 日 10:00-12:00(セントクリストファー・ネービス時間、RE との共同開催のうち 1 時間が EE の講義)、Zoom
参加者	18 名(MPI 2 名, NIA 2 名, SKELEC 8 名, NEVLEC 6 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	4.2(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)にセントクリストファー・ネービス側と協議の上、研修内容の再検討を行い、表 5-21 の内容で 2 回の省エネ研修を実施することとした。

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)

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"> - エネルギーマネジメントおよび省エネ診断の国際標準 - 日本における成功事例の紹介
データロガーとソフトウェアのデモンストレーション	<ul style="list-style-type: none"> - セントクリストファー・ネービスに供与するデータロガーとソフトウェアの使い方
EV および蓄電池の市場動向	<ul style="list-style-type: none"> - EV の分類と特徴 - 世界における EV 市場のトレンドと蓄電池市場 - 各国の EV 政策およびインフラ整備状況 - EV メーカーの分析 - 日本とバルバドスにおける EV 導入事例
エネルギー消費分析&EE ロードマップ 1	<ul style="list-style-type: none"> - エネルギーバランス表によるエネルギー消費量分析 - 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
省エネビルディングコード 1	<ul style="list-style-type: none"> - 住宅建築物における省エネルギー規制の概要
エネルギーバランスと EE ロードマップ 2	<ul style="list-style-type: none"> - 商業部門における省エネルギー(EEC)ロードマップ - 非産業部門における有望なエネルギー効率化技術
省エネビルディングコード 2	<ul style="list-style-type: none"> - 住宅建築物における簡易計算の例(地域-6) - 住宅用建物の簡易計算例(第 8 地域) - EEC 独自の住宅建築における取り組み(沖縄県)
省エネ診断結果報告	<ul style="list-style-type: none"> - エネルギー診断と現地調査(MEB 建物を対象)
データロガーソフトウェアのデモンストレーション(フォローアップ)	<ul style="list-style-type: none"> - セントクリストファー・ネービスに供与するデータロガーソフトウェアの使い方
組織間のコミュニケーション(RE、EE 共通)	<ul style="list-style-type: none"> - 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 - 組織の種類と比較 - 組織間コミュニケーションの重要性 - 関係者間の円滑なコミュニケーションに関する討議

出所: JET 作成

第 1 回 EE 研修は 2022 年 11 月 14 日に、表 5-22 の要領で対面およびリモートにて実施した。上記の他、参加者からの発表や講義後の討議を行った。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 回研修にて電力シミュレーションや EV 用の蓄電池のサイズに関して触れて欲しいとの要望があった。

表 5-22 第 1 回 EE 研修実施の概要

研修日程	2022 年 11 月 14 日 10:00-14:30(バルバドス時間) 2022 年 11 月 15 日 10:00-14:30(バルバドス時間) バルバドス会議室にて対面、リモート
参加者	12 名(MPI 3 名、NIA 1 名、SKELEC 5 名、NEVLEC 2 名、NWD 1 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. データロガーとソフトウェアのデモンストレーション 3.EVおよび蓄電池の市場動向 (2日目) 1.ポンプステーションでの省エネ活動事例(NWDによるプレゼン) 2.エネルギー消費分析&EEロードマップ1 3. MPIの省エネ活動にかかる考察(MPIによるプレゼン) 4. 省エネビルディングコード1 5. エネルギーマネジメントとエネルギー診断、ESCOビジネスに係るディスカッション
モニタリング評価結果	3.8(5 点満点)

出所: JET 作成

第 2 回 EE 研修は 2023 年 1 月 16 日と 24 日の 2 日間、表 5-23 の要領で対面にて実施した。研修のモニタリング結果は良好であった。参加者からは今後の研修にてエネルギーの品質と保護、エネルギー需要、ビルディングコードの比較(セントクリストファー・ネービスと日本)、エネルギー効率におけるリーダーシップと組織管理(コミュニケーション体制、組織改編含む)について触れて欲しいとの要望があった。

表 5-23 第 2 回 EE 研修実施の概要

研修日程	2023 年 1 月 16 日 10:00-15:00(バルバドス時間) 2023 年 1 月 17 日 10:00-15:00(バルバドス時間)
参加者	11 名(MPI 2 名、NIA 2 名、SKELEC 4 名、NEVLEC 4 名)
プログラム	(1日目) 1.エネルギー消費分析&EE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. データロガーソフトウェアのデモンストレーション(フォローアップ) 3.組織間のコミュニケーション
モニタリング評価結果	4.4(5 点満点)

出所: JET 作成

5.3.5 省エネルギー目標実現に必要な政策・制度

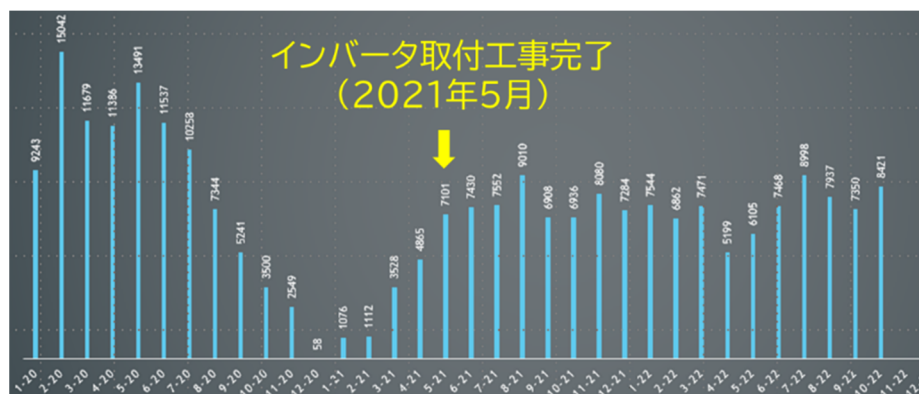
本事業を通じ実施した省エネ推進に必要な政策・制度に係る提言、ならびに、現状認識(2023 年 3 月時点)を整理しつつ、本事業後における省エネ推進に必要な政策・制度およびその策定に向けた支援を以下に提言する。

(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
 - 省エネ推進は国家エネルギー政策にも含まれており、国の目指すゴールの一つと位置付けられているものの、省エネ計画/目標値は未策定。
- MEPS/ラベリング制度
 - MEPS 制定に向けた具体的動きはないが、効率基準局においては、エアコン、冷蔵庫の効率規格策定に向け CROSQ と協働作業中。

- LED 普及に向け希望者に対し無償で提供。
- エネルギーマネジメント
 - 当事業開始当初からネービス水道局へ実地調査活動を継続的に行い、ポンプ・モータ設備のインバータ化を提言して来た。2022年11月時点で約40%のポンプをインバータ化済みであり、これまでの省エネ効果は約30%(実績)。また、2023年1月までに全数インバータ化を進めていくとのこと。なお、同水道局からNIAへ資金協力を要請しプロジェクトが実現。
 - 今後、さらに同水道局では自発的に省エネ活動／組織としてのエネマネ活動を推進、エアコン、照明の高効率化も進めていく、とのこと。図 5-29 にインバータ取り付け前後の消費電力量の推移を示す。



出所: ネービス水道局資料を基に JET 作成。

図 5-29 PADLOCK 第一ポンプ所の電力消費量の推移(kWh)

- ビルディングコード
 - CREEBC(2018)をセントクリストファー・ネービスとして採用(2022年)、将来はビルディングコードの義務化を企図。

(2) 国家省エネ計画、MEPS／ラベリング制度の導入

- 政策・制度の検討・提言
 - セントクリストファー・ネービスでは具体的な国家省エネ計画策定に向けた動静は無いことから、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。
 - 省エネロードマップに係る説明の際に、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
 - 省エネ推進は国家エネルギー政策に含まれ、国の目指すゴールの一つと位置付けられているが、国家省エネ計画を策定する動静の無いこと、および、要員上のキャパシティ等に鑑み、同計画策定に係る具体的提言をするよりはむしろ、個別の省エネ政策・制度に係る検討・提言をすることが妥当と判断した。
 - そのうえで、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。

- 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、(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)
- 本事業後においては、主要省エネ政策の一つである MEPS/ラベリング制度構築を含む省エネ政策検討・立案に向けた支援を提言する。(優先度：高)

注1：第2回省エネワークショップにおいて、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)について紹介、説明した。併せて、各種省エネ政策の中で、その効果が実証されている MEPS/ラベリング制度の可能な限りの早期導入が肝要であり(制度導入時期が遅れるほど省エネ量の蓄積が減少することを含め)、その重要性を省エネロードマップに係る説明時に説明、提言した。

注2：NIAからは今後 JICA に対し省エネ政策策定(MEPS/ラベリング制度含む)にかかる専門家の支援を求めたい、とのコメントがあった(2023年1月)。

(3) エネルギーマネジメント活動の推進

● 政策・制度の検討・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(4.3.5(4))の記述と同様である。

● 政策・制度策定への提言

- ネービス水道局が実践したポンプ設備のインバータ化による省エネ対策は、組織内で実践されたエネマネ活動そのものであり、同水道局へは今後 ISO50001 認定取得を目指すことを提言した。
- また、本ケースをエネマネ活動の成功事例として水平展開を図るべく、省エネ普及啓発活動の中で公的機関ならびに民間セクターも含め広く情報共有・周知を行うことが肝要と提言した。
- 本事業後においては、ネービス水道局およびわが国等におけるエネマネ好事例を取りまとめ、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しつつ、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、5.3.3 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)

注：本エネマネ活動の中心的役割を担った技術者を第1回省エネワークショップ(開催：バルバドス)に招聘し、講演を行って頂いた。

(4) ビルディングコード

● 政策・制度の検討・提言

- セントクリストファー・ネービスでは現状の CREEBC を政府公認図書としているものの、今後ビルディングコードの義務化を企図していることを踏まえ、同コード導入時には簡易なビルディングコードの策定が必要ではないかと提言した(第1回・第2回省エネワークショップ)。具体的内容については、バルバドスの項(4.3.5(5))の記述と同様である。

- 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。セントクリストファー・ネービスでは今後、ビルディングコードの義務化を企図しており、省エネワークショップ参加者からは日本のビルディングコードについてより深く把握し、セントクリストファー・ネービスの参考にした、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、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：中)

(5) 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)

5.3.6 火力発電設備の運転維持管理改善

(1) 運用効率改善

ディーゼル火力は最低負荷を原則 60~70 %としてベースロード運転されており、再エネの変動を吸収している。ガバナコントロールと手動によってされているが、燃費は最適化されている。検討した結果、現在の方向性で問題ない事を SKELEC、NEVLEC に確認した。

(2) 保守改善

ネービス島において今後、10 MW クラスの地熱発電設備の導入を予定しており、2019年7月におけるネービス島のピーク容量は最大 9 MW である。現段階において Prospect 発電所における発電容量は約 20 MW であるため、地熱発電設備が導入された際には地熱発電設備が故障した際のバックアップとして運用することが望ましいと考える。

両島ともにスケジュールドメンテナンスが実施されており、スペアパーツ管理も徹底されていることからバックアップ設備としての運用も十分可能であると考え。検討した結果、現在の方向性で問題ない事を SKELEC、NEVLEC に確認した。

5.3.7 再生可能エネルギー導入と系統安定化

(1) 再エネ導入に伴う系統解析

今後セントキッツ島に工事計画中の 35 MW の PV と BESS 44 MWh が運転開始し、系統には 16-18 MW の大規模 VRE が 11 kV の系統に接続されることになる。また、5.7 MW の Bellevue 風力が建設後に接続することになる。それらを踏まえた系統解析が必要であった。

ネービス島には電力の最大需要を上回る地熱発電のポテンシャルがある。地熱発電が実現した段階で、RE100%が安定した電源により達成可能である。ただし、NEVLEC もセントキット島と同様に、自力で電力システムのシミュレーションを実施し、系統運営の効率化を要望している。このため、教育用の系統解析ソフトウェア“Microgrid Designer”を提供し、その使用方法についてセミナーで演習を行った。セントキット島およびネービス島の系統のモデルを図 5-30 に示す。

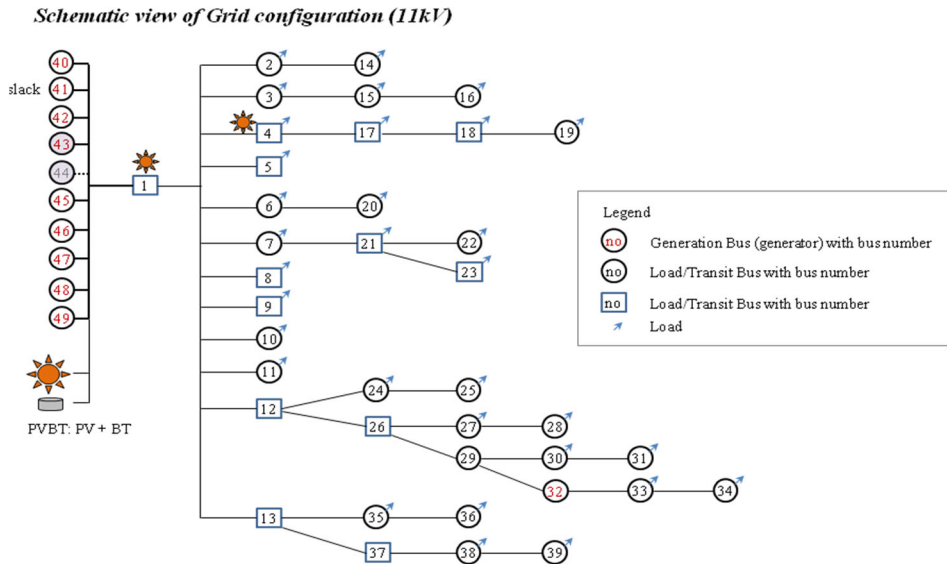


図 5-30 セントキット島の系統解析モデル

セントキット島の電力系統の入力に必要な線路定数などのデータは Leidos の行った PSS/E のモデルを参照した。図 5-31 に示すネービス島の系統は、NEVLEC の GIS を基にして ETAP に入力した。線路定数などは ETAP の規定値を用いた。

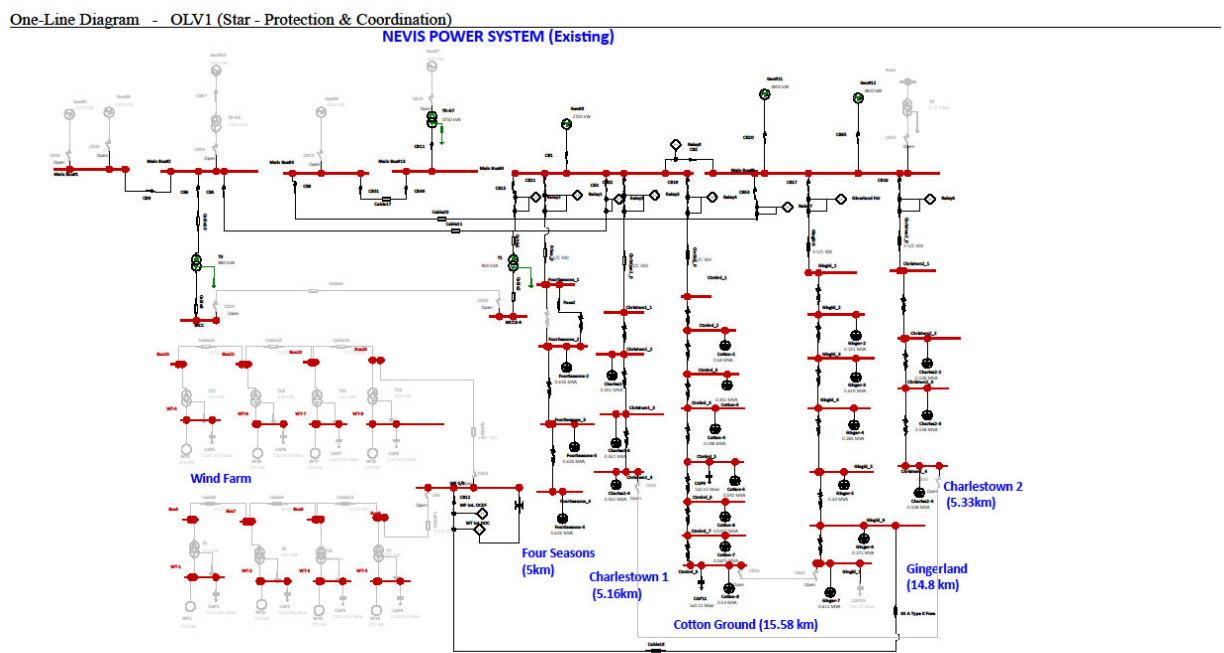


図 5-31 ネービス島の NEVLEC 系統の単線図(ETAP で表示)

セントキッツ島の系統解析の結果を図 5-32、図 5-33 に示す。Laclanche の 35 MW の PV、Bellevue 風力 5.7 MW の増設の結果、風力発電機が接続されている電線のノード電圧が上昇し、電流が増加したものの、いずれも定格値以内の潮流分布である。

<2020 年系統>系統電圧 11 kV で、セントキッツ島の需要 25 MW とし、PV 1.2 MW、が設置されている場合の潮流計算結果

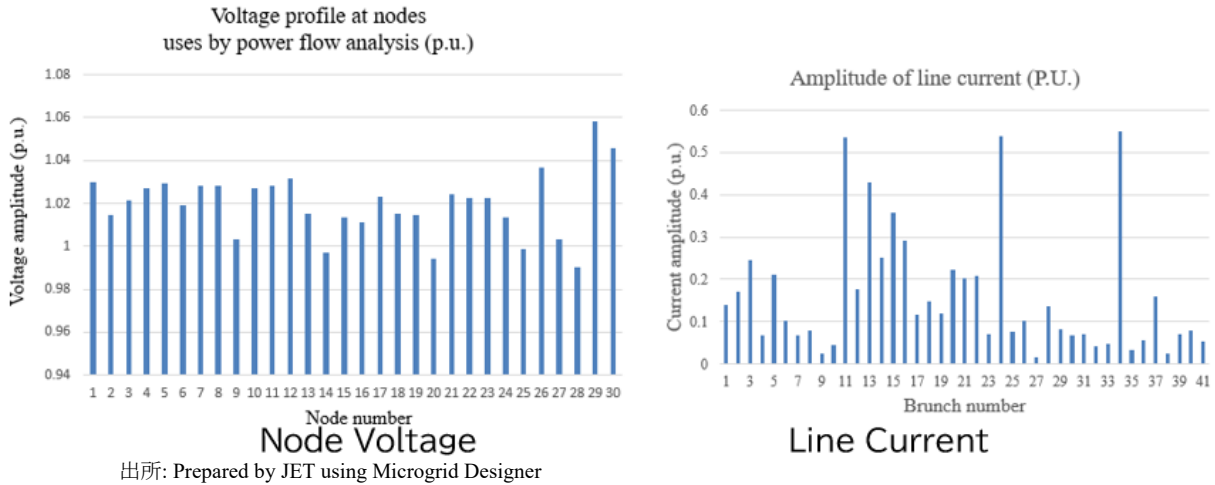


図 5-32 2020 年のセントキッツ島の潮流計算結果(ノード電圧及び電線電流)

<RE 増設系統>系統電圧 11 kV で、セントキッツ島の需要 25 MW とし、PV 1.2 MW に加えて、PV 35 MW、風力 5.7 MW を増設した場合の潮流計算結果

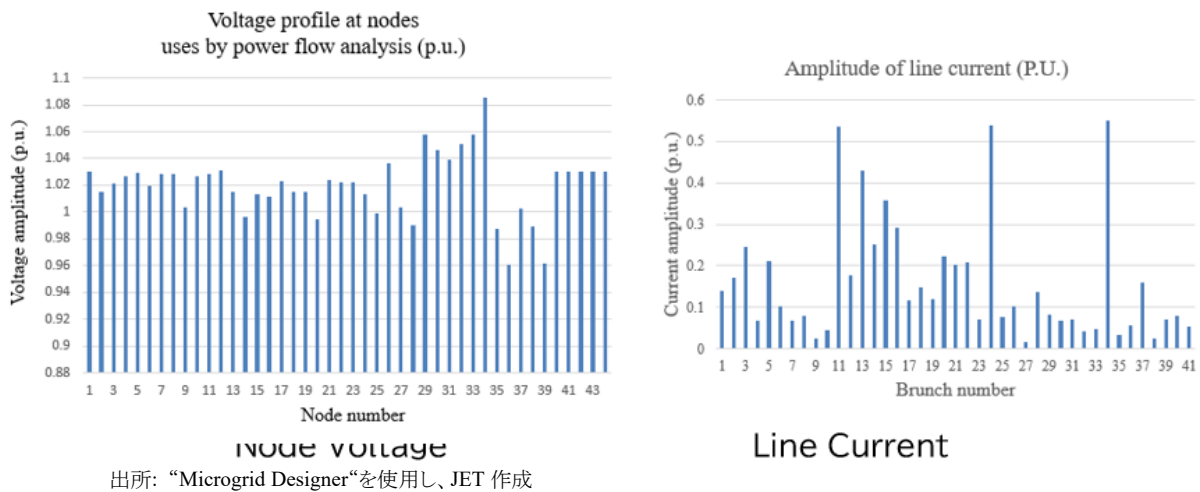
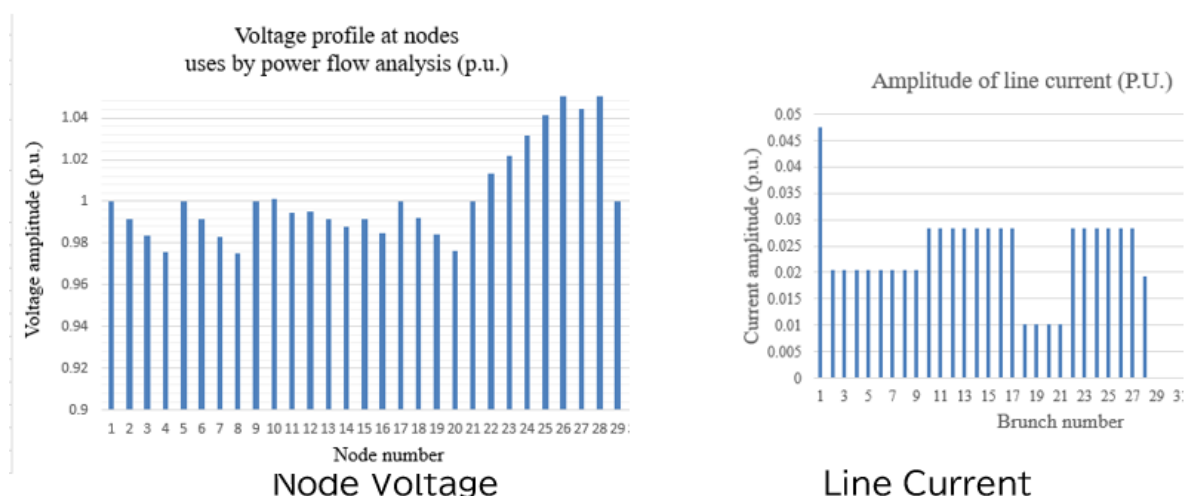


図 5-33 RE 増設時のセントキッツ島の潮流計算結果(ノード電圧及び電線電流)

図 5-34 にネービス島の系統解析の結果に示す。風力 2.2 MW が接続されている電線のノード電圧が上昇し、電流が増加したものの、いずれも定格値以内である。

<2022年系統>系統電圧11kVで、ネービス島の需要10MWとし、既存火力と2.2MWの風力が設置されている場合の潮流計算結果



出所: “Microgrid Designer”を使用し、JET 作成

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)

現在、セントキッツ島、ネービス島、共に火力発電所がほぼ 1 箇所に集中して設置されている。配電線は、そこから放射状に伸びて設置されており、系統動揺などの不安定現象が起きにくい安定な系統である。しかし、PV や風力が郊外に設置されると、配電線には今までと異なった方向の電力が流れる。そのため、PV や風力が接続されている末端に近いほど電圧が上昇したり、配電線途中の負荷の電圧が上がったりする。

よって、無効電力を注入して電圧を制御するための無効電力補償装置の設置が必要である。セントキッツ島、ネービス島共に、一部の配電線には既に設置されているが、今後 PV や風力の増設に合わせて、無効電力補償装置である STATCOM やコンデンサ、SCO などの数を増やしていく必要がある。

(2) セントキッツ島 - ネービス島間の送電網

セントキッツ島には Needsmust 発電所、ネービス島には Prospect 発電所がそれぞれ一つずつある状況である。セントキッツ島の Leclanche PV 35 MW の建設予定地は Needsmust 発電所に隣接している。主要な発電インフラがそれぞれ一か所に集中しているため、この地点が被害を受けると復旧は容易ではなく、レジリエンスの観点からも課題である。

セントキッツ島の 35 MW の PV システムは、同島の電力量の 25%を供給する予定である。さらに 5.7 MW の風力も Bellevue に計画されているが、残りはなお火力でカバーする必要がある。

一方、ネービス島の NEVLEC は、11 kV 線と 66 kV のループ送電線でセントキッツ島と連系する計画を提唱している。セントキッツ島・ネービス島の二島の連系はまだ協議中であり国家計画として明文化されていないが、環境・気候変動大臣の Dr. Joyelle Clarke は、「セントクリストファー・ネービスは、地熱に関して一つの空間と見なされなければならない、NEVLEC と SKELEC の提携が可能である」と述べている¹⁵。

NEVLEC による 11 kV、66 kV 連系計画案を図 5-35 に示す。

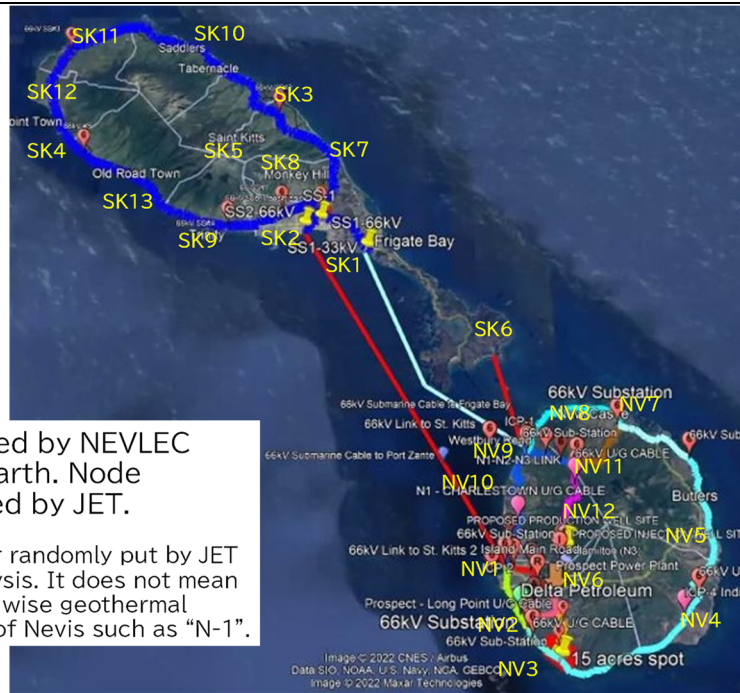
¹⁵ <https://today.caricom.org/2022/10/18/st-kitts-and-nevis-engages-5cs-ccreee-on-renewable-energy-mix-pathway/>

St. Kitts & Nevis Future Grid

Data is assumed from Google Earth KML file provided from NEVLEC. Both network of St. Kitts and Nevis are connected by 66kV transmission line.

Source: Prepared by NEVLEC using Google Earth. Node Number is added by JET.

“N” is node number randomly put by JET for Nevis grid analysis. It does not mean the name of phase wise geothermal development plan of Nevis such as “N-1”.



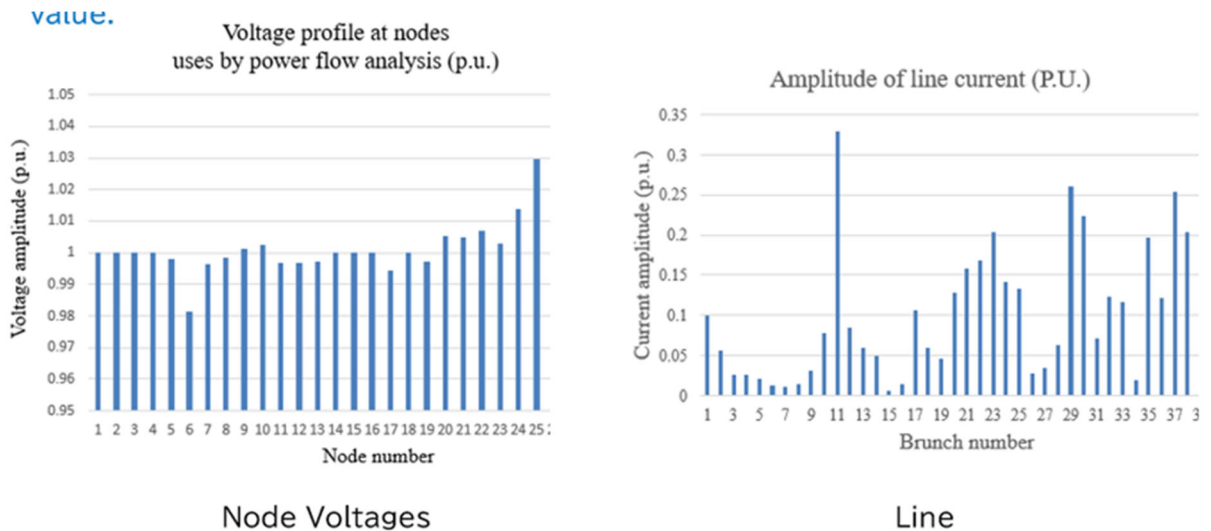
出所: Google Earth を使用し NEVLEC が作成したものに JET が加筆

図 5-35 NEVLEC による 11 kV, 66 kV 二島連系案

まず既存の 11 kV システムを延伸する形で二島の最短箇所を 11 kV の海底ケーブルで連系する。その後セントキッツ島、ネービス島それぞれの外周に 66 kV 線を新設し、66 kV 線二か所を海底ケーブルで接続することで、ループ線とする構想である。

系統解析の演習を行った。図 5-35 に、66 kV ループラインの系統解析に用いた、Google Earth でのレイアウトを示す。

上図に示すように、セントキッツ島、ネービス島の外周に 66 kV の送電線を敷設し、ループ系統を構築する構想である。2 島間は、11 kV 及び 66 kV の海底ケーブルで連系されている将来系統を想定する。この想定で潮流計算を行った。セントキッツ島の需要は 25 MW、ネービス島は 10 MW とする。セントキッツ島の電源は PV 1.2 MW+35 MW、風力 5.7 MW、BESS 6 MW、ネービス島は風力 2.2 MW+50 MW、地熱発電 30 MW、余剰の 20 MW を水素プラントの負荷と仮定した。この場合の潮流計算結果を図 5-36 に示す。



出所: “Microgrid Designer”を使用し、JET 作成

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

上の結果では、66 kV とした場合、地熱発電 30 MW が接続されている node25 (前頁図 5-35 の NV12)の地点で 5-6%の電圧上昇が見られるが、許容範囲内であると考えられる。水素プラントの負荷を同じ地点に 20 MW として node14 と 15 (図 5-35 NV1 と NV2)に設置していることを条件とした場合、送電線電流値は正常範囲内であった。ライン 11 は送電線電流が大きい。これは中心部の nodeSK1-SK2 間の送電線であり、発電所-負荷間の電力の流れが大きいため、通常の運転可能範囲内である。

セントキッツ島、ネービス島は現在それぞれ、独立したマイクログリッドであるとみなされる。二島を連系した場合、二つの自律型マイクログリッドの連系となり、レジリエンス向上に寄与する。例えば仮に、セントキッツ島の Needsmust 発電所がハリケーンで被害を受けた場合、ブラックアウトによる停電期間を最小限にして、ネービス側を電源として復旧させることが可能となる。

しかしながら、2島の需要に対して連系線を通る電力が多くなると、連系線が長距離であることもあり、長い周期の系統動揺が発生し不安定になる可能性が高い。安定化対策を講じない限り、連系線の最大送電可能容量は、通常連系される系統の容量の小さい値に合わせて設計される。

その場合、ネービス島からセントキッツ島への送電は、ネービス島の系統容量 10 MW 程度以下に抑えることが望ましいと考えられる。しかし、セントキッツ島が RE100%を目指す場合、PV が発電しない夜間など、10 MW 以上の送電がネービスからの地熱発電から必要となる。ネービス島から送電可能な容量を増やして 2島の RE100%を目指すために、以下の対策をとる必要がある。

- 連系線の両端に無効電力補償装置などの制御機器を導入する。ただし無効電力補償装置により、さらにどの程度安定して送電が可能かは、詳細な検討が必要である。
- 66 kV ループ連系線の内の一路線を、ネービス島の地熱発電をセントキッツ島へ送電する専用の送電として運用する。
- ネービス島とセントキッツ島間の系統連系を、交流ではなく直流で連系する。ただしこの場合は費用が大きくなる。

(3) アセットマネジメントを通じたレジリエンス向上

第1回 JCC において、レジリエンス強化のニーズが C/P より示された。近年の気候変動に伴い巨大化したハリケーン等の自然災害の懸念によるものである。2019年に発生したカテゴリ5ハリケーンであるドリアンによるバハマをはじめ、カリブ諸国は甚大な被害を受けた。このニーズに応えるべく、専門家チームは、ネットワークアセットマネジメントをレジリエンス強化に役立つツールの一つとして紹介した。

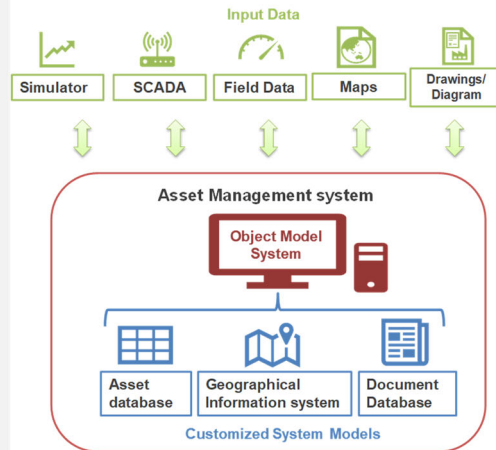
アセット(資産)はここでは電力システムを構成する要素を意味し、発電・送電・変電・配電に係る機器情報のことである。アセットマネジメントシステムは、アセットの管理を容易にし、かつ、障害・災害発生後の復旧を迅速に進めることに資する。ベースライン調査において、C/P よりそのデモンストレーションについての要望があった。

アセットマネジメントシステム概念図を図 5-37 に示す。アセットマネジメントソフトウェア(Smallworld)は、大量の情報を高速に処理する GIS に加え、設備内の各機器まで、図面や各機器の仕様を含む詳細データと紐づけて管理する、複雑な線形インフラ管理用の地理情報を含むデータベースである。

また SCADA やシミュレーション、Enterprise Resource Planning (ERP)などの外部システムとリンクさせプラットフォームとして使用することで、様々な拡張が可能である。これにより、例えば事故場所の特定と対処の迅速化、シミュレーションとの連携で停電しやすい場所や故障しやすい機器のデータを盛りこみ事故防止の計画を行うなど、レジリエンス向上に寄与する。

- To Optimize planning
- To Minimize time for recovery from failure with system integration

- ✓ GIS: Spec. for each facility & equipment on the map
- ✓ CAD: analyze each spec. with comprehensive & panoramic view
- ✓ SCADA: Real time monitoring on the map
- ✓ ERP: linked immediately with updated facility data into ERP
- ✓ Others (Simulator, etc.)

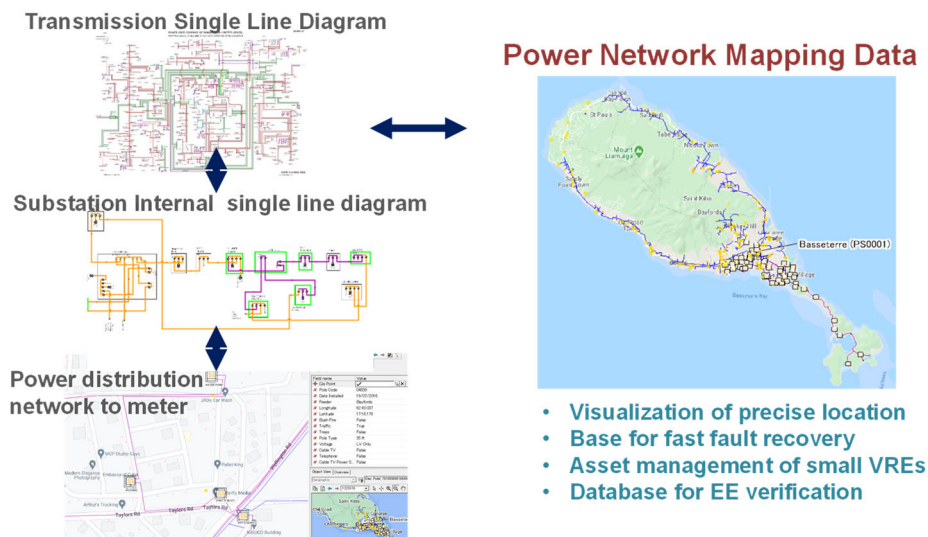


出所: JET 作成

図 5-37 アセットマネジメントシステムの概念図

アセットマネジメントシステムの活用性を実証するために、セントキッツより提供された配電線・電柱などの GIS データ、図面、単線図などを Smallworld にモデル化し入力する作業を再委託で実施し、デモシステムを構築した。

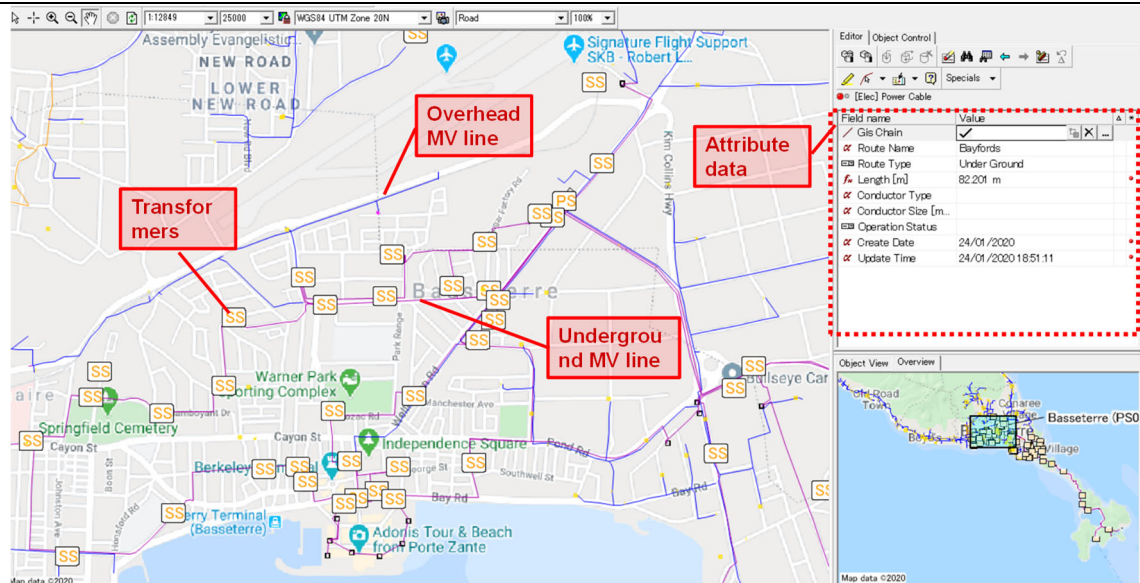
構築したセントキッツ島のアセットマネジメントシステムの概要を、図 5-38 に示す。



出所: JET 作成

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

セントキッツ島のアセットマネジメントシステムにおいて、11 kV フィーダの地中線・架空線それぞれの GIS のライン情報、変圧器、主要機器仕様、電柱の位置、単線図、変電所の内部構成などを、Smallworld を用いてモデルを作成し、入力した。図 5-39 に画面の例を示す。



出所: Google Map をベースに JET 作成

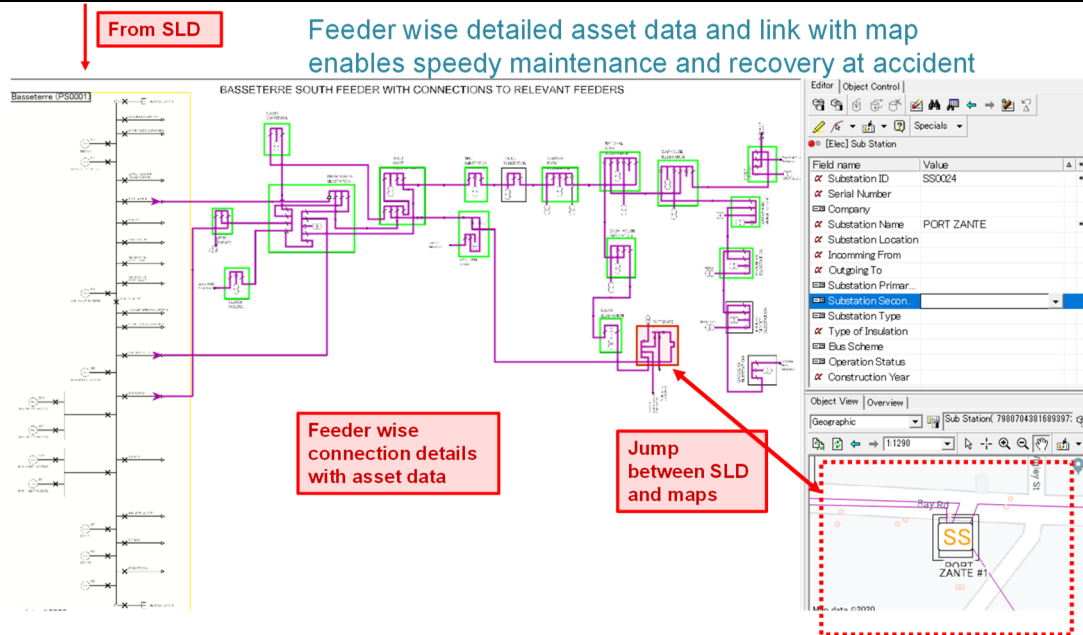
図 5-39 セントキッツ島アセットマネジメントシステムにおける 11 kV フィーダと変圧器、電柱位置

11 kV フィーダや電柱、変圧器などの地理情報 GIS を、Google Map や Google Earth を背景図として使用するアドオンを用いることで、それらの上に表示して用いることが可能である。

また、変電所・変圧器の内部のつながりを示す単線図内の各機器情報を、アセットデータベースで機器単位、配線単位で管理する。これにより、事故などで断線が起きた場合の停電の原因位置の特定が容易になる。現在 SCADA は導入されていないが、将来的に電圧、電流、周波数などを各地点で規則する計器と通信システムを有する SCADA を導入した場合、これと関係させることにより、リアルタイムに地理情報と共に監視、制御することが可能となる。

セミナーを通じて上のアセットマネジメントシステムについてデモンストレーションを行い、SKELEC のオペレーション部門の職員の PC にインストールし、操作方法を演習した。

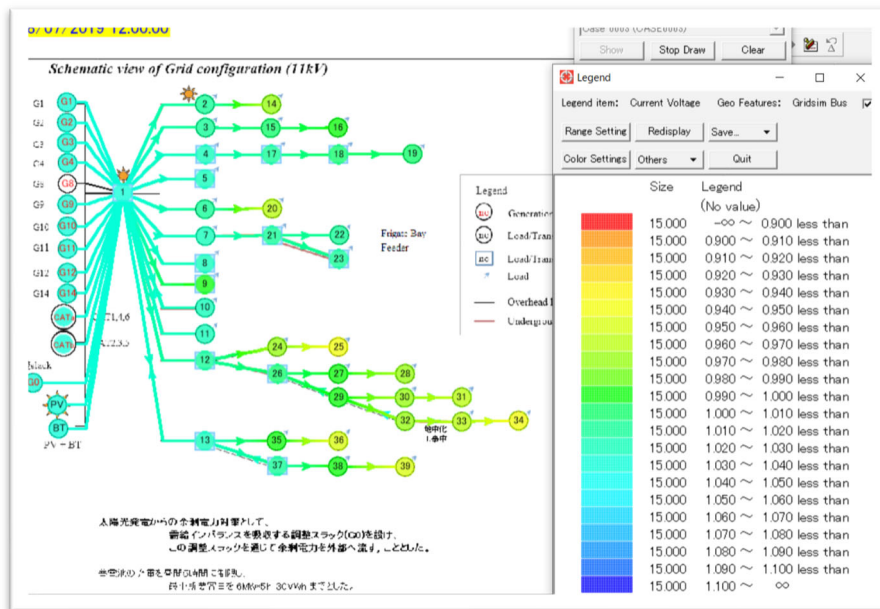
このデモンストレーションシステムは、SKELEC の電力系統の詳細情報、資産データを含むため、SKELEC のみに供与した。データの一例を図 5-40 に示す。ライセンス期間は SKELEC が参照、運用することが可能である。ライセンス期間の終了後も SKELEC が用いる場合、他の業務ソフトウェアなどと同様に、SKELEC が別途ベンダーである GE の代理店へ年間使用量を支払う必要がある。



出所: JET 作成

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

また、アセットマネジメントシステムのシミュレータとの連携、表示機能を用いて、系統解析結果を視覚的に表示することも可能である。図 5-41 は、Microgrid Designer による電圧の継時変化を色分けし、電圧低下が起こりやすい時間、場所を視覚的に示したものである。同図では、電圧が高いほど青色で、電圧低下の場合は黄色～赤色で示される。Bellevue 風力が計画されている Canyon フィーダの末端において、特に需要が大きい夕方に電圧低下が起きやすい事を示している。



出所: “Smallworld” and “Microgrid Designer”を使用し、JET 作成

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

セントキッツのデータを基に構築したアセットマネジメントのデモンストレーションシステムを用いて、その活用法をバルバドス・ジャマイカにも各セミナーにおいて紹介した。

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

(1) 人材育成計画の策定

セントクリストファー・ネービスは電力分野の RE100%の政策目標を有している。実現に向け、豊富なネービス島の地熱ポテンシャルを開発し二島で活用すること、および、PV と風力開発を行うこと、二島を連系してレジリエンスを高めることが道筋である。RE 目標実現について、以下の課題がある。

- セントキッツ島では 35 MW の PV、5.4 MW の風力など計画中の VRE の増加に応じる必要になる系統の増強や機器の検討は独自で行われていない。系統解析のソフトウェアは有しておらず、系統検討の際は逐次コンサルタントなどへの外注を行っている。
- VRE の計画の修正や変更に応じて SKELEC、NEVLEC は系統解析を実施するシステムを有しておらず、VRE でさらに 50 MW の洋上風力などネービス島で将来的に計画されているが、系統計画を独自で検討する体制ではない。
- 11 kV の連系、66 kV の新設とループ化の構想があるが、系統解析や系統設計を行うための詳細検討が必要である。また、二島連系計画が NEVLEC の構想でとどまっておき MPI で公式のものとなっていないなど、意思疎通が十分ではない。
- RE100%実現目標に対しては、ネービス島の地熱が鍵を握る。地熱が実現すれば、安定型 RE を電源としての目標達成が可能である。一方地熱の価格が 16–17 US¢/kW と試算されており、VRE の発電単価に比して高い。このため計画通りに投資が進まず、ファイナンスがボトルネックとなっている。

上を踏まえて今後 SKELEC と NEVLEC 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、検証のための系統解析ソフトウェアの供与を含めた技術移転の要望があった。今後 VRE の計画を更新する為の能力強化、RE 導入計画に基づく系統計画を策定する為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、二島の連系、計画されている地熱と 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、また教育用に用いられる系統解析ソフトウェア“Microgrid Designer”を供与することで合意した。

MPI のエネルギー担当者 2 名、NIA の電力担当者、および SKELEC、NEVLEC の計画・運転部門のエンジニアを主な対象として、セミナーにおいて技術移転を実施することとした。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 や風力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、同国に Microgrid Designer を導入し、技術移転を行うことで同意した。

一方、COVID-19 の感染防止に関連した渡航禁止措置に伴い、貴機構より、セントクリストファー・ネービスへの渡航は禁止された状況が継続した。渡航禁止は渡航予定期間まで続いたため、リモート会議を活用する一方、演習など特に物理的な作業が必要な項目については、セントクリストファー・ネービスの MPI、NIA、SKELEC、NEVLEC の関係者をバルバドスへ招聘し、バルバドスにおいてセミナーを実施した。

RE100%を政策目標に掲げるバルバドスと課題は共通であるため、一部のセミナーについてはバルバドスと共同実施とした。また、系統解析の演習など、セントキッツ島、ネービス島の実際の系統を取り扱う演習については、セントクリストファー・ネービス単独での演習を設けた。

セントクリストファー・ネービスを対象とする大量再エネ・系統安定化の技術セミナーの概要につき、表 5-24 にまとめる。

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

Title	Date	Objective	Contents
1 st Seminar	3-5 Oct 2022	To confirm present situation and needs for seminar. To share basic technical knowledge for grid analysis with large RE	<ul style="list-style-type: none"> RE target and challenges, revise of activity, general issues of grid with large RE penetration Microgrid Concept for resilience Overview of Power system, per unit method, modeling, load flow analysis, introduction of method, software and tools
2nd Seminar	6 and 8 Dec 2022	To conduct and exercise grid modeling and analysis	Grid modeling, Microgrid, example, Load flow analysis and stability analysis, evaluation
3rd Seminar	18-19 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

ベースライン調査の後、リモート会議で C/P と協議して現状とニーズを再度確認し、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 3 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 増加に応じた系統安定化の必要性について述べ、RE 導入計画の状況の更新を行った。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。また、地熱を用いた水素計画の要望があったため、そのコスト比較について紹介した。3 回目のセミナーは系統のモデル化の例と演習、及び二島の系統解析について、再エネ計画の手法、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。

(2) 人材育成の実施、検証、見直し

二島についての状況を確認し、セミナー内容についてのフィードバックを取得し、セミナーの要望を聴取し、各セミナーの詳細内容と項目を検討した。セントクリストファー・ネービスに対し実施した大量再エネ・系統安定化セミナーの内容を、表 5-25 に示す。

それぞれ講義のみの場合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。オフライン演習はバルバドスにおいて実施したが、セントクリストファー・ネービスからリモートで接続して参加できるようにハイブリッド形式とした。大量再エネ・系統安定化にかかる課題はバルバドスと共通であるため、一部の日程はバルバドスと共同で行った。参加者は MPI, NIA, SKELEC, および NEVLEC である。SKELEC および NEVLEC の系統データを用いた系統解析の演習を行う日は、セントクリストファー・ネービスからの参加者のみとした。

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

Seminar	Agenda	Participant
1st Seminar 3, 4, and 5 Oct 2022	<p><Day-1 on-line only> Basics of Power System Engineering for Grid Stability</p> <ol style="list-style-type: none"> 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 	<p>Day-1: 61 nos in total (joint with Barbados 2nd Seminar)</p> <p>MPI:3, SKEKEC:10, NEVLEC:3 NIA:1 Other :44</p>
	<p><Day2 online/off-line hybrid > Basics and Exercise for Load Flow Analysis</p> <ol style="list-style-type: none"> 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 	<p>Day-2: 44 nos (joint with Barbados 2nd seminar)</p> <p>MPI:3, SKEKEC:10, NEVLEC:3 NIA:1 Other :27</p>
	<p><Day-3 on-line/off-line hybrid> Analysis of Grid Stability and LFC/ELD</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Overview of Stability: Definition, Methods, Swing equation 2. Stability Model: Simplified grid model, Equivalent circuit of synchronous generator 3. Equal Area Criterion: Theory, Simple method to solve stability manually 4. Available Transmission Capacity & Spinning Reserve 5. Exercise of Equal Area Criterion 6. Practice on Microgrid/VPP Designer and LFC/ELD 7. Discussion for Interconnection, RE and Grid Stabilization in St. Kitts and Nevis 	<p>Day-3: 17 nos</p> <p>MPI:3, SKEKEC:10, NEVLEC:3 NIA:1</p>

Seminar	Agenda	Participant
2nd Seminar 6 Dec (full day) and 8, Dec 2022 (Half day)	<Day-1 on-line > 0. Opening Remarks 1. Project Outline, Large RE, Feedback of 2nd seminar, Microgrid, Why Grid Stability is necessary 2. Grid Modeling 3. Basics of Power System Engineering 4. Load Flow Analysis and its Evaluation 5. Transient Stability Analysis and Evaluation of Stability 6. Discussion	Day 1:45 nos (Joint with Barbados) MPI:3, SKEKEC:12, NEVLEC:6 Other :24
	<Day-2 on-line> 1. Introduction and Schedule 2. Evaluation of Load Flow Analysis by Microgrid Designer, and Transient Stability Analysis 3. Example of LFC and ELD in Microgrid Designer 4. Hydrogen and Ammonia concept with Nevis Geothermal 5. Draft Program of Training in Japan 6. Consideration of Large VRE into Grid, Discussion	Day-2: 21nos MPI:3, SKEKEC:12, NEVLEC:6,

Seminar	Agenda	Participant
3rd Seminar 17-18, Jan 2023 (All full day)	<p><3rd Seminar: Day-1 on-line only></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Introduction for the Seminar, Review, and feedback 2. RE and Microgrid Planning 3. Development Status of Grid Forming Inverter and its Safety - Current Status, Blackout with GFM & Black Start using BESS 4. Battery & Hydrogen as an Electricity Storage, cost comparison 5. Special Protection System including Load Shedding, PV/WT Trip 6. Inter-connection, Simulation Cases for future grid of St. Kitts & Nevis 7. Harmonics and filtering 8. Measurement Function of Inverter, Grid Code 9. Sample of Other Countries Situations of Grid and RE 10. Demonstration of Asset Management System 11. Presentation from SKELEC and NEVLEC about current status and challenges 	Day-2: 14 nos MPI:2, NIA:2, SKEKEC:4, NEVLEC:4, NWD: 2
	<p><3rd Seminar: Day-2 on-line/off-line hybrid ></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Introduction of Microgrid Designer and Transient Analysis - Role of Tools for Power System Analysis, - Load Flow Analysis - Transient Stability Analysis for Operation and Control 2. Investment of MW and MWh of Energy Storage for VRE 3. Exercise on simple grid example and Microgrid - Load Flow Analysis, - Transient Stability Analysis 4. Exercise on Future Grid - Design and Operation Planning - Load Flow Analysis, - Transient Stability Analysis 5. Analysis Result and Countermeasure of Grid Stability 6. Discussion, policy recommendation, and Way Forward 7. Conclusion and Closing Remarks 	Day-2: 14 nos MPI:2, NIA:2, SKEKEC:4, NEVLEC:4, NWD: 2

出所: JET 作成

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

上の 3 回にわたるセミナーにおける参加者からの主要なフィードバックの内容をまとめると、主なフィードバックとしては、以下の通りである。

- 第1回セミナーを実施する前に NEVLEC と協議した結果、地熱の開発に伴う余剰の電力を使用した水素・アンモニアの F/S についての要望が述べられた。また、第2回セミナーで水素と蓄電池の比較についてのニーズがあった。よって、地熱水素の検討結果を第2回セミナー、水素・蓄電池の世界的動向と価格傾向について第3回セミナーに含めることとした。
- 第3回セミナーの結果、RE 導入に伴う系統解析の重要性、VRE の変動に対する蓄電池や、今後の GFM の重要性が理解された。また地熱水素計画の F/S、電気料金への影響、35 MW の PV 導入にかかる計画のレビューなどが今後の支援ニーズとして述べられた。
- 更に本プロジェクト後半は COVID-19 への対策の為にセントクリストファー・ネービスへの渡航が許可されなかったが、JET による現地調査とデータに基づいた今後の再エネ・系統計画および政策策定についての要望が述べられた。

また、表 5-26 に示す通り、政策提言にかかる議論を行った。

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

	Question from JET	Discussion
1	What is the most challenging for achieving 100% RE?	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Grid stability by storage and spinning reserves ▪ Technology availability at appropriate cost, Cost of implementation. ▪ The use of IPP result in an increase cost of energy to the consumers. ▪ Control of grid voltages & frequencies ▪ Who will bear the responsibility for grid stability
2	What is necessary for grid stability?	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Batteries, grid forming inverters, SCO, demand response, microgrid integration, bi-directional relays, and control ▪ Inverters that provide reactive power. ▪ Wind and solar forecasting based on measurement of solar and wind ▪ Include pumped storage, Hydrogen ▪ SCO by utility. GFM can be part of the solution once it become commercially available. ▪ to create multiple micro grids which can interconnect
3	How much sec/min/hrs of interruption per day or per year do you assume it is acceptable when 100%RE is established?	<ul style="list-style-type: none"> ▪ The standards should be kept, 2 interruptions/yr, 1hr per year (Barbados) ▪ 1 to 1.5 hours per year ▪ better than 24 hours per year. ▪ Interruptions should not exceed 1 week (168hrs) per year.
4	For achieving RE target 100% with grid stability, who and how to cover the cost?	<ul style="list-style-type: none"> ▪ IPP producer should install stability measurement and should have the responsibility of minimizing the impact ▪ Special selling rates should be given IPPs who invest in RE with control & stabilizing ▪ It will be picked up by the consumers, as whoever pays it will need to pass it on to consumers. Incentive to minimize is necessary. ▪ The feed in tariff rate has to be increased ▪ Subsidy by government ▪ The cost of grid stability will have to be shared between the utility, IPPs & customers.
5	Provide Additional suggestion for seminar	<ul style="list-style-type: none"> ▪ incentive/tariffs for other types of grid improvement beyond the storage ▪ Weather prediction (LIDAR/satellite/etc; 15 min. ahead) required, along with microgrids,

出所: セミナーのフィードバックに基づき、JET 作成

上表のフィードバックを基に、次節以下の提言を作成した。

5.3.9 再生可能エネルギーの導入プロジェクト実現化

(1) PV

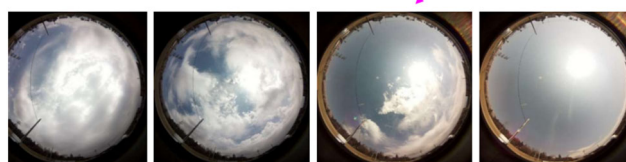
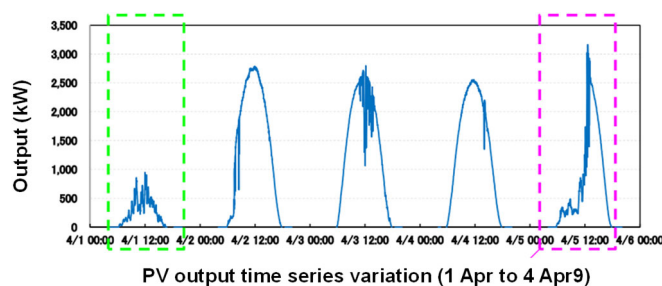
セントキッツ島の Laclanche の 35 MW 計画については、系統の上限出力が 16–18 MW であり変動は蓄電池が吸収する想定である。ただし蓄電池の出力が 6 MW の場合、天候によっては変動が激しく、ディーゼル発電機のスピニング・リザーブによる変動吸収の供給が必要になる可能性が高い。

ジャマイカなどの例を参照し、衛星データに基づいた 1 時間前の PV 出力予測が可能な気候予測システム(表 5-27)や、15 分前の出力予測が可能な全天カメラを用いた気象予測(図 5-42)を導入することを推奨する。出力予測により、事前にアイドルリングの時間を最短にして、火力のスピニング・リザーブを最適運用することが可能になる。

表 5-27 Errors% of Intraday & Day-Ahead PV Power Forecast

Type	Data source	+1 hours ahead error(%)	+3 hours ahead error(%)	+24 hours ahead error(%)
Tropical/Subtropical, Humid (7 sites)	Solcast	(2.4% to 3.8%)	(3.2% to 5.6%)	(4.5% to 7.0%)
	Smart Persistence	(3.0% to 5.3%)	(3.7% to 6.9%)	(3.8% to 8.6%)
	GFS	(4.6% to 8.5%)		

出所: <https://solcast.com/forecast-accuracy>



出所: https://www.data.jma.go.jp/sat_info/himawari/kondan/kai3/shiryous3_2-2.pdf

図 5-42 Sky Perfect JSAT 全天カメラによる気象予測例

(2) 風力

風力についても提言内容は PV と同様に、気象予測システムを導入することを提言する。また、Bellevue の 5.7 MW 風力は系統が不安定になる可能性が高い為、系統安定性を潮流計算、過渡解析で確認する必要がある。

ネービス島の 50 MW 洋上風力計画については、66 kV の送電線建設および水素・アンモニアプラントなどの建設が前提であるが、サイトの確定後改めて、需要パターンに応じて潮流計算、過渡解析を実施した上で運用計画を策定することを提言する。

(3) 地熱

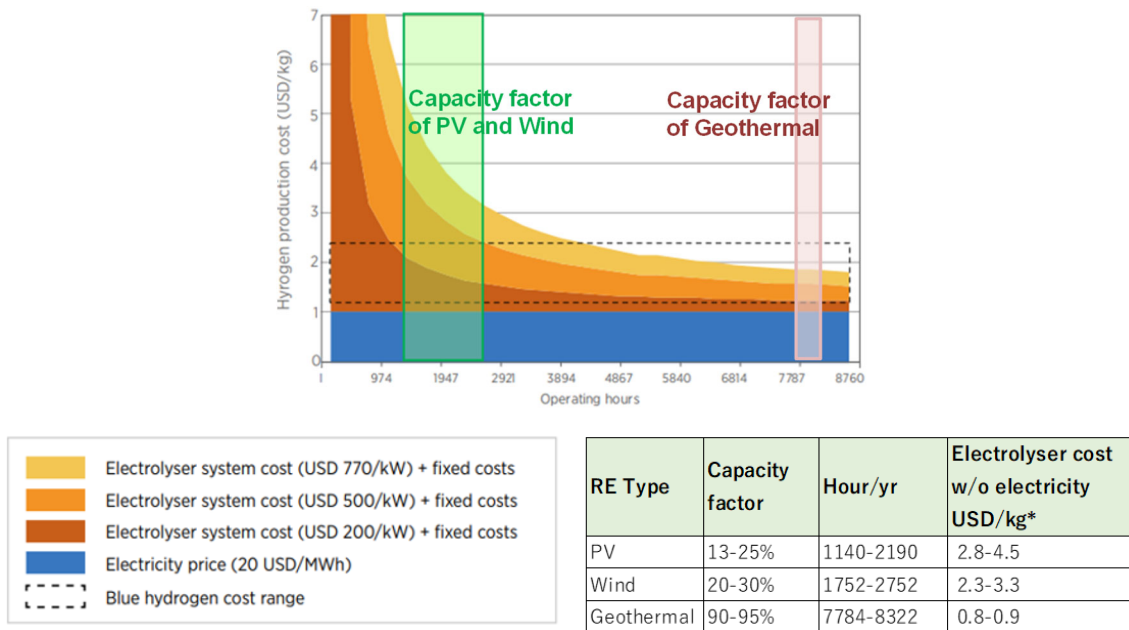
地熱の課題はファイナンスおよび発電単価の高さである。第一段階の 10 MW については Caribbean Development Bank の支援で実現の道筋が建てられている。一方今後の拡張、さらなる開発については、ネービス島の需要を超えることにより、セントキッツ島との連系や後述

の水素・アンモニア製造など追加の初期投資が必要となる。これらをカバーする資金計画の為の F/S が必要である。

(4) 水素

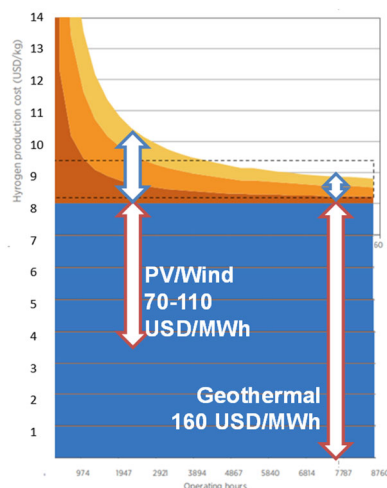
NEVLEC より、豊富な地熱の活用方法として、水素及びアンモニアを製造し輸出する案についての検討のニーズがあった。

地熱を電源として水を電気分解して水素を製造して輸出する場合、コストが課題となる。グリーン水素として、PV や風力を用いて水を電気分解して製造する水素の価格が比較対象となる。地熱の発電コストは PV や風力より高いが、地熱は安定電源であり、水素電解プラントの稼働率を高く設定できる利点がある。稼働率と水素プラントのコストの関係を、図 5-43 に示す。



Source: IRENA Green Hydrogen Cost Reduction
 Note: Efficiency at nominal capacity is 65% (with an LHV of 51.2 kWh/kg H₂), the discount rate 8% and the stack lifetime 80 000 hours

*Electrolyser system cost (770USD/kW)



出所: IRENA の資料を使用し、JET 作成

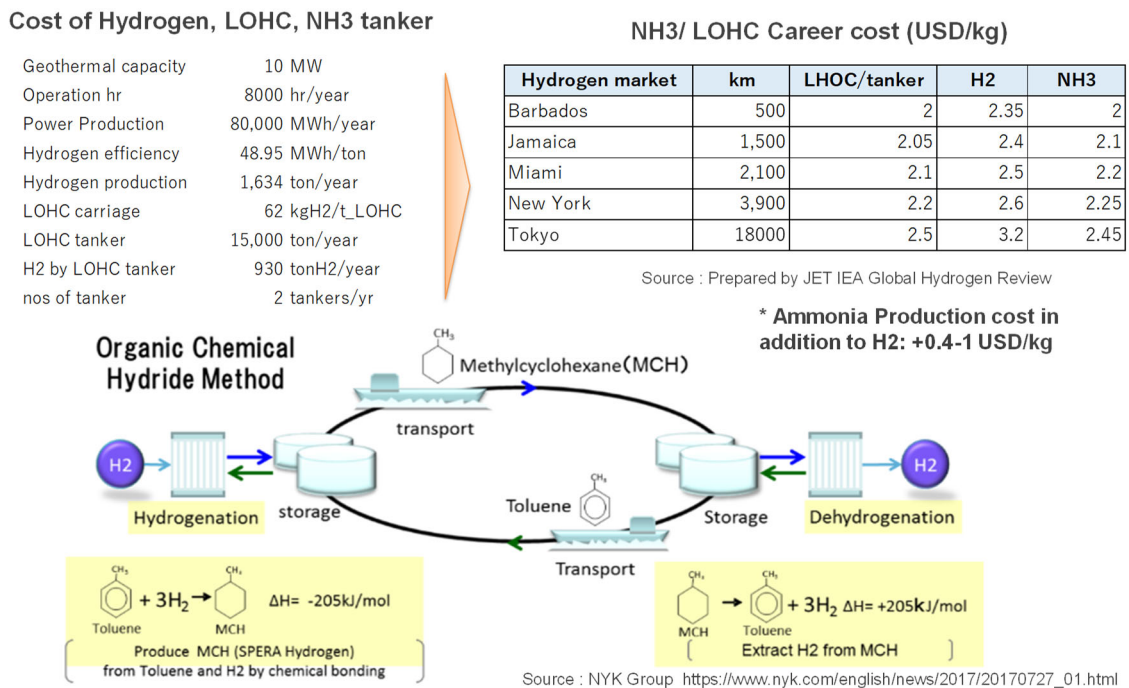
図 5-43 水素プラントコスト(上部)と水素製造電力コスト(下部)

水素の電解コストは、プラントコストよりも発電コストが支配的である。上の IRENA の図からは、PV・水素の発電コストが 7-11 USc/kWh の水素製造コストは約 7 USD/kg、地熱が 16

US\$/kW の場合は約 9 USD/kg となり、地熱水素の稼働率が高くとともに、PV・風力に比した優位性は乏しくなる。これは大まかな目安であり、実際のコストは現地の条件に基づいて精査する必要がある。

ネービス島内での水素の需要はごく限られていることより、水素消費地への運搬のコストを踏まえて検討する必要がある。水素の運搬方法は、水素液化、アンモニア化、Liquid Hydrogen Organic Career (LHOC) などがある。LHOC は水素をベンゼンに結合させて MCH(メチルシクロヘキサン) とすることで液体にする。これをタンカーなどで水素消費地まで輸送し、再度水素に転換した水素を使用する。MCH の形で輸送・貯蔵することで、高圧の水素ガスや超低温の液化水素に比べて安全に輸送し、容積を水素ガスの約 500 分の 1 に圧縮できることから、効率的な輸送・貯蔵コスト削減を行う方法である。

アンモニア化はハーバーボッシュ法で 400-600 °C、20-100 MPa の高温・高圧下でアンモニアを合成することでアンモニアとして運搬する。LOHC やアンモニア化は既存の液体燃料のタンカーや設備を利用できる点で利点がある。ただし MCH 化・水素化やアンモニア化の際にエネルギーを必要とする。それぞれの運搬方法におけるネービスからのコスト試算例を図 5-44 に示す。



出所: IEA Global Hydrogen Review および NYK Group News (https://www.nyk.com/english/news/2017/20170727_01.html) を基に、JET 作成

図 5-44 LOHC、H2、NH3 水素運搬コスト比較例

ネービス島の地熱水素の詳細検討のための F/S の実施を提言する。CDB などに本邦より資金拠出する形も可能性としては考えられる。

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

セントクリストファー・ネービスの RE プロジェクト導入、実現に向けて、以下が提言項目となる。

- 安定 RE 電源である地熱開発を最大限推進すること。特にネービス島で開発予定の 10 MW に加え、さらなる 30 MW などの開発を進め、セントキッツ島と連系することでセントキッツ島にも地熱の安定電源から電力供給を行うことが、セントクリストファー・ネービスの電力 RE100%の実現にとって最も有効である。

- レジリエンスを高めるため、ネービス島の地熱を有効活用し、セントキッツ島とネービス島を連系送電線で接続する NEVLEC の構想を実現するよう、提言する。まず既存の 11 kV で最短部を接続し、その後 66 kV でループラインを構築する。そのためのファイナンスが重要であり、CDB をはじめとした資金源への効果的なアプローチが必要である。
- ネービスの地熱の余剰の発電電力量を水素製造に適用するのは、来る水素社会へ向けた重要なアプローチである。一方、地熱のコストは高く、高い稼働率を踏まえた優位性で安価な大量 VRE のコストをカバーできるかは、F/S で詳細に検討する必要がある。地熱水素のサプライチェーンの下流、市場を含めた調査を実施することを提言する。

ネービスの地熱拡張と 66 kV ループ送電線の建設までは 10 年以上の年数が必要であると考えられる。一方で、PV や風力などの VRE はコストが低下しており建設までの期間が短い。過渡期には VRE が増加し、バルバドスや他国で生じている周波数や電圧の動揺をはじめとした系統の不安定が発生すると考えられる。地熱による二島への安定 RE 供給が実現するまで、以下の政策が提言される。

(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ディーゼルエンジンや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。太陽光発電システム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。

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。

地熱開発が進み二島が安定型電源である地熱にカバーされるまでは、特にセントキッツ島では上の VRE の対策が必要である。提言内容はほぼバルバドスと共通であるが、表 5-28 の通りである。

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

Item	Description
Interconnection	- St. Kitts and Nevis is recommended to be interconnected by AC or DC 66kV line to achieve stable 100% RE also for resilience. F/S is needed.
Hydrogen/Ammonia	- Hydrogen/Ammonia with geothermal need to be considered with geothermal cost reduction.
Investment to secure inertia and spinning reserve for grid	- Maintaining sufficient synchronous generator for spinning reserve - Introduction of Grid Forming Inverter (GFM) for VRE source - Weather projection system for optimum spinning reserve plan
Investment for voltage and reactive power	- Mandatory application of Inverter with reactive power compensation for and energy storage 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 - IPP of VRE: installation of 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

5.3.11 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。ジャマイカと同様であるが、概要を表 5-29 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 5-29 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セントクリストファー・ネービ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

セントクリストファー・ネービスの研修員は、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。

- CREEBC の適用が必須ではないこと
- 省エネルギーやその検査基準（確認申請、立入検査）が含まれたビルディングコードの策定

- 省エネルギーに係るデータ収集・管理体制のリソース不足

省エネ推進のためには、高効率空調設備の導入、ZEB 技術とその導入戦略、エネルギーマネジメントシステムの構築、省エネルギー規制と執行、高効率家電の導入、省エネルギー診断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。

- データ収集に係るキャパシティビルディング
- 省エネルギー政策の策定支援
- 省エネに係る各種規制策定に向けた検討支援
- 省エネルギーに関連する法律のレビュー
- 省エネルギー (3E+S) の推進
* 3E+S: (i) Energy Security-Self Sufficient, (ii) Energy Efficiency-Energy Cost, (iii) Environment-Greenhouse Gas Emissions), (iv) Safety

(2) 再生可能エネルギー導入

セントクリストファー・ネービスの研修員は、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。

- RE 導入強化・促進、電気料金にかかる政府政策、手続き、規則の不在 (エネルギー政策が古く、交通セクターが考慮されていない、グリッドコードが制定されていない、FIT が無い、規制機関がない等)
- 規格外 RE 製品の輸入
- 系統に係るデータ収集・管理体制の弱さ
- 燃料への補助金
- SCADA, AMI を含む系統制御の近代化
- 系統安定度とブラックスタートを可能にする蓄電池の採用
- 既設発電機の老朽化と低い効率
- IPP との契約交渉の能力、プロマネ・エンジニアリング能力
- 高い GDP に比して、電力会社の低いキャッシュフロー

本邦研修の内容で、技術の標準化、RE 導入の為の系統解析、水素研究、技術標準化、洋上風力の保険や天候の影響、台風による PV の破壊、RE の観測システムなどは特に関心が深かったと述べた。

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。

- 政策・規則、インセンティブやペナルティ策 の支援
- グリーン水素生産の計画、水素輸送媒体の検討
- スマートインバータ(グリッドフォーミングインバータ)
- RE Infusion Study の更新 (FIT インパクト調査を含む)
- セントキッツ島とネービス島の系統連系
- リソースマッピング
- BESS のパイロットプロジェクト

上の内、セントキッツ島・ネービス島の系統連系は演習として単純化したモデルで検討をしたが、今後詳細な技術検討が必要である。これと、政策・規則面を含んだ RE Infusion Study(RE 導入を含む電力開発計画)の更新版を支援することは意義が大きい。

また、グリッドフォーミングインバータや BESS にかかるパイロットプロジェクトの実施が可能であれば、本邦企業が当該分野で進出し島嶼国における低炭素化をリードするための実績が蓄積できることとなる。

第6章 プロジェクトの活動(全体)

6.1 合同調整会議 (JCC)

6.1.1 第1回 JCC

フェーズ1にて実施したベースライン調査の結果を踏まえ、その結果報告と、フェーズ2の技術移転活動方針確認のために、2019年10月から11月にかけて、各国関係機関と第1回合同調整会議(Joint Coordination Committee: JCC) 兼キックオフワークショップを開催した。

(1) ジャマイカ

表 6-1 にジャマイカにおける第1回 JCC 兼キックオフワークショップの概要を示す。詳細は、Appendix 6-1-1-1 に示す。

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


日時	2019年10月23日(水) 9:00-12:30
参加者	Mr. Fitzloy Vidal (P/D), Mr. Horace Buckley (P/M) 他 MSET, PCJ, NESOL, JPS, BSJ, CMU, U-tech, UNDP, Wigton, JICA Jamaica, JET Total 23名
場所	Auditorium Hall at PCJ
目的	ベースライン調査結果、現状報告および確認。 <ul style="list-style-type: none"> ▪ EE (Energy Efficiency)、RE (Renewable Energy)推進のための活動方針、評価方法、チャレンジ項目やスケジュールの確認。 ▪ Project Design Matrix (PDM)改正版(Rev.1)の確認。
協議内容および結論	PDMに関する下記変更内容について合意した。 <ul style="list-style-type: none"> ▪ ネットワークアセットマネジメントの導入方法と効果に関するデモンストレーションによる技術移転、指標の設定。 ▪ 供与する機材を、計測機器+系統解析ソフトウェアから、系統解析ソフトウェアのみに変更。 ▪ 日本人専門家ポジション名の整理。 ▪ 一部地域でのマイクログリッドコンセプトの作成。
写真	

出所: JET 作成

(2) バルバドス

表 6-2 にバルバドスにおける第 1 回 JCC 兼キックオフワークショップの概要を示す。詳細は、Appendix 6-1-1-2 に示す。

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

日時	2019 年 11 月 4 日(月) 14:30-15:30; MEWR 2019 年 11 月 5 日(火) 9:00-10:00; BL&P
参加者	Ms. Francine Blackman (P/D), Mr. Horace Archer(P/M) 他 MEWR, BL&P, JET, Ministry of Public Work Total 19 名
場所	Conference Room at MEWR Conference Room at BL&P
目的	ベースライン調査結果、現状報告および確認。 <ul style="list-style-type: none"> ▪ EE、RE 推進のための活動方針、評価方法、チャレンジ項目やスケジュールの確認。 ▪ Project Design Matrix (PDM)改正版(Rev.1)の確認
協議内容および結論	PDM に関する下記変更内容について合意した。 <ul style="list-style-type: none"> ▪ ネットワークアセットマネジメントの導入方法と効果に関するデモンストレーションによる技術移転、指標の設定。 ▪ 供与する機材を、計測機器+系統解析ソフトウェアから、系統解析ソフトウェアのみに変更。 ▪ 日本人専門家ポジション名の整理。 ▪ 「RE ポテンシャルサイトの F/S」を RE100%マイクログリッドコンセプトの作成に変更。 ▪ マイクログリッドコンセプトにおいてはシミュレーションによって、ケーススタディを実施すると明記。
写真	

出所: JET 作成

(3) セントクリストファー・ネービス

表 6-3 にセントクリストファー・ネービスにおける第 1 回 JCC 兼キックオフワークショップの概要を示す。詳細は、Appendix 6-1-1-3 に示す。

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

日時	2019 年 10 月 29 日(火) 9:00-13:00
参加者	Mr. Glenn Amory (P/D), Dr. Bertill Browne (P/M) 他 MPI, NIA, SKELEC, NEVLEC, SKNIS (現地メディア), JICA St. Lucia, JET Total 18 名
場所	Conference Room @ MPI
目的	ベースライン調査結果、現状報告および確認。 <ul style="list-style-type: none"> EE、RE 推進のための活動方針、評価方法、チャレンジ項目やスケジュールの確認。 Project Design Matrix (PDM)改正版(Rev.1)の確認
協議内容および結論	PDMに関する下記変更内容について合意した。 <ul style="list-style-type: none"> ネットワークアセットマネジメントの導入方法と効果に関するデモンストレーションによる技術移転、指標の設定。 供与する機材を、計測機器+系統解析ソフトウェアから、系統解析ソフトウェアのみに変更。 日本人専門家ポジション名の整理。 「RE 導入に関する提案」を「再生可能エネルギー大量導入の課題分析のための系統解析の実施」に変更。
写真	

出所: JET 作成

6.1.2 第 2 回 JCC

プロジェクトの振り返りと、新型コロナウイルス(COVID-19)の影響によるプロジェクト期間延長の相手国との合意形成を主な目的として、第 2 回 JCC をオンラインで各国と開催した。開催日は以下の表 6-4 に示す通りである。ジャマイカの詳細を Appendix 6-1-2-1、バルバドスの詳細を Appendix 6-1-2-2、セントクリストファー・ネービスの詳細を Appendix 6-1-2-3 に示す。

表 6-4 第 2 回 JCC

国・地域	実施日時
ジャマイカ	2022 年 2 月 3 日 8:30am- (日本時間 22:30-)
バルバドス	2021 年 11 月 22 日 9:00am- (日本時間 22:00-)
セントクリストファー・ネービス	2021 年 11 月 25 日 8:30am- (日本時間 21:30-)

出所: JET 作成

いずれも、日本側と C/P 機関との間で合意された。しかしながら、具体的な今後のスケジュールについては、各国 C/P 機関からは「新型コロナウイルス(COVID-19)の影響次第」との条件が表明された。そのため、第 2 回 JCC を実施した時点では、対面での技術移転活動の再開可能性については、見通せない状況であった。

6.1.3 第3回 JCC

(1) ジャマイカ

表 6-5 にジャマイカにおける第3回 JCC の概要を示す。詳細は、Appendix 6-1-3-1 に示す。

表 6-5 ジャマイカ 第3回 JCC の概要

日時	2023年3月30日(木) 10:00-12:00
参加者	Dr. Olive Wilson Cross (P/D) 他 MSET, JICA HQ, JICA Jamaica, JET Total 16名
場所	オンライン
目的	本邦研修を除くプロジェクト活動結果の報告。 <ul style="list-style-type: none"> ▪ Phase 2: 技術移転における詳細活動の振り返り ▪ Project Design Matrix (PDM) 改正版(Rev.7)の確認。
協議内容および結論	PDM に関して、以下の項目を除き合意した。以下の2点は JCC 後に別途 MSET より情報を入力、PDM へ反映した。 <ul style="list-style-type: none"> ▪ Overall Goals の指標に係るジャマイカ側の進捗。 ▪ Project Purpose No.1, 2 の指標に係るジャマイカ側の進捗。

出所: JET 作成

(2) バルバドス

表 6-6 にバルバドスにおける第3回 JCC の概要を示す。詳細は、Appendix 6-1-3-2 に示す。

表 6-6 バルバドス 第3回 JCC の概要

日時	2023年3月27日(月) 10:00-12:00
参加者	Mrs. Debra Dowridge (Deputy Permanent Secretary) 他 MEB, JICA HQ, JICA St. Lucia, JET Total 18名
場所	Meeting Room at MEB
目的	本邦研修を除くプロジェクト活動結果の報告。 <ul style="list-style-type: none"> ▪ Phase 2: 技術移転における詳細活動の振り返り ▪ Project Design Matrix (PDM) 改正版(Rev.7)の確認。
協議内容および結論	PDM に関して、以下の項目を除き合意した。以下の2点は JCC 後に別途 MEB より情報を入力、PDM へ反映した。 <ul style="list-style-type: none"> ▪ Overall Goals の指標に係るバルバドス側の進捗。 ▪ Project Purpose No.1, 2 の指標に係るバルバドス側の進捗。
写真	

出所: JET 作成

(3) セントクリストファー・ネービス

表 6-7 にセントクリストファー・ネービスにおける第 3 回 JCC の概要を示す。詳細は、Appendix 6-1-3-3 に示す。

表 6-7 セントクリストファー・ネービス 第 3 回 JCC の概要

日時	2023 年 3 月 21 日(火) 9:30-11:30
参加者	Dr. Bertille Browne 他 MPI, NIA, SKELEC, NEVLEC, NWD, JICA HQ, JICA St. Lucia, JET Total 19 名
場所	オンライン
目的	本邦研修を除くプロジェクト活動結果の報告。 ▪ Phase 2: 技術移転における詳細活動の振り返り ▪ Project Design Matrix (PDM) 改正版(Rev.7)の確認。
協議内容および結論	PDM の各指標と達成状況を確認し、合意した。
写真	オンラインのため、割愛

出所: JET 作成

6.2 プロジェクト目標と上位目標の達成度

プロジェクトを通して達成したPDMの概要を以下に示す。達成度評価は4段階で、E=Excellent (Significantly Achieved)、G=Good (Achieved)、PA=Partially Achieved、NA=Not Achievedとした。また、最終的に合意した各国PDMの詳細をジャマイカは **Appendix 6-2-1-1、6-2-1-2、6-2-1-3** に、バルバドスは **Appendix 6-2-2-1、6-2-2-2、6-2-2-3** に、セントクリストファー・ネービスは **Appendix 6-2-3-1、6-2-3-2、6-2-3-3** に示す。

6.2.1 ジャマイカ

(1) プロジェクト目標

ジャマイカのプロジェクト目標に対する達成状況およびその達成度評価を表 **6-8** に示す。

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

Description	Verifiable Indicator	Baseline Value	Target Value	Achievement	Evaluation	
					4-step*	Overview
<p>■ Project Purpose 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. Hydro 28.6 MW, VRE 162MW (total 191 MW) Rooftop 20MW BESS 21.5 MW+ FH3MW</p>	<p>1.To be set according to IRP</p>	<p>1. PV Total = 57MW; Wind Total = 101MW; Battery Total (plus Fly Wheel) = 24.5MW; Hydro Power Total = 28.6MW</p>	PA	<p>IRP is currently under revise by MSET, to be finalized in 2023.</p> <p>The amount of hydro is not changed from baseline, the amount of VRE is increased from 162 MW to 180 MW and total RE is 209 MW in early 2023.</p>
	<p>2. Number of public buildings with EE program including BEMS: Building Energy Management System</p>	<p>2. BEMS 11(completed), 3 (planned)</p>	<p>2. EE program in total for 44 facilities in next 4 years</p>	<p>2. Number of public buildings which are implemented or introduced EE program is approximately 60 since 2015.**</p>	E	<p>Overall Energy Intensity in Jamaica up to 2021 has been steady progressing toward achieving the EI target. (図 3-30 参照)</p> <p>In this Project, JET stressed the importance of data-oriented efforts toward EE improvements including enegy management activities as well as BEMS adoption. These are in line with drafted EE sub-policy and JET handed over data loggers to measure each energy consuming appliance and device.</p> <p>EE&C programs/projects are (have been) supported by IDB/JICA (CORE), CDB (Caribbean Development Bank), EU , GIZ and UNDP confirmed through this Project.</p>

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

Description	Verifiable Indicator	Baseline Value	Target Value	Achievement	Evaluation	
					4-step*	Overview
	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	<p>3. In total, number of participants (accumulated total) was 117 personnel (MSET: 16)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1st Seminar in Oct 2022 was 31 personnel (MSET: 4) - 2nd Seminar in Nov 2022 was 45 personnel (MSET: 6) - Final (3rd) Seminar in Feb 2023 was 39 personnel (MSET: 4) - 2 officers participated in the training in Japan. (MSET: 2) 	G	<p>The seminar on Grid Stability and Large RE was conducted in three times. Participants from MSET were 3, 6, and 6 and from OUR were 4, 2, 3 officers respectively. In addition, from JPS, 25, 57, and 20 engineers were participated.</p> <p>The participants understood the necessity of grid stability associated with larger penetration of VRE.</p> <p>Necessary technical and regulatory matters were discussed, including grid forming inverter, spinning reserve, short circuit ratio, microgrid, transmission capacity, demand side management, etc., and base knowledge for grid analysis were shared.</p>

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

Description	Verifiable Indicator	Baseline Value	Target Value	Achievement	Evaluation	
					4-step*	Overview
	4. Number of trained staffs for promotion of EE	4. 0 (External 3-day 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	In total, number of participants (accumulated total) was 21 personnel (MSET: 8) - Demonstration on EE roadmap program etc. in Feb 2020 was 8 personnel - 1st Workshop in Feb 2023 was 3 personnel (MSET: 1) - Final (2nd) Workshop in Mar 2023 was 8 personnel (MSET: 5) - 2 officers participated in the training in Japan. (MSET: 2)	G	1 demonstration (domestic), 2 workshops (domestic, conducted remotely) and 1 training in Japan were conducted for promotion of EE. Total number of participants was 19 personnel for domestic workshops and 2 personnel in Japan. Though 2 domestic workshops were conducted remotely due to meeting restriction of COVID-19, target values (Domestic trainings: 20-30 personnel, Training in Japan: 1-4 personnel) were almost achieved. Participants' evaluations of these workshops and training were generally positive.

注 1: (*)は次の評価を示す。“4 step evaluation”: E=Excellent (Significantly Achieved)、G=Good8(Achieved)、PA=Partially Achieved、NA=Not Achieved

注 2: (**) 2015 年以降、60 の設備に対して省エネ化されたことは確実であるが、これ以上詳細なデータを入手できなかったため、本指標の 4 年間 (2019 年以降) で 44 の設備に省エネ化が実装されたかどうかは不明。

出所: JET 作成

(2) 上位目標

ジャマイカの上位目標に対する達成状況を表 6-9 に示す。現時点では両項目共に目標とする指標に対して未達の状況にあり、これらを達成するには次のような課題があると考ええる。

1) 省エネルギー推進

”National Energy Conservation and Efficiency Policy (draft)”が省エネ政策として言及されているが、本ポリシーを必要に応じて更新、周知徹底を図ることが必要。

2) 再生可能エネルギー

VRE の増加に伴い、変動抑制に係る無効電力補償装置、GFM、系統蓄電池導入等の系統安定化に資する投資が必要となる。そのためには、大規模 VRE への対策や送電容量の見直しを含む IRP の改訂、レジリエンス強化、EV 導入などの政策が必要。

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

Description	Verifiable Indicator	Target Value	Achievement	Challenge to Achieve
<p>■ Overall Goals 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. 50% (50%RE by 2030) 2. To 80% (20% by RE in energy base)</p>	<p>1. As of March 2023, RE generation accounts for 12.4% of total generation. 2. As of March 2023, imported amount of fossil fuel is 87.6% in energy base.</p>	<p>In accordance with further increase of VRE, grid stability measurement needs to be placed, including investment of reactive power compensation, grid forming inverter, energy storage for grid, and mandating BESS to IPP, and promotion of micro-grid. Options for energy storage need to be considered including pumped hydro. Policy such as demand side management, EV, optimization of transmission and generation, energy transition, revise of IRP with review of transmission capacity and large scale VRE plans, with enhancement of resilience, will be necessary. As for EE, while “National Energy Conservation and Efficiency Policy (draft)” has fully gained the presence and is referred by the officials as national EE&C promotion policy, it shall be updated as necessary and published with the intention of awareness raising for all.</p>

出所: JET 作成

6.2.2 バルバドス

(1) プロジェクト目標

バルバドスのプロジェクト目標に対する達成状況およびその達成度評価を表 6-10 に示す。なお、2 番目の指標について、第 1 章で示したとおり、Target value は当初決定されておらず、ブランクとなっていた。実際の進捗、実現見込みに合わせて下記の表の通り、Target value を見直した。

表 6-10 ハルバドスのプロジェクト目標の達成状況とその評価

Description	Verifiable Indicator	Baseline Value	Target Value	Achievement	Evaluation	
					4-step*	Overview
<p>■ Project Purpose 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/20MWh</p>	<p>1. PV 10 MW (BLPC) + 25 MW (Other) + Wind 10 MW</p>	<p>1. As of January 1, 2023 there was 10 MW Utility owned PV, 73.5 MW of Distributed PV, 1MW of wind energy and 5MW (21MWh) utility battery energy storage connected to the grid.</p>	<p>PA</p>	<p>Acceleration of rooftop PV installation is ongoing, which increased from 25 MW in 2019 to 73.5 in early 2023. As the first utility scale wind in the county, 1MW wind was installed. 10 MW originally planned for wind has been postponed with increase of capacity to 50MW. Other IPP utility scale PV and wind is under planning, including large scale off-shore wind.</p>

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

Description	Verifiable Indicator	Baseline Value	Target Value	Achievement	Evaluation	
					4-step*	Overview
	2. Number of public buildings with EE program including Building Energy Management System	2. Needs of MEB is very high to promote EE of public buildings.	2. 2 (Two) Government facilities.	<p>2. An optimized BEMS was deployed in 2 Government facilities.</p> <p>The goal being to provide a comprehensive understanding of the energy consumption of their physical plant and provide for the optimal control of energy supply and demand. The goal is to reduce the energy consumption in these buildings by as much as 50%.</p> <p>It features: 265 kW PV, 400 kWh LiFePo4 battery storage, lighting control equipment, Smart metering equipment, Power conditioning equipment.</p> <p>Other EE interventions such as retrofit of more efficient air conditioning and lighting is planned to be rolled out throughout Government with a target of reducing energy consumption by 40% against the 2030 business as usual case.</p>	G	<p>To achieve a target of reducing energy consumption, various EE&C measures are being put in place or planned in very recent years including follows:</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ Import ban on inefficient lighting fixtures. ・ Pilot operation of the labeling program starting in 2023 for dealers, importers. ・ Preparation of energy management guidebook in 2023. ・ Plans to use of testing laboratories. Agreement is currently being formulated. (South-South cooperation in progress) ・ Study banning the sale of inefficient air conditioning equipment <p>Among all, in this Project, JET stressed the importance of data-oriented efforts toward EE improvements including energy management activities as well as BEMS adoption.</p> <p>This concept was highly regarded by MEB, based on the recognition that EE&C promotion activities should be undertaken not on an individual basis, but by society as a whole, including workplaces, buildings, and companies, and that the effects of EE&C must be visualized.</p> <p>Plus, JET handed over data loggers to measure each energy consuming appliance and device.</p> <p>EE programs/projects are (have been) supported by IDB, GIZ and KEPCO (Korean Electric Power Company)</p>

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

Description	Verifiable Indicator	Baseline Value	Target Value	Achievement	Evaluation	
					4-step*	Overview
						confirmed through this Project.
	3. Number of trained staffs for introduction of RE	3. 0	3. 6 personnel (MEB:3, BLPC:3) and others	<p>3. In total, number of participants (accumulated total) was 39 personnel (MEB : 27, BLPC : 12)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Remote training in Dec 2020 was 4 personnel (MEB: 4) - 1st Seminar in Jul 2022 was 4 personnel (MEB: 2, BLPC: 2) - 2nd Seminar in Oct 2022 was 33 personnel (MEB: 12, BLPC: 3) - 3rd Seminar in Dec 2022 was 19 personnel (MEB: 4, BLPC: 4) - Final (4th) Seminar in Jan 2023 was 13 personnel (MEB: 3, BLPC: 2) - Training in Japan in Apr 2023 was 3 personnel (MEB: 2, BLPC:1) 	G	<p>More than tthe target number of personnel have partcipated in one remote session for RE and Seminar on Grid Stability and Large RE in conducted in five times, 10 days in total.</p> <p>In addition, 2 MEB, 1 GEED, and 1 BLPC officers participated in training in Japan. They have understood issues related to large penetration of VRE and grid stability. Countermeasres for the isuses were discussed and understood, including tehcnical equipment and legal approach, grid analysis, revise of plans, enhancem,ent of resilience through the seminar for further inscerase of RE.</p>

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

Description	Verifiable Indicator	Baseline Value	Target Value	Achievement	Evaluation	
					4-step*	Overview
	4. Number of trained staffs for promotion of EE	4. 0	4. 7 personnel	<p>4. In total, number of participants (accumulated total) was 38 personnel</p> <ul style="list-style-type: none"> - Demonstration on EE roadmap program etc. in Feb 2020 was 15 personnel - Remote training in Dec 2020 was 4 personnel - 1st Workshop in Nov 2022 was 5 personnel - Final (2nd) Workshop in Jan 2023 was 11 personnel - Training in Japan in Apr 2023 was 3 personnel 	E	<p>1 demonstration (domestic), 1 remote training, 2 workshops (domestic) and 1 training in Japan were conducted for promotion of EE.</p> <p>Total number of participants was 39 personnel for these workshops in Barbados, and the achievement was far above the target value (7 personnel). Participants' evaluations of these workshops and training were also generally positive.</p>

注: (*)は次の評価を示す。“4 step evaluation” : E=Excellent (Significantly Achieved)、G=Good(Achieved)、PA=Partially Achieved、NA=Not Achieved

出所: JET 作成

(2) 上位目標

バルバドスの上位目標に対する達成状況を表 6-11 に示す。現時点では両項目共に目標とする指標に対して未達の状況にあり、これらを達成するには次のような課題があると考ええる。

1) 省エネルギー推進

現時点では”National Energy Policy, 2019-2030”が省エネ分野をカバーしているが、より包括的なマスタープランを策定、公表し、さらなる人々への省エネ意識向上を図ることが必要。また、このマスタープランには、部門別（商業、住宅、産業、運輸）の EE&C 政策だけでなく、部門横断的な政策（例：ラベル表示プログラム）も含めておくべきである。

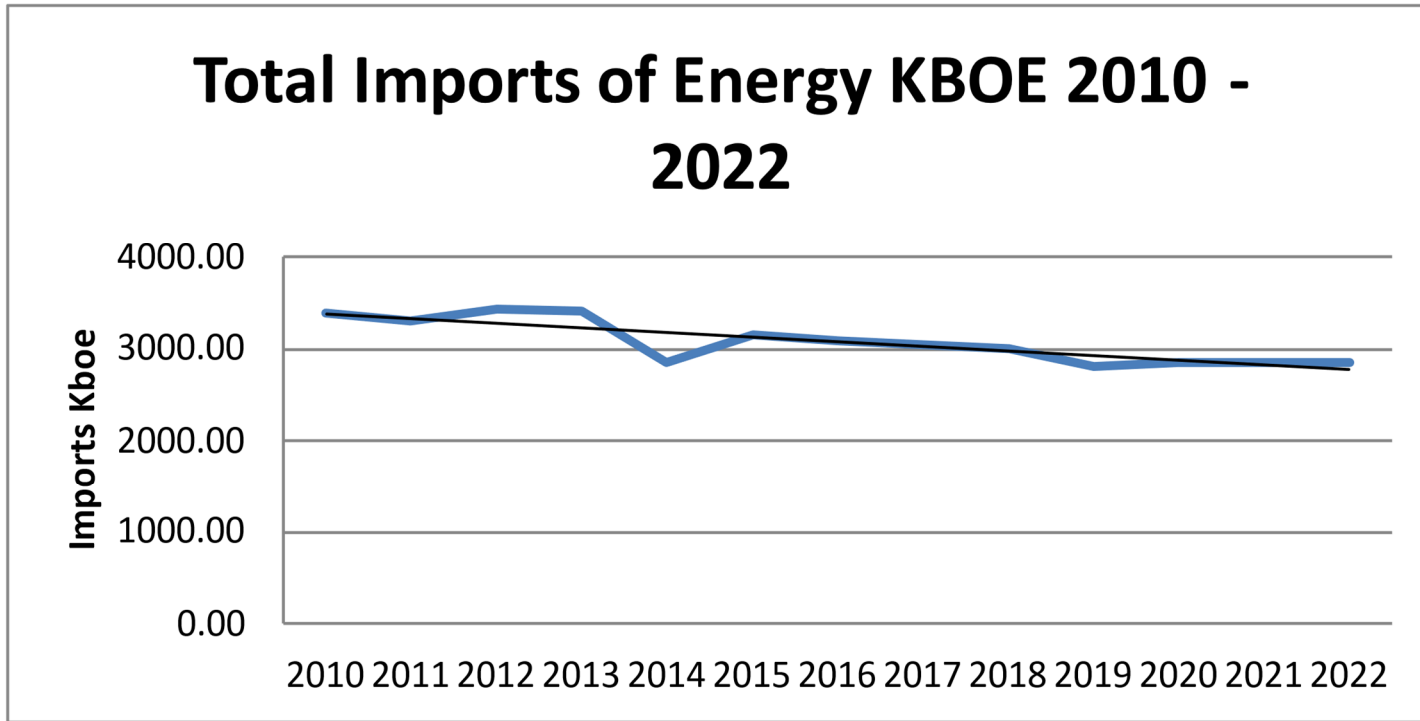
2) 再生可能エネルギー

安定した RE（水力および地熱）の可能性がほとんどないため、太陽光発電と風力のといった VRE に頼らざるを得ない環境にある。従って、大量の VRE 導入で 100% RE を達成するためには十分な量のエネルギー貯蔵を備えた GFI 等の系統安定化に資する投資がより必要となる。そのために、大規模 VRE への対策や、BESS の義務化、需要・供給両者間責任分担および EV 導入と優遇策などの制度整備並びに送電容量の見直しを含むレジリエンス強化に配慮した IRRP の 2 年ごとの定期的な改訂等が必要。

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

Description	Verifiable Indicator	Target Value	Achievement	Challenge to Achieve
<p>■ Overall Goals 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>	<p>1. Renewable energy now makes up 3% of Barbados overall energy mix (12% of electricity production). 2. The importation of fossil fuel has decreased by 14.7% since the 2010 baseline. Using renewable energy and improvements in energy efficiency in the energy sector there has been a steady decrease of about 1.2% per year. (図 6-1).</p>	<p>Since there is little potential for stable RE (hydro and geothermal), most of energy need to be provided from VRE of PV and wind. Future application of grid forming inverter with sufficient amount of energy storage will be necessary for 100% electricity in Barbados. The policy implementation for mandate BESS, EV, demand side management, sharing responsibility among utility, IPP, and consumers for grid stability is necessary with rapid VRE expansion. IRRP should be revised every two years with reviewing transmission capacity and revise of grid plans, with consideration of enhancement of resilience. As for EE, while “National Energy Policy, 2019-2030” covers EE&C field, comprehensive EE&C master plan shall be developed and published with the intention of awareness raising for all. It shall include sector-wise (commercial, residential, industrial and transport) EE&C policies as well as cross-sectorial ones (e.g., labelling program).</p>

出所: JET 作成



出所: MEB 作成

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)

6.2.3 セントクリストファー・ネービス

(1) プロジェクト目標

セントクリストファー・ネービスのプロジェクト目標に対する達成状況およびその達成度評価を表 6-12 に示す。

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

Description	Verifiable Indicator	Baseline Value	Target Value	Achievement	Evaluation	
					4-step*	Overview
<p>■ Project Purpose 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>1. 10MW geothermal is in procurement process.</p>	<p>PA</p>	<p>PV 35 MW groundbreaking was conducted and the design is still under review. Geothermal 10 MW is currently in the procurement process (as of Mar 2023)</p>

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

Description	Verifiable Indicator	Baseline Value	Target Value	Achievement	Evaluation	
					4-step*	Overview
	2. Number of public buildings with EE program including BEMS: Building Energy Management System	2. Needs of MPI is very high to promote EE of public buildings. (Current: 0)	2. 1 Proposal by JET will be prepared for the BEMS introduction	2. One. The Alexandra Hospital was upgraded to be more energy efficient.**	G	<p>As JET reported at the first webinar meeting in December 2020, St.Kitts and Nevis is one of the least (that is, best) countries in terms of Energy Intensity as well as CO2 emissions per GDP among CARICOM member countries (2010-2018).</p> <p>In this Project, JET stressed the importance of data-oriented efforts toward EE improvements including energy management activities as well as BEMS adoption. These were well understood by the stakeholders of St.Kitts and Nevis and Nevis Water Department successfully implemented energy management activities resulting in 30% power reduction with support from St.Kitts and Nevis government.</p> <p>JET also handed over data loggers to measure each energy consuming appliance and device.</p> <p>EE&C programs/projects are (have been) supported by CDB, IDB, EU, DFID, GIZ and GEF confirmed through this Project.</p>

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

Description	Verifiable Indicator	Baseline Value	Target Value	Achievement	Evaluation	
					4-step*	Overview
	3. Number of trained staffs for introduction of RE	3. 0 staff on this Project (Numbers of trainings by international agencies provided)	3. 10 personnel	<p>3. In total, number of participants (accumulated total) was 66 personnel</p> <ul style="list-style-type: none"> - Remote training in Dec 2020 was 18 personnel - 1st Seminar in Oct 2022 was 11 personnel - 2nd Seminar in Dec 2022 was 19 personnel - Final (3rd) Seminar in Jan 2023 was 14 personnel - Training in Japan in Apr 2023 was 4 personnel 	E	<p>Number of staffs participated in the seminars, held in four times, exceeded the target number.</p> <p>Seminars on Grid Stability and Large RE were conducted in three times. The seminars were conducted by hybrid method, and 8-10 officers attended physically in Barbados, and other officers participated in the seminar remotely from St.Kitts. and Nevis. 100% RE.</p> <p>The necessity of grid stability, method of grid analysis, and technical and legal countermeasures to achieve 100% RE were understood including necessity of grid integration in both islands.</p>

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

Description	Verifiable Indicator	Baseline Value	Target Value	Achievement	Evaluation	
					4-step*	Overview
	4. Number of trained staffs for promotion of EE	4. 0 staff on this Project (Numbers of trainings by international agencies provided)	4. 10 personnel	<p>4. In total, number of participants (accumulated total) was 62 personnel</p> <ul style="list-style-type: none"> - Demonstration on EE roadmap program etc. in Feb 2020 was 10 personnel - Remote training in Dec 2020 was 18 personnel - 1st Workshop in Nov 2022 was 16 personnel - Final (2nd) Workshop in Jan 2023 was 14 personnel - Training in Japan in Apr 2023 was 4 personnel 	E	<p>1 demonstration (domestic), 1 remote training, 2 workshops (domestic, conducted in Barbados) and 1 training in Japan were conducted for promotion of EE.</p> <p>Total number of participants was 61 personnel for these workshops, and the achievement was far above the target value (10 personnel). Participants' evaluations of these workshops and training were also generally positive.</p>

注 1: (*)は次の評価を示す。“4 step evaluation”: E=Excellent (Significantly Achieved)、G=Good (Achieved)、PA=Partially Achieved、NA=Not Achieved

注 2: (**) 病院の更新にあたり省エネ化が取り組まれたが、更新の背景や具体的な取り組み内容が不明であった。そのため、本プロジェクトの影響によるものなのかは不明。さらにこの更新がセントクリストファー・ネービスの省エネ推進に与える影響についても不明。

出所: JET 作成

(2) 上位目標

セントクリストファー・ネービスの上位目標に対する達成状況を表 6-13 に示す。現時点では両項目共に目標とする指標に対して未達の状況にあり、これらを達成するには次のような課題があると考えられる。

1) 省エネルギー推進

現時点では”National Energy Policy, 2011”が省エネ分野をカバーしているが、より包括的なマスタープランを策定、公表し、さらなる人々への省エネ意識向上を図ることが必要。また、このマスタープランではセクター別（商業、住宅、工業、運輸）の政策と、セクターを横断する政策(例: ラベリング制度)が含まれておくべきである。

2) 再生可能エネルギー

ネービス島では 10MW の地熱があり、それによってネービス島単体での 100% RE を実現する予定である。一方、セントクリストファー・ネービス全体が 100%RE となるためには、セントキッツ島も 100%RE として達成する必要がある。地熱開発への資金調達、両島間を 66kV 送電網による相互接続の実現、セントキッツ島の地熱開発が必要であることに加え、系統安定化に資する投資も並行して必要。また化石燃料への依存を減らすためには EV 普及への政策も必要

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

Description	Verifiable Indicator	Target Value	Achievement	Challenge to Achieve
<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. 100% (100%RE in power generation by 2030)</p> <p>2. 2% of total fuel import</p>	<p>1. Approximately 2 percent</p> <p>2. Unchanged. (*)</p>	<p>100% RE for power in Nevis Island will be achieved by 10MW geothermal.</p> <p>In addition to 10MW ongoing geothermal in Nevis, financing and implementation for geothermal, realization of 66 kV grid interconnection between St. Kitts and Nevis islands and utilization of geothermal also in St. Kitts is the key to achieve 100% RE. Otherwise, the future application of grid forming inverter with sufficient amount of energy storage will be necessary for 100% RE in St. Kitts Island. To reduce fossil fuel other than electricity, EV promotion is necessary.</p> <p>As for EE, while “National Energy Policy, 2011” covers EE&C field, comprehensive EE&C master plan with target shall be developed and published with the intention of awareness raising for all. It shall include sector-wise (commercial, residential, industrial and transport) EE&C policies as well as cross-sectorial ones (e.g., labelling program).</p>

注: (*)について、詳細な数値の入手は困難であったため、記載の表現とした。一方、UNSD の the World Statistics Pocket Book 2020 Edition によると 2019 年時点の輸入化石燃料は石油のみであり、3,774 TJ であった。

出所: JET 作成

6.3 広報活動

広く活動内容を理解してもらうための広報活動の一環として、キックオフワークショップ開催に合わせた活動内容の紹介を、各国メディアを通じて行った。また、CCREEE との協議の結果、CCREEE の RE/EE セミナー等において、本プロジェクトの成果発表を含めるように計らってもらえることとなった。

6.3.1 バルバドスでの取材対応

在バルバドス日本国大使館にて、同大使館、JICA セントルシア事務所および JET が現地メディア(Advocate 紙)による取材を受け、このインタビュー内容が一般紙にて紹介された。紹介記事を図 6-2 に示す。



出所: Advocate (2019年11月11日付)

図 6-2 バルバドス現地紙 (Advocate)による紹介記事

6.3.2 セントクリストファー・ネービスでの取材対応

第1回 JCC が現地メディア(St. Kitts Observer 紙)により取材され、本プロジェクトの概要がインターネット上で紹介された。図 6-3 に示す。

THE JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY PROMOTES ENERGY EFFICIENCY IN ST. KITTS AND NEVIS

• By Editor in [Featured, In The News](#)



Basseterre, St. Kitts, December 3, 2019 (SKNIS): The Japan International Cooperation Agency (JICA) was recently promoting energy efficiency within the Federation of St. Kitts and Nevis, through a project that ran from the month of October to November.

This project forms part of JICA's goal to give practical assistance to the Caribbean's energy sector in finding alternative renewable energy resources. This project also conforms to the Government of St. Kitts and Nevis' objective, which is to attain sustainable development.

In the opening ceremony for the Joint Coordinating Committee for Technical Cooperation to Promote Energy Efficiency in Caribbean Countries held earlier in October, Permanent Secretary in the Ministry of Public Infrastructure, Glenn Amory, said that St. Kitts and Nevis "suffers from the high importation bill of fossil fuels."

Mr. Amory continued by highlighting that for St. Kitts and Nevis to move forward, the Federation must "tap into renewable energy resources to increase efficiency and productivity."

According to the Director of the Energy Unit, Bertill Browne, this project is designed to "confirm the current situation and result of the baseline for energy efficiency and renewable energy." He also highlighted that it will "share the outputs, activities, means of verification, challenges and schedule for the project to promote renewable energy and energy efficiency."

出所: SKNIS ウェブサイト

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

6.3.3 CariMET

第 1 回合同調整会議(JCC)開催を目的とした渡航の期間中に、Caribbean Marine Energy Technology (CariMET)フォーラムが開催された。同フォーラムの概要は以下の通りである。

- 日時:
2019年11月6日(火)9:00-17:00, 11月7日(水)9:00-17:00,
- 会場:
Grenada Raddison
- 参加人数・主な参加者:
CARICOM, CCREEE, SIDS DOCK, GIZ, Government of Grenada, MEWR of Barbados, 他約70名

フォーラム期間中に、CCREEE 役員と打合せし、今後の CCREEE の RE/EE セミナー等において、本プロジェクトの成果発表を含めるように計らっていただけるとのことであった。

6.3.4 パンフレット

広報活動の一環として、パンフレットを2種類作成した。詳細は、Appendix 6-3-1、6-3-2 に示す。また、C/P より以下の要望があり、それに基づいて作成をした。

- ・ ハードコピーよりはむしろソフトコピーがベター
- ・ 子供向けの省エネ推進に係るパンフレットがあると良い

6.4 機材調達

本プロジェクトを通じて、以下の機材調達を行った。

6.4.1 データロガー

(1) 供給機材の選定理由

ベースライン調査の結果、初版特記仕様書第 7 条(7)及び、初版 PDM に記載されている項目のうち、以下の理由によりパワーロガーの供与をカウンターパート(以下、C/P)が望んでいた。

理由 1: 特記仕様書第 7 条(7)に記載されているパワーロガーなどは、プロジェクト対象各国(ジャマイカ、セントクリストファー・ネービス、バルバドス)が所持していない。もしくは旧型の持ち運びに不便なモデルを少数所持しており、供与を望まれたため。

理由 2: 見積取得の結果、機能面、予算制約、本邦技術の比較優位性等において、パワーロガーの機材調達が適切であることを確認したため。

以上の理由により、パワーロガーを供与機材として選定した。

(2) 供与機材の仕様

ベースライン調査の結果により、供与機材の仕様を以下と設定した。

■ 納入物

➤ セントクリストファー・ネービス向け(200V 級対応モデル)

- | | |
|------------------------------|-------|
| ・ パワーロガー本体 (英語版、200V 級対応モデル) | 2 個 |
| ・ センサー (CT) | 2 セット |
| ・ 保存媒体 | 2 個 |
| ・ 携帯用ケース | 2 個 |

・ビューアーソフトウェア	2 ライセンス
➤ バルバドス向け(200V 級非対応モデル)	
・パワーロガー本体 (英語版、100V 級対応モデル)	2 個
・センサー (CT)	2 セット
・保存媒体	2 個
・携帯用ケース	2 個
・ビューアーソフトウェア	2 ライセンス
・ラインセパレータ	2 個
➤ ジャマイカ向け(200V 級非対応モデル)	
・パワーロガー本体 (英語版、100V 級対応モデル)	2 個
・センサー (CT)	2 セット
・保存媒体	2 個
・携帯用ケース	2 個
・ビューアーソフトウェア	2 ライセンス
・ラインセパレータ	2 個

(3) 機材供与の実施

機材供与先の 6 機関に対して、ロガー本体の使用方法、ならびに、ビューアーソフトウェアの活用方法のデモンストレーションを実施したうえで、以下の通り供与した。

➤ セントクリストファー・ネービスへの供与	
・MPI	1セット(2023年1月)
・NIA	1セット(2023年1月)
➤ バルバドスへの供与	
・MEB	1セット(2022年9月)
・BNSI	1セット(2022年11月)
➤ ジャマイカへの供与	
・BSJ	1セット(2022年11月)
・MSET	1セット(2023年3月)

6.4.2 系統解析シミュレーションソフトウェア

技術移転すべき内容およびベースライン調査結果を基に、前述の通り、系統解析シミュレーションソフトウェア”Microgrid Designer”を EETRI から調達し、バルバドスとセントクリストファー・ネービスへそれぞれ 2 ライセンス分ずつ供与した。供与先は以下の通りである。また、ソフトウェアマニュアルを **Appendix 6-4** に示す。

- バルバドス
MEB: 2 ライセンス
- セントクリストファー・ネービス
MPI: 1 ライセンス、NIA: 1 ライセンス

6.4.3 アセットマネジメントソフト

技術移転すべき内容およびベースライン調査結果を基に、セントクリストファー・ネービスのセントキッツ側へ供与を行った。供与先は以下の通りである。なお、アセットマネジメントソフトの詳細は上述 **5.3.7(3)** の通りである。

- セントクリストファー・ネービス
MPI/SKELEC: 2 ライセンス

6.5 再委託

セントクリストファー・ネービスを対象とした系統安定化シミュレーションを EETRI へ依頼して実施した。解析した結果をまとめた報告書を **Appendix 6-5** に示す。