

**平成24年度政府開発援助
海外経済協力事業委託費による
「ニーズ調査」**

ファイナル・レポート

ソロモン諸島・モルディブ共和国・セーシェル共和国

**沖縄県中小企業が有する島嶼地域での太陽光
発電システムの技術・ノウハウ導入のニーズ
調査**

**平成25年3月
(2013年)**

株式会社沖縄エネテック

本調査報告書の内容は、外務省が委託して、株式会社沖縄エネテックが実施した平成24年度政府開発援助海外経済協力事業委託費によるニーズ調査の結果を取りまとめたもので、外務省の公式見解を表わしたものではありません。

また、本報告書では、受託企業によるビジネスに支障を来す可能性があるとは判断される情報や外国政府等との信頼関係が損なわれる恐れがあるとは判断される情報については非公開としています。なお、企業情報については原則として2年後に公開予定です。

目 次

巻頭写真	iv
略語集	vii
要 旨	1
第 1 章 我が国中小企業等が有する技術の分析	1
第 2 章 ソロモン諸島	3
第 3 章 モルディブ共和国	5
第 4 章 セーシェル共和国	7
はじめに 調査概要	10
1 調査の背景と目的	10
2 調査の基本方針	10
3 調査概要	12
第 1 章 我が国中小企業等が有する技術の分析	15
1-1 中小企業の技術を活用する場合に民間セクターに求められるニーズ	15
1-2 中小企業等が有する技術を取り巻く環境	15
1-2-1 沖縄県の PV 業界の構造	15
1-2-2 沖縄県の PV に関連する中小企業	16
1-2-3 取り巻く環境	18
1-3 活用が見込まれる中小企業の技術の強み	22
1-3-1 技術の強みを持つに至る背景	22
1-3-2 活用が見込まれる技術	23
1-4 中小企業が海外ビジネス展開を図る上での課題	28
1-5 中小企業の海外展開による地域経済への貢献	29
第 2 章 ソロモン諸島	
2-1 ソロモン諸島の現状及びニーズの確認	30
2-1-1 ソロモン諸島の政治・経済の概況	30
2-1-2 対象分野における現状と課題	33
2-1-3 「ソ」国の関連計画、政策及び法制度	37
2-1-4 「ソ」国の ODA 事業の事例の分析	46
2-2 現地調査（「ソ」国）	47
2-2-1 電力系統の調査	47
2-2-2 PV システム候補サイトの調査	53
2-2-3 現地で調達可能な資機材及び現地工事業者の調査	59
2-2-4 海外の同業他社の進出状況 等	63
2-3 中小企業等が有する技術等の ODA 事業における活用可能性等の分析	64
2-3-1 PV を導入する際に障壁となりうる問題点	64

2-3-2 「ソ」国が抱える開発課題解決へ活用が期待できる中小企業等が有する技術等の例	67
2-3-3 中小企業等が有する技術等を活用した新規 ODA 事業の提案および開発課題解決への貢献度	67
2-3-4 既存 ODA 事業との効果的な連携策(案)	72
2-4 中小企業等が有する技術等を活用したビジネスの可能性	73
2-4-1 想定される市場規模	73
2-4-2 ODA 事業及び中長期的ビジネス展開のシナリオ	73
第 3 章 モルディブ共和国	75
3-1 モルディブ共和国の現状及びニーズの確認	75
3-1-1 モルディブ共和国の政治・経済の概況	75
3-1-2 対象分野における現状と課題	78
3-1-3 「モ」国の関連計画、政策及び法制度	85
3-1-4 「モ」国の ODA 事業の事例の分析	90
3-2 現地調査(「モ」国)	94
3-2-1 電力系統の調査	94
3-2-2 既存の PV システムの調査	99
3-2-3 PV システム候補サイトの調査	104
3-2-4 現地で調達可能な資機材及び現地工事業者の調査	107
3-2-5 海外の同業他社の進出状況 等	109
3-3 中小企業等が有する技術等の ODA 事業における活用可能性等の分析	110
3-3-1 PV を導入する際に障壁となりうる問題点	110
3-3-2 「モ」国が抱える開発課題解決へ活用が期待できる中小企業等が有する技術等の例	112
3-3-3 中小企業等が有する技術等を活用した新規 ODA 事業の提案および開発課題解決の貢献度	114
3-3-4 既存 ODA 事業との効果的な連携策(案)	116
3-4 中小企業等が有する技術等を活用したビジネスの可能性	116
3-4-1 想定される市場規模	116
3-4-2 ODA 事業及び中長期的ビジネス展開のシナリオ	116
第 4 章 セーシェル共和国	118
4-1 セーシェル共和国の現状及びニーズの確認	118
4-1-1 セーシェル共和国の政治・経済の概況	118
4-1-2 対象分野における現状と課題	121
4-1-3 「セ」国の関連計画、政策及び法制度	126
4-1-4 「セ」国の ODA 事業の事例の分析	130
4-2 現地調査(「セ」国)	132
4-2-1 電力系統の調査	132
4-2-2 既存の PV システムの調査	138

4-2-3 現地で調達可能な資機材及び現地工事業者の調査	140
4-2-4 海外の同業他社の進出状況 等	141
4-3 中小企業等が有する技術等の ODA 事業における活用可能性等の分析	143
4-3-1 PV を導入する際に障壁となりうる問題点	143
4-3-2 「セ」国が抱える開発課題解決へ活用が期待できる中小企業等が有する技術等の例	144
4-3-3 中小企業等が有する技術等を活用した新規 ODA 事業の提案および開発課題解決への貢献度	147
4-3-4 既存 ODA 事業との効果的な連携策(案)	151
4-4 中小企業等が有する技術等を活用したビジネスの可能性	151
4-4-1 想定される市場規模	151
4-4-2 ODA 事業及び中長期的ビジネス展開のシナリオ	152

添付資料

ソロモン諸島



鉱山・エネルギー・村落電化省訪問



ソロモン諸島電力公社訪問



環境・気候変動・災害管理気象省訪問



電設資機材販売業者訪問



ホニアラ国際空港ターミナル屋上への太陽光発電パネル設置イメージ図

モルディブ共和国



環境・エネルギー省訪問



モルディブエネルギー庁訪問



STELCO 社訪問



FENAKA 社訪問



Villingili 島小中学校 PV システム調査



Gaafaru 島新発電所 (建設中)

セーシェル共和国



環境・エネルギー大臣訪問



セーシェルエネルギー委員会訪問



環境・エネルギー省訪問



電力公社（PUC）訪問



セーシェル大学訪問



系統連系型太陽光発電システム調査

略語集

ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
AS/NZS	Australian/New Zealand standards	オーストラリア及びニュージーランド共同 EMC 規格
ASEI	Asia Solar Energy Initiative	アジア太陽光エネルギーイニシアチブ
CCTF	Climate Change Trust Fund	気候変動信託基金
CDM	Clean Development Mechanism	クリーン開発メカニズム
CECM	Clean Energy for Climate Mitigation Project	気候緩和プロジェクトのためのクリーンエネルギー
CEEP	Centre for Energy and Electric Power	エネルギー・電力センター
CIF	Cost, Insurance and Freight	運賃保険料込み条件
COC	Certificate of Conformity	電気適合証明書
DG	Diesel generator	ディーゼル発電機
DOE	Division of Energy	ソロモン諸島エネルギー局
DOE	Department of Environment	セーシェル共和国環境省
DRP	Dhivehi Rayyithunge Party	モルディブ人民党
EE	Energy Efficiency	エネルギー効率
EIA	Electronic Industries Alliance	電子工業会
EIA	Environmental Impact Assessment	環境 影響評価
EMC	Electromagnetic Compatibility	電磁両立性
EPIA	European Photovoltaic Industry Association	欧州太陽光発電産業協会
FIT	Feed-in Tariff	固定価格買取制度
FOB	Free on Board	本船渡し条件
FRT	Fault Ride-Through	事故時運転継続
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
GEF	Global Environment Facility	地球環境ファシリティ
GNI	Gross National Income	国民総所得
GSEP	Global Sustainable Electricity Partnership	旧 e8,世界電力首脳有志の会議
IAEA	International Atomic Energy Agency	国際原子力機関
IDC	Islands Development Company	離島開発会社
IEC	International Electrotechnical Commission	国際電気標準会議
IEEE	The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.	米国電気電子技術者協会
IOC	Indian Ocean Commission	インド洋委員会
IPP	Independent Power Producer	個人電力供給者

JEAC	Japan Electric Association Code	電気技術規程
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構
JICS	Japan International Cooperation System	日本国際協力システム
LDC	Least Developed Country	後発開発途上国
LWMA	Land Waste Management Agency	土壌・廃棄物管理局
MC	Magnetic Contactor	電磁開閉器
MDP	Maldives Democratic Party	モルディブ民主党
MEA	Maldives Energy Authority	モルディブエネルギー庁
MECM	Ministry of Environment, Conservation and Meteorology	環境気象省
MEE	Ministry of Environment and Energy	環境エネルギー省
MMERE	Ministry of Mines, Energy and Rural Electrification	資源エネルギー地方電化省
NEDO	New Energy and Industrial Technology Development Organization	新エネルギー・産業技術総合開発機構
O&M	Operation & Maintenance	維持管理
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
OFR	Over Frequency Relays	過周波数継電器
OVR	Over Voltage Relay	過電圧継電器
PCS	Power Conditioning System	パワーコンディショナー
PEC	Pacific Environmental Community	太平洋環境共同体
PPA	Power Purchase Agreement	電力購入契約
PPP	Purchasing Power Parity	購買力平価
PUC	Public Utilities Corporation	公共設備公社
PV	Photovoltaic	太陽光発電
RE	Renewable Energy	再生可能エネルギー
SATREPS	Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development	地球規模課題対応国際科学技術協力
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition	監視制御システム
SEC	Seychelles Energy Commission	セーシェルエネルギー委員会
SEYPEC	Seychelles Petroleum Company	セーシェル石油会社
SHS	Solar Home System	ソーラーホームシステム
SI\$	Solomon Islands dollar	ソロモン・ドル
SIEA	Solomon Islands Electricity Authority	ソロモン電力公社
SIT	Seychelles Institute of Technology	セーシェル技術学校

SPPF	Seychelles People's Progressive Front	人民進歩党
SR	Seychelles Rupee	セーシェル・ルピー
SREP	Scaling Up Renewable Energy Program in Low Income Countries	低所得国における再生可能エネルギースケールアッププログラム
SREP IP	Scaling Up Renewable Energy Program in Low Income Countries Investment Plan	低所得国における再生可能エネルギースケールアッププログラム投資計画
STELCO	State Electric Company Limited	モルディブ電力公社
TA	Technical Assistance	技術支援
TUT	Tshwane University of Technology	ツワナ大学
UAE	United Arab Emirates	アラブ首長国連邦
UFR	Under Frequency Relays	不足周波数継電器
UNDP	United Nations Development Program	国連開発計画
UNIDO	United Nations Industrial Development Organization	国際連合工業開発機関
USD	United States of America Dollar	アメリカドル
UVR	Under Voltage Relay	不足電圧継電器

要旨

第1章 我が国中小企業等が有する技術の分析

(1) 中小企業の技術を活用する場合に民間セクターに求められるニーズ

小規模離島への PV システム導入という点においては、沖縄県内の中小企業は長年の経験と高い技術力を有している。沖縄県の中小企業にはこれらの経験と技術力を活かして島嶼国に適した PV システムを提案するとともに、設計・施工等のサービスを提供することによって PV の導入拡大に寄与する役割が求められる。

(2) 中小企業等が有する技術を取り巻く環境

沖縄県の中小企業は PV システムの設計、機器の調達、施工、運用保守などの一連の業務（システムインテグレーション）にとどまらず、自ら顧客へ PV 導入の企画・提案を行うなど案件開発も行っている。しかし、沖縄県の PV 関連企業を取り巻く環境は、①割高な資材コスト、②太陽電池を支持する架台の必要性、③補助金額と kW あたりのシステム単価 の観点からの他の都道府県と比較して厳しいと考えられる。

(3) 活用が見込まれる中小企業の技術の強み

亜熱帯性気候に属する小規模離島への PV システム導入という点において、沖縄県内の中小企業は豊富な経験と高い技術力を有している。具体的には、①PV システムが電力品質に与える影響の検討に関する経験と知見、②持続的に運用・維持管理が可能なシステムの構築に関する経験と知見、③強風・台風対策、④塩害対策、⑤小動物対策が挙げられる。

(4) 中小企業が海外ビジネス展開を図る上での課題

沖縄県内の中小企業に海外事業展開についてヒアリングを行ったところ、懸念事項として主に、①語学力を有する社員の不足、②海外事業の経験度、③現地での業務実施体制 の3点が提起された。これらの懸念事項を解消するためには、今後案件化調査を実施し、現地のさらに詳細な情報が中小企業に伝えられることが望ましい。

(5) 中小企業の海外展開による地域経済への貢献

沖縄県の中小企業が海外展開を図ることが主に、①雇用の維持・拡大、②人材の育成、③ビジネス機会の拡大 の観点から地域経済に貢献すると考えられる。

ニーズ調査総括表				
国名	ソロモン諸島	モルディブ共和国	セーシェル共和国	
日射条件	良好 (全天日射量5.52 kWh/m ² /d：沖繩の約1.4倍)	良好 (全天日射量5.85 kWh/m ² /d：沖繩の約1.5倍)	良好 (全天日射量5.8 kWh/m ² /d：沖繩の約1.5倍)	
太陽光の導入実績及びニーズ	太陽光の導入実績はソーラーホームシステム等の独立型システムの実績のみで系統連系型の実績は無い。需要家の電気料金削減や発電所の燃料削減等のニーズが高い。	系統連系型ではかなりの実績があるが、ディーゼル発電と組み合わせたハイブリッドシステムは導入への取り組みが始まったばかりである。離島の発電燃料の削減に対するニーズが高い。	小規模な系統連系型の実績があるが、大規模なシステムやハイブリッドシステムはこれからである。教育を含めた太陽光全般に関するニーズが高い。	
導入に係る制度の整備状況	FITなど買い取り制度の整備は未だ。系統連系ガイドラインは作成済みで現在政府の承認待ちである。	FITなど買い取り制度は整備済みで現在改定作業中である。系統連系ガイドラインはJICAの支援により作成された。	FITなど買い取り制度は未整備であるがエネルギー法の成立により今後整備予定である。系統連系ガイドラインは未整備で、隣国の基準を参考にしている。	
普及見通しと市場の展望	燃料費及び電気料金が非常に割高であり、FITなどの制度に頼らなくても普及が進むと考えられる。さらに、系統連系型太陽光発電の導入実績を作れば急速に普及が進むものと考えられる。	FIT等の買取制度の充実により、今後普及が進むものと考えられる。ハイブリッドシステム導入においてはリゾートホテルの電力供給も含めて大きな市場として期待できる。	買い取り制度及び系統連系ガイドラインは未整備であるが、今後の政府の取組みにより普及が急速に進むものと考えられる。離島においては、ハイブリッドシステムが市場として見込まれる。	
沖縄の中小企業を活用したODAによる支援方法	無償資金協力	「途上国政府への普及事業」	技術協力	
	無償資金協力としてODAを立上げ沖縄の中小企業の製品・技術を直接的に活用する。 (中小企業を直接的に支援)	沖縄の技術を活用した普及事業により、沖縄の技術のPRと民間ビジネス展開の後押しをおこなう。 (中小企業を直接的に支援)	沖縄の技術を活用した技術協力を行い、沖縄の技術を浸透させることによる民間ビジネスの参入環境づくりを行う。 (中小企業を間接的に支援)	
対象とするシステム	系統連系型	ハイブリッド	系統連系型/ハイブリッド	
具体的なODAの提案	・ホニアラ国際空港への連系型システムの設置 ・電力公社駐車場への連系型システムの設置	・Gaafaru島におけるディーゼル・太陽光ハイブリッドシステム構築事業	・教育の支援 ・離島における最適ハイブリッドシステム構築FS事業 ・系統安定化技術支援	
期待される効果	・同国における太陽光発電の普及促進 ・沖縄の中小企業の技術の直接的な活用 ・日本製インバータ等の製品の普及促進	・同国における太陽光発電の普及促進 ・沖縄の技術のPR効果 ・同国企業との共同でのビジネス展開	・同国における太陽光発電の普及促進 ・沖縄の技術の浸透 ・沖縄の中小企業のビジネス展開の足掛かり	

第2章 ソロモン諸島

(1) ソロモン諸島の現状及びニーズの確認

ソロモン諸島は主要6島と約1,000を数える島から成る群島国家であり、人口は約536,000人で首都のホニアラには約50,000人が生活している。ソロモン諸島の全天日射量は沖縄県の約1.4倍に相当する $5.52\text{kWh/m}^2 \cdot \text{day}$ と非常に大きいため、PVに適した自然環境にある。また、ソロモン諸島政府は「ソロモン諸島国家開発戦略 (National Development Strategy)」等において、再生可能エネルギーの導入拡大を政策として掲げている。しかし、これまでソーラーホームシステム等の独立型のPVシステムの導入実績はあるが、系統連系型の実績は無い。

ソロモン電力公社は分散型電源の系統連系に係る規程や技術要件等の草案を作成しており現在政府の承認待ちの状況であり、系統連系型システムが普及する上で必要な法制度は整いつつある。再生可能エネルギー固定価格買取制度の整備は着手されていない状況にあるが、電気料金が非常に高い現状においては、そのような制度が無くても電気料金削減という経済的インセンティブが十分働き、普及が自発的に進む可能性が高い。しかし、系統連系型システムの普及拡大を図る上では、流通経路が確立されていないことや、導入実績が無いため電力会社や施工業者の技術や知識を持っていないといった問題がある。

(2) 中小企業等有する技術等のODA事業における活用可能性等の分析

無償資金協力により沖縄県の中小企業が首都ホニアラに系統連系型PVシステムを建設することが、ソロモン諸島においてPVの普及を促進するとともに、沖縄の中小企業がビジネス展開を図るきっかけを作るために有望な事業であると考えられる。これにより、ソロモン諸島の電力会社や施工業者の技術者が系統連系型システムに関する知識と経験を得ることができる。また、日本がソロモン諸島初の系統連系型システムを構築することによって、そのシステムが基本形となり、次に続くシステムもそのシステムを手本として沖縄の中小企業が主導して導入を拡大していく流れを作ることが可能であると考えられる。

沖縄の中小企業が提案する複数台の市販品のパワーコンディショナーを組み合わせたシステムは、家庭等の小規模から事務所や工場等の大規模まで様々なスケールに対応することができる。また、現地の企業が取り扱う台数が増えることから、流通ルートを確保しやすくなり、供給体制の確立を早期に図ることができる。

(3) 中小企業等有する技術等を活用したビジネスの可能性

沖縄の中小企業の技術を活用した ODA の実施により、系統連系型 PV システムの普及が進み、沖縄の中小企業にとって大きなビジネスチャンスとなる。さらには、ソロモン諸島国内だけではなく、同様な地理的・気候的背景を持つ周辺の大洋州諸国にもビジネス展開を図ることが期待できる。

ソロモン諸島

現状

- 太陽光発電に適した自然条件
- 政府が再生可能エネルギーの導入を推進
- 電気料金が低い
- 系統連系型太陽光発電システムの実績が無い

ODA実施

- 無償資金協力により沖縄県の中小企業が首都ホニアラに系統連系型太陽光発電システムを建設する。

ソロモン諸島における普及拡大

- ソロモン諸島の電力会社や施工業者の技術者が系統連系型システムに関する知識と経験を得る。
- 日本がソロモン諸島初の系統連系型システムを構築することによって、そのシステムが基本形となり、次に続くシステムもそのシステムを手本として沖縄の中小企業が主導して導入を拡大していく

大洋州諸国への展開

- ソロモン諸島において沖縄県の中小企業が無償資金協力を通して海外事業経験を積むことにより、ソロモン諸島だけではなく、同様な地理的・気候的背景を持つ周辺の大洋州諸国にもビジネス展開を図ることが期待できる。

第3章 モルディブ共和国

(1) モルディブ共和国の現状及びニーズの確認

モルディブ共和国はインド及びスリランカ南西に位置する島嶼国で、住民が居住している194島と、これとは別にリゾート島と呼ばれるリゾートホテルのみが立地する島が国内に105島存在し、人口は約33万人である。これらの有人離島には島毎に発電所があり、DGにより電力が供給されている。全天日射量が沖縄県の約1.5倍に相当する $5.85\text{kWh/m}^2 \cdot \text{day}$ と非常に大きい、PVに適した自然環境にある。モルディブ共和国政府は2020年までにカーボンニュートラルを達成することを公約しており、2010年10月に「モルディブ国家エネルギー政策・戦略」を策定した。モルディブ共和国はこの政策に基づき再生可能エネルギーの導入を促進しており、系統連系型PVシステムが日本の無償資金協力によりマレ首都圏に建設されている。

一方、国内に数多く存在する小規模離島へのPVの導入に向けた取り組みは始まったばかりである。小規模離島にPVを高い割合で導入するためには、需給調整や電力品質の確保等の観点からDGとPVを有機的に組み合わせる必要があるが、その際、沖縄で培われたDGとPVのハイブリッドシステム構築に係る知見が活用できる。なお、モルディブ共和国にはDGに関する高い技術力を持つ中小企業があることから、沖縄の中小企業が当該企業と連携することによって、スムーズなビジネス展開を図ることができると考えられる。

(2) 中小企業等有する技術等のODA事業における活用可能性等の分析

Gaafaru島のように発電所の移設計画が現在進められている小規模離島を対象に、モルディブ共和国政府と日本政府との共同事業として、両国の企業の共同実施によるPVとDGを組み合わせたハイブリッドシステム構築事業を行い、その技術を確立することを提案する。この事業で確立された技術とシステムを基盤として、その後は中小企業が主体となり民間ベースのビジネスとしてモルディブ共和国で事業展開を行うことができる。

沖縄の中小企業が提案する複数台の市販品のパワーコンディショナーを組み合わせたシステムは、比較的調達容易な市販品を用いることからシステム構築が容易で、故障の際も速やかに取替えが可能というメリットがある。また、仮にパワーコンディショナーが1台故障したとしても、他のパワーコンディショナーが運転を続けることによって稼働率が上がるというメリットもある。

(3) 中小企業等有する技術等を活用したビジネスの可能性

モルディブ共和国においてハイブリッドシステム構築の技術が確立されれば、沖縄県の中小企業がモルディブ共和国だけでなく、同様な地理的・気候的背景を持つ他の島嶼国や、独立型電力系統が多数存在する大陸の内陸部にもビジネス展開を図ることが期待できる。

モルディブ共和国

現状

- ・太陽光発電に適した自然条件
- ・政府が再生可能エネルギーの導入を推進
- ・小規模電力系統が多い
- ・小規模電力系統ではディーゼル発電と太陽光発電を有機的に組み合わせることが必要な状況である

ODA実施

- ・小規模離島において、モルディブ共和国政府と日本政府との共同事業として、両国の企業の共同実施による太陽光発電とディーゼル発電を組み合わせたハイブリッドシステム構築事業を行い、その技術確立する。

モルディブ共和国における普及拡大

- ・当該事業で確立された技術とシステムを基盤として、その後は中小企業が主体となり民間ベースのビジネスとしてモルディブ共和国で事業展開を行うことができる。

島嶼国等への展開

- ・沖縄県の中小企業がモルディブ共和国だけではなく、同様な地理的・気候的背景を持つ他の島嶼国や、独立型電力系統が多数存在する大陸の内陸部にもビジネス展開を図ることが期待できる。

第4章 セーシェル共和国

(1) セーシェル共和国の現状及びニーズの確認

セーシェル共和国は115の島からなる島嶼国であり、人口が約9万人でその95%が主要3島であるマヘ島、プララン島及びラ・ディエグ島に居住している。離島ではDGにより電力が供給されているが、特に小規模離島では燃料費が高いため発電コストが割高となる。全日射量が沖縄県の約1.5倍に相当する $5.8\text{kWh/m}^2 \cdot \text{day}$ と非常に大きいため、PVに適した自然環境にある。セーシェル共和国政府は、近年、再生可能エネルギーの導入に積極的に取り組んでおり、再生可能エネルギーからの供給量を2020年までに5%、2030年までに15%に段階的に拡大する目標を掲げている。現時点ではまだ再生可能エネルギーに係る法制度は整備されていないが、2012年12月に制定されたエネルギー法に基づき、今後、系統連系に関する規定や固定価格買取制度等が整備される予定である。

ODAに関して、セーシェル共和国は一人当たりのGNIが10,530USドルの高中所得国であるため、日本の中小企業の製品や技術を利用した無償資金協力の適用は困難とされている。

セーシェル共和国において6MWの風力発電が建設中であり、それに伴い何らかの系統安定化対策が必要になることが予想される。しかし、そのような大規模な再生可能エネルギー設備の導入は今回が初の事例となるため、セーシェル共和国には系統安定化対策技術に係る知見が無いのが実情である。今後、再生可能エネルギーの導入拡大を図るためには、日本からの系統安定化対策に関連した技術協力が必要になると考えられる。また、再生可能エネルギーを持続的に利用するためには設備の維持・管理が重要となるため、これに係る技術協力も必要になる。

学術界からは、セーシェル大学は設立3年目の新しい大学であり、専門家を育成する上で特に重要となる研究環境が整備されていないので支援が欲しいとの要望があった。

(2) 中小企業等有する技術等のODA事業における活用可能性等の分析

セーシェルにおいては法制度の整備や技術者の技能という観点等から再生可能エネルギーが普及する環境がまだ十分に整っていない状況にある。中小企業がビジネス展開しやすくなるという観点からも、まずは再生可能エネルギーが普及しやすくなるような環境整備を支援する必要がある。

その1つとして、電力会社等によりセーシェル共和国において系統安定化対策の検討に必要な研修や専門家派遣等の技術的支援の実施や離島におけるハイブリッドシステム構築の為にマスタープラン作成支援を提案する。

また、沖縄県の中小企業はPVシステムの設計・施工・保守に係る高い知見を有していることから、アフリカ地域の大学と協力しながらセーシェル共和国においてPVに関する技術者を養成するための技術研修を行うことを提案する。

さらに、琉球大学の工学部・理学部・教育学部等を中心とするグループがセーシェル共和国の環境・社会・経済等の実状を調査し、セーシェル大学が自国に適した環境科学教育プログラムを開発するための支援を技術協力として行うことも提案する。

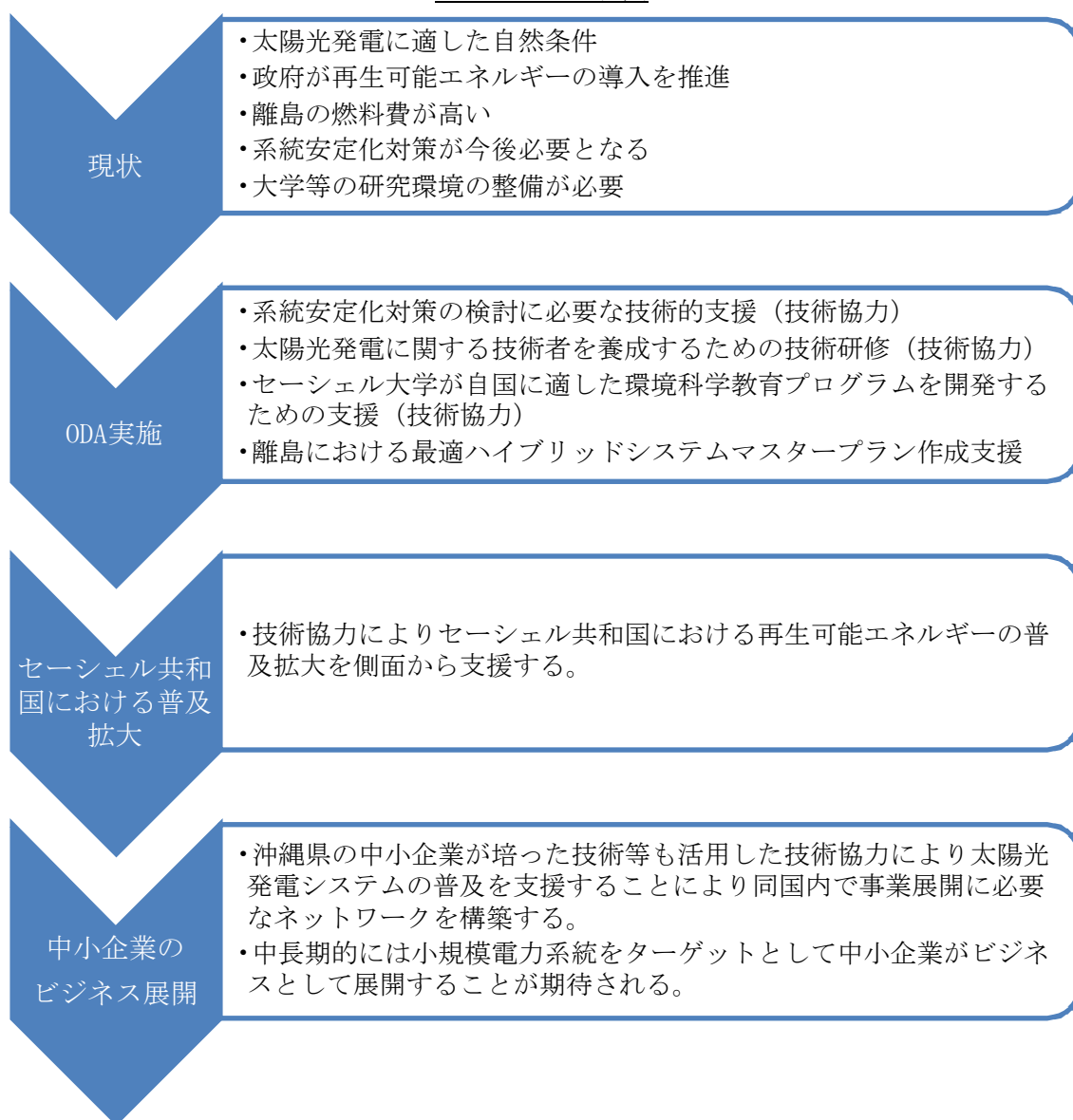
(3) 中小企業等有する技術等を活用したビジネスの可能性

沖縄県の中小企業が培った技術等も活用した技術協力によりPVシステムの普及を支援す

ることにより同国内で事業展開に必要なネットワークを構築することができる。

また、セーシェル共和国には小規模離島が多数存在することから、中長期的にはそれらの小規模電力系統をターゲットとして中小企業がビジネスとして展開することが期待できる。

セーシェル共和国



ニーズ調査：エネルギー分野 沖縄県中小企業が有する島嶼地域での太陽光発電システムの技術・ノウハウ導入の ニーズ調査

企業・サイト概要

- 提案企業：株式会社沖縄エネテック
- 提案企業所在地：沖縄県浦添市
- サイト・C/P機関：ソロモン諸島・資源エネルギー地方電化省、モルディブ共和国・環境エネルギー省、セーシェル共和国・セーシェルエネルギー委員会

ソロモン、モルディブ、セーシエルの開発課題

- 遠隔の小島嶼で燃料費がかさむ中、燃料高騰で発電コストが上昇。
- 化石燃料に依存せず、環境負荷の小さい安定した電力の供給が必要。
- 日本は、第6回太平洋・島サミットで、島嶼である沖縄の経験を活かし、気候変動等共通課題への取り組みを宣言。

中小企業の技術・製品

- 沖縄の知見を活かして蓄電池を使わない島嶼地域に合った技術提案が可能。
- 小型の市販品を組み合わせたシステムにより故障からの迅速な復旧が可能。
- シンプルなシステムにより取替コストの縮減が可能。

企画書で提案されているODA事業及び期待される効果

- 無償資金協力により発電施設の導入を図るとともに、技術協力で太陽光発電システムの系統連系を行うにあたり必要になる制度・基準の導入を図る。
- 対象国の太陽光発電システムの導入が加速するとともに、他国に依存しない運用・維持管理が可能となる。

日本の中小企業のビジネス展開

- 沖縄県内の太陽光発電に係る中小企業の技術活用・海外展開



はじめに 調査概要

1 調査の背景と目的

近年、環境・エネルギー・廃棄物処理の問題が世界中で大きな問題となっている。特に我が国においては福島原発事故以降、エネルギー供給問題が大きくクローズアップされている。こうした中、エネルギー供給源としての再生可能エネルギーの活用には大きな期待が寄せられている。

エネルギー供給においては、遠隔地、特に島嶼地域において、その地理的条件から輸送コストの高騰、さらには規模が小さいが故のエネルギー変換効率の低さなど、エネルギー供給面で構造的な不利性を抱えている。島嶼地域の代表的な地域である沖縄県においては、早くからその不利性を克服する取り組みを行ってきた。その取り組みのひとつが、再生可能エネルギーの活用である。特にPVは多数のシステムが導入されており、沖縄県内の中小企業が企画から設計・施工まで幅広く従事している。そのため、小規模離島へのPVシステム導入という点においては、沖縄県内の中小企業は長年の経験と高い技術力を有している。一方、開発途上国特に島嶼国においては、エネルギー供給の面で沖縄の島嶼地域と同様な問題を抱えており、エネルギー供給コストの高騰が同地域の経済に大きな影響を与えている。

こうした中、沖縄の中小企業が培ってきた小規模離島へのPVシステム導入に係る技術が同地域における問題解決に貢献できることが期待されると同時に、我が国の中小企業の市場拡大にも寄与することが期待される。

上記を背景として、本調査では『島嶼地域の小規模電力システムに適したPVシステムの導入の促進』を開発課題として設定し、ソロモン諸島、モルディブ共和国、セーシェル共和国において、我が国中小企業が有する製品・技術の同開発課題解決のための有効活用と、その実現に資するODA案件の検討を念頭に、途上国におけるニーズ及び当該製品・技術の活用可能性、並びにODA案件としての事業化に必要な調査を行う。

2 調査の基本方針

本調査の実施にあたり、以下を技術面・運営面の基本方針とする。

2-1 技術面の基本方針

本業務を実施するにあたり、以下の3点を技術面の基本方針とする。

- (1) 小規模電力システムにおいてはPVシステムが既存の電力システムの電力品質に悪影響を与える恐れがあることを十分考慮した提案を行う。

PVシステムの出力は天候に大きく左右され、曇りの日は短時間で大きく変動することがある。PVシステムのような変動性を有する電源が電力システムに過大に連系されると、需要と供給のバランスが崩れて系統周波数が変動し、管理値を逸脱することが懸念される。本案件では、既存電力システムの各種設備の仕様や系統周波数特性等の調査を行い、それらを十分考慮したうえで、PVシステムのシステム容量やシステム構成等を決定することを提案する。

- (2) 現地でも比較的入手が容易な市販品をなるべく用い、設置後も現地の技術者により持続的に維持・運用が可能な系統連系型 PV システムを提案する。

離島では機器の故障が発生してメーカーに対応してもらう際には、復旧まで長期間システムを停止することから設備利用率が低下することと、メーカーの技術員を呼び寄せるため多大なコストが発生するという問題がある。大型の受注生産品を用いるのではなく、なるべく小型の市販品を多数台組み合わせたシステムを構築すれば、故障時に自ら対応することができると迅速な復旧が可能となる。

- (3) 基本的に蓄電池なしのシステムとし、日本（沖縄県内）の中小企業でも施工可能ななるべくシンプルな系統連系型 PV システムを導入することを提案する。

系統連系型 PV システムはシステム出力が連系する施設の電力負荷に足りない時は電力系統から電気をもらい、逆に、余った時には系統に逆潮流させることができることから、電力系統を一種のバッファとして利用していると言える。そのため基本的に蓄電池を必要としない。一方、系統に連系していない自立型（スタンドアローン）のシステムや、停電時にも発電可能な非常用のシステムには、一般的に電力貯蔵用として鉛蓄電池が用いられる。しかし、鉛蓄電池は適切な維持管理を行わなければすぐに劣化してしまう。また、劣化した場合には、取替えに多大な費用が必要となるため、システムが持続的に運用できなくなる要因となる可能性が高い。

以上のことを踏まえ、本業務においてはなるべく蓄電池を用いずに、沖縄県においても多数実績のあるシンプルな系統連系型 PV システムを導入することを提案する。

2-2 運営面の基本方針

本業務を実施するにあたり、以下の 3 点を運営面の基本方針とする。

- (1) 沖縄県内の PV に関連する中小企業の意見や要望を積極的に取り込む。

沖縄県内の PV に係る企画・設計・施工の業務に数多くの実績を有する中小企業に協力を仰ぎ、対象国で活用可能と考えられる技術を整理するとともに、中小企業の海外事業展開に係る意見や要望も積極的に取り込む。

- (2) 対象国のエネルギー情勢に精通したコーディネーターを活用する。

業務を円滑に遂行するために、対象国のエネルギー情勢に精通した現地または近隣国からコーディネーターを採用し、業務期間全体を通して活用する。

- (3) 相手国政府とのコミュニケーションを密にし、相手国の政策や方針を十分踏まえた提案を行う。

相手国政府との協議には十分な時間を確保して円滑なコミュニケーションを図るとともに、相手国のニーズを十分汲み取ることに努める。なお、相手国政府に情報提供等の協力依頼を行う際は、本案件は相手国政府の要請に基づくものではないことに十分留意する。

3 調査概要

3-1 第一次現地調査（ソロモン諸島）

(1) 調査団員

No.	氏名	所属先	担当業務
1	安里 貞夫	(株)沖縄エネテック	業務主任者/PV システム全般
2	掛福 ルイス	(株)沖縄エネテック	政策・制度・基準 1
3	國場 裕介	(株)沖縄エネテック	系統連系型 PV システム 1
4	古木 聡	(株)沖縄エネテック	系統連系型 PV システム 4

(2) 調査スケジュール

	月/日	訪問先	面会者
1	10/31(水)	・ JICA ソロモン諸島支所 ・ 在ソロモン日本大使館	瀧下支所長 小幡専門調査員
2	11/1 (木)	・ 鉱山・エネルギー・村落電化省 ・ Don Bosco Technical Institute	Mr. Gabriel Aimaia (Deputy Director Energy) Mr. Joseph (司祭兼校長)
3	11/2(金)	・ ソロモン電力公社 (SIEA) ・ Island Enterprises limited ・ Willies Holdings Company	Mr. Norman Nicholls(GM) Mr. Phil Bradford(CEO) Mr. David Iro Fulaga(Director)
4	11/3(土)	・ Cruz Communication & Engineering Ltd ・ 発電所調査	Mr. Graham Richardson (Managing Director) Mr. Mathew Korinihona
5	11/4(日)	・ 資料整理	
6	11/5(月)	・ PV 設置候補地点調査	
7	11/6(火)	・ 環境省 ・ 在ソロモン日本大使館	Mr. Chanel Iroi (Permanent Secretary) 岩撫大使、小幡専門調査員
8	11/7(水)	・ PV 設置候補地点調査 ・ JICA ソロモン諸島支所	瀧下支所長

3-2 第二次現地調査（モルディブ共和国）

(1) 調査団員

No.	氏名	所属先	担当業務
1	安里 貞夫	(株)沖縄エネテック	業務主任者/PV システム全般
2	掛福 ルイス	(株)沖縄エネテック	政策・制度・基準 1
3	國場 裕介	(株)沖縄エネテック	系統連系型 PV システム 1
4	神里 良太	(株)沖縄エネテック	系統連系型 PV システム 5

(2) 調査スケジュール

	月/日	訪問先	面会者
1	11/26(月)	- Plankton - Villingili Island 調査	- Mr. Ibrahim Athif (Managing Director) - Mr. Ibrahim Nizam (Power Plant Chief)
2	11/27(火)	- MEE - 若築建設株式会社 - STELCO	- Mr. Ahmed Ali (Assistant Director) - 藤原輝久氏 (モルディブ事務所長) - Mr. Mohamed Latheef (Deputy Managing Director) 他 3 名
3	11/28(水)	- FENAKA - MEA - STELCO 発電所調査	- Mr. Hussain Hameez (Technical Director) 他 5 名 - Mr. Muawiyath Shareef (Director) - Mr. Azzam (Project Department)
4	11/29(木)	- Renewable Energy Maldives - Bandos Island Resort 調査	- Dr. Ibranim Nashid (Chairman) - Mr. Hassan Rasheed (Senior Operations Director) 他 1 名
5	11/30(金)	Thulusdhoo Island 調査	Mr. Ahaned Rashid (Engineer)
6	12/1(土)	Gaafaru Island 調査	Mr. Fazeel (Engineer)
7	12/2(日)	JICA 事務所	貝増匡俊氏 (JICA スリランカ事務所)

3-3 第三次現地調査（セーシェル共和国）

(1) 調査団員

No.	氏名	所属先	担当業務
1	安里 貞夫	(株)沖縄エネテック	業務主任者/PV システム全般
2	掛福 ルイス	(株)沖縄エネテック	政策・制度・基準 1
3	國場 裕介	(株)沖縄エネテック	系統連系型 PV システム 1
4	島袋 正則	(株)沖縄エネテック	系統連系型 PV システム 2

(2) 調査スケジュール

	月/日	訪問先	面会者
1	12/17(月)	・コーディネーターとの打合せ	・ Prof. Josiah Lange Munda (Tshwane University of Technology)
2	12/18(火)	・ 環境・エネルギー大臣表敬 ・ セーシェルエネルギー委員会 ・ 環境・エネルギー省 ・ PCU Seychelles	・ Prof. Rolph Payet (Minister) ・ Mr. Tony Imaduwa (Principal Officer) ・ Mr. Wills Agricole (Principal Secretary) ・ Mr. Dominic Rassool (Project Manager)
3	12/19(水)	・ PUC ・ PUC 発電所調査 ・ Vetiver Tech 社 ・ Seychelles Institute of Tech. ・ Sunnergy Systems 社 ・ Solar Energy Seychelles 社	・ Mr. Philippe Morin (CEO) 他 4 名 ・ Mr. Joel Valmont (COO) ・ Mr. Radley Weber (MD) ・ Mr. Jeremy Sinon ・ Mr. Derek Savy (COO) ・ Mr. Emanuele Stefani (MD)
4	12/20(木)	・ Praslin Island 調査 ・ La Digue Island 調査	・ Mr. Tony Imaduwa (Principal Officer)
5	12/21(金)	・ セーシェル大学 ・ IDC ・ 大臣主催夕食会	・ Mrs. Marina Confait (Vice Chancellor)、 他 3 名 ・ Mr. Ronny Renaud (Deputy CEO) ・ Prof. Rolph Payet (Minister) 他 7 名
6	12/22(土)	・ 資料整理及び報告書作成	

第1章 我が国中小企業等が有する技術の分析

1-1 中小企業等の技術を活用する場合に民間セクターに求められるニーズ

沖縄県においては DG の燃料消費量を削減すべく、小規模離島への PV や風力発電等の再生可能エネルギーの導入がこれまで積極的に行われてきた。特に PV は小規模から大規模まで多数のシステムが導入されており、沖縄県内の中小企業が企画から設計・施工まで幅広く従事している。そのため、小規模離島への PV システム導入という点においては、沖縄県内の中小企業は長年の経験と高い技術力を有している。沖縄県の中小企業にはこれらの経験と技術力を活かして島嶼国に適した PV システムを提案するとともに、設計・施工等のサービスを提供することによって PV の導入拡大に寄与する役割が求められる。

1-2 中小企業等が有する技術を取り巻く環境

1-2-1 沖縄県の PV 業界の構造

図 1-2-1.1 に沖縄県の PV 業界の構造を示す。PV 業界の構造は太陽電池モジュールメーカーを上流、発電事業者を下流と位置付けると、上流から下流まで「モジュール生産」、「流通」、「システムインテグレーション」、「案件開発」、「発電」の5部門に大きく分割することができる。沖縄には「流通」から「発電」までの部門が存在する。

海外または国内で生産された太陽電池モジュールは、大手メーカーの支店や代理店等のメーカー系の流通業者、または家電量販店などの非メーカー系の流通事業者を通して沖縄に供給されている。以前はメーカー系の流通事業者が大きなシェアを占めていたが、近年は安価な海外モジュールも非メーカー系の流通事業者を通して流通している。

PV システムの設計、機器の調達、施工、運用保守などの一連の業務を全て提供するサービスのことをシステムインテグレーションといい、これを実施する企業をシステムインテグレーターという。県内においては電力会社や自治体等が導入する比較的大規模な PV システムに関しては電機メーカーなどの大手システムインテグレーターが主に手掛けている。一方、一般住宅などの小規模からビル・工場などの中規模の PV システムの多くは県内の電気工事業者等の中小企業が手掛けている。これらの中小企業はシステムインテグレーションにとどまらず、自ら顧客へ PV 導入の企画・提案を行うなど案件開発も行っている。

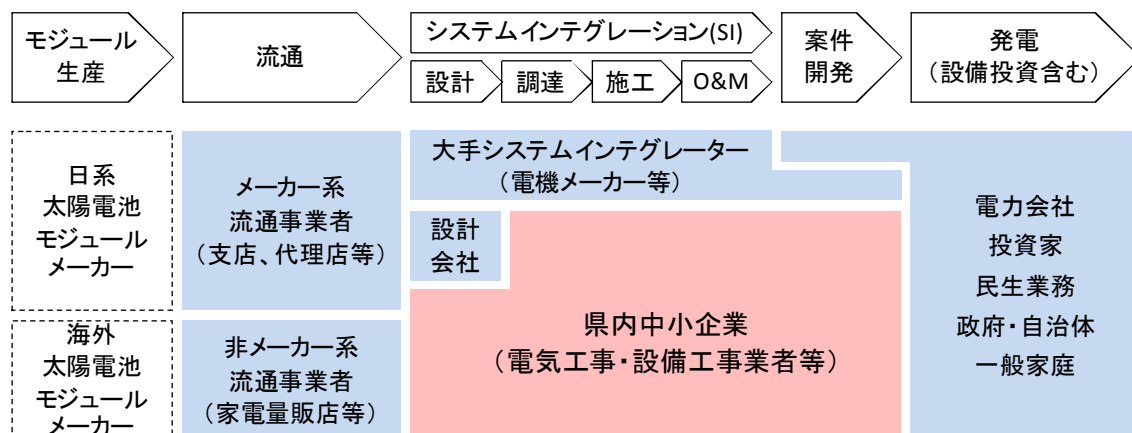


図 1-2-1.1 沖縄県の PV 業界の構造

（出典：野村総研 NRI Knowledge Insight 10 年夏特別号掲載の図を一部改編）

1-2-2 沖縄県の PV に関連する企業

沖縄県内の PV システムに関連する企業の情報収集を行った。国や県等によって整理された一覧表等の情報収集を試みたが、そのような情報は得られなかったことから独自に調査を行った。その結果を表 1-2-2.1 に示す。沖縄県内に PV システムに関連する企業は少なくとも約 90 社あると推定される。

表 1-2-2.1 県内の PV に関連する企業

No.	企業名	No.	企業名	No.	企業名
1	株式会社又吉電工	31	太陽光発電を普及させる会	61	安心プラン(合同会社)
2	株式会社エコハウス沖縄	32	太陽技研株式会社	62	川満鐵工所
3	金ちゃん銀ちゃん	33	有限会社桃原建材	63	有限会社よろこび電化
4	泉冷凍設備	34	株式会社日進ホールディングス	64	有限会社オキツウ(OKITSU)
5	株式会社セイシン	35	比謝川ガス株式会社嘉手納支店	65	有限会社クレイン
6	株式会社栄進電設	36	株式会社フクデンサービス	66	有限会社システム光
7	沖縄電気環境	37	フクデン鋼業	67	有限会社プラスナレッジ
8	株式会社石川電設	38	株式会社ブレイズ企画	68	有限会社十和通信
9	タイコーサービス株式会社	39	宮城電機ショールーム	69	有限会社 沖縄小堀電機
10	株式会社フクデンサービス	40	未来エコサービス(合同会社)	70	有限会社 琉盛システム
11	イーゴス株式会社	41	株式会社モトエ沖縄販売中部支店	71	株式会社アースエコテクノ
12	株式会社カイ総合設備	42	株式会社ユキシンノ浦添営業所	72	株式会社ウエストクリエイティブ
13	株式会社アトムホーム	43	株式会社饒平名エコステーション	73	株式会社エコモ
14	株式会社アミテック	44	アミテック沖縄	74	株式会社オカノ
15	有限会社伊波電設	45	エコデン	75	琉球ていーだ
16	エネオンアライアンス株式会社	46	エコリフォームサンクリーン	76	グローバルTHT
17	エネていーだ琉球株式会社	47	株式会社エコワールド沖縄	77	株式会社シェア
18	オール電化の沖縄家	48	エムケイブランニング	78	株式会社タカケン開発本社
19	沖縄協同ガス株式会社	49	サンシティ(株)	79	株式会社ノリマサ
20	沖縄県太陽光発電事業協同組合	50	サンシャイン省エネ社	80	株式会社パナム電力システム
21	株式会社沖縄エコ設備	51	ダイケンホーム琉球	81	株式会社匠企画
22	沖縄ソーラー株式会社	52	トレンド・フジ	82	株式会社 大名
23	株式会社沖縄電子	53	パイオニア電設株式会社	83	株式会社奥浜組
24	株式会社ギマ石油	54	ヒューマン商事	84	株式会社沖縄設備
25	グリーンエネルギー沖縄有限会社	55	中山電器	85	株式会社琉球建設
26	株式会社グローバルDHT	56	久米島太陽光発電推進協議会	86	比嘉電気工事社
27	株式会社グローバル商事	57	京セラソーラーFC琉球	87	盛電気
28	三奉電機株式会社	58	喜電気工業	88	金秀アルミ工業株式会社
29	株式会社新昭和	59	大蔵(合同会社)		
30	太陽光沖縄	60	大邦ボイラーメンテナンス		

1-2-3 取り巻く環境

下記の三つの要因から沖縄県の PV 関連企業を取り巻く環境は他の都道府県と比較して厳しいと考えられる。

(1) 割高な資材コスト

表 1-2-3.1 に那覇と本土の資材コストの比較を示す。労務費については沖縄と本土はほとんど同じだが、資材費に関しては本土より沖縄の方が高い。これは資材またはその原材料を県外から県内へ輸送する際に生じる輸送コストが主な要因の一つと考えられる。また、離島においてはさらなる輸送費が発生するため、那覇より資材費が高くなると推測される。

表 1-2-3.1 那覇と本土の資材費と労務費の比較

No.	項 目	那 覇	本土平均
1	H 型鋼	82,000	75,286
	比率 ^{注)}	1.09	1.00
2	鋼板	79,000	69,571
	比率 ^{注)}	1.14	1.00
3	アスファルト混合物	9,000	7,271
	比率 ^{注)}	1.24	1.00
4	生コン	12,500	8,657
	比率 ^{注)}	1.44	1.00
5	材料費平均	45,625	40,196
	比率 ^{注)}	1.14	1.00
6	労務費	16,949	16,773
	比率 ^{注)}	1.01	1.00

注) 福岡、広島、大阪、名古屋、東京、仙台の平均を 1.00 とした場合の比率

(出典：「沖縄の特性を考慮した社会資本整備の要求水準に関する調査」，

国土交通省国土技術政策総合研究所，平成 17 年度)

(2) 太陽電池を支持する架台の必要性

太陽電池は風圧や積雪に耐えられるように設置する必要があるため、まずは屋根に架台を固定し、その架台に太陽電池を据え付けるのが一般的である。また、太陽電池は一定の傾斜角を持たせて設置する必要があるが、切妻屋根及び寄棟屋根の場合は屋根自体が傾斜していることから、太陽電池を屋根面にほぼ並行に設置すればよい。図 1-2-3.2 に示すように架台はコンパクトな形状となっている。

一方、コンクリート造の平屋根が多い沖縄では太陽電池に傾斜角を持たせるために図 1-2-3.3 に示すように比較的大型の架台が必要となる。また、沖縄は毎年のように非常に強い台風が接近または通過することから、架台には台風の風圧に耐えられるような高い強度が求められる。そのため、架台には H 型鋼や L 型アンクル等の鋼材が使用され、さらに塩害にも耐えられるよう通常表面に熔融亜鉛メッキが施される。そのため、切妻屋根及び寄棟屋根に設置する場合と比較してコスト高となる。



図 1-2-3.1 切妻屋根及び寄棟屋根に設置された PV システム（群馬県太田市）

（出典：NEDO ウェブサイト http://www.nedo.go.jp/activities/ZZ_00229.html）

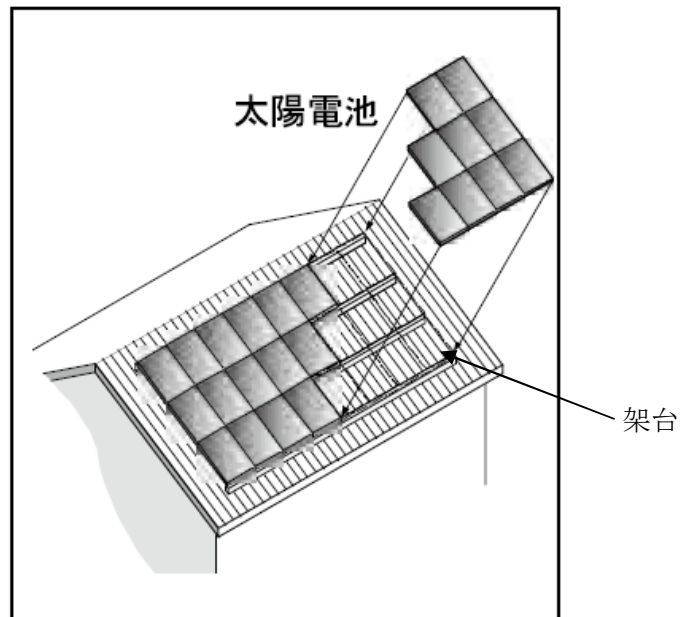


図 1-2-3. 2 切妻屋根に太陽電池を設置する場合の模式図

(出典：太陽光発電協会「太陽電池モジュールの標準施工【屋根編】」)



図 1-2-3. 3 平屋根に設置された PV システムの一例 (沖縄県)

(3) 補助金額と kW あたりのシステム単価

PV 導入量の拡大のために、国は一般住宅への PV システム設置に対して補助金を支給している。この補助金は太陽電池モジュールの公称最大出力 1kW あたり全国一律の金額となっている。また、補助を受けることができる対象システムの条件として、システム単価が一定の値以下であることが定められている。図 1-2-3.4 に PV システムに対する補助金と kW あたりのシステム単価の推移を示す。補助金額と kW あたりのシステム単価は年々低下している。

PV システムを設置しようとする者は補助金を受けるために、PV システム設置業者に対して定められたシステム単価を下回るよう要求する。その要求に応えるために、業者はなるべくコストを削減するよう努力するが、沖縄は資材コストが高く、さらに架台が比較的大型であり、その分割高となるため、沖縄の PV システム設置業者が得られる利益はその分少なくなる。

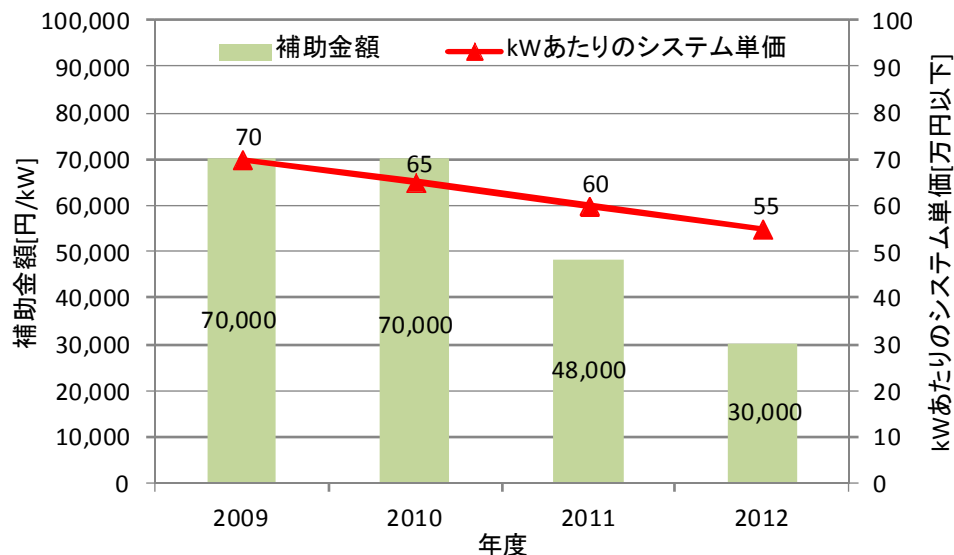


図 1-2-3.4 PV システムに対する補助金と kW あたりのシステム単価の推移

1-3 活用が見込まれる中小企業の技術の強み

1-3-1 技術の強みを持つに至る背景

沖縄県は東西 1,000km、南北 400km の広大な海域に点在する大小 160 の島々で構成されており、そのうち 37 の有人離島に電気が供給されている。沖縄本島以外では、石垣・宮古をはじめ 11 の離島に独立系統の DG 発電所が設置されており、これら DG の燃料には重油が使用されているが、輸送費が嵩むことと近年の原油価格高騰の影響を受け、沖縄本島と比較して発電コストが高いことが問題となっている。そこで、沖縄県においては DG の燃料消費量を削減すべく、小規模離島への PV や風力発電等の再生可能エネルギーの導入がこれまで積極的に行われてきた。特に PV は小規模から大規模まで多数のシステムが導入されており、沖縄県内の中小企業が企画から設計・施工まで幅広く従事している。亜熱帯性気候に属する島嶼地域という特殊性に起因する様々な課題を克服する中で、沖縄県の中小企業は高い知見と経験を培ってきた。

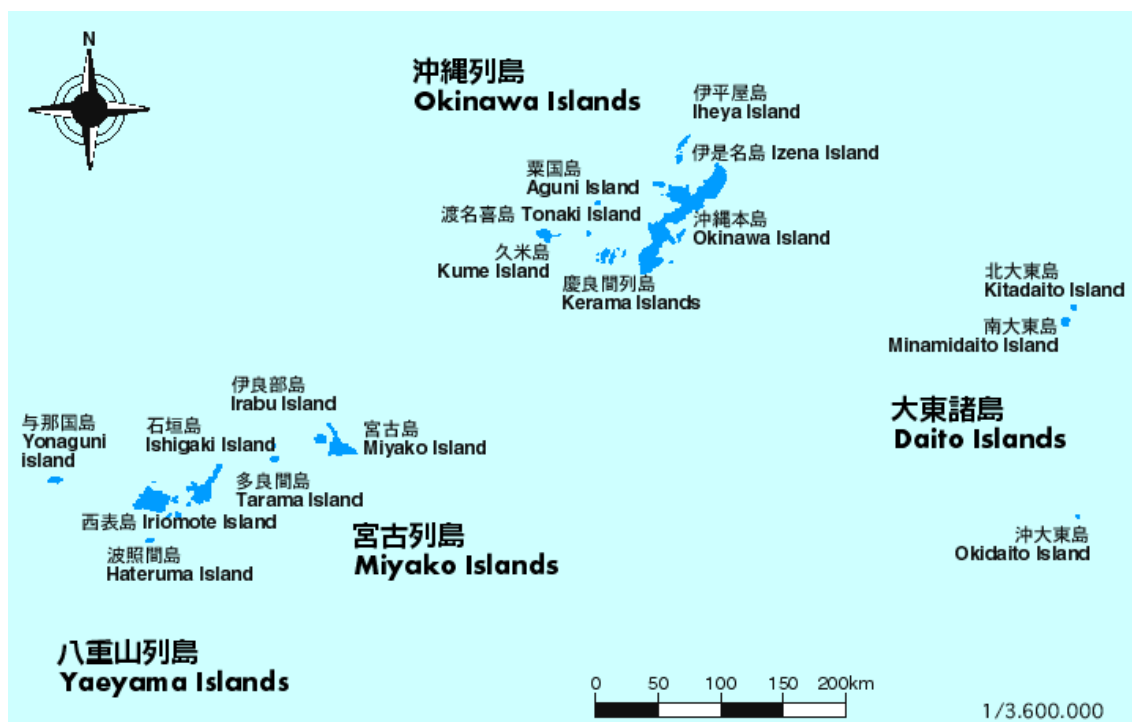


図 1-3-1.1 沖縄県の地図

(出典：沖縄県 Web サイト)

1-3-2 活用が見込まれる技術

亜熱帯性気候に属する小規模離島への PV システム導入という点において、沖縄県内の中小企業は豊富な経験と高い技術力を有している。具体的には以下の項目が挙げられる。

表 1-3-2.1 沖縄県の中小企業の技術

内 容
(1) PV システムが電力品質に与える影響の検討に関する経験と知見
(2) 持続的に運用・維持管理が可能なシステムの構築に関する経験と知見
(3) 強風・台風対策
(4) 塩害対策
(5) 小動物対策

(1) PV システムが電力品質に与える影響の検討に関する経験と知見

PV システムの出力は天候に大きく左右され、図 1-3-2.1 に示すように曇りの日は短時間で大きく変動することがある。通常、系統周波数は電力の需要と供給がバランスをとることによって一定に保たれているが、PV や風力発電のような変動性・不安定性を有する電源が電力系統に過大に連系されると、需要と供給のバランスが崩れて系統周波数が変動し、管理値を逸脱する恐れがある。そのため、沖縄県の小規模電力系統に PV を大量に導入する際は、出力変動が系統周波数へ与える影響が慎重に考慮されている。

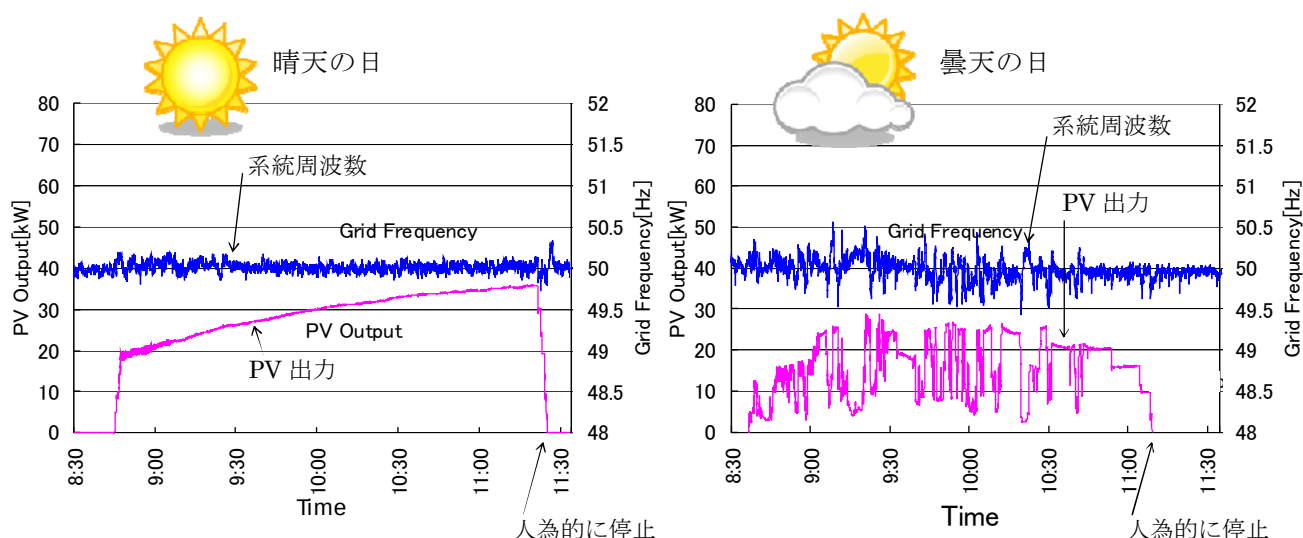


図 1-3-2.1 小規模電力系統における PV 出力と系統周波数を示す実際のデータ

(2) 持続的に運用・維持管理が可能なシステムの構築に関する経験と知見

離島において比較的大規模な PV システム等の故障対応の際には、交換部品の輸送に時間がかかることや故障対応の技術者の派遣に時間と費用が嵩むことなどから、効率的な運用・維持管理が大きな問題となってきた。そこで、近年、沖縄県においては大規模なシステムにおいてもなるべく市販の小容量のパワーコンディショナーを多数台組み合わせるなどして、メーカーに依存せず自ら持続的に運用・維持管理が可能なシステムが設計され構築されている。

離島では機器の故障が発生してメーカーに対応してもらう際には、復旧まで長期間システムを停止することから設備利用率が低下することと、メーカーの技術員を呼び寄せるため多大なコストが発生するという問題がある。大型の受注生産品を用いるのではなく、図 1-3-2.2 に示すようになるべく小型の市販品を多数台組み合わせたシステムを構築すれば、故障時に自ら対応することができるため迅速な復旧が可能となり、設備利用率の向上が期待できる。さらに、故障対応に要するコストも削減することが可能である。

図 1-3-2.3 で示すように沖縄においてはすでにこのようなシステムが複数の離島において実際に導入されており、順調に稼働している。

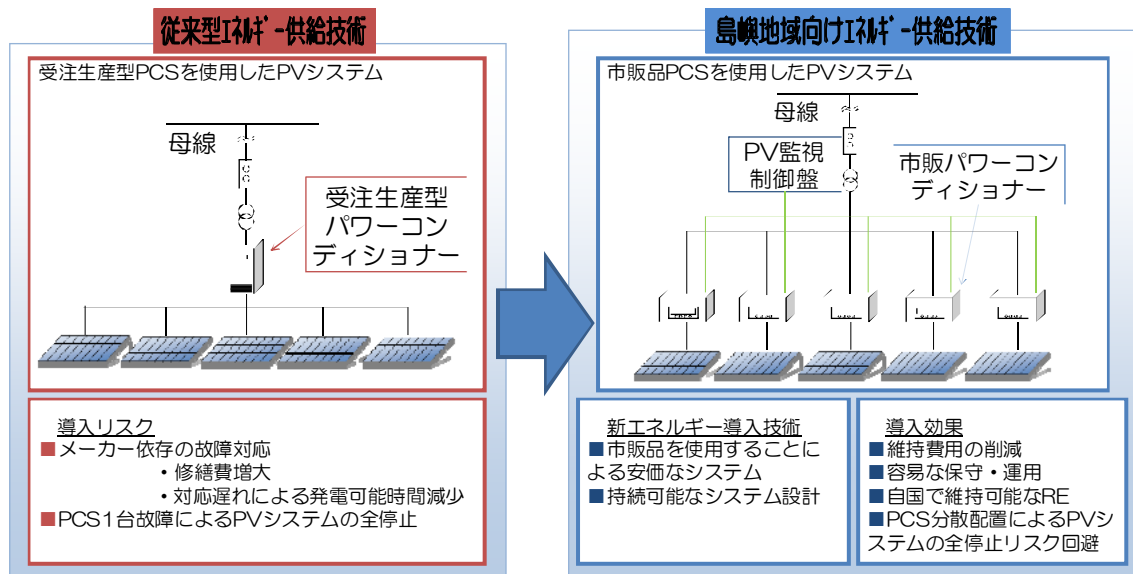


図 1-3-2.2 持続的に運用・維持管理が可能なシステム構成の一例



(a) 事例 1 : 定格出力 10kW の PCS で構成した事例



(b) 事例 2 : 定格出力 5.5 kW の PCS で構成した事例

図 1-3-2. 3 沖縄の離島における市販品 PCS を使用した PV システムの導入事例

(3) 強風・台風対策

沖縄は台風の常襲地域であるため、PV システムには台風による強風や突風に耐えられる十分な強度が求められる。特に太陽電池モジュールは非常に大きい風圧荷重が掛かるため、安全性の観点からも太陽電池パネルを固定・支持する架台は非常に重要な役割を果たしている。沖縄においては前述したようにコンクリート造の平屋根が多いことから H 型鋼や L 型アンクルなどの鋼材で架台が組まれている。図 1-3-2. 4 に沖縄における強風・台風対策が施された架台の事例を示す。アジア・太平洋の熱帯低気圧が通過または接近する地域に PV システムを導入する際は、沖縄で培った強風・台風対策に係る経験と知見を活用することが可能である。



(a) 前方から撮影した写真



(b) 後方から撮影した写真

図 1-3-2. 4 沖縄における強風・台風対策が施された架台の事例

(4) 塩害対策

沖縄は台風の常襲地域であるとともに海に囲まれた島嶼地域でもあることから、台風の発生に伴う上昇気流で海水が持ち上げられ、さらに海水を含んだ風や雨が塩分を地上に拡散するため、特に農作物や金属で構成された構築物に対する塩害による被害が大きい。PVシステムの太陽電池モジュール、架台、接続箱等は通常屋外に設置され、特に金属で構成されている架台については沖縄では重点的に防錆処理が施されている。具体的には鋼材の表面に溶融亜鉛メッキ処理を施すことが一般的である。また、パワーコンディショナーを屋外に設置する場合、電子機器は塩分に対して非常に弱いことから換気装置に塩分フィルターを追加するなどの対策が施される。海外の島嶼地域にPVシステムを導入する際は、沖縄で培った塩害対策に係る経験と知見を活用することが可能である。

(5) 小動物対策

沖縄は亜熱帯性気候に属するためヤモリ、ヘビ、シロアリなどの小動物が多く生息している。それらの小動物が電気設備に侵入して通電部に触れると短絡（ショート）や地絡（漏電）を引き起こし、電気機器が故障あるいは焼損することがある。小動物による故障や事故を未然に防ぐために、沖縄では小動物が電気設備に侵入することが無いよう小動物対策が施されている。具体策としては、ケーブルを接続箱や屋内に引き回すための引込口に小動物が侵入する隙間が生じないように充填剤を密に詰めることなどが挙げられる。小動物が多く生息する熱帯や亜熱帯地域にPVシステムを導入する際は、沖縄で培った小動物対策に係る経験と知見を活用することが可能である。

1-4 中小企業が海外ビジネス展開を図る上での課題

海外展開について、沖縄県内の中小企業にヒアリングを行ったところ、懸念事項として主に以下の3点が提起された。

① 語学力を有する社員の不足

中小企業においては、対象国で最低限必要とされる英語によるコミュニケーションを自社社員が実施出来るケースは稀であるため、技術的な内容にも対応可能な通訳の雇用が必要不可欠となる。

② 海外事業の経験度

海外での業務経験が非常に少なく、対象国の法規制や海外でビジネスを行う上での慣例や手続き等に不慣れなので、海外事業に豊富な経験と実績をもつコンサルタント等からのサポートが必要である。

③ 現地での業務実施体制

海外に支店等の拠点を持たない中小企業が現地で業務を遂行する上で、現地の事情に精通した業者の協力が必要不可欠となる。現時点ではそのような現地業者との協力体制が構築されていない。

これらの懸念事項を解消するためには、今後案件化調査を実施し、現地のさらに詳細な情報が中小企業に伝えられることが望ましい。案件化調査を実施しない場合は、本調査の情報のみでは現地の状況を完全に把握することは難しいため事業実施期間に十分余裕を持たせることが望ましい。

1-5 中小企業の海外展開による地域経済への貢献

沖縄県の中小企業が海外展開を図ることが以下の観点から地域経済に貢献すると考えられる。

①雇用の維持・拡大

沖縄県の市場規模は本土と比較すると小さく、しかも沖縄県の公共工事請負金額は近年漸減する傾向にあり、沖縄県の工事関連業者にとって非常に厳しい事業環境にある。この中で現在抱えている雇用と従業員の賃金水準を維持するためには新たな市場に参入して一定の売上を確保する必要に迫られている。しかし、本土の市場はすでに本土の企業に占められているため進出することが難しい状況である。一方、海外には沖縄県に類似した地理的条件や気候条件を持つ島嶼地域が数多くあることから、沖縄県の中小企業が持つ技術を活用できる機会が豊富にあり、未だ開拓されていない潜在的な市場も存在する。このことから、中小企業が海外展開を図り、海外からの業務の受注拡大を図ることによって、沖縄県の中小企業に勤務する従業員の雇用と賃金水準の維持に貢献することが可能であると考えられる。

②人材の育成

従業員数の少ない中小企業では個々の従業員の技能が会社の業績や売上に即座に反映される。また、継続的に中小企業の技術力・生産性を向上し、競争力の強化を図るという長期的な観点からも人材の育成は非常に重要な課題である。しかし、中小企業が人材育成に時間と費用を振り分ける経済的余裕は現実的にはあまり無い。そのような中で中小企業が海外事業を人材育成の場に活用することが考えられる。

海外で事業を行う際には、様々な事態を予測して慎重に計画を策定する洞察力と先見性や、実施段階では短期間で大胆かつスピーディーに行動する機動力が求められる。また、時には日本の事業環境においては想定できない事態や変化に直面することもあるが、その際にも冷静な判断力と適切に対応する柔軟性が求められる。このような事業環境を通して社会の変化や多様なニーズに対応する能力を持つ人材が育成でき、中長期的には沖縄県経済に良い影響を与えることが期待できる。

③ビジネス機会の拡大

海外事業の経験が少ない中小企業が海外事業展開を図る際には単独で実施するのではなく、国内のコンサルタント、商社、メーカー等の海外事業経験のある企業の協力や支援が必要になると考えられる。また、海外においても現地の状況を熟知し人脈も有する現地企業の協力も必要になる。そのような協力関係の基に着実に海外事業の実績を積んでいくことで中小企業が国内外で新たなネットワークを広げていくことができる。将来的にはそのネットワークを活用して共同で新たな製品や技術を開発したり、それらを活用して新規事業を創出したりするなど国内外でのビジネス機会の拡大が期待できる。このように長期的な視点からも中小企業の海外事業展開が沖縄県の産業発展につながると期待できる。

第2章 ソロモン諸島

2-1 ソロモン諸島の現状及びニーズの確認

2-1-1 ソロモン諸島の政治・経済の概況

ソロモン諸島(以下:「ソ」国)は、ガダルカナル、マライタ、サントイザベル、ニュージョージア、チョイセル、サンクリストバスの主要6島と約1,000を数える島から成る群島国家で行政上は9つの州に分かれている。人口は、約536,000人で首都のホニアラには64,602人(2009年国勢調査)が生活している。

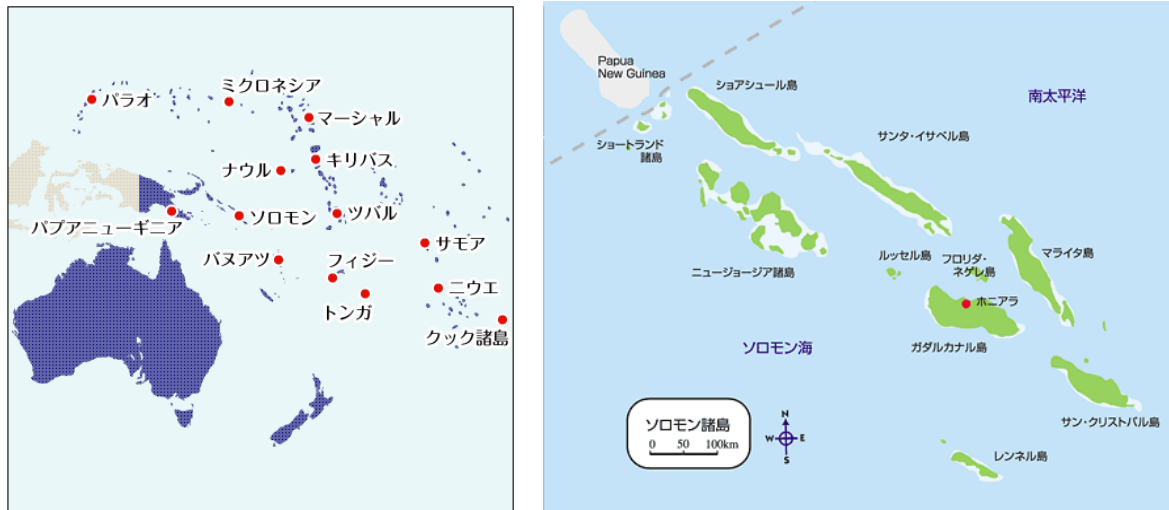


図 2-1-1.1 「ソ」国位置図

(1) 一般事情

面積 : 2万8,900平方キロメートル
 人口 : 54万人(2011年、UNdata)
 首都 : ホニアラ
 民族 : メラネシア系(約94%)、ポリネシア系、ミクロネシア系、ヨーロッパ系、中国系
 言語 : 英語(公用語)の他、ビジン英語(共通語)を使用
 宗教 : キリスト教(95%以上)
 気候 :

1年を通して高温多湿。首都ホニアラの気温は沿岸部の平均で最高が32℃、最低が21℃だが、内陸部に入ると最高気温は35℃まで上がる。降水量は3月が最高で430mm、8月が最低で約100mm。

5月下旬から12月上旬にかけては比較的雨が少ない。1月から4月上旬までは雨季となる。ホニアラは年平均雨量2,800mmで1日の日照時間は平均7時間。日の出は朝6時、日没は午後6時30分。雨が少ない7~9月は、南東からの貿易風があり比較的過ごし易い。ハリケーンは11月から翌年1月までの間に来襲するが、その多くは南へ移動するので実害は少ない。

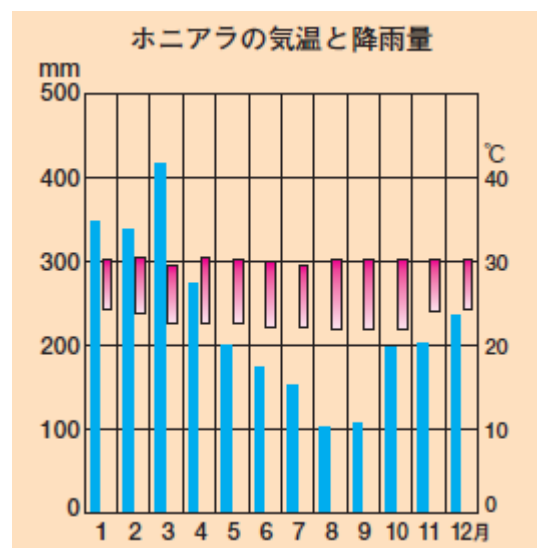


図 2-1-1.2 「ソ」国の平均最高・最低気温と降水量

(2) 政治体制・内政

2010年8月、国際選挙監視団が監視する中、総選挙が平和裡に実施され、フィリップ政権が発足した。2011年11月、不信任決議動議が議会に提出されたことを受けたフィリップ首相の辞任により、リロ政権が誕生した。

政体 : 立憲君主制

元首 : エリザベス2世女王(英国女王)、フランク・カブイ(FRANK KABUI)総督(2009.6就任)

議会 : 一院制、議員数50名、任期4年

(3) 経済

ソロモン中央銀行が発表した2010年度経済レポートによると、世界経済危機の影響により2009年度経済成長率はマイナス1.2%であったのに対し、2010年度は実質経済成長率7.1%と強い回復傾向を示した。プラス成長の主な要因について、一次産品(木材、農産物、水産物)の好調な伸びによるものと分析された。2011年度経済予測では、2011年度実質成長率は6.3%であり、2010年度と比較し、わずかに鈍化するものの、依然高水準を維持する見込みであるが、開発予算の約6割をドナー支援に依存しており、木材の輸出等に頼るモノカルチャー経済構造を改善し自立策を見出していく事が急務となっている。

主要産業 : 農業(コブラ、木材)、漁業

GNI(国民総所得) : 5.5億USドル(2010年、世界銀行)

一人当たりGNI : 1030USドル(2010年、世界銀行)

経済成長率 : 7.0%(2010年、世界銀行)

物価上昇率 : 5.6%(2010年、世界銀行)

総貿易額 : (1)輸出 420百万USドル
(2)輸入 387百万USドル
(2010年、アジア開発銀行)

主要貿易品目 : (1)輸出 木材、魚類、ココア
(2)輸入 燃料、食糧、機械・車両

主要貿易相手国 : (1)輸出 中国、韓国、タイ
(2)輸入 豪州、シンガポール、ニュージーランド

通貨 : ソロモン・ドル(SI\$)
1ソロモン・ドル=11.1円(2012年4月)

(4) 電力事情

① 電気に係る政府・公社の体制

「ソ」国では、資源エネルギー地方電化省(MMERE: MINISTRY OF MINES, ENERGY AND RURAL ELECTRIFICATION)が電力セクターを含むエネルギー部門を管轄している。MMEREは、その他に鉱物資源と地方電化も管轄している。MMERE内では、エネルギー局(DIVISION OF ENERGY:DOE)が電力セクターを含むエネルギー部門を担当している。

発電および送配電等の電力事業に関しては、ソロモン電力公社(SIEA: SOLOMON ISLANDS ELECTRICITY AUTHORITY)が業務を実施している。SIEAは、発電に必要な燃料油等の輸入から電気料金の徴収まで電力事業の全般について事業を請け負っている。

② 供給電力の概要

電源構成	： DG(ディーゼル発電設備) 34 台
送配電圧	： 33/11kV の架空および地中送電線(需要家供給は 415V に降圧)
電圧	： 240V (運用上の周波数管理目標値 240V±5V)
周波数	： 50Hz (運用上の周波数管理目標値 50Hz±2%)
電気方式	： 3 相 4 線
電化率	： 14%(首都:72%、離島:10%)
最大電力	： 15MW(首都)
送電ロス	： テクニカルロス 10%(世銀想定) ノンテクニカルロス 18%(世銀想定)

③ 電気料金

2012 年第 3 四半期の「ソ」国の電気料金を以下に示す。

表 2-1-1.1 「ソ」国における 1kWh 当りの電気料金(単位:ソロモン・ドル(円))

電気料金 (第 3 四半期)	一般家庭	商業用	産業用
基本料金	SI\$6.22	SI\$6.66	SI\$6.50
四半期燃料調整費	-0.4781	-0.4781	-0.4781
現在の電気料金	SI\$5.74(¥63.18)	SI\$6.19(¥68.04)	SI\$6.02(¥66.23)

(引用:ソロモン電力会社のホームページ 2012 年 10 月現在)

2-1-2 対象分野における現状と課題

(1) 割高な電気料金

電力は人々の日常生活や産業活動を支える非常に重要なエネルギーの1つである。しかし、島嶼国においては地理的条件に起因する燃料の輸送コスト高、さらには規模が小さいが故のエネルギー変換効率の低さなど、エネルギー供給面で構造的不利性を抱えている。それに加えて近年の原油価格の高騰がディーゼル燃料の価格上昇につながっており、その結果、図2-1-2.1に示すようにディーゼル発電を主電源とする島嶼国においては電気料金が割高となっている。この割高な電気料金は島嶼国の持続的発展を妨げる主要要因の1つとなっていることから、電気料金の低減に向けてディーゼル燃料の消費量を削減することが喫緊の重要な課題である。

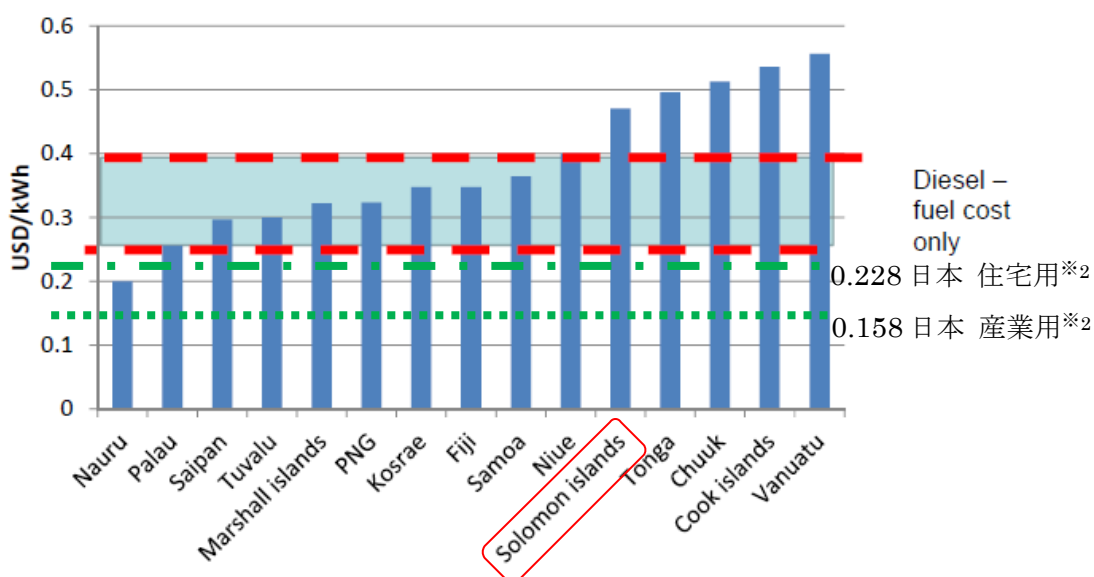


図 2-1-2.1 大洋州諸国における電気料金 (2011 年初旬の最低価格)※1

※1:DOLF GIELEN, “IRENA ISLANDS INITIATIVE”, 26 MAY 2012.

※2:2009 年の電気料金(資源エネルギー庁, “電気料金の各国比較について”, 2011 年 8 月)

特に、「ソ」国においては、近年(2009 年～2012 年)の電気料金を比較すると上昇傾向にあることから、早急な対策が必要である。日本の電気料金 約 20～30 円/kWh(従量電灯)と比較しても 2 倍以上割高な料金となっている。

表 2-1-2.1 「ソ」国における 1kWh 当りの電気料金推移(単位:ソロモン・ドル(円))

	一般家庭	商業用	産業用
2009 年	SI\$4.1 (¥45.28)	SI\$4.5 (¥49.69)	SI\$4.4 (¥48.04)
2010 年※1	SI\$3.9 (¥43.24)	SI\$4.3 (¥47.50)	SI\$4.2 (¥45.91)
2011 年※2	SI\$4.9 (¥53.91)	SI\$5.3 (¥58.47)	SI\$5.2 (¥56.77)
2012 年※3	SI\$5.9 (¥64.58)	SI\$6.3 (¥69.45)	SI\$6.1 (¥67.63)

※1 2010 年は 4 半期中 3 期の平均値

※2 2011 年は 2010 年と 2012 年の平均値と仮定した値

※3 2012 年は 4 半期中 2 期の平均値

(参照:NEW TARIFF REGULATION COMPUTATIONS JANUARY 2011 及びソロモン電力公社 HP)

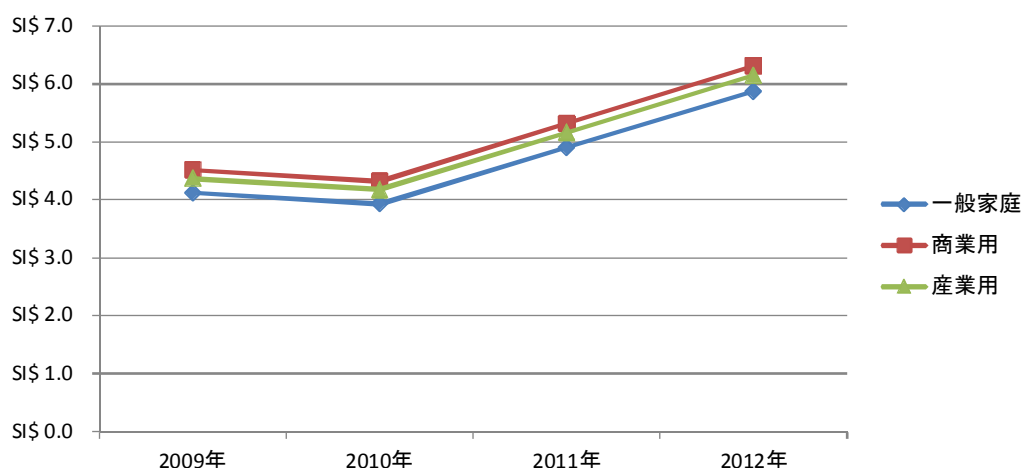


図 2-1-2.2 「ソ」国の電気料金表 (単位: SI\$)

(2) 脆弱なエネルギーセキュリティー

島嶼国は電力系統の規模が小さいことから電源の選択肢が限られており、ほとんどの国が小規模な電力系統にも適用可能なディーゼル発電を主に採用している。図2-1-2.3に 大洋州諸国の電源構成を示すが、水力資源が豊富なタヒチ等を除いて、ほとんどがディーゼル燃料等の石油燃料に依存した電源構成となっており、「ソ」国もその1つである。そのため、近年の石油価格高騰の影響を受け易い非常に脆弱なエネルギー供給構造を抱えている。エネルギーセキュリティーを向上させるために、電源の多様化を促進することが中長期的な課題である。

Utility	石油燃料		水力	風力	太陽光	バイオマス	Total	% RE
	Distillate ADO / IDO	Heavy fuel HFO / IFO						
ASPA (A Sam.)	159,113	-	-	-	-	-	159,113	0.0
CPUC (Chuuk)	-	9,798	-	-	-	-	9,798	0.0
CUC (Saipan)	208,446	-	-	-	-	-	208,446	0.0
EDT (Tahiti)	4,245	336,002	209,145	-	-	-	549,392	38.1
EPC (Samoa)	51,663	-	47,738	-	4	156	99,561	48.1
FEA (Fiji)	236,356	126,237	413,619	6,420	-	16,207	798,839	54.6
GPA (Guam)	26,122	1,835,881	-	-	-	-	1,862,003	0.0
KAJUR (RMI)	-	-	-	-	-	-	-	0.0
KUA (Kosrae)	6,504	-	-	-	56	-	6,560	0.9
MEC (Majuro)	62,912	-	-	-	-	-	62,912	0.0
NPC (Niue)	3,000	-	-	-	3	-	3,003	0.1
NUA (Nauru)	23,187	-	-	-	53	-	23,240	0.2
PPL (PNG)	31,734	16,333	283,454	-	-	-	331,521	85.5
PPUC (Palau)	83,075	-	-	-	n/a	-	83,075	0.0
PUB (Kiribati)	21,641	-	-	-	-	-	21,641	0.0
SIEA (Sol. Isl)	83,623	-	-	-	-	180	83,803	0.2
TAU (Cook Isl)	27,763	-	-	-	n/a	-	27,763	0.0
TEC (Tuvalu)	6,278	-	-	-	135	-	6,413	2.1
TPL (Tonga)	45,214	-	-	-	-	-	45,214	0.0
UNELCO (Van)	53,274	-	-	5,388	-	571	59,233	10.1
YSPSC (FSM)	13,000	-	-	-	-	-	13,000	0.0
Total	1,147,150	2,324,251	953,956	11,808	251	17,114	4,454,530	
% of total	25.8%	52.2%	21.4%	0.3%	0.01%	0.7%	100%	22.1

図 2-1-2.3 大洋州諸国の電源構成※1

※1: GORDON J. CHANG, "CHALLENGES IN RENEWABLE ENERGY INTEGRATION TO PACIFIC ISLAND GRIDS", 26 MAY 2012.

(3) 再生可能エネルギーの普及拡大

再生可能エネルギーはエネルギーセキュリティの向上及び温室効果ガスの削減に有効な手段の1つであるが、そのコストが普及の妨げとなってきた。しかし、技術開発の進展に伴い、再生可能エネルギーのコストは次第に低下している。図2-1-2.4 に大洋州におけるディーゼルと再生可能エネルギーの発電コストの比較を示す。近年、特に系統連系型のPVシステムにおいてはディーゼル発電と同等レベルまでコストが低下している。系統連系型PVシステムを導入することによりディーゼル燃料の消費量を削減できることから、その普及拡大が望まれる。しかし、多くの島嶼国では系統連系型PVシステムの導入事例が少ないことから、普及拡大に向けてはPVに関して長年の経験と実績を有する日本側からの支援が必要である。

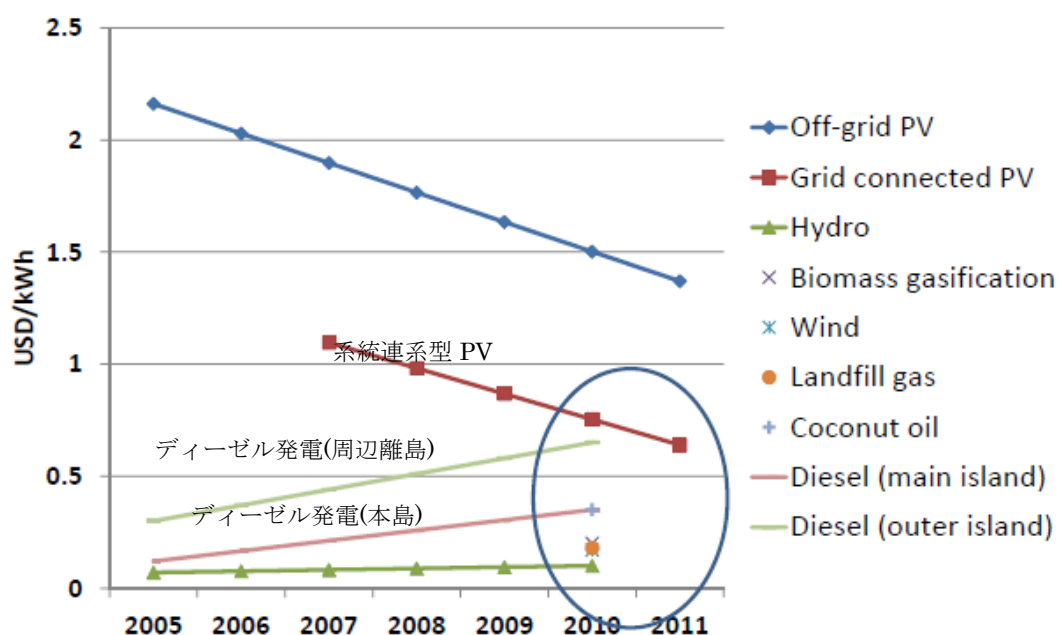


図 2-1-2.4 大洋州におけるディーゼルと再生可能エネルギーの発電コスト比較※1

※1:DOLF GIELEN, “IRENA ISLANDS INITIATIVE”, 26 MAY 2012

(4) 脆弱な電力設備

日本では、電力設備のメンテナンス状態が常に良いため、連系される系統については問題視されないが、「ソ」国では、送電設備において、事故による停電が多発するなど電力設備の脆弱化が進んでいるため、送電設備の整備も課題の一つである。

また、基幹電源であるディーゼル発電設備においては、各部のメンテナンスやスペアパーツが慢性的に不足しているため、稼働状況が思わしくない状況が見られる。系統連系型PVの良好な稼働は電力設備の安定化が前提となることから、その設備の整備も課題となる。

(5) 廃棄物処理に関する課題

「ソ」国では生活様式の変化と都市部への急速かつ過度の人口流入の結果、首都や地方都市における廃棄物の増加、不適正な処理による健康への悪影響等、廃棄物管理に関する問題が年々深刻化している。同国政府は 2009 年に国家固形廃棄物管理戦略・行動計画(NATIONAL SOLID WASTE MANAGEMENT STRATEGY AND ACTION PLAN, 2009-2014)、国家ヘルスケア廃棄物管理方針(NATIONAL HEALTHCARE WASTE MANAGMENT POLICY)を策定したが、財政不足、人材不足、技術力不足等により具体的な対策は進んでいない状況にある。また住民の環境問題に対する意識は低く、環境污染のみならず保健衛生面でも影響を及ぼしている。(「対ソロモン諸島 事業展開計画(案)」より引用)

PV システムのうち系統に連系していない自立型(スタンドアローン)や、停電時にも発電可能な非常用型には、一般的に電力貯蔵用として鉛蓄電池が用いられる。しかし、鉛蓄電池は適切な維持管理を行わなければすぐに劣化してしまうため、十分なメンテナンスが難しい地域で本システムを導入することは廃棄物の増加につながりかねない。

よって、蓄電池を必要としない系統連系型の PV システムは、廃棄物処理の観点からも優れていると考えられる。

2-1-3 「ソ」国の関連計画、政策及び法制度

(1) 「ソ」国の系統連系に関する制度・基準

「ソ」国の分散型電源の系統連系に係る規程や技術要件等を表 2-1-3.4 に示す。政府によって定められた規程や技術要件ではなく、オーストラリア、ニュージーランド、ヨーロッパ等の基準に基づき、全て SIEA によって作成されている。2010 年に作成され政府に提出されたが、現時点(2012 年 11 月現在)ではまだ承認されていない状況である。

“DISTRIBUTION CODE FOR DISTRIBUTED GENERATION” は SIEA の電力系統に分散型電源を導入する者が遵守すべき規程である。SIEA の電力系統の保護と安全で効率的な運用を目的としており、電力系統及び分散型電源の設計上の規程や運用上の規程など電力品質の確保に係る規程だけではなく、安全管理等の保安の確保に係る規程も定められている。

“TECHNICAL REQUIREMENTS FOR CONNECTION OF DISTRIBUTED GENERATION (DG)” は、分散型電源の系統連系に係る特に技術的な基準と要件を定めた文書である。系統連系される分散型電源のインバータの基準、電圧フリッカや高調波等の電力品質、各種保護装置の設置等の具体的な技術要件が定められている。

“DISTRIBUTED GENERATION CONNECTING TO SIEA’ S ELECTRICITY NETWORK” は、分散型電源を導入する際の手続きの概要を解説した文書である。詳細な技術要件は省略されており、SIEA の電力系統に連系する際に考慮すべき事項が要約されている。分散型電源の電力容量に応じて 10kW 以上と 10kW 未満の 2 種類がある。

表 2-1-3.4 「ソ」国の系統連系に係る規程や技術要件等

No.	名 称	作成者
1	DISTRIBUTION CODE FOR DISTRIBUTED GENERATION (分散型電源のための配電規程)	SIEA
2	TECHNICAL REQUIREMENTS FOR CONNECTION OF DISTRIBUTED GENERATION (DG) (分散型電源の連系のための技術要件)	SIEA
3	DISTRIBUTED GENERATION (GREATER THAN 10kW) CONNECTING TO SIEA’ S ELECTRICITY NETWORK (10kW 以上の分散型電源のソロモン電力公社系統への連系)	SIEA
4	DISTRIBUTED GENERATION (LESS THAN 10kW) CONNECTING TO SIEA’ S ELECTRICITY NETWORK (10kW 未満の分散型電源のソロモン電力公社系統への連系)	SIEA

① “DISTRIBUTION CODE FOR DISTRIBUTED GENERATION” の概要

“DISTRIBUTION CODE FOR DISTRIBUTED GENERATION” (以下、DISTRIBUTION CODE と表記)は SIEA の電力系統の保護と安全で効率的な運用を目的として作成された。SIEA の電力系統に電力設備を連系している者、あるいはしようとする者はこれを遵守しなければならず、遵守しない者に対して SIEA は電力系統への接続を解除する、あるいは接続の申し込みを断ることができる。DISTRIBUTION CODE は主に以下の 4 分野を網羅している。

- ・ SIEA の電力系統に接続する際の基準と技術要件
- ・ 連絡体制に係る要件
- ・ 長期計画に係る要件
- ・ SIEA の電力系統の健全性と安全な運用

DISTRIBUTION CODE に示されている要件の主な項目を表 2-1-3.5 に示す。

表 2-1-3.5 DISTRIBUTION CODE に示されている要件の主な項目

1. GENERAL (概要)	
2. DISTRIBUTION PLANNING CODE (配電計画規定)	
	2.1 INTRODUCTION (序文)
	2.2 STANDARDS AND DESIGN PRINCIPLES (基準及び設計原則)
	2.3 CONNECTIONS TO SIEA' S NETWORK (ソロモン電力公社系統への連系)
	2.4 TECHNICAL REQUIREMENTS FOR CONNECTION (連系に関する技術要件)
	2.5 REQUIREMENTS FOR EMBEDDED GENERATION (組み込み型発電に関する要件)
	2.6 PLANNING INFORMATION (計画情報)
3. DISTRIBUTION OPERATING CODE (配電運用規程)	
	3.1 DEMAND FORECASTS (需要予測)
	3.2 OUTAGE PLANNING (停電計画)
	3.3 TESTING AND MONITORING (試験及び監視)
	3.4 DEMAND CONTROL (需要制御)
	3.5 OPERATIONAL LIAISON (運用上の連絡)
	3.6 FITTINGS NUMBERING AND NOMENCLATURE (電力設備の番号化及び名称)
	3.7 ACCESS TO EQUIPMENT (機器へのアクセス)
	3.8 MAINTENANCE OF SUBSTATION ACCOMMODATIONS (変電所施設の維持管理)
	3.9 VEGETATION CONTROL (植物規制)
	3.10 ASSET MANAGEMENT PLAN (資産管理計画)
4. SAFETY COORDINATION (安全調整)	
	4.1 OBJECTIVE (目的)
	4.2 PROCEDURE (手順)
5. CONTINGENCY PLANNING (緊急時対応計画)	
	5.1 EMERGENCY LOAD SHEDDING (緊急負荷遮断)
	5.2 NETWORK RECOVERY PROCEDURE (ネットワーク回復手法)
	5.3 CIVIL EMERGENCIES (非常事態)

② “TECHNICAL REQUIREMENTS FOR CONNECTION OF DISTRIBUTED GENERATION (DG)” の概要

“TECHNICAL REQUIREMENTS FOR CONNECTION OF DISTRIBUTED GENERATION (DG)” (以下、TECHNICAL REQUIREMENTS と表記)は、分散型電源の系統連系に係る基準と特に技術的な要件を定めた文書である。

TECHNICAL REQUIREMENTS に示されている技術要件の主な項目を表 2-1-3.6 に示す。保護装置、運用、監視、電力品質、検査、維持管理等に係る技術要件が解説されている。

表 2-1-3.6 TECHNICAL REQUIREMENTS に示されている技術要件の項目

1. PROTECTION REQUIREMENTS (保護要件)	
	1.1 AVAILABILITY OF PROTECTION (保護の可用性)
	1.2 NETWORK ISLANDING (系統分離)
	1.3 SYNCHRONIZING (同期)
2. OPERATING REQUIREMENTS (運用要件)	
3. MONITORING (監視)	
4. POWER QUALITY (電力品質)	
	4.1 LIMITATION OF DC INJECTION (DC 注入の制限)
	4.2 LIMITATION OF VOLTAGE FLICKER INDUCED BY THE DG (DG により引き起こされた電圧フリッカの制限)
	4.3 HARMONICS (高調波)
	4.4 SURGE WITHSTAND CAPABILITY (サージ抵抗)
5. POWER FACTOR (力率)	
6. TESTING, COMMISSIONING AND MAINTENANCE (試験、試運転及び維持管理)	

全ての機器や部材は SIEA の基準のみではなく、表 2-1-3.7 に示すようにオーストラリア及びニュージーランドの基準と IEC 等の国際規格に準拠する必要があると定められている。これらの規定は、1 規定につき 5,000 円～20,000 円前後でインターネットから購入可能である。

<http://infostore.saiglobal.com/store/default.aspx>

表 2-1-3. 7 TECHNICAL REQUIREMENTS に示されている準拠すべき基準

STANDARDS	TITLE
AS 4777. 1-2005	インバータを介したエネルギーシステムの系統連系 パート 1: 設置要件
AS 4777. 2-2005	インバータを介したエネルギーシステムの系統連系 パート 2: インバータ要件
AS 4777. 3-2005	インバータを介したエネルギーシステムの系統連系 パート 3: 系統保護要件
AS/NZS 61000. 3. 3: 2003	電磁両立性 (EMC) パート 3. 3: 制限値 - 1 相あたり 16A 以下の定格電流を持ち、かつ条件付接続に左右されない装置用の公共電圧電源系統における電圧変更、電圧変動及びフリッカの限度値
AS/NZS 61000. 3. 5: 1998	電磁両立性 (EMC) パート 3. 5: 制限値 - 16A 以上の定格電流を持つ装置用の低電圧系統における電圧変動及びフリッカの限度値
AS/NZS 61000. 3. 7: 2001	(EMC) パート 3. 7: 制限値 - 中電圧及び高電圧電力系統における変動負荷の放出限度値の評価法 (IEC61000-3-7: 1996, MOD)
AS/NZS 61000. 3. 6: 2001	電磁両立性 (EMC) パート 3. 6: 制限値 - 中電圧及び高電圧電力系統における歪み負荷の放出限度値の評価法 (IEC61000-3-6: 1996, MOD)
IEC 60255	継電器 (すべての関連基準)
IEC 60068-2	環境検査
IEEE Std 519-1992	米国電気電子技術者協会 (IEEE) は、電力系統における高調波抑制に関する実践及び要件を提言した

(出典: TECHNICAL REQUIREMENTS FOR CONNECTION OF DISTRIBUTED GENERATION (DG))

③ “DISTRIBUTED GENERATION CONNECTING TO SIEA’ S ELECTRICITY NETWORK” の概要

“DISTRIBUTED GENERATION CONNECTING TO SIEA’ S ELECTRICITY NETWORK” は、需要家が分散型電源を導入する際に必要となる手続きや遵守すべき技術要件の概要などを幅広く網羅したガイドブックのような位置付けの文書である。

10kW 以下の分散型電源に係る文書の内容を表 2-1-3. 8 に、10kW 以上については表 2-1-3. 9 に示す。図 2-1-3. 1 に分散型電源に接続される 10kW 未満のインバータ配線イメージ図を示す。

詳細な技術要件は省略されており、SIEA の電力系統に連系する際に考慮すべき事項が要約されている。

表 2-1-3.8 “DISTRIBUTED GENERATION (LESS THAN 10KW) CONNECTING TO SIEA’ S ELECTRICITY NETWORK” の概要

1. WHAT IS DISTRIBUTED GENERATION? (分散型電源とは?)
2. GENERATING AND SELLING YOUR OWN ELECTRICITY - BEFORE YOU START (発電及び売電—はじめに)
3. STANDARDS (基準)
4. SAFETY (安全性)
5. FOUR STEPS TO GENERATING AND SELLING YOUR OWN ELECTRICITY (発電及び売電への 4 つのステップ)
STEP 1 - SELECT YOUR SYSTEM (機器の選択)
STEP 2 - TALK TO SIEA (ソロモン電力公社との協議)
STEP 3 - ARRANGE INSTALLATION (設置の手配)
STEP 4 - NOTIFY SIEA ONCE CONNECTED (連系直後にソロモン電力公社への通知)
6. CHANGE OF OCCUPANCY (占有率の変更)
7. FOR FURTHER INFORMATION (詳細情報)

表 2-1-3.9 “DISTRIBUTED GENERATION (GREATER THAN 10kW) CONNECTING TO SIEA’ S ELECTRICITY NETWORK” の概要

1. DISTRIBUTED GENERATION - SETTING THE SCENE (分散型電源—状況設定)
2. FOR FURTHER INFORMATION (詳細情報)
3. IMPLICATIONS OF CONNECTING DISTRIBUTED GENERATION (分散型電源の連系の留意事項)
3.1 HEALTH AND SAFETY IMPLICATIONS (安全衛生への留意事項)
3.2 TECHNICAL IMPLICATIONS (技術的な留意事項)
3.3 COMMERCIAL IMPLICATIONS (商業上の留意事項)
3.4 OTHER IMPLICATIONS AND CONSIDERATIONS (その他の留意事項と考慮)
3.5 ‘TYPICAL’ GENERATOR CONNECTION DIAGRAM (一般的な発電機の配線図)
4. TECHNICAL STANDARDS TO BE MET (満たすべき技術要件)

5. IMPORTANT STEPS TO CONNECTING DISTRIBUTED GENERATION (分散型電源の連系のための重要なステップ)	
5.1	READ SIEA' S DISTRIBUTED GENERATION DOCUMENTS (ソロモン電力公社の分散型電源に係る文書を読む)
5.2	INITIAL APPLICATION TO SIEA (ソロモン電力公社への初期申請)
5.3	DESIGN IN CONJUNCTION (接続(機器)関連の設計)
5.4	INSTALLATION OF GENERATION (発電機設置)
5.5	FINAL APPLICATION AND APPROVAL TO PROCEED (最終申請及び使用認可)
5.6	CONNECTION TO SIEA' S ELECTRICITY NETWORK (ソロモン電力公社系統への連系)
6. FEES (料金)	
7. USEFUL LINKS (有用リンク集)	
8. INFORMATION REQUIREMENTS FOR DISTRUBUTED GENERATION (分散型発電に関する情報要件)	

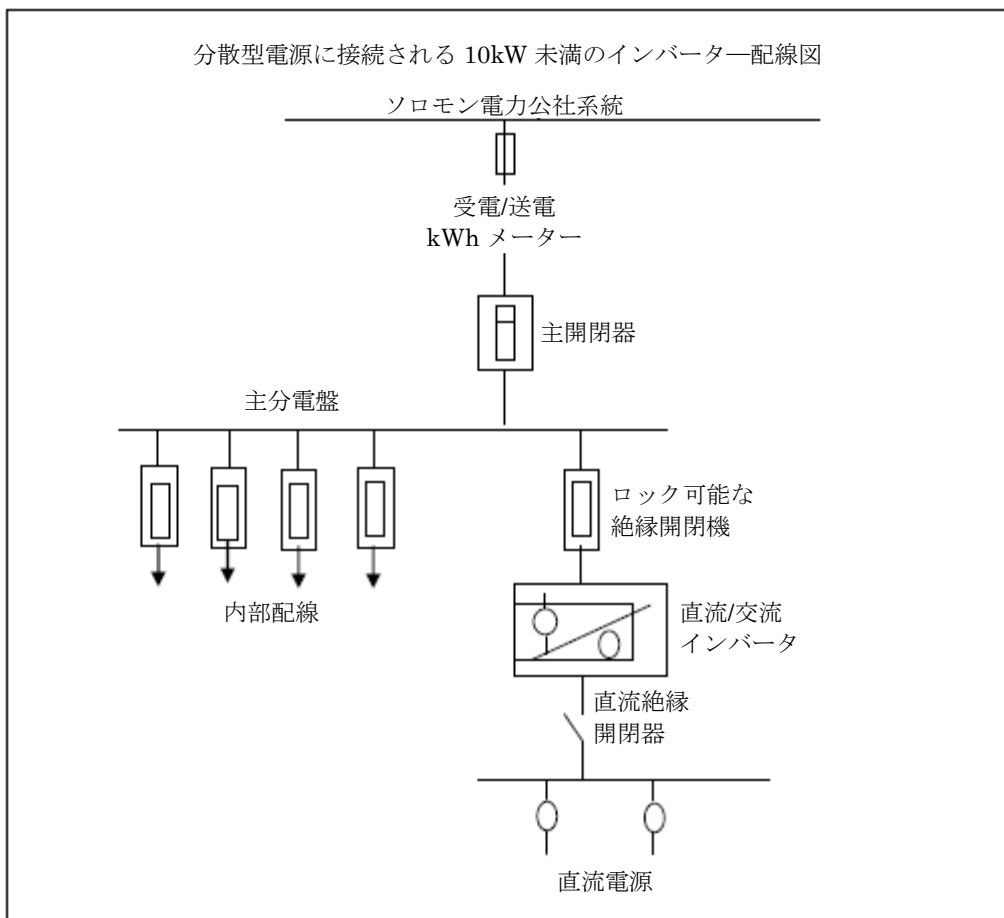


図 2-1-3.1 インバータ配線イメージ図 (10kW 未満)

本資料の中で発電及び売電のための手順を 4 つに分け、解説している (表 2-1-3. 10)。

表 2-1-3. 10 分散型発電の発電及び売電に係る手順

STEP 1 - SELECT YOUR SYSTEM	太陽光パネル、小規模風力及び小水力発電機は、分散型電源のための最も一般的に利用されている設備である。
STEP 2 - TALK TO SIEA	以下の内容を協議する。 ・受電/送電メーターの供給 ・余剰電力の販売 ・適用される電力料金表
STEP 3 - ARRANGE INSTALLATION	以下の内容に従わなければならない。 ・公認の電気技師を利用すること ・すべての関連規則及び基準を順守すること ・電気適合証明書 (COC) を取得すること
STEP 4 - NOTIFY SIEA ONCE CONNECTED	ソロモン電力公社に対して以下の書類を提出しなければならない。 ・「10kW 以下の分散型電源の連系通知」の完全な複写 1 通 ・電気適合証明書 (COC) の複写 1 通 利用する公認電気技術士がこの情報を揃えることができる。 ソロモン電力公社は、この情報を無料で処理する。

10kW 以上の連系に関しては、表 2-1-3. 7 に示す基準以外に、以下の規格を準拠すべき規格としている。

IEEE 規格

IEEE 929-2000PV 設備の交流系統インターフェイスのための推奨される実践

AS/NZS 規格

AS/NZS 3000 -電気設備 (オーストラリア/ニュージーランド配線規則として知られる)

※これらの規格は、次のウェブサイトで購入可能である。www.standards.com.au

10kW 以上の場合、申請料が発生する。申請費初期申請費用は提出書類の検討・審査を行う目的で課されている。費用は連系容量により異なり、表 2-1-3. 11 の通り課金される。売電料金に関しては、明確に定められていない。

表 2-1-3. 11 申請料金一覧 (10kW 以上)

連系容量	申請費用 [SI\$]
>10kW and <100kW	SI\$ 5,000
≥100kW and <1MW	SI\$ 10,000
≥1MW	SI\$ 50,000

④ 日本と「ソ」国の系統連系に関する制度・基準の比較・評価

表 2-1-3. 12 に日本と「ソ」国の分散型電源の系統連系に関する基準・規程の比較を示す。日本では政府が、「ソ」国では電力公社が作成しているという違いはあるが、「ソ」国においても分散型電源の系統連系に係る電力品質と保安の確保の両面について規程が整備されている。

SIEA はこれまで再生可能エネルギーの系統連系の申請を受けた実績が無く、自ら系統連系型の再生可能エネルギーを導入したことも無いため、PV の系統連系に関する技術検討を行った経験がほとんど無いと思われるが、仮に申請を受けた場合でも既に作成された文書を基に十分対応することが可能と考えられる。

表 2-1-3. 12 日本と「ソ」国の分散型電源の系統連系に関する基準・規程の比較

国名	名 称	電力品質に関する事項	保安に関する事項
日本	電力品質確保に係る系統連系技術要件ガイドライン	◎	—
	電気設備の技術基準の解釈	—	◎
	系統連系規程（JEAC 9701）	◎	◎
ソロモン諸島	DISTRIBUTION CODE FOR DISTRIBUTED GENERATION （分散型電源のための配電規程）	◎	◎
	TECHNICAL REQUIREMENTS FOR CONNECTION OF DISTRIBUTED GENERATION (DG) （分散型電源の連系のための技術要件）	◎	○
	DISTRIBUTED GENERATION (GREATER THAN 10kW) CONNECTING TO SIEA' S ELECTRICITY NETWORK （10kW 以上の分散型電源のソロモン電力公社系統への連系）	○	○
	DISTRIBUTED GENERATION (LESS THAN 10kW) CONNECTING TO SIEA' S ELECTRICITY NETWORK （10kW 未満の分散型電源のソロモン電力公社系統への連系）	○	○

（◎：詳細な解説あり、○：一部または概要の解説あり）

(3) 「ソ」国におけるその他の関連政策等

■ソロモン諸島国家開発戦略(NATIONAL DEVELOPMENT STRATEGY)

ソロモン諸島国家開発戦略(NATIONAL DEVELOPMENT STRATEGY)のエネルギー関連において以下の記述がある。

「再生可能エネルギーからの電力提供は、長期間に渡る任務であり、また先行投資での資本コストがかなり要求されるものである。太平洋地域における再生可能エネルギー導入へのアプローチの殆どは、実現可能なレベルに達するまでには至らず失敗に終わっており、小規模の再生可能エネルギーを基礎とした農村地帯の電気供給プロジェクトは遂行されたが、あまり大きな影響は得られなかった。」

「自然エネルギーの利用を促進し、個人電力供給者(IPP)へ市場を公開し、適切なかたちでのブリペイド・タリフ制度を採用すること等によって、郊外全域において信頼性のある手頃な価格の電気供給を可能とすること。また、SIEA が購買力平価(PPP)や完全民営化に向けて、効率的で効果的な業務推進を行うための安定した技術、経営上の専門知識を有していることを保証する。」という戦略の下、MMERE 及び SIEA が活動を展開するとしている。

■ソロモン諸島気候変動対策方針(NATIONAL CLIMATE CHANGE POLICY)

ソロモン諸島気候変動対策方針(NATIONAL CLIMATE CHANGE POLICY)では、「ソ」国には、再生可能エネルギーの活用を促進することによって温室効果ガス排出削減を達成する大きな潜在力がある。」としており、潜在的なPVのエネルギーを4MWと見込んでいる。

2-1-4 「ソ」国の ODA 事業の事例の分析

(1) 政府開発援助

政府開発援助 無償資金協力の「ソ」国実績を以下に示す。

表 2-1-4.1 政府開発援助(無償資金協力)の実績

無償資金協力			
交換公文締結日 (現地時間)	案件名	被供与団体名	邦貨 (百万円)
2006/06/13	ホニアラ電力供給改善計画(第2期)	—	7,700.0
2005/06/07	ホニアラ電力供給改善計画	—	7,060.0

(出典:国際協力 政府開発援助 国別地域別政策・情報/大洋州地域 ソロモン 約束状況より)

【ホニアラ電力供給改善計画及び同(第2期)】

案件概要

「ソ」国の首都ホニアラは、同国最大の都市であるとともに、政治経済の中心、行政サービスの中心として重要な役割を果たしている。ホニアラへの電力供給はソロモン電力公社が行っているが、

- 1) 財政難により十分な設備投資が行えないことから発電所の供給予備力が不足しており、定期点検のために発電設備を1台停止した場合は必要電力を供給できない。
- 2) 民族紛争の期間中(1999年から2000年)は定期的な維持管理が困難であったため、発電設備の運転状況が悪化している。
- 3) 送配電設備の老朽化が著しい。

といった問題を抱えている。その結果、ホニアラへの電力供給は逼迫かつ不安定な状況にあり、停電により首都機能に障害が出るほか、行政サービスの停滞や給水ポンプが停止する等、市民生活にも支障を来している。

このような背景のもと、「ソ」国政府は、発電施設の増設および送配電設備の整備を内容とした「ホニアラ電力供給改善計画」を策定し、わが国政府に対し無償資金援助を要請してきたものである。

裨益効果

この計画の実施により、最大出力の発電設備が点検や事故で停止してもホニアラ市に必要な電力を供給することが可能となり、発電設備の定期点検の度に実施されていた停電を回避することができる。さらに、安定して電力が供給されることにより首都機能が維持され、安定した行政サービスの実施が図られることが期待される。

(2) 他ドナー(域内協力機関含む)の協力動向

“PEC 基金”

- ・ 予算規模: 4百万USドル(約3億円)
- ・ 離島地域を対象に、SHS(125W×2000基)設備を導入する。コンセプトペーパーは提出済み。
- ・ カウンターパート: 資源エネルギー地方電化省
- ・ 最終プロポーザルの提出・スクリーニングも終了し、採択通知が発行済み。

2-2 現地調査（「ソ」国）

2-2-1 電力系統の調査

(1) 電力セクター

「ソ」国では、資源エネルギー地方電化省 (MMERE: MINISTRY OF MINES, ENERGY AND RURAL ELECTRIFICATION) が電力セクターを含むエネルギー部門を管轄している。MMERE は、その他に鉱物資源と地方電化も管轄している。MMERE内では、エネルギー局 (DIVISION OF ENERGY:DOE) が電力セクターを含むエネルギー部門を担当している。

発電および送配電等の電力事業に関しては、ソロモン電力公社 (SIEA: SOLOMON ISLANDS ELECTRICITY AUTHORITY) が業務を実施している。SIEAは、発電に必要な燃料油等の輸入から電気料金の徴収まで電力事業の全般について事業を請け負っている。

「ソ」国のエネルギー部門の関係機関を下図に示す。DOE は、MMERE の下部組織として国家エネルギー計画や政策等に関する業務を行っている。また、DOE は PV を活用した離島における村落電化の推進を行っている部局でもある。SIEA は政府から独立した組織として発電事業、燃料油の購入と貯蓄及び販売、再生可能エネルギーの導入と維持管理を行っている。現在は、設備容量が 15MW になる TINA 水力発電所の建設計画が進行中である。TINA 水力発電所が完成すると、IPP として SIEA の系統に連系されることになる。

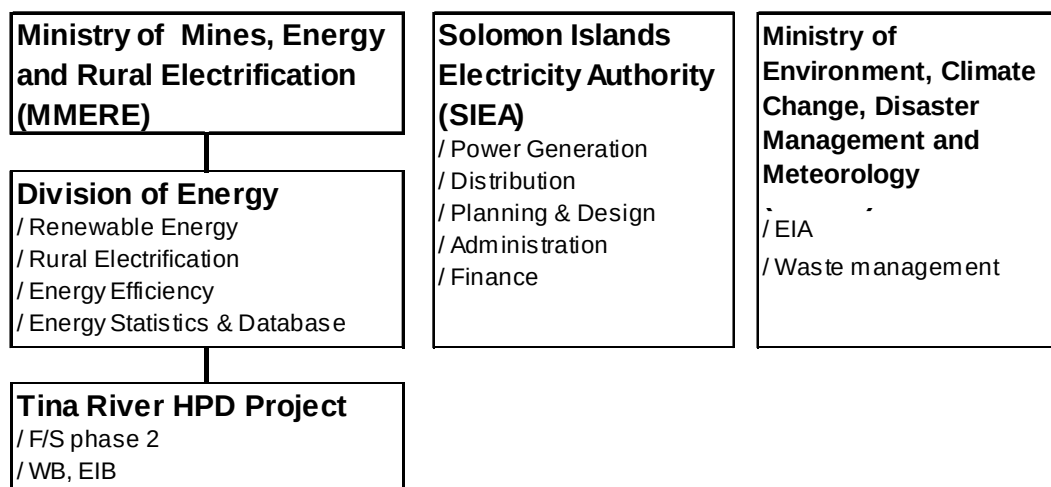


図2-2-1.1 「ソ」国政府エネルギー部門の責任機関

(出典: JICA「島嶼型エネルギー自給システム構築プロジェクト準備調査」)

(2) 電力設備の運用状況

ホニアラの送配電線は、33/11kV の架空および地中送電線により、ルンガディーゼル発電所とホニアラディーゼル発電所から配電されている。ホニアラ市内は 11kV 配電線が基幹系統を構成し、需要家への供給は 11kV/415V の変圧器により電圧を 415V に降圧し 3 相 4 線式配電線により行っている。送配電による総合ロスは約 28% であり、テクニカルロスが約 10%、ノンテクニカルロスが約 18% であると想定されている。エネルギー効率を改善するために世銀が送配電線に関する調査を実施中である。

表 2-2-1.1 既設発電設備一覧(州別/島嶼別) 2012 年 11 月現在

SIEA GENERATION PLANT

州名 /島名	発電所 発電機関メーカー	発電 タイプ	No.	定格出力	実質出力	稼働 状況	有効出力	運開年	備考
				(kW)	(kW)		(kW)		
GUADALCANAL P. /GUADALCANAL (ガダルカナル)	LUNGGGA (ルンガ)								
	MIRREES-BLACKSTONE	DIESEL	L5	1530	1000	稼働	900	1971	稼働中
	MIRREES-BLACKSTONE		L6	2840	2300	停止	0	1998	点検中
	WARTSILA NSD		L7	4200	4000	稼働	3,800	2005	稼働中
	WARTSILA NSD		L8	4240	4000	稼働	3,300	1996	稼働中
	MITSUBISHI		L9	4200	4000	稼働	3,600	1999	稼働中
	NIIGATA		L10	4200	4000	稼働	3,900	2007	稼働中
	HONIARA (ホニアラ)								
	F. G. WILSON	DIESEL	H1	0	0	停止	0	1997	廃止 (2009)
	F. G. WILSON		H2	1500	600	稼働	600	1997	停止中
	F. G. WILSON		H3	1500	600	停止	0	1997	点検中
WESTERN P. /NEW GEORGIA	NORO								
	W. H. ALLEN	DIESEL	N1	1200	900	稼働	900	1987	点検中
	W. H. ALLEN		N2	1200	900	稼働	900	1987	稼働中
	W. H. ALLEN		N3	1200	0	停止	0	1987	廃止 (2010)
	GIZO								
	CUMMINS	DIESEL	G1	260	200	稼働	200	2003	稼働中
	CUMMINS		G2	260	200	稼働	200	2002	停止中
	CUMMINS		G4	260	240	稼働	240	2002	稼働中
MALAITA P. /MALAITA	AUKI								
	CUMMINS	DIESEL	A1	260	200	稼働	200	2001	稼働中
	CUMMINS		A2	260	200	稼働	200	2001	停止中
	CUMMINS		A4	600	200	稼働	200	2005	稼働中
	MALU' U								
	OSSBERGER	HYDRO	M1	35	35	停止	0	1984	停止中
	LISTER	DIESEL	M2	60	50	稼働	50	1996	稼働中
MAKIRA P. /SAN CRISTOBAL	KIRAKIRA								
	CATERPILLAR	Diesel	K1	80	57	稼働	57	1998	稼働中
	PERKINS		K2	91	50	停止	0	1993	停止中
	CUMMINS		K3	125	100	稼働	100	2005	稼働中
TEMOTU P. /NENDO	LATA								
	PERKINS	DIESEL	L2	88	45	停止	0	1993	停止中
	PERKINS		L3	88	60	停止	0	1995	停止中
	CUMMINS		L3	132	103	稼働	103	2005	委任済 (2005)
	CUMMINS		L4	150	140	稼働	140	2010	
ISABEL P. /SANTA ISABEL	BUALA								
	OTT BATHOLDI AG	HYDRO	B1	150	100	停止	0	1993	停止中
	CUMMINS	DIESEL	B2	103	103	稼働	103	2006	稼働中
CENTRAL P. /TULAGI	TULAGI								
	CATERPILLAR	DIESEL	T1	88	60	稼働	60	1998	稼働中
	PERKINS		T2	88	45	停止	0	1993	停止中
	CUMMINS		T3	129	129	稼働	129	2004	稼働中

(3) 系統負荷

図 2-2-1.2 に日負荷曲線を示す。2010 年現在、最大系統負荷が正午の 14MW である。

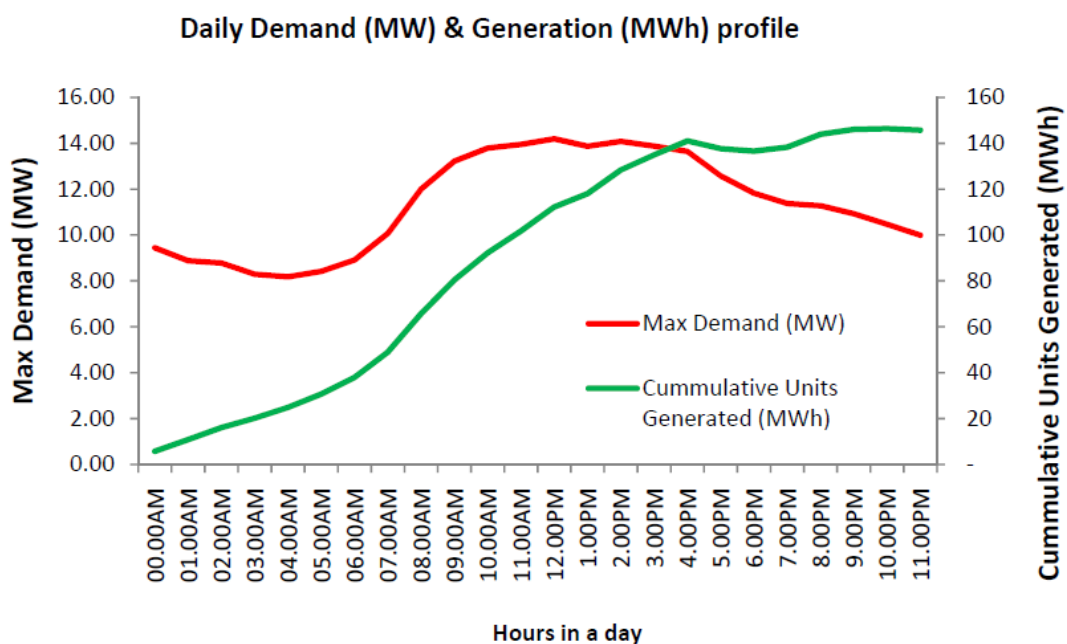


図 2-2-1.2 ピーク負荷記録日の日負荷曲線 (2010 年)

(参照: VOLUME1-LOSS REDUCTION STUDY-FINAL REPORT_REV2)

2010 年度の「ソ」国全体の発電量は 83.6GWh、2000 年度の 61.7GWh から計算すると平均で 2.19GWh で年間 2.62% の増が考えられる。2011 年度は 85.79GWh 予想される。

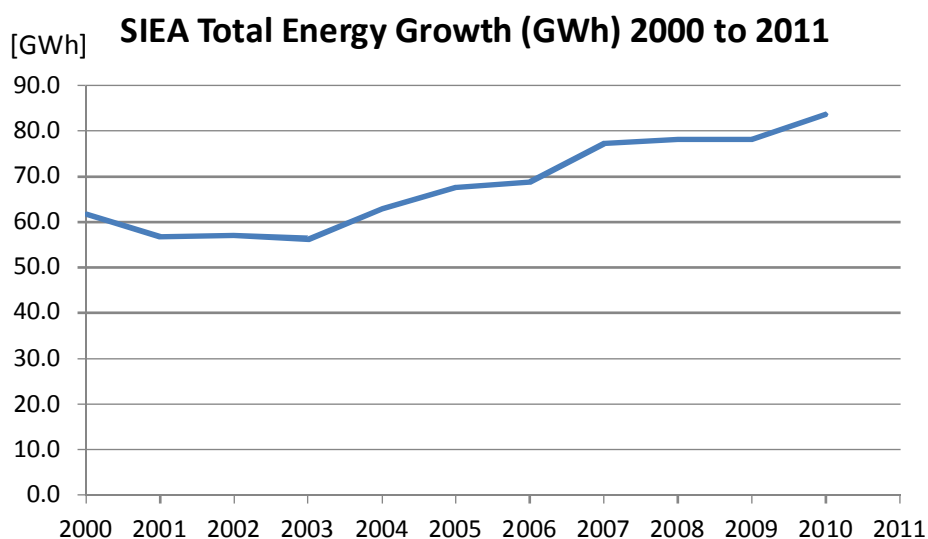


図 2-2-1.3 電力量

(参照: AA MONTHLY STATISTICAL UPDATE)

図 2-2-1.4 にホニアラにおけるピーク負荷を示す。

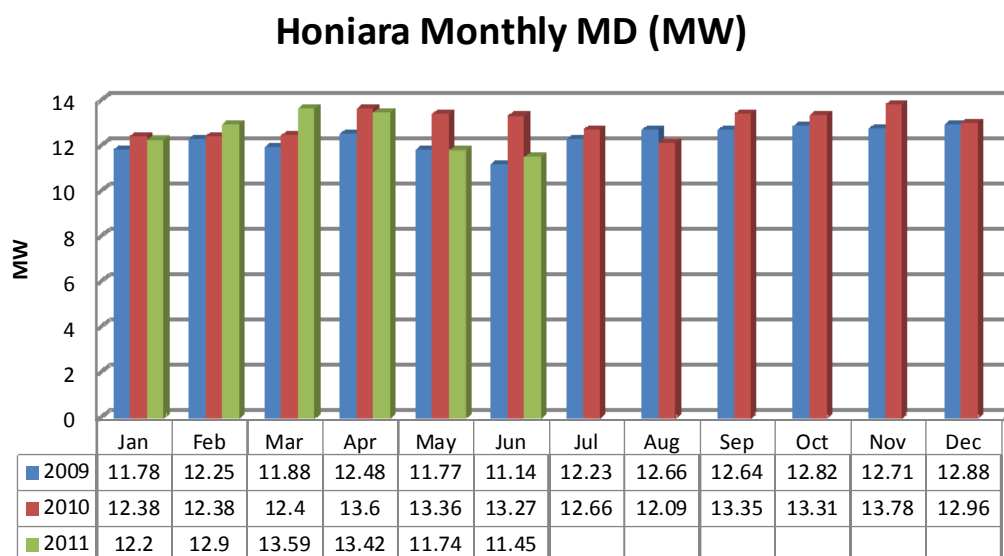


図 2-2-1.4 ピーク負荷記録、傾向

(参照: AA MONTHLY STATISTICAL UPDATE)

図 2-2-1.5 に最大電力(月毎平均値)と積算発電電力量を示す。

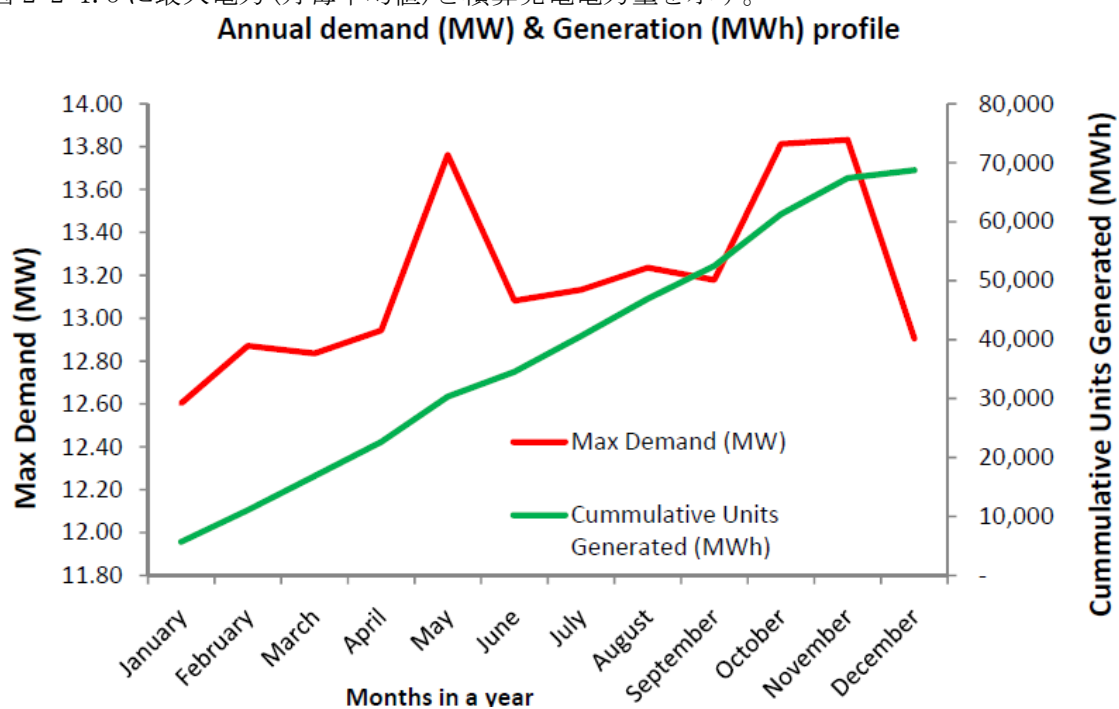


図 2-2-1.5 最大電力(月毎平均値)と積算発電電力量

(参照: VOLUME1-LOSS REDUCTION STUDY-FINAL REPORT_REV2)

(4) 電力品質の調査

① 系統周波数

日本の電気事業法に該当する「ソ」国の電力関連の法律” ELECTRICITY ACT” には、標準系統周波数が定められており、標準系統周波数は 24 時間平均値で $50\text{Hz} \pm 2\%$ (1.0Hz) 以内に維持しなければならないとされている。

図 2-2-1.6 にホニアラ市内のホテルで計測器(電源品質アナライザ HIOKI3197)を用いて実測した SIEA 電力系統の系統周波数の瞬間最大値、瞬間最小値、平均値を示す。グラフの右上側に計測時間における平均値を示すが、図に示されているように 11 月 5 日(月)の午前 7 時頃に停電が発生しており、その直後から 30 分程度はホテルの非常用発電機から電力が供給され、電力の復旧後は電力系統に再び切り替えられていた。しかし、停電が発生した日を除いた他の計測日においては系統周波数変動は常時 $50\text{Hz} \pm 0.5\text{Hz}$ にほぼ収まっている。

系統連系型 PV システムは系統側やインバータ側に異常が発生したときはこれを検知して速やかにインバータを停止する保護装置を有しており、一般的にパワーコンディショナーに内蔵されている。保護装置の主なものとして周波数上昇継電器 (OFR) と周波数低下継電器 (UFR) があり、これらの整定値と整定時間は一般的に日本では表 2-2-1.2 のとおり設定されている。「ソ」国においても同様な整定値に設定すると仮定した場合、SIEA の電力系統の周波数はほぼ常時 $50\text{Hz} \pm 0.5\text{Hz}$ に収まっていることから、OFR または UFR が動作して頻繁にインバータが停止する恐れは低いと考えられる。

図 2-2-1.7 には PACIFIC CASINO HOTEL で計測した周波数を示す。PACIFIC CASINO HOTEL 周辺の地域は SIEA の電力系統から切り離して独立した電力系統となっており、自家発電機(ディーゼル発電機)を用いて電気が供給されている。周波数はほぼ常時 $50\text{Hz} \pm 0.1\text{Hz}$ の範囲に収まっている。

表 2-2-1.2 保護継電器の整定値例

種別	整定値	整定時間
周波数上昇継電器 (OFR)	48.5Hz	1s
周波数低下継電器 (UFR)	51.0Hz	1s

(出典:オーム社「PV システムの設計と施工」)

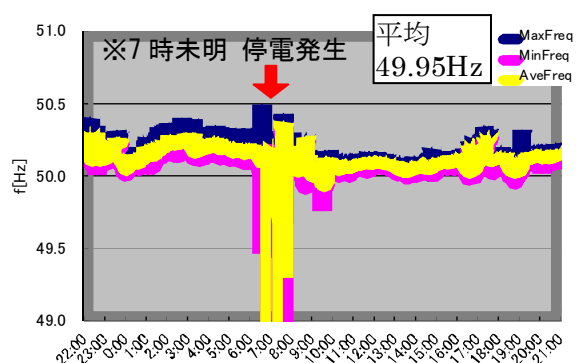


図 2-2-1.6 SIEA 電力系統の系統周波数
(2012 年 11 月 4 日(日) 22:00 ~翌 21:00)

※7 時未明 停電が発生している

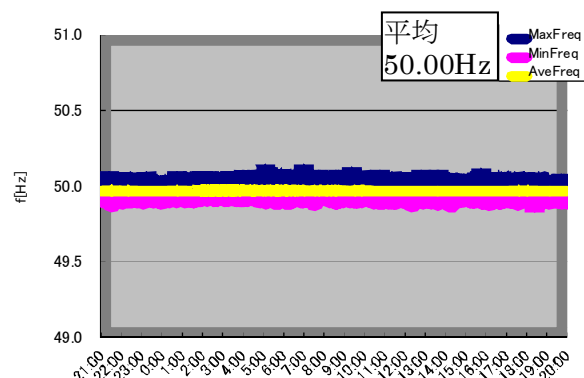


図 2-2-1.7 PACIFIC CASINO HOTEL の系統周波数
(2012 年 11 月 6 日(火) 21:00 ~翌 20:00)

※Hotel の系統は SIEA とは別の系統である。

② 需要家側の電圧

日本の電気事業法に該当する「ソ」国の電力関連の法律” ELECTRICITY ACT” には、標準電圧と維持すべき範囲が定められており、標準電圧は 415V(3 相)または 240V(単相)で、いかなる地点においても標準電圧の±6%(240V±14.4V)以内に維持しなければならないとされている。

図 2-2-1.8 にホニアラ市内のホテルで計測器(電源品質アナライザ HIOKI3197)を用いて実際に計測した SIEA 電力系統の電圧の瞬間最大値、瞬間最小値、平均値を示す。11 月 5 日(月)の午前 7 時頃に発生した停電時を除いた他の計測日においては、電圧は常時” ELECTRICITY ACT” に定められた範囲内に収まっている。

標準電圧が日本と異なるため(日本は 101V または 202V)、系統型連系システムの保護装置の整定値に関して日本の一般的な整定値の観点からの評価は難しいが、電圧は常時規程の範囲内に収まっていることから、過電圧継電器(OVR)や不足電圧継電器(UVR)が動作して頻繁にインバータが停止する恐れは低いと考えられる。

図 2-2-1.9 には PACIFIC CASINO HOTEL で計測した電圧を示す。PACIFIC CASINO HOTEL 周辺の地域は SIEA の電力系統から切り離して独立した電力系統となっており、自家発電機(ディーゼル発電機)を用いて電気が供給されている。電圧は平均が 227V で最小 216V から最大 234V の範囲で変動しており、” ELECTRICITY ACT” に定められた範囲からは逸脱している。

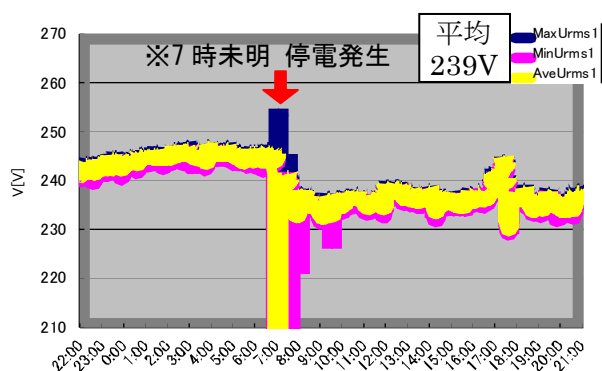


図 2-2-1.8 SIEA 電力系統の電圧
(2012 年 11 月 4 日(日) 22:00 ~翌 21:00)

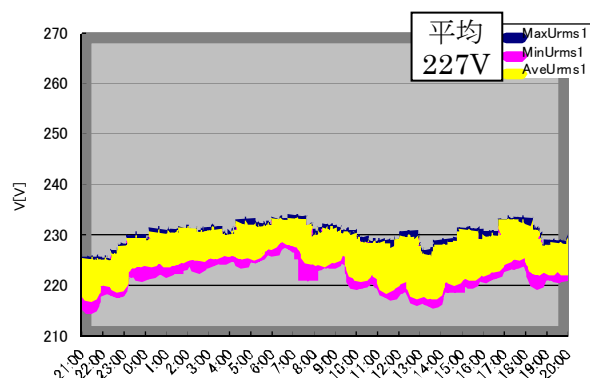


図 2-2-1.9 PACIFIC CASINO HOTEL の電圧
(2012 年 11 月 6 日(火) 21:00 ~翌 20:00)
※Hotel の系統は SIEA とは別の系統である。

2-2-2 PV システム候補サイトの調査

ホニアラ市及び周辺地域において、PV システムの設置に適した候補地の調査を実施した。各候補地点は以下の通りである。

(1) ホニアラ国際空港ターミナル 屋上(200kW 程度)

複雑な土地問題を有する同国において有望な設置手法として期待される屋根設置型の候補地としてホニアラ国際空港ターミナル 屋上が挙げられる。本空港は、日本の支援によって建設されており、屋根設置で必要不可欠な屋根の構造確認が行い易いという利点や国の玄関口であることからPR 効果が絶大であり、普及拡大に繋がるものと期待できる。

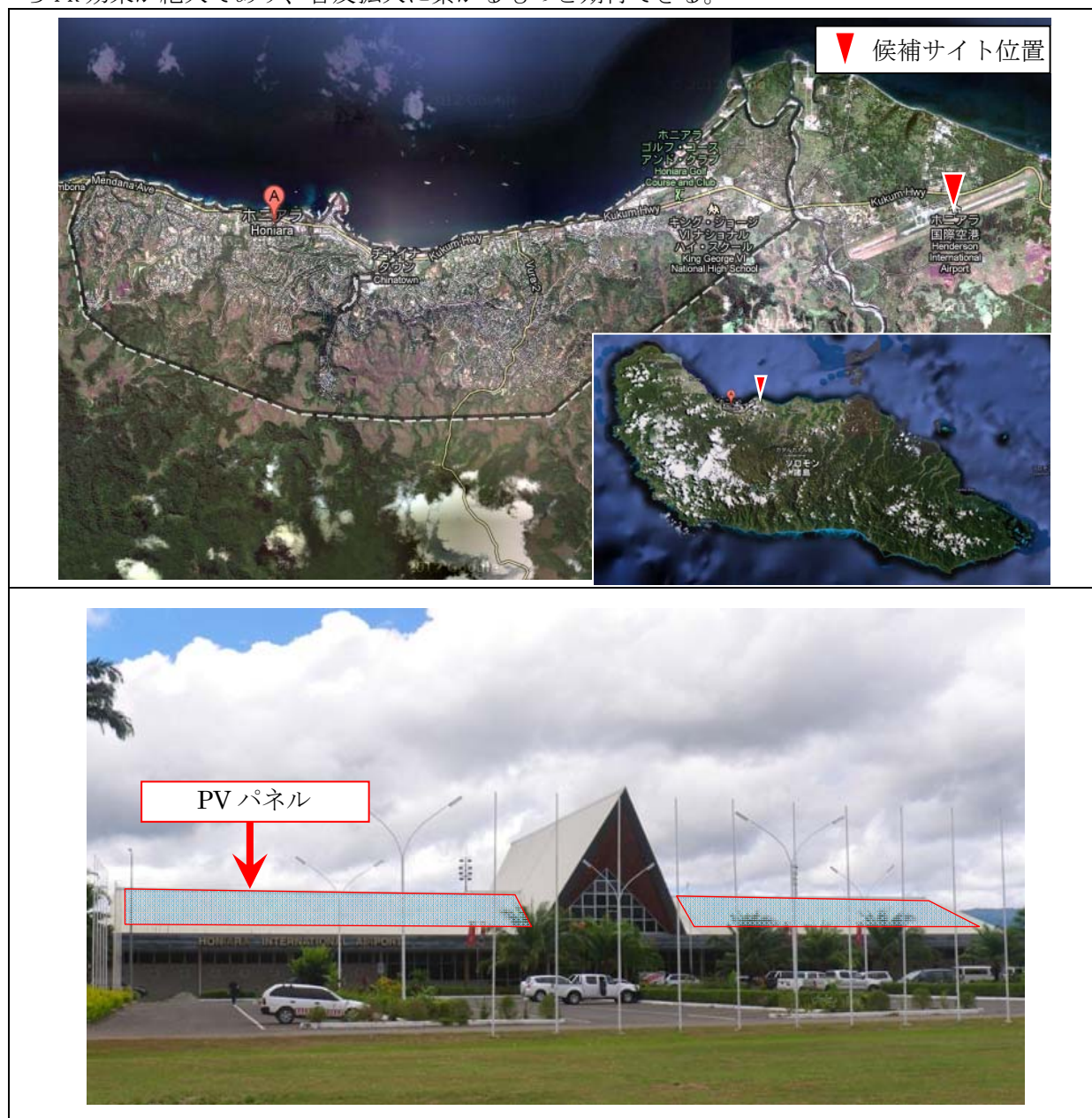


図 2-2-2.1 PV パネル 設置イメージ(ターミナル屋上)

(2) ホニアラ国際空港 駐車場(200kW 程度)

複雑な土地問題を有する同国において、地上設置型は土地の確保が重要な課題となる。ホニアラ国際空港は、日本の支援によって建設されており、駐車場も利活用の可能性が高いと考えられ、また、屋根同様、国の玄関口であることから PR 効果が絶大であり、普及拡大に繋がるものと期待できる。但し、駐車場の屋根自体を新設する必要がある。



図 2-2-2.2 PV パネル 設置イメージ(駐車場ルーフトップ)

※イメージは 25kW 分。駐車場全面(8 列)で 200kW 程度と予想される。

(3) ソロモン諸島電力公社 本社屋上(100kW 程度)

「ソ」国内には系統連系型太陽光設備が無く、電力公社としても同システムを経験したいとの事である。相手の協力が得易い候補地のひとつとしてソロモン諸島電力公社の本社屋上が挙げられる。



図 2-2-2.3 PV パネル 設置イメージ(本社屋上)

(4) ソロモン諸島電力公社 駐車場(50kW 程度)

「ソ」国内には系統連系型太陽光設備が無く、電力公社としても同システムを経験したいとの事である。相手の協力が得易い候補地のひとつとしてソロモン諸島電力公社の駐車場が挙げられる。但し、駐車場の屋根自体を新設する必要がある。



図 2-2-2. 4 PV パネル 設置イメージ(本社屋上)

(5) ルンガ発電所 敷地内(40kW 程度)

発電に係る燃料費の低減を目的にしたディーゼル発電所と PV を組み合わせたハイブリット発電システムの構築の為に候補地としてルンガ発電所が挙げられる。太陽光設置に必要な土地は発電所構内で確保可能である。



図 2-2-2. 5 PV パネル 設置イメージ(ルンガ発電所 敷地内)

(6) 中央市場 屋上(200kW程度)

候補地のひとつとして中央市場の屋上が挙げられる。ホニアラ市中心部に位置する中央市場では食料、衣類、装飾品等が販売され多くの人々で賑わう。多くの人に認知される場所であり、電力の有効活用が期待される一方で、不特定多数の人が出入りすることから盗難対策は十分に実施する必要があると考えられる。

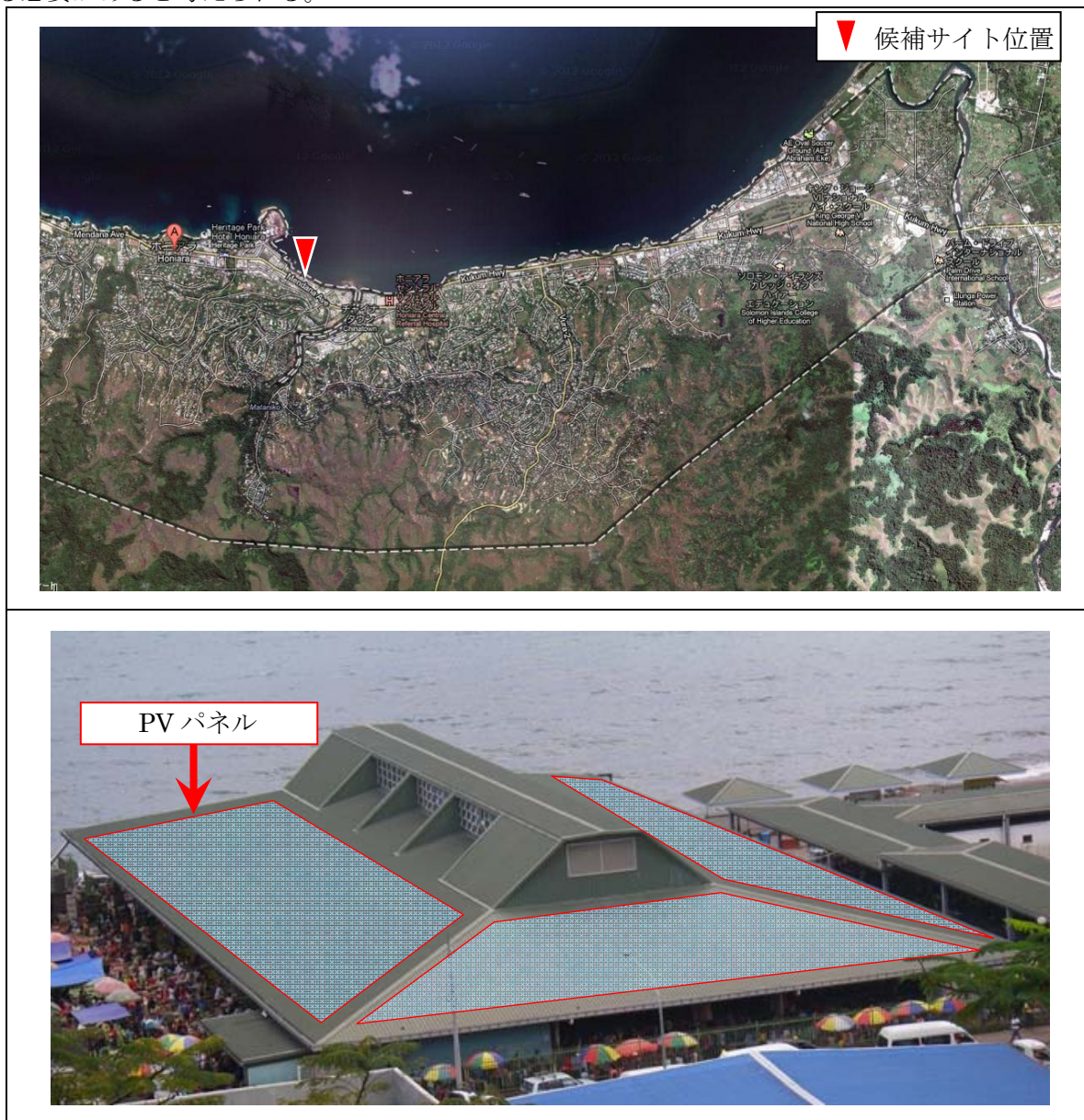


図 2-2-2.6 PV パネル 設置イメージ(中央市場 屋上)

2-2-3 現地で調達可能な資機材及び現地工事業者の調査

現地聞き取り調査の結果、以下に示す資器材及び現地工事業者の有無を確認した。

現地業者調査

PV システムの設置における機材の調達、工事の実施さらに設置後の保守の実施など現地業者の活用の可能性に関する調査を 3 社 (ISLAND ENTERPRISES LIMITED、WILLIES HOLDING COMPANY、CRUZ COMMUNICATION & ENGINEERING LTD.) に実施した。3 社は「ソ」国内における PV 関連の主要な業者である。ソーラーホームシステム (SHS) に関しては、機材の調達から保守まで独自で実施しており、社員に対する独自のトレーニングシステムを有しているとの事である。SHS に関しては技術的な面も信頼できるものと感じた。系統連系型に関しては、設置工事は対応が可能で、系統連系インバータに関しては経験は無いが、今後経験を積みば十分対応が可能と考えられる。



ISLAND ENTERPRISES LIMITED



打合せの様子



WILLIES HOLDING COMPANY



打合せの様子



CRUZ COMMUNICATION & ENGINEERING LTD.



打合せの様子

図 2-2-3.1 現地業者との打合せ状況

① 電設資材販売会社 取扱製品

電設資材販売会社が取扱う主な製品を以下に示す。詳細は表 2-2-3.1 に示す。

 PV モジュール 3. 6W～225W	 インバータ 150W～400W
 チャージコントローラー(レギュレーター) 5～40A で SHS 向けの品揃え	 SHS セット 20～30W の PV モジュールを使用した電灯用

図 2-2-3.2 「ソ」国における電設資材販売会社 取扱製品

その他の製品として以下の製品も確認した。

蓄電池 (100Ah、260Ah)

ケーブル

電球 (3W、7W、11W)

電球用ソケット

コンプレッサー

表 2-2-3.1 PV 関連資材リスト

品名	価格 (11.63 円/SI\$)		仕様	取扱店 (又は業者) 名
	ソロモン・ドル	円		
PV モジュール	6,075	70,652	225W	WILLIES HOLDING COMPANY
	4,500	52,335	190W	
	7,200	83,736	170W	
	9,975	116,009	175W	
	4,947	57,534	135W	CRUZ COMMUNICATION & ENGINEERING LTD.
	3,565	41,461	80W	
	3,310	38,495	65W	
	2,660	30,936	65W	
	1,950	22,679	40W	
	14,750	171,543	200W	ISLAND ENTERPRISES LIMITED
	9,640	112,113	130W	
	8,100	94,203	85W	
	4,200	48,846	80W	
	5,040	58,615	65W	
	3,950	45,939	53W	
	3,160	36,751	43W	
	2,420	28,145	32W	
	2,100	24,423	21W	
	1,310	15,235	16W	
インバータ	870	10,118	10W	WILLIES HOLDING COMPANY
	6,563	76,328	350W 独立システム用	
	900	10,467	400W、24V	
	900	10,467	400W、12V	
	560	6,513	300W、12V	
チャージ コントローラー	450	5,234	150W、12V	WILLIES HOLDING COMPANY
	4,588	53,358	40A、12～48V	
	3,588	41,728	20A、12～48V	
	1,225	14,247	20A、12V	
レギュレーター	938	10,909	10A、12V	ISLAND ENTERPRISES LIMITED
	5,400	62,802	型式 PL60	
	3,520	40,938	型式 PL40	
レギュレーター APPLE	2,900	33,727	型式 PL20	ISLAND ENTERPRISES LIMITED
	300	3,489	20AMP	
	250	2,908	15AMP	
	210	2,442	10AMP	
電球	180	2,093	5AMP	WILLIES HOLDING COMPANY
	247	2,873	11W、12V	
	274	3,187	7W、12V	
SHS セット	160	1,861	3W、12V	WILLIES HOLDING COMPANY
	3,360	39,077	PV モジュール 30W シールバッテリー 18Ah CONTROL BOARD (6AMP BATTERY) ライト (ケーブル 5m 付) ×3 LEB BULB 3×3	
	1,984	23,074	PV モジュール 20W シールバッテリー 18Ah CONTROL BOARD (6AMP BATTERY) ライト (ケーブル 5m 付) ×2 LEB BULB 2×3	
	1,380	16,049	20W ソーラーキット ライト×1	
	2,509	29,180	PV モジュール 30W CONTROL BOX×1 ケーブル×2 BULB×1	

②電気・機械・土木・建築・関連工事会社

「ソ」国における関連工事会社を以下に示す。2社ともPV関連資材の販売も行っている。

表 2-2-3.2 ISLAND ENTERPRISES LIMITED の概要

社名	ISLAND ENTERPRISES LIMITED
業務内容	・ PV 関係架台の設計製作及び据え付け工事 ・ 架台の強度計算
会社情報	場所:PO Box 364, Ranadi Industrial Estate, Honiara 電話: (+677) 30152 Fax: (+677) 30188 Email:sales@ielsi.com.sb
実績	SHS 水ポンプシステム



図 2-2-3.3 ISLAND ENTERPRISES LIMITED の店舗

表 2-2-3.2 WILLIES HOLDING COMPANY の概要

社名	WILLIES HOLDING COMPANY
業務内容	・ 電気工事 ・ PV 設備の設計、製作及び管理
会社情報	場所:PO Box R169 Honiara Solomon Island 電話:(+677) 30477 Fax:(+677) 30508 Email:dif@solomon.com.sb
実績	SHS



図 2-2-3.4 WILLIES HOLDING COMPANY の店舗

2-2-4 海外の同業他社の進出状況 等

「ソ」国において、系統に連系する制度・規定等は作成されているが現在承認待ちの状態であるため、系統連系型の PV 設備は導入されていない。よって、競合する製品・技術を有する業者もいない状況である。

一方、事前調査及び現地調査の結果、これまでに「ソ」国には、台湾の支援で SHS が導入されていることが分かっている。「ソ」国の PV 事業に係わっている台湾企業について調査したところ、MOTEC INDUSTRIES INC OF TAIWAN が SHS の導入などを行っていることが分かった。台湾の PV パネル大手メーカー 2 社のうちの 1 社であり、従業員数は約 4,300 名で「ソ」国の他に、マーシャル諸島共和国等にも PV 事業を展開している。

表 2-2-4.1 MOTEC INDUSTRIES INC OF TAIWAN の概要

会社概要	1981 年設立 従業員数 約 4,300 名 (2011 年 8 月時点) 本部は台北と台南の二箇所 中国、日本 (所在地: 北海道 伊藤組モテック)、米国に子会社がある。
業務内容	PV システム、太陽電池、モジュール、インバータ、試験測定機器の販売
主な取引先	ソロモン諸島、マーシャル諸島共和国 ヨーロッパ、北アメリカにインバータを輸出
実績	「ソ」国の TUTI COLLEGE に、容量 1kW の独立型 PV を設置 「ソ」国にて容量 20W のポータブル・ソーラー・システムを 2000 台提供 「ソ」国にて 10kW の系統連系型 PV システムを設置 (現在停止中。連系の実施状態についても SIEA は関知していない状況) パラオ共和国にて、パラオ病院へ PV システム設置 2008 年、PV インバータの UL 認証 (UNDERWRITERS LABORATORIES INC CERTIFICATE) を受け、北アメリカへ輸出 2007 年マーシャルから PV システム設置の依頼を受けている ドイツ国家電気安全規格の認証を受けヨーロッパにも輸出、2010 年には 3 相インバータをヨーロッパに輸出 1.5GW の電力生産能力を獲得、総電力生産量 1.1GW 東日本大震災の際には日本の被災地へもソーラー発電照明器を寄贈
その他	PV に関するワークショップを開催、マーシャル、ソロモン、ナウル共和国、パラオ、ツバル、キリバスから 23 人が参加 台湾のメーカーとしては初の欧州 PV 産業協会 (EPIA) メンバーとなる 2006 年時点で台湾での PV システムのシェアは 70%

※「ソ」国への進出内容詳細一部

台湾の MOTEC INDUSTRIES INC OF TAIWAN は政府と PV 設備を提供することで合意した。この合意に台湾政府は 120 万 US ドルを供与し、地方の寄宿制学校、地域高校に PV による電気を送り、生徒たちが夜間でも勉強できるようにする。現政府は特に地方の近代化に力を入れており、再生可能エネルギー資材の輸入税を免除したりして、地方の生活向上を支援している。(SOLOMON STAR/ JULY 6, 10) (引用: 国際機関 太平洋諸島センターHP より)

2-3 中小企業等が有する技術等の ODA 事業における活用可能性等の分析

2-3-1 PV を導入する際に障壁となりうる問題点

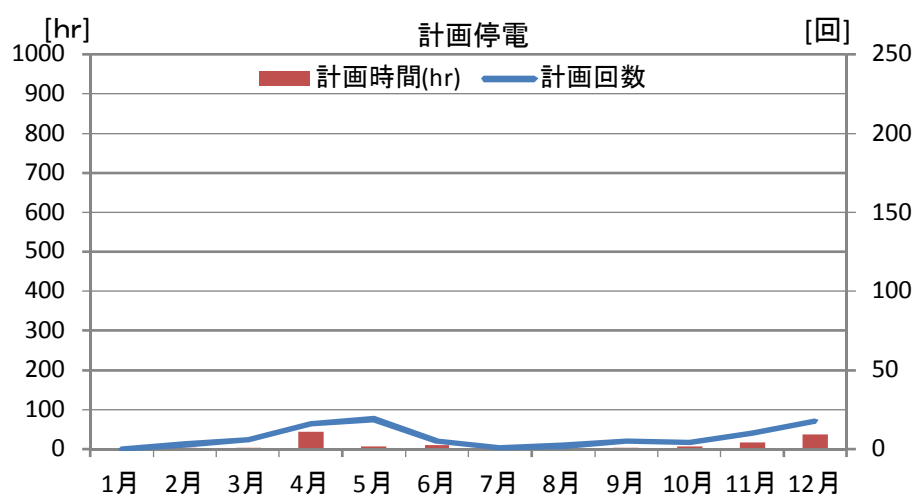
(1) 系統連系型 PV システムの導入実績

「ソ」国では、SHS の設置は、ある程度進められているが、系統連系型 PV システムは未だ導入されていない。その実績が無い事により、電力会社や施工会社に導入に対する技術や知識が蓄積されていない状況にある。その事が普及の障壁となっている。

一方で、SIEA は分散型電源の系統連系に係る規程や技術要件等の草案を既に作成しており、系統連系型システムが普及する上で必要な法制度は整いつつある。さらには、電力会社においては系統連系型 PV に対する技術の習得を望んでおり、その導入の機会を与えることで、普及が自発的に進む可能性が高い。

(2) 送電線の老朽化

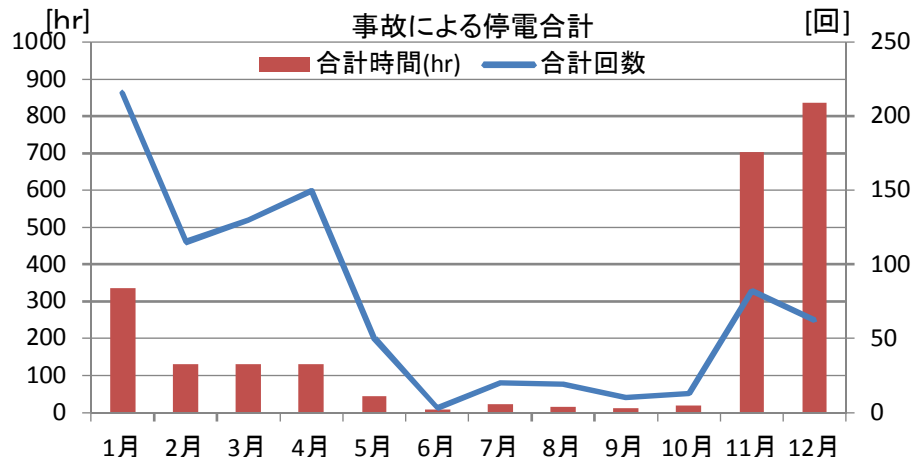
首都ホニアラの電力系統において、2010 年に発生した停電の回数と合計時間を以下に示す。計画停電に対して、事故による停電が 10 倍近く発生している。SIEA によれば、事故による停電は、森林に隣接する送配電線に枝が接触して停電する事例が多く、事故箇所の特定期間も困難で対応に苦慮しているとの話であった。PV 設置の際は、稼働率の低下を避けるため、停電発生率を低く維持することはもとより、停電の少ない線路へ接続することが望ましい。



計画停電

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合計
計画回数	0	3	6	16	19	5	1	2	5	4	10	18	89
計画時間(hr)	0	2	5	43	8	11	1	4	4	8	18	38	142

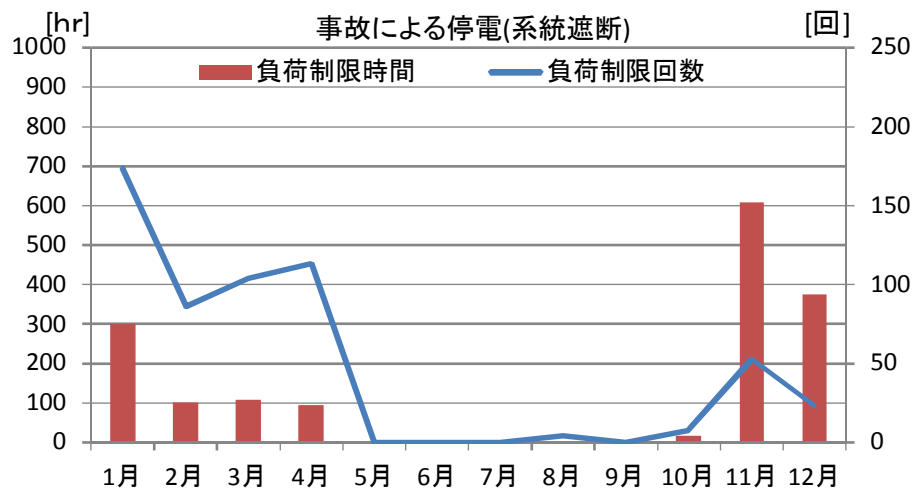
図表 2-3-1.1 計画停電の回数と時間 (合計)



事故による停電(合計)

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合計
合計回数	216	115	130	150	50	3	20	19	10	13	82	62	870
合計時間(hr)	335	131	131	130	46	7	22	14	13	19	702	838	2388

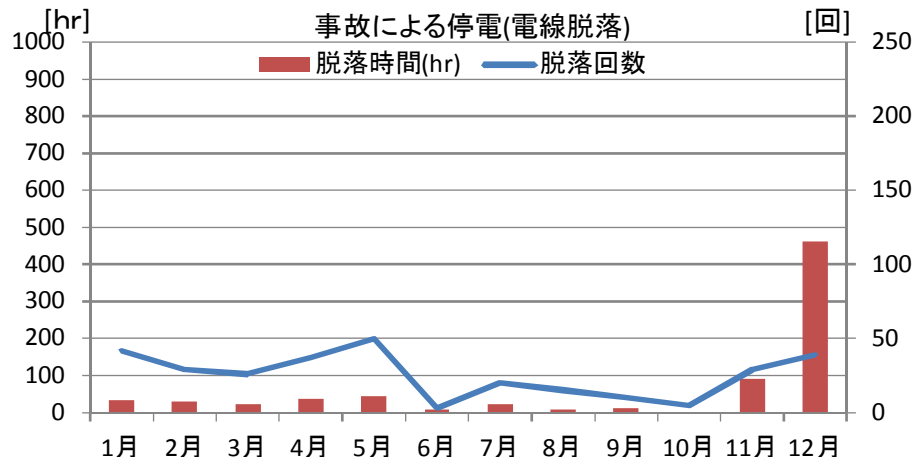
図表 2-3-1.2 事故による停電の回数と時間(合計)



事故による停電(系統遮断)

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合計
負荷制限回数	174	86	104	113	0	0	0	4	0	8	53	23	565
負荷制限時間(hr)	301	102	108	93	0	0	0	4	0	16	610	375	1609

図表 2-3-1.3 事故による停電の回数と時間(系統遮断)



事故による停電(電線脱落)

	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	合計
脱落回数	42	29	26	37	50	3	20	15	10	5	29	39	305
脱落時間 (hr)	34	29	23	37	46	7	22	10	13	3	92	463	779

図表 2-3-1.4 事故による停電の回数と時間(電線脱落)

(3) 持続的な設備の維持

発電所等において、部品の供給不足などにより、設備の維持に支障を及ぼすケースが見られる。持続的な設備維持の為に、部品の入手がし易い市販品の活用等が望まれる。

(4) PV パネル等の盗難

世銀報告書では送電ロス 28%のうち 10%をテクニカルロス、18%をノンテクニカルロス(盗電等)としていることから、PV パネル等の盗難も十分予想される。また、JICA ソロモン支所へのヒアリングの際にも PV パネル盗難を危惧する声が挙げられた。(実際に台湾の支援で導入された PV パネルが一部無くなったとの情報も確認された。)

よって、無償資金協力により中・大規模な PV 設置を行う際は、その宣伝効果を鑑み、盗難対策を十分に行う事が望ましい。

2-3-2 「ソ」国が抱える開発課題解決へ活用が期待できる中小企業等が有する技術等の例

「ソ」国が抱える開発課題の解決に活用が期待できる技術として、市販品を活用した系統連系型 PV システムの構築技術が挙げられる。

沖縄の中小企業が有する複数台の市販品の PCS を組み合わせたシステム技術(図右)は、家庭等の小規模から事務所や工場等の大規模まで様々なスケールに対応することができる。さらに、このシステムは、系統側の状況に合わせて、台数制御が行われ PV の発電量が調整可能となっている。この、台数増(減)＝発電量増(減)というシンプルな運用方法に加え、PCS が市販品でありメンテナンス性が良いという点は、沖縄と「ソ」国にとって共通の利点として挙げられる。

「ソ」国にはこれまで導入の実績がないため、当然、このようなシステムの設置・運用に関する知見等はなく、沖縄の中小企業が有する経験が活用される場となることが期待できる。

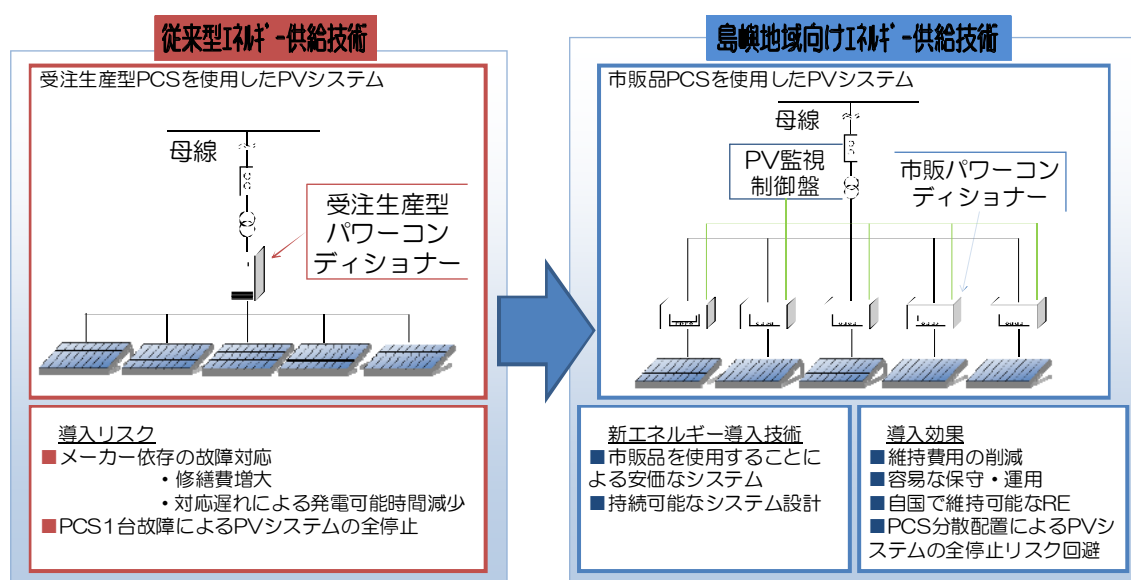


図 2-3-2. 1 システム構成の一例

2-3-3 中小企業等が有する技術等を活用した新規 ODA 事業の提案および開発課題解決への貢献度

(1) 新規 ODA 事業の提案

提案①:ホニアラ国際空港屋上に 200kW 規模の系統連系型 PV を設置する。

ホニアラ国際空港は、首都ホニアラの玄関口であり、日本の支援により建設されている。そのため、PV 設置においては、屋上設置型とした場合の強度計算や設置機材の使用が比較的スムーズに行える利点がある。さらに、数多くの人に見てもらう機会が得られ系統連系型 PV システムの普及促進の為の宣伝効果が大きい。

PV システムの設置規模については、概ねの屋上面積 2000m²と、「10m²当り 1kW」という太陽光発電導入ガイドブック (NEDO) の概算用係数を用いて試算し、200kW 規模とした。提案②においても PV 設置規模の試算方法は同様である。



図 2-3-3.1 ホニアラ国際空港 PV200kW 規模設置のイメージ(屋上)

提案①を実施するに当たり、現時点で予想される「ソ」国及び日本の体制を図 2-3-3.2 に示す。

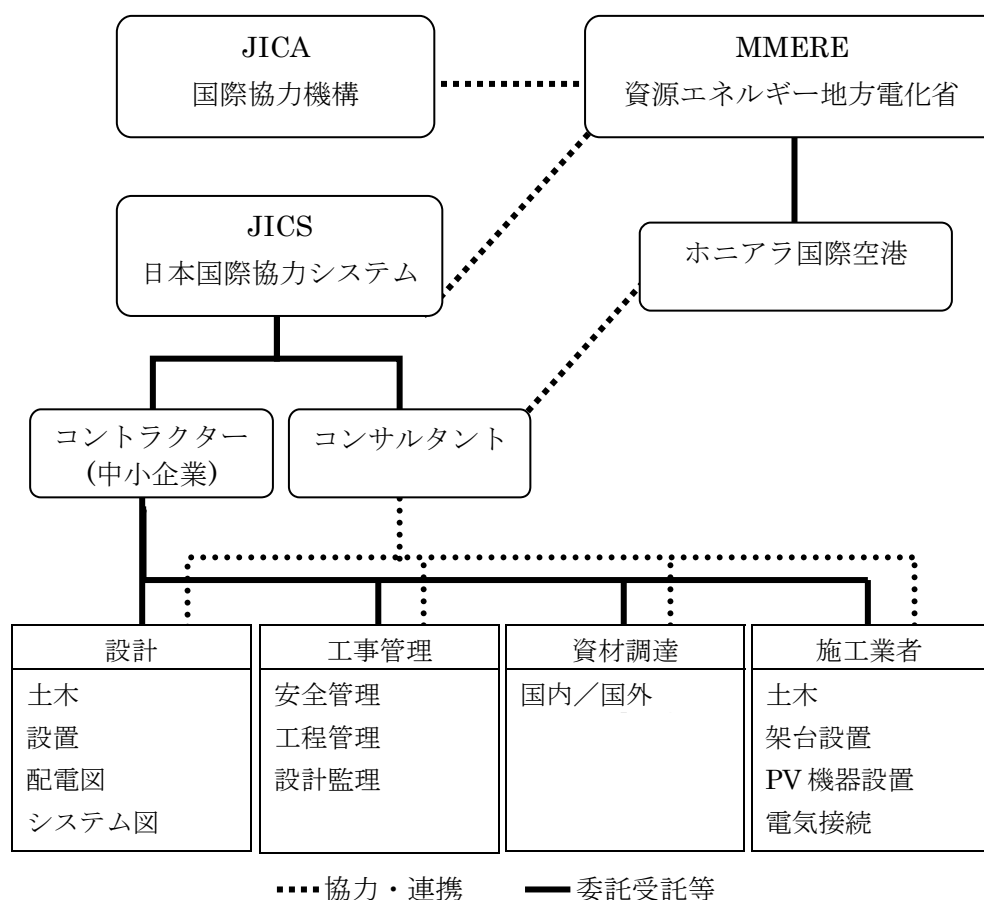


図 2-3-3.2 ホニアラ国際空港 200kW 規模 PV 設置に係る体制表(案)

提案②:SIEA の本社駐車場に 50～100kW 規模の系統連系型 PV を設置する。

SIEA は、資源エネルギー地方電化省より電力事業全般を任されているが、系統連系型 PV を導入した経験がなく、今後自らも設置に関わり技術習得を行いたいとの意向を示している。

系統連系型 PV の導入には、連系する系統側への接続の手続き、技術的審査が必要となる。従って、導入を促進していく為には、その審査を行う電力会社の技術の確立が不可欠となる。その技術の確立の観点からも SIEA が当事者となり PV 設置を行うことは大変有意義なプロセスで

あると考えられる。

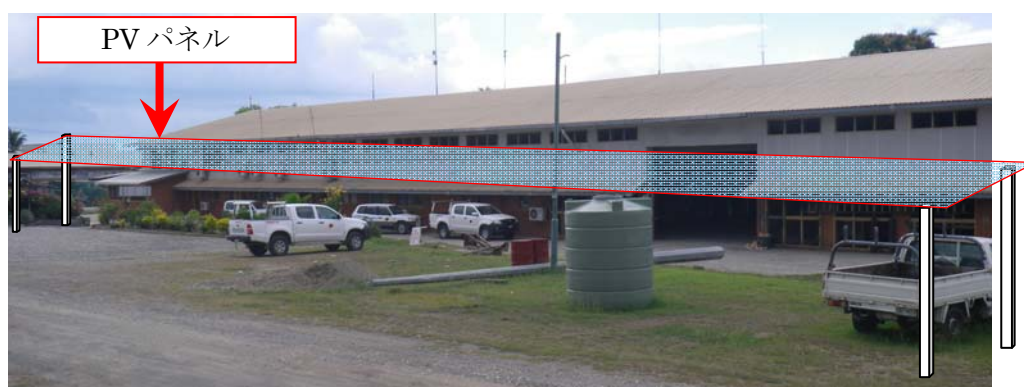


図 2-3-3.3 ソロモン諸島電力公社 PV50～100kW 規模設置のイメージ(駐車場)

提案②を実施するに当たり、現時点で予想される「ソ」国及び日本の体制を図 2-3-3.4 に示す。

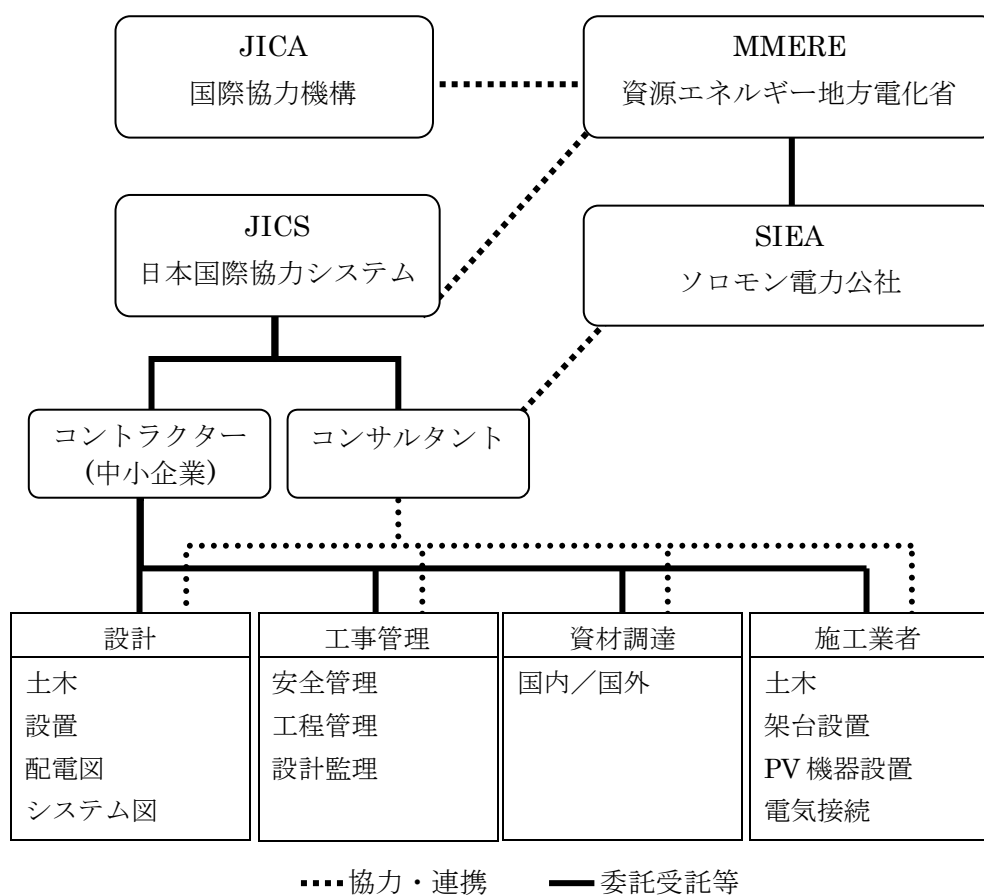


図 2-3-3.4 SIEA 50～100kW 規模 PV 設置に係る体制表(案)

「ソ」国のカウンターパートは MMERE(資源エネルギー地方電化省)となるが、本調査においてヒアリングを実施した状況を鑑みても MMERE からは、非常に協力的な対応が期待できる。

新規 ODA 事業を提案するにあたり、視察した候補サイトの比較を行う。評価項目は以下の 5 項目で行った。

表 2-3-3.1 候補サイト評価項目

評価項目	高評価	低評価
面積	10kW-PCS 複数台設置 可	10kW-PCS 複数台設置 不可
連系条件	電圧影響 低い⇒高評価	影響懸念 有り
設置条件	設置が容易	設置が容易ではない
裨益効果(技術面)	知見の広域的かつ効果的分配	知見の分散
宣伝効果	多くの市民に認知される	限定された人々に認知される

面積は、30kW(10kW×3台)以上の設置面積である 300m²を最低条件として、それ以上の面積が確保可能であれば適していると評価した。

連系条件は、PV の発電電力を系統へ送る際に、電圧変動が問題となるが、変電設備が周辺にある空港、母線への連系が可能である SIEA 本社、LUNGA 発電所は高評価とした。

設置条件は、架台にかかる費用や屋上の場合は設置の難度を考慮し、大型の架台や特殊な設置器具が不要と予想される空港 屋上を高評価とした。

裨益効果(技術面)は、将来的な PV 普及拡大に向けて、関係省庁や電力公社に加え、資材供給業者、施工業者にまで広く経験を与え、今後の PV 展開を後押しすることが期待される場合に高評価とした。空港と市場では、エネルギー関連以外のメンバー参加が必須となり、関係者間の連携が若干煩雑になることが懸念されるため、適しているとの評価にとどめている。

宣伝効果は、自国・他国問わず、広く一般市民に対して「ソ」国の再生可能エネルギーに対する活動を宣伝することに適していると考えられる地点を高評価とした。国の玄関口であるホニアラ国際空港、首都中央に位置する中央市場の評価が高く、郊外に位置する Lunga 発電所は低い評価となった。

表 2-3-3.2 候補サイトの比較

	ホニアラ国際空港		SIEA(ソロモン諸島電力公社)			中央市場
	屋上	駐車場	本社屋上	駐車場	Lunga 発電所	
面積	○	○	○	○	○	○
連系条件	◎	◎	◎	◎	◎	△
設置条件	◎	○	○	○	○	○
裨益効果(技術面)	○	○	◎	◎	◎	○
宣伝効果	◎	◎	○	○	×	◎
合計点数	13 点	12 点	12 点	12 点	10 点	10 点

※◎(3点)…非常に適している、○(2点)…適している、△(1点)…どちらかと言えば適している
×(0点)…適していない

以上の考察を踏まえ、新規 ODA として以下の 2 つの提案を行う。

提案①:ホニアラ国際空港屋上に 200kW 規模の系統連系型 PV を設置する。

提案②:SIEA の本社駐車場に 50~100kW 規模の系統連系型 PV を設置する。

2 つの提案について、①事業規模、②推定発電電力量に基く採算性、③設置施設に対する効果を以下に示す。

① 事業規模

事業規模については、「ソ」国における PV 設置単価の情報がないことから、以下の前提条件のもとに 2 つのパターンで試算を行う。

◇パターン 1：ODA の無償資金協力として系統連系型 PV を設置する場合

- ・ PV 設置単価 260 万円/kW(参考案件 A：約 267 万円/kW、参考案件 B：約 259 万円/kW)

※1 案件 A パラオ 環境プロジェクト無償 太陽光を活用したクリーンエネルギー導入計画

案件 B マーシャル 環境プロジェクト無償 太陽光を活用したクリーンエネルギー導入計画

※2 上記単価(260 万円/kW)は上記の 2 案件を参考に、土木工事、調達機器、コンサルティング・サービス/ソフトコンポーネントを含んだ形で仮定している。

◇パターン 2：将来的に系統連系型 PV が普及した場合

- ・ PV 設置単価 50 万円/kW (沖縄県の離島に設置する場合と同等と仮定)
- ・ 上記以外の費用(メンテナンス費等)は除外

想定される PV 導入規模(kW)と 2 つのパターンの PV 設置単価より、事業規模を試算すると以下の通りとなる。

表 2-3-3.3 パターン別設置規模別の事業規模一覧

	パターン 1 ODA 新規事業の場合	パターン 2 系統連系型 PV が普及した場合
提案①：ホニアラ国際空港 (200kW 設置の場合)	5.2 億円	1.0 億円
提案②：ソロモン電力公社 (100kW 設置の場合)	2.6 億円	0.5 億円

※試算の例(パターン 1 提案①の場合)：260[万円/kW]×200[kW]=5.2[億円]

※本試算は参考値であり、実際に施工する際は、単価等を精査し、事業規模を確認する必要がある。

② 推定発電電力量に基く採算性

将来的に系統連系型 PV が普及し PV 設置単価が沖縄の離島程度になったと仮定した上で、採算性を試算する。表 2-3-3.3 のパターン 2 の結果と、以下の手順で推定する発電電力量により試算を行う。

系統連系 PV システムでは、設置される太陽電池パネルの容量、傾斜角度、設置場所の日射強度、気温など詳細なパラメータが決まった段階で、シミュレーションソフトなどを活用して発電電力量を算出することが出来る。概略検討の段階では、以下に示す方法で試算を行う。

$$E_p = P_{AS} \cdot H_A / G_s \cdot K \cdot 365 \text{ days}$$

E_p = 推定年間発電量 (kWh/year)

P_{AS} = 標準状態における太陽電池アレイ出力 (kW)

H_A = 設置場所での年間平均日射量 (kWh/m²/day)

G_s = 標準状態における日射強度 (kW/m²)

K = 総合設計係数 (0.65～0.8、平均では 0.7 程度)

「ソ」国で出力 200kW のシステムを最適傾斜角で北面設置した場合、年間発電電力量は以下

のように計算できる。日射強度は、 $5.52(\text{kWh}/\text{m}^2/\text{day})$ とした(平成23年度 島嶼型エネルギー自給システム構築プロジェクト準備調査報告書より)。

$$200 [\text{kW}] \times 5.52 [\text{kWh}/\text{m}^2/\text{day}] \div 1 [\text{kW}/\text{m}^2] \times 0.7 \times 365 [\text{days}] = 282,072 [\text{kWh}/\text{year}]$$

最後に、事業規模と推定発電電力量より採算性の試算を行う。採算性の検討にあたっては、太陽光発電の買取価格が定められていないので、仮に2012年10月現在の電気料金(約SI\$6.0)と同等の買取価格となった場合を想定して試算を行う。

買取金額が、 $6.0 \text{ SI}\$/\text{kWh}$ と仮定すると、発電電力全量を売電した場合、

$$282,072 [\text{kWh}/\text{year}] \times 6.0 [\text{SI}\$/\text{kWh}] = 1,692,432 [\text{SI}\$/\text{year}]$$

$11.6 \text{ 円}/\text{SI}\$$ (2012年12月上旬時点)で換算すると、約1,960万円の売電収益となる。PV設置費用と売電収益から投入コストの回収年数を試算すると、

提案①の場合

$$10,000 [\text{万円}] \div 1,960 [\text{万円}/\text{年}] \div 5 \text{ 年}$$

となり、概ね5年で設置コストの回収が見込める試算となる。

提案②においてもPV設置費用が半分の5,000万円であるが、年間の売電収益も半分の約980万円となるため同様の回収年数である。

②設置施設に対する効果

提案①、②における設置施設に対する効果を2012年度の各施設の消費電力量とPV設置後の推定発電電力量から試算する。現地より入手した情報によるとホニアラ国際空港の消費電力量は約770,000kWhであり、SIEAの消費電力量は約180,000kWhとなっている。施設に対するPVの発電電力量の割合は

提案①:ホニアラ国際空港屋上に200kW規模の系統連系型PVを設置する場合の効果

$$282,072 [\text{kWh}] \div 770,000 [\text{kWh}] \div 37\%$$

提案②:SIEAの本社駐車場に100kW規模の系統連系型PVを設置する場合の効果

$$141,036 [\text{kWh}] \div 180,000 [\text{kWh}] \div 78\%$$

となる。特に提案②ではSIEA本社屋の消費電力の8割近くをPVによる電力で賄う形となり、非常に大きな効果がある。

(2) 開発課題解決への貢献度

「ソ」国初となる系統連系型PVの導入実績を作ることにより、その設置経験による技術の習得がなされ、さらに、そのシステムを基本形として次の展開と系統連系型PVシステムの普及が加速するものと考えられる。

そして、設置した施設においては、直接的な電気使用料金低減の恩恵を受けることが出来る。さらには、普及が加速すると PV 分の発電量をディーゼル発電機で発電する必要がなくなり、その分の燃料消費が削減され、結果的に電気料金も軽減され、全国民への利益還元へと繋がる事が期待できる。

2-3-4 既存 ODA 事業との効果的な連携策(案)

(1) PEC 基金活用の検討

調査当初、PEC 基金の活用が期待されたが、調査を進める中で、PEC 基金における「ソ」国に割り当てられた全予算 4 百万ドルは、SHS への活用が決定していると判明した。

同じ PV を使用する SHS と系統連系型 PV ではあるが、

「電源のない地域に電気を供給する SHS」

「既存の電力系統に連系して電気を供給する系統連系型 PV」

では、目的・設置場所が異なるため、今後連携を図る場合は、情報交換を十分に行うことが望ましい。

2-4 中小企業等が有する技術等を活用したビジネスの可能性

2-4-1 想定される市場規模

再生可能エネルギーの潜在エネルギー量として PV は 4MW と試算されている(「ソロモン諸島気候変動対策方針」より)。現在の最大電力が日中の 14MW(2010 年)であることから、供給量の 3 割弱を PV で供給することになる。これは、沖縄県離島の事例(7~22%)と比較しても、高い割合であるが、将来的に電力系統の整備が進み、安定化対策が行われれば、4MW の PV 導入が期待できる。

2-4-2 ODA 事業及び中長期的ビジネス展開のシナリオ

(1) 系統連系型 PV システム普及のポテンシャル

「ソ」国は、日射量(沖縄の約 1.4 倍)が高く、PV に適した自然環境を有している。また、多くの離島を有しており、その電源供給もディーゼル発電による供給で小規模な独立した系統である。そのため、「ソ」国の電気料金は非常に高く、日本の電気料金と比較しても 2 倍以上割高な料金となっている(2012 年時点)。

SIEA では分散型電源の系統連系に係る規程や技術要件等の草案を作成しており現在政府の承認待ちの状況であり、系統連系型 PV システムが普及する上で必要な法制度は整いつつある。

MMERE や SIEA などの「ソ」国エネルギー関係者は、系統連系型 PV システムの導入に強い関心を示しており、自然条件も適している。以上の事から、「ソ」国における系統連系型 PV システム普及のポテンシャルは非常に高いと言える。

(2) 普及を阻害する要因

「ソ」国に系統連系型 PV システムは導入されていない状態であり、「ソ」国内で系統連系型 PV システムに関する重要な機器(PCS や INV 等)の販売が行われていないため、流通経路が確立されていない。PV システムの系統連系に関する技術もない状態である。

ただし、メーカー特注品と比較して、沖縄の中小企業が有する技術を活かした市販品を組合せた場合、

① PCS が 1 台故障した時でも運転を継続できる

② 予備品でのメンテナンス対応が容易である

というメリットがある。このため、流通経路が確立されていない「ソ」国でも、有効なシステム

と言える。

(3) ビジネス展開に向けた協力事業

無償資金協力により沖縄県の中小企業が首都ホニアラに系統連系型PVシステムを建設することが、「ソ」国においてPVの普及を促進するとともに、沖縄の中小企業がビジネス展開を図るきっかけを作るために有効な事業であると考えられる。これにより、「ソ」国の電力会社や施工業者の技術者が系統連系型システムに関する知識と経験を得ることができる。また、日本が「ソ」国初の系統連系型システムを構築することによって、そのシステムが基本形となり、次に続くシステムもそのシステムを手本として沖縄の中小企業が主導して導入を拡大していく流れを作ることが可能であると考えられる。

(4) 継続的ビジネス展開の可能性

「ソ」国において沖縄県の中小企業が無償資金協力を通して海外事業経験を積むことにより、ビジネス展開の基礎を築き上げることが出来る。そして「ソ」国の電気料金が非常に割高である事がビジネス展開において注目すべき点である。独自に試算を行った結果、将来的に系統連系型PVが普及し沖縄の離島と同程度の設置費用となれば、PVへの投資回収期間が約5年という結果を得た。このことは、PVの普及が急速に加速していく可能性があり、中小企業のビジネス展開が期待できる。さらには同様な地理的・気候的背景を持つ周辺の大洋州諸国にも、さらなるビジネス展開が可能と考えられる。

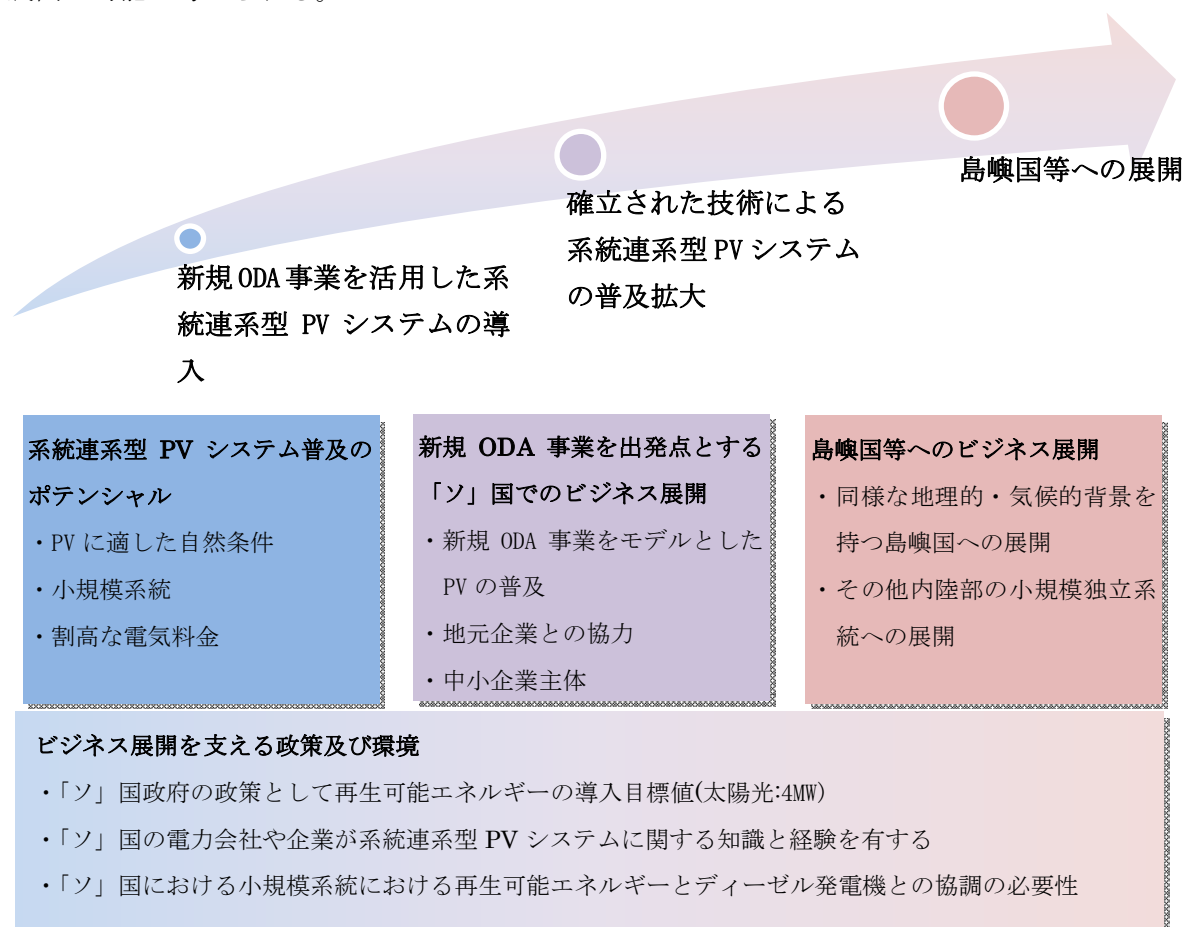


図 2-4-2.1 ビジネス展開イメージ図

第3章 モルディブ共和国

3-1 モルディブ共和国の現状及びニーズの確認

3-1-1 モルディブ共和国の政治・経済の概況

モルディブ共和国(以下:「モ」国)はインド及びスリランカ南西に位置する島嶼国で、1,192の珊瑚礁の島々で構成されており、住民が居住している194島と、これとは別にリゾート島と呼ばれるリゾートホテルのみが立地する島が国内に105島存在し、人口は約33万人である。その内、全人口の約35%にあたる約11.4万人が首都のあるマレ島に居住している。



図 3-1-1.1 「モ」国位置図

(1) 一般事情

面積 : 298 平方キロメートル
人口 : 33 万人 (2012 年)
首都 : マレ
民族 : モルディブ人
言語 : ディベヒ語
宗教 : イスラム教
気候 :

気候は高温多湿の熱帯気候であり、年間で気温の変化は少ない。季節は、北東モンスーンの乾季(12~4月)と南西モンスーンの雨季(5~11月)とに分けられる。雨季に挟まれた3~5月は一年で最も暑い季節となり、雨季は常に雨が降り続くわけではないが、全体的に雲が多く、一度降り始めると1週間ほど続くこともある。乾季にはほとんど雨が降らず、降ったとしてもスコール程度である。世界的に問題となっている異常気象のためか、乾季中に大雨が降ったり、雨季に晴れの日が続いたりという現象がここ数年見受けられる。

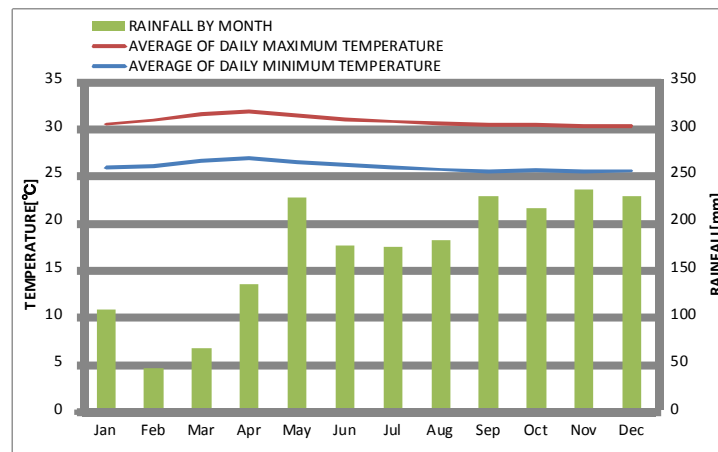


図 3-1-1.2 「モ」国の平均最高・最低気温と降水量

(2) 政治体制・内政

1965年に英国から独立し、1978年11月11日からガユーム大統領が30年に及ぶ長期政権を維持していたが、2004年以降の民主化改革の結果、2008年8月に民主的な新憲法が成立し、同年10月、初の複数政党制に基づく大統領選挙が実施された結果、モルディブ民主党(MDP)のナシード党首がモルディブ人民党(DRP)党首のガユーム大統領を破って当選した。2012年2月には、同年1月の刑事裁判所裁判長の逮捕・拘束を発端とする与野党間の対立により、ナシード大統領が辞任表明を行い、ワヒード副大統領が大統領に就任した。

政体 : 共和制

元首 : モハメド・ワヒード・ハッサン(Mohamed Waheed Hassan)大統領

議会 : 一院制(議席77:小選区制)

(3) 経済

「モ」国の主要産業は観光産業と漁業であり、実質GDPの約40%がこれらの産業に寄与している。2001年に発生した米国同時テロにより観光業が深刻な影響を受けた。その後経済は順調に回復してきていたが、2004年末に発生したインド洋大津波の影響でGDP全体の約40%を占める観光分野及び漁業分野に深刻な被害を受け、2005年の実質GDP成長率は-4.6%と落ち込んだ。その後、2008年の金融危機を受けた観光客の減少によって2009年は-6.5%とマイナス成長となったものの、観光産業は徐々に持ち直し、2010年の実質GDP成長率は9.9%となっている。主に観光産業に牽引された経済成長により、「モ」国は2011年に後発開発途上国(LDC:Least developed country)を卒業するに至った。

主要産業 : 観光、漁業

GDP(国内総生産) : 20.296億USドル(2011年)

一人当たり名目GDP : 5,973USドル(2011年、IMF)

実質GDP成長率 : 7.5%(2011年)

消費者物価上昇率 : 12.8%(2011年)

総貿易額(2011年) : (1)輸出(FOB) 75.4百万USドル
(2)輸入(CIF) 1,465.3百万USドル

主要貿易品目 : (1)輸出 鮮魚、水産加工物
(2011年) (2)輸入 機械、鉱物、食料品、繊維製品

主要貿易相手国 : (1)輸出 タイ、フランス、スリランカ、イタリア
(2011年) (2)輸入 UAE、シンガポール、インド、スリランカ

通貨 : Rf(ルフィア)
1USドル=15.21Rf(2011年)
1Rf=4.93円(2011年平均値)

(4) 電力事情

① 電気に係る政府・公社の体制

「モ」国では、首都マレ島を含めた計28島で100%政府出資のモルディブ電力公社(STELCO: State Electric Company Limited)が電力を供給している。「モ」国では発電電力のほぼ全てをディーゼル燃料に依存しており、昨今のディーゼル価格の高騰(2007年で22%)によりSTELCOの財務状況は悪化し、国家としてのエネルギー・セキュリティ確保が危ぶまれている。

また、各州の電気、水道、ガス等の公益事業を統合したFENAKA(FENAKA Corporation Limited)によって115の島々に電力を供給しており、その他に独自で電力供給を行っている島やリゾート島のようにリゾート関連会社が電力供給している島もある。いずれも発電電力のほぼ全てをディーゼル燃料に依存しており、2011年には約139,000トンのディーゼル燃料が発電用燃料として消費された。

② 供給電力の概要

電源構成	: DG
送電電圧	: 11kV (地中送電線) ^{※1}
電気方式	: 3相3線式
配電電圧	: 400V (需要家供給は各相電圧 230V) ※運用上の電圧管理値 230V±5.0%
電気方式	: 3相4線式
周波数	: 50Hz ※運用上の周波数管理目標値 50Hz±1.0% ^{※2}
最大電力	: 40MW(首都)
※1:小規模離島では昇圧せず3相4線式400Vで配電している	
※2:比較的大きい島では周波数管理目標値 50Hz±0.5%	

③ 電気料金

2012年11月現在の「モ」国の首都圏における電気料金を以下に示す。「モ」国では各地域により電力料金が異なり、首都圏の島においては一般家庭で100kWhまでは4.51Rf(約22円)、101kWhから300kWhまでは4.76Rf(約23円)となっており、電力使用量によって電力料金単価が決まっている。また、ビジネス、政府の電力料金は一般家庭と異なり、一般家庭と比べると高く設定されている。

表 3-1-1.1 「モ」国(首都圏)における1kWh当りの電気料金(単位: Rf)

電気料金	家庭用	商業、政府、機関用
電気料金(0-100kWh)	2.25	3.30
電気料金(101-300kWh)	2.50	3.35
電気料金(301-500kWh)	2.95	3.65
電気料金(501-600kWh)	3.55	4.00
電気料金(601kWh>)	3.85	4.35
燃料調整費(2012年11月13日)	2.20	

(出典:STELCOのHP 2013年1月現在)

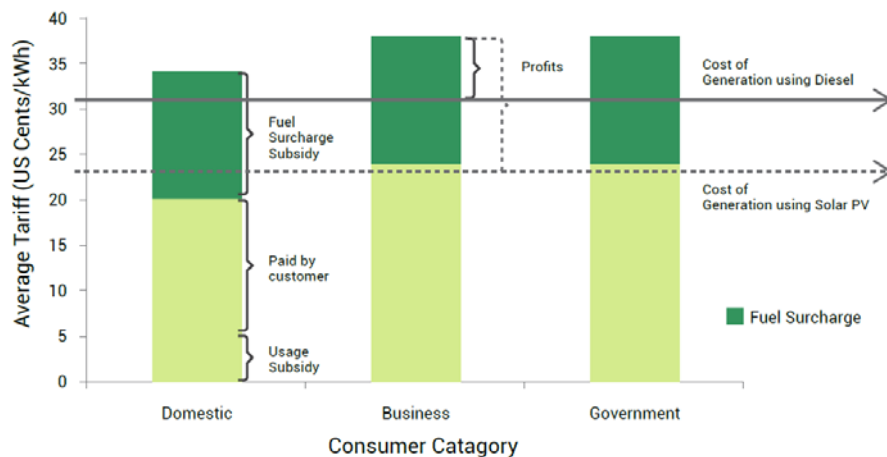


図3-1-1.3 マレにおける燃料サーチャージと発電コスト・補助金の比較

(出典: MALDIVES SREP INVESTMENT PLAN 2013-2017)

3-1-2 対象分野における現状と課題

(1) 離島における割高な電気料金

2012年11月現在の「モ」国の首都圏における電気料金は日本の電気料金約20～30円/kWh(従量電灯)と比較してもほとんど相違がない料金となっているが、その他の離島では首都圏より電力料金が割高となっている。原因としては燃料の輸送コスト高や電力需要規模が小さいことなどが考えられる。STELCOの電力経営においても地方の離島は元々赤字であり、マレ島での黒字を赤字補填に充てていたが、原油価格の高騰によりマレ島での電力経営も赤字となった結果、現在は政府からの補助金を受けている。離島ではDGの燃料消費率が0.26L/kWhから0.68L/kWhと幅広く異なっており、発電コストは小さな離島ほどが高くなる傾向がみられる。

「モ」国全域で今後更なるディーゼル燃料の価格上昇に伴う電力料金の高騰が懸念されるため、首都圏の島以上にその他の離島でのディーゼル燃料の消費量を削減することが重要な課題であると考えられる。

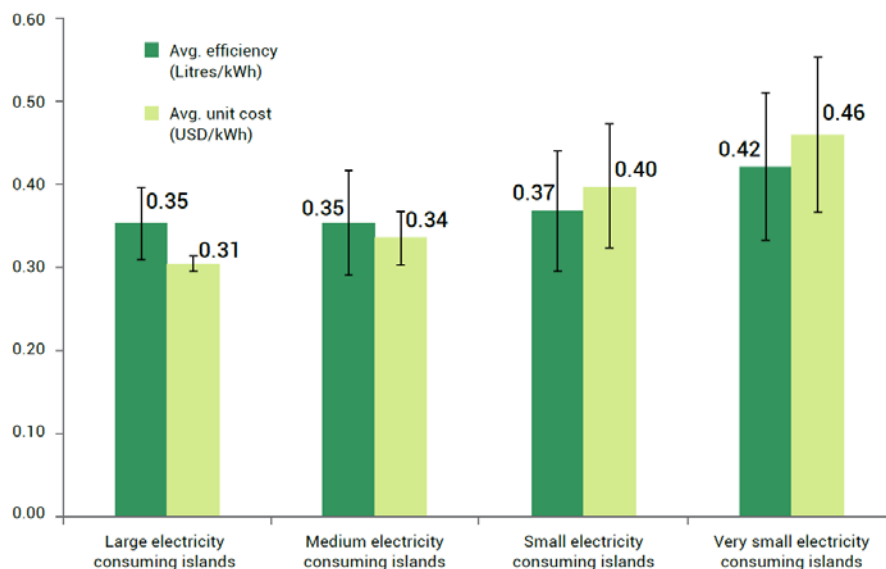


図3-1-2.1 異なる区分の地方の離島における平均燃料消費率と発電コスト単価の比較

(出典: MALDIVES SREP INVESTMENT PLAN 2013-2017)

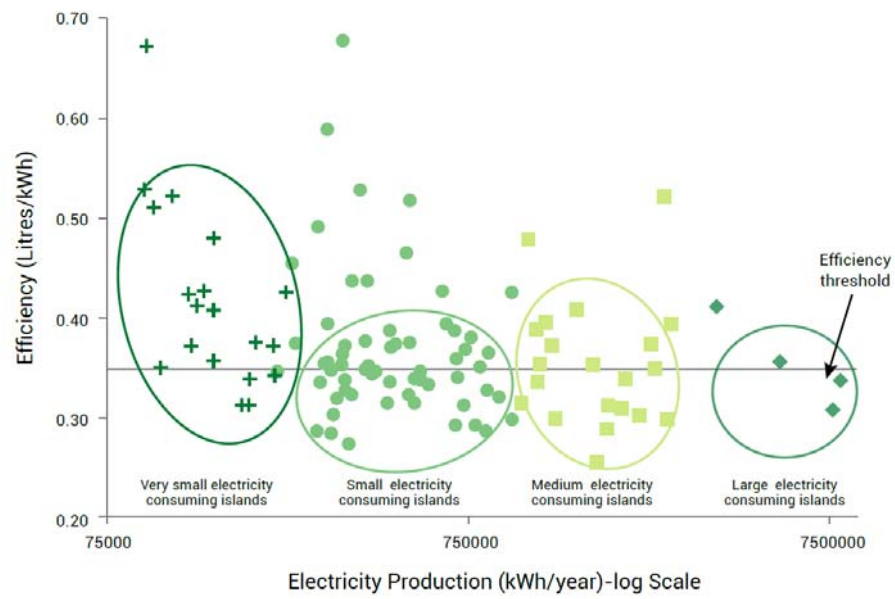


図3-1-2. 2 発電電力量及び発電効率に基づく離島の分類

(出典: MALDIVES SREP INVESTMENT PLAN 2013-2017)

表3-1-2.1 モルディブエネルギー庁 (MEA) に承認された地方毎の電気料金 (2012. 3. 24)

(出典: MEA HP)

MALDIVES ENERGY AUTHORITY APPROVED TARIFF

MALE', HULHUMALE', VILLINGILLI, THILAFUSHI			
<i>Bands\ Categories</i>	<i>Domestic</i>	<i>Business</i>	<i>Government</i>
Band A (0 -100 units)	2.25	3.30	3.30
Band B (101 -300 units)	2.50	3.35	3.35
Band C (301 -500 units)	2.95	3.65	3.65
Band D (501 -600 units)	3.55	4.00	4.00
Band E (601 units & above)	3.85	4.35	4.35
Fuel surcharge: Rf0.03/kWh per each Rf0.10 increase in the fuel price when the fuel price goes above Rf8.00			

UPPER NORTH REGION (HA, HDH, SH)			
<i>Bands\ Categories</i>	<i>Domestic</i>	<i>Business</i>	<i>Government</i>
Lower Class (below 100 units)	3.75	4.50	4.75
Middle Class (101 to 200)	4.30	5.75	5.75
Upper Class 1 (201-300 units)	4.50	6.50	6.70
Upper (above 300 units)	5.50	7.50	7.75
Fuel surcharge: Rf0.03/kWh per each Rf0.10 increase in the fuel price when the fuel price goes above Rf8.50			

NORTH REGION (N, R, B, LH)			
<i>Bands\ Categories</i>	<i>Domestic</i>	<i>Business</i>	<i>Government</i>
Band-I (100 and below)	3.75	4.50	4.75
Band-II (101 to 200)	4.25	5.75	5.75
Band-III (201 to 300 units)	4.50	6.50	6.70
Band-IV (301 and Above)	5.50	7.50	7.75
Fuel surcharge: Rf0.03/kWh per each Rf0.10 increase in the fuel price when the fuel price goes above Rf8.00			

NORTH CENTRAL REGION (K, AA, ADH, V)			
<i>Bands\ Categories</i>	<i>Domestic</i>	<i>Business</i>	<i>Government</i>
Band A (0 -100 units)	3.75	4.50	4.50
Band B (101 -200 units)	4.25	5.75	5.75
Band C (201 -300 units)	4.50	6.50	6.50
Band D (300 units & above)	5.00	7.50	7.50
Fuel surcharge: Rf0.03/kWh per each Rf0.10 increase in the fuel price when the fuel price goes above Rf8.10			

CENTRAL REGION (M, F, DH)			
<i>Bands\ Categories</i>	<i>Domestic</i>	<i>Business</i>	<i>Government</i>
Lower Band (below 100 units)	3.75	4.50	4.75
Middle Band (101 to 200 units)	4.25	5.75	5.75
Middle Band (201 to 300 units)	4.50	6.50	6.70
Upper Band (above 301 units)	5.50	7.50	7.75
Fuel surcharge: Rf0.03/kWh per each Rf0.10 increase in the fuel price when the fuel price goes above Rf8.50			

SOUTH CENTRAL REGION (TH, L)			
<i>Bands\ Categories</i>	<i>Domestic</i>	<i>Business</i>	<i>Government</i>
Band-I (100 and below)	3.75	4.50	4.75
Band-II (101 to 200)	4.25	5.75	5.75
Band-III (201 to 300 units)	4.50	6.50	6.70
Band-IV (301 and Above)	5.50	7.50	7.75
Fuel surcharge: Rf0.03/kWh per each Rf0.10 increase in the fuel price when the fuel price goes above Rf8.00			

UPPER SOUTH REGION (GA, GDH)			
<i>Bands\ Categories</i>	<i>Domestic</i>	<i>Business</i>	<i>Government</i>
Lower Band (below 100 units)	3.80	4.50	4.80
Middle Band (101 to 200)	4.30	5.75	5.80
Middle Band (201 to 300)	4.50	6.50	6.70
Upper Band (above 301 units)	5.50	7.50	7.75
Fuel surcharge: Rf0.03/kWh per each Rf0.10 increase in the fuel price when the fuel price goes above Rf8.50			

SOUTHERN REGION (GN, S)			
<i>Bands\ Categories</i>	<i>Domestic</i>	<i>Business</i>	<i>Government</i>
Band A (0 - 100 units)	2.80	3.25	3.25
Band B (101 - 200 units)	3.30	3.75	3.75
Band C (201 - 300 units)	3.60	4.75	4.75
Band D (300 units & above)	4.10	6.00	6.00
Fuel surcharge: Rf0.03/kWh per each Rf0.10 increase in the fuel price when the fuel price goes above Rf8.10			

(2) 脆弱なエネルギーセキュリティー

首都圏及びその他の島において、小規模な電力系統にも適用可能なDGを採用し、ディーゼル燃料に依存した電源構成となっている。DGのみによる電力供給では石油価格高騰の影響を受け易く非常に脆弱なエネルギー供給構造となってしまうため、電源の多様化によりエネルギーセキュリティーを向上させることが望ましい。

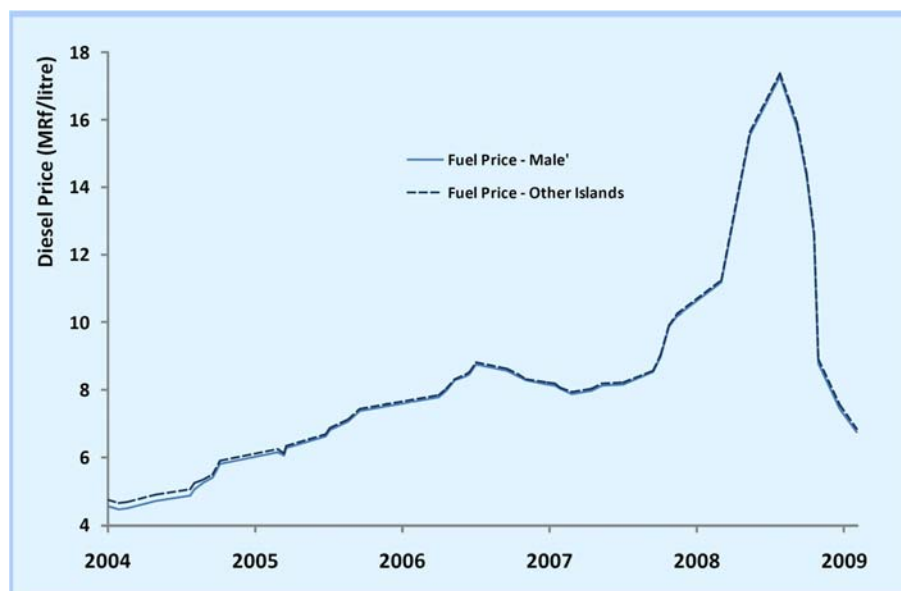


図3-1-2.3 「モ」国における燃料価格の推移

(出典:Renewable Energy Status in Maldives)

(3) 再生可能エネルギーの普及拡大

「モ」国は、1993年に気候変動枠組み条約(United Nations Framework Convention on Climate Change)を、1998年に京都議定書を批准し、積極的に気候変動対策に取り組んできている。また、気候変動による海面上昇の影響を最も受けやすい島嶼国の一つであるため、DGへの依存度減少による温室効果ガス削減へ対応するためにも再生可能エネルギーの普及拡大を計る必要がある。また、第7次国家開発計画(2006年～2010年)においては温室効果ガス削減及びエネルギー・セキュリティー確保の観点から、再生可能エネルギーの割合をエネルギー需要全体の10～15%まで引き上げる目標を掲げていた。2010年10月には政府が策定した「モルディブ国家エネルギー政策・戦略」において2020年までにカーボンニュートラルを達成することを公約している。

再生可能エネルギーはエネルギー・セキュリティーの向上及び温室効果ガスの削減に有効であり、技術開発の進展によりイニシャルコストが次第に低下していることから、発電コストが高価な島嶼国において普及拡大が望まれる。

「モ」国においては赤道が近く年間の日射量が多いことから再生可能エネルギーの中でPVの導入が有効であると考えられる。PVシステムの導入においてはイニシャルコスト及びランニングコストを低減することを考慮すると、系統連系型でバッテリーを使用しないシステムを構築することが望ましく、維持管理負担の少ないシステムとする必要がある。

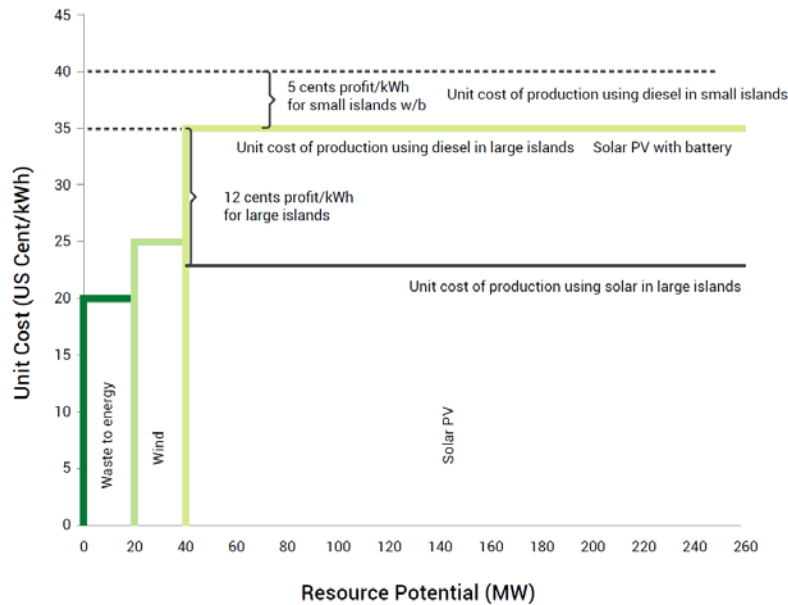


図3-1-2. 4 地方の島における再生可能エネルギーの賦存量と発電コスト単価

(出典: MALDIVES SREP INVESTMENT PLAN 2013-2017)

(4) 電力需要増加の問題

「モ」国の有人離島(リゾート島は除く)において年間 428GWh の電力が消費されており、電力需要は年間 8.5%増加している。2011 年には国全体で消費したディーゼル燃料約 316,000 トンの 44% である約 139,000 トンを発電用燃料として使用し、115 百万 US ドルの燃料費を要した。その燃料費は GDP の 7%に相当する。政府は電気料金の安定性を維持する為に発電運用コストとして 25 百万 US ドルの補助金を出したが、それが政府予算の大きな負担となっている。2020 年には 700 百万 US ドルが発電用ディーゼル燃料費として支出されることが予想され、その費用は人口 1 人当たり 2,000US ドルに相当する。

マレでの電力需要は年間 217GWh であり、電力需要が毎年平均 11%増加している状況である。しかし、マレでは発電設備を拡張するための土地がないため、電力を供給するための代替エネルギーを見つけることが重要な課題となっている。

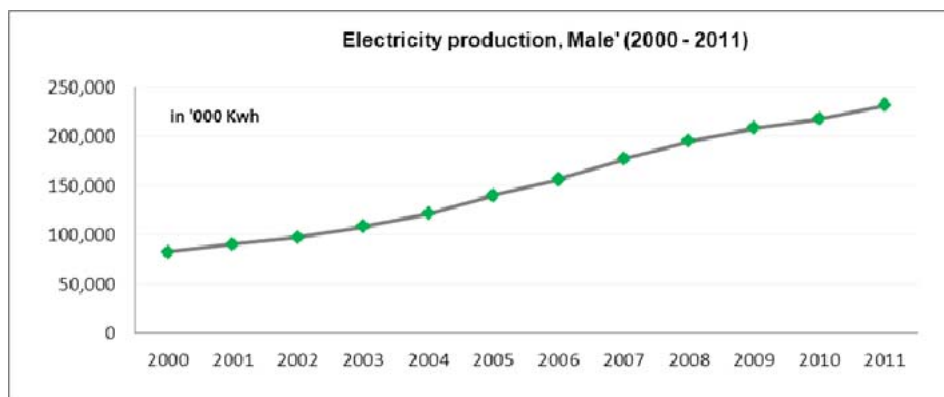


図3-1-2. 5 マレにおける発電量の推移

(出典: DEPARTMENT OF NATIONAL PLANNING HP)



図3-1-2. 6 マレ島の航空写真(Google Earth)

(5) PV 設置場所の確保

「モ」国は小規模な離島が点在する島嶼国であり、国土が狭く特に首都のマレにおいては都市自体が過密な状態となっている。PV システムの設置には比較的大きな面積が必要であり、PV システムの普及促進を図るためには設置場所の確保が問題となる。

「モ」国においては土地の制約等のために PV システムの導入する際には建物の屋根に設置すること(ルーフトップ)などの工夫が必要となる。また、地上設置タイプとする場合にはカーポートタイプにする等、土地の有効利用を図るための工夫が必要と考えられる。

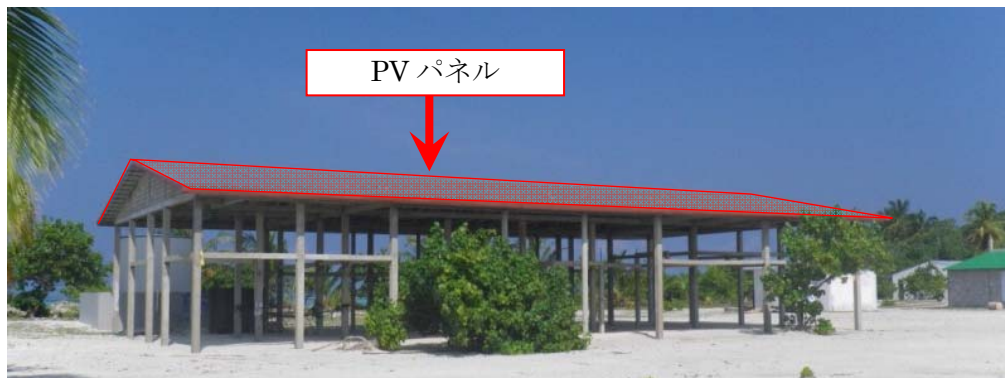


図 3-1-2. 7 建物屋根への PV パネル設置イメージ



図 3-1-2. 8 カーポートタイプの PV システム

(6) ハイブリッドシステム構築技術

既存電源と再生可能エネルギーの協調を取りながら電力供給を行うハイブリッドシステムは離島における電力供給システムとして有望視されている。

ハイブリッドシステムの構築には、既存電源の構築技術とPVシステム等の再生可能エネルギー構築技術の両方の技術を活用し、さらに効果的に融合する技術が重要である。実際のフィールドにおける経験及び技術も重要であるため、「モ」国においても、ハイブリッドシステムに関する技術及び事業経験を有していることが必要である。

「モ」国において115の島々に電力を供給しているFENAKAでは、ハイブリッドシステムに高い関心を抱いており、システム導入に対しても意欲を示していたが、最適なシステムを構築することが容易ではないことを理解していることから、システム開発が課題になっていると感じられた。また、「モ」国政府もハイブリッドシステムに関する知見を求めていることから、ハイブリッドシステムの技術確立が今後のPVシステムの普及のカギを握っていると考えられる。

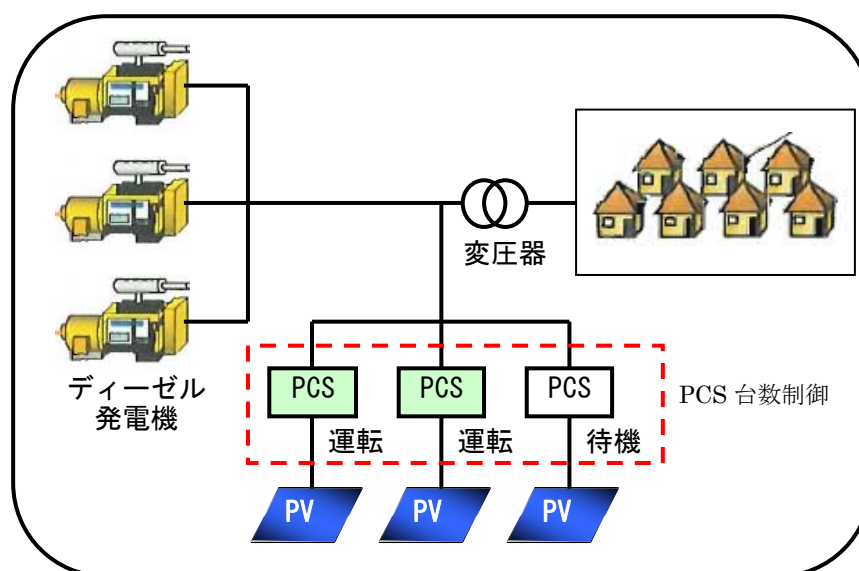


図 3-1-2.9 ハイブリッドシステムイメージ図

3-1-3 「モ」国の関連計画、政策及び法制度

(1) 「モ」国における関連政策

「モ」国では政府が 2020 年までにカーボンニュートラルを達成することを公約しており、2010 年 10 月に「モルディブ国家エネルギー政策・戦略」を策定した。本政策の目標は以下の通りである。

- ・全ての国民に信頼ある持続可能なエネルギーを可能な限り低価格で提供する
- ・エネルギー分野でカーボンニュートラルを 2020 年までに達成する
- ・省エネルギー及びエネルギー効率向上を促進する
- ・国家のエネルギー安全保障を高める

カーボンニュートラルを達成するために「モ」国のエネルギー分野へ多大な投資が行われることが予想され、その一つとして政府が SREP Investment Plan(SREP IP)を作成し提出した結果、合計約 139 百万 US ドルの出資を受けることが決定している。

SREP IP の目的としては以下の項目が挙げられる。

- ・エネルギーセクターの変換
- ・大規模な再生可能エネルギー開発
- ・国家のエネルギーセキュリティの向上
- ・強い再生可能エネルギー産業の創造
- ・海外の再生可能エネルギー出資者の誘致
- ・他の SIDS (小島嶼開発途上国)のための離脱モデル

SREP IP の出資金のうち 69.5 百万 US ドルを用いて、マレを含む首都圏では PV システムの導入及び廃棄物発電の導入、再生可能エネルギーシステムの統合を実施する。

離島においては小規模な再生可能エネルギー発電所導入、再生可能エネルギー導入準備のための電力システムの修復、離島の PV 及び風力発電への投資、離島への廃棄エネルギーへの投資を 62 百万 US ドル活用して実現する。

また、技術援助と能力の確立にも 7 百万 US ドル活用し、能力向上が可能な環境の創造、人材育成、事業の準備及び実現可能性の調査、特性データ入手・活用を行う予定である。

表3-1-3. 1 SREP INVESTMENT PLANにおける資金調達計画 (単位:千USドル)

(出典: MALDIVES SREP INVESTMENT PLAN 2013-2017)

Components	SREP	GoM	WB IDA	WBG Guara- ntee	ADB	IFC/ ADB (PSOD)	GIZ	JICA	Private	Others	IDB	TOTAL*
IP Preparation Grant	315											315
Renewable Energy for Greater Male' Region												
Greater Malé Region Solar PV Investments	6,000	2,500	3,000	12,000				11,000	26,500			49,000
Waste-to-Energy (Thilafushi)	5,000					10,000			5,000			20,000
Greater Malé Region Renewable Power System Integration	500											500
Sub Total	11,500	2,500	3,000	12,000	0	10,000	0	11,000	31,500	0	0	69,500
Renewable Energy for Outer Islands												
Small power station RE	12,000	3,000			3,000					3,000	5,000	26,000
Power system rehabilitation		5,000			3,000						5,000	13,000
Outer island solar and wind investments (under FIT)	1,000		2,000	8,000			960		9,000			12,960
Outer island Waste-to-Energy investment	3,000								7,000			10,000
Sub Total	16,000	8,000	2,000	8,000	6,000	0	960	0	16,000	3,000	10,000	61,960
Technical Assistance and Capacity Building												
Creating an enabling environment	200	1,000			400		600					2,200
Human Capacity Building	485	100					1,100					1,685
Project Preparation and feasibility studies	1,500	100					600					2,200
Improves access to quality data		300								800		1,100
Sub Total	2,185	1,500	0	0	400	0	2,300	0	0	800	0	7,185
GRAND TOTAL	30,000	12,000	5,000	20,000	6,400	10,000	3,260	11,000	47,500	3,800	10,000	138,960

Allocation between components is indicative and will be adjusted based on feedback from Investors

Total does not include WBG Guarantee

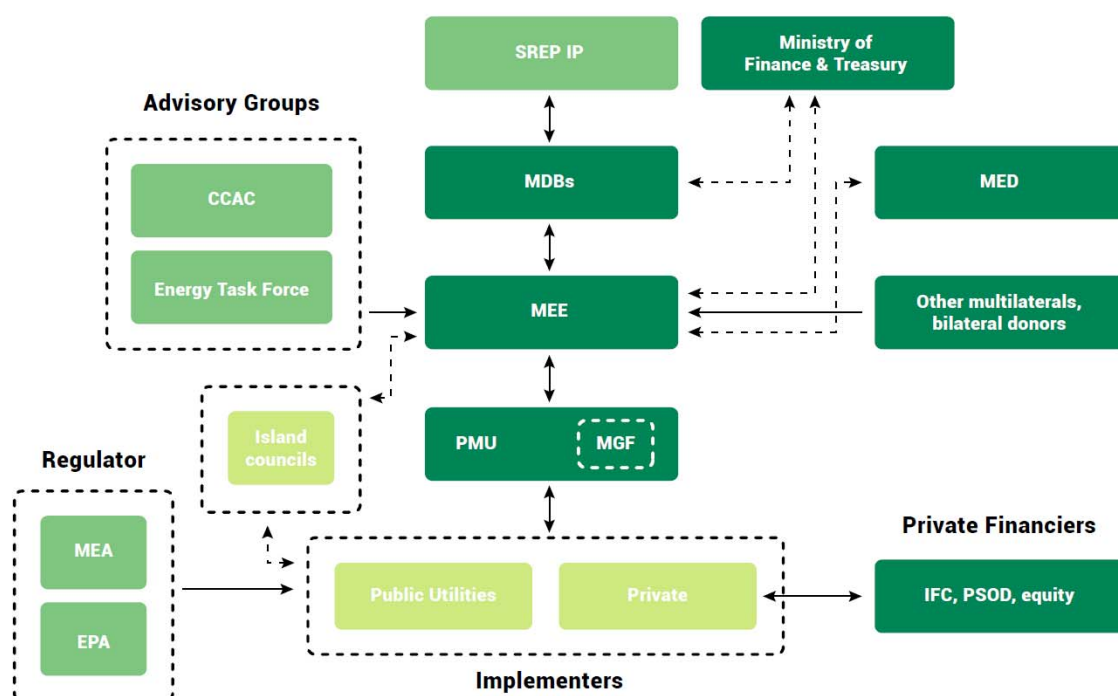


図3-1-3. 1 SREP実行のための事業体制

(出典: MALDIVES SREP INVESTMENT PLAN 2013-2017)

(2) 「モ」国における FIT(Feed-in Tariff)

「モ」国では再生可能エネルギーの導入のための民間投資を促進するために 7つの地域で異なる買取価格を設定した FIT(Feed-in Tariff)を 2011 年 3 月から運用している。現行の FIT では再生可能エネルギーシステムの容量や種類に関わらず均一の買取価格 (Flat Rate) となっている。電力供給を行っている公益事業者には買い取った再生可能エネルギーに対し 0.03US ドル/kWh のインセンティブを政府から提供されることになっている。

現在、MEA では ADB の支援を受けて現行の FIT の改定を予定しており、民間の投資を促進する為に投資家へのメリットも考慮し改善する予定となっている。

また、FIT モデルとして Renewable Energy Maldives Pvt Ltd は STELCO が電力供給を行っている 6 つの島に系統連系型 PV システムを 652kW 設置し売電している。現行の FIT において政府が承認した買取価格は 0.22US ドル/kWh であったが、STELCO は 0.03US ドル/kWh のインセンティブを犠牲にし、買取期間 20 年間の買取価格 0.25US ドル/kWh で Power Purchase Agreement (PPA) を結んでいる。

表3-1-3.2 7つの地域でのFITの買取価格

(出典: MALDIVES SREP INVESTMENT PLAN 2013-2017)

Utility Services Provider	Existing FIT (USD/kWh)
1. State Electric Company Limited: Greater Male' Region	0.22
2. Upper North Region (Ha, Hdh, Sh)	0.29
3. North Region (N, R, B, Lh)	0.29
4. Central Region (M, F, Dh)	0.26
5. South Central Region (Th, L)	0.35
6. Upper South Region (Ga, Gdh)	0.35
7. South Region (Gn, S)	0.26

(3) 「モ」国の系統連系に関する制度・基準

「モ」国では現在アジア開発銀行 (ADB: Asian Development Bank) の支援を受けて新たな電力関係の基準及び規制の案を策定中であり、以下の基準・規制案に関してモルディブエネルギー庁 (MEA: Maldives Energy Authority) がパブリックコメントを実施している。

表 3-1-3.3 「モ」国において策定中の電力関係基準・規制案

No.	名 称	作成者
1	METERING SCHEME (FINAL DRAFT) (計測スキーム)	MEA
2	SERVICE PROVIDER' S CODE (FINAL DRAFT) (事業者規約)	MEA
3	INSTALLATION STANDARDS (FINAL DRAFT) (設置基準)	MEA
4	ENGINEERS' LICENSING (FINAL DRAFT) (技術者認定)	MEA

① “METERING SCHEME (FINAL DRAFT)” の概要

計測スキームは配電網に接続されている各計量装置に対し適用され、以下の項目について適用を受ける。

1. 電力計測装置の基準
2. 計量装置に関する承認済みのスキーム
3. 収集した情報の管理
4. 計測業務、管理及び解釈に対する責務事項
5. 認証及び検査

具体的には配電網へ新規に行う接続作業及び既存設備の改修作業を行う際に適用される。また、検査により計測機器の現状が本スキームに準拠していない場合においても適用される。

本計測スキームに記載・定義されている全ての作業過程、作業方法、活動及び責務事項は、事業者を通して配電網へ接続している需要家を対象に規定されたものである。“METERING SCHEME (FINAL DRAFT)” において系統連系型 PV 導入に係る内容を表 3-1-3.2 に示す。

表 3-1-3.4 “METERING SCHEME (FINAL DRAFT)” における系統連系型 PV に係る内容

第 6 条 「モ」 国の電力回路網における接続ポイントの種類
第 12 条 メータの技術条件
第 17 条 低電圧配電網における連系ポイントの条件
第 22 条 メータの技術条件

② “SERVICE PROVIDER’ S CODE (FINAL DRAFT)” の概要

事業者規約は以下の項目について適用を受ける。

1. 事業者認定発行についての条件
2. 発電所についての条件
3. 配電網の運営及び管理
4. 配電網の計画
5. 配電網への接続
6. 商業的側面
7. 問題発生の場合

具体的には「モ」国の領土内において発電、配電や電力販売に係る全ての事業者に対して適用される。“SERVICE PROVIDER’ S CODE (FINAL DRAFT)” において系統連系型 PV 導入に係る内容を表 3-1-3.3 に示す。

表 3-1-3.5 “SERVICE PROVIDER’ S CODE (FINAL DRAFT)” における系統連系型 PV に係る内容

第 16 条 発電所の連系について承認を得る方法
第 17 条 発電所の義務
第 18 条 発電所の配電網への連系における運用条件

③ “INSTALLATION STANDARDS (FINAL DRAFT)” の概要

設置基準では以下の項目について適用を受ける。

1. 低電圧電力施設のための基準(公共区域)
2. 低電圧電力施設のための基準(構内、屋内)
3. 中電圧電力施設のための基準(公共・民間区域)
4. 発電所に関する基準
5. 検証・確認

具体的には以下の施設に対し適用される基準となる。改修工事及び大きな修理とは、該当する施設容量の 50%に対し影響を与えるもの、また容量に係らず新規の電気回路や電源ボックスに関連するすべての機器についての修理行為を指す。

1. 「モ」国の領域内に存在する全ての電力施設
2. 「モ」国の領域内に存在する全ての電力施設で、本設置基準を施行する前から存在したもののうち、改修工事や大きな修理、性能改善などを行ったもの

“INSTALLATION STANDARDS (FINAL DRAFT)” において系統連系型 PV 導入に係る内容を表 3-1-3.4 に示す。

表 3-1-3.6 “INSTALLATION STANDARDS (FINAL DRAFT)” における系統連系型 PV に係る内容

第 57 条 再生可能エネルギー発電に関する特定条件
第 62 条 保護対策

④ “ENGINEERS’ LICENSING (FINAL DRAFT)” の概要

技術者認定に関する規制は、「モ」国内の電力関連技術者の認定を行う上での条件及び作業過程を設定し、また本規制内容に記した活動を行う権限を付与することを目的とする。本規制は、電力技術者の認定規制を完成させるためのものであり、施工に先立つ設計業務を含まない事業に従事している専門家に対する要件を定めるものである。

「モ」国内の電力関係技術者が提供する業務内容の、最低限の品質を保証し、また電力関連の作業及び施設は、一般市民及び電力従事者に対して危険を及ぼさない、安全なものであると保証することを目標とする。また本規制では、「モ」国の電力技術の開発における優れた実践を推進すること、また技術専門家達が十分な意識を持ち、資格要件を満たし、また自らの作業成果から生じた結果なども含め、必要な責任を果たすことができることを保証することも規制の目的としている。

1. 認定を受けた者・免許所有者の責務
2. 認定プロセス
3. 監査委員会
4. 認定を受けた者・免許所有者の民事上・刑事上の責任
5. 認定を受けた者・免許所有者の職務上の行為に関する規約

本技術者認定規制の内容は、「モ」国の領土内において本規制の第9条に挙げられている活動のいずれかを行う全ての電力技術者に対して適用される義務的規制である。

⑤ 「モ」国の系統連系ガイドライン

「モ」国の系統連系ガイドラインは、2010年にJICA短期専門家の支援によって素案が作成されたものであり、2010年Gazetteにて公告され法令化されている。

3-1-4 「モ」国のODA事業の事例の分析

(1) 政府開発援助

政府開発援助 無償資金協力の「モ」国実績を以下に示す。

表 3-1-4.1 政府開発援助(無償資金協力)の実績

無償資金協力			
交換公文締結日 (現地時間)	案件名	被供与団体名	邦貨 (百万円)
2005/01/17	スマトラ沖大地震及びインド洋津波被害に対する 無償資金協力(ノン・プロジェクト無償資金協力)	—	2,000※
2010/03/25	マレ島におけるクリーンエネルギー促進計画 The Project for Clean Energy Promotion in Male'	—	1,000

※「モ」国への無償資金が20億円であり、全体の合計は246億円である。

【スマトラ沖大地震及びインド洋津波被害に対する無償資金協力(ノン・プロジェクト無償資金協力)】 案件概要

日本は、2004年12月に発生したスマトラ沖大地震及びインド洋津波被害に際して、インドネシア、スリランカ及び「モ」国に対し、緊急を有する物資の購入及び施設の修復、再建のため、総額246億円のノン・プロジェクト無償資金協力を実施した。最大の被害国であるインドネシアに対して146億円、スリランカに対して80億円、「モ」国に対して20億円が供与された。

「モ」国においては漁業関連機材供与計画、公共施設・設備整備計画、農業関連機材供与計画の3つの案件が実施された。公共施設・設備整備計画では配電網復旧計画やコーズウェイ復旧計画、行政施設再整備計画、下水道処理システム改善計画が行われ、その中の行政施設再整備計画においてガン島行政合同庁舎とフォナドー島行政事務所の再建に伴い、PVシステムが設置された。

裨益効果

ガン島の行政合同庁舎へのPVシステムの設置の本来の目的は、津波等の災害発生時に給電が絶たれた際、外部連絡のための通信機器、最低限の照明などのための電力を得るためであるが、石油を輸入している「モ」国にとって、石油依存を減らしエネルギー保障を高めるものとして注目されている。

ガン島・フォナドー島とも行政施設は高床式2階建ての設計となっており、コミュニティ室や多目的室、PV装置が設けられ、津波避難施設の機能を持たせている。防災の観点から必要な施設であると受け止められている。

【マレ島におけるクリーンエネルギー促進計画[The Project for Clean Energy Promotion in Male’]】

案件概要

本事業では、マレ島の5 サイトにおいて、PV関連機材を調達し技術者育成支援を行うことにより、発電能力向上、エネルギー源の多様化、再生可能エネルギー利用に関する「モ」国民の意識啓発を図ることを目的としている。また、気候変動対策において先進国・途上国双方の取組を促す日本のイニシアティブを示すことに寄与することも目的の一つである。

本事業の具体的な内容としては、土木工事、調達機器等の調達(PVモジュール、架台、接続箱、集電箱、パワーコンディショナ、変圧器、配電材料、計測装置、発電量表示装置など)や系統連系型PVシステムに関する基礎知識及び保守点検、緊急時の対応等の維持運営管理に関する研修を行う。

裨益効果

本事業は「モ」国第7次国家開発計画で目指す再生可能エネルギー導入目標の達成に寄与する。また、「モ」国において初めてとなる大型の系統連系型PVシステムを導入することは、再生可能エネルギー利用に関する啓発の意義が大きく、今後の再生可能エネルギー導入促進効果が見込めると考えられる。さらに、国際社会全体にとって喫緊の課題である気候変動対策において、先進国・途上国双方の取組を促し、温室効果ガスの排出削減と経済成長の両立を目指す途上国を支援するという日本のイニシアティブを示すことができる。

(2)他ドナー(域内協力機関含む)の協力動向

他ドナーによる「モ」国への協力実績を以下に示す。

表 3-1-4.2 他ドナーの協力実績

No.	プロジェクト名	資金源	資金	備考
1	・ Renewable Energy Technology Development and Application Project ・ Strengthening Maldivian Initiatives for a Long-term Energy Supply	UNDP (GEF)	N/A	Alifu Dhaalu 環礁 Mandhoo 島 への PV (12.8kWp) の 設備導入
2	RENEWABLE ENERGY BASED ECONOMIC DEVELOPMENT : SPV/WIND/HYBRID-BASED RURAL COMMUNITY DEVELOPMENT CENTRES IN REMOTE ISLANDS IN THE MALDIVES	UNIDO	N/A	Raa 環礁 Faninu 島への PV (5kWp) + 風力 (3.5kW) の 設備導入
3	RENEWABLE ENERGY BASED ECONOMIC DEVELOPMENT : SPV/WIND/HYBRID-BASED RURAL COMMUNITY DEVELOPMENT CENTRES IN REMOTE ISLANDS IN THE MALDIVES	UNIDO	N/A	Baa 環礁 Goidhoo 島への PV (5kWp) + 風力 (3.5kW) の 設備導入
4	Dhiffushi Solar-Ice Project	GSEP 日本政府	N/A	Kaafu Atoll 環礁 Dhiffushi 島への PV (40kWp) + 製氷機の設備導入
5	Capacity Development of the Maldives Energy Authority	ADB	0.4 百万 US ドル	
6	Smart Grid Capacity Development (Financed by the Japan Fund for Poverty Reduction)	ADB	1.4 百万 US ドル	
7	CLEAN ENERGY FOR CLIMATE MITIGATION PROJECT	CCTF	2.53 百万 US ドル	

① Dhiffushi Solar-Ice Project の概要

「モ」国政府は再生可能エネルギー源のシェアを拡大し、2020 年までにカーボンニュートラルを達成することを示しており、この達成に向けて ADB の ASEI (Asia Solar Energy Initiative) に沿って今後 3 年間で PV を約 3,000MW 導入する。GSEP (Global Sustainable Electricity Partnership) は ASEI に役立つパイロットプロジェクトを実施することで「モ」国でのソーラーエネルギープロジェクトを先導することを提案した。

プロジェクトの主要目的として以下の 3 つが挙げられる。

- ・ ローカル再生可能エネルギーの利用を促進
- ・ 化石燃料の消費量を減らすことで、CO₂排出量を削減
- ・ 他の「モ」国諸島の太陽エネルギープロジェクトを複製するためのモデルを提供する

プロジェクトでは 40kW の系統連系型 PV システムと製氷機をカーフ環礁の Dhiffushi 島に設置し、DG の完全な依存から脱却する足がかりになるだけでなく、製氷器で Dhiffushi 島の主な経済活動である漁業の販売する魚を保存することで島民の手助けをし、PV の効率的な使用を可能とする。

プロジェクトは ADB の ASEI において「モ」国の他島への横展開のモデルとして中核を担うことになり、そのパートナーシップは他島への横展開とノウハウ及び地域能力の発展を促進する手助けをする。そして ADB は「モ」国のエンジニアのために PV システムの設計及び施工、運用、メンテナンスのトレーニングプログラムを実施する。

パートナーシップでは本プロジェクトの成功を確実にするために住宅・環境省及び STELCO、ADB が密接に協力しており、覚書はパートナー間で 2011 年 7 月に調印された。フィージビリティスタディが完了した後に初のトレーニングワークショップが 2012 年 4 月に行われた。

② Capacity Development of the Maldives Energy Authority の概要

「モ」国政府は、ADB に対し、MEA の能力開発のための技術支援 (TA) を要請した。エネルギー分野における制度的枠組を強化することは、政府の戦略行動計画 2009 - 2013 における重要目的のひとつであり、2011 年 9 月に行われた現状調査において、技術支援の目的、活動内容、方法論、主要活動、予算見積、財政計画、調整業務、評価査定条件について、「モ」国政府との合意に到達した。本事業における技術支援項目は以下の通りである。

- ・ 主要な認定・認可を授与する業務（ライセンシング）及び技術規制の策定
- ・ 住宅・環境省のための能力開発活動
- ・ 許可・認可・免許を受ける者の適合性枠組みの策定
- ・ エネルギー効率及び PV プログラムについての支援

③ Smart Grid Capacity Development の概要

2010 年 12 月に東京で開催された第 2 回アジア・ソーラー・エナジー・フォーラムにおいて、南アジアの開発途上加盟国の数カ国が、ADB に対しスマートグリッドの発展のための能力開発の技術支援 (TA) を実施するように要請し、そのコンセプトペーパーは、2011 年 5 月 20 日に承認され、2011 年 9 月にインドのジョードプルで開催された「PV」及びスマート・グリッドに関するワークショップ」開催期間中に、さらなる議論が進められた。

本技術支援は、貧困削減日本基金より助成金として 1.4 百万 US ドル相当の資金提供を受け、ADB により管理される。技術支援案の主要活動は以下の通りである。

- ・スマート・グリッド開発の FS 調査は、協賛団体等と共に実施する。GSEP は「モ」国において、農村地帯のためのミニ・グリッド系統事業を、官民の共同体制で実施することを要請した。
- ・高圧送電については、電力貯蔵システム(ESS)や再生可能エネルギー運営センター等、スマート・グリッドの構成要素に関する FS 調査を実施することになると想定される。
- ・低圧配電に関しては、スマート・メーターや高圧配電系統(HVDS)のようなスマート・グリッドの構成要素に関する FS 調査を実施することになると想定される。
- ・農村地域でのミニ・グリッド系統開発については、PV と既存の火力発電の組み合わせ可能性の FS 調査を実施することになると想定される。
- ・ナレッジ・マネジメント・プログラムはパイロット事業の良好な実施、先進国から開発途上加盟諸国への技術伝達の促進を共有するために実施される。幅広い協議を通し本技術支援は民間セクター、国際・国内機関、開発提携諸国らとの官民提携体制(PPP)の開発を支援することになる。民間セクターの参加促進、他の開発パートナーからの支援の要求、成功事例について他地域の開発途上加盟諸国への伝達を達成するため国際ワークショップが開催される予定である。

④ CLEAN ENERGY FOR CLIMATE MITIGATION PROJECT の概要

気候変動緩和のためのクリーンエネルギー(CECM)は、エネルギー安全保障を強化し、同時に発電による炭素排出量を削減するために、再生可能エネルギー及びエネルギー効率への投資を 2 年単位で資金提供を行う。このプロジェクトは、「モ」国の Upper South 県で Gaafu Dhaalu 環礁にある Thinadhoo 島において実施される。この事業には、系統連系型 PV システムの調達、設置及び運用、エネルギー効率や省エネに関する国民の意識の向上や、これらのエリアにおける公共部門のキャパシティ・ビルディングを支援するための技術援助が含まれる。CECM の事業内容は以下の通りである。

- ・系統連系型 PV システム(200kW)の導入における投資では、200kW のルーフトップ系統連系型 PV システムを建設する上での技術、資材調達、業務報酬を賄い、更に 6 ヶ月の期間システムの運用・維持について訓練を実施する。
- ・省エネ及びエネルギー効率の改善では島のエンドユーザーのエネルギー効率を改善するための構想を支援する。エネルギー消費に関する基準値を纏め、公共施設を含む様々な団体が採用できる省エネ対策を展開するための調査を実施する。
- ・オーナーズ・エンジニアリング・サービスや技術評価及び電力系統計画の技術支援については、PV システムの設計・調達・建設期間中は、住宅・環境省と地方公共事業会社に対しアドバイスをを行うコンサルタントを雇用する。また、Thinadhoo 島及び周辺諸島にとって適切であると想定される再生可能エネルギー及びエネルギー効率技術開発について評価を行う。更に、200kW の PV システムの設置及びエネルギー効率の向上に繋がるよう考慮しながら 2025 年を目途とした Thinadhoo 島電力系統拡張計画を立てる上でコンサルタントは住宅・環境省及び地方公共事業会社に対し支援を行う。

3-2 現地調査（「モ」国）

3-2-1 電力系統の調査

（1）電力セクター

「モ」国では、首都マレ島を含めた計28島で100%政府出資のSTELCOが電力を供給しており、また、各州の電気、水道、ガス等の公益事業を統合したFENAKAによって115の島々に電力を供給しており、その他に独自で電力供給を行っている島やリゾート島のようにリゾート関連会社が電力供給している島もある。いずれも発電電力のほぼ全てをディーゼル燃料に依存している。

「モ」国におけるエネルギー関連政策の策定等は環境エネルギー省が行っており、エネルギー関連の法律及び規制の制定、電力設備に係る承認、電気料金の承認等をMEAで実施している。

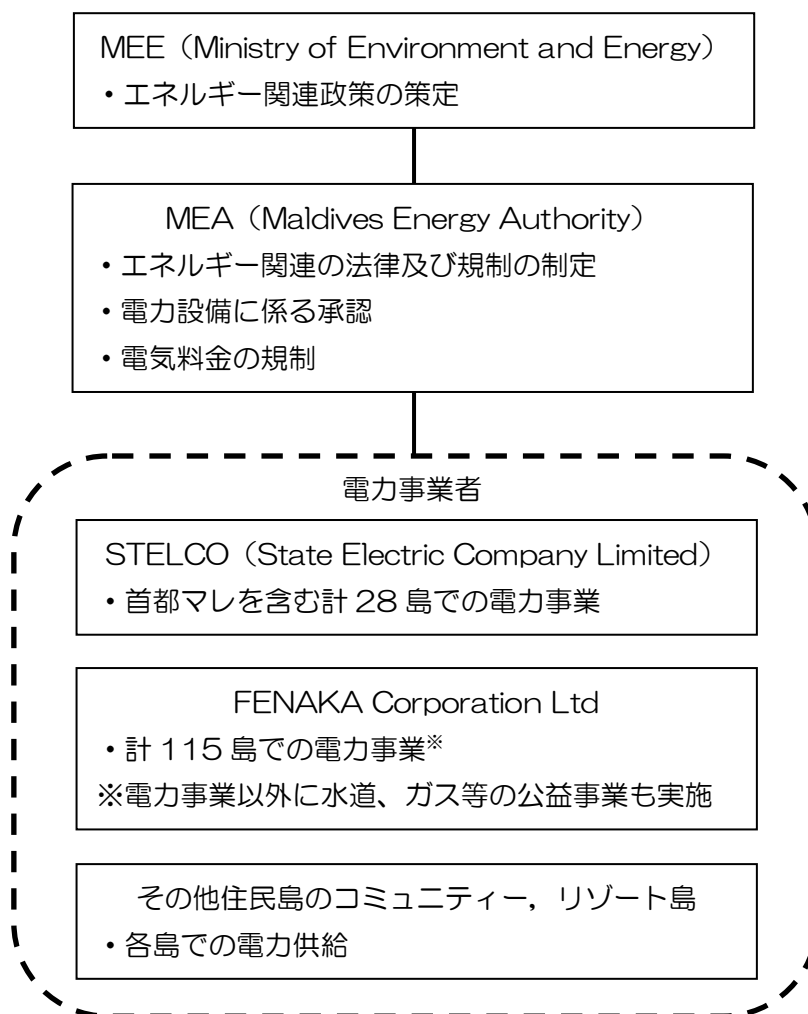


図3-2-1.1 電力セクターの関係性

(2) 電力設備の運用状況

「モ」国では電力供給を行う DG が国全体合計で約 245MW 設置されている。「モ」国において住民島、リゾート島、産業の島における DG の設置容量を図 3-2-1.2 に示す。首都のマレでは STELCO が DG23 機(合計出力 64,560kW)を運用し、電力供給を行っている。STELCO が電力供給を行っているその他島では DG 容量は島の電力需要に応じて様々ではあるが、1～4 機の DG で電力供給を行っている。表 3-2-1.1 にマレ発電所の DG のリスト、表 3-2-1.2 に各島の DG のリストを示す。

「モ」国では発電所から送電電圧 11kV で地中送電線により送電しており、需要家への供給は送電電圧 11kV から配電電圧 400V へ降圧し、3 相 4 線式 400V(相電圧 230V)で行っている。また、小規模離島では昇圧せず 3 相 4 線式 400V で直接発電所から配電している。需要家へ供給する低圧配電線も地中配電線であり、基本的に全ての送配電線が地中化されているため、事故による停電はほとんど発生していない。

表3-2-1.1 島のタイプによるDG設置容量

(出典: MALDIVES SREP INVESTMENT PLAN 2013-2017)

Types	Installed Capacity (MW)
Inhabited Islands	120
Tourism Resorts (estimated)	105
Industrial Islands	20
Total	245

表 3-2-1.2 Male' の DG (STELCO)

Set No.	Make (ENGINE)	Make (GENERATOR)	kW (出力)	kVA (容量)	Year (設置年)	RPM (回転数)
DG-1	Wartsila Diesel Vasa Oy	ABB Industry	4,320	5,425	1998	750
DG-2	Wartsila Diesel Vasa Oy	Leroy-Somer	2,160	2,700	1990	750
DG-3	Wartsila Diesel Vasa Oy	Leroy-Somer	2,160	2,700	1990	750
DG-4	Wartsila Diesel Vasa Oy	Leroy-Somer	2,160	2,700	1993	750
DG-5	Wartsila Diesel Vasa Oy	ABB Industry	5,760	7,235	1995	750
DG-6	Wartsila Diesel Vasa Oy	ABB Industry	6,500	8,143	2001	750
DG-7	Wartsila Diesel Vasa Oy	ABB Industry	6,500	8,143	2001	750
CG-1	CUMMINS	STAMFORD	1,000	1,250	2005	1,500
CG-2	CUMMINS	STAMFORD	1,000	1,250	2005	1,500
CG-3	CUMMINS	STAMFORD	1,000	1,250	2005	1,500
CG-4	CUMMINS	STAMFORD	1,000	1,250	2005	1,500
CG-5	CUMMINS	STAMFORD	1,000	1,250	2005	1,500
CG-6	CUMMINS	STAMFORD	1,000	1,250	2005	1,500
CG-7	CUMMINS	STAMFORD	1,600	2,000	2007	1,500
CG-8	CUMMINS	STAMFORD	1,600	2,000	2007	1,500
GE-4	CUMMINS	STAMFORD	1,600	2,000	2009	1,500
GE-5	CUMMINS	STAMFORD	1,600	2,000	2009	1,500
GE-6	CUMMINS	STAMFORD	1,600	2,000	2009	1,500
CE-7	CUMMINS	STAMFORD	1,600	2,000	2009	1,500
N/A	MAN	N/A	8,700	N/A	N/A	N/A
N/A	MAN	N/A	8,700	N/A	N/A	N/A
N/A	CUMMINS	N/A	1,000	N/A	N/A	N/A
N/A	CUMMINS	N/A	1,000	N/A	N/A	N/A

表 3-2-1.3 各島の DG (STELCO)

No.	Island	DG Units (kW)				
		No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	Total
1	K. Kaashidhoo	160	200	250	–	610
2	K. Gaafaru	150	80	160	–	390
3	K. Dhiffushi	120	–	–	–	120
4	K. Thulusdhoo	100	200	280	320	900
5	K. Himmafushi	200	250	200	360	1, 010
6	K. Hulhumale'	800	1, 200	1, 000	1, 000	4, 000
7	K. Villingili	1, 000	400	400	1, 000	2, 800
8	K. Gulhifalhu	37	32	54	40	163
9	K. Thilafushi	200	400	400	360	1, 360
10	K. Gulhi	120	160	80	–	360
11	K. Maafushi	380	630	250	400	1, 660
12	K. Guraidhoo	184	184	250	–	618
13	AA. Ukulhas	80	100	200	–	380
14	AA. Bodufulhadhoo	80	128	112	–	320
15	AA. Mathiveri	80	150	160	–	390
16	AA. Feridhoo	64	80	80	–	224
17	AA. Maalhos	80	80	–	–	160
18	AA. Himandhoo	112	128	68	120	428
19	ADH. Omadhoo	80	60	150	80	370
20	ADH. Kumburudhoo	40	50	80	–	170
21	ADH. Dhigurah	40	60	102	–	202
22	ADH. Dhidhdhoo	23	32	32	20	107
23	ADH. Fenfushi	80	128	167	–	375
24	V. Fulidhoo	80	80	100	–	260
25	V. Thinadhoo	32	58	80	–	170
26	V. Keyodhoo	105	64	48	–	217
27	V. RaKeedhoo	40	28	26	–	94

※ メンテナンスのため運転停止中



図 3-2-1.2 道路上にある配電盤



図 3-2-1.3 地中線工事状況

(3) 電力需要規模

「モ」国の有人離島(リゾート島は除く)において年間 428GWh の電力需要がある。「モ」国全体として電力需要は年間 8.5%増加しており、首都のマレでは年間 11%も電力需要が増加している。フルレ島を除く首都圏では年間 225GWh の電力需要があり、その内首都のマレでは年間 217GWh の電力需要がある。離島における電力需要は年間 95MWh から 8,000MWh に至るまで離島によって大きく異なる。

表 3-2-1.4 各州の消費電力量 (2009 年)

Province	Consumption (GWh)	Percent of total
Southern	29.8	9%
Upper North	22.3	7%
Northern	19.4	6%
Upper South	10.6	3%
South Central	8	2%
Central	6.7	2%
Greater Male' Area	237	71%
Total	333.8	100%

出典: PROJECT PAPER FOR A GRANT IN THE AMOUNT OF US\$2.53 MILLION TO THE REPUBLIC OF MALDIVES FOR THE CLEAN ENERGY FOR CLIMATE MITIGATION PROJECT

(4) 電力品質の調査

① 系統周波数

「モ」国において首都マレを含めた計 28 島で電力を供給している STELCO では運用管理値として系統周波数を $50\text{Hz} \pm 1\%$ (0.5Hz) 以内に維持するように運用している。また、比較的大きい島では系統周波数の運用管理値を $50\text{Hz} \pm 0.5\%$ (0.25Hz) としている。

図 3-2-1.5 に首都マレのホテルで計測器 (電源品質アナライザ HIOKI3197) を用いて実際に計測した Male' 電力系統の系統周波数の瞬間最大値、瞬間最小値、平均値を示す。また、図 3-2-1.6 に Gaafaru 電力系統の系統周波数の瞬間最大値、瞬間最小値、平均値を示す。各グラフの右側に計測時間における平均値を示すが、いずれの平均値も STELCO の運用管理値範囲内である $50\text{Hz} \pm 1\%$ (0.5Hz) 以内に収まっており、Male' 電力系統においては $50\text{Hz} \pm 0.5\%$ (0.25Hz) 以内に収まっている。なお、Male' 電力系統の系統周波数に比較し、Gaafaru 電力系統の系統周波数は瞬間最大値と瞬間最小値の差が大きいが、いずれも運用管理値範囲内に収まっている。

表 3-2-1.4 の日本における系統連系型 PV システムの周波数上昇継電器 (OFR) と周波数低下継電器 (UFR) の整定値と整定時間を「モ」国においても同様な整定値に設定すると仮定した場合、Male' 電力系統、Thulusdhoo 電力系統、Gaafaru 電力系統の周波数は常時ほぼ $50\text{Hz} \pm 0.5\text{Hz}$ に収まっていることから、OFR または UFR が動作して頻繁にインバータが停止する恐れは低いと考えられる。

表 3-2-1.5 保護継電器の整定値例

種別	整定値	整定時間
周波数上昇継電器 (OFR)	48.5Hz	1s
周波数低下継電器 (UFR)	51.0Hz	1s

(出典: オーム社「太陽光発電システムの設計と施工」)

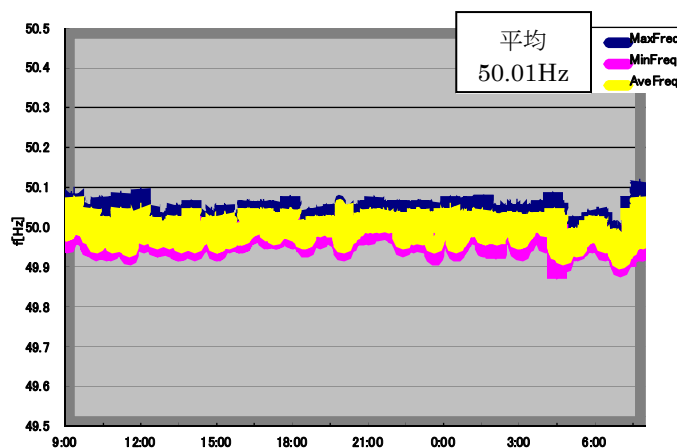


図 3-2-1.4 Male' 電力系統の系統周波数
(2012 年 11 月 27 日(火) 9:00~11 月 28 日(水) 8:00)

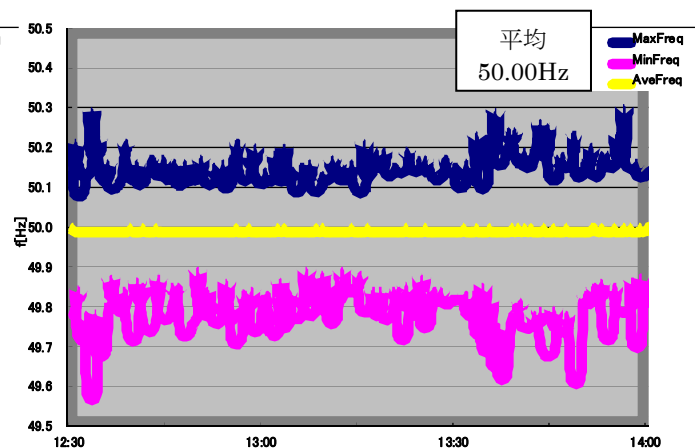


図 3-2-1.5 Gaafaru 電力系統の系統周波数
(2012 年 12 月 1 日(土) 12:30~12 月 1 日(土) 14:00)

②需要家側の電圧

「モ」国では標準電圧は 400V（三相）または 230V（単相）で、STELCO では運用管理値として標準電圧の±5%（400V±20.0V，230V±11.5V）以内に維持するように運用している。

図 3-2-1.7 に首都マレのホテルで計測器（電源品質アナライザ HI0KI3197）を用いて実際に計測した Male' 電力系統の電圧の瞬間最大值、瞬間最小値、平均値を示す。また、図 3-2-1.8 に Gaafaru 電力系統の電圧の瞬間最大值、瞬間最小値、平均値を示す。

各グラフの右側に計測時間における平均値を示すが、いずれの平均値も STELCO の運用管理値範囲内である標準電圧の±5%以内に収まっている。

電圧は常時規程の範囲内に収まっていることから、系統連系型システムの保護装置である過電圧継電器（OVR）や不足電圧継電器（UVR）が動作して頻繁にインバータが停止する恐れは低いと考えられる。

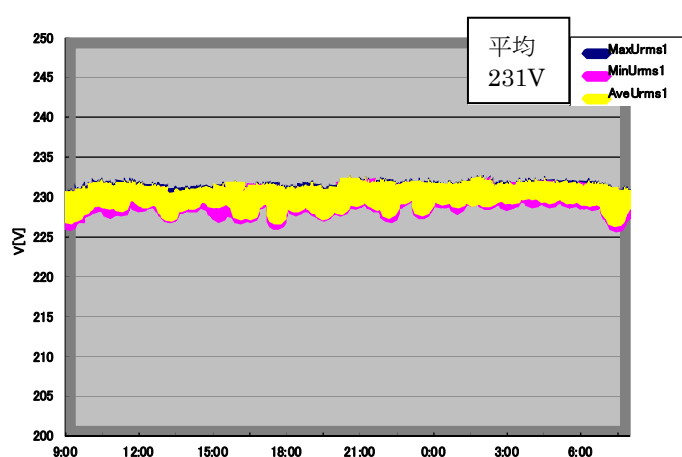


図 3-2-1.6 Male' 電力系統の需要家側電圧
(2012 年 11 月 27 日(火) 9:00~11 月 28 日(水) 8:00)

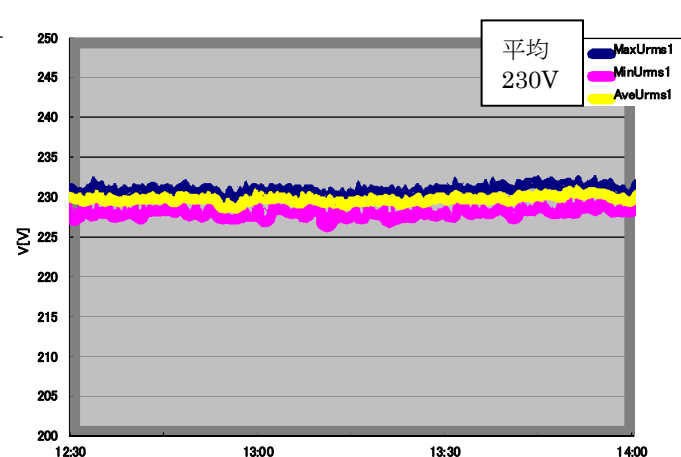


図 3-2-1.7 Gaafaru 電力系統の需要家側電圧
(2012 年 12 月 1 日(土) 12:30~12 月 1 日(土) 14:00)

3-2-2 既存の PV システムの調査

「モ」国の北マーレ環礁において現在導入されている系統連系型 PV システムの調査を実施した。本調査では Male' 島の STELCO 本社屋上及び Villingili 島、Thulusdhoo 島の PV システムの調査を行った。各設置地点における PV システムの詳細は以下の通りである。

表 3-2-2.1 既存系統連系型 PV システムの調査地点一覧

設置地点	システム容量 (kW)	システム所有者
STELCO 本社屋上 (Male' 島)	45	MEA (Maldives Energy Authority)
Villingili 島	294	Renewable Energy Maldives Pvt Ltd
Thulusdhoo 島	48	Renewable Energy Maldives Pvt Ltd



図 3-2-2.1 既存の系統連系型 PV システムの調査地点

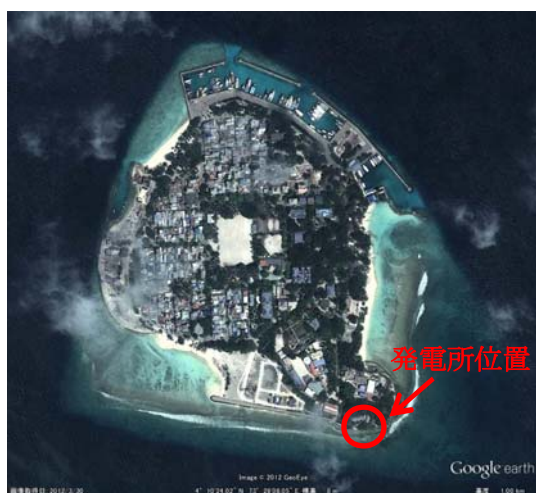


図 3-2-2.2 Villingili 島 (Google earth)



図 3-2-2.3 Thulusdhoo 島 (Google earth)

(1) STELCO 本社屋上 PV システム

STELCO の本社屋上に導入されている PV システムは JICA の「マレ島におけるクリーンエネルギー促進計画」によって導入されたシステムとなっている。以下に設備概要及び現地調査写真を以下に示す。

設備概要

システム容量：45kW

太陽電池種類：多結晶型

パワーコンディショナ(PCS)：10kW×5 台



(a) STELCO Office 屋上の PV システム



(b) STELCO Office 屋上の PV パネル・架台



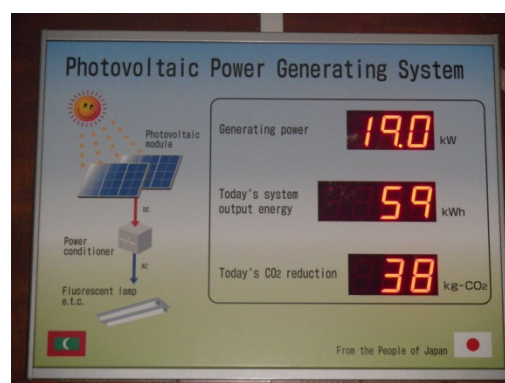
(c) 接続箱



(d) PV-PCS



(e) 変圧器



(f) PV システム電光掲示板

図 3-2-2. 4 STELCO 本社屋上 PV システム調査写真

(2) Villingili 島 PV システム

Villingili 島は Male' 島から西へ約 1.5km に位置する島であり、系統連系型 PV システムが合計 294kW 導入されている。Villingili 島では STELCO の運営するディーゼル発電所により島内に電力供給を行っており、島内の最大負荷は約 1,800kW である。Villingili 島では環境保全を重視して環境エネルギー省 (MEE:Ministry of Environment and Energy)、STELCO 及びモルディブ市議会がスポンサーとなり、グリーン構想という計画が進められている。

Villingili 島には 5 つの系統連系型 PV システムが導入されており、発電所屋根や小中学校の屋根、司法省の屋根等に設置されている。PV システムの導入・運用は Renewable Energy Maldives が行っており、発電した電力を STELCO に売電している。以下に設備概要及び現地調査写真を以下に示す。

設備概要

システム容量：294kW

太陽電池種類：多結晶型

パワーコンディショナ (PCS)：PCS 容量は設置場所により異なる



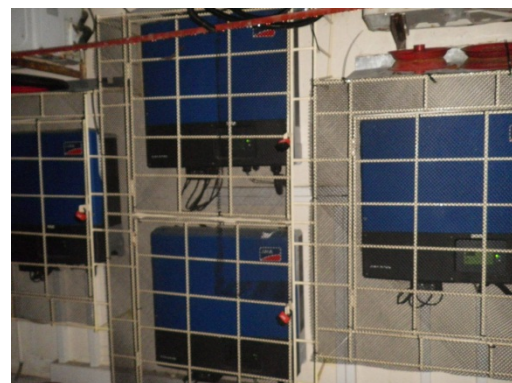
(a) 発電所屋根の PV パネル



(b) 発電所の PV-PCS



(c) 小中学校屋根の PV パネル



(d) 小中学校の PV-PCS



(e) 建物屋根の PV パネル



(f) 司法省屋根の PV パネル

図 3-2-2.5 Villingili 島 PV システム調査写真

(3) Thulusdhoo 島 PV システム

Thulusdhoo 島は Male' 島から北西へ約 25km に位置する島であり、系統連系型 PV システムが合計 48kW 導入されている。Villingili 島では STELCO の運営するディーゼル発電所により島内に電力供給を行っており、島内の最大負荷は約 300kW である。島内の配電電圧は発電機電圧と同様の 400V となっている。

Thulusdhoo 島には 3 つの系統連系型 PV システムが導入されており、発電所屋根や学校の屋根、公民館の屋根等に設置されている。PV システムの導入・運用は前述の Villingili 島と同様に Renewable Energy Maldives が行っており、発電した電力を STELCO に売電している。以下に設備概要及び現地調査写真を以下に示す。

設備概要

システム容量：48kW

太陽電池種類：多結晶型

パワーコンディショナ (PCS)：PCS 容量は設置場所により異なる



(a) 発電所屋根の PV パネル



(b) 発電所の PV-PCS



(c) 公民館屋根の PV パネル



(d) 公民館の PV-PCS



(e) 学校屋根の PV パネル



(f) 学校の PV-PCS

図 3-2-2. 6 Villingili 島 PV システム調査写真

3-2-3 PV システム候補サイトの調査

「モ」国の北マーレ環礁において系統連系型 PV システムの設置に適した候補地の調査を実施した。本調査では首都圏以外の島を対象として調査を行った。各候補地点は以下の通りである。

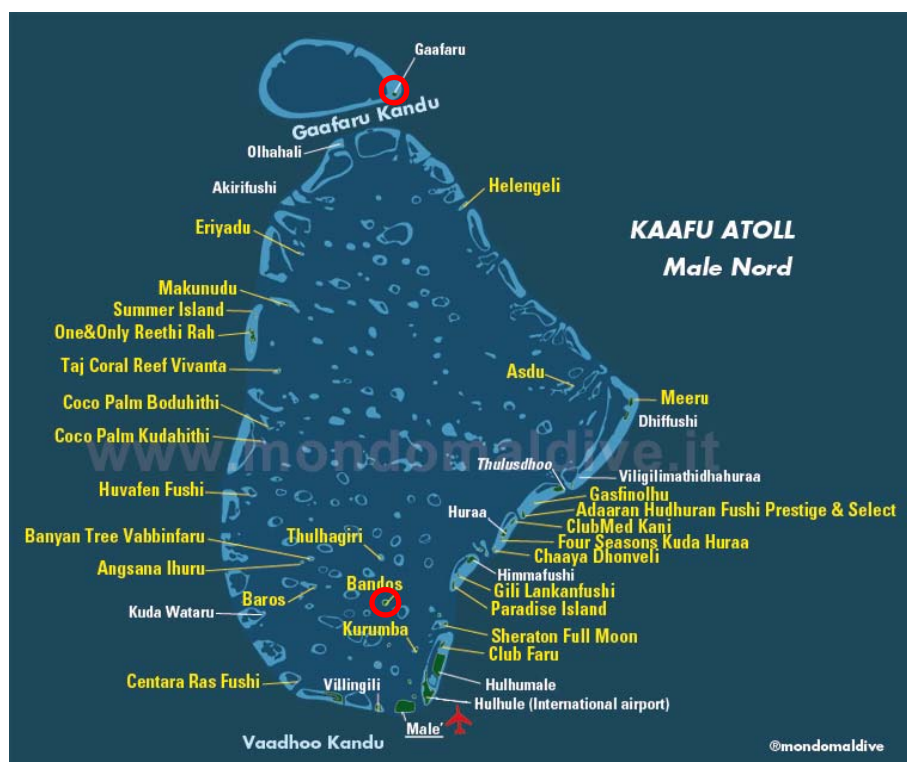


図 3-2-3. 1 PV システム候補サイトの調査地点



図 3-2-3. 2 Gaafaru 島 (Google earth)

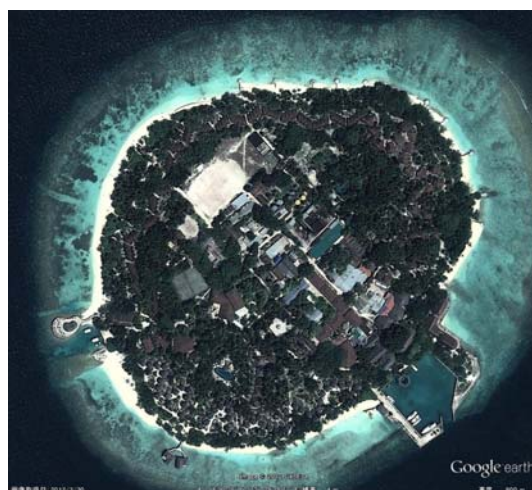


図 3-2-3. 3 Bandos 島 (Google earth)

(1) Gaafaru 島 (40kW 程度)

Gaafaru 島は Male' 島から北へ約 62km に位置する島であり、北マーレ環礁において最も北に位置する島である。港には多くの漁船があり、漁業が主要産業となっている。Gaafaru 島では以前に島民により運用されていたディーゼル発電所を STELCO が買取り、現在運営している。島内の最大負荷は約 140kW である。Gaafaru 島では現在のディーゼル発電所が民家に隣接しており、騒音の問題が顕在化しているため、港の近くに新発電所を建設中である。

Gaafaru 島における系統連系型 PV システム設置候補地点としては、現在新設予定の発電所屋根が有望であると考えられる。ディーゼル発電所の運用面からも系統連系型 PV システムの発電出力を容易に監視でき、DG と PV システムのハイブリッドシステムが構築しやすいというメリットも考えられる。図 3-2-3.5 に Gaafaru 島における日負荷カーブを示す。日負荷カーブは平日と休日のデータがあり、平日は 2012 年 8 月 29 日、休日は 2012 年 8 月 26 日の日負荷カーブとなっている。



図 3-2-3.4 Gaafaru 島の現発電所

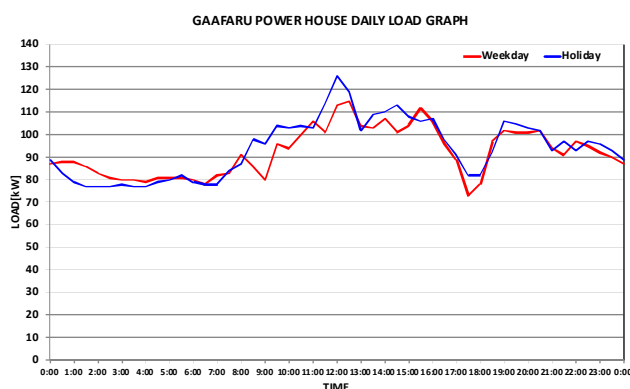


図 3-2-3.5 Gaafaru 島の日負荷カーブ

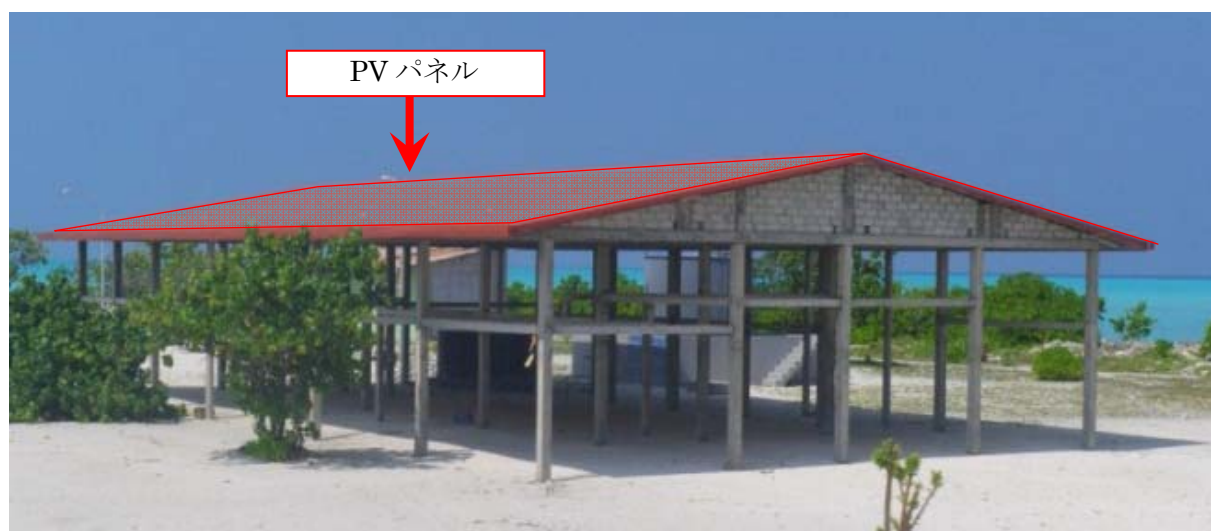


図 3-2-3.6 PV パネル設置イメージ(建設中の新発電所)

(2) Bandos 島 (60kW 程度)

Bandos 島は Male' 島から北へ約 10km に位置する島であり、リゾート島となっており、島全体が BANDOS ISLAND RESORT の経営するホテルやスパ、マリンスポーツ施設等になっている。電力や水等の供給も全て BANDOS ISLAND RESORT 所有の設備で行っており、各設備(発電設備、海水淡水化設備、ボート等)の維持・管理は全て自社で行っている。

電力供給は DG によって行っており、島内の最大負荷は約 900kW、最小負荷が約 400kW となっている。

Bandos 島における系統連系型 PV システム設置候補地点としては、リゾート島であるため景観を考慮し、BANDOS ISLAND RESORT 従業員の宿舍の屋根が有望であると考えられる。また、BANDOS ISLAND RESORT は PV システムの導入によりディーゼル燃料消費量削減が期待できることは十分理解しており、経済性も含めた提案があれば検討したいとの事であったため、今後民間分野においてもビジネス展開が期待できる。



図 3-2-3. 7 BANDOS ISLAND RESORT との打合せ

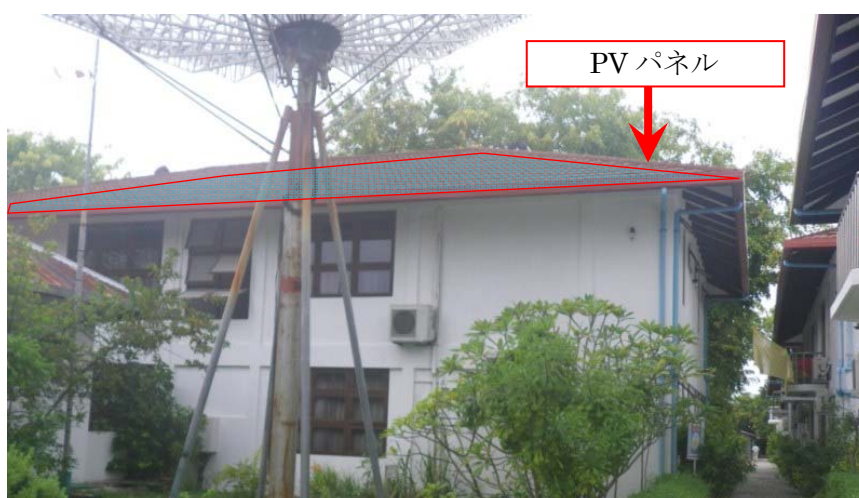


図 3-2-3. 8 PV パネル設置イメージ(従業員宿舍)

3-2-4 現地で調達可能な資機材及び現地工事業者の調査

現地聞き取り調査の結果、以下に示す現地工事業者の離島における DG と PV システムのハイブリッドシステム設置を想定した機材の調達、設置工事さらに設置後の保守の実施等の可能性について確認した。尚、「モ」国において PV システムに関する電設資材の販売をしている企業はないが、日本以外の他国からの PV システム関連資材の調達は可能であると考えられる。実際に本項で紹介する Renewable Energy Maldives では PV システムを導入する際に日本以外の他国の機器等を用いている。

(1) Plankton Investment Pvt Ltd

創設者が STELCO の出身であり、発電設備(DG)の工事を手掛け、発電所の機能に精通している。DG と PV システムのハイブリッドシステムの構築には既存の DG の制御に係る知見が重要であるため、最適なハイブリッドシステム構築に必要な不可欠な現地工事業者であると考えられる。

表 3-2-4.1 Plankton Investment Pvt Ltd の概要

社名	Plankton Investment Pvt Ltd
業務内容	・ DG の制御盤、同期並入盤等の製作 ・ DG の設置工事及びメンテナンス
会社情報	場所：H. Thonada, Janavaree Megu, Male' , Maldives 電話：(+960) 330 3678 Fax：(+960) 331 3678
実績	PV システムに関する実績なし



(a) Plankton 事務所



(b) Plankton の工場

図 3-2-4.1 Plankton 事務所・工場

(2) Renewable Energy Maldives Pvt Ltd

Renewable Energy Maldives は 6 つの島に 652kW の系統連系型 PV システムを設置しており、STELCO と Power Purchase Agreement (PPA) を結び、売電事業を行っている。更にマレの学校やリゾート、ホテル等に 350kW の系統連系型 PV システムの導入も予定している等、系統連系型 PV システムに係る知見に長けていることから、PV システムの導入・運用・保守における現地工事業者として有望であると考えられる。

表 3-2-4. 2 Renewable Energy Maldives の導入した PV システム

PV 導入サイト	システム容量 (kW)
K. Guraidhoo	64
K. Villingili	294
K. Hinmmafushi	78
K. Maafushi	120
K. Kaashidhoo	48
K. Thulusdhoo	48
TOTAL	652

表 3-2-4. 3 Renewable Energy Maldives Pvt Ltd の概要

社名	Renewable Energy Maldives Pvt Ltd
業務内容	・ PV システムの設計、施工、運用・保守 ・ PV 関連製品の販売
会社情報	場所：H Madharusaadhoshuge, Hadheebee Megu, Male' 20086 電話：(+960) 333 7734 Fax：(+960) 333 7736
実績	合計 652kW の PV システムを設置・運用・保守



(a) Renewable Energy Maldives 事務所



(b) Renewable Energy Maldives での打合せ

図 3-2-4. 2 Renewable Energy Maldives 事務所・打合せの様子

(3) 若築建設株式会社

「モ」国現地に事務所を構え現地の事情を熟知しており、「モ」国における PV システムの施工実績も有しているため、今後中小企業の現地の活動においては、邦人企業として頼れる存在と成り得ると考えられる。

表 3-2-4. 4 若築建設株式会社の概要

社名	WAKACHIKU CONSTRUCTION CO.,LTD
業務内容	・ 建設工事、海洋開発、地域・都市開発、環境整備・保全及びその他建設に関する事業 ・ 建設コンサルティング、マネジメント事業、不動産事業
会社情報	場所：Block399, Bodauthakurufaanu Megu, Maafannu, Male', Maldives 電話：(+960) 333 7069 Fax：(+960) 333 4556
実績	・ 「モ」国各地域において工事实績有り ・ 5, 10kW バッテリー併設の独立型 PV システムの施工経験有り ・ JICA の「マレ島におけるクリーンエネルギー促進計画」における PV システムの施工



図 3-2-4. 3 若築建設株式会社「モ」国事務所

3-2-5 海外の同業他社の進出状況等

現在「モ」国において、国内の業者による外国製(ドイツ SMA 社製)の製品を採用した系統連系型の PV システムの構築事例が見られる。今後、SREP Investment Plan でも巨額の予算確保が計画されていることから市場拡大によってビジネス展開を計る海外業者の直接的な進出も予想される。なお、SMA 社(SME Solar Technology AG)は PV の PCS の開発、生産、販売において世界を先導しているドイツのメーカーである。21 カ国の PV 市場に参入しており、PV 用インバータ(PCS)の生産で世界シェアの 40%を占めている。一方、沖縄県の中小企業はシステムインテグレーションの分野を中心に活動しており、島嶼地域における PV システムの構築においては、強みとなる構築技術を有している。その強みを発揮する上で、場合によっては、既に進出している外国製の製品を一部取り入れたシステム構築を行う事も有効な手段だと考えられる。

3-3 中小企業等が有する技術等の ODA 事業における活用可能性等の分析

3-3-1 PV を導入する際に障壁となる問題点

(1) 小規模システムにおける周波数安定度

小規模電力システムにおいては、その電源の規模及び調整能力の制限等から PV などの再生可能エネルギーの出力変動の影響を受けやすい。その変動量が大きくなると電力システムの周波数が大きく変動し、管理値を逸脱する可能性が高くなる。NEDO が実施した小規模電力システムにおける実証試験でも実際にその傾向が見られた。(図 3-3-1.1、図 3-3-1.2)

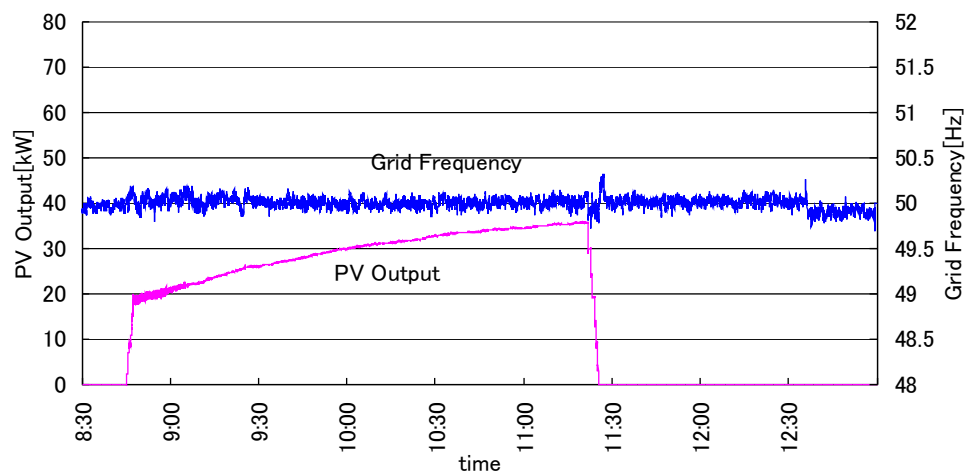


図 3-3-1.1 PV 出力と周波数の実測値(快晴)

(出典: 太陽/風力エネルギー講演論文集「タイ国ボン島における太陽光発電系統連系システムの実証研究について」)

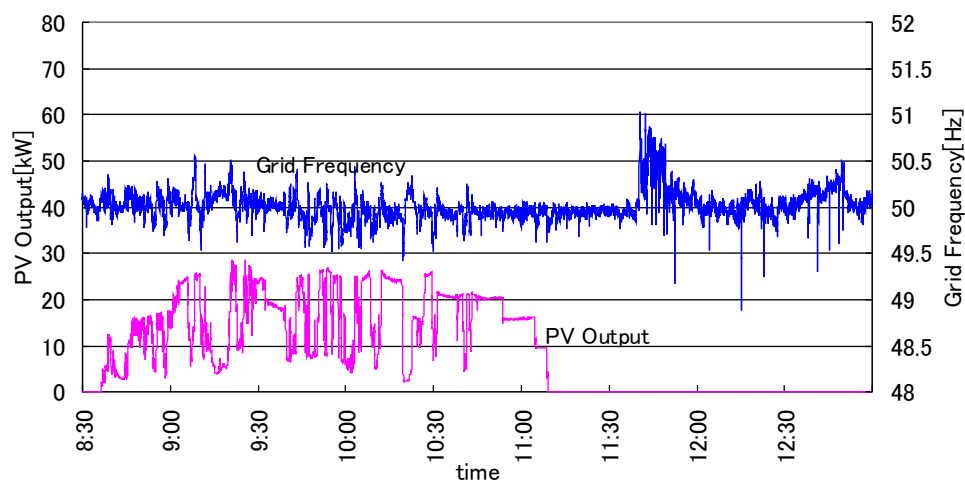


図 3-3-1.2 PV 出力と周波数の実測値(曇天)

(出典: 太陽/風力エネルギー講演論文集「タイ国ボン島における太陽光発電系統連系システムの実証研究について」)

図 3-3-1.2 に示すように、小規模電力システムでは PV 電力の出力変動に起因した電力システムの周波数の乱れが電力品質の低下を招くことになる。よって、PV 導入の際には、適切な導入規模と周波数安定のための対策を行う事が重要となってくる。

(2) 既存 DG の低負荷運転

小規模電力系統に系統規模に対して大量の PV 電源を導入した際、系統負荷が低い時間帯や PV 出力が高い時間帯において既存 DG が低負荷運転となることが懸念される。DG は通常 50%以上の出力で運用すること一般であり、低負荷での運転を継続すると、吸気圧力の低下に伴う燃料の不完全燃焼や不完全燃焼によるカーボンの粘着性の増加等が問題となる。また、低負荷運転によりメンテナンス周期や機関寿命が縮まることも考えられるため、低負荷運転の長時間継続は回避する必要がある。

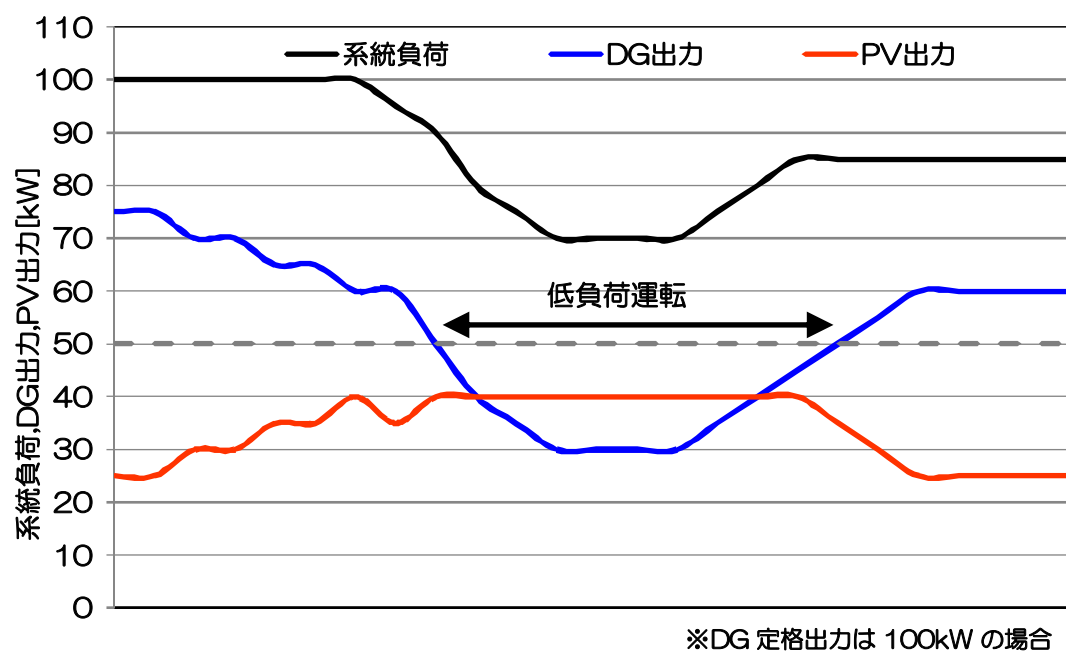


図 3-3-1.3 DG 低負荷運転例

(3) 系統連系型 PV システムの運用・保守体制の確立

PV システムは基本的にはメンテナンスフリーとなっているが、発電電力を最大限に維持するためには定期的に点検を行うことが重要である。点検では PV パネルや接続ケーブル、接続箱、PCS 等の機器の目視確認や絶縁抵抗測定等の電気系統の確認等を行う必要がある。また、発電電力量のチェックを行うことで PV システムの異常の早急な発見に繋がることになる。

運用・保守等の管理を適正に行う為には PV システムに関する正しい知識を有する必要があること、管理体制を整えておくことが重要である。

3-3-2 「モ」国が抱える開発課題解決へ活用が期待できる中小企業等有する技術等の例

「モ」国が抱える開発課題としては、ディーゼル燃料に依存した電力供給構造となっており、小さい離島になるほど発電コストが高価であることや石油価格高騰の影響を受け易く非常に脆弱なエネルギー供給構造となってしまうことが挙げられることから、電源の多様化によりエネルギーセキュリティを向上させることが望ましい。小規模離島に系統連系型 PV システムを高い割合で導入する際、需給調整や電力品質の確保等の観点からハイブリッドシステムを構築することが有効であり、エネルギーセキュリティ向上にも貢献できる。ハイブリッドシステムでは PCS を分割することにより、周波数安定度や DG の低負荷運転の対策を行うことが可能である。

具体的に周波数安定度については PV 出力変動により系統周波数の変動が大きくなってきた際に PCS の運転台数を減らし(台数制御)、PV 出力変動幅を低減させ系統周波数の変動を抑制する。また、DG の低負荷運転については DG の出力を監視し、出力下限値以下になった場合に PCS の運転台数を減らし、DG が低負荷運転とならない PCS 台数制御を行う。また、DG 出力が出力下限値を PCS 一台の出力分 (PCS が 10kW の場合は 10kW) 以上、上回った場合に PCS の運転台数を増やし、PV 電力を最大限活用できるようにする。PCS 台数制御により PCS の入切が頻繁に起こらないようにタイマー等を設けることや特定の PCS が頻繁に入切されないように入切する PCS はローテンションとする。PCS の分散は PCS 故障のリスク分散の面でも有効である。

その他として「モ」国は沖縄と同様に PV システムを設置する際、設置場所が海岸部に近く、塩害対策が必要不可欠であることや、亜熱帯性気候特有の小動物・虫対策も有効であることが考えられる。

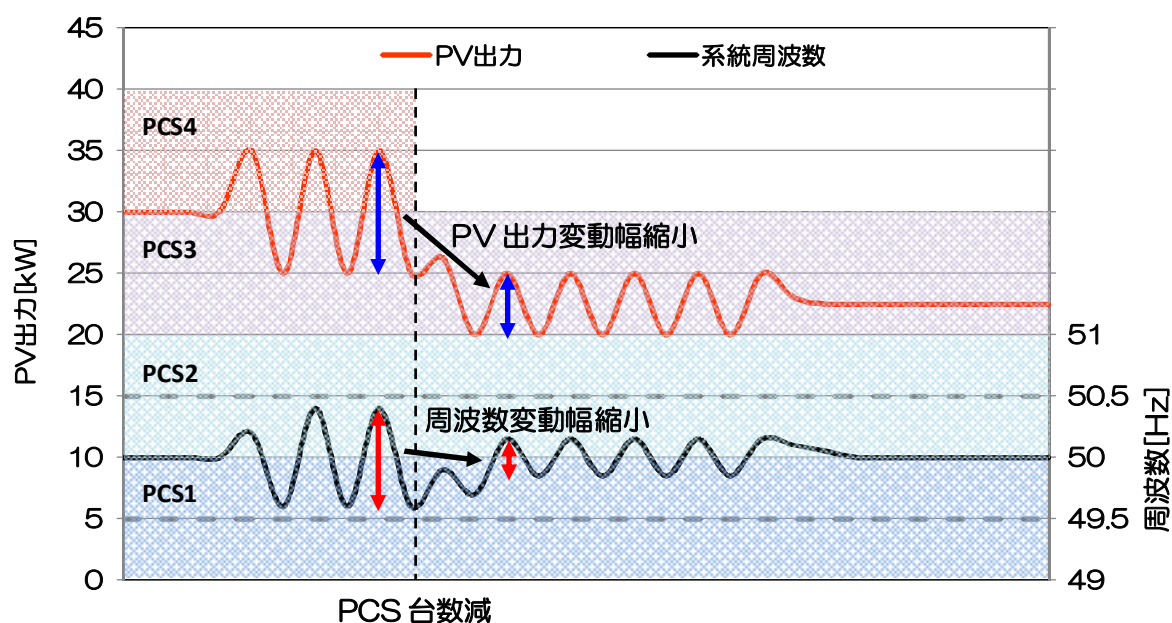


図 3-3-2.1 PCS 台数制御による周波数安定化対策イメージ図

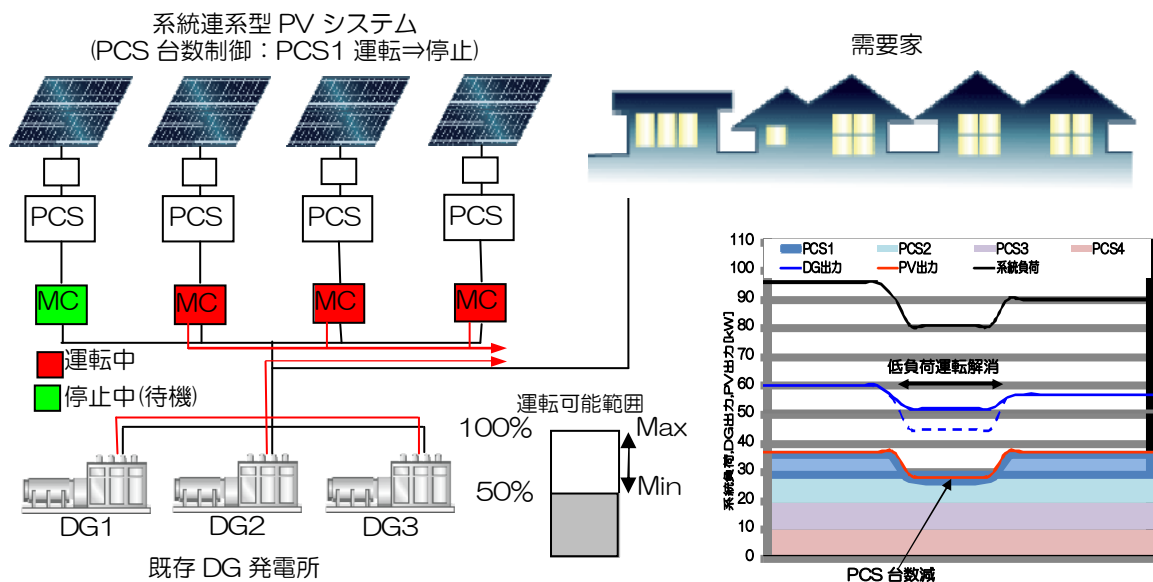


図 3-3-2. 2 PCS 台数制御 DG 低負荷運転対策イメージ

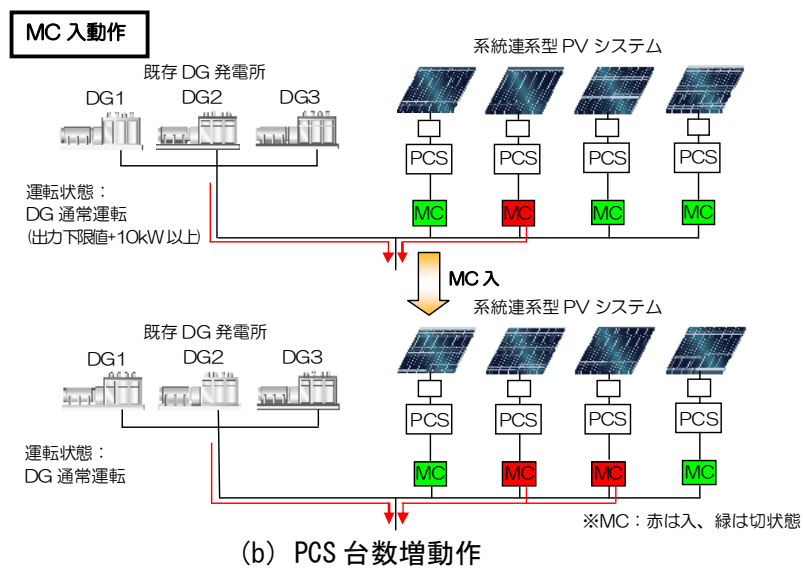
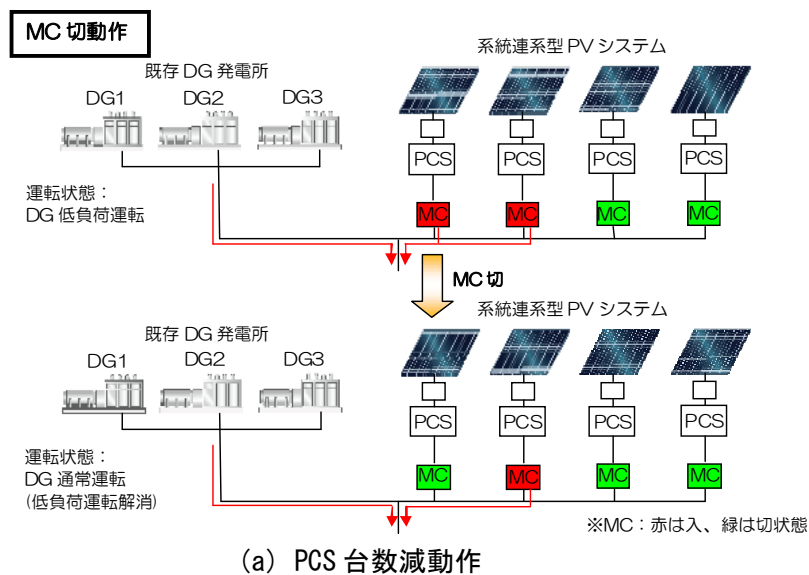


図 3-3-2. 3 PCS 台数制御動作 (DG 低負荷運転回避時)

3-3-3 中小企業等が有する技術等を活用した新規 ODA 事業の提案および開発課題解決への貢献度

(1) 新規 ODA 事業の提案

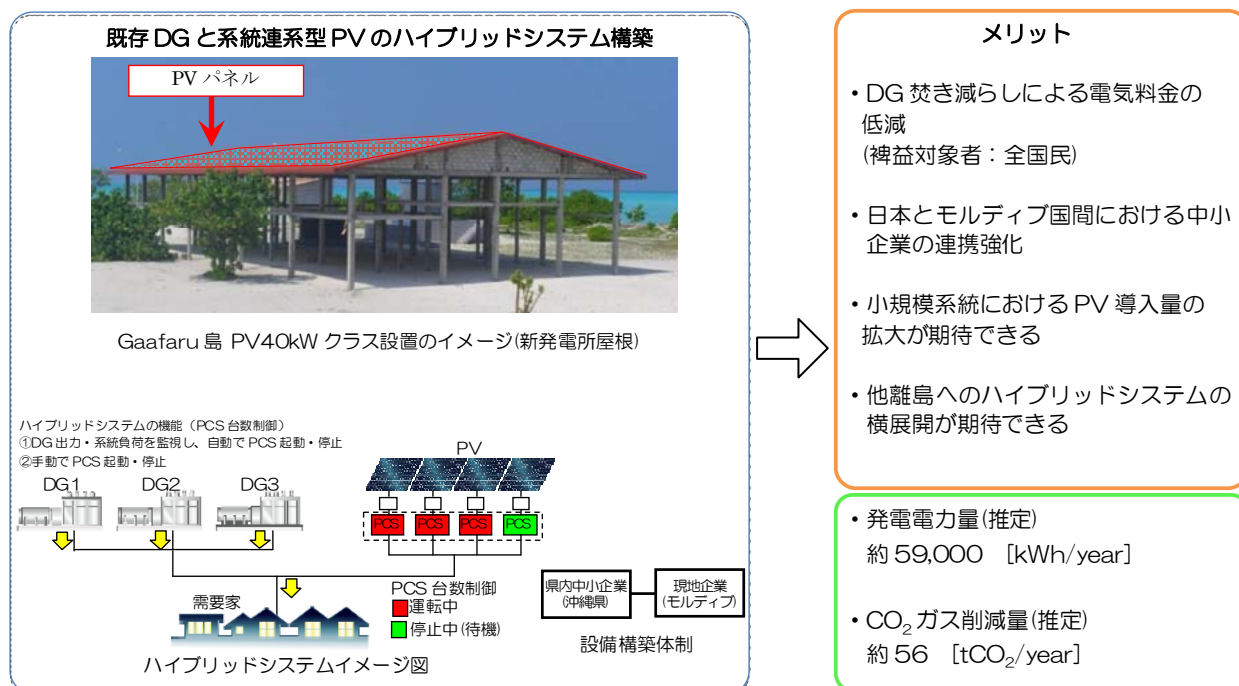


図 3-3-3.1 新規 ODA 提案

系統連系型 PV システムを小規模離島に導入する技術であるハイブリッドシステムは、小規模離島における発電用ディーゼル燃料使用量の削減に貢献することができ、小規模系統において蓄電池等を用いずに PV システムの導入量拡大を図る手法として有効であると考えられる。

既存の DG と PV システムのハイブリッドシステムを構築するにあたって機材の調達、設置工事さらに設置後の運用の実現性について確認し、システム構築技術を確立する必要があることから、政府開発援助海外経済協力事業委託費による「途上国政府への普及事業」のスキームを使用した実証事業を行うことを提案する。実証事業はハイブリッドシステム構築技術の確立及び今後「モ」国が PV システムを展開していく際に他の離島への横展開が可能となることを目的とする。また、沖縄の中小企業と「モ」国の DG に関する高い技術力を持つ中小企業が連携することによってスムーズなビジネス展開を計ることが期待できる。

実証事業の候補サイトとしては比較的島内の電力需要が低く、ディーゼル発電所近くに PV システムを設置できること、ディーゼル発電所の運営を 100%政府出資の STELCO が行っていることが条件として望ましいことから、今回候補サイトとして調査した Gaafaru 島が有望であると考えられる。実証事業において Gaafaru 島に 40kW の PV システムを導入し、ハイブリッドシステムを構築することで期待される効果は以下の通りである。

- PV 発電電力量約 59,000kWh/year (ディーゼル燃料焚き減らし効果)
- CO₂ ガス削減量約 56tCO₂/year(気候変動対策)
- 「モ」国におけるハイブリッドシステム構築技術の確立及び事業経験
- 「モ」国の PV の普及促進及び導入拡大(小規模系統における PV 導入力拡大)
- 他離島へのハイブリッドシステムの横展開(中小企業のビジネス展開)

Gaafaru 島のディーゼル発電所では DG3 台で電力供給を行っており、最大負荷は約 140kW、最低負荷は約 40kW となっている。表 3-3-3.1 に Gaafaru 島の概要を示す。

表 3-3-3.1 Gaafaru 島の概要

人口	島の大きさ		ディーゼル発電所			
	長さ	幅	DG1	DG2	DG3	TOTAL
1,135 人	約 525m	約 300m	150kW	80kW	160kW	390kW

Gaafaru 島のディーゼル発電所における 2012 年 1 月から 8 月までの発電実績を表 3-3-3.2 に示す。発電実績から発電所全体の燃料消費率を算出すると 0.352L/kWh となり、燃料消費率が一般的な値より悪いことが確認できる。一般的なディーゼル機関の燃料消費率は直接噴射式で 0.235～0.306L/kWh、渦流室式で 0.235～0.353L/kWh(A 重油の燃料密度 0.85kg/L で算出)程度である(日本内燃力発電設備協会 自家用発電設備専門技術者講習テキスト)。

表 3-3-3.2 Gaafaru 島のディーゼル発電所における発電実績(2012.1～8)

発電電力量(kWh)	ディーゼル燃料消費量(L)	電力負荷(kW)	
		最大	最小
494,938	172,241	137	41

(2) 開発課題解決への貢献度

既存の DG と PV システムのハイブリッドシステム構築の実証事業を実施することにより、ハイブリッドシステム構築技術及び小規模離島に系統連系型 PV システムを高い割合で導入する手法を確立することが期待できる。小規模離島に系統連系型 PV システムを大量に導入する手法確立の波及効果として、発電用ディーゼル燃料削減による割高な電気料金の改善、DG に依存した電力供給構造の改善によるエネルギーセキュリティの向上、再生可能エネルギーの普及拡大による電力需要増加の問題への貢献が考えられる。

また、沖縄の中小企業と「モ」国の中小企業が連携することによって「モ」国の中小企業の技術力向上にも繋がると考えられる。

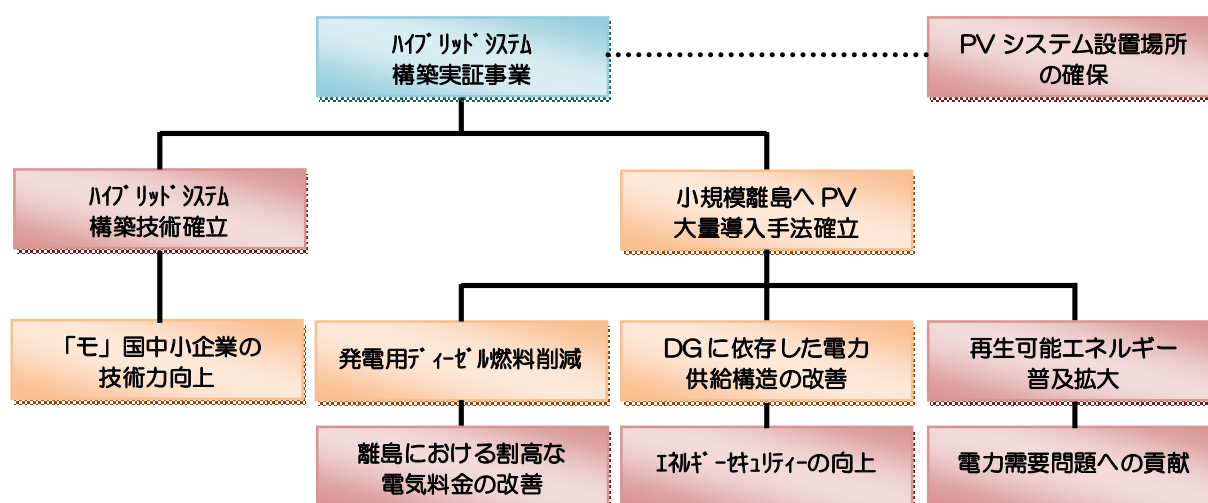


図 3-3-3.2 ハイブリッドシステム構築実証事業と開発課題の関連性

3-3-4 既存 ODA 事業との効果的な連携策（案）

SREP 等の各組織等から投資を受け、現在進められている SREP IP において「モ」国の離島の小規模系統へ PV システムの導入量拡大が進むものと考えられるが、導入量拡大が進むにつれて需給調整や電力品質の確保の問題が顕在化することが予測される。その問題が顕在化する前に既存 DG と PV システムのハイブリッドシステム構築技術を確立することが、PV システムの導入量拡大に貢献するものと考えられる。

既存 DG と PV システムのハイブリッドシステムの構築及び運用方法等も含め、「モ」国に適合することが実証試験を通じて確認できた際には、他の離島への横展開が可能となる。他の離島への展開では沖縄の中小企業と「モ」国の DG に関する高い技術力を持つ中小企業が連携し、SREP IP 等の既存の ODA 事業を活用したビジネス展開を計ることが期待できる。

3-4 中小企業等が有する技術等を活用したビジネスの可能性

3-4-1 想定される市場規模

「モ」国政府が「モルディブ国家エネルギー政策・戦略」において公約している 2020 年までにカーボンニュートラルの達成を実現する為に SREP IP 等のエネルギー分野への多大な投資が行われることになっており、PV システムの導入量拡大が進むものと考えられる。SREP IP の資金では離島に合計 3MW の PV システムを導入する計画となっている。

一方で、発電出力が天候によって左右される PV システム等の再生可能エネルギーが小規模系統規模に大量に導入されると電力品質の維持等の運用面においての問題が顕在化すること考えられ、電力の安定供給、電力品質の維持を行う為に、現在の電力供給を行っている既存 DG と PV システムの協調をとった運用が可能なハイブリッドシステムに対する期待は高まると想定される。

小規模離島への系統連系型 PV システム導入において、ハイブリッドシステム構築技術の有効性が認識されることで市場規模は拡大していくと予想される。

3-4-2 ODA 事業及び中長期的ビジネス展開のシナリオ

「モ」国における今後の PV システム導入量拡大を見込み、既存 DG と PV システムのハイブリッドシステム構築技術の確立を目的とした実証事業を沖縄の中小企業と「モ」国の DG に関する高い技術力を持つ中小企業が連携して実施する。

ハイブリッドシステム構築技術が確立された後に、沖縄の中小企業が主体となって「モ」国の中小企業と協力しながら、同国の同様な離島への展開を図っていく。更には「モ」国だけではなく同様な地理的・気候的背景を持つ他の島嶼国や、独立型電力系統が多数存在する大陸の内陸部にもビジネス展開を図ることが期待できる。

「モ」国におけるハイブリッドシステムの実証事業及び中長期ビジネス展開における重要な要素は以下の通りである。

(1) ハイブリッドシステム普及のポテンシャル

「モ」国は、日射量(沖縄の約 1.5 倍)が高く、PV に適した自然環境を有している。また、多くの離島を有しており、その電源供給も DG による供給で小規模な独立した系統である。こうした離島の電力供給構造であるため、首都圏に比べ割高な電気料金となっている。燃料の高騰が続く中、離島の電力供給を担う離島電力公社(FENAKA)においてはその導入に大きな関心を示している。更に、無人島等を開発して建てられたリゾートホテルにおいてもホテルへの電源供給として、その導入に強い関心を示しており、ハイブリッドシステム普及のポテンシャルは非常に高いと言える。

(2) 普及を阻害する要因

離島における DG と PV を組み合わせたハイブリッドシステムの構築には、DG 側の技術要素と PV の技術要素を組み合わせる必要がある。そして「モ」国の地域特性に合った最適なシステムを構築する為の技術を蓄積する必要がある。

(3) ビジネス展開に向けた協力事業

「モ」国内には、ディーゼル発電所の構築技術を有した企業がある。一方、沖縄には島嶼地域に適した PV システム構築の技術を有した企業がある。その技術の融合する機会を作り、普及の為の技術を確立させれば、いち早くビジネス展開の足掛かりを作ることができる。

(4) 継続的ビジネス展開の可能性

「モ」国には、リゾート島を含め 194 の有人島が存在し、独立した小規模系統である。その電源供給用のシステムとしての市場規模は大きいと言える。また、「モ」国内の企業が日本の PV 技術を有した企業との連携を望んでおり、「モ」国内でのビジネス展開に有利に働くものと考えられる。

(5) 他島嶼国等へのビジネス展開の可能性

沖縄の中小企業が「モ」国でのビジネス展開の経験を活かし、同様な地理的・気候的背景を持つ他の島嶼国等へビジネス展開を図ることが期待される。

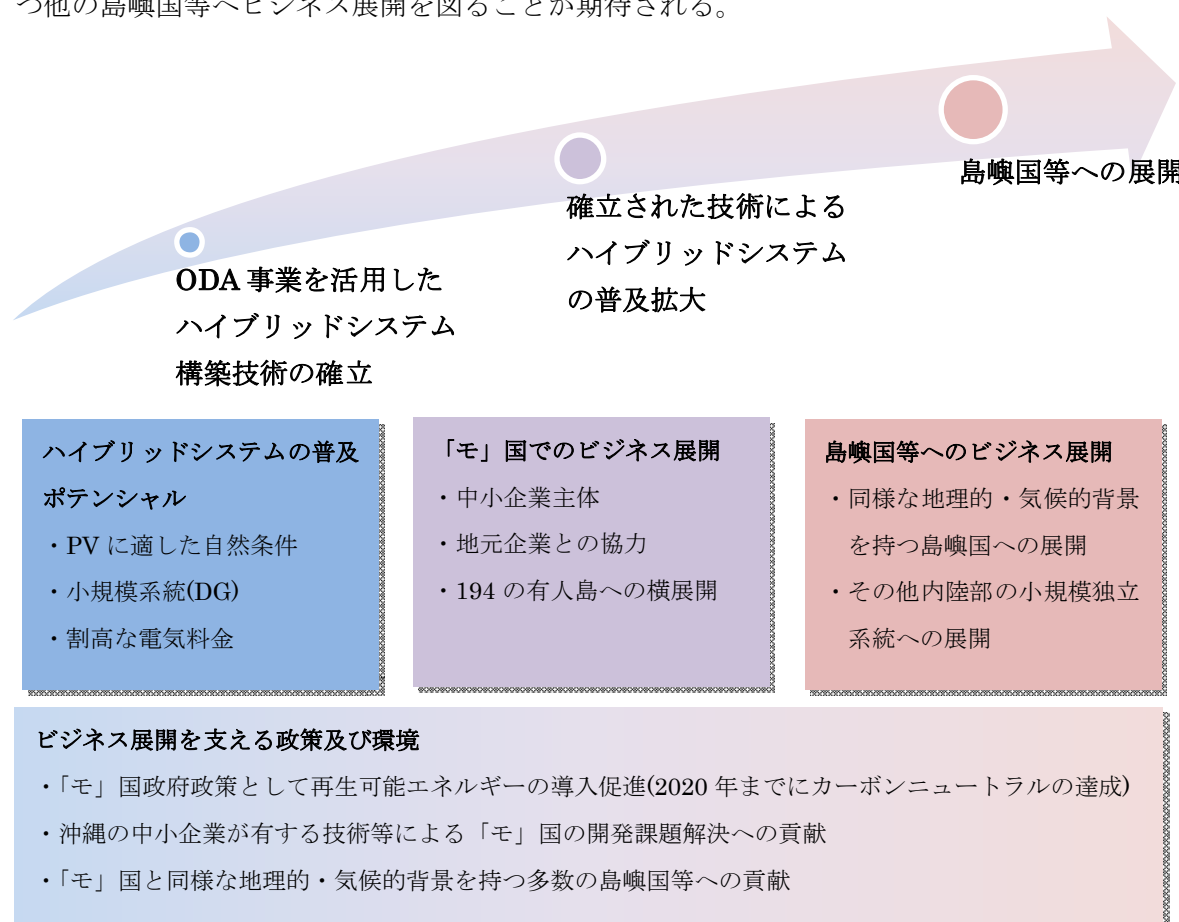


図 3-4-2.1 ビジネス展開イメージ図

第4章 セーシェル共和国

4-1 セーシェル共和国の現状及びニーズの確認

4-1-1 セーシェル共和国の政治・経済の概況

セーシェル共和国(以下:「セ」国)は、面積 460km²で 115 の島からなる島嶼国であり、人口約 9 万人、一人当たりの GNI11,130US ドルの高所得国である。人口の 95%が主要 3 島であるマヘ島、プララン島およびラ・ディエグ島に居住している。



図 4-1-1.1 「セ」国位置図

(1)一般事情

面積 : 460 平方キロメートル

人口 : 8.6 万人(2011 年)

首都 : ビクトリア

民族 : クレオール人(ヨーロッパ人とアフリカ人の混血)

言語 : 英語、フランス語、クレオール語

宗教 : キリシト教

気候 : 海洋性気候

気候は 12 月から 3 月の北西モンスーンと、5 月から 10 月の南西モンスーンの二つの季節に分けられ、その間に比較的短い 11 月と 4 月の中間期がある。また、気温は年間を通じて 24~29℃あり、平均湿度は 80%と、熱帯気候にあるが、サイクロンの暴風圏からはずれている。南東貿易風が吹く 5~10 月は雨が少なく、残りの時期は雨季で、特に 12 月~1 月に多くの雨が降る。

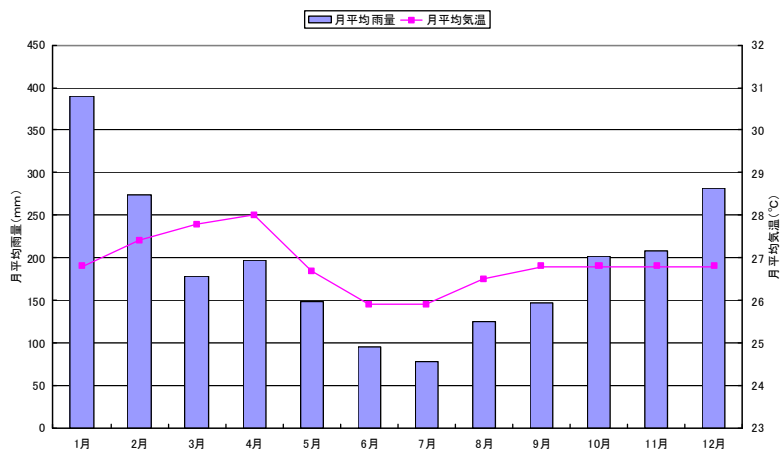


図 4-1-1.2 「セ」国の雨量および気温

(2) 政治体制・内政

1976年に英国より独立し、1978年の一党制宣言以来セーシェル人民進歩党(SPPF)による独裁であったが、1991年12月複数政党制導入を決定した。また、1993年に行われた複数政党制導入後初の選挙ではルネ大統領が再選し、与党 SPPF が圧勝した。第2回、第3回大統領選挙でもルネ大統領が再選した。

2004年、ルネ大統領が健康上の理由により任期途中で退任し、憲法の規定に従い、ミッシェル副大統領が大統領に就任した。その後、2006年7月に行われた大統領選挙において、ミッシェル大統領が得票率 53.73% で辛勝した。2007年5月には国民議会選挙が実施されたが、議席数に変動はなく、与党が 23 議席を維持した。

2009年6月、与党は「人民進歩党(SPPF)」から「人民党(Parti Lepep)」に改名した。

政体 : 共和制

元首 : ジェイムス・アリックス・ミッシェル(James Alix MICHEL)大統領

議会 : 一院制(議席 34:うち 25 議席は小選挙区で選出、残る 9 議席は 10%以上の得票を得た政党に配分する小選挙区比例代表並立制を採用)

(3) 経済

「セ」国の 2011 年の国民総所得(GNI)は、9.56 億 US ドル、2011 年の一人あたりの GNI は 11,130US ドルである。主要産業別内訳は、第一次産業が 3%、第二次産業が 26%、第三次産業が 71%である。主要産業は観光業およびマグロを中心とした漁業で、特に観光業は労働人口の約 30%を雇用し、外貨収入の約 70%を生み出している。しかし観光業への依存体質は国際情勢等の影響を受けやすいことから「セ」国政府は漁業、農業、小規模工業の振興に取り組んでいる。また、2011 年の経済成長率は 4.95%となっている。

2011 年の輸出額は 516 百万 US ドル、主要輸出品目はマグロ缶詰、冷凍魚、シナモンであり、また、輸入額は 940 百万 US ドル、主要輸入品目は機械、食料品、石油製品である。貿易収支は赤字であり、「セ」国政府は輸入縮小を図るため生活物資や食料の自給率向上を目指している。

主要産業 : 観光、漁業

GNI (国民総所得) : 9.56 億 US ドル (2011 年:世銀)

一人当たり GNI : 11,130US ドル (2011 年:世銀)

経済成長率 : 4.95% (2011 年:世銀)

物価上昇率 : 2.56% (2011 年:世銀)

総貿易額(2011 年) : (1)輸出 516 百万 US ドル

(2)輸入 940 百万 US ドル

主要貿易品目 : (1)輸出 マグロ缶詰、冷凍魚、シナモン

(2011 年) (2)輸入 機械、食料品、石油製品

主要貿易相手国 : (1)輸出 フランス(26.5%)、英国(21%)、日本(11%)、イタリア(10%)

(2011 年) (2)輸入 サウジアラビア(23.9%)、スペイン(8.3%)、
フランス(5.8%)、南アフリカ(5%)、シンガポール(4.1%)

通貨 : セーシェル・ルピー(SR)

1US ドル=12.9 ルピー(2013 年 1 月)

1 ルピー=7.14 円(2012 年 12 月)

(4) 電力事情

① 電気に係る政府・公社の体制

「セ」国でのエネルギー分野は、エネルギーのプランニング、規則、管理を行っているセーシェルエネルギー委員会(以下:「SEC」 SEYCHELLES ENERGY COMMISSION)がエネルギー部門を管轄している。

発電および送配電等の電力事業に関しては、公共設備公社(以下:「PUC」 PUBLIC UTILITIES CORPORATION)が業務を実施している。PUCはその他に上水、下水のサービスも提供している。「セ」国本島(マヘ島)には2箇所の発電所があり、全てディーゼル発電機(以下:「DG」)での電力供給である。尚、発電可能な容量は69,500kWであり、2011年の最大負荷は44,800kWであることから予備力としては十分余裕がある。また、海底ケーブルを利用して近隣の離島へも送電している。定格電圧は単相240V、3相430Vで、3相3線(33kV/11kV)によって地下埋設や架空で送電しており、その電圧変動は±6%程度である。

② 供給電力の概要

電源構成	: DG (69,500kW)
送電電圧	: 33kV/11kV(地中送電線)
電気方式	: 3相3線式
配電電圧	: 430V (需要家供給は各相電圧 240V) ※運用上の電圧管理値 240V±8.0%(220.8V~259.2V)
電気方式	: 3相4線式
周波数	: 50Hz ※運用上の周波数管理目標値 50Hz±1Hz
最大供給可能電力	: 69.5MW(首都:マヘ島)
送電ロス	: 5%~10%

③ 電気料金

「セ」国の電気料金は「家庭用」、「商業及び産業」、「政府機関」、「輸出産業」、「大口需要家」、「街灯」と分野ごとに細かく分類されており、ここでは、主要分野である「家庭用」、「商業及び産業用」、「政府機関」の電気料金について示す。各分野ごとの電気料金を比較すると、電力量料金については、分野間で金額の差はさほどないが、基本料金については、商業用、政府機関の料金は高めの設定となっている。しかしながら、日本での家庭用電気料金 20 円/kWh~30 円/kWh と比較すると、「セ」国の家庭用電気料金は約 18 円(2.4kVA 以下、301-400kWh の場合)であることから、さほど高額な料金ではない。尚、セーシェルエネルギー政策準備書(Preparation of Energy Policy for Republic of Seychells, 2009-2030)では、「セ」国の今後の電力需要の伸びを賄う為には近い将来、年間 4MW の発電出力の増強を行う必要があるとのことであり、その設備投資資金確保として 15%の電気料金の値上げが必要とされている。

i) 家庭用

表 4-1-1.1 「セ」国の電気料金(家庭用) (単位:SR)

		2.4kVA 以下	2.4~9.6kVA 以下	9.6kVA 以上
基本料金 (SR/kVA)		0	4.69	9.37
電力量料金 (SR/kWh)	0-200kWh	1.10	1.15	1.15
	201-300kWh	1.35	1.35	1.35
	301-400kWh	2.60	2.60	2.60
	401-500kWh	2.80	2.80	2.80
	500kWh 以上	3.30	3.30	3.30

(出典:PUC ホームページ)

ii) 商業及び産業用

表 4-1-1.2 「セ」国の電気料金(商業及び産業用) (単位: SR)

		200kWh 以下			200kWh 以上
基本料金 (SR/kVA)		9.16	基本料金 (SR/kVA)		15.87
電力量料金 (SR/kWh)	0-200kWh	2.55	電力量料金 (SR/kWh)	0-500kWh	2.55
				500-1000kWh	2.75
				1000kWh 以上	2.85

(出典:PUC ホームページ)

iii) 政府機関

表 4-1-1.3 「セ」国の電気料金(政府機関) (単位: SR)

	単相供給	三相供給
基本料金 (SR/kVA)	27.49	27.49
電力量料金 (SR/kWh)	2.50	2.50

(出典:PUC ホームページ)

4-1-2 対象分野における現状と課題

(1) 割高な電気料金

「セ」国は大陸から遠く離れた多くの島々からなる島嶼国で、その地理的要因から燃料輸送においてコスト高となっている。さらに発電規模が小さいが故のエネルギー変換効率の低さなど、エネルギー供給面で構造的不利性を抱えている。

首都島(マヘ島)と周辺の離島に対する電力供給を行っている PUC へのヒアリングにより入手した発電コストは、マヘ島で 2.4SR/kWh(約 17 円/kWh)、プララン島で 3.6SR/kWh(約 26 円/kWh)であった。また、その他の離島に電力供給を行っている離島開発会社(以下:「IDC」ISLAND DEVELOPMENT COMPANY)においては、ヒアリングの結果、発電コストの詳細は得られなかったが、DESROCHES 島の燃料費に PUC が行っている同様な算出法で発電コストを導くと輸送費抜きで 6.0 SR/kWh(約 42.6 円/kWh)となる。離島においてはかなり割高な発電コストとなっている事が伺える。

電力は、人々の日常生活や産業活動を支える重要なエネルギーであり、割高な電気料金は、島の持続的発展を妨げる要因であることから、電気料金の低減に向けて DG 燃料の消費量を削減することが重要な課題となっている。

(2) 脆弱なエネルギーセキュリティ

「セ」国は島嶼国特有の小規模な単独電力系統であり、その規模的な要因から石炭火力等の大型の発電所の建設が難しく、今日まで DG に頼ってきた。しかしながら、DG のみの電力供給では、自ずと石油価格高騰の影響を大きく受ける構造となっている。このことは、「セ」国政府へのヒアリングの中でも認識されており、2007 年から 2008 年にかけての石油価格の高騰により「セ」国経済に大きな打撃を与えた事が、一種類の燃料に依存することのリスクの高さを再認識させた。

一方で、表 4-1-2.1 で示すとおり、「セ」国の燃料は輸入に頼っており、また、同国の輸入品の中でも大きな割合を占めていることから、多大な負担となっている。

このような事から、「セ」国においては再生可能エネルギーを中心としたエネルギー供給の多様化を図り、燃料使用量の低減及びエネルギーセキュリティの向上を目指すことが喫緊の課題となっている。

表 4-1-2.1 エネルギー源の輸入 (Imports of energy sources) 単位: tons

Type / Year	2007	2008	2009	2010	2011
Gas Oil (Diesel)	189400	193771	207063	183797	152527
Fuel Oil	58382	67199	88731	69369	73903
LPG	3679	4060	3434	3696	2333
Electricity generated (million kWh)	270.6	269.1	275.5	301	323.8
Electricity consumed (million kWh)	232.4	233.3	238.7	260.3	279.8

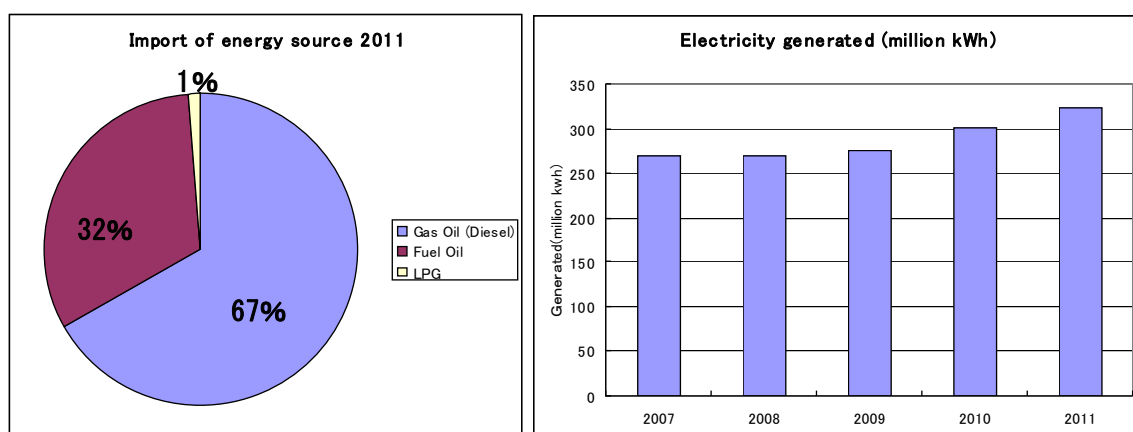


図 4-1-2.1 輸入エネルギー源の割合

図 4-1-2.2 発電電力量の年推移

(出典: [Seychelles-In-Figures-2012-Edition, National Bureau of Statistics])

(3) 再生可能エネルギーの普及拡大

「セ」国の電力供給はDG燃料に依存した構造であることから、石油価格の高騰の影響を受けやすく非常に脆弱なエネルギー供給構造となっている。特に離島においては発電コストが割高となっている。そこで「セ」国政府は、エネルギーセキュリティの向上及び温室効果ガスの削減に有効な手段の1つである再生可能エネルギーの普及拡大に努めている。また、国の導入目標値を2020年までに5%、2030年までに15%としている。

「セ」国では現在、PV等の再生可能エネルギーから系統へ逆潮流された場合の買取制度等について整備されてないが、昨年12月に制定されたエネルギー法において、今後、系統連系に関する規定やFeed-in Tariff (FIT)、省エネルギー、CDM等のエネルギーに関する制度について整備していくとのことである。しかし、再生可能エネルギーはコストの問題や技術者の不足、さらには系統安定化技術の確立などの課題があることから、普及拡大に向け長年の経験と実績を有する日本側の支援が必要である。

一方、2010年に策定されたセーシェルエネルギー政策準備書 (Preparation of Energy Policy for Republic of Seychells, 2009-2030) ではマヘ島におけるPV1kWあたりの年間発電電力量を試算している。それによると、マヘ島でのPV1kWあたりの年間発電電力量は1,754kWhと試算されており、日本の約1.7倍の発電電力量となっていることから、「セ」国におけるPV導入のポテンシャルは高いと考えられる。

表4-1-2. 2 PV1kWあたりの発電電力量(マヘ島)

	Month	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total (kWh)
Inclin.=5deg	Production per month(kWh)	129	134	158	157	148	132	142	148	151	163	149	142	1754
Orient.=0deg	Production per day(kWh)	4.2	4.8	5.1	5.2	4.8	4.4	4.6	4.8	5.0	5.3	5.0	4.6	

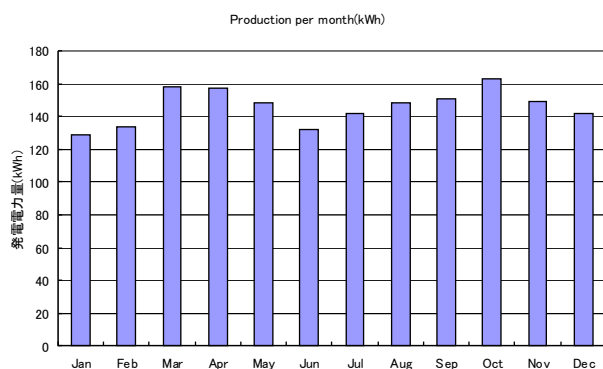


図4-1-2. 3 1ヶ月あたりの発電電力量

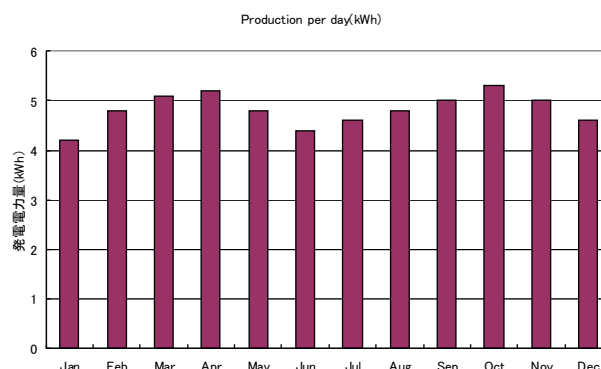


図4-1-2. 4 1日平均の発電電力量

(出展:Preparation of Energy Policy for Republic of Seychells,2009-2030)

(4) 技術者の育成・教育

「セ」国においては、国を挙げて再生可能エネルギーの普及拡大に努めている。しかし、それを推進していく上で技術者の不足が懸念されている。また、民間分野においては、PVシステムの適正な設置工事を行う為の電気工事技師の育成やその資格制度の創設が課題とされている。その為の技術トレーニングコースの創設や技術認定制度の整備も急務とされている。

一方、「セ」国には大学と専門学校があるが、いずれも再生可能エネルギーに関する教育は行っていない。しかし、それぞれの教育機関において、再生可能エネルギーに関する専門コースの新設や、研究機関の創設を願っており、再生可能エネルギーに関する教育環境の整備が急がれている。さらに、高度な専門技術を有する技術者も必要とされ、「セ」国にとってどのような再生可能エネルギーが適しているか、また、どのようなシステムが最適なのかを見極めていく研究が求められている。

(5) 電力系統安定化対策及び電力供給設備の維持

①小規模系統における周波数安定度

小規模電力系統においては、その電源の規模および調整能力の制限等から PV システム等の再生可能エネルギーの出力変動の影響を受けやすい。その変動量が大きくなると電力系統の周波数が大きく変動し、管理値を逸脱する可能性が高くなる。

実際に、「セ」国においては、現在、風力発電の建設が進められており、風車の出力変動による電力品質への影響が懸念されている。今後、PV システムの導入量増加に伴って同様な影響が懸念される。

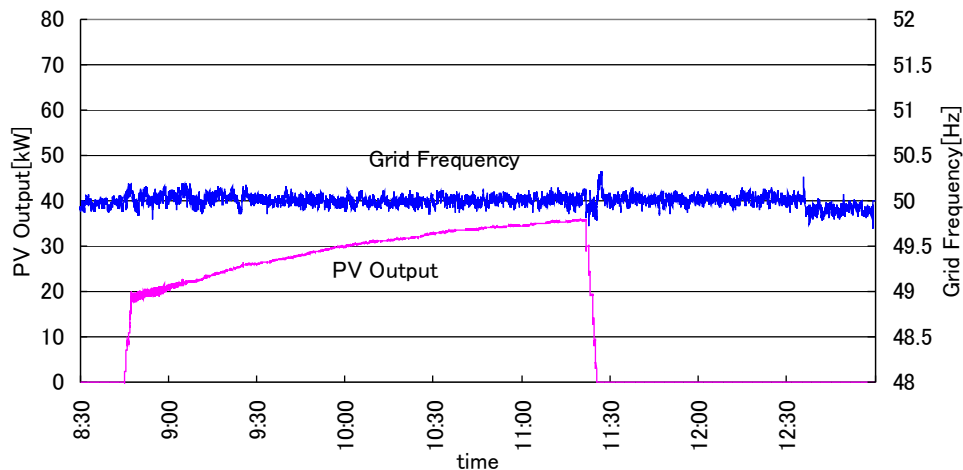


図 4-1-2.5 PV 出力と周波数の実測値 (快晴)

(出典:太陽/風力エネルギー講演論文集「外国離島における太陽光発電系統連系システムの実証研究について」)

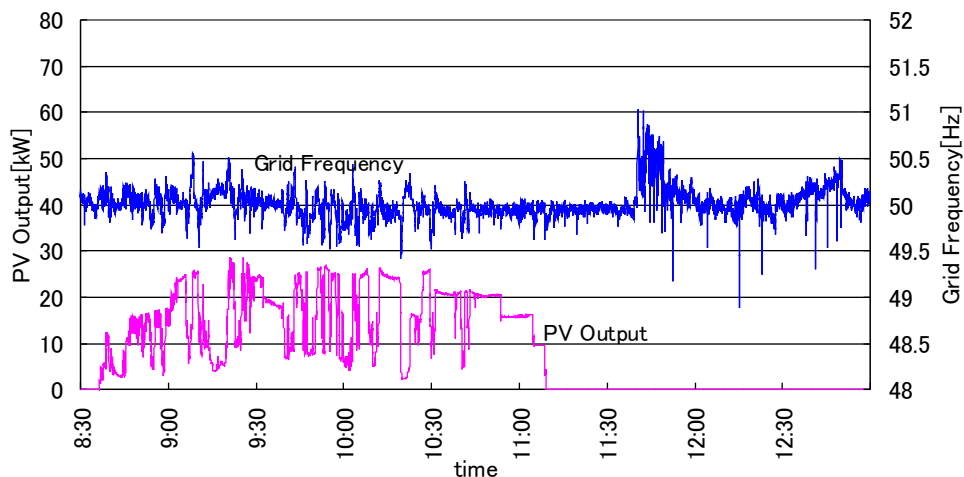


図 4-1-2.6 PV 出力と周波数の実測値 (曇天)

(出典:太陽/風力エネルギー講演論文集「外国離島における太陽光発電系統連系システムの実証研究について」)

この図に示すように、小規模電力系統では PV システムの発電電力の増減に起因し、系統全体の周波数が乱れ、電力品質の低下を招く可能性がある。よって、PV システム導入の際は、適切な導入規模と周波数安定のための対策を行う事が重要となってくる。

②小規模系統における電圧上昇問題

系統規模の小さい離島において、住宅や事業所等に大量に設置された PV システムの発電量が消費量を上回り、電力系統に対して電気が逆流する場合は(逆潮流)、系統の末端にかけて配電系統での電圧が上昇する。一方、配電系統における PUC の電圧管理範囲は 220.8V~259.2V 以内となっており、逆潮流によって電圧が 259.2V 近辺まで上昇し、電圧管理範囲を逸脱しそうな場合は、パワーコンディショナ(PCS)の機能により発電が抑制される。対策としては配電線の強化や電圧調整機器の設置、蓄電池の導入、専用線により系統上流側での連系等が考えられる。しかし、いずれもコストがかかる対策であることから、設置段階から経済性も含めた検討が必要である。

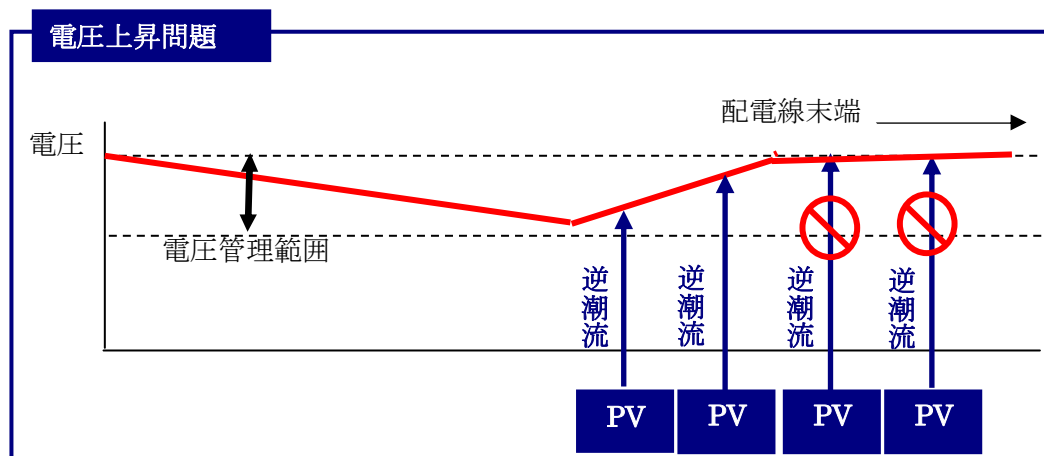


図 4-1-2. 7 電圧上昇イメージ図

③海底ケーブルに関する問題

「セ」国では、隣接する島に電力を供給する海底ケーブルを有している。これは島嶼地域における電力供給としては、効率的に電力を供給する為の有効な手段である。しかし、海底ケーブルはその敷設条件によっては損傷を受けるトラブルが発生する。

マヘ島から船で1時間程度離れた島であるプララン島(「セ」国の主要離島の一つ)はDGでの電力供給が行われている。そのプララン島から船で15分程度離れた島であるラ・ディグ島へはプララン島からの海底ケーブルでの電力供給が行われているが、現在、海底ケーブルが海底の岩との摩擦で損傷するトラブルが生じているとのことである。現在、PUCではその対策について検討しており、有効な対策技術の確立が望まれている。また、ヒアリングの際、我々に対し損傷対策のためのアイデア提供の依頼があったことから、沖縄で実際に行っている対策方法(添付資料)を取りまとめPUCに提供した。

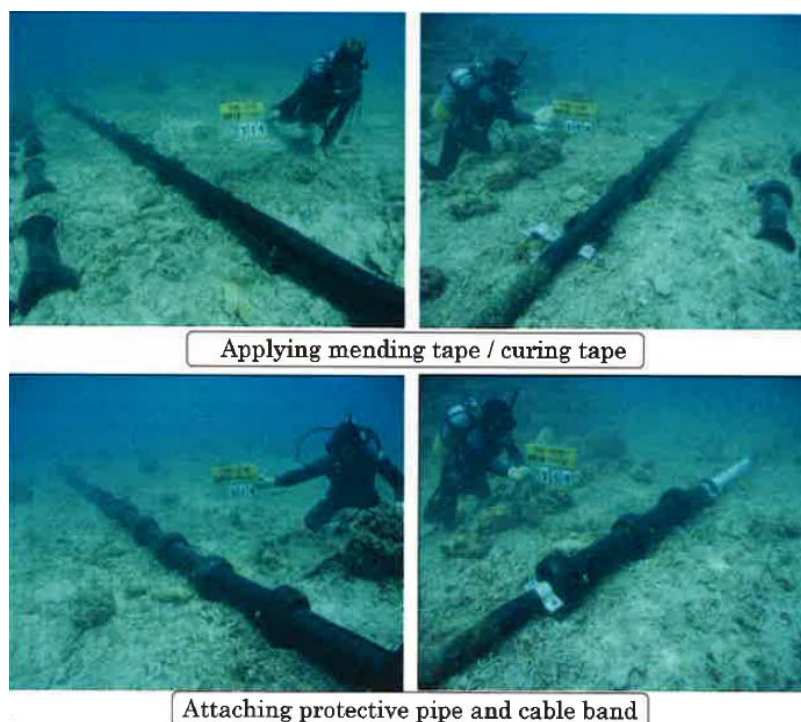


図4-1-2. 8 沖縄における海底ケーブル損傷対策

4-1-3 「セ」国の関連計画、政策及び法制度

(1) エネルギー法

「セ」国は” Seychelles Energy Commission Act 2010” に代わる新たな法律となるエネルギー法(“Energy Act, 2012”)を2012年12月18日に制定した。このエネルギー法はエネルギー全体の枠組み(フレームワーク)を形成するものであるが、特徴として再生可能エネルギーの導入やエネルギー効率の改善等を積極的に推進する内容となっていることが挙げられる。当該法律に基づきセーシェルエネルギー委員会(SEC)とセーシェルエネルギー評議会(“Seychelles Energy Board”)が設立され、これらの機関によって、電気事業、再生可能エネルギー、エネルギー効率、クリーン開発メカニズム(CDM)、電気料金、需要家の権利と保護、免許と許認可等に関する詳細な規定が今後整備される予定である。表 4-1-3.1 にエネルギー法の概要を示す。PVの導入拡大に関する主な項目として、「第4部 独立系発電事業者(IPP)」、「第5部 電気事業(発電・送電・配電)」、「第6部 再生可能エネルギー」、「第9部 電気料金」等が挙げられる。基本的には電気事業の自由化を進めることにより IPP の市場参入を促す内容となっている。また、FIT の買取価格はセーシェルエネルギー委員会が決定することになっている。買取価格が高めに設定されると再生可能エネルギーの普及拡大が急速に進むことが予想される。

表 4-1-3.1 エネルギー法(“Energy Act, 2012”)の概要

項 目	記載されている主な内容
第1部 序文	・法律の略称、解説(用語の定義)、エネルギー政策の策定等
第2部 委任	第1章 委員会の設立 委員会の目的、役割、権限等 第2章 評議会 評議会の構成、役割、最高責任者(Chief Executive Officer)の任命等 第3章 委員会の資金 委員会の資金源、予算の策定、資金管理等
第3部 免許と許可	・独立系発電事業者(IPP)等の発電・送配電事業者に対する許認可及び免許に関連する規定等
第4部 独立系発電事業者 (IPP)	・IPPは発電所を建設、所有、運転する資格を有すること。 ・大臣は公平で透明性の高いプロセスで新規発電所購入に係る競争入札を実施することができる。 ・緊急に発電容量が必要となる場合は入札を実施しない。
第5部 電気事業 (発電・送電・配電)	・本法律とその他の法律に基づき許認可を得た事業者は発電所の建設ができ、免許を得た事業者は発電所の所有と運用ができる。 ・発電所の設計と運用は規則によって規定される。 ・免許所有者はPUCに余剰電力を販売することや、PUCの送配電線を利用することができる。 ・PUCや免許を受けた事業者は系統連系要件(Grid Code)に定められた要件や規則を遵守するとともに、安全、送電容量の確保、電力系統の信頼性に寄与すること。 ・PUCは電力系統の主要な運用者として種々の責任がある。 ・送配電事業者は系統連系要件を満たす申請者に対して送電線または配電線への連系を認めること。 ・PUCと送配電事業者は再生可能エネルギーの電力の購入・送電・配電を保証できるよう、既存の電力系統を最適化・強化・拡張すること。

第 6 部 再生可能エネルギー	・全ての部門が再生可能エネルギーの利用を推進すること。 ・IPP は再生可能エネルギーによって発電される電力の販売に係る電力購入契約 (PPA) を結ぶこと。 ・委員会が再生可能エネルギーの種類や設備の容量に応じて PPA の様式を規定することができる。 ・委員会が再生可能エネルギーの促進と利用に向けて国民への情報提供と需要家の教育に係るプログラムを実施し、全てのレベルにおける社会的認知度を高めること。
第 7 部 エネルギー効率	・全ての部門がエネルギー効率戦略に基づきエネルギー効率の改善に取り組むこと。 ・委員会は家庭、商業、産業、公共等の各分野におけるエネルギー効率と省エネルギーに関する基準を規則により定めること。 ・委員会は省エネルギーの可能性のある製品にラベルを表示するガイドラインを規定すること。 ・委員会は全ての部門に対してエネルギー効率と省エネルギーの方法に関する情報提供と消費者の教育のプログラムを開発すること。
第 8 部 クリーン開発メカニズム (CDM)	・環境を担当する省が CDM に関する担当省庁となること。 ・担当省庁は CDM プロジェクトの計画と提案者に対する手続き上の要件を定め、プロジェクト提案書の分析と評価に係るルールと手順を選定し、CDM の基準等を規定すること。
第 9 部 電気料金	・委員会は以下のことを規定し定期的に調査すること。 a) PUC や免許事業者が需要家に販売する電気の料金 b) FIT による買い取り価格 c) 異なるカテゴリーの需要家が支払い可能な電気料金 d) 接続料金、送配電線の使用料 e) PUC 及び配電事業者への余剰電力販売価格 ・サービスの経済性と財政上の持続性を保つために、事業者は以下の原則を順守すること。 a) 政府等から受けた補助金から賄った費用は事業運営費用に含めないこと。 b) 電気料金の調整と価格の安定性 c) 送配電線を供給する料金には設備の拡張、改修、維持管理に係る費用や借入等の金融に係る費用等を含めることができる。
第 10 部 電力設備への立入り	・免許を受けた者が電力設備に係る業務のために需要家の資産への立ち入ることに関連する規定等。
第 11 部 需要家の権利と保護	・PUC とその他の電気事業者は需要家に対して提供するサービスに関する十分な情報を提供すること等を規定。
第 12 部 紛争の解決	・PUC を含む免許を受けた事業者間の紛争はまずは委員会に照会すること等を規定。
第 13 部 違反	・許認可を受けることなく発電所を建設した者、免許を所持せずに運用した者に対する罰則等を規定
第 14 部 その他	・委員会の全メンバーと全従業員は公務員とみなすこと等を規定。
第 15 部 失効、貯蓄、移行	・” Seychelles Energy Commission Act 2010 ” は失効すること等を規定。

(2) エネルギー関連計画

「セ」国においては昨年 12 月にエネルギー法が制定された。その中で再生可能エネルギーの導入やエネルギー効率の改善等を積極的に推進していくことが明記されている。そして、それを実行する為の計画が策定され、実施に向けた準備が進められている。計画の中には、政策を推進する為の組織の機能強化に関する能力開発計画を始め、再生可能エネルギー導入促進の為の具体的なプロジェクト計画などが策定されている。

太陽光発電に関するプロジェクトとしては、インドの支援を受けて 1～1.5kW の PV システムを 3,000 軒の家庭に導入するソーラー住宅プロジェクトがセーシャルエネルギー委員会によって計画されている。また、人口約 2,000 名の島ラ・ディグ島において島の電力を 100%再生可能エネルギーで供給するプロジェクトなどが計画されている。

その他には、系統連系規定や固定価格買取制度の整備に向けた取り組み等が計画されている。

表 4-1-3.2 「セ」国におけるエネルギー関連計画

エネルギー分野					
表題	目的	活動団体	活動内容	目標年月日	資金、コスト
IAEA 事業 – エネルギー企画に関する能力開発	- SEC、SEYPEC 及び PUC 職員のエネルギー企画に関する能力強化をはかる。 - 包括的・長期的エネルギー基本計画の作成にあたって、セーシャル・エネルギー委員会（SEC）に対し支援を提供する。	セーシャル・エネルギー委員会（SEC）	- 国家のエネルギー関連データベース - エネルギー需要分析 - エネルギー需要のモデリング及び予測 - 発電技術に関する技術的・財政的評価 以上を企画・作成するための訓練。	2012 - 2013	80,343 ユーロ
インド洋委員会 (IOC) 諸国における再生可能エネルギー (RE) 開発及びエネルギー効率 (EE) の改善	インド洋委員会 (IOC) 諸国において、近代的で信頼のおける再生可能エネルギーに適切なコストでアクセスができるようにし、そのことによって各国の持続可能な開発活動に貢献できるようにする。	セーシャル政府	- 人材開発及び制度開発。 - 再生可能エネルギー (RE) 開発及びエネルギー効率 (EE) の促進活動及び支援プランの作成。 - 再生可能エネルギーを基本とした系統連系型発電システムについての規制及び取引環境を改善するため、融資者などの関係者と協力及び取り組み。 - エネルギー効率基準及びラベリングを作成。	2012 年に開始	インド洋委員会 (IOC、5 カ国) に対しては 1500 万ユーロ
ルーフトップ／系統連系型太陽光発電システム	セーシャルの本島・離島の各選択箇所において、持続可能な発電方法として系統連系型太陽光発電システムの活用率を高める。	セーシャル・エネルギー委員会 (SEC)、国連開発計画 (UNDP)、地球環境ファシリティ (GEF)	- 再生可能エネルギー技術、特に太陽光発電システムをより支援しやすくするために、法規制、政策枠組を改正する。 - 太陽光発電の購入及び設置についての財政メカニズムを企画・実施する。	2012 年に開始	735 万 US ドル

表題	目的	活動団体	活動内容	目標年月日	資金、コスト
			・太陽光発電の購入及び設置についての財政メカニズムを企画・実る。 ・太陽光発電のための市場供給連携体制の初成立を目指す。 ・太陽光発電市場に対し技術支援を提供、設置に係わる技術者に対し訓練例を提供する。 ・太陽光発電システム設置に関する実証事業。		
セーシェルのグリッド・コード(系統運用規則)、固定価格買取制度に関する研究、電力購入モデルに関する合意。	・電力業者、特に再生可能エネルギー関連の業者の間における連携を成立させるため、セーシェルのグリッド・コード(系統運用規則)、固定価格買取制度を作成する。	公共事業体(PUC)、セーシェル・エネルギー委員会(SEC)、SID-DOCK 協力体制(小島嶼開発途上国 SID が立ち上げた再生可能エネルギーの促進に向けた取組)、世界銀行による事業	・公共事業体(PUC)によるシステムの太陽光吸収率を測定・確定する。 ・グリッド・コード(系統運用規則)を作成する。 ・再生可能エネルギーのシステムに対する固定価格買取制度を策定する。 ・電力購入モデルを作成する。	2012 年に開始	25 万 US ドル
エネルギー効率及び省エネキャンペーン	・教育や認識促進キャンペーンを通し、セーシェルの社会全体の層における電力使用量を削減する。 ・エネルギー効率及び省エネ戦略の 3 年間計画を作成する。	エネルギー・環境省、セーシェル・エネルギー委員会(SEC)、公共事業体(PUC)	・戦略計画の作成。 ・教育・認識促進キャンペーンを行う方法の開発。例：テレビ番組、パンフレット、ポスター、ステッカーなど。 ・覚えやすいキャンペーンを行えるよう、スローガンやキャラクターを開発する。 ・キャンペーンのモニタリング及び評価を行う。	2011 年に開始	未定
3000 棟のソーラー住宅。	・1kWp から 1.5kWp 程度の規模の太陽光発電システムを、セーシェル国内の 3000 棟の家屋に取付ける。	エネルギー・環境省、セーシェル・エネルギー委員会	・概要のみ作成済。 ・家屋の選択や財政メカニズムなど、本事業を実施するための方法、仕組みなどを特定する。		インドによる融資
セーシェルにおける太陽光発電システムの促進。	・太陽光発電システムの開発、促進。	セーシェル政府、KC Cottrel 韓国企業) 及び韓国政府	・セーシェルにおいて太陽光発電システムを促進する上での実行可能性調査。 ・セーシェルにて 3kW 規模の太陽光実証システムの企画、運営。 ・ラ・ディエグ島の「カーボン・フリー・アイランド」計画の実行可能性調査を実施。	2013 年に開始	

4-1-4 「セ」国の ODA 事業の事例の分析

(1) 政府開発援助

「セ」国に対する経済協力は、「セ」国の一人あたり国民所得がアフリカ諸国では群を抜いて高いことから、円借款、一般プロジェクト無償資金協力や草の根・人間の安全保障無償資金協力、一般文化無償資金協力等の支援は近年実施されていない。一方、水産分野においては、二国間強化という戦略的観点から、2008年に約8年ぶりの水産無償資金協力となる「マヘ島零細漁業施設整備計画」が実施され、2010年6月、改修された漁港の開所式が行われた。

表 4-1-4.1 無償資金協力(水産分野)

無償資金協力			
交換公文締結日 (現地時間)	案件名	被供与団体名	邦貨 (億円)
2008/06/24	マヘ島零細漁業施設整備計画 (The Project for Construction of Artisanal Fisheries Facilities in Mahe Island)	—	10.89

(出典：国際協力 政府開発援助 国別地域別政策・情報/アフリカ地域 セーシェル 約束状況より)

【マヘ島零細漁業施設整備計画】

本計画の内容

「セ」国のプロビデンス地区における新漁港建設と漁業関連施設の整備及びベル・オンブレ漁港における製氷施設整備を行うため、プロビデンス地区において岸壁、管理棟、漁具倉庫、製氷機棟、荷捌き場、フォークリフト等の建設および調達、また、同様にベル・オンブレ地区において製氷機棟、フォークリフト等の建設・調達を行う計画を実施するための資金を供与する。

本計画の必要性

「セ」国は、主に観光業(その関連産業含む)と水産業にその経済を依存しているが、観光業は国際情勢等の影響を受けやすいことから、漁業、農業等の開発に取り組んでいる。特に、水産業を国家経済発展のための最重要産業として位置づけており、我が国のこれまでの協力もあり、漁獲量が過去10年で大幅に伸びている。

その結果、2006年の水揚げ量は1,722トン(2006年)までになったが、中規模・零細漁業による漁獲量の42%を占めるビクトリア漁港の小規模漁業施設(1997年に水産無償資金協力により整備)では、利用漁船数の増加・漁船船体の大型化により、岸壁が非常に混雑するに至った。また、水揚げ効率の悪化による漁獲物の鮮度低下や係留の危険性増大を招いている他、漁船の出漁に不可欠な氷の需要に対して供給が追いつかないという問題を抱えている。

このような背景のもと、「セ」国政府はビクトリア漁港の港内混雑の問題を解決するため、プロビデンス地区における漁港の建設と、既存のベル・オンブレ漁港の整備を目的として、我が国に無償資金協力を要請してきたものである。

本計画の効果

本件の実施により、プロビデンス漁港とベル・オンブレ漁港への漁船の移動によって、ビクトリア漁港の利用漁船数は減少し、同漁港の混雑が緩和され、水揚げ・出漁準備作業の円滑化、安全係留の実現が期待される。

ベル・オンブレ漁港における漁業活動の活性化により、流通・販売等の関連産業の振興及び

労働者の雇用拡充等の経済効果が期待される。

(2) 他ドナー（域内協力機関含む）の協力動向

「セ」国に対する他ドナーの協力実績を下表に示す。表より、フランス及び日本の協力が大きいことが見て取れる。尚、2009年の日本からの協力額が飛びぬけて大きいのは、「マヘ島零細漁業施設整備計画」に対する援助の10.89億円の影響である。

表4-1-4.2 他ドナー協力実績 (支出ベース 単位：百万USドル)

年	1位	2位	3位	4位	5位	合 計
2005年	フランス 5.01	日本 1.26	カナダ 0.78	ベルギー 0.55	スイス 0.16	7.94
2006年	フランス 2.52	ベルギー 2.02	日本 1.91	カナダ 0.23	ポルトガル 0.19	7.15
2007年	日本 0.76	フランス 0.67	カナダ 0.51	米国 0.14	ドイツ 0.08 韓国 0.08	1.49
2008年	フランス 2.93	日本 1.62	カナダ 0.24	米国 0.07	ドイツ 0.06	5.03
2009年	日本 9.06	フランス 2.31	カナダ 0.21	ドイツ 0.08	英国 0.06	11.78

4-2 現地調査（「セ」国）

4-2-1 電力系統の調査

(1) 電力セクター

「セ」国でのエネルギー分野は、エネルギーのプランニング、規則、管理を行っている SEC がエネルギー部門を管轄している。

発電および送配電等の電力事業に関しては、PUCが業務を実施している。

「セ」国のエネルギー部門の関係機関(SEC及びPUC)の組織図を下図に示す。SECはプランニング、エネルギーの法規制、マネジメント、広報の分野に分かれており、職務としては、効率的にテクノロジー及び再生可能資源を促進する方針、計画を作成することによってエネルギーの生産と使用を改善することである。

一方、PUCは政府によって設立された準国営機関であり、主な業務は、マヘ島、プララン島、ラ・ディエグ島への電力供給である。また、水道、下水道に関する事業も実施している。

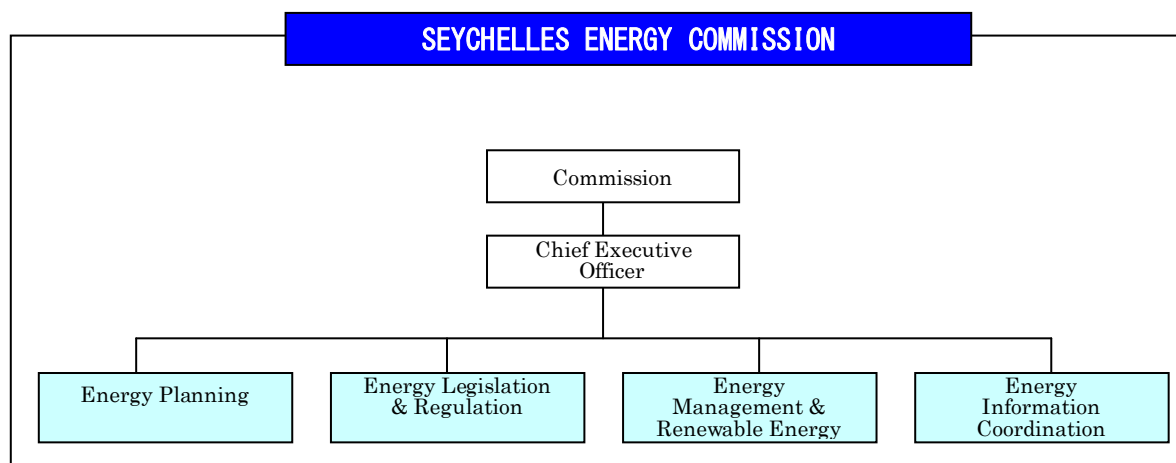


図4-2-1.1 SEC組織図

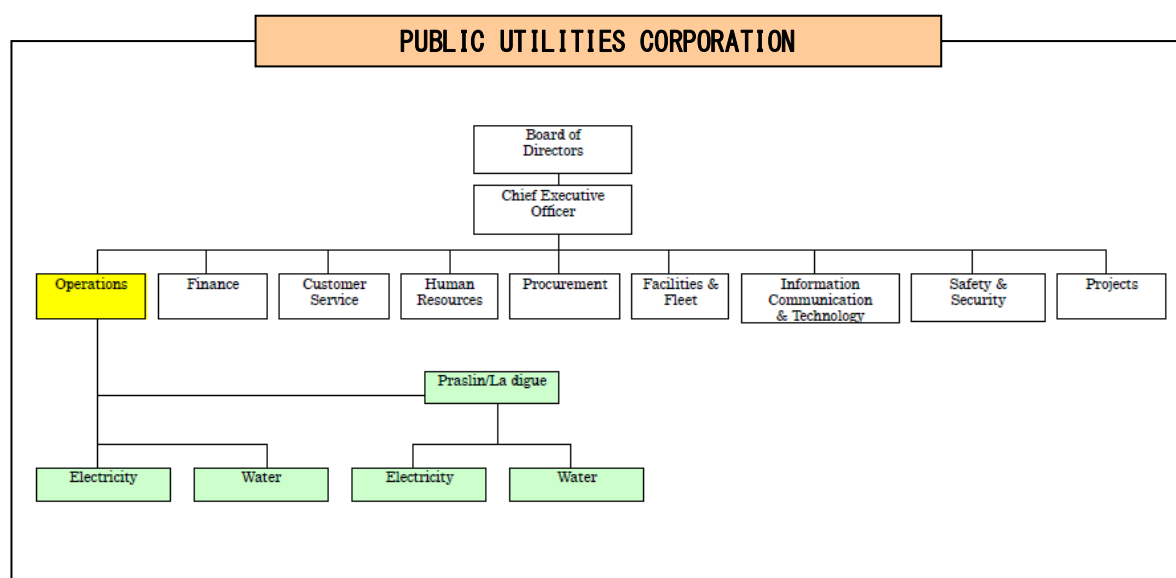


図4-2-1.2 PUC組織図

(2) 電力設備の運用状況

「セ」国の首都マヘ島には「New Port Power Station」と「Roche Caiman Power Station」の2箇所のDG発電所があり、送電電圧33kV/11kVにて送電されている。需要家への供給は11kV/430Vに降圧し3相4線式配電線にて電力供給が行われている。尚、送電ロス率は5%～10%である。図4-2-1.3に電力消費量の推移、図4-2-1.4にピーク負荷の推移を示す。「セ」国での電力消費量及びピーク負荷は共に右肩上がりで上昇している。

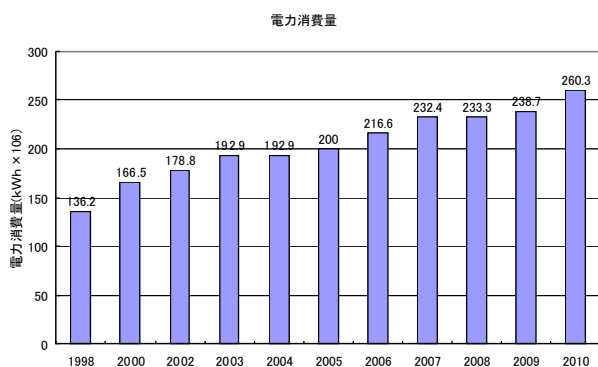


図4-2-1.3 「セ」国での電力消費量推移

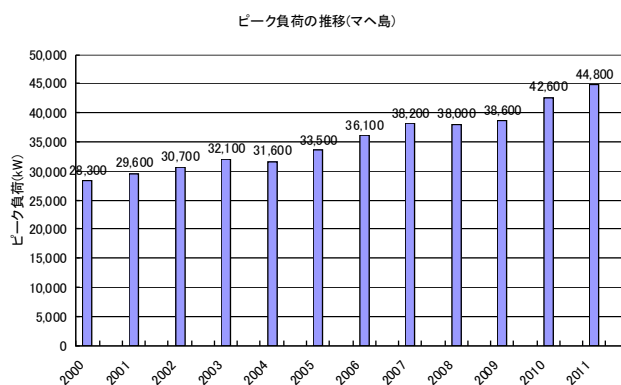


図4-2-1.4 マヘ島でのピーク負荷の推移

① Roche Caimanディーゼル発電所

Roche Caiman 発電所はPUCが運営する「セ」国本島に2か所ある発電所の1つである。DGは6.25MW×7機と8MW×2機の合計出力58MWで構成されている。現在の最大負荷は約45MWであり、また、「セ」国の今後の需要(マヘ島、プララン島、ラ・ディエグ島)は年間5.2%で上昇していくと予想されている。尚、発電所は中央操作室にて運転制御されており、監視システムによって各号機のシリンダー温度等の細かい部分まで一括管理されている。制御については、SCADAシステム等は導入されてなく、運転員のマニュアル制御であり、発電機はドループ運転を行っている。

図4-2-1.5にマヘ島のDG発電所(2箇所)における発電可能出力の年推移を示す。

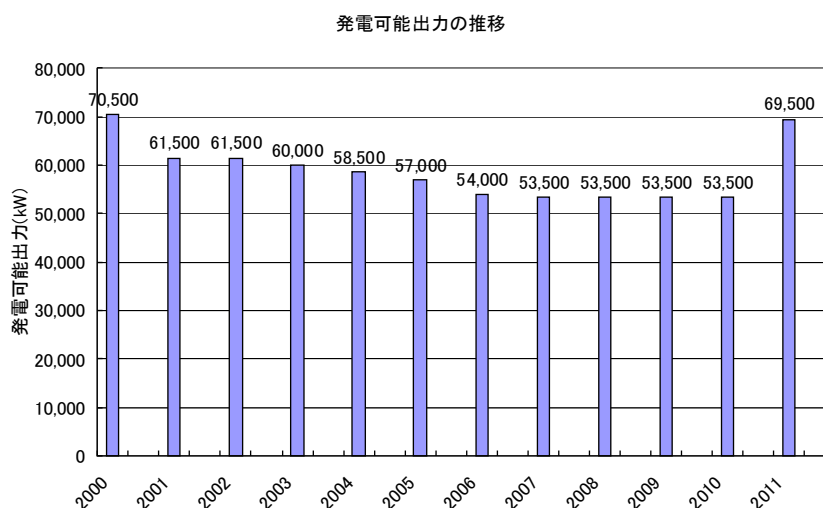


図4-2-1.5 発電可能出力の推移(マヘ島)



図4-2-1.6 Roche Caimanディーゼル発電所

②PRASLIN 島 ディーゼル発電所

PRASLIN 発電所は PUC が運営する PRASLIN 島(マヘ島から船で約 1 時間)にある発電所である。DG の構成は通常運用機 1P～4P(Blackstone 社製)の 4 機、6P～8P(Wartsila 社製)の 3 機と非常用機 M4、M5(Caterpillar 社製)の 2 機の合計 9 機で構成されている。また、1P～4P(Blackstone 社製)の 4 機はメカニカルガバナ、6P～8P(Wartsila 社製)の 3 機と非常用機 M4、M5(Caterpillar 社製)の 2 機は電子ガバナが採用されている。尚、発電所は中央操作室にて運転制御が行われている。

制御については、SCADA システム等は導入されてなく、運転員のマニュアル制御であり、発電機はドループ運転を行っている。

一方、発電所員からのヒアリングによると、発電所からの騒音、煤煙等による隣家からの苦情により、現在、他の場所への発電所移設及びマヘ島からの海底ケーブルによる送電について、コストメリットの検討を行っている。

表 4-2-1.1 PRASLIN 島発電設備

No.	メーカー	発電 タイプ	運用形態	定格出力	発電可能出力	運開年
				(kW)	(kW)	
1P	Blackstone (ドイツ)	ディーゼル	常用	670	400	—
2P			常用	670	400	—
3P			常用	670	400	—
4P			常用	670	500	—
6P	Wartsila (フィンランド)		常用	1,500	1,200	1995
7P			常用	3,000	2,200	1996
8P			常用	3,000	2,200	1996
M4	Caterpillar (アメリカ)		非常用	1,400	1,000	—
M5			非常用	1,200	900	—



図 4-2-1.7 PRASLIN 島 DG 発電所

(3) 系統負荷

① プララン島での日負荷曲線

プララン島での日負荷曲線を図4-2-1. 8に示す。プララン島は面積38km²、人口約6, 500人の「セ」国で2番目に大きな島である。プララン島の負荷は7:00頃から徐々に上昇し約5, 000kW程度でほとんど一定負荷となり20: 00頃にピーク（約6, 000kW）に達する。その後、4, 000kW未満まで低下する。また、図4-2-1. 9にプララン島発電所におけるCO₂排出量を示す。CO₂排出量は年々増加傾向にある。

プララン島での日負荷曲線

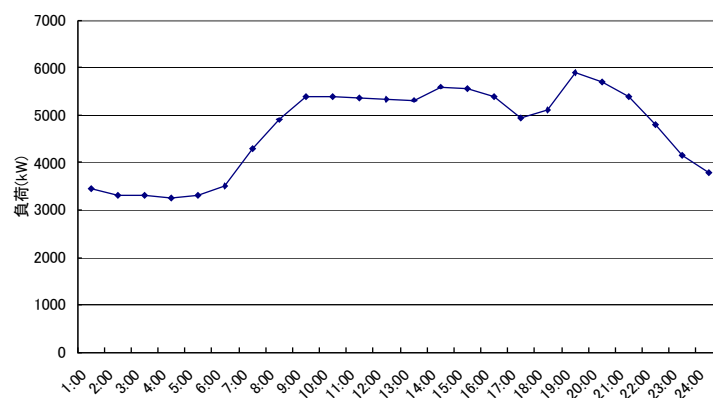


図4-2-1. 8 プララン島での日負荷曲線

表4-2-1. 2 CO₂排出量 (プララン島)

CO2 Emission from BSA Praslin Power Station							
Year	Fuel	Density	Calorific Value	Emission Factor	Usage	Usage	CO ₂ Emission
	Type	kg/m ³	MJ /kg	g/MJ	m ³	kg	t
2000	Gas Oil	0.8381	42	74.8	5873047	4,922,201	15,464
2001	Gas Oil	0.8381	42	74.8	5,826,849	4,883,482	15,342
2002	Gas Oil	0.8381	42	74.8	6,083,724	5,098,769	16,018
2003	Gas Oil	0.8381	42	74.8	6,605,249	5,535,859	17,391
2004	Gas Oil	0.8381	42	74.8	6,929,316	5,807,460	18,245
2005	Gas Oil	0.8381	42	74.8	7,069,329	5,924,805	18,613
2006	Gas Oil	0.8381	42	74.8	7,737,561	6,484,850	20,373
2007	Gas Oil	0.8381	42	74.8	8,535,273	7,153,412	22,473
2008	Gas Oil	0.8381	42	74.8	8,470,802	7,099,379	22,303
2009	Gas Oil	0.8381	42	74.8	8,551,790	7,167,255	22,517
2010	Gas Oil	0.8381	42	74.8	9,377,682	7,859,435	24,691
2011	Gas Oil	0.8381	42	74.8	10,140,832	8,499,031	26,701

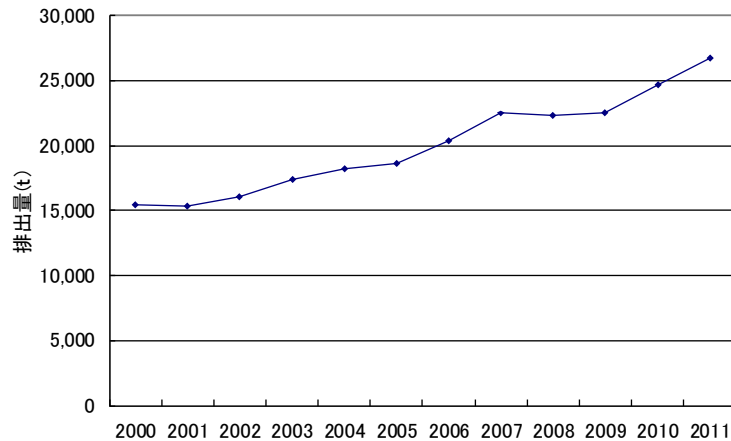


図4-2-1.9 CO₂排出量(プララン島)

②ラ・ディーク島での日負荷曲線

ラ・ディーク島での日負荷曲線を以下に示す。ラ・ディーク島は面積10km²、人口約2,000人の「セ」国で4番目に大きな島である。

ラ・ディーク島の負荷は日中500kW～600kW程度で、21：00頃にピーク負荷(約750kW)に達し、その後、400kW前後まで低下する。



図4-2-1.10 ラ・ディーク島での日負荷曲線

(4) 電力品質の調査

①系統周波数

「セ」国で電力事業を行っているPUCでの系統周波数の管理目標値は50Hz±1 Hz (49.0Hz～51.0Hz)以内に維持することとなっている。図4-2-1.11～図4-2-1.12はマヘ島のホテルで計測器(電源品質アナライザ HI0KI3197)を用いて実測した12/17～12/18間の系統周波数(瞬間最大値、瞬間最小値、平均値)のグラフである。尚、各グラフの右側に計測時間における平均値を示す。いずれの日の平均値もPUCの管理値幅を下回る50Hz±0.2Hz以内に収まっている。よって、周波数に関しては特に問題ないと思われる。

表 4-2-1.3 の日本における系統連系型 PV システムの周波数上昇継電器(OFR)と周波数低下継電器(UFR)の整定値と整定時間を「セ」国においても同様な整定値に設定すると仮定した場合、マヘ島における電力系統の周波数はほぼ常時 50Hz±0.2Hz に収まっていることから、OFR または UFR が動作して頻繁にインバータが停止する恐れは低いと考えられる。

表 4-2-1. 3 保護継電器の整定値例

種別	整定値	整定時間
周波数上昇継電器 (OFR)	48.5Hz	1s
周波数低下継電器 (UFR)	51.0Hz	1s

(出典: オーム社「太陽光発電システムの設計と施工」)

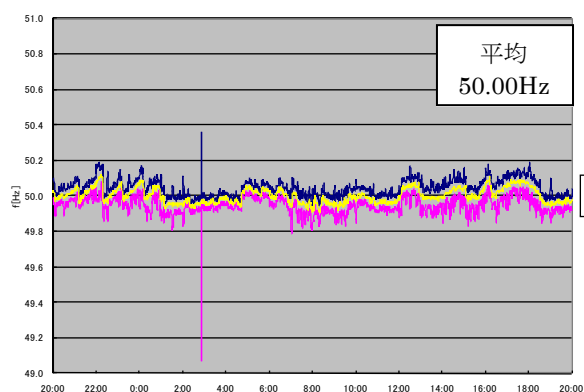


図4-2-1. 11 周波数(2012. 12. 17)

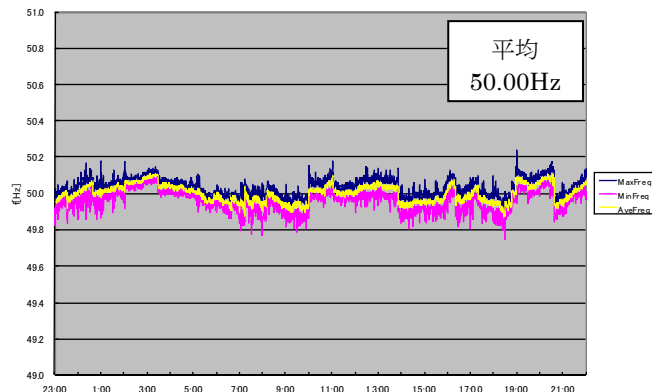


図4-2-1. 12 周波数(2012. 12. 18)

② 需要家側の電圧

「セ」国での系統電圧の管理目標値は $240\text{V} \pm 8\%$ ($220.8\text{V} \sim 259.2\text{V}$)以内に維持することとなっている。図4-2-1. 13～4-2-1. 14はマヘ島のホテルで計測器(電源品質アナライザ HIOKI3197)を用いて実測した12/17～12/18間での系統電圧(瞬間最大値、瞬間最小値、平均値)のグラフである。尚、各グラフの右側に計測時間における平均値を示す。いずれの日の平均値もPUCの管理値である $\pm 8\%$ 以内に収まっていることから、電圧に関しては特に問題ないと思われる。

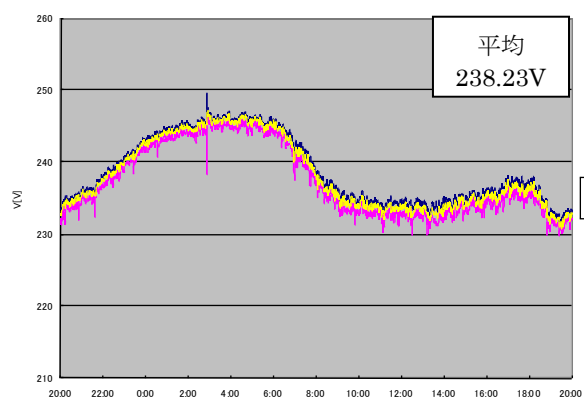


図4-2-1. 13 電圧(2012. 12. 17)

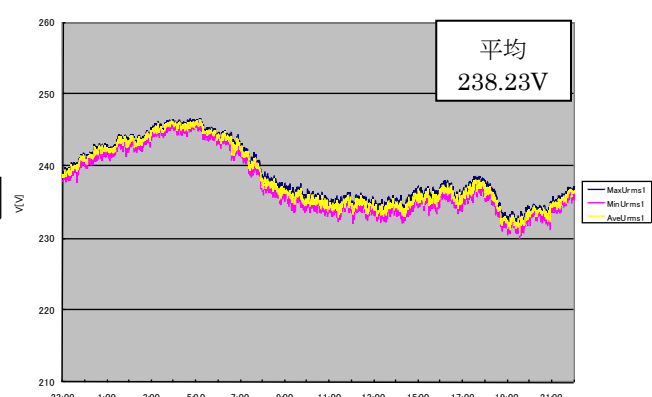


図4-2-1. 14 電圧(2012. 12. 18)

4-2-2 既存のPVシステムの調査

「セ」国のマヘ島、プララン島に導入されている系統連系型PVシステムの調査を実施した。尚、「セ」国におけるPVの導入はまだ始まったばかりであり、実績もほとんど無い状況である。本調査ではマヘ島ビクトリア市内の住宅屋上、プララン島のSecondary School屋根、以上2地点のPV設備について調査を実施した。各地点におけるPVシステムの詳細は以下のとおりである。

(1) ビクトリア市内の住宅屋上(マヘ島)

ビクトリア市内の住宅屋上に導入されている PV システムを調査した。容量は右側の建物が 1.6kW で左側の建物は 1.45kW である。また、右側の屋根にはアモルファスタイプのモジュール、左側の屋根には多結晶タイプのモジュールが導入されている。容量が小さいため、発電された電力は全て自家消費されているとのことであるが、電力量計は系統側からの購入用と逆潮流用の 2 台設置されていた。

しかしながら、現在、「セ」国においては、逆潮流が起きた場合の売電に関する法整備がされなく、逆潮流が発生したとしても電力会社買い取ることはないとのことである。

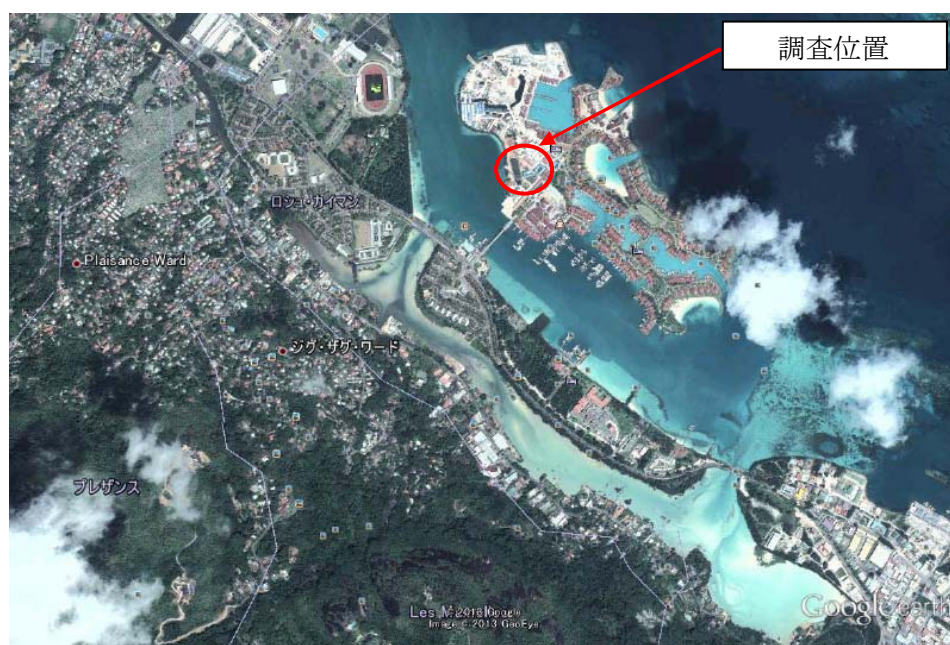
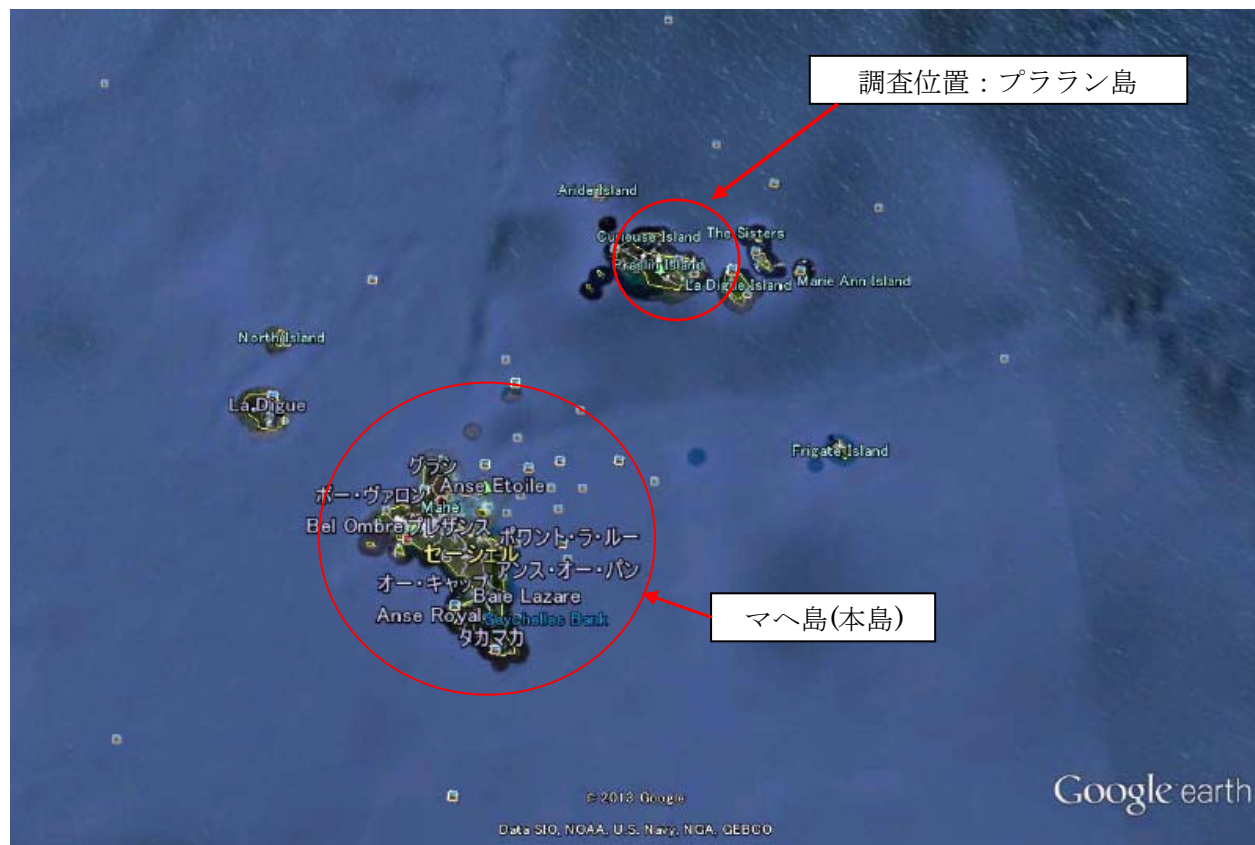


図 4-2-2. 1 系統連系型 PV システム(住宅用)

※インバータ(右側建物)：FRONIUS(オーストリア)
(左側建物)：SMA(ドイツ)

(2) PRASLIN SECONDARY SCHOOL

PRASLIN SECONDARY SCHOOL 屋根に導入されている PV システムを調査した。容量は 61W モジュール×36 枚の 2.2kW であり、国連開発計画 UNDP(United Nations Development Program)の補助により導入されたものである。モジュールのタイプはアモルファスモジュールであり、発電された電力は構内の負荷で消費され、余剰電力が発生した場合は系統へ逆潮流しているとのことである。但し、「セ」国では、現在、余剰電力の売電等に関する法整備が進んでないため、逆潮流に伴う収益は発生しない。



PV 全景



連系インバータ

図 4-2-2. 2 系統連系型 PV システム (PRASLIN SECONDARY SCHOOL)

※インバータ及びデータロガー：FRONIUS(オーストリア)

4-2-3 現地で調達可能な資機材及び現地工事業者の調査

「セ」国の PV 関連企業を数社訪問した。「セ」国は PV システムの歴史が浅く数年前からの活動である。取り扱う機器はドイツ製が多く、技術者もドイツから迎え入れている企業があった。また、日本の製品も取り扱っている企業もあった。システムの規模はいずれも小規模で技術的な部分は今後習得していく必要がある。

(1) Vetiver Tech 社

Vetiver Tech 社長宅を訪問し意見交換を行った。

同社は 1982 年に設立し、再生可能エネルギー関連の業務は 6 年前からスタートしたとのことである。また、現在、SolarWorld 社 (独) 及び Solaton 社 (独) とパートナーシップを締結しているとのことである。さらに PV システムにとっても関心があり、自宅屋根に 10kW の PV を導入している。「セ」国の PV システム導入については、現状、買取制度が無いことから同制度が確立されない限り普及は難しいとのことである。また、住民への太陽光に関する教育についても足りないとの意見があった。



図 4-2-2.3 打合せの様子及び系統連系 PV システム (Vetiver Tech 社)

(2) SOLAR ENERGY SEYCHELLES

同社は、「セ」国内において 3 年前から再生可能エネルギー関連業務を開始している。また、シャープのドバイ営業所と 1 年前からパートナーとして協力関係にある。同社における PV1kW 当たりの価格は 3,000~3,500US ドルである (設置工事含む)。尚、同社屋根には PV 設備が導入されていた。沖縄の中小企業のビジネス展開においては、同社が日本の太陽光メーカーと業務提携していることから、同社と提携していくことも有効な手段であると思われる。



図 4-2-2.4 打合せの様子 (SOLAR ENERGY SEYCHELLES)

(3) Sunnrgy Systems 社

同社はタンザニアにある会社の関連会社で、2 年前から、PV を利用した井戸（ソーラーウェル）の事業を展開している。また、同社の目標は最も安価で入手しやすい PV 製品を「セ」国に導入することである。現在、「セ」国では、PV からの買取制度が制定されてないことが、普及の足かせとなっているが、昨年 12 月に制定された新エネルギー法では、買取制度の導入に取り組むことになっていることから、PV の普及が促進されると期待しているとのことである。



図 4-2-2.5 打合せの様子 (Sunnrgy Systems 社)

(4) Sea & Sun Energy 社

Sea & Sun Energy 社の本社はドイツにあり、従業員 40 名程度の会社である。同社はセーシェルで 2 年前から PV に関する事業及び技術教育を展開している。条件によって異なるが PV 設置工事費のみの（モジュールは含まない）平均単価は 3,000SR/kW（約 21,000 円/kW）である。

4-2-4 海外の同業他社の進出状況 等

「セ」国では現在、PV システム等の再生可能エネルギーから系統へ逆潮流された場合の買取制度等に関して整備されてないことから、PV システムの設置も数件程度である。したがって取り扱える業者も限られている。その業者の中には、ドイツに本社を置く Sea & Sun Energy 社が含まれている。またドイツの Solar World 社および Solaton 社とパートナーシップを取っている地元業者もあり、ドイツの業者の進出が見られる。

また、「セ」国では昨年 12 月にエネルギー法が制定されたことにより、今後、系統連系に関する規定や FIT 等が整備される予定である。さらに、再生可能エネルギーからの供給量を 2020 年までに 5%、2030 年までに 15%との政府目標を掲げていることから、市場の拡大が予想され、今後、ビジネス展開を図る海外業者の更なる進出が予想される。

一方、沖縄県の中小企業はシステムインテグレーションの分野を中心に活動しており、島嶼地域における PV システムの構築においては、強みとなる構築技術を有している。その強みを発揮する上で、場合によっては、既に進出している外国製の製品を一部取り入れたシステム構築を行う事も有効な手段だと考えられる。

(1) Sea & Sun Energy

ドイツの会社であり、太陽光パネルの販売及びコンサルタント、計画、組み立て、メンテナンス等の業務を行っている。扱う容量は 5kW～15MW である。尚、「セ」国では SIT に設置(5kW)した実績がある。

(2) Solar World 社

Solar World 社は、モジュールをシリコンの原材料から生産し、高度な品質管理体制を持つドイツ No.1 の結晶系太陽光モジュールを扱う会社である。同社の中心的な事業はモジュールの製造販売、住宅用 PV の設置ならびに大規模 PV 発電所事業へも展開している。また、同社はオングリッド、オフグリッド両タイプの技術も有している。尚、「出力 25 年保証」を最初に打ち出したのも同社である。同社は世界中に 3,300 人の従業員を抱えている。

(3) Solaton 社

ドイツの会社で 5 年前から太陽光発電の業務を行っている。主な業務は PV に関するコンサルタント、設計、建設、サービスを行っている。これまでの PV 建設の実績は、件数で 150 件で容量は約 6,000kW である。

4-3 中小企業等が有する技術等の ODA 事業における活用可能性等の分析

4-3-1 PV を導入する際に障壁となりうる問題点

(1) 連系基準、買取制度等の未整備

現在、「セ」国においては、PV 設備が系統に連系する際のガイドラインはない。また、余剰電力が発生した場合は系統に逆潮流することになるが、その際の買取制度についても未だ整備されていない。PV を普及促進する上では買取制度の導入は必要不可欠であり、政府のエネルギービジョンでの目標である、2020 年に再生可能エネルギーによる電力供給量を 5%、2030 年には 15% を達成するためには早期に導入する必要があると思われる。

(2) 系統安定化対策に関する問題

「セ」国は、島嶼国特有の単独小規模系統であり、系統安定化対策に苦慮している。現在、建設が行われている 6MW(750kW×8 機)の風力発電システムにおいても、その出力変動に起因する系統への影響が懸念されており、今後、PV システムの普及拡大に伴って同様の影響が懸念されることから、その対策技術の確立が喫緊の課題となっている。



図4-3-1.1 マヘ島に導入が進められている風車

(3) 技術者育成の問題

「セ」国においては、国を挙げて再生可能エネルギーの普及拡大に努めている。しかし、それを推進していく上で技術者の不足が懸念されている。また、民間分野においては、PV の適正な設置工事を行う為の電気工事技師の育成やその資格制度の創設が課題とされている。その為の技術トレーニングコースの創設や技術認定制度の整備が急務とされている。

一方、「セ」国には大学と専門学校があるが、いずれも再生可能エネルギーに関する教育は行っていない。しかし、それぞれの教育機関において、再生可能エネルギーに関する専門コースの新設や、研究機関の創設を願っており、再生可能エネルギーに関する教育環境の整備が急がれている。

(4) 研究開発・技術開発の問題

「セ」国は、PV に関して良好な自然条件を有しており、その普及のポテンシャルは高い。しかしながら、その有効な活用方法や最適なシステム構築の為の技術開発が確立されておらず、普及拡大の課題となっている。

4-3-2 「セ」国が抱える開発課題解決へ活用が期待できる中小企業等有する技術等の例

(1) 島嶼地域の環境に適した施工技術

沖縄は周りを海に囲まれた島嶼地域であることから、海水を含んだ風や雨が地上に拡散するため金属で構成された構築物への塩害による被害が大きい。

PV モジュールや架台、接続箱といった機器が屋外に設置される PV システムも例外ではなく、その対策に苦慮してきた経緯もあり、沖縄の中小企業は防錆に関する優れたノウハウを有している。「セ」国も沖縄と同様な島嶼国であることから、PV システムを導入する際は、沖縄で培った塩害対策に係る経験と知見を活用することが可能である。

他方、沖縄ではヤモリ、ヘビ、シロアリといった小動物が電気設備に侵入し通電部に触れ、短絡や地絡を引き起こし、電機機器が故障あるいは焼損するといった被害も発生する。その対策として小動物が電気設備に侵入することが無いよう小動物対策が施されている。

(2) 系統安定化技術

太陽光や風力等の再生可能エネルギーは、その出力が気象条件の変化に応じて変動する。そのため、小規模な電力系統に大量に導入された場合、系統周波数などの電力品質に悪影響を与える可能性がある。図 4-3-2.1 に快晴の日と曇天の日の PV 出力変動と周波数変動の関係を示す。

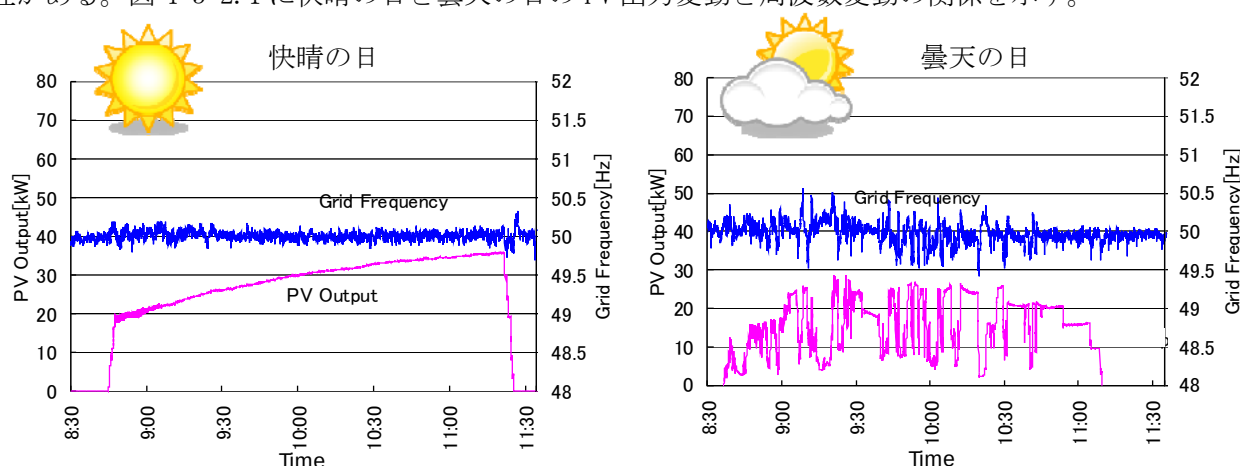


図 4-3-2.1 PV 出力と周波数変動の関係

上記の問題を解決する手法として、従来は蓄電池によって再生可能エネルギーの出力変動を緩和する手法が一般的に用いられてきた。しかしながら、蓄電池は高価であり、また、充放電に伴い劣化することから定期的な交換が必要となる等、本手法はコストが高いという問題がある。その対策として沖縄県の離島においては、ポンプ等の制御可能な負荷(可制御負荷)を制御することによって、PV の出力を安定化する技術を確認するための実証研究を行っている。具体的には可制御負荷の消費電力を PV の出力変動に応じて制御することによって、出力変動が平滑化され、安定した電力を電力系統に供給することが可能となる。可制御負荷を用いた制御イメージを図 4-3-2.2 に示す。

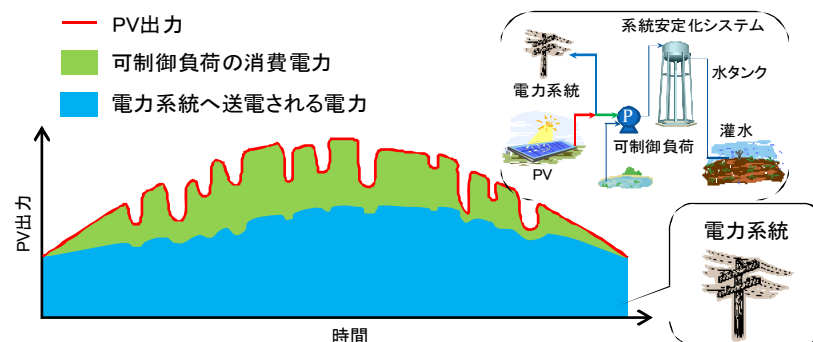


図 4-3-2.2 可制御負荷を用いた系統安定化のイメージ

(3) 離島でのハイブリッドシステム構築技術

「セ」国の電力供給は DG 燃料に依存した構造であることから、石油価格高騰の影響を受け易く非常に脆弱なエネルギー供給構造となっている。特に離島においては、発電コストが割高となっている。

このような問題を解決するためには PV システムを大量導入することが有効な手段となる。しかしながら、PV システムの大量導入は電力系統における電力品質や供給信頼度の低下及び発電機の低負荷運転等、様々な問題があり、PV システムの導入にはこれらを解決する対策が必要である。従って本問題を解決する手法として系統の状況及び PV システムの出力状況に応じて PCS の運転台数を制御するハイブリッドシステムの導入が有効な対策となる。

また、エネルギー省でのヒアリングにおいて、バッテリーを極力使用しないシステム構築を目指したいとのコメントがあった。一方、沖縄においては、バッテリーを使用せず PV システム用 PCS を分割するシステムによって周波数の安定化や DG の低負荷運転の対策を行っている。

具体的には、PV システムの出力変動により系統周波数の変動が大きくなってきた際に、PCS の運転台数を減らし(台数制御)、PV システム出力変動幅を低減させ系統周波数の変動を抑制する。また、DG の低負荷運転については DG の出力を監視し、出力下限値以下になった場合に PCS の運転台数を減らし、DG が低負荷運転とならないよう PV システムの台数制御を行う。また、DG 出力が出力下限値を上回った場合には PCS の運転台数を増やし、PV システム発電電力を最大限活用できるようにする。尚、PV システム台数制御により PV システムの入切が頻繁に起こらないようにタイマー等を設けることや特定の PCS が頻繁に入切されないように入切する PCS はローテンションとする。

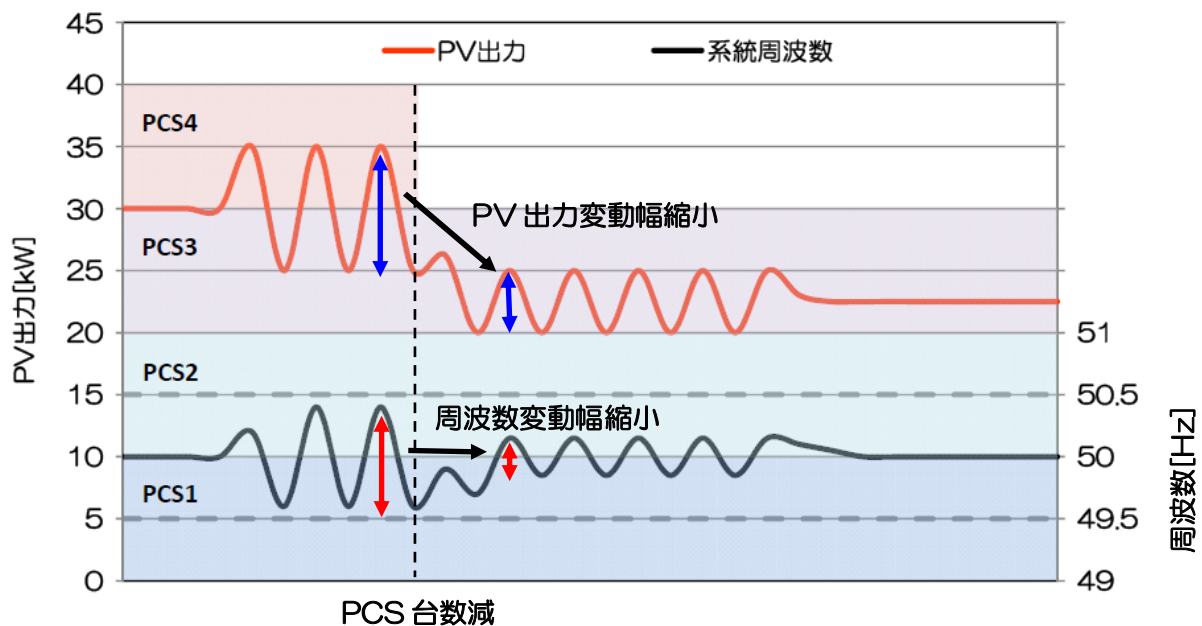


図 4-3-2.3 PCS 台数制御による周波数安定化対策イメージ図

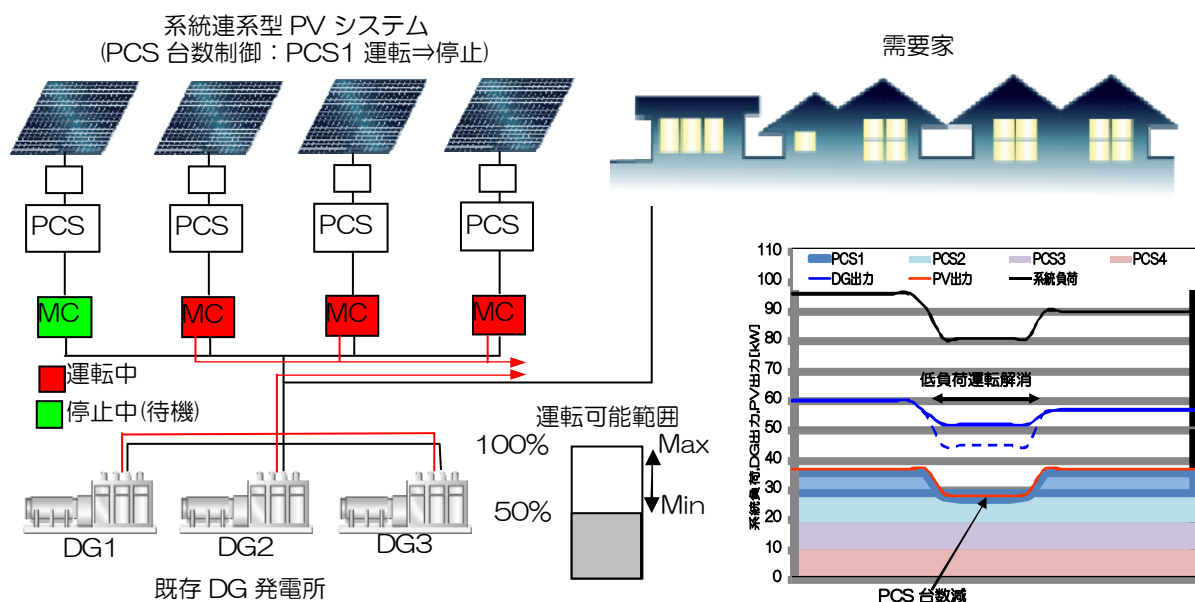


図 4-3-2. 4 PCS 台数制御 DG 低負荷運転対策イメージ

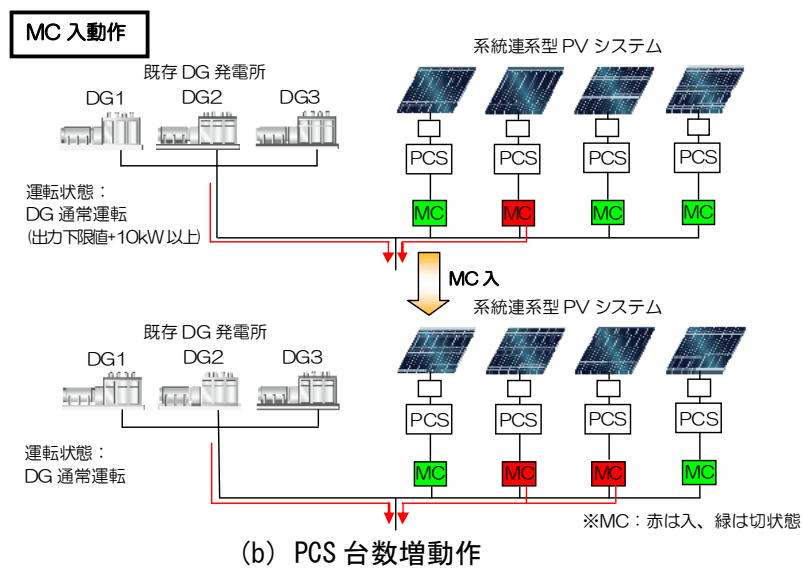
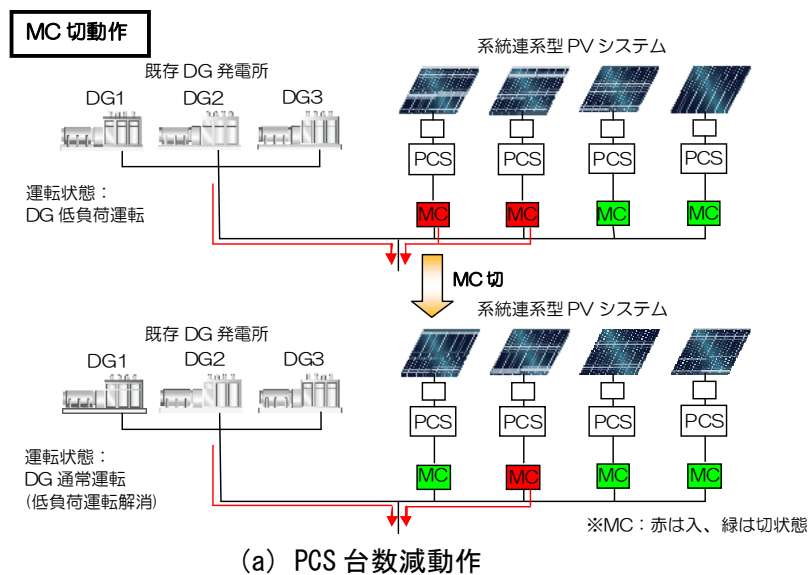


図 4-3-2. 5 PV 台数制御イメージ図 (DG 低負荷運転回避)

4-3-3 中小企業等が有する技術等を活用した新規 ODA 事業の提案および開発課題解決への貢献度

(1) 新規ODA事業の提案

① 教育支援

「セ」国における技術者育成・技術教育の充実に関するニーズの高さから沖縄で培った技術を活用した以下の教育支援事業を提案する。

i) 琉球大学・セーシェル大学間の共同研究事業

セーシェル大学は設立 3 年目の新しい大学である。環境科学(Environmental Science)の学士課程があるが、まだ再生可能エネルギーに関する教育プログラムが整備されていない状況にある。一方、沖縄県の琉球大学においては、沖縄エネルギー・環境教育研究会を立ち上げるなど再生可能エネルギーに関する教育活動が盛んに行なわれている。その両者の間で共同研究事業を立ち上げ、「セ」国に適した環境科学教育プログラムを開発するための支援を行う。また、セーシェル大学の講師に対する教育や研究のスキルの向上に向けた支援と研究に必要な機材供与も併せて行う。

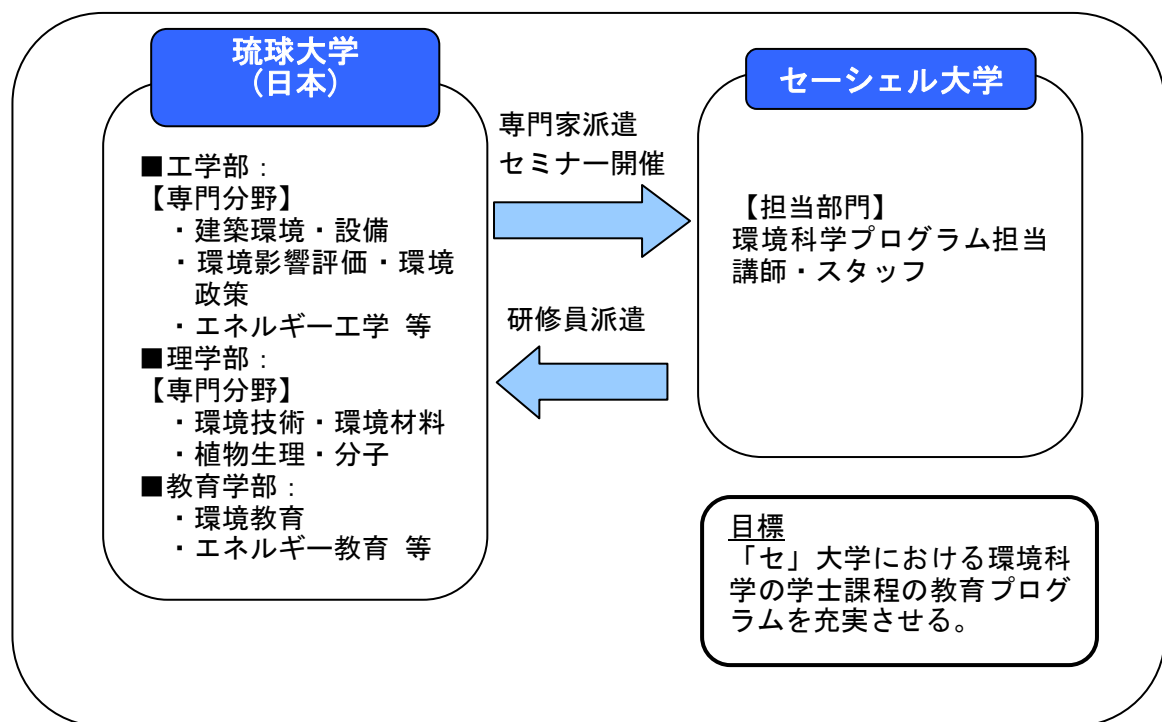


図 4-3-3.1 大学間共同研究事業イメージ

ii) 「セ」国の教育機関とアフリカの研究機関及び沖縄の中小企業の共同研究事業

「セ」国政府は PV システムを中心とした再生可能エネルギーの導入拡大を計画しているが、PV システムの施工・維持管理を行うことができる技術者が不足している。そのため Seychelles Institute of Technology (SIT) は PV 技術者養成プログラムを整備し、技術者養成を行うことを希望している。一方、近隣のアフリカ地域においては、再生可能エネルギーの研究で多くの実績を残している研究機関がある。さらに沖縄の中小企業には島嶼地域に適した PV システムの施工・維持管理技術がある。

その 3 者を組み合わせた技術者育成支援の為の共同研究事業を立ち上げ、SIT が自国に適した PV 技術者養成プログラムを開発・実施するための支援を行う。また、SIT の講師に対して教育のスキルの向上に向けた支援も併せて行う。

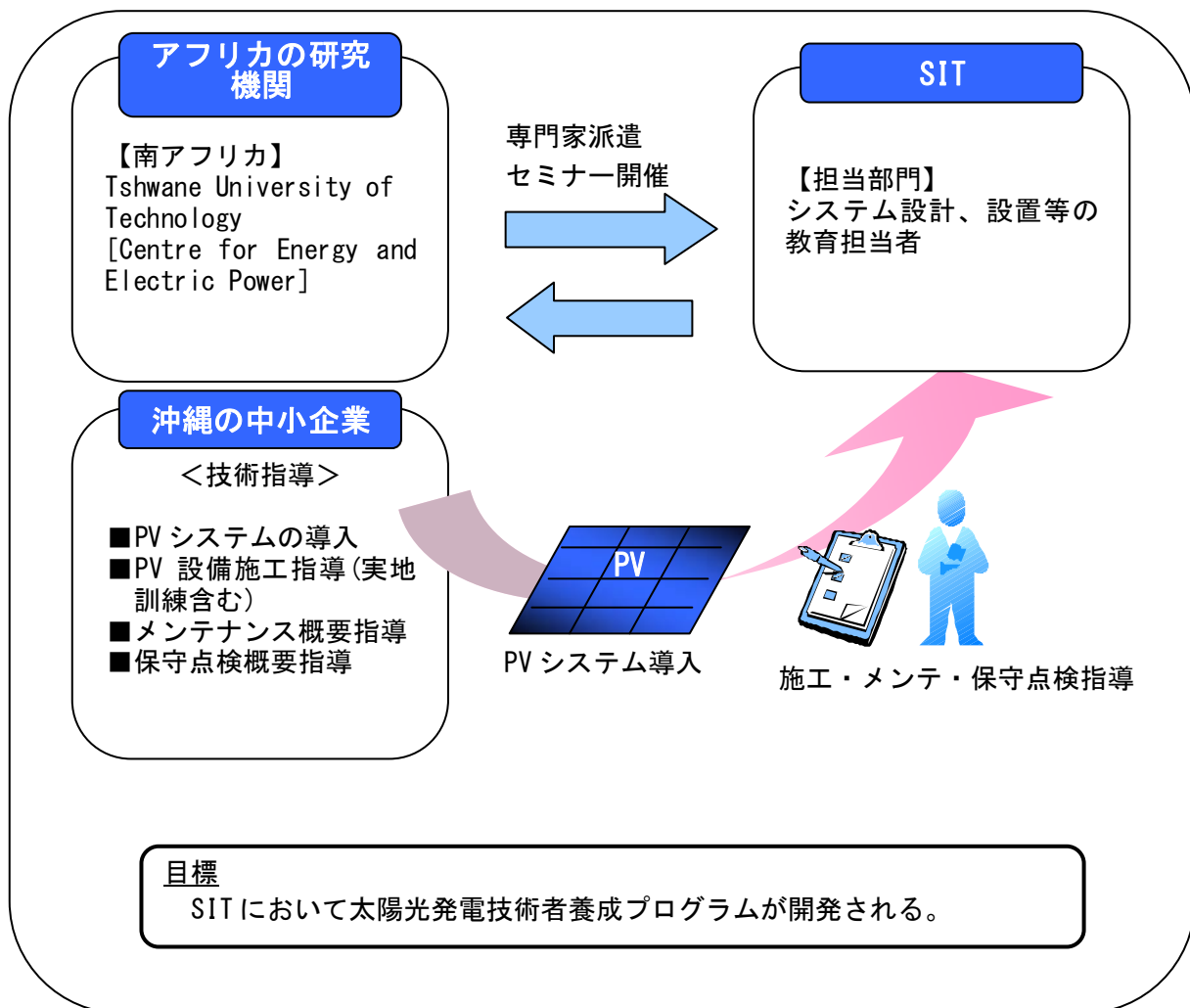


図 4-3-3.2 大学・専門学校間共同研究事業イメージ

②離島における最適ハイブリッドシステム構築マスタープラン作成支援

離島における割高な電力供給構造と、再生可能エネルギー導入に関するニーズの高さから以下のハイブリッドシステム構築マスタープラン作成支援を提案する。

離島においては、燃料輸送に係る費用負担や発電規模が小さいが故の効率の低さなど電力供給においては構造的な不利性を抱えている。このような地域においては、発電に係る燃料の使用量を極力抑える発電システム作りが重要となる。その課題解決として PV と DG を組合せたハイブリッドシステムの構築が有望と考えられる。

しかしながら、ハイブリッドシステム構築技術は、PV と DG を融合する技術が必要であることや設置環境、負荷状況などにより、システム構成及び経済性が大きく異なってくる。従って、システム計画・構築には技術と経験が必要となる。

一方、沖縄には、中小企業の技術も活用したハイブリッドシステム構築技術がある。その沖縄の離島で培った技術を活用して「セ」国の離島における最適ハイブリッドシステム構築の為に支援を行う。尚、マスタープラン作成支援においては、実際の設備から得られるデータや技術がプラン作成において有効に働くことから、2008 年から行われている日本の「水産無償資金協力」などと連携して漁港への PV 設置等のパイロット事業を行う事も、事業効果を高める上で有効な手段と言える。

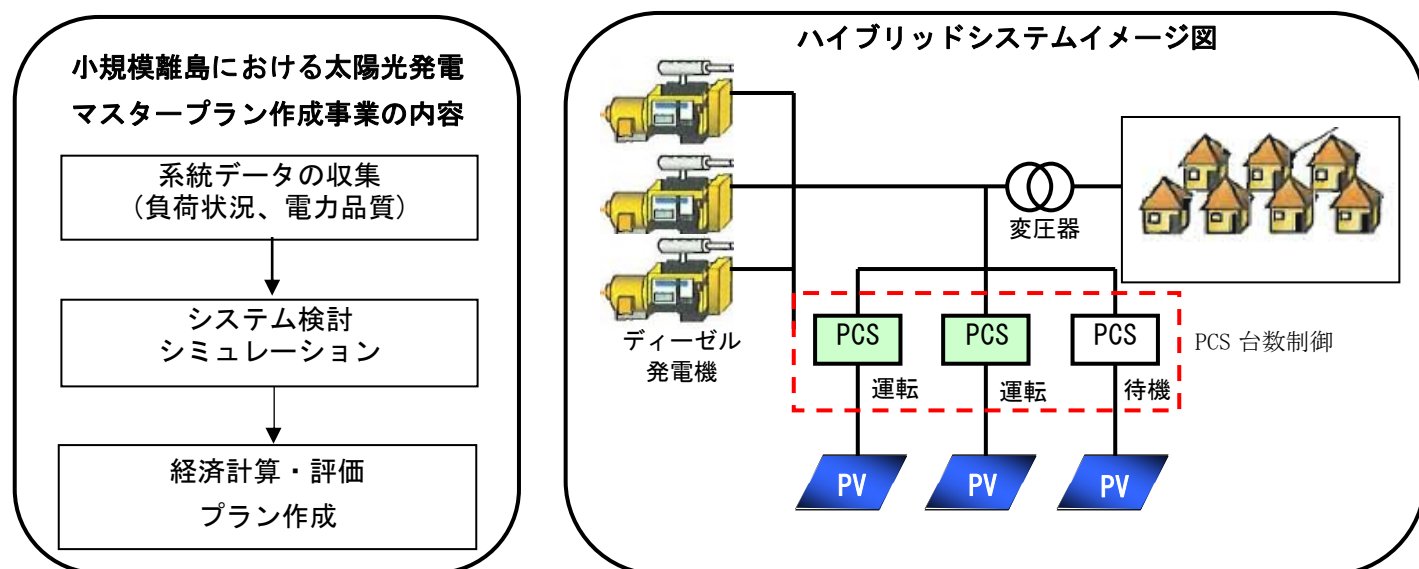


図 4-3-3.3 マスタープラン作成事業の内容及びハイブリッドシステムイメージ

③系統安定化技術支援

系統安定化技術の支援に関しては、中小企業の直接的な関わりは困難であるが、「セ」国が抱える現状さらには太陽光の普及の為には避けて通れない課題であることから、あえて系統安定化技術支援を提案する。

「セ」国においては現在、6MW の風力発電機(750kW×8 機)が建設中であり、その電力系統に与える影響が懸念されている。また、今後の太陽光普及計画の中でも系統安定化の懸念が示されている。

一方、日本の電力会社には、系統安定化の技術やマイクログリッド、スマートグリッド等の技術がある。その技術を活用して「セ」国の電力公社（PUC）に対する技術支援を行う。

尚、系統安定化技術に関しては、経済産業省の研究会である「次世代送配電ネットワーク研究会」において日本の技術の強みとして次の様に纏められている。

我が国に国際競争力がある系統安定化技術については「蓄電池」、「電圧変動対策機器(SVC)」、「配電自動化機器」が挙げられている。また、これらの技術に関しての市場規模及び日本のシェアを以下の通り想定している。

表 4-3-3.1 各技術の地域別日本企業シェア

(億円)	米国		欧州		アジア		合計	
	2020	2030	2020	2030	2020	2030	2020	2030
蓄電池	-	19,200	12,800	-	-	-	12,800	19,200
日本企業のシェア	-	10,464	6,976	-	-	-	6,976	10,464
電圧変動対策(SVC)	1,491	1,081	730	529	3,423	2,481	5,644	4,091
日本企業のシェア	295	214	145	105	678	491	1,118	810
配電自動化	5,146	5,146	2,520	2,520	11,817	11,817	19,483	19,483
日本企業のシェア	340	340	166	166	780	780	1,286	1,286

(出典：次世代送配電ネットワーク研究会 報告書)

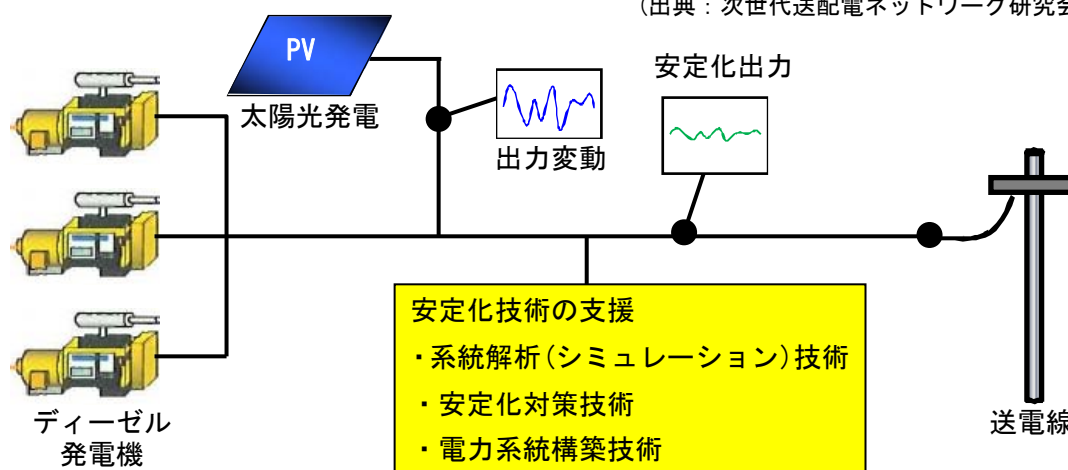


図 4-3-3.4 システム安定化イメージ

(2) 開発課題解決への貢献度

①教育支援

「セ」国に対する教育支援を行うことにより、太陽光普及促進の為の教育環境が整備され、技術者が養成される。その結果として太陽光発電普及の課題とされた技術者不足が解消される。さらには、「セ」国は沖縄と同様な環境を持つ島嶼国家であることから、沖縄で培った島嶼技術の活用により、「セ」国の環境に適した技術の習得となる。

②離島における最適ハイブリッドシステム構築マスタープラン作成支援

「セ」国は、多くの島を有する島嶼国家であり、その島の電力供給は構造的不利性を抱えている。その不利性を克服する方策の一つとしてハイブリッドシステムの構築が進めば、エネルギー需給率の向上ならびにエネルギーセキュリティの向上に繋がる。さらには離島における割高な電気料金の解消にも繋がる。

③系統安定化技術支援

再生可能エネルギーの普及には電力系統の安定化が不可欠である。系統安定化技術支援の実施により、効果的な安定化対策技術の確立や安定した電力系統の構築が可能となる。そして、安定した電力系統の構築により「セ」国における再生可能エネルギーの導入促進に繋がる。

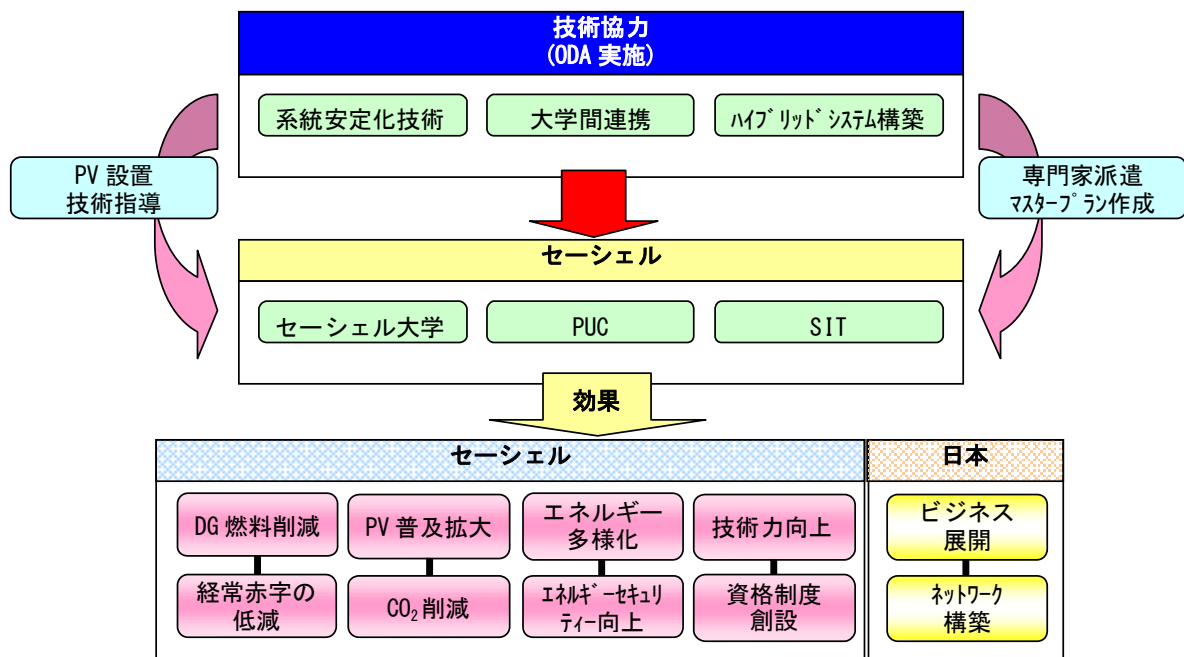


図 4-3-3.5 技術協力の効果

4-3-4 既存 ODA 事業の効果的な連携策(案)

現在、「セ」国においては電力分野における無償資金協力は行われていないが、水産無償資金協力との連携は非常に有効と考えられる。例えば漁港等へのエネルギー支援を PV を活用した事業として行えば、その事業の成果を活用して電力分野における支援事業もより効果的に行う事ができる。

また、「セ」国においては、表 4-1-3.2 のエネルギー関連計画で示すとおり、他国の支援も含むエネルギー関連の計画がある。その計画の「セーシェルにおける太陽光発電システムの促進」の中にラ・ディエグ島の 100%再生可能エネルギーでの電力供給事業等がある。同事業は、太陽光を主とした再生可能エネルギーの導入推進であるが、小規模系統においては再生可能エネルギーの大量導入に伴い、電力品質に影響を与えることが懸念される。その対応策として沖縄の中小企業が培った PCS の台数制御技術などが、活用できる可能性が大きい。従って沖縄の中小企業の展開を図る上からも、「セ」国の関係機関と連携を取りながら技術支援を進めていく事が重要となる。

4-4 中小企業等が有する技術等を活用したビジネスの可能性

4-4-1 想定される市場規模

「セ」国における再生可能エネルギー関連ビジネスはまだ始まったばかりであり、現時点では導入量も微々たるものである。しかしながら、「セ」国政府は太陽光導入を積極的に推進しており、インドの支援を受けて 1~1.5kW の PV システムを 3,000 軒の家庭に導入するソーラー住宅プロジェクトや人口約 2,000 名の島ラ・ディエグ島において島の電力を 100%再生可能エネルギーで供給するプロジェクトなどが計画されている。

さらに「セ」国政府は再生可能エネルギーの導入割合を 2020 年に 5%、2030 年には 15%との目標を掲げている。それが電力供給においても実現したとすると、電力需要の伸びを PUC が想定した年間 5.2%を用い需要予測を行うと 2030 年の年間発電電力量は 2011 年の約 2.6 倍にあたる $848 \times 10^6 \text{kWh}$ と予想される。また、2020 年での再生可能エネルギーの導入目標 5%の大部分が PV 設備だと想定すると、「セ」国において PV1kW あたりの年間発電電力量は約 1,750kWh と試算されていることから、2020 年での PV 導入目標 5%を達成した場合は約 14.5MW の PV が導入されることになる。

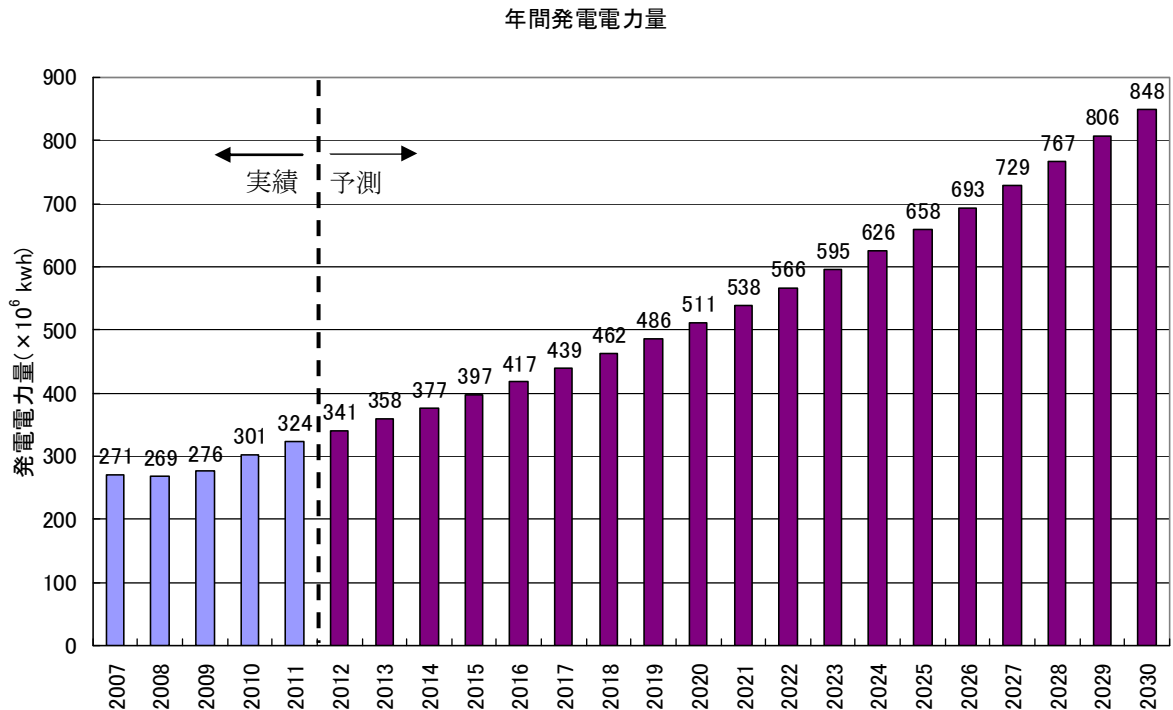


図 4-4-1.1 年間発電電力量の実績及び予測曲線

4-4-2 ODA 事業及び中長期的ビジネス展開のシナリオ

(1) PV 普及のポテンシャル

「セ」国は赤道直下に位置しており、年平均日射量が $5.8\text{kWh}/\text{m}^2 \times \text{日}$ と沖縄の約 1.5 倍の日射量を得られ、PV システムに適した気候条件を有している。

一方、「セ」国の電力供給は全て DG によって供給されており、そのため石油価格の変動に大きく影響を受ける構図となっており、ヒアリングによる離島での燃料コストは約 42.6 円/kWh と割高な発電コストとなっている。また、2007 年から 2008 年の石油価格の高騰によるセーシェル経済への打撃は、政府に石油のみでの電力供給はリスクが高いということを認識すると共に再生可能エネルギーの導入割合を 2020 年に 5%、2030 年には 15%との目標を打ち出させる結果となった。さらに、昨年 12 月にエネルギー法が制定したのを受け、「セ」国では今後、系統連系に関する規定や Feed-in Tariff (FIT)、省エネルギー、CDM 等について整備する計画である。普及促進に向けた条件整備は整いつつあり、今後、PV の普及がより促進されるものと思われる。

(2) 普及を阻害する要因

「セ」国においては、現在建設中の風力発電が系統に及ぼす影響など、再生可能エネルギーの普及促進による系統の安定化が懸念されている。このことは PV の普及にとって阻害要因となる。また、最適なシステムを構築する為の技術の不足や PV に携わる技術者の不足に関しても普及を阻害する要因となっている。

(3) ビジネス展開に向けた技術協力

「セ」国は GNI が高く水産無償資金協力以外の無償資金協力は難しいとされており、直接的に中小企業の製品・技術を活用する事が困難である。従って、技術協力を通して沖縄の中小企業の技術を浸透させ、その結果として沖縄の中小企業が進出しやすい環境を作り出すことが重要である。「セ」国では、「電気料金の低減」、「電力系統の安定化」、「脆弱なエネルギーセキュリティ」、

「PVに関する技術者の育成・教育」、「電力系統の安定化」といった課題を有している。これらの課題については、沖縄でこれまでに培ったノウハウを活かした技術協力によって課題を解決しPVの普及促進を手助けするとともに、「セ」国への技術浸透を図ることが有効である。

(4) 持続的ビジネス展開の可能性

これまで、システムを構築する際には、メーカー特注品を使用していたため、故障時に独自での修理が困難であること及び遠隔地であること等から復旧対応に時間を要していた。よって復旧までに長時間システムを停止することから設備利用率が低下することや、メーカーの技術員を呼び寄せるため多大なコストが発生するという問題がある。

一方、今回提案する技術は可能な限りその地域で流通している市販品を用いてシステムを構築することにより、故障時の設備利用率低下のリスク回避(予備品にて復旧するなど)や現地の技術者による迅速な復旧が可能となり、更に比較的安価にシステムを構築することが可能となる。

この様に、島嶼地域特有な問題を解決するシステムであること十分PR出来れば、ビジネス展開の可能性は高いと言える。また、「セ」国においては、今後、再生可能エネルギーの普及促進が進むにつれ、余剰電力の発生や系統安定上の問題が生じる可能性がある。このため、島嶼地域で培った系統安定化対策に関する技術支援について、我が国がこれまで培った技術をビジネスとして展開できる可能性は十分に期待できる。

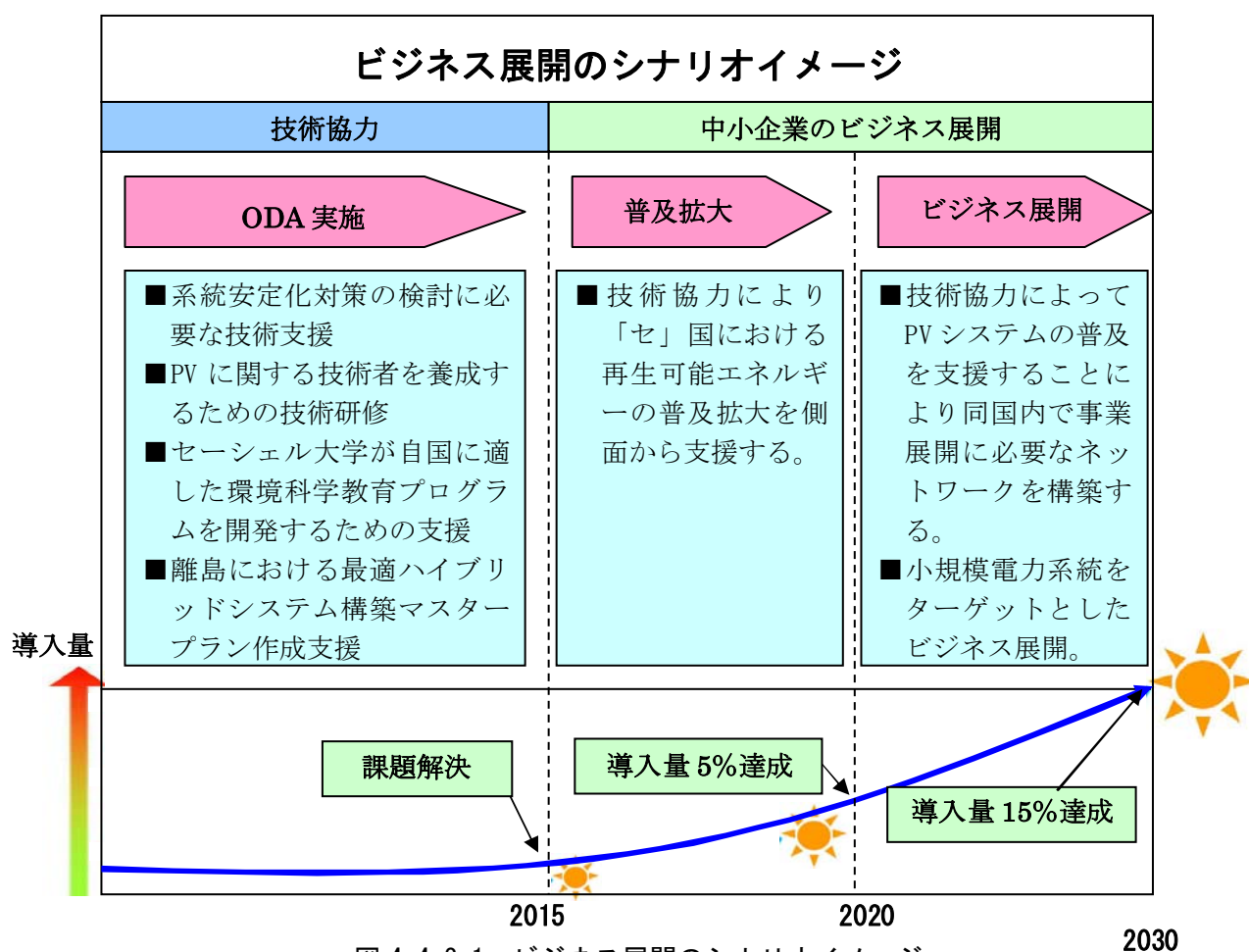


図 4-4-2.1 ビジネス展開のシナリオイメージ

添付資料

添付資料目次

1. セーシェル国への提供資料（海底ケーブル損傷対策）……………A-1

1. SURVEY

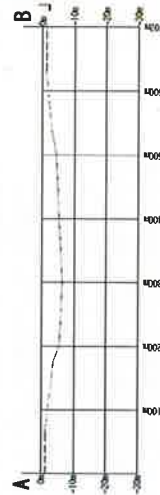


Examine damage on iron wire sheath caused by friction between cable and bedrock, and then verify the repair method.



Investigation of the locations requiring repair work.

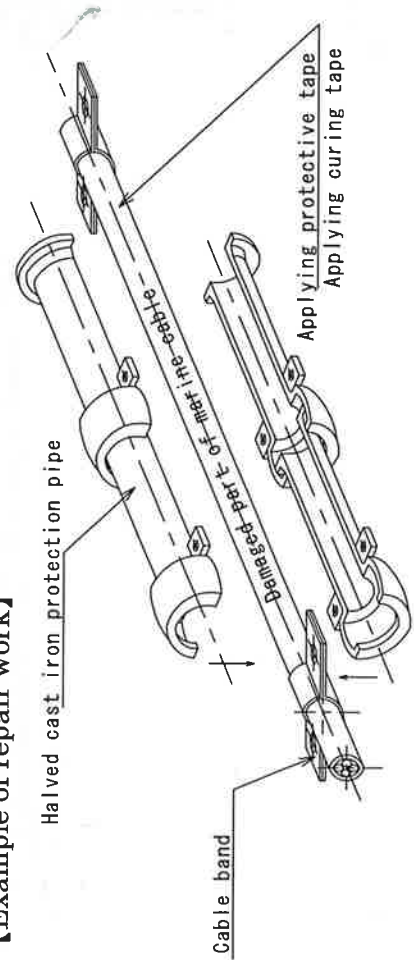
2. PLAN



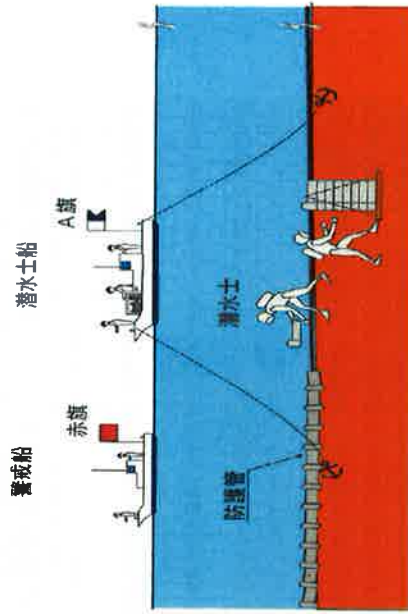
Establishing a Plan for Repair Work

- Protective pipe/ excavation/ mending tape/ Curing tape
- Safety measures

【Example of repair work】



3. REPAIR WORK



Outline of Repair Work



Applying mending tape / curing tape



Attaching protective pipe and cable band