

**平成25年度外務省政府開発援助海外経済協力事業
(本邦技術活用等途上国支援推進事業) 委託費
「案件化調査」**

ファイナル・レポート

モルディブ共和国

島嶼地域における太陽光発電・ディーゼル発電のハイブリッドシステム構築技術の案件化調査

**平成26年3月
(2014年3月)**

**株式会社 電協エンジニアリング
株式会社 沖縄エネテック 共同企業体**

本調査報告書の内容は、外務省が委託して、(株式会社電協エンジニアリング・株式会社沖縄エネテック 共同企業体)が実施した平成25年度外務省政府開発援助海外経済協力事業(本邦技術活用等途上国支援推進事業)委託費(案件化調査)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。

目 次

巻頭写真	iv
略語集	viii
要 旨	1
第1章 モルディブ共和国における当該開発課題の現状及びニーズの確認	1
第2章 提案企業の技術の活用可能性及び将来的な事業展開の見通し	3
第3章 製品・技術に関する紹介や試用、または各種試験を含む現地適合性検証活動(実証・パイロット調査)	6
第4章 ODA 案件化による「モ」国における開発効果及び提案企業の事業展開に係る効果	8
第5章 ODA 案件化の具体的提案	9
はじめに 調査概要	13
1 調査の背景と目的	13
2 調査の基本方針	14
3 調査概要	15
第1章 モルディブ共和国における当該開発課題の現状及びニーズの確認	17
1-1 モルディブ共和国の政治・経済の概況	17
1-1-1 一般事情	17
1-1-2 政治体制・内政	18
1-1-3 経済概況	18
1-1-4 電力事情	19
1-2 「モ」国の対象分野における開発課題の現状	20
1-2-1 離島における割高な電気料金	21
1-2-2 脆弱なエネルギーセキュリティー	23
1-2-3 再生可能エネルギーの普及拡大による電力品質の低下	24
1-2-4 ハイブリッドシステム構築技術	27
1-2-5 PV 設置場所の確保	28
1-3 「モ」国の対象分野の関連計画、政策及び法制度	29
1-3-1 「モ」国における関連政策	29
1-3-2 「モ」国におけるFIT(Feed-in Tariff)	31
1-3-3 「モ」国の系統連系に関する制度・基準	31
1-4 「モ」国の対象分野の ODA 事業の事例分析および他ドナーの分析	39
1-4-1 政府開発援助	39
1-4-2 他ドナー(域内協力機関含む)の協力動向	40

第2章 提案企業の技術の活用可能性及び将来的な事業展開の見通し	43
2-1 提案企業及び活用が見込まれる提案製品・技術の強み	43
2-1-1 業界分析、提案企業の業界内における位置付け	43
2-1-2 提案製品・技術の特長	43
2-1-3 国内外の同業他社の類似製品及び技術の概況	47
2-2 提案企業の事業展開における海外進出の位置づけ	50
2-2-1 提案企業の事業展開方針	50
2-2-2 事業展開準備状況	51
2-3 提案企業の海外進出による日本国内地域経済への貢献	52
2-3-1 地域経済への貢献	52
2-3-2 地域の産業振興策との関連性	52
2-4 想定する事業の仕組み	53
2-4-1 流通・販売計画	53
2-4-2 想定される市場規模	54
2-4-3 想定する事業シナリオ	54
2-5 想定する事業実施体制・具体的な普及に向けたスケジュール	56
2-5-1 想定する事業実施体制	56
2-5-2 事業展開スケジュール	57
2-5-3 事業展開の課題	57
2-6 リスクへの対応	58
2-6-1 想定されていたリスクへの対応結果	58
2-6-2 新たに顕在化したリスク及びその対応方法	58
第3章 製品・技術に関する紹介や試用、または各種試験を含む現地適合性検証活動 (実証・パイロット調査)	60
3-1 製品・技術の紹介や試用、または各種試験を含む現地適合性検証活動(実証・ パイロット調査)の概要	60
3-1-1 関連機関への本技術の紹介	60
3-1-2 現地調査(対象離島調査)の概要	62
3-2 製品・技術の紹介や試用、または各種試験を含む現地適合性検証活動(実証・ パイロット調査)の結果	65
3-2-1 現地調査(対象離島調査)の結果	65
3-2-2 関連機関等への調査結果報告	84
3-3 採算性の検討	86
3-3-1 PV・DG ハイブリッドシステムの基本設計(システム構成、連系点、制御方 式等)	86
3-3-2 概算費用試算	94
3-3-3 採算性検討	94
3-3-4 ディーゼル燃料の焚き減らし効果及びCO ₂ 削減効果の検討	97

第 4 章 ODA 案件化による「モ」国における開発効果及び提案企業の事業展開に係る	
効果	98
4-1 提案製品・技術と開発課題の整合性	98
4-2 ODA 案件化を通じた製品・技術等の「モ」国での適用・活用・普及による開発	
効果	98
4-3 ODA 案件の実施による当該企業の事業展開に係る効果	99
4-3-1 海外事業経験	99
4-3-2 「モ」国での事業展開における課題事項の抽出	99
4-3-3 現地パートナー企業との連携強化	99
4-3-4 PV・DG ハイブリッドシステムの「モ」国での適合性確認等	99
第 5 章 ODA 案件化の具体的提案	100
5-1 ODA 案件概要	100
5-1-1 具体的な ODA スキーム	100
5-1-2 民間提案型普及・実証事業	100
5-2 具体的な協力内容及び開発効果	101
5-2-1 案件の目標・成果、投入	101
5-2-2 「モ」国実施機関(カウンターパート機関)	102
5-2-3 実施体制及び実施スケジュール	102
5-2-4 協力概算金額	104
5-2-5 具体的な開発効果	104
5-2-6 維持管理費用・体制や機材等の耐用年数	105
5-3 他 ODA 案件との連携可能性	105
5-3-1 連携可能性が見込まれる他 ODA 案件	105
5-3-2 連携可能性の検討	105
5-4 その他関連情報	106
5-4-1 我が国の援助方針における位置付け	106
5-4-2 これまでの「モ」国における ODA 事業との関連性	106
5-4-3 ODA 案件化や事業展開に向けた「モ」国カウンターパートとの協議状況	106
5-4-4 ODA 案件化や事業展開に向けた課題	107

添付資料

英文要約



PV システム設置状況 (陸屋根)



PV システム設置状況 (折半屋根)



PV システムの接続箱



PV システムの PCS 及び AC 集電箱



環境・エネルギー省 (MEE) 訪問
(第 1 回現地調査)



モルディブエネルギー庁 (MEA) 訪問
(第 1 回現地調査)



FENAKA 社訪問 (第 1 回現地調査)



Plankton 社訪問 (第 1 回現地調査)



Dharavandhoo 発電所



Dharavandhoo 発電所のディーゼル発電機



Dharavandhoo 発電所の発電機制御盤



Dharavandhoo 島の学校建屋



Eydhafushi 発電所



Eydhafushi 発電所のディーゼル発電機



Eydhafushi 発電所の発電機制御盤



Eydhafushi 島の学校建屋



Thulhaadhoo 発電所



Thulhaadhoo 発電所のディーゼル発電機



Thulhaadhoo 発電所の発電機制御盤



Thulhaadhoo 島の学校建屋



環境・エネルギー省(MEE) 訪問
(第2回現地調査)



モルディブエネルギー庁(MEA) 訪問
(第2回現地調査)



FENAKA 社訪問(第2回現地調査)



Plankton 社訪問(第2回現地調査)

略語集

ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
AFC	Automatic Frequency Control	自動周波数制御
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
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
CIP	Carriage Insurance Paid to	運送費・保険料込渡し
C/P	Counterpart	カウンターパート機関
DG	Diesel generator	ディーゼル発電機
DRP	Dhivehi Rayyithunge Party	モルディブ人民党
EPA	Environmental Protection Agency	環境保護庁
ESS	Energy Storage System	電力貯蔵システム
FIT	Feed-in Tariff	固定価格買取制度
FOB	Free on Board	本船甲板渡し条件
FS	Feasibility Study	事業可能性調査
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
GEF	Global Environment Facility	地球環境ファシリティ
GIZ	Deutsche Gesellschaft für International Zusammenarbeit	ドイツ国際協力公社
GSEP	Global Sustainable Electricity Partnership	旧 e8, 世界電力首脳有志の会議
HVDS	High-voltage distribution system	高圧配電系統
IEC	International Electrotechnical Commission	国際電気標準会議
IPP	Independent Power Producer	個人電力供給者
JPY	Japanese yen	日本円
JEAC	Japan Electric Association Code	電気技術規程
JETRO	Japan External Trade Organization	日本貿易振興機構
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構
LDC	Least Developed Country	後発開発途上国
LV	Low Voltage	低電圧
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
MEE	Ministry of Environment and Energy	環境エネルギー省
MOU	Memorandum of Understanding	業務協力覚書
MV	Middle Voltage	高電圧
MVR	Maldivian rufiyaa	モルディブルフィア
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
OPEC	Organization of the Petroleum Exporting Countries	石油輸出国機構
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
PPA	Power Purchase Agreement	電力購入契約
PPM	Progressive Party of Maldives	モルディブ進歩党
PPP	Public Private Partnerships	官民提携
PV	Photovoltaic	太陽光発電
RE	Renewable Energy	再生可能エネルギー
Rf	Rufiyaa	ルフィア
RPR	Reverse Power Relays	逆電力継電器
SIDS	Small Island Developing States	小島嶼開発途上国
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
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 モルディブ共和国における当該開発課題の現状及びニーズの確認

(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。一方、2013年11月に大統領の任期満了に伴い選挙が実施され、アブドゥラ・ヤーミン・アブドゥル・ガユーム大統領(モルディブ進歩党(PPM)議長団長)が選出された。

経済については、2008年の金融危機を受けた観光客の減少によって2009年は-3.6%のマイナス成長となった。その後、欧州経済の回復が遅れる中で、中国からの観光客増等により観光産業は徐々に持ち直し、2010年、2011年の実質GDP成長率は7%台まで回復しており、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。2012年は政権交代による混乱等もあり、成長率は3.4%にまで減速した。

電力事情については、首都マレ島を含めた計27島で100%政府出資のState Electric Company Limited (STELCO)が電力を供給しており、電気、上下水道、廃棄物管理等の公益事業を統合した同じく100%政府出資のFENAKAによって151の島々に電力を供給している。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。「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、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。

(2) 「モ」国の対象分野における開発課題の現状

2014年1月現在の「モ」国の首都圏における電気料金は約30円/kWhで日本の電気料金(従量電灯)と比較し、やや高めの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更に割高となっている。「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大きな課題である。

一方、「モ」国は首都圏及びその他の離島において、小規模な電力系統にも適用可能なディーゼル発電機(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、かつ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を向上させることが大きな課題である。

(3) 「モ」国の対象分野の関連計画、政策及び法制度

「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。カーボンニュートラルを達成するために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139百万米ドルの出資を受けることが決定している。また、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。

「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2012年に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、現在SERVICE PROVIDER'S CODEのみ策定に至っている。

- METERING SCHEME (FINAL DRAFT) (計測スキーム)
- SERVICE PROVIDER'S CODE (FINAL DRAFT) (事業者規約)
- INSTALLATION STANDARDS (FINAL DRAFT) (設置基準)
- ENGINEERS LICENSING (FINAL DRAFT) (技術者認定)

「モ」国ではPVを系統連系する際にPV系統連系技術要件ガイドライン(Guidelines on Technical Requirements for Photovoltaic Grid-connection)を遵守することになる。また、PV系統連系申込みマニュアル(Manual for Photovoltaic Grid-connection Application)に従って申請を行い、売電契約を系統所有者(電気事業者)と交わすことになる。

(4) 「モ」国の対象分野のODA事業の事例分析及び他ドナーの分析

政府開発援助 無償資金協力・有償資金協力の「モ」国実績を以下に示す。また、他ドナーによる「モ」国への協力実績を以下に示す。

無償資金協力・有償資金協力			
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※
2006/07/05	モルディブ津波復興事業	—	2,733
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。

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(うち日本政府は草の根無償「ディフシ島太陽光発電設備整備計画 The Project for Provision of a Solar Power Generation System to Dhiffushi Island」を実施)	GSEP 日本政府	N/A (草の根無償分 361,254米ドル)	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 米ドル	
6	Smart Grid Capacity Development (Financed by the Japan Fund for Poverty Reduction)	ADB	1.4百万 米ドル	
7	CLEAN ENERGY FOR CLIMATE MITIGATION PROJECT	CCTF	2.53百万 米ドル	

第2章 提案企業の技術の活用可能性及び将来的な事業展開の見通し

(1) 提案企業及び活用が見込まれる提案製品・技術の強み

株式会社電協エンジニアリング(以下:当社)はこれまで国内においてメガソーラーをはじめ、民間向け太陽光発電(PV)の設置工事及びPV屋根貸事業等の太陽光発電事業に県外企業と連携して取り組んできた。また近年においては、風力発電設備等の再生可能エネルギーに係る工事、発電プラント関連工事・保守点検の実績を有している。加えて企画・提案を行う案件開発の技術経験を有しており、今後の太陽光発電事業の展開では、複数のPVモジュールメーカ及びパワーコンディショナ(PCS)メーカとの技術提携を行い、更なる技術向上を目指していくことを考えている。なお、技術向上を目指すにあたり、自社へ複数メーカのPVモジュール及びPCSを取り入れたPVシステムの導入を行い、実証運転による各種データ収集を実施し、各機器の性能確認・比較を行う予定である。

本事業では沖縄で培った技術であるPV・DGハイブリッドシステムの構築技術の活用を提案する。尚、本ハイブリッドシステムは適切な維持管理及び持続的運用が困難と考えられる蓄電池を併設せずにPVシステムの導入拡大を図る有効なシステムである。ハイブリッドシステムの特長として以下が挙げられる。

- ・蓄電池を併設しないシステム
- ・PVシステムに付属するPCSの台数制御による周波数安定度対策を加味したシステム
- ・PVシステムに付属するPCSの台数制御によるDG低負荷運転対策を加味したシステム

ハイブリッドシステムの海外実証事例としてNEDOのタイ国でのハイブリッドシステムの実証事業では電力系統最大負荷224kWのリボン島にPVシステムを85kW設置し、平成15年度に19.5kLのディーゼル燃料が削減されている。それはリボン島での年間燃料消費量の約14%に相当する。

市販の小容量のPCSを多数台組み合わせることで、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。また、受注生産型PCSを用いたシステムと比較し、故障対応に要するコストも削減することが可能である。

PCSの故障等の主な原因として雷による被害やアルミ電解コンデンサの経年劣化等が挙げられる。独立行政法人産業技術総合研究所と太陽光発電所ネットワーク(PV-Net)の共同調査によると、運転開始から10年以内にPCSの修理・交換を行った事例が約21%となっており、高い割合で故障等が発生することが分かる。このことからPVシステム全停止のリスク軽減を図ることは有効と考えている。

なお、「モ」国でPCSは殆ど流通していないが、インドやスリランカ等の近隣国から短期間で調達が可能となっている。

(2) 提案企業の事業展開における海外進出の位置づけ

再生可能エネルギーの固定価格買取制度の施行後、国内及び沖縄県内での太陽光発電事業に関するニーズは高まっており、関連する中小企業も数多く存在し、競争が激化している状況である。当社では沖縄県と同様な地理的・気候的背景を有している島嶼地域を対象として、これまでに沖縄で培った技術と経験を活かし、海外進出を図ることで事業拡大と技術向上を目指したいと考えている。具体的には海外展開を見据えて、沖縄で培った技術と経験である県内での最適な太陽光発電システムを提供できるシステムインテグレーター及び、企画・提案を行う案件開発の技術経験を活用することを考えている。

(3) 提案企業の海外進出による日本国内地域経済への貢献

海外には沖縄で培った技術が活用できる類似した地理的条件や気候条件を持つ島嶼地域が多数あり、未だ開拓されていない潜在的な市場も存在することから当社が海外展開により業務の受注拡大を図ることによって、雇用の拡大と賃金水準の維持・改善・向上に貢献することが可能であると考えられる。

(4) 想定する事業の仕組み

今回提案する PV・DG ハイブリッドシステム構築の実証事業を現地パートナー企業である Plankton 社と連携して実施し、信頼関係の構築を図る等、事業展開の基盤を構築し、スムーズな事業展開を図れるように努める。Plankton 社は「モ」国の DG に関する高い技術力を持つ現地企業であり、最適な PV・DG ハイブリッドシステム構築に必要な現地パートナー企業である。

実証事業では、事業展開の基盤構築以外に PV・DG ハイブリッドシステムの有効性を「モ」国電気事業者にし、その後他の離島への水平展開にて事業展開を進められるようにする必要がある。尚、事業展開を図る上で、現地に精通した現地パートナー企業の Plankton 社と共に営業活動を行う等、販路拡大を図ることを想定している。

(5) 想定する事業実施体制・具体的な普及に向けたスケジュール

「モ」国において事業展開を図る上での事業実施体制図以下に示す。当社と現地パートナー企業の Plankton 社が連携して、「モ」国の電気事業者に対して PV・DG ハイブリッドシステムを構築し、事業展開を図ることになる。その際、株式会社沖縄エネテックは当社と Plankton 社へ協力を行う体制を想定している。

事業実施の役割としては、先ず当社にて事業計画を策定する。Plankton 社とは効率的な事業展開に向けて密に調整を実施する。また、「モ」国での資材調達可能性を探る等、コスト低減の検討も常に意識して事業展開を進めることが重要と考えている。営業活動は Plankton 社にて実施し、具体的な事業が発足した際には共同企業体として取組を進めることを想定している。PV・DG ハイブリッドシステムを構築における所掌範囲については ODA 案件を活用することで、より効果的な所掌範囲を Plankton 社と共に検討することになる。株式会社沖縄エネテックは日本国内、海外において PV・DG ハイブリッドシステム等のコンサルタント業務について多くの実績を有していることから、事業に係る技術サポート、業務調整のサポート等を実施することになる。

更には PV・DG ハイブリッドシステム導入後も継続的な運用が可能となるように Plankton 社とメンテナンス体制を構築し、基本的に Plankton 社にてシステム不具合時の修理等の対応を実施することを想定している。

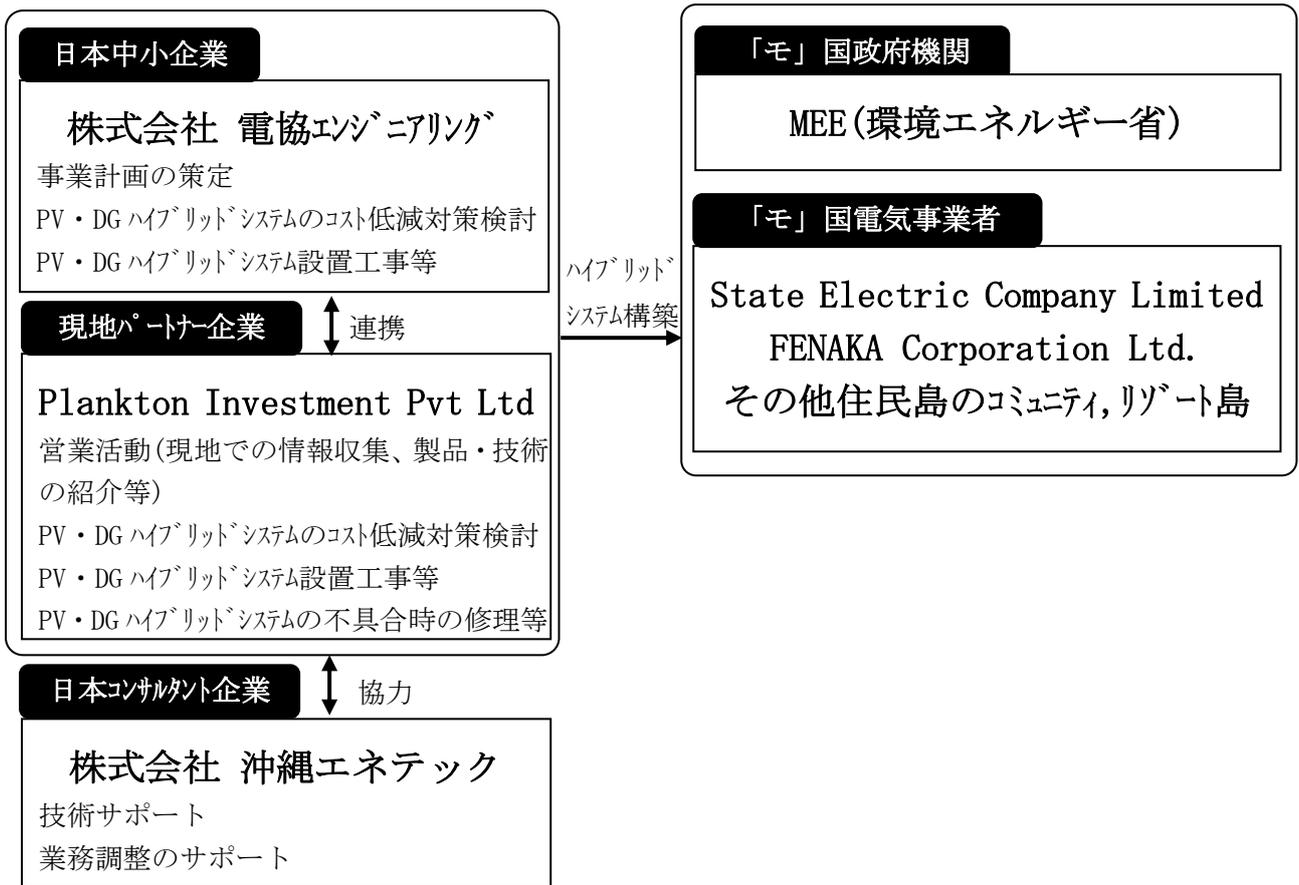


図 2-5-1.1 事業実施体制図

スケジュールについては平成 26 年度から平成 27 年度にかけて「民間提案型普及・実証事業」にて機材の調達、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認する必要があることから、実証事業を行うことを想定する。

年度	2013	2014	2015	2016	2017	2018
案件化調査	●——●					
民間提案型普及・実証事業		●——●				
事業展開準備			●——●			
導入効果継続検証				●——●		
営業活動			●……→			
システム構築受注					●——●	

第3章 製品・技術に関する紹介や試用、または各種試験を含む現地適合性検証活動(実証・パイロット調査)

(1) 製品・技術の紹介や試用、または各種試験を含む現地適合性検証活動(実証・パイロット調査)の概要

PV・DG ハイブリッドシステム導入候補地調査として、Dharavandhoo 島、Eydhafushi 島、Thulhaadhoo 島の調査を実施した。現地調査(対象離島調査)においては、既存電力設備の状況及び運用状況に関する調査、電力システムに関する調査、PV 設置場所に関する調査、その他 PV・DG ハイブリッドシステム構築工事の際に必要な情報収集等を行った。尚、主な調査事項は以下のとおりである。

- 1) 既存電力設備の状況確認
- 2) 発電所運用状況の調査
- 3) 発電所制御室内のハイブリッドシステム制御盤等の設置場所の調査
- 4) 系統定数算出
- 5) 電力品質の測定
- 6) PV システム設置場所の調査
- 7) PV サイトにおける PCS 及び監視制御盤等の設置場所の調査
- 8) 発電所から PV システム間の地中線ルートの調査
- 9) PV・DG ハイブリッドシステム構築工事に必要な情報収集(セキュリティ、交通、宿泊施設、インフラ等)

(2) 製品・技術の紹介や試用、または各種試験を含む現地適合性検証活動(実証・パイロット調査)の結果

PV・DG ハイブリッドシステム導入候補地調査として、Dharavandhoo 島、Eydhafushi 島、Thulhaadhoo 島の調査を実施した。発電所では既存のディーゼル発電機の運用状況(制御システム、機器配置等)、運転記録、配電系統等の各種情報収集を行った。また、電力計測器を設置し、電力系統解析に使用するデータ取りを実施した。PV 導入地点調査では MEE からの要望通り、政府関連施設(モスク、学校等)の屋根に PV を設置することとし、調査を実施した。

3離島比較表(Dharavandhoo島、Eydhafushi島、Thulhaadhoo島)

項目	Dharavandhoo島	Eydhafushi島	Thulhaadhoo島	備考			
人口(人)	1,050	3,142	2,742	MEEからの收受データ			
電気事業者	FENAKA	FENAKA	FENAKA				
面積(km ²)	0.455	0.31	0.25	MEEからの收受データ			
総発電設備容量(kW)	353	750	450	MEEからの收受データ			
発電機容量(kW)	#1	100	#1	200	#2	250	
	#2	125	#2	250	#3	200(メンテナンス中)	
	#3	128	#3	300	#4	200	
最大系統負荷(kW)	160	532	195				
最小系統負荷(kW)	70	250	130				
月平均発電電力量(kWh)	57,389	211,820	106,358	MEEからの收受データ			
年間発電電力量(kWh)	688,668	2,541,840	1,276,294	MEEからの收受データ			
年間燃料消費量(L)	282,000	864,000	337,500	MEEからの收受データ			
年間潤滑油消費量(L)	2,160	3,480	1,632	MEEからの收受データ			
発電コスト(Rf/kWh)	6.85	5.58	6.81	FENAKAからの收受データ			
並列運転可否	不可能	可能(ロードシェアリング)	可能(ロードシェアリング)				
電力品質	△	○	○				
既存設備の健全性	△	○	○				
PV導入有望地点	学校	学校	学校				
PV導入容量(kW)	50	50	50				
最大系統負荷に対するPV容量比(%)	31.3%	9.4%	25.6%				

※PV 導入容量については想定している最大容量を記載

Dharavandhoo 島は発電所に同期盤がないことから運転ユニットの切替時に停電を伴うシステムとなっており、既存発電所の運用に課題がある。Eydhafushi 発電所の電力系統は比較的安定しているが、Eydhafushi 島には 50kW の PV システムでは小さいことや大きな規模の PV システムを導入する計画があるということから、Eydhafushi 島に適したハイブリッドシステムの構築は次年度 ODA 案件(次年度目指している「民間提案型普及・実証事業」の予算の制約により PV 導入規模 30～50kW 程度を想定)の予算では不足と考えられ、困難であると想定される。Thulhaadhoo 島の電力系統は比較的安定しており、系統規模が 150～200kW の離島であるため、次年度の「民間提案型普及・実証事業」での PV・DG ハイブリッドシステム導入候補地として最も有力候補地であると考えられる。

(3) 採算性の検討

3 離島 (Dharavandhoo 島、Eydhafushi 島、Thulhaadhoo 島) 調査結果を踏まえて、次年度の「民間提案型普及・実証事業」での PV・DG ハイブリッドシステム導入候補地として最も有力候補地である Thulhaadhoo 島にて PV・DG ハイブリッドシステムを構築することを検討する。

具体的には、系統連系型 PV システム、ハイブリッド制御システム、連系設備(専用線路等)、通信設備、既存設備の改造についてシステム検討を実施した。

Thulhaadhoo 島にて PV・DG ハイブリッドシステムを構築する際の概算費用を試算した。概算費用を試算する上で、資材は基本的には日本で調達し、現地に輸送することとする。また、現地工事では現地企業の活用を踏まえて試算を実施した。次年度の「民間提案型普及・実証事業」を実施する際には再度 Thulhaadhoo 島の詳細調査を実施し、「モ」国にて調達可能な資材については、現地調達の可能性も踏まえて詳細に費用算出する必要がある。また、事業を通して更なるコスト低減策等も検討する必要があると考えている。

PV・DG ハイブリッドシステムは基本的にはその地域における電気事業者が導入を検討することになるため、採算性を検討する際は如何にディーゼル燃料の焚き減らし効果が得られ、発電コスト低減に貢献できるかということの評価することになる。

今回提案している PV・DG ハイブリッドシステム(50kW-PV システム)において PCS の台数制御を行った場合の PV 発電電力量のシミュレーション結果として年間の PV 発電電力量が 62, 141kWh となる。PV の設備利用率を算出すると 14.2% となっており、日本での PV の設備利用率 12% 程度と比較すると高い値となっている。この結果より、「モ」国では PV のポテンシャルが高く、PCS 台数制御を行った場合においても多くの PV 発電電力量を得られることが確認できる。

PV・DG ハイブリッドシステムで得られる年間の PV 発電電力量が 62, 141kWh であることから、PV システムの寿命を 20 年と設定した場合において、20 年間の PV 発電電力量が 1, 242, 820kWh となる。Thulhaadhoo 島の発電コストが 6.81Rf/kWh であり、日本円に換算すると約 46.68 円となる。原油価格が今後上昇傾向にあることから、発電コスト上昇率を 0.4%/年と仮定すると、20 年間の PV 発電電力量で、約 60, 100, 000 円の DG 発電コスト削減が可能となる。

PV・DG ハイブリッドシステム導入のための初期費用及び PCS の交換費用、20 年間の維持管理費の合計が発電コスト削減費用を下回ることで、採算性を見出すことができる。

実施した採算性の検討結果からは現段階において採算性は見込めないことが確認できる。今回提案している PV・DG ハイブリッドシステムでは単純な系統連系型 PV システムと比較し、需給調整や電力品質の確保等を行うための監視制御盤及び通信設備が必要となることがその大きな要因となる。また、PV システムの配電線への連系接続が起因する電圧変動等の影響度が不明確なため専用線路にて発電所の母線に連系接続する必要があることや離島であるが故に設置工事に使用する重機等(資材の積み下ろしに必要なクレーン、重機運搬船等)がなく、その借上げを要すること

も採算性を悪化させる原因となる。一方、前述の専用線路や重機等の借上げに関する課題を解決することでPV・DG ハイブリッドシステム導入のための初期費用を低減させることができ、採算性向上に繋がると考えている。他にも現地の電気方式に適合したPCSを調達することで系統連系盤内のトランスを省くことができる等の初期費用の低減方策が考えられ、それらの方策を踏まえたコスト低減の検討は継続して実施していく必要がある。

今後のPV普及拡大によるシステム価格の低減によってPV・DG ハイブリッドシステムの経済性が向上することや、ディーゼル燃料の価格高騰時にはPV・DG ハイブリッドシステムの有効性が示されると推測しており、それに伴い脆弱なエネルギー供給構造からの脱却にも繋がると考えている。

次年度採択を目指す「民間提案型普及・実証事業」では実際にPV・DG ハイブリッドシステムを構築する際の導入費用を確認し、更に「モ」国でのPV発電電力量も把握することになるが、「モ」国現地での資材調達や維持管理方法の検証等も踏まえてPV・DG ハイブリッドシステム導入に係る全体のコスト低減等を検討し、事業採算性を見出していくことが今後の事業展開に向けた取り組みとして重要となる。

ディーゼル燃料の焚き減らし効果及びCO₂削減効果のシミュレーション結果として、ディーゼル燃料削減量はThulhaadhoo島の年間燃料消費量(337,500L)の4.86%となっており、CO₂削減効果は44,458kg-CO₂となっている。

第4章 ODA案件化による「モ」国における開発効果及び提案企業の事業展開に係る効果

(1) 提案製品・技術と開発課題の整合性

「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であるため、小規模離島になるほど、発電コストが高価であるため電気料金が割高にな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ーを向上させることが喫緊の課題である。

今回提案する沖縄で培った技術を用いて既存電源のDGとPVシステムのハイブリッドシステムの構築技術を確認することで「モ」国における開発課題の解決策と成り得る。

PV・DG ハイブリッドシステム構築による系統連系型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、「モ」国離島でのディーゼル燃料焚き減らし効果に係るCO₂削減による気候変動対策へも貢献することができる。

(2) ODA案件化を通じた製品・技術等の「モ」国での適用・活用・普及による開発効果

PV・DG ハイブリッドシステムの構築技術を「モ」国の小規模離島に活用することで具体的には以下の効果が期待される。

- 1) PV発電電力によるディーゼル燃料焚き減らし効果
- 2) DGに依存したエネルギー供給構造の改善効果
- 3) CO₂削減による気候変動対策
- 4) 「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(現地企業の技術向上)
- 5) 「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導入量拡大)
- 6) 他離島へのハイブリッドシステムの水平展開(中小企業のビジネス展開)

(3) ODA 案件の実施による当社の事業展開に係る効果

当社はこれまでに海外での事業を実施した経験がないため、ODA 事業を活用し、海外事業の経験を積むことにより、事業展開の足掛かりとすることを考えている。海外事業経験にて自社内におけるグローバル人材の育成を図り、今後の事業展開に向けた準備を行うことになる。更に、海外での経験による技術向上等が対外的なアピールになることが期待される。

また、ODA 事業を実施し、事業期間内で調査段階では見えていなかった「モ」国における事業展開の課題事項を抽出していく必要がある。課題事項を可能な限り全て把握しておくことが事業展開を進める上で重要である。

他にも現地パートナー企業の Plankton 社と ODA 事業を連携して実施することで、双方の信頼関係を築き上げ、事業展開に向けた連携強化を図っていくことが可能であると考えられる。

「モ」国で ODA 事業にて実証事業を行うことで PV・DG ハイブリッドシステムの運用の実現性について確認を行う必要があり、また、PV・DG ハイブリッドシステムのイニシャルコストの低減や現地にて対応可能な保守可能範囲の拡張を考慮し、PV・DG ハイブリッドシステム構築に関連する資材の現地調達の可能性を調査する。

第 5 章 ODA 案件化の具体的提案

(1) ODA 案件概要

既存電源の DG と PV システムを組み合わせた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、本調査を実施後、「民間提案型普及・実証事業」にて実証を行うことを検討する。各離島の発電設備等の電力設備及び運用状況の各種データ収集、PV・DG ハイブリッドシステム設置場所調査、日射量データ等の収集から既存発電設備等の条件、ハイブリッドシステム設置条件、施工面の条件、関係者調整状況を踏まえ、「民間提案型普及・実証事業」の対象離島を Thulhaadhoo 島に選定する。「民間提案型普及・実証事業」では PV システム 30～50kW 程度の導入を予定している。

「民間提案型普及・実証事業」は今後「モ」国において PV システムを展開していく際に他の離島への水平展開も可能なハイブリッドシステム構築技術の確立を目的とし、ソフトコンポーネントとして対象地域の「モ」国電力事業者に対し PV・DG ハイブリッドシステムの運用に係るトレーニング・教育も行うことを計画している。

(2) 具体的な協力内容及び開発効果

「民間提案型普及・実証事業」では、PV・DG ハイブリッドシステム構築技術の確立を目指すことを目標として、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を行うことを想定している。事業成果としては PV・DG ハイブリッドシステム構築技術の確立することによる「モ」国における開発課題の解決への貢献、現地パートナー企業との連携した事業の実施、更には事業展開の一環として FENAKA 社をターゲットとした営業展開を進めることも考えている。

ODA 事業を実施するにあたり、「モ」国側の関連する機関としては実施機関(カウンターパート機関)の MEE、規制機関である MEA、100% 政府出資の FENAKA 社を想定している。また、現地パートナー企業として Plankton 社の外注による活用を想定する。

平成 26 年度に実施予定の「民間提案型普及・実証事業」における実施スケジュール(案)を以下に示す。

実施項目	期間		2014												2015											
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3		
民間提案型普及・実証事業の予定 (平成25年度実績を参考)	●			●		●																				
		公示		仮採択通知		契約締結																				
(1)詳細調査(実証事業サイト)及び現地調整							●	●																		
(2)詳細設計・見積調整等								●	●	●	●	●	●	●												
(3)機材輸送・現地工事													●	●	●	●	●	●								
(4)試運転調整・運用教育等																	●	●								
(5)ソフトコンポーネント														●	●	●	●	●								
(6)事業報告書作成																		●	●	●	●	●	●	●		

「民間提案型普及・実証事業」の事業経費の上限金額が1億円であることから、1億円以内に事業費合計を収める必要がある。Thulhaadhoo島にてPV・DGハイブリッドシステムを構築する際の概算費用試算結果等を踏まえ協力概算金額を試算し、99,958,320円となった。

次年度の「民間提案型普及・実証事業」へエントリーする際には再度協力費用を詳細に算出する必要がある。

「民間提案型普及・実証事業」にてThulhaadhoo島でPV・DGハイブリッドシステムの実証事業を実施することでの具体的な開発効果は以下のように想定される。なお、系統連系型PVシステムとして50kW-PVシステムを導入した場合の開発効果となる。また、現地パートナー企業であるPlankton社の技術向上、「モ」国のPVの普及促進及び導入拡大にも寄与できる。

- 1) PV年間発電電力量：62,141kWh
- 2) ディーゼル燃料削減量：16,405L (Thulhaadhoo島の年間燃料消費量(337,500L)の4.86%)
- 3) 最大系統負荷に対するPV導入比：25.6%
- 4) CO₂削減効果は44,458kg-CO₂

維持管理体制としては事業開始前にシステムの所有者及び運用・維持管理について、明確に確定し、事業が問題なく進むようにする必要がある。

維持管理費用はPV発電電力による利益から、支出することになると想定している。

(3) 他 ODA 案件との連携可能性

「モ」国のエネルギー分野への多大な投資として、SREP IP で合計約 139 百万米ドルの出資を受けることが決定している。PV 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で、仮に今後、SREP IP に関する他 ODA 案件が実施される場合には、これと連携できる可能性はある。

(4) その他関連情報

日本の「モ」国への援助の重点分野としては、同国の「戦略実行計画 2009-2013」を踏まえつつ、教育、保健をはじめとする社会開発分野を支援の中心に置いている。また、地球温暖化、気候変動による海面上昇の影響を直接受ける小規模島嶼国という特殊事情も踏まえ、気候変動対策分野も重点として検討する。

今回案件化立案を想定している「民間提案型普及・実証事業」は、小規模離島へPV・DG ハイブリッドシステム構築の実証事業を実施することでディーゼル燃料の燃き減らし効果に伴うCO₂削減効果が期待されることから、「モ」国に対する気候変動対策分野の支援として位置付けられると考えている。

本調査において、「モ」国のカウンターパート機関となるMEEとThulhaadhoo島で事業を実施するための調整を行い、同島を他国のODA案件の対象から除外し本案件を優先することや仮に次年度の「民間提案型普及・実証事業」として採択される場合、実施への協力を約束した。最終的には協議議事録(ミニッツ)へDirector Genearlのサインを得ることができ、MEEとの協議は良好に進められた。

また、事業実施について事業関係者となるMEA、FENAKA社、Plankton社の理解得て、同様に協議議事録(ミニッツ)へ代表者のサインを得られたことから、本調査における関連機関との協議は円滑に進められたと考えている。

最後にODA案件化に向けた課題として「モ」国側の系統連系型PVシステムの運用・維持管理体制の確立方法については課題として挙げられる。運用・維持管理等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、運用・維持管理体制を整えておくことが重要である。

案件化調査：環境・エネルギー・廃棄物処理分野 モルディブ国 島嶼地域における太陽光発電・ディーゼル発電の ハイブリッドシステム構築技術の案件化調査

企業・サイト概要

- 提案企業：株式会社電協エンジニアリング
- 提案企業所在地：沖縄県浦添市
- サイト・C/P機関：モルディブ共和国・環境エネルギー省

モルディブの開発課題

- 燃料の輸送コスト高等に起因する離島における割高な電気料金
- ディーゼル燃料に依存した電源構成による脆弱なエネルギーセキュリティ
- 再生可能エネルギーの普及拡大による電力品質低下の懸念
- ハイブリッドシステム構築の技術、経験が少ない

中小企業の技術・製品

- 太陽光発電・ディーゼル発電(PV・DG)を組み合わせたシンプルなハイブリッドシステムの構築技術
- 蓄電池を併設しないシステム
- パワーコンディショナ(PCS)の台数制御による周波数安定度対策及びDG低負荷運転対策を加味したシステム
- 市販品PCSの採用による持続的に運用・維持管理が可能なシステム

調査を通じて提案されているODA事業及び期待される効果

- ODA事業：小規模離島において発電コストの低減を図るため、PV・DGハイブリッドシステム構築技術の確立を目指す「民間提案型普及・実証事業」の案件化立案
- 期待効果：PV発電電力によるディーゼル燃料焼き減らし効果、CO₂削減による気候変動対策、小規模離島におけるPV導入量拡大、他離島へのハイブリッドシステムの水平展開

日本の中小企業のビジネス展開

- PV・DGハイブリッドシステム構築技術を活用し、現地企業と連携を図ったビジネス展開
- 沖縄県と同様な地理的・気候的背景を有する島嶼国等へのビジネス展開



はじめに 調査概要

1 調査の背景と目的

「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いる。電力供給は DG で行っており、ディーゼル燃料に依存した構図となっている。特に首都圏以外の小規模離島においては首都圏に比べ更に発電コストが高く、ディーゼル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。

具体的な課題として5つが挙げられる。

先ず第1に離島における割高な電気料金の課題がある。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に起因する発電効率の低下等が考えられる。よって、首都圏の島以上にその他の離島ではディーゼル燃料の消費量を削減することが喫緊の課題である。

第2に脆弱なエネルギーセキュリティの課題がある。首都圏及びその他の離島では、小規模電力システムにも適用可能な DG を採用しており、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は石油価格高騰の影響を受け易く、かつ非常に脆弱なエネルギー供給構造になるため、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。

第3に再生可能エネルギーの普及拡大による電力品質の課題がある。2010年10月に政府が策定した「モルディブ国家エネルギー政策・戦略」では、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、再生可能エネルギー普及拡大によるエネルギー・セキュリティの向上及び温室効果ガスの削減が望まれる。しかしながら、再生可能エネルギーの大量導入は電力品質(周波数及び電圧等)に悪影響を与えることが懸念される。

第4にハイブリッドシステム構築技術の課題がある。ハイブリッドシステムを構築するには、既存電源である DG 及び系統連系型 PV システムに関する知識及びシステム構築技術が必要であり、特にシステム構築技術については、PV 及び DG 各々の特性を活用し効果的に融合する技術に加え事業経験を有していることが重要である。また、昨年度のニーズ調査の結果から、「モ」国政府も PV と DG から構成されるハイブリッドシステムに強い関心を示しており、「モ」国において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。

第5に PV 設置場所の確保の課題がある。PV システムの設置には比較的大きな面積が必要であり(1kW あたり約 10m²程度)、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重要となる。一方で、「モ」国は小規模な離島が点在する島嶼国であり、国土が狭いことから土地が非常に貴重な位置づけとなっているため、PV を設置する際に設置場所の確保が課題となる。

上記課題の解決策として、沖縄で培った技術を用いた既存電源の DG と PV システムのハイブリッドシステムの構築技術を確立することが有効であると考えられる。本技術を確立することで小規模離島において蓄電池を併設しない系統連系型 PV システムを高い割合で導入することが期待できる。その効果として、離島におけ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など、社会経済開発上の課題の解決策と成り得る。

本調査では、「モ」国における島嶼国ならではのエネルギー面の課題の解決策として、沖縄で培ったハイブリッドシステム構築技術を確立するための ODA 案件化の立案を行うことを目的とする。

本調査においてハイブリッドシステム導入有望地点に関する現地調査に加え、導入に伴う機材の調達、設置工事さらに設置後の運用の実現性について確認し最適な実証サイトを選定する。なお、具体的な ODA 案件としては次年度の「民間提案型普及・実証事業」の立案を目指すこととする。一方、海外ビジネス展開の初期段階においては中小企業独自での実施は困難であることから、本調査を活用し、「モ」国全域の離島における事業展開、更にはその他同様な地理的・気候的背景を有する島嶼国等への海外事業展開も視野に入れた検討を実施する。

2 調査の基本方針

本調査では、「モ」国において PV・DG ハイブリッドシステム構築技術の実証事業を実施するための対象離島の調査を実施する。調査する離島は Dharavandhoo 島、Eydhafushi 島、Thulhaadhoo 島の 3 離島とし、調査より ODA 案件の立案を行う対象離島を選定する。更に本調査では PV・DG ハイブリッドシステム構築技術の実証事業を実施するにあたり、関連計画、政策及び法制度の情報収集も行い、事業関係者との調整等も実施する。

- (1) 「モ」国政府(環境エネルギー省:Ministry of Environment(MEE)、モルディブエネルギー庁:Maldives Energy Authority(MEA))へ本調査の目的及び概要説明を行い、本調査の意義を理解してもらうと共に ODA 案件化実現に向けた協力に係る調整を実施する。特に MEE については ODA 案件において「モ」国側のカウンターパートを想定していることから、PV・DG ハイブリッドシステム活用に関する意向、ニーズを確認する。
- (2) 「モ」国電気事業者(FENAKA)へ本調査の目的及び概要説明を行い、本調査の意義を理解してもらうと共に ODA 案件への協力に係る調整を実施する。また、PV・DG ハイブリッドシステム活用に関する意向、ニーズを確認する。
- (3) 「モ」国現地パートナーである Plankton 社と ODA 案件化時に連携することで事業がスムーズに進められるように PV・DG ハイブリッドシステム構築に関する調整を行う。更にその後の他離島へのビジネス展開を進める上での調整も実施する。
- (4) 調査対象となる離島の既存発電設備である DG の運用状況(制御システム、機器配置等)を調査すると共に、運転記録等の各種データの情報収集を行うことで PV・DG ハイブリッドシステム構築の検討に役立てる。調査する離島は以下の条件より Dharavandhoo 島、Eydhafushi 島、Thulhaadhoo 島の 3 離島とする。
 - 1) STELCO 社・FENAKA 社の管轄するディーゼル発電所を有する離島
 - 2) 電力需要(電力負荷)がシステム構成上適切である離島
 - 3) 系統連系型 PV システムが現時点で導入されてなく、かつ今後も導入の予定がない離島
- (5) 系統連系型 PV システムの設置場所の調査を行う際に関係者の意見も参考にしながら、ODA 案件化時に導入がスムーズに進められる設置場所を選定することとする。
- (6) ODA 案件化を見据え、PV・DG ハイブリッドシステムの基本設計(システム構成、連系点、制御方式等)を実施する。基本設計では現地の法制度の情報収集も行い、現地に適合したシステムを検討する。更に PV・DG ハイブリッドシステムの概算費用試算も実施し、コストパフォーマンス及びディーゼル燃料燃費減らし効果、CO₂削減効果も含めた検討を行う。尚、概算費用試算では現地調達可能資材を考慮した試算を行う。

3 調査概要

(1) 第1回現地調査

1) 現地調査団員

No.	氏名	所属	担当分野
1	伊計 徹	(株)電協エンジニアリング	ハイブリッド制御システム施工計画
2	仲村 博樹	(株)電協エンジニアリング	系統連系型 PV システム施工計画
3	掛福 ルイス	(株)沖縄エネテック	業務主任者
4	島袋 正則	(株)沖縄エネテック	系統連系型 PV システム検討
5	桃原 千尋	(株)沖縄エネテック	電力系統調査
6	神里 良太	(株)沖縄エネテック	ハイブリッド制御システム検討

2) 現地調査スケジュール

	月/日	訪問先	面会者
1	11/27(水)	・Plankton(現地パートナー)	・ Mr. Ibrahim Athif (Managing Director) ・ Mr. Ahmed Marsoom (Chief Engineer)
		・MEE(環境エネルギー省)	・ Mr. Ahmed Ali (Director General) ・ Mr. Mohamed Inaz (Engineer)
2	11/28(木)	・MEA(モルディブエネルギー庁)	・ Mr. Muawiyath Shareef (Director) ・ Mr. Akram Waheed (Assistant Engineer)
		・FENAKA	・ Mr. Farooq Mohamed Hassan (Managing Director) ・ Mr. Hussain Hameez (Director) ・ Ms. Aishath Saneedha (Manager)
		・JICA モルディブ支所	・池城直氏(支所長)
3	11/29(金) 11/30(土)	<Dharavandhoo 島調査> 発電所、学校、診療所、政府オフィス、モスク、エアポート	FENAKA ・ Mr. Ahmed Waseem (PS Manager) ・ Mr. Ismail Saeed (Assistant Engineer)
			Plankton ・ Mr. Ahmed Marsoom (Chief Engineer)
4	12/1(日) 12/2(月)	<Eydhafushi 島調査> 発電所、学校、大学宿舎、病院、警察署、アトルオフィス、アトルチーフハウス、モスク、ユースセンター	FENAKA ・ Mr. Mohamed Athif (Assistant Manager) ・ Mr. Ismail Saeed (Assistant Engineer)
			Plankton ・ Mr. Ahmed Marsoom (Chief Engineer)
5	12/3(火) 12/4(水)	<Thulhaadhoo 島調査> 発電所、学校、診療所、政府オフィス、モスク	FENAKA ・ Mr. Mohamed Ismail (PS Supervisor) ・ Mr. Ismail Saeed (Assistant Engineer)
			Plankton ・ Mr. Ahmed Marsoom (Chief Engineer)
6	12/5(木)	・MEE(環境エネルギー省)	・ Mr. Mohamed Inaz (Engineer)
		・FENAKA	・ Mr. Hussain Hameez (Director) ・ Ms. Aishath Saneedha (Manager)
		・JICA モルディブ支所	・池城直氏(支所長)
7	12/6(金)	・Plankton(現地パートナー)	・ Mr. Ibrahim Athif (Managing Director) ・ Mr. Ahmed Marsoom (Chief Engineer)

(2) 第2回現地調査

1) 現地調査団員

No.	氏名	所属	担当分野
1	伊計 徹	(株)電協エンジニアリング	ハイブリッド制御システム施工計画
2	仲村 博樹	(株)電協エンジニアリング	系統連系型 PV システム施工計画
3	掛福 ルイス	(株)沖縄エネテック	業務主任者
4	神里 良太	(株)沖縄エネテック	ハイブリッド制御システム検討

2) 現地調査スケジュール

	月/日	訪問先	面会者
1	12/25(水)	・ Plankton(現地パートナー)	・ Mr. Ibrahim Athif (Managing Director) ・ Mr. Ahmed Marsoom(Chief Engineer)
		・ FENAKA	・ Mr. Mohamed Lamaan (Deputy Managing Director) ・ Mr. Ahmed Hilmy (Deputy Director) ・ Mr. Asiyath Ibrahim (Assistant Engineer)
		・ MEE (環境エネルギー省)	・ Mr. Ahmed Ali (Director General) ・ Mr. Mohamed Inaz (Engineer)
		・ JICA モルディブ支所	・ 池城直氏(支所長)
2	12/26(木)	・ MEA(モルディブエネルギー庁)	・ Mr. Ajwad Musthafa (Director General) ・ Mr. Akram Waheed (Assistant Engineer)
		・ Plankton(現地パートナー)	・ Mr. Ibrahim Athif (Managing Director) ・ Mr. Ahmed Marsoom(Chief Engineer)
3	12/27(金)	・ Plankton(現地パートナー)	・ Mr. Ibrahim Athif (Managing Director) ・ Mr. Ahmed Marsoom(Chief Engineer)

第 1 章 モルディブ共和国における当該開発課題の現状及びニーズの確認

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 1-1.1 「モ」国位置図

1-1-1 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 : デイベヒ語
- 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。

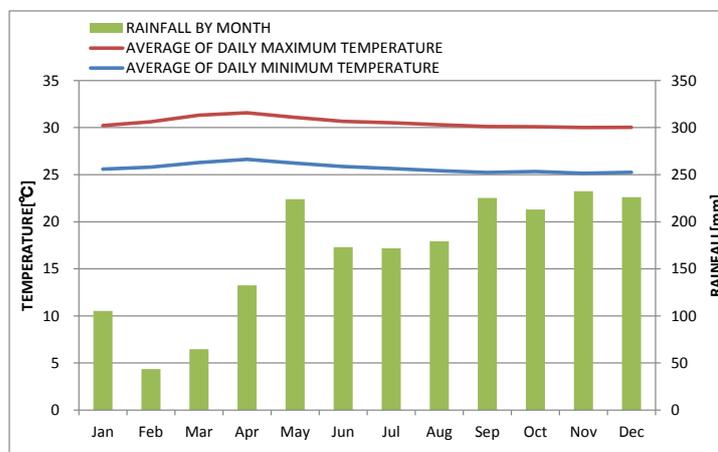


図 1-1-1.1 「モ」国の平均最高・最低気温と降水量

1-1-2 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を表明し、憲法に従いワヒード副大統領が大統領に就任した。その後、大統領の任期満了に伴い、2013年11月に大統領選挙が実施され、アブドッラ・ヤーミン・アブドゥル・ガユーム大統領(モルディブ進歩党(PPM)議長団長)が選出された。

政体 : 共和制

元首 : アブドッラ・ヤーミン・アブドゥル・ガユーム(Abdulla Yameen Abdul Gayoom)大統領

議会 : 一院制(議席77:小選区制)

議席数:モルディブ民主党(MDP)(30),モルディブ進歩党(PPM)(19),モルディブ人民党(DRP)(16)他

1-1-3 経済概況

「モ」国の主要産業は観光産業と漁業であり、実質GDPの約40%はこれらの産業が寄与している。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-8.7%と落ち込んだ。その後、観光、漁業分野を中心に経済は強く回復し、2006年から2008年は3年連続で10%超の成長を遂げた。しかし、2008年の金融危機を受けた観光客の減少によって2009年は-3.6%のマイナス成長となった。その後、欧州経済の回復が遅れる中で、中国からの観光客増等により観光産業は徐々に持ち直し、2010年、2011年の実質GDP成長率は7%台まで回復しており、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。2012年は政権交代による混乱等もあり、成長率は3.4%にまで減速した。

主要産業	: 観光、漁業
GDP(国内総生産)	: 2,222百万米ドル(2012年)(世界銀行)
一人当たり名目GDP	: 6,567米ドル(2012年)(世界銀行)
実質GDP成長率	: 3.4%(2012年)
消費者物価上昇率	: 5.4%(2012年)
総貿易額(2011年)	: (1)輸出(FOB) 314.4百万米ドル (2)輸入(CIF) 1,554.3百万米ドル
主要貿易品目 (2011年)	: (1)輸出 鮮魚、水産加工物 (2)輸入 機械、鉱物、食料品、繊維製品
主要貿易相手国 (2011年)	: (1)輸出 タイ、フランス、イタリア、スリランカ (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) 1米ドル=15.3650Rf(2012年末値) 1Rf=5.6022円(2012年末値)

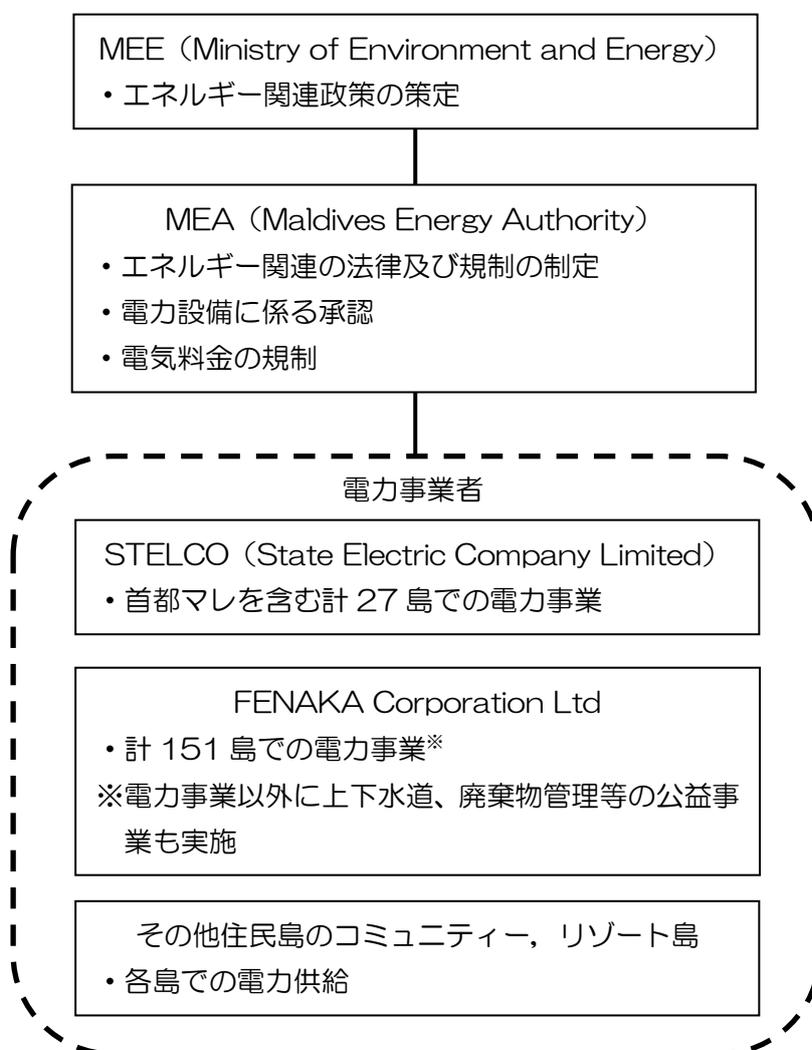
1-1-4 電力事情

(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27島で100%政府出資のState Electric Company Limited (STELCO)が電力を供給しており、電気、上下水道、廃棄物管理等の公益事業を統合した同じく100%政府出資のFENAKAによって151の島々に電力を供給している。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。「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、国家としてのエネルギーセキュリティー確保が危ぶまれている。

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ている。

「モ」国政府としては環境エネルギー省(MEE:Ministry of Environment and Energy)がエネルギー関連政策を立案しており、他国からのエネルギー関係の援助等においてカウンターパートとなる機関である。また、MEE傘下の独立した規制機関としてモルディブエネルギー庁(MEA:Maldives Energy Authority)があり、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、電気料金の規制等を行っている。



(2) 電力供給の概要

「モ」国では発電所から特別高圧配電線 11kV で地中配電線により配電しており、需要家への供給は特別高圧配電電圧 11kV から低圧配電電圧 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低圧配電線 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。なお、「モ」国の電力システムの周波数は 50Hz となっている。

電源構成	: DG
特高配電電圧	: 11kV (地中配電線)
電気方式(特高)	: 3 相 3 線式
低圧配電電圧	: 400V (需要家供給は各相電圧 230V)
電気方式(低圧)	: 3 相 4 線式
周波数	: 50Hz

(3) 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 の設置容量を表 1-1-4.1 に示す。

表1-1-4.1 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

1-2 「モ」国の対象分野における開発課題の現状

1-2-1 離島における割高な電気料金

2014年1月現在の「モ」国の首都圏における電気料金は約30円/kWhで日本の電気料金(従量電灯)と比較し、やや高めの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更に割高となっている。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に起因する発電効率の低下等が考えられる。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大きな課題である。

図1-2-1.1及び1-2-1.2では「モ」国の107島について、電力消費量及び燃料消費率、全体的なコストに関する分析を行っており、対象とする離島は規模により4つのカテゴリーに分類している。各カテゴリーは以下の通りとなっている。

Large electricity consuming islands

該当する4島は人口が平均で5,723人、電力消費量が3GWh/year以上である。燃料消費率は0.35L/kWhで比較的安く、発電コストは低いところで0.31米ドル/kWhとなっている。

Medium electricity consuming islands

該当する21島は人口が平均で2,447人、電力消費量が1~3GWh/yearである。燃料消費率は0.26L/kWhから0.52L/kWh、発電コストは0.28米ドル/kWhから0.43米ドル/kWhとなっている。

Small electricity consuming islands

該当する62島は人口が平均で1,141人、電力消費量が250MWh~1GWh/yearである。燃料消費率は0.27L/kWhから0.68L/kWh、発電コストは0.31米ドル/kWhから0.49米ドル/kWhとなっている。

Very small electricity consuming islands

該当する20島は人口が平均で519人、電力消費量が250MWh/year以下である。燃料消費率は0.31L/kWhから0.67L/kWhとなっている。

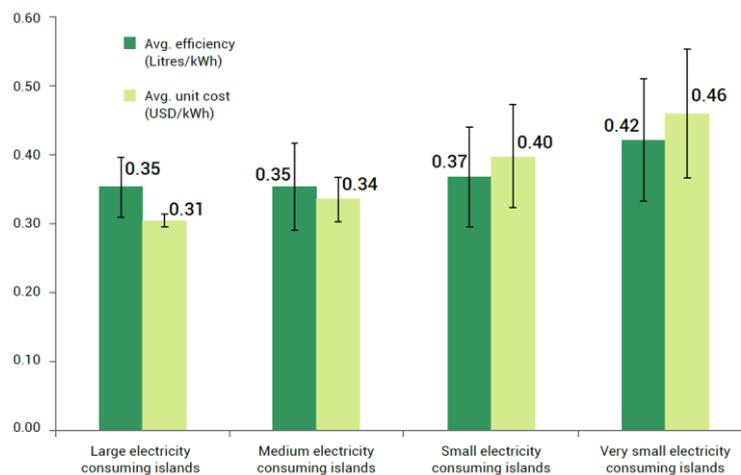


図1-2-1.1 異なる区分の地方の離島における平均燃料消費率と発電コスト単価の比較

(出典: MALDIVES SREP INVESTMENT PLAN 2013-2017)

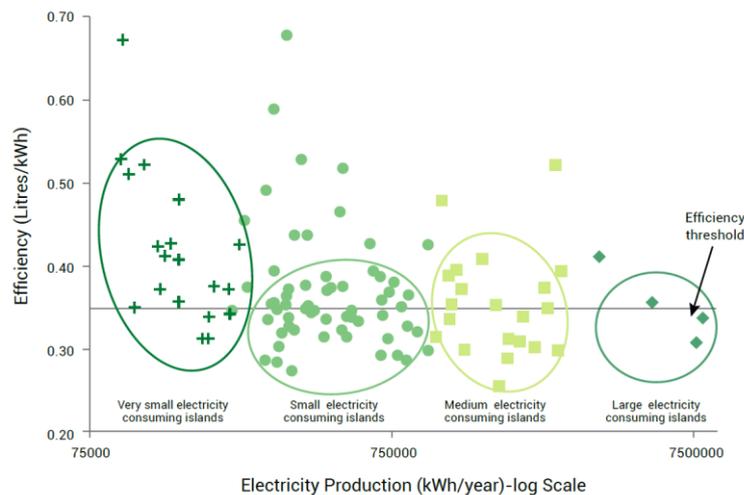


図1-2-1.2 発電電力量及び発電効率に基づく離島の分類

(出典: MALDIVES SREP INVESTMENT PLAN 2013-2017)

表1-2-1.1 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. 9. 23)

(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>
Band A (below 100 units)	3.75	4.50	4.75
Band B (101 to 200)	4.30	5.75	5.75
Band C (201-300 units)	4.50	6.50	6.70
Band D (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 A (100 and below)	3.75	4.50	4.75
Band B (101 to 200)	4.25	5.75	5.75
Band C (201 to 300 units)	4.50	6.50	6.70
Band D (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>
Band A (below 100 units)	3.75	4.50	4.75
Band B (101 to 200 units)	4.25	5.75	5.75
Band C (201 to 300 units)	4.50	6.50	6.70
Band D (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 A (100 and below)	3.75	4.50	4.75
Band B (101 to 200)	4.25	5.75	5.75
Band C (201 to 300 units)	4.50	6.50	6.70
Band D (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>
Band A (below 100 units)	3.80	4.50	4.80
Band B (101 to 200)	4.30	5.75	5.80
Band C (201 to 300)	4.50	6.50	6.70
Band D (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

1-2-2 脆弱なエネルギーセキュリティー

首都圏及びその他の離島において、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、かつ非常に脆弱なエネルギー供給構造となる。脆弱なエネルギー供給構造となる原因としては、特定の燃料に依存している場合、その燃料の調達の安定性が失われると代替が利かなくなり、エネルギー確保が困難となってしまいうためである。そのため、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1-2-2.1に「モ」国における燃料価格の推移、図1-2-2.2に今回の調査離島の燃料価格の推移を示す。図1-2-2.1、図1-2-2.2ともに2008年頃にディーゼル燃料の価格が急騰している。これは米国ならびに中国、インドをはじめとする途上国での石油需要の増大、OPEC余剰生産能力に代表される供給能力の制約、石油先物市場への大量の資金流入などの複合要因による世界的な原油価格の高騰が影響していると考えられる。2009年から2012年までは燃料価格は上昇を続け、2013年は2012年から横這いの状態となっている。

「モ」国は今後の燃料価格の継続的な高騰や一時的な急騰等からの影響を緩和するために、特定のエネルギーに依存せず、多様なエネルギーをバランスよく組み合わせることで、安定したエネルギー基盤の構築に努めることが重要である。

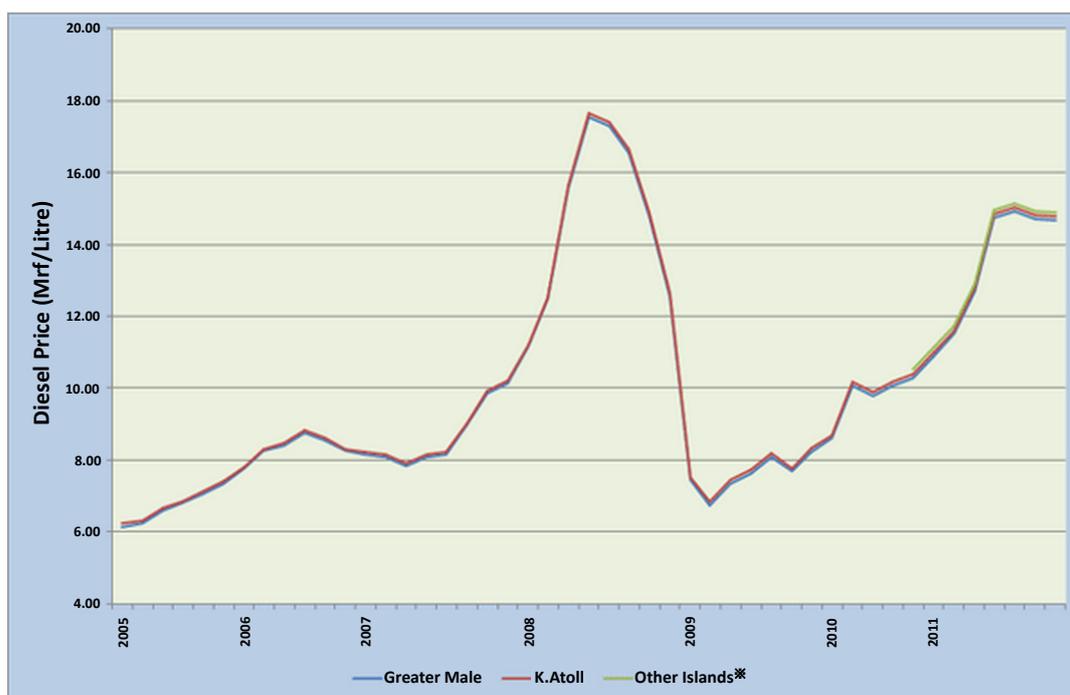


図1-2-2.1 「モ」国における燃料価格の推移

(出典:STELCO HP)

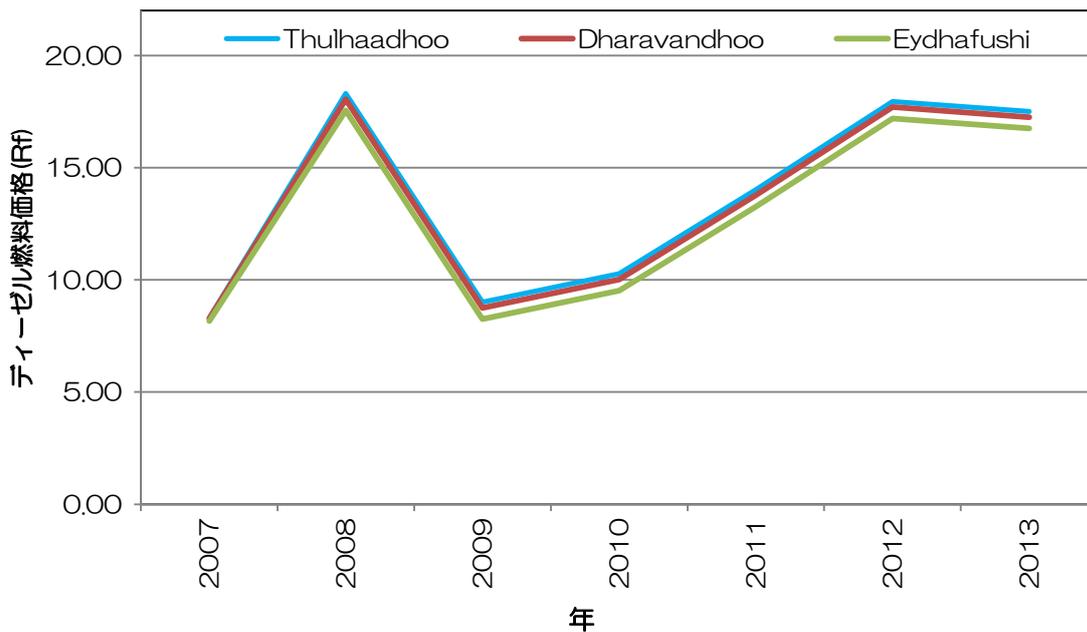


図1-2-2.2 調査離島の燃料価格の推移(2007-2013)

1-2-3 再生可能エネルギーの普及拡大による電力品質の低下

「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。

再生可能エネルギーの普及拡大により、小規模電力系統に再生可能エネルギーが大量導入された場合に電力品質(周波数及び電圧)に悪影響を与えることが懸念される。小規模電力系統に再生可能エネルギーを大量導入する際は周波数安定のための対策を行う必要があり、更に既存DGの低負荷運転への対策も重要となる。

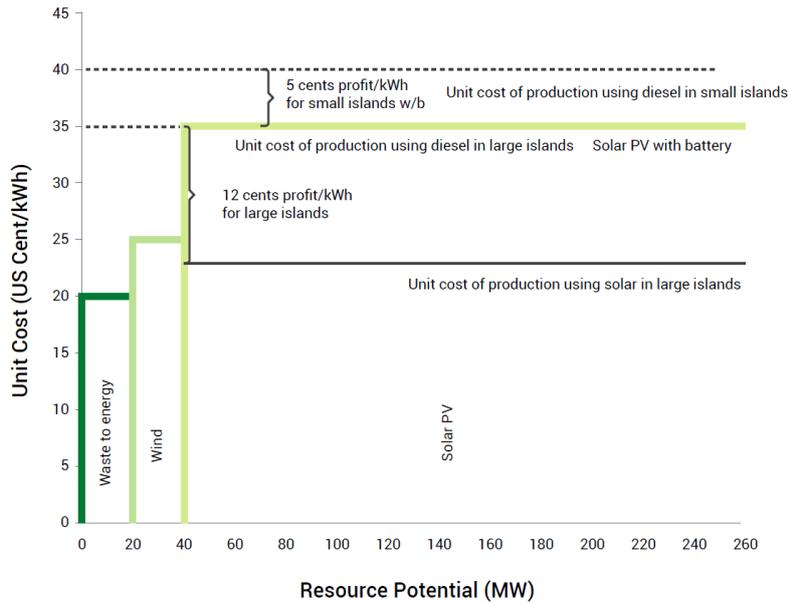


図1-2-3.1 地方の島における再生可能エネルギーの賦存量と発電コスト単価

(出典: MALDIVES SREP INVESTMENT PLAN 2013-2017)

(1) 小規模電力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を導入する際、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。NEDO が実施した小規模電力系統における実証試験でも実際にその傾向が見られた。(図 1-2-3.2、図 1-2-3.3)

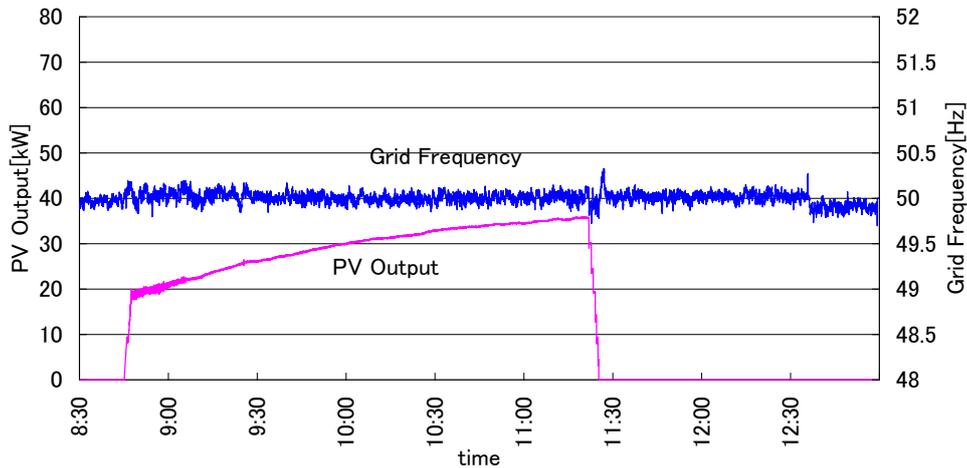


図 1-2-3.2 PV 出力と周波数の実測値(快晴)

(出典: 太陽/風力エネルギー講演論文集「タイ国邦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」)

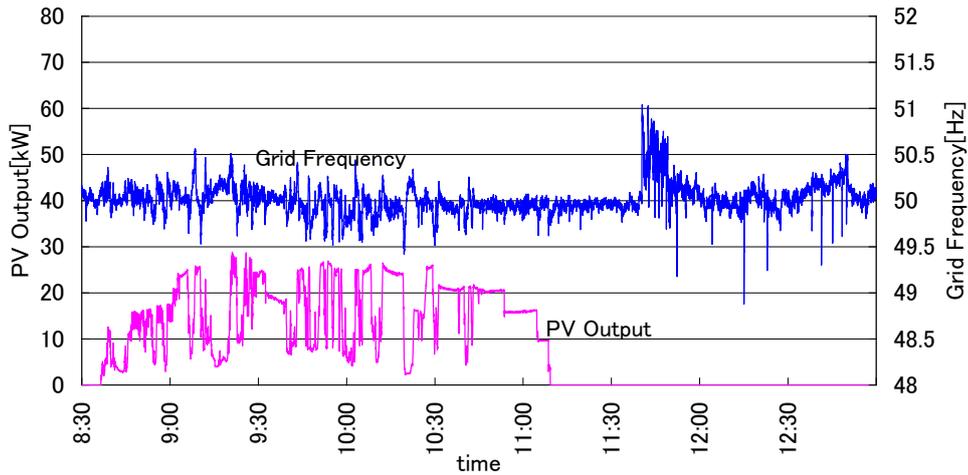


図 1-2-3.3 PV 出力と周波数の実測値(曇天)

(出典：太陽/風力エネルギー講演論文集「タイ国リ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1-2-3.3に示すように、小規模電力系統ではPV電力の出力変動に起因した電力系統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 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が一般的であり、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。

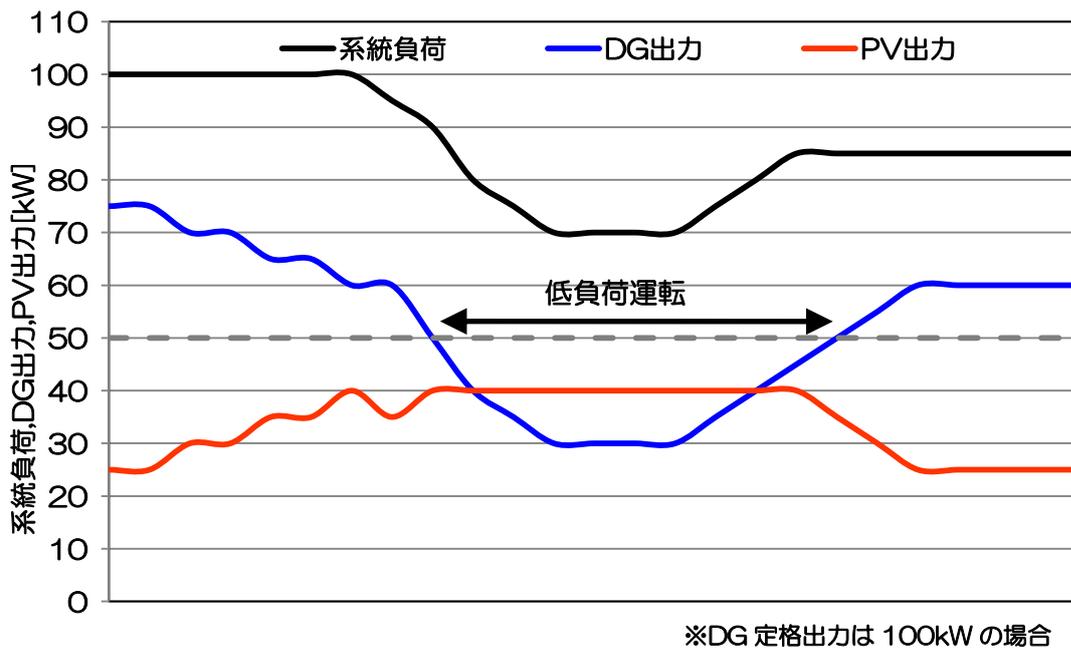


図 1-2-3.4 DG 低負荷運転例

1-2-4 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。そのため、既存電源であるDG及びPVシステムに関する知識及びシステム構築技術を有している必要がある。実際のフィールドにおける事業経験も重要であるため、「モ」国においても、ハイブリッドシステム構築技術を確立するためにはシステム構築技術の修得及び事業経験を積む必要がある。

平成24年度に実施した「モ」国における「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」において151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る一方で、最適なシステムを構築することが容易ではないことについても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、「モ」国において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。

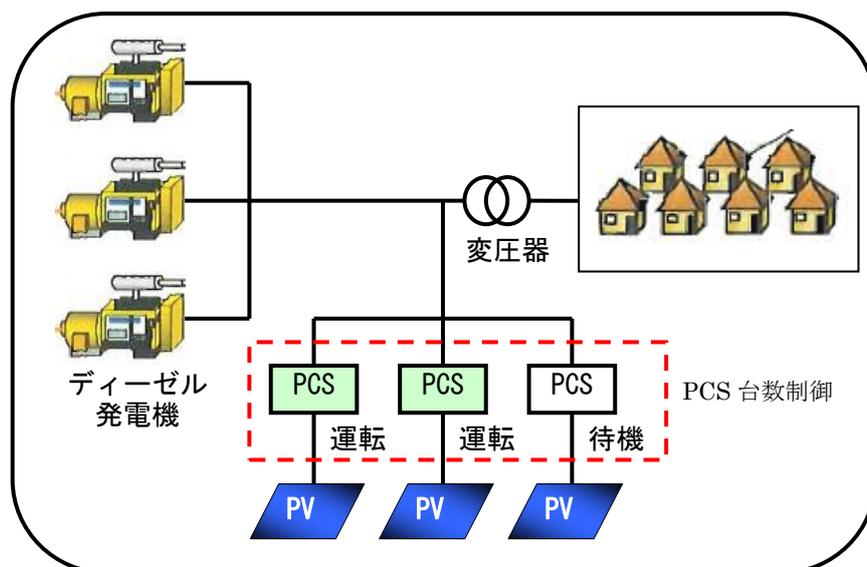


図1-2-4.1 ハイブリッドシステムイメージ図

1-2-5 PV 設置場所の確保

PV システムの設置には比較的大きな面積が必要であり(1kW あたり約 10m²程度)、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課題となる。「モ」国は小規模な離島が点在する島嶼国であり、国土が狭いことから土地は非常に貴重な位置づけとなっているため、「モ」国政府として PV システムの導入する際は建物の屋根に設置すること(ルーフトップ)を推奨している。図 1-2-5.1 及び図 1-2-5.2 に「モ」国でのルーフトップへの PV 設置事例を示す。

「モ」国においてルーフトップへの PV 設置が困難で、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 1-2-5.1 K.Villingili 島での PV 導入事例



図 1-2-5.2 GDH.Thinadhoo 島での PV 導入事例



図 1-2-5.3 カーポートタイプの PV システム(沖縄)

1-3 「モ」国の対象分野の関連計画、政策及び法制度

1-3-1 「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 百万米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 百万米ドルを用いて、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 百万米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 百万米ドル活用し、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1-3-1.1 SREP INVESTMENT PLANにおける資金調達計画(単位:千米ドル)

(出典: MALDIVES SREP INVESTMENT PLAN 2013-2017)

Components	SREP	GoM	WB IDA	WBG Guarantee	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

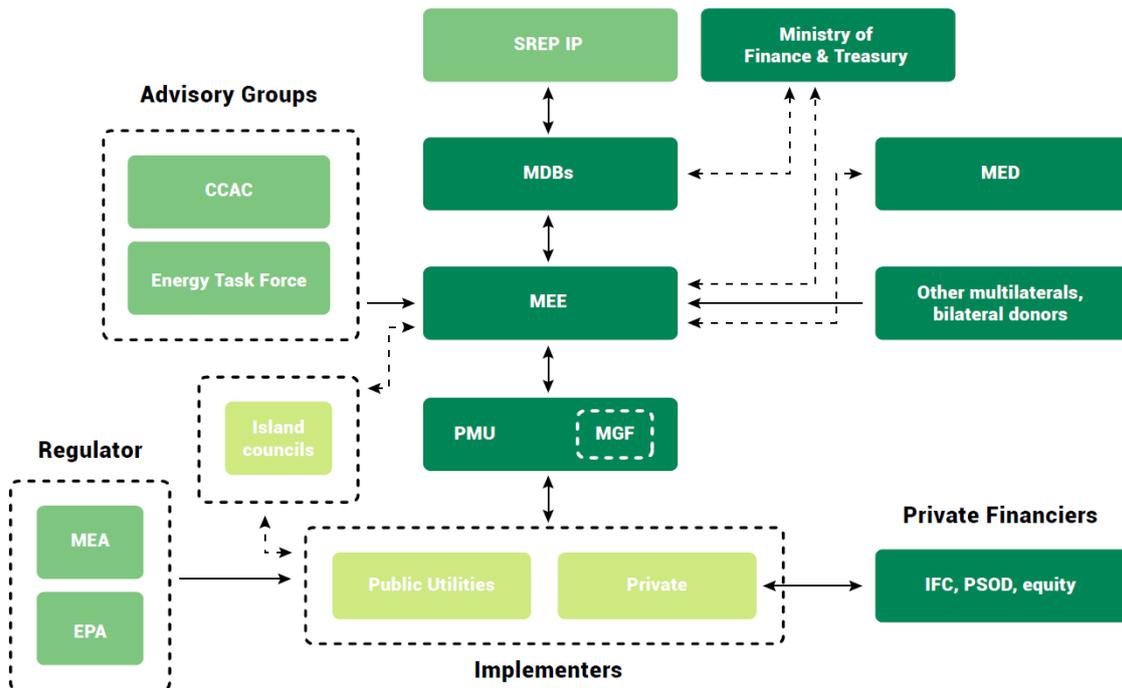


図1-3-1.1 SREP実行のための事業体制

(出典: MALDIVES SREP INVESTMENT PLAN 2013-2017)

1-3-2 「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0.03米ドル/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ではアジア開発銀行(ADB:Asian Development Bank)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(REM)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0.22米ドル/kWhであったが、STELCOは0.03米ドル/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0.25米ドル/kWhでPower Purchase Agreement(PPA)を結んでいる。

表1-3-2.1 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

1-3-3 「モ」国の系統連系に関する制度・基準

「モ」国では現在ADB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2012年にMEAがパブリックコメントを実施し、現在SERVICE PROVIDER'S CODEのみ策定に至っている。

表 1-3-3.1 「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。同 SCHEME において系統連系型 PV 導入に係る内容を表 1-3-3.2 に示す。

表 1-3-3.2 “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。同 CODE において系統連系型 PV 導入に係る内容を表 1-3-3.3 に示す。

表 1-3-3.3 “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

同 STANDARDS において系統連系型 PV 導入に係る内容を表 1-3-3.4 に示す。

表 1-3-3.4 “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

「モ」国内の電力関連技術者の認定を行う上での条件及び過程を設定している。また、認定を受けた者・免許所有者に本規制内容に記した活動を行う権限を付与する。電力技術者の認定規制は、施工(設計業務は含まない)を行う専門家に対する要件を定めるものである。

本規制は、「モ」国内の電力関係技術者が提供する業務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という安全を保証することを目標としている。また、「モ」国の電力技術の開発における実践を推進することや資格要件を満たした技術専門家達が十分な意識を持ち、自らの作業成果の保証を行う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」国では PV を系統連系する際に PV 系統連系技術要件ガイドライン(Guidelines on Technical Requirements for Photovoltaic Grid-connection)を遵守することになる。また、PV 系統連系申込みマニュアル(Manual for Photovoltaic Grid-connection Application)に従って申請を行い、売電契約を系統所有者(電気事業者)と交わすことになる。

1) “Manual for Photovoltaic Grid-connection Application” の概要

同 Application は「モ」国において系統連系型 PV システムを導入する顧客向けの申請ガイドとして作成されている。関係組織による検証の流れ及び検証方法について説明が記載されている。

申請の手続き方法は図 1-3-3.1 の流れとなっている。

① 申請

PV システムを設置する顧客は、作業を開始する前に、系統所有者に設置する機器に関連する仕様書を申請書に添付し、提出する必要がある。具体的には機器の技術仕様、必要な接続、安全装置、接続点等を示す PV システムの単線接続図を添付することになる。

② 系統所有者による技術審査

系統所有者がガイドラインとその既存施設の要件を考慮し、仕様の適合性を検討する。逆潮流が許可される場合には、系統所有者が電力売電用メーターを調達する。保護継電器の値の設定もこの審査中に決定することになる。

③ MEA による全体審査

MEA (または MEA が指定する第三者)が、最終申請書をチェックし、ガイドラインに従い、要件を満たす場合は、PV システムの連系を承認する。承認後、顧客は設置作業を開始できる。

④ 変更の申請

承認されたシステム仕様に関する変更は直ちに変更申請書を利用し、再提出する必要がある。

⑤ メーターの設置及び系統所有者による最終接続

メーターの設置及び最後の接続作業は系統所有者が顧客またはその代理人立ち会いの下で行う。これらの費用は、メーター及び接続端子を含め、顧客が負担することになる。

⑥ 完成検査

設置作業完了後、「作業完了のお知らせ」を系統所有者及び MEA に提出し、完成検査を依頼する。それを受け、系統所有者が PV システムの適合性を確認するために検査官を派遣し、検査を実施する。

表 1-3-3.5 各組織の役割

段階	顧客	系統所有者	MEA
申請	・ 申請書及び仕様書の準備		
審査		・ 技術的な適合性の審査 ・ 保護継電器の設定値の確認	・ 全体的なガイドラインとの技術的な適合性の検査 ・ 系統連系承認
設置	・ PV システム設置	・ メーターの設置 ・ 最終接続	
検査	・ 作業完了のお知らせ提出	・ 完了検査	・ 検査レポートを受取り、最終承認を提供

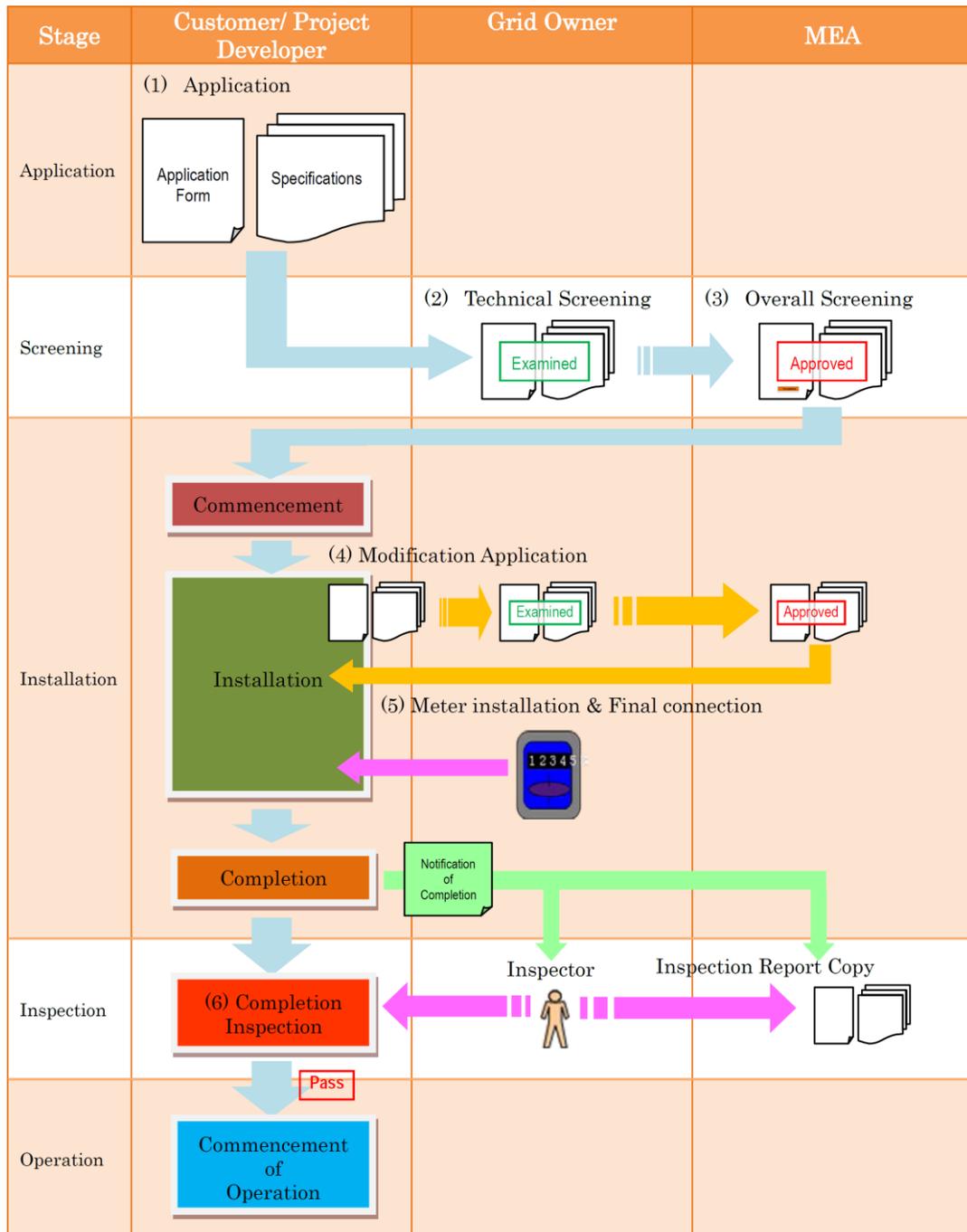


図 1-3-3.1 PV の系統連系申請の流れ

(出典: Manual for Photovoltaic Grid-connection Application)

2) “Guidelines on Technical Requirements for Photovoltaic Grid-connection” の概要
 同 Guidelines には系統連系型 PV システムの系統連系に関する技術的要件が規定されている。

① 電気方式

周波数、連系の種類等について規定されており、周波数は 50Hz、連系の種類は表 1-3-3.6 の通りである。また、電気方式は基本的に連系する系統と一致することとなっている。但し、最大電力に比べ発電設備の容量が非常に小さく、相間の不均衡による影響が事実上問題とならない場合や三相の系統に单相の発電設備を連系する場合であって、相不均衡が生じることのないように逆変換装置を停止する対策がある場合は、連系する系統の電気方式と異なってもよいこととなっている。

表 1-3-3.6 連系の種類

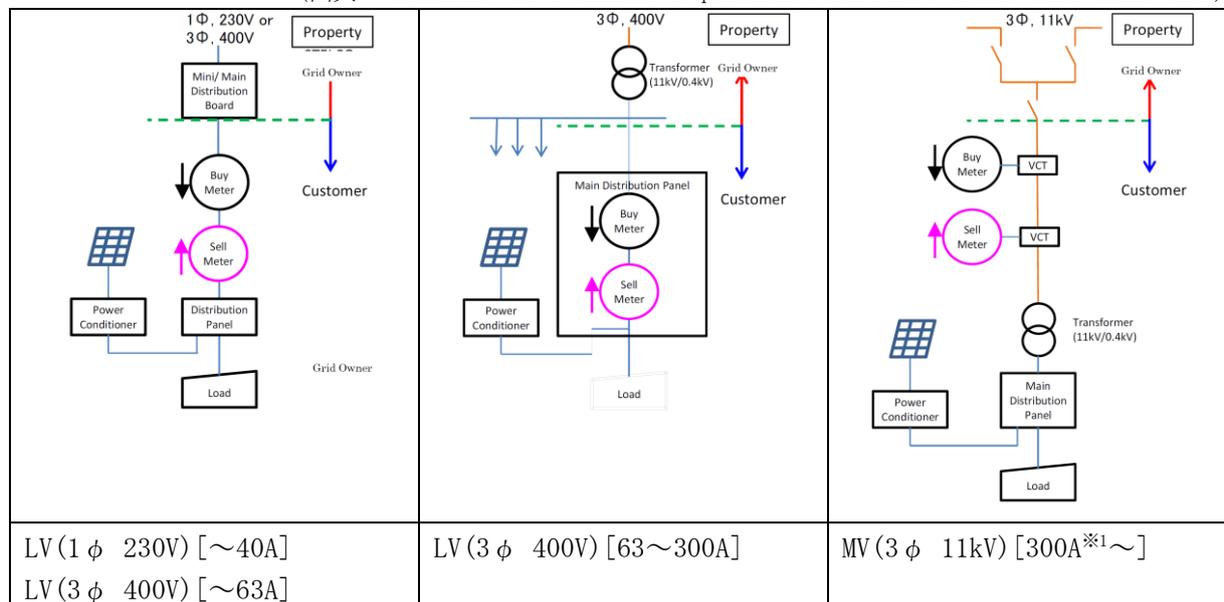
PV システム定格出力 (kW)	ブレーカー容量 (A)	連系電圧
< 7kW	40A	LV (1 φ 230V)
7kW-35kW	63A	LV (3 φ 400V)
35kW-175kW	315A	LV (3 φ 400V)
175kW >	—	MV (3 φ 11kV)

② 計量方式

系統連系型 PV システムを設置する顧客は、既存の電力購入メーター（逆回転保護付）以外に、販売電力を測定するための新しい売電メーター（逆回転保護付）を設置することになる。余剰電力購入のシステムについては、系統所有者が販売価格を定めることになる。

表 1-3-3.7 系統連系型 PV システムの計量方式（連系の種類毎）

（出典：Guidelines on Technical Requirements for Photovoltaic Grid-connection）



※1: LV 側の電流

※2: 系統所有者による PV システム設置は除く

③ 力率

逆潮流が無い場合の受電点における力率は、適正なものとして原則85%以上とするとともに、系統側からみて進み力率(発電設備側からみて遅れ力率)とはならないようにする。ただし、逆潮流がない発電設備等のうち、逆変換装置を介して連系する発電設備等については、受電点での力率調整を行うために、発電設備等設置者全体の負荷、家電機器の増減に対応した無効電力の調整を発電設備等に負わせることは困難である。したがって、逆潮流発電設備自体の運転力率で判断することとし、力率を系統からみて遅れ95%とすればよいものとする。

逆潮流がある場合の受電点における力率は、適正なものとして原則85%以上とするとともに、電圧上昇を防止するために系統側からみて進み力率(発電設備側からみて遅れ力率)とはならないようにする。ただし、電圧上昇を防止する上でやむを得ない場合は受電点の力率を80%まで制御できるものとする。また、実際の配電線との連系に基づいて、定格出力が十分に小さい、又は、一般住宅の負荷のように負荷の使用状態にかかわらず、負荷力率が極めて1に近く、発電設備を連系している状態でも受電点の力率が適正と想定できる場合、発電設備の力率を、無効電力を制御するときには85%以上、無効電力を制御しないときには95%以上とすればよいものとする。

④ 電圧変動

i) 常時電圧変動対策

発電設備が系統に連系されている場合、低圧需要家の電圧は系統所有者の標準に基づき、標準電圧が230Vの場合は $230V \pm 5.75V$ 、標準電圧が400Vの場合は $400V \pm 10V$ 以内に維持する必要がある。

発電設備等設置者から逆潮流を生じることにより、配電線各部の電圧が上昇し、適正値を逸脱するおそれがある場合は、発電設備設置者が他の需要家を適正電圧に維持するための対策を施す必要がある。構内負荷機器への影響を考慮すれば、設置者構内も適正電圧に維持することが望ましく、特に、一般家庭に小出力発電設備を設置する場合には、設置者の電気保安に関する知識が必ずしも十分でないため、電圧規制点を受電点とすることが適切である。しかし、系統側の電圧が電圧上限値に近い場合、発電設備等からの逆潮流の制限により発電電力量の低下も予想されるため、他の需要家への供給電圧が適正値を逸脱するおそれがないことを条件として、電圧規制点を引込柱としてもよい。電圧上昇対策は、個々の連系ごとに系統側条件と発電設備等側条件の両面から検討することが基本となるが、個別協議期間短縮やコストダウンの観点から、あらかじめ対策について標準化しておくことが有効である。発電設備等からの逆潮流により低圧需要家の電圧が適正値($230V \pm 5.75V$ 、 $400V \pm 10V$)を逸脱するおそれがあるときは、発電設備設置者において、進相無効電力制御機能又は出力制御機能により自動的に電圧を調整する対策を行う必要がある。これが十分ではない場合には、配電線の増強等を含む更なる措置を行う必要がある。

ii) 瞬時電圧変動対策

発電設備の連系時の検討においては、発電設備等の並解列時の瞬時電圧低下は、コンピュータ、0A機器等の情報機器が、定格電圧の10%以上の瞬時電圧低下により機器停止等の影響を受ける場合があることも勘案し、常時電圧の10%以内(230V系では207Vが下限値)とすることが適切である。

これらの仮定の下で自励式の逆変換装置を用いる場合には、自動的に同期がとれる機能を有するものを用いる。他励式の逆変換装置を用いる場合であって、並列時の瞬時電圧低下により系統の電圧が常時電圧から10%を超えて逸脱するおそれがあるときは、発電設備設置者において限流リアクトル等を設置するものとする。これが十分ではない場合には、配電線の増強を行うか、自励式の逆変換装置を用いるものとする。

⑤ 保護継電器

保護継電器の種類については適切な電圧や周波数範囲外での動作を防止するために、表 1-3-3.8 の保護継電器を搭載することになる。

逆潮流が禁止されている場合は、逆電力継電器 (RPR) を設置することになる。

表 1-3-3.8 保護継電器リスト

継電器の種類
過電圧継電器 (OVR)
不足電圧継電器 (UVR)
周波数上昇継電器 (OFR)
周波数低下継電器 (UFR)

保護継電器は受電点、または故障の検出が可能な場所に設置することになり、ここで、「故障の検出が可能な場所」とは、具体的には、発電設備の引出口、受電点と発電設備との間の連絡用母線、受電用変圧器二次側のことである。

表 1-3-3.8 の保護継電器が動作した場合、発電設備は受電用遮断器、発電設備出力端遮断器、発電設備連絡用遮断器、母線連絡用遮断器のいずれかの箇所で系統から解列する。なお、解列にあたっては、発電設備を電路から機械的に切り離すことができ、かつ、電氣的にも完全な絶縁状態を保持しなければならないため、半導体のみで構成された電子スイッチを遮断器として適用することはできない。

保護継電器のうち、周波数低下継電器 (UFR)、周波数上昇継電器 (OFR) 及び逆電力継電器 (RPR) は一相設置とする。また、不足電圧継電器 (UVR) 及び過電圧継電器 (OVR) は三相設置とする。

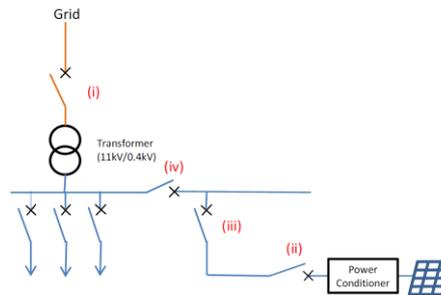


図 1-3-3.2 解列点

(出典: Guidelines on Technical Requirements for Photovoltaic Grid-connection)

⑥ 単独運転検出

逆潮流がある場合、発電設備の出力と系統負荷間がバランスすることを防止するために単独運転検出を設置する必要がある。これは系統所有者が単独運転している発電設備と系統間の非同期により、再閉路できないためである。表 1-3-3.9 に単独運転検出の種類を示す。発電設備の設置者は能動方式から 1 つ以上、受動方式から 1 つ以上の方式を選択する必要がある。

表 1-3-3.9 単独運転検出の種類

能動方式	受動方式
a) 周波数シフト方式	e) 電圧位相跳躍検出方式
b) 有効電力変動方式	f) 第三次高調波電圧急増検出方式
c) 無効電力変動方式	g) 周波数変化率検出方式
d) 負荷変動方式	

⑦ 自動復帰機能

PVシステムに停電後自動復帰機能がある場合、不要な並列でのダメージ拡大を防止するために受電電圧の確認を行う条件を備える必要がある。

⑧ 自動負荷制限及び発電抑制

発電設備が脱落時に主として連系された電線路や変圧器が過負荷となるおそれがあるときは、発電設備設置者において自動的に負荷を制限する対策や発電を抑制する対策を行うものとする。

1-4 「モ」国の対象分野のODA事業の事例分析及び他ドナーの分析

1-4-1 政府開発援助

政府開発援助 無償資金協力・有償資金協力の「モ」国実績を以下に示す。

表 1-4-1.1 政府開発援助(無償資金協力・有償資金協力)の実績

無償資金協力・有償資金協力			
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※
2006/07/05	モルディブ津波復興事業	—	2,733
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一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・フォナド一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。防災の観点から重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。

1-4-2 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 1-4-2.1 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(うち日本政府は草の根無償「ディフシ島太陽光発電設備整備計画 The Project for Provision of a Solar Power Generation System to Dhiffushi Island」を実施)	GSEP 日本政府	N/A (草の根無償分 361,254 米ドル)	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 米ドル	
6	Smart Grid Capacity Development (Financed by the Japan Fund for Poverty Reduction)	ADB	1.4 百万 米ドル	
7	CLEAN ENERGY FOR CLIMATE MITIGATION PROJECT	CCTF	2.53 百万 米ドル	

(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いる。ADBのASEI(Asia Solar Energy Initiative)ではADB域内に今後3年間でPVを約3,000MW導入することを目指しており、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し、「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(ライセンスング)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1.4百万米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。

第2章 提案企業の技術の活用可能性及び将来的な事業展開の見通し

2-1 提案企業及び活用が見込まれる提案製品・技術の強み

2-1-1 業界分析、提案企業の業界内における位置付け

(1) 提案企業の技術

株式会社電協エンジニアリング(以下:当社)はこれまで国内においてメガソーラーをはじめ、民間向けPVの設置工事及びPV屋根貸事業等の太陽光発電事業に県外企業と連携して取り組んできた。また近年においては、風力発電設備等の再生可能エネルギーに係る工事、発電プラント関連工事・保守点検の実績を有している。

PVシステム設計、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。当社は最適なPVシステムを提供できるシステムインテグレーター及び、企画・提案を行う案件開発の技術経験を有している。今後の太陽光発電事業の展開では、複数のPVモジュールメーカ及びパワーコンディショナ(PCS)メーカとの技術提携を行い、更なる技術向上を目指していくことを考えている。なお、技術向上を目指すにあたり、自社へ複数メーカのPVモジュール及びPCSを取り入れたPVシステムの導入を行い、実証運転による各種データ収集を実施し、各機器の性能確認・比較を行う予定である。その他にはPVシステム導入後の維持管理・保守について、遠方監視システムの構築を行い、遠方監視システムの活用による効率的な維持管理及び保守業務の拡大を目指していく計画がある。

当社は今後の太陽光発電事業の展開により、国内外においてのPVシステムの普及拡大に貢献すると共に、温室効果ガスの削減等の地球環境問題へも寄与していきたいと考えている。

(2) 業界分析

日本国内においては再生可能エネルギーの固定価格買取制度(電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法)が平成24年7月から施行され、PVの調達価格が1kWhあたり42円の高い水準に設定(10kW以上・10kW未満同様)されたことからPV発電事業に参入する企業の急増や住宅用PVシステム導入の活発化により、PVシステムの導入量が飛躍的に向上してきている。

一般社団法人太陽光発電協会の発表による平成24年度の太陽光パネル国内出荷量は、前年度比2.713倍増の380万9,451kWとなり、過去最高を更新している。用途別で見ると、住宅用は1.55倍増の186万8,969kWとなり、非住宅用(メガソーラー含む)は、前年度比9.9倍の193万7,671kWと大幅に増加している。

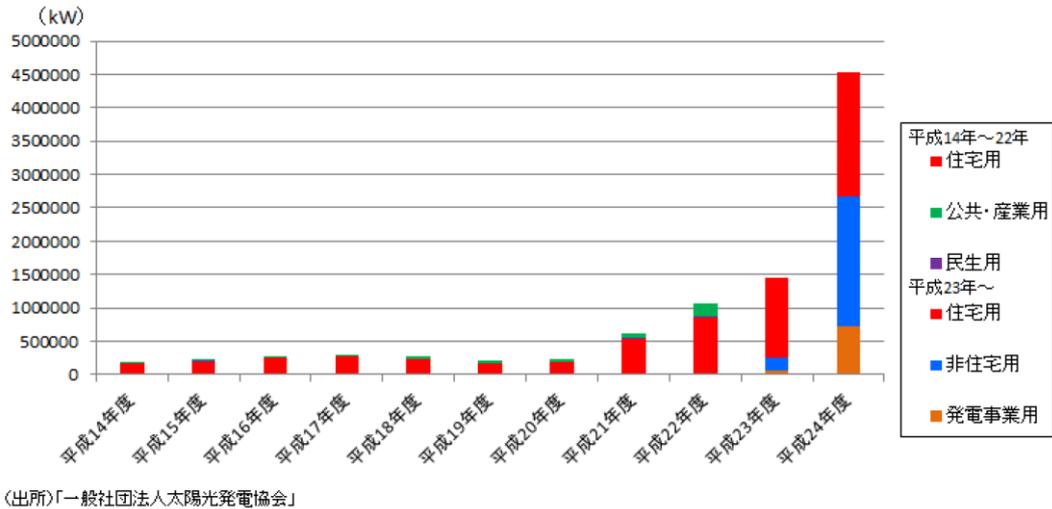


図2-1-1.1 PVモジュールの総出荷量推移

(出典:りゅうぎん総合研究所「経済トピックス 太陽光発電システムについて」2013.8)

沖縄県内においてもPVシステム導入量が増大しており、県内の平成24年度における住宅用太陽光発電補助金の交付決定件数は、前年比18.5%増の3,232件となっており、新築410件(構成比12.7%)、既築2,822件(構成比87.3%)の内訳となっている。

沖縄県内におけるPVシステムの普及率は、年々上昇しており、平成21年度の普及率が2.5%であったのに対し、平成24年度は3.3ポイント上昇の5.8%となっている。このことから、県内の太陽光発電事業は拡大しており、県内太陽光発電設置業者の競争が激化している状況となっている。

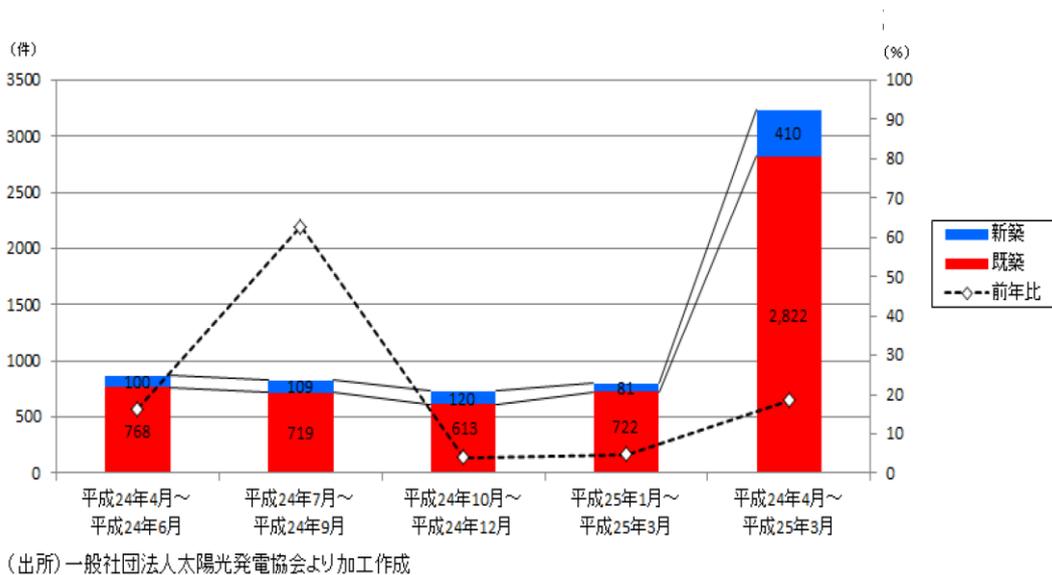
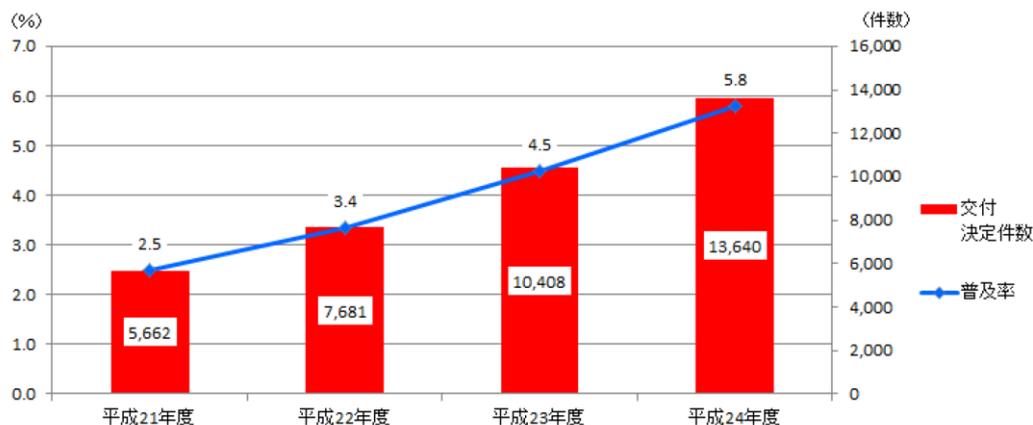


図2-1-1.2 平成24年度住宅用PV補助金交付決定件数と前年比(沖縄)

(出典:りゅうぎん総合研究所「経済トピックス 太陽光発電システムについて」2013.8)



(注)普及率は県内の戸建て住宅における割合。
 (出所)総務省、国土交通省、一般社団法人太陽光発電協会

図2-1-1.3 沖縄県におけるPVシステムの普及率

(出典:りゅうぎん総合研究所「経済トピックス 太陽光発電システムについて」2013.8)

再生可能エネルギーの固定価格買取制度の施行後、沖縄県内においてもPV導入が急速に進んでいる状況ではあるが、沖縄県は土地が狭いことやもともと系統規模が小さいことに加え、系統線が他の地域と連系されていない独立系統である等の要因により、再生可能エネルギーの接続量に限界が生じやすい地域である。この事を踏まえるとPV関連市場拡大には限界があると想定される。

実際に平成25年12月24日の沖縄電力株式会社のプレスリリースで沖縄本島におけるPVの接続申込量(出力300kW以上)が接続限界の目安である57MW程度を超過したことが通知された。接続量が接続限界に達した場合、PV(出力300kW以上)は新たに系統へ接続できなくなるため、自ずとPV関連市場への影響が出てくるものと想定される。したがって、それに伴う県内太陽光発電設置業者への影響も避けられない状況になると考えられる。

2-1-2 提案製品・技術の特長

小規模電力系統においては、規模及び調整能力の制限等から系統連系型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く、その変動量が大きくなると需給調整や電力品質の確保等が困難になる。そのため、系統連系型PVシステムを高い割合で導入する際には既存電源であるDGと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が有望視されている。

沖縄では今日まで電力供給に関するディーゼル燃料の使用量を削減すべく、小規模離島へDGと協調を取ったハイブリッドシステムとして系統連系型PVシステムが導入されてきた。本事業では沖縄で培った技術であるPV・DGハイブリッドシステムの構築技術の活用を提案する。

(1) 機能面

提案するPV・DGハイブリッドシステムは設置および維持管理に負担を伴う蓄電池を併設せずにPVシステムの導入拡大を図る有効なシステムである。ハイブリッドシステムの特長として以下が挙げられる。

- 1) 蓄電池を併設しないシステム
- 2) PVシステムに付属するPCSの台数制御による周波数安定度対策を加味したシステム
- 3) PVシステムに付属するPCSの台数制御によるDG低負荷運転対策を加味したシステム

ハイブリッドシステムの海外実証事例として NEDO のタイ国でのハイブリッドシステムの実証事業では電力系統最大負荷 224kW のリボン島に PV システムを 85kW 設置し、平成 15 年度に 19.5kL のディーゼル燃料が削減されている。それはリボン島での年間燃料消費量の約 14%に相当する。

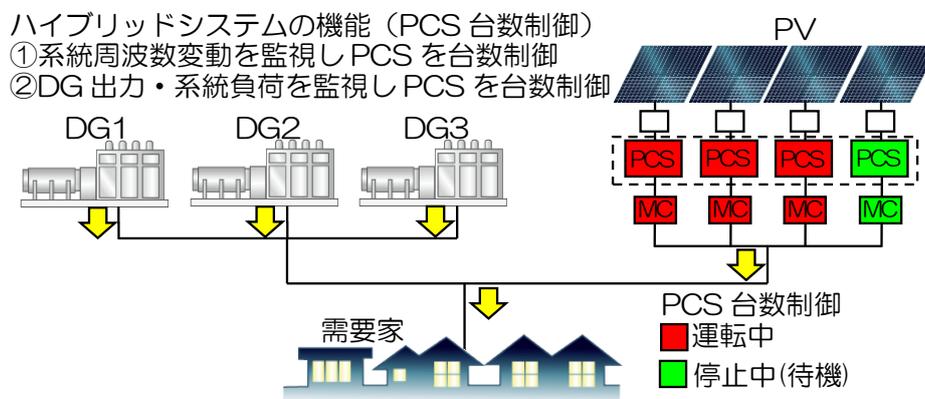


図 2-1-2.1 PV・DG ハイブリッドシステムイメージ図

(2) 維持管理面

市販の小容量の PCS を多数台組み合わせることで、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。また、受注生産型 PCS を用いたシステムと比較し、故障対応に要するコストも削減することが可能である。

小容量の市販品を多数台組み合わせたシステムは施工性の面でも優位性があり、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である。具体的な優位点は以下の通りである。

- 1) PCS 分割による PCS 故障時の PV システム全停止のリスク軽減
- 2) 市販品 PCS の採用による持続的な運用・維持管理が可能なシステム

PCS の故障等の主な原因として雷による被害やアルミ電解コンデンサの経年劣化等が挙げられる。独立行政法人産業技術総合研究所と太陽光発電所ネットワーク (PV-Net) の共同調査によると、運転開始から 10 年以内に PCS の修理・交換を行った事例が約 21%となっており、高い割合で故障等が発生することが分かる。このことから PV システム全停止のリスク軽減を図ることは有効と考えている。

また、PCS の仕様・台数による価格の違いについて、当社独自の調査を基に比較を行った。表 2-1-2.1 に 10kW PCS と 100kW PCS の価格等の比較を示す。基本的に各メーカーにおいて PCS のラインナップは 10kW の次は 100kW となるため、100kW 以下の PV システムは 10kW PCS の平行構成となるのが一般的である。100kW の PV システムの場合は 100 kW PCS を選定した方がイニシャルコストとしては安価となるが、前述のとおり故障発生時の設備利用率の低迷、故障対応に要するコストの増大が懸念されるため、小容量の市販品を多数台組み合わせたシステムを推奨する。市販の小容量の PCS では 1 台当たりの重量が軽いことにより施工性が向上することや加えて接続箱の機能を併せもっている機種の場合はシステムがシンプルに構成できること等が挙げられる。

なお、「モ」国で PCS は殆ど流通していないが、インドやスリランカ等の近隣国から短期間で調達が可能となっている。

表 2-1-2.1 10kW PCS と 100kW PCS の価格等の比較

	使用場所及び設置方法	価格(円)	重量(kg)	備考
10kW PCS	屋内・屋外壁掛設置型	800,000	約 62.5	
100kW PCS	屋内自立型	6,630,000	約 1,015	屋外用の場合は左記重量より重くなる。

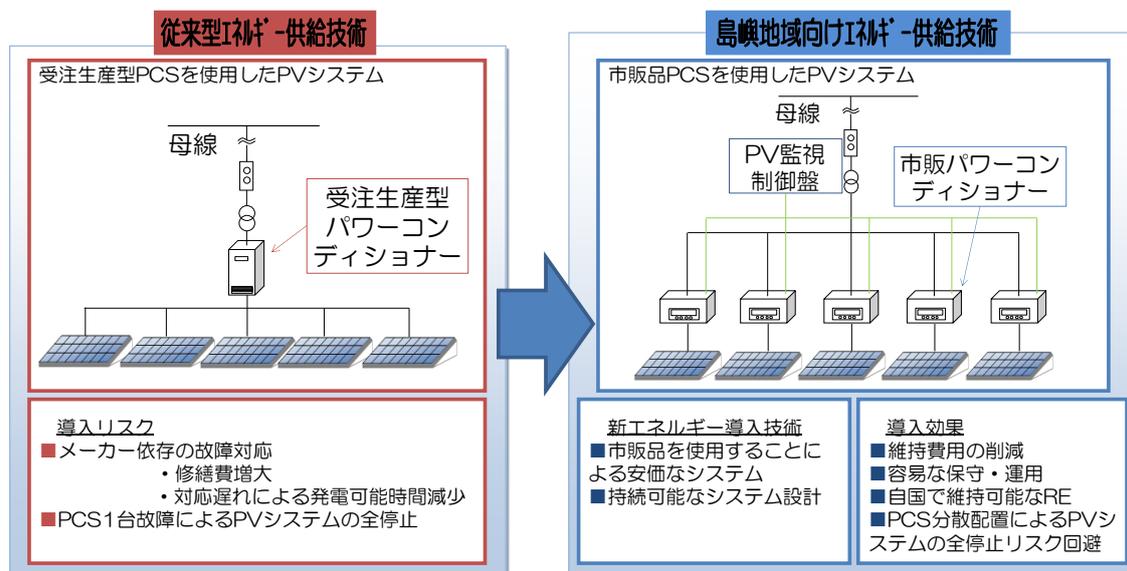


図 2-1-2.2 持続的に運用・維持管理が可能なシステム構成

(3) PVシステムの施工面

島嶼地域である沖縄県は四方を海に囲まれていることから重度の塩害地域となっており、PVシステムを構築する際、塩害対策が重要となる。当社は今日まで塩害対策に取り組んできており、豊富な経験を有している。具体的な塩害による機器類の腐食対策として鋼材にはなるべくステンレス材を選定するか、或いは鋼材には熔融亜鉛メッキ処理を施し、かつ、過酷な腐食環境下での使用にも耐えられるよう耐久性の高いJIS H 0401 HDZ55等を基本としている。

2-1-3 国内外の同業他社の類似製品及び技術の概況

PV と DG 等のハイブリッドシステムは以前から行われており、決して新しいシステムではない。しかしながら、その組み合わせ方は多種多様であり、例えば蓄電池を組み合わせたシステムや、蓄電池の代わりにフライホイールを組み合わせたシステム*等がある。また、蓄電池にも幾つもの種類があり、システム構成を検討するうえでは蓄電池の種類、容量の検討が重要な要素となる。

国外での類似技術としては、これまで、新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) が主導的に実証研究を実施してきた。以下に NEDO が実施した海外実証の一例を示す。

※沖縄の波照間島にて可倒式風力発電設備(風車を 90 度近く倒すことができ、台風時に倒すことで強風による被害を避けることができる等の特徴を有する)を 2 基(計 490kW)と系統安定化装置であるフライホイール 30kW×8 基を設置している。フライホイールは系統周波数の偏差及び電力変動をみて制御する方式で、これにより系統周波数、系統電力変動を抑え、風力発電設備の発電電力を最大限利用できるシステムとしている。

表 2-1-3.1 NEDO のハイブリッドシステム海外実証事例

No.	事業名	対象国	委託先企業	事業実施年度
1	太陽光発電系統連系システム実証 (PV+DG+鉛蓄電池)	タイ	昭和シェル石油	1999年～2003年
2	分散型太陽光発電システム実証研究 (PV+DG)	モンゴル	シャープ	2002年～2004年
3	太陽光発電系統連系システム効率化実証研究 (水冷 PV+DG+新型蓄電池)	中国	四国電力	2003年～2005年
4	太陽光発電システム等出力安定化制御技術実証開発 (PV+小水力+キャパシタ)	ラオス	沖縄電力	2007年～2010年

表 2-1-2.1 のタイ国でのハイブリッドシステムの実証事業では電力系統最大負荷 224kW のリボン島に PV システムを 85kW 設置し、実証を行った。平成 15 年度の測定結果から PV 発電電力量によって 19.5kL のディーゼル燃料が削減されている。なお、これは PV が発電した電力も含めて全て DG で供給したと仮定した場合、DG が消費すると予想される燃料消費量の約 14% に相当する。

国内での類似技術としては、離島を多く抱えている九州電力管内及び沖縄電力管内での導入が多く、九州電力管内においては、現在、九州電力において、小規模離島である、黒島、竹島、中之島、諏訪之瀬島、小宝島、宝島の 6 島で太陽光発電とディーゼル発電及び蓄電池を組み合わせた離島マイクログリッド実証研究が実施中である。以下に導入設備の概要を示す。

表 2-1-3.2 九州電力管内離島マイクログリッド実証研究の導入設備

導入設備 離島名	太陽光 (kW)	風力 (kW)	鉛蓄電池 (kWh)	リチウムイオン電池 (kWh)
黒島	60	10	256	66
竹島	7.5	—	—	33
中之島	15	—	80	—
諏訪之瀬島	10	—	80	—
小宝島	7.5	—	80	—
宝島	10	—	80	—

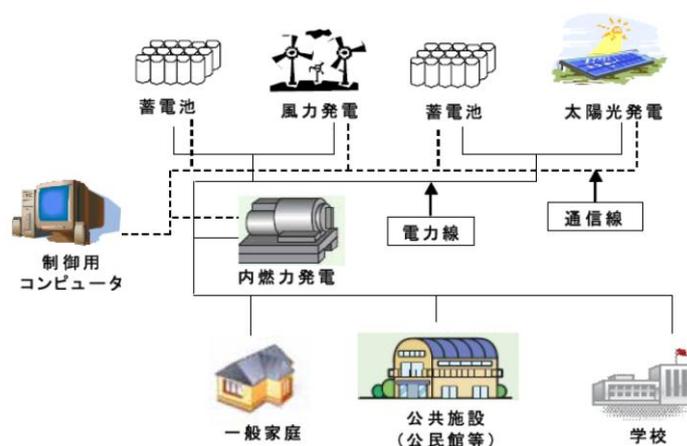


図 2-1-3.1 離島マイクログリッドシステムのイメージ

(出典:九州電力株式会社「プレスリリース 離島マイクログリッドシステムの設置工事の完了について」H22. 4. 20)

一方、沖縄電力管内では、多良間島、与那国島、北大東島において、本格的な規模の実証研究が行われている。以下に導入設備の概要を示す。

表 2-1-3.3 沖縄電力管内離島マイクログリッド実証研究の導入設備

導入設備 離島名	太陽光 (kW)	電力貯蔵装置	
		変換器容量 (kW)	キャパシタ容量 (kWh)
多良間島	250	300	7.2
与那国島	150	200	4.7
北大東島	100	100	2.9

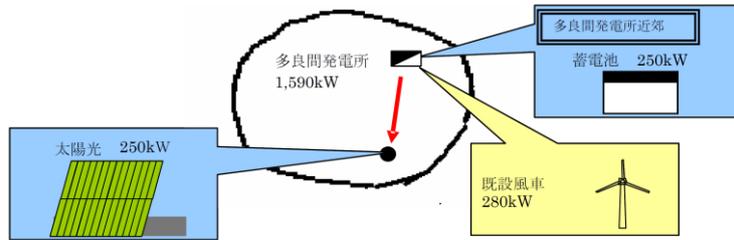


図 2-1-3.2 離島マイクログリッドシステムの概要(多良間島)

(出典: 沖縄電力株式会社「プレスリリース 多良間島マイクログリッドシステムの設置工事の完了について」H22. 8. 26)

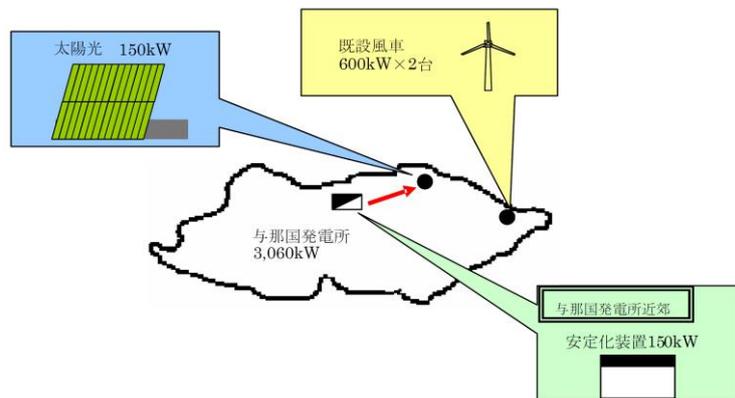


図 2-1-3.3 離島マイクログリッドシステムの概要(与那国島)

(出典: 沖縄電力株式会社「プレスリリース 与那国島マイクログリッドシステムの設置工事の完了について」H22. 9. 8)

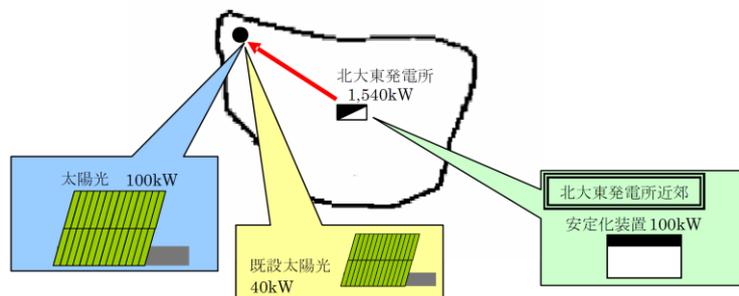


図 2-1-3.4 離島マイクログリッドシステムの概要(北大東島)

(出典: 沖縄電力株式会社「プレスリリース 北大東島マイクログリッドシステムの設置工事の完了について」H22. 9. 29)

上記のとおり、今日まで多くの技術開発が行われてきたが、上記のシステムは蓄電池を組み合わせたシステムが主流であり、蓄電池を用いることで初期費用が高く、また、蓄電池は必ず寿命を迎え、更新が必要となることから、運用コスト面においても高価である。一方、今回提案するシステムは蓄電池を使用せず、パワーコンディショナ等の付属機器についても市販品を用いることで安価であり、仮に故障が起きた際も現地での対応が可能な持続可能性の高いシステム構成をコンセプトとしている。また、太陽光発電の出力変動により電力品質(周波数、電圧等)に影響を及ぼす場合は、運転員が手動にてパワーコンディショナを「切」操作し、変動が無くなった場合は、同様に手動にて「入」操作を行うことが可能なパワーコンディショナの台数制御を備えたシステムである。

蓄電池を併設せず、維持管理を容易とした本システムは離島での利用者の立場に立ったシステム提案となっている点において、他社との差別化を図っている。

2-2 提案企業の事業展開における海外進出の位置づけ

2-2-1 提案企業の事業展開方針

再生可能エネルギーの固定価格買取制度の施行後、国内及び沖縄県内での太陽光発電事業に関するニーズは高まっており、関連する中小企業も数多く存在し、競争が激化している状況である。しかし今後、沖縄県の地理的な条件等により県内におけるPV関連市場拡大には限界があると想定される。

当社では今後の事業展開を見据えて沖縄県と同様な地理的・気候的背景を有している島嶼地域を対象として、これまでに沖縄で培った技術と経験を活かし、海外進出を図ることで事業拡大と技術向上を目指したいと考えている。具体的には海外展開を見据えて、沖縄で培った技術と経験である県内での最適な太陽光発電システムを提供できるシステムインテグレーター及び、企画・提案を行う案件開発の技術経験を活用することを考えている。更に海外事業展開においてはスムーズな事業展開を図るために現地パートナー企業を確保し、各得意分野の連携や信頼関係の構築を図ることが重要であると考えている。

海外事業展開の効果として島嶼地域への事業の水平展開のみに留まらず、海外での経験による技術向上等が対外的なアピールになることが期待でき、当社の沖縄県内における太陽光発電事業の発展にも寄与することが期待される。

よって、海外事業へ取り組みを進めることで太陽光発電事業が当社の事業内容の中核を担う事業へと拡大していくことを期待している。また、国際社会への貢献も念頭に置き、海外事業展開を図っていくことを考えている。当社の海外展開への方針をまとめると以下のとおりである。

- 1) 沖縄県と同様な地理的・気候的背景を有している島嶼地域を対象とした海外事業展開
- 2) 沖縄で培った技術と経験を活用した海外事業展開
- 3) 海外事業展開による当社の太陽光発電事業における事業拡大及び技術向上
- 4) 現地パートナー企業と連携したうえでの海外事業展開
- 5) 海外事業展開による当社の県内における太陽光発電事業発展への寄与
- 6) 国際社会への貢献

2-2-2 事業展開準備状況

(1) 当社の事業展開準備状況

先に述べたとおり沖縄県内での太陽光発電事業に関するニーズは高まっており、関連する中小企業も数多く存在し、競争が激化している状況である。このような中で当社が持続的な成長を維持するためには、沖縄県で培ったPVに関するノウハウを活用するべく、県内に加え沖縄と同様な地域特性をもった南太平洋やアジア地域への事業展開が望まれる。上記事項を背景に当社では以下のとおり事業展開に関し準備しているところである。

1) 海外展開の明確化

当社は全社員 32 名の中小企業であることから、海外へ事業展開するには役職員一丸となって取り組む必要がある。そのためには、各社員個人が海外への事業展開に関し、「海外進出の目的」、「スケジュール」、「役割」等を理解することが必要不可欠である。よって、自社において海外展開のビジョンを全役職員で共有していく予定である。

2) 要員の確保

現在、沖縄県では 300kW 以上の PV システムに関しては接続できない状況となっているが、10kW 未満の住宅用 PV システムについては、今後も依然として旺盛な需要があるものと想定される。当社は沖縄県において住宅用 PV システムの構築についても積極的に取り組んでいることから、次年度の「民間提案型普及・実証事業」が採択された場合、要員計画を再策定する必要がある。

3) 専属部署設置検討

現時点では未だ時期尚早ではあるが、次年度の「民間提案型普及・実証事業」の採択及び事業展開への展望が見えた時点で、新規に海外専属部署の設置に関する検討も実施したいと考えている。

4) 技術向上に向けた取り組み

状況に応じた最適な PV システムを提供できるシステムインテグレーターの技術向上を図るため、複数の PV モジュールメーカ及び PCS メーカとの技術提携を行う予定である。PV 施工については現場での経験を共有し、施工技術の蓄積を行っている。更には自社においても次年度 PV システムの導入を行い、実証運転及び保守の実施による更なる技術向上を目指す。

(2) 「モ」国の事業展開準備状況

株式会社沖縄エネテックは平成 24 年度政府開発援助経済協力事業委託費による「ニーズ調査」において、「モ」国を対象とし「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」を実施した。

「モ」国においては島嶼国ならではのエネルギー面の課題を抱えており、沖縄で培ったハイブリッドシステム構築技術を確立することにより、「モ」国全域の離島における事業展開、更にはその他同様な地理的・気候背景を有する島嶼国等への海外事業展開も期待できる。一方、ハイブリッドシステム構築技術の確立については、「モ」国政府から、技術に関する知見提供の要望があったことや現地企業の Plankton 社からも沖縄県中小企業との連携の要望があったことからスムーズな事業展開が図れるものと考えられる。また、海外事業展開において初期段階においては中小企業独自での実施は困難であることから、ODA 事業を活用し、事業展開の足掛かりとすることを考えている。

2-3 提案企業の海外進出による日本国内地域経済への貢献

2-3-1 地域経済への貢献

当社が海外展開を図ることは、以下の観点から地域経済に貢献できると考えられる。

(1) 雇用の維持・拡大

今後、沖縄県の地理的な条件等により PV 関連市場拡大には限界があると想定される等、沖縄県の太陽光発電設置業者は今後非常に厳しい事業環境を強いられる状況となることが想定される。その中で現在抱えている雇用と従業員の賃金水準を維持していくためには新たな市場参入により一定の売上を確保していくことが重要となってくる。海外には沖縄で培った技術が活用できる類似した地理的条件や気候条件を持つ島嶼地域が多数あり、未だ開拓されていない潜在的な市場も存在することから当社が海外展開により業務の受注拡大を図ることによって、雇用の拡大と賃金水準の維持・改善・向上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、継続的に技術力・生産性を向上し、競争力の強化を図るといった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中で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、時には国内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。このような海外事業で得られる知見や経験は、社会の変化や多様なニーズに対応する人材の育成に貢献できると考えられることから、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

海外事業の経験がない当社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み、国内外で新たなネットワークを広げることによって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の開発、新規事業の創出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当社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。

2-3-2 地域の産業振興策との関連性

沖縄において、沖縄振興特別措置法(第86条)では沖縄の経済及び社会の発展に資するため、沖縄の国際協力及び国際交流に係る施策の推進に努めることが明記されている。また、沖縄県が策定した「21世紀ビジョン基本計画」においては「世界に開かれた交流と共生の島」を目指すことに関する将来像への道筋として、アジア・大洋州地域の共通課題である水、環境、エネルギー、医療、感染症防除等の課題解決に資する研究交流・共同研究の推進など、科学技術・学术交流分野において沖縄から国際社会に対して情報発信・技術貢献等を推進することが明記されている。同じく沖縄県が策定した「沖縄県エネルギービジョン・アクションプラン」においても将来像イメージとして、国内外のエネルギー環境への協力を貢献できる地域を目指すこととなっている。

このことから、県内企業の海外事業展開は推奨されるものであると考えられる。

さらに、平成24年3月、JICAと沖縄県が締結した包括的な連携協定においても県内企業の海外展開支援やグローバルな産業人材育成等における民間連携の促進を挙げている等から、沖縄県の中小企業が海外においてビジネス展開することは地域経済振興策と合致している。

2-4 想定する事業の仕組み

「モ」国は沖縄県と同様な地理的・気候的背景を有している島嶼地域であり、299島の有人離島(住民居住離島194島)が存在している。島嶼国における社会経済開発上の課題があることやPVシステムに適した自然条件であること、政策として再生可能エネルギーの導入を促進していることから、沖縄で培ったPV・DGハイブリッドシステムの構築技術を活用した事業展開が図れることが期待される。現地パートナー企業のPlankton社とも連携に係る調整を進めており、「モ」国政府としても再生可能エネルギーの導入を積極的に進めていることから協力が期待できる状況となっている。また、本事業を皮切りに沖縄県と同様な地理的・気候的背景を有する島嶼国等への海外展開の機会の拡大も期待できる。

今回提案するPV・DGハイブリッドシステム構築の実証事業を現地パートナー企業であるPlankton社と連携して実施し、信頼関係の構築を図る等、事業展開の基盤を構築し、スムーズな事業展開を図れるように努める。Plankton社は「モ」国のDGに関する高い技術力を持つ現地企業であり、最適なPV・DGハイブリッドシステム構築に必要な不可欠な現地パートナー企業である。

実証事業では、事業展開の基盤構築以外にPV・DGハイブリッドシステムの有効性を「モ」国電気事業者にし、その後他の離島への水平展開にて事業展開を進められるようにする必要がある。なお、事業展開を図る上で、現地に精通した現地パートナー企業のPlankton社と共に営業活動を行う等、販路拡大を図ることを想定している。

2-4-1 流通・販売計画

当社が「モ」国において事業展開を図る際に、大々的な営業活動を行うことは困難である。そのため、現地パートナー企業のPlankton社と連携し、営業活動を行う中でより良い方法を模索していくことになることを想定している。

(1) 流通計画

PV・DGハイブリッドシステム構築では系統連系型PVシステムを導入し、既存電源のDGと協調をとったシステムを構築していくことになる。PVシステムに関しては当社が主体となって設備構築を行うが、既存設備であるDGに係る設備についてはPlankton社と共に協力して構築していくことを想定している。

系統連系型PVシステムやハイブリッドシステム構築に関連する資材は初期段階では日本から当社が調達した資材を用いることになるが、イニシャルコストの低減や現地にて対応可能な保守可能範囲の拡張を考慮すると、徐々に現地で調達可能な資材へシフトしていくことを考えている。

(2) 販売計画

販路としては「モ」国電気事業者であるSTELCO社、FENAKA社、住民島のコミュニティー、リゾート島等を想定しているが、まずは数多くの離島で電力供給を行っており、100%政府出資のFENAKA社をターゲットとした営業展開を進めることが望ましいと考えている。ODA案件の活用により、FENAKA社にPV・DGハイブリッドシステムの有効性をアピールすることでシステムの価値を認めもらうことが重要となる。ODA案件にて事業モデルを構築し、その後他離島への水平展

開を目指していくことになる。他離島への水平展開はなるべく事業リスクの低い(健全な既存電力設備及び電力系統を有していることや施工面での懸念事項が少ないこと等)離島から実施していくことが重要である。FENAKA 社にはコストパフォーマンスを踏まえての営業展開を進めることになるが、FENAKA 社からの説明によると発電電力のほぼ全てをディーゼル燃料に依存していることから、財務状況が厳しいとのことである。そのため、「モ」国政府からの SREP IP 等の多大な投資を見据えた計画を立てることが販路拡大の第一歩に繋がると考えている。また、「モ」国政府関連予算等を活用する場合には政府機関(MEE 等)が発注者となる可能性も勘案したうえで、営業活動を幅広く実施することが肝要である。

なお、事業展開における現地での情報収集や製品・技術の紹介等の営業活動は当社の日本からの渡航費用等も考慮すると、基本的には現地パートナー企業の Plankton 社に任せ、必要に応じて当社が現地に出向くことを想定している。

2-4-2 想定される市場規模

「モ」国には、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、全ての島が独立した小規模系統となっている。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。

仮に住民が居住している島に「モ」国政府(MEE)が考えている各島のピーク電力の 30%の PV システムが導入できると仮定した場合、導入できる PV システム容量の合計は約 23MW となり、大きな市場規模であることが確認できる。各島のピーク電力は MEE が作成した「Maldives Energy Outlook 2013 (for Inhabited Island)」の 187 島のデータを用いている。

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電力系統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が考えられる。よって、電力の安定供給、電力品質の維持を行う為に、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。

他にも日本と「モ」国が平成 25 年 6 月に沖縄県で開催された「地球温暖化防止とサンゴ礁保全に関する国際会議」で二国間クレジット制度に関する二国間文書の署名を行ったことから、二国間クレジット制度を活用した市場規模拡大も期待される。

2-4-3 想定する事業シナリオ

「モ」国は日射量が高く PV に適した自然環境を有していることや多くの小規模離島を有していることから、PV・DG ハイブリッドシステム普及のポテンシャルが非常に高いと言える。「モ」国において PV・DG ハイブリッドシステム構築技術を活用した事業展開を図り、更には「モ」国での事業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や、独立型電力系統が多数存在する大陸の内陸部にも事業展開を図ることが期待できる。

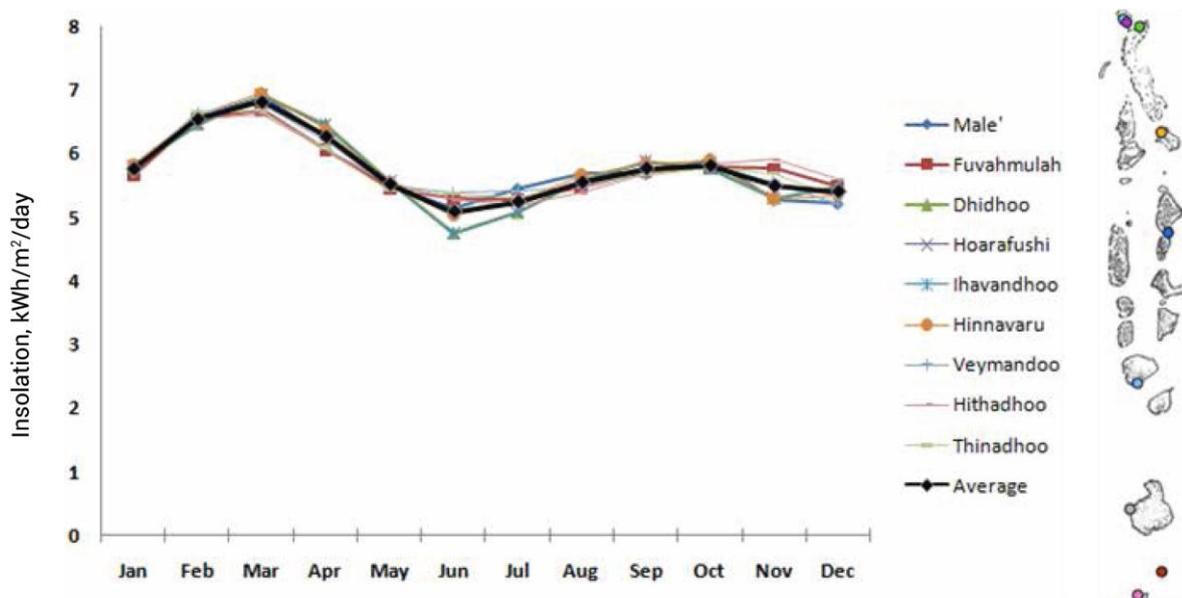


図2-4-3.1 地域毎の日射量

(出典: MALDIVES SREP INVESTMENT PLAN 2013-2017)

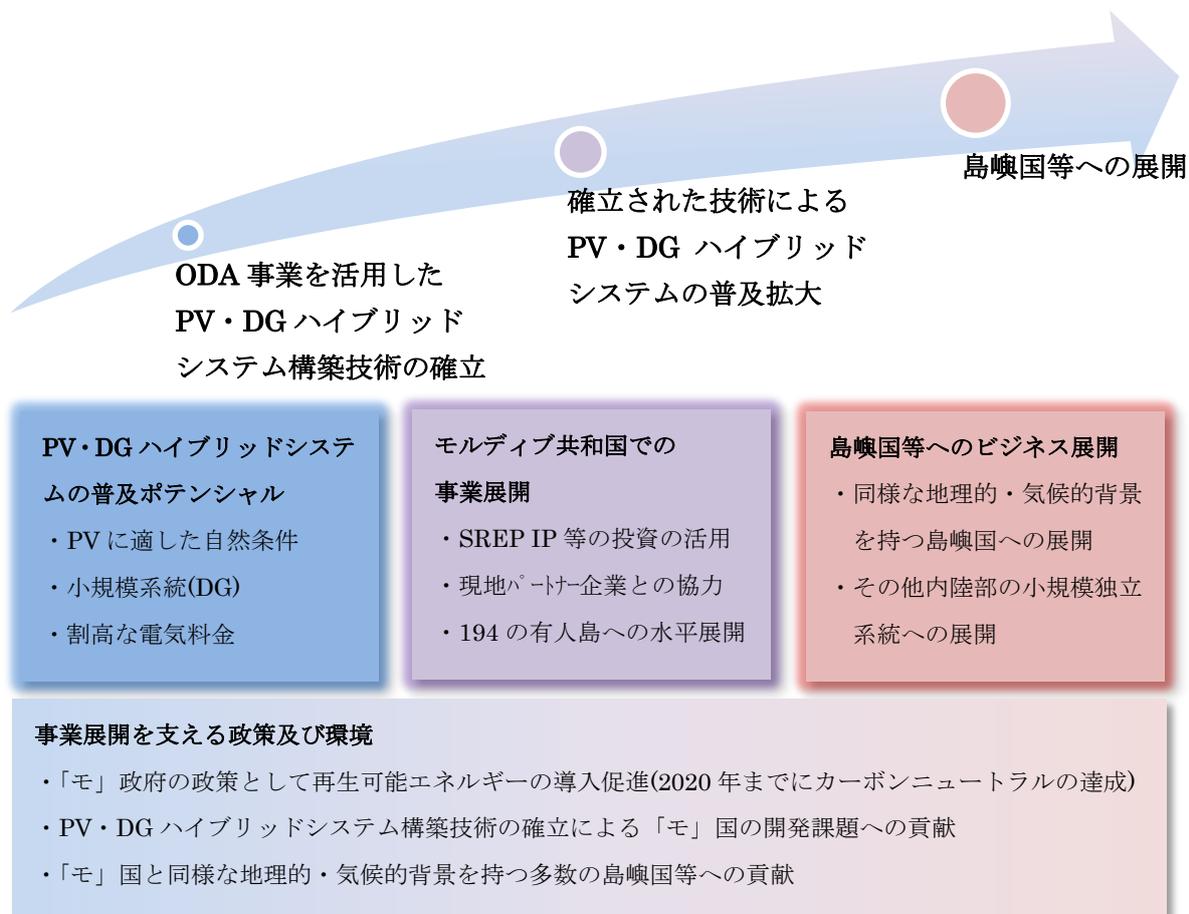


図 2-4-3.2 事業展開のイメージ図

2-5 想定する事業実施体制・具体的な普及に向けたスケジュール

2-5-1 想定する事業実施体制

「モ」国において事業展開を図る上での事業実施体制図を図 2-5-1.1 に示す。当社と現地パートナー企業の Plankton 社が連携して、「モ」国の電気事業者に対して PV・DG ハイブリッドシステムを構築し、事業展開を図ることになる。その際、株式会社沖縄エネテックは当社と Plankton 社へ協力をを行う体制を想定している。

事業実施の役割としては、先ず当社にて事業計画を策定する。Plankton 社とは効率的な事業展開に向けて密に調整を実施する。また、「モ」国での資材調達可能性を探る等、コスト低減の検討も常に意識して事業展開を進めることが重要と考えている。営業活動は Plankton 社にて実施し、具体的な事業が発足した際には共同企業体として取組を進めることを想定している。PV・DG ハイブリッドシステムを構築における所掌範囲については ODA 案件の活用することで、より効果的な所掌範囲を Plankton 社と共に検討することになる。株式会社沖縄エネテックは日本国内、海外において PV・DG ハイブリッドシステム等のコンサルタント業務について多くの実績を有していることから、事業に係る技術サポート、業務調整のサポート等を実施することになる。

更には PV・DG ハイブリッドシステム導入後も継続的な運用が可能となるように Plankton 社とメンテナンス体制を構築し、基本的に Plankton 社にてシステム不具合時の修理等の対応を実施することを想定している。

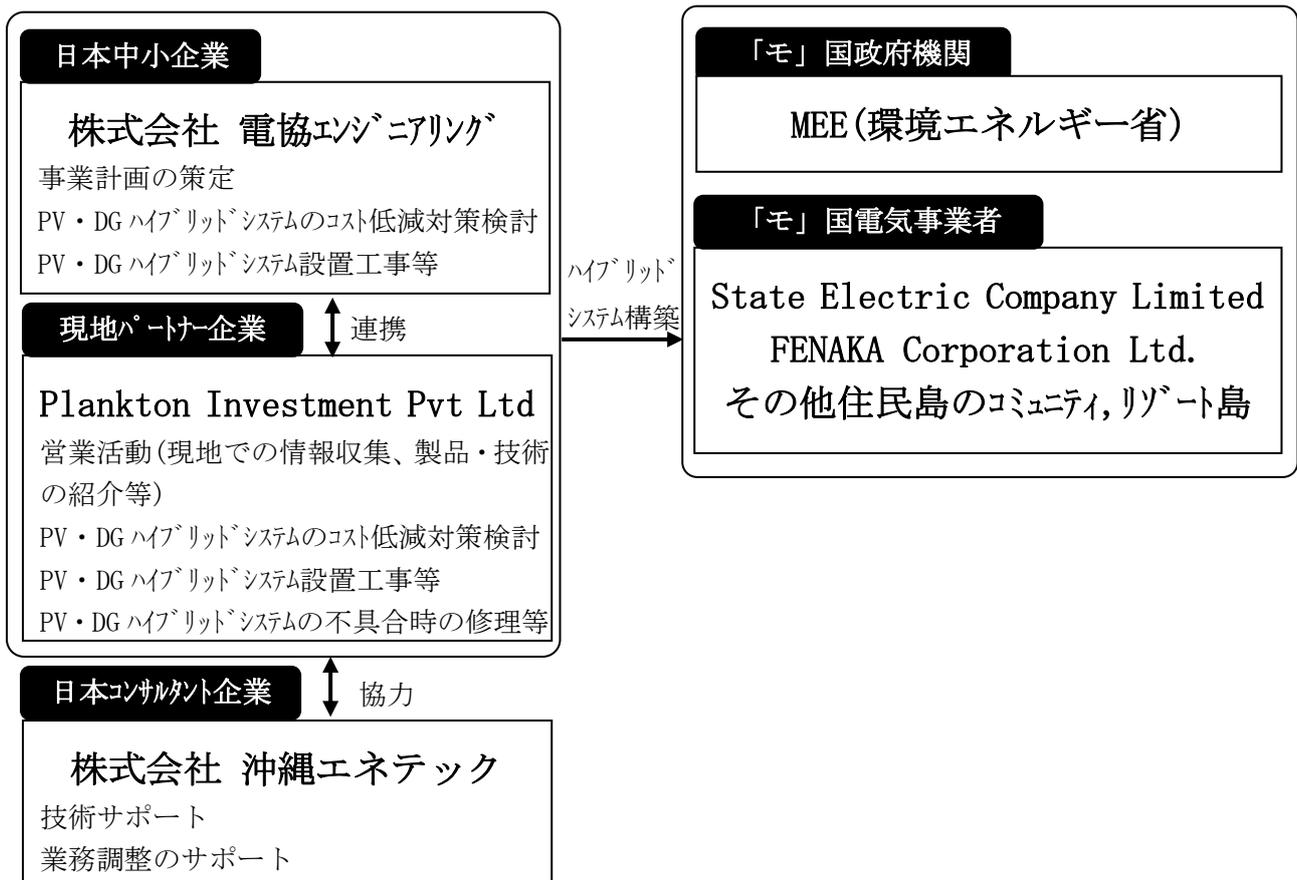


図 2-5-1.1 事業実施体制図

2-5-2 事業展開スケジュール

本調査を踏まえ、想定した事業展開スケジュールを表 2-5-2.1 に示す。平成 26 年度から平成 27 年度にかけて「民間提案型普及・実証事業」にて機材の調達、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、実証事業を行うことを想定する。「民間提案型普及・実証事業」の事業期間中から事業展開に向けた取り組みを行うことが重要であるため、FENAKA 社の管轄する DG 発電所を有する離島にて実証事業を実施し、PV・DG ハイブリッドシステムの有効性を検証し、FENAKA 社をターゲットとした営業展開を進めることを考えている。

事業期間中の事業展開準備は、今後水平展開が可能な離島の調査や各種情報収集等となる。また、「民間提案型普及・実証事業」終了後にも継続的に導入効果を検証できるように関係者調整を図り、検証により得られた有用な導入効果を宣伝材料として営業活動を実施する。

平成 29 年度には PV・DG ハイブリッドシステム構築に関する受注を目指すこととする。

表 2-5-2.1 事業展開スケジュール

年度	2013	2014	2015	2016	2017	2018
案件化調査	●——●					
民間提案型普及・ 実証事業		●——●		●		
事業展開準備			●——●	●	●	
導入効果継続検証				●——●	●	
営業活動			●	●	●	●
システム構築受注					●——●	●

2-5-3 事業展開の課題

当社が海外事業展開を進める上での課題事項として主に以下の 3 点が挙げられる。これらの課題事項を解消するためには、現地の情報を可能な限り把握し、事業展開準備を計画的に進めることが重要である。更に将来的な展望、課題事項の解消を考慮すると、グローバルな人材を育成することが重要であり、JICA スキームである「民間連携ボランティア」等の活用も検討する。また、事業にて想定できない事態等に直面した際に適切に対応するためにも事業実施期間は十分余裕を持たせることが望ましい。

(1) 語学力を有する社員の不足

当社においては、「モ」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することは困難であるため、技術的な内容にも対応可能な通訳の雇用等万全な対策を講じる必要がある。

(2) 海外事業の経験度

海外での業務経験が非常に少なく、「モ」国の法規制や海外で事業展開を行う上での慣例や手続き等に不慣れなため、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不可欠となってくる。

(3) 現地での事業実施体制

当社が現地で業務を遂行する上で、現地の事情に精通した現地パートナー企業の協力が必要不可欠となる。資機材調達、資材輸送等に対応可能な信頼できる現地パートナー企業を確保できるかが、事業展開を左右することになる。

また、現地パートナー企業のみならず、関係機関との信頼関係を築き上げることも重要である。

2-6 リスクへの対応

2-6-1 想定されていたリスクへの対応結果

(1) 知的財産権へのリスク

知的財産権について、今回提案する技術は現段階では特許技術は取得していないが、今後の事業展開において国際特許等を取得した際には、現地での契約時等に契約内容を十分精査し、特許技術等に関しては適切な対応を行うように考慮することが重要である。知的財産権の適切な対応を行うために JETRO(日本貿易振興機構)等からの情報収集や現地の弁護士との契約等の対策も必要である。

(2) 環境社会配慮へのリスク

今回提案する PV・DG ハイブリッドシステムは、既存電源の DG と PV を組み合わせたシステムであり、PV の導入による環境負荷は考慮しなくてよいと考えていたが、「モ」国では事業を開始する前に環境アセスメント報告書を環境保護庁(EPA:Environmental Protection Agency)に提出し、承認を得る必要がある。このことから、環境アセスメントの項目や実施方法等を事前に確認することが重要である。なお、EPA は MEE 傘下の法的規制機関であり、MEE からの情報で環境アセスメントの承認期間は 1 ヶ月程度となることを確認している。

本事項は EPA の承認を得て事業を実施することで環境社会配慮へのリスクを回避することが可能と考えている。

2-6-2 新たに顕在化したリスク及びその対応方法

(1) 技術リスク

今回提案する PV・DG ハイブリッドシステムが「モ」国の電気事業者の技術レベルに見合った適切な技術でない場合、予定していた運用を行なえず、想定していた開発効果が得られないというリスクが想定される。その場合、競争力を失い、事業展開も陳腐化してしまうことになる。前述の技術リスクを避けるために実証事業に置いて「モ」国の電気事業者の技術レベルを正確に把握し、「モ」国で適合可能なシステムを提案とすることが肝要である。また、実証事業にて「モ」国の電気事業者に対する適切な PV・DG ハイブリッドシステム運用に係るトレーニング方法を把握することが技術リスクの回避に必要不可欠である。

(2) ルーフトップへの PV 設置のリスク

「モ」国において土地は非常に重要となっているため、「モ」国政府として建物の屋根(ルーフトップ)への PV モジュールの設置を推奨している。既存の建物の屋根に PV を設置する際には構造物の強度等を確認する術を事前に把握しておく必要がある。また、ルーフトップへ PV 設置を行う場合、施工後の雨漏り等が懸念されるため、十分に対策を講じる必要がある。どうしてもルーフトップへの PV 設置が困難で、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を凝らし、「モ」国政府の承認を得ることを検討する。

(3) ケーブル布設工事におけるリスク

「モ」国では地中線ケーブルを直接埋設しているが、ケーブル布設の施工後において、小動物に齧られる等の被害及び他の作業によるケーブルへの損傷が想定される為、保護配管を使用する等の施工方法を検討する必要がある。

(4) 政治・経済・社会情勢の変化に伴うリスク

本案件化調査では、「モ」国の大統領選挙に伴う政治的混乱が調査の実施が大幅に遅れた大きな要因となった。また、同じアジア地区のタイでは現在、反政府デモが激化しており現地の日本企業へも少なからず影響が出ている。このように、海外においては日本では想定できない事態が発生する可能性があり、特に政情の不安定さや宗教対立がある場合、深刻な事態に至る可能性も低い。よって、その対応として「モ」国における最新の政治、経済等の情報を入手するとともに、仮にそのような事態が発生した場合の対策案を事前に想定することが肝要である。