

モルディブ

2015 年度 外部事後評価報告書

無償資金協力「マレ島におけるクリーンエネルギー促進計画」

外部評価者：グローバルリンクマネジメント株式会社 相馬 真紀子

0. 要旨

本事業は、モルディブの首都マレ島の 5 サイトにおいて、太陽光発電関連機材を調達し技術者育成を行うことにより、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ルディブ国民の意識啓発を図り、もって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を目的としていた。

本事業は、計画時及び事後評価時とも、モルディブの開発政策、開発ニーズと合致しており、計画時の日本の援助政策と十分に合致していた。したがって、妥当性は高い。本事業は事業費については計画内に収まったものの、当初入札において残余金が発生した影響で 2 回の追加調達・契約が行われ、結果として事業期間が計画を上回ったため、効率性は中程度である。発電量、ディーゼル燃料節減量、二酸化炭素（CO₂）削減量の実績は事後評価時点において目標値をおおむね上回った。また、太陽光発電システムが設置された建物利用者の太陽光発電に対する意識向上や、本事業で習得した知識・技術を活用したモルディブ主導の太陽光発電システムの設置、他ドナーによる後続の類似事業への本事業のデータやノウハウの活用等、おおむね計画どおりの効果が発現していることから、有効性・インパクトは高い。本事業の運営・維持管理は、体制、技術、財務状況ともに大きな問題はないため、持続性は高い。

以上より、本事業の評価は非常に高いといえる。

1. 事業の概要



事業位置図（出所：外務省ウェブサイト）



大統領府屋上の太陽電池パネル

1.1 事業の背景

モルディブの電力は、首都マレを中心とする 27 の島においては「モルディブ電力公社 (State Electric Company Limited、以下、「STELCO」という。))」が供給し、その周辺部の 149 の離島は「Fen Narudhamaa Karant、(ディベビ語¹で水、下水、電気の意味。通称「FENAKA」。)」という二つの公社により供給されていた。マレ島では人口集中により電力需要が増加しており、マレ島の北東側、フェリーで 15 分程度の場所にベッドタウンとして造成されたフルマレ島と呼ばれる人工島においても電力需要が急速に増大することが予測されていた。また、離島においても電化が進み電力需要が増加していたが、発電規模が小さくなるほど単位当たりの発電コストが高くなるという問題も抱えており、エネルギー源のほぼすべてを輸入燃料に依存しているモルディブにとって、燃料輸入量の増加は政府財政を圧迫する要因の一つとなっていた。

また、モルディブは平均海拔 1 メートル程度の島嶼国であるため、気候変動により海面上昇の影響を最も受けやすい国の一つであり、温室効果ガス削減への対応が必要であった。モルディブ政府は、気候変動枠組条約や京都議定書を批准しているほか、日本政府が構築したクールアースパートナーシップ²のパートナー国にもなっており、気候変動対策に積極的に取り組んでいた。

かかる状況下、モルディブ政府はマレ島及びフルマレ島における中長期的な電力の安定供給と再生可能エネルギーの促進を目的に、太陽光発電システムの導入に係る開発計画調査型技術協力「マレ首都圏における太陽光発電導入計画調査」(2009年1月～11月)を日本政府に要請した。同開発調査に基づき、マレ島において 5 カ所のサイトが本事業の対象地として選定された。また、同開発調査では、当時実施機関の 1 つである STELCO において太陽光発電システムの取扱いに関わる経験者はほぼ皆無であったことから、太陽光発電システム導入後に必要となる運営維持管理手法についても技術移転が必要とされていた。

1.2 事業概要

マレ島の 5 サイトにおいて、太陽光発電関連機材を調達し、技術者育成を行うことにより、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ルディブ国民の意識啓発を図り、もって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。

1 モルディブの公用語。

2 気候変動対策に取り組む途上国向けの資金メカニズムとして、2008年1月の世界経済フォーラム年次総会(ダボス会議)にて、当時の福田首相により発表された構想。「クールアース 50」(世界全体の排出量を現状に比して 2050 年までに半減するという長期目標)を推進するための「クールアース推進構想」に盛り込まれた。

【無償】

E/N 限度額・G/A 供与額/実績額	1,000 百万円 / 1,000 百万円	
交換公文締結（/贈与契約締結）	2010 年 3 月（/2010 年 3 月）	
実施機関	環境・エネルギー省（MEE）（2012 年 5 月に住宅・交通・環境省（MHTE）から改称）及びモルディブ共和国電力公社（STELCO）	
事業完了	2014 年 3 月	
案件従事者	本体	豊田通商株式会社
	コンサルタント	八千代エンジニアリング株式会社/四国電力株式会社（JV）
	調達代理機関	一般財団法人日本国際協力システム（JICS）
概略設計調査	【開発計画調査型技術協力】 「マレ首都圏における太陽光発電導入計画調査」（2009 年 1 月～2009 年 11 月）	
関連事業	【他機関案件】 国連工業開発機関（UNIDO）、国連開発計画（UNDP）& 地球環境ファシリティ（GEF）、ドイツ国際協力公社（GIZ）、世界銀行、アジア開発銀行（ADB）等のドナーにより太陽光発電に係る支援が実施されている。詳細は本文参照。	

2. 調査の概要**2.1 外部評価者**

相馬 真紀子（グローバルリンクマネジメント株式会社）

2.2 調査期間

今回の事後評価にあたっては、以下のとおり調査を実施した。

調査期間：2015 年 10 月～2016 年 8 月

現地調査：2015 年 12 月 7 日～12 月 17 日、2016 年 3 月 4 日～3 月 8 日

2.3 評価の制約

本事業では、開発計画調査型技術協力から事業開始までの約 1 年間に太陽電池パネル³の価格が急落したため当初入札において残余金が発生した影響で 2 回の追加調達⁴が行われ、

³ 光エネルギーを電力に変換する電力機器（太陽電池）を複数枚接続して必要な電圧と電流を得られるようにしたパネル状の製品。太陽電池モジュール、ソーラーパネル、ソーラーモジュール等と呼ばれることもある。

⁴ 本事業は環境・気候変動対策無償案件であるため、該当する調達ガイドラインに則り調達代理方式にて実施された。調達代理方式とは、国際調達に関する専門的な知識・ノウハウを有し、かつ中立的な立場となり得る非営利法人が調達代理機関として、相手国政府との契約に基づき相手国政府の「代理人」として、資金管理とあわせ、資機材や役務の選定・調達に関する一連の調達プロセスの管理・監督を行うもの。公正性や透明性などが確保されると同時に、案件を効率的かつ円滑に進めることを目的としている。（出所：

事業完了が予定より大幅に延びた。2回目の追加調達分については、事後評価時点において事業完了から1年半程度しか経過しておらず、設置された太陽光発電システムの持続性（運営・維持管理の状況）を判断するには十分な期間を経っていない点に留意が必要である。

3. 評価結果（レーティング：A⁵）

3.1 妥当性（レーティング：③⁶）

3.1.1 開発政策との整合性

計画時には、モルディブ政府は「第7次国家開発計画」（2006年～2010年）において、信頼できるエネルギー供給や再生可能エネルギー利用の促進を優先課題として掲げていた。事後評価時において、「第7次国家開発計画」（2006年～2010年）は更新されていないが、モルディブ大統領が党首を務める進歩党のマニフェスト（2013年11月より実施）において、信頼できるエネルギー供給や再生可能エネルギー利用の促進は引き続き優先課題となっている。

エネルギーセクターの政策としては、安定的なエネルギー供給や再生可能エネルギーの利用促進を目指して2010年に策定された「国家エネルギー政策・戦略」は計画時から事後評価時に至るまで有効である。モルディブ政府は、同政策に沿って「Scaling-up Renewable Energy Investment Program in Low Income Countries」（2013年～2017年）（以下、「SREP-IP」という。）を策定し、世界銀行やADB、「イスラム開発銀行（Islamic Development Bank、以下、「IDB」という。）」等の融資を活用して2017年末までに合計30MWの再生可能エネルギーによる発電を可能にすることを目指している。同計画では、信頼性と持続性の高いエネルギーセクターの成長を可能にする環境の創出とすべての有人島の電化、エネルギーの多様化による化石燃料への過度の依存の軽減、エネルギー効率の改善と省エネルギー化、低炭素技術導入の奨励、再生可能エネルギーの活用、エネルギーセクターへの民間企業の参加等为目标に掲げている。SREP-IPでは、大きく二つのプログラムが計画・実施されている。一つは「Accelerating Sustainable Private Investment in Renewable Energy」（以下、「ASPIRE」という。）と呼ばれる、太陽光や廃棄物発電等の再生可能エネルギーシステムの統合のために民間投資を活用することに重点を置いたプログラムである。もう一つは、「Preparing Outer Islands for Sustainable Energy Development」（以下、「POISED」という。）と呼ばれる、政府やドナーの資金を活用して離島における再生可能エネルギーの利用を促進するプログラムである。

このように、計画時及び事後評価時ともに、モルディブの開発計画及び国家エネルギー政策においては再生可能エネルギー促進が優先課題となっており、本事業はモルディブの国家政策及びエネルギーセクターの開発政策と合致している。

日本国際協力システムウェブサイト、最終閲覧日 2016年4月11日。<http://www.jics.or.jp/soshiki/about.html>

⁵ A：「非常に高い」、B：「高い」、C：「一部課題がある」、D：「低い」

⁶ ③：「高い」、②：「中程度」、①：「低い」

3.1.2 開発ニーズとの整合性

計画時、モルディブでは 2004 年 12 月の津波被災後に顕著となったマレ島への人口集中により電力需要が増加する一方、土地面積の制約上、発電設備の拡張は困難であった。同国の発電電力は、ほぼすべて輸入ディーゼル燃料に依存していたが、2004 年頃より顕著となった燃料価格の高騰により STELCO の財務状況は悪化し、国家のエネルギー・セキュリティ確保が危ぶまれていた。また、同国は気候変動により海面上昇の影響を最も受けやすい国の一つであるため、ディーゼル発電への依存度減少による温室効果ガス削減への対応が必要であった。事後評価時においても、マレ島への人口集中に伴う電力需要は増加の一途をたどっており、モルディブにおけるエネルギー・セキュリティ確保はまだまだ重要な課題である。また、気候変動対策も依然重要な課題であり、ディーゼル等化石燃料への依存度を低下させて温室効果ガス削減を図っていく必要性は依然として高い。このように、モルディブにおけるエネルギー・セキュリティ及び温室効果ガス削減のための再生可能エネルギー促進へのニーズは計画時及び事後評価時ともに高い。

3.1.3 日本の援助政策との整合性

モルディブは、地球温暖化防止のために日本政府が掲げた長期計画「クールアース 50」を推進するための「クールアース推進構想」への支持を 2008 年 6 月に表明し、日本とクールアースパートナーシップを構築した。これを踏まえ、対モルディブ事業展開計画（2009 年 6 月）では、気候変動分野において積極的に案件形成を進める方針であった。このことから、日本の援助方針との整合性は高かった。

以上より、本事業の実施は、計画時及び事後評価時におけるモルディブの開発政策、開発ニーズ、計画時の日本の援助政策と十分に合致しており、妥当性は高い。

3.2 効率性（レーティング：②）

3.2.1 アウトプット

計画時に想定されたアウトプットは、5 サイトにおける出力容量 395kWp の太陽光発電関連機材の設置であった。実際には、前述のとおり太陽電池パネルの価格急落のため当初入札において残余金が発生し、2 回の追加調達が行われたため、12 サイトにおいて当初目標の約 1.9 倍となる 740kWp 相当の太陽光発電システムが設置された。当初入札分（以降、「第 1 期」と称す。）、第 1 回追加調達分（以降、「第 2 期」と称す。）、第 2 回追加調達分（以降、「第 3 期」と称す。）のサイト別出力容量は表 1 のとおりである。

表 1 12 サイトにおける発電容量

	サイト (マレ島内 11 カ所、フルマレ島 1 カ所)	出力容量 (kWp)	合計出力容量 (kWp)
第 1 期	① STELCO 本社	45	395
	② モルディブ社会教育センター	100	
	③ タアジュディーン小学校	130	
	④ ヒリヤ中学校	100	
	⑤ 大統領府	20	
第 2 期	⑥ ベラナーゲ・ビルディング	40	280
	⑦ ジヤスディーン小学校	80	
	⑧ カラーファーンヌ小学校	85	
	⑨ 国立大学セントラルアドミンビルディング	40	
	⑩ 国立大学ヘルスサイエンス職員用ビルディング	35	
第 3 期	⑪ 財務省	20	65
	⑫ フルマレ病院	45	
		合計	740

出所：JICA 提供資料、実施機関（STELCO）質問票回答

ソフトコンポーネントとして、第 1 期及び第 2 期に、太陽光発電システムに関する基礎知識及び保守点検、緊急時の対応等の運営・維持管理に関する研修が実施された。計画 11.5 人月に対し実績も 11.5 人月と、計画どおりであった。

モルディブ側の負担事項については、実施機関が調達や事業実施に係る便宜供与を図ることが想定されていたが、詳細な計画は準備されなかった。実際には、MEE 及び STELCO によって、事業の適切な実施のために以下の事項が実施された。

【MEE による負担事項】

- 調達資材の関税の免除に係る手続き
- プロジェクトマネージャー1名、業務調整員2名の備上
- 事務所スペースの提供
- 事業実施において発生した消費税（119,234.91 MRV⁷）分の負担

【STELCO による負担事項】

第 1 期における、太陽電池パネル設置時の電力網のモニタリング

3.2.2 インプット

3.2.2.1 事業費

事業費について、日本側事業費については、本事業は調達代理方式で実施されたため、G/A 供与限度額全額をモルディブ側に供与しており、事業完了時に日本側への戻入金は発生し

⁷ モルディブルフィア。モルディブの通貨で、1 MVR ≒ 7.37 円（2016 年 4 月の OANDA レート）。

ていない。モルディブ側負担分については、計画値及び実績値ともに金額は不明であった。このため、事業費は日本側事業費のみを比較対象とし、計画値、実績値とも G/A 供与限度額と同じ 1,000 百万円（計画比 100%）となり、計画どおりであった。

3.2.2.2 事業期間

事業期間は、2010 年 4 月から 2011 年 10 月までの 19 カ月を想定していたが、実際には、残余金発生による追加調達の影響で第 1 期、第 2 期、第 3 期の合計の期間は 2010 年 3 月 25 日から 2014 年 4 月 30 日までの 49 カ月となり、計画比 254%と計画を大幅に上回った。

第 1 期については 2012 年 2 月 8 日に完了しており、事業期間は 22.4 カ月、予定の 118% となっている。調達代理機関への聞き取り調査や JICA 提供資料によれば、2011 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災の影響により機材の納期が予定より約 3 カ月遅れたことが指摘されており、やむを得ない事情以外には目立った遅れはないと考えられる。

事業全体の期間は予定より 2.5 倍以上に延長されたものの、アウトプットは想定された出力容量を約 2 倍上回り、サイト数は当初予定の 2.4 倍に増えた。また、上述のとおり第 1 期は、震災の影響によりやむを得ず遅延したが、計画された期間を 18% 上回るにとどまった。これらの状況を総合的に考慮すると、事業期間の延長はおおむねアウトプットの変更に合ったものであると考えられるが、震災の影響がなかったとしても事業全体の期間は計画内に収まったとは断定し難い。なお、アウトプット変更に伴う事業期間延長については、実施機関への聞き取りにより、モルディブ側との正式な合意の上で決定されたことも確認された。

以上より、本事業は事業費については計画内に収まったものの、事業期間が計画を上回ったため、効率性は中程度である。

3.3 有効性⁸（レーティング：③）

3.3.1 定量的効果（運用・効果指標）

定量的指標 1)～3) については、第 1 期、第 2 期、第 3 期についてそれぞれ設定された目標値に対する事後評価時点までの経年の実績を確認した。表 2～4 のとおり、第 1 期、第 2 期、第 3 期とも、事後評価時点でおおむね目標値は達成された。第 2 期のデータが 2013 年～2015 年にかけて下降気味かつ 2015 年に目標値を若干下回った理由は、当該サイトの一つである「国立大学セントラルアドミンビルディング」に隣接するビルの補修工事が 2013 年後半から 2015 年初旬まで実施されていた影響で、太陽電池パネルがビニールシートで覆われ、発電ができなかったことによる。事後評価時点で同工事は終了しており、発電も問題なく行われていたため、2016 年の発電量は回復し、目標値の達成が予測される。

⁸ 有効性の判断にインパクトも加味して、レーティングを行う。

表 2 第 1 期の送電端電力量、ディーゼル燃料節減量、CO₂削減量

	基準値	目標値	実績値	実績値	実績値
	2010 年	2014 年	2013 年	2014 年	2015 年
	基準年	事業完成 3 年後	事業完成 1 年後	事業完成 2 年後 (注 1)	事業完成 3 年後
1) 送電端電力量 (kWh/日)	0	1202.4	1601.30 (133%)(注 2)	1606.41 (134%)	1618.91 (135%)
2) ディーゼル燃 料節減量 (ℓ/日)	0	312.62	416.40 (133%)	417.67 (134%)	420.92 (135%)
3) CO ₂ 削減量 (kg/日)	0	819	1090.90 (133%)	1094.30 (134%)	1102.80 (135%)

出所：JICA 提供資料、実施機関 (STELCO) 提供

注 1：事業完了が予定より 3 カ月ほど遅れて事業完成年は 2011 年でなく 2012 年となったため、2014 年時点では事業完了 2 年後であった。

注 2：(%) 内は対目標値割合。

表 3 第 2 期の送電端電力量、ディーゼル燃料節減量、CO₂削減量

	基準値	目標値	実績値	実績値	実績値
	2011 年	2014 年	2013 年	2014 年	2015 年
	基準年	事業完成 1 年後	事業完成年	事業完成 1 年後	事業完成 2 年後
1) 送電端電力量 (kWh/日)	0	930.1	1088.20 (117%)	974.63 (105%)	895.41 (96%)
2) ディーゼル燃 料節減量 (ℓ/日)	0	241.8	282.93 (117%)	253.40 (105%)	232.81 (96%)
3) CO ₂ 削減量(kg/ 日)	0	633.5	741.30 (117%)	663.92 (105%)	609.95 (96%)

出所：JICA 提供資料、実施機関 (STELCO) 提供

表 4 第 3 期の送電端電力量、ディーゼル燃料節減量、CO₂削減量

	基準値	目標値	実績値	実績値
	2013 年	2015 年	2014 年	2015 年
	基準年	事業完成 1 年後	事業完成年	事業完成 1 年後
1) 送電端電力量 (kWh/日)	0	215.4	250.37 (116%)	280.54 (130%)
2) ディーゼル燃 料節減量 (ℓ/日)	0	59.0	68.47 (116%)	76.80 (130%)
3) CO ₂ 削減量 (kg/日)	0	154.5	179.39 (116%)	201.22 (130%)

出所：JICA 提供資料、実施機関 (STELCO) 提供

定量的効果 4) 「エネルギーの多様化」については、モルディブにおける「エネルギー源別の供給の内訳」が指標として設定された。表 5⁹のとおり、割合としてはディーゼル燃料への依存度は低下しているが、同時にジェット燃料¹⁰の割合が増えており、全体的には引き

⁹ 表 5 にはジェット燃料等発電用以外のエネルギーも含まれているため、発電用エネルギーにおけるディーゼルへの依存度や再生可能エネルギーの供給割合を示していない点に留意が必要である。

¹⁰ 航空機用のジェットエンジンに使用する燃料。天然の原油を精製して得られる。

続き輸入燃料への依存度が極めて高い状態である。太陽光エネルギーの供給率は、概算ではあるものの2010年の0.07%から2013年には10倍の0.7%、2014年には20倍の1.4%に増加した。本事業で設置した740kWpのシステムは、事後評価時点（2015年12月）におけるモルディブ全体の太陽光発電容量（4MWp）の2割弱に相当しており、本事業は太陽光エネルギー供給割合の増加に一定程度貢献したといえる。

表 5 エネルギー源別供給割合

単位：%

	2010年 (実績値)	2011年 (実績値)	2012年 (実績値)	2013年 (実績値)	2014年 (実績値)
ディーゼル	81.2	83.4	82.9	62.1	57.6
ガソリン	9.1	8.8	9.5	8.6	6.6
LPG	3.3	3.3	2.9	2.5	2.0
太陽光エネルギー	0.07	0.07	0.06	0.7	1.4
灯油	0.06	0.09	0.07	データなし	データなし
ジェット燃料	5.7	4.3	5.5	26.7	33.4

出所：実施機関（MEE）提供

注：基準値及び目標値の設定はなし。また、相対度数（%）は小数点第2位を四捨五入して表記しているため、合計が100%にはならない。

3.3.2 定性的効果（その他の効果）

ソフトコンポーネントにて実施された研修の成果については、「ソフトコンポーネント計画書」にて想定された1)～5)の成果は表6のとおりおおむね達成されており、事後評価時も成果は持続していた（詳細は「3.5 持続性」参照）。成果4)の太陽光発電基金（「Renewable Energy Development Fund」、以下、「RED Fund」という。）は、計画どおり設立され、再生可能エネルギーに関する事業や研究に充当する等、大まかな用途は覚書等に明記されているが、具体的な活動計画や財務計画は策定されていない。そのため、覚書に明記された目的を実行に移すための活動計画の作成、必要な予算の具体化等を行い、財務計画を作成する必要があると考えられる。成果5)のMEE、STELCO間のコミュニケーションの円滑化については、「円滑化」の度合いを客観的に把握することは困難であったが、本事業の実施を通して双方が連携する機会が増えたこと、また、維持管理契約締結によって太陽光発電システムの維持管理状況の定期的な報告等をSTELCOからMEEに対して行うようになったことで、コミュニケーションの機会も増えたと考えられるため、期待された成果はおおむね達成されたと考えられる。

表 6 ソフトコンポーネントの達成状況

想定された成果 (2010 年)	事後評価時点の状況 (2015 年)
1) 本事業で整備される太陽光発電システムの維持管理マニュアルが作成される。	太陽光発電システムの維持管理マニュアルは作成され、活用されている。
2) 本事業の太陽光発電システムの基礎的な構成が理解され、機材の維持管理が持続的に行われる。	事後評価時点においても、実際の巡視点検はマニュアルに沿って実施されている。
3) 維持管理の進捗・実績が把握され、資金計画に沿って維持管理費が支出される。	全 12 サイトにおける発電量やトラブル等の記録は、STELCO から MEE への月例報告書によって報告されていることが確認された。毎月の維持管理費は、おおむね「維持管理契約書」に添付された予算どおりに支出されている。
4) 太陽光発電システムによる発電電力量収益をプールする「太陽光発電基金」が設立される。	RED Fund として設立され、STELCO から MEE への定期的な送金により資金が積み立てられている。
5) 本事業で導入する太陽光発電システム所有者であるモルディブ政府と管理者である STELCO とのコミュニケーション機会を通じ、意思疎通・情報共有が円滑化される。	本事業の実施及び維持管理契約に沿った報告や RED Fund の管理等において、MEE と STELCO はコミュニケーションを図る機会が増加した。

出所：実施機関 (STELCO) 質問票回答

3.4 インパクト

3.4.1 インパクトの発現状況

計画時には、本事業の有効性の定性的効果として「再生可能エネルギーの利用促進に関する国民への意識啓発」及び「気候変動対策における日本のイニシアティブの提示」が想定されていた。これらは、効果発現に一定の時間を要し、本事業のアウトプットとの関係性を考慮するとインパクトに相当すると考えられるため、インパクトとして評価分析を行った。

(1) 再生可能エネルギーの利用促進に関する国民への意識啓発

本事業の太陽光発電システムの設置場所として、モルディブの首都マレ島及びフルマレ島の中でも、特に人通りが多く注目を集めやすい大統領府やモルディブで最高層を誇るベラナーゲ・ビルディング、公立学校等の 12 サイトが戦略的に選定された。STELCO では、電気料金支払い窓口付近や学校の入口付近等の目立つ場所に、発電量、ディーゼル燃料節減量及び CO₂ 削減量に係るリアルタイムな情報が一目で分かるディスプレイが設置されていた。STELCO 職員への聞き取りによると、上記ディスプレイは人目を引いており、特に太陽光発電システム設置直後は来訪者からディスプレイの内容についての質問が相次いだとのことである。このような戦略的なサイトの選定と分かりやすいディスプレイの設置は、一部国民の太陽光発電に対する興味・関心を喚起し、再生可能エネルギーに関する意識啓発にもつながったと考えられる。

再生可能エネルギーの利用に関する国民の意識について把握するため、太陽光発電システムを設置した 12 サイトのうち、STELCO を除く 11 サイトにおいて、パネルが設置された建物の利用者各 1 名、合計 11 名への聞き取りを行った。その結果、11 名全員が本事業で

設置された太陽電池パネルの存在を知っており、太陽光発電を通じた再生可能エネルギーの促進が気候変動対策となり得ることを理解していた。また、11名中10名は本事業開始前には太陽電池パネルを見たことがなかったと回答した。わずか11名を対象とした聞き取りであり、国民全体への啓発につながったかどうかについては不明であるが、少なくともこれら11名の建物利用者にとっては、太陽光発電を身近に感じるきっかけとなり、意識啓発の一助となったことは推測できる。

上述のとおり、本事業の実施は、結果的にはマレ島及びフルマレ島における一般市民の意識啓発に一定程度つながったと考えられるが、その理由は、広報効果の高いサイト選定や、発電量を示すディスプレイの見やすさによるところが大きいと推測される。本事業では国民の意識啓発を目指した活動は計画がなく、実施もされなかった。MEE への聞き取りでは、MEE は独自に本事業の広報活動を実施したとのことであるが、活動の詳細と成果については記録や報告がないため不明である。太陽光発電導入によるエネルギー消費量削減の仕組み等について、本事業の枠内において、各サイトの建物利用者などを対象にワークショップ等を通じて十分な周知を行うことが望ましかったと考えられる。

(2) 気候変動対策における日本のイニシアティブの提示

本インパクトについては、計画時に指標が設定されていなかったため、以下三つの指標を設定して評価を行った。

- a) 事業終了後にモルディブ主導で実施・計画された太陽光発電システム導入の有無
- b) 上記における日本の太陽光発電技術の活用状況
- c) 他ドナーにより実施された再生可能エネルギー案件との比較における本事業の優位性

「a) 事業終了後におけるモルディブ主導の太陽光発電システム導入の有無」については、2014年にMEEの自己資金によりMEEの建物に25kWpの太陽光発電システムが設置された。計画、調達、設計はすべてMEEが行い、設置工事のみモルディブ国内の民間企業に委託した。小規模ではあるが、聞き取りを行ったMEE職員によれば、モルディブ政府の自己資金によりモルディブ人技術者が太陽光発電システムを設置した初めての事例とのことである。MEE職員によれば、システム設置の一連のプロセスには、本事業により習得した知識・技術を大いに活用したとのことである。また、2015年よりSTELCOも、独自の太陽光発電システムを三つの離島に導入した。3カ所の合計発電容量は、本事業と同タイプの系統連系太陽光発電システム¹¹が120kW相当、蓄電池併設の独立型太陽光発電システム¹²が240kW相当であり、聞き取りを行ったSTELCO職員によれば、こちらも導入に際しては本事業で習得した知識・技術を活用したとのことである。両案件とも、本事業の実施がモルディブ主導の太陽光発電事業の促進に貢献した事例である。

¹¹ 発電した電気を電力会社の電力網に接続するシステムであり、本事業で導入された太陽光発電システムもすべてこのタイプである。

¹² 発電した電気を蓄電池に充電して使うシステムであり、本事業では導入されていない。

「b) 上記における日本の太陽光発電技術の活用状況」については、設置された太陽電池パネルは MEE 及び STELCO とも中国製、インバーターはどちらもドイツ製であり、日本製ではなかったため、日本の技術の普及・アピールにはつながらなかったと考えられる。日本製のパネルはコストが高いため、モルディブではドイツ製や中国製のパネルが多く出回っている。なお、MEE、STELCO とも日本製太陽電池パネルの品質は他国製品と比して優れていると評価しており、他国製品と競争できなかった要因はコストの高さによるものと考えられる。

「c) 他ドナーにより実施された再生可能エネルギー案件との比較における本事業の優位性」については、発電容量の規模の大きさ、維持管理に係る技術研修の徹底度合い、パネルと設置工事の質の高さ、戦略的な設置サイト選定による広報効果等が挙げられる。表 7 のとおり、モルディブの再生可能エネルギー分野では他ドナーにより多数のプロジェクト、プログラムが実施されているが事後評価時点（2015 年 12 月）では、太陽光発電容量規模（実績）においては本事業の 740kW が最大である。また、太陽光発電技術の基礎から維持管理に至るまで、本事業に匹敵するほど徹底した研修が行われたことはなく、STELCO の技術者にとっては非常に重要な経験となったとのことである。また、首都のマレ島またはフルマレ島に太陽光発電システムが設置されたのは本事業のみであり、離島に設置された他事業と比して、国民の意識啓発や広報という観点において高い効果があったと考えられる。

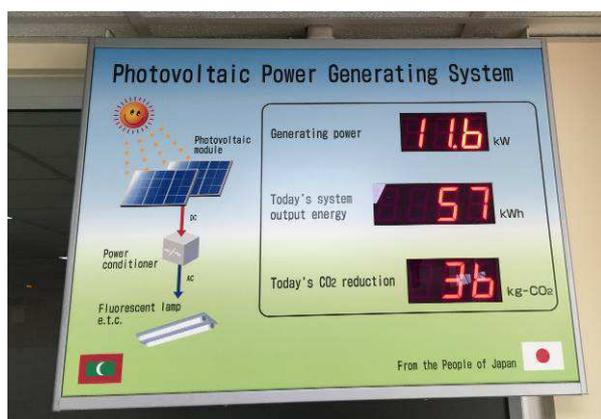
表 7 他ドナーによる主な再生可能エネルギー事業

ドナー	UNIDO	UNDP/GEF	GSEP ¹³ /日本政府	GIZ	世界銀行
プロジェクト名	Renewable Energy Based Economic Development	Renewable Energy Technology Development and Application Project	Dhiffusi Solar-Ice Project (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」を実施)	Support for Climate Neutrality Strategy of the Maldives	Clean Energy for Climate Mitigation Project
対象地	Raa 環礁 Faninu 島と Baa 環礁 Goidhoo 島	Alif Dhaalu 環礁 Mandhoo 島	Kaafu Atoll 環礁 Diffushi 島	Raa 環礁 Ungoofaru 島、Dhaalu 環礁 Kuduhuvadho 島	Thinadhoo 島
支援額	0.27 百万米ドル	不明	草の根無償分 (361,254 米ドル)	3 百万ユーロ	2.6 百万米ドル
事業期間	不明	2005～2008	2014～2015	2011～2015	2012～2014
発電容量	5kW (太陽光)、3.5kW (風力)	12.8kW (太陽光)	40kW (太陽光)	328kW (太陽光)	558kW (太陽光)
目的・特徴	再生可能エネルギー促進等	再生可能エネルギー促進、海水淡水化等	再生可能エネルギー促進と漁業で使用する製氷機の供与等	再生可能エネルギー促進のための戦略立案能力の向上等	再生可能エネルギー促進と公共部門の能力開発等

出所：実施機関（MEE 及び STELCO）提供情報を基に筆者作成。

¹³ Global Sustainable Electricity Partnership（世界電力首脳有志の会）の略。

(1) で述べたとおり、MEE 及び STELCO は、本事業で設置された太陽光発電システムをモルディブにおける太陽光発電のショーケースとして対外的なアピールに活用している。最も注目を集めやすい場所に、パネルの品質、設置状況とも非常に優れた日本製の太陽光発電システムが設置されたことから、来訪者の視察先として多々選定されているほか、両機関の再生可能エネルギーに関する広報用資料等においても本事業のデータや写真が活用されており、日本の太陽光発電のイニシアティブ、ひいては気候変動に対する取り組みの宣伝と広報活動につながっている。



発電量等を示すディスプレイ
(モルディブ財務省入口)



MEE 独自で設置した太陽電池パネル
(MEE 事務所)

3.4.2 その他、正負のインパクト

(1) 自然環境へのインパクト

MEE によれば、本事業による自然環境への負のインパクトは確認されていない。

(2) 住民移転・用地取得

MEE によれば、本事業は既存の公共施設内における機材設置案件であるため、新たな住民移転・用地取得は生じなかった。

(3) その他正負のインパクト

妥当性でも触れたとおり、モルディブ政府は、SREP-IP (2012 年～2017 年) の下、ADB や世界銀行等のドナーより資金援助を受けて ASPIRE 及び POISED という二つのプログラムを表 8 のとおり実施している。これらプログラムにおいて、本事業で設置された太陽光発電システムによるサイト別の発電量等のデータがベンチマークとして活用される等、本事業の実施はモルディブにおける太陽光発電の推進に一定程度貢献したといえる。

表 8 モルディブ政府主導による再生可能エネルギー促進のためのプログラム

プログラム	資金規模	ドナー	太陽光発電目標値	概要
Accelerating Sustainable Private Investments in Renewable Energy (ASPIRE)	約 69.5 百万米ドル	世界銀行等	マレ島を中心とする地域で 2019 年までに 20MW	マレ島を中心に再生可能エネルギーへの民間投資の促進
Preparing Outer Islands for Sustainable Energy Development Program (POISED)	約 62 百万米ドル	ADB、欧州投資銀行、IDB 等	すべての離島（有人島）で 2019 年までに 21MW	政府の投資とドナー支援による離島における再生可能エネルギーの促進

出所：実施機関（MEE）聞き取り、JICA 提供資料

以上より、本事業の実施によりおおむね計画どおりの効果の発現がみられ、有効性・インパクトは高い。

3.5 持続性（レーティング：③）

3.5.1 運営・維持管理の体制

実施機関である MEE は、計画時には「住宅・交通・環境省（MHTE）」という名称であったが 2012 年 5 月に「環境エネルギー省（MEE）」に改称された。大臣の変更もなく、名称変更以外には、人員体制や組織内の意思決定プロセスを含め変更はなかった。

STELCO 内では「Distribution Unit」と呼ばれる部署が太陽光発電システムのメンテナンスチームに相当し、モニタリングや維持管理を担当している。同部署では、15 名（全員男性）の職員が本事業のソフトコンポーネントにて研修を受講した。15 名のうち、1 名を除いて全員がエンジニアまたは技術者である。事後評価時点において、15 名のうち 1 名の技術者が離職したが、業務内容は後任の技術者に引き継がれている。

事後評価時点においては、図 1 で示すとおり、ソフトコンポーネント成果 5)にて締結された維持管理契約に定められた内容に沿って本事業で導入された太陽光発電システムの維持管理が実施されている。設備・機材は MEE が所有し、STELCO が保守管理を実施して月次レポートを MEE に提出し、MEE が STELCO の業務を監視する体制が取られている。発電された電力も、「3.5.3 運営・維持管理の財務」で後述するとおり、上記維持管理契約の規定に沿って RED fund にて管理されている。

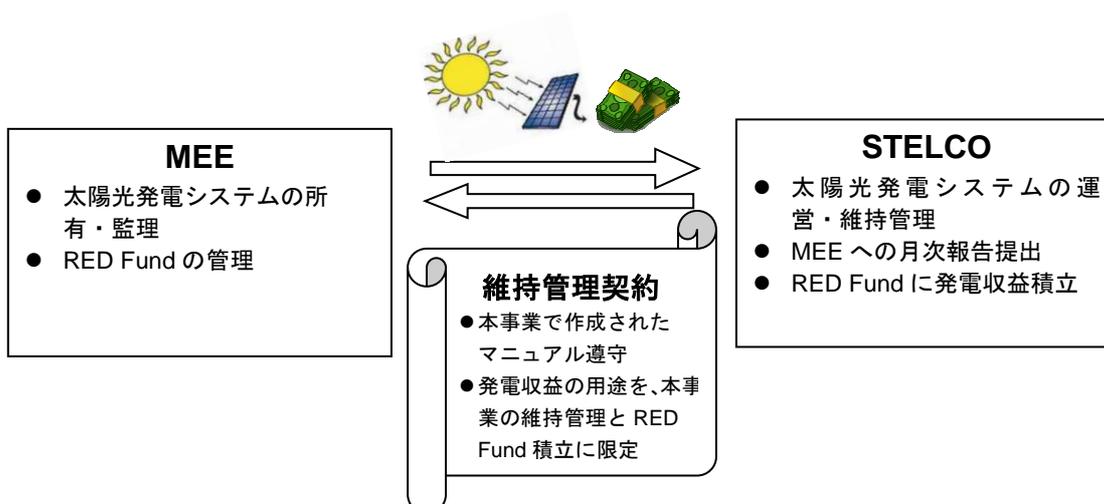


図 1 本事業の太陽光発電システム維持管理体制
出所：筆者作成

なお、事後評価時点（2016年3月）において、モルディブエネルギー庁（Maldives Energy Authority、以下、「MEA」という）は、再生可能エネルギーの固定価格買取制度¹⁴及び買取り価格の改定と法整備の最終段階に入っていた。このため、改定後の正式な買取り価格を維持管理契約に反映させるべく、MEE 及び STELCO は維持管理契約を更新中であった。

上記のとおり、本事業の体制面での持続性について、特に問題はないと考えられる。

3.5.2 運営・維持管理の技術

本事業で導入された太陽光発電システムの運営・維持管理を担当しているのは STELCO であるため、以下は、事後評価時点における STELCO の運営維持管理の技術に係る状況について示す。

技術レベルについては、「Distribution Unit」の職員 15 名が本事業で実施された運営・維持管理に関する研修に参加し、本事業で導入された太陽光発電システムを運営・維持管理するのに十分なレベルの知識・技術を習得したため、問題ないと考えられる。

研修・技術指導の実施状況については、半年に一度機材の定期点検を実施しており、その際、太陽光発電システムの保守管理に関してもオン・ザ・ジョブ・トレーニング（職場における実地訓練、以下、「OJT」という。）を実施し、若手職員を指導・教育している。本事業の終了後、外部機関等による太陽光発電の運営・維持管理研修は実施されていないが、現行の太陽光発電システムは、本事業の研修により習得した知識・技術で特に不自由なく維持管理を行うことができている。

太陽光発電システムの保守管理に関するマニュアル類は事業実施中に整備され、マニュアルの内容に沿った保守管理が実施されている。また、STELCO はマニュアルに沿った維持管理を行うよう、維持管理契約に定められている。

¹⁴ 主に再生可能エネルギー等の普及を目指し、エネルギーの買取り価格を法律で定める助成制度。

事後評価時点において、STELCO では本事業の事業効果の持続に必要な技術レベルが備わっており、OJT 等組織内の研修・技術指導も行われている。また、太陽光発電システムの保守管理に係るマニュアル類は整備・活用されているため、運営・維持管理の技術についても、特に問題はないと考えられる。

3.5.3 運営・維持管理の財務

本事業で設置された太陽光発電システムの発電電力買収収益を積み立てるための「太陽光発電基金」(RED Fund) が MEE によって創設され、基金の運営方法等について定めた覚書及び定款も作成された。

MEE 及び STELCO の記録より、同システムの発電による収益から維持管理費用を差し引いた純収益が、毎月 STELCO より MEE に送金されており、維持管理経費の実際の支出は、おおむね維持管理契約書に添付された維持管理費支出計画に沿っていることが確認された。発電による収益により、維持管理契約に定められた維持管理費を十分に賄っているため、本事業で導入された太陽光発電システムの維持・管理費の財源は問題ないと考えられる。

表 9 太陽光発電基金の収支

単位：MVR

	2012 年 (10～12 月)	2013 年 (1～12 月)	2014 年 (1～12 月)	2015 年 (1～8 月)
太陽光発電による収益	191,166	2,219,977	2,392,423	1,530,922
維持管理費	41,647	1,069,325	980,552	544,885
STELCO より MEE に送金される純収益	149,519	1,150,652	1,411,871	986,037

出所：実施機関 (MEE 及び STELCO) 提供

STELCO の運営状況については、財務諸表を入手できなかったため不明であるが、STELCO 財務部によれば 2010 年から 2015 年まで、一般管理費は総収入の 6～8% で保たれており、定期的なメンテナンスに係る費用はこの中で賄われている。維持管理費は総収入の 18～20% を占めており、不定期のメンテナンス及び大規模修繕には同予算を活用している。2016 年においても、一般管理費、維持管理費とも上記割合が保たれる見込みである。また、徴収した電気料金によって発電コストを賄えない場合は、財務省から差額が補てんされる仕組みになっている。このように、財務諸表は得られなかったものの、総収入に対する一般管理費や維持管理費の割合が過去 6 年間に於いてほぼ一定の水準に保たれていること、STELCO は 100% 政府出資の公社であり、財務省から財源が補てんされる仕組みがあることなどから、組織運営の財務面においても大きな問題があるとは考えにくい。

上記のとおり維持管理費が確保される仕組みが担保されていることから、財務面での持続性については当面問題ないと判断される。

3.5.4 運営・維持管理の状況

事後評価時点において、全 12 サイトで太陽光発電システムの以下の施設・機材は順調に稼働しており、大きな問題は起きていない。

- (1) 太陽電池モジュール（太陽電池パネル）
- (2) 太陽電池モジュール設置用架台
- (3) 接続箱、集電箱
- (4) パワーコンディショナー¹⁵
- (5) 連結用変圧器
- (6) 表示装置
- (7) 計測装置
- (8) 配線材料
- (9) 交換部品
- (10) 保守用工具及び試験器具

ただし、「(7) 計測装置」の情報技術 (IT) 面及び通信面に軽微な問題が生じている。問題の詳細は以下のとおりである。

- 通信回線の不具合：サイトの一つ、モルディブ社会教育センターにある監視用の PC から STELCO へのデータ送信を行う通信回線に一部不具合がみられ、STELCO 本社に稼働状況を送信できていなかった。STELCO から定期的にスタッフが来て直接稼働状況を確認している。一度はプロバイダーに修理を依頼したが再び不調が起こったとのことである。STELCO としては、引き続き定期的にプロバイダーに通信回線の点検に来てもらい、対処する予定とのことである。
- ソフトウェアの不具合：STELCO の遠隔監視用モニタ (12 サイトからデータを集める機器) のデータをネットワーク上にアップロードするためのソフトウェアに時々問題が発生する。今のところ再起動を行えば不具合は解決するため大きな問題はないが、今後、新たな PC にインストールする場合や、何か問題が起きた場合に対処ができない可能性がある。STELCO はソフトウェアのメーカーと本件につき既に問い合わせを行っており、解決に向けて引き続き連絡を取り合うとのことである。
- PC 問題：各サイトにおける監視用モニタ PC の作動が時折不安定になる。本件についても、STELCO はモルディブ国内で同じ製品を扱う業者に問い合わせる予定である。

上記のとおり、事後評価時点では、12 サイトすべてにおいて太陽光発電システムは順調に稼働しており、大きな問題は起きていない。計測装置の情報技術面及び通信面に軽微な問題が起きているが、いずれも太陽光発電システム自体の問題ではなく、本事業の効果の発現や持続に影響を与えるレベルの問題ではない。また、改善の見通しも立っているため問題ないと考えられる。

¹⁵ 太陽電池モジュールで発生した直流電流を電気機器などで使用可能にする機械。

以上より、本事業の運営・維持管理は体制、技術、財務状況ともに問題なく、本事業によって発現した効果の持続性は高い。

4. 結論及び提言・教訓

4.1 結論

本事業は、マレ島の 5 サイトにおいて、太陽光発電関連機材を調達し技術者育成を行うことにより、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ルディブ国民の意識啓発を図り、もって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を目的としていた。

本事業は、計画時及び事後評価時とも、モルディブの開発政策、開発ニーズ、日本の援助政策と十分に合致しており、妥当性は高い。本事業は事業費については計画内に収まったものの、当初入札において残余金が発生した影響で 2 回の追加契約・調達が行われ、結果として事業期間が計画を上回ったため、効率性は中程度である。発電量、ディーゼル燃料節減量、CO₂ 削減量の実績は目標年及び事後評価時点において目標値をおおむね上回った。また、太陽光発電システムが設置された建物利用者の太陽光発電に対する意識向上や、本事業で習得した知識・技術を活用したモルディブ主導の太陽光発電システムの設置、他ドナーによる後続の類似事業への本事業のデータやノウハウの活用等、おおむね計画どおりの効果が発現していることから、有効性・インパクトは高い。本事業の運営・維持管理は、体制、技術、財務状況ともに大きな問題はないため、持続性は高い。

以上より、本事業の評価は非常に高いといえる。

4.2 提言

4.2.1 実施機関への提言

・MEE 及び STELCO は、MEA による再生可能エネルギーの固定価格買取制度の正式な改定後、速やかに維持管理契約を更新する必要がある。

・MEE は、RED Fund の具体的な用途につき、再生可能エネルギーに関する事業実施や研究事業等を実施するために必要な活動及び予算を具体化し、財務計画を作成する必要がある。

・STELCO は、サイトの一つ、社会教育センターにおける監視用 PC の通信回線の不具合につき、引き続き定期的にプロバイダーによる通信回線の点検を実施し、不具合が起きないように対処する必要がある。また、STELCO 本社の遠隔監視用モニタ PC に搭載されたソフトウェア及び各サイトにおける監視用モニタの PC に起きている不具合につき、メーカーや代理店と引き続き連絡を取り合い、早急に解決する必要がある。

4.2.2 JICA への提言

特になし。

4.3 教訓

(1) 太陽光発電システムを教材として活用した意識啓発及び事業 PR 活動の重要性

定性的効果として、「再生可能エネルギーの利用促進に関する国民への意識啓発」及び「気候変動対策における日本のイニシアティブの提示」が想定されていたが、本事業ではこれらを目指した活動は太陽光発電システムの展示効果以外は計画されていなかった。MEE よりビデオ制作等の広報活動を行ったと説明あったが、活動の詳細や成果に関して記録や報告が残されていない。定性的効果で目標と掲げたことを鑑みれば、事業計画には、これら定性的効果に至る明確な道筋及び達成するための具体的な手段とその効果の確認方法を含めることが望ましかったと考えられる。例えば、新聞・テレビ等のメディアを使った広報や、太陽光発電の仕組みについてパンフレットやプロモーション・ビデオ等を作成し、学校で環境教育の教材として使用したり、民間企業とタイアップして日本製品のアピールにつながるような広報イベントを実施したりすることで、一般市民への一層の意識啓発や、日本による支援事業の PR にも繋がった可能性がある。また、そうした過程で、これらイベントの参加者等にアンケート調査等を行って再生可能エネルギーに対する意識の変化を調査する等、広報の成果を客観的に確認することも有効だと考えられる。

太陽光発電システムのように環境負荷の低減につながる設備は、それ自体が環境教育の教材となり得る。今後同様の事業を実施する際には、太陽光発電システムを教材として最大限に活用しながら子ども向け及び大人向けの環境教育や啓発活動を実施し、国民の省エネ意識や環境意識の向上を促すと同時に、日本の支援や技術、日本製品を相手国の国民に広くアピールすることが望ましい。

(2) 持続的な維持管理を可能にした財源確保と動機付け

本事業で設置された太陽光発電システムは、事業終了後も実施機関によって持続的に運営・維持管理されている。この背景には、ソフトコンポーネントで実施された研修内容が充実していたこと、STELCO 職員の能力が高かったこと、MEE 及び STELCO 双方にとって太陽光発電導入の重要性・優先順位が非常に高かったこと等、多数の要因が考えられるが、本事業で特筆すべき点は以下の二つである。まず、事業実施中に MEE と STELCO により創設された RED Fund という基金により、維持管理費の財源が確保されたことが挙げられる。次に、太陽光発電システムが人目につきやすい場所に設置されたため、MEE、STELCO 双方にとって設備を良い状態で保つ動機が働いていることも、持続的な維持管理に貢献していると考えられる。詳細は以下のとおりである。

【貢献要因① 太陽光発電の収入から維持管理費が拠出される仕組み】

本事業では、太陽光発電の検針データから売電収益を計算し、その収益から毎月必要な維持管理費を拠出する仕組みを、日本側、モルディブ側双方合意の下に構築した。このため STELCO は、毎月確実に維持管理の財源を確保することができている。なお、維持管理

費を差し引いた売電収益の残額は RED Fund に積立てることが、MEE と STELCO の間で締結された維持管理契約で定められている。太陽光発電をはじめとする再生可能エネルギー促進事業においては、売電収益の一部を機材の維持管理に充てるような仕組みを予め作っておくことは、維持管理の財源確保に有用な手段となり得る。

【貢献要因② 注目度の高い場所での太陽光発電システム設置】

本事業の太陽光発電システムは、広報効果を意図して大統領府やモルディブで最高層を誇るパラナーゲ・ビルディング等、モルディブで最も注目を集めやすい場所に設置された。このため、MEE、STELCO ともこれら施設に設置された太陽光発電システムを良い状態で、見栄え良く保っておく必要性を感じており、これが、維持管理の動機にもなっていると考えられる。さらに、本事業で設置された太陽光発電システムは、海外からの要人が来訪した際に MEE によって視察場所として利用されたり、STELCO による投資家向けのプレゼン資料にデータや写真が使われたりと、再生可能エネルギー促進に係る対外的なアピールにも活用されている。太陽光発電システムのように、気候変動対策等の国家政策を国内外にアピールすることに役立つ施設・設備を設置する際は、可能な範囲で注目度の高い、人目につきやすい場所を選定することで、広報面の効果だけでなく、相手国機関の持続的な維持管理の動機付けにもつながると考える。

以上