

国名 マラウイ	太陽光を活用したクリーンエネルギー導入計画
------------	-----------------------

**I 案件概要**

事業の背景	マラウイの電力の約 99%は水力発電で賄われていたが、乾季の低水位時には電力不足に陥り、供給可能総設備容量 288MW に対して最大需要は 347MW であった（2010 年）。そのため、エネルギー源の多様化が課題となっており、温室効果ガスの排出を抑えながら電力の安定供給を実現するエネルギー源として、太陽光発電をはじめとする再生可能エネルギーの導入が期待されていた。			
事業の目的	マラウイにおいて、太陽光関連発電機材を設置し、技術者育成支援を行うことにより、発電容量の拡大、電源の多様化、再生可能エネルギー利用に関するマラウイ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・途上国双方の取り組みを促す日本のイニシアティブを示すことに寄与する。			
実施内容	1. 事業サイト：カムズ国際空港 2. 日本側： (1) 830kWp 系統連系型太陽光発電システム（太陽光発電モジュール、電力量計、接続箱、集電箱、パワーコンディショナー、変圧器、高圧開閉機器、配線材、データ管理／監視システム、表示装置等）及び太陽光発電システムのスペアパーツ、維持管理用工具 ※太陽光発電モジュール及び関連機器の追加調達により、発電容量は当初計画の 450kWp から 830kWp に増加された。 (2) ソフトコンポーネント：系統連系型太陽光発電システムに関する研修（太陽光発電システムに関する基礎知識、保守点検、緊急時対応等） 3. 相手国側：土地の確保・整地、関連施設（フェンス、ゲート、道路、排水等）の建設、敷地内への配電線・配水管の取得、主配電盤への電話幹線の提供、一般家具の提供、発電免許の取得等			
事業期間	交換公文締結日	2010年2月17日	事業完了日	2013年9月13日（ソフトコンポーネント完了）
	贈与契約締結日	2010年2月17日		
事業費	交換公文供与限度額・贈与契約供与限度額：660百万円			実績額：647百万円
相手国実施機関	空港開発公社（ADL）			
案件従事者	本体：西澤株式会社 コンサルタント：日本工営株式会社 調達代理機関：クラウンエイジェンツ・リミテッド			

**II 評価結果**

**【評価の制約】**

実施機関が新型コロナウイルス感染症流行への対応で多忙であり、当初得られた回答を明確にするための追加情報収集が困難であった。そのため、指標データ推移の詳細な要因を明らかにすることができなかった。

**【留意点】**

事業事前評価表では、定量的効果の目標年を 2012 年と設定し、「事業完成 3 年後」との説明を付しているが、事業期間が 2010 年 2 月から 2011 年 12 月までと計画されていたことから、この目標年の設定は誤りであると考えられる。実際の事業完成は 2013 年 9 月であったため、本事後評価では 2016 年を目標年とみなしている。

**1 妥当性**

**【事前評価時のマラウイ政府の開発政策との整合性】**

事前評価時、本事業は、2020 年までにバイオマスエネルギー（特に薪・木炭）の割合を 50%に削減し再生可能エネルギーを 0.2%から 7%に増やすという「国家エネルギー政策」（2003 年）と合致していた。

**【事前評価時のマラウイにおける開発ニーズとの整合性】**

上記「事業の背景」で述べたように、事前評価時、太陽光発電をはじめとする再生可能エネルギー開発のニーズがあった。

**【事前評価時における日本の援助方針との整合性】**

日本政府は、2008 年に「環境・気候変動対策無償」のスキームを導入した。同スキームは、CO2 排出削減と経済成長を両立させる実行能力や資金が不足している開発途上国に対する支援を行うことを目的とし、気候変動対策の国際的な取り組みを効果的に促進することを目指している。本事業は、同スキームの下、クリーンエネルギー導入を通じた CO2 排出削減のための方策として実施された。

**【評価判断】**

以上より、本事業の妥当性は高い。

**2 有効性・インパクト**

**【有効性】**

事業目的「発電能力の増強、電源の多様化、再生可能エネルギーの利用に対するマラウイ国民の意識向上」は達成された。定量的効果としては、目標年である 2016 年には、送電端電力量（指標 1）、CO2 削減量（指標 2）、空港設備における電気料金削減額（指標 3）いずれも目標値を上回って達成された。同年以降、日々の清掃にもかかわらず太陽光パネルが汚れてきたことや、一部の部品が修理中のため発電量が低下していることなどが報告されており、数値はやや低下傾向を示している。もっとも施設は機能しており、空港の必要電力量 500kW を上回る発電能力(831kWp)を維持している。余った電力は国の送電網に供給されている。

定性的効果については、ソフトコンポーネントの効果が施設の運営・維持管理に一部反映されており、特に研修を受けた職

員のうち1名が学んだことを引き続き実践しているほか、マニュアルが活用されている（運営・維持管理については後述の「持続性」を参照）。ADLでは、少なくとも2カ月に1度は学校や関心のある団体の訪問を受けて、太陽光発電システムの意識啓発活動を行っている。これまでに、太陽光発電の利用者24人、非利用者240人が、その効果のある程度認識した上で、本施設に関心を示している。

【インパクト】

本事業で期待されていたインパクト「気候変動対策において先進国・途上国双方の取り組みを促す日本のイニシアティブを示すことに寄与」は発現していない。

しかしながら、ジェンダーに関連した正のインパクトはあった。太陽光発電パネルは毎日の清掃が必要だが、この作業は女性でも容易に行えるため、ADLは清掃員の50%は女性を雇用した。また、警備員（特に日中）にも女性を採用した。このように本事業を通じて、女性の福祉が向上した。

その他の正のインパクトとして、(a) カムズ国際空港では、太陽光発電施設がどのように機能しているのかを学びそれを高く評価する団体が多く訪れるようになったことで、広報活動が改善された、(b) マラウイの他の空港の開発も計画・管理する役割をもつADLにとって、本施設はバックアップ電源のモデルとなっている、の2点も確認された。ADLは、将来開発する空港や既存の他の空港に、バックアップ電源として同様の施設を設置するよう努力すると考えられる。本事業による負のインパクトは認められなかった。

【評価判断】

上述の点から、有効性・インパクトは高い。

定量的効果

指標	基準値 2009年 基準年	目標値 2016年 <sup>(1)</sup> 事業完成3年 後	実績値 2016年 事業完成3年 後	実績値 2017年 事業完成4年 後	実績値 2018年 事業完成5年 後	実績値 2019年 事業完成6年 後	実績値 2020年(3月) 事業完成7年 後
指標1：送電端電力量 (MWh/年)	0	661.0	1,292.6	1,149.5	1,121.6	1,053.0	258.7
指標2：CO2削減量(t/年) <sup>(2)</sup>	0	367.0	406.5	361.9	352.7	331.9	89.9
指標3：空港設備における電気料金削減額 (百万円相当/年) <sup>(3)</sup>	0	1.78	8.44	5.91	6.39	4.05	N.A.

出所：事業事前評価表、ADL

注：(1) 目標値は以下のように算出された。

<指標1> 推定平均出力=平均日射量(kWh/m<sup>2</sup>/日)×システム効率(0.7)×太陽光発電の出力(kWp)=5.7×0.7×456.3=1,810.0kWh/日=661.0MWh/年。

<指標2> 年間CO2削減量=排出削減原単位×年間発電量=0.555kg-CO2/kWh×661.0×10<sup>3</sup>kWh/年=366,855kg-CO2/年≒367トン/年。

<指標3> 電気料金削減額=電気料金単価(区分規模Ⅲ)×年間発電量=4.0923MWK/kWh×661.0×10<sup>3</sup>kWh/年=2.70501×10<sup>6</sup>MWK/年≒178万円/kWh(1MWK(マラウイ・クワチャ)=0.658円)。

(2) 指標2の実績値については、ADLによれば目標値と同じ計算方法を用いているとのことだったが、目標値の算出に用いられた係数(0.555)とは異なる係数(0.314)を用いていると思われる。

(3) 本指標の元データは、マラウイ電力供給公社(ESCOM)からADLへの通知書に基づくマラウイ・クワチャ額であり、評価者がこれを以下の為替レートで日本円に換算した。為替レート=0.157円(2016年)、0.155円(2017年)、0.157円(2018年)、0.151円(2019年)。

3 効率性

事業費は計画内に収まった(計画比：98%)が、事業期間は計画を大幅に上回った(計画比：191%)。事業実施の遅れは、マラウイにて2011年から2012年にかけて発生した深刻な経済問題(外貨不足や燃料不足等)の影響によるものであった。そのため、本事業をはじめとする政府の事業はほぼ停止していた。よって、効率性は中程度である。

4 持続性

【制度・体制面】

本事業で設置された太陽光発電システムの運営・維持管理体制<sup>1)</sup>は十分に堅牢であり、ADLは施設運営要員の人数は十分であると報告している。しかし、これまでの効果持続を減ずるものではないものの、今後に向けては次のような問題点もみられた。第一に、本事業はソフトコンポーネントにおいて民間航空局(DCA)とADLの技術職員を育成することで、DCAの職員が遮断器と変圧器に関する技術的なサポートと協力を提供できるようにし、施設の運営・維持管理に係る課題への対応を図った。しかし実際の組織構造の下では、施設の運営を主体的に行うのはADLであり、DCAは施設の取り扱いに係る役割を担っていないため、事業で想定したような仕組みは実現しなかった。第二に、ADLはスペアパーツの購入をメーカーから直接行おうとしたが、メーカーは認定販売店としか取引しておらず、ADLのような第三者は購入することができなかった。また、機器の中には、ADLの担当者が触れることを禁じられている部品もあった。これらの制約により、ADLはコンサルタントに完全に依存せざるを得ず、問題が発生した際のコスト上昇要因となっている。そして将来的にもコンサルタントへの依存が継続すれば、ADLの自立が阻まれる恐れがある。

【技術面】

事後評価時現在のADLの運営・維持管理チームのメンバーは、本事業施設の運営及び、CO2排出量、日射量、発電量等のデータの管理・分析を行うことができる。しかし、本事業で研修を受けた3名のうち2名が離職し、かつ事業完成後に雇用され

<sup>1</sup> 運営・維持管理チームは(a)電気(職員数4名)(b)冷却(職員数2名)の二つのグループから成っている。加えて、8名の清掃職員がいる。二つのチームは連携して作業を行っている。両チームとも、エンジニアリングマネージャーが率いる技術チーム(職員数3名)に報告し、技術チームが経営陣に報告することとなっている。

たメンバーは研修を受ける機会がないため、本事業で研修を受けた残りの1名が今後離職した際には問題の発生が見込まれる<sup>2</sup>。加えて、これまでの施設運営にはあまり影響していないものの、スペアパーツや補修工事をめぐる技術的な問題として次のようなものもある。まず、技術の進展により、本事業で導入したモデルのスペアパーツは市場ではすでに取り扱がない。ADLはこれまでのところ、本事業で供給されたスペアパーツによって運営・維持管理を行うことができているが、将来的にはすべてのスペアパーツが入手できなくなる恐れがある。次に、機器の一部の部品には、日本語のラベルが貼られており日本語での説明書しかないものもある。このため、ADLの職員やマラウイ国内の外注技術者が維持管理を行うことができない。さらに、交換が必要な部品については、上述の通りADLの技術者が触れることが禁じられているためADLはコンサルタントに取り付けを外注する必要があるが、問題解決に必要な技術者の人数と業務量を見積もることは、知識がなく困難である。

#### 【財務面】

ADLは本事業施設を含むすべての施設運営・維持管理に年間500万MKWを確保している。これまでのところ、この予算をやり繰りして施設の維持を行えているが、老朽化が進むにつれ、より多くの費用（コンサルタントに修理を依頼する場合の旅費、宿泊費、日当を含む）を伴う故障がより発生することが予想される。その際には現行の金額では不足し、増額が必要となる可能性がある。

#### 【運営・維持管理状況】

全オペレーターが研修を受けるという計画のとおりにはならなかったが、太陽光発電システムは発電量を維持できるレベルで運営・維持管理されている。施設の点検は、1日3回（朝、昼、夕）実施されている。異常が発見された場合は、関連するチームを配置して対応を行っている。太陽光発電システムの構成機器はおおむね良好な状態であるが、9台のインバーター（パワーコンディショナー）のうち2台は故障し、うち1台は予備品に交換されて再び稼働しており、もう1台は、ADLによれば近いうちに修理予定である。

予備品や消耗品はすべて保管または活用されている。ADLでは、本事業で調達した予備の太陽光パネルから8枚を交換している。しかし、上述したようなスペアパーツの問題により、将来の機器維持管理には懸念がある。

#### 【評価判断】

以上より、体制面、技術面、財務面に一部問題があり、本事業によって発現した効果の持続性は中程度である。

#### 5 総合評価

本事業は、カムズ国際空港に設置された系統連系型太陽光発電システムにより、発電能力の増強、電源の多様化、再生可能エネルギーの利用に対するマラウイ国民の意識向上という目的を達成した。持続性については、太陽光発電システムの運営・維持管理に係る体制面、技術面、財務面において、コンサルタントへの依存、スペアパーツの不足、訓練を受けた人材の減少などの問題があり、長期的には設備の劣化につながる可能性がある。しかし、ADLは堅実な運営・維持管理体制を敷き、施設を良好な状態で運用・維持している。効率性については、事業期間が計画を大幅に上回った。以上より、総合的に判断すると、本事業の評価は高いといえる。

### III 提言・教訓

実施機関への提言：

- 1) ADLは、自組織の担当者自身が機器のすべての部分に対しアクセス、修理できるようにし、供与機材の運営・維持管理を容易にするための対策を講じることが提言される。それにより、コンサルタントによる訪問修理を待つ必要がなくなり、部品の修理に要する時間が短縮すると思われる。
- 2) ADLは、本事業で研修を受けた職員を事業施設の運営・維持管理のために留めることが提言される。また、本事業で研修を受けたDCAの職員による技術移転を強化するために、ADLはDCAに協力を要請することが望ましい。

JICAへの教訓：

- 1) 詳細な計画を策定する段階での部品調達条件の確認、機器点検時のマニュアルやラベル表記の言語（英語、或いは現地の使用言語）の確認が必要である。
- 2) 太陽光発電設備を調達する事業においては、運営・維持管理担当者が全部品へのアクセスがあるかを調達前に確認する。
- 3) ソフトコンポーネントの中に、運営・維持管理機関以外の職員への研修が含まれている場合には、現実的な組織構造の中でもそれらの職員が運営・維持管理に実際に関与できることを確認すべきである。

<sup>2</sup> 本事業の研修を受けた唯一の現存メンバーは指導者訓練を受けていなかったため、施設運営・維持管理に係る知識・技術が円滑に移転されなかった。その結果、新たに雇用された職員は、本事業で作成されたマニュアルや前職での経験を通して、施設の運営・維持管理技術を習得することとなった。しかし、これらの職員が用いている技術が中長期的に十分なものであるかどうかは不明である。



太陽光アレイ



パワーコンディショナー



発電量表示板