

国名 ジブチ	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	ジブチはエネルギー資源をすべて輸入に依存しており（2009年時点）、ジブチ政府は、1980年代にすでに、再生可能エネルギー利用の研究を開始していた。太陽光エネルギーに関しては、UNDPの支援で策定した「太陽光エネルギー開発のための戦略とアクションプラン」（2008年～2012年）の中で、エネルギー政策の柱のひとつとして太陽光エネルギーを推進することを明言していた。同政策では、ハード面、ソフト面双方からの方策が必要であると言及しており、その中には、開発計画の策定、関連市場育成のための経済政策、担当機関の設立と制度の整備があった。しかしながら、これら方策を実施するには、さまざまな外部援助機関の技術的・財政的支援に依存せざるをえない状況であった。		
事業の目的	ジブチにおいて、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ジブチ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：ジブチ市郊外ジブチ調査研究センター（CERD）（当初計画分）、ジブチ市ガボード地区（追加調達分） 2. 日本側： (1)（当初計画分）300kW太陽光発電システム（太陽光発電モジュール、電力量計、ジャンクションボックス、遮断機、集電箱、変圧器、配管・配電材料、データ収録装置、発電量表示装置など）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 (2)（供与枠残額活用による追加調達分）道路の580m区間に太陽光発電照明灯（ソーラー街灯）等を設置 (3) ソフトコンポーネント：太陽光発電システムに関する基礎知識、技術特性及び保守点検、系統連系形太陽光発電システムの緊急時対応等の運営維持管理に関する研修 3. 相手国側：機材設置サイトの整地、CERDで実施される研修プログラムへのジブチ電力公社（EdD）職員の参加等		
事業期間	交換公文締結日 2009年12月2日	贈与契約締結日 2009年12月3日	事業完了日 （当初計画分）2012年3月3日（ソフトコンポーネント完了） （追加調達分）2014年11月29日（引き渡し）
事業費	交換公文供与限度額・贈与契約供与限度額：610百万円 実績額：609百万円		
相手国実施機関	エネルギー天然資源省（MERN） （現：エネルギー省（天然資源担当））		
案件従事者	本体：丸紅株式会社 コンサルタント：株式会社ニュージェック、日本テクノ株式会社（共同事業体） 調達代理機関：一般財団法人日本国際協力システム		

**II 評価結果**

1	妥当性	<p><b>【事前評価時・事後評価時のジブチ政府の開発政策との整合性】</b>                  上記「事業の背景」で述べた通り、事前評価時、本事業は太陽光エネルギーの利用を支持している「太陽光エネルギー開発のための戦略とアクションプラン」（2008年～2012年）と合致していた。事後評価時においても、「ビジョン2035」の下、2035年までに再生可能エネルギーの割合を100%にすることを目指していること及び本事業完了後に複数の太陽光発電事業を策定していることから、本事業は引き続きジブチの開発政策と合致している。また、2015年から独立系発電事業者を対象とした法律「PIE（独立系発電事業者）法」を実施している。</p> <p><b>【事前評価時・事後評価時のジブチにおける開発ニーズとの整合性】</b>                  上記「事業の背景」で述べた通り、事前評価時、太陽光エネルギー開発のニーズがあった。事後評価時においても、ジブチは依然としてエチオピア系統から輸入したエネルギーに依存している。ただし事前評価時よりは依存度は低下している。MERNによれば、エネルギー需要の70%はエチオピアの系統（水力発電による）からの融通を受けており、残り30%は化石エネルギーを利用してジブチ内で発電されている。</p> <p><b>【事前評価時における日本の援助方針との整合性】</b>                  エネルギーは、2009年4月に派遣された経済協力調査団が確認した三つの対ジブチ重点援助分野のうちの一つであった<sup>1</sup>。また、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、二酸化炭素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二酸化炭素排出削減のための方策として実施された。</p> <p><b>【評価判断】</b>                  以上より、本事業の妥当性は高い。</p>
2	有効性・インパクト	

<sup>1</sup> 国別 ODA データブック（2010年）

**【有効性】**

本事業の目的は達成された。定量的効果に関しては、送電端電力量（指標 1）と二酸化炭素削減量（指標 2）の目標値は、2017 年を除き、太陽光発電システムが期待された容量で機能していることから、達成された。2017 年の発電量と二酸化炭素削減量が少なかったのは、制御室の空調装置 4 台の故障によるものである。これら空調装置はジブチ内で同じ機種が入手できず、6 か月以上にわたり太陽光発電システムが停止した（6 か月後に隣国で購入した新しい空調装置と交換され、発電施設は運転を再開した）。計画していた通り、太陽光発電システムで発電された電力の一部は CERD の建物内で消費されず、EdD の系統に直接供給（逆潮流）されている。時折、当該系統で電力不足が生じるが、その場合は、太陽光発電システムは自立運転モードで作動する。自立運転モードに切り替える頻度は電力不足と呼応しており、系統からの電力供給の安定化に伴い、2012 年には 202 時間だったのが、2016 年には 75 時間になっている<sup>2</sup>。ソーラー街灯（追加調達）は、一部に損傷がある数基を除き適切に機能している（後述の「維持管理状況」を参照）。ソーラー街灯は高校の近くに設置され、生徒が下校する午後 6 時に点灯する。

定性的効果については、CERD がジブチの太陽光発電の成果に関する最近の調査<sup>3</sup>より確認したところによれば、本事業で研修を受けた CERD の太陽光発電技術者は太陽光発電システムを適切に維持管理しており、また EdD は逆潮流の取り扱いを適切に行っている。また、本事業の太陽光発電システムを活用した意識啓発活動が実施されており、電力利用者、生徒、投資家らの見学を、毎年 10 件以上受け入れている。

**【インパクト】**

太陽光発電システムの施設は、CERD の新・再生エネルギー研究所（LENR）において研究開発に活用されており、将来の系統連系形太陽光発電施設の発展につながることを期待されている。現在は、ジブチの気候下での劣化率を初めて推定するための解析が同施設にて行われている。この実験研究の結果は、発電施設の太陽光発電規模設定に係る研究の信頼性向上にも活用されている。気候変動対策における先進国・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への寄与については、フランス太陽光発電研究所と LENR は本事業の太陽光発電施設を共同研究に活用しており、研究結果を複数の国際会議で発表する際に、JICA 事業の施設であることに言及している。自然環境に対する負のインパクトはない。

**【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 2007 年 基準年	目標値 2015 年 事業完成 3 年 後	実績値 2013 年 事業完成 1 年 後	実績値 2014 年 事業完成 2 年 後	実績値 2015 年 事業完成 3 年 後	実績値 2016 年 事業完成 4 年 後	実績値 2017 年 事業完成 5 年 後
指標 1：送電端電力量 (MWh/年)	0	460	502	519	492	478	243
指標 2：CO2 削減量 (t/ 年)	0	330	359	372	352	342	174

出所：事業事前評価表、CERD

注：CO2 排出量の推定値は次の通り算定された。ジブチでは、事前評価時、電力の一次エネルギーは 100%化石燃料の輸入に依存していた。したがって、本事業の代替として考えられるのはディーゼル発電であった。単位当たりディーゼル発電の CO2 排出量は、日本の環境省が発行している「温室効果ガス算定方法ガイドライン」（2007 年 3 月）を用いて、0.716kgCO2/kWh と算定された。この単位量を太陽光発電システムの年間電力量の 460MWh に乗じ、CO2 排出削減量を算出した。

**3 効率性**

事業費は計画内におさまったが（計画比：100%）、事業期間は計画を大幅に上回った（計画比：186%）。実際の事業期間のうち、当初計画分の調達に係る期間は計画の 127%であったが、遅延理由は明確でない。追加調達に係る期間は計画（事業期間中に策定）の 200%を超えていたが、これは、第 1 回の入札で入札価格が使用可能な残余金の額を超えていたため、設計変更を行ったうえで再入札を行ったためである。よって、効率性は中程度といえる。

**4 持続性**

**【体制面】**

本事業の運営維持管理に係る組織体制は計画した通りに確立された。すなわち、CERDのLENRが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を行っている。LENRには、スーパーバイザー1名、電気技術者3名、警備員/太陽光電池アレイ清掃員4名が配置されている。CERDによれば、これまでの経験からこの人員数は十分であるとのことである。ソーラー街灯に関しては、ジブチ市市長室の維持管理下にある街灯の一部となっている（事業完了後、MERNがソーラー街灯の運営維持管理の担当となったが、2015年に成立した市の条例により、援助国による事業で公道に設置された施設がある場合は、施設の運営維持管理は当該事業の実施機関から市に移管された）。ソーラー街灯の運営維持管理に割り当てられたスタッフの人数は不明である。

**【技術面】**

上記「有効性・インパクト」で述べた通り、太陽光発電システムの運営維持管理に関し、CERDは十分な技術水準を有している。本事業で研修した6名のスタッフのうち4名が、太陽光発電システムの維持管理とトラブルシューティングを定期的に行っている。新たに採用された技術者はいずれも、本事業で供与されたマニュアルを用いて太陽光発電システムの運営維持管理の研修を受けている。2019年のコンデンサー交換（後述）では、設置の技術的知見が十分でないが、スペアパーツの業者が設置を行うことで対応可能である。ソーラー街灯の運営維持管理スタッフの技術レベルに関する情報は得られなかった。

**【財務面】**

太陽光発電システムの運営維持管理に係る予算はCERDより配分されている。CERDの予算規模は運営維持管理予算を支出できるものであるが、太陽光発電システム向けの経常的な支出や予算はない。そのため、LENRはスペアパーツの購入や修理が必要

<sup>2</sup> Daha Hassan Daher 氏（CERD 太陽光発電科学部門と太陽光発電施設の長）の博士論文「Modélisation et analyse expérimentale d'une centrale solaire en milieu désertique maritime（タイトル仮訳：海洋・砂漠環境における太陽光発電施設のモデリングと実験解析）」フランス国立応用科学院リヨン校、2017 年 11 月。

<sup>3</sup> 同上。

になった際には、その都度臨時の予算をCERDに要求している。ソーラー街灯の運営維持管理予算については情報が得られなかった。

**【維持管理状況】**

事後評価時、太陽光発電システムの構成部品の状態は、気象観測装置を除き、良好である<sup>4</sup>。太陽光パネルがいくつか破損したが、スペアのパネルと交換されている。制御室（パワーコンディショナー・キュービクル）は耐用期間が8年であるので、2019年末にはコンデンサーの交換と若干の修復が必要になる（コンデンサーはまだ機能している）。CERDの技術者は、毎週の日常点検（太陽電池アレイ、ジャンクションボックス、制御室の目視検査）と毎月の定期検査（電気検査）を実施している。太陽光発電システムのスペアパーツ、消耗品、維持管理用工具も適切に維持管理されている。

ソーラー街灯の維持管理状況は概ね良好である。ただし、照明灯1か所が飛散物（ガラスが動物の骨など重いものを落とした）により破損、また、収納ボックス1か所が通行車両により破損し撤去された。点検と維持管理は、ジブチ市市長室が実施している。

**【評価判断】**

以上のとおり、本事業によって発現した効果の持続性は中程度である。

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予算（単位：ジブチ・フラン）

運営維持管理項目	2015年	2016年	2017年
人件費（給料）*	2,064,000	2,064,000	2,064,000
維持管理	0	0	1,700,000**
修理	0	0	0
その他	356,000***	0	0

出所：CERD

注：\* 警備員/清掃員の給料。\*\* 太陽光発電システム制御室の不具合のあった空調装置4台を新しい機材と交換。\*\*\* 風とモジュール温度の計測に係る新しい機材（風速計、風向計、熱電対、データ収集システム）

**5 総合評価**

本事業は、系統連系形太陽光発電（当初計画分）とソーラー街灯システム（追加調達分）により、事業目的として掲げられた再生可能エネルギーによる発電容量の拡大を達成した。持続性に関しては、ソーラー街灯システムの運営維持管理に関する情報は得られなかったものの、太陽光発電システムの体制面、技術面では問題はない。効率性は、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：

ジブチ市長/MERN エネルギー局長が、破損した収納ボックスと蓄電池を早急に交換することを推奨する。ソーラー街灯は、収納ボックスと蓄電池を交換しないと機能しないためである。



CERDのソーラーパネルと太陽光発電制御室（後方の白い立方体）



JICAの支援で1997年に建設された道路の中央分離帯上に設置されたソーラー街灯

<sup>4</sup> 日射量センサー（全天日射計）に湿気が侵入することがあるため、修理が必要であるが、本事業の事前評価時には、同装置の交換が計画されていなかった。ただし、この問題は、科学的調査のデータに影響はあるものの、発電には影響がない。