

国名	太陽光を利用したクリーンエネルギー導入計画
ラオス	

I 案件概要

事業の背景	ラオスは、温室効果ガス排出の削減に取り組んでおり、2009 年 12 月には「気候変動戦略」を策定した。ラオス政府は、2020 年までに電化率 90%の達成を目標に掲げ、そのために、電力系統（グリッド）への接続及び太陽光、風力、小規模水力などの再生可能エネルギーによる発電をその手段としていた。			
事業の目的	ヴィエンチャン市ワッタイ国際空港において、太陽光発電関連機材を調達し、技術者育成支援を行うことにより、発電能力の向上、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ラオス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。			
実施内容	1. 事業サイト：ワッタイ国際空港及びラオス電力公社敷地／ヴィエンチャン市 2. 日本側： (1) 236kW 太陽光発電システム（太陽光電池モジュール、電力量計、接続箱、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) ラオス電力公社敷地での 178kW 系統系携太陽光発電システムの設置（残余資金を利用して、追加的に設置された。） (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、緊急時の対応等の運転・維持運営管理に関する研修 3. 相手国側： 整地、日本国側資金対象外の機材調達及び契約業者関連費用等			
事業期間	交換公文締結日	2010 年 3 月 4 日	事業完了日	2013 年 3 月 7 日（当初設備）
	贈与契約締結日	2010 年 3 月 9 日		2014 年 6 月 10 日（追加設備）
事業費	交換公文供与限度額・贈与契約供与限度額：480 百万円			実績額：467 百万円
相手国実施機関	ラオス空港公団／公共事業・運輸省民間航空局、ラオス電力公社			
案件従事者	本体：株式会社ニュージェック コンサルタント：伊藤忠商事株式会社 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
【事前評価時・事後評価時のラオス政府の開発政策との整合性】 本事業は「2007 年電力開発計画」及び 2011 年に策定され、現在も有効である「再生可能エネルギー開発戦略」等ラオス政府の開発政策と合致していた。これら政策で、ラオスは総電力消費に占める再生可能エネルギーの割合の増加を目指している。 【事前評価時・事後評価時のラオスにおける開発ニーズとの整合性】 本事業は、ラオスにおける再生可能エネルギーに対する開発ニーズと合致していた。同国では地理的な条件（山間部が国土の 80%を占める）、低い人口密度、財務的制約により、電力系統への接続による地方電化の推進が課題となっていた。また、ラオスは水力発電に依存してきたため、乾期には発電量が減少するという問題があり、太陽光発電を乾期の代替電源とすることが想定されていた。 【事前評価時における日本の援助方針との整合性】 本事業は日本の援助方針とも合致していた。電力セクターを含む社会経済インフラ開発は、「ラオス国別援助計画（2006 年）」での支援重点分野のひとつであり、日本政府は 2008 年に「環境・気候変動対策無償」を導入した。同スキームは、国際的な気候変動対策への貢献の効果的な促進を目指しているものの、温室効果ガス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ている。 【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】 「太陽光発電による送電端電力量」（指標 1）、「二酸化炭素排出量の削減」（指標 2）、「電気料金の削減」（指標 3）といった指標について、事前評価時に設定された目標値が達成されたため、本事業は、事業目的を達成した。2013 年から 2015 年の発電量実績は目標値を達成したものの、2016 年、2017 年は若干減少した。これは、事業サイトのワッタイ国際空港において実施中の国内線ターミナルの工事及び国際線ターミナルの拡張により、本事業で整備した太陽光発電システムの停止がしばしば必要となったためである。しかしながら、2016 年及び 2017 年の実績は目標値の約 90%を達成している。同様に、ラオス電力公社敷地での発電量も 2016 年及び 2017 年は 2015 年から減少している。主な原因は、雨期の豪雨により、ラオス電力公社の電力ネットワークが遮断されたことが太陽光発電システムにも影響したためである。 本事業による能力強化に関し、ラオス空港公団では 2013 年から 2016 年の間、7 人の訓練を受けた職員が太陽光発電システムの運営維持管理を行っていた。その 2 年後には退職や他部門への異動により、継続して担当している職員は 1 人となった。しかし、現在の技術スタッフは通常、運営維持管理マニュアル、予防保全報告シートを用いて太陽光発電システムの日常点検・定期点検を行っており、太陽光発電システムの施設及び運営維持管理活動にも問題は生じていない。本事業実施中に訓練を受けたラオス電力公社の 5 人の職員は運営維持管理に引き続き従事し、マニュアルを活用している。

太陽光発電をワットタイ国際空港に設置することで、人々の再生可能エネルギーに対する認知度が向上することが期待されていた。ワットタイ国際空港国際線ターミナル利用客は2012年の658,000人から2017年には1,898,112人に大きく増加しており、太陽光発電は想定されていたとおりのデモンストレーション効果をあげている。

【インパクト】

本事業では、気候変動対策にかかる日本のイニシアティブを示すことが想定されていたが、シンポジウム等で日本政府により実施された本事業がその事例として紹介されたかについては、事後評価時点で確認できなかった。しかしながら、本事業のモデルは、多くの太陽光発電システムの設置が進むにつれて、これら発電設備開発に関わる主要な関係者に本事業は注目すべき事業として認識されている。例えば、ラオスで太陽光発電事業を手掛けるラオスとドイツの合弁会社の調査団がサイト訪問を行っている。

本事業による自然環境への負のインパクト、用地取得・住民移転は発生していない。

【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

(1) 当初計画の太陽光発電システム (236kW)

	基準値 2012年 基準年	目標値 2016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	288.2	299	294	295	269	262
指標 2: CO2 削減量 (t/年) *1	0	198	206	203	203	185	180.
指標 3: 電気料金削減額 (百万円/年) *2	0	2.6	3.28	3.22	3.23	2.94	2.87

出所：ラオス空港公団太陽光発電システム室

*1 想定 CO2 削減量は、ラオスで仮にディーゼル発電機で本事業での太陽光発電と同規模の発電を行った場合の二酸化炭素排出削減量を推定した。排出原単位は、電力中央研究所が発表する排出原単位量を使用した。

*2 ラオス空港公団がラオス電力公社に支払っている平均料金 835 キップ/kWh に太陽光発電による想定発電量を乗じたもの。

(2) 追加太陽光発電システム (178kW)

	基準値 2012年 基準年	目標値*	実績値 2015年 事業完成1年後	実績値 2016年 事業完成2年後	実績値 2017年 事業完成3年後
指標 1: 送電端電力量 ((MWh/年)	0	n. a.	214	208	201
指標 2 : CO2 削減量 (t/年)	0	n. a.	147	143	139
指標 3 : 電気料金削減額 (百万円/年) *2	0	n. a.	2.25	2.18	2.11

出所：ラオス電力公社太陽光発電システム室

*目標値は設定されていない。

3 効率性

事業費は計画内におさまったが（計画比：97%）、事業期間は、太陽光発電システムの設備容量の増加により計画を大幅に上回った（計画比：165%）。アウトプットは設備容量の追加も含め計画どおりである。よって、効率性は中程度である。

4 持続性

【体制面】

ラオス空港公団の電力供給センター及びラオス電力公社の総務部太陽光発電システム室が、236kWシステム、178kWシステム各々の運営維持管理を担当する。組織体制に問題はみられない。ラオス空港公団に関しては、電力供給センターに、センター長・副センター長・総務関係職員を含む9人の職員が配置されている。3人の技術者がターミナルビルに配置され、また3人が太陽光発電システム室に配置されている。同室によれば、3人の人員は太陽光発電システムの日常点検や維持管理を行うのに十分である。維持管理活動に3人以上が必要となった場合は、ラオス空港公団の他の部局から一時的に数日間支援スタッフが派遣される。

ラオス電力公社に関しては、太陽光発電システム室は、65人の職員から成る総務部に所属する6つの課のひとつである。太陽光発電システム室には7人の技術者が配属され、そのうち5人は本事業実施中に訓練を受けており、その後更に2人が2016年に太陽光発電システム室に配属された。職員数は、稼働開始から4年経過した太陽光発電システムの状態から、その維持管理を行うには十分である。

【技術面】

「有効性」で記したとおり、ラオス空港公団の技術者は通常、太陽光発電システムの日常・定期点検に、運営維持管理マニュアル、予防保全報告シートを活用しており、施設の状態及び運営維持管理活動に問題はみられない。しかしながら、本事業実施中に訓練を受けた職員で在職しているのは1人のみであり、また事業完了後研修を受ける機会もないことから、それらツールの利用はやや限定的となっている。実際、彼らのシステムに技術的な問題が生じた場合への対応能力は限定的である。研修制度はなく、職員はOJTを通じて本事業実施中に訓練を受けた職員から訓練を受け、また、経験のある職員からの指示に基づき、予防保全報告シートを用いて日常業務・週次・月次の太陽光発電システムの点検を行っている。

ラオス電力公社に関しては、本事業で訓練を受けた5人の職員が引き続き太陽光発電システム室で勤務し、本事業で提供されたマニュアルは適切に使用され、運営維持管理は非常に効率的に実施されている。事業完了後、特段研修は実施されていないが、職員は運営維持管理を効果的に行ってきている。更に、太陽光発電システム室は、知識や経験を共有できる多様な電力

関連のエンジニアや講師を擁するラオス電力公社研修センターから技術的な助言や支援を受けている。

【財務面】

ラオス空港公団では、太陽光発電システムの運営維持管理予算は十分に確保されておらず、その結果、過去3～4年、電気機器のスペアパーツの調達を要望しても実施されていない。幸い、稼働して4～5年しか経っておらず太陽光発電システムはまだ良好な状態にあり、これまでのところ深刻な故障は生じていない。上述のとおり、彼らのシステムに技術的な問題が生じた場合への対応能力は限定的である。よって、ラオス空港公団は、太陽光発電システムの円滑な運営、長期的な利用のための効率的な維持管理のために、外部技術者に委託する費用を確保する必要がある。

ラオス電力公社の太陽光発電システム室は、事業完了後、太陽光発電システムの運営維持管理費用として毎年30百万キップを受け取っている。同システムの運営・技術状況から勘案し、同金額は十分といえる。しかしながら、ラオス電力公社はこれまで太陽光発電システムが良好に運用されてきているため、スペアパーツの機材調達計画の作成、機材調達をしていない。近い将来、運営維持管理計画予算はこれらの調達を賄うために増額される可能性がある。

表 1. ラオス空港公団 太陽光発電運営維持管理費用

(単位: 百万キップ)

項目	2014	2015	2016	2017
人件費	-	6	6	6
運営維持管理	0	0	0	0

表 2. ラオス電力公社 太陽光発電運営維持管理費用

(単位: 百万キップ)

項目	2015	2016	2017	2018
人件費	11.9	11.9	11.9	11.9
運営維持管理	30	30	30	30

【維持管理状況】

ワットタイ国際空港に設置した 236kW の太陽光発電システムに関しては、主に太陽光発電システム室の 3 人が、点検や定期的な維持管理を行っている。ワットタイ国際空港の設備はおおむね良好であるが、パワーコンディショナーと発電量表示装置に以下のような軽微な技術問題がみられた。(1) コンプレッサーを自動的に作動・停止させる空調設備のひとつが稼働していない状態が 2 年続いている。(2) 発電量表示装置の有効電力 (kWp) が表示されていない。しかし、データは記録されており、データ収録センターから印刷することはできる。この問題は 3 年間続いている。技術職員は解決方法がわからず、また太陽光発電システム室は、問題の特定や修理のために技術サービスを外部委託する予算もない。装置の中には、必要な場合スペアパーツとして調達することが想定されているが、それらの要求は過去 3 年、ラオス空港公団から承認されていない。

ラオス電力公社敷地での 178kW システムに関しては、太陽光発電システムの全ての機材は依然良好に保たれ、また適切な維持管理も行われてきた。本事業で整備したスペアパーツ (太陽光モジュール、パワーコンディショナー)、消耗品、維持管理ツールは適切に管理され、倉庫に保管されている。太陽光発電システムにこれまで故障が生じておらず、調達されたスペアパーツはこれまで交換に使われていない。しかしながら、ラオス電力公社は、引き続き機材調達計画を作成し、将来の調達に備えて予算の増額を検討する必要がある。

【評価判断】

以上のとおり、ラオス空港公団の技術、財務面に課題があり、よって、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、指標の目標値を達成しており、事業目的として掲げられた「発電能力の向上、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ラオス国民の意識啓発」を達成した。本事業のモデルは関係者に評価され、本事業完了後、多くの太陽光発電システムが整備された。持続性に関しては、技術、財務面に問題があるが、体制面に問題はない。効率性は、事業期間は計画を上回ったが、事業費は計画内であった。

以上より、総合的に判断すると、高いといえる。

III 提言・教訓

実施機関への提言:

・ラオス空港公団は、必要とされている太陽光発電システムの運営維持管理予算確保のために速やかに行動をとることが必要である。また、担当の技術スタッフの知識・技術も、太陽光発電の信頼性・持続性を維持するために、向上させる必要がある。従って、研修の実施が必要である。



ラオス電力公社の太陽光発電システム



太陽光発電システム