

国名	太陽光を活用したクリーンエネルギー導入計画
ボリビア多民族国	

I 案件概要

事業の背景	ボリビアの 2013 年における総発電電力量は、59%以上が火力、次いで水力が 39%、残りの 2%がバイオマスであった。同年における、国内電力の連系系統及び独立系統の総発電設備容量は 1,682.3MW に達しており、このうち 1,188.5MW が火力発電、493.8MW が水力発電であった。ボリビア政府は、エネルギー自給率を増加させるため、再生可能エネルギーの研究および導入事業の促進を掲げており、日本政府に支援を要請した。					
事業の目的	本事業は、ビルビル国際空港及びサンアンドレス大学において、太陽光発電システム及び関連機材を調達し、技術者育成に係る技術支援を行うことにより、発電能力の向上、電源の多様化、再生可能エネルギー利用に関するボリビア国民の意識啓発を図り、もって気候変動対策に対する先進国・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指した。					
実施内容	1. 事業サイト：ラパス市、サンタクルス市 2. 日本側： （1）太陽光発電（PV）システム一式（サンアンドレス大学：50kW、ビルビル空港：315kW）（太陽光電池モジュール、パワーコンディショナ、変圧器、データ採録装置、発電量表示装置、等）、スペアパーツ、維持管理用工具 （2）技術支援（ソフトコンポーネント）：PV システムに関する基礎知識及び保守点検、緊急時の対応等の運営維持管理に関する研修 3. 相手国側：用地の取得・整地、本事業に含まれない機材及び業者の調達費用					
事業期間	交換公文締結日	2010 年 3 月 19 日	事業完了日 （計画）	2015 年 2 月	事業完了日 （実績）	2017 年 7 月 21 日
	贈与契約締結日	2010 年 8 月 31 日 2012 年 3 月 20 日 （第一回修正） 2013 年 1 月 9 日 （第二回修正） 2013 年 11 月 8 日 （第三回修正）				
事業費	交換公文供与限度額・贈与契約供与限度額：440 百万円					

II 評価結果

・本事業は 2 年間延長され、2017 年に完了した。事前評価では定量的効果の検証として、事業完成 3 年後の目標として目標値が設定されていた。したがって、事後評価では、2020 年の実績をこれらの目標値と比較した。

1 妥当性
【事前評価時のボリビア政府の開発政策との整合性】 「国家開発計画」（2006 年～2011 年）の中で、国家としてエネルギーの独立性を確立するため、太陽光を含む再生可能エネルギー導入と研究開発を行うことを主たる施策としていた。また、中期的な目標（2011 年～2015 年）の一つとして、再生可能エネルギーの開発による電力供給量の増加を掲げていた。ボリビアは、気候変動枠組み条約及び京都議定書を批准していた。このように、本事業は事前評価時のボリビアの開発政策と合致していた。 【事前評価時のボリビアにおける開発ニーズとの整合性】 事前評価時、ボリビアの発電は火力、水力、バイオマスによるものであった。国家としてエネルギーの独立性を確立するために太陽光を含む再生可能エネルギー導入に対するニーズがあった。 【事前評価時における日本の援助方針との整合性】 重点分野の一つは地方開発等を通じた生産性の向上であった。特に、電力や道路を中心としたインフラ整備の促進が持続的な経済成長にとって重要であるとされていた²。さらに、本事業は、気候変動緩和に貢献しようとする意欲はあるものの、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途上国を支援するために、2008 年度に日本政府が導入した「環境プログラム無償」のもとで、実施された。よって、事前評価時における日本の援助方針と整合していた。 【評価判断】 以上より、本事業の妥当性は高い。

¹ 2021 年 12 月、政府の決定（大統領令 4630、2021 年 11 月 30 日付）により、2 年以内に AASANA は解体され、その財産は新団体に引き継がれることが発表された。

² 外務省「ODA 国別データ集」（2013 年）。

2 有効性・インパクト

【有効性】

事業目的である、UMSA と AASANA における発電能力の向上と CO2 削減量は一部達成された。定量的効果として、事業完成 3 年後に送電端電力量がほぼ目標値に達したのは UMSA においてのみであった（指標 1）。2018 年時点において、規制当局と配電会社の間で保留されていた要件により、両発電所の PV システムが 5 カ月間にわたって接続されていなかった。2019 年以降は、UMSA ではほぼ計画どおりに発電が行われている。AASANA は 2019 年以降、PV プラントの運営維持管理作業を ENDE Guaracachi という電力会社に委託している。2020 年は、新型コロナウイルスの感染拡大期間中に、同社施設への立入りが制限されたため、不測の切断が発生した。さらに、地方電化協同組合（Cooperativa Rural de Electrificación: CRE）の送電網に接続しても経済的な利益が得られないことから、ENDE Guaracachi は太陽光発電所の運営に対する十分な動機付けが維持できなくなっている。ENDE Guaracachi は、太陽光発電所近くのスペースを利用して施設を拡張し、発電容量を 5MWp に増やすよう要求している³。CO2 削減量は、UMSA においてのみ目標値を達成した（指標 2）。補完情報として、UMSA では事業実施前と比較して、発電による電力消費量の 18%削減に貢献している。他方、AASANA の PV システムは、空港施設には接続されておらず、太陽光発電所の空調設備にのみ接続されており売電されているものではないため、同社は PV システムの便益をあまり認識していない。

定性的な効果として、第一に、UMSA は想定されたとおりに PV システムを運用維持管理している。UMSA は、2018 年と 2019 年にシステムの清掃と機能評価を行い、2020 年以降の維持管理計画と技術資料を作成した。また、電気工学調査研究所（Instituto de Investigaciones en Ingeniería Eléctrica: IIIE）は、毎月、発電量について電気工学部への報告活動を行っている。ENDE Guaracachi は、太陽光発電所の動作確認、パネルの清掃、空調設備や緑地の整備などの定期点検を行っている。また、同社は消費電力量と発電電力量を毎月記録している。第二に、UMSA は、太陽光発電所の有効性と環境への貢献について一般市民に説明するために、以下のような様々な活動を行っている——①2017 年に電気・代替エネルギー次官室（Viceministerio de Electricidad y Energías Alternativas: VMEEA）とドイツ国際協力公社（GIZ）の協力のもと、電気分野、大学、研究所の技術者に対して系統接続による太陽光発電に関する研修を実施した。②2020 年と 2021 年に電気工学部の様々なコースの学生を対象としてセミナーを開催した。③2021 年にビルヘン・デ・コパカバーナ中学校の教員と生徒に対してセミナーを開催した。また、AASANA も 2017 年に VMEEA や GIZ との協力により、電気分野の技術者を対象とした系統接続方式の太陽光発電に関する研修を実施した他、2018 年には 2 つの高校（ドミン・サビオ、イザベル・サベドラ）の生徒や他 2 団体を受け入れ、PV システムとその利点について説明した。しかしながら、現在は、ENDE Guaracachi との契約に含まれていないため、AASANA では、このような一般市民への説明会は実施されていない。

【インパクト】

2017 年に、再生可能エネルギーや電力政策に関連する課題について、ボリビア政府と国際ドナー間の調整・コミュニケーション・交流を促進するため、エネルギー分野のパートナー会合が創設された。JICA は、2020 年 2 月から同会合のリーダーを務めている。このように、本事業の実施を通じて、日本の気候変動対策推進のイニシアティブが発揮されたと言える。

この他にも UMSA より正のインパクトがいくつか報告された。第一に、PV システムのパイロット発電所として稼働した UMSA と AASANA の太陽光発電所の影響を受けて、ボリビア政府は 2021 年に分散型発電に関する大統領令第 4477 号を制定し、太陽光発電エネルギーを中心とした系統連系の再生可能エネルギーによる自家消費のための発電を奨励することとなった。この政令の制定に加えて、PV パネルや付属品の価格が下がったことで、PV システムを設置して分散型発電を行う個人や企業が増えてきた。そのため、個人や企業、研究機関に対する訓練の必要性が生じている。UMSA の IIIE は、PV システム工学に関するディプロマコースの開発に取り組んでおり、UMSA の系統連系 PV システムの運営維持管理の事例をコースのモジュールに組み込むことを計画している。第二に、太陽光発電所の設置を機に、UMSA は電気工学プログラムの学部生が電気技師として卒業できるような事業を進めている。第三に、PV プラントがキャンパスに設置されたことで、以前よりも多くの女子学生が代替エネルギー、特に太陽光発電に興味を持つようになったということである。

自然環境へのインパクトも含め、本事業による負のインパクトはなかった。

【評価判断】

よって、本事業の目的は部分的に達成されたため、本事業の有効性・インパクトは中程度である。

定量的効果

		基準値 (2013 年)	目標値 (2018 年) 事業完成 3 年後	実績 (2018 年) 事業完成 1 年後	実績 (2019 年) 事業完成 2 年後	実績 (2020 年) 事業完成 3 年後	出所
1. 送電端電力量 (MWh/年)	AASANA	0	374	158	275	162	AASANA
	UMSA	0	80	52	77	78	UMSA
	合計	0	454	210	352	240	
2. CO2 削減量 (t/年) *1	AASANA	0	228	96	168	99	AASANA
	UMSA	0	48	31	47	48	UMSA
	合計	0	277	127	215	146	

*1: AASANA と UMSA における CO2 削減量は CO2 削減原単位に年間発電量をかけて算出された。事前評価時で使用された削減原単位は 0.61 であった。事後評価でもこの単位を用いた。

3 効率性

事業費は計画どおりであったが（計画比：100%）、事業期間が計画を上回った（計画比：211%）。これは、多くの書類を

³ AASANA と ENDE の間で交わされた契約書によると、AASANA は最高裁判決に基づき、ENDE に 15 ヘクタールの土地を 30 年間無償で提供し、その後、ENDE はその土地を ENDE Guaracachi に譲渡し、ENDE Guaracachi が発電所を建設・運営し、サンタクルス市や国内に電力を供給することになっている。

必要とする入札手続きや通関に多くの時間を要したためである。また、事業期間中に上層部やカウンターパート職員が交代したため、事業を説明し、活動実施の承認を得るまでに時間がかかった。他方、アウトプットは計画どおりに産出された。よって、本事業の効率性は中程度である。

4 持続性

【制度・体制面】

UMSA は、PV システムを運営維持管理するための組織体制を維持している。UMSA は PV システムの O&M のための組織体制を維持しており、IIIE の所長のもと、PV システムの運転、保守、道具や維持管理ツールの責任者を任命している。太陽光発電所の運営維持管理の責任者は研究教員と研究助手である。2020 年と 2021 年、彼らは運営維持管理業務に月間 64 時間を費やしており、これが研究作業の妨げになっている。AASANA の PV システムは ENDE Guaracachi がマネージャーと電気技師を配置しており、彼らによるとその人数は太陽光発電所の運営維持管理に十分である。しかしながら、先に述べたように、ENDE Guaracachi は、経済的リターンのない小さな発電所を運営することにあまり動機を持っておらず、ENDE Guaracachi と AASANA によると、契約継続の確証がない。

【技術面】

UMSA では、2018 年に PV システムの運営維持管理担当者に対する研修があったが、2019 年以降は実施されていない。しかしながら、配置されている人員は電気工学の知識があり、PV システムの運営維持管理を行う能力がある。また、本事業で作成されたマニュアルは、維持管理計画策定や学部生用の電気工学プログラム開発に参照されている。UMSA は、収集したデータや情報を今後の研修に活用することを計画している。ENDE Guaracachi は、AASANA から提供された情報を基に職員を研修した。加えて、ENDE Guaracachi は、自身の方針と手順に基づいた研修システムを有している。ENDE Guaracachi はより大きな発電所を運営しているので、AASANA の PV システムの運営維持管理に問題はない。

【財務面】

UMSA は計画されていたよりも多くの予算を確保しているが十分ではない。予算の大半は、準備調査時では想定されなかった研究者と研究助手の運営維持管理の報酬と警備員の給与である。UMSA は 2022 年以降、運営維持管理の専属要員を雇用するための予算を含めたいと考えている。AASANA は、太陽光発電所の運営維持管理という権限は元々持っていないため、そのための予算を割り当てていなかった。しかしながら、ENDE Guaracachi は AASANA との契約後は、太陽光発電所の運営維持管理予算を措置している。さらに、発電所のすべての部品に 30 万米ドルの保険をかけている。

【運営・維持管理状況】

本事業により調達された UMSA の機材とスペアパーツのすべてはよい状態で機能している。すべての機器は四半期ごとに再調整され、交換が必要なものがないか点検されている。スペアパーツや消耗品はボリビアでも購入できるが、通常は最低でも 1 ヶ月かかる。AASANA では、2018 年に PV モジュール 3 枚と空調機器が盗難の被害にあった。この事件後、AASANA は ENDE Guaracachi が運営を開始するまで警備員を配置していた。スペアパーツや計測・調整機器は AASANA の倉庫に保管されており、ENDE Guaracachi にはまだ移管されていない。

【評価判断】

以上より、本事業の運営・維持管理は制度・体制と財務、状況に軽度な問題があり、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

事業目的は一部達成された。即ち、発電能力の向上と CO2 削減量は一方の発電所では目標に到達したが、もう一方の発電所ではそうならなかった。持続性について、一方の発電所では専任の要員配置の課題、もう一方の発電所では PV システム運営維持管理の外注の課題がある。効率性については、事業費は計画どおりであったが事業期間が計画を超えた。

以上より、総合的に判断すると、本事業の評価は一部課題があるといえる。

III 提言・教訓

実施機関への提言：

- ・ UMSA に対して民間セクター等への PV システムのセミナーの実施による収益化を図ることにより、PV システムの運営維持管理を専任で担当する人員を配置するための予算を確保することを提言する。
- ・ AASANA に対して発電所の運営維持管理の戦略を明確にすること、本事業により調達されたスペアパーツ、データ測定・調整機器を ENDE Guaracachi が使用できるよう許可することを提言する。
- ・ PV プラントの有効性を高め、エネルギー源の多様化と再生可能エネルギー利用に関する国民の意識を啓発するためにも、AASANA に対して、ビルビル空港に設置されている太陽光発電量ディスプレイを修理し、設置場所やディスプレイ方法を工夫するなどして、意識啓発を促進するためさらなる改善を行うことを提言する。

JICA への教訓：

- ・ 本事業では、AASANA での送電端発電量が目標値を大きく下回っている。本事業は実施機関による販売までは目標とされたものではなかったが、PV システムの容量が小さく、送電網に接続しても経済的なメリットがないため、AASANA と現在の運営維持管理を行っている会社にとって太陽光発電所の運営に対する動機付けとなっていない。事業完了後の売

UMSA の PV システムの運用維持管理予算 (USD)

	2018	2019	2020	2021
機器維持費	0	0	0	0
人件費	772	784	1,313	1,313
管理費・その他	459	459	459	459
合計	1,231	1,243	1,772	1,772

出所：UMSA。

ENDE Guaracachi の PV システムの運用維持管理予算 (USD)

	2018	2019	2020	2021
機器維持費	NA	NA	30,000	30,000

出所：ENDE Guaracachi

電を想定する場合、系統連系に必要な登録と運営維持管理・販売の契約締結は必要条件となる。実施機関が発電・販売の権限を持っていない発電事業においては、実施機関が特に予算確保の面で事業に対する強いイニシアティブを持っていること、発電・配電・販売を許可する法的枠組みがあることを確認するべきである。これらは事業開始のために確認すべき条件であり、建設された施設の運営のための外部条件とすべきではない。もし、これらの条件に懸念がある場合は、該当事項を事業形成の段階においてリスクとして明示し、実施機関と共通理解を醸成した上で、解決に向けて議論を続けていくべきである。



UMSA 大学構内に設置された太陽パネル



AASANA に供与された Viru Viru 空港近隣の太陽パネル