

| | |
|------------------|-----------------------|
| 国名 ウルグアイ東方共和国 | 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 | <p>ウルグアイ電力公社 (UTE) によると、2008年における国内の総発電容量は1,392MWであり、その中で水力発電の容量が最大で、ついでガス火力発電、ガス以外の火力発電、風力発電であった。ウルグアイでは石油、石炭、天然ガスなどの化石燃料は産出されないため、国際的な原油価格の変動や干ばつなどの気象現象による水力発電量減少などから、エネルギー需給の逼迫が生じていた。さらに、火力発電所の稼働率上昇によるCO2排出量の増加、電力コスト増による経済活性化の抑制といった問題が生じていた。</p> <p>このような中、太陽光発電を含む再生可能エネルギーは、化石燃料の負担を減少させ、環境にも優しいエネルギー利用を促進する技術として、同国のエネルギー戦略の主要課題ともなっており、その導入の推進が求められていた。</p> | | | | |
| 事業の目的 | <p>本事業は、サルト市サルト・グランデ水力発電所敷地内において、太陽光発電関連機材を調達、設置するとともに技術者育成支援を行うことにより、太陽光発電能力の向上、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ウルグア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ことをめざすものである。</p> | | | | |
| 実施内容 | <ol style="list-style-type: none"> 事業サイト：サルト・グランデ水力発電所施設、サルト市（フェーズ1）、パルケ・デ・バカシオネス（市民公園）、ミナス市（フェーズ2） 日本側： <フェーズ1> (1)太陽光発電システム一式 (480kW)：太陽光モジュール、パワーコンディショナー、ブレーカー、接続箱、集電箱、変圧器、ケーブル、データ収録装置、発電量表示装置及びスペアパーツ (2)ソフトコンポーネント：(i)系統連系型太陽光発電システムの運営管理・データ分析に関する研修、(ii)系統連系型太陽光発電システムの基礎・維持管理・予防保全・トラブルシューティングに関する研修、(iii)意識啓発活動 <フェーズ2> (1)太陽光発電システム一式 (250kW)、(2)ソフトコンポーネント * 太陽光パネルの価格下落により、当初事業範囲（フェーズ1）の事業費が贈与契約金額を下回ったため、残余金を利用してフェーズ2の太陽光発電システムが追加で建設された。 相手国側： 用地取得、太陽光発電システムに接続する15kV配電線・配電盤の延長工事、贈与契約金額対象外の機材調達及び契約代理店に関するその他費用 | | | | |
| 事業期間 | 交換公文締結日 贈与契約締結日 | 2009年12月14日 2009年12月21日 | 事業完了日 (計画) | 2011年11月 | 事業完了日 (実績) |
| 事業費 | 交換公文供与限度額・贈与契約供与限度額 | 730百万円 | | 実績額：730百万円 | |
| 相手国実施機関 | ウルグアイ電力公社 (UTE) (責任機関：工業・エネルギー・鉱業省 (MIEM)、用地提供 (サルト・グランデ水力発電所内建設用地) : サルト・グランデ合同技術委員会 (DU-CTM)) | | | | |
| 案件従事者 | 本体：双日株式会社、丸紅プロテックス株式会社 コンサルタント：日本工営株式会社 | | | | |

II 評価結果

1 妥当性/整合性

<妥当性>

【事前評価時のウルグアイ政府の開発政策との整合性】

本事業は、事前評価時点におけるウルグアイの開発政策と整合性が高い。ウルグアイは1994年7月に国連気候変動枠組条約 (UNFCCC) 及び2000年11月に京都議定書を批准し、また2008年6月には日本とクールアース・パートナーシップを構築し、積極的な気候変動対策への取り組みを行なっていた。ウルグアイ政府の策定したエネルギー政策 (Política Energética 2005年～2030年) の戦略的ガイドラインでは、エネルギーの多様化を戦略の一つとして掲げ、化石燃料に対する依存度の減少と再生可能エネルギー導入を目標としている。

【事前評価時のウルグアイにおける開発ニーズとの整合性】

本事業は、事前評価時点におけるウルグアイの開発ニーズと整合性が高い。上述の通り（「事業の背景」）、ウルグアイは国際的な原油価格の変動と水力発電量減少により、エネルギー需給の逼迫に直面していた。また、火力発電所の稼働率上昇によりCO2排出量も増加した。そのため、化石燃料の使用を削減し、環境に優しいエネルギー戦略を促進するため、再生可能エネルギーが期待されていた。

【事業計画/アプローチの適切性】

本事業の計画/アプローチは適切である。事業計画/アプローチに起因する課題は確認されなかった。便益の公平性（公平な社会参加を阻害されている人々への配慮）の観点から、本事業は、再生可能エネルギーの割合が高い（95%以上）ウルグアイの電力網の整備を通じて、国民に等しく正の便益をもたらす公共政策の策定を支援するものであった。

【評価判断】

以上より、本事業の妥当性は③¹と判断される。

＜整合性＞

【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、事前評価時の日本の対ウルグアイ援助方針と整合している。環境保全（環境問題対策及びエネルギー問題対策）はウルグアイへの支援の重点分野のひとつである²。また、日本政府は、気候変動問題への取組みを地球規模で実効的に進めるために、温室効果ガスの排出削減と経済成長を両立させる必要性を認識しているものの実施能力や資金が不足している開発途上国を支援する目的で2008年度に「環境プログラム無償」を創設した。本事業は、同スキームのもとで、クリーンエネルギー導入等による緩和策として実施された。

【JICA他事業・支援との連携/調整】

事前評価時において、本事業とJICAの他の事業との連携/調整は明確に計画されていなかったが、ウルグアイへの再生可能エネルギー導入・拡大のためのJICAによる継続的支援が進行中である。特に2023年度には、10人のウルグアイ人参加者

（MIEMとUTEの職員・技術者）を対象に、「水素エネルギー利用促進」に関する国別研修プログラムを実施した。この国別研修は、本太陽光発電事業で形成されたMIEMとUTEとの協力関係を継承し、ウルグアイでの実施体制強化を補完するものである。

【他機関との連携/国際的枠組みとの協調】

事前評価時及び事業実施中において、本事業と他開発パートナーとの連携/協調は明確に計画されていなかった。

【評価判断】

以上より、本事業の整合性は②と判断される。

【妥当性・整合性の評価判断】

以上、本事業の妥当性及び整合性は③と判断される。

2 有効性・インパクト

【有効性】

本事業は「送電端電力量」（指標1）、「CO₂ 削減量」（指標2）、「電気料金削減額」（指標3）といった指標については目標値を達成しており、本事業の目的はおおむね計画どおりに達成された。

フェーズ1の設備については、2023年までは年間目標値をほぼ達成していた。しかし、2024年に入ってからは、パワーコンディショナーの不具合、データ収録装置及び発電量表示装置の故障のため、設備の稼働を停止している。パワーコンディショナーについては、ウルグアイ当局が技術的な侧面から問題解決を検討した。その結果、この問題を解決するためにはパワーコンディショナーシステムの交換が必要であることが指摘された。

本事業を通じた啓発活動に関しては、フェーズ2の設備は学生を含む年間4万人以上が訪れる観光地にあり、太陽光発電を含む持続可能な開発についての意識向上と啓発を目指す国のエネルギー政策への理解促進に貢献している。また、本事業の推進機関（MIEM及びUTE）によって、広報及び市民参加活動も展開されている。

本事業はUTEの技術力を強化した。UTEは本事業で太陽光発電設備全般の運営、維持管理を担当しており、UTEはその責任を果たしている。本事業によるPVシステムはウルグアイで初のPVシステムの導入であり、その技術は、提案が承認された当時、ウルグアイの電力システムにおいて革新的なものであり、ソフトコンポーネントは、太陽光発電システムを実施するウルグアイの技術者やその他の関係者の能力開発に大きく貢献した。ソフトコンポーネントによる技術支援が成功したことで、UTEのこの技術に対する信頼が急速に高まり、その後の太陽光発電事業の大規模な実施が可能になった³。

【事後評価時に確認されたその他インパクト】

本事業を通じて日本の国際協力の具体的な取り組みを示すことが期待されていた。本事業の設備、特にフェーズ1設備の設置は、その後の大規模太陽光発電システムの設置を促す公共政策の展開に大きなインパクトを与えた。これは、ウルグアイの電力供給マトリックスの脱炭素化に貢献しただけでなく、供給システムのエネルギー安全保障を強化し、ウルグアイの国力を強化した。

社会的公平性と包括性の観点から、ウルグアイの電力料金制度は「連帶」メカニズムを採用しており、比較的コストの低い地域の利用者の支払いが、コストの高い地域（孤立した地域や人口密度の低い地域）の利用者のエネルギー供給を部分的に補填している⁴。

【評価判断】

以上より、本事業の有効性・インパクトは③と判断される。

¹ ④：「非常に高い」、③：「高い」、②：「やや低い」、①：「低い」

² ODA国別データブック（2010年）

³ 日本の協力により2013年稼働を開始した本PVシステムは、ウルグアイ初の太陽光発電プロジェクトであった。それ以来、プロジェクト数は着実に増加しており、日本の協力による関係機関の能力開発と人材育成が同国の太陽光発電の拡大に貢献したことは、産業・エネルギー・鉱業省（MIEM）の報告書にも述べられている。（参考；<https://www.energiasolar.gub.uy/index.php/institucional/energia-solar-fotovoltaica>）

同報告書にある太陽光発電量の推移は以下の通りである。

年（生産量;ktep）：2014(0.3)/2015(4.2)/2016(13.1)/2017(23.1)/2018(38.7)/2019(38.1)/2020(39.8)/2021(41.9)/2022(44.1)/2023(44.1)

⁴ 都市部と農村部、特に遠隔地で電気料金が異なるという問題に対処するため、UTEは料金設定に料金平準化制度を導入している。この制度により、農村部や遠隔地の住民が都市部の住民よりも高い料金を支払わずに済むようになっている。農村部や遠隔地では、電力供給インフラが整っておらず、送電距離が長いため、電力供給コストが高くなる場合がある。その結果、農村部の電力供給コストは都市部よりも相対的に高くなる傾向がある。

定量的効果
<フェーズ1>

| | 基準値 (2010) 基準年 | 目標値 (2013) *1 事業完成 3 年後 | 実績値 (2013) 事 業完成年 | 実績値 (2014) 事業完成 1 年後 | 実績値 (2015) 事業完成 2 年後 | 実績値 (2016) 事業完成 3 年後 | 実績値 (2023) 事後評価年 |
|-------------------------|----------------------|----------------------------------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------|
| 指標1:送電端電力量(MWh/年) | 0 | 648 | 652 | 727 | 707 | 628 | 653 |
| 指標2:CO2削減量(t/年) | 0 | 168 | 169 | 188 | 183 | 162 | 169 |
| 指標3:電気料金削減額 (US\$/年) | 0 | 32,400 | 32,600 | 36,350 | 35,350 | 31,400 | 32,650 |

出所: UTE

注1:計算方法は以下のとおり:

年間CO2排出削減量=排出削減単位×年間発電量 = 0.259 (kg-CO2/kWh) × 647,534 (kWh/年) = 167,712 (kg-CO2/年) ≈ 168 (t/年)
(CO2排出削減単位=0.259 kg-CO2/kWh)

注2:電気料金はUS\$50/MWh (2010年から2023年まで変化なし)

<フェーズ2>

| | 基準値 (2019) 基準年 | 目標値 | 実績値 (2020) 事業完成 1 年後 | 実績値 (2021) 事業完成 2 年後 | 実績値 (2022) 事業完成 3 年後 | 実績値 (2023) 事後評価年 |
|----------------|----------------------|-----|----------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------|
| 送電端電力量 (MWh/年) | 0 | - | 354 | 381 | 388 | 363 |

出所: UTE

3 効率性

事業費は計画どおりであったが(計画比:100%)、事業期間は大幅に計画を上回った(フェーズ1事業期間の計画比:200%)。事業期間が計画を上回った理由は以下のよう手続上の理由による。(1)サイトの引渡しが5ヶ月遅延した。送電網に接続するための通常周波数の確保に技術的な問題があり、その特定と解決に時間がかかったため、システムの納入が11ヶ月遅延した。(2)フェーズ1事業は2011年11月に完了する予定だったが、ウルグアイ側の責任であった用地準備に関する問題の解決が遅れたため、完了が遅れた。2013年5月にソフトコンポーネントを含め完了した。

| | 事業費 (日本側の支出のみ、円) | 事業期間 (月) |
|------------|------------------|--------------|
| 計画 (事前評価時) | 730 百万 | 20 |
| 実績 | 730 百万 | 40 (フェーズ1期間) |
| 割合 (%) | 100 | 200 |

アウトプットは計画どおり産出された。

以上より、効率性は②と判断される。

4 持続性

【制度・体制面】

本事業の設備の運営・維持管理のための組織体制は適切であった。

MIEMはUTEとの間で、発電所に関する義務、責任、権利を双方が負うという協定を結んだ。この協定により、MIEMとUTEの技術者間の調整と協力が容易になった。MIEMとUTEの技術者間の作業は柔軟で協力的で、習得した知識の共有にも前向きだったため、評価は非常に高い。

UTEは設備の運営・維持管理を担当している。また、設備の稼働状況に関する情報も提供してきた。MIEMは、設備の運営に関してUTEとオープンなコミュニケーションを維持し、設備の適切な機能を確保するために、さまざまな資源を適切に管理するための行動を監督している。

設備の運営・維持管理、全般的なモニタリングを担当するUTE職員の数は2名である。適切な運営・維持管理を実施し、設備全体の運転状況をモニタリングするのに十分な人数の技術職員が配置されている。

【技術面】

上述のとおり(2.有効性/インパクト)、UTEの職員は技術力を有している。技術系大学や専門機関のレベルにおいて、さまざまな技術コースや専門的な最新情報の提供が行われてきた。

【財務面】

UTEにおける人件費と運営費の予算はおおむね確保されているが、中期的な設備更新の必要性については、体系的な予算計画が不十分であると思われる。

【環境・社会面】

環境・社会面の問題は確認されず、対応策を講じる必要はなかった。

【運営・維持管理の状況】

太陽光発電モジュールの状態に問題はないが、フェーズ1のパワーコンディショナーなど、一定年数経過後に交換・更新が必要な機器の交換は実施されていない。これは、かなり大規模な交換となるため日本側との調整が必要と考え、ウルグアイ側がフェーズ2の瑕疵検査の完了(検査完了は2022年8月)を待っていたためである。交換となった際にはウルグアイ側は、ある程度の負担は努力する意向である。フェーズ1設備のデータ収録装置・発電量表示装置の不具合に起因するUTE社内の通信ネットワークのセキュリティ上の理由により(通信・制御システムのデータが正しく表示されないことから、UTE社が設定したサイバーセキュリティ要件を満たさない。また、運転を制御するPCが旧式のオペレーティングシステムで運用されており、不具合が発生していた)、2024年初頭に同設備を電力系統から切断する必要が生じた。フェーズ2設備に

については、64カ所のサルフェーション接続点が確認されている⁵。また、特定のパラメーターを遠隔操作・制御することができず、オペレーションを複雑にしている。

【評価判断】

以上より、本事業の運営・維持管理は財務及び運営・維持管理状況に一部問題があり、本事業によって発現した効果の持続性は②と判断される。

5 総合評価

本事業は、事業目的をおおむね計画どおりに達成した。「送電端電力量」「CO₂削減量」「電気料金削減額」が目標値を達成し、また、本事業は人々の再生可能エネルギーに関する意識を啓発し、運営維持管理能力を強化した。インパクトに関しては、本事業により大規模太陽光発電システムの設置が促進された。持続性に関しては、財務面、運営・維持管理状況に一部問題があるが、制度・体制面、技術面に問題はみられない。効率性に関しては、事業期間は計画を大幅に上回ったが、事業費は計画どおりであった。

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：

- ・JICAによる事後評価対象年である2023年までは目標値（指標）を達成しており、本事業の目的はほぼ計画通りに達成していたものの、2024年の初めからパワーコンディショナーの不具合のため、フェーズ1の設備は稼働停止している。2013年の稼働開始から現在までに11年が経過し、太陽光発電施設の各設備の耐用年数に近づいてきていることから、パワーコンディショナーに限らず、今後は施設を稼動させながら適切なタイミングで設備を順次交換する必要があるため、ウルグアイ側の政策・予算策定スケジュールに合わせ、MIEMとUTEはそのための予備費を確保するなどの対策を講じて予算を確保することが推奨される。

- ・太陽光発電施設の効率的な運営には、遠隔地からのデータ収集や遠隔制御の機能が重要な要素となる。太陽光発電設備の機器交換の際には、遠隔監視・制御機能を含めることが推奨される。

JICAへの教訓：

本事業では、責任省庁と実施機関の間で適切な調整、役割分担、人材配置が行われた。責任省庁であるMIEMは、実施機関であるUTEとの間で、双方が太陽光発電施設に関する義務、責任、権利を負う協定を結び、その結果、事業実施は順調に進んだ。計画段階でのこのような利害関係者の取り決めは、他の同様の事業にも有効である。



フェーズ1（サルト市）



フェーズ2（ミナス市）

⁵ 太陽光発電所の配線接続部の一部で、金属部分が白っぽく変色し、腐食が進んでいる箇所が確認された。これは、空気中の硫黄成分や湿気の影響で発生する「硫酸化（サルフェーション）」という現象によるものである。硫酸化が進行すると、接続部分の電気の流れが悪くなり、発電効率の低下や設備の故障に繋がる可能性がある。