

国名 ネパール	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>ネパールでは、電力供給の大半を水資源を利用した水力発電に依存している。電力需要が年々急激に増加する中で、河川流量が少なくなるため、乾季には電力供給量が減少していた。このため、電力供給は需要を大幅に下回り、国民に窮状をもたらしていた。2008年には、一日最大18時間の計画停電が実施された。ネパールにおいては、揚水や電話通信、空港において、独立型太陽光発電（PV）システムが導入され、未電化地域の一般家庭や公共施設において自家用太陽光発電システムが導入されている。しかしながら、系統連系型 PV システムは未だ導入されていなかった。安定的な再生可能なエネルギーの供給という潜在的ニーズに加え、ネパール政府は、カトマンズ盆地上水道公社（KUKL）への系統連系型 PV システムの導入による技術的な知識とノウハウの獲得への支援を日本政府に要請した。</p>			
事業の目的	<p>本事業は、系統連系型 PV システムの調達と設置及び KUKL のエンジニアの能力構築により、発電能力の強化、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ネパール国民の意識啓発を図り、以って、気候変動対策に係る地球規模での協働による取組みを促進する日本のイニシアティブを示すことに寄与する。</p>			
実施内容	<p>1. 事業サイト：ドビガット貯水池（カトマンズ） 2. 日本側： (1) PV システム（680kW）の調達と設置に係る無償資金の供与 PV システム機材：PV モジュール一式、パワーコンディショナー、変圧器、低圧開閉パネル、接続箱、集電箱、低圧配電盤、配電パネル、ケーブル、データ収集装置、気象モニタリングシステム、コントロールハウス、ディスプレイパネル、スペアパーツ等 (2) 技術支援（無償資金に係るソフトコンポーネント） 系統連系型 PV システム及び日常／定期メンテナンス点検、データ記録システム／データ分析を含む運営維持管理に関する基礎知識に係る研修 3. 相手国側： 開閉器用コントロールハウス建設のための整地、仮設道路建設、電線の道路横断工事</p>			
事業期間	交換公文締結日	2010年1月29日	事業完了日	2012年8月7日
	贈与契約締結日	2010年1月29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：650百万円	
相手国実施機関	カトマンズ盆地水供給管理委員会（KVWSMB） カトマンズ盆地上水道公社（KUKL）			
案件従事者	本体：丸紅株式会社 コンサルタント：日本工営株式会社 調達代理機関：日本国際協力システム			

II 評価結果

【事後評価上の留意点】

・事後評価を実施する目標年は一般に事業完了3年後とされ、事前評価時点で本事業の目標年は2014年と設定されたが、本事業の完了は2012年に遅延したため、事業完了3年後は2015年となる。一方で、PVシステムは設置後すぐの稼働が可能のため、本事後評価では、2014年と2015年のデータを用いて事業目的の達成度を検証した。

1 妥当性	<p>【事前評価時・事後評価時のネパール政府の開発政策との整合性】 本事業は、「農村エネルギー政策（2006年）」、「再生可能エネルギー供給政策（2013年）」、「再生可能エネルギー供給メカニズム（2013年）」といった政策文書で示されている、PVシステムを含む再生可能エネルギー源の促進に重点を置く、ネパール政府の開発政策と合致している。事後評価時においては、「第14次国家3カ年計画2016年-2019年」、2016年に承認された「再生可能エネルギー向け補助金政策」、にて、持続可能な開発に向けた再生可能及びクリーンエネルギーとなっている。</p> <p>【事前評価時・事後評価時のネパールにおける開発ニーズとの整合性】 本事業は、国民が年間を通じて、特に乾季においても電気を利用できるよう、十分な電力の発電・供給に資する太陽光発電システムの全国での整備という、ネパールの開発ニーズと合致している。電力の需給ギャップを緩和する必要性が依然としてあるため、PVシステムを含む、水力発電以外の発電システムの振興が図られている。</p> <p>【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、2006年以降の日本とネパールの政策対話において3つの重点分野の一つとして、運輸、電力、水供給及び都市環境を含む社会的・経済的インフラを重点とする日本の対ネパール援助方針に合致していた。さらに、本事業は、気候の安定化に貢献しようとする意志はあるものの、温室効果ガスの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。</p> <p>【評価判断】 以上より、本事業の妥当性は高い。</p>
2 有効性・インパクト	<p>【有効性】 本事業は、事業目的を概ね達成した。本事業により整備されたPVシステムの年間総発電電力量（指標1）は、2014年446,230 kWh（目標値の93%）であり、2015年には570,310 kWh（目標値の119%）に達した。2016年には571,581 kWhへとさらに増加した。CO₂排出削減量（指標2）については、本事業により導入されたPVシステムを活用した発電による、CO₂排出削減量の推</p>

定値は、年間で2014年356,984トン目標値の(93%)であったが、2015年456,248トン、2016年457,265トンに増加した。KUKLの電気料金年間削減額(指標3)は、2014年は目標値1.32百万ネパールルピーを下回る1.23百万ネパールルピーであったが、2015年には1.34百万ネパールルピーに達し、2016年1.77百万ネパールルピーにさらに増加した。KUKLはネパール電力公社(NEA)への売電により電力コストを賄っているものの、ポンプ機の利用増加により、造水及び配水において、電力需要も拡大している。本事業は、再生可能エネルギー利用に関するネパール国民の意識啓発に貢献した。本事業により整備されたPVシステムは、ネパールにおける大規模太陽光発電のデモンストレーションを行うパイロットモデルであることから、工学や情報技術を専攻する学生が学習目的で本PVシステムのサイトを訪問した。また、科学技術アカデミーの研究者が、本PVシステムで収集したデータを活用した。400名以上が、2013年から2016年にかけて同サイトを訪問した。KUKLは、特に振興を目的とする学習型イベントを開催してはいないが、PVシステム訪問に関する問い合わせを受けた場合には、訪問者を歓迎し、本システムに関する説明を行っている。一方で、本事業で設置したエネルギーメーターとディスプレイパネルが機能しておらず、国民に対するPVシステムのデモンストレーション効果は限定的となっている。

【インパクト】

クリーンエネルギーの振興とCO₂排出削減に関する日本のコミットメントは本事業により部分的に実現されていることから、本事業は気候変動に対する地球規模での協調による取組みの促進に向けた日本のイニシアティブを示すことに寄与している。

事後評価時点において、いくつかのインパクトが確認された。本事業により整備されたPVシステムは、発電した電力のNEAへの売電を通じて、カトマンズの電力網による電力供給量の増加に貢献した。また、NEAへの売電は、2014年1.2百万ネパールルピー、2015年及び2016年2.9百万ネパールルピーと、追加的な収入をもたらした。さらに、PVシステムにより発電された電力がスンドリガット浄水場に十分に供給されていることにより、同浄水場からの24時間の水供給を可能にし、2012年には50,000世帯分の240万リットルから2013年には100,000世帯分の480万リットルへと、浄水能力の向上に一部貢献した。2014年のNEAの総電力供給量に占める本PVシステムの貢献度は0.01%であった。さらに、本PVシステムによるデモンストレーション効果は、世界銀行やアジア開発銀行¹を含む他のドナーによる支援のもと、NEAがより積極的に国内でのPVシステムの振興を行うきっかけとなった。代替エネルギー推進センター(AEPC)により、自治体用PVシステムと家庭用PVシステムが推進されており、2014年には106件の自治体用PVシステムが導入された。2017年には、全国でのPVシステムによる発電容量は75MWに増加することが見込まれている。本事業による用地取得・住民移転は発生しなかった。また、事後評価時点において、負のインパクトは確認されなかった。

【評価判断】

以上より、本事業の実施により概ね計画どおりの効果の発現がみられ、有効性・インパクトは高い。

定量的効果

指標	基準年 2010年 計画年	目標年 2014年 事業完了2年後	実績値 2013年 事業完了1年後	実績値 2014年 事業完了2年後	実績値 2015年 事業完了3年後	実績値 2016年 事後評価年
指標1 総発電電力量(kWh/年)	0	479,000	612,710	446,230	570,310	571,581
指標2 CO ₂ 排出削減量(トン/年)*	0	383,000	490,168	356,984	456,248	457,265
指標3 KUKLの電気料金削減額 **(ネパールルピー/年)	0	1,320,000***	955,084	1,232,400	1,345,978	1,772,902

出所：事業事前評価表、協力準備調査報告書、KUKLから提供されたデータ、KVWSMB及びKUKLの職員に対する質問票調査及びインタビュー調査の回答結果

注1：* CO₂排出削減量の計算(例：383,000 = 479,000 kWh/年 X 0.800 t-CO₂/MWh)

注2：** スンドリガット浄水場の年間消費電力量は2008年8月から2009年7月で203MWhであった。本事業で導入したPVシステムの年間発電電力量は479MWh、余剰電力量は276MWhと見込まれ、余剰分は1.32百万に相当する。

注3：*** 1,320,000ネパールルピー = 1,600,000円(2010年時点為替レート：1.00ネパールルピー=1.22円)

3 効率性

本事業のアウトプットは計画通り産出された。事業費は計画内に収まった(計画比：98%)ものの、事業期間は計画を超過した(計画比：157%)。事業期間が超過した理由は、データケーブルの故障に対する追加的な調整作業、運転開始前検査レポートの提出の遅れ、工事完了の遅れ及びNEAの系統への接続の遅れ、といった運転開始前及び引き渡し前の技術的な問題によるものであった。したがって、効率性は中程度である。

4 持続性

【体制面】

KUKLは、KVWSMBの管轄下にあり、本事業により整備されたPVシステムの運営・維持管理を所管している。本事業完了以降もKUKLの体制面に変更は無い。KUKLは、PVシステムの運営・維持管理のため、モニタリング担当1名、財務担当1名、アシスタントマネージャー1名、エンジニア1名、監督7名、警備員2名、PVシステムの運営・維持管理主任1名を配置している。それぞれの業務を遂行するのに十分な人員が配置されており、PVシステムは適切に運営・維持管理されている。

【技術面】

KUKLはもともと水道事業者であり、PVシステムに関する研修を行う通常予算や財源はないものの、KUKLの運営・維持管理職員は、中級レベルのPVシステムの運営・維持管理に必要な知識・技能を維持している。職員の異動や新たな職員が配属された場合には、PVシステムの運営・維持管理についてのマニュアルとガイドラインを参照するように指導される。場合によって

1 世界銀行は、25MWp規模の系統接続型太陽光ファームの構築のため、「太陽光エネルギーとエネルギープロジェクト(GSEEP)」を支援している。この他、NEAは、ADBの支援のもと50MW規模のPVシステムを整備する事業を実施し、合計64MWの電力購入契約を民間事業者と締結する予定である。

は、前任者が後任者に対し、PVシステムとそれに関連する業務についての簡単なガイダンスを行うこともある。PVシステムには十分な人員が配置されているが、KUKLでのアフターケアに関する研修が不十分のため、職員はPVシステムのトラブルシューティングや修理を行うために必要な知識・技能を有していない。そのため、長期的には、PVシステムの運営・維持管理に問題が発生するリスクがある。

【財務面】

KUKL に対し PV システムのために配分されている予算のデータは入手されていないが、本事業評価でインタビューした KVWSMB の職員によると、KVWSMB は KUKL に対し、KUKL の申請に基づき、PV システムの運営・維持管理に係る予算を一定額配分している。KUKL の一般管理予算は、2013 年度 1.06 百万ネパールルピーが確保され、2016 年度には 1.44 百万ネパールルピーへと継続的に増加し、その結果として、PV システムの運営・維持管理のための職員が十分に維持されている。本事業完了以降も、KUKL は、スペアパーツや消耗品への少額の予算も確保している。KUKL に配分される、KVWSMB への中央政府の年間予算に加えて、将来的には KUKL の予算は、NEA への本 PV システムで発電した売電収入により補てんされることが見込まれる。

【維持管理状況】

PV モジュールやパワーコンディショナー、変圧パネル、11kV 配電盤を含む、PV システムの主な機材の多くは良好に機能しており、スペアパーツの供給や消耗品の調達にも問題は無い。しかしながら、職員のトラブルシューティングに関する知識と技能が不足しており、ソフトウェアに関する問題がそのままとなっているため、エネルギーメーター、ディスプレイパネル、気象モニタリングシステム、データ収集システムは機能していない。KVWSMB は、そうした問題についての点検を行っているが、モニタリングを行う人材が不足しているため、断続的になっている。さらに、現場にいる職員は通常の場合には PV システムの運営・維持管理を行えるが、問題に対する体系的な維持管理計画はない。以前には、コンピュータシステムを通じて、電力のログ解析が自動的に行われていたが、コンピュータシステムの破損後、新しく配属された職員を対象とした同解析に関する研修が行われなくなり、ログ解析も行われなくなった。本事業で育成された職員は異動、もしくは退職をしている。KUKL には育成された職員の何人かは残っているが、彼らでさえソフトウェアに関する問題は特定することが出来ていない。

【評価判断】

以上より、技術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、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ネパール国民の意識啓発という事業目的を達成した。持続性については、PV システムの広報のためのディスプレイパネルや他の設備が未だ修理されていないことから、KUKL 職員の維持管理とトラブルシューティングに関する知識と能力に懸念がある。しかしながら、PV システムそのものは順調に稼働しており、問題なく発電している。効率性については、事業期間は計画を超過した。

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：

- データ収集や気象モニタリングシステムに関する機材の一部は機能していない。このことは、正確な運転を行うためのデータの収集・記録・解析を阻害している。そのため、自己管理された PV システムを維持するため、職員の技術的能力、特にトラブルシューティング能力、を強化しなければならない。これについては、経験と専門的知識を持つ技術者をネパール国内で求人する、あるいは、機材の技術的問題に対応できる本事業に関わった専門家あるいは技術者の特定について JICA に支援を求めることで、実現することができる。また、並行して KUKL の取組みとして、内部での知識移転システム（特に、職員が異動もしくは退職した際に）を向上させることは重要である。
- 本事業はデモンストレーション効果を広めることを意図していたが、適切な啓発活動や技術的なノウハウは完全には普及されていない。訪問者は減少しており、KVWSMB 及び KUKL はいずれも PV システムによる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普及計画を立てていない。したがって、国民や本事業の目的のような組織への意識啓発を行うためには、KUKL と KVWSMB は普及プログラムや共有のためのセッションや研修を企画する必要がある。KUKL と KVWSMB はクリーンエネルギーに関する国民の意識啓発をする必要がある。具体的には、学習型イベントや普及ワークショップの開催、本 PV システムのサイトに人々を招待することなどが挙げられる。KUKL は、PV システムによる発電の実行可能性を示すため、本事業のデモンストレーション効果を示す必要がある。また、KUKL は、本事業のサイトをきれいに維持し、すべての機材・システムが適切に機能するようにすべきである。

JICA への教訓：

- 本事業の形成時に、いくつかの研修が本事業に組み込まれた。しかしながら、初めてのタイプの事業であったため、本事業の技術的持続性を適切に予見することができなかった。同様に、PV システムの運営に関する KUKL の技術的・財務的能力の詳細について適切に検討されなかった。本事業でのフォローアップ研修や OJT も計画されていなかった。本事業実施中に雇用されたサブ・コントラクターでさえ、ソフトウェアに関する問題を特定し対応することができなかった。すなわち、システム全体を維持するための技能や知識の包括的な研修を実施せずに、新たな技術の移転を行うことが困難であることを示している。したがって、持続性を確保するには、新たに導入する技術に関するフォローアップ研修を実施すべきである。



本事業で設置された太陽光パネル



適切に稼働しているパワーコンディショナー