

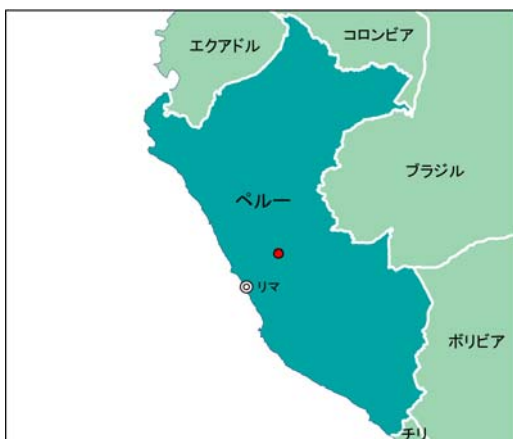
ペルー共和国

ユンカン（パウカルタンボ II）水力発電所建設事業

外部評価者：グローバル・グループ 2 1 ジャパン

藺田 元

1. 案件の概要



プロジェクト位置図



ユンカン水力発電所（地下発電施設）

1.1 事業の背景

1990年代、フジモリ政権が実施した経済安定化政策と構造調整政策により経済混乱期を脱しつつあったペルーでは、1993年に政府公共投資計画が策定され、経済社会インフラのリハビリ・整備に重点を置いた公共投資が推進されていた。

ペルーの電力セクターでは1995年当時、発電設備能力の56%、発電電力量の77%を水力に依存していたが、電化普及率は62%にとどまり、一人当たり電力消費量は689kWhと中南米諸国平均の半分に過ぎなかった。こうした状況のもと、政府は電力セクターを経済開発の重点分野と位置づけ、エネルギー鉱山省は2005年までの電力整備計画を作成した。同計画では1995～2008年に電力消費量が年率5.0～5.5%で増加すると予測し、これを供給するための発電能力拡張プログラムを策定し、2000～2008年の期間に建設すべきとされる10か所の水力発電所のひとつに本事業を挙げた。

本事業の調査は1960年代より開始されており、エネルギー鉱山省は1976～1978年のフィージビリティ調査見直しを経て1981～1982年には詳細設計を実施した。その後、上記プログラムに基づき1995年にペルー政府より円借款要請がなされ、1996年にL/A調印、1996～2005年にかけて実施されたものである。

なお、本事業予定地の約10km下流には1956年より運用されているヤウピ（パウカルタンボ I）発電所（108MW）がある。

1.2 事業の概要

リマ北東 200km のパスコ州パウカルタンボ川沿いの既存発電所（パウカルタンボ I）の上流に設備容量 126MW（42MW×3 基）の地下水力発電所を建設し、あわせて取水施設および導水トンネル、変電所、送電線を建設することにより、ペルー全土の電力需要増に対応し、もって同地域の生産基盤の整備による経済活性化および地域振興に寄与する。

円借款承諾額／実行額	33,000 百万円 / 30,669 百万円
交換公文締結／借款契約調印	1996 年 8 月 / 1996 年 9 月
借款契約条件	金利 2.7%（コンサルティングサービスは 2.3%）、返済 25 年（うち据置 7 年）、一般アンタイト
借入人／実施機関	ペルー共和国政府／エネルギー鉱山省・中央発電公社（以下 EGECEEN、現 ACTIVOS MINEROS） ¹
貸付完了	2008 年 3 月
本体契約	ALSTOM BRASIL LTDA.(ブラジル)・ALSTOM POWER HYDRO(フランス)（JV）、ALSTOM HOLDINGS(フランス)・東芝(日本)・ALSTOM POWER HYDRAULIQUE SUCURSAL DEL PERU(フランス)(JV)、VA TECH HYDRO S.A.(スイス)、地崎工業(日本)・COSAPI S.A.(ペルー)・SKANSKA AB(スウェーデン)(JV)
コンサルタント契約	電源開発（株）（日本）
関連調査等	エネルギー鉱山省が 1970～80 年代にフィージビリティースタディーおよび詳細設計を実施
関連事業	なし

2. 調査の概要

2.1 外部評価者

藪田 元（グローバル・グループ 2 1 ジャパン）

¹ 本事業はエネルギー鉱山省の内部に実施部局を設置して実施するとされていたが、実際は 1996 年 11 月に中央発電公社（以下、EGECEEN）がその実施を担当した。本事業の設備は EGECEEN を通じて国が所有している。EGECEEN は発電と電力販売を専門とする国営企業であるが、2009 年 12 月より ACTIVOS MINEROS に吸収された。ACTIVOS MINEROS は、炭鉱などの国有地における環境保全・修復事業を行う FONAFE（Fondo Nacional de Financiamiento de la Actividad Empresarial del Estado：国営企業活動基金）傘下の国営企業であり、現在はユンカン水力発電所の用益権契約の監督を行っている。

3. 評価結果（レーティング：A）

3.1 妥当性（レーティング：a）

3.1.1 開発政策との整合性

背景で述べたように、本事業はペルー政府の公共投資政策に基づく電力整備計画の中に位置づけられており、開発政策との整合性が高かった。

現政権のエネルギー政策は資源の合理的活用、外部依存の軽減、産業競争力強化に貢献するエネルギー価格の実現、環境保全を目的に掲げている。電力需要の継続的な増加が予想されることから、経済開発における電力セクターの重要性に変化はないと思われるが、民営化政策の推進に伴い、1996年以降、発電・送電・配電（都市部）では民間投資の役割が増大し政府投資の役割は農村電化に重点を移した。現政権は農村電化の推進を社会政策のひとつとして掲げ、2011年までに世帯電化率を90%以上にすることを目標としている。

3.1.2 開発ニーズとの整合性

背景で述べたとおり、1995年当時のペルーの電化率、一人あたり電力消費量は低く、継続的な電力需要増が見込まれるなか、電力供給能力の強化が急務であった。

現在、ペルーの電化率は80%（2007）、一人あたり電力消費量は1010kWh（2008）に達したが、一人あたり電力消費量は今も中南米平均の半分程度である。電化率、一人あたり電力消費量ともに改善の余地が大きく、電力セクターの開発ニーズは高い。ペルー全国の電力需要は2000～2007年の8年間には年間8.6%の高率で増加したが、その後2017年までは年率7.3%の増加が見込まれている。今後も電力需要が増加するなかで、発電能力を増強・維持する必要性は高い。

3.1.3 日本の援助政策との整合性

日本は、旧ODA大綱（1992年）において、経済社会開発の重要な基礎条件であるインフラストラクチャーの整備を支援するとしていた。また、日本はフジモリ政権下における90年以降の経済の持続的成長・貧困撲滅への改革努力を評価し、積極的な協力を実施していた。同国における多様な開発ニーズに合わせ協力内容の質・量の強化を念頭に、96年以降、原則として毎年円借款を供与することを決定していた。その後99年度の同国向け援助の重点分野のひとつに経済インフラ整備を挙げ、電力分野等において地方ニーズへの対応も念頭に置き積極的に協力するとした。したがって、本事業は、審査当時の日本の援助政策と整合している。

以上より、本事業の実施はペルー共和国の開発政策、開発ニーズ、日本の援助政策と十分に合致しており、妥当性は高い。

3.2 効率性（レーティング：b）

3.2.1 アウトプット

審査の計画では、本事業は以下の3つのコンポーネントで構成された。

- ① 発電所コンポーネント：パウカルタンボ川沿いの地下発電所（126MW）、パウカルタンボ川のウジャマヨ取水施設、ウアチョン川のウチュウェルタ取水施設および両取水施設と地下発電所を結ぶ導水トンネルを建設する。両取水施設には日間調整用の貯水池を設ける。
- ② 送電コンポーネント：発電所に隣接するサントイザベル変電所およびオロヤヌエヴァ、カルアマヨの2変電所、約130kmの送電線を建設する。
- ③ その他：上流部氷河湖2ヶ所の整備を行う²。用排水路・道路維持管理機材を調達する。詳細設計見直しと施工管理のためのコンサルティング・サービスを実施する。



ウチュウェルタ取水施設



ウジャマヨ取水施設

² 氷河湖整備は本事業の発電量を約4%増加させる効果が見込まれていた。

発電所コンポーネントはほぼ計画通り実施された。トンネル延長および工法は地質条件等を考慮して詳細設計見直しに基づき修正された。

送電コンポーネントは、ペルー政府の財政難により政府資金が制約されたため、サンタイザベル変電所において高額なガス絶縁開閉器（GIS）の導入を中止し、在来技術を採用した。さらに、他の2ヶ所の変電所および送電線の一部は本事業の範囲から外され、別途、民営送電会社（ISA PERU）により実施された。

氷河湖は FONAFE のもとにある国営鉱山会社（CENTROMIN）の所有であったが³、同社が分割民営化される過程で、本事業実施機関（EGECEN）とは別組織がこれを運用することになったため、本事業における整備はキャンセルされた⁴。

維持管理機材の調達は、民営化促進のため本事業の30年間の用益権を授与された民間企業 ENERSUR 社が必要な機材を既に所有していたため不要となった。

表-1 事業アウトプットの計画および実績

<p><発電所コンポーネント></p> <ul style="list-style-type: none"> ウチュウエルタ（Uchuhuerta）取水施設 ウチュウエルタ取水ダム ウチュウエルタ取水施設（最大取水量 20 m³/秒） 沈砂池 第1トンネル（無圧式、12.3km） 第2トンネル（導水トンネル、569.5m） ウジャマヨ（Huallamayo）取水施設 ウジャマヨダム（ダム高 50m、総貯水量 180 万 m³） 取水施設（最大取水量 30 m³/秒） 第3トンネル（導水トンネル、283.8m） 第4トンネル（導水トンネル）（7,036m） サージタンク ペンストックトンネル（709m） 地下発電所 放水路トンネル（Tail Race Tunnel）（976m） 放水路（Outlet） タービン（Turbine）（43.3MW×3基） 発電機（Generator）（47MW×3基） 変圧室、変圧器（15.7MW×10基） <p><送電コンポーネント></p> <ul style="list-style-type: none"> 送電線（130km） 変電所 サンタイザベル（Santa Isabel）変電所建設 オロヤヌエヴァ（Oroya Nueva）変電所拡張 カルアマヨ（Carhuamayo）変電所拡張 <p><その他></p> <ul style="list-style-type: none"> 上流貯水湖（氷河湖）：2か所整備 用排水路・道路施設の維持管理機材の調達 コンサルティングサービス 	<p><発電所コンポーネント></p> <ul style="list-style-type: none"> ウチュウエルタ（Uchuhuerta）取水施設：計画通り 取水ダム：計画通り 取水施設：計画通り 沈砂池：計画通り 第1トンネル：11.2km（若干短縮） 第2トンネル：1.6km（延長） ウジャマヨ（Huallamayo）取水施設：計画通り ウジャマヨダム（ダム高 60m、総貯水量 160 万 m³）（縮小） 取水施設：計画通り 第3トンネル 247.0m（若干短縮） 第4トンネル 7,010m（若干短縮） サージタンク：計画通り ペンストックトンネル：計画通り 地下発電所：計画通り 放水路トンネル 869m 放水路：計画通り タービン 44.5MW×3基（若干拡大） 発電機 48.2MW×3基（若干拡大） 変圧器 48.2MW×3基（若干縮小） <p><送電コンポーネント></p> <p>資金制約により事業範囲が縮小。残りは他資金で実施。 送電線は 50km。残り 80km は民間企業が実施。 サンタイザベル変電所：設計変更（GIS→在来型） オロヤヌエヴァ変電所：事業外（民間企業が実施） カルアマヨ変電所：事業外（民間企業が実施）</p> <p><その他></p> <ul style="list-style-type: none"> 氷河湖整備：未実施 維持管理機材の調達：未実施 コンサルティングサービス：計画通り
---	---

³ FONAFE については脚注 1 を参照。

⁴ 氷河湖を運用することになったのは中部鉱山地域の発電所運営維持売電を担当する専門会社（ELETROANDES）である。



サンタイザベル変電所と事務棟

3.2.2 インプット

3.2.2.1 事業期間

本事業は 1996 年 2 月～2002 年 11 月の 82 ヶ月間で実施される計画であったが、実際は 1996 年 9 月～2005 年 8 月の 108 ヶ月間で実施された。事業期間は計画比 132%、完成は当初計画より 2 年 2 ヶ月遅れとなった。

実施が遅れた主な理由は以下のとおりである。

- ・ 経済財政省およびエネルギー鉱山省による EGENCEN へのコンセッション承認手続き、資金移転手続きに時間を要し、準備工事の開始が 1 年半遅れ、土木工事開始が 1 年遅れた。
- ・ 浸水・崩落などトンネルの難工事による遅延。
- ・ 2000～2003 年の政府財政逼迫による内貨資金不足および借款資金利用額への制約により土木工事の開始が遅れたほか、その後の支払い遅れにより工事が中断し、工事期間が大幅に伸びた⁵。最終的に、用益権契約により本事業の運用を民間に委託することにより内貨資金が確保され、工事を完成させることができた⁶。

⁵ 送電線工事は、最初のコントラクターが財務上の問題などにより契約を履行できなかったため、再調達となり完成は発電所運転開始後の 2006 年 2 月になった。なお、送電線完成までの期間は、臨時に ELECTRO ANDES の別の送電線を利用したので発電に支障はなかった。

⁶ 政府資金難により、2000 年には事業中止の可能性が検討されたこともあった。その後、ペルー政府の提案により、民営化促進の一環として本事業の運用を民間に委託することにより当該民間企業から前払い金を受けて事業を継続する方法が検討された。事業が未完成であったこと、本事業に適用された社会貢献制度がペルーで初めて適応される事業であったこと、地元住民や地方政府が当初民営化に反対していたことなどから、その実現には数年を要し、本事業の運用は 2004 年 2 月に民間発電会社である ENERSUR にコンセッション委託された。ENERSUR はペルーで 1030MW の発電能力を有する民間企業である（全国シェア 20%）。ENERSUR は 30 年間の用益権への対価として EGENCEN に 17 年かけて 205 百万ドルを支払い、発電電力を販売する権限を有するが、施設の所有権は EGENCEN（現 ACTIVOS MINEROS）を通じて国に残る。前述の各種リスクがあったことから、応札は一家のみだった。なお、205 百万ドルは総投資額の約半額にとどまるが、これは政府の予定価格を超えていた。発電所は追加投資により少なくとも 50 年間は稼働できるため、契約終了後もさらなる資金回収が可能である。

- ・ 工事終了に伴う短期雇用が終了する地域住民による社会インフラ支援を求めるストによる中断⁷。

3.2.2.2 事業費

事業費の審査時計画は約 440 億円（うち円借款 330 億円）であったのに対し、実績は約 428 億円（うち円借款 307 億円）であり、計画内に収まった。土木工事は、トンネル工事の費用増大および中断や遅れによる工事期間延長などにより計画を 31% 上回った。他方、電気資機材については競争により予定価格の 6 割で調達できたほか、送変電設備については一部事業範囲の縮小及び仕様の変更により計画の 49% に圧縮された。コンサルティング・サービスは期間延長により費用が増加した。

表-2 事業費の計画および実績

	審査時計画			実績		
	外貨 (百万円)	内貨 (百万円)	合計 (百万円)	外貨 (百万円)	内貨 (百万円)	合計 (百万円)
土木工事	3,871	11,090	14,961	0	19,530	19,530
電気資機材	9,135	2,643	11,778	3,824	1,904	5,728
一般管理費	0	565	565	0	3,098	3,098
用地取得	0	785	785	0	135	135
関税・税金	0	6,646	6,646	0	8,909	8,909
コンサルティング	1,897	709	2,606	3,443	0	3,443
物的予備費	1,490	2,244	3,734	32	0	32
建中金利	2,922	0	2,922	1,936	0	1,936
合計	19,315	24,682	43,997	9,234	33,577	42,811

為替レート：（審査時）1 ドル=2.25 ソル=100.00 円

（評価時）1 ドル=2.85 ソル=116.46 円

以上より、本事業は事業費については計画内に収まったものの、事業期間が計画を上回ったため、効率性は中程度である。

3.3 有効性（レーティング：a）

3.3.1 定量的効果

3.3.1.1 運用・効果指標

ユンカン水力発電所はリマにあるシステム経済運用委員会（COES）⁸の指令により発電量を調節し、ペルー全土に広がる基幹送電網に電力を供給している⁹。

⁷ EGENEN はこれに応じて周辺地域で学校、診療所、上水道施設などを整備した。

⁸ COES（Comité de Operación Económica del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional）は、基幹送電網および接続される発電所に対し、経済性を考慮しつつ安定した電力供給を実現するために発電量などの指示を出す民間組織。

⁹ 基幹送電網（SEIN：Sistema Eléctrico Interconectado Nacional）はペルー電力市場の 98% を

本発電所の運用は順調で、計画外停止は少ない。2006～2009年の稼働率（発電可能な状態にある比率）は97.5%と高い。2005年の発電試験による有効出力は136.7MWと計画を上回り、これまでの最大出力は137.8MW（2009年）に達する。

2006-2009年の平均年間発電電力量は800.3GWhであり、審査時計画（910.1GWh）の88.0%、詳細設計時計画（901.2GWh）の88.9%であった。計画に達しなかった主な原因は、近隣にある火力発電所がリハビリ事業により発電能力を増強したことから、既存送電網の一部で送電能力の限界に達する状況が生じ、COESの指示により本発電所の発電量が制約されたためである。この問題は民間会社がエネルギー鉱山省の調整のもとで実施する送電線の増強事業により2010年中に解決される予定である。また、2008年11月～2009年1月に2ヶ所ある取水施設のうち1ヶ所が住民に占拠され稼働できなかったことも発電量の減少に一部影響している¹⁰。以上に伴い、河川流量の利用率は計画約70%に比べ実績約50%と小さくなっている¹¹。



本事業による送電線

表-3 ユンカン水力発電所の運用効果指標の計画と実績

	審査時目標 詳細設計時目標	2005 Aug 23-	2006	2007	2008	2009
稼働率	-	-	96.9%	98.6%	97.6%	96.7%
最大出力	126 MW 130.6MW	132.3MW	136.9MW	136.6MW	137.2MW	137.8MW
発電電力量	910.1GWh 901.2 GWh	222.9GWh	837.4GWh	764.0Wh	782.1GWh	821.7GWh

（出典）EGECEN

3.3.1.2 内部収益率の分析結果

審査時には、本事業の財務的内部収益率（FIRR）は9.1%と算出された。計算の前提・手順などは不明である。事後評価にあたり以下の前提でFIRRを再計算したところ、9.3%との結果を得た。計算方法が同じでない可能性があるため、審査時計算結果

カバーする送電網で、2001年に中央北部送電網（市場シェア80%）と南部送電網（市場シェア17%）が連結されることにより誕生した。審査時には本事業は中央北部送電網に電力を供給するとされていた。

¹⁰ この事件についてはインパクトの項で詳述。

¹¹ 本発電所付近の観測結果によると、2006-2009年の年間降雨量はほぼ平年並みであった。

との比較は行わない。

- ・ プロジェクトライフ 50 年
- ・ 便益：売電収入。発電量は、2010 年は 2006-2009 年の平均、2011 年以降は計画通り。売電価格は 2006-2009 年の平均値。
- ・ 費用：発電所建設費用、維持管理費用

審査時には経済的内部収益率（EIRR）は算出されていなかったが、本事業と同時期に建設された類似規模の火力発電所による代替発電能力建設費用および代替発電費用を便益としてこれを計算したところ、18.4%との結果を得た。

3.3.1.3 定性的効果

本発電所の電力は主にベースロードへの対応に使われている¹²。大消費地である鉛・亜鉛鉱山およびリマ首都圏に近く、送電ロスが少ない効率的な電力供給が可能である。

本発電所が発電に利用した水量は、利用されなかった水量とともに、下流にあるヤウピ水力発電所の発電に利用される。本事業はヤウピ水力発電所の発電量増加には直接貢献しないが、本事業の貯水機能により下流の河川流量が制御されることを通じて、ヤウピ発電所は発電指令へのよりの確な対応が可能となった。

以上より、本事業の実施により概ね計画通りの効果発現が見られ、有効性は高い。

3.4 インパクト

3.4.1 インパクトの発現状況

本事業は、ペルー全土に電力を供給する基幹送電網に接続されることで、全国の安定した電力供給に貢献し、同国の生産基盤の整備による経済活性化および地域振興に寄与することが想定されていた。

ペルーでは 1995～2008 年に発電分野に約 2,900 百万ドルが投資され、基幹送電網に接続する発電能力は 1,962MW 増加した。本事業（投資額 380 百万ドル、発電能力 137MW）がこれに貢献している。2008 年現在、本事業は基幹送電網に接続される総発電能力の 2.3%、供給される総電力供給量の 2.6%を占める。この期間のペルーの電力供給状況の変化を表-4 に示す。

¹² 1 日の電力需要は時刻により変動し、深夜に最も低くなるが、ベースロードとは 1 日を通じて常に存在する電力需要を指す。

表-4 ペルーの電力供給状況の変化

	1995	2008
基幹送電網への電力供給量	12,426GWh	30,830GWh
基幹送電網に接続する有効発電能力（注 1）	2,861MW	5,371MW
基幹送電網に接続する余剰発電能力（注 2）	809MW	1,172MW
全国世帯電化率	64.9%	79.5%
一人当たり電力消費量	584kWh	1,010kWh

（出典）Evolución de Indicadores del Mercado Eléctrico 1995-2008（エネルギー鉱山省）

（注 1）1995～2008 年の期間の増加は民間投資以外による増加を含む。

（注 2）余剰発電能力は、有効発電能力と最大需要電力の差。

1995 年以来、基幹送電網の有効発電能力は常に最大需要電力を上回り、十分な余剰発電能力が確保されてきた結果、計画停電は行われなかった。鉱山エネルギー省およびシステム経済運用委員会（以下、COES）によると、現在計画中・進行中の発電事業が予定通り進めば、今後も安定した電力供給が可能である。さらに、COES によると、本事業を含む新たな発電能力が追加されたこと、頻繁に稼働停止する老朽化した発電所が更新されたこと、送電網の整備が進んだことなどにより、周波数変動、電圧変動などは改善された¹³。

ペルー経済は 2000 年代後半から成長が加速し、2008 年の経済成長率は 9.8%に達した。世界銀行の資料によると¹⁴、ペルーの投資環境は中南米地域の 32 カ国中第 7 位に位置づけられている。投資家にとって主な制約は労働者の雇用と建設許認可の取得である一方、電力供給については平均的な停電回数が月に 0.9 回と、中南米地域平均（月 2.68 回）の 3 分の 1 にとどまっている。したがって、ペルーの安定した電力供給は投資促進を通じた経済成長に貢献する要因であり、本事業もこれに寄与していると考えられる。

3.4.2 その他、正負のインパクト

3.4.2.1 住民移転および補償

本事業ではサントイザベル変電所、貯水池の予定地（EGECEN 所有地）に民家および農地があり、約 70 世帯については事業開始前の 1996 年 1 月に移転と用地取得への同意が得られていた。変電所用地では 53 世帯が補償対象となり、その内 25 世帯が近隣集落に移転したほか、移転先集落では用地整備に伴いこれとは別に 11 世帯が移転対象となった。移転先集落では教会、学校、診療所のほか上下水道などのインフラが整備され、120 名に職業訓練が提供された。さらに、パウカルタンボ郡を通じて移転住

¹³ 1995～2008 年に送配電網整備に対して約 3900 百万ドルの投資が行われ、送配電ロス削減（23.4%:1995→10.1%:2008）および電化率・電力消費水準の向上に寄与している。

¹⁴ Doing Business in Peru, 2010

民に宅地所有権を与える手続きが進められている。

移転住民への質問票調査によると、移転住民の多くは手続きの迅速さ、宅地所有権の授与と移転先のインフラ整備には満足しているが、補償額および生活環境の変化には必ずしも満足していない¹⁵。



移転先集落（サンタアニタ）



移転先に建設された診療所

3.4.2.2 事業周辺地域の社会経済開発へのインパクト

発電所周辺地域（ウアチョン郡、パウカルタンボ郡）で実施した社会調査の結果によると¹⁶、本事業に関連した以下の活動が好ましい社会経済インパクトをもたらしている。



本事業により建設された学校

- ・ 建設工事による短期雇用(約 1500 名)、発電所運営の長期雇用 (約 70 名)
- ・ 事業により建設されたアクセス道路 (約 30km)、建設キャンプの民生利用
- ・ 本事業の工事用送電線を活用して実施された農村電化
- ・ 本事業の一部として地域社会を支援するために実施された社会インフラ整備 (公民館・学校・診療所・水道など)

¹⁵ 全 36 世帯の移転住民中 25 世帯を対象に質問票調査およびグループ・インタビューを実施した。サンタイザベラ変電所用地は EGECEEN の所有地であり、そこに居住する住民は土地所有権を持たなかった。補償額は世帯ごとに住宅および所有する林木数に応じて算定された。なお、サンタイザベラから移転した住民は、広い敷地で家庭菜園や果樹に囲まれた住居から狭い敷地の住宅が密集する集落へと生活環境が変わったことに不満を感じるものがある。

¹⁶ 事業周辺地域であるウアチョン郡において、移転住民 25 世帯およびその他の住民 75 世帯を対象に質問票調査を行ったほか、6ヶ所で地域住民を対象にしたワークショップを実施した。なお、住民が ENERSUR と緊張関係にあるパウカルタンボ郡においては、住民を刺激することを避けるため、数名の住民にインタビューを行うのみにとどめた。

- ・ 事業完成後の発電所による社会貢献として実施された社会インフラ整備（公民館・診療所・通信など）、農業生産支援事業など¹⁷。

移転集落をはじめ周辺集落では、補償金や事業に関連した雇用などによる収入を使った住宅の建て替えが進んだ結果、耐久性の高い建材を使った住宅が増加して景観に大きな変化が見られる。事業実施に伴い周辺集落には人口が流入し、商店や飲食店が数多く立地したが、商店などは事業完成後多くが閉店し、持続的な経済インパクトとはならなかった。

周辺村落での上下水道普及率、電化率は事業後に大きく改善されたが、本事業によるインフラ整備もこれに一部貢献している。一部の集落では本発電所による社会貢献を利用して携帯電話施設が整備され、携帯電話の利用が可能となった。

全体として、周辺地域の農業を中心とした経済構造に大きな変化は見られない。一方、本事業で整備された二つの取水口を結ぶアクセス道路により山腹に新たな農地の開墾が進み、生産物の運搬が容易になった。本発電所の社会貢献として 2008 年、2009 年に大量の化学肥料が配布され、2009 年より農業生産を支援する事業が複数開始されたが、農業分野のはっきりした成果はまだ現れていない。

3.4.2.3 本発電所と地域住民の関係

本発電所による社会貢献事業の進捗が遅いことなどに不満を募らせたパウカルタンボ郡の住民は、法令で禁じられた物質的で直接的な支援（肥料の購入と配布）を強く求め、2009 年 8 月に発電所取水施設を占拠した¹⁸。政府は発電継続のため特例としてこれに応じたが、その後 ENERSUR は同郡における一切の社会貢献事業を停止した。2010 年 3 月時点では、未だに地域住民との緊張関係が続いている。

その後 ENERSUR 社は、住民と対立するなかでも地域代表との接触を保ちながら、住民の要望を考慮して社会貢献活動を検討しつつある。今後は、2010 年 4 月に開始予定の学校教育啓蒙活動をきっかけに、要望が強い携帯電話施設・診療所の整備に加え、

¹⁷ 本事業の社会貢献には ENERSUR 社との用益権契約に基づくものと同社が独自に実施するものがある。用益権契約に基づくものとして、2004～2008 年には二次の信託基金（合計 1,150 万ドル相当）による活動に続き、2008 年 3 月には法令に基づきユンカン社会基金協会と称する非営利団体が設立された。この団体は 2009 年に第二次信託基金の清算金 100 万ドルを引き継ぎ、さらに用益権契約に基づき 2022 年までに 1080 万ドルが拠出される。ENERSUR 社はこれ以外に、独自の社会貢献事業として 2005 年より 2010 年までに約 400 万ドルを支出した。

¹⁸ 発電所周辺地域で実施した社会調査および ENERSUR 社、EGECEN、エネルギー鉱山省の見解によると、二つの郡で実施された第二次信託基金による社会貢献事業は、意思決定過程への参加者が多く、また、通常の政府予算と同様の厳格な事業監理手続きが求められた。このため、進捗が遅く、十分な効果が見られない事業、計画・調査のみで実施に至らなかった事業が数多くあった。これが住民の不満・不信につながり、パウカルタンボ郡では地元政治家による影響、当時の全国的な社会・政治情勢を背景に、2009 年 8 月には暴力を伴う施設占拠事件が発生した。ただし、今後 ENERSUR 社と住民との本格的な対話が再開されれば同様の事件が発生する可能性は低いと考えられる。なお、ウアチョン郡では 2008 年 10 月に暴力を伴わない施設占拠事件が発生したが、その後、ENERSUR 社が提案する社会貢献活動の内容に合意し、良好な関係が維持されている。

農業などより広い分野での社会貢献事業について、地域住民との本格的な対話を再開する予定である。

他方、本発電所との関係が良好なウアチョン郡では、住民の 8 割以上が発電所建設を肯定的に評価している。本事業の社会貢献として実施されてきた学校・診療所・水道・通信施設などのインフラ整備、雇用や商業活動の増加、農業への支援などが肯定的な評価に結び付いたと考えられる。

3.4.2.4 事業周辺地域の自然環境へのインパクト

本事業は 1982 年に実施された環境影響評価により生活用水、住民環境、生態に影響を与えないことが確認され、1995 年に環境局の承認を得た。その後、EGECEN は 1998 年に新たな環境保護規定に沿った補足調査を実施し、本事業の推進に問題がないという結論を得た。EGECEN は同調査の提言に沿って事業実施に伴う環境保全対策を実施し、事業完成後は ENERSUR が環境モニタリングを続けている。

環境モニタリングは主に河川流量と水質、貯水池やアクセス道路の傾斜面の安定性が監視されている。アクセス道路の一部で土壌流出による崩落を防止する措置が必要との指摘があった。現地視察ではアクセス道路に沿って土壌流出・植生喪失が見られたが、これは通常起きる程度の規模であり、特に深刻な問題ではないと考えられる。なお、同道路に沿って、ある時期、仕事のない若者による木の違法伐採が行われたとの情報もある。その他には環境に対する重大な影響は報告されていない。

事業周辺地域での社会調査によると、住民の過半数は事業実施後に河川で獲れる魚の種類・量が減少したと感じている。EGECEN は環境保全対策の一環として 2 度にわたり合計 10.5 万匹の稚魚を放流したが、住民が漁業規制の指導に従わず、十分な効果がなかったものと考えられる。

なお、ENERSUR 社の試算によると、水力発電を行うことにより火力発電の場合に比べて年間約 40 万トンの二酸化炭素排出を避けることができる。

3.5 持続性（レーティング：a）

3.5.1 運営・維持管理の体制

本事業の運営は、2005 年 9 月より 30 年間、用益権契約により運営維持管理は全て ENERSUR 社に委託された。ENERSUR 社は首都リマに設置したコントロール・ルームでシステム経済運用委員会の指令により発電所を運用している。一部住民との緊張関係のもと、現地には最小限の維持管理人員が配置されているが、リマからの遠隔操作に特に問題はない。また、ENERSUR 社には農村開発の専門家（社会学者・農業専門家）がおり、地域住民・行政と調整しつつ、社会貢献活動を企画・運営している。

本事業の施設を所有する EGECEN は、用益権契約に基づいて ENERSUR 社の発電所運用を監督する。EGECEN はオンラインで稼働状況を監視するとともに、ENERSUR 社から定期的な報告を受け、年に一度、外部委託により技術監査を行っている。

EGECEN は 2009 年 12 月に ACTIVOS MINEROS に吸収されたが¹⁹、本事業の運営維持管理は ENERSUR 社にコンセッションされており、これによる影響は特にはない。

発電所の運用開始当初、ENERSUR 社はサンタイザベル変電所敷地内の事務棟から地下発電所および二ヶ所の取水施設の運用をコントロールしていたが、2008 年 11 月にウアチョン郡の住民が取水施設を占拠する事件が起きた後に、同様の事態に備えて遠隔操作を行うためコントロール・ルームを首都リマに設置した。2009 年 8 月のパウカルタンボ郡住民による暴力を伴う占拠の後、ENERSUR 社は直ちにリマでの遠隔操作を開始するとともに、維持管理技術者 4 名を除く従業員 17 名をリマに引き上げた。ENERSUR 社は、今後住民との関係が改善すれば維持管理スタッフを増強するが、リマでの遠隔操作はそのまま継続する予定である。



リマにあるコントロール・ルームとパネル表示の一例

3.5.2 運営・維持管理の技術

ENERSUR 社は発電所の運営維持管理を効率化するために、遠方監視システムによるリマからの遠隔操作、施設の安全と治安を監視するための遠隔ビデオ監視システム、運営維持管理を効率化するための計画支援ソフトウェアの導入など、各種改善事業を実施した。EGECEN が 2006 年～2009 年に実施した技術監査によると、施設稼働率は十分に高く、運営維持管理に大きな問題はない。各種改善事業の内容や稼働率の高さなどから、ENERSUR 社の技術水準は十分高いと判断される。



変電所敷地内の予備部品倉庫

¹⁹ 脚注 1 を参照。

3.5.3 運営・維持管理の財務

本事業の用益権契約によると、ENERSUR 社は発電した電力を販売して収入を得るが、運営維持管理を行うとともに、用益権料として 2022 年まで合計 2 億 5 百万ドルを EGECEN に支払う。ENERSUR 社は自ら投資して発電所施設改善のための改善事業を実施でき、改善事業により追加された施設は契約終了時に EGECEN（現 ACTIVOS MINEROS）の所有となる。

表-5 に示すように ENERSUR 社は本発電所の運用により十分な収益を上げており、運営維持管理予算の確保に問題はない。また ENERSUR 全体としても十分な営業収益があり、財務面の持続性に問題はない。

表-5 ENERSUR 社のユンカン発電所運営収益および全社営業収益

(千ドル)

	2007	2008	2009
コンセッション料支出	9,506	9,335	9,146
運用維持管理支出	926	1,531	1,108
改善事業への投資支出	697	733	349
売電収入（注）	26,555	54,631	25,173
発電所運用収益	15,426	43,032	14,570
ENERSUR 社総営業収益	107,893	159,326	NA

(出所) EGECEN、ENERSUR 社

(注) 売電価格は市場価格により変動するため、売電収入は発電量と直接連動しない。

3.5.4 運営・維持管理の状況

現地視察および ENERSUR 社の説明によると、本発電所の施設は良好な状態にあり、特に問題は見られない。ENERSUR 社は 2008 年に運営維持管理を効率化するためのソフトウェアを導入し、最適化された維持管理計画に沿って現場の維持管理技術者が施設の保守・点検、予防保守、修理、予備部品の備蓄と管理を行っている。

以上より、本事業の維持管理は体制、技術、財務状況ともに問題なく、本事業によって発現した効果の持続性は高い。

4. 結論及び教訓・提言

4.1 結論

本事業は審査当時、ペルー政府が経済開発の重点分野に位置づける電力セクターにおいて、電力整備計画の中に位置づけられていた。電力需要が継続的に増加するなか、発電能力増強の必要性は今でも大きい。日本の援助政策とも合致しており、本事業の

妥当性は高い。本事業により概ね計画通りの発電能力を持つ水力発電所が建設され、事業費はほぼ計画通りであったが、政府財政の逼迫による工事開始の遅れ、工事中断などにより完成が当初計画より2年2ヶ月遅れた。したがって本事業の効率性は中程度と判断される。発電所の稼働率は高く、発電電力量は計画の9割に達するため本事業の有効性は高いと判断されるが、他発電所のリハビリ事業により生じた送電網の容量不足が解消されれば発電電力量はさらに増大する余地がある。本事業に関連して実施された社会貢献活動は発電所周辺地域の社会経済開発に望ましいインパクトを与えているが、一部地域では住民との緊張関係が生じ、ENERSUR社は対話による解決を目指して努力を続けている。本事業の施設は良好な状態にあり、その運営を委託されたENERSUR社は適切な運営維持管理体制、技術、財務能力を持つと考えられることから、本事業の持続性は高いと判断される。

以上より、本事業の評価は非常に高いといえる。

4.2 提言

4.2.1 ペルー国政府および実施機関への提言

- ・ 本事業の有効性を高めるために、エネルギー鉱山省は発電上の制約となっている送電区間（Nueva Carhuamayo- Paragshaha II）の送電線増強事業を計画通り完成させる必要がある。
- ・ 本発電所の今後の円滑な運用を確実なものとするために、ENERSUR社はパウカルタンボ郡の住民との緊張関係を緩和するための現在の努力を継続すべきである。

4.2.2 JICA への提言：なし

4.3 教訓

水力発電所のように周辺地域に直接裨益しない事業においては、周辺地域の社会経済開発への直接的な支援が事業と地域住民との信頼関係構築に貢献する。しかし、そのような社会的支援が適切に実施されない場合は、逆に地域住民の不満をもたらす事業と地域住民の間の紛争につながる危険性もある。したがって、周辺地域に直接裨益しない事業がその円滑な運営のために周辺地域への社会貢献を行う場合は、必要性の高い活動を迅速に実施できるように適切な運営体制を整えることが重要である。

主要計画／実績比較

項 目	計 画	実 績
①アウトプット	<p><発電所コンポーネント></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ウチュエルク取水施設 ・ウジヤマヨ取水施設 ・地下水力発電所 126MW <p><送電コンポーネント></p> <ul style="list-style-type: none"> ・送電線：130km ・変電所：3ヶ所建設・拡張 <p><その他></p> <ul style="list-style-type: none"> ・上流貯水湖整備：2か所 ・維持管理機材の調達 ・コンサルティングサービス 	<p><発電所コンポーネント></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ウチュエルク取水施設：計画通り ・ウジヤマヨ取水施設：計画通り ・地下水力発電所：計画通り <p><送電コンポーネント></p> <ul style="list-style-type: none"> ・送電線：50km ・変電所：1ヶ所建設 <p><その他></p> <ul style="list-style-type: none"> ・上流貯水湖整備：未実施 ・維持管理機材の調達：未実施 ・コンサルティングサービス：計画通り
②期間	1996年2月～2002年11月 (80ヶ月)	1996年9月～2005年8月 (108ヶ月)
③事業費		
外貨	19,315百万円	9,234百万円
内貨	24,682百万円	33,577百万円
	(現地通貨555百万ソル)	(現地通貨957百万ソル)
合計	43,997百万円	42,811百万円
うち円借款分	33,000百万円	30,669百万円
換算レート	1ドル＝2.25ソル＝100円 (1996年9月)	1ドル＝2.85ソル＝116.5円 (1996年～2005年平均)