パラグアイ

アスンシオン送配電網整備事業

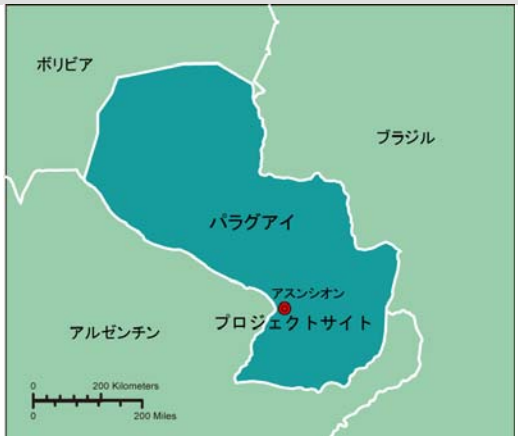
外部評価者：株式会社グローバル・グループ 21 ジャパン
薗田　元

０．要旨

本事業は電力需要が急増するアスンシオン首都圏において、送電線・変電所・配電網および配電制御システム・電力保守用通信機器を整備することにより安定した電力供給の実現を図り、もって住民の基礎的な生活環境に貢献するために実施された。その目的はパラグアイの開発政策､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。本事業により基幹送電線からの電力受け入れ能力および変電能力が増加し、首都圏への電力の安定供給が確保された。配電網の絶縁化と配電制御システム導入は停電軽減に一定の効果があった。首都圏では近年、一般需要家（住宅）の世帯あたり電力消費量が増加し生活水準の向上に結び付いていると考えられるが、本事業はこのような変化に寄与した。したがって、本事業の有効性・インパクトは高いと判断される。事業費は計画内に収まったものの、事業期間が計画の二倍に達したため、効率性は中程度である。一部の変電所において電磁波の健康被害を心配した住民の強い反対が起きたが、国営電力公社（以下、ANDE という）はこの経験を通して送変電事業における社会配慮を強化した。本事業の維持管理は配電制御システムについて体制面と技術面に軽度な問題があり、持続性は中程度である。

以上より、本事業の評価は高い。

１．案件の概要



事業位置図

レプブリカーノ変電所

1.1 事業の背景

パラグアイでは、同国がブラジルと共同で運営する世界最大級の水力発電所であるイタイプ発電所が 1980 年代後半に稼働を開始し､その後長期にわたって十分な発電能

力が確保されていた。他方、1990 年代以降、電力需要の 6 割を占める首都圏では人口増とともに電力需要が急増し、2000 年には電力需要 2,141GWh に対して送配電能力不足により十分な電力供給が難しくなると予想されていた。さらに、首都圏市街地の電線が絶縁化されていないため、悪天候時の倒木等に起因する停電が頻発し、また保守設備が脆弱であることから復旧に長時間を要するため、産業と市民生活に大きな影響を与えていた。

首都圏で安定した電力供給の実現を図るため、1988 年にパラグアイ政府は日本政府に技術協力を要請し、1990 年には「首都圏配電網整備計画調査」によるマスタープランが作成された。パラグアイ政府はその実施のための円借款を要請し、日本政府は 1994 年に「アスンシオン送配電網整備事業」（事後評価対象事業、以下「本事業」という）の供与を決定した。本事業は 1994 年から 2005 年にかけて円借款が供与され、その後もパラグアイ側の資金により 2007 年まで主要な工事が継続された。

1.2 事業概要

電力需要が急増するアスンシオン首都圏において、送電線・変電所・配電網および配電制御システム・電力保守用通信機器を整備することにより安定した電力供給の実現を図り、もって住民の基本的な生活環境の改善に貢献する。

円借款承諾額／実行額	8,100 百万円／5,636 百万円
交換公文締結／借款契約調印	1994 年 11 月／1994 年 11 月
借款契約条件	金利3.0%、返済30年（うち据置10年）、 一般アンタイド
借入人／実施機関	パラグアイ共和国／国営電力公社（ANDE）
貸付完了	2005 年 11 月
本体契約	Schneider Electric SA France(フランス)／Alstom T & D SA(フランス)／Sainco(スペイン)
コンサルタント契約	電源開発(日本)
関連調査	首都圏配電網整備計画調査（1990年）
関連事業	送配電網建設事業（借款契約1985年） イグアス水力発電所建設事業（借款契約2008年）

2. 調査の概要

2.1 外部評価者

薗田　元　（株式会社グローバル・グループ 21 ジャパン）

2.2　調査期間

今回の事後評価にあたっては、以下のとおり調査を実施した。

調査期間：2012 年 9 月～2013 年 7 月

現地調査：2012 年 11 月 3 日～12 月 9 日、2013 年 3 月 24 日～31 日

3. 評価結果（レーティング：B[1]）

3.1 妥当性（レーティング：③[2]）

3.1.1　開発政策との整合性

審査当時、パラグアイ共和国大統領府は 1993 年に電力部門の白書を発表し、経済開発と電力需要の相互関係に基づき同部門の重要性を唱えていた。これを受けた ANDE の電力整備計画（～2000 年）は、全国民への電力供給、産業部門の必要な電力の確保、電力供給による経済社会開発と生活水準改善を主要な目標としていた。

事後評価時、パラグアイ政府が定めた「社会経済戦略プラン（2008-2013）」ではインフラ整備の促進を含む 8 つの柱からなる開発政策が定められている。電力分野はインフラ整備政策の筆頭に挙げられ、十分な発電能力がある一方、送配電能力の不足により電力需要に対して十分な電力供給ができないという課題に対し、高圧送電網の拡張と既存送電網の電力損失削減、農村地域における配電網の拡張が優先課題とされている。

このように、事前評価時から事後評価時に至るまで、電力分野はパラグアイの開発政策において重要視されてきた。

3.1.2　開発ニーズとの整合性

事業の背景で述べたように、審査当時、首都圏における電力の安定供給のためには送配電網の整備が急務であった。

その後、首都圏における送配電網整備が本事業などにより一段落したことから、事後評価時では、電源地域と消費地域を結ぶ高圧送電網の整備が最優先課題であるとされる。ただし、現在の送電網は N-1 基準を十分満たしておらず、より信頼性の高い送電網を構築する必要がある[3]。また、首都圏の電力消費量は今も年間 6.2%（2006-2011）の増加を見せており、今後も継続的な送配電能力の増加が必要である。また、配電網の絶縁化は全体の 1 割程度にとどまり、絶縁化されていない地区では今でも停電が頻発していることから、配電網の絶縁化も引き続きニーズが高い。

このように本事業により首都圏の送配電能力の大幅な不足は避けることができたが、今後も電力需要は急増すると予想され、事後評価時における送配電網整備の必要性は

---

[1] A：「非常に高い」、B：「高い」、C：「一部課題がある」、D：「低い」

[2] ③：「高い」、②：「中程度」、①：「低い」

[3] N-1 基準とは、電力システムに送電線 1 回線の停止など単一事故が起きても安定して電力供給を続けられる予備力を備えた送電網が満たすべき基準のこと。

高い。

3.1.3　日本の援助政策との整合性

1992 年 7 月に行われた日本とパラグアイの第 2 回年次協議において、農業振興、経済インフラ整備、社会セクター（本事業は社会セクター分野に該当する）及び環境等の分野が重要であるとの合意が成立しており、日本の援助政策にも合致していた。

以上より、本事業の実施はパラグアイの開発政策、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。

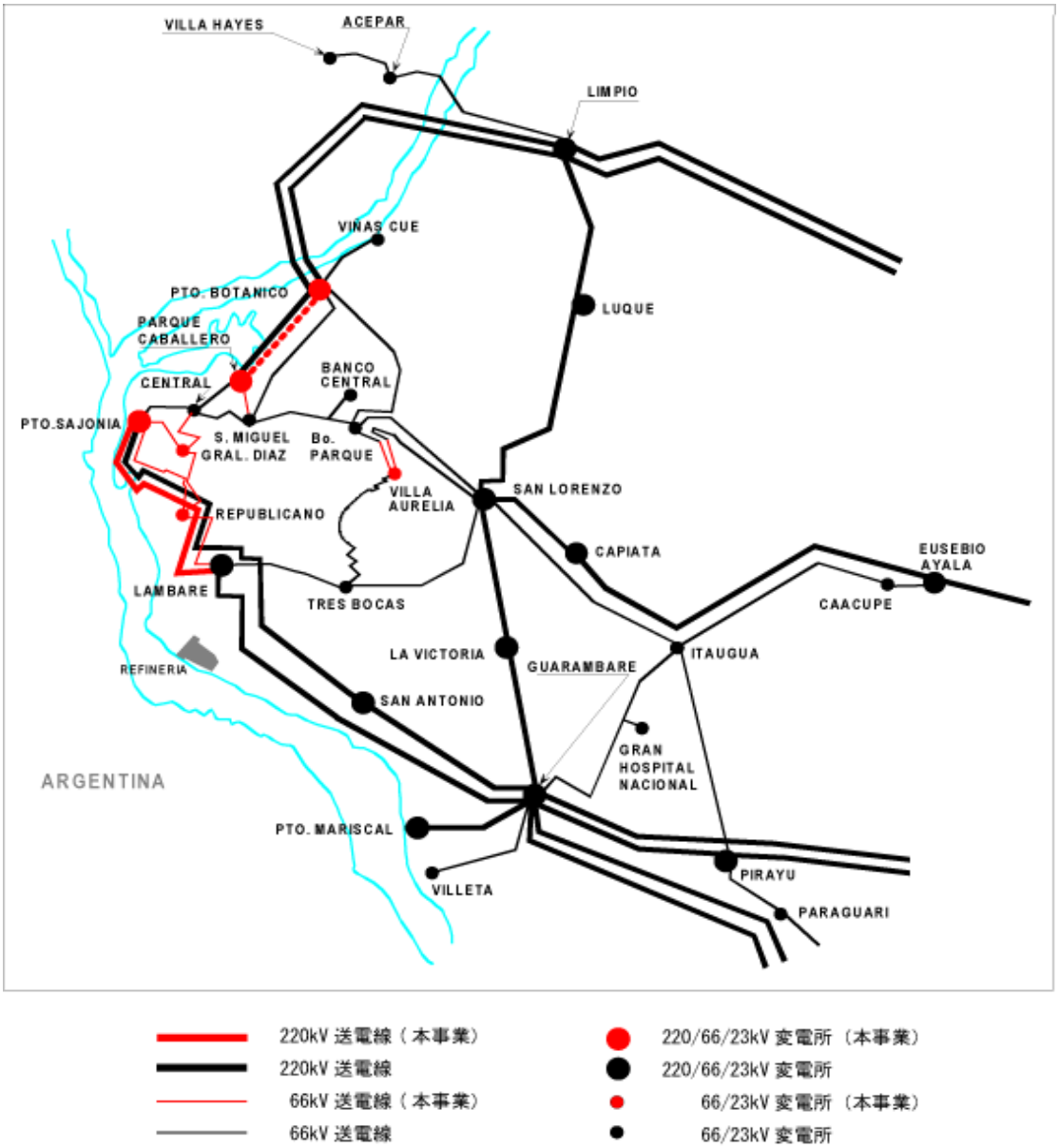


図 1　本事業により建設された送電施設（赤色部分）

3.2 有効性[4]（レーティング：③）

3.2.1　定量的効果

本事業では首都圏における送電線と変電所の建設、配電網の拡張および絶縁化、配電制御システムの導入により、安定的な電力供給の実現が図られた。ここでは以下の観点からその達成程度と本事業の貢献を定量的に分析する[5]。

(1) 基幹送電線からの電力受け入れ能力の増加

イタイプ発電所等の電源から首都圏への基幹送電線は、増加し続ける電力需要に対応するために、これまでに 220kV 送電線が 4 本、500kV 送電線 1 本が整備され、2013 年 3 月時点では 2 本目の 500kV 送電線の建設が進められている。本事業に含まれた 3 つの変電所（プエルト・ボタニコ変電所、プエルト・サホニア変電所・パルケ・カバジェロ変電所）は基幹送電線からの電力を受け入れる役割を担っており、本事業により増加した首都圏の 220kV 変電設備容量（360MVA）は首都圏電力システム全体（1800MVA、2011 年）の 2 割に相当する。ただし、パルケ・カバジェロ変電所については、合わせて計画された 220kV 送電線の空中架線区間が、電磁波の健康被害を心配した住民の反対と用地を所有する市の同意が得られなかったことにより、事後評価時点でも建設・接続されていない。このため同変電所に増設された変電設備(120MVA)は稼働しているものの、同変電所全体の能力には大きな余裕があるため、追加された設備能力は十分に活用されていない[6]。同様に、プエルト・ボタニコ変電所に建設された 220kV 開閉施設は送電線に接続されておらず、稼働していない。

(2) 首都圏の変電能力増強

本事業では 5 つの変電所（パルケ・カバジェロ変電所、プエルト・サホニア変電所、リプブリカーノ変電所、ビジャ・アウレリア変電所、ヘネラル・ディアス変電所）で合計 380MVA（計画 340MVA）の 23kV 変電設備が整備され、配電網に接続された[7]。これは首都圏電力システム全体（1,824MVA、2011 年）の 21%に相当する[8]。

首都圏の電力消費は 1994~2011 年の間に 2.5 倍に増加し、年間最大電力需要は 2011 年には 1,146MW に達した。表 1 の通り、本事業により整備された変電所が稼働開始する前の 2006 年 1 月（暖房のため電力需要が最も多い時期）には首都圏 26 ヶ所の変

---

[4] 有効性の判断にインパクトも加味して、レーティングを行う。

[5] 審査時には首都圏の電化率について本事業に関する目標値が示されていたが、安定的な電力供給についての指標・目標値などは特に示されていなかった。事後評価では送変電設備能力・変電所稼働率・停電時間・停電頻度などの指標を用いた分析を行ったが、配電施設に関する計画変更の結果、本事業と電化率の増加との関連がなくなったため（効率性を参照）、電化率は分析の対象としなかった。

[6] 現地視察時には既存変電設備のバックアップとして利用されていた。

[7] 開閉装置のみ設置されたプエルト・ボタニコ変電所を除く。

[8] ANDE は本事業以外にも首都圏送変電設備の増強を続けてきた。2005～2012 年には本事業以外に約 300MVA の能力が追加された。

電所の稼働率（最大負荷／［設備容量×力率］）は平均 77%に達し、14 ヶ所で稼働率が 90%を超え、うち 7 ヶ所では 100%を超えるなど、一部地域の変電能力は限界を超えていた。

本事業により変電能力が増強された結果、2008 年の変電所の稼働率は平均 65%に減少し、稼働率が 90%を上回った変電所は 29 ヶ所中 4 か所に減少した。稼働率 100%を超える変電所はゼロとなった。

表 1　首都圏における変電所の稼働率の推移

	2006 年 1 月	2008 年 1 月	2012 年 1 月
平均稼働率	77%	65%	75%
稼働率 90%以下の変電所数	15	25	23
稼働率 90～100 の変電所数	14	4	10
稼働率 100%以上の変電所数	7	0	0

（出典）ANDE データを基に評価者が作成

プエルト・サホニア変電所（左：開閉所、右：コントロール・ルーム）

パルケ・カバジェロ変電所（未接続の受電施設）

66kV 送電線

2012 年 1 月には、本事業で新設・拡張された 5 変電所の稼働率は 36～90%の範囲にあった。中でも電力需要の伸びが大きい地域に配電するビジャ・アウレリア変電所の稼働率は 90%を超える[9]。もし本事業がなければ現在までに首都圏の一部地域では電力需要が変電能力を大きく超え、計画停電を余儀なくされるなど、電力供給に重大な障害が発生していたと考えられる。すなわち、本事業によりこのような深刻な問題が回避できたと考えられる[10]。

(3) 配電網の絶縁化による停電の減少

本事業では 23kV 配電線 256km、380v 配電線 351km が敷設された。これは 2012 年の首都圏の配電線総延長のそれぞれ 4.4%(23kV)、6.9%(380v)に相当する。首都圏における配電網延長あたりの平均需要家数に基づき本事業の配電網整備による受益者は約 38,000 世帯、約 4,500 商工業施設と推測される。本事業の配電網整備は全て既存配電網の更新・改善（絶縁化）であり、拡張は行われなかったため、電化率改善への寄与はない[11]。

絶縁化は悪天候時の樹木との接触や小動物等による停電を減らす効果があり、電線周りの樹木の伐採が不要になるほか、敷設ルートの柔軟性が増大する（図 3）。ANDE によると、配電網の絶縁化が行われた後は停電発生回数が 3 分の 1 から 4 分の 1 程度に減少した[12]。

首都圏全域の 23kV 配電網における停電頻度・停電時間の指標によると（図 2）、2005~2008 年には停電の明らかな減少は見られない[13]。本事業による絶縁化は首都圏の配電網の 1 割にも満たないため、その効果はこれらの指標に反映されていないと考えられる。なお、配電の信頼性向上と配電線敷設の自由度向上を理由に、ANDE は今も自己資金で絶縁化を進めている。

---

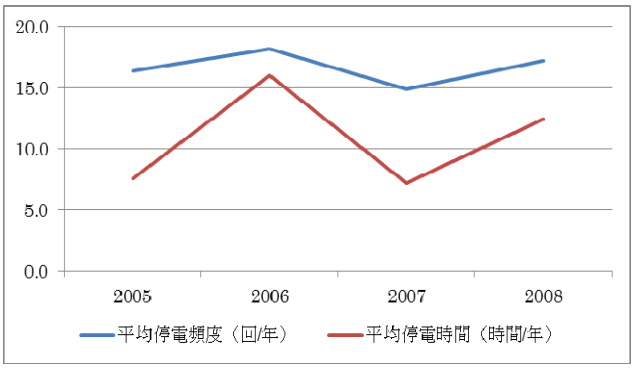
9 この地域は電力需要が大きいので、同変電所は 2019 年までに 220kV 変電所に拡張される予定である。

10 ただし、本事業の実施が遅れたことは、ビジャ・アウレリアなど一部地域で電力需要の増加に変電能力が追い付かない事態を一時的に生じさせることとなった。

11 本事業では当初、配電網拡張による電化率向上が計画されていた。配電網拡張が行われなかった経緯は効率性の項を参照。なお、首都圏の電化率は 2011 年に 99.7%に達した。

12 ほぼ全域が絶縁化されたある配電区間では 2004～2005 年に年間 40 回程度だった停電が、2010 年以降は 10 回以下に減少した。

13 配電網の絶縁化工事は 2006 年～2007 年に行われた。2009 年にデータ算出方法が精緻化され、より多くの停電が反映されるようになったため、2009 年以降のデータはこれと比較できない。



（出典）ANDE

図 2　首都圏における停電頻度・停電時間の推移

図 3　配電線と樹木の関係（左：裸線の場合、右：絶縁線の場合）（ANDE 提供）

23kV 配電線

柱上開閉器

(4) 配電制御システム・通信機材による停電時の対応能力の向上

配電制御システムおよび通信機材の導入により、首都圏の 23kV 配電網に設置された 200 以上の開閉器の遠隔監視・操作が可能となり、停電時の対応が迅速化した。本事業実施前は需要家から停電の報告を受け現場に出向いて目視等で確認してから修理

チームを派遣していたが、事業実施後はすぐに派遣できるようになった。

以上をまとめると、本事業により基幹送電線からの電力受け入れ能力および変電能力が増加した。本事業による設備能力の増強は計画以上である。一部を除きこれらの設備は十分に活用され、首都圏への電力の安定的な電力供給に貢献している。また、本事業による配電網整備（絶縁化、配電制御システム導入）は停電軽減に一定の効果があり電力の安定供給に貢献していると考えられる。したがって、本事業は首都圏への安定的な電力供給の確保に重要な貢献があり、その有効性は高いと判断される。

3.2.2　定性的効果

本事業では首都圏における生活環境整備が定性的効果とされていたが、これはインパクトの一部として分析する。

3.3 インパクト

3.3.1　インパクトの発現状況

本事業では、増加する首都圏の電力需要に応じた安定供給を実現することを通じて住民の基本的な生活環境の改善に貢献することが期待されていた。

2005～2011 年の 7 年間で首都圏の電力消費は 3,010GWh から 4,579GWh へと 52％増加した（図 4）。総需要家数は 54.9 万から 63.2 万へと 17％増加した（表 3）。首都圏の電力消費量において、一般需要家（住宅）が 45％を、商業と工業がそれぞれ 21％を占める（2011）（図 5）。

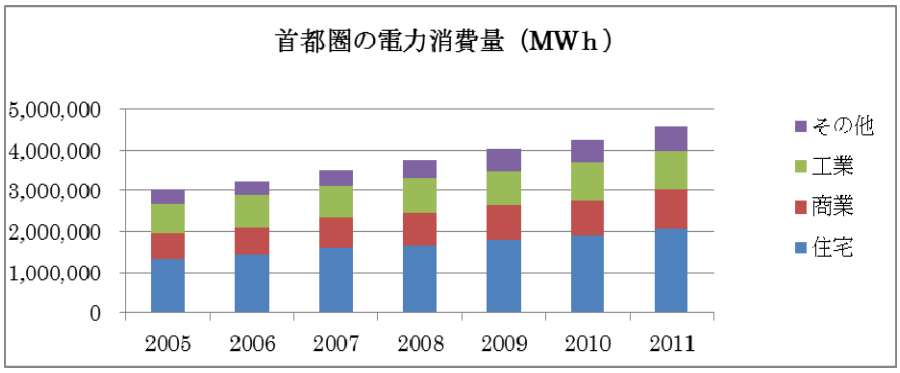
この期間、首都圏では一般需要家の需要家あたり電力消費量が大幅に増え、生活水準が向上したと考えられる。商業需要家の需要家あたり電力消費量にも増加が見られ、これは商業サービスの向上につながったと考えられる。なお、工業分野では需要家数の大きな増加に比べ消費量の増加は少なく、中小企業の比率が増加した可能性がうかがえる。本事業は、電力需要の増加の中で電力供給の不安定化を未然に防いだことを通してこのような変化を可能にしたと判断される。

また、事業者および一般家庭へのヒアリングによると、本事業で配電網が整備された一部地域で停電が減り、生活水準の向上につながったとみられる。ただし、停電は完全になくなったわけではなく、事業者の多くは今も自家発電機で停電に備えている。

表 3　首都圏における電力消費の変化(2005-2011 年)

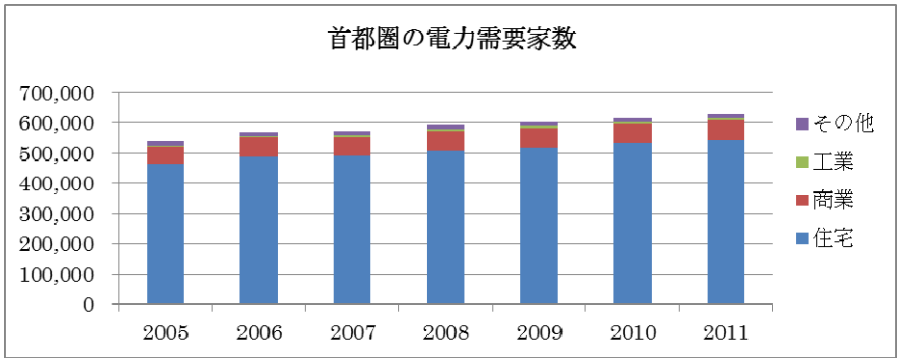
	需要家数の増加	電力消費量の増加	需要家あたり電力消費量の増加
住宅	17%	57%	34%
商業	12%	48%	32%
工業	51%	34%	-11%
他	29%	81%	41%

（出典）ANDE



（出典）ANDE

図 4 首都圏の電力消費量の推移



（出典）ANDE

図 5 首都圏の電力需要家数の推移

3.3.2　その他、正負のインパクト

(1) 環境・社会面のインパクト

審査時、本事業で整備予定の送変電施設については環境管理計画の提出のみで事業実施のための環境許可が得られるとされていた。しかしながら、事業開始後の環境関連法規の変更により、100kV 未満の送変電施設でも環境影響評価（EIA）が必要とされるようになったため、新たに EIA が実施された。環境許可は取得後も 2 年毎の更新が必要である。ANDE は建設後も環境局に対し、各変電所の維持・管理作業、研修、周辺環境への影響（騒音、悪臭、電磁波など）についての報告を定期的に行い、環境局は ANDE による環境対策の実施を確認している。

本事業では工事契約前に全ての環境許可が得られたが、環境許可の更新にあたりリプブリカーノ変電所、ヘネラル・ディアス変電所、ピノサ変電所の 3 つの変電所において工事契約後に電磁波の健康被害を心配した住民の反対運動が起き、政治家を巻き込んだ政治・社会問題に発展した。ANDE は住民グループ、市行政、環境当局、環境専門家らと長期にわたる議論を行い、リプブリカーノ変電所、ヘネラル・ディアス変電所については変電所の高い塀の建設や近隣公園の設置などを含んだ住民との合意が成立し、合意通り上記施設が建設されたが、ピノサ変電所は合意が得られず、その代替建設地も見つからなかったため、建設を断念せざるを得なかった。さらに、220kV 送電線の一部（地上架線）についても周辺住民の反対、用地利用の困難（所有者であり当初は施設建設に同意していた市が他目的への利用を決定）のため建設を断念した。

(2) その他正負のインパクト

電磁波に関する住民の反対運動は ANDE にとって初めての経験であり[14]、その経緯を踏まえて以下が実現した。その結果、同様の問題は少なくなった。

- 電磁波の健康被害についての国際的な認識と情報を共有するため、世界保健機関（WHO）、パンアメリカ保健機構（AMRO/PAHO）等から専門家を招いた国際会議が開かれた。
- 上記国際会議を踏まえ、環境当局は 2007 年に電磁波防護基準を定め、それに沿った EIA が実施されるようになった。
- 建設前に関係機関と共に住民説明会を実施するようになった。
- ANDE の環境管理部門の組織を格上げした。

このように、住民の建設反対運動に対応した本事業の経験により、送変電事業における ANDE の環境社会配慮体制が強化された。なお、この反対運動を事前予想することは難しく、ANDE は当時必要とされた行政手続きを踏んだうえで建設を計画したものであったことから、事業の準備が不適切であったとはいえない。

以上より、本事業の実施により一定の効果の発現が見られ、有効性・インパクトは高い。

3.4 効率性（レーティング：②）

3.4.1 アウトプット

本事業で計画および実施されたアウトプットは以下のとおりである。

---

[14] 当時は電磁波に関する基準は存在せず、その健康被害についての問題意識は実施機関にも一般社会にも浸透していなかった

表 4 事業アウトプットの計画および実績

	計画	実績
変電所　220/66/23kV 66/23kV	3 か所 3 か所	3 か所 3 か所
送電線　220kV 66kV	2 区間、15.5 ㎞ 7 区間、19.2 ㎞	1 区間、 9.1 ㎞ 8 区間、10.7 ㎞
配電線　23kV 拡張 23kV 絶縁化 380/220V 拡張 380/220V 絶縁化	790 ㎞ 57 ㎞ 1,087 ㎞ 83 ㎞	0 ㎞ 256 ㎞ 0 ㎞ 351 ㎞
配電制御システム 電力保守用通信機器	変電所情報監視制御システム	個別制御配電自動化システム
道路照明	（計画なし）	街路灯約 14,000 基

（出典）ANDE

以下の理由により一部変電所と送電線の位置の変更・地中化および工事中止があった。その結果、本事業による変電施設による変電能力の増加は 220kV 設備が計画 360MVA に対して 360MVA（計画比 100%）、23kV 設備が計画 340MVA に対して 380MVA（計画比 112%）となった。

- 1990 年に事業を準備するための調査（フィージビリティー調査）を実施して以降、急激な電力需要の増加と時間の経過を背景に ANDE のマスタープランが見直され、複数の高圧送電線が計画される中で本事業において建設される高圧送電線の経路が変更された。

- 用地取得困難および周辺住民等の電磁波による健康被害を心配した反対運動により、一部送変電施設の建設が見送られたほか、位置の変更、送電線の地中化などの計画変更が必要とされた。（インパクトの項を参照）

後述する借款契約の国会承認の遅れに伴いコンサルタント調達が遅れ、本事業による配電網拡張の実施が遅れたため、急速な需要増を背景に ANDE は「自主施行制度」により自己資金（一部住民負担）で配電網の拡張を実施した[15]。また 1994 年の市条例（樹木伐採規制）により並木の伐採を伴う裸電線の敷設ができなくなり、絶縁化工事の必要性が増加した。このため、配電網の拡張は実施されず、更新/絶縁化が行われたが、配電網整備の総延長は審査時計画の約 3 分の 1 に減少した。

配電制御システムは、技術革新による価格下落を背景とした ANDE の要請に基づき、当初想定された「変電所情報監視制御システム」から、停電区間・復旧時間をより短縮し維持管理の省力化が可能な「個別制御配電自動化システム」に変更された。ただし、本事業で導入されたシステムは 2000 年当時に仕様が決められたものであり、この分野ではその後も技術革新が急速に進んだことから、用いられている技術は既に陳腐

[15] ANDE は 1994～97 年に 23kV 配電線 1,577 ㎞、380/220V 配電線 1,902km を建設した。

化している。

以上はいずれも、ニーズおよび技術の変化に応じた計画変更であり適切だったと考えられる。

また、環境社会配慮および防犯対策のため道路照明機材の調達および建設が追加された。この変更は円借款資金に余裕があり、また変電所周辺住民からも一部要望があったことから環境社会配慮に役立つとして承認されたものであるが、一部路線区間においては工事のための関係行政機関との調整に時間を要し、その完成は 2013 年までずれ込んだ。

3.4.2 インプット

3.4.2.1 事業費

本事業では送変電施設・配電施設は円借款で資機材を調達し、パラグアイ側資金で土木工事を実施した。計画変更による送配電網延長の減少、為替レート変動によるパラグアイ側工事費用の円換算額減少、競争入札による費用圧縮の結果、送変電施設・配電線建設費用は大幅に減少した[16]。その結果、総事業費は 6,848 百万円で、計画（10,801 百万円）の 64%、円借款額は 5,636 百万円で計画の 70%であった[17]。

アウトプットに様々な変更があり単純な比較は難しいが、本事業の事業費は計画内に収まり、事業費の効率性は高いと判断される。

表 5 事業費の計画および実績（単位：百万円）

	計画			実績		
	円借款	ﾊﾟﾗｸﾞｱｲ	合計	円借款	ﾊﾟﾗｸﾞｱｲ	合計
送電線建設	923	488	1,411	2,572	377	2,949
変電所建設	2,615	696	3,311			
配電線建設	2,587	376	2,963	1,238	506	1,743
配電制御機器	333	0	333	990	329	1,319
通信機器	347	0	347			
コンサルタント	547	0	547	831	0	831
用地取得	0	154	154	不明	不明	不明
税金	0	898	898	建設費用に含まれる		
予備費	680	157	837	0	6	6
合計	8,100	2,701	10,801	5,636	1,211	6,848

出所：ANDE データにより評価者が作成
（為替レート）審査時：1US$=1,797G.=113.5Yen
実績：　1US$=113.0Yen (2005-07 平均)
1Yen=49.7G.(2002-07 平均)

3.4.2.2 事業期間

本事業は 1994 年 11 月から 2000 年 12 月の 74 ヶ月間で実施される予定だったが、実

16 配電線建設は、拡張がスコープ外となった一方で絶縁化（地下敷設を含む）の総延長が増加したため、延長あたり費用が高くなった。

17 用地取得費用の実績が不明のため、総事業費の実績額には用地取得費用を含めていない。

際には、1994年11月から配電線工事が完了した2007年9月までの155ヶ月間を要し、事業期間は計画の209%となり、本事業の事業期間は計画を大幅に上回った[18]。

貸付実行期限は2002年11月から3年間に延長され2005年11月となった。資機材調達のために延長された貸付実行期限前の一括前払いを行い、建設工事は貸付実行期限後もパラグアイ側資金で継続された。

本事業の実施が遅れた理由には以下が挙げられる。

- 借款契約のパラグアイ国会による承認の遅れ（約1年間）が生じた。
- ANDEのマスタープラン見直しに沿ったフィージビリティー調査の見直し、および用地取得をめぐる住民問題等にともなう計画変更に3年以上を要した[19]。
- 配電資材の調達における流札・パッケージ再編成、再入札・再々入札により、全ての契約が結ばれるまでに約4年を要した[20]。
- 送変電施設は周辺住民の反対、用地取得にかかる困難な状況などによる計画変更と工事中断があり、資機材調達から完成までに約8年を要した。
- 配電制御システムは技術進歩に応じたスコープ変更、応札企業からの技術的質問への回答に大幅な時間を要したこと（ANDEにとって初めて導入する設備のため）、入札評価に時間を要したことなどから調達が大幅に遅延し、コンサルタントによる入札準備（スコープ変更の検討を含む）から契約までに6年間を要した。

3.4.3 内部収益率

本事業の審査時に内部収益率は算出されていない。事後評価においてはANDEより十分な情報が得られなかったため再計算は実施しなかった。

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。

3.5 持続性（レーティング：②）

3.5.1 運営・維持管理の体制

ANDEは同国の発電から配電に至る電力系統全般の運営を一括して行う公共企業体

---

18 道路照明設備の工事は一部路線区間で地方行政との調整がつかなかったことなどにより2008年以降、現地調査を行った2013年3月現在も継続されているが、本事業の目的に直接関係しないことを考慮し、ここでは事業期間に含めない。

19 旧市街に当初計画されていたバリオ・オブレロ変電所、カテドラル変電所は用地取得が難しかったため、別の場所にレプブリカーノ変電所、ヘネラル・ディアス変電所が建設された。

20 配電網資材調達の入札は、1回目は有効な応札者がなく流札し、資機材毎に4ロットに分けて再入札したものの、うち2ロットは技術的要件を満たす入札企業がなく、再々入札となった。

であり、本事業の運営・維持管理は ANDE が行っている。1992 年末の ANDE の職員数は 2,533 人であったが、2011 年の ANDE の職員数は 3,755 人に増加した。現在の職員数は 1992 年の 5 割増しであるが、この期間、職員あたり需要家数は 1.7 倍に増加、職員あたり電力消費量は 2.2 倍に増加しており、停電の大きな増加もなくサービス水準に特に低下がないと考えられることから、労働生産性は向上したといえる。

事後評価時には、送変電施設の運営・維持管理は技術局の運用部・送電維持管理部が、配電網および配電制御システムの運営・維持管理は配電局の首都圏配電運用部・配電維持管理部が行っている。首都圏配電網の維持管理は 23kV が 5 名×6 チーム、低圧配電線が 5 名×6 チームある。現場職員は、適切な維持管理を行うためにはさらに 3 チームずつ程度増やす必要があると考えている。

ANDE の人事は政治的な影響を受けやすく、頻繁な組織変更と人事異動、非技術職員の多さなどが組織全体の効率に影響を与えてきたと考えられる[21]。また、配電制御システムの運営・維持管理問題や本事後評価への情報提供が十分できなかったことなどから、ANDE の行政能力には改善すべき課題があると思われる。

3.5.2　運営・維持管理の技術

ANDE は、地域エネルギー統合コミッションが中南米カリブ地域の 1,300 配電会社について毎年実施する消費者満足度調査の結果、2012 年に国際品質賞を受賞した[22]。また、ANDE 人材育成研修部は 2011 年には 200 回余りの研修を実施し、延べ 1,795 人が 55,500 時間、職員あたり約 15 時間の研修を受けた。

ANDE は送変電・配電に関する一般的な技術水準は十分であると考えられる。しかし、配電制御システムの運営・維持管理については、メーカーの研修が行われ、ANDE 職員への技術移転が行われたものの、研修を受けた技術職員の一部は人事異動により他部署に移されたため、現在の配電制御部門に技術が定着していないという課題が残る。

3.5.3　運営・維持管理の財務

ANDE の 2009～2011 年の財務実績を表 6 に示す。以下のとおり ANDE は近年、高い収益性と財務健全性を示している。

- ANDE の経常利益および税引前利益は 1997-2002 年に赤字であったが、2003 年以降は黒字が続いている。2003 年に電力料金が約 3 割値上げされたこと、イタイプ水力発電所からの買電契約条件が ANDE 側に有利に変更されたこと、買電為替レートの変動などが要因。

21　過去 7 年間に総裁は 10 人交代した。

22　地域エネルギー統合コミッション（La Comisión de Integración Eléctrica Regional：CIER、本部ウルグアイ）は電力システムの地域統合を目指して 1964 年に設立された非政府組織で、中南米カリブの 16 か国から 200 以上の電力会社・電力規制機関・電力関連省庁などが参加する。

- 収益率（経常利益／運転資本）は 2003 年に黒字に転じ、以降は 4～8%の範囲で推移しており、十分とは言えないが概ね適切なレベルにある（公共事業隊の収益率についての政府基準は 8%）。
- EBITDA マージン[23]は過去 5 年間 25～33%の範囲で、収益性は高く保たれている。
- 流動比率は過去 5 年間 200%を超えており十分高い。負債資本比率は 2007 年に 48.3%とほぼ適切で、その後 30.2%（2011）まで改善した。

表 6　ANDE の財務実績（単位：百万ガラニー）

	2009	2010	2011
流動資産	2,406	2,529	2,508
固定資産	6,677	7,321	7,760
総資産	9,083	9,849	10,268
流動負債	967	1,106	926
固定負債	1,531	1,628	1,454
純資産	6,585	7,115	7,888
営業利益	315	283	387
税引前当期純利益	477	357	595
当期純利益	451	330	540

出所：ANDE

本事業の運営維持管理部門へのヒアリングによると、以下に述べる配電制御システムを除き、予算の不足が維持管理の大きな制約となるような事態は発生していない。

配電制御システムについては納入業者からの正式の引き渡しが 2012 年 11 月まで遅れたため、それまで ANDE による維持管理予算の配分が行われず、運用に支障が生じている。同システムは 2007 年 2 月から試験運用が開始され、2008 年 3 月に仮引き渡しを行い運用されてきた。最終引き渡しが遅れたのは ANDE 内の手続きの停滞であり、担当者の交代による引継ぎが適切に行われてこなかったことが原因であると考えられる。

3.5.4　運営・維持管理の状況

(1) 送変電施設

本事業の変電所・送電線は ANDE の基準に基づいた保守・維持管理作業が行われている。予防保守が行われ、施設の状態と機能は適切に保たれ、運営維持管理上の問題

[23] EBITDA マージンとは、EBITDA（利払い前・税引き前・減価償却前・その他償却前利益）を売上高で割ったもので、企業の収益性を示す指標のひとつ。

は見られない。

(2) 配電施設

23kV 配電線は年 1 度のサーモグラフィーによる検査を含めた予防保守を行うほか、断線時等の修理を行っている。ANDE は配電線を通電したまま修理できる技術を備えている。絶縁化配電線は、当時の施工業者の経験が乏しく、施工上の不備により修理が必要とされることが多い。低電圧の配電線については予防保守を行わず、断線・停電時等の報告を受けてから修理が行われている。

(3) 配電制御システム

配電制御システムは調達した 350 台の柱上開閉器のうち 325 台が設置されたが、その後、配電網の経路変更により一部が取り外され、現在は 289 台が設置されている。柱上開閉器は無線により配電制御室と接続されているが、指向性の高いアンテナが風で動いたり、通信機部分に雨水が侵入したりして故障し、現在は 220 台のみ稼働している（稼働率 76%）。稼働している開閉器の一部には開閉状態の情報が不正確なものがあり、現場で確認する必要がある。同システムの責任者は、常駐の電気通信技術者が必要と考えているが、配電制御システムの設置に携わった ANDE 技術者（事業実施時の責任者）の説明によると、柱上開閉器のアンテナの調整、雨水からの保護は技術的に難しい問題ではなく、ANDE 内の技術で解決可能である。

配電制御室には大型ディスプレイが設置されたが、ランプが切れたため使われておらず、昔のままの手動ディスプレイが使われている。ランプが高価であること、室温を低く保つ必要があること、引き渡しが完了するまで大型ディスプレイを移動させることができないことから、手動ディスプレイの前を、使われない大型ディスプレイが塞いだままである[24]。なお、大型ディスプレイは古い仕様のものが調達された。ANDE 側は液晶タイプのものであればランプ切れに始まる一連の問題は起きなかったと考えているが、JICA 側は本システムの調達が大幅に遅れる中、更なる遅延を懸念し入札途中での液晶タイプへの仕様変更を認めなかった経緯がある。

なお、ANDE は現在、送配電システムの運用、電力の質・損失、設備投資、維持管理、保護、計画などを統合的に管理できるシステムの構築を検討しているが、そこで本システムがどのように扱われるかは、まだ明確になっていない。

[24] 配電制御システムは 2008 年の仮引き渡し後、2012 年 11 月にようやく正式な引き渡しが完了した。この期間、引き渡しが完了しないことを理由に、ANDE は同システムの維持管理に必要な予算と人材を配分してこなかった。そして、正式な引き渡しが完了するまでは設備に手を加えることはできないとの立場を取ってきた。なお、契約上の保証期間は仮引き渡しから 2 年間であり、この期間は納入業者の負担で修理と調整が行われた。

配電制御室（左：使われていない大型ディスプレイ、右：手動ディスプレイ）

3.5.5　持続性のまとめ

以上より、本事業の維持管理は技術面と財務面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。

4. 結論及び提言・教訓

4.1　結論

本事業は電力需要が急増するアスンシオン首都圏において、送電線・変電所・配電網および配電制御システム・電力保守用通信機器を整備することにより安定した電力供給の実現を図り、もって住民の基礎的な生活環境に貢献するために実施された。その目的はパラグアイの開発政策､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。本事業により基幹送電線からの電力受け入れ能力および変電能力が増加し、首都圏への電力の安定供給が確保された。配電網の絶縁化と配電制御システム導入は停電軽減に一定の効果があった。首都圏では近年、一般需要家（住宅）の世帯あたり電力消費量が増加し生活水準の向上に結び付いていると考えられるが、本事業はこのような変化に寄与した。したがって、本事業の有効性・インパクトは高いと判断される。事業費は計画内に収まったものの、事業期間が計画の二倍に達したため、効率性は中程度である。一部の変電所において電磁波の健康被害を心配した住民の強い反対が起きたが、国営電力公社（以下、ANDE という）はこの経験を通して送変電事業における社会配慮を強化した。本事業の維持管理は配電制御システムについて体制面と技術面に軽度な問題があり、持続性は中程度である。

以上より、本事業の評価は高い。

4.2 提言

4.2.1　ANDE への提言

- <u>配電制御システムの活用</u>：配電制御システムをより効果的に活用するため、柱

上開閉器の稼働率の向上、大型ディスプレイの利用または更新について必要な作業を検討し、必要な予算措置を行った上で実施する必要がある。ANDE 内に存在する技術資源を有効に活用するとともに、必要な技術者の配置を行う。新技術については研修を受けた技術者の過度の異動を避ける必要があることを認識すべき。なお、この作業は ANDE が検討を進めている送配電システムについての統合的な管理システムと整合させる必要がある。

- 首都圏の送変電施設の継続的な増強：増大する首都圏の電力需要に対して安定した電力供給を図るため、送変電施設の継続的な増強を続ける必要がある。建設が中断された 220kV 送電線（パルケ・カバジェロ変電所～プエルト・ボタニコ変電所）は、全区間地下化の可能性も含めて問題解決の方法を探り、本事業で建設された設備を活用しつつ、適切な時期に実現することが望まれる。

- 完成事業についての情報管理：ANDE は完成事業のフォローアップと事後評価を効率的に行うために、完成事業の実施と運用についての様々な情報を容易に利用できるように整理して蓄積することが望ましい。

4.2.2 JICA への提言

なし。

4.3 教訓

- 都市の送変電設備における社会配慮の重要性：人口密度の高い市街地で送変電事業を実施する場合は、電磁波の健康への影響について、以下に配慮して住民側の誤解や不安を取り除き、無用な反対運動の蓋然性を下げる必要がある。

  - 科学的知見に基づいた電磁波の影響にかかる説明
  - 住民その他の関係者との継続的な対話を通した情報共有と合意形成
  - 上記のための事業者における高い専門性

- 技術革新の速い分野における新技術導入時の留意点：技術革新が速い分野の技術を新たに導入する場合は、技術能力不足による運営維持管理の不備や技術の陳腐化を防ぐため、以下に配慮する必要がある。

  - 機器の仕様決定から運用開始までの時間をできる限り短くする。
  - 上記に関連し、援助機関側は仕様変更への適切な柔軟性を確保する。
  - 運用維持管理する側における技術定着への人事面の配慮（専門性の高い技術を持った職員の過度の異動を避けるなど）。
  - 運営・維持管理への技術協力等を通したフォローアップ。

主要計画／実績比較

項　　目	計　　画	実　　績
①アウトプット	変電所　220/66/23kV　3ヶ所 66/23kV　3ヶ所 送電線　220kV　2区間 15.5㎞ 66kV　7区間 19.2㎞ 配電線　23kV 拡張　790㎞ 23kV 絶縁化　57㎞ 380/220V 拡張　1,087㎞ 380/220V 絶縁化　83㎞ 変電所情報監視制御システム 配電保守用通信システム コンサルティング･サービス	変電所　220/66/23kV　3ヶ所 66/23kV　3ヶ所 送電線　220kV　2区間 9.1㎞ 66kV　8区間 10.7㎞ 配電線　23kV 拡張　0㎞ 23kV 絶縁化　256㎞ 380/220V 拡張　0㎞ 380/220V 絶縁化　351㎞ 個別制御配電自動化システム 配電保守用通信システム コンサルティング･サービス
②期間	1994年11月 ～2000年12月（74ヶ月間）	1994年11月 ～2007年9月（155ヶ月間）
③事業費 円借款 実施機関 合計 換算レート	 8,100百万円 2,701百万円 10,801百万円 1US$＝113.5円 （1994年1月）	 5,636百万円 1,211百万円 6,848百万円 1US$＝113.0円 （2005～07年平均）