

ナイジェリア

2021年度 外部事後評価報告書

無償資金協力「アブジャ電力供給施設緊急改修計画」

外部評価者：株式会社メトリクスワークコンサルタンツ

西川 圭輔、安藤 彩、西野 宏

0. 要旨

本事業は、アブジャ連邦首都区及びその周辺地域（ナサラワ州）に位置するアポ変電所及びケフィ変電所に電力用コンデンサを設置することにより、同地域の送電損失の削減及び電力供給信頼度の向上を図り、もって同地域における経済・社会開発の促進に寄与する事業であった。本事業は計画時及び事後評価時のナイジェリアの開発政策、開発ニーズと合致しており、過去の類似案件での教訓を踏まえた適切な事業内容やアプローチであった。内的整合性については当初想定していた JICA の他事業との具体的な連携はなく、外的整合性についても実施機関を通じて他事業との連携はみられたが、一部の事業は実施が大幅に遅れておりそれらの連携による成果の発現は限定的であった。その一方で、計画時の日本の援助政策との整合性は認められた。したがって、妥当性・整合性は高い。事業期間は計画を若干上回ったが、事業費は計画内に収まったため、効率性は高い。本事業により、計画時に想定されていた対象地区での電圧改善率が向上し、安定的かつ効率的な電力供給が大規模施設を中心に実現している。本事業対象地域の人口増加による電力供給の不安定化など一部に課題はあるものの、おおむね想定された効果やインパクトは発現しており、また負のインパクトはみられないため、有効性・インパクトは高い。本事業の運営・維持管理に係る体制面及び技術面・財務面に問題はなく、また設備は問題なく稼働しており、導入以来一度も故障は発生していないことから、持続性は高い。

以上より、本事業の評価は非常に高いといえる。

1. 事業の概要



事業位置図
(出典：外部評価者)



本事業で設置した電力用コンデンサ設備
(出典：外部評価者)

1.1 事業の背景

ナイジェリアには天然ガスを産出する南部地域に多くの発電設備が存在する一方、北部地域にはそのような十分な発電設備が存在しない。したがってアブジャ連邦首都区が位置する同国中部地域や北部地域には南部地域から長距離送電を行う必要があり、著しい電圧降下が生じている。また、送電ロスも大きい。加えて、遅れ無効電力（電源と負荷間の往復のみでエネルギー消費されない電力）の割合が低いことに伴う電圧降下が、高品質な電力の安定供給の妨げとなっていた。特に発電設備から離れた首都やその周辺地域では電圧降下が激しく、一日平均 8 時間程度しか電力供給のない不安定な状況下にあった。

この改善策として、変電所等の電力供給施設に固定分路コンデンサ等の調相設備（遅れ無効電力を制御して系統電圧を一定に保つ制御を行う設備）を導入する必要があった。首都や周辺地域では、アブジャ連邦首都区へ配電する要の変電所であるアポ変電所や、将来的に電力系統の拡大を図る地域に位置し、新設計画のある変電所へ送電される重要な変電所であるケフィ変電所の改善を行うことが喫緊の課題であった。したがって、本事業ではアポ及びケフィの両変電所に電力用コンデンサを導入することで、アブジャー帯への効率的かつ安定的な電力供給を実現するための支援が行われた。

1.2 事業概要

アブジャ連邦首都区及びその周辺地域（ナサラワ州）において、電力用コンデンサを設置することにより、同地域の送電損失の削減及び電力供給信頼度の向上を図り、もって同地域における経済・社会開発の促進に寄与する。

【無償資金協力】

供与限度額/実績額	1,317 百万円 / 1,303 百万円
交換公文締結/贈与契約締結	2016 年 2 月 / 2016 年 2 月
実施機関	責任官庁：連邦電力省（Federal Ministry of Power : FMOP） 実施機関：ナイジェリア送電公社（Transmission Company of Nigeria : TCN）
事業完成	2018 年 8 月
事業対象地域	アブジャ連邦首都区及び周辺地域（ナサラワ州）
案件従事者	コンサルタント 八千代エンジニアリング株式会社
	機材調達 豊田通商株式会社
基本設計調査/協力準備調査	2014 年 10 月～2015 年 11 月
関連事業	【技術協力】 ・ ナイジェリア国電力マスタープラン策定プロジェクト（2015 年～2019 年） ・ ナイジェリア国配電分野能力向上プロジェクト（2022 年～2025 年） 【その他国際機関、援助機関等】

	<ul style="list-style-type: none"> Secure Power Supply in the Federal Capital : フランス開発庁 (2014 年～2020 年) ¹
--	---

2. 調査の概要

2.1 外部評価者

氏名 西川 圭輔、安藤 彩、西野 宏 (株式会社メトリクスワークコンサルタンツ) ²

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 : 2021 年 10 月～2023 年 1 月

現地調査 : 2022 年 5 月 7 日～5 月 19 日、2022 年 10 月 6 日～10 月 13 日

2.3 評価の制約

特になし。

3. 評価結果 (レーティング : A³)

3.1 妥当性・整合性 (レーティング : ③⁴)

3.1.1 妥当性 (レーティング : ③)

3.1.1.1 開発政策との整合性

本事業計画時のナイジェリアの開発政策である国家開発計画「Nigeria Vision 20: 2020 (2009-2020)」では、2020 年までに経済規模で全世界の上位 20 位以内に入ることが目標とされていた。同計画では、さらなる社会・経済発展に向け躍進していくためにインフラ整備の必要性を挙げており、特に安価で安定した電力供給は重要な目標とされていた。同計画の具体的な行動指針である「National Implementation Plan (2010-2013)」では、インフラ整備 (電力・運輸) が最優先課題の一つに掲げられていた。

事後評価時における国家開発計画である「Nigeria's Medium Term National Development Plan 2021-2025」においても、9 つの優先事項の一つに電力と石油製品の自給自足の実現が掲げられている。具体的な戦略として、発電能力を改善するための大規模な資金調達、発電に使用する天然ガスの供給インフラの確立、送電網の更新等が挙げられている。

¹ Secure Power Supply in the Federal Capital, Agence Française de Développement, <https://www.afd.fr/en/carte-des-projets/secure-power-supply-federal-capital> (2022 年 11 月 7 日アクセス)

² 西川、安藤については株式会社クニエより補強として参加。衛星データ分析については西野が担当し、それ以外の作業 (現地調査含む) については西川、安藤が担当した。

³ A : 「非常に高い」、B : 「高い」、C : 「一部課題がある」、D : 「低い」

⁴ ④ : 「非常に高い」 ③ : 「高い」、② : 「中程度」、① : 「低い」

また、上記国家開発計画における電力セクターの目標として、送電容量の増加や送電損失の低減⁵、人々の電気へのアクセス向上⁶が掲げられている。

以上のとおり、計画時及び事後評価時ともに、ナイジェリアでは政策面で電力の安定供給が重視されている。本事業は変電設備を拡充することで効率的および安定的な電力供給を目的としているため、本事業は計画時及び事後評価時の両時点で、ナイジェリアの開発政策と合致しているといえる。

3.1.1.2 開発ニーズとの整合性

ナイジェリア全国のピーク時電力需要は計画時の 2016 年時点で 9,571 MW であったが、ピーク時電力供給は 5,074 MW であり⁷、電力需要に供給が追い付いていなかった。事後評価時にピーク時電力需要を確認したところ、2016 年当時からさらに年々増加しており、2021 年には 15,532MW に達していた（対 2016 年で約 62%増加）。それに対し、ピーク時電力供給は 5,802 MW にとどまっている。発電設備容量は 2016 年に比べて増加し、2020 年時点で 12,974 MW になったが、発電容量は 2020 年時点で 5,758 MW にとどまる⁸。ナイジェリア送電公社（Transmission Company of Nigeria、以下「TCN」という。）によると、発電容量が発電設備容量を大きく下回っている要因は発電に使用する天然ガスの不安定な調達にある⁹が、上述のとおり事後評価時までピーク時電力需要は年々増加しており、効率的かつ安定的な電力供給が引き続き課題となっている。

また、アブジャ連邦首都区の周辺には発電所が少なく、南部から長距離送電を行っていることから、アブジャや周辺地域では遅れ無効電力の割合が低いことに伴う著しい電圧降下が生じている。それによる送電ロスも大きく、計画時には一日平均 8 時間程度しか電力供給のない不安定な状況下にあった。この改善策として、変電所等の電力供給施設に固定分路コンデンサ等の調相設備を導入する必要がある。事後評価時点においても、アブジャや周辺地域では他州からの電力供給に依存しており、同設備のニーズは引き続き大きい。

したがって、計画時及び事後評価時において、安定的な電力供給のニーズが対象地域において存在し、本事業はそれに対処するという意味で重要な役割を果たしていることから、開発ニーズと整合しているといえる。

⁵ 同国家開発計画において、指標は全国送電網のエネルギー量とされており、2025 年の目標値は 10,000MW である（ベースラインは 3,592 MW）。

⁶ 同国家開発計画において、指標は電気へアクセスできる国民の割合とされており、2025 年の目標値は 75% である（ベースラインは 55.4%）。

⁷ 電力系統（グリッド）に送られた電力量であり、自家発電などのオフグリッドは含まれない。

⁸ 発電設備容量は発電設備の発電容量、発電容量は発電燃料の調達可能性などを踏まえた実際に発電可能な容量を指す。

⁹ 天然ガスの不安定な調達の理由として、TCN より①天然ガス業者の高額な価格設定と②政府の補助金を受けて購入できる天然ガスへのタイムリーな支払いの必要性の 2 点が挙げられた。

3.1.1.3 事業計画やアプローチ等の適切さ

過去の類似案件の事後評価結果では先方政府側から必要な予算手当がなされず、工事に遅れが生じたことから、本事業では先方負担事項について実施コンサルタントが十分に説明・協議し、先方政府の速やかな予算措置、詳細なスケジュールの確認及びフォローを行うことが対応策として挙げられた。本事業では実施コンサルタントにより上記の対応がなされ、先方政府の予算措置の遅れによる事業実施の遅れは発生しなかった。また、ナイジェリア側も工事期間中の接続区分の停電などを適切に行い、円滑な日本側の工事実施につなげたことが確認された。計画と実績の間に大きな差異はないほか、過去の類似案件での教訓を踏まえた対応がなされており、事業内容やアプローチの適切性に問題はないと判断される。

3.1.2 整合性（レーティング：②）

3.1.2.1 日本の開発援助協力方針との整合性

本事業計画時、日本はナイジェリアに対し、中核的なインフラ整備を含む重点支援分野を設定していた。「対ナイジェリア連邦共和国 JICA 国別分析ペーパー」（2015年5月策定）においても電力の安定供給が重要な課題として挙げられていたことから、日本の開発協力方針と合致しているといえる。

3.1.2.2 内的整合性

本事業と関連する事業として、「ナイジェリア国電力マスタープラン策定プロジェクト（2015年～2019年）」がある。JICA ナイジェリア事務所によると、同プロジェクトとの連携は意図したものではなかったが、マスタープランの策定に本事業で得られたデータが活用された。しかし、具体的な成果は特定されなかった。

また、その他の関連事業として、アブジャ配電会社（Abuja Electricity Distribution Company、以下「AEDC」という。）に対する JICA 技術協力プロジェクトである「ナイジェリア国配電分野能力向上プロジェクト（2022年～2025年）」が開始された。配電ロスの低減や供給信頼度向上等に資する研修を実施し、AEDC の設備設計や保守管理等の技術支援を行うものである。同プロジェクトと本事業は親和性が高く、相乗効果が期待される。但し、同プロジェクトは2022年4月に始まったばかりであり、事後評価時点では相乗効果の発現までには至っていない。

以上より、「ナイジェリア国電力マスタープラン策定プロジェクト」では一定の相乗効果は確認されたものの、当初想定していた具体的な連携はなく結果的に連携関係になったことが確認された。

3.1.2.3 外的整合性

本事業計画時、フランス開発庁（Agence Française de Développement、以下「AFD」という。）が関連プロジェクト（送電線新設、アポ変電所への変圧器新設等）を実施することを計画しており、本事業はその情報を踏まえて計画された。JICA と AFD の間での直接的な調整や連携はみられなかったが、TCN の調整の下に両事業が計画された。TCN によると AFD の同事業は、本事業が対象としたアポ変電所を含む 5 つの変電所の増強等を行うものであるが、新型コロナウイルス感染症の蔓延の影響や、港湾における通関手続きの遅れ、土地や地役権の取得にかかる問題を受けた遅れが生じており、おおむね 2022 年中に完了予定である。同事業終了後には、同事業による変電・送電設備容量の拡大と、本事業による設備利用率の向上（電力負荷の力率改善と遅れ無効電力の増加）という異なるアプローチによる電力供給の安定化が期待されるが、事後評価時点では相乗効果は発現していなかった。

また、ナイジェリア政府が自らの資金で複数の変電所や送電線の設備改修・拡張プロジェクトを行っている。これらプロジェクトと本事業の直接的な調整や連携はみられなかったが、AFD の支援事業と同様に、TCN の担当部署間で適宜調整が行われており、支援スコープの重複は確認されなかった。

以上より、AFD の支援事業は大幅に遅れており、事後評価時点で特段の相乗効果は確認されず、またナイジェリア政府が実施しているプロジェクトとは直接的な調整や連携はみられなかったが、TCN の調整のもと相乗効果は発現していると考えられる。

本事業は計画時及び事後評価時のナイジェリアの開発政策、開発ニーズと合致しており、事業計画やアプローチも適切であったといえる。また、計画時の日本の援助政策との整合性も認められる。内的整合性については当初想定していた JICA の他事業との具体的な連携はなく、外的整合性については直接的ではないものの TCN を通じて他事業との連携がみられるが、一部の事業は実施が大幅に遅れており、事後評価時点で相乗効果の発現は限定的であった。

以上より、妥当性・整合性は高い。

3.2 効率性（レーティング：③）

3.2.1 アウトプット

本事業によるアウトプットの計画及び実績を表 1 に、またナイジェリアの実施機関による負担事項の計画及び実績を表 2 に示す。

表 1：本事業によるアウトプットの計画・実績

計画	実績
アポ 132/33 kV 変電所	
1. 電力用コンデンサ設備 (132 kV, 60 MVar)	計画通り実施
2. 特別高圧開閉設備	計画通り実施
3. 保護・制御盤	計画通り実施
4. 変電所接地設備	計画通り実施
5. 低圧設備	計画通り実施
6. 設備用基礎	計画通り実施
ケフィ 132/33 kV 変電所	
1. 電力用コンデンサ設備 (132 kV, 25 MVar)	計画通り実施
2. 特別高圧開閉設備	計画通り実施
3. 保護・制御盤	計画通り実施
4. 変電所接地設備	計画通り実施
5. 低圧設備	計画通り実施
6. 設備用基礎	計画通り実施
7. 電力用地中ケーブル (132 kV)	計画通り実施
8. 直流電源装置	計画通り実施

出所：JICA 提供資料

表 2：ナイジェリアの実施機関による負担事項の計画・実績

計画	実績
アポ 132/33 kV 変電所	
1. 2014年9月の落雷により損傷した変圧器、開閉設備、架構、避雷設備等の更新	計画通り実施
2. 制御棟内の損傷した制御盤と関連設備の交換・修復	計画通り実施
3. プロジェクトサイト整地	計画通り実施
4. 既設接地設備の接地抵抗値 (1Ω以下) の確認と確保	計画通り実施
5. 既設照明灯の移設	計画通り実施
6. 既設制御棟内における制御・保護盤据付場所の確保	計画通り実施
7. 調達される制御・保護盤に対する制御用電源 (DC 及び AC) の提供	計画通り実施
ケフィ 132/33 kV 変電所	
1. 既設変圧器の制御棟内の 132 kV 制御盤の電力計や無効電力計等の指示計器類の較正	計画通り実施
2. プロジェクトサイト上の障害物の撤去	計画通り実施
3. プロジェクトサイト整地	計画通り実施
4. 既設接地設備の接地抵抗値 (1Ω以下) の確認と確保	計画通り実施
5. 既設照明灯の移設	計画通り実施
6. 既設制御棟内における制御・保護盤据付場所の確保	計画通り実施
7. 調達される制御・保護盤に対する制御用電源 (AC) の提供	計画通り実施

出所：JICA 提供資料、実施機関へのヒアリングより作成

表 1 と表 2 に示すとおり、本事業によるアウトプットおよびナイジェリアの実施機関による負担事項は計画通りに実施された。

3.2.2 インプット

3.2.2.1 事業費

事業費は、日本側負担分については計画の 1,317 百万円に対し、実績は 1,303 百万円であり、計画内に収まった（対計画比 99%）。ナイジェリア側負担分についても、計画の 3 百万円に対し、実績も 3 百万円と計画内に収まり、総事業費も計画内に収まった（対計画比 100%）。

3.2.2.2 事業期間

事業期間は、計画 29 カ月に対し、実績は 31 カ月と、計画を上回った（対計画比 107%）。事業期間が延びた要因は、ケフィ変電所で据付機材の受け入れ試験を行った際、電力用コンデンサの構成部品である放電コイルに不具合が発生し、損傷したため、該当機器の製作・輸送・据付のために工期を約 3 カ月延長したためである¹⁰。

ソフトコンポーネントの実施期間は計画の 14 週間に対し、実績は 9 週間となった。短縮の理由はナイジェリア側による研修参加者の移動・日当等に係る予算が確保できなかったためであった。期間は短くなったが、追加要員の配置及び集中座学等の実施により、当初の計画通りの指導がなされた。

以上より、本事業のアウトプットは、日本側負担事項・ナイジェリア負担事項ともに計画どおり実施され、事業期間は計画を上回ったが、事業費は計画内に収まったため、効率性は高い。

3.3 有効性・インパクト¹¹（レーティング：③）

3.3.1 有効性

3.3.1.1 定量的効果（運用・効果指標）

本事業では定量的効果を測る指標として 5 つの運用・効果指標が設定され、2014 年の数値を基準として、事業完成 3 年後の 2021 年の数値が目標値として設定された¹²。定量的効果指標の計画・実績比較は表 3 の通りであった。

¹⁰ ソフトコンポーネントの一部は資機材調達・据付工事中に実施されたため、工期の延長期間と事業期間の延長期間は一致しない。

¹¹ 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。

¹² 事前評価表では目標年度は 2020 年となっているが、事業完成 3 年後は 2021 年であるため、2021 年の実績値をもって分析する。

表 3：定量的効果指標の計画・実績比較

指標		基準値	目標値	実績値			
		2014年	2021年	2018年	2019年	2020年	2021年
①受電端電圧改善率(%)	アポ変電所 (132 kV 受電側)	N/A	2.9	2.95	2.94	3.06	2.9
	アポ変電所 ^{注1} (33 kV 送電側)	N/A	3.01	13.44	12.79	12.6	12.73
	ケフィ変電所 (132 kV 受電側)	N/A	6.19	2.96	2.94	3.01	2.95
	ケフィ変電所 (33 kV 送電側)	N/A	6.84	12.93	13.1	13.01	12.71
②132 kV 送電線における送電ロス (MW・(%)) (本事業の対象変電所該 当地域)		N/A	101.4 (6.85)	N/A	N/A	N/A	6.05 (4.04) ^{注2}
③温室効果ガス削減量 (t/年)		N/A	6,404	N/A	N/A	N/A	13,141 ^{注2}
④裨益電力供給世 帯数 (世帯/日)	アポ変電所	N/A	5,400	N/A	N/A	N/A	7,450
	ケフィ変電所	N/A	1,700	N/A	N/A	N/A	1,887
⑤裨益電力供給消 費者数 (人/日)	アポ変電所	N/A	24,300	N/A	N/A	N/A	33,525 ^{注3}
	ケフィ変電所	N/A	9,350	N/A	N/A	N/A	10,379

注1：アポ変電所の33 kV 送電側の改善率については、測定対象の変圧器が複数あるため、平均値を記載

注2：実施機関では②送電ロスの実績データが整備されていなかったため、評価者が算出した数値を推計値として記載した。また、その推計値を用いて③温室効果ガス削減量を算出した

注3：実施機関ではアポ変電所における④裨益電力供給世帯数の算出に必要な供給世帯数の実績データが整備されていなかったため、準備調査報告書に記載の数値を活用した

出所：JICA 提供資料、実施機関提供資料より作成

指標① 受電端電圧改善率(%)

2022年3月2日20時に計測された、両変電所における電力用コンデンサ稼働時・非稼働時の電圧を表4に示す。

表4：アポ・ケフィ変電所における電力用コンデンサ稼働時・非稼働時の電圧の測定結果
アポ変電所（132 kV 受電側）：

測定対象数値	測定対象機器	2018	2019	2020	2021
コンデンサ稼働時の電圧(kV)	132kV 送電線	132.8	133	128	134.8
コンデンサ非稼働時の電圧(kV)		129	129.2	124.2	131

出所：JICA 提供資料、実施機関提供資料より作成

アポ変電所（33 kV 送電側）：

測定対象数値	測定対象機器	2018	2019	2020	2021
コンデンサ稼働時の電圧(kV)	132kV/33kV 変圧器	33.9	33.1	33.4	34
コンデンサ非稼働時の電圧(kV)	45MVA ¹³ (a)	30.1	29.3	29.6	30
コンデンサ稼働時の電圧(kV)	132kV/33kV 変圧器	33.9	N/A	N/A	N/A
コンデンサ非稼働時の電圧(kV)	45MVA (b) 注1	30.1	N/A	N/A	N/A
コンデンサ稼働時の電圧(kV)	132kV/33kV 変圧器	34	33.7	34.2	34
コンデンサ非稼働時の電圧(kV)	100MVA (a)	29	29.9	30.4	30.2
コンデンサ稼働時の電圧(kV)	132kV/33kV 変圧器	34.1	33.7	34.3	34.7
コンデンサ非稼働時の電圧(kV)	100MVA (b)	30.6	29.9	30.5	30.9

注1：132kV/33kV transformers 45MVA(b)は火災事故による変圧器の故障のため2019年以降稼働しておらず記録はない。2023年までに100MVAの変圧器に入れ換える予定。

出所：JICA 提供資料、実施機関提供資料より作成

ケフィ変電所（132 kV 受電側）：

測定対象数値	測定対象機器	2018	2019	2020	2021
コンデンサ稼働時の電圧(kV)	132kV 送電線	132	133	130	132.5
コンデンサ非稼働時の電圧(kV)		128.2	129.2	126.2	128.7

出所：JICA 提供資料、実施機関提供資料より作成

ケフィ変電所（33 kV 送電側）：

測定対象数値	測定対象機器	2018	2019	2020	2021
コンデンサ稼働時の電圧(kV)	132kV/33kV 変圧器	33.2	32.8	33	33.7
コンデンサ非稼働時の電圧(kV)	30MVA	29.4	29.0	29.2	29.9

出所：JICA 提供資料、実施機関提供資料より作成

コンデンサ非稼働時の電圧に対するコンデンサ稼働時の電圧の増加率(%)が受電端電圧改善率である(増加率は表3の実績値に記載)。アポ変電所の受電側・送電側とケフィ変電所の送電側の受電端電圧は目標値を達成している。ケフィ変電所の受電側のみ目標未達であったが、電圧は適性値であり、問題ないことが確認されている¹⁴。

以上より、受電端電圧改善率の指標は達成していると判断される。

¹³ MVA：Mega volt ampere（メガ・ボルトアンペア）。電力機器で用いられる皮相電力の単位。132kV 送電線の適正値は132MVA前後、132kV/33kV 変圧器の適性値は33MVA前後であり、それらに対し数値が低いと低電圧の状態になる。

¹⁴ 適性値は132kV前後であり、2021年実績は132.5kVであった。

指標② 132 kV 送電線における送電ロス(MW・(%)) (本事業の対象変電所該当地域)

事後評価時点で本事業により設置した電力用コンデンサが主に寄与した 132kV 送電線は、以下 A～E の区間のものである。これら送電線における電力用コンデンサ稼働時・非稼働時の送電量と、その比較により算出された送電ロスの削減量・削減率を表 5 に示す。実施機関で整備されていないデータがあるため、評価者が算出した数値を推計値として記載している。

表 5：132kV 送電線における電力用コンデンサ稼働時・非稼働時の送電量の測定結果およびその比較により算出された送電ロス

132kV 送電線	送電量 (MW)		送電ロスの削減量 (MW)	送電ロスの削減率 (%)
	コンデンサ非稼働時	コンデンサ稼働時		
A.グワグワラダ・アボ間	30.8	32.4	1.6	4.94
B.カタンベ・アボ間	34.9	36.03	1.13	3.14
C.アボ・カル間	41.46 ^{注1}	43.2	1.74	4.04 ^{注1}
D.カル・ケフィ間	24.95 ^{注1}	26	1.05	4.04 ^{注1}
E.ケフィ・アクワンガ間	12.48 ^{注1}	13 ^{注2}	0.52	4.04 ^{注1}
合計	144.58	150.63	6.05	4.04

注1：C～E 区間の電力用コンデンサ非稼働時の送電量は、実施機関より入手できなかったため、入手できたグワグワラダ～アボ間の送電ロス率の平均値 4.04%を用いて推計した。

注2：E 区間の電力用コンデンサ稼働時の送電量は実施機関より入手できなかったため、入手できた D 区間の送電量の半分とした（ケフィとアクワンガに半分ずつ供給される前提）。

出所：JICA 提供資料、実施機関提供資料より作成

送電ロスの削減量 (MW) は、目標値の 101.4MW に対し、実績値が 6.05 MW と大きく未達の結果となった。未達の主な要因として、AFD の支援により実施中の変電所新設などの大規模プロジェクトが考えられる。目標値の設定は 2017 年に完工が計画されていた同プロジェクトが実際に完工していることを前提とした潮流解析により行われた。しかし、同プロジェクトは完工が遅れており、現時点では同プロジェクトによる相乗効果が発現していないため、事後評価時点での効果の発現は目標値に比べて限定的なものになっていると考えられる。また、送電ロスの削減率 (%) は、目標値の 6.85%に対して実績値が 4.04%であり、未達であるものの削減量のように大幅な未達ではないことから、AFD プロジェクトの完工により裨益範囲が拡大されることで、送電ロスの削減量は大幅に上昇することが推察される。

以上より、132 kV 送電線における送電ロスの指標は現時点では達成されていないと判断される。

指標③ 温室効果ガス削減量 (t/年)

温室効果ガス削減量は、計画時と同様の方法で算定した¹⁵ところ、目標値の 6,404 t/年に対し、実績値が 13,141 t/年であり、大きく達成していることが確認された。アポ・ケフィ変電所に供給されている火力発電所からの電力の送電ロス低減量が、目標設定時に想定していた数値より大きいことに起因する。

以上より、温室効果ガス削減量の指標は達成していると判断される。

指標④ 裨益電力供給世帯数 (世帯/日)

本事業の準備調査報告書で定められた方法に従い算出した¹⁶結果、アポ変電所の配電地域の裨益電力供給世帯数は、7,450 世帯/日であり目標値の 5,400 世帯/日を達成している (対目標比 138%)。ケフィ変電所についても、1,887 世帯/日であり目標値の 1,700 世帯/日を達成している (対目標比 111%)。

以上より、裨益電力供給世帯数の指標は達成していると判断される。

指標⑤ 裨益電力供給消費者数 (人/日)¹⁷

指標④の結果をもとに算出したアポ変電所の配電地域の裨益電力供給消費者数は 33,525 人/日であり、目標値の 24,300 人/日を達成している (対目標比 138%)。ケフィ変電所についても、10,379 人/日であり目標値の 9,350 人/日を達成している (対目標比 111%)。

以上より、裨益電力供給世帯数の指標は達成していると判断される。

3.3.1.2 定性的効果 (その他の効果)

特になし。

¹⁵ 以下の手順(1)(2)により算出された。ナイジェリアの主要火力発電設備はガスタービンであるため、計画時と同様に発電設備の熱効率を 0.37、天然ガスの排出係数を 0.0139 とした。

(1) 送電ロスの削減量 $26,499^* \text{ (MWh/年)} \times 3,600 \text{ (GJ/1000MWh)} \div \text{発電設備の熱効率 } 0.37$ よりオフセットされる発熱量 $257,828 \text{ (GJ/年)}$ を算出。

(2) 低減される発熱量 $257,828 \text{ (GJ/年)} \times \text{排出係数 } 0.0139 \text{ (tC/GJ)} \times 44/12$ から、温室効果ガス削減量 $13,141 \text{ (t/年)}$ を算出。

*アポ・ケフィ変電所に供給されている火力発電所により発電された電力の送電ロス削減量の概算。指標②で算出した同削減量 6.05 MW は年間で 52,998MWh/年となる。アポ・ケフィ変電所に供給されている電力の約 5 割が火力発電所により発電されているため、半数の 26,499 MWh/年とした。

¹⁶ 次の手順(1)~(6)により算出された*。(1) ピーク需要 (MW)に基づいて皮相電力(MVA)を算出、(2) 電力用コンデンサ投入前の遅れ無効電力(MVar)を算出、(3) 電力用コンデンサ投入後の遅れ無効電力(MVar)を算出、(4) 電力用コンデンサ投入後の有効電力(MW)を算出、(5)増加した有効電力(MW)を算出、(6) 対象変電所の電力供給区域における世帯平均電力需要(kW/世帯)で除して追加電力供給世帯数を算出。

*算出に際して供給世帯数の実績データが必要になるが、実施機関及び配電会社ではアポ変電所における同データを保有していなかったため、準備調査報告書に記載の変電所配電地域の消費者数約 160,000 世帯を活用した。

¹⁷ 裨益電力供給消費者数 (人/日) は、準備調査報告書の前提に従い、指標④の裨益電力供給世帯数に、アポ変電所は 4.5 人/世帯、ケフィ変電所は 5.5 人/世帯を各々乗じて算出した。

3.3.2 インパクト

3.3.2.1 インパクトの発現状況

計画時には、事業実施のインパクトとして以下2点が想定されていた。

- 電力供給信頼度の向上
- 経済・社会開発の促進

事業実施の結果、事業開始前後で送電損失は改善しているものの、事後評価時においては人口増加等に伴う電力需要の増加により依然安定した電力供給が追い付いておらず、電力信頼度の向上は引き続き課題である。

一方で、衛星データ分析の結果、事業完了後の2019年以降、事業対象の変電所が存在するアブジャとケフィの地区で夜間光の増加が見られ、経済活動の活性化がうかがわれる（詳細は次頁Boxを参照）。

また事後評価において、電力供給の安定化による定性的効果を観察するために定性調査を実施した¹⁸。定性調査の結果をまとめると、表6のようになる。

表6：定性調査の結果のまとめ

想定されたインパクト	発現状況
① 定格電圧に近い高品質の電力供給による電気機器の長寿命化	2019年から2022年の期間において、電気機器の故障が多く発生しているとの声が多く聞かれた（例：テレビの故障は10世帯中4世帯で確認された）。本事業の実施により、以前より安定した電力が供給されるようになったが、その後、住民や利用家電の増加により電力需要がさらに増加したため、再び電力が十分供給されないあるいは供給電圧が不安定な状況が生じている。以上より、本事業実施前と比較しても定格電圧に近い高品質の電力は供給されておらず、電気機器の長寿命化への貢献は限定的であると考えられる。
② 計画停電時間の改善による社会経済の発展・促進	TCNから計画停電のデータは得られなかったが、衛星データ分析の結果、事業完了後の2019年以降、事業対象の変電所が存在するアブジャとケフィの地区で夜間光の増加が見られ、経済活動の活性化に一定程度寄与したと考えられる ¹⁹ 。
③ 病院での安定した医療機器の使用	病院からは、高品質の電力供給により医療機器の故障頻度や発電機の利用が減少したという声が多かった（安定した電力供給が必要な手術に発電機を利用せずに済むようになったなど）。また、停電の際には病院から配電会社へ連絡し、早期復旧に向けて優先的に調整がなされているケースも確認され、電力消費者のなかでもより安定的に電力が供給されていると推察される。このことから、病院での安定した医療機器の使用に寄与していると考えられる。
④ 学童の学習効率の向上	学校からは、安定した電力の利用により、ICT授業の拡大や配布資料の活用、教師による生徒の情報管理の効率化などが行われているとの声が多かった。また、生徒数の増加に伴ってPCや印刷機などを増設し、より多くの生徒に質の高い教育が行われている学校も確認された。以上より、学童の学習効率の向上に寄与していると考えられる。
⑤ 街灯や防犯用照明の長時間使用による事業対象地域の治安維持	周辺住民へのインタビューより、街灯や防犯用照明の使用可能時間の改善は見られず、治安維持には貢献されていないとみられる。ケフィ変電所周辺の住民からは防犯用照明の1日の使用可能時間が減少したとの声がインタビューした全5世帯で聞かれた（10→6時間、8→3時間、4→1~2時間等）。また、以前より夜間の盗難やひったくりが増えたという声が5世帯中3世帯で聞かれた。以上より、治安改善への貢献は限定的となっていると考えられる。

¹⁸ アボ・ケフィ変電所の給電地域において、医療・保健施設3件、学校3件、住民11世帯（22名）を有意抽出法により選定し、質問票に基づく個別インタビューを実施した。

¹⁹ 夜間光の増加は、全て本事業の効果であるとはいえないことに留意が必要である。

Box 衛星データ（夜間光）分析

本事後評価では、衛星データ（夜間光²⁰）を用いてインパクトの分析を行った。夜間光は地域の経済活動と相関関係があることが確認されており、本事業で想定されている「経済・社会開発の促進」を測定する代理指標となり得る。具体的な分析としては、事業対象地域とされているアブジャ連邦首都区（6地区から構成）及びナサラワ州（13地区から構成）の計19地区別に、夜間光の強さを平均値として集計し、2014年から2021年までのトレンドを把握することで、「経済・社会開発の促進」の発現を検証した（対象地域については図1を参照）。

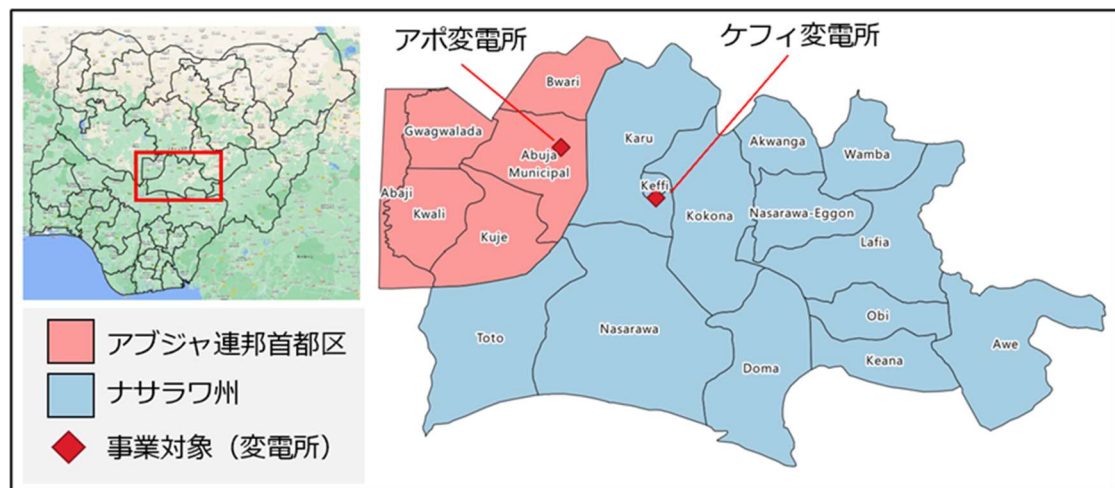


図1 事業対象地域

分析結果を図2と3に示す。図2からは、事業対象の変電所が存在する首都区のアブジャにおいて夜間光が2019年以降に増加していることが確認できる。また隣接するブワリにおいても他の行政区に比し増加が見られる。またナサラワ州の結果を示す図3では、やはり事業対象の変電所が存在するケフィにおいて2019年からの増加傾向が確認できる。他方で、残りの行政区では特定の傾向は見られなかった。以上の結果から、アブジャ連邦首都区とナサラワ州においては、事業以前から経済活動が活発であった行政区であるアブジャ、ブワリ、ケフィにおいて、2019年以降に夜間光が増加する傾向があったと言える。特にアブジャとケフィは事業対象となった変電所が存在することから、事業対象地域における「経済・社会開発の促進」という点で一定の貢献はあったと考えられる。

²⁰ Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) Day/Night Band (DNB) を使用。同データの解像度は464メートルであり、夜間光の強さ (nanoWatts/cm²/sr) が-1.5~193,565の範囲で示される。データの期間は、現時点で利用可能な2014年から2021年までの8年間とした。

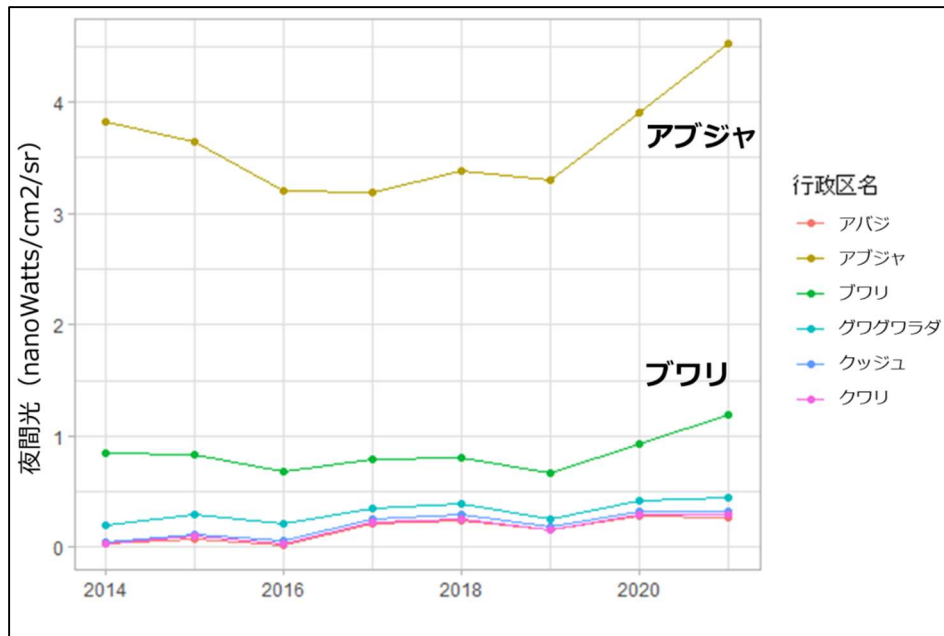


図2 アブジャ連邦首都区の夜間光の推移

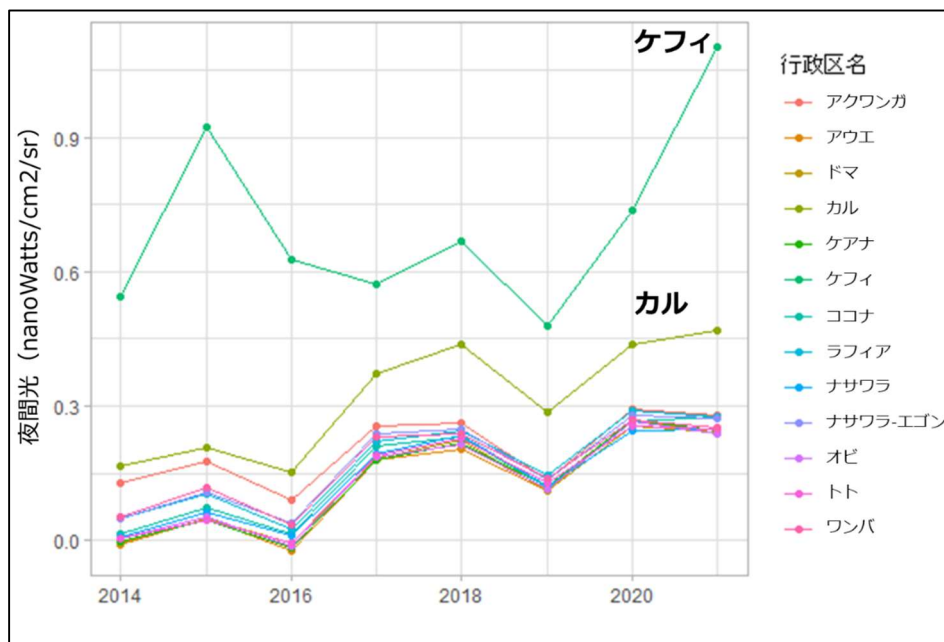


図3 ナサラワ州の夜間光の推移

全体として、大型の医療施設・教育施設では安定した電力供給により運営コストの削減やサービスの量・質の向上に繋がっているというプラス面が見られた²¹。一方で、依然として不安定な電力供給状態になっていることや、治安改善への貢献が限定的となっている側面も見受けられた。

²¹ 特に病院では停電時に配電会社と早期復旧にむけた調整が行われており電力の安定供給に繋がっていた。

3.3.2.2 その他、正負のインパクト

1) 自然環境へのインパクト

本事業は、「環境社会配慮ガイドライン」(2010年4月策定)にてカテゴリCに該当するとされた。実施コンサルタントへのヒアリングの結果、機材調達・据付中に自然環境に対する負の影響は生じなかった。また実施機関によれば、事後評価時までには自然環境への負の影響は確認されなかった。

また、送電ロスの削減により、火力発電に用いられる燃料の削減、ひいては温室効果ガスの削減に寄与していることから、自然環境へ正の影響があるといえる。

2) 住民移転・用地取得

本事業はTCNの敷地内で行われており、住民移転・用地取得は発生しなかった。

3) ジェンダー、公平な社会参加を阻害されている人々、社会的システムや規範・人々の幸福・人権

TCNへのヒアリングの結果、ジェンダーや公平な社会参加を阻害されている人々、社会的システムや規範・人々の幸福・人権への負の影響は確認されなかった。女性を含む人々が小規模なビジネス(ヘアサロン、穀物などの粉碎、織物など)を始めた事例が確認された。

本事業の実施により、計画時に想定されていた対象地区での電圧改善率が向上し、安定的かつ効率的な電力供給が大規模施設を中心に実現している。病院・学校からの聞き取りからも停電が減少し、医療機器の故障頻度や発電機の利用が減少して病院で安定的に・効率的に医療機器の使用できるようになった、また、ICT授業の拡大や配布資料の活用、教師による生徒の情報管理の効率化などによる学童の学習効率が向上したことが確認された。夜間光を用いた分析からも、電力用コンデンサを設置したアブジャ・ケフィ両変電所の給電地域では経済活動が活性化していることがうかがわれる。一方で住民の居住地区では、安定供給されている地域への入居者の増加に伴い近年の電力供給は以前と比べて不安定であるとの声が多く聞かれ、供給以上に需要が伸びているとみられる。また、自然環境やその他の負のインパクトは確認されなかった。送電ロスの削減により、火力発電により発生する温室効果ガスの削減に寄与していることから、自然環境へ正の影響があるといえる。

以上より、本事業の実施によりおおむ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。

3.4 持続性（レーティング：③）

3.4.1 政策・制度

国家開発計画「Nigeria's Medium Term National Development Plan 2021-2025」における電力セクターの2025年までの目標値として、送電容量の増加・損失の低減や電気へのアクセス向上を掲げている。

本事業はナイジェリア政府の2025年までの開発計画と整合しており、本事業により発現した効果の持続性が政策・制度面で確保されているといえる。

3.4.2 組織・体制

TCNの組織体制は34部から構成され、総職員数は3,821名（2020年時点）である。本事業対象施設における運用、維持管理の担当部署の所属人数は表7のとおりである。

表7：事業対象施設における運用、維持管理の担当部署の所属人数

部署名	役割	アポ変電所（人）	ケフィ変電所（人）
System Operation（SO）	運用と日常点検	13	6
	データの記録・管理		
Transmission Service Provider（TSP）	定期点検・メンテナンス	80	10
	故障時の修理		

出所：実施機関提供資料より作成

本事業で設置した機材の運営・維持管理に必要な人材と組織体制は整っている。計画どおり必要なスキルを持つSystem Operation（運用と日常点検やデータの記録・管理を行う部署）とTransmission Service Provider（定期点検・メンテナンスや故障時の修理を行う部署）が維持管理を担当し、各施設の日常運転・監視も専属オペレーターにより行われている。人員やスキル不足に起因する故障や不具合の発生も確認されていない。

以上より、組織・体制面から見た本事業の効果の持続性は高いと考えられる。

3.4.3 技術

TCNによると、保守運用の担当者は設備の維持管理に必要な技術力を保有しており、保守運用上の問題は発生していない。技術者はソフトコンポーネントにおける技術指導により、導入設備を運転・維持管理するための知識を習得している。また、導入研修、HSE（健康、安全、環境）研修、OJT、外部講師を招いての研修など、必要な研修が実施されている。また、本事業で提供されたマニュアルを参照し、トラブルシューティングなどを行っている。

以上より、技術面に特段の問題はないと考えられる。

3.4.4 財務

TCN が公表している 2018 年～2020 年の収支計算書は表 8 のとおりである。

表 8：TCN の収支計算書²²

(単位：百万ナイラ)

項目	2018 年	2019 年	2020 年
1.売上	109,870	112,300	156,990
2.売上原価	(15,440)	(20,840)	(22,640)
施設設備の修繕・保守費	(4,290)	(4,880)	(6,510)
減価償却費	(11,150)	(15,960)	(16,130)
3.売上総利益	94,430	91,460	134,350
4.その他収入	3,160	130	600
5.管理費	(84,110)	(87,680)	(101,530)
6.営業利益	13,480	3,910	33,420
7.純金融収益／（費用）	(440)	1,080	4,540
8.税引き前利益	13,040	4,990	37,960
9.純利益	4,620	(1,770)	18,860

出所：実施機関提供資料より作成

TCN は、2018・2020 年は黒字経営であり、2019 年には赤字が発生したものの送電線へ大規模な投資が主な要因であり、経営状況自体に問題は確認されなかった。TCN より、本事業による導入機器の維持管理のために十分な予算を有している旨も確認された。

また、変電所毎の費用は公開されていないが、変電所設備や機材への投資総額が年々増額していることから、アポ・ケフィ両変電所の運営に必要な投資はされていると推察できる。

以上より、健全な財務状況や機器の維持管理のための十分な予算、設備・機器への積極的な投資が確認できたことから、財務面の持続性は高い。

3.4.5 環境社会配慮

自然環境への負の影響は確認されなかった。また、本事業による送電ロスの削減を通して温室効果ガスの削減に寄与しており、自然環境へ正の影響があると考えられる。

3.4.6 リスクへの対応

導入されてから一度も不具合は発生していないものの、導入機材の不具合がリスクとして挙げられる。しかし、維持管理・修理を行う人材・予算が確保されていること、スペアパーツは現地で迅速に入手可能な体制が整っていること、本事業で提供されたマニュアルにトラブルシューティングの方法も記載されていることから、万が一不具合が発生した際も対応可能であるとみられる。

以上から、事業の持続性のリスク面に問題はないと判断される。

²² カッコ書きの数値は支出、あるいはマイナスを意味する。

3.4.7 運営・維持管理の状況

事後評価時において設備の稼働状況は良好であり、導入以来、一度も維持管理不足による不具合は発生していない。電圧の測定や記録、日常点検や定期メンテナンスも計画どおり行われている。また、スペアパーツの調達にも問題は認められなかった。一方で変電設備の導入・メンテナンス等の状況は、台帳ではなく、マップ上で詳細情報のない状態で管理されているのみであった。各項目の具体的な内容は以下のとおりである。

- ・ 運転・点検簿は常に記録されており、日々運用記録・点検が行われていることが確認された。
- ・ マニュアルは変電所に保管され、トラブルシューティングの際などに活用されている。
- ・ 変電設備の台帳は、アポ・ケフィ変電所ともに台帳ではなくマップ上で各設備の配置が管理されていたのみであり、導入実績・メンテナンス時期等は一元管理されていなかった。また、送電ロス等のデータはシステム上で記録、管理されていなかった。TCNによると資産管理、データ管理のプロジェクトを最近始動したため、数年後にはデータベースで管理される予定である。
- ・ スペアパーツの保管状況は良好であり、また日本企業の現地販売代理店から迅速に供給される体制が整っていることが確認された。

したがって、運営・維持管理面に特段の問題はないと考えられる。

以上より、運営・維持管理に一部軽微な問題はあるが、改善・解決の見通しが高いと言える。事業によって発現した効果の持続性は高い。

4. 結論及び提言・教訓

4.1 結論

本事業は、アブジャ連邦首都区及びその周辺地域（ナサラワ州）に位置するアポ変電所及びケフィ変電所に電力用コンデンサを設置することにより、同地域の送電損失の削減及び電力供給信頼度の向上を図り、もって同地域における経済・社会開発の促進に寄与する事業であった。本事業は計画時及び事後評価時のナイジェリアの開発政策、開発ニーズと合致しており、過去の類似案件での教訓を踏まえた適切な事業内容やアプローチであった。内的整合性については当初想定していた JICA の他事業との具体的な連携はなく、外的整合性についても実施機関を通じて他事業との連携はみられたが、一部の事業は実施が大幅に遅れておりそれら連携による成果の発現は限定的であった。その一方で、計画時の日本の援助政策との整合性は認められた。したがって、妥当性・整合性は高い。事業期間は計画を若干上回ったが、事業費は計画内に収まったため、効率性は高い。本事業により、計画時に想定されていた対象地区での電圧改善率が向上し、安定的かつ効率的な電力供給が大規模施設を中

心に実現している。本事業対象地域の人口増加による電力供給の不安定化など一部に課題はあるものの、おおむね想定された効果やインパクトは発現しており、また負のインパクトはみられないため、有効性・インパクトは高い。本事業の運営・維持管理に係る体制面及び技術面・財務面に問題はなく、また設備は問題なく稼働しており、導入以来一度も故障は発生していないことから、持続性は高い。

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 実施機関への提言

ナイジェリア連邦電力省及び TCN への提言：

事業開始前後で送電損失は改善していると想定されるものの、事後評価時においては人口増加等に伴う電力需要の増加により依然安定した電力供給が実現しておらず、電力信頼度の向上は引き続き重要な課題である。本事業では変電施設・設備の整備を支援したが、不安定な電力供給の主な要因は、対象地域における想定以上の人口増加に加え、発電能力の不足や送電・配電設備の老朽化等にあるため、根本的な要因を解消するためには送電だけでなく発電、配電設備を含め、追加的な設備投資が必要と思われる。設備投資を行うためには、資金調達（投資資金調達や、発電料金の改定や電力使用者からの料金収集率の向上による調達）や天然ガスの安定調達、独立系発電事業者（Independent Power Producer、電力を卸売りする民間企業）の参入促進などの対応が必要と考えられる。

TCN への提言：

設備機器の点検やメンテナンスは定期的に行われており、良好な状態で運用されていたが、変電設備の台帳は、アポ・ケフィ変電所ともにマップ上で管理されていたのみであり、導入実績・メンテナンス時期等は一元管理されていなかった。長年情報が受け継がれて適切な運用がなされる環境を構築するため、設備の台帳管理の実施や維持管理計画の策定を行う必要があると思われる。

4.2.2 JICA への提言

特になし。

4.3 教訓

エンドユーザー（電力需要家）への安定的な電力供給を見据えた電力網の整備

本事業は事業目的を達成したが、対象地域では、電力網全体としては発電容量の不足や人口増加に伴う供給能力不足に起因した電力の不安定な供給という状態が依然として見受けられた。本事業の範囲外の発電容量や送配電設備の老朽化等に課題があることも大きな理由であるが、需要家から見ると、電力の供給が安定していないという状況には変わりがない。

本事業は緊急性の高い変電施設の改善を支援しているが、電力網上には他にも解決すべき課題があり、電力網全体の整備が求められる。本事業の実施にあたっては、ナイジェリア連邦電力省の下で TCN を含めた電力供給関係機関が協働してアブジャール帯の電力供給に対する整備の全体像を描いた上で、一体的な整備計画を策定し、優先度の高い施設・設備から順次整備していくことが必要であったと思われる。したがって、類似案件を計画する際には、まず実施機関や JICA が人口増加なども踏まえて電力網上の課題を分析し、優先順位をつけた上で、必要な施設・設備の整備改善の対応者と時期を明確に設定し、順次実施していくことが、対象地域への安定的な電力供給にとって重要であると考えられる。JICA はその中で関連事業の実施状況を分析し、効果的な事業を計画・実施していくことが望ましい。

以 上