

0. 要旨

「変電及び配電網整備計画」（以下、「本事業」という）は、首都キガリ市を中心とした地域並びに地方において、系統運用上の要所に位置する変電所の改修・更新並びに配電網の改修・拡張を行うことにより電力供給の安定化と電化率の向上を図り、もって社会サービスの向上及び産業の発展に寄与することを目的に実施された。本事業は政府の全国電化計画の一部であり、ルワンダの開発政策と整合している。同国の電力事情に鑑みて事業の必要性は高く、日本の援助政策とも合致することから、その妥当性は高い。事業費は計画の約 9 割に収まったが、一部の工事を同政府の自己資金により先行実施したことに伴う全体計画の見直しや再入札、電力設備基準の修正に対応するための設計変更や工事期間の延長が生じ、実施期間が計画を大きく上回ったため、効率性は中程度である。変電所の送電端電力量は計画値を大幅に越えて伸び、世帯電化率も計画の約 9 割に達した。本事業により大規模停電のリスクは低減し、一般世帯や産業への電力供給が安定化したほか、一般世帯及び地方政府・学校・保健医療施設の電化は社会的サービスの質の向上を含む広範な便益をもたらした。よって、本事業の有効性・インパクトは高い。本事業の運営・維持管理は体制、技術、財務ともに問題ないが、変電所のコントロール室制御卓ボタンの修繕が遅れており、フイエ郡配電網の機材に一部使われていない部分があることから、本事業の持続性は中程度である。

以上より本事業の評価は高いといえる。

1. 事業の概要



事業位置図



本事業で改修したジャバナ変電所

1.1 事業の背景

ルワンダの電化率は事業計画時（2009 年）に全国で約 5%、キガリ市を含む都市部においても 25%程度と推定され、低い電化率が人々の生活水準や社会サービスの向上、並びに産業発展の阻害要因となっていた。さらに当時の変電及び配電設備は 1970～1980 年代に建設されたものが多く、老朽化が進んで交換部品の補充が不可能であったことから、故障時の大規模停電のリスクが危惧されていた。加えて首都キガリでは 2000 年時点に 60 万人であった人口が 2009 年には約 100 万人に増加するなど都市化が進み、電力需要が増加して安定的な電力供給が困難な状況にあった。本事業は、こうした電力セクターの緊急課題に対応するために計画されたものであり、国家開発計画「Rwanda Vision 2020」の目標達成のための中心的プログラムの一つである全国電化計画（Electric Access Rollout Program : EARP）に基づくものである。

1.2 事業の概要

本事業は、首都キガリ市を中心とした地域並びに地方の系統運用上の要所に位置する変電所の改修・更新並びに配電網の改修・拡張を行うことにより電力供給の安定化と電化率の向上を図り、もって社会サービスの向上及び産業の発展に寄与することを目的に実施された。なお、配電網の改修・拡張のうち、低圧配電線及び各需要家への引き込み線の調達・据付は、キガリ市配電網分を除き、ルワンダ側負担工事である。

供与限度額/ 実績額		2,454 百万円/ 2,287 百万円
交換公文締結/贈与契約締結		2011 年 3 月/ 2011 年 3 月
実施機関		インフラ省（MININFRA：監督官庁） エネルギー開発公社（EDCL） エネルギー運用公社（EUCL） （贈与契約締結時はエネルギー・水衛生公社（EWSA））
事業完成		2014 年 3 月
案件 従事者	本体	西澤株式会社/ タカオカエンジニアリング株式会社共同 事業体
	コンサルタント	日本工営株式会社
協力準備調査		「首都圏及び主要都市配電施設整備計画準備調査」（2009 年～2011 年）
関連事業		「効率的な電力システム開発のための電力公社能力向上プロジェクト」（技術協力、2011 年～2014） 「第二次変電及び配電網整備計画」（無償資金協力、2016 年～2018 年）

2. 調査の概要

2.1 外部評価者

古賀隆太郎（株式会社グローバル・グループ 21 ジャパン）

2.2 調査期間

今回の事後評価に当たっては、以下のとおり調査を実施した。

調査期間：2017 年 8 月～2018 年 12 月

現地調査：2017 年 12 月 28 日～2018 年 1 月 30 日、2018 年 4 月 19 日～30 日

3. 評価結果（レーティング：B¹）

3.1 妥当性（レーティング：③²）

3.1.1 開発政策との整合性

ルワンダ政府は、2000 年に作成された「国家開発計画 Vision 2020」で世帯電化率を 2020 年時点で 35%とする目標を定め、これに基づき策定された中期計画（Economic Development and Poverty Reduction Strategy: EDPRS 2008-2012）、全国電化計画（Electricity Access Rollout Program : EARP）に基づき電化を進めてきた。計画時、本事業はこうした電化政策と高い整合性があった。同政府は最新の中期計画 II（2013－2018）及びその中心プログラムの一つである全国電化計画 II にて、世帯電化率を 2018 年までに 70%とする目標を掲げ、さらに「変容のための国家戦略」（National Strategy for Transformation 2017-2024）では 2024 年までに系統/系統外電力含めて 100%電化という高い目標を掲げている。よって、本事業は計画時から事後評価時まで継続して開発政策との整合性が高い。

3.1.2 開発ニーズとの整合性

本事業の計画時、首都圏の主要変電所であるジャバナ変電所、全国の変電所の負荷調整を行う中央給電司令所（National Electricity Control Center : NECC）のあるギコンド変電所、ルワンダ国東部の基幹送電経路上にあるムシャ変電所及びルインクワブ変電所の変圧器、遮断機、断路器等の設備は老朽化が進み、交換部品の補充ができないために、一旦故障すると大規模停電になるリスクが高かった。また、キガリ市の拡大に伴う周辺部への配電網の拡充や、第二の都市であるフイエ郡の老朽化した地下配電網については改修/拡張が必要とされていた。下表の通り、事後評価時点での世帯電化率は系統分約 30%、太陽光やミニ水力等

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」

系統外分を含めて約 41%であり、事業開始から大きく伸びているものの、上記目標と比べると未だに低い。

表1 ルワンダの世帯電化率

電化率 (2017 年 8 月時点)	
電化率 全国	40.7%
系統分 (on-grid)	29.7%
系統外分 (off-grid)	11.0%
地方電化率	16.0%

出所：世銀エネルギーセクター開発支援クレジット報告書

事後評価時、ルワンダの電力需要の増加を背景に、本事業の設備は同国の電力供給に継続して重要な役割を果たしているが、後述する「有効性」(p.7 参照)に記載の通りジャバナ、ギコンド変電所の負荷率は依然高く、両変電所の負荷率を適正なレベルに抑える継続的なニーズが認められる。以上から、計画時、事後評価時ともに本事業の開発ニーズとの整合性は高い。

3.1.3 日本の援助政策との整合性

本事業は、我が国の対ルワンダ国別援助方針(2012 年 4 月)の重点分野である「経済基盤整備・産業開発」に合致し、経済基盤整備を通じた経済活動活性化を目的とする「経済基盤整備・ビジネス振興プログラム」の実施に位置づけられる。また、第 4 回アフリカ開発会議³で支援方針の一つとして掲げられた、電力へのアクセス改善及び電力の効率的利用の促進のための送配電網の整備・管理支援に含まれる。よって、本事業は計画時の日本の援助政策と高い整合性があった。

以上より、本事業の実施はルワンダ国の電力分野の開発政策、開発ニーズ、日本の援助政策と十分に整合しており、妥当性は高い。

3.2 効率性

3.2.1 アウトプット

本事業は下表の通り 6 箇所の施設/サイト(ビレンボ変電所を含めれば 7 箇所)に分かれて実施され、キガリ市配電網の一部を除きおおむね計画通りに実施された。キガリ市配電網についてはルワンダ側が優先度の高い一部対象工区を政府予算により先行実施したため、本事業関連部分の工事内容が 1/3 に縮小された。具体的には、予定していた全 4 工区のうち本事業でムバンダジ地区及びムユンブ地区の 2 工区のみが実施され、中圧・低圧配電線整備延長距離が 38km(当初予定の 68%)減少し、同配電網上の配電用変圧器が同じく合計で 13

³ Tokyo International Conference on African Development IV(TICAD IV)：1993 年以来、日本政府が主導し、国連、国連開発計画(UNDP)、アフリカ連合委員会(AUC)及び世界銀行と共同で開催しているアフリカの開発をテーマとする国際会議。

台（当初予定 62%）減少した。ルワンダ側負担工事のうち、本事業で更新された変電所（ムシャ及びルインクワブ変電所）隣接地に残る旧変電所の撤去は未了となっているが、変電所の運用に支障はない。なお、ビレンボ変電所については、ムシャ以東への 70kV から 110kV への送電電圧の切り替えに必要な断路器が追加された。

表 2-1 本事業のアウトプット計画及び実績（変電所改修及び更新）

名称	仕様・規格	計画	実績
ジャバナ変電所（改修）			
主変圧器	10MVA, 110kV/15kV	2 台	変更無し
屋外開閉機器	遮断機、断路器、計器用変流器、計器用変圧器	一式	変更無し
屋内機器	15kV 開閉器、コンソール型制御盤等	一式	変更無し
変電設備用雑材料	機器架台、電力ケーブル、制御ケーブル	一式	変更無し
ギコンド変電所（改修）			
屋外開閉機器	110kV 開閉装置、遮断機、断路器、計器用変流器、計器用変圧器、避雷器等	一式	変更無し
変電設備用雑材料	屋外鉄構、機器架台、電力ケーブル、制御ケーブル等	一式	変更無し
ムシャ変電所（更新）			
主変圧器	10MVA, 110kV/15kV	1 台	変更無し
屋外開閉機器	遮断機、断路器、計器用変流器、計器用変圧器、避雷器等	一式	変更無し
屋内機器	15kV 開閉器、コントロールパネル	一式	変更無し
変電設備用雑材料	屋外鉄構、機器架台、電力ケーブル、制御ケーブル等	一式	変更無し
建屋	—	一基	変更無し
ルインクワブ変電所（更新）			
主変圧器	6MVA, 110kV/15kV	1 台	変更無し
屋外開閉機器	遮断機、断路器、計器用変流器、計器用変圧器、避雷器等	一式	変更無し
屋内機器	15kV 開閉器、コントロールパネル	一式	変更無し
変電設備用雑材料	屋外鉄鋼、機器架台、電力ケーブル、制御ケーブル等	一式	変更無し
建屋	—	一基	変更無し
ビレンボ変電所（追加）			
屋外開閉機器	断路器	1 台	変更無し

表 2-2 本事業のアウトプット計画及び実績（配電網改修及び拡張）

名称	仕様・規格	計画	実績
フィエ郡配電網（改修）			
リングメインユニット	30kV	21 基	変更無し
配電用変圧器	30kV/0.4kV	20 台	変更無し
コンクリート柱、鋼管	ケーブル、端子等	一式	変更無し
建屋	—	20 基	変更無し
30kV 中圧配電線	地下埋設式	約 16km	変更無し
400V 低圧配電線	既存設備を移設	—	変更無し
配電設備用雑材料	—	一式	変更無し
キガリ市配電網（拡張）			
15kV 中圧配電線	ACSR	24.9km	7.59km
400V 低圧配電線	ABC	30.8km	10.08km
柱上変圧器	15kV/0.4kV	18 台	5 台
コンクリート柱	低圧用（9m） 中圧用（12m）	計 944 本	低圧用、中圧用 計 308 本
屋外低圧分電盤	—	一式	変更無し
配電設備用雑材料	—	一式	変更無し

ルワンダ側負担工事

計画（協力準備調査時）	実績（事後評価時）
(1) 低圧配電線から需要家への引込み線の敷設及び接続 (2) SCADA システムの移設・改修、変電所までのアクセス道路整地 (3) 既存変電設備の撤去（ムシャ及びルインクワブ変電所）等	(1) (2) は完了し、 (3) は未了。



ギコンド変電所屋外開閉器



ムシャ変電所主変圧器



ルインクワブ変電所建屋

3.2.2 インプット

3.2.2.1 事業費

本事業の事業費（日本側負担部分）は 2,454 百万円と計画されていたが、実績は 2,286 百万円（93%）⁴ となった。アウトプットの項で記したとおり、事業費の減少理由は、キガリ市配電網の施工区域の一部をルワンダ政府が自己資金にて実施したためである。本事業の当初事業範囲はルワンダ側自己負担実施分を含めて完成している。

3.2.2.2 事業期間

本事業の事業期間は 2011 年 3 月～2013 年 2 月（24 ヶ月）と計画されていたが、実績は 2011 年 3 月（G/A）～2014 年 3 月（37 カ月）（対計画比 154%⁵）であった。遅延の主な理由は二つあり、一つはキガリ市配電網の一部をルワンダ政府が自己資金にて施工したことが本事業の入札中に判明したため設計変更が必要となり、再入札（初回入札は上限額超過で不調となり、その後、キガリ市配電網とそれ以外の二つのロットに分けられて合計 3 回の入札が実施された。）が必要となったこと、もう一つは、2013 年 4 月に電気設備基準の一部修正があり、ムシャ及びルインクワブ変電所建屋の屋根構造が RC 構造に変更されたほか、キガリ市配電網に新規に追加される中圧配電線については安全上の措置として区間端に断

⁴ キガリ市配電網の工事量減少を踏まえた実績額では約 105%となるが、これには電力設備基準修正への対応のための増加分が含まれることもあり、当初工事費との比較で評価した。

⁵ 電力設備基準修正対応のための設計変更、及び断路器等の追加機材調達に必要な期間延長 5 カ月間を含む。これを除くと事業期間は計画比 133%となる。

路器の設置が必要となり、その追加調達を行ったためである⁶。前者（再入札）については、案件開始後の実施機関との情報共有が不十分であった可能性が考えられるが、後者（電気設備基準の修正）については、安全性向上に資する変更であり、やむを得なかったと判断される。

以上より、事業費は工事量の減少に伴い減少したが、事業期間は計画より大幅に増加となったことから本事業の効率性は中程度である。

3.3 有効性・インパクト⁷（レーティング：③）

3.3.1 有効性

3.3.1.1 定量的効果⁸

本事業では4カ所の変電所で設備が改修・更新され、キガリ市とフイエ郡の2カ所で配電設備の改修・拡張が行われた。変電所については送電端電力量、稼働率、負荷率を指標に、配電設備については電力供給量と電化率を指標に本事業の効果を分析する。

（1）送電端電力量（変電所）

2013年から2017年までの本事業の主な対象である4変電所の送電端電力量の推移を表3に示す。変圧器容量を増強したジャバナ変電所とムシャ変電所において、送電端電力量は2010年から2016年（事業完成3年後）までの6年間に約15%増加する計画であった（他の2変電所については計画値なし）。これに対し、ジャバナ変電所、ムシャ変電所の送電端電力量は2013年から2017年の5年間にそれぞれ74%、81%増加しており、送電端電力量の増加率は計画を大きく上回った。これは両変電所に対する電力需要の大幅な増加を反映したものであるが、本事業による両変電所の増強がこれを可能にしたと判断される。変圧器容量を増強していないギコンド変電所の送電端電力量は2017年（事業完成3年後）までに10%増加した。他方、ルインクワブ変電所では変圧器容量を増強したものの、電力量の伸びは6%に留まっている。同変電所の主要顧客はアカゲラ国立公園のホテル等観光産業で、それ以外の顧客の増加が限られているためである。エネルギー運用公社ルワマガナ事務所によると、同変電所では変圧器容量不足と老朽化による停電が大きな課題であったところ、本事業によりそれが解消しており、送電端電力量の増加とは別の効果が認められる。

⁶ 断路器の追加設置については本事業では調達引渡しまでとし、据付工事は実施機関が実施した。

⁷ 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。

⁸ 事前評価表と協力準備調査の定量的効果を測る指標には異なる部分があり、さらに事前評価表の数値と事後評価で得た数値に乖離があり事前評価表目標値の根拠が不明なことから、事後評価にて得られたデータにて評価を行った。指標として追加した負荷率は稼働率とあわせて見ることにより、本事業の目的である大規模停電リスクの回避に関わる変電所の運転状況が分かりやすくなるため追加した。フイエ郡配電網の売電量指標は入手できなかったため電力供給量で代替した。

表3 各変電所の送電端送電力量（kWh）の推移

変電所		2017 年	2016 年	2015 年	2014 年	2013 年
ギコンド	送電端電力量(kWh)	143,391,160	123,422,160	115,995,236	130,628,995	130,464,060
	対 2013 年比%	110%	95%	89%	100%	100%
ジャバナ	送電端電力量(kWh)	87,488,288	86,126,630	75,959,420	74,143,236	50,285,170
	対 2013 年比%	174%	171%	151%	147%	100%
ムシャ	送電端電力量(kWh)	40,075,340	28,708,430	38,366,680	27,464,471	22,161,400
	対 2013 年比%	181%	130%	173%	124%	100%
ルインクワブ	送電端電力量(kWh)	2,282,370	3,368,170	1,892,230	2,029,614	2,153,400
	対 2013 年比%	106%	156%	88%	94%	100%

出所：実施機関

(2) 設備稼働率（変電所）

電力供給の安定性を示す運用指標の一つである本事業対象変電所の設備稼働率⁹を表4に示す。2016年、2017年のデータしか得られなかったが、本事業後、ルワンダ側により電路遮断機の設置が進んで、フィーダー線側（配電側）の原因による停電事故が変電所全体に影響を及ぼすことが無くなっているため、各変電所稼働率は99.7%以上と高く、大規模な停電を起こすことなく安定的に稼働してきたと認識される。

表4 変電所設備稼働率

変電所	2017 年			2016 年		
	停止時間 (分)	稼働時間 (分)	稼働率 (%)	停止時間 (分)	稼働時間 (分)	稼働率 (%)
ギコンド	1,403	524,197	99.73	1,520	524,080	99.71
ジャバナ	122	525,478	99.98	128	525,472	99.98
ムシャ	38	525,562	99.99	52	525,548	99.99
ルインクワブ	161	525,439	99.97	130	525,470	99.98

出所：実施機関

⁹ 設備稼働率(%)= (年間運転時間 (分) /年間時間数(=525,600分)) ×100%

(3) 負荷率（変電所）¹⁰

2013 年～2017 年の上記の 4 変電所の負荷率の推移を表 5 に示す。変電所の負荷率の調整はギコンド変電所内にある中央給電指令所が行っている。キガリ市に電力を供給しているギコンド、ジャバナ両変電所の負荷率は、2013 年～2017 年比較で都市部での旺盛な需要の伸びを反映して、ギコンド変電所で 60.6%から 67.3%に、ジャバナ変電所では 38.3%から 71.2%に増加している。高い負荷率は本事業にて整備された設備が安定的に活用されキガリ市の電力供給に貢献していることを示す一方で、近い将来さらなる拡張が必要となることを示していると考えられる。

一方、ムシャ変電所の負荷率は 48.7%に留まり 2014 年値から 1.5%低下している。ルインクワブ変電所の負荷率はアカゲラ国立公園一体の観光地施設（ホテル等）の需要の多寡に影響を受けるとのことであるが、37.2%と低く、最大電力需要と平均電力需要との差が大きいと共に将来的な電力量の拡大余力があると判断される。

このうち、ムシャ変電所の需要については、エネルギー運用公社ルワマガナ事務所によれば、同変電所の所管区域が産業パーク開発計画ルワマガナ地区を擁し、多くの開発事業もあることから今後増加が見込まれているほか、現在同区域にて 8,000 世帯接続計画が実施中であり、接続数は近年 3,000 接続/ 年程度で増えており、近い将来変圧器のさらなる拡充が必要となろうとのことであった。ルインクワブ変電所については、ここに設置された 6MVA 変圧器は現在やや大きめとみなしうるが、電化地域としては後発であり、中長期的には需要が大きく伸びる可能性が高い。

表 5 変電所負荷率の推移

変電所		2017 年	2016 年	2015 年	2014 年	2013 年
ギコンド	負荷率 (%)	67.3%	53.3%	70.3%	67.6%	60.6%
	対 2013 年比%	111%	88%	116%	112%	100%
ジャバナ	負荷率 (%)	71.2%	64.1%	53.4%	65.4%	38.3%
	対 2013 年比%	186%	168%	140%	171%	100%
ムシャ	負荷率 (%)	48.7%	35.8%	48.6%	50.2%	57.2%
	対 2013 年比%	85%	63%	85%	88%	100%
ルインクワブ	負荷率 (%)	37.2%	55.7%	31.7%	33.9%	37.2%
	対 2013 年比%	100%	150%	85%	91%	100%

出所：実施機関

¹⁰ 変電所の負荷率は、一定期間の平均電力量と最大電力量の比率を示し、高い程対象設備が負荷のばらつきが少なく安定運転されていることを示すが高すぎると急な需要増に対応する余地が乏しいこととなる。日本の年負荷率は 55～65%程度で変動しており、通常 60～65%程度の国が多い。

(4) 電力供給量（フイエ郡配電網）

本事業により設備が更新・拡張されたフイエ郡配電網への電力供給量の変化を表 6 に示す。2014 年から 2017 年の 4 年間に、同地区では目標（2010 年から 2016 年の 6 年間に 15% 増加）を大きく上回る 185%もの電力供給増があった。その要因は本事業による老朽化した配電設備の更新・拡張に加えて、本事業以前に容量不足で頻繁に送電停止（停電）を引き起こしていたキゴマ変電所に加えて、新設されたルカララ変電所からの送電が開始され、電力供給源及び供給余力が増えたためである。フイエ郡の電化率（系統分）はキガリ市の約 80% に対して約 31%（2017 年 12 月現在）にすぎず、引き続き開発需要が大きいと考えられる。

表 6 フイエ地区への電力供給量推移

変電所		2017 年	2016 年	2015 年	2014 年
キゴマ (ブタレ・フィーダー)	送電端電力量 (kWh)	9,546,710	27,341,702	29,196,736	12,205,730
ルカララ	送電端電力量 (kWh)	25,202,431	484,380	0	0
計	送電端電力量 (kWh)	34,749,141	27,826,082	29,196,736	12,205,730
増加率	%	285	228	239	100

出所：実施機関

(5) 電化率（キガリ市配電網）

本事業にて配電網の拡張/更新を行ったキガリ市配電網区域の電化率の推移を表 7 に示す。事後評価時のムバンダジ地区の電化率は 70%、ムユンブ地区の電化率は 75%（いずれも 2017 年値）であり、目標値 80%のそれぞれ約 9 割であった。これらは目標値をおおむね達成している。

表 7 キガリ市配電網区域の電化率推移

単位：%

	目標値 (事業完成3年後)	2017年 実績 (達成度%)	2013年	2010年
全国	—	42.3	23.5	10.3
キガリ市	—	80	48	25.9
ムバンダジ地区	80	70 (88)	0	0
東部州	—	37	27.4	14.1
ムユンブ地区	80	75 (94)	51	26

出所：JICA 提供資料、ルワンダ政府、実施機関

注：ムユンブ地区はキガリ市配電網の一部であるが、行政区画としては東部州に所属

3.3.1.2 定性的効果（その他の効果）

本事業の定性的な効果として大規模停電のリスクの回避が期待されていた。実施機関によると、本事業によりギコンド、ジャバナ、ムシャ、ルインクワブの各変電所の変圧器等の補修部品のない老朽機材が更新されるとともに、ムシャ以東への送電電圧が 70kV から 110kV に昇圧され、さらにフイエ地区の 6.6kV 中圧配電線がルワンダの多くの地域で使用されている 30kV 配電線に交換されたことで、故障や事故時の部品交換が容易となり、大規模停電リスクの低減を含め電力供給の安定性が大いに向上した。ルワンダの発電設備能力は 2010 年の 93.5MW から 2017 年の 216MW へと、この間に 2.3 倍に増加¹¹したが、本事業は変電及び配電設備の整備を行うことでこの発電能力の増加を円滑に需要に繋ぐことを通じて電力供給の安定化に寄与していると判断される。

以上より、本事業の実施により計画以上の効果発現が見られ、事業目的の達成度は高い。

3.3.2 インパクト

3.3.2.1 インパクトの発現状況

本事業は、主要変電所の改修・更新や配電網の改修・拡張を行うことで電力供給の安定化と電化率の向上を図り、もって社会サービス向上と産業発展に寄与することを目指していた。

（1）電力供給の安定によるインパクト

本事業は電力供給の安定的な拡大のための基盤の一部となり、本事業がなければ生じる可能性の高かった大規模停電のリスクを回避して、経済活動の持続的成長と活性化に寄与していると認識される（有効性：定性的効果を参照）。

（2）電化率の向上によるインパクト

上記の社会サービスの向上に関しては、電化を通じた地域住民の保健医療施設・教育施設・行政施設から得るサービスの向上を通じた生活利便性向上が想定されていた。本事業は配電網拡張・改修（キガリ市・フイエ郡）を行うとともに、変電設備の改修・更新によりその周辺地域の電化にも間接的に貢献している。ここでは、電化率向上のインパクトを一般世帯・社会サービス施設の電化率の推移及び電化された地域での現地調査の結果を踏まえて分析する¹²。

変電所別の需要家数・電化率データが得られなかったため、社会サービス向上への本事業の貢献のベースとなる一般世帯の接続数の増加や社会サービス施設への全国の電化率の推

¹¹ 出所 質問状への実施機関回答

¹² 一般世帯を集めたフォーカル・グループ・ディスカッション（7 グループ 89 人）、個別インタビュー（地方政府 3、学校施設 2、保健医療施設 2、商工業主 10、計 17 箇所）、計 106 人を対象として調査を実施した。

移を表 8 に示す。計画時、本事業の対象地域の一般需要家数は、事業完成 3 年後に基準年（2010 年）から 65%増加する目標であった。また、学校施設、医療施設については、それぞれ 64%、13%相当の接続数の伸びが期待されていた。これに対し、表 7 に示すように全国で 2010 年から 2017 年までの 7 年間に一般需要家数は 4 倍以上に、学校施設の電化率は 2 倍以上に伸びた。本事業前から電化率の高かった医療施設についても、2017 年までに病院の 100%電化が達成されている。以上から総合的に判断すると、本事業の対象地域において所期の正のインパクトが得られた可能性は高いと考えられる。

表 8 一般世帯、医療施設、政府事務所及び学校施設の電化率（全国）

対象	区分	2017 年	2014 年	2010 年
一般世帯	(接続数)	776,097	473,003	187,624
	(増加率%)	414%	252%	100%
医療施設 (電化率%)	病院	100*		90*2
	医療センター	91*		
政府事務所 (電化率%)	州事務所	100*		90*2
	県事務所	100*		
	セクター事務所	94*		
	セル事務所	56*		
学校施設 (電化率%)	小学校	94*		26*2
	中・高等学校	56*		

出所：実施機関

*: 2018 年 2 月現在

*2: 2011 年現在

生活利便性の向上及び産業発展への主なインパクト（コラムを参照）：

一般世帯は、家電製品（携帯電話、ラジオ、TV、ビデオ等）の使用による利便性を享受している。健康被害の出る灯油ランプから電気照明に切り替わり、情報へのアクセスが増進し、清涼飲料水も飲めること等から生活水準の向上を実感しており、生活態度の変化もみられる。他方、地方政府事務所ではパソコンの導入で手続き処理が迅速化して証明書の発行が可能になった。医療保健施設では電気照明による夜間診療が可能となり、滅菌器や診断ライト等医療用診断機器の利用で医療サービスが向上した。教育施設では早朝、放課後の予習・復習や補講が拡充されるようになり、パソコンを使う授業も一部の学校で開始されるなど、教育の質の向上がみられる。また、商工業主の多くが本事業後の停電の減少等の電力の質の向上を認識しており、新規配電区域では新たに溶接業、木材加工業、理髪店等の電気製品を使う新ビジネスが誕生する等産業上の効果が認められる。

コラム：事後評価時の現地調査から得られた電化の裨益効果

住民へのグループインタビュー（新規電化地域の7グループ・キガリ地区3、ルワマガナ地区1、カヨンザ地区1、フイエ地区2－総数89名）等による現地調査結果¹³：

1. コミュニティの電化後の変化

地方政府(複数の村を束ねるセル・レベル)での変化

- ◇パソコンやプリンターが地方政府まで普及したこととそれらの事務所の報告書の質が向上し作成時間が短縮した。
- ◇地方政府は中央政府のデータベースへのアクセスが可能となり、例えば健康保険料の支払いに必要となる社会階層データ証明書の発行が可能となった結果、住民は遠くの上位事務所に赴く手間がなくなった。
- ◇住民は、互いに常時携帯電話によるコミュニケーションが可能となった。
- ◇政府事務所では明るい照明の利用が可能となり必要時残業による執務効率が向上した。
- ◇電気照明で夜間に不審者の認識が容易になり、盗難被害が減少し、治安が改善した。

経済活動への影響

- ◇照明と新サービスの増加で店舗営業時間が深夜まで延長され、顧客が増加した。
- ◇電気製品を使う溶接業、床屋・美容院、飲食店、コピーサービス等の新ビジネスが増加した。
- ◇地価、賃貸料が新ビジネスや人口の増加に伴い上昇した。

教育施設への影響

- ◇木工、縫製、溶接等の電気工具・工作機械を使う職業訓練校ができた。
- ◇生徒も教員も電気が来て意欲が向上し、朝夕の補講が強化された。一部の学校でパソコンを使う授業が始まった。
- ◇学校での予習・復習が電気照明下で今まで以上にやれるようになり、生徒の成績が向上した。

¹³ （参考情報）

家電製品所有状況

(1) 電気照明は全ての世帯が所有し、携帯電話も9割以上であるが、ラジオが5割を超えるものの、テレビは3割に留まり、その他の家電製品の普及はまだこれから。このため、家庭内での便益は主に照明と携帯電話の常時使用によりもたらされている。(2) 今後購入したい電気製品にはTV、冷蔵庫、アイロン、DVD等音響機器、電気ポットを上位にあげる住民が多い。

電気料金・接続料金の状況 (1) 各世帯が毎月支払っている電気使用料金は平均2.2ドルであり、支払いは全てプリペイド方式。(2) 電化には接続料、屋内配線料（合わせて80ドル程度）、さらに電柱代（最寄り電柱から37m以上離れている場合、一本100ドル以上）が必要。インタビューしたムバレ（ルワマガナ地区）のグループ住民は電柱から離れていたため当初電化されなかったがコミュニティの99名が共同でエネルギー運用公社に電化を申し入れ、電柱費（1.8km、33電柱）を含めて共同で接続料を支払うことで電化を達成。(3) ルワンダでは近年急速に電化が進んでいる。その鍵の一つは接続費用負担を減らすための接続料分割払い制度と考えられる。インタビュー結果からは接続料の4割程度以上を接続前に払い、残額を1年程度で分割返済している。分割返済を選ぶと電気料金の支払いのたびに支払額の半分以上を返済に充当する。このため、完済するまで支払額の半分しか電力料金に充当されず、多くの住民に電気料金は高いと感じられている。

一般世帯への影響

- ◇携帯電話、ラジオ、TV、ビデオの使用で住民の情報アクセスが向上し、農産物や仕入れ品の価格情報、耕作に有用な天候情報が得られるようになった。衛生管理や避妊方法等のビデオを使った患者/住民への普及活動も可能になった。
- ◇健康に害のある灯油ランプから電気照明に切り替えることで、子ども等の咳が止まり火事の心配がなくなり生活に使える時間が増えた。身近でこれまでなかった製粉所、コピー屋、インターネット・カフェ等のサービスが誕生し、清涼飲料水が飲めるようになった。
- ◇「電化」は「おらが村」へのある種誇りの醸成にも繋がっている。ある雑貨店主は、電化後客が外出時に身だしなみを整えるようになったと指摘。多くの親は子どもが夜間外で遊び回らなくなり自宅でTVを見たり学習する時間が増えたと指摘。

保健医療施設への影響

- ◇遠心分離機等医療検査機器の活用により検査結果が迅速にわかるようになり、検体の冷蔵保存が可能となり上級医療施設への検査サービスの提供が始まった。
- ◇TV/ビデオ利用による家族計画の教育効果が向上し、妊娠患者数激減の保健施設があった。
- ◇冷蔵/冷凍庫のおかげで安定したワクチン接種スケジュールの実施が可能となった。
- ◇薬剤・検体等の保存用冷蔵庫、手術用器具等に必要な滅菌機、未熟児に使用される保育器、診断用ライト等の利用が可能になった。

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

本事業は送変電・配電セクターのうち大規模なものに該当せず、環境への望ましくない影響は重大でないと判断された。このためルワンダ開発庁によるスクリーニングの結果、キガリ市配電網の拡張のみ環境影響評価（EIA）が必要とされ、2011年3月にEIA承認がなされた。実施機関によれば、EIAの環境管理計画に沿って、キガリ市配電網の工事实施については土壌流出軽減策が適切に実施された。変電所の改修、変電所の建て替え、フイエ郡配電網改修に関してはEIAが不要であることが正式文書で通知されているが、これらの建設工事に際して、工事サイトをフェンスで取り囲み、夜間工事は控える等の環境影響緩和策を実施している。ムシャ及びルインクワブ変電所については旧変電所の撤去が未了であるが、環境面での影響はない。

(2) 住民移転・用地取得

本事業において住民移転は発生していない。変電所の建て替え、フイエ郡配電網の改修において変圧器の設置場所などで用地取得（約230 m²）が発生し一部樹木の伐採が必要となった。ムシャ変電所の一部敷地については民間企業からの購入であり、フイエ郡配電網の変圧器等設置用区画については、4箇所中3箇所が市所有地であり、このうちフイエの中心部にある1箇所（テレコム配電ポスト）の当初購入予定地は民有地であったが合意できなかったことから位置をずらして市有地を利用することで解決した。残り1箇所はルワンダ・エネルギー

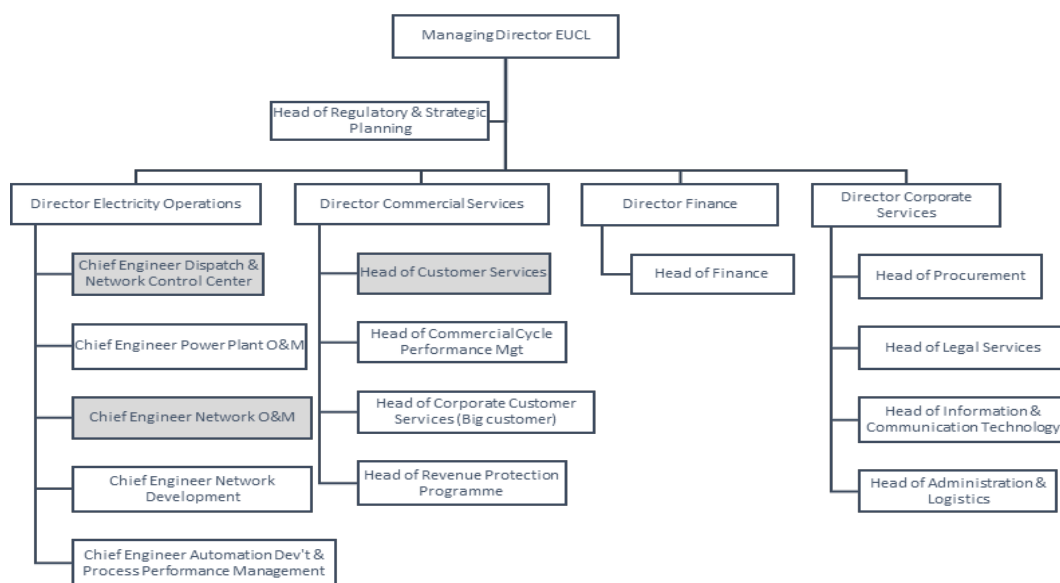
ギー・グループ（実施機関の親会社）の所有地であった。実施機関によれば、補償計画に沿った樹木の伐採を含めて、いずれも適正に補償が行われている。

以上より、本事業の実施におおむね計画通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：②）

3.4.1 運営・維持管理の体制

ルワンダでは電力セクター開発・運営のより効率的且つ明確な責任体制による実施の迅速化を求めて、実施機関の組織改革が繰り返されてきた。本事業の実施機関は、準備調査時の電力公社（RECO）から、無償資金協力贈与契約時のエネルギー・水衛生公社（EWSA）となり、さらに事業完成から間もない2014年8月には政府100%出資のルワンダ・エネルギー・グループ（REG）の子会社として再編されたエネルギー開発公社（EDCL）とエネルギー運用公社（EUCL）の二つに変更されて事後評価時に至っている。エネルギー開発公社は電力開発を担当しており、完成後の電力設備の運営・維持管理はエネルギー運用公社が担当している。このため、本事業の実施機関は、エネルギー開発公社、エネルギー運用公社の2つの機関であるが、本事業完成後の変電所、配電網の運営・維持管理は、エネルギー運用公社が担っている。エネルギー開発公社によれば発電については既に14社のIPP（独立民間発電事業者）が進出しているが、エネルギー運用公社の送配電設備の運営・維持管理をさらに民営化する計画は無いとのことである。組織改編から日が浅いため組織は発展中であり、インフラ省関係者によると、組織間に跨がる業務の実施については連携が必ずしも円滑ではない場合もある。運営維持管理を行っているエネルギー運用公社の組織図を下に示す。



出所：実施機関

注：灰色の枠は維持管理の直接担当部署を示す。

図1 エネルギー運用公社組織図

維持管理は、変電所についてはエネルギー運用公社の電力オペレーション局（Director Electricity Operations）にある給電及びネットワーク指令センター（Dispatch and Network Control Center）が行い、送配電網については、同局のネットワーク及び維持管理ユニット（Network Operations & Maintenance Units）が大規模な修繕等を担当し、配電網を中心とする日常点検管理は、コマーシャル・サービス局（Director Commercial Services）の傘下にある地域事務所が担当している。後述「運営・維持管理の技術」（p. 16）で記載のとおり、変電所については、ギコンド変電所内の中央給電指令所の主任技師が SCADA システムを使って全国の変電所を 24 時間体制で集中/遠隔管理している。配電網については、フイエ郡、キガリ市とも技術者を含め本事業の維持管理には以下の通り十分な要員が配置されていることから、運営・維持管理体制面で特段問題は見られない。

表 9 運転維持管理要員

対象施設	(運転要員) + 保守要員
ジャバナ変電所	(2 名 x 2 シフト) + 2 人
ギコンド変電所	(3 名 x 4 シフト) + 5 人
ムシャ変電所	(2 名 x 2 シフト) + 1 人
ルインクワブ変電所	(2 名 x 2 シフト) + 1 人
フイエ郡配電網	7 名 (テクニシャン)
キガリ市配電網	40 名

出所：実施機関

3.4.2 運営・維持管理の技術

ギコンド変電所内の中央給電指令所には上記の運転要員のほか、上級技術者が主任技師として 3 名配置されて、24 時間体制で全国の変電所の遠隔・集中管理を行っている。管理技術上の特段の問題は見受けられない。フイエ郡配電網においては、需要増加等により本事業で整備した機材（変圧器、遮断機等）に必要な設定変更・部品交換等を自らの技術で適宜対処しており、十分な維持管理技術を有していると判断された。キガリ市配電網においても、本事業で追加された配電網の接続部の断路器の据え付けをエネルギー運用公社が自力で支障なく実施していた。

また、本事業と平行して実施された技術協力プロジェクト（効率的な電力システム開発のための電力公社能力向上プロジェクト）により、電力訓練センターの機能強化、配電・送電・発電主任技術者向けの研修が実施された。同プロジェクトは活動の一環として本事業完成時の 70kV から 110kV への送電圧昇圧前にムシャ変電所からルインクワブ変電所間送電線の点検を行い、破損碍子の交換を提言したほか、同プロジェクトで研修を受けたコア・エンジニアが本事業の変電所、送電線工事の現場監督を行うなど、具体的な連携を通して本事業

の運営・維持管理技術向上に貢献したと考えられる。

3.4.3 運営・維持管理の財務

エネルギー運用公社の財務状況（損益計算書）は表 10 のとおりである。エネルギー運用公社は政府と契約を結び政府所有の火力発電所を運営・維持管理し、それら火力発電所用の燃料輸入関税分に係る補助金や一部グラントを得るなどの補助を受けており、2014/15、2015/16 年度ともに減価償却費用を計上しても黒字である。同補助金は減少傾向にあり、財務基盤が整えば将来的にはなくしていく方針である。売電収入は増加傾向にあり、維持管理費用は電力設備の増強に応じて拡充されており、事後評価時のエネルギー運用公社技術者からのヒアリングでも必要額は確保されていることを確認した。運営・維持管理面での財務上の懸念は認められない。

表 10 エネルギー運用公社損益計算書

	RwF Million	
	2015/16	2014/15
売電収入	78,104	58,786
買電費用	(67,665)	(60,546)
売電利益/損失	<u>10,439</u>	<u>(1,760)</u>
補助金等	21,104	28,800
その他収入	3,706	1,105
配電費用(維持管理費を含む)	(9,484)	(9,880)
(内:維持管理費)	(3,511)	(2,421)
管理費	(10,433)	(8,147)
減価償却等前営業利益	<u>15,332</u>	<u>10,118</u>
減価償却等	(10,447)	(10,087)
減価償却等引後営業利益	<u>4,885</u>	<u>31</u>
金融収入	98	5
金融費用	(1,224)	(763)
所得税引前利益	<u>3,759</u>	<u>(727)</u>
所得税	(1,889)	1,445
当期利益	<u>1,870</u>	<u>718</u>
その他の包括的収入	-	-
総利益	<u>1,870</u>	<u>718</u>

出所:実施機関

会計年度:7月1日～6月30日

1USD = 862 RwF (2018年4月)

3.4.4 運営・維持管理の状況

ギコンド変電所内の中央給電司令所で運用されている SCADA システム¹⁴(2010 年設置)は、本事業対象の 4 変電所と同期がおこなわれており、ムシャ以東の本事業前の 70kV から本事業後の 110kV へ昇圧された送電網を使った効率的な集中遠隔監視・運用を行っていた。本事業の瑕疵検査報告書では、「変電設備・配電設備の基本性能に特段の問題は無く状態は

¹⁴ Supervisory Control And Data Acquisition 遠隔監視・制御システム

良好である」と指摘されており事後評価時にもエネルギー運用公社からこれを確認した。

なお、瑕疵検査時には、以下について「一部不具合あり」との指摘があり、事後評価でその後の状況確認を実施した。

- (1) ジャバナ、ムシャ、ルインクワ各変電所コントロール室集中制御卓の操作ボタンの損傷については損傷して文字が読めなくなったボタンの下にシールを貼って対応してきたが¹⁵、損傷が進んでおり、交換部品を発注済みとのことであった。日常の運用は SCADA システムを使い遠隔操作で行われており、機能に問題は無いとのことであったが事故時等に現地操作に切り替えるボタンも含まれていることから機能不全が生じる前に早急な交換が必要と認識された。



損傷した変電所コントロール室集中制御卓
(ムシャ変電所)

- (2) フイエ郡配電網に係り、瑕疵検査時に報告されていた 21 の配電ポスト中 4 箇所での接地線の盗難・紛失については全て補修済みであることを確認した。

フイエ郡配電網では、急激な電力需要増への対応（変圧器やサーキット・ブレーカーの交換等）や道路工事に伴う配電用埋設ケーブルの損傷への対応が多く発生し、本事業で設置した配電ポストについても遮断機や変圧器の交換、補修、調整が必要となり、一部使われなくなった部分もある。これらについては実施機関が適宜対応して機器を継続的に活用していることが確認された。

キガリ市配電網では、室外変圧器を保護する鉄柵の一部損傷や、ガイ・ワイヤー（電柱支持用のワイヤー）の緩みや固定されていないものが散見された。鉄柵の損傷は一般治安上の課題と思われるが、見回りの強化等の警戒対策の強化が必要である。

以上より、本事業の運営・維持管理は体制、技術、財務についてはおおむね問題がない。

¹⁵ エネルギー運用公社によれば、以前交換を求めたが保証期間を過ぎていたために、交換できなかったとのことである。

ただし、維持管理状況については、変電所のコントロール室制御卓ボタンの修繕が遅れており、フイエ郡配電網の機材が一部使われていない部分があり、キガリ市配電網では電柱支持線の緩み/未固定箇所が多いことから、本事業によって発現した効果の持続性は中程度である。



ゴマ配電ポスト
(フイエ郡配電網)



リングメインユニット



中圧・低圧配電線併架電柱
(キガリ市配電網)

4. 結論及び提言・教訓

4.1 結論

本事業は、首都キガリ市を中心とした地域並びに地方において、系統運用上の要所に位置する変電所の改修・更新並びに配電網の改修・拡張を行うことにより電力供給の安定化と電化率の向上を図り、もって社会サービスの向上及び産業の発展に寄与することを目的に実施された。本事業は政府の全国電化計画の一部であり、ルワンダの開発政策と整合している。同国の電力事情に鑑みて事業の必要性は高く、日本の援助政策とも合致することから、その妥当性は高い。事業費は計画の約9割に収まったが、一部の工事を同政府の自己資金により先行実施したことに伴う全体計画の見直しや再入札、電力設備基準の修正に対応するための設計変更や工事期間の延長が生じ、実施期間が計画を大きく上回ったため、効率性は中程度である。変電所の送電端電力量は計画値を大幅に越えて伸び、世帯電化率も計画の約9割に達した。本事業により大規模停電のリスクは低減し、一般世帯や産業への電力供給が安定化したほか、一般世帯及び地方政府・学校・保健医療施設の電化は社会的サービスの質の向上を含む広範な便益をもたらした。よって、本事業の有効性・インパクトは高い。本事業の運営・維持管理は体制、技術、財務ともに問題ないが、変電所のコントロール室制御卓ボタンの修繕が遅れており、フイエ郡配電網の機材に一部使われていない部分があることから、本事業の持続性は中程度である。

以上より本事業の評価は高いといえる。

4.2 提言

4.2.1 実施機関への提言

ジャバナ、ムシャ、ルインクワブ変電所の制御卓操作ボタンの損傷については既に交換部品を発注済みとのことであり、現在運転に支障は生じていないものの、今後作動不良となる可能性も排除できないことから修繕を急ぐことが望まれる。

4.2.2 JICA への提言

なし。

4.3 教訓

事業スコープ変更についての情報共有

配電網のような対象地区ニーズの推移を踏まえて工事箇所・施工順序が変更される可能性のある事業を含む支援事業においては、先方政府/実施機関のニーズの変化を JICA/案件管理コンサルタントは定期協議などで十分把握して、支援事業の全体計画実施に影響が出ないようにすることが大切である。

本事業内容の一部であるキガリ市配電網拡張は、当初 4 区画を対象とする予定であったが、優先度の特に高い 2 区画をルワンダ側が自己資金で実施し、それらを含む支援事業の入札開始直後に先行実施の事実を日本側が認識した結果、事業計画の見直しや、入札ロット分けが必要となり大幅な全体工期延長の要因となった。案件開始後の実施機関との情報共有が不足していた事例と考えられ、こうした連携不足による事業遅延が生じないように案件開始後十分な情報共有策の実施が大切である。

瑕疵検査の実施時期とフォローアップ

瑕疵検査は保証期間内に実施することが望ましく、報告書で指摘された部分について JICA は十分にフォローアップすることが大切である。

ジャバナ、ムシャ、ルインクワブ変電所の制御卓の操作ボタンの損傷は瑕疵検査報告書で指摘され対応策がとられていたが、その対応策は瑕疵検査が保証期間後に行われたため抜本的な対策とならず不十分であった可能性が高い。また、JICA は瑕疵検査時指摘事項については対応策の適切性の確認を行うと共に、指摘内容について十分フォローアップを行うことが望まれる。

以上