

エジプト

## カイロ・アレキサンドリア送電網事業

外部評価者：佐野総合企画株式会社 十津川 淳

### 0. 要旨

本事業は、シディクリル発電所（アレキサンドリア地域）およびカイロ 500 変電所（カイロ地域）間の 500kV 送電線の敷設およびシディクリル変電所を新設することにより、アレキサンドリア、デルタ及びカイロ地域といった最大の電力需要地に対し効率的で信頼性の高い送電を行ない、もって近隣諸国との連系（国際連携送電網）の強化に寄与することを目的としていた。本目的は、審査時、事後評価時のエジプトの開発政策や開発ニーズ、審査時の日本の援助政策に合致しており、妥当性は高い。

効率性については、事業期間は、土地収用や鉄塔設置場所にかかる承認に時間を要し、当初計画を大幅に上回り、事業費は、原材料や人件費の高騰によって計画を上回った。そのため、本事業の効率性は低い。

有効性については、本事業の完工以降、大容量の 500kV 送電線は着実に稼働し、且つ年間事故停電率は極めて短時間に留められている。220kV 送電線の過負荷状況のみ目標値を達していないものの、仮に本事業が実施されなければ、現在の対象地域の 220kV 送電は更に深刻な状況（電線や変圧器およびその他電力関連機材の早期劣化、最悪ケースでは破損）に陥っていた可能性は高く、本事業の実施によって状況が緩和されたことは明らかである。インパクトについては、本事業対象地域内での工業地域の拡大が進行している現状から、本事業の実施によって地域の産業振興を下支えしている効果があるものと推測できる。総じて、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。

持続性については、本事業によって敷設された送電網および変電所を運営・維持管理する組織体制は整備されている。体制面、技術面および財務面ともに問題なく、本事業によって発現した効果の持続性は高い。

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



500kV 送電網 (アレキサンドリア近郊)

## 1.1 事業の背景

エジプト国内の電力需要量は 1990 年代半ばから毎年 5～7% の高い伸びを示しており、今後も更に伸びることが予測されていた。そのため、エジプトでは国内の発電施設の増強ならびに送電網の整備を進めることが求められていた。

同国の基幹送電線は 500kV、220kV、132kV 送電網により構成されていたが、最大容量の 500kV 送電網は首都カイロからエジプト南部のアスワンハイダムまで延びる南北の送電網と、カイロからヨルダン国境に近いタバまでの東西に延びる送電網の 2 系統のみであり、カイロから国内第二の都市であるアレキサンドリア間には 500kV 送電網が設けられていなかった。そのため、同区間を結ぶ 220kV 送電網は常時過負荷状況が続いており、安定的な送電を継続的に実現させるための懸念事項となっていた。

加えて、カイロの電力需要に応えるためにカイロ-アレキサンドリア間に位置するヌバリア発電所の建設が進められていたが、220kV 送電網のみでは新たに増加する発電量を、カイロまで効率的に送電することは事実上不可能と考えられており、一刻も早い 500kV 送電網の敷設が求められる状況にあった。

## 1.2 事業概要

シディクリル発電所（アレキサンドリア地域）およびカイロ 500 変電所（カイロ地域）間の 500kV 送電線の敷設およびシディクリル変電所を新設することにより、アレキサンドリア、デルタ及びカイロ地域といった最大の電力需要地に対し効率的で信頼性の高い送電を行ない、もって近隣諸国との連系（国際連携送電網）の強化に寄与する。

円借款承諾額／実行額	5,001 百万円 / 4,991 百万円																		
交換公文締結／借款契約調印	2003 年 6 月 / 2003 年 7 月																		
借款契約条件	<table> <tr> <td>(本体) 金利</td> <td>1.8%</td> </tr> <tr> <td>返済</td> <td>20 年</td> </tr> <tr> <td>(うち据置</td> <td>6 年)</td> </tr> <tr> <td>調達条件</td> <td>一般アンタイト</td> </tr> <tr> <td>(コンサルティングサービ</td> <td>1.8%</td> </tr> <tr> <td>ス) 金利</td> <td></td> </tr> <tr> <td>返済</td> <td>20 年</td> </tr> <tr> <td>(うち据置</td> <td>6 年)</td> </tr> <tr> <td>調達条件</td> <td>一般アンタイト</td> </tr> </table>	(本体) 金利	1.8%	返済	20 年	(うち据置	6 年)	調達条件	一般アンタイト	(コンサルティングサービ	1.8%	ス) 金利		返済	20 年	(うち据置	6 年)	調達条件	一般アンタイト
(本体) 金利	1.8%																		
返済	20 年																		
(うち据置	6 年)																		
調達条件	一般アンタイト																		
(コンサルティングサービ	1.8%																		
ス) 金利																			
返済	20 年																		
(うち据置	6 年)																		
調達条件	一般アンタイト																		
借入人／実施機関	エジプト電力公社／エジプト送電会社・西デルタ発電会社																		
貸付完了	2011 年 10 月																		
本体契約	・住友商事（日本）/株式会社フジクラ（日本）/Siemens Ltd.（エジプト）/Siemens AG（ドイツ）(JV)																		
コンサルタント契約	・Pgesco Power Generation Engineering and Services Company（エジプト）/東電設計（日本）(JV)																		
関連調査（フィージビリティ・スタディ：F/S）等	・フィージビリティスタディ（1999 年）																		
関連事業	-																		

## 2. 調査の概要

### 2.1 外部評価者

十津川 淳 (佐野総合企画株式会社)

### 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：2014年10月～2015年11月

現地調査：2015年1月4日～1月16日、2015年6月3日～6月12日

## 3. 評価結果 (レーティング：B<sup>1</sup>)

### 3.1 妥当性 (レーティング：③<sup>2</sup>)

#### 3.1.1 開発政策との整合性

審査時、エジプト国家開発計画 (2002年～2006年) では、国内の急増する電力需要に対応するために発電、送電および配電の効率性を高めることを謳っていた。具体的には、既存の配電システムの取り換え、強化および送電システムの給電指令所の建設を通じ、送配電システムを効率的に運用することを掲げ、送配電ロスを13.7%から12.5%に低下させることを目標として挙げていた。また、今後の10年間に亘って、国内の電力需要は毎年5～7%の割合で増加することが予測されていたため、発電所の建設を進める一方で、送電システムの拡充も合わせて重要な課題として掲げていた。

事後評価時点において、エジプト国における次期国家開発計画は策定されていないが、より長期計画としての「経済社会開発計画戦略フレームワーク (2022年まで)」(Strategic Framework for Economic and Social Development Plan Until Year 2022) が策定されている<sup>3</sup>。同戦略では、エジプトの持続的な経済発展を視野に、電力エネルギーの効率的な生産、消費を進めることが重要であることを強調している。これには「エネルギー利用の効率化」を念頭に、効果的・効率的な送電網インフラの整備を進めることも含まれている。

以上から、本事業で支援する送電網の整備はエジプト国の審査時の開発政策に整合しており、事後評価時においても重要な政策課題のひとつに位置付けられる。

#### 3.1.2 開発ニーズとの整合性

審査時、カイロ、デルタ、アレキサンドリアの各地域では毎年6～7%の高い電力需要の伸び率が見込まれていたため、アレキサンドリア地域ではシディクリル発電所が建設され、更にデルタ地域でもヌバリア発電所の建設が進められていた。

しかしながら、既存の220kV送電網は当時から既に容量不足に陥っており、これらの新

<sup>1</sup> A：「非常に高い」、B：「高い」、C：「一部課題がある」、D：「低い」

<sup>2</sup> ③：「高い」、②「中程度」、①「低い」

<sup>3</sup> 一般に対する意見聴取/公開中 (2015年6月)

設発電所が稼働し始めた際には、その電力を安定的に送電することが困難になることが予測されていた。そのためカイロやアレキサンドリアの大消費地に対する、効率的かつ安定した電力供給を確保するためには、早急に送電網を増強することが求められていた。

事後評価時点では、電力エネルギー省、エジプト電力公社（以下、「EEHC」という）およびエジプト送電会社（以下、「EETC」という）が国内の電力需要予測に基づき、発電所建設と並行しながら送電網の更なる拡張が必要であることを述べている<sup>4</sup>ことを確認した。電力需要については、全国で引き続き旺盛な需要があるため、2012/13年から2018/19年の7年間で計18,767MWの発電量増大が計画されている。また、計画されているプラント建設は計14か所であるが、このうち本事業の対象地であるカイロ、デルタ、アレキサンドリアに設けられるプラントは7か所にのぼり、依然として同地域に大きな電力需要があることが分かる。送電網についても、同じく整備を進めることが求められており、本事業の対象地であるデルタ地域において340km以上におよぶ500kV送電網の敷設が進行中および計画されている。総じて、安定的な電力供給へのニーズは事後評価時点においても非常に高いといえる。

以上のとおり、事業審査時及び事後評価時点において、本事業が対象とした送電網整備は、地域のニーズに即している。

### 3.1.3 日本の援助政策との整合性

「エジプト国別援助計画（2000年）」では、「経済・社会基盤の整備」を重点支援分野の一つとしており、具体的に電力セクターを対象セクターの一つとして掲げていた。同計画では、自由経済、市場開放経済への移行にあたって民間セクターの果たす役割の大きさに触れながらも、「民間セクターでは果たし得ない経済・社会インフラの整備事業については、政府の果たす役割は依然大きい」として、経済・社会インフラの整備に対して支援する方針を示していた。

以上より、本事業の実施はエジプト国の開発政策、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：①）

### 3.2.1 アウトプット

本事業におけるアウトプットの計画及び実績の対比は下記のとおりである。事業審査時に比して、アウトプット内容に変更が見られたが、これら変更を生じさせた背景・要因は下記に示した。

---

<sup>4</sup> 電力エネルギー省年次報告書（2012年）

表1 アウトプットの計画及び実績

アウトプット項目		計画	実績
シディクリル発電所—ヌバリア発電所—カイロ 500 変電所間 500kV 送電線 (1 回線) の新設		約 230km	約 217km
500kV シディクリル変電所新設	500/220kV 500MVA 変圧器設置	1 台	2 台
	500kV ガス絶縁開閉装置 (GIS) 設置	3 相	7 相

出所：質問票回答

(アウトプット変更にかかる背景・要因)

上記のとおり、計画値との差異が生じた項目が見られる。これら要因は以下のとおりである。

1) 500kV 送電線 (1 回線) の新設

送電線の敷設ルートの見直し (短距離となる敷地確保ができたこと等による) によって、延長距離が当初計画の 230km から 217km になった。

2) 変圧器ならびに GIS の追加設置

シディクリル発電所内にコンバインドサイクル型<sup>5</sup>のプラントを追加建設したため、変圧器およびGISを追加設置した (全てエジプト側の計画およびコスト負担に拠る)。域内の増加している電力需要に応えるために、コンバインドサイクル型のプラントを同発電所が設置したことは、地域のニーズに即した対応であり、妥当と考えられる。同時に、この発電量増に対応するための変圧器およびGIS設置増は自ずと求められる、必要な追加措置であり、妥当なアウトプットと言える。

3.2.2 インプット

3.2.2.1 事業費

審査時に積算された総事業費は 10,437 百万円で、円借款額は 5,001 百万円であった。総事業費実績額は 13,251 百万円 (うち円借款分は 4,991 百万円) であり、計画を上回った (対当初計画比 126%)。事業費増加の主な要因は、事業実施期間中における原材料・資機材の高騰である。

なお、コンバインドサイクル型プラントの建設に伴う、追加の変圧器およびGIS設置に要した、エジプト側の事業費は下表内には含んでいない<sup>6</sup>。

<sup>5</sup> ガスタービンと蒸気タービンを組み合わせた発電方式。

<sup>6</sup> 追加設置・工事分を含めた総事業費は 16,361 百万円、計画比 156%となる。

表 2 事業費支出の計画実績

	本体		事業合計
	円借款	エジプト側	
計画	5,001 百万円	5,436 百万円	10,437 百万円
実績	4,991 百万円	8,260 百万円	13,251 百万円 (計画比：126%)

出所：JICA 提供資料

### 3.2.2.2 事業期間

当初予定の事業実施期間は 2003 年 7 月（L/A 調印）より 2006 年 5 月（工事完成）までの 35 カ月であったが、実際は 2003 年 7 月より 2008 年 5 月（工事完成）までの 59 カ月であり、計画比 168% で計画を大幅に上回った。事業費と同様にコンバインドサイクル型プラントの建設に伴う、追加の変圧器および GIS 設置に要した期間は含んでいない<sup>7</sup>。

表 3 事業期間の計画と実績

計画	実績
2003 年 7 月 - 2006 年 5 月（35 カ月間）	2003 年 7 月 - 2008 年 5 月（59 カ月間） (計画比 168%)

出所：JICA 提供資料

事業期間が延長した主たる理由として、以下の点が挙げられる。なお、それぞれで生じた遅延の見積月数は EETC および西デルタ発電会社（以下、「WDEPC」という）の見解に拠る。

#### 1) P/Q や入札のプロセス

P/Q および入札の不調、契約締結に時間を要した（約 1 年の遅延要因）。

#### 2) 鉄塔にかかる試験の遅延

鉄塔メーカーによる鉄塔製造が遅れたことによって、鉄塔試験の実施が遅延し、結果的に設置が遅れた。

#### 3) 鉄塔設置場所の調整

鉄塔設置に関連して、計画地での住宅や建物のオーナーとの補償条件等における調整に時間を要した。結果的にルートが変更され、数か月単位の作業の遅れになった。

（上記の 2）および 3）で約 1 年間超の遅延要因）

<sup>7</sup> 追加設置・工事分を含めた事業期間は、2003 年 7 月～2008 年 8 月（62 カ月）、計画比 177%となる。

#### 4) 政府からの承認遅延

送電線がマリオット湖を横断することについて、政府からの承認に時間を要した。民間航空局および軍より、鉄塔の高度および設置位置について指導があり、その条件に整合させるために時間を要した（約8カ月の遅延要因）。

#### 5) 追加の変圧器・GIS 設置

エジプト側負担によって、シディクリル変電所内に追加投入した変圧器・GIS の設置作業に約9カ月間を要した。

上記の遅延要因はそれぞれ重複しながら進行していたものである。なお、上記5) の変電所にかかる追加工事分（追加の変圧器・GIS 設置）に該当する約9カ月間のうち、6カ月間は送電網敷設を行っていた期間と重複している。よって、事業全体期間においては、5) の追加工事分で増加した事業期間は3カ月間のみであることを付記する。

#### 3.2.3 内部収益率（参考数値）

審査時の内部収益率（FIRR）は15.13%と算出されていた。事後評価時、本事業においてエジプト側が負担した各年単位での事業費および便益にあたる収入額が不明であるため、内部収益率の計算は困難であった。

以上より、本事業は事業費が計画を上回り、事業期間が計画を大幅に上回ったため、効率性は低い。

### 3.3 有効性<sup>8</sup>（レーティング：③）

#### 3.3.1 定量的効果（運用・効果指標）

本事業における運用指標は設備稼働率および年間事故停電率、効果指標は過負荷状況および送配電損失率であり、その達成状況は表4および表5のとおりである。

表4 運用指標の達成状況

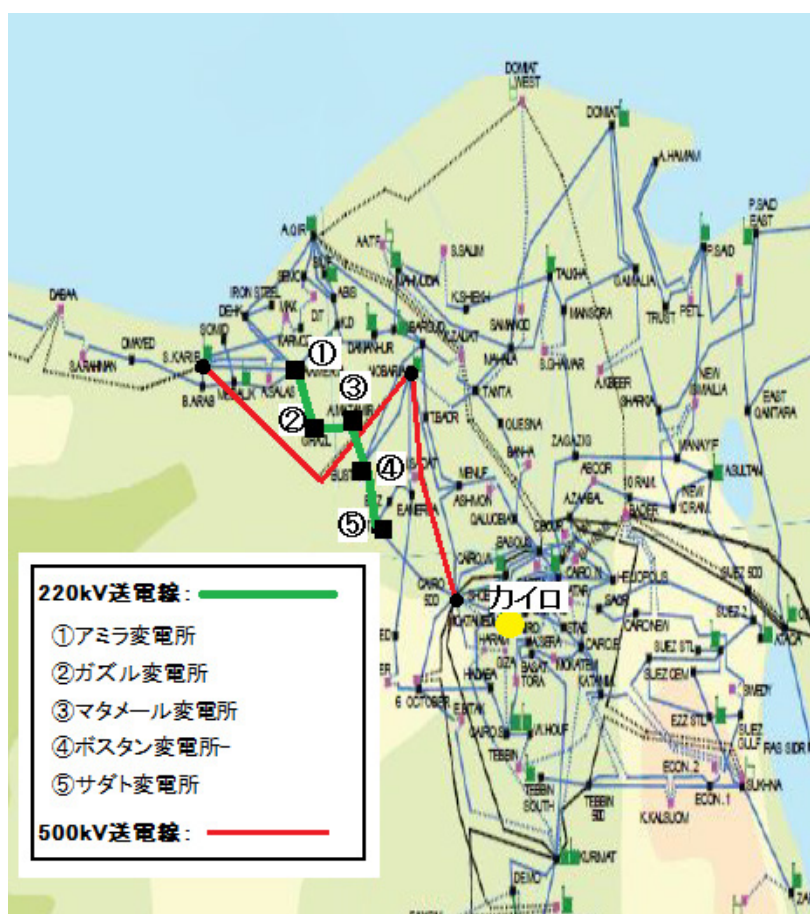
		基準値	目標値	実績値	実績値	実績値	実績値
		2003年	2008年	2008年	2011年	2012年	2013年
		審査年	事業完成 2年後	事業完成 年	事業完成 3年後	事業完成 4年後	事業完成 5年後
設備 稼働率 (%)	500kV 送電線 シディクリル変電所- ヌバリア変電所	-	100 以内	NA	80	86	76
	500kV 送電線 ヌバリア変電所- カイロ 500 変電所	-	100 以内	NA	81	79	80

<sup>8</sup> 有効性判断にあたり、インパクトも加味してレーティングを行う。

		基準値	目標値	実績値	実績値	実績値	実績値
		2003年	2008年	2008年	2011年	2012年	2013年
		審査年	事業完成 2年後	事業完成 年	事業完成 3年後	事業完成 4年後	事業完成 5年後
年間事故 停電率 (%)	500kV 送電線 シディクリル変電所- ヌバリア変電所	-	0.3 以内	NA	0.0	0.0	0.0
	500kV 送電線 ヌバリア変電所- カイロ 500 変電所	-	0.3 以内	NA	0.07	0.0	0.07

出所：JICA 提供資料および質問票回答

注：設備稼働率および年間事故停電率は新設であるため、基準値（2003年）は無い。



出所：Power Systems at 2020: Define the needs of refurbishment and reinforcement, The European Neighbourhood and Partnership Instrument (ENPI), 12/2012 を素に筆者作成  
注：図内の①から⑤を結ぶ線が既存 220kV 送電線であり、500kV 送電線が本事業対象。

図 1 系統図

表 5 効果指標の達成状況

		基準値	目標値	実績値	実績値	実績値	実績値
		2003年	2008年	2008年	2011年	2012年	2013年
		審査年	事業完成 2年後	事業完成 年	事業完成 3年後	事業完成 4年後	事業完成 5年後
過負荷状況 (MVA)	220kV 送電線 アミラ変電所・ガズル 変電所	225	217 以下	NA	260	270	280
	220kV 送電線 ガズル変電所・マタメ ール変電所	218	209 以下	NA	210	212	236
	220kV 送電線 マタメール変電所・ボ スタン変電所	165	152 以下	NA	180	145	163
	220kV 送電線 ボスタン変電所・サダ ト変電所	186	152 以下	NA	230	250	260
送配電損失率 (%)	国内送配電系統全体	13.7	11 以下	NA	NA	11	NA

出所：JICA 提供資料および質問票回答

本事業計画時に定められた各種指標は「220kV 送電網の過負荷状況」の項目を除いて達成されている。

本事業の完工以降、大容量の 500kV 送電線は着実に稼働し、且つ年間事故停電率が極めて短時間に留められている実績に鑑みると、本事業が目指した「カイロ地域等の最大の電力需要地に対する効率的で信頼性の高い送電」は実現されていると判断できる。後述 220kV の過負荷状況のみが計画時の目標値を達していない状況にはあるものの、仮に本事業が実施されなければ、現在の対象地域の 220kV 送電は容量以上の過負荷送電が継続することによって、更に深刻な状況（電線や変圧器およびその他電力関連機材の早期劣化、最悪ケースでは破損）に陥っていた可能性は高く、本事業の実施によって状況が緩和されたことは明らかである。つまり、この事業実施の有無（with-without）の観点に着目すると、220kV 送電に関する指標こそ達成されていないものの、事業を実施したことの有効性は高く存したと判断できる。

以下に 220kV 送電網の過負荷状況が達成できていない原因を記載する。

#### 1) 地域の電力需要ニーズ

対象地域の電力需要が依然として大きいため、そのニーズに応えるべく、結果的に容量を超えた電力を供給している。換言すれば、地域の電力需要に対応しうる送電網が全体として整っていない（足りない）ことを意味する<sup>9</sup>。

<sup>9</sup> 3.1.2 開発ニーズとの整合性に記載のとおり、EETC では現行の発電量及び送電網が地域需要を満たし切れていないため、両インフラ整備の増強に向けた取り組みを進めている。

## 2) シディクリル発電所の発電量増大の影響およびリビア連系の遅延

シディクリル発電所にコンバインドサイクル型プラントを増設したことによって、同発電所の電力供給量が増大した（650MW から 1,350MW）。当初の計画では、この増大した電力をリビアに連系して送電する予定であったが、リビアへの連系が完成していないため、これら電力は現状の送電網を使って送電されている。つまりリビア連系が完成すれば、現状の送電系統が多様化するため、送電負荷は軽減される可能性があるが、現状ではそうならないために過負荷状況が続いている。

### 3.3.2 定性的効果

定性的な効果に類似する事象はインパクトにおいて記載する。

## 3.4 インパクト

### 3.4.1 インパクトの発現状況

本事業は、周辺国であるリビア等との国際連系送電網の強化に貢献することが期待されていたが、アラブの春を契機とした域内の政治・経済不安等の影響を受けて、国際連系送電網整備はこれまで進んでいない。ただし、域内連系網の強化を目指す方針そのものは堅持されており、2014 年にはサウジアラビアとの連系にかかるプロジェクトを進めることが合意されている（同事業は 2015 年のうちに事業に取り掛かり、2017 年に運用開始を予定）。

### 3.4.2 その他、正負のインパクト

#### 1) (自然環境へのインパクト)

EETC と漁業資源開発局は、送電網がマリオット湖を横断することについて同意書を締結した。当初、漁業資源開発局は送電網が湖上を通過することに拠る漁業への影響を懸念したとのことであった。しかしながら、これまでのところ、同局を含め漁業関係者などから、漁業に対する影響が報告されたケースはない。

また、マリオット湖のケースの他に自然環境へのインパクトが懸念された地域はない。

#### 2) (住民移転・用地取得)

EETC は鉄塔の設置に際して、土地利用にかかる補償金として 557 人に対して、約 13,632 千 EGP（約 2 億 3 千万円）を支払った。多くの場合は、砂漠等に点在する遊休地や農地であった。このうち送電網から 25 メートル以内に居住する 40 戸は、同国の法規制に倣って移転することとなった。EETC は各戸に対して補償金を支払い、円満に解決した（補償金は上記の用地取得額の合計に含まれている）。変電所建設においては住民移転、用地取得はなかった。

#### 3) (その他)

本事業の実施によって、対象地域内の産業振興が促進されたものと推測できる。特に対

象地域内のサダトは一大工業地域<sup>10</sup>として、近年大きく成長しており、本事業が電力供給の側面からその成長を支えているといえる<sup>11</sup>。

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見られ、有効性・インパクトは高い。

### 3.5 持続性（レーティング：③）

#### 3.5.1 運営・維持管理の体制

##### 1) 送電線

本事業対象地のシディクリル - ヌバリア間（318 鉄塔を運営・維持管理）とヌバリア - カイロ間（239 鉄塔）で、EETC の異なる地域事務所が送電線の運営・維持管理を担当している。

前者は、アレキサンドリア・海岸部送電網ユニット、後者は西デルタ送電網ユニットであり、それぞれ以下の技術者を配置している。

表 6 本事業対象地における送電網の運営・維持管理の担当組織構成

担当組織	ポジション	人数
アレキサンドリア・海岸部送電網ユニット (シディクリル - ヌバリア間担当)	マネージャー	1 人
	エンジニア	7 人
	テクニシャン	35 人
西デルタ送電網ユニット (ヌバリア - カイロ間担当)	マネージャー	1 人
	エンジニア	7 人
	テクニシャン	70 人

出所：EETC 質問票回答

注：マネージャーを筆頭に、エンジニアが主任、テクニシャンが一般オペレーションを担当。

上記のエンジニアは全て電気工学や機械工学を専門とした大卒の人員で占められている。他方、テクニシャンについても EETC のトレーニングセンターの研修を義務付けられていることに加え、基本的に 10 年間は同ユニットで業務を継続する人事制度を採用していることから、技術的にも対応が十分可能な人員配置体制が取られているといえる。

##### 2) 変電所

WDEPC では変電所の運営・維持管理に対して、下表 7 の人員を配置している。

<sup>10</sup> 22 の産業団地から構成される、国内でも有数規模の工業地域を形成している。この他、ナトロン、ヌバリア等の代表的な工業地域も本事業対象地域に含まれる。

<sup>11</sup> EETC および WDEPC の聞き取り調査結果による。

表 7 本事業対象地における変電所の運営・維持管理の担当組織構成

部門・係		エンジニア	テクニシャン
運転部門		4 人	4 人
維持管理部門	電気係	3 人	5 人
	機材係	5 人	2 人

出所：WDEPC 質問票回答

注：電気係は主に高電圧施設一般、保護装置等の維持管理を担当し、機材係は制御装置、警報管理、緊急制御装置等の維持管理を担当する。

上記職員のうち、運転部門は 3 回のシフト制（8 時間交替）で勤務している。運転部門ならびに維持管理部門ともに、エンジニアは全て大卒以上のアカデミックなバックグラウンドを有し、かつテクニシャンも EETC トレーニングセンターでの研修を修了した職員である<sup>12</sup>。WDEPC も基本的に 10 年間を単位として、同じ職場に配置する方針を取っており、技術的にも十分な人員が配置されていると判断できる。なお、エンジニアに関しては、本施設稼働以来、同じ職員が勤務を継続している。

上記のとおり、運営・維持管理の体制にかかる持続性は高い。

### 3.5.2 運営・維持管理の技術

下記のとおり維持管理計画に基づき、本事業の施設/資機材の維持管理を実施している。

#### 1) 送電線

EETC が定めた維持管理計画に基づき、シディクリル - ヌバリア間については、3 カ月おきに送電線の活線洗浄とヘリコプター洗浄を実施している。特に海岸部は絶縁不良を引き起こす塩風害が懸念されるため、更に短いインターバルで洗浄を行なうケースも多い（この場合は活線洗浄）<sup>13</sup>。カイロ - ヌバリア間の送電網については、3 カ月おきにドライ洗浄を行なっている。

洗浄作業について、EETC では 2013 年と 2014 年にそれぞれ 2 週間の研修を EETC トレーニングセンターで実施しており、作業を担う職員は同研修ならびに実務を通して、十分な技術的能力を概ね兼ね備えていると判断できる。

なお、技術的にやや高度とされている活線洗浄を実施している送電網は、エジプト国内では本事業対象地のみである。この点は、同区間を担当する職員の技術力を示しているものといえる。また、マニュアル、ハンドブックについては、EETC トレーニングセンターでの研修テキストが使用されており、必要な技術、手法は同テキストで再度見直すなど、必要に応じて再確認することが可能である。

<sup>12</sup> WDEPC の研修は、EETC 保有のトレーニングセンターを利用している。

<sup>13</sup> 活線洗浄については、2014 年から国内で初めて採用された洗浄方法。シディクリル-ヌバリア間では 75% が活線洗浄、25% がヘリコプター洗浄となっており、コストが高いヘリコプター洗浄の割合を減少させてゆく方針が示されている。なお、ドライ洗浄は送電を一時停止させて洗浄する方法。逆に活線洗浄は停止する必要が無い。ヘリコプター洗浄も同様であり、短時間で洗浄効果も高いとされる。

## 2) 変電所

WDEPC は提言された維持管理マニュアルに基づいて、定期的な変電所の維持管理業務を実施している。

- ・ 日常維持管理：変電所の全資機材の目視点検
- ・ 月次維持管理：バッテリー、SF6 ガス（六フッ化硫黄ガス）の点検
- ・ 半期維持管理：変圧器のオイルサンプル分析
- ・ 5 年維持管理：変圧器の保護回路にかかる再閉路リレー試験
- ・ 10 年維持管理：サーキットブレーカー（遮断器）試験

このうち、5 年維持管理としていた再閉路リレー試験は WDEPC 独自に 3 年単位とすることとして、既に 3 年おきで実施済みである。

職員の研修は EETC 保有のトレーニングセンターにおいて、年間研修計画に基づいて実施されており、年次によってトランスフォーマー、GIS、プロテクション、労働安全といった各種テーマでの研修を受講している。

この他、最終的な技術バックアップとしては、変電所が施設機材を納入したシーメンスとホットラインで繋がっており、緊急時にはドイツと直接コンタクトを取りながら対応することが可能な体制を敷いている（ただし、これまでホットラインを使用する緊急の機会はなかった）。また、各種施設については、メーカーのマニュアルおよび WDEPC が作成したテキストがあり、職員はこれらを利用している。

上記のとおり、運営・維持管理の技術にかかる持続性は高い。

### 3.5.3 運営・維持管理の財務

#### 1) 送電線

本事業対象区間にかかる送電網の運営・維持管理予算および実績は、下表 8 のとおりである。

表 8 対象送電網の運営・維持管理にかかる予算と実績（単位：EGP）

年	予算	実績
2011 年	3,899,000	3,342,000
2012 年	6,405,500	6,127,000
2013 年	7,519,500	7,241,000

出所：EETC 質問票回答

表 8 のとおり、過去数年間で予算増を果たしており、同時にほぼ予算どおりの支出となっている。運営・維持管理において、予算面からの重大な制約は見られない。なお、2012 年からの大幅な予算増は、人件費の増加によるものである（清掃業務にかかる特別手当の増大）。

## 2) 変電所

変電所については、WDEPCにおいて、変電所の運転・維持管理のみに焦点を当てた予算管理となっていないが、シディクリル発電所として基本的に十分な予算を有しているとともに、万が一の緊急時にも即座に対応できるよう、エマージェンシーファンド<sup>14</sup>が一定額常に維持される仕組みとなっている。これらのことから、変電所の適正運転を阻害しうる予算面での懸念は見られないと判断できる<sup>15</sup>。

また、下表9及び表10にEETCならびにWDEPCの貸借対照表を示す。財務の安定性を示す、流動比率は2013年においてEETCで53.1%、WDEPCで68.7%となっている。設備投資額が大きく、且つ電力販売が恒常的に期待できる電力セクターとしては、大きな問題はないレベルといえる<sup>16</sup>。

表9 EETC 貸借対照表 (単位：千 EGP)

	2011年	2012年	2013年
流動資産	10,828,442	11,435,794	14,453,373
固定資産	30,704,558	32,387,536	34,519,534
資産合計	41,533,000	43,823,330	48,976,572
流動負債	21,864,189	24,179,330	27,205,445
固定負債	14,199,258	13,847,223	14,498,496
負債合計	36,063,447	38,026,553	41,703,941
資本金	5,469,553	5,796,777	7,272,631
負債・資本合計	41,533,000	43,823,330	48,976,572

出所：EETC 資料

表10 WDEPC 貸借対照表 (単位：千 EGP)

	2011年	2012年	2013年
流動資産	3,893,728	4,402,318	6,453,935
固定資産	13,979,680	15,551,091	17,053,755
資産合計	17,873,408	19,953,409	23,507,690
流動負債	7,204,841	7,945,551	9,381,170
固定負債	10,004,508	11,100,324	13,062,858
負債合計	17,209,349	19,045,875	22,444,028
資本金	664,059	907,534	1,063,662
負債・資本合計	17,873,408	19,953,409	23,507,690

出所：WDEPC 資料

<sup>14</sup> エマージェンシーファンドは、外貨および内貨で構成されており、6カ月おきに見直しが行われている（WDEPCからの聞き取りによる）。

<sup>15</sup> 予算と実績にかかるデータは入手できなかった。

<sup>16</sup> 例えば東京電力の場合、2009年度の流動比率は40.8%である（なお、同社の場合、2011年の震災後は手元流動性を高める必要が生じたため、同数値は100%超えが続いている）。なお、流動比率は流動資産÷流動負債から算出される数値であり、企業の健全性を示す数値のひとつである。

上記のとおり、運営・維持管理の財務にかかる持続性は高い。

### 3.5.4 運営・維持管理の状況

#### 1) 送電線

これまで大きな問題なく稼働しており、重大な事故や修理の必要な状況も生じていない。なお、送電線は一般に 50 年間の耐用期間があるため、現時点において具体的な更新計画等は策定されていない。

#### 2) 変電所

これまで大きな問題なく稼働しており、重大な事故や修理の必要な状況も生じていない。変電所内の主要なパーツの中では、サーキットブレーカーの耐用年数が約 25 年であるため、該当時期には更新を検討する必要がある。現時点において具体的な予算計画はないが、10 年ごとにサーキットブレーカー試験を実施することになっており、その結果如何によって具体的な更新計画を考慮するとしている。

上記のとおり、運営・維持管理状況にかかる持続性は高い。

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、シディクリル発電所（アレキサンドリア地域）およびカイロ 500 変電所（カイロ地域）間の 500kV 送電線の敷設およびシディクリル変電所を新設することにより、アレキサンドリア、デルタ及びカイロ地域といった最大の電力需要地に対し効率的で信頼性の高い送電を行ない、もって近隣諸国との連系（国際連携送電網）の強化に寄与することを目的としていた。本目的は、審査時、事後評価時のエジプトの開発政策や開発ニーズ、審査時の日本の援助政策に合致しており、妥当性は高い。

効率性については、事業期間は、土地収用や鉄塔設置場所にかかる承認に時間を要し、当初計画を大幅に上回り、事業費は、原材料や人件費の高騰によって計画を上回った。そのため、本事業の効率性は低い。

有効性については、本事業の完工以降、大容量の 500kV 送電線は着実に稼働し、且つ年間事故停電率は極めて短時間に留められている。220kV 送電線の過負荷状況のみ目標値を達していないものの、仮に本事業が実施されなければ、現在の対象地域の 220kV 送電は更に深刻な状況（電線や変圧器およびその他電力関連機材の早期劣化、最悪ケースでは破損）に陥っていた可能性は高く、本事業の実施によって状況が緩和されたことは明らかである。インパクトについては、本事業対象地域内での工業地域の拡大が進行している現状から、

本事業の実施によって地域の産業振興を下支えしている効果があるものと推測できる。総じて、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。

持続性については、本事業によって敷設された送電網および変電所を運営維持管理する組織体制は整備されている。技術面および財務面ともに問題なく、本事業によって発現した効果の持続性は高い。

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

現在の 220kV 送電網の過負荷状況を軽減させることが求められる。そのため、以下の取り組みを提言する。

#### 1) 送電網の増設

対象地域の電力需要に応えるために、EETC は更なる送電網を整備することが重要である。その増設によって、現在も過負荷状況が生じている送電網の負荷が軽減され、結果的に対象送電網の耐久性を高めることが期待できる。また同時に、地域における電力供給の信頼度を更に高めることが可能となる。送電網の増設に際しては、送電容量の大きい送電線を優先的に検討し、電力需要の増大に対応できる系統設計を考慮しておくことも重要である。

#### 2) リビア連系送電網整備の早期再開

リビアの政治経済状況が安定した際には、直ちにリビア連系送電網整備を進められるよう F/S 調査のレビューなど、現時点からも着手可能な準備を進めておくことが重要である。このことによって、エジプトが長期的計画として有している地中海に延びる国際連系の整備が促進されるとともに、本事業対象地の 220kV 送電網の過負荷状況の軽減につながることも期待できる。

### 4.2.2 JICA への提言

なし。

## 4.3 教訓

### 1) 土地収用が必要な事業における事業期間の算定

本事業では送電網および鉄塔設置に必要な土地収用に関して、計画以上の期間を要することとなった。本事業の審査時には交渉が必要な対象人数は明確にはなっていなかったが、そのほとんどは砂漠や農地であるため、交渉は比較的円滑に進むという前提で事業スケジュールが考えられていた。しかしながら、実際には対象者は 557 人にまで増え、かつ其々の交渉には想定以上の時間を要することとなった。JICA および先方政府は、審査時におい

て未利用の砂漠や移転を伴わない農地であるため、交渉は短期間で終わると楽観せず、補償金に関する交渉は常に一定の時間を要することを念頭に入れて事業スケジュールを設定すべきである。

以上

主要計画／実績比較

項 目	計 画	実 績
①アウトプット	<p>1) シディクリル発電所—ヌバリア発電所—カイロ 500 変電所間</p> <p>① 500kV 送電線 (1 回線) の新設：約230km</p> <p>2) 500kV シディクリル変電所の新設</p> <p>① 500/220kV 500MVA 変圧器設置：1台</p> <p>② 500kV ガス絶縁開閉装置 (GIS) 設置：3相</p>	<p>1) シディクリル発電所—ヌバリア発電所—カイロ 500 変電所間</p> <p>① 500kV 送電線 (1 回線) の新設：約217km</p> <p>2) 500kV シディクリル変電所の新設</p> <p>① 500/220kV 500MVA 変圧器設置：2台</p> <p>② 500kV ガス絶縁開閉装置 (GIS) 設置：7相</p>
②期間	2003年7月 - 2006年5月 (35カ月間)	2003年7月 - 2008年5月 (59カ月間)  *アウトプットの2) ①および②の追加工事分を含める場合は以下のとおり。 2003年7月 - 2008年8月 (62カ月間)
③事業費 外貨 内貨  合計 うち円借款分 換算レート	<p>5,001百万円</p> <p>5,436百万円 (現地通貨)</p> <p>199百万 EGP</p> <p>10,437百万円</p> <p>5,001百万円</p> <p>1EGP=27.2円 (2002年11月時点)</p>	<p>4,991百万円</p> <p>8,260百万円 (現地通貨)</p> <p>477百万 EGP</p> <p>13,251百万円</p> <p>4,991百万円</p> <p>1EGP=17.3円 (2003年7月～2008年5月平均)</p> <p>* アウトプットの2) ①および②の追加工事分を含める場合は以下のとおり (相違点のみ)。</p> <p>内貨 11,370百万円 現地通貨 657百万 EGP 合計 16,361百万円</p>

注：本事後評価においては、アウトプットの 2) ①および②の追加工事分に要した、エジプト側の独自負担分の事業費および事業期間は、効率性の算定要素として含まなかった。本表の実績情報では合算した情報も参考として表記している。