

1. 基本情報

国名：ケニア共和国（ケニア）

案件名：オルカリアⅠ一、二及び三号機地熱発電所改修事業

L/A 調印日：2018年3月16日

2. 事業の背景と必要性

（1）当該国における電力セクターの開発の現状・課題及び本事業の位置付け
ケニア政府が2016年10月に策定した「発電送電マスタープラン」（以下、「マスタープラン」という。）では、経済成長や未電化地域の電化等により、ケニアのピーク電力需要は1,656 MW（2016年）から2,845 MW（2020年）、更に10,219 MW（2035年）へと大幅に増加すると予測されている。これに対して、2017年6月時点の総発電設備容量は2,333 MWであり、火力発電が約36%（830 MW）、水力発電が約35%（823 MW）、地熱発電が約28%（652 MW）、その他が約1%（26 MW）となっている。近年頻発している干ばつなどの影響のため水力発電による電力供給は不安定な状況にあり、そのために増加した計画停電の時間はケニアにおけるビジネスの障害の一つとなっている。また火力発電のための燃料輸入はケニアの経常赤字の要因の一つとなっているため、安定したベース電源の確保が喫緊の課題となっている。

東アフリカの大地溝帯に位置するケニアでは、これまで実施された複数の地熱調査等の結果から10,000 MWの地熱ポテンシャルがあると推定されている（マスタープラン、2016年）。地熱発電は天候に左右されない安定的な発電方式であり、マスタープランの長期計画（2015～2035年）では、地熱発電による発電設備容量を2017年の652 MWから2035年までに2,435 MWに増強し、総発電設備容量の約24%、また推定年間発電量の56%を地熱発電でまかなうことを目指している。今後、電力需要が増加する中で、ケニアの電力供給の安定化を促進するためには、新たな発電施設の建設のみならず、既存の発電施設の供給能力を維持・増強する必要がある。そのような背景の中、1980年代に建設された既存の発電所を改修するオルカリアⅠ一、二及び三号機地熱発電所改修事業（以下、「本事業」という。）は、マスタープランの長期計画（2015～2035年）及び中期計画（2015～2020年）において優先度の高い事業として位置付けられている。

（2）電力セクターに対する我が国及びJICAの協力方針等と本事業の位置付け
我が国の対ケニア共和国国別開発協力方針（2012年4月）では、「経済イン

フラ整備」を重点分野の一つとして掲げており、特に地熱発電等の気候変動対策として有効なインフラ整備に力を入れる旨を明記している。また、2016年8月の第6回アフリカ開発会議（TICAD VI）で打ち出された「TICAD VI ナイロビ実施計画」では、ピラー1「経済の多角化・産業化を通じた経済構造改革の促進」に、地熱を含めた再生可能エネルギーへの投資促進を含めており、本事業は同計画に基づいた事業の一つと位置付けられる。

対ケニア共和国 JICA 国別分析ペーパー（2012年4月）においても、重点分野である「経済インフラ整備」の一つとして、電力アクセスの整備を通じてケニアの持続的経済成長を支援すると分析している。特に、技術力において我が国に比較優位がある地熱資源開発への支援の継続に力を入れるとしており、本事業は同分析に合致する。SDGs ゴール7（万人のための利用可能で、安定した、持続可能で近代的なエネルギーへのアクセス）に貢献すると考えられることから、事業実施を支援することの必要性は高い。

（3）他の援助機関の対応

世界銀行はケニアの電源開発計画の策定支援に加えて、現在はオルカリア IV 建設の支援をはじめ、送電線建設等を支援している。地熱分野では、世界銀行、欧州投資銀行（European Investment Bank）、ドイツ金融復興公庫（Kreditanstalt für Wiederaufbau）、フランス開発庁（Agence Française de Développement。以下、「AFD」という。）、アフリカ開発銀行（African Development Bank。以下、「AfDB」という。）がオルカリア地熱地帯において協力を行っている。また、世界銀行や AfDB、AFD の他、多くのドナーが、未電化地域の電化のためにケニア政府が進めているラストマイルプロジェクトに対して支援している。また、国連大学は地熱研修プログラム（United Nations University – Geothermal Training Program）にてケニア発電公社（Kenya Electricity Generating Company Ltd.。以下、「KenGen」という。）からの多くの長期及び短期の研修生を受け入れており、地熱貯留層分析等の技術力の向上に貢献している。なお、他の援助機関の事業と本事業との重複はない。

3. 事業概要

（1）事業目的

本事業は、ケニア中部のナクル郡オルカリア地熱地帯において、既存のオルカリア I（1、2 及び 3 号機）地熱発電所を改修することにより、ケニアにおける電力供給量の増加及び安定化を図り、もって投資環境の改善等を通じたケニアの経済発展に寄与するもの。

(2) プロジェクトサイト／対象地域名

ナクル郡オルカリア地熱地帯（首都ナイロビの北西約 120 km）

(3) 事業内容

ア) 地熱発電所（改修前出力 15MW×3 基から改修後出力約 17MW×3 基へ増強）、蒸気配管及び熱水パイプライン等の附帯施設の改修

イ) コンサルティング・サービス（概略設計、入札補助、施工監理等）

事業内容ア) とイ) のうち、円借款対象はア) のみとし、イ) は実施機関が自己資金で 2015 年 12 月から雇用済み。

(4) 総事業費

12,124 百万円（うち、円借款対象：10,077 百万円）

(5) 事業実施期間

2018 年 3 月～2022 年 12 月を予定（計 58 ヶ月）。施設供用開始時（2021 年 12 月を予定）をもって事業完成とする。

(6) 事業実施体制

1) 借入人：ケニア共和国政府（Government of the Republic of Kenya）

2) 事業実施機関：KenGen

3) 運営・維持管理機関：2) に同じ

(7) 他事業、他援助機関等との連携・役割分担

1) 我が国の援助活動

円借款「オルカリア - レソス - キスム送電線建設事業」（2010 年 12 月 LA 調印）にて、オルカリア - レソス - キスム間の 220kV/400kV 送電線建設及び変電所拡張を実施しており、本事業対象発電所を含むオルカリア地熱地帯で発電される電力がケニア東部地域に加え西部地域へも供給される。

また、現在はオルカリア地熱発電所の運営維持管理能力の強化にかかる技術協力「IOT を活用したオルカリア地熱発電所 O&M 能力強化プロジェクト（2016 年度に採択済）」の案件形成中。同プロジェクトにおいてはオルカリア I（1～5 号機）、オルカリア II（1～3 号機）、オルカリア IV（1～2 号機）の発電所や抗井の維持管理、地熱貯留層モデリングの更新等について技術協力を行う予定。本事業で改修するオルカリア I（1、2 及び 3 号機）地熱発電所及びその抗井の維持管理を行う職員も対象となっているため、本事業の持続性強化に資することが期待される。

2) 他援助機関等の援助活動
なし。

(8) 環境社会配慮・貧困削減・社会開発

1) 環境社会配慮

① カテゴリ分類：B

② カテゴリ分類の根拠：

本事業は、「国際協力機構環境社会配慮ガイドライン」(2010年4月公布)に掲げる地熱発電セクターのうち、環境への望ましくない影響は重大でないと判断され、かつ、同ガイドラインに掲げる影響を及ぼしやすい事業の特性に該当しないため。

③ 環境許認可：

本事業に係る環境社会影響評価 (Environmental and Social Impact Assessment) 報告書は、国家環境管理局 (National Environment Management Authority。以下、「NEMA」という。) により 2015年5月に承認済み。2017年5月に2年間の延長が承認済みである。

④ 汚染対策：

工事中及び供用後の騒音については、防音設備の設置等の緩和策を講じることにより同国国内基準を満たす見込みである。供用後には、硫化水素が大気中に放出されるが、WHO ガイドラインの環境基準値を満たす見込みである。工事中及び供用後の一般及び産業廃棄物は、国内法に従い NEMA ライセンスを所有する業者に委託することで適切に処理される。地熱蒸気から分離された地熱水は還元井に注入することにより、生活・自然環境への影響を回避する。

⑤ 自然環境面：

本事業対象地域は、ケニア野生動物公社 (Kenya Wildlife Service) が管理するヘルズゲート国立公園内に位置しているが、KenGen は同敷地内における地熱ライセンスを取得済みであり、既存発電所の敷地内のみで改修工事を行う予定である。また、工事に必要な資機材の運搬についても、同国立公園内の既存道路を利用する予定のため、自然環境への望ましくない影響は最小限であると想定される。なお、地熱蒸気及び熱水パイプラインの新規敷設は行わない。

⑥ 社会環境面：

本事業実施に際しては用地取得及び非自発的住民移転は発生しない。なお、KenGen は、保健、教育、インフラ整備等の分野での企業の社会的貢献活動を通じて、オルカリア地熱地帯の住民に裨益する活動を継続する。

⑦ その他・モニタリング：

本事業の大気質、騒音、廃棄物、生態系等について、工事中はコントラクター及び実施機関が、供用後は実施機関がモニタリングする。

2) 横断的事項

① 気候変動対策関連案件

本事業の気候変動への緩和の効果について、推計の結果、同規模出力のディーゼル火力発電と比較して、年間のCO₂排出量は約193,946トン削減されることが見込まれる。

② 貧困対策・貧困配慮：特になし。

③ エイズ／HIV等感染症対策：特になし。

④ 参加型開発：特になし。

⑤ 障害配慮等：特になし。

3) ジェンダー分類：

① ジェンダー分類：ジェンダー対象外

② 分類理由：事業内容に該当する活動を盛り込む余地がないため。

(9) その他特記事項：特になし。

4. 事業効果

(1) 定量的効果

1) アウトカム（運用・効果指標）

指標名		基準値 (2017年実績値)	目標値(2023年) 【事業完成2年後】
最大出力(MW)		45	50.7
設備利用率(%)		50.6	81.83
稼働率(%)		56.64	90.0
所内率(%)		5.8	8
原因別の停止時間 (時間/年)	人員ミス	0	0
	機械故障	365	168
	計画停止	170	504

(注1) 全て、オルカリア I (1、2 及び 3 号機) 地熱発電所における指標。

(注2) 所内率の目標値は、改修時に導入予定の機材等を考慮して設定している。

(注3) 計画停止時間の2017年の実績値は稼働率が低下する中での数値。一方、目標値は改修後の地熱発電所が適切に運営・維持管理されるために最小限必要な計画停止時間。

(2) 定性的効果

電力供給の増加及び安定化による民生向上、地域経済発展、投資環境改善、再生可能エネルギーの利用による大気汚染物質及び CO₂ の抑制、環境負荷軽減。

(3) 内部収益率

以下の前提に基づき、本事業の経済的内部収益率 (EIRR) は 33.5%、財務的内部収益率 (FIRR) は 13.2%となる。

【EIRR】

費用：事業費（税金を除く）、運営・維持管理費

便益：代替電源（ディーゼル火力発電）の運営・維持管理費の削減

プロジェクトライフ：運用開始後 25 年

【FIRR】

費用：事業費、運営・維持管理費

便益：売電収入

プロジェクトライフ：運用開始後 25 年

5. 前提条件・外部条件

(1) 前提条件

プロジェクトサイトの治安状況が悪化しない。

(2) 外部条件

特になし。

6. 過去の類似案件の教訓と本事業への適用

(1) 類似案件からの教訓

フィリピン共和国向け円借款「ティウィ地熱発電所改修事業」(評価年度:2008年)及び「北ネグロス地熱開発事業」(評価年度:2009年)の事後評価等では、地熱貯留層の事前の解析と発電所運転段階でのモニタリングが不十分であったため、十分な蒸気を得られず発電量の確保が困難となり、事業効果発現の上で課題となったとの指摘がなされている。

(2) 本事業への教訓の活用

上記教訓を踏まえ、本事業では、確保する蒸気量の想定について、KenGenが実施した調査の内容を確認し、蒸気量の観点から持続可能な開発計画となっていることを確認済み。また、実施機関が蒸気量を継続的にモニタリングすることで合意した。加えて、技術協力「IOTを活用したオルカリア地熱発電所 O&M能力強化プロジェクト」を通して抗井の維持管理、地熱貯留層モデリングの更

新等について技術的な支援を行う予定である。

7. 評価結果

本事業はケニアの課題・開発政策、我が国及び JICA の援助方針や分析に合致し、ケニアの逼迫する電力供給の安定化に貢献する。また、低コストの地熱資源の利用により、同規模の火力発電所を稼働させた場合に比して、電力料金上昇を抑制することでケニア国内の経済安定化や経常収支改善に寄与し、更に大気汚染物質及び CO₂ の排出を抑制することが期待される。

8. 今後の評価計画

(1) 今後の評価に用いる指標

4. (1) ~ (3) のとおり。

(2) 今後の評価スケジュール

事後評価 事業完成 2 年後

以 上