

アフリカ地熱開発に係る
現状確認調査
報告書

平成 22 年 10 月
(2010 年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

西日本技術開発株式会社

アフ
JR
10-014

アフリカ地熱開発に係る現状確認調査 ファイナルレポート 目 次

報告書目次	i
図表目次	ii
略語表	xiii
要約	ES-1
第 1 編 リフトバレー諸国の地熱開発の現状	
第 1 章 はじめに	1-1
第 2 章 アフリカにおける地熱への期待	2-1
第 3 章 調査地域の概要	3-1
第 4 章 ケニア	4-1
第 5 章 エチオピア	5-1
第 6 章 ジブチ	6-1
第 7 章 タンザニア	7-1
第 8 章 ウガンダ	8-1
第 9 章 援助機関の支援動向	9-1
第 2 編 リフトバレー諸国の地熱開発の推進に向けて	
第 10 章 電源構成における地熱への期待	10-1
第 11 章 各国の地熱開発ロードマップ	11-1
第 12 章 政府の先導的役割の重要性	12-1
第 13 章 技術能力向上へのニーズ	13-1
第 14 章 各国政府に期待される行動	14-1
第 15 章 JICA への期待	15-1
第 16 章 おわりに	16-1
引用文献	R-1
添付資料 1 リフトバレー5カ国の主要指標	Appx-1-1
添付資料 2 地域別の地熱データ一覧表	Appx-2-1
別冊資料	別冊

図表目次

図目次

図-1.5-1 アフリカ地域地熱開発に係る現状確認調査 調査フロー 1-5

図-2.2-1 世界の火山分布 2-2

図-2.2-2 リフトバレー諸国の地熱ポテンシャル 2-3

図-3.1-1 リフトバレー諸国の人口及び GDP（2005年） 3-2

図-3.1-2 リフトバレー諸国の GDP 構成 3-3

図-3.1-3 リフトバレー諸国の就業者構成 3-3

図-3.2-1 リフトバレー諸国の一人当たり GNI、エネルギー消費量、
電力消費量（2005年、2008年） 3-6

図-3.2-2 リフトバレー諸国の発電設備量とその構成 3-7

図-3.2-3 リフトバレー諸国の電気事業体制 3-8

図-3.3-1 東アフリカ地溝帯（EARS）のテクトニクス 3-13

図-3.3-2 ケニア国内の地熱地帯 3-14

図-3.3-3 エチオピア国内の地熱地帯 3-15

図-3.3-4 ジブチ国内の地熱地帯 3-16

図-3.3-5 タンザニア国内の地熱地帯 3-16

図-3.3-6 ウガンダ国内の地熱地帯 3-17

図-3.4-1 主要援助国の ODA 実績の推移（支出総額ベース） 3-19

図-3.4-2 我が国 ODA の供与地域の推移（支出純額ベース） 3-19

図-3.4-3 我が国 ODA の地域別配分（支出純額ベース 2007年） 3-20

図-3.4-4 我が国の世界、アフリカ、リフトバレー諸国に対する
ODA 実績（支出総額ベース） 3-20

図-3.4-5 リフトバレー諸国に対する我が国の
ODA 供与額（1998-2007年の累計） 3-21

図-3.5-1 我が国の ODA による地熱支援状況 3-22

図-4.3-1 法令と規制整備 4-4

図-4.3-2 ケニア電力サブセクター構造の現状 4-5

図-4.4-1 ケニア国内の国内地熱地域位置図 4-24

図-4.4-2 Olkaria 地熱地域における鉱区図 4-25

図-4.5-1 KenGen の組織構造 4-28

図-4.5-2 GDC の組織構造 4-29

図-4.7-1 EIA レポート準備及び審査プロセス 4-35

図-5.3-1 エチオピア電力セクター関係者 5-4

図-5.3-2	エチオピア電力会社の需要想定	5-10
図-5.4-1	エチオピアの地質分布図	5-18
図-5.4-2	エチオピア地溝帯の広域地質構造	5-19
図-5.4-3	エチオピア国内の地熱地域位置図	5-20
図-6.3-1	ジブチの電力セクター	6-4
図-6.4-1	ジブチ国内の地質図および熱水活動	6-16
図-6.4-2	ジブチ国内の地熱地域位置図	6-17
図-6.4-3	Asal 地域の地熱井 (Asal-3, Asal-4 および Asal-5) の温度曲線	6-17
図-6.4-4	Asal 地熱地域の地熱構造モデル	6-18
図-7.3-1	タンザニア電力市場構造の変化	7-7
図-7.4-1	Mbeya 地域 (タンザニア) 位置図	7-16
図-7.4-2	Mbeya 地域の断層、温泉、火山分布図	7-16
図-7.4-3	Mbeya 地域の温泉水の水の水素・酸素同位体比関係図	7-16
図-7.4-4	Mbeya 地域の温泉水の Na-K-Mg 三成分図	7-17
図-7.4-5	Mbeya 地域の TEM 調査結果	7-17
図-7.4-6	Mbeya 地域の流体流動モデル (平面)	7-18
図-7.4-7	Mbeya 地域の地熱系概念モデル (断面)	7-18
図-7.5-1	タンザニアのエネルギー鉱物省の組織構造	7-20
図-7.5-2	タンザニアのエネルギー鉱物省の組織構造	7-21
図-8.3-1	ウガンダの電力供給状況	8-5
図-8.3-2	ヴィクトリア湖水位の変化 (2004 年-2009 年)	8-8
図-8.3-3	Eskom 社発電電力量の変化 (2006 年-2008 年)	8-8
図-8.4-1	ウガンダの地熱地帯 (Katwe、Kibiro、Buranga)	8-15
図-8.4-2	Buranga 地域 (ウガンダ) の地質図とリニアメント	8-15
図-8.4-3	Buranga 地域の温泉水の主要陰イオン三成分図と Na-K-Mg 三成分図	8-15
図-8.4-4	Buranga 地域の温泉水の Cl 濃度と SO ₄ 濃度の関係図	8-16
図-8.4-5	Buranga 地域の温泉水・河川水の水の水素・ 酸素同位体比関係図	8-16
図-8.4-6	Buranga 地域の地熱系概念モデル断面図	8-16
図-8.4-7	Buranga 地域の三次元モデル	8-17
図-8.4-8	Katwe-Kikorongo (ウガンダ) 火山地域のクレーター等分布図	8-18
図-8.4-9	Katwe-Kikorongo 地域の地質図	8-18
図-8.4-10	Katwe-Kikorongo 地域の TEM 調査に基づく比抵抗断面図	8-19

図-8.4-11 Katwe-Kikorongo 地域の熱流量孔の掘削候補地点と実際の掘削地点 8-19

図-8.4-12 Katwe-Kikorongo 地域の地熱構造図 8-20

図-8.4-13 Kibiro 地域（ウガンダ）の地質と地表地熱兆候 8-21

図-8.4-14 Kibiro 地域の地質図 8-21

図-8.4-15 Kibiro 地域の TEM 調査に基づく比抵抗断面図 8-22

図-8.4-16 Kibiro 地域の TEM 調査に基づく比抵抗平面図 8-22

図-8.4-17 Kibiro 地域の TEM 調査に基づく比抵抗平面図と高重力異常地域 8-22

図-8.4-18 ウガンダ国内の主要地域以外の地熱兆候地位置図 8-24

図-8.5-1 ウガンダのエネルギー鉱物開発省の組織構造 8-25

図-8.7-1 EIA レポート準備及び審査プロセス 8-32

図-9.1-1 ARGeo の仕組み 9-2

図-9.1-2 RMF プロジェクト承認プロセス 9-6

図-9.2-1 WBG の「再生可能エネルギー」「エネルギー効率」承諾額の推移 9-9

図-9.2-2 WBG のエネルギーセクター向け承諾額の中で「再生可能エネルギー」「エネルギー効率」の占める割合 9-9

図-9.2-3 WBG の地域別「再生可能エネルギー」「エネルギー効率」プロジェクトの内訳 9-10

図-9.3-1 GEF の「再生可能エネルギー」分野への支援の地域別内訳 9-12

図-9.3-2 GEF の「再生可能エネルギー」事業の技術別内訳 9-13

図-9.3-3 GEF の「再生可能エネルギー」プロジェクト 9-13

図-9.4-1 AfDB の承諾額の推移 9-14

図-9.4-2 AfDB の組織別承諾額(2009年) 9-15

図-9.4-3 AfDB のセクター別承諾額(2009年) 9-15

図-9.4-4 AfDB のインフラセクター承諾額内訳(2009年) 9-16

図-9.4-5 2002-2007年の AfDB グループのエネルギーセクター支援の内訳(2002年-2007年) 9-17

図-9.4-6 AfDB のエネルギーセクターへの支援のうち再生可能エネルギーが占める割合の推移 9-17

図-9.5-1 EIB の ACP/OCT 向け融資承諾額推移 9-18

図-9.5-2 EIB の ACP/OCT 向け地域別内訳(1963年-2007年累計) 9-18

図-9.5-3 EIB の ACP/OCT 向け融資のセクター別割合(2003年-2009年累計)9-19

図-9.6-1 KfW の支援スキーム 9-20

図-9.6-2 KfW の承諾額の推移(2003-2007年) 9-21

図-9.6-3 KfW の地域別承諾額(2007年)..... 9-21

図-9.6-4 KfW のセクター別承諾額(2007年)..... 9-22

図-9.6-5 KfW の気候変動対策関連の承諾額(2007年)..... 9-22

図-9.6-6 KfW のエネルギーセクターで「再生可能エネルギー」
プロジェクトの占める割合 9-23

図-9.6-7 KfW のエネルギーセクタープロジェクトの内訳
(2004年-2008年累計)..... 9-23

図-9.8-1 AFD のスキーム別承諾額の推移 9-25

図-9.8-2 AFD のサブサハラ諸国向け承諾額推移..... 9-26

図-9.8-3 AFD の気候変動対策関連プロジェクトの承諾額の推移 9-26

図-9.8-4 AFD の気候変動対策関連プロジェクトのセクター別内訳 (2009年)9-27

図-9.8-5 AFD の気候変動対策関連プロジェクトの地域別内訳(2009年).. 9-28

図-9.9-1 ICEIDA の国別承諾額内訳(2009年)..... 9-28

図-9.9-2 ICEIDA のセクター別承諾額内訳(2009年)..... 9-29

図-10.2-1 リフトバレー諸国の電源系統のモード..... 10-4

図-10.2-2 各国の電源構成の推移と 2025年における
系統連系(Simulation-1)..... 10-12

図-10.2-3 各国の電源構成の推移と 2025年における
系統連系(Simulation-2)..... 10-15

図-11.2-1 ケニアにおける地熱開発ロードマップ (1) 11-4

図-11.2-1 ケニアにおける地熱開発ロードマップ (2) 11-5

図-11.3-1 エチオピアにおける地熱開発ロードマップ (1) 11-9

図-11.3-1 エチオピアにおける地熱開発ロードマップ (2) 11-10

図-11.4-1 ジブチにおける地熱開発ロードマップ..... 11-14

図-11.5-1 タンザニアにおける地熱開発ロードマップ 11-18

図-11.6-1 ウガンダにおける地熱開発ロードマップ 11-20

図-12.3-1 地熱開発成功のための総合力 12-2

図-12.4-1 売電価格の構成 12-4

図-12.4-2 資金コストと売電価格の関係 12-4

図-12.4-3 中米 6カ国の電源構成の変化 12-5

図-12.4-4 円借款の売電価格低減効果 12-6

図-12.5-1 日本の地熱発電所の生産井深度分布..... 12-6

図-12.5-2 日本の地熱発電所の生産井 1本当たりの出力 12-6

図-12.5-3 地熱発電事業の収益性分布確率..... 12-7

図-12.5-4 リスクプレミアムによる対応 12-8

図-12.5-5 政府の初期調査によるリスクの低減.....	12-8
図-12.6-1 再生可能エネルギーの導入と政府の関与	12-9
図-12.7-1 アフリカにおける望ましい地熱開発体制の発展パターン	12-12

表目次

表-1.6-1	作業行程表	1-7
表-1.8-1	本調査の調査団構成及び業務担当	1-8
表-2.2-1	リフトバレー諸国の地熱ポテンシャル	2-3
表-3.1-1	リフトバレー諸国の経済指標	3-2
表-3.1-2	リフトバレー諸国の GDP 構成	3-3
表-3.2-1	リフトバレー諸国の一次エネルギー供給構造(2007年)	3-4
表-3.2-2	リフトバレー諸国の最終エネルギー消費における エネルギー供給構造(2007年)	3-4
表-3.2-3	リフトバレー諸国の電気事業概要	3-7
表-3.3-1	ケニア・オルカリア地区の地熱開発の現状	3-9
表-3.3-2	リフトバレー諸国における地熱開発状況概観	3-10
表-3.3-3	リフトバレー諸国における主な地熱地域	3-10
表-3.4-1	リフトバレー諸国に対する我が国の ODA 供与額 (1998-2007年の累計)	3-21
表-3.5-1	我が国の ODA による地熱支援状況	3-23
表-4.2-1	ケニアのエネルギー資源の埋蔵量	4-2
表-4.3-1	ケニアの発電設備容量(2010年6月現在)	4-7
表-4.3-2	ケニアの発電市場占有率	4-7
表-4.3-3	ケニアの送電線と配電線状況(2004年-2009年)	4-8
表-4.3-4	ケニアの電気料金の用途別顧客数	4-8
表-4.3-5	段階的 GDP 成長シナリオ	4-11
表-4.3-6	電力需要予測(2009年-2029年)	4-12
表-4.3-7	最小費用発電計画-新容量計画	4-12
表-4.3-8	送電網拡充計画	4-15
表-4.5-1	ケニアにおける各機関の地熱専門家	4-26
表-4.5-2	ケニアにおける各機関の保有機器リスト	4-27
表-4.5-3	ケニアにおける個人コンサルタント	4-31
表-4.6-2	ケニアの小規模水力発電買取価格	4-33
表-4.7-1	EIA に係る関連法規	4-37
表-4.7-2	地熱発電開発事業に関連したケニア国の環境法令・基準	4-37
表-4.7-3	用地取得に関連する法規	4-38
表-5.3-1	エチオピア全国系統における設備容量(2010年)	5-6
表-5.3-2	エチオピア電力供給データ	5-7
表-5.3-4	様々な電気料金区分に対するエネルギー料金	5-8

表-5.3-5	様々な電気料金区分に対する固定サービス料金	5-9
表-5.3-6	運転開始およびプロジェクト候補地点の詳細	5-11
表-5.3-7	送電系統拡充計画	5-13
表-5.5-1	エチオピアにおける各機関の地熱専門技術者	5-21
表-5.5-2	エチオピアにおける各機関の保有機器のリスト	5-22
表-5.5-3	エチオピアにおける個人の地熱コンサルタント	5-22
表-5.6-1	エチオピアの水力発電による電力の固定買取価格案	5-24
表-5.6-2	エチオピアのバイオマス発電による電力の固定買取価格案	5-24
表-5.6-3	エチオピアの風力発電による電力の固定買取価格案	5-24
表-5.6-4	エチオピアの地熱発電による電力の固定買取価格案	5-25
表-5.6-5	エチオピアのバガスによる電力の固定買取価格案	5-25
表-5.6-6	エチオピアの石炭・オイルシェール及び天然ガス発電 による電力の固定買取価格案	5-26
表-5.7-1	エチオピア国の関連環境法令・基準	5-26
表-5.7-2	エチオピア国のセクター別 EIA ガイドライン	5-27
表-5.7-3	エチオピア国の環境関連ガイドライン	5-27
表-6.3-1	Boulaos および Marabout ディーゼル発電所の詳細 (2009年)	6-5
表-6.3-2	ジブチ電力系統の系統損失	6-6
表-6.3-3	販売電力量と顧客データ	6-6
表-6.3-4	顧客別電気料金 (1996年-2008年)	6-7
表-6.3-5	電力需要想定	6-8
表-6.3-6	最小費用電力開発計画 (2009年)	6-9
表-6.3-7	地熱発電を考慮した場合の電源開発計画	6-10
表-6.3-8	PPA による国際連系供給力	6-10
表-6.3-9	送電系統改良工事	6-11
表-6.4-1	ジブチ国内の地熱地域別調査開発状況	6-16
表-6.5-1	ジブチにおける各機関の地熱専門技術者	6-20
表-6.5-2	CERD の保有機器リスト	6-20
表-7.2-1	タンザニアのエネルギー資源の埋蔵量	7-2
表-7.3-1	タンザニアの水力・火力設備容量	7-8
表-7.3-2	電圧別送電線	7-9
表-7.3-3	顧客数 (2004年-2008年)	7-9
表-7.3-4	タンザニア電力供給公社電気料金	7-10
表-7.3-5	電力需要予測	7-10
表-7.3-6	電源開発計画	7-11

表-7.3-7	送電線拡充計画（2010年-2033年）	7-13
表-7.4-1	タンザニアの地熱地域の調査状況	7-14
表-7.5-1	タンザニアにおける各機関の地熱専門家	7-21
表-7.5-2	タンザニアにおける保有機器リスト	7-22
表-8.2-1	ウガンダにおける再生可能エネルギーのポテンシャル	8-2
表-8.3-1	ウガンダの発電設備状況	8-7
表-8.3-2	ナイル川水力発電所からの発電電力量（2004年-2009年）	8-7
表-8.3-3	運転中主要送電線（～1998年）	8-9
表-8.3-4	既存顧客数	8-9
表-8.3-5	小売電気料金（2001年～2006年）	8-10
表-8.3-7	最小費用電力開発計画	8-12
表-8.3-8	送電線拡充計画	8-13
表-8.4-1	Buranga地域の温泉水の化学成分（mg/kg）と 安定同位体比（‰）分析結果	8-17
表-8.4-2	ウガンダ国内の代表的な地熱地帯の温泉水の地化学温度（℃）	8-17
表-8.4-3	Katwe-Kikorongo地域の温泉水の化学成分（mg/kg）と 安定同位体比（‰）分析結果	8-20
表-8.4-4	Kibiro地域の温泉水の化学成分（mg/kg）と 安定同位体比（‰）分析結果	8-23
表-8.4-5	ウガンダ国内の主要地域以外の温泉水地化学温度計算結果	8-24
表-8.5-1	ウガンダにおける各機関の地熱技術専門家	8-26
表-8.5-2	ウガンダにおける保有機器リスト	8-26
表-8.6-1	ウガンダにおける Feed in Tariff の買取価格一覧	8-28
表-8.6-2	政策の目的と政府の行動計画	8-28
表-8.7-1	ウガンダ国の関連環境法令・基準	8-30
表-9.1-1	ARGeo のコンポーネント	9-2
表-9.1-2	RMF のパイプラインプロジェクト	9-5
表-9.1-3	ARGeo のモニタリング指標	9-7
表-9.2-1	WBG の「再生可能エネルギー」「エネルギー効率」 事業の承諾額(2008年)	9-8
表-9.2-2	WBG の「再生可能エネルギー」「エネルギー効率」 地域別承諾プロジェクト数(2008年)	9-10
表-10.1-1	リフトバレー諸国の電源開発計画における地熱発電計画	10-2
表-10.2-1	リフトバレー諸国の連系線の前提	10-3
表-10.2-2	各国の必要な地熱発電計画（Simulation-1）	10-10

表-10.2-3 各国の電源開発計画 (Simulation-1)	10-11
表-10.2-4 各国の必要な地熱発電計画 (Simulation-2)	10-13
表-10.2-5 各国の電源開発計画 (Simulation-2)	10-14
表-10.3-1 アフリカ・リフトバレー諸国の地熱開発への期待	10-16
表-11.2-1 地域別の地熱主要データ (ケニア)	11-3
表-11.2-2 ケニアにおけるプロジェクトのコスト試算	11-6
表-11.3-2 エチオピアにおけるプロジェクトのコスト試算	11-11
表-11.4-1 地域別の地熱主要データ (ジブチ)	11-13
表-11.4-2 ジブチにおけるプロジェクトのコスト試算	11-15
表-11.5-1 地域別の地熱主要データ (タンザニアおよびウガンダ)	11-17
表-11.5-2 タンザニアにおけるプロジェクトのコスト試算	11-21
表-11.6-1 ウガンダにおけるプロジェクトのコスト試算	11-22
表-13.2-1 2005年時点の地熱技術者の活動状況	13-1
表-13.2-2 2005年までに地熱研修を受講した人員	13-2
表-13.2-3 2010年までの必要養成数	13-2
表-13.2-4 各国の保有機器	13-3
表-13.2-5 各研究室で行われている化学分析	13-4
表-13.2-6 2010年3月時点での専門家・熟練工	13-8
表-13.2-7 2010年時点における保有機器	13-8
表-13.2-8 今後5年間に必要となる専門技術者の推定人員	13-9
表-13.3-1 現時点で地熱開発に従事している技術者	13-11
表-13.3-2 2009年までに各種機関で地熱研修を受けた技術者の国別内訳 ..	13-11
表-13.3-3 2009年までの UNU-GTP において6カ月間研修を 受けた技術者の国別内訳	13-12
表-13.3-4 国連大学アイスランド及びケニアで研修を受け 地熱開発に従事している技術者	13-12
表-13.3-5 今後10年間に必要となる新たな人材 (調査団による推計)	13-12
表-13.3-6 現在利用可能な機器	13-13
表-13.4-1 ケニアにおける既存及び必要とされる専門家	13-22
表-13.4-2 ケニアにおける既存及び必要とされる機器リスト	13-23
表-13.5-1 エチオピアにおける今後10年間における地熱発電開発計画	13-26
表-13.5-2 エチオピアにおける既存及び必要とする専門技術者	13-26
表-13.5-3 エチオピア国内における既存及び必要な機器の内訳	13-27
表-13.6-1 ジブチにおける既存及び将来的に必要となる専門技術者	13-30
表-13.6-2 CERD の既存及び必要とする機器装置	13-31

表-13.7-1	タンザニアにおける既存及び必要とされる 専門技術を有する人材	13-34
表-13.7-2	タンザニアにおける既存及び必要とされる機器装置	13-35
表-13.8-1	ウガンダにおける既存及び必要とする専門技術を有する人材 ...	13-38
表-13.8-2	ウガンダにおける既存及び必要とされる機器	13-39
表-14.2-1	ケニアの 2029 年までの電源開発計画概要	14-1
表-14.2-2	GDC による 2010 年～2018 年までの調査井・生産井掘削計画 ..	14-2
表-14.2-3	リグ必要量見通し	14-2
表-14.2-4	GDC の今後 10 年間の必要資金見通し	14-3
表-14.2-5	GDC の活動資金の調達計画	14-3
表-14.2-6	ケニアの地熱開発に対する各国の支援状況	14-3
表-14.3-1	エチオピアの地熱開発に対する各国の支援状況	14-6
表-14.4-1	ジブチの地熱開発に対する各国の支援状況	14-9
表-14.5-1	タンザニアの地熱開発に対する各国の支援状況	14-11
表-14.6-1	ウガンダの地熱開発に対する各国の支援状況	14-13

写真

写真-2.2-1 ケニア Oserian 農場における地熱の多目的利用 2-5
 写真-2.2-2 ケニア・エブル地区における地熱有効利用 2-6

前提

前提-10.2-1 ジブチにおける電力需要シミュレーションの前提 10-5
 前提-10.2-2 エチオピアにおける電力需要シミュレーションの前提 10-6
 前提-10.2-3 ケニアにおける電力需要シミュレーションの前提 10-7
 前提-10.2-4 ウガンダにおける電力需要シミュレーションの前提 10-8
 前提-10.2-5 タンザニアにおける電力需要シミュレーションの前提 10-9

略語表

AAS	Atomic Absorption Spectrometry	原子吸光分析法
ACP	African, Caribbean and Pacific Group of States	アフリカ・カリブ・太平洋諸国
ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
ADF	African Development Fund	アフリカ開発基金
ADLI	Agricultural Development Led Industry	農業主導による産業開発
AFD	Agence Française de Développement	フランス開発庁
AMT	Audio-frequency Magneto Telluric method	可聴周波数域地磁気地電流法
ARGeo	African Rift Geothermal Development Program	アフリカリフトバレー地熱エネルギー開発ファシリテイ
ASC	ARGeo Steering Committee	ARGeo 運営委員会
AUC	African Union Commission	アフリカ統一委員会
AfDB	African Development Bank	アフリカ開発銀行
BGR	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe	地科学天然資源研究所
BOO	Build Own Operate	BOO 方式
BRGM	Bureau de recherches géologiques et minières	地質鉱物調査所
CCM	Chama Cha Mapinduzi	タンザニア革命党
CDM	Clean Development Mechanism	クリーン開発メカニズム
CEIF	Clean Energy Investment Framework	クリーンエネルギー投資枠組み
CERD	Centre de Recherche Scientifique de Djibouti	ジブチ科学技術研究所
CF	Carbon Finance	カーボンファイナンス
CIDA	Canadian International Development Agency	カナダ国際開発庁
CIF	Climate Investment Fund	気候変動対策投資基金
CRMA	Climate Risk Management and Adaptation Strategy	気候リスク管理・適応戦略
CSF	Credit Support Facility	公的信用機関
CTF	Clean Technology Fund	クリーンテクノロジー基金
China EXIM	The Export-Import Bank of China	中国輸出入銀行
DCCSF	Development and Climate Change: A Strategic Framework for the World Bank Group	開発と気候変動: WBG の戦略的枠組み
DGSM	Department of Geological Survey and Mineral Development	エネルギー・鉱物資源省の地質調査・鉱物資源局
DNA	Designated National Authority	国家指定機関
DOE	Department of Environment	環境局
DOE	Division of Environment	環境局
EA	Environmental Audit	環境監査
EARS	East African Rift System	東アフリカ地溝帯
EEA	Ethiopian Electricity Agency	エチオピア電力庁
EEPCO	Ethiopian Electric Power Corporation	エチオピア電力会社
EIA	Environmental Impact Assessment	環境影響評価
EIB	European Investment Bank	欧州投資銀行
EIS	Environmental Impact Statement	環境影響評価報告書

ELC	Electroconsult	Electroconsult 社
EMCA	Environmental Management Coordination Act	環境管理調和条例
EMP	Environmental Management Plan	環境管理計画
EMP	Environmental Management Plan	環境管理計画
EPA	Federal Environmental Protection Authority	エチオピア環境保護庁
EPP	Emergency Power Provider	緊急発電プロバイダー
ERA	Electricity Regulatory Authority	電力監督庁
ERB	Electricity Regulatory Board	電力監督委員会
ERC	Energy Regulatory Commission	エネルギー規制委員会
ERS	Economic Recovery Strategy for Wealth and Employment Creation	経済再生戦略
ESI	Kenyan Electricity Supply Industry	ケニア電力供給産業
ESIA	Environmental and Social Impact Assessment	環境社会影響評価
ESPRIT	EPDC System Planning Program Reflecting Interconnection & Transmission	連系系統の最少費用電源開発計画策定プログラム
ET	Energy Tribunal	エネルギー裁定局
EU	European Union	欧州連合
EWCA	Ethiopian Wildlife Conservation Authority	エチオピア国野生生物保護庁
EWURA	Energy and Water Utilities Regulatory Authority	エネルギー・水管理規制庁
Edd	Electricite de Djibouti	ジブチ電力公社
FEC	First Energy Company Ltd	First Energy Company Ltd 社
FIP	Forest Investment Program	森林投資計画
FISEA	Investment and Support Fund for Business in Africa	民間ビジネス支援ための基金
FIT	Feed In Tariff	固定価格買取制度
FRUD	Front for the Restoration of Unity and Democracy	反政府軍
FS	Feasibility Study	フィージビリティ調査
GDA	Geothermal Development Associates	米国地熱開発協会
GDC	Geothermal Development Corporation	国有地熱開発会社
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
GEF	Global Environmental Facility	地球環境基金
GIS	Geographic Information System	地理情報システム
GNI	Gross National Income	国民総所得
GPS	Global Positioning System	全地球測位システム
GRA	Geothermal Resources Act	地熱資源法
GSE	Geological Survey of Ethiopia	エチオピア地質調査所
GST	Geological Survey of Tanzania	タンザニア地質調査所
GSU	Geological Survey of Uganda	ウガンダ地質調査所
GTZ	Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit	ドイツ連邦政府技術協力機関
GWDC	Great Wall Drilling Company	中国 Great Wall 掘削会社
HIPC	Heavily Indebted Poor Countries	重債務貧困国
HRD	Hydrocarbon Resources Development	HRD 社
IAEA	International Atomic Energy Agency	国際原子力機関
IBRD	International Bank for Reconstruction	国際復興開発銀行

	and Development	
ICEIDA	Icelandic International Development Agency	アイスランド国際開発庁
ICP-MS	Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry	ICP 質量分析
ICS-UNIDO	International Centre for Science and High Technology United Nations Industrial Development Organization	国連工業開発機関国際科学先端技術センター
ICSID	International Centre for Settlement of Investment Disputes	国際投資争議調停センター
IDA	International Development Association	国際開発協会
IEA	International Energy Agency	世界エネルギー機関
IFC	International Finance Corporation	国際金融公社
IGA	International Geothermal Association	国際地熱協会
IMF	International Monetary Fund	国際通貨基金
IPP	Independent Power Producer	独立系発電事業者
ISOR	Íslenskar orkurannsóknir	アイスランド地質調査所
JBIC	Japan Bank for International Cooperation	国際協力銀行
JETRO	Japan External Trade Organization	(独) 日本貿易振興機構
JGI	Joint Geophysical Imaging	総合地球物理イメージング
JICA	Japan International Cooperation Agency	(独)国際協力機構
KETRACO	Kenya Electricity Transmission Company	ケニア送電会社
KPC	Kenya Power Company	ケニア電力会社
KPLC	Kenya Power & Lighting Company	ケニア電力・電灯会社
KWS	Kenya Wildlife Service	ケニア野生公社
KenGen	Kenya Electric generation Company	ケニア発電会社
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau	ドイツ復興金融公庫
LRA	Lord Resistance Army	神の抵抗軍
MDGs	Millennium Development Goals	ミレニアム開発目標
MDRI	Multilateral Debt Relief Initiative	多国間債務救済イニシアティブ
MEM	Ministry of Energy and Minerals	エネルギー鉱物省 (タンザニア)
MEMD	Ministry of Energy and Mineral Development	エネルギー鉱物資源省 (ウガンダ)
MENR	Ministry of Energy and Natural Resources	エネルギー天然資源省 (ジブチ)
MIGA	Multilateral Investment Guarantee Agency	多国間投資保証機関
MME	Ministry of Mines and Energy	鉱物エネルギー省 (エチオピア)
MOE	Ministry of Energy	エネルギー省 (ケニア)
MT	Magneto Telluric	地磁気地電流法
MoU	Memorandum of Understanding	覚書
N.A.	Not available	該当なし
NCG	Non-condensable Gas	非凝縮性ガス
NDP	National Development Plan	5 年 国家開発計画
NEDO	New Energy and Industrial Technology Development Organization	(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構
NEMA	National Environmental Management	国家環境管理局

NEMC	Agency National Environmental Management Council	国家環境管理委員会
NGO	Non-Governmental Organization	非政府組織
NIPA	National Investment Promotion Agency	ジブチ国家投資促進庁
NORAD	Norwegian Agency for Development Cooperation	ノルウェー国際開発庁
NPES	National Poverty Eradication Strategy	貧困撲滅戦略
NSGRP	National Strategy for Growth and Reduction of Poverty	成長と貧困削減のための国家戦略
NTF	Nigeria Trust Fund	ナイジェリア信託基金
OCT	Overseas Countries and Territories	海外領邦
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
ODLC	Oserian Development Company Ltd	Oserian 開発会社
ODM	Orange Democratic Movement	オレンジ民主運動
OJT	On-theJob-Training	オンザジョブトレーニング
ONLF	Ogaden National Liberation Front	オガデン民族解放戦線
OP	operational policy	非自発的住民移転に係る運用施策
PA	Project Agreement	プロジェクト契約
PASDEP	Plan for Accelerated and Sustained Development to End Poverty	第二次貧困削減計画（エチオピア）
PCF	Prototype Carbon Fund	世界銀行プロトタイプ・カーボンファンド
PEAP	Poverty Eradication Action Plan	貧困撲滅行動計画
PHDR	Poverty and Human Development Report	貧困・人間開発報告書
PMO-RALG	Prime Ministers Office Regional Administration and Local Government	首相府地域事務及び自治政府
PMU	Project Management Unit	プロジェクト管理ユニット
PNOC	Philippine National Oil Corporation	フィリピン石油公社
PNU	Party of National Unity	与党国家統一党
PPA	Power Purchase Agreement	電力購入契約
PPCR	Pilot Program for Climate Resilience	気候レジリエンスのためのパイロットプログラム
PR	Project Report	プロジェクト・レポート
PRDP	Peace Recovery and Development Plan	北部ウガンダ平和復興開発計画
PROPARCO	Promotion et Participation pour la Coopération économique	AFD（フランス開発庁）民間金融部
PRS	Poverty Reduction Strategy	貧困削減戦略
PRSP	Poverty Reduction Strategy Paper	貧困削減計画
PV	Photovoltaic	太陽光発電
Pre-FS	Pre Feasibility Study	プレ FS 調査
RAP	Resettlement Action Plan	住民移転計画
REA	Rural Electrification Authority	地方電化局
REA	Rural Energy Agency	地方エネルギー庁
REB	Rural Energy Board	地方エネルギー委員会
REF	Rural Energy Fund	地方エネルギー基金
REI	Reykjavik Energy Investment	レイキャビックエネルギー会社
RG	Reykjavik Geothermal	レイキャビック地熱会社

RMF	Risk Mitigation Fund	リスク削減ファシリティ
RPP	Rassemblement Populaire Pour le Progres	進歩人民同盟
SCF	Strategic Climate Fund	戦略的気候（変動対策）基金
SDPRP	Sustainable Development and Poverty Reduction Program	第一次貧困削減計画
SIAP	Sustainable Infrastructure Action Plan	持続可能なインフラ支援プログラム
SIDA	Swedish International Development Cooperation Agency	スウェーデン国際開発庁
SPPA	Standardized Small Power Purchase Agreement	小規模電力売買契約
SPPs	Zanzibar Electricity Corporation	小規模発電所
SREP	Scaling Up Renewable Energy in Low Income Countries Program	低所得国向けスケールアップ再生可能エネルギープログラム
SSA	Steam Supply Agreement	スチーム供給契約
STM	Standardized Tariff Calculation Methodology	主要システムに対する標準化した料金計算方法
TAF	Technical Assistance Facility	技術支援
TANESCO	Tanzania Electric Supply Company	タンザニア電力供給公社
TDEM	Time Domain Electro Megnetic	TDEM 法
TDS	Total Dissolved Solid	全蒸発残留物
TEDAP	Tanzania Energy Development And Access Project	タンザニアエネルギー開発アクセスプロジェクト
TICAD	Tokyo International Conference on African Development	アフリカ開発会議
UAERA	Uganda Revenue Authority	ウガンダ代替エネルギー資源庁
UEB	Uganda Electricity Board	ウガンダ電力公社
UEDCL	Uganda Electricity Distribution Company Limited	ウガンダ配電会社
UEGCL	Uganda Electricity Generating Company Limited	ウガンダ発電会社
UETC	Uganda Electricity Transmission Company	ウガンダ電力会社
UETCL	Uganda Electricity Transmission Company Limited	ウガンダ送電会社
UNDP	United Nations Development Programme	国連開発計画
UNEP	United Nations Environment Programme	国連環境計画
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization	国連教育科学文化機関
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change	国連気候変動枠組条約
UNIDO	United Nations Industrial Development Organization	国連工業開発機関
UNU-GTP	United nations University-Geothermal Training Program	国連大学地熱研修コース
WB	World Bank	世界銀行
WBG	World bank Group	世界銀行グループ
WDI	World Development Indicators	世界開発指標

WFB	Wonji Fault Belt	ウォンジ断層帯
XRD	X-Ray Diffract meter	X線回折装置
ZECO	Zanzibar Electricity Corporation	ザンジバル電力公社

要 約

本調査報告書は、アフリカ・リフトバレー地域の地熱開発の現状や地熱資源の状況に関し情報を整理し、その上で、今後の地熱開発の進め方、JICAの支援のあり方について検討したものである。サブサハラ・アフリカにおいては一般的に安定した電力供給がなされている地域は限られている状況にあり、それが投資促進の阻害要因となり、持続的発展のボトルネックの一つとなっている。このような中、地熱発電は、その供給安定性やその再生可能性からクリーンエネルギーとして注目が集まっている。しかしながら、これらの国においては最新のデータ等の十分な情報もなく JICA として同地域に対して具体的にどのような支援が可能化についての十分な検討がなされていない状況にある。このような状況を踏まえ、リフトバレー地域における「地熱開発の現況に関する情報を網羅的に収集、分析し、かつ、JICA による今後の地熱開発支援のあり方を具体的に検討すること」を目的に本件調査が行われた。対象国は、リフトバレー地域のケニア、エチオピア、ジブチ、タンザニア、ウガンダの 5 カ国である。

東アフリカ・リフトバレーは地球規模で見られる大きな地殻構造の一つである。最近の報告によると、東部アフリカ地域全体では約 15,000MW 相当の地熱発電ポテンシャルが推定されている。この地域では、最も地熱エネルギー開発が進んでいるのはケニアであり、ついでエチオピアである。ケニアでは今日まで地熱発電設備容量 204MW が既に設置され、エチオピアでは 7.3MW 地熱パイロットプラントが建設されている。次いでジブチでは調査井の掘削を伴う調査が行われている。タンザニア、ウガンダでは、未だ探査段階にある。しかしながら、いずれの国においても水力への過度の依存から脱却し、エネルギー源の多様化を図るため、国産エネルギーである地熱発電に関する期待は高まっている。

本報告書では、これらの各国について、最初に基礎情報として、電力事情、地熱資源の賦存と開発状況、地熱開発技術力、エネルギー政策、環境政策などの情報を整理した。これらは第 1 編において各国毎に第 4 章から第 8 章までにまとめられている。また、各ドナー国の支援状況を第 9 章に援助機関毎にまとめた。さらに、各国の地熱資源に関する既存情報を整理し、概略の有望性を評価した。これらは添付資料としてまとめられている。

本報告書では、次いで第 2 編において、調査団の意見としての今後の地熱開発のあり方を検討した。まず、電力事情から見て地熱にどの程度の期待が寄せられているかを第 10 章において検討し、それに各国の地熱資源の開発状況を考慮し、今後の期待される開発スケジュールを各国別のロードマップとして第 11 章に示した。さらに、このロードマップに従って開発を進める場合に重要となる政府の役割を第 12 章に記載し、また、同時に重要となる技術力の向上の必要性を第 13 章に記載した。さらにこれらを基に、国としてロードマップをどのように進めるべきかについて第 14 章に記述した。最後にこの中で JICA に期待される支援案件を第 15 章に示した。この内容を以下に簡単に記す。

第 10 章においては、各国の電源開発計画で期待されている地熱の規模と、調査団独自に行ったリフトバレー地域の統合システムに対するシミュレーション結果とから、各国の地熱開発への期待を検討した。この結果、2025 年までに国別に見ると、ケニアは 1,600～2,000MW 程度、エチオピアは 450～700MW 程度、ジブチは 60～80MW、タンザニアは 100MW 程度、ウガンダは 70～90MW 程度の合計で概ね 2,300～3,000MW 程度の開発が期待されていると考えられた。

第 11 章では、各国の資源状況を踏まえ、この開発を行うために必要な地熱開発計画（ロードマップ）と必要資金見通しを作成してみた。ケニアにおいては約 2,000MW の開発のため、現在の Olkaria 地域の開発に加え、Menengai 地域で 6 地区、Silali 地域で 4 地区、Paka 地域で 3 地区の積極的な地熱開発が必要である。エチオピアでは約 700MW の開発を行うため、現在進行中の Aluto Langano 地域の地熱開発の推進に加え、Tendaho 地、Coevetti 地域、Abaya 地域の開発の推進が必要である。さらにこれらに続け 5 地域の開発が必要となり、その地点の抽出のため、全国調査が必要と考えられる。ジブチにおいては約 80MW の開発目標を達成するため、Asal 地域の開発が必要である。但し、同地域は高塩分等の技術問題を抱えている。このため、試験研究的要素を加味して段階的な開発が適当と考えられる。また、Asal 地域の開発が難しい場合に備え、他地域の開発にも乗り出す必要がある。このため、全国調査を行い、その後、2 地域での開発をめざす必要があると考えられる。タンザニアにおいては約 100MW の開発が必要である。このため、現在、ドイツの支援を受け開発中の Mbaya 地域の開発を進める一方、他に 3 地域の開発が必要であり、このため、全国調査を実施することが適当と考えられる。ウガンダでは約 90MW の開発目標を達成する必要がある。このため、有望性が指摘されている Kibiro 地域の開発を行うと共に、ドイツの支援による Buranga の開発を進め、また、他に 1 地域の開発を進めるため、全国調査を実施して抽出することが望ましいとの内容のロードマップを作成した。

第 12 章においては、地熱は資源開発のリスクが大きいいため、調査井の掘削されていない地域にいきなり民間企業の参加を期待することは難しいことを示し、これへの対策として、政府の調査の必要性を示した。現在、ケニアはこの方式で地熱開発をリードしている。このためこの“ケニアモデル”をリフトバレー地域のモデルとすることが重要ではないかとの認識を示した。

第 13 章においては、各国の技術者数や保有設備を明らかにし、技術力の向上の必要性を示した。ケニアでは技術者は現在 211 名であるが、今後 10 年間にはさらに 401 名増強する必要がある、機材の強化には約 447 百万ドル必要であると考えられる。エチオピアでは技術者は現在 72 名であるが、今後 10 年間にはさらに 285 名増強する必要がある、機材の強化には約 131 百万ドル必要であると考えられる。ジブチでは技術者は現在 22 名であるが、今後 10 年間にはさらに 57 名増強する必要がある、機材の強化には約 7.5 百万ドル必要であると考えられる。タンザニアでは技術者は現在 35 名であるが、今後 10 年間には 83 名増強する必要がある、機材の強化には約 7.6 百万ドル必要であると考えられる。ウガンダでは技術者は現在 28 名であるが、今後 10 年間には 77 名増強する必要がある、機材の強化には約 7.6 百万ドル必要であると考えられる。

第 14 章においてはロードマップに沿って開発を行う際、各国に期待される行動を示した。ケニ

アでは、政策面に関しては、ケニアは既に国主導の地熱開発体制を整えている。これは地熱を推進する上で非常に望ましい体制であるといえ、アフリカ・リフトバレー諸国のモデルともなりうる体制である。これにより、地熱推進を図ることとしているが、ケニアの行うべきことはまず第1に、この体制に従っての強力な地熱開発の推進である。資源開発面に関しては、GDCが野心的な開発計画を有している。ケニア政府としてはGDCがこれに沿って事業が行えるように最大限の支援を行う必要がある。ケニアの地熱開発上の最大の課題は、この積極的な地熱開発を支える資金の調達である。政府資金に加え、援助機関からの強力な支援が必要である。ケニア政府はこの資金調達にあらゆる努力を行う必要がある。第2の課題は、積極的な地熱開発を支える技術者の育成である。このため、GDCはOJT、UNU等の研修の積極的利用などを考えているが、あわせて、自身の研修施設の整備も検討している。これらを活用して技術者の養成を急ぐ必要がある。

エチオピアは、政策面において、地熱開発の推進体制を整える必要がある。現在、Aluto Langano地域において、GSEとEEPCOを中心に資源評価のプロジェクトが進められようとしているが、この調査の進展に伴い、EEPCO内に地熱開発の専門組織を設立することが望まれる。あるいは将来、地熱開発の専門会社を設立して、地熱資源の開発や地熱発電所の運営を当たらせることも考えられる。いずれにせよ、地熱開発は多額の金額を動かす事業である。研究目的の組織ではなく、資金、人員を効率的に動員でき、経験が内部に蓄積するような組織が必要である。資源開発面においては、Aluto LanganoやTendahoなど有望地域の地熱調査の積極的な推進が望まれる。これら両地域では、資源量把握のため、調査井の掘削が望まれる。また、引き続き、発電所の建設が期待される。この2地域に続いて、有望と考えられるAbayaやCorbettiなどの地域の資源量評価調査の実施が望まれる。さらに、その他の有望地域を抽出するため、全国資源量調査を行い、有望地域を絞り込む必要がある。このように、各地域の資源量を調査し、早期にEEPCOの電源開発計画に具体的な計画として計上することが望まれる。技術面では、地熱開発に携わる技術者の育成が不可欠である。我々の推計では、今後、280名以上の技術者を確保しなければならない。国連大学での研修やOJTなどを通じ、早急に育成する必要がある。また、機材の整備も必要である。特に掘削リグの調達が必要になる。エチオピアは現在、2台のリグを保有しているが、今後地熱開発の進展に伴い、さらに4台のリグが必要となろう。資源調査の進展にあわせてこの調達も急がれる。

ジブチの地熱開発体制の問題の1つは、監督官庁であるエネルギー天然資源省の体制が貧弱であるという点である。地熱開発への関心が高まるにつれ、エネルギー天然資源省内に適切な地熱専門家を含めた地熱を対処する部署を創設する必要がある。この部署に対しては、地熱政策を策定し、明確な許認可システムにより公的機関もIPPも地熱開発への参画を可能にする地熱法を整備することを推奨する。また、地熱開発を促進・支援するための基本方針、すなわち、民間に開発を委ねるのか国主導で開発を進めるのかの方針決定が必要である。国主導の開発の場合、一つの案として、EdD内に地熱開発の担当部局を新設し、CERDから必要な人材を移籍させ、そこが地熱開発の中心になる体制を構築する案が考えられる。あるいは地熱調査・開発を担う地熱開発会社を設立して、EdDに売電することも選択肢として考えられる。これらが成功するためには、政府が国際援助機関からの支援を得ることができるか否かに依存している。一方で、幸いAsal

地域には民間 IPP が既に開発の関心を表明しているため、民間 IPP による開発という現在の開発体制をこのまま進めるといった選択肢もありうる。問題はいずれの開発体制を採用するかが決まっていない点である。現在、民間 IPP が開発参入の前提として示している希望売電価格と政府の希望購入価格との間には大きな差が存在すると伝えられている。政府がこの民間 IPP による開発体制に執着するのであれば、基本的にはこの差は甘受せざるを得ない。その判断を行うに当たり、必要があれば、外部専門家による助言と技術的支援を求め、その過程において外部コンサルタントからプロジェクト契約（PA）及び電力購入契約（PPA）に関する交渉技術や、IPP の経営に対する管理方法について学習することが必要である。また、もしこの差が甘受できないと考えるならば、上述の国主体の開発体制を検討すべきである。EdD に地熱開発推進主体を構築し、ODA などの資金コストの低い資金の調達に努め、地熱の仕上がりコストを安価にする方策を検討すべきである。また、これにより国内に地熱開発の中核開発事業者（Local Champion）を育成し、これを通じて国内に地熱産業を育成する戦略を検討すべきである。

Asal 以外の地域の資源調査も重要である。これに対しては、まず全国調査を行い、有望地域を抽出し、その中から調査井掘削を伴う資源調査を行うことが適当である。この資源調査は当面、CERD を中心に行うことが現実的ではあるが、前述の如く、EdD に地熱担当の部局ができた場合、ここに政府の資金や ODA 資金を注入し、国の責任にて積極的に資源調査を推進することが望まれる。技術面では、他の諸国と同様に、地熱開発に携わる技術者の育成が不可欠である。国連大学での研修や OJT などを通じ、早急に育成する必要がある。また、機材の整備も必要である。資源調査と並行して、この調達も急がれる。

タンザニアにおいては、地熱開発を促進するためには、第一に資源面での調査を急ぐことである。現在、Mbeya 地域の調査が BGR の支援で進んでいるが、国内にはこのほかにも有望地点がいくつか存在する。このため、全国地熱資源量調査を行い、国全体の有望地域の調査レベルをあわせ、これを基に有望地域の抽出を行う必要がある。その上で、抽出された有望地域に対し、順次、資源賦存量を確認するという必要がある。地熱の資源量調査には調査井掘削が不可欠であるため、これには調査井の掘削を含む調査の実施が必要である。このようにして資源量を把握した上で、今後の開発戦略を検討し、明確な地熱開発のロードマップを政府自身の手で策定する必要がある。この資源調査にあわせて、政策面でも地熱開発の体制も整備していくことが必要である。タンザニアではまだ地熱発電所が開発されていない現状において、民間 IPP の参加を期待することは困難と予想される。このため、政府及び恐らく TANESCO または特別目的会社が、まず地熱開発についての主導的な役割を果たし、地熱資源が確定された後、民間セクターが参入しやすい環境を形成していく様にするのが望まれる。このため、地熱法の整備を含め、推進体制の整備を図る必要がある。技術面においては、多くの専門家を雇用し養成していく必要がある。

ウガンダにおいてもタンザニアと同様の行動が期待される。地熱開発を促進するためには、第一に資源面での調査を急ぐことである。現在、Buranga 地域の調査が BGR の支援で進んでいるが、国内にはこのほかにも Kibiro 地域をはじめ有望地点がいくつか存在する。地熱の資源量調査には調査井掘削が不可欠であるため、これには調査井の掘削を含む調査の実施が必要である。また、これに続く有望地域を抽出するため、全国地熱資源量調査を行い、その他の有望地域の抽出

を行う必要もある。その上で、抽出された有望地域に対し、順次、調査井の掘削により資源賦存量を確認するという必要がある。このようにして資源量を把握した上で、今後の開発戦略を検討し、明確な地熱開発のロードマップを政府自身の手で策定する必要がある。政策面では、この目標を達成するためには政府は包括的な開発戦略を制定することが必要である。ウガンダの場合、電力セクターの民営化が進んでおり、発電事業は民間 IPP を基本にしている。仮に、この体制で進めようとするならば、政府は民間の地熱開発を支援するためのより有効なインセンティブ政策や地熱法を策定することが必要である。しかし、調査団の見解としては、タンザニアと同様にウガンダも地熱発電所がないため、民間 IPP の参入を最初から期待するのは困難であろうと思慮する。このため、国の果たす役割が大きくなる。ウガンダ地質調査所の人材と機能を充実させ、ここが先導的な資源調査を行うべきである。資源調査が進捗し、地熱開発が期待できるようになった場合、例えば、ウガンダ発電会社（UEGCL）に地熱担当部局を作らせ、そこが国からの委託事業により地熱開発を担当できるような制度構築が望まれる。このほか、技術面では、技術者の育成も必要となる。さらに、地質調査所の地化学研究室を増強するために、坑井試験装置を含めて設備の強化が必要である。

第 15 章では JICA に期待される支援案件を抽出した。JICA の支援に当たっては、「技術協力は具体的な地熱開発プロジェクトと一緒に行うべきである」、「ケニアを成功事例として育成すること」及び「リスクをとる援助の創出」が非常に重要と考えられる。特に、地熱開発の最大の障害は資源開発リスクであり、これを乗り越えるためには調査井掘削を含む大型の開発調査（調査期間 3 年程度、事業費 10-20 億円程度）の創出が望まれる。各国の支援案件としては、ケニアにおいては GDC の活動資金に対する円借款、新規地域の資源調査に対する開発調査、教育訓練施設の整備支援など、エチオピアにおいては、円借款による Aluto Langano 地熱発電所の建設支援、Abaya や Corvetti のような第 3 の有望地点での調査井掘削を含む大型開発調査による支援、これらに続く有望地点の発掘のための全国調査などが支援対象となる。ジブチに対しては、最大の課題は Asal 地域の開発支援である。この地域に対しては、井戸の掘削を含む資源調査を行い、今後の開発の可能性（あきらめる選択肢も含め）を検討する調査が支援対象となる。Asal 地域以外の有望地域の発掘も必要である。このため、全国地熱資源賦存量調査を行い、そこから有望地域を選定し、調査井掘削を含む資源調査も必要である。タンザニアに対しては、全国地熱資源量調査を行い、有望地域を抽出する業務支援が必要である。また、抽出された有望地域に対し、調査井掘削を含む資源量調査が必要である。これに対する技術面からと資金面からの支援を積極的に行う必要がある。ウガンダにおいては、Kibiro 地域における調査井掘削を含む資源量調査支援が必要である。また、これ以外の地域の発掘のため、全国地熱資源量調査を行い、有望地域を抽出する業務の支援が必要である。その上で、抽出された有望地域に対し、同様に調査井掘削を含む資源量調査が必要である。これに対する技術面からと資金面からの支援を積極的に行う必要がある。

地熱はエネルギー開発を通じて国内雇用の創出や国内経済の発展が図られる可能性を秘めているエネルギーである。今後、アフリカ・リフトバレー地域の地熱開発が活発化することが大いに期待される。

第 1 編 リフトバレー諸国の地熱開発の現状

第1章 はじめに

第1.1節 調査の目的

サブサハラ・アフリカにおいては一般的に安定した電力供給がなされている地域は限られている状況にあり、それが投資促進の阻害要因となり、持続的発展のボトルネックの一つとなっている。このような中、地熱発電の利用に注目が集まっており、その供給安定性などの観点からサブサハラ・アフリカ地域においては他の電源に対し比較優位性を有していると考えられている。また、地熱発電はその再生可能性からクリーンエネルギーとして注目されている。

サブサハラ・アフリカ地域の地熱開発に関しては、旧 JBIC が行ったケニア、ウガンダ、タンザニアの3カ国における案件形成の既往調査があるものの、この3カ国以外にもエチオピア、ジブチ等の地熱賦存国でも地熱の潜在的利用可能性が指摘されている。しかしながら、これらの国においては最新のデータ等の十分な情報もなく JICA として同地域に対して具体的にどのような支援が可能化についての十分な検討がなされていない状況にある。また、ケニア、ウガンダ、タンザニアにおいても昨今、世銀、ドイツ等の援助機関により地熱開発支援が行われており、最新の情報をもとに現状を分析する必要が出てきている。さらに、地熱は電力のみならず熱水の有効利用により地域開発・雇用創出効果なども期待できる。

このような状況を踏まえ、リフトバレー地域における「地熱開発の現況に関する情報を網羅的に収集、分析し、かつ、JICA による今後の地熱開発支援のあり方を具体的に検討すること」を目的に本件調査を行ったものである。

第1.2節 調査対象地域

エチオピア、ジブチ、タンザニア、ウガンダ、ケニアの5カ国を含む東アフリカ・リフトバレー諸国

第1.3節 調査の内容

(1) 調査分野

本調査においては以下の7分野を主な調査分野として、地熱開発に関する情報・分析を行い、サブサハラ・アフリカ地域の地熱開発の今後のあり方を検討し、JICA による具体的な支援方策を提言した。

- ① 総括・地熱開発
- ② エネルギー政策
- ③ 地熱開発技術力評価
- ④ 援助政策
- ⑤ 電力計画
- ⑥ 地熱資源評価

⑦ 環境社会配慮・多目的利用

(2) それぞれの分野の内容は次の通りである。

①総括・地熱開発

- ・ 調査全体の方針を定め、全体取りまとめを行った。
- ・ あわせて、各分野の検討結果を統合し、JICA 全体の今後の支援策を検討した。

②エネルギー政策

- ・ 各国のエネルギー政策推進体制を調査し、整理した。
- ・ 各国のエネルギー政策、再生可能エネルギー政策、地熱開発政策を調査し、整理し、地熱開発を推進するために必要な方策を検討した。

③地熱開発技術力評価

- ・ 各国の地熱開発関係機関（地質調査所、電力会社、地熱開発会社等）の技術力を、開発実績・保有機材、技術者の能力・予算などの面から評価を試みた。
- ・ 各国の地熱開発力を向上させる方策を検討し、提言した。

④電力計画

- ・ 各国の電力事情、電力需給見通し、電源開発計画、IPP の参入動向等を調査し、整理した。
- ・ 今後の電力需給から地熱に期待される役割を検討した。

⑤地熱資源評価

- ・ 国内の既存地熱資源データを収集し、ポテンシャル、今後の開発見通しなどを整理した。
- ・ 有望地域を資源ポテンシャル、電力需給からの要請、地域開発効果などの観点から抽出した。
- ・ 有望地域の今後の開発促進のためのロードマップを作成した。

⑥環境社会配慮・多目的利用

- ・ 各国の地熱開発に関連する環境法制度（環境基準、環境アセス手続き、森林法・公園法などとの関係など）を調査し、整理した。
- ・ データ入手が可能であれば、各国毎に地熱開発が制限される森林区域、公園区域などを地図上に整理した。
- ・ 地域開発、農村開発側から地熱熱水多目的利用への期待、利用ポテンシャルを検討した。

⑦援助政策

- ・ 他ドナーのアフリカ地熱支援状況情報を入手し、整理した。
- ・ 我が国の今後の支援のあり方を検討した。

第 1.4 節 調査の方法

(1) 基本情報収集

- ①国内作業にあつては、既存調査報告書、関連学会文献、インターネットなどを活用して関係資料を収集・分析した。

②現地調査にあつては、各国毎に下記のような関係機関を訪問し、情報・資料を得た。

ケニア	エネルギー省	Ministry of Energy(MOE)
	電力会社	Kenya Electric generation Company (KenGen) Kenya Power & Lighting Company (KPLC)
	地熱開発機関	Geothermal development Corporation (GDC)
	電力規制当局	Energy Regulatory Commission
	環境関係機関	Ministry of Environment and Mineral Resources Ministry of Forest and Wildlife
エチオピア	エネルギー省	Ministry of Mines and Energy (MME)
	電力会社	Ethiopian Electric Power Corporation (EEPCO)
	地熱調査機関	Geological Survey of Ethiopia (GSE)
	電力規制当局	Ethiopian Electricity Agency
	環境関係機関	Environment Protection Authority
ジブチ	エネルギー省	Ministry of Energy and Natural Resources (MENR)
	電力会社	Electricite de Djibouti (EdD)
	地熱調査機関	Centre de Recherche Scientifique de Djibouti (CERD)
	環境関係機関	Ministry of Housing, Urban Affairs, Environment and land Planning
タンザニア	エネルギー省	Ministry of Energy and Minerals (MEM)
	電力会社	Tanzania Electric Supply Company (TANESCO)
	地熱調査機関	Ministry of Energy and Minerals, Mineral Resource dep. (MEM) (略称 GST)
	環境関係機関	Division of Environment, Vice President Office National Environment Management Council
ウガンダ	エネルギー省	Ministry of Energy and Mineral Development (MEMD)
	電力会社	Uganda Electricity Transmission Company (UETC)
	地熱調査機関	Department of Geological Survey and mineral Development (DGSM) (略称 GSU)
	環境関係機関	Ministry of Water and Environment

③他ドナーの援助動向に関しては、以下の主要ドナー国、機関を訪問し、情報収集、意見交換を行った。

米国	世界銀行	ケニアの Olkaria 発電所をはじめ対象地域全体で地熱開発の援助政策に深く関わっている。
	国際開発公社	世界銀行グループ機関として、民間の地熱開発を支援している。
	地球環境基金(GEF)	各国が地球環境対策のため資金を拠出する基金で、

ARGeo をサポートしている。

アイスランド アイスランド外務省 ICEIDA (アイスランド国際開発庁) や国連大学を通じて、東アフリカの地熱開発に対する援助政策を進めている。

UNU-GTP(国連大学地熱エネルギー利用技術研修プログラム)

国連大学の地熱研修プログラムで、東アフリカにおいて地熱開発に従事する技術者の多くが当機関で教育を受けている。

Reykjavik Energy Investment (REI) 社

Djibouti の地熱開発事業に関わってきている。

Reykjavik Geothermal (RG) 社

REI 社から分離した地熱開発会社で Djibouti など海外の地熱開発に関心を有す。

Islandsbanki 銀行 地熱開発への資金提供を行っている。

ドイツ 復興金融公庫 (KfW) ケニアのオルカリア地熱地域開発において支援実績がある。また、東アフリカの地熱探査リスク緩和対策を検討している。

地科学天然資源研究所(BGR) ドイツ政府の資金を利用してアフリカ各地で地熱開発を支援している。

ルクセンブルグ 欧州投資銀行 (EIB) 欧州委員会の金融機関として、アフリカの地熱開発を支援している。

フランス フランス開発庁 (AFD) ケニアの Olkaria 発電所に対する融資支援を行っている。

UNEP(国連環境計画パリ事務所) ARGeo の UNEP 担当の事務局としてアフリカの地熱開発支援政策を統括している。

地質鉱物調査所 (BRGM) 欧州の地熱開発政策を調査、研究している。

(3)各国の有望地域の開発ロードマップの検討

①地熱資源の評価

得られた情報を元に各国の地熱資源量の評価を行った。地熱資源が存在するためには一般に、熱の存在、水（流体）の存在、貯留層構造の存在という 3 条件に恵まれる必要がある。このため、既存データからこれらの 3 要素がどのように推計されているかを確認し、得られているデータの精度の範囲内で資源量評価を試みた。

②有望地域の抽出

資源量評価の精度は得られているデータの量や質、精度に依存する。このため、既存の調査がどのような手法を用いたかを考慮して各国毎に開発有望地域を抽出した。

③開発ロードマップの作成

抽出された個別地点毎について、今後の円滑な発展形態を展望してその課題や解決策等を検討し、それらを整理した開発ロードマップの検討を行った。

(4)我が国の支援のあり方の検討

上記各分野で行う各国の地熱資源の賦存状況、技術力、エネルギー政策、各国の支援状況の調査結果、検討結果を踏まえ、今後の地熱開発のあり方を検討した。その上で、我が国からどのような支援ができるかの検討を行った。

第 1.5 節 調査フロー

調査フローは図-1.5-1 に示すとおりである。

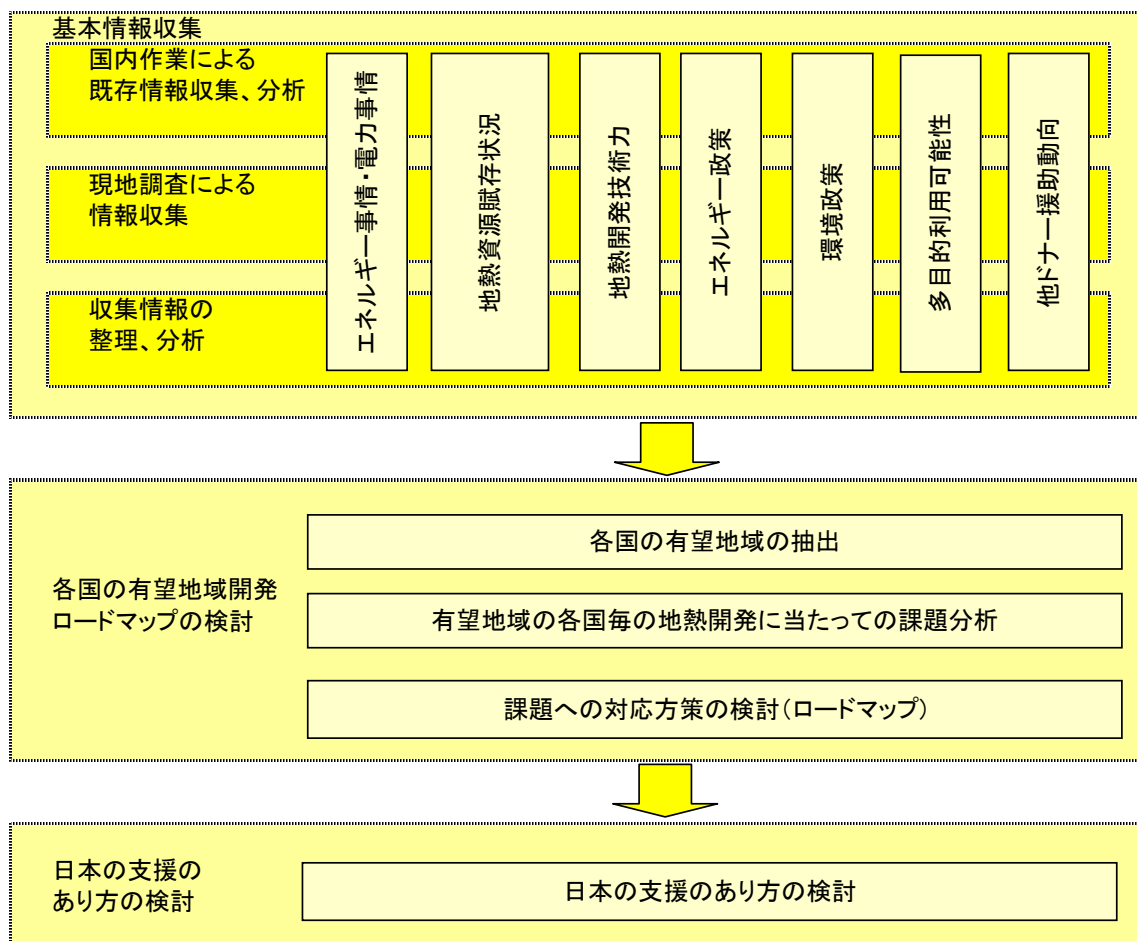


図-1.5-1 アフリカ地域地熱開発に係る現状確認調査 調査フロー

第 1.6 節 作業行程計画

本調査の作業工程は次のようである。

第 1 次国内作業（現地調査準備作業）	契約（3月9日）～5月上旬
調査方針打合せ協議（現地出張）	3月13日～19日
現地コンサルタント団員による事前調査	4月上旬～4月下旬
インセプション・レポート提出	4月12日

第1次現地調査（アフリカ対象国）	5月8日～30日（23日間）
第2次国内作業	6月上旬～7月中旬
第2次現地調査（ドナー機関）	7月14日～8月4日（22日間）
プロGRESSレポート提出	8月23日
第3次国内作業	8月上旬～10月上旬
ファイナル・レポート提出	10月15日
業務終了	11月5日

本件調査の作業行程は表-1.6-1に示す通りである。

第1.7節 成果品

次の成果品を機構に提出した。

- (1)業務計画書（Inception Report）
 - ①提出時期 2010年4月12日
 - ②部数 和文・英文 各15部
- (2)進捗報告書（Progress Report）
 - ①提出時期 2010年8月23日
 - ②部数 和文 20部
- (3)最終報告書（Final Report）
 - ①提出時期 2010年10月15日
 - ②部数 和文・英文 各30部

表-1.6-1 作業行程表

様式-5 作業計画

作業項目	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月
1. 第1次国内作業								
①ローカルコンサルとの調査方針打合せ (団長・ケニア出張)	■							
②既存資料・データ収集・分析 (全分野)	□							
③追加収集資料の抽出 (全分野)	□							
④ローカルコンサルによる調査 (電力計画分野)		■						
⑤ローカルコンサルによる予備調査 (地熱開発技術力評価分野)		■						
⑥地熱資源ポテンシャルの第1次分析 (地熱資源評価分野)	□							
⑦インセプション・レポート作成 (全分野)		□						
⑧インセプション・レポート提出		▽						
⑨第1次現地調査準備 (全分野)		□						
2. 第1次現地調査								
①第1次現地調査 (総括) (ケニア、エチオピア、ジブチ、ウガンダ、タンザニア)			■					
②第1次現地調査 (エネルギー政策分野) (同上)			■					
③第1次現地調査 (地熱開発力評価分野) (同上)			■					
④第1次現地調査 (電力計画分野) (同上)			■					
⑤第1次現地調査 (地熱資源評価分野～A～) (ケニア、エチオピア、ジブチ)			■					
⑥第1次現地調査 (地熱資源評価分野～B～) (タンザニア、ウガンダ)				■				
⑦第1次現地調査 (環境社会配慮・多目的利用分野) (総括に同じ)			■					
⑧第2次現地調査収集資料の整理・出張報告整理				□				
3. 第2次国内作業								
①分野別各国情報の整理 (全分野)				□				
②分野別各国の課題抽出 (全分野)				□				
③分野別各国の課題への対応策の検討 (全分野)				□				
④電力計画から見た地熱開発への期待検討 (電力計画分野)			□					
⑤地熱資源ポテンシャルの第2次分析 (地熱資源評価分野)			□					
⑥地熱資源ポテンシャルの有望地点の抽出 (地熱資源評価分野)			□					
⑦プロGRESS・レポートの作成					□			
4. 第2次現地調査								
①第2次現地調査 (総括・地熱技術力評価)					■			
②第2次現地調査 (エネルギー政策)					■			
③第2次現地調査 (援助政策)					■			
④第2次現地調査収集資料の整理・出張報告整理						□		
⑤プロGRESS・レポートの作成						□		
⑥プロGRESS・レポートの提出						▽		
5. 第3次国内作業								
①ローカルコンサルとの調査結果統合 (ローカルコンサルの日本出張)						■		
②各国別課題・対応策の全分野統合						□		
③地熱ポテンシャルの最終評価 (物理条件、経済条件、制度条件考慮)						□		
④有望サイトの抽出						□		
⑤有望サイトの開発ロードマップ作成							□	
⑥JICAによる開発支援のあり方の検討・提言							□	
⑦ファイナル・レポート作成							□	
⑧ファイナル・レポート校正・印刷							□	
⑨ファイナル・レポート提出							▽	

凡例： 現地業務期間 ■ 国内作業期間 □ 報告書提出 ▽ 現地活動 ▲

第 1.8 節 要員計画

本調査に以下の専門家を配置した（表-1.8-1）。

表-1.8-1 本調査の調査団構成及び業務担当

氏名	担当	業務内容
金子 正彦	総括・地熱開発	全体とりまとめ 各業務の実施方針指示、分野間調整、分野統合 我が国の今後の支援方策検討
池田 直継	エネルギー政策	各国のエネルギー政策、政策推進体制に関する調査 各国の地熱開発推進のために必要な方策の検討
Martin N. Mwangi	地熱開発力評価	各国の地熱開発機関の技術力評価 各国の地熱開発力向上方策の検討
Laban K. Kariuki	電力計画	各国の電力事情、電力需給見通しなどに関する調査 電力需給における地熱の位置づけの検討
鬼木 茂	電力計画	各国の電力事情、電力需給見通しなどに関する調査 電力需給における地熱の位置づけの検討
舩田 学	地熱資源評価	各国の既存地熱資源ポテンシャルに関する調査 有望サイトの開発ロードマップの検討
内山 明紀	地熱資源評価	各国の既存地熱資源ポテンシャルに関する調査 有望サイトの開発ロードマップの検討
青木 智男	環境社会配慮・多目的利用	各国の地熱開発に関連する環境法制度に関する調査 地域開発からみた熱水多目的利用のポテンシャル検討
杉村 麻衣子	援助政策	他ドナーのアフリカ地熱支援に関する調査 我が国の今後の支援のあり方の検討

第2章 アフリカにおける地熱開発への期待

第2.1節 アフリカ支援の必要性

現在、我々は気候変動対策、テロリズムや貧困との戦い、エネルギーの安全保障、食料や水資源の安定供給確保など多くの地球規模の課題に直面している。これらの問題の多くはアフリカの抱える諸問題と重なっている。すなわち、アフリカ諸国は世界でも貧困人口の割合が高く、これが紛争や飢饉、感染症などの発生頻度を高めている。また、気候変動による旱魃や洪水の発生はアフリカの主力産業である農業に打撃を与え、また、高騰する食料価格やエネルギー価格は貧困層の生活をより苦しいものにしていく。これらの課題に対処するため、国際社会は2001年に国連ミレニアム開発目標を策定し、援助の集中と選択を図り、また、アフリカ自身の自立的発展を促してきた。しかしながら、サブサハラ地域に関して言えば、現状のままでは8分野のミレニアム開発目標は全ての分野で2015年の目標を達成することは不可能と評価される状態にある。中国、インド、あるいは東南アジア、南米諸国が新興経済国として台頭してきている今日であっても、アフリカ地域は依然、深刻な開発課題を抱えた地域として取り残されている。このため、国際社会の相互依存が高まっている中、アフリカ地域の開発は国際社会の喫緊の課題となっている。

このような中、我が国はアフリカ開発の重要性を早くから認識し、国際社会のオピニオンリーダー的役割を果たしてきている。すなわち、1980年代後半から重債務国の債務削減を図り、また、1993年からはアフリカ開発会議（TICAD）を日本にて主催し、国際社会の関心をアフリカに向けた努力を積み重ねてきている。これにより2000年代に入ってからアフリカ開発がG8主要国首脳会議の主要議題として取り上げられるようになり、特に2005年のグレンイーグルズ・サミットにおいては各国がアフリカ支援資金の増額を表明するに至った。また、2008年に開催されたTICAD-IVにおいては、我が国は2012年までの政府開発援助（ODA）を倍増し、また、民間投資の倍増支援などを表明するなど国際社会の目をアフリカに向けさせるためのリーダーシップを発揮してきている。

我が国がこのようにアフリカ開発支援に強力に取り組んでいる背景には、前述の通り相互依存を強める国際社会にあってアフリカの開発は世界全体の平和と繁栄に不可欠であること、アフリカは国連加盟国の約3割に相当する53カ国を擁しこれら諸国との友好関係の維持発展は国連外交を中心とする我が国の国益に沿ったものになること、豊富な天然資源を有すると共に将来の大きな市場に成長する可能性を有するアフリカとの経済関係強化は今後の我が国の発展にも大きく寄与するものであること、などの日本としての基本哲学ないし基本戦略がある。

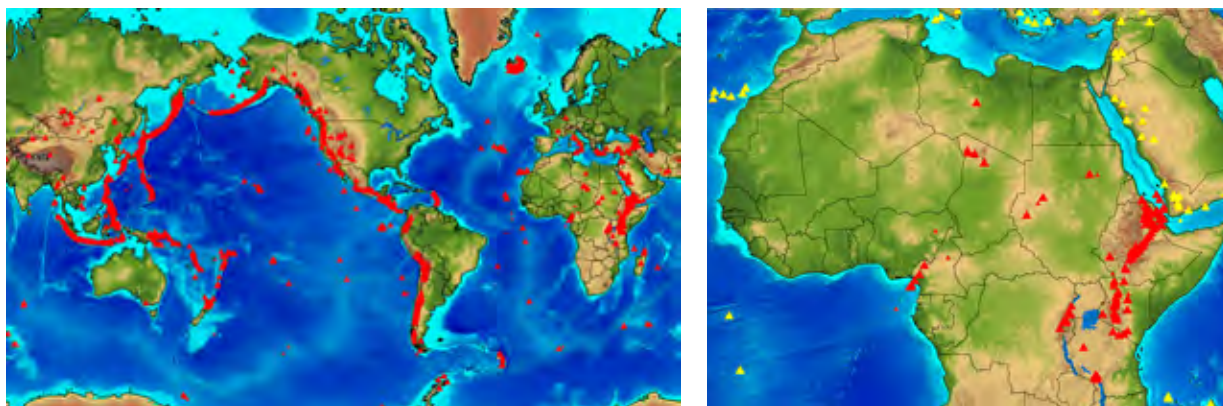
第2.2節 アフリカにおける地熱エネルギーへの期待

このように多くの開発課題を抱えたアフリカであるが、近年、その一部には政治的安定によ

り経済成長や外国投資などが進む前向きな兆しも見られ始めている。このような成長が点から線、線から面へと発展し、大きな流れになるためにはアフリカ自身の継続的な自助努力と、それを支える国際社会の強力な支援が不可欠である。

アフリカ自身の自助努力が効果的な自立的発展へと結びつくためには、道路網や電力網などの経済インフラの整備が不可欠である。特に、電力は産業活動、国民生活に不可欠のエネルギー源であり、低廉かつ安定した電力の供給は海外直接投資の拡大、安定した生産活動の維持・発展、地方電化の進展、国民生活の利便性の向上などを通じ、国の発展の大きな基礎をなすものである。しかしながらアフリカにおける化石エネルギー資源の賦存は一部の国に偏り、サブサハラに位置する多くの国は国内に十分な化石エネルギー資源を持ち得ていない。このため、電源の多くを国内の水力資源に依存したり、あるいは輸入石油によるディーゼル発電などに頼ったりしている。しかしながら近年の気候変動に伴い干ばつの発生頻度は高まっており、水力発電も必ずしも安定した電源とは言えなくなっている（例えば、2000年の大干ばつによりケニアの水力発電はその機能を大きく低下させ、電力不足が深刻な被害をもたらした）。また昨今の国際石油価格の上昇により輸入エネルギーに頼る多くの国は国際収支の悪化に悩まされている。

このような中、近年、アフリカ・リフトバレー地域（大地溝帯; the Great Rift Valley）の地熱資源が関係者の大きな関心を集めている。アフリカのリフトバレーはアフリカ大陸を南北に縦断する大地溝帯で、プレート境界の一つである。そこは世界的にも火山の連なる地域のひとつである（図-2.1-1）。大地溝帯の谷は、幅 35~100 km、総延長は 6,500 km に上る。正断層で地面が割れ、落差 100 m を超える急な崖が随所にある。紅海からエリトリア・ジブチ・エチオピア・ケニア・タンザニアにかけて連なる東リフトバレーと、ビクトリア湖の西方をウガンダ・ルワンダ・ブルンジからマラウイに連なる西リフトバレーとがある。その形成は地球内部のマントルの上昇流と関係して約 1,000 万~500 万年前から始まったと考えられており、大地溝帯周囲に多くの有望な地熱資源の賦存が確認されている。これらの地熱資源のポテンシャルは発電能力で 15,000MW 以上と見られており(Teklemariam, 2010)、これはリフトバレー諸国の電力需要に対し、十分な量を提供できるものと期待されている（表-2.2-1、図-2.2-2）。



(資料) Smithsonian National Museum of National History

図-2.2-1 世界の火山分布

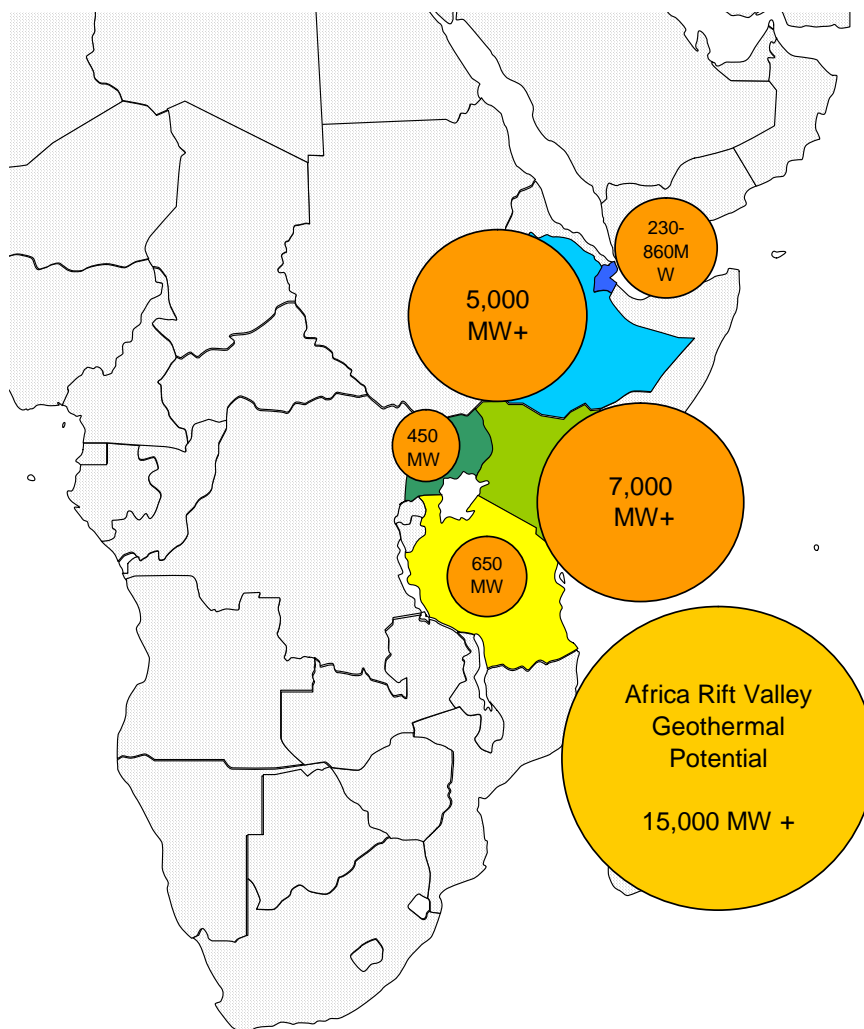
表-2.2-1 リフトバレー諸国の地熱ポテンシャル

国名	発電設備量 (MW) (a)	推定地熱資源 ポテンシャル (MW) (b)	地熱ポテンシャル の現行設備量比 (c)=(b)/(a)	地熱発電設備量 (MW) (d)
Kenya	1,097	7,000 +	6.4	204
Ethiopia	758	5,000 +	6.6	4
Djibouti	90	230-860	2.6-9.6	-
Tanzania	977	650	0.7	-
Uganda	355	450	1.3	-

(Source)

Geothermal Stakeholders' Workshop (2010), Country Report (for Kenya, Ethiopia, Tanzania, Rift Valley)

The Business Council for Sustainable Energy (2003) (for Djibouti, Uganda)



(Source) Geothermal Stakeholders' Workshop (2010), Country Report (for Kenya, Ethiopia, Tanzania, Rift Valley Total),

The Business Council for Sustainable Energy (2003) (for Djibouti, Uganda)

図-2.2-2 リフトバレー諸国の地熱ポテンシャル

一般に地熱エネルギーは次のような価値を有している。

(a) 供給信頼性の高いエネルギー源としての価値：

地熱エネルギーは一年を通し季節変動が少なく、昼夜問わず使用することが可能なエネルギーである。このため、他の再生可能エネルギーとは異なり、地熱発電は非常に高い設備利用率を誇っている。このことから地熱発電は大量のエネルギーを安定して供給できるという特徴があり、信頼できるベース負荷用の電源設備となっている。

(b) 国産エネルギー源としての価値：

地熱エネルギーは純粋に国産エネルギーである。国内にエネルギー資源を有しない国にあつては輸入エネルギーの減少になり、エネルギー輸出国にあつては国内エネルギー消費を国産の地熱エネルギーでまかなうことによりその分のエネルギー輸出増加が期待できる。仮に 50MW の地熱発電所を建設した場合、その効果は年間産油量約 50 万バレルの油田を開発したことに相当し、かつ、地熱資源は再生可能であることからその油田はほぼ枯渇しない油田と考えられる。年間 50 万バレルの石油は現在の国際石油価格下においては約 50 百万ドル相当の価値を有しており、運転期間 30 年間を通じて地熱エネルギーによって節約される石油量は 15 百万バレル、約 1,500 百万米ドルの価値にのぼると見積もられる¹。

(c) 安定したエネルギー源としての価値：

地熱エネルギーは開発段階において多額の初期資本投資を必要とするが、反面運転段階においては燃料費などを使用しないため、国際石油価格などの変動や自国通貨の為替変動に伴う輸入価格の上昇といった影響を受けないエネルギーである。その結果、一度建設されると安定した価格での供給が可能なエネルギー源となっている。この価値は、国際石油価格が非常に高騰した現在、改めて多くの注目を集めている。また、自国通貨が下落し輸入価格が上昇している途上国が多いが、このような場合も地熱発電は安定した価格での供給が可能である。

(d) 環境に優しいエネルギー源としての価値：

地熱エネルギーは地下に蓄えられた蒸気、熱水を地上に取り出し利用する。このため燃焼過程を有さない発電形態である。したがって、硫黄酸化物、窒素酸化物、煤塵等の大気汚染物質を排出はなく、環境負荷の小さいエネルギー源である。また、各種電源の中で二酸化炭素の排出もきわめて少ない電源である。このため、気候変動対策として大きな期待がかかっているエネルギー源となっている。

(e) 地域社会に貢献できるエネルギー源としての価値：

地熱発電所から生じる熱水は園芸、養殖漁業、地域産業のために熱エネルギーとして有効利用が可能である。寒冷地域では特に積極的利用されているが、温暖地域においても穀物乾燥、木材乾燥などに有効利用が可能である。エネルギー開発と地域振興の一体化が期待できるエネルギー資源である。

これらの地熱発電の特性はアフリカ諸国の電源に用いた場合、特にその効果が顕著なものになる。すなわち、(a)の高い供給信頼性価値は、水力発電に多くを依存しているリフトバレー諸

¹ 原油価格をバレル 100\$と想定した。

国にとって電源の多様化に貢献し、干ばつなどの異常気象下においてもある程度の供給信頼性を確保できる。また、(b)の国産エネルギーとしての価値は国内に十分な化石エネルギー資源を有さないリフトバレー諸国にとって大きな恵みとなり、(c)の経済変動に強い電源としての価値は、今後予想される国際石油価格の再上昇の影響を緩和できる電源構成を形成する効果がある。さらに、(d)の環境に優しい電源としての価値も、気候変動に脆弱なアフリカ諸国にあって自ら気候変動対策に参加する象徴ともなりえ、また、これを支援する国（例えば、我が国）にとっても効果的にCDM案件を形成し、そのCERクレジットを入手することが期待できる。加えて、(e)の地域社会に貢献する価値に関しては、農民の所得向上・生活環境整備や雇用機会の確保などアフリカの農村開発が期待されている中で大きな効果を発揮できる可能性がある。

電力のみならず地熱発電所からの熱水等を有効利用する試みは既にケニアにおいて始まっている。ケニアのオルカリア地熱発電所に隣接するナイバシヤ地区においては、世界的にも有数の大規模な花卉栽培が展開されており、花卉輸出は観光に次ぐケニアの第二の外貨取得源となっている。同地区でバラ、カーネーション等の花卉栽培を行っている大規模農場の一つであるOserian農場は、約250haの花弁団地の温室制御用の電源に地熱発電(4MW)を用いている。また、病気予防のため夜間行う温室内の湿度管理を化石燃料に代え地熱水を用いて行っている。同農場はこれにより生産コストを低減させ、切り花を欧州市場に輸出しケニアの外貨獲得に寄与すると共に、現地では5,000人を超える雇用を生み出している(写真-2.2-1)。



写真-2.2-1 ケニア Oserian 農場における地熱の多目的利用
(左：バラ温室団地 中央：地熱発電設備 右：バラ団地内部)

地熱水の利用可能性はこれだけにとどまらない。ケニア・エブル地域はただでさえアフリカの乾燥地帯にあって、さらに標高2,600mの高地にある。このため、地域住民は飲料水や家畜用の水の確保に困難をきたしている地域である。しかしながら、住民は近くの地熱地帯で自然噴気している地熱蒸気を凝縮して飲み水の確保を図っている(写真-2.2-2)。また、ここでは農民が地熱蒸気を利用して農作物の乾燥を行ったりもしている(除虫菊の乾燥)。このように地熱エネルギーを有効活用することにより地元民の所得向上、生活環境の改善にも大きな効果が期待できる。



写真-2.2-2 ケニア・エブル地区における地熱有効利用
(左：自然噴気地熱蒸気からの飲料水製造設備 右：地熱水利用の農作物乾燥小屋)

第3章 調査対象地域の概況

第3.1節 地域の概況

東アフリカのリフトバレー地域の5カ国は世界でも最も発展の遅れた地域に属するが、各国の経済事情、社会環境、インフラ整備状況などは少しずつ異なっている。表-3.1-1～表-3.1-2、図-3.1-1～図-3.1-2にリフトバレー諸国の主要経済指標を示す。

ケニアは5カ国の中では経済・社会的に最も発展が進んでいる。表-3.1-1に示す通り、ケニアの1人当たりGNIはジブチに次いで2番目に高く、東アフリカ諸国への貿易や金融センターとしての役割を果たしている。ケニアは1996年に導入した電力セクター改変などにみられるように、これまでに経済改革プログラムを実施してきている。例えば、現在、民間の発電事業者（IPP）は国の発電量の16%を産出している。それにもかかわらず、昨今頻発する干魃により、水や電力は配給や計画停電が必要となり、GDPの1/3を占める農業に深刻な影響を与えている。現政権は広範な貧困削減戦略計画を実行し、経済成長路線に従った経済政策を採用している。

リフトバレー諸国の中でエチオピアは最も人口が多い。経済の50%近くが、労働力の80%以上が農業等の一次産業に依存しているが、干魃、未熟な耕作技術、エリトリアとの戦争等の影響により十分な生産を上げていない。各援助国の支援を受け、エチオピアは農業関連産業の振興を中心とする多面的な貧困削減多プログラムに着手している。

ジブチは港湾における国際貨物取扱や燃料補給サービスの3次産業を中心とする経済である。港湾以外にはこれといった産業も天然資源もほとんどなく、3次産業はGDPの80%を占めている。国民の2/3は港湾都市である首都ジブチに住んでいる。残りの国民は主に遊牧民である。失業率は50%以上に上り、外国からの援助はジブチ経済に重要な役割を果たしている。多くの経済分野は国家管理の下にある。水道事業や電気事業の発達は遅れており、高価格の水や電力が国民の生活水準を悪化させ、中小企業の発展も妨げている。

タンザニアとウガンダは世界でも有数の貧困国である。タンザニアのGDPの約半数は農業に依存し、人口の80%が農業に従事している。各援助国は近年、経済インフラや発電所・送電線等のリハビリテーションに焦点を合わせて支援を行っている。2000年以降の同国のマクロ経済は年平均6.4%で成長している。石油・天然ガスの探鉱・開発活動がタンザニアの経済成長に大きく貢献している。

ウガンダもタンザニア同様、労働力の80%以上が農業分野に従事している。コーヒーが外貨獲得源の第1位であるが、国内には重要な天然資源(銅とコバルト)も存在している。1990年代以降、産業インフラのリハビリテーションを含む種々の経済改革が実施されてきた。1995年以降、マクロ経済の年平均6.7%の成長を示している。

表-3.1-1 リフトバレー諸国の経済指標

国名	人口*	人口 増加率*	GDP *	GDP 成長率*	一人当たり GNI *	一人当たり エネルギー 消費量**	一人当たり 電力消費 量**
	(2008) (million)	(2008) (% a.n.)	(2008) (billion USD)	(2008) (% a.n.)	(2008) (USD)	(2005) (kg Oil Eq.)	(2005) (kWh)
Kenya	38.5	2.6	34.5	3.6	770	132	133
Ethiopia	80.7	2.6	26.5	11.3	280	32	36
Djibouti	0.9	1.8	0.9	3.9	1,130	800	271
Tanzania	42.5	2.9	20.5	7.5	440	47	52
Uganda	31.7	3.3	14.5	9.5	420	28	28
Sub total	194.2	2.8	96.9	-	437	58	59
Sub-Sahara	818.0	2.5	987.1	5.0	1,082	672	542
World	6,692.0	1.2	60,587.0	2.0	8,613	1,795	2,674

(Source)

* World Bank, Key Development Data & Statistics

<http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/DATASTATISTICS>

** US Energy Information Administration, International Energy Profile

http://tonto.eia.doe.gov/country/country_energy_data.cfm?fips=UG

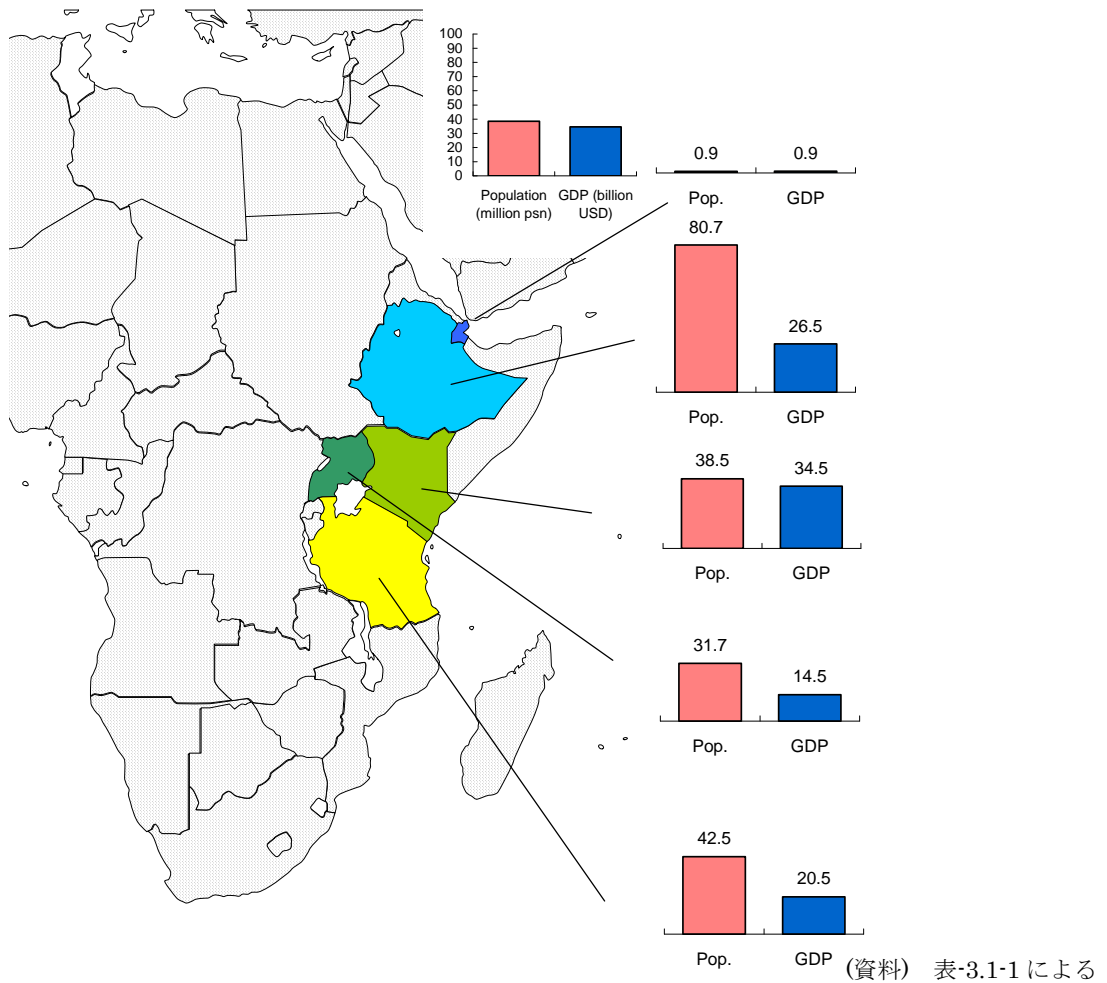


図-3.1-1 リフトバレー諸国の人口及びGDP (2005年)

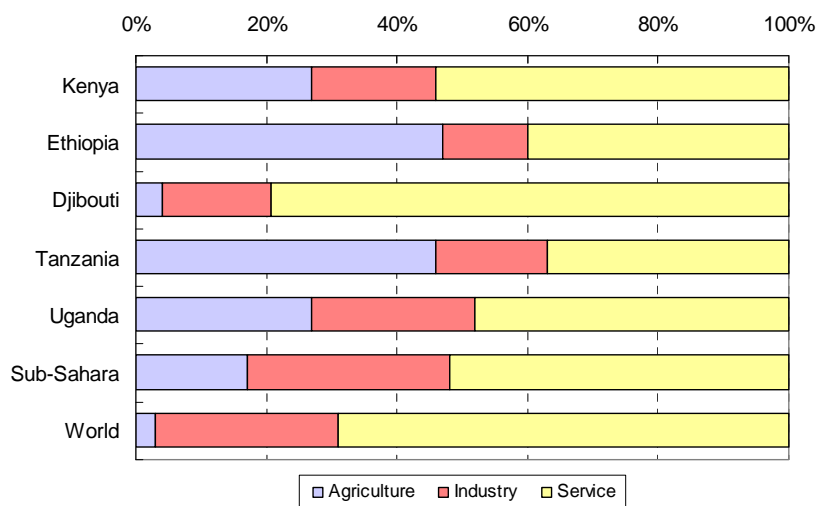
表-3.1-2 リフトバレー諸国の GDP 構成

国名	GDP (2005) (billion USD)	1次産業 (2005) (% of GDP)	2次産業 (2005) (% of GDP)	3次産業 (2005) (% of GDP)
Kenya	18.8	27.0	19.0	54.0
Ethiopia	12.3	47.0	13.0	40.0
Djibouti	0.7	4.0	17.0	80.0
Tanzania	14.1	46.0	17.0	37.0
Uganda	9.2	27.0	25.0	48.0
Sub-Sahara	641.5	17.0	31.0	52.0
World	45,232.1	3.0	28.0	69.0

(Source)

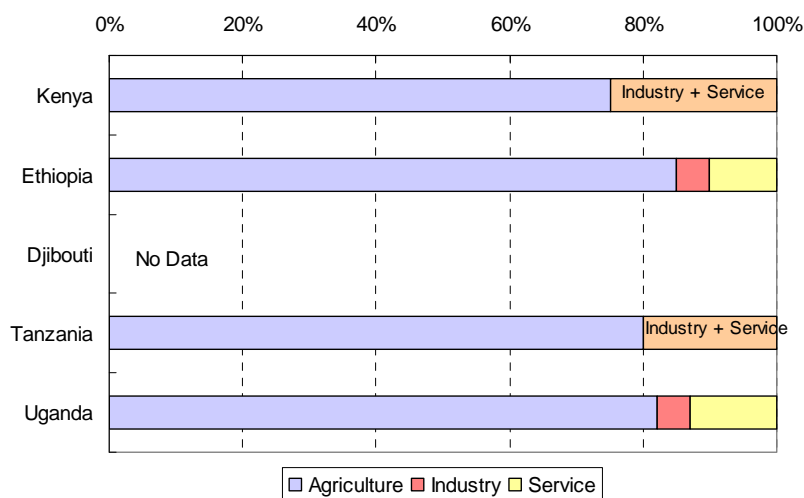
World Bank, Key Development Data & Statistics

<http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/DATASTATISTICS>



(資料) 表-3.1-2 による

図-3.1-2 リフトバレー諸国の GDP 構成



(資料) U.S. Central Intelligence Agency, The World Factbook

図-3.1-3 リフトバレー諸国の就業者構成

第 3.2 節 地域のエネルギー事情

東アフリカのリフトバレー諸国のエネルギー事情は比較的似た特性を有している。可燃廃棄物及びバイオマスが一次エネルギー供給の 70~90%を占める最大のエネルギー源になっている。これらの国は主として輸送用と発電用に石油製品を輸入している。水力、地熱等の再生可能エネルギーは一次エネルギー供給に占める割合は小さく 2%程度となっている。

表-3.2-1 リフトバレー諸国の一次エネルギー供給構造(2007年)

(単位: ktoe)

国	石炭	原油	石油製品	ガス	水力	地熱・太陽等	可燃廃棄物・バイオマス	電力	合計
Kenya*	68	1,607	1,907		300	877	13,548	-2	18,305
Ethiopia*			1,943		290		20,573		22,805
Djibouti**									
Tanzania*	52		1,346	446	216		16,188		18,278
Uganda**									

(資料)*:IEA-International Energy Statistics 2007/ **:not reported)

最終エネルギー消費に関しても可燃廃棄物及びバイオマスはリフトバレー諸国の大きなエネルギー源になっている。これは、主に家庭用燃料として用いられているものである。2番目のエネルギー源は石油製品であるが、これは主に輸送用として使用されている。電力は最終エネルギー消費量の 2%程度であり、主に都市部で利用されている。農村地域は全国送電網からはずれ、小規模系統に依存するか、または未電化状態である。

表-3.2-2 リフトバレー諸国の最終エネルギー消費におけるエネルギー供給構造 (2007年)

(単位: ktoe)

国	石炭	石油製品	ガス	可燃廃棄物・バイオマス	電力	合計
Kenya*	68	2,845		8,720	477	12,109
Ethiopia*		1,926		19,813	271	22,010
Djibouti**						
Tanzania*	20	1,365	72	14,081	267	15,806
Uganda**						

(資料)*:IEA-International Energy Statistics 2007/ **:not reported)

電力に関しては、ケニアはリフトバレー諸国の中ではもっとも開発が進んでいる。ケニアの発電設備量は 1,000MW 以上であり、ジブチの 10 倍、ウガンダの 3 倍に相当する。リフトバレー地域は現在、水力が電源の中心となっているが、近年の干魃やダム滞砂問題により水力発電に過度に依存することに疑問が提起されている。火力発電(主にディーゼル発電)は、ほとんどの国に存在し、ジブチにおいては唯一の電源となっている。しかしながら、石油価格の高騰によりディーゼル発電は高い電源となっている。

リフトバレー諸国の国民 1 人当たりの電力使用量(2005年)をみると、ケニア 133kWh、エチオピア 36kWh、ジブチ 271kWh、タンザニア 52kWh、ウガンダ 59kWh となっており、サブサハ

ラ平均の 542kWh より低く、世界平均の 2,674kWh の 1/10～1/100 の水準である（表-3.1-1）。

リフトバレー諸国の大部分では送配電設備の整備の停滞や人口も多さなどから電化率は低いものとなっている。都市部では電力へのアクセスは 4～20%になるが、エチオピア、タンザニア、ウガンダなどの農村地域では 1-2%にすぎない。多くの国の国家開発政策は地方における小型・独立系統による電化推進を強調しているが、小型・独立系統（ディーゼル発電）は燃料、スペアパーツ輸送のため、高価なものになっている。太陽や風力などの再生可能エネルギーの開発にも関心が寄せられている。

リフトバレー諸国の多くの国で電力需要は年 5%以上の増加率で急速に伸びている。このため、ケニアでは今後 2020 年まで年平均 10.4%で増加するものと予測している。タンザニアでは年 8.8%で、ウガンダでは年 6.1%で需要が増加するものと予測している。これらの諸国では高い電力需要に対応するため、電源開発が急がれており、地熱を含む電源多様化の推進が必要になっている。

リフトバレー諸国の電気料金は、それぞれの送配電構造の違いにより異なったものとなっている。また、高い発電コストや技術的・非技術的ロスなどによりジブチなどのように高い電気料金の国にもある。首都や都市部では電力は全国系統を用いて国营電力会社により供給されている。地方部では協同組合などの運営による 5-10MW 規模の独立小規模系統で電力が供給されている。

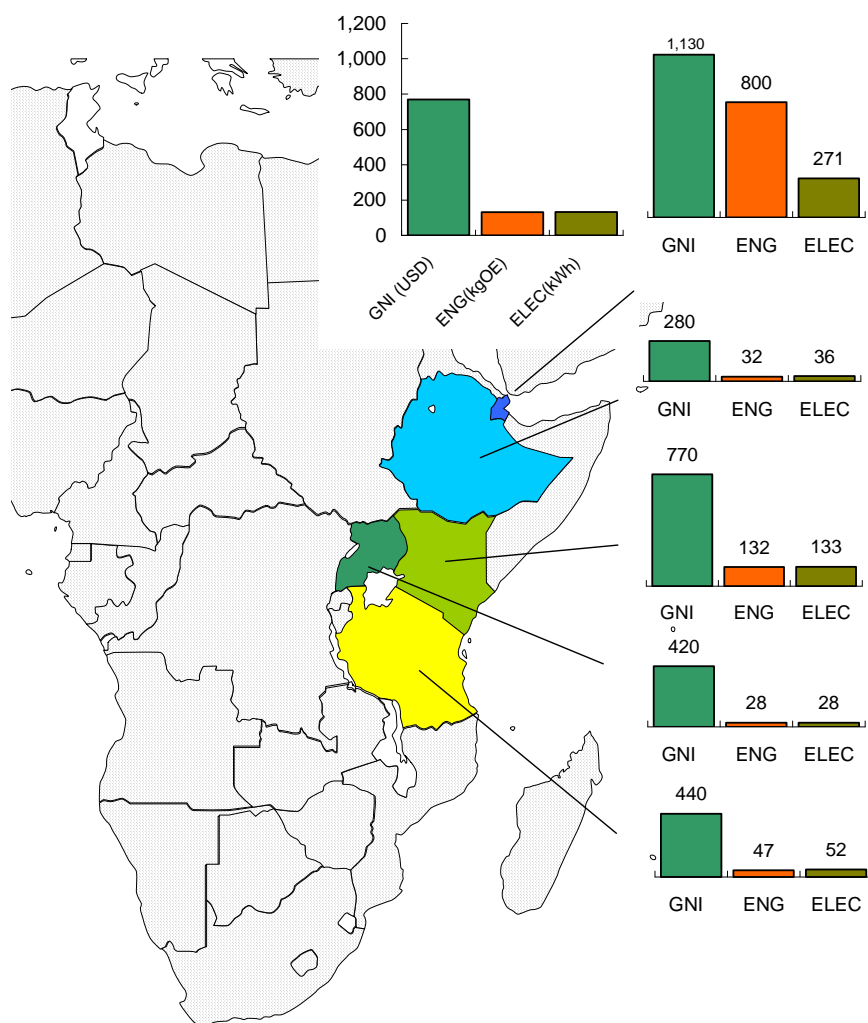
図-3.2-1 にリフトバレー諸国の電気事業体制を示す。ケニアでは発電はケニア発電会社 (Kenya Electricity Generating Company; KenGen) により主に行われているが、他に民間発電会社 (IPP) が 4 社ほどある。送配電はケニア電力・電灯会社 (Kenya Power and Lighting Company; KPLC) が担当しているが、新規の送電線については 2008 年から 100% 国営のケニア送電会社 (Kenya Electricity Transmission Company; KETRACO) が担当することになった。KenGen も KPLC も当初は国が 100% の株式を保有していたが、2007 年に民間に売却を行い、同年末では国の株式保有は KenGen70%、KPLC49% となっている。

エチオピアは基本的に発電から配電までエチオピア電力会社 (Ethiopian Electric Power Corporation; EEPSCO) が行っているが、発電部門に最近、民間の IPP が参入し水力発電所の建設を進めている。

ジブチでは国営ジブチ電力公社 (Electricity de Djibouti) が発電から配電までの事業を独占的に行っている。

タンザニアでは発電部門をタンザニア電力供給公社 (Tanzania Electric Supply Corporation; TANESCO) と IPP が担当し、送配電を TANESCO が独占している (ザンジバルはザンジバル電力公社 (Zanzibar Electricity Corporation; ZECO) が TANESCO から供給を受け配電事業を行っている)。

ウガンダでは電気事業の分割民営化が進んでおり、発電事業はウガンダ発電会社（Uganda Electricity Generating Company Limited; UEGCL）と民間企業 5 社が行っている。送電事業は国営ウガンダ送電会社（Uganda Electricity Transmission Company Limited; UETCL）が独占している。配電は首都圏以外でウガンダ配電会社（Uganda Electricity Distribution Company Limited; UEDCL）が行い、首都圏では UEDCL から設備を借り受けている民間配電会社（UMEME 社）が配電事業を行っている。



(資料) 表-3.1-1 に同じ

図-3.2-1 リフトバレー諸国の一人当たり GNI、エネルギー消費量、電力消費量 (2005 年、2008 年)

表-3.2-3 リフトバレー諸国の電気事業概要

項目		Kenya (Jun. 2006)	Ethiopia (2007)	Djibouti (2002)	Tanzania (Dec.2005)	Uganda (Dec.2005)
電気事業体制		KenGen/IPP KPLC KPLC	EEPSCO/IPP EEPSCO EEPSCO	ED ED ED	TANESCO/IPP TANESCO TANESCO	Private Co. UETCL Private Co.
発電設備						
水力	MW	677	671	—	561	302
火力(GT・Diesel)	MW	292	80	90	416	53
地熱	MW	128	7	—	—	—
合計	MW	1,097	758	90	977	355
発電電力量						
水力	GWh	3,025	2,837	—	1,778	1,856
火力(GT・Diesel)	GWh	1,653	413	180	1,889	1
地熱	GWh	1,003	49	—	—	—
合計	GWh	5,681	3,299	180	3,667	1,857
料金水準						
総合販売単価		10.5	N.A.	N.A.	7.1	6.5
US ¢/kWh						

(資料) (社)海外電力調査会、エチオピア日本大使館

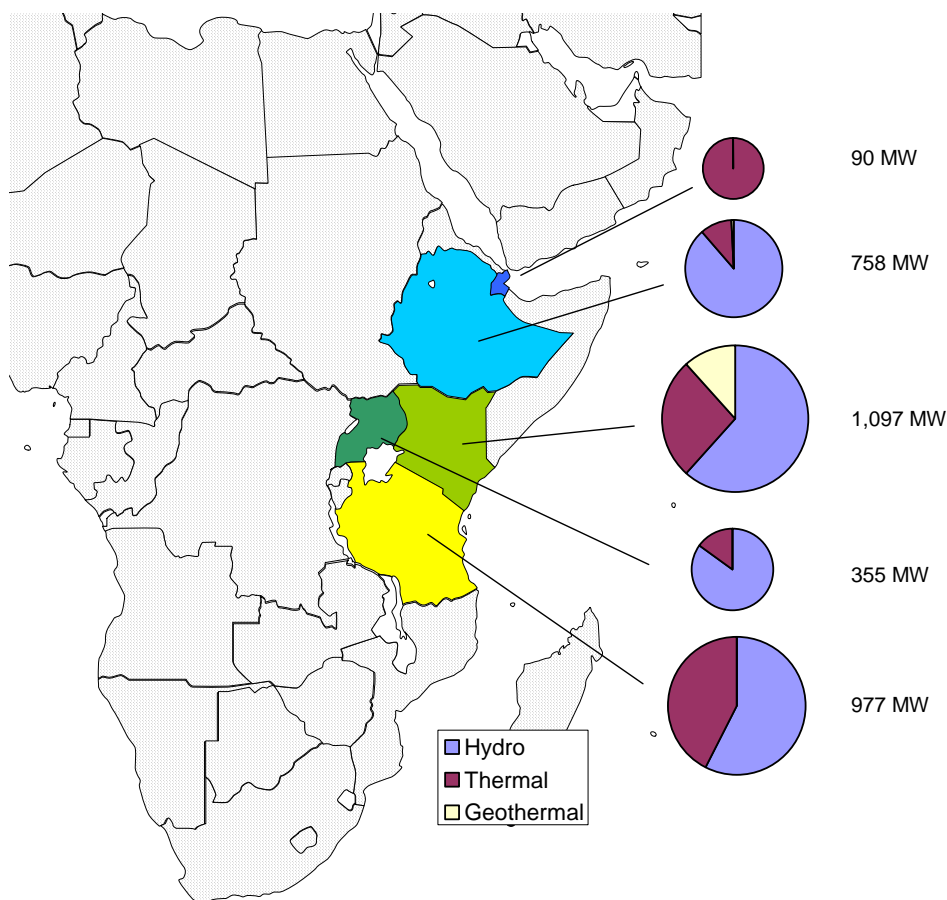
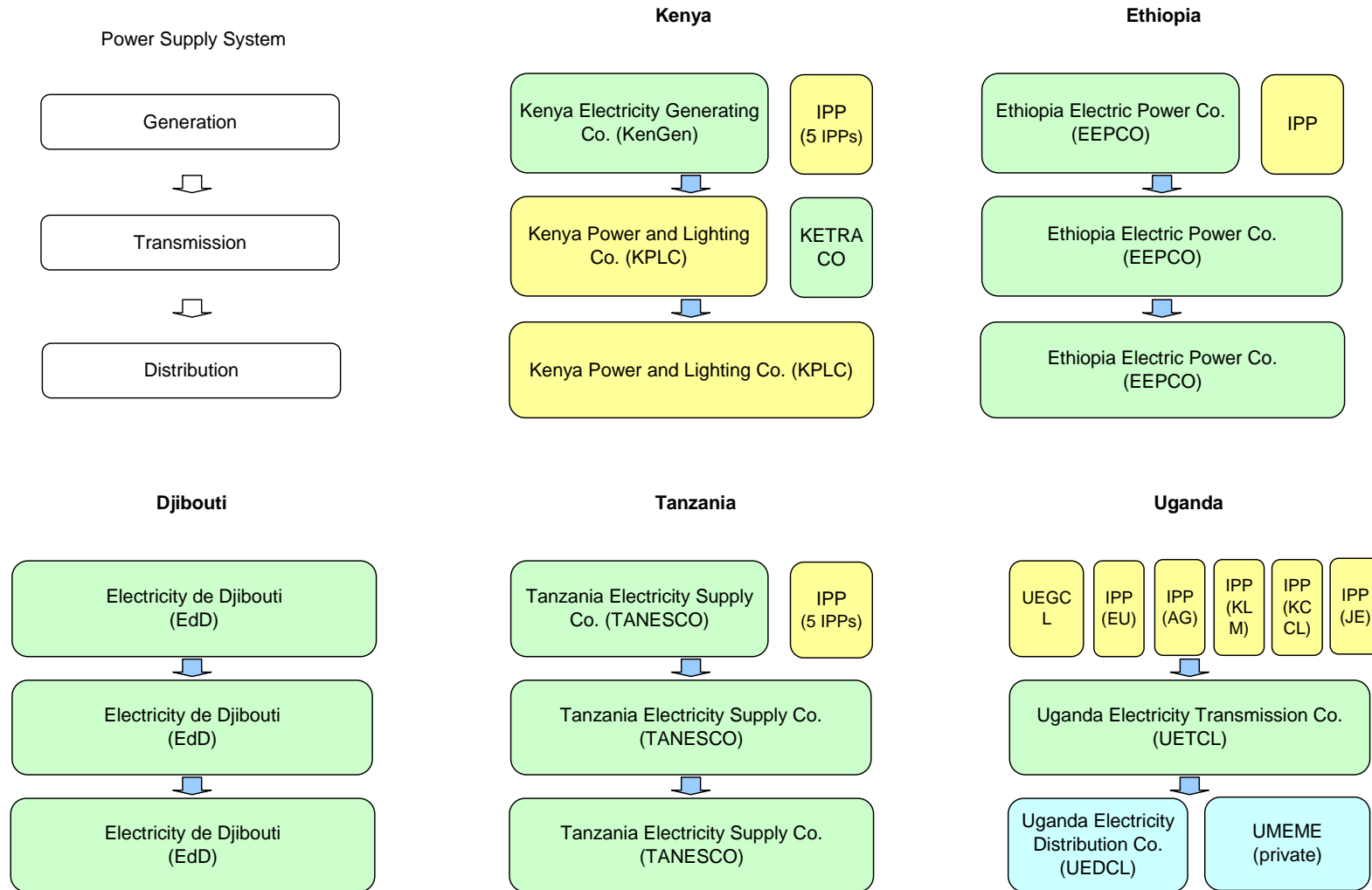


図-3.2-2 リフトバレー諸国の発電設備量とその構成



(資料) 調査団作成

図-3.2-3 リフトバレー諸国の電気事業体制

第 3.3 節 リフトバレー諸国の地熱資源

東アフリカ・リフトバレー（東アフリカ地溝帯）は地球規模で見られる大きな地殻構造の一つであり、中東地域（ヨルダン国死海付近）を北端に、南部はモザンビークまでの総延長約 6,500km に渡っている（図-3.3-1）。リフトバレーは東部および西部の二つの隆起構造から形成されている。東部隆起帯はエチオピアを南北に縦断し、ケニア南部まで連続している。西部隆起帯は、東部隆起帯との接合部に当たるタンガニーカ湖から端を發し、ウガンダ西部からルワンダとコンゴ民主共和国の国境付近に發達している。両隆起帯とも地震活動や構造運動が活発であるが、相対的に西部隆起帯の活動の方が劣性である。リフトバレーの特徴の一つは、地球内部からの熱エネルギーを地表まで伝搬する火山噴火・地震活動・温泉／噴気等が全域にわたって形成されていることである。これらのことから、リフトバレー地域では大規模な地熱資源ポテンシャルの存在が期待されている。

最近の報告によると、東部アフリカ地域全体では約 15,000MW 相当の地熱発電ポテンシャルが推定されている（Teklemariam, 2010）。これまで、ジブチ、エチオピア、ケニア、ウガンダ、タンザニアの各国政府は、地熱開発の可能性を探るための各種調査を実施してきている。このうち、最も地熱エネルギー開発が進んでいるのはケニアであり、ついでエチオピアである。ケニアでは今日まで地熱発電設備容量 204MW が既に設置され（表-3.3-1）、エチオピアでは 7.3MW 地熱パイロットプラントが建設されている。エチオピアのパイロットプラントは、当初、技術的なトラブルから発電が途絶えていたが、様々な対策を講じてきたことで、今日 4MW 程度の発電に回復している。地熱発電所の建設には至っていないが、次いで調査が進んでいるのはジブチである。ジブチでは調査井の掘削を伴う調査が行われている。タンザニア、ウガンダでは、未だ探査段階にある。これら各国の地熱開発状況を概観すると表-3.3-2 のとおりである。これら諸国の主な地熱地域を表-3.3-3 に示す。リフトバレー諸国の内、エチオピア、ウガンダおよびタンザニアの各政府は、中小規模の地熱発電設備の建設も視野に入れ、地方電化に資することも検討している。

表-3.3-1 ケニア・オルカリア地区の地熱開発の現状

地熱開発地区	Olkaria I	Olkaria II	Olkaria III	Olkaria IV (Domes)	Oserian
地熱開発者	ケニア発電会社 (KenGen)	ケニア発電会社 (KenGen)	IPP (Ormat)	ケニア発電会社 (KenGen)	Oserian Dev. Co.
発電設備容量	45MW (15MW×3) 4,5号機(140MW×2) (計画中)	105MW (35MW×3)	50MW	140MW程度	4MW (2MW×2)
開発時期	1981年, 82年, 85年	2004年, 2010年	2001年	開発中	-
開発費	不明	174 m\$ (1,2号機)	—	—	-
援助機関	1,2,3号機(WB, EIB) 4,5号機(WB, JICA, AfD)	87.5m\$ (3号機) 1,2号機(WB, KfW, EIB) 3号機(IDA, EIB)	—	KfW、自己資金	-

(資料) KenGen

表-3.3-2 リフトバレー諸国における地熱開発状況概観

国	概査	準精密調査	精密調査	調査井掘削	事業化調査	発電所建設	備考
Kenya	x	x	x	x	x	x	204 MW
Ethiopia	x	x	x	x	x	x	4 MW
Djibouti	x	x	x	x			
Tanzania	x	x	x				
Uganda	x	x					

(Source) Geothermal Stakeholders' Workshop (March, 2010) Nairobi, Kenya

表-3.3-3 リフトバレー諸国における主な地熱地域

No.	Kenya	Ethiopia	Djibouti	Tanzania	Uganda
1	L. Magadi	Abaya	As Bahalto	South Mbeya	Buranga
2	Suswa	Corbetti	Allailou	L. Natron	Katwe
3	Longonot	Aluto Langano	Hanle	Luhohi-Rufiji	Kibiro
4	Olkaria	Tulu Moyo	Gaggade	Kibo Crater (Mt. Kilimanjaro)	
5	Eburru	Gedemsa	Assal Rift	L. Manyara	
6	Menengai	Kone	N. of Ghoubbet el Kharab	Songwe River	
7	Arus/Bogoria	Fantale	S. of Ghoubbet el Kharab	Kilambo	
8	Baringo	Dofan	Arta	Mampulo and Kasimolo	
9	Korosi/Chepchuk	Meteka	Tamattako-nieille		
10	Paka	Danab	Obok		
11	Silali	Teo	South of Djibouti City		
12	Em urangogolak	Abe	NW of Kadda Alifita		
13	Namarunu	Tendaho	Alol-Sakallol		
14	Barrier volcano		Dora-Musa Ali		

(資料) 調査団調べ

3.3.1 ケニア

リフトバレー諸国の中で、ケニアは最初に地熱エネルギーによる電源開発を実施した国である。水力資源に乏しいことから、1981年に国内最初の地熱発電所を建設し、これまで30年近く操業を続けている。現在もなお、地熱発電増大のための開発プログラムを推進している。

ケニアにおいて最も探査・開発が進んでいるオルカリア地熱地域は、7つの鉱区に分けられている。Olkaria-I 鉱区では、1981年、1982年および1985年の3回に分けて、45MW 発電設備 (3基×15MW) が建設された。Olkaria-II 鉱区は2003年に70MW (2基×35MW) が設置され、2010年、3基目 (35MW) が運開した。これらは全てケニア電力公社 (KenGen) の所有である。Olkaria-III 鉱区では、IPP 企業である ORMAT 社が50MW の発電を行っている。Olkaria-IV (別称 Domes) 鉱区では、これまでに10本以上の地熱井が掘削されており、350℃近くの高温度地熱流体が確認されている。掘削活動は依然継続されており、将来的に Olkaria 地熱地域全体で400MW の発電出

力を目指している。

その他の地熱地域として、Eburu 地域、Longonot 地域、Suswa 地域、Menengai 地域をはじめとして、多くの地熱地帯が東アフリカ地溝帯にそって分布しており、探査レベルも様々である(図-3.3-2)。ケニア国全土の地熱資源量は 7,000MW と推定されているが、これまで実施してきた探査・開発を通して、資源探査技術や発電に関するエンジニアリングに携わる専門技術者が数多く育ってきている。

ケニアにおいては電源開発以外にも、地熱熱水や微量の CO₂ ガスを有効活用して、バラ栽培のための温室ハウスなどに幅広く活用されており、栽培されたバラの輸出により、年間合計 3 億ドルもの外貨獲得に繋がっている。

3.3.2 エチオピア

エチオピアは長期的な展望に立った国内地熱開発計画を 1969 年に作成した。エチオピア地溝帯地域を対象に、何年もかけて探査活動を実施し、地熱資源賦存に関する各種データインベントリを作成した。電源開発に適した高温地熱資源の分布が期待される 16 地域(図-3.3-3)が選定された。また、中低温の地熱資源分布地域に対しては、その他農業関連を中心とした多目的利用も検討され、これらの地域を含めると多くの地域で有望な地熱資源が分布することが分かった。

1980 年の初めから中期にかけて探査活動のピークを迎えた。Aluto-Langano 地域(湖水地域)では、8 本の深部探査井(最大掘削長: 2,500m)が掘削された。この内、4 本の坑井で噴出に成功し、最高貯留層温度 350°C が確認された。1990 年代前半には、Tendaho 地域(北部 Afar 地域)において、2,100m 級深部調査井が 3 本、500m 級浅部調査井が 3 本掘削され、270°C の高温貯留層が確認された。

1996 年、Aluto-Langano 地域の地熱開発はエチオピア電力公社(EEPCO)に引き継がれ、7.3MW 地熱パイロットプラント建設がイスラエル ORMAT 社によって、ターンキー契約ベースで行われ、1998 年に運転を開始した。運開当初、技術的な各種トラブルにより、発電が途絶えていたが、今日では 4MW 程度の発電を行っている。

エチオピア地溝帯地域では、この他にも多くの地熱地域が存在し、探査段階は以下の通り、概査レベルから熱流量坑掘削を含む詳細地球科学的調査まで様々である。

(i) Tulu-Moye 地域および Corbetti 地域: 熱流量坑掘削を含む詳細地球科学的調査レベル (ii) Abaya 地域、Dofan 地域および Fantale 地域: 詳細地球科学的調査レベル

(iii) Kone 地域、Meteka 地域、Teo 地域、Danab 地域および Abhe 湖地域: 概査レベル

過去 40 年間にわたって、国内全土を対象に地熱探査が実施されてきており、地熱資源評価のための有用な情報が蓄積されるとともに、各種探査技術が培われてきている。将来、これら地熱有望地域の中から発電所建設が実施される場合に備えて、探査開発技術を涵養し、基本的なデータインフラを整備しておくことは重要である。

3.3.3 ジブチ

ジブチは、(a)東アフリカ隆起帯、(b)アデン湾隆起帯、(c)紅海隆起帯の 3 つの隆起帯が交差した地殻(プレート)の境界部に位置する(図-3.3-4)。これら隆起帯の境界部周辺では、地下深部からの熱流出量が高く、地熱エネルギー協会の報告(GEA, 1999)にあるように、膨大な地熱資源ポテンシ

ヤルが期待されている。主な地熱地域として、(i) Asal 湖地域、(ii) Abhe 湖地域、(iii) Hanle 地域、(iv) Gaggade 地域、(v) Arta 地域、(vi) Tadjourah 地域、(vii) Obock 地域および(viii)Dorra 地域が存在し、230-860 MW の地熱資源量が推定されている。

国産エネルギー源に乏しいことから、1970 年代以降、地熱資源開発のための各種調査が実施されてきた。ジブチ国内のエネルギー源は今日、その殆どを化石燃料に依存しているが、Asal 湖地域を対象としたジブチ国内最初の地熱調査が、1970 年から 1983 年にかけて、フランス政府の資金援助で行われた。本調査において 6 本の探査井が掘削され、地熱開発の可能性をうかがわせる高温の流体が確認されたが、アデン海に隣接した地域であることから、高塩濃度の問題があることが判明し、その後の探査・開発は遅々として進んでいない。2000 年、米国地熱開発協会 (GDA) は、あらためて Asal 湖地域を対象に FS 調査を実施し、30MW の地熱発電所建設の可能性を示唆している。

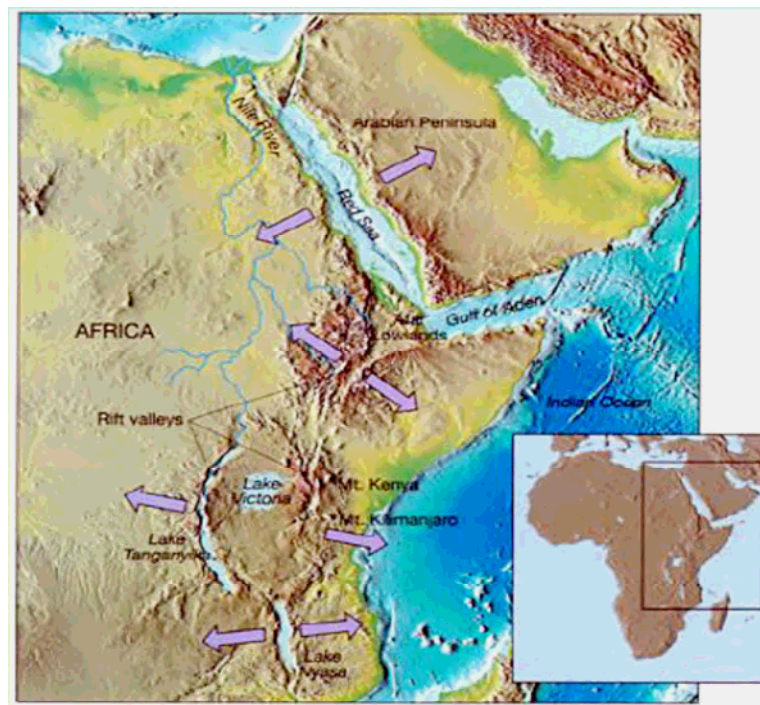
3.3.4 タンザニア

1976 年から 1979 年にかけて、スウェーデン国コンサルティンググループ (SWECO) は、アイスランド国 Virkir-Orkint と協力して、スウェーデン国際開発庁(SIDA)の資金を活用し、タンザニア全土を対象とした地熱資源調査を実施している。詳細地表調査に繋げるための地表概査が、国内北部(Arusha 隣接地域、Natron 湖地域、Manyara 湖地域および Maji Moto 地域)および南部(Mbeya 地域)において実施された。これら探査は全て地表探査レベルであるが、今後推進すべき地域として、(a)国内北部のケニア国境近くの Arusha 地域と(b)国内南西部の Rukwa 湖地域と Nyasa 湖の間に位置する Mbeya 地域の 2 地域が絞り込まれている(図-3.3-5)。この他、首都ダルエスサラムの南方約 160km に位置する Luhoi 地域では 1998 年から 2002 年にかけて、First Energy Company (現地法人) によって地表概査が実施され、200°C以上の地熱貯留層の存在が推定されている。

3.3.5 ウガンダ

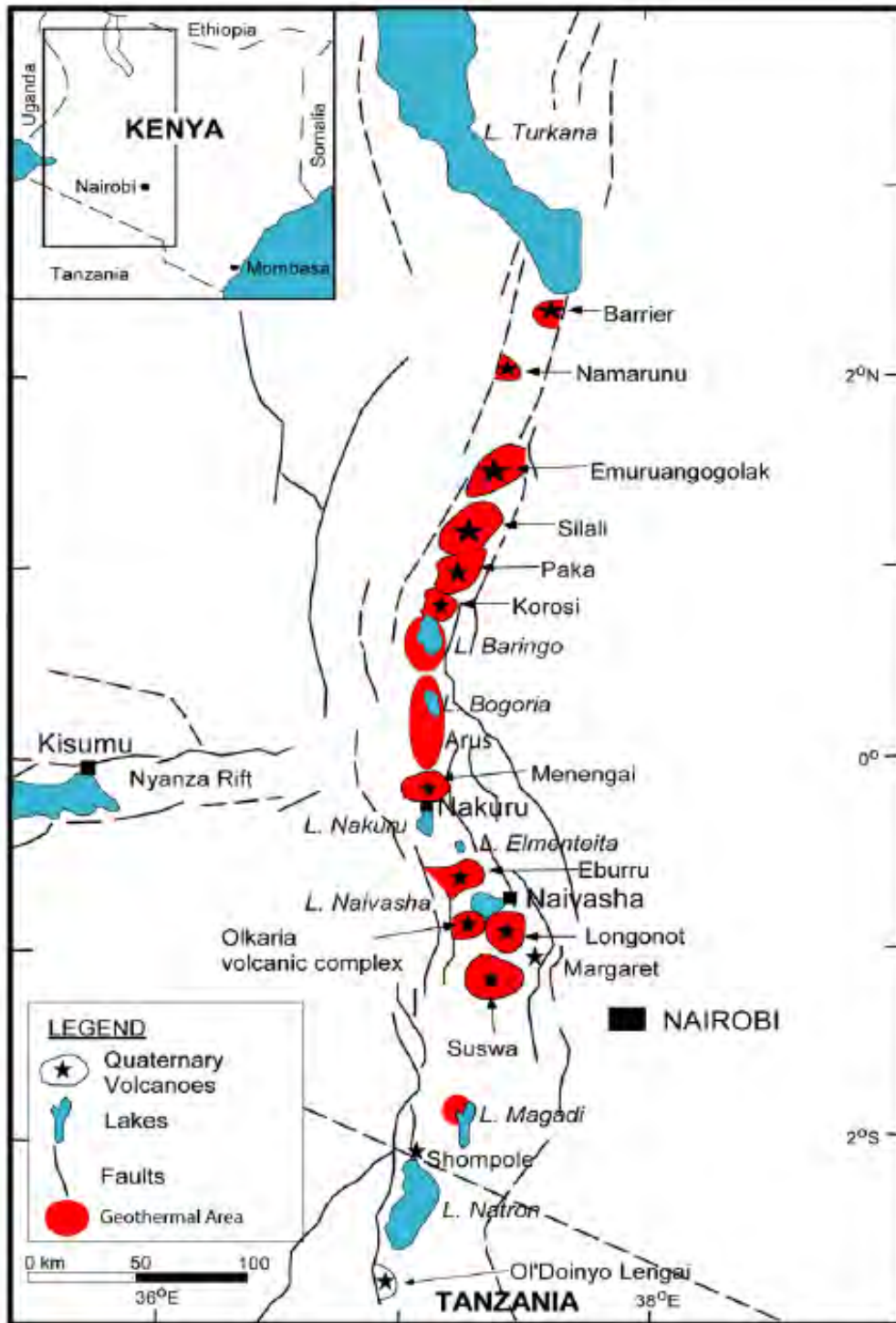
Bahati・Joshua (2002)によると、ウガンダにおける温泉調査に関連した最初の地熱探査は 1935 年にまで遡る。比較的水資源に恵まれているが、水力発電を補完し、さらに国内西部の電化率向上のために、ウガンダ政府は地熱発電による電源開発の必要性を認識している。今日までの地熱調査は国内 3 地域 (Buranga 地域、Katwe 地域および Kibiro 地域) に絞って実施されてきた。これら 3 地域は、アフリカ地溝帯の内、ウガンダとコンゴ民主共和国との国境に沿った西部隆起帯(図-3.3-6)に位置し、活発な火山活動および構造運動により、大規模な熱源の存在および高透水性が期待される。

Katwe 地域を対象に、アフリカ開発銀行(AfDB)はウガンダ代替エネルギー資源庁 (UAERA) と協力して探査を実施してきた。Kibiro 地域については、アイスランド国際開発庁(ICEIDA)の資金により、地質調査・物理探査含む地表調査が実施されている。ICEIDA は、また、UAERA によって開始された Katwe 地域の調査を継承し、最終報告書を作成している。ドイツ地科学天然資源研究所(BGR)は Buranga 地域における微小地震探査を実施した。Katwe 地域および Kibiro 地域では、熱流量測定を目的とした浅部井(深度 200-300m)掘削結果から有望地熱資源の存在が推定され、さらに、将来の深部調査井掘削選定のための地熱構造モデルも作成されている。



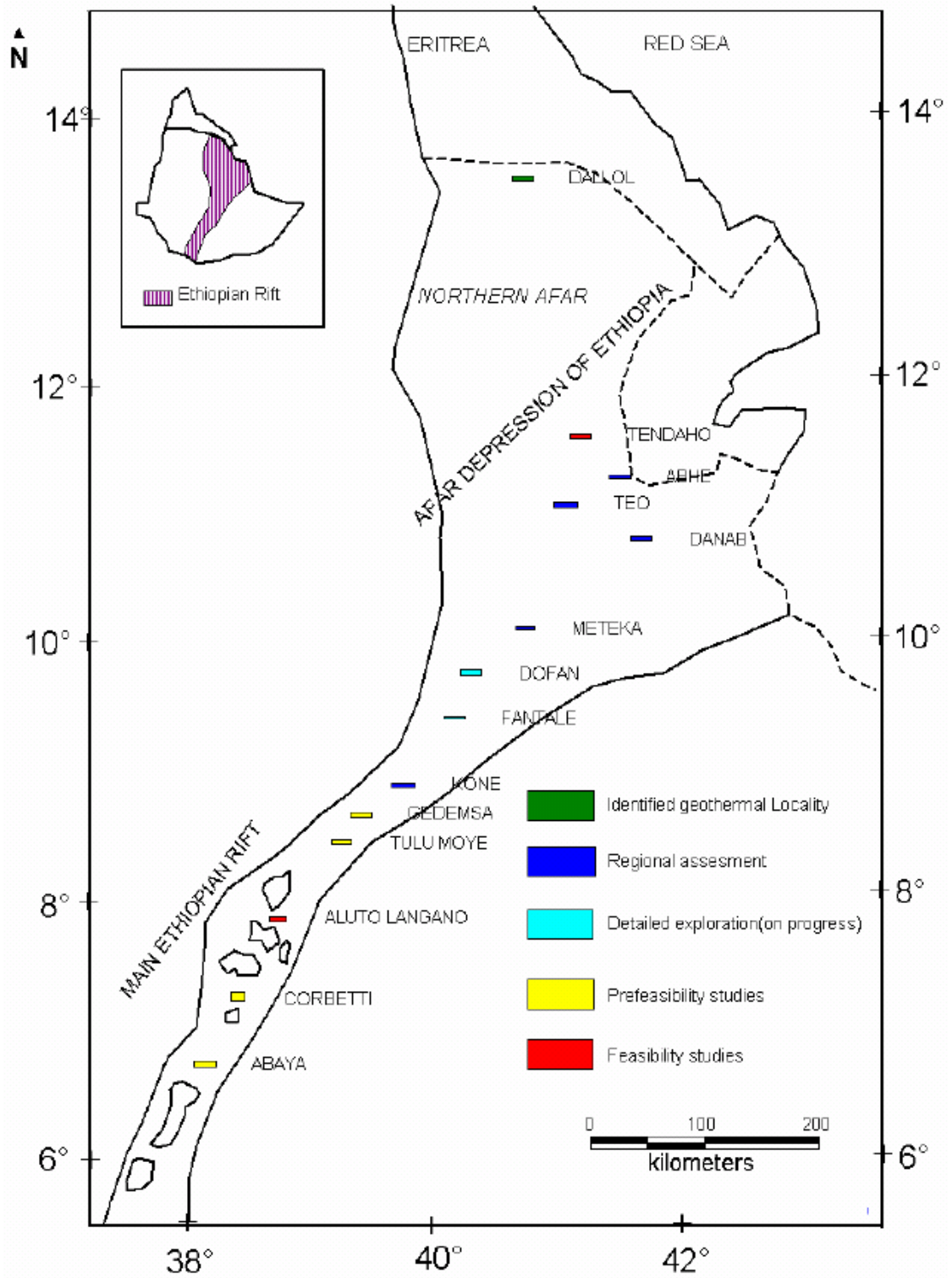
(資料) (Teklemariam, 2010)

図-3.3-1 東アフリカ地溝帯 (EARS) のテクトニクス



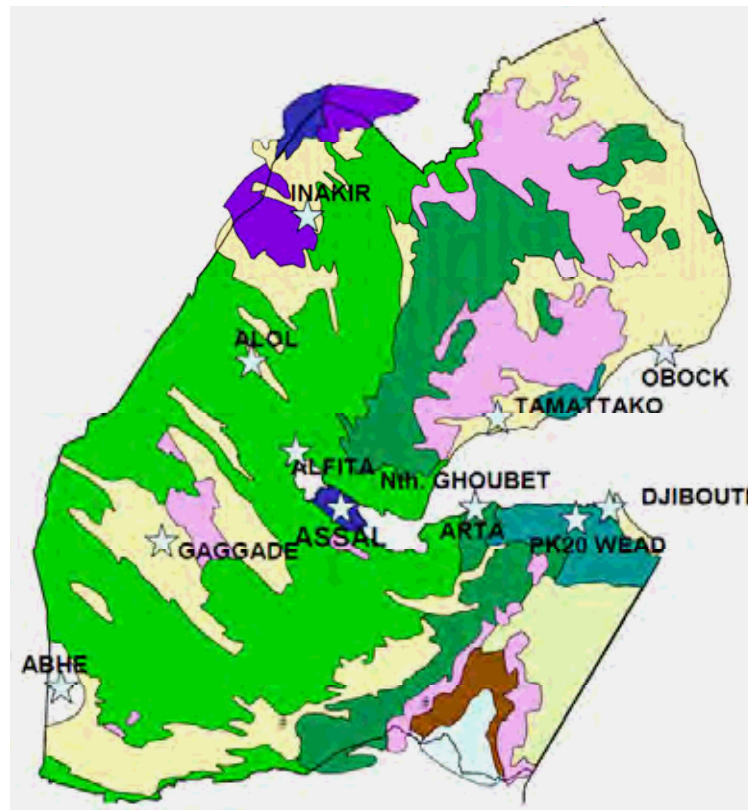
(資料) Peter (2010)

図-3.3-2 ケニア国内の地熱地帯



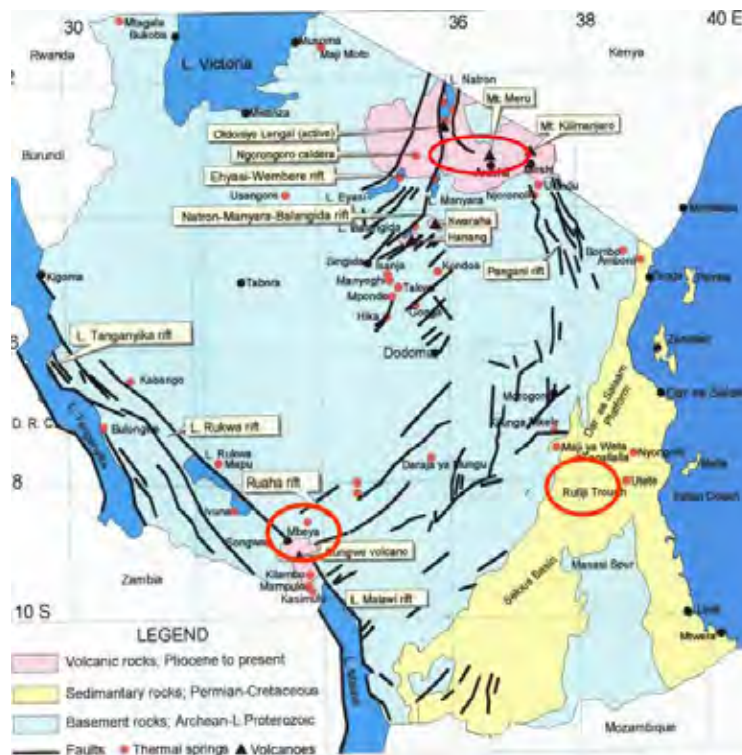
(資料) (Teklemariam, 2007)

図-3.3-3 エチオピア国内の地熱地帯



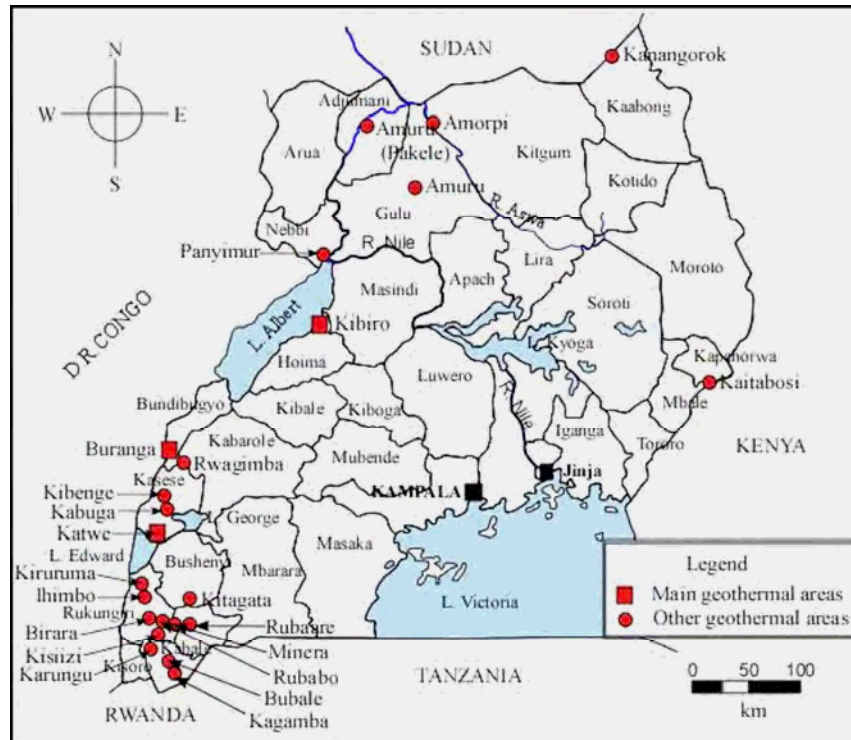
(資料) Ainan (2010)

図-3.3-4 ジブチ国内の地熱地帯



(資料) JBIC (2008)

図-3.3-5 タンザニア国内の地熱地帯



(資料) Bahati (2007)

図-3.3-6 ウガンダ国内の地熱地帯

第 3.4 節 リフトバレー諸国に対する我が国支援の動向

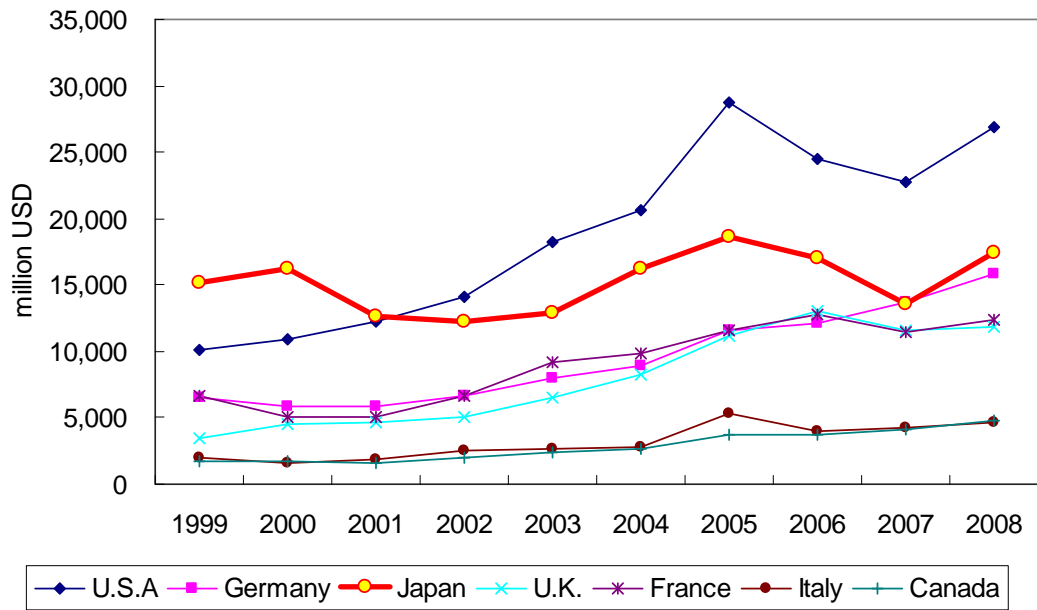
アフリカ地域では、貧困、食糧不足、感染症の蔓延などが依然大きな問題であり、人間の安全保障上の大きな脅威になっている。国際社会全体がミレニアム開発目標（MDGs）の達成に向け努力しているが、特にサブサハラ地域はその達成が危ぶまれている地域である。また、アフリカ地域は紛争の発生、政治的不安定、人権、民主化などの課題を抱えている国も少なくなく、持続的発展のためには社会インフラの整備、平和の定着、民主化の進展などの支援が必要になっている。我が国は、このようなアフリカの抱える課題に対し、アフリカ地域の経済成長、安定的な制度整備、人材の育成、良い統治（グッド・ガバナンス）の普及にむけた支援を行ってきている。

我が国のアフリカに対する ODA 支援（二国間援助）は、2007 年に 1,701 百万ドル（支出純額ベース）であり、二国間援助全体の 29.1%を占めている。内訳は、無償資金協力が 1,365 百万ドル（80.2%）、技術協力が 237 百万ドル（14.0%）、有償資金協力が 85 百万ドル（5.0%）となっている。

我が国の ODA 供与額は政府の財政悪化を受け、ここ 10 年程度、支出総額ベースで 12,000～

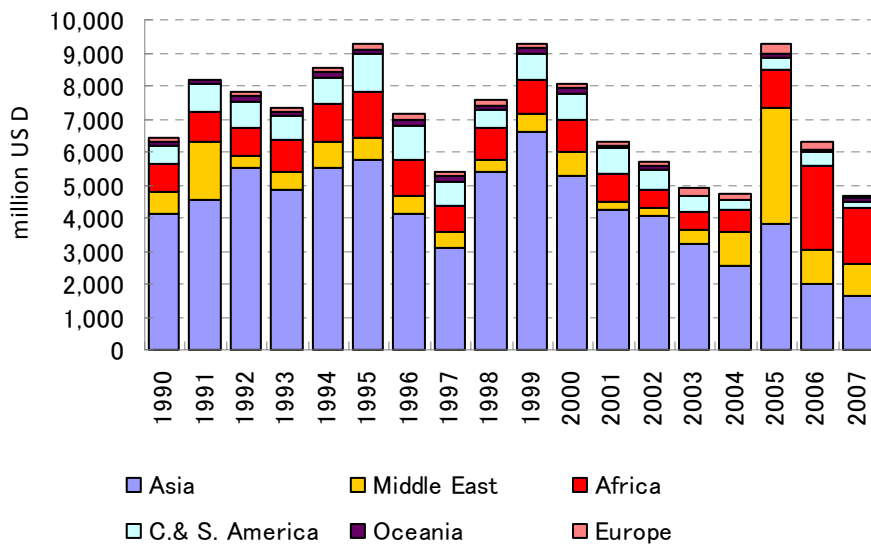
18,000 百万ドル、支出純額ベースで 6,000～10,000 百万ドルの間を推移している。これに伴い 1990 年～2000 年までの間、世界 1 位の ODA 供与国の地位にあったが、2001 年以降、テロとの戦いの中で ODA 供与額を増加してきた米国に抜かれ、現在ではドイツ、英国、フランスなどとともに世界 2 位の ODA 供与グループの一員となっている（図-3.4-1）。このように ODA 供与額全体の伸びが停滞している中ではあるが、我が国のアフリカ支援額は 2005 年以降、大きく増加している。他方、従来我が国が大きく支援してきたアジアはその経済発展に伴い、我が国の ODA 額も減少している。この結果、2006 年以降、アフリカが我が国の ODA 供与額の第 1 位の地域になっている（図-3.4-2、図-3.4-3）。これは我が国がアフリカ支援の重要性を認識していることの詳細的な現れと見ることができる。

アフリカ地域の中を国別に見ると、リフトバレー諸国はアフリカの中でも我が国の ODA 供与額が大きい国の上位にランクされる。すなわち、2007 年の実績では、タンザニア（722 百万ドル、第 1 位）、ケニア（57 百万ドル、第 4 位）、エチオピア（36 百万ドル、第 8 位）、ウガンダ（28 百万ドル、第 13 位）、ジブチ（3.9 百万ドル、第 37 位）となっている。過去 10 年間の ODA 供与額累積で見てもタンザニアが 1,618 百万ドルの供与を得、最も大きな被援助国となっている（表-3.4-1、図-3.4-5）。援助分野別にみると、無償資金協力と技術協力がその中心である。これはアフリカ諸国の財政基盤がまだ十分ではなく、有償資金協力を本格的に始めるには至っていないためである。



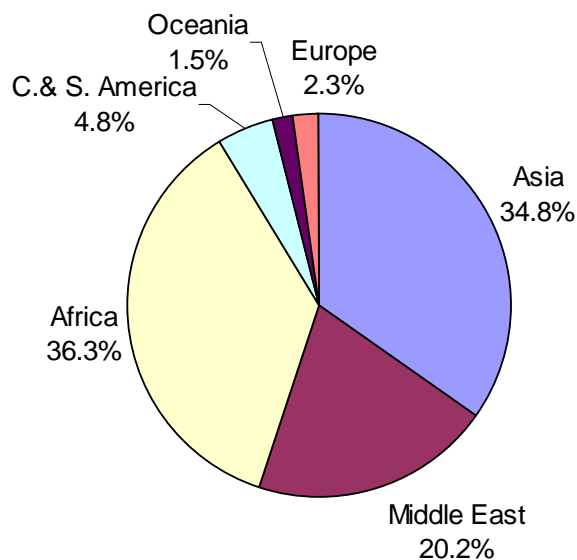
(資料) 外務省 ODA 統計

図-3.4-1 主要援助国の ODA 実績の推移(支出総額ベース)



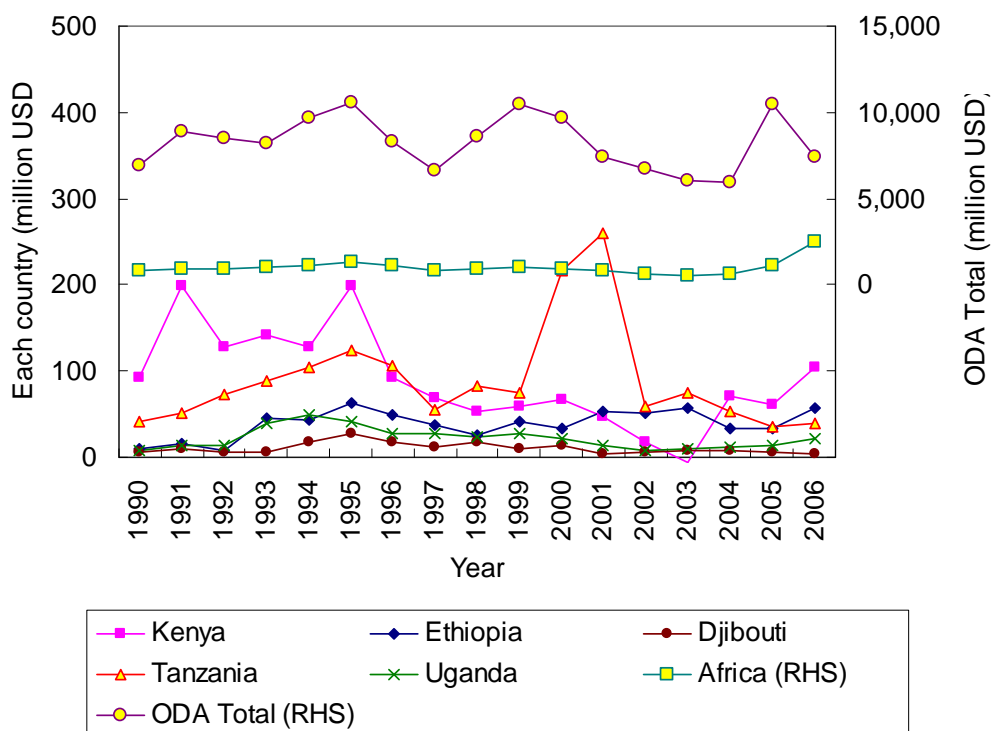
(注) 集計の違いにより合計値は ODA 総額と必ずしも一致しない。(資料) 外務省 ODA 統計

図-3.4-2 我が国 ODA の供与地域の推移 (支出純額ベース)



(資料) 外務省 ODA 統計

図-3.4-3 我が国 ODA の地域別配分 (支出純額ベース 2007 年)



RHS: Right Hand Scale (右軸) (資料) 外務省 ODA 統計

図-3.4-4 我が国の世界、アフリカ、リフトバレー諸国に対する ODA 実績 (支出総額ベース)

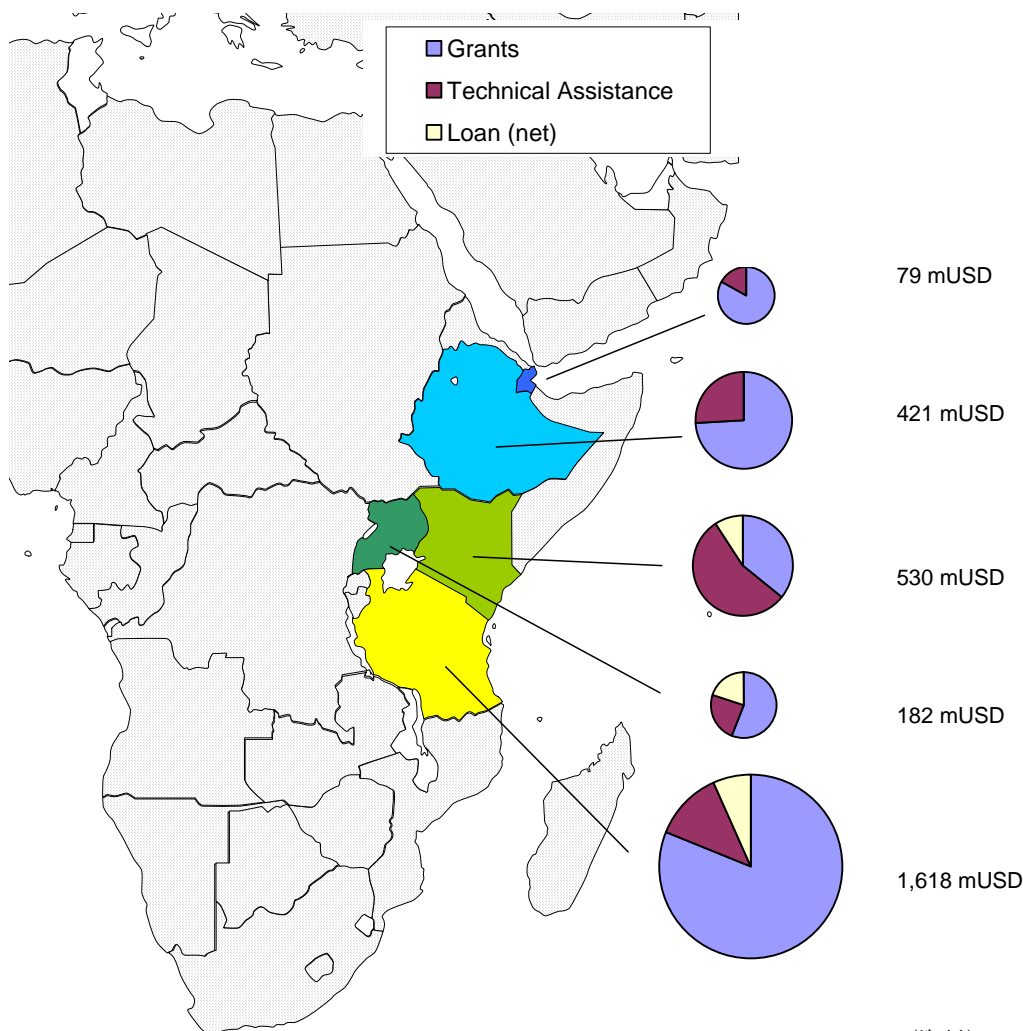
表-3.4-1 リフトバレー諸国に対する我が国の ODA 供与額 (1998-2007 年の累計)

(支出純額ベース 単位:百万円)

国名	贈与			政府貸付	合計
	無償資金協力	技術協力	合計		
Kenya	186.0	286.6	481.3	48.2	529.5
Ethiopia	306.3	107.3	421.3	0.0	421.3
Djibouti	65.7	13.5	79.1	0.0	79.1
Tanzania	1,512.3	226.7	1,744.4	-126.3	1,618.1
Uganda	161.4	70.3	240.1	-57.8	182.3
Africa	10,508.2	2,171.8	13,015.4	-2,110.2	10,905.2
World	31,257.9	29,167.8	60,425.6	18,196.9	78,622.6

(資料) ODA統計 外務省

<http://www3.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/shiryo/jisseki/kuni/index.php>



(資料) 表-3.4-1 による

図-3.4-5 リフトバレー諸国に対する我が国の ODA 供与額 (1998-2007 年の累計)

第 3.5 節 地熱分野における我が国 ODA の支援の動向

環太平洋火山地帯に位置する我が国は地熱資源に恵まれており、1966 年から地熱発電所が開発され、現在、17 カ所、20 発電設備により 535MW の発電が行われている。また、我が国の重電メーカーは世界の地熱発電設備の約 3/4 を納入しており、地熱関連技術が我が国に比較優位のある技術のひとつである。この技術力を背景に ODA 分野においてもこれまで海外の地熱案件を積極的に支援してきている。

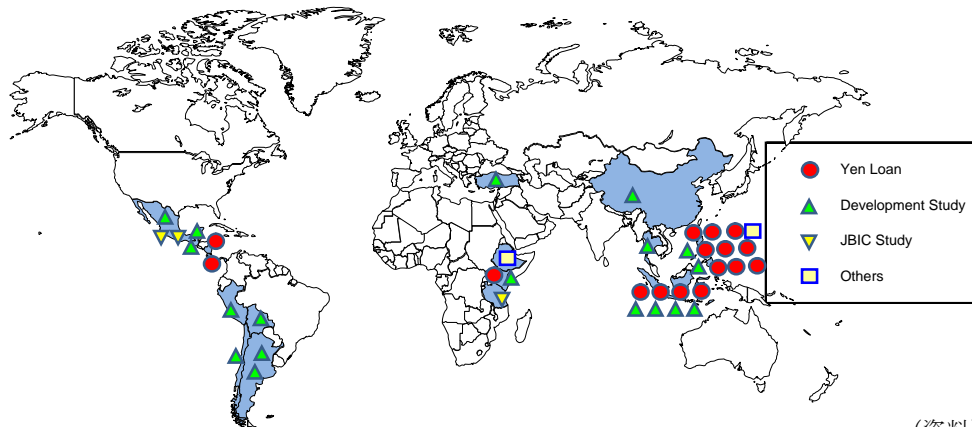
有償資金協力においては、これまで 16 件の地熱発電所案件に総額 1,992 億円の円借款が供与されている。80 年代から 90 年代にかけてはフィリピン、中米が主な被援助国であった。2000 年以降、円借款はもっぱらインドネシアに供与されているが、2010 年にはケニアのオルカリア地熱発電所 1 号機の拡張計画に対しても 295 億円の円借款がプレッジされた。

地熱資源を調査する開発調査に関しては、1973 年から実施されている。これまで 11 カ国で 16 案件の開発調査が行われている。現在はペルーにおける地熱発電計画マスタープラン調査が実施中である。

専門家派遣は 1975 年から 2001 年までの間に 10 カ国のべ 25 名が派遣されている。また、研修生受入は 1970 年から 2001 年までに九州大学にて国際地熱研究コースが設けられ、36 カ国から合計 393 名の研修員が受け入れられ、日本で地熱発電関連技術を学んでいる。

さらに特殊なところでは、2000 年に JICA による開発投融资事業が行われ、九州電力(株)がフィリピンのタナワン地区で実施した地熱調査に低利の融資が行われている。また、本年、エチオピアに対して供与されたノンプロジェクト型無償資金協力において、森林保護のための再生可能エネルギーの開発にも用途が認められ、地熱調査への支援も可能となっている。

このように我が国の ODA による地熱支援はこれまでフィリピン、インドネシア、中南米が中心であったが、近年はアフリカ地域にも関心が高まっている。



(資料) 表-3.5-1 による

図-3.5-1 我が国の ODA による地熱支援状況

表-3.5-1 我が国のODAによる地熱支援状況

有償資金協力

国名	年度	案件名	金額(億円)
フィリピン	80	トンゴナン地熱発電建設事業	188.00
	81	南ネグロス地熱発電所	108.00
	83	レイテ地熱発電(Ⅱ)	160.70
	88	パレンピノ地熱発電所建設計画(Ⅱ)	63.00
	92	パレンピノ地熱発電所建設計画(追加融資)	36.53
	94	ティウィ地熱発電所改修計画	70.56
		マクバン地熱発電所改修計画	66.30
	96	ラボ地熱発電所計画(Ⅰ)	107.56
		北ネグロス地熱開発計画	144.60
		小計	945.25
ニカラグア	77	モモトンボ地熱発電	75.00
		小計	75.00
コスタリカ	85	ミラバーシェス地熱発電計画	135.47
		小計	135.47
インドネシア	03	ラヘンドン地熱発電所拡張事業	58.66
	04	ウルブル地熱発電所建設事業	202.88
	05	カモジャン地熱発電所拡張事業(E/S)	9.95
	09	ルムットバライ地熱発電計画	269.66
		小計	541.15
ケニア	09	オルカリア1 4・5号機地熱発電計画	295.16
		小計	295.16
合計(16件)			1,992.03

(資料：外務省ODA白書)

開発調査

国名	期間	計画名	相手国受入機関
グアテマラ	73年～77年	スニール地区地熱発電所開発計画調査	国家電力庁(INDE)
チリ	78年～81年	プチュルディサ地区地熱発電所開発計画調査	産業開発公社(CORFO)
ケニア	79年～84年	リフト渓谷エブル地区	エネルギー省(DOE)
フィリピン	80年～82年	ルソン島ブギアス地区	エネルギー省(DOE)
インドネシア	79年～83年	ルンプール地区地熱開発計画調査	鉱山エネルギー省
インドネシア	86年～89年	クリンチ地区地熱開発計画調査	鉱山エネルギー省
アルゼンチン	82年～84年	ネウケン州北部地熱開発計画調査	企画庁計画調整局ほか
フィリピン	82年～85年	マクバン、イトゴン地区地熱開発計画調査	エネルギー開発局
タイ	82年～88年	サンカンベン地区地熱開発計画調査	電力公社(EGAT)
メキシコ	84年～89年	ラ・プリマベラ地熱開発計画調査	電力公社(CFE)
トルコ	85年～87年	ディキリ・ベルガマ地区地熱開発調査	鉱物資源開発総局(MTA)
アルゼンチン	87年～92年	ネウケン州コパウエ地区地熱開発計画調査	エネルギー公社(EPEN)
グアテマラ	97年～01年	アマティラン地区地熱開発調査	電力公社(INDE)
中国	01年～05年	チベット八羊井地熱開発調査	電力工業局ほか
インドネシア	06年～08年	地熱開発マスタープラン作成調査	エネルギー・鉱物資源省
ペルー	10年～12年	地熱開発マスタープラン作成調査	エネルギー・鉱山省

(資料)日本地熱調査会「我が国の地熱開発の動向(2005年)」ほか

専門家派遣

75年～01年までに10ヶ国へ延べ25名派遣

(資料)日本地熱調査会「我が国の地熱開発の動向(2005年)」

研修生受入

70年～01年まで九州大学にて国際地熱研究コースが設けられ、36ヶ国から合計393名の研修員を受入

(資料)地球環境適応型地熱開発戦略報告書(2002年5月)

JICA開発投融資事業

国名	年度	計画名	融資先
フィリピン	00年	タナワン地区地熱開発計画	九州電力(株)

(資料)九州電力(株)

ノンプロ無償資金協力

国名	年度	計画名	金額(億円)
エチオピア	09年	森林保全計画(うち一部、再生可能エネルギー開発)	17.00

(資料)外務省ODA Website

第4章 ケニア

第4.1節 国概況¹

2007年12月の大統領選挙において、与党国家統一党(PNU:PartyofNationalUnity)候補のキバキ大統領がオレンジ民主運動(ODM:OrangeDemocraticMovement)のオディンガ党首に競り勝ち、再選を果たした。しかし、選挙結果を巡る与野党の対立は、ケニアに根強く残る国内部族間の対立を表面化させ、死者1,200人、国内避難民50万人を超える大規模な混乱に発展した。2008年2月、キバキ大統領とオディンガ ODM 党首は、アナン前国連事務総長らの仲介を受けて、連立政権発足に合意し、同年4月には両党を中心とする大連立政権が発足した。大連立政権はその進捗の遅さは懸念されるが、選挙管理委員会の改革や憲法改正、部族対立問題などの長期的な課題に継続的に取り組んでいる。

経済面では、ケニアは他の東アフリカ諸国と比較すると工業化が進んでいるものの、園芸作物、紅茶を主要作物とする農業が最大産業であり、GDP の約 21%(WDI, 2009)を占めている。2007年までは健全なマクロ経済政策、構造改革の実施により着実な成長を見せ、GDP 実質成長率は2006年の6.4%(WDI, 2009)から2007年は7.0%(WDI, 2009)に上昇し、過去最高の伸びを記録した。しかし、2008年は2007年末の選挙後の暴動による影響に加えて、世界的な燃油及び食糧価格の高騰、更に世界経済不況の影響により、成長率は3.6%(WDI, 2009)と低迷した。

ケニアは、2008年6月、「ケニア・ビジョン2030」(KenyaVision2030)を策定した。これはアジアの新興国のビジョン戦略に倣い策定されたもので、ケニア政府の長期開発戦略である。ビジョンの大目標は、「世界的に競争力があり、2030年までに高い生活の質を伴う繁栄した国」をつくることであり、2030年までの中所得国入りを目指している。本ビジョンは、相互関連性のある経済、社会、政治を三本柱としてケニアの将来像を包括的に描いている。各柱の目標は、(a)経済：年間10%平均の経済成長率の達成とその2030年までの維持、(b)社会：清潔で安全な環境における公正かつ公平な社会開発、(c)政治：課題達成型、人々が中心、結果重視かつ説明責任のある民主システムの実現である。本ビジョンに基づき、5年毎の中期計画が策定され、第一次計画として、「ビジョン2030中期計画国家変革のための戦略2008-2012：豊かなケニアのための公平な経済・社会開発加速」が策定された。

第4.2節 エネルギー事情

2007年におけるケニアの一次エネルギー供給量は、18,305千石油換算トン(toe)で、このうち、国産エネルギー(水力、地熱、薪等)は14,725千toe、輸入量(石炭、石油、石油製品、電力)が4,109千toe、輸出量が391千toeとなっている(IEA Energy Balance 2007)。一方、最終エネルギー消費量は12,109千toeであり、その用途別内訳は、産業用が794千toe、運輸用が1,881千toe、

¹ 外務省国際協力局編「政府開発援助(ODA)データブック2009」による。

その他(民生用、農業用等)が 9,434 千 toe となっている (同)。

国内のエネルギー資源について見ると、石炭については、埋蔵が確認されているが商業化された炭鉱は存在せず、国内で使用されている石炭は全て輸入されている。なお、輸入炭はモンバサのセメント工場などで使用されている。現在、政府系機関が Taru 盆地の Kwale と Klifi 地区において地表探鉱を実施している他、Mui 盆地の Kitui と Mwingi 地区において試掘を行なっている。特に、Kitui 地区では、石炭試掘用リグ (7,500 万 Ksh. で購入) により 20 カ所の試掘が行われ、これまでに 8 カ所で瀝青炭が発見されている。このため、発電用燃料として期待が寄せられており、現在、Kitui 地区の埋蔵量を確認すると共に、石炭火力発電所での利用について調査を行なっている。

石油と天然ガスについては、探査活動が行なわれているが、現在までのところ商業規模の資源の存在は確認されていない。石油系燃料は全量を輸入しているが、原油はモンバサにある 9 万 bbl / 日の石油精製施設によって精製されている。

非商業エネルギーの消費量は、エネルギー消費量全体の 74% を占めており (2007 年)、なかでも薪などの消費量が大部分を占めている。今後も人口の増加や貧困の拡大により、ますます非商業エネルギーの消費が増加することが予想される。このため、森林伐採などによる環境破壊が懸念されている。

政府は、環境破壊を食い止めるため、商業エネルギーの利用拡大や再生可能エネルギーの開発・利用を推進し、できる限り非商業エネルギーの消費量を抑えようとしている。しかしながら、商業エネルギーの利用促進に関しては、インフラ整備が遅れているため、多くの地域では商業エネルギーが利用できず、インフラが整備されている地域においても金銭的な理由で利用できない人々が多数存在する。また、再生可能エネルギーの開発・利用に関しては、資金的な問題から急速な進展は望めない状況である。

表-4.2-1 ケニアのエネルギー資源の埋蔵量

資源	推定埋蔵量	備考
水 力	大規模水力 1,558 MW	10MW 以上の水力 年間発電電力量は 6,600GWh と推定。
	小規模水力 3,000MW 以上	10MW 以下の水力
地 熱	7,000MW 以上 バイナリ発電により増加が可能。	現在の地熱発電所の設備容量は 204MW。
木質バイオマス (薪、木炭など)	現存量 18 億 m ³ 年間平均収量 2,430 万 m ³	年間消費量 4,000 万 m ³
バガス	バガスを利用した発電 : 300MW	砂糖産業において、コジェネとして利用。 余剰電力を送電系統に供給している企業は、7 社中 1 社

		(Mumias 社、余剰電力は 2MW)。
風力	346 W/m ²	—
太陽エネルギー	4~6kWh/m ² /day	2003 年時点で 140,000m ² の太陽熱集熱器を利用、 200,000 戸で太陽光発電を利用。

(出典：エネルギー省資料)

第 4.3 節 電力事情

4.3.1 電力セクター概要

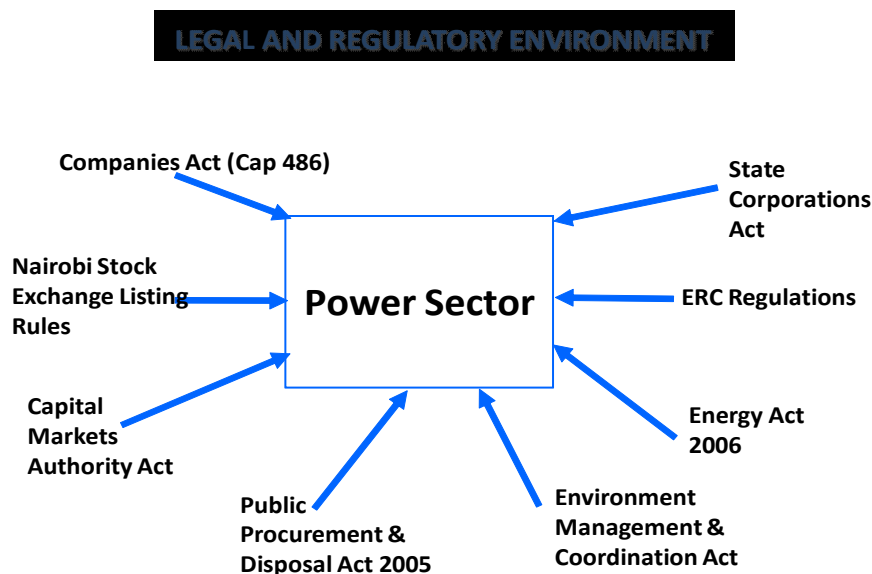
電力セクターは、1990 年代の半ばから、一部国有化されたケニア発電会社と配電のケニア電力・電灯会社をキープレーヤーとし、垂直統合による独占から、自由化セクターへ改編し、国有地熱開発会社 (GDC : Geothermal Development Company)、送電会社 (KETRACO : Kenya Electricity Transmission Company)、5 つの IPP (IPPs : Independent Power Producers)、一つの緊急発電プロバイダー (EPP: Emergency Power Provider)、エネルギー規制委員会(ERC : Energy Regulatory Commission)、エネルギー裁定局(ET : Energy Tribunal)、地方電化局 (REA : Rural Electrification Authority) に再編成されてきた。改革の手段を支えるのは、とりわけ、1997 年の電力法、2007 年のエネルギー法、地熱資源法と国家環境・管理法などである。

4.3.2 電力セクター政策

新しい国家エネルギー政策は、2004 年承認され、関連法の立法が続いた。さらに 2007 年にはエネルギー法も策定された。セクターの再構築に関する政策は、独占的な垂直統合公社から、競争的な発電・送電・配電事業に分離された。2007 年には同法は電力規制体制から電力規制委員会と地方電化局の設立を促進した。

4.3.3 規制上の枠組み

電力会社 (KenGen、KPLC、KETRACO、GDC、IPP 等) の統治運用に関する法律には、エネルギー法の他に、とりわけ環境管理法、調整法、エネルギー規制委員会規定がある。図-4.3-1 は、法と規制の状況を示している。



(資料)調査団作成

図-4.3-1 法令と規制整備

4.3.4 電力セクター投資促進策

ケニア政府は、民間セクターに対して、さらに魅力的な電力セクターにおける投資促進策を提案している。エネルギーセクターに適用できる財政インセンティブは次のようなものである。

- 水力、地熱、再生可能エネルギー、国産エネルギープロジェクトのための免税期間の承認
- プロジェクト実施期間における発電と送電の義務と税金免除のために、発電所、各設備、関連装置の調達を許可する現在の財政上政策の継続

電気料金と同様に、制度上及び規制上の枠組みが、ケニア電力セクター開発に参入する多くのIPPと緊急発電プロバイダーの両方にも適用されている。

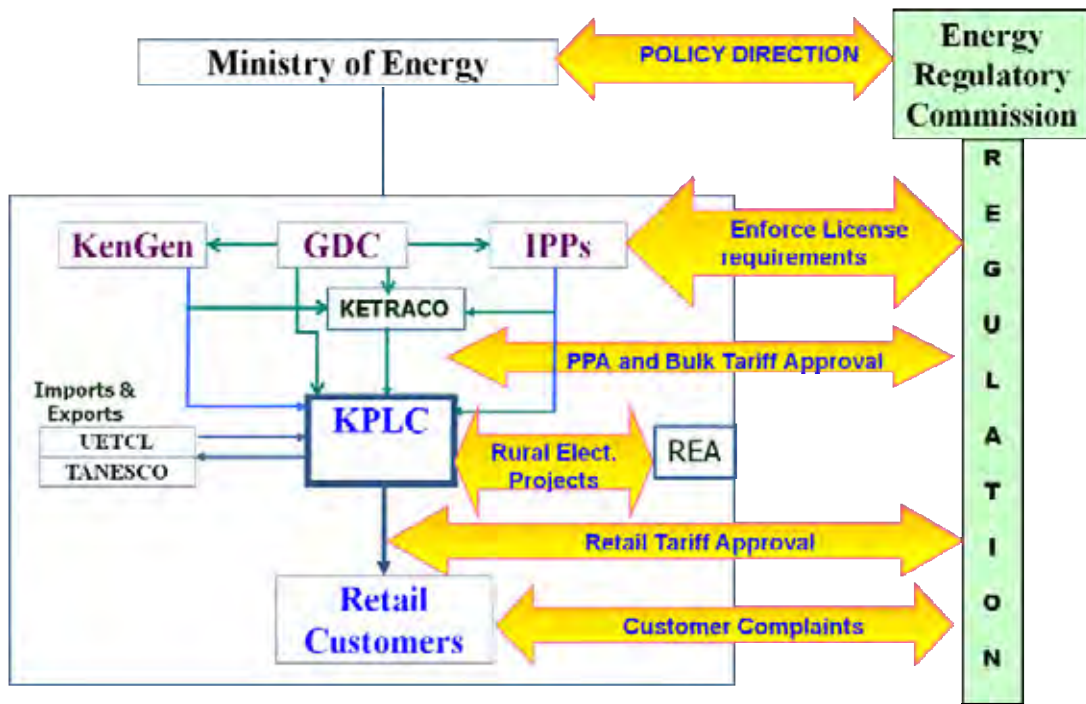
4.3.5 制度上の枠組み

ケニアの電力セクターの構造は、エネルギー省 (MOE : Ministry of Energy)、エネルギー規制委員会(ERC : Energy Regulatory Commission)、ケニア発電会社(KenGen : Kenya Electricity Generating Company)、ケニア電力・電灯会社(KPLC : Kenya Power and Lighting Company)、地方電化局(REA : Rural Electrification Authority)、ケニア送電会社(KETRACO : Kenya Electricity Transmission Company)、地熱開発会社(GDC: Geothermal Development Company)、独立系発電事業者(IPP : Independent Power Producers)で構成されている。エネルギーセクターの政策目的は、2004年のエネルギーに関する会期報告書 No.4 と 2006年のエネルギー法 No.12 に述べられている。エネルギー省は、政策と法律を背景に、エネルギー政策開発と電力セクター政策の管理の権限を有する。エネルギー規制委員会は、電力売買契約と電力網サービス契約、電気料金設定、見直し、調整、指標となる国家エネルギー計画、環境と健康標準強化の承認権限を有しており、電力セクターを効果的・効率的にするための技術面、経済面、環境面からの制定法の命令権を持っている。

ケニア発電会社(KenGen)は、70% が国有で、30%が民間株主である公的な発電会社である。

同社の発電所は、水力、火力、地熱、風力を含む様々なエネルギー源からなり、国全体の設備容量の約 60%を占める。さらに、化石燃料火力、地熱、バイオマスを電源とする 5 つの IPP 発電事業者があり、これは合計で国の設置容量の約 40%を占める。ケニア電力・電灯会社は、電力市場において、消費者への送電、配電、供給を行う。電力売買契約を基本として、すべての発電事業者から電力を購入する電力買収機構である。それぞれ特別な目的を有する地方電化局(REA)、ケニア送電会社(KETRACO)、地熱開発会社(GDC)は、エネルギー法の下で、それぞれの地方における電気接続を加速させ、また、オープン接続システムの進化のための、新しい送電システムを開発、所有、運用し、あるいは、地熱発電の調査、実施、開発するために設立された。地熱開発会社は、地熱分野の地表調査を引き受け、調査・資源評価・生産掘削を実施し、また、井戸元発電ユニットを使った早期発電、蒸気生産地点の開発・管理、ケニア発電会社や IPP に対し、蒸気売買契約に入るなどが期待されている。地方電化局、ケニア送電会社、地熱開発会社への資金は、政府のほか、多国間や二国間のソフトローンが資金源となっている。

POWER SUB-SECTOR STRUCTURE



(資料)KPLC

図-4.3-2 ケニア電力サブセクター構造の現状

ケニアはウガンダと 132kV 2 回線送電線を経て、ケニア電力・電灯会社とウガンダ送電公社 (UETCL : Uganda Electricity Transmission Company Limited) の互いの電力売買で国際連系されている。ケニアとタンザニアとの国境では、2 つの町で 33kV で接続し、現在タンザニア電力供給公社(TANESCO:Tanzania Electricity Supply Company)が、ケニア電力・電灯会社(KPLC)に Lunga Lunga で電気を供給しており、ケニア電力・電灯会社からは Namanga で電気を買っ

ている。

4.3.6 規制上の枠組み

規制の目的は、望ましい社会的結果をもたらすことである。市場の失敗により、その達成ができないような環境保護や安全問題に対しては規制が必要となる。また、送電網、配電網のような活動のいくらかは、本来独占的なものであり、株主の利益を守るために、独立した規制者を必要とする。それゆえ、規制は社会的利益に矛盾しない方法で行われる。

エネルギー規制委員会は、2007年のエネルギー法の下で、ケニアの電力、発電、送電、配電を規制するために設定された。エネルギー規制委員会は、料金の設定・見直し、環境強化、健康と安全規制、消費者の不満調査、競争の保証、配電サービス契約と同様に、送電の電力購入の権限を持っている。

4.3.7 電気料金規制

1994年から始められた改革の一部として、基本的な電気料金は、供給コストを反映して長期限界費用を基に調整された。さらに、基本の電気料金に対して、顧客は次の電気料金調整金、課金、税金を払う。

- 想定された料金ベースからの交換レート変動の結果として、運転コストの変化を電力供給者に補償する外国為替調整
- 料金レートの計算で、本来想定されている以上の追加運転火力コストのため、電力供給者へ補償する燃料コストの調整
- 電気料金の付加価値税 16%
- 電力規制委員会のための課金
- 地方電化課金

これら追加料金は、出水率、燃料価格、電力需要増加に依存し、このため、しばしば電気の公称価格が変化する。エネルギーに関する 2004 年会期報告書 No.4 で規定されているエネルギー政策によれば、エネルギー価格は市場原理で決定する。しかし、本来事実上の独占である送電網や配電網のようなエネルギーサービスに対しては電気料金を規定する必要がある、規制委員は投資に関して、効率的な価格決定と公正報酬を保証する様な形で電気料金を定める。

4.3.8 財政上の枠組み

発電と送電網の拡充は、何年にもわたる多国籍および 2 国間援助による借款や電気事業者の料金収入およびケニア政府からの税金より賄われてきた。また、付加価値税の免除、ケニア政府からの無償ローンも行われた。1996年に発電分野の自由化が行われたが、民間セクターによる反応はにぶく、わずかな参加者しか参入してきていない。

エネルギーに関する 2004 年報告書 No.4 によれば、ケニア政府は、中期の適切な年度ごとの体制をとりわけ次のような点で見直すことになっており、民間セクターを誘引する努力が行われている。

- 水力・地熱・再生可能エネルギー・国産エネルギープロジェクトに対する補助金返済猶予
- プロジェクト実施期間中の発電と送電プロジェクト無税に対する発電所・関係付属品の調

達を許可する現状政策の継続

- バイオマスに基づく発電プロジェクトの促進

4.3.9 発電設備容量

ケニアの電力系統は、2010年6月現在、全設置容量が1,564MWであり、そのうち有効容量は、1,531MWである。これは、干ばつによる水力発電の低減や出力不足時の緊急契約140MWの電力を含んでいる。表-4.3-1は、政府が所有する独立系統設備も含んだ発電設備容量である。表-4.3-2は、電源の種類別の発電所所有と構成比を示している。

表-4.3-1 ケニアの発電設備容量 (2010年6月現在)

電源	設置容量 (MW)	%	有効容量 (MW)	%
Hydro	761	53.4	748.3	53.8
Thermal	419.6	29.5	401.1	28.8
Geothermal	198	13.9	198	14.2
Cogeneration	26	1.8	26	1.9
Wind	5.45	0.4	5.45	0.4
Isolated Grid	14.2	1.0	12.5	0.9
Sub-Total Permanent	1,424.25	100.0	1391.35	100.0
Emergency Power Plant	140		140	
TOTAL	1,564.25		1,531.35	

(資料)KPLC

表-4.3-2 ケニアの発電市場占有率

	設置容量 (MW)	%
<u>KenGen</u>		
Hydro	761	48.6
Thermal	153.7	9.8
Geothermal	150	9.6
Wind	5.45	0.3
Sub-Total KenGen	1,070.15	68.3
<u>REP</u>		
Isolated Thermal	9	0.6
<u>IPPs</u>		
Iberafrica	108.5	6.9
Tsavo Power	74	4.7
Mumias Sugar	26	1.7
OrPower4	48	3.1

Rabai Power	88.6	5.7
Sub-Total (IPPs)	354.1	22.7
<u>EPP</u>		
Aggreko	140	8.9
Grand Total	1,564.25	100.0

(資料) KPLC

4.3.10 送電・配電系統

既存の送電網は、220kV と 132kV の高圧送電線からなる。一方、配電網は 33kV と 11kV の中圧電線からなる。ナイロビ周辺の二次送電線は 66kV である。表-4.3-3 は、過去 6 年間における送電と配電線の回線の互長 (km) の伸びを示している。

表-4.3-3 ケニアの送電線と配電線状況 (2004 年-2009 年) (単位 : km) (各年 6 月末現在)

電圧	2004	2005	2006	2007	2008	2009
220kV	1,323	1,323	1,323	1,323	1,323	1,331
132kV	2,035	2,035	2,035	2,085	2,085	2,112
66kV	600	600	630	632	632	649
40kV	58	58	58	29	29	29
33kV	5,973	6,570	7,826	11,163	12,633	13,031
11kV	15,267	16,794	18,532	21,918	23,573	24,334
合計	25,256	27,380	30,404	37,149	40,274	41,486
増加率 %	10.2%	8.4%	11.0%	22.2%	8.4%	3.0%

(資料) KPLC Annual Accounts 2008/09

4.3.11 顧客状況

顧客数は、表-4.3-4 に表すように、経済回復と地方電化局により加速された電化の実施によって、2007 年～2009 年の過去 3 年で 2 倍に成長した。

表-4.3-4 ケニアの電気料金の用途別顧客数 (各年 6 月末現在)

料金区分	Main Type of Customers Covered by this Tariff	2004	2005	2006	2007	2008	2009
DC only	Domestic KPLC	444,785	482,812	534,743	626,099	724,283	873,764
	REP	59,750	65,439	72,794	91,672	114,820	150,964
DC & IT	Domestic KPLC	50,290	50,843	52,338	54,284	55,573	57,678
	REP	319	325	338	358	367	1,002

SC only	Small Commercial KPLC REP	90,727 33,190	93,021 35,874	97,236 37,412	103,617 40,752	111,446 46,010	124,251 53,185
SC & IT	Small Commercial KPLC REP	1,134 82	1,162 80	1,146 75	1,150 185	1,149 71	1,167 72
B0	Irrigation Load KPLC REP	251 2	226 2	225 2	213 3	196 3	--
B1	Medium Commercial and Industrial KPLC REP	3,006 76	2,863 46	3,291 78	3,208 53	3,412 55	--
B2	Medium Commercial and Industrial KPLC	61	66	68	65	68	-
B3	Medium Commercial and Industrial KPLC	1	4	2	2	4	-
CI1	Large Commercial KPLC REP	269 1	287 1	305 1	317 2	321 2	2,250 37
CI2	Large Commercial and Industrial KPLC	135	142	155	168	177	233
CI3	Large Commercial and IndustrialKPLC	19	16	18	18	16	23
CI4	Large Commercial and Industrial KPLC	0	0	1	1	1	14
CI5	Large Commercial and Industrial KPLC	1	1	1	1	1	13

IT only	Off-peak KPLC REP	918 9	734 8	705 10	677 8	659 9	631 9
SL	Street lighting KPLC REP	1,156 13	1,178 14	1,291 14	1,462 14	1,723 17	1,887 18
TOTAL (KPLC)		592,753	633,355	691,525	791,282	899,029	1,061,911
TOTAL (REP)		93,442	101,789	110,724	133,047	161,354	205,287
GROSS TOTAL		686,195	735,144	802,249	924,329	1,060,383	1,267,198
% INCREASE P.A.		6.7%	7.1%	9.1%	15.2%	14.7%	19.5%

(Note) REP: Rural Electrification Program

(資料) KPLC Annual Accounts 2008/09

4.3.12 電気料金

現行の電気料金は、2005年に電力規制局によって策定された。電気料金政策の目的は、次のとおりである。

- 競争力、コスト効果、効率的で公平な料金となるように、公開、公正、透明な規制の枠組みを設定する。
- 消費者を保護する一方、免許取得も発展存続させ、効率的な運転の刺激策を与えることを保証する。
- 電力サブセクターの財政上の実現可能性を保証し、効率的な負荷管理を奨励する。
- 効率的な利用と公平な供給および電力サービス拡大を促進する。
- ケニア電力供給産業 (ESI : Kenyan Electricity Supply Industry)の最適な成長と進化を促進する。
- サブセクター料金と料金改訂の規定および規制上の決定に関して、消費者、免許取得者、潜在的投資家に案内を行う。

これにより、小売電気料金政策は、次のようになっている。

- 電気事業への投資家の投資リスクを最小限にし、また、適切な期待収益率を確保することにより、投資家の関心を補償すること。
- 許可された利益率は、加重平均資本コストを使って計算する。
- 試算前提は、会社資産の帳簿上の価値を使って決定される。
- 電力需要想定は、最少費用電源開発計画と、電力購入会社の予測に基づき行う。
- 低所得者向の電気料金は、消費者に利益を与えることを目的として、慎重に検討する。
- 他方、低所得者向電気料金は、消費者全体と電力会社の財務への衝撃を最小化するように検討する。
- 中規模、大規模商業／工業分類は、供給電力の電圧レベルに基づいて行う。

4.3.13 電力需要予測

2009年の全国電力系統のピーク電力需要は1,106MWである。しかし、これは制限された数字と考えられ、実際の需要は1,205MWと推定される。140MW非常用発電所を含む1,531MW有効発電能力に対し、予備率は27%で、緊急発電プロバイダー（EPP: Emergency Power Provider）を含めなければ予備率は15%に低下する。過去の計画では適正予備率は15%とされてきたが、政府は2015年にその予備率を30%まで高めることを命じている。

今後の電力需要には3つのシナリオがある。すなわち、参照予測、低予測、高予測であり、GDP成長の違いに基づいて検討された。3つのすべてのシナリオの下で、電気料金は同程度になるように期待されている。シナリオは、Vision 2030で定義された経済開発の道筋を考慮した経済展望を反映するようにした。各シナリオによるGDPの仮定は、次の表4.3-5に示されている。

表4.3-5 段階的 GDP 成長シナリオ

年	低成長シナリオ	参照シナリオ	高成長シナリオ
2009	3.5	3.5	3.5
2010	4.0	5.0	6.0
2011	5.0	6.0	7.0
2012	6.0	7.0	8.5
2013-2030	8.0	9.0	10.0

(資料) KPLC

低い予想のGDP成長シナリオは、経済の実績を考慮した後、2009年の第1四半期4.0%と第2四半期2.1%と推定される悲観的な場合を反映している。このシナリオの下での主要仮定は、国内経済が成長するが、Vision 2030で列挙されたよりも遅いペースで成長する。強い願望に基づく高い場合のシナリオは、Vision 2030で述べられている経済再構築計画の十分な利益が現実化される場合を前提としている。2013年から少なくとも年10%の持続可能な経済成長率の達成を前提としている。

電気料金は安定し、国で年約5%のインフレだけで上昇するものと仮定されている。潜在的なインフレ率は、消費者物価指標から食料品項目を除いて2009年11月が4.86%、2009年12月は5.34%であった。電力需要予測は、推定された率を利用し、前に列挙されたGDP成長シナリオと料金の潜在的なインフレ上昇率の年5%を前提に、実施される。

前記のGDP仮定に基づいて、また、系統損失率が現行の16.3%から2013年には14.5%まで下がることを見通して、さらに、次の5年間で少なくとも100万件の新しい顧客が接続される見通しを加え、2009年から2029年までの電力需要見通しと電源開発計画が策定された。参照ケースのピーク負荷は、2009年の1,205 MWから2029年の8,989 MWまで増加する一方、同じ期間に電力量は7,391 GWhから52,623 GWhまで増加する。

今後20年間を通しての人口増加を年2.8%と仮定すると、一人当たりの電力消費量は現在の182 kWhから2015年に266 kWhまで増え、2021年に503 kWh、2030年には1,302 kWhまで増加

すると思われる。しかし、一人当たりの電力消費量はそれでも現在の世界一人当たりの電力消費量 2,752kWh (2009 年) の半分にすぎず、また、主な発展途上国の 2030 年の一人当たりの電力消費量見通しである 2,000kWh より少ない。2009 年のエジプトの一人当たり電力消費量は 1,468kWh、南アフリカは 5,013kWh であった(International energy agency, key world energy statistics 2009)。

表-4.3-6 電力需要予測 (2009 年-2029 年)

Fiscal Year	低成長 シナリオ		参照シナリオ		高成長シナリオ	
	Net Energy (GWh)	Net System Peak (MW)	Net Energy (GWh)	Net System Peak (MW)	Net Energy (GWh)	Net System Peak (MW)
2009	7,391	1,205	7,391	1,205	7,391	1,205
2029	44,173	7,543	52,623	8,989	57,406	9,809
年平均伸率	9.4%	9.6%	10.3%	10.6%	10.8%	11.1%

(資料) 2029 年は Least Cost Power Development Plan (2009-2029) (KPLC)による。

4.3.14 電源開発計画

2009～2029年の20年間におけるケニアの最少費用電源開発計画は、表-4.3-7に表されている。同計画の最初の新しいプロジェクトは、2013年70MW×2地熱発電所であり、2009年～2029年の間には、合計2,746MWの新規の地熱発電計画がある。他の電源では、石炭火力発電所が1,800MW必要とされている。これらの発電所はベースロード発電ユニットとして運転される。

表-4.3-7 最小費用発電計画－新容量計画 (各年6月末現在)

Year	Configuration			Capital Cost (Mln US\$)	Type	Added Capacity MW	Total Capacity MW	System Peak MW	Reserve Margin MW	Reserve Margin as %age of Total Capacity
2008							1,204	1,086	118	10%
2009	-1	×	8	OLK3	Geothermal	-8				
	-1	×	4	OLK3	Geothermal	-4				
	2	×	24	OLK3	Geothermal	48				
	3	×	8.33	COGN	Cogeneration	25				
	10	×	5.25	IBA1	MSD	52.5	1,317	1,172	146	11%
2010	-2	×	72	KIAM	Hydro	-144				
	2	×	82	KIAM	Hydro	164				
	-2	×	2.6	TAN1	Hydro	-5.2				
	-2	×	4	TAN2	Hydro	-8				
	2	×	4.3	TAN1	Hydro	8.6				
	2	×	5.5	TAN2	Hydro	11				
	9	×	10	RBD1	MSD	90				

	6	×	0.85	WIND 2		Wind -Aelous	5.1					
	30	×	1.65	WIND 1		Wind -Ngong 2	49.5	1,488	1,279	209	14%	
2011	8	×	10	MSD1		MSD	80					
	-1	×	10	FIAT		GT	-10					
	0	×	0	MASI		Hydro	0					
	1	×	35	OK23		Geothermal	35					
				TRNS	196.8	Msa-Nbi Line		1,593	1,401	192	12%	
2012	2	×	10.3	SAHP		HYDRO	20.6					
	1	×	20	KIND		HYDRO	20					
	5	×	10	MSD	65	MSD	50	1,684	1,540	144	9%	
2013				TRNS	68.5	Line						
				TRNS	65.3	Line						
				TRNS	433	Ethio-Kenya Line						
	1	×	200	IMP1		IMPORT	200					
	2	×	70	GEOT	462	Geothermal	140					
2014	1	×	2.5	GEOT	50	Geothermal	2.5	2,027	1,715	312	15%	
	-1	×	15	OLK1		Geothermal	-15	2,012	1,905	107	5%	
2015	1	×	200	IMP1		IMPORT	200					
				TRNS	43.7	Msa-Nbi Reactors		2,212	2,112	99	4%	
2016	-2	×	15	OLK1		Geothermal	-30					
	1	×	70	GEOT	231	Geothermal	70					
	2	×	70	GEOT	462	Geothermal	140					
	60	×	1.67	WIND 3		Wind Marsabit Turkana	100	2,491	2,339	153	6%	
2017	1	×	230	IMP1		IMPORT	230	2,721	2,586	136	5%	
2018	2	×	70	GEOT	462	Geothermal	140					
	1	×	150	IMP1		IMPORT	150					
				TRNS	41	Olkaria-Nairobi Line		3,011	2,856	155	5%	
2019	-6	×	12.5	KIP1		MSD	-75					
	2	×	150	C150	742.5	Coal	300					
				TRNS	21.8	Msa -Nbi Line capacitors						
2020	1	×	50	IMP1		IMPORT	50	3,286	3,151	135	4%	
	-10	×	5.66	IBA1		MSD	-56.6					
2021				TRNS	265.4	Olkaria-Nairobi Line						
	1	×	370	IMP1		IMPORT	370	3,600	3,474	126	3%	
	1	×	70	GEOT	231	Geothermal	70					
2022	1	×	260	IMP1		IMPORT	260	3,930	3,828	102	3%	
	-7	×	10.57	KIP2		MSD						
2023	1	×	330	IMP1		IMPORT	330					
	2	×	70	GEOT	462	Geothermal	140					
				TRNS	41	Line		4,400	4,215	185	4%	
	3	×	70	GEOT	693	Geothermal	210					
2024	-1	×	30	KGT1		GT	-30					
	-1	×	30	KGT2		GT	-30					
	2	×	150	C150	492.5	Coal	300	4,850	4,638	212	4%	
	2	×	70	GEOT	462	Geothermal	140					
	2	×	70	GEOT	462	Geothermal	140					
			TRNS	41	Olkaia-Nairobi							

				TRNS	262.3	Line						
	1	×	90	G90M	73.9	Msa-Nbi Line						
	1	×	90	G90K	73.9	GT	90					
2025	2	×	70	GEOT	462	Geothermal	140					
	3	×	70	GEOT	693	Geothermal	210					
				TRNS	41	Olkaia-Nairobi						
	4	×	20	MSD	104.3	Line	80					
	1	×	90	G90K	73.9	MSD	90	5,310	5,102	208	4%	
2026	2	×	150	C150	492.5	Coal	300					
	3	×	70	GEOT	693	Geothermal	210					
	4	×	20	MSD	104.3	MSD	80					
	2	×	150	C150	492.5	Coal	300	5,830	5,611	219	4%	
2027	2	×	70	GEOT	462	Geothermal	140					
	2	×	70	GEOT	462	Geothermal	140					
	2	×	70	GEOT	462	Geothermal	140					
				TRNS	41	Line						
	5	×	20	MSD	130.4	MSD	100					
	1	×	90	G90L	73.9	GT	90					
				TRNS	41	Olkaia-Nairobi						
				TRNS	41	Line		7,330	6,779	551	8%	
2028	2	×	150	C150	492.5	Coal	300					
	-2	×	24	OLK3		Geothermal	-48					
	-3	×	8.33	COGN		Cogen	-25					
	3	×	70	GEOT	693	Geothermal	210					
	2	×	150	C150	492.5	Coal	300					
				TRNS	41	Olkaia-Nairobi						
				TRNS	41	Line		8,067	7,449	618	8%	
2029	2	×	70	GEOT	462	Geothermal	140					
	4	×	20	MSD	104.3	MSD	80					
	1	×	90	G90E	73.9	GT	90					
	2	×	70	GEOT	462	Geothermal	140					
				TRNS	41	Olkaia-Nairobi						
				TRNS	41	Line						
	2	×	150	C150	738.6	Coal	300	8,817	8,183	633	7%	

(資料) KPLC

この計画期間に系統に新しく加えられる総容量は 7,470 MW で、電源別に見ると、地熱 2,746MW、水力発電 224MW、石炭火力発電 1,800MW、ディーゼル発電 541MW、電力輸入 1,530MW、風力発電 155MW、複合発電 25MW、ガスタービン 450MW などで構成されている。地熱開発のスピードは、資源調査の進捗ペースと資金調達ペースにより制約される可能性がある。

4.3.15 電源計画における IPP の役割

前述のとおり、現在ケニアでは、火力発電所 3カ所、地熱発電所 1カ所、その他バイオマス発電所 1カ所の合計 5つの IPP が 354.1 MW の発電所を運転している。

ケニアの IPP の始まりは、2つの発電所で 7年間の電力売買契約がなされた 1997年にさかのぼる。1つは、ナイロビにおける重油を使ったディーゼル発電 44MW で、Iberafrica 社に所有されている。電力売買契約は 2004年に 15年間以上延長された。2番目の発電所は、モンバサの軽油ガスタービン 43 MW で、マレーシアの Westmont 社 が所有し、2004年に電力売買契約期限が切れた。現在、ケニア電力・電灯会社は、いくつかの IPP と長期間の電力売買契約を結んでいる。その主なものは、次のとおりである。

- Marsabit における Turkana 湖 風力発電 300 MW
- Athi River における Gulf Power 社の重油焚きディーゼル発電 84 MW
- Kitengela における重油焚きディーゼル発電 80.9 MW
- Thika における Melec Powergen 社油炊きディーゼル発電 87 MW
- Kinangop における Aeolus Kenya 社風力発電 60 MW
- Ngong における Aeolus Kenya 社風力発電 100 MW

その他いくつかのプロジェクト会社がプロジェクト、特に再生可能エネルギーのための F/S 調査を実施している。

4.3.16 電源開発計画における地熱発電

ケニアの地熱開発は東アフリカ・リフトバレーで行われている。ケニアでは 14 カ所以上の地熱有望地域が、Suswa、Longonot、Olkaria、Eburru、Menengai、Arus-Bogoria、Baringo 湖、Korosi、Paka、Magad 湖、Badlands、Silali、Emurangogolak、Namarunu、Barrier で明らかになっている。政府は、エネルギー大臣、ケニア発電会社、その他の協力者を通して、国内の最も期待できる地熱予定地点のいくつかで詳細地表調査を行ってきた。これらデータの評価によると、ケニアでは 7,000MW 以上の地熱発電が可能とされている。

現在、地熱は電力開発において、最も期待できる国産エネルギーである。また、国内には 204MW の設置容量を持っており、地熱開発計画が地熱開発会社（GDC：Geothermal Development Company）によって実施されている。地熱プロジェクトは、典型的なもので踏査、地表探査、試掘、評価掘削、FS 調査と途中様々な決定点を持つ工程になっている。一般的に、上記の段階は、高い初期投資コストが必要である。しかし、入念な段階的調査の実施により健全な開発を導くことができる。地熱発電プロジェクトは、調査、評価掘削、生産掘削、発電所設置に分類できる。そのような調査活動は多くのリスクも含んでいる。他方で、高い初期投資コストは、化石燃料の発電所と比較すると、長期間の燃料費が不要ということになる。

地熱発電所は、前記の表-4.3-7 に見るように、2009 年～2029 年の間で、合計開発容量 7,470 MW のうち、36.8%に相当する 2,746 MW を占めている。

4.3.17 送電線拡充

送電線の拡充は、新規発電所の電力系統へ接続、開閉所との接続などに関して、送電容量を強化することが計画されている。

表-4.3-8 送電網拡充計画

年	送電線
	Sondu-Kisumu 132kV line
2009	Mombasa-Nairobi 330kV line
	Arusha-Nairobi 330kV
2016	Olkaria-Nairobi 220kV line
2017	Mombasa-Nairobi 330kV line
2021	Olkaria-Nairobi 220kV line

2022

Mombasa-Nairobi 330kV line

(資料) KPLC

国際連系線は、Eastern Africa Power pool(EAPP)、Nile Basin Initiative、Nile Equatorial Lakes Subsidiary Programme などの各計画に従って進められる予定である。これらの国際連系線は、ケニア(Isinya)-タンザニア (Arusha) 400kV 送電線、ケニア(Lessos)-ウガンダ(Jinja) 220kV 送電線、ケニア-エチオピア 500kV 直流送電線、エチオピアからケニア (Moyale town) までの 132kV の越境電化送電線などがある。

4.3.18 まとめ

ケニアの電力セクターは、改革が実施されてから今までなされた成果にもかかわらず、依然、多くの地方住民のための手頃な価格での電気への接続向上、経済と国民に対する電気料金の低減、供給信頼度の向上とサービス提供の効率性向上などの大きな課題に直面している。このため、戦略的資源のような地熱開発推進、資金調達、官民連携による設備容量拡充、地方電化推進、系統設備改修の実施、最少費用電源開発計画の実施、電力取引（国際連系）、業績改善計画の実施などが必要である。

ケニアは増加する電力需要に対処するために、野心的な発電設備と電力網の拡充を目的とする公的セクターと民間セクターの両方の投資を必要としている。民間セクターの投資は、全国系統あるいは独立系統における、重油燃焼による中規模の火力発電所と再生可能エネルギー計画に魅力を感じている。

第 4.4 節 地熱資源状況

北端から南端まで複数の国を跨る世界的規模である東アフリカリフトバレー構造沿いに、ケニアは広大な地熱資源ポテンシャルに恵まれている。これまでの探査結果から、7,000MW を超える地熱資源の存在が推定され、今後 20 年間のケニア全土の電力需要を賄うほどのポテンシャルが報告されている。ケニア国エネルギー省と協力して、これまでケニア発電会社(KenGen)および地熱開発会社 (GDC) が、Suswa、Longonot、Olkaria、Eburru、Menengai、Lakes Bogoria、Baringo、Korosi および Paka からなるリフトバレー地域の殆どの地熱地域の詳細な地表調査を実施してきた(図-4.4-1)。ケニア政府によって作成された最小費用電源開発計画（2009－2029）では、地熱資源開発による発電が最も発電単価が低く、このためベース電源として最適であり、今後の増設を積極的に進める旨の報告がなされている。ケニアの電力需要は現在、年率 8%強で増加している。今後増大が予想される電力需要に対応するために、ケニア政府は新しく組織された地熱開発会社 (GDC) を通して地熱資源を開発し、2029 年までの発電設備建設計画 2,746 MW の建設を目指している。この壮大な計画を達成するため、新規地熱井掘削 1,000 本強、70MW クラスの大型地熱発電所建設 38 基など、地上配管設備を含めて総額 80 億ドル以上の資金が必要とされている。

ケニアにおける地熱資源探査の歴史は 1960 年代に始まり、Olkaria 地熱地域での 2 本の地熱掘

削を含む地上探査が実施された。1970年代には Lake Bogoria 地域と Olkaria 地域との間で、更なる地質調査および物理探査が行われた。この調査によって、複数の地域で有望地域が見つかり、国連開発計画（UNDP）の資金を使った深部調査井掘削も Olkaria 地域で 1973 年までに開始された。これまで、エネルギー省、GDC、KenGen およびその他民間会社により、国内の幾つかの地熱有望地域において、詳細調査が実施されてきている。Suswa、, Longonot、Olkaria、Eburru、Menengai、Arus-Bogoria、Lake Baringo、Korosi および Paka 地域では既に詳細な調査が行われており、Lake Magadi、Badlands、Silali、Emurangogolak、Namarunu および Barrier 地域では、まだ初期段階の調査しか行われていない。これらの調査データから総合して、高温の地熱資源から発電量として、7,000MW 以上もの発電ポテンシャルが推定されている。エネルギー省は、継続した調査を切に望んでおり、有望地域での地熱井掘削を計画している。

4.4.1 Olkaria 地熱地域

現在、ケニアでは、地熱発電は Olkaria 地域のみで実施されている。7 鉱区の内、3 鉱区（Olkaria East、Olkari-West および Olkaria Northeast 鉱区）から合計 204MW が発電されている。全 Olkaria 地熱鉱区からの資源量は 450MW 以上が報告されており、エチオピアの急速な発展のために今後の開発が望まれている。既存調査に基づく Olkaria 地域の地熱資源状況一覧を別冊資料-1-1 に示す。

① Olkaria-I 発電設備

Olkaria-I 発電設備は Olkaria East 鉱区内に位置し(図-4.4-2)、KenGen によって 15MW 発電機×3 基で運転されている。これらの発電機 3 基は順番に 1981 年、1982 年および 1985 年に運転開始し、操業期間は 30 年近くになっている。Olkaria-I 発電設備運転のためにこれまで 33 本の井戸が掘削された。この内、31 本が蒸気供給設備に連結され、9 本は補充井として掘削された。今日、生産井 26 本が稼働し、残りは廃棄もしくは還元井として使用されている。現在、4 号機(70MW)建設に向けての調査が実施されているところである。

② Olkaria-II 発電設備

Olkaria-II 発電設備は Olkaria Northeast 鉱区内に位置し(図-4.4-2)、KenGen によって 35MW 発電機×2 基（2000 年 9 月、2003 年 11 月）で運転されている。Olkaria-I 発電機より発電稼働率は高く、1MW 当たりの蒸気消費量は 7.2t/時である（Olkaria-I 発電機の 1MW 当たりの蒸気消費量：9.2t/時）。発電設備の効率化を図ったことにより、余剰蒸気が発生したことから、KenGen は新たに 3 号機建設（35MW）を計画し、2010 年中の運転開始を目指して建設していたが、このほど運開した。

③ Olkaria-IV 発電設備（ドーム地区）

本地域内の地表調査は 1993-1994 年に行われ、掘削計画が策定された。1998-1999 に 3 本の探査井が掘削され、地熱貯留層に逢着している。2007 年 6 月から開始した評価井掘削に関しては、中国 Great Wall 掘削会社（GWDC）のリグが使用された。これまで、約 10 本程度の評価井が掘削されており、坑井の噴出能力は 1 本当たり 4-13MW と良好である。

現在、GWDC のリグ 2-3 基を用いて生産井を掘削中であるが、合計 15 本の実産井掘削を計画している。140MW（70MW×2 基）発電所建設を目指して、蒸気供給設備および発電設備の入札を来年 2011 年に予定しており、各発電設備の運転開始をそれぞれ 2012 年、

2013年に予定している。

④ Olkaria-III 発電設備

Olkaria-III プロジェクトは、ケニア初の IPP 地熱発電所である。将来的に 100MW まで増大を念頭に入れた 20 年契約の電力購入契約 (PPA) が、世界銀行の監督の下、Orpower-IV 社とケニア送配電会社 (KPLC) の間で取り交わされた。プロジェクトの第 1 段階は評価井掘削と 12MW パイロットプラント建設であったが、最初の 8MW 出力は 2000 年 9 月に、残りの 4MW 出力は同年 12 月に始まった。2000 年 2 月に始まった評価井・生産井掘削は 2003 年 3 月に完了した。合計 9 本の地熱井掘削(掘削長 1,850-2,750m)の結果、PPA 期間 20 年に亘る 48MW 発電のための十分な蒸気が確保されたことから、2008 年より 50MW 発電が開始された。

⑤ Oserian 発電設備

Oserian 開発会社 (ODLC) は、KenGen からリースされた坑井 OW-306 の蒸気を活用して、Olkaria-Central 鉱区内に 2.0MW バイナリー発電機 (Ormat 社製) を自家発電として 2004 年 7 月に設置した。輸出用の切花を生産している ODLC 社は、1.28MW の出力を有する坑井の蒸気を用いて、熱交換による熱水供給、CO₂ 供給による光合成促進、土壌の消毒を行っている。熱水供給は温室内の保温に寄与しており、運転コストの削減に大いに役立っている。

4.4.2 Eburru 地熱地域

Eburru火山複合体はOlkaria地熱地域の北方に位置している(図-4.4-1)。KenGenは、1987年から1990年の間に詳細な地表調査を実施し、1989年から1991年の間にEburru地域において、6本の探査井を掘削した。さらに、2006年にMT探査を実施し、60MW強の地熱ポテンシャルを推定している。掘削結果から、本地域深部の温度は300°C近く推定されており、局所的な貫入岩の存在が想定されている。

坑井からの噴出流体の化学特性から、本地域の地熱貯留層は、高塩濃度の流体で、高い非凝縮性ガス (NCG) の存在を示唆している。地質的にはOlkaria地域に類似しているものの、坑井EW-1のCl濃度は956から1,976ppmと高くなっている。流体の最高温度は285°C程度であり、2坑井 (EW-1およびEW-6) の出力を合計すると29MW相当が推定されている (Ofwona, 1996)。本地域周辺のインフラはかなり整備されており、そのため2.5MWバイナリー発電設備の運転開始が2010年中に予定されている。

既存調査に基づく Eburru 地域の地熱資源状況一覧を別冊資料-1-2に示す。

4.4.3 Suswa 地熱地域

Suswa 火山は中央ケニア地溝帯の最南端の第四紀火山である。最新の火山活動は約 200 年前の環状溝内のカルデラで発生したと推定される。溶岩の班状組織から半深成のマグマ溜まりから噴出したものと思われるが、本地熱地域の熱源の役割を果たしているものと思われる。低 pH の噴気が集中していることから、マグマ本体の中心付近もしくは深部地熱流体の上昇域に近いことを示唆している。カルデラ内北部で実施した MT 探査結果から、約 10km 深に熱源の存在が推定されている。また、重力探査結果からは、ブーゲー異常地域がカルデラ深部の NE-SW 方向に推定され、4 から 8km 深部に熱源の存在を推定している。

KenGen は 1992 年から 1993 年にかけて本地域内で、地質・地化学・物理探査に関する詳細な地球科学的探査を実施している。この調査結果から Suswa 火山地域は非常に有望な地域と判断され、カルデラ深部の比較的浅い部分に熱源が存在することが確認された。3本の掘削候補地点がカルデラ内部に設定されており、本地域内から 200MW 強の地熱発電が期待されている。

既存調査に基づく Suswa 地域の地熱資源状況一覧を別冊資料-1-3 に示す。

4.4.4 Longonot 地熱地域

Longonot 火山は Olkaria 地域の東方に位置し、アフリカ地溝帯の底部に存在する(図-4.4-1)。古 Longonoto カルデラの形成活動は約 80 年前に開始し、広範な盾状火山を形成していた。火山活動はその後も継続し、約 9,000 年前にカルデラの崩壊が起きた。後続の火山活動がカルデラの中心部に発生し、粗面岩状山塊および厚層の軽石堆積物が、カルデラ内部およびその周辺部に堆積した。最新の火山活動は、約 200 年前に北北西-南南東方向の火山構造軸に沿って、山頂火口内で発生している。

KenGen は 1998 年に本地域内で、地質・地化学・物理探査および環境調査を含む地表探査を実施した (KenGen, 1998)。熱水変質した岩屑の分析から、Longonot 火山深部の地熱貯留層は 250°C以上の温度に達していることが推定される。比抵抗探査結果からもカルデラの南側斜面に異常地が推定されており、最初の探査井掘削候補地もカルデラ構造により画された Longonot 火山南部に設定されている。各種科学的データを総合すると、有望地域は 60km²を上回り、200MW 以上の発電ポテンシャルが期待される。

既存調査に基づく Longonot地域の地熱資源状況一覧を別冊資料-1-4に示す。

4.4.5 Menengai 地熱地域

本地熱系の熱源は、Menengai カルデラ深部に胚胎する高温のマグマ岩体と関連しているものと推定されるが、類似ではあるが、恐らくより古い熱源となる岩体が本地域北部にも存在し、これらが Menengai 地熱系の形成に影響を与えているものとする。低非抵抗と一致する正の磁気異常が比較的浅い深度でみられることからマグマ岩体の存在を示している。微小地震データから、マグマ岩体が約 12km の深度に存在することを示唆している。Menengai 地域の地熱貯留層は、累積した厚い火山岩の下位に胚胎する破碎した粗面岩溶岩や溶結した火砕流堆積物中に賦存しているものと思われる。浅部において地熱徴候が乏しいことは、変質した火砕流堆積物が広範囲に分布し、この堆積物が帽岩の役割を果たしているものと考えられる。

主要なリチャージ域は、東部および西部において隣接する地溝帯崖に関連付けられている。これらの標高の高い地溝帯両翼の尾根部では、比較的降雨量が高い。リフトバレーを形成している断層構造は水理構造と密接な関係があり、リフトバレー周辺部出浸透した天水は、地溝帯中央底部に向かって流動している。断層構造の殆どは、Solai 構造に沿って発達していることから、リフトバレーの構造に沿って地下流体も流動しているものと思われる。

比抵抗探査結果に基づく、有望地域は 90km²を上回り、200MW 以上の発電ポテンシャルが期待される。開発対象貯留層の頂部は、標高 1,000m の深度に位置し、ほぼ Olakaria 地域と同じである。この深度での低比抵抗値から解釈すると、220°C以上の地下温度を有するも

のと思われる。

既存調査に基づく Menengai 地域の地熱資源状況一覧を別冊資料-1-5 に示す。

4.4.6 Lake Bogoria 地熱地域

Arus-Lake Bogoria 地域には中新世-鮮新世に広範囲にわたって噴出した火山岩溶岩が分布しているが、明確な火山活動の中心は特定されていない。恐らくこれらの溶岩は、地溝帯底部の割れ目に沿って噴出したものと思われる。広範囲にわたって正の磁気異常地域が見られるが、深部において高温を有する岩体の存在を示唆している。微小地震探査結果から、Bogoria 湖東部において、Marmanet 断層沿った地域の比較的浅部で地震活動が集中しているところが見られる。

Lake Bogoria 地域周辺には多くの地熱徴候が見られ、その流体の地化学温度結果から 145～245℃の地下貯留層温度が推定される。一方、Arus 地域では 170～192℃と比較的低温を示している。温泉水の高いホウ素濃度のデータから、深部における流体の流動が推定される。すなわち、本地域の地熱構造は東アフリカ地溝帯の翼部で浸透した天水が地下深部まで浸み込み、地溝帯中央底部付近の断層に沿って流動したものと思われる。Bogoria 湖周辺に多くの温泉がみられることは、リフトバレー中央部の断層構造に沿って、地熱流体の上昇・流動に関係している。本地域内の地熱資源ポテンシャルはあまり大きくないが、バイナリー発電技術を導入することにより 20MW 程度は確保できるものと思われる。

既存調査に基づく Lake Bogoria 地域の地熱資源状況一覧を別冊資料-1-6 に示す。

4.4.7 Lake Baringo 地熱地域

Lake Baringo 地熱地域はケニア地溝帯地域の北部に位置する (図-4.4-1)。噴気、温泉、高温変質地帯および異常地下水の水井戸などの地熱徴候が見られる。ケニア政府および KenGen は 2004 年に地表調査を実施 (Mungania et al, 2005) している。地質的には、粗面岩玄武岩、沖積層および河川堆積物の分布が報告されているが、火山活動の中心地およびカルデラ構造が見られないことから、上記で述べてきた地域とは地熱貯留層の特徴において異なっている。

比抵抗解析によると、海水準レベルの深度において断層支配型の比抵抗分布の特徴が見られ、Baringo 湖の西部において地熱貯留層が分布しているものと思われる。流体地化学温度の解析結果から、Baringo 湖西部の Chepkoiyo 付近深部で 200℃以上もの貯留層温度が推定されている。本地域は、火山活動の中心となる火山も特定されてなく、熱源も分かっていないが、恐らく断層構造に沿った深部貫入岩に起因しているものと思われる。貯留層温度も中-低温であり、地熱流体の熱利用もしくはバイナリーサイクル発電の適用が考えられる。

既存調査に基づく Lake Baringo 地域の地熱資源状況一覧を別冊資料-1-7 に示す。

4.4.8a Korosi 地熱地域

Korosi 地域における最新の火山活動は、数 100 年前に起きた玄武岩の噴出に関連付けられる。しかしながら、珪酸塩鉱物起源(安山岩質)の最後の火山活動は、約 1 万年前の噴出であり、現在の Korosi 地域の地熱システムの熱源として、いまなお影響を与えている。正の磁気異常もまた、Korosi 火山と関連している。本地域の深部に賦存する地熱貯留層は、Lake Baringo

地熱地域の北方延長と考えられ、広域的な浅部での微小地震分布も裏付けている。また、地熱徴候の広範囲な広がり、地熱地帯が Lake Baringo 地域から Korosi 地域まで伸長していることを示唆している。

本地域の主な熱源は、Korosi 火山および Ol Kokwe 火山の深部に位置するものと思われる。しかしながら、両火山とも最新の火山活動は玄武岩質火山活動である。水理地質学的には本地域南方の Lake Baringo 地域の地熱構造に強くコントロールされている。水理地質構造からも裏付けられるように Baringo 湖の水が北方に流動している。地熱系システムのディスチャージ域もまた、北方である。噴気ガスの地化学温度結果から、貯留層温度は 250°C 以上であることが推定されている。それ故、高温の地熱貯留層が Korosi 火山深部に賦存し、南方の Lake Baringo 地域に向かって広がっているものと思われる。本地域内だけでも 100MW 以上の地熱ポテンシャルが推定される。

既存調査に基づく Korosi 地域の地熱資源状況一覧を別冊資料-1-8 に示す。

4.4.8b Chepchuk 地熱地域

本地域の熱源は、おそらく Chepchuk 古カルデラと関連し、Paka 地域の地熱系システムの下流側に相当するものと思われる。火山岩の年代測定の結果は、最新のもので 120 万年前を示しており、もはや高温の地熱システムが存在する可能性は期待できない。また、主要な断層が地熱地帯を通過するにも拘わらず、地熱徴候はあまり活発ではなく、地熱活動の低下を示唆している。噴気中の特に高いアンモニウム濃度は地熱系システムが余り高温ではないことを示している。しかしながら、バイナリー発電技術を用いることによって、10~20MW 程度の発電所建設の可能性がある。

既存調査に基づく Chepchuk 地域の地熱資源状況一覧を別冊資料-1-8 に示す。

4.4.9 Paka 地熱地域

Paka 火山は約 1 万年前にカルデラを形成した際に噴出した粗面岩、玄武岩溶岩および火砕流堆積物から構成されている。新期の割れ目を形成している玄武岩溶岩や溶岩噴出のマグマシステムは、まだアクティブであり、高温の熱源を保存している可能性があることを示唆している。正の磁気異常も高温の地下温度の存在を示している。微小地震の調査から、Paka 地域の地下比較的浅部においてイベントを確認しており、2.5~5km の深度において高温岩体が存在することを示唆している。この高温岩体が Paka 火山と関連した地熱系システムの熱源の働きをしている可能性がある。

優勢な地熱徴候を示している地域は Paka 地域全体で 45km² 以上を占めている。地熱徴候の広範囲な分布は熱源が大きく、Paka 火山の深部に存在することを示唆している。また、流体地化学温度は、地熱貯留層が 300°C を超える高温であることを示している。本地域の水理地質調査から、リフトバレー地域の東翼および南方から流体が供給され、北方もしくは北東方へディスチャージしていることを結果が得られている。

既存調査に基づく Paka 地域の地熱資源状況一覧を別冊資料-1-9 に示す。

4.4.10 Silali 地熱地域

Silali 地熱地域は、直径 7.5km×5km の広さを有し、約 7,000 年前に生じたカルデラ状構造を形成している。最新の火山活動は約 200～300 年前の玄武岩質噴出である。最近の火山活動から、火山深部に存在するマグマ岩体は依然高温を有し、地熱系システムを制御していることを示している。正の磁気異常の拡がり、カルデラの大きさとも調和的であり、深部に高温岩体が存在する証拠ともなっている。微小地震探査結果は、カルデラ底部の東部および南東部において地熱システムと関連する可能性のある活発な活動を示唆している。

Silali 地域には、ケニア地溝帯内において最大級の温泉がいくつもあり、これらの温泉は火山の深部において、地熱システムの存在可能性が高いことを示している。この内の一つ Kapedo 温泉は、Silali 地熱システムとも関連しており、50～55℃の熱水が毎秒 1,000 リットルの割合で湧出している。これは、湧出地域だけでも約 100MW の出力に相当する。しかし、流体地化学解析の結果から、この温泉水は地熱流体上昇域からの直接の湧出ではなく、浅部地下水との熱交換が行われていることを示している。地熱構造として、75km² 以上の拡がりをもつ地熱資源分布地域が存在し、Silali カルデラ内部にその上昇域が存在するモデルが想定される。地熱流体は地層境界・断層および破碎帯を経由して主に西方および北方に流動し、Kapedo 温泉地やその他地表徴候地を形成している。本地域内の資源ポテンシャルとして、25 年間にわたって 300MW 以上の出力が期待される。

既存調査に基づく Silali 地域の地熱資源状況一覧を別冊資料-1-10 に示す。

4.4.11 Emurangogolak 地熱地域

Emurangogolak カルデラは盾状火山の頂部に位置し、直径 5km×3.5km を有している。最新の火山活動は約 100 年前に火山の南斜面上部で発生した粗面岩状火山の噴火であった。若い粗面岩状マグマがカルデラ深部に大規模な高温マグマ岩体の存在を意味している。また、正の磁気異常分布地からも、火山の中心部に高温のマグマ岩体が存在することを意味している。地熱徴候の幾つかは、殆ど沸点に近い温度を示し、200～350℃の貯留層温度を持つ地熱系システムの存在を示している。カルデラの東半部では高温の噴気が濃集しており、良好な地熱システムが形成されているものと考えられる。地熱系システムにおけるリチャージ域として、火山の東部斜面の温泉が分布している地域付近が想定される。地熱流体はカルデラ底部を北方もしくは西方へ流動している。本地域内の資源ポテンシャルとして、25 年間にわたって 200MW 以上の出力が期待される。

既存調査に基づく Emurangogolak 地域の地熱資源状況一覧を別冊資料-1-11 に示す。

4.4.12 Namarunu 地熱地域

Namarunu 地熱地域は、約 50 万年前に噴出した玄武岩が最新の火山岩と報告されており、鮮新世-更新世の火山活動と考えられている。その他に玄武岩質スコリア丘が地域内に点在する。

30～100℃の温度の噴気がリフトバレー地域の東部と西部の断層崖の麓に多くみられる。流体地化学温度から、200℃以上の貯留層温度が推定されている。最も温度の高い温泉群は東部断層崖に沿って分布しており、Namarunu 地域における水理地質的な流動パターンは、東方

および南方からリチャージされている。地域西部に見られる温泉付近がディスチャージ域となっている。本地域の地熱資源はバイナリー発電技術を用いることによって 20MW 以上の出力が可能となるかもしれない。

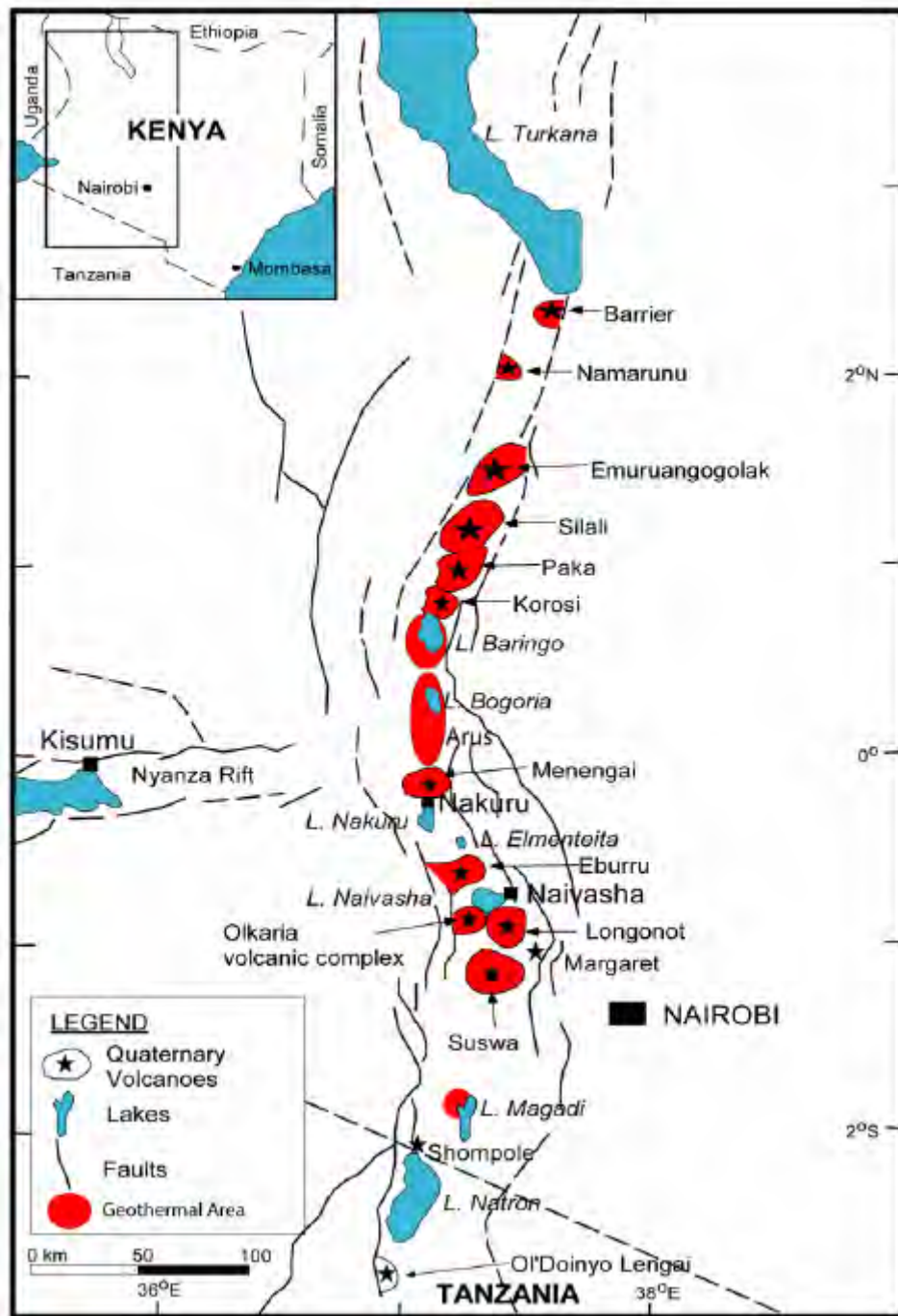
既存調査に基づく Namarunu 地域の地熱資源状況一覧を別冊資料-1-12 に示す。

4.4.13 Barrier 地熱地域

本地域は、3つの火山から構成される複合火山帯であり、この内、Kakorinya 火山が最も地熱ポテンシャルが有望と考えられる。Kakorinya 火山は安山岩質火山岩体であり、そのカルデラ形成は約 92,000 年の火山崩壊に関連しており、約 58,000 年前頃から本格的な火山活動を展開している。このカルデラの浅部にはマグマ溜まりが存在し、本地域の地熱システムに影響を与えている。約 100 年前に起きた Teleki 火山からの玄武岩噴出は、地域内の新しマグマの流入を示唆しており、地熱ポテンシャルを高めるものとなっている。Barrier 地域の地熱系モデルの構築は、物理探査データが不足していること、さらには良好な地化学データが得られていないことから、まだ不完全である。噴気中のガスを用いた地化学温度結果からは、218～328℃ の高温の貯留層の存在を示唆している。

Kakorinya 火山深部には高温の地熱システムが存在している可能性がある。まだ初期段階の調査であるが、100MW 以上の地熱資源ポテンシャルの存在が期待される。

既存調査に基づく Barrier 地域の地熱資源状況一覧を別冊資料-1-13 に示す。



(資料) Peter (2010)

図-4.4-1 ケニア国内の国内地熱地域位置図

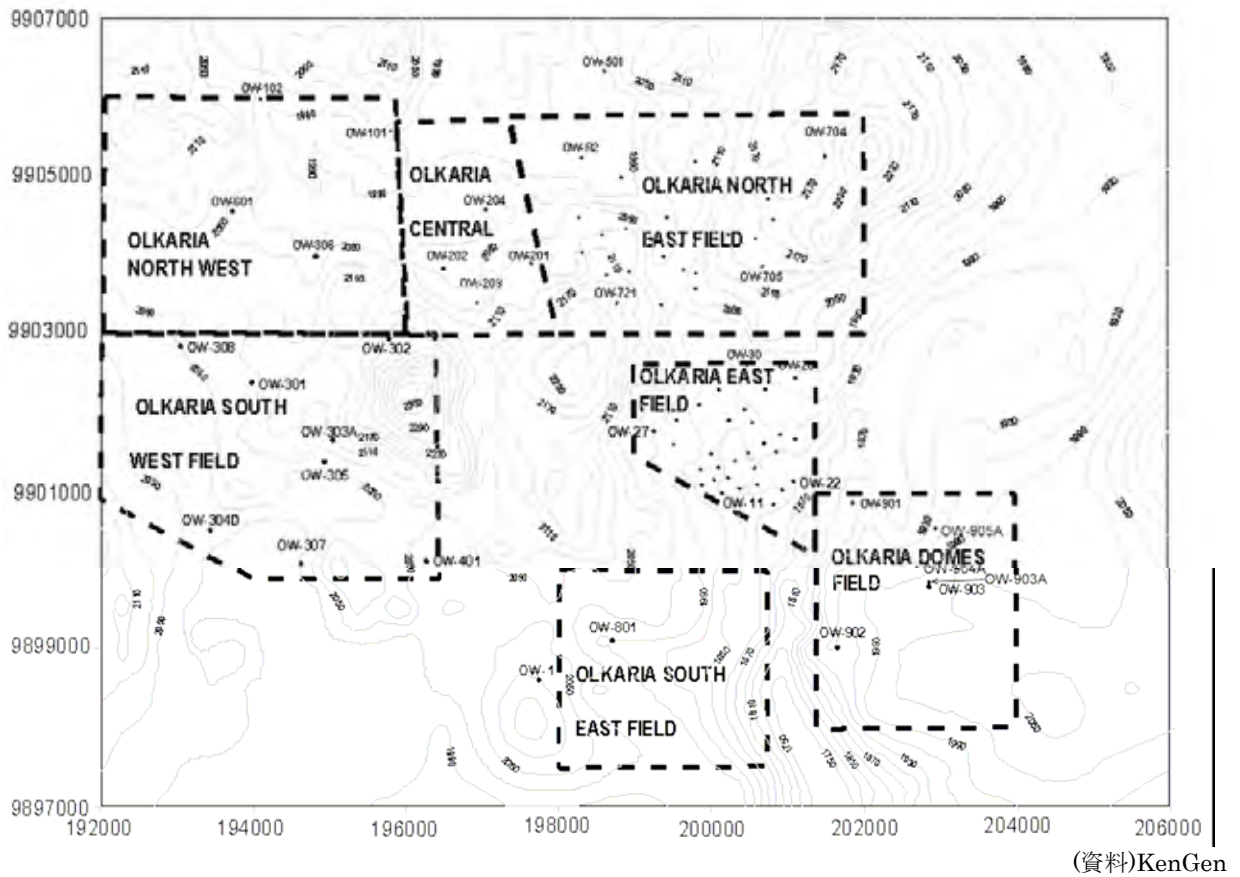


図-4.4-2 Olkaria 地熱地域における鉱区図

第 4.5 節 地熱開発技術力

ケニアにおける地熱開発関連機関の概要及び技術力は次のようである。

4.5.1 エネルギー省 (MOE)

エネルギー省は、政策の策定と電力買取価格制度に責任を有しており、また IPP による地熱資源の開発を管理する地熱委員会認可 (Geothermal Authority permits) や 1982 年地熱法及びその関連規制に基づいて地熱エネルギーの開発を認可する地熱ライセンスの発行を行う。

アフリカ東部のほとんどの国においては、1つの省でエネルギーと鉱物資源、あるいはエネルギーと鉱物資源、もしくはエネルギーと天然資源を扱うが、ケニアのエネルギー省はエネルギーだけを扱っている。国連開発計画 (UNDP) からの援助で地熱開発が 1970 年代に始まった際、プロジェクトには天然資源省鉱山地質局及び Kenya Power and Lighting 社からスタッフが派遣された。Olkaria1 号地熱発電所の建設が決断された際には、政府は KenGen の前身の Kenya Power Company (KPC) に対して、地熱発電開発を命じた。また、政府が責任を有すると認められている掘削調査を含む調査事業も KPC に委託した。これにより、地熱開発は国営企業の手で包括的に進めていくこととなった。地表探査や掘削調査に対するドナー機関からのすべて基金は政府を通して KPC により執行された。政府の予算が無い場合、KPC は政府に代わって基金から

資金の執行を行えることとなった。しかし発電所建設への融資に関して政府はドナーからのソフトローンに金利を上乗せして KPC に融資した。

KPC が Olkaria と Eburru プロジェクトを活発に進めていた 90 年代後半、政府はこれまで KPC により行われてきた地表探査を政府自らが行っていくことを決定した。これに伴い、政府は新たに科学者や技術者を採用してこのための教育を行った。この技官達は、UNDP と英国政府の海外開発管理庁 (ODA) による広範囲な地溝帯地域の地熱資源の評価調査に参加した。この UNDP プロジェクトは、Suswa 地域や, Longonot 地域、Menengai 地域及び Olkaria 地域の一部を含むものであり、これらの地域で地質学、地球化学及び地球物理学に関する調査が実施された。英国政府の ODA プロジェクト (Dunkley et al., 1993; Clark et al., 1990) は、地質学、地球化学及び水理学に関する調査で、地球物理学的調査は含まれていなかった。エネルギー省は、掘削調査の実施を意図して小型掘削リグを購入したが、この掘削装置の能力はこの目的には不十分であることが判明し、Olkaria での調査の後に破棄されている。掘削要員として政府の雇用された技術者は KPC に転籍された。

これらの 2 つのプロジェクトが終了した 1993 年、政府は探査作業を KPC に委託することを決定し、地熱部門を縮小した。現在のエネルギー省の要員は表-4.5-1 に示すように 5 名である。技官の多くは、新規採用のものを除いてアイスランドでの研修を受けている。地熱部門の縮小後、エネルギー省に残った技官は特に Olkaria 以外における KenGen の地表探査活動に関わっている。これは通常これらの地熱地域における探査プロジェクトはエネルギー省の委託により KenGen が作業を実施していることが理由である。現在エネルギー省が所有する機器を表-4.5-2 に示す。

表-4.5-1 ケニアにおける各機関の地熱専門家

Organisation	MOE	KenGen	GDC	Orpower4	ODCL	Total
Geologist	2	3	3	0		6
Geochemist	1	2	3			5
Geophysicist	1	4	1			5
Reservoir Engineer		9	1			10
Drilling Engineer		21	3			24
Power Station Engineer		8	1	3	2	14
Environmental Scientist	1	6	4	1		11
Financial Planner/Modeller		2	0			2
GIS Scientist		3	2			5
Drillers		5	0			5
Technicians		84	0	16	19	119
Total	5	147	18	20	21	211

(資料) 調査団作成

表-4.5-2 ケニアにおける各機関の保有機器リスト

Equipment Description	KenGen	GDC	Equipment Description	KenGen	GDC	Equipment Description	KenGen	GDC	Equipment Description	KenGen	GDC
	Available	Available		Available	Available		Available	Available		Available	
Geological			Geochemical			Geophysical			Drilling		
Simple GPS	0	2	Simple GPS	1	2	Differential GPS	0	2	Complete Rig	1	0
Digital Thermometer	0	3	Digital Thermometer	1	2	Simple GPS	2	6	Water supply system(pumps, site preparation equipment (dozer, grader, tipper trucks))	2	0
Fluid Inclusion Heating-freezing stage	1	0	pH meter	2	2	TEM	1	2	Small rig	1	0
Binocular Microscope	2	2	Conductivity Meter	2	2	MT	5	10		0	0
Petrographic Microscope	2	2	Water Sampling Kit	1	0	Gravimeter	2	0	General		
X-Ray Diffractometer	1	0	Gas Sampling Kit	70	100	Magnetometer	2	0	4x4 field vehicles	40	10
X-Ray Fluorescence	0	0	AAS	1	0	Portable seismometer	4	0	GIS System	1	0
ICP-MS	1	0	Ion Chromatograph (IC)	0	0	Reservoir Engineering			Total station	1	0
Thin sectioning equipment	2	0	Gas Chromatograph	2	0	Kuster gauge Tools set	2	10	Complete weather station	1	1
			Mass Spectrometer for stable Isotope	0	0	Kuster TPS with SRO	1	1			
			Tritium Scintillation counter & C14 analyser	0	0	Logging Winch	2	1			
						Logging Truck (K10)	1	2			
						Discharge Silencer	7	4			

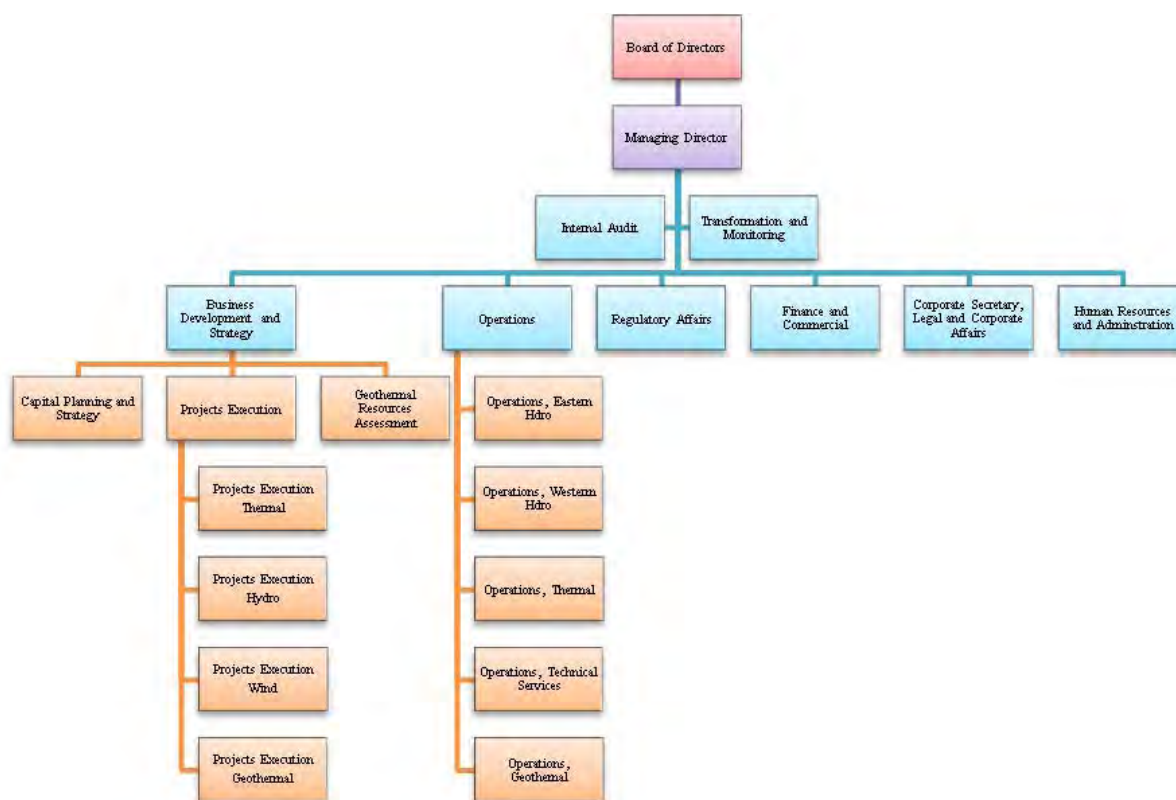
(資料) 調査団作成

4.5.2 KenGen

KenGen は、近年 GDC の設立されるまで、今日の状況に至るケニアにおける地熱開発を推進してきた。前述のように KenGen は地熱探査のための政府代理人であり、すべての地熱開発に関連する事項について政府に助言してきた。図-4.5-1 に 2008 年に改訂された KenGen の組織図を示す。地表探査、掘削および貯留層管理は、商業開発及び戦略事業部の下部組織にある地熱資源評価グループにより行われており、その責任者は地熱開発部長である。地熱発電所は、同事業部のプロジェクト執行官の監督の下で建設が行われる。KenGen は、Olkaria –I および Olkaria-II の 2 基の地熱発電所を所有しており、これらの発電所の設備容量は現在 150MW である。地熱発電所は、運用事業部に属する運用部長により管理されている。この現組織体制になる前は、地熱発電所の運用管理と地熱資源評価は、両者共に地熱事業部長の元で運営されており、地熱事業部長は社長に直接報告する立場にあった。

長年、KenGen は発電所の設計の分野を除いてすべての地熱開発に関わる技術について、多くの専門家を育ててきた。1 名は地球物理学の博士号を有しており、修士号取得者はかなりの数がある。2 名の専門家は現在、アイスランドで環境学の博士課程で学んでいる。

最近、力を入れている分野としては、入札書類の作成、コンサルタントと協力しての発電所の建設管理の分野がある。また、一部の要員に対し、蒸気配管の設計技術と貯留シミュレーション技術についての育成を行っている。実際の設計はコンサルタントによって行われ、また土木関連工事と発電所建設については、KenGen とコンサルタントが共同で監督する元で地元企業によって行われてきた。Olkaria 2 号基の第 3 発電機の据付工事は、KenGen とコンサルタントの監督と元で EPC 契約により行われた。



(資料)KenGen

図-4.5-1 KenGen の組織構造

KenGen はまた、多くの科学機器を購入しており、同地域で最高水準の科学研究所を有している。同社の専門家は、環境影響評価を含めた詳細な地表探査調査を実施することが可能である。一部の MT 探査装置は、GEF の資金による総合地球物理イメージング (JGI) プロジェクトの下で調達されており、ARGeo 主導の地域協力を受けてザンビア、ルワンダ、ジブチ、コモロで使用されている。同社の技術者たちは、プロジェクト融資元が許せば、融資審査のための F/S 調査も完遂できる能力を有している。

地熱井の掘削は、当初 2 基の掘削リグで行われていたが、後に 1 基の掘削リグ (N370) で行われるようになった。また当初は、外国人コンサルタントが監督する中、KenGen の要員により行われた。しかし、多くの技術的問題に直面し掘削には非常に長時間を要していた。しかし、カナダ国際開発庁 (CIDA) は 6 年間にわたり、KenGen に対する掘削技術の支援を行い、掘削工事に並行して KenGen の要員に対してオンジョブ研修や KenGen 特別研修所における研修を通してスタッフの養成を行った。一部の要員はカナダでも研修を受けた。この研修プログラムは非常に有効に働き、次第に外部コンサルタントの指導を受けることなく KenGen の要員のみで掘削作業を行う様になり、掘削技術も世界基準に届くまでになった。

KenGen の掘削リグ (N370) は老朽化並びに能力上の制約から、傾斜井を掘ることができなかった。このことが理由で、2006 年にオルカリアドームにおける調査井の掘削に際し、中国の掘削会社と掘削請負契約を締結した。この請負契約は 280MW の拡張プロジェクトにおける生産井の

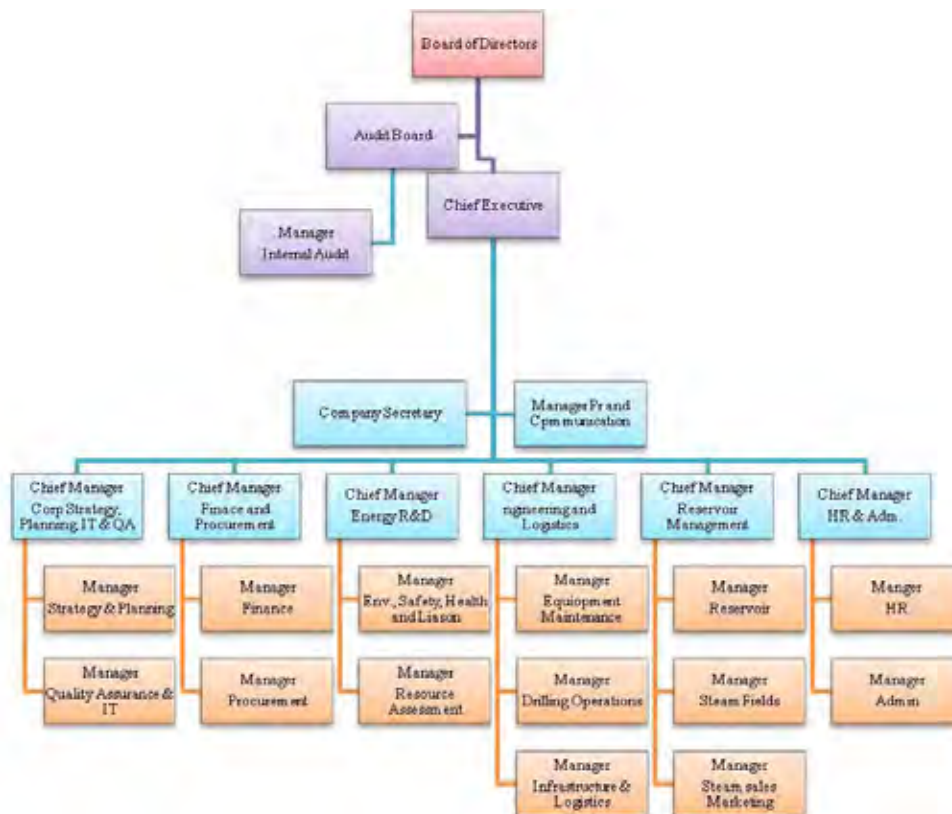
掘削まで延長されることとなった。この請負契約に関する入札書類の準備から評価、さらに工事の監督に至る一連のプロジェクトの管理は、KenGen のスタッフにより非常に効果的に執行された。この契約においてすべての掘削資材は KenGen が調達している。

Olkaria 地熱発電所の稼働実績は、平均稼働率が 98% と非常に良い。KenGen のスタッフは有能で、外部の支援無しで発電所の運用及び保守管理を行うことができるまでになっている。運転及び保守要員は定期的にオークランドやアイスランド、またはその両方の場所で訓練を受けている。しかし最初は、Olkaria -I の 3 基の 15MW 発電機を日本の三菱重工業が受注した際に、Mombasa にあった蒸気タービンの運転技師 2 名を日本に派遣して研修させたことから始まった。

KenGen の要員養成における 1 つの特徴は、機器の調達やプロジェクト施工に伴ってそれらの専門技術を研修させることにある。このようにして技術移転を効果的に達成している。

4.5.3 地熱開発会社 (GDC)

GDC は、ケニアにおける地熱開発を加速するために 2008 年に政府の特別目的会社として設立された。GDC は、地熱蒸気を開発して、KenGen その他の発電または蒸気の利用会社に供給販売を行う。上記業務を遂行する事で GDC は地熱の探査や生産井の掘削に伴うリスクを負担することとなり、地熱発電開発における民間部門の参加を促進させることを期待している。GDC の業務範囲は、既に KenGen や IPP に認可されている地熱地帯以外のすべての地熱地帯となっている。



(資料)GDC

図-4.5-2 GDC の組織構造

図-4.5-2 に GDC の組織構造を、また表-4.5-1 に GDC での現在の専門スタッフを示す。前述した様に KenGen の業務に精通した非常に経験豊かな専門家を GDC に雇い入れている。最高経営責任者を含めて 2 名の職員は、地熱技術の博士号を取得している。しかし、それでも未だ多くの専門家を迅速に養成する必要がある。GDC はまた、これまでケニアでは経験したことが無い蒸気販売契約 (SSA) に関する文書の作成や交渉に当たる要員を養成する必要がある。

表-4.5-2 に最近購入した機器類を示す。GDC の 2010 年の事業計画 (GDC2010) によれば、GDC は地熱蒸気井の掘削や坑井試験のために必要な 12 基の掘削リグ及び様々な科学装置を必要としている。2 基のリグは、現在注文中であり、2010 年後半から運用を開始する予定である。2 基のリグは、運用開始から 1 年間は業者の要員が運用する中で GDC のスタッフを訓練することになる。

4.5.4 民間地熱開発業者 (IPP)

ケニアには 2 社の民間地熱開発事業者 (IPP) が地熱発電所を建設運営している。

(a) OrPower4

Orpower4 社は Ormat International 社の子会社である。1998 年、競争入札により Olkaria 西地区において最大 100MW まで開発可能な地熱ライセンスを取得した。Olkaria 西地区は、それまで政府の資金を用いて KenGen により資源調査を終えていた。2000 年に、Orpower4 は独自の技術を用いた 12MW のバイナリー型地熱発電所を建設すると共に、開発調査用の追加坑井の掘削工事も着手した。掘削請負業者を用いて掘削した 9 坑井の成功により、さらに 36MW の発電に供する蒸気量を確保して、2008 年後半に 36MW の拡張工事が運転を開始した。Orpower4 は KPLC と 20 年の PPA を締結している。

表-4.5-1 に示している様に、発電所の運転及び保守に 20 人の専門家が働いている。坑井試験は、KenGen または海外のコンサルタントに請負に出している。発電所の据付工事は Ormat 本社の要員が、地元の土木及びエンジニアリング会社の協力を得て行っている。

(b) Oserian 開発会社 (ODCL)

Oserian は、オルカリアにある花卉栽培会社であり、KenGen と Orpower4 両方共から近くに位置している。Oserian は、現在約 4MW の発電容量を有する 2 基の小さな地熱発電所を所有している。最初の 1 つは、Ormat 社のバイナリー型 2MW 発電機であり、KenGen からリースを受けた 1 本の地熱井から蒸気の供給を受けている。2 つ目は米国 Geothermal Development Associates 社 (GDA) から供給された背圧タービン型地熱発電機である。これもまた蒸気は KenGen から供給されている。Oserian 社は KenGen からリースを受けた 3 番目の井戸からの蒸気を利用して、輸出用花の栽培に用いるグリーンハウスを加温している。地熱機器の運転と保守には約 21 の専門技術者と熟練工が他のスタッフと共に従事している (表-4.5-1)。装置の据付工事は Ormat 社または GDA 社の指導を受けて、地元のエンジニアリング会社により行われた。ODCL で発電された電力は農場内の所内動力専用である。

4.5.5 コンサルタント

次の専門家が地熱開発に長年従事しており、個人的なコンサルティングサービスを提供してい

る（表-4.5-3）。

表-4.5-3 ケニアにおける個人コンサルタント

	Name	Profession	Area of Consultancy
1	Martin Mwangi	Geophysicist	Geothermal Exploration and Development
2	Francis Nganga	Engineer	Power Engineering
3	Joseph Nganga	Drilling Engineer	Drilling and Project Management
4	Samuel Maina	Engineer	Power Engineering
5	Laban Kimani	Engineer	Planning and Power Engineering
6	Zack Muna	Geochemist	Geothermal Exploration and Development
7	Stephen Onacha	Geophysicist	Geothermal Exploration
8	William Ambusso	Reservoir Engineer	Reservoir management
9	Prof Tole	Environmental Scientist	Environmental Impact Assessment (EIA)

(資料)調査団作成

4.5.6 ケニア・Naivasha における短期研修コース

ARGeoの取り組みの一環として2005年、KenGenと国連大学地熱研修プログラム(UNU-GTP)は地熱技術に関する1~4週間の短期研修コースを開始し、以後毎年、Naivashaで開催されている。コースは、アイスランドのUNU-GTPとKenGenとの共催となっている(Fridleifsson 2010)。最初の研修コースでは、経営幹部を対象として1週間であったが、以後の研修コースの技術スタッフを対象としており、期間も4週間に延長した。4週間の研修コースでは、KenGenの講師による1週間の現場視察から始まり、次にNaivashaでの講義と各参加者毎に割り当てられたプロジェクトを行うスケジュールとなっている。講師は、通常アイスランドのUNU-GTP及びKenGenのスタッフで、その多くは国連大学出身者である。さらに近隣諸国からの専門家も何人か加わっており、これは東アフリカ諸国の協力友好の雰囲気形成するのに役立ち、非常にうまく機能している。ケニアは探査から発電所の運用に至るまで地熱開発における幅広い分野で活動が見られることから、地熱開発に関する全ての側面を学ぶ良い条件を形成している。こうしたことから、このケニアの研修コースは、非常に有用である。2009年には、UNU-GTPとKenGen及びGDCがこの研修コースを共催することになった。これにはジブチ、エチオピア、ケニア、タンザニア、ウガンダからも112名の研修生が参加している。この他、エリトリア、ルワンダ、ブルンジ、ザンビア、コンゴ民主共和国、イエメン、コモロの国々も対象国となっている。なお、この短期コースに参加した研修生の中には、アイスランドのUNU-GTPにおける6カ月コースに出席する機会が与えられる者もいる。

GDCは、自社従業員及び東アフリカ地域からの人材養成への要求に応えるために、恒久的な地熱訓練施設の確立を目指している。これは、Naivashaにおける現在の短期研修コースに取って代

わる可能性もある。この学校の実施計画はまだ十分には確定していない。

第 4.6 節 エネルギー政策

ケニアでは 1987 年に「国家エネルギー政策 (National Energy Policy and Investment Plan)」が策定された。エネルギー政策の目標は、対外債務を軽減しつつ安定的な経済成長を維持するため、輸入石油の削減を図ると共に、エネルギー安全保障を促進することである。

その後、着実に経済が成長していたが、2000 年、2001 年と大規模な旱魃に見舞われ、長期的な電力不足などの影響を受け経済活動が低迷した。長期的な電力不足は、総合的な視野に基づくエネルギー政策の必要性を浮き彫りにした。このため、2001 年にエネルギー省や電気事業関係者 (KPLC、KenGen、ERB 等) から構成されるワーキンググループが結成され、新たな「国家エネルギー政策」の策定が開始された。なお、ワーキンググループの下には「再生可能エネルギー」、「電力」、「バイオマス」、「石油」の 4 つのサブグループが設けられた。その結果、2004 年に改訂版「国家エネルギー政策 (Sessional Paper No. 4 of 2004 on ENERGY)」が策定された。

この「国家エネルギー政策」の目的は、経済成長を促進するために、環境に配慮し、適量、高品質、費用対効果、廉価で高品質なエネルギーを安定的に供給することである。政策の骨子は、①高品質のエネルギーを安定供給する (エネルギーの供給量を十分に確保する)、②各種のエネルギー価格を見直す、③全国的なエネルギー供給により各地域の経済を活性化する、④資源開発を促進する、⑤環境、健康、安全衛生を重視したエネルギー開発を行う、⑥エネルギー効率や節制を促進するといった 6 点から成っている。

なお、ケニア政府は、2003 年、貧困削減の実現を目指した「経済再生戦略 (Economic Recovery Strategy for Wealth and Employment Creation 2003-2007 : ERS)」を発表しており、エネルギー分野は経済再生のための第三の柱として位置付けられている。

ケニア政府の電力開発政策については、1997 年の電力政策法、2004 年～2007 年間のエネルギー政策及び 2006 年のエネルギー法によりその展望が展開されている。これらの政策の基底にあるのは、垂直電力構造の解体及び民間投資の参入を通じた競争的市場の形成と、適正な電力料金体系の構築に依る健全な電力産業の育成にある。さらにこの様な電力産業の育成により、世紀開発目標に掲げられている貧困撲滅及びこれに関連する環境目標の達成に貢献するとしている。これは前述した様にエネルギーは上記に挙げた目標を達成するための主要な要因であると認識されているためである。

この観点から、政府は再生可能エネルギーを促進する為に、「風力、バイオマス、小水力、地熱、バイオガス及び太陽光を用いた発電事業」についての Feed in Tariff (固定価格買取制度) 政策を 2008 年 3 月に策定し、その後 2010 年 1 月に改定している。これは、上記の再生可能エネルギー資源を用いて発電された電力を予め定められた容量に達するまで一定の価格で 20 年間購入しようとするものである。再生可能エネルギーの開発・事業費用はそのエネルギー源により異なっており、必然的に発電原価も異なってくる。従って、再生可能エネルギーの種別毎に事業に係る建設投資費用、運用保守費用、燃料費、金融コスト並びに利潤、発電設備の予想寿命及び発電量を

考慮して固定価格買取条件を設定している。各再生エネルギーの買取価格は変電所における引取りポイントでの価格である。換言すれば、電力の受け渡しポイントまでの送電変電設備費用もこの買取価格に含まれる。

- ① 風力発電については、上限を 12US¢ /kWh として 20 年間の条件を各発電所の発電設備容量が 500 kW 以上 100MW 以下の事業について適用される。なお、本制度の適用は国全体の上限值(300MW)を設定している。
- ② バイオマス発電については、電力供給を保証する電源については上限を 8US¢ /kWh として 20 年間での条件が適用される。化石燃料との混焼発電については、バイオマスの比率は 70%以上である事が必要。なお、本制度の適用は国全体の上限值(200MW)を設定している。
- ③ 電力供給を保証しないバイオマス発電については、上限を 6US¢ /kWh として 20 年間での条件が適用される。本制度の適用は国全体の上限值(50MW)を設定している。なお、①の内、混焼型及び②の供給非保証のバイオマス発電については、各発電所の発電設備容量が 500 kW 以上 100MW 以下の事業について適用される。
- ④ 小規模水力発電については、各発電所の発電設備容量が 500 kW 以上 10MW 以下の事業について発電規模毎に区別された買取価格が 20 年間適用される。なお、本制度の適用は国全体の上限值(供給保証電力 150MW、供給非保証電力 50MW)を設定している。

表-4.6-2 ケニアの小規模水力発電買取価格

送電端出力 (MW)	供給保証電力買取価格 (US¢ /kWh)	供給非保証電力買取価格 (US¢ /kWh)
<1	12.0	10
1-5	10.0	8.0
5-10	8.0	6.0

(資料) Ministry of Energy, Kenya (2010)

- ⑤ 地熱発電については、上限を 8.5US¢ /kWh として 20 年間の条件を各発電所の発電設備容量が 70MW 以下の事業について適用される。なお、本制度の適用は国全体の上限值(500MW)を設定している。
- ⑥ バイオガス発電については、電力供給を保証するものについては上限を 8US¢ /kWh として 20 年間の条件を各発電所の発電設備容量が 500 kW 以上 40MW 以下までについて適用される。なお、本制度の適用は国全体の上限值(100MW)を設定している。
- ⑦ 電力供給を保証しないバイオガス発電については上限を 6US¢ /kWh として 20 年間の条件を各発電所の発電設備容量が 500 kW 以上 40MW 以下までについて適用される。なお、本制度の適用は国全体の上限值(50MW)を設定している。
- ⑧ 太陽光発電については、電力供給を保証するものについては上限を 20US¢ /kWh として 20 年間の条件を各発電所の発電設備容量が 500 kW 以上 10MW 以下までについて適用される。なお、本制度の適用は国全体の上限值(100MW)を設定している。
- ⑨ 電力供給を保証しないバイオガス発電については上限を 10US¢ /kWh として 20 年間の

条件を各発電所の発電設備容量が 500 kW 以上 10MW 以下までについて適用される。なお、本制度の適用は国全体の上限値(50MW)を設定している。

地熱政策に関しては、ケニアは他のモデルとなりうる政策を実施している。すなわち資源調査のプレ F/S 及び F/S は政府の責任で実施し、この成果は広く民間に提供する事で開発段階における民間の参画を促す(Section 6.4.1 (i)-(iv) of the Sessional Paper No. 4 of 2004 on Energy)、さらにこうした F/S を民間自身が実施した場合には、その結果を用いて KPLC との PPA 交渉を行えること、またこの様な民間による地熱開発を促すために、再生可能エネルギーに対する電力買取制度を制定したなどである。

地熱開発に係る法規としては、地熱資源法 (Geothermal Resources Act ; GRA) を基本とし、その他の周辺法規が存在する。地熱資源法は1982年に施行されており概略以下の内容が規定されている。

- ① 地熱資源は政府が管轄し、その所管官庁はエネルギー省とする
- ② 所轄官庁の許可・認可を得ない地熱資源開発の禁止
- ③ エネルギー省は以下の地熱資源探査活動に関して認可権を有する。
 - a, 調査研究、探査、試験、測定、坑井掘削、その他調査に係る行為
 - b, 1年間の期間限定で譲渡不可
 - c, 1年間の更新可
- ④ エネルギー省は以下の条件で地熱資源免許を発行する
 - a, 30年間を超えない範囲の事業期間
 - b, 5年間を超えない範囲で免許期間を更新できる
 - c, エネルギー省の同意無しに免許の譲渡は不可
 - d, 規定の年間免許費を期限の3か月前までに支払う事
- ⑤ エネルギー省の同意無しに6カ月以上事業を停止した場合の免許のはく奪
- ⑥ 地熱資源免許を得た事業者の権利
 - a, 地熱資源を開発する権利
 - b, 地熱井掘削及びこれに関連する作業の実施
 - c, 建屋や設備機材の建設とこれらを維持する権利
 - d, 地熱資源を利用する権利

なお、地熱事業に係る法規にはこの他、電気事業法、環境管理調整法、水資源法、工場法、地方自治法、公共健康法、野生動物保護管理法、管理取引、商慣習、独占的取引、並びに価格に関する管理法、工業標準化法、森林法に係る規定が存在する。

さらに地熱エネルギーの開発に関しては積極的な開発計画を有している。最少費用電源開発計画 (Least Cost Power Development Plan) 2009-2029 によると、2029 年までに新たに 2,746 MW を開発する目標を掲げている。地熱発電の開発費はキロワット当たり 3,000 ドルとして 80 億ドル以上の資金調達が必要となる。この費用すべてを政府のみで賄うことは、可能であるとしても他

に必要な政策や投資への制約を課すこととなり望ましいことではない。すなわち地熱発電を含めた電力開発において長期的には民間投資の導入は不可欠との見解から、蒸気開発部門を国の責任で行いつつ、リスクの少ない発電部門への IPP 導入のための政策を打ち出している。

すなわち、地熱開発における最も大きな障害要因となっているのは、地下資源リスクであり、地熱資源量を確認するためには高価な調査井掘削を必要とする。民間事業者がこの資源リスクを負いながら事業に参入することは極めて困難であるし、もし参入したとしてもリスクに対する対価を当然要求する。この結果、地熱発電原価を押し上げる要因となる。また調査段階の試掘に要する費用について、銀行のプロジェクト融資は存在しないため、全てエクイティで賄われる。いずれにせよ資金調達費用は非常に高いものとなる。さらに民間事業者による掘削調査には海外の掘削請負業者を使うことが考えられ、掘削機器・機材の輸送費だけでも費用は高くなることが予想される。この様な状況を分析評価した結果、ケニアでは地熱資源リスクは政府が一括して責任を取るとして国営の GDC が設立された。GDC は自前の掘削リグと掘削技術者を擁し、自ら掘削を行う事で掘削費用の低減と金融費用の低減を実現できる。さらに GDC は国営であるために、国際機関からの資金援助の対象となり得るために安価な資金を調達できる。この様にして、蒸気は蒸気開発会社から供給されることにより資源リスクが除去された状況においてで IPP に対する障壁は格段と小さくなり、エネルギー変換のみに特化すれば良く、これにより約半分の開発資金を占める発電事業の参入を促すといった効用を期待している。

第 4.7 節 環境政策

4.8.1 EIA 及び環境法規制

①EIA 制度

ケニア国の EIA 制度は、1999 年に制定された環境管理調和条例 (EMCA: Environmental Management Coordination Act) 及び 2003 年に制定された環境影響評価・監査規則 (Environmental (Impact Assessment and Audit) Regulations) に規定されている。EMCA の別表 2 (Second Schedule) では、EIA 対象となる案件、第 68～69 節では環境監査 (EA) について規定している。

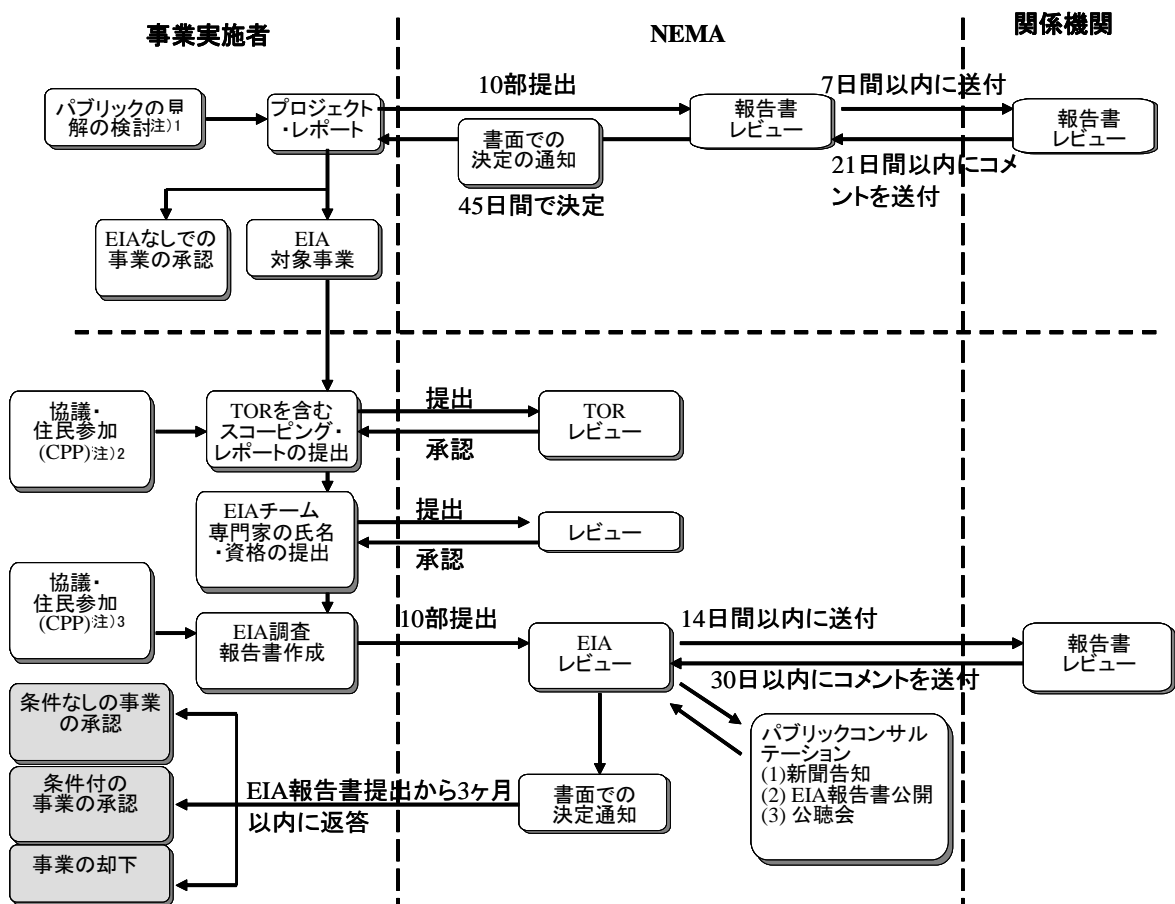
EIA レポート準備・審査プロセスは、国家環境管理局 (NEMA: National Environmental Management Agency) が 2002 年に作成した「環境影響評価ガイドライン及び行政手続 (案)」に従い、図-4.7-1 に示すプロセスで実施される。また EIA の関連法規を表-4.7-1 に示す

EIA 対象となる案件の種類は、EMCA の別表 2 (Second Schedule) に示されているが、EMCA は、具体的な EIA 対象・対象外の事業を区別する数値的な基準を示しておらず、EIA 対象となるかどうかは、NEMA がまず事業者に提出を要求するプロジェクト・レポート (PR: Project Report) によって判断することになっている。地熱発電開発事業は、別表 2 の No.9 電気関係施設の(a)発電施設にあたるため、EIA 対象事業と判断される。

既存のオルカリア地熱発電開発事業では、以下のような付帯条件付きで ESIA 報告書が NAME

により承認されている。

- EIA の要求事項の遵守 (EA の実施、環境管理計画の遵守等)
- Hell's Gate National Park 内にインフラ施設を建設することに関する KWS との覚書(MOU) の遵守
- 環境関連法規制 (騒音・振動、水質、廃棄物、労働安全衛生) の遵守
- オイルセパレーターの導入
- 油及び有害物質の管理プログラムの実施
- 動物の移動を妨げないような配管の設計



(資料) 環境影響評価・監査規則(2003年)及び「環境影響評価ガイドライン及び行政手続(案)」(2002年)をもとに作成。

図-4.7-1 EIA レポート準備及び審査プロセス

表-4.7-1 EIA に係る関連法規

No.	法規名
1	Environment Management and Co-ordination Act (EMCA), 1999
2	Environmental Impact Assessment and Audit Regulations, 2003
3	Environment Impact Assessment Guidelines and Administrative Procedures
4	Wildlife Conservation and Management Act Cap 376

(資料) 調査団作成

②関連環境法規制

事業に関連した環境面に係る法規制を表-4.7-2 に示す。

表-4.7-2 地熱発電開発事業に関連したケニア国の環境法令・基準

No.	法規名	概要
1	環境管理調整（水質）管理規則 2006 年 Environmental Management and Coordination (Water Quality) Regulations of 2006	水質基準として生活用水使用に係る基準、公共水域に排水する排水基準、下水道に排水する排水基準、灌漑用水基準、リクリエーションのための水質基準が定められている。
2	環境管理調整（騒音・超過振動公害）管理規則 2009 年 Environmental Management and Coordination (Noise and Excessive Vibration Pollution) (Control) Regulation 2009	騒音基準として、環境騒音、道路沿道騒音、建設作業騒音に係る基準が定められている。振動については、発生源から 30m 離れた地点で 0.5[cm/s]以下という基準が定められている。
3	Occupational Safety and Health Act (OSHA) 2007	労働者の安全衛生について、作業場環境の保全、機械使用時の安全、化学物質使用時の安全、違反に対する罰則などが規定されている。
4	環境管理調整（廃棄物）管理規則 2006 年 Environmental Management and Coordination (Waste Management) Regulations of 2006	一般廃棄物、産業廃棄物、有害廃棄物について、収集、運搬、最終処分等の廃棄物管理に係るライセンスや環境監査等が定められている。

(資料) 調査団作成

③環境監査（EA）実施プロセス

環境監査(EA)は、EIAにて提出される環境管理計画(EMP: Environmental Managemnt Plan)に基づき実施される。EAは、外部機関による初期環境監査(Initial-EA)、事業者による自主環境監査(Self-EA)、NEMAが実施する法令順守環境監査(Compliance-EA)の3種類ある。

④その他の許認可

EIA以外に必要な環境関連許認可としては、既存のオルカリア地熱開発事業によると以下が必要とされる。なお、排出ガス、騒音、排水、土取りに係る許認可はESIAに含まれる。廃棄物処分場に係る許認可は事業開始後、必要になった時点で許認可の取得を要する。

- ・取水に係る許認可（水資源管理機構（WARMA））
- ・国立公園/野生動物保全に係る許認可（ケニア野生公社（KWS）との覚書（MOU））
- ・廃棄物処分場に係る許認可

4.8.2 用地取得及び住民移転に係る法制度

①住民移転関連制度と関係機関

ケニア国では、開発事業での用地取得に伴う非自発的住民移転に関する政策や法制度が未整備の状況であり、用地取得に係る関連法規が存在するのみである。ケニア国では、ドナーによる事業などで住民移転計画(RAP)を求められる事業では、世界銀行の「非自発的住民移転に係る運用施策(operational policy: OP)」である OP4.12 が適用されている。また、事業実施者は、事業により非自発的住民移転が発生する場合には、NEMA による EIA の承認取得のために、規定はないが EIAS 報告書とともに RAP 報告書の提出が求められている。

②用地取得関連法規

用地取得に関連する法規名を以下に示す。

表-4.7-3 用地取得に関連する法規

	法規名
1	The Constitutions
2	Government Land Act Cap 280
3	Land Titles Act Cap 282, 1908
4	Registration of Titles Act Cap 281
5	Land (Group Representatives) Act Cap 287, 1970
6	The Trusts of Land Act Cap 290, Revised edition 1982
7	Land Control Act 302, Revised Edition 1989 (1981)
8	Land Planning Act Cap 303, Revised Edition 1970
9	Land Acquisition Act, Cap 295
10	Valuers Act Cap 532
11	Rating Act Cap 267, 1963
12	Energy Act

(資料) 調査団作成

4.8.3 Olkaria 地熱開発事業における環境社会配慮の実施状況

Olkaria 地熱発電所は、Hell’s Gate National Park 内に立地することから、各種環境対策を実施している。また、ラムサール条約指定湿地である Naivasha 湖に隣接することもあり、発電使用された全ての排水は地中に還元している。また、Olkaria –I 地熱発電所の 4 号機・5 号機開発事業に係る ESIA 報告書によると、KenGen は、既設の Olkaria –I 及び II の大気質モニタリングプログラムとして、18 地点において H₂S を計測している。また水質については、発電施設、井戸、居住地、Naivasha 湖等 6 地点で重金属のモニタリングを実施している。

一般廃棄物は民間処理業者へ委託し、有価物はリサイクル業者が引き取り、冷却塔やコンデンサーからの汚泥が発生した場合は、密閉された空間に処分しており、適切な廃棄物処理を実施している。

土壌汚染については、ESIA 報告書によると、発電施設、井戸、居住地、Naivasha 湖等 7 地点で重金属のモニタリングを実施しており、As 及び Zn の項目で世銀及び NEMA のガイドラインの基準値を超過している。一方で、Olkaria –I 及び Olkaria –II の既存施設に係る EIA 報告書(2007 年)では、土壌汚染は見られなかったことから、現時点では著しい影響は見られないと考えられている。

騒音レベルについては、ESIA 報告書によると、KenGen は、既設の Olkaria –I 及び II の騒音モニタリングプログラムとして、16 地点において騒音レベルを計測している。発電所は集落とは離れているため、モニタリング結果から騒音の周辺集落への影響ない判断されている。

野生動物及び家畜への影響として、蒸気パイプラインによる生息エリアの分断が一般的に挙げられるが、野生動物及び家畜の移動ルート上に存在するパイプラインは、動物が行き来出来るようにパイプラインを変形することによりこれらの影響を回避している。

第 4.8 節 熱水多目的利用可能性

(1) Olkaria 地熱開発事業での熱水利用状況

KenGen は Olkaria 地熱発電所において、Oserian 開発会社(Oserian Development Company)と契約し、当該企業が運営する鑑賞花生育のためのグリーンハウス内の温度管理のための温水と生育促進のための二酸化炭素(CO₂)の供給を行っており、熱水利用の成功事例となっている。

(2) 熱水利用計画

Olkaria 地熱開発事業では、上記の熱水利用に加えて新たに Olkaria -II 発電所の熱排水を利用した Demonstration Center(4.5 ha)をメインゲートの横(トレーニングスクールの隣)に 2010 年 6 月から建設開始予定である。建設費は約 133 千ドル。

Demonstration Center では、3 つの温水プールを連続的に配して、徐々に温度を下げ、3 つ目の温水プールでは温泉体験を行えるようにする。発電所見学者などを対象に無料での利用を計画している。温水の水質ついて、温泉利用することに問題ないことが確認されており、使用した温水は地中に戻す計画である。プールの収容可能人数は 70 名程度であり、平均 20~100 人/日程度の利用を見込んでいる。

Olkaria 地熱開発事業では、その他に地熱水の利用について食品加工、アルコール加工、穀物乾燥・製粉・濃縮、屋内暖房・冷房などを挙げているが、具体的には未検討の状況である。

第5章 エチオピア

第5.1節 国概況¹

1991年5月のメンギスツ政権の崩壊後、1995年に連邦共和制の下に議院内閣制を採用した新体制が成立し、メレス首相率いる現政権が発足した。同政権は食糧安全保障の確立と貧困削減を最大の課題として取り組んでいる。2005年5月の第3回総選挙の結果をめぐり、野党支持者によるデモが発生し、各地方都市にも混乱が拡大するなど、一時緊張が高まったものの、その後は収束した。2008年4月に行われた地方選挙及び補欠選挙では、与党が再び勝利を収めた。2010年には第4回総選挙が行われる予定である。

経済面では、一昨年まで十分な降雨により農業生産が順調であったこと、中国、インド、トルコなどの新興援助国からの投資が増大したことなどにより、2005～2007年のGDP成長率は年平均約11%(WDI2009)を実現した。これはサブサハラの非石油生産国では最大の成長率である。政府はこの高い経済成長を長期間維持することで中所得国入りを果たそうと努力している。また、エチオピアは青ナイルなど大型河川を擁し水力発電能力が高く、また、未開発ではあるが石油や稀少金属等の天然資源にも恵まれているとされ、潜在的な発展の可能性は高い。農業部門は労働人口の約85%、GNIの約45%を占めており、食糧安全保障の確立と貧困削減が、依然として同国の最大課題である。政府は農業主導による産業開発(ADLI: Agricultural Development Led Industry)を開発課題に据えて、貧困削減への取組を強化しているが、多額の対外債務、極めて低い外貨準備高、コーヒー、油料種子など一次産品への輸出依存など従来からの問題に加え、経済成長に伴うインフレによる都市生活者の困窮など新たな社会問題も発生している。

開発面に関しては、2002年、エチオピアは世界銀行グループよりHIPCとして認定され、新たな支援を受けるための条件として第一次貧困削減計画(SDPRP: Sustainable Development and Poverty Reduction Program)を作成した。PASDEPは第二次貧困削減計画に該当し、2005年から5年間を対象としている。MDGs達成のためにはPASDEPで示された政策を実施することが重要であるが、政策実施とそのための支援拡大がドナーとエチオピア政府との共通課題である。

PASDEPの主要政策は、次のとおりとなっている。

- ・経済成長を加速するための大規模な努力
- ・地理的な特性を考慮した戦略
- ・人口問題への対応
- ・エチオピア女性の能力開放
- ・基幹インフラの強化
- ・危機と不安定さの管理
- ・MDGs達成のための取組の強化
- ・雇用創出

¹ 外務省国際協力局編「政府開発援助(ODA)データブック2009」による。

第 5.2 節 エネルギー事情

2007 年におけるエチオピアの 1 次エネルギー供給量は、22,805 千石油換算トン(toe)で、このうち、国産エネルギー(水力、薪等)は 20,862 千 toe (水力 290 千 toe、薪等 20,573 千 toe)、輸入エネルギー(石油、石油製品)が 1,984 千 toe、輸出はなし、となっている (IEA Energy Balance 2007)。一方、最終エネルギー消費量は 22,010 千 toe であり、その用途別内訳は、産業用が 566 千 toe、運輸用が 1,150 千 toe、その他(民生用、農業用等)が 20,294 千 toe となっている (同)。

このようにエチオピアのエネルギー事情は他の東アフリカ諸国と同様に、一次エネルギー源を大半は伝統的なバイオマスに依存しており、特に家庭における燃料はほとんどがバイオマスである。この結果燃料としての木材が年間約 4 千万トン、また農業廃棄物が年間約 8 百万トン消費されていると推定されている。薪用木材の伐採により広大な森林面積が消失しており、環境劣化の原因となっている。また農作物残滓や家畜糞尿の残渣や廃棄物を燃料として用いることで、これらの肥料への転用ができ無くなり、結果的に土壌の肥沃度を減退させている。

輸送部門で多くの石油燃料が消費されているが、石油の国内埋蔵量は小さく商業規模の発見は無い。また天然ガスは 250 億 m^3 の埋蔵量が確認されているが未開発のままである。石油開発については、近年マレーシアのペトロナスが石油開発を積極的に取り組んでいる。2007 年に Ogaden National Liberation Front (ONLF)によるとされるゲリラにより中国人掘削請負業者作業員 8 名を含めた 74 名の作業員が殺害され、開発は一時中断した。しかし 2010 年、石油サービス大手の Weatherford 社をコントラクターとして Ogaden 地域で試掘を再び実施している。ペトロナスは既に 100 億円以上をエチオピアにおける石油開発に投資していると言われている(BBC news, 2007, Energy-Pedia, 2009)。なお、1997 年に Assab 製油所が閉鎖されて以来、石油製品類は全部輸入している、2003 年 1 月からスーダン産石油が陸路輸入される様になったが、COMESA 協定によりスーダン産石油に対する関税は免除されている。

一方、石炭資源については、西部の Delbi、Moye 及び Yayu 地区で炭田(推定総埋蔵量は約 7 千万トン)が発見されており、石炭資源を用いた開発が検討されたが、経済性と環境的な制約から中断されている。

再生可能エネルギーについては、風力エネルギーについて EEPCO がドイツの GTZ の協力を得て国内各地で風況データを採取している。これを基に Tigray 州で風力発電の開発が進められている。

第 5.3 節 電力事情

5.3.1 電力セクター概要

電力セクターは、発電、送電、地方電化を含む配電からなる。鉱物エネルギー省は、エチオピアの電力セクターの運用と発展のための全体政策に責任を持っている。新しい国家経済政策は、

電力セクターの管理を含め、エチオピアの経済発展を導くために 1991 年に導入された。当時は、電力セクターの参加者は、発電、送電、配電、売電に責任を持つ垂直統合会社であるエチオピア電力会社(EEPCO : Ethiopian Electric Power Corporation)のみであった。1997 年から電力に関する様々な布告がなされ、電力セクターの自由化が、発電、配電分野への民間参入を認める形で始まった。このため、1997 年エチオピア電力庁—監査機関が設立され、同分野への民間投資を魅力的にするための投資法と環境法の発布が行われた。

5.3.2 電力セクター政策

国家エネルギー政策は、その前文の中で、エチオピアは豊富な水力資源を始め各種のエネルギー資源を有するものの、この資源を適切な経済開発のために開発、変換し、利用することができてこなかったと述べている。このため、政府は、経済発展を促進するために、手頃な料金でエネルギーを供給することが肝要であると考えている。このため、政府は、エネルギーセクターの発展を管理するとともに、エネルギー開発が、環境に調和するようにするための総合的な国家エネルギー政策を策定した。

同政策の目的は、国のエネルギー資源の開発に参画するのに必要な支援と促進策を民間セクターに与えること、豊富な水力資源開発に高い優先順位をおくこと、エネルギープロジェクト開発において環境問題に十分注意を払うことなどである。国家政策は、法的枠組みの基礎となっている。

5.3.3 規制上の枠組み

次の法律が、電力セクターの再編を支持するため、過去10年の間に公布されてきた。

- 電気に関する電気法公布 no.86/1997
- 環境に関する公布 no.9/1995
- 公共事業の民営化公布 no.146/1998
- 電力運用の規定を与えるための大臣規定 no.49/1999
- 国外と国内の投資家のために指定された投資促進策と投資地区に関する規定 no.84/2003

これらの法律の効果は、電力分野におけるエチオピア電力会社の独占を取り除き、規制者(EEA : Ethiopian Electricity Agency)を設定し、電力セクターに民間投資を取り入れること、情報公開すること、電力系統の拡充への民間投資を魅力的にする促進策を創設すること、電源開発と発電所の運転が持続可能で環境と調和するのを監視するための環境局の創設することである。

5.3.4 電力セクター投資促進策

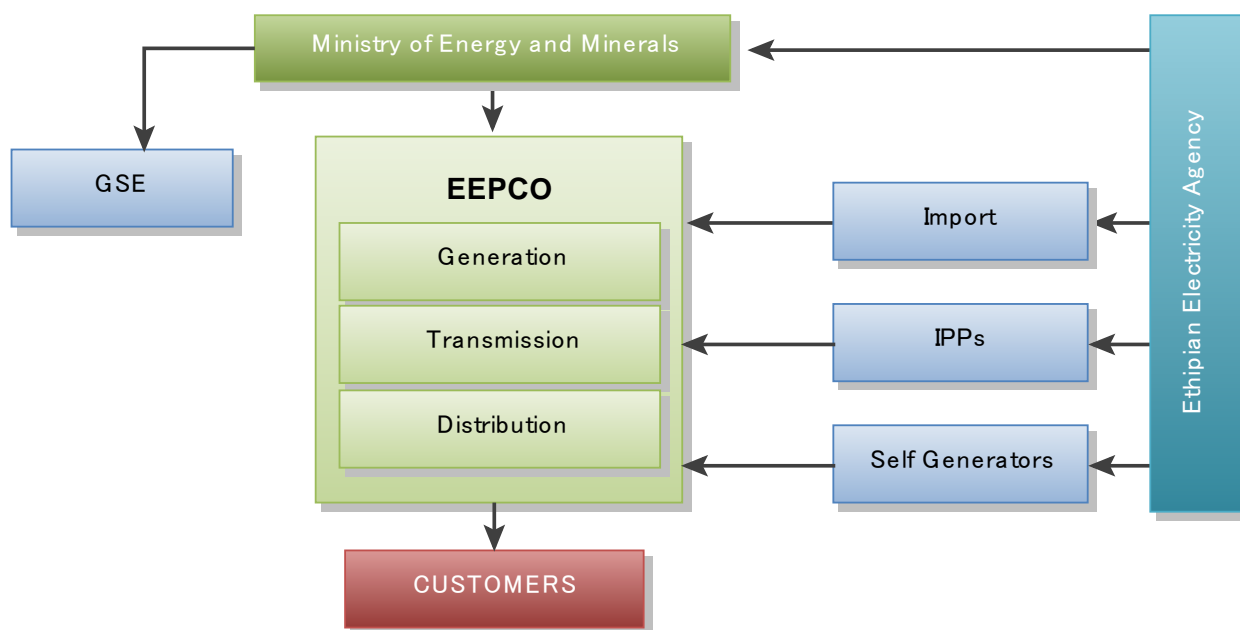
電力セクターへの投資に関する法律は、天然資源の持続可能な活用と開発のために財政資金と技術移転を助けることを目的としている。これにより、民間セクターの適正技術や技術ノウハウの移転を行い、電力セクターの育成、発展につなげ、国民の広い雇用機会を作り出すことをねらっている。国の統合された電力系統を通しての電力エネルギー輸送と供給は、国家的利益の観点から排他的な特別扱いを受けている。送電分野以外への民間投資は、公表された規定 No. 84/2003 によって、外国の投資家に対しても公開されている。

投資家は、新しい企業の設立や電力投資に必要な資本財や建設物資を免税で輸入することが許可されている。ただし、そのものが国内で競争力のある価格、質、量で生産されていなければという条件付きである。投資家はあわせて総価値の15%以下のスペアパーツについても同様の権利が与えられる。ただし、免税で輸入された主要物資は第三者に移転できない。

5.3.5 制度上の枠組み

エチオピア電力会社は、垂直統合された発電、送電、配電、供給に責任を持っている。他の国のように同社を、発電、送電、配電に分割するような計画は今のところ持っていない。しかし、法律は、官民連携（プライベート・パブリックパートナーシップ）プロジェクトを通して、IPP事業者が水力や地熱のような国産エネルギー開発に参加することを許可している。

前に述べたように、電力セクターの関係者は、鉱物エネルギー大臣、エチオピア電力会社、エチオピア電力庁（EEA）、エチオピア環境庁、エチオピア地質調査所（GSE : Geological Survey of Ethiopia）、その他国内の孤立システムを管理する事業者の主催者である。エチオピア地質調査所は国の鉱物探査の一部として地熱開発に責任があるが、地熱発電開発を担当する事業者は全くない。



(資料) 調査団作成

図-5.3-1 エチオピア電力セクター関係者

5.3.6 規制上の枠組み

1997年6月の電力に関する布告 No.86/1997により、自治権のある連邦政府機関として、エチオピア電力庁が設立された。エチオピア電力庁は、2000年初めから活動を始め、機関部門の大臣の下で、次の義務を課せられている。

- 発電、送電、配電、変電、売電が同布告 No. 86/1997 に従って実施されることを監督し保

証する。

- 電気サービスの質と標準を決定し、その実施を保証する。
- 電気の契約者に対する証明書を発行する。
- 法律に従って、発電、送電、配電、売電免許の発行、中止、取り消しを行う。
- 電気料金の承認、監督、実施に関するの勧告を行う。
- 電気の技術的開発分野における訓練制度に協力する。
- これらの目的達成のために、その他の法的活動を行う。

これをうけて、エチオピア電力庁は、次のような戦略および管理計画を設定した。

- 電力庁職員の能力を向上させる。
- 電力サービスの信頼度と品質を改善するために、電力セクターを規定する。
- 効率性を改善するために、電気料金の研究および規定を行う。
- 公共に対し、電力庁の権限と責任を紹介し伝える。

5.3.7 電気料金規制

電気料金の構造は、コストが反映された短期の限界または平均コストに基づく価格レベルとして決定され、少なくとも4年間隔以内で更新される。

国内系統の発電価格は、ピーク需要に対処するような最も効率的な発電設備が、エネルギー価格計算の基礎を与える系統ベース負荷に対応するため、最小限の発電容量コストと、最も効率的な発電設備を基礎として算出される。最小限のエネルギーコストは、水力発電所の場合、容量に関係しないコストの基礎で計算され、一方、火力発電コストと電力およびエネルギーの有効な購入は、計画発電の基礎に基づき計算され、系統発電料金で分配される。

5.3.8 財政上の枠組み

エチオピアの電力セクターの自由化は、ウガンダから始まった他の東アフリカ諸国と比較すると、それほど自由化は進んでいない。発電、送電、配電、供給の事業はエチオピア電力会社に独占されている。しかし、規制上の枠組みは、電力セクターへの民間参加を魅力的にするように規定されている。

5.3.9 発電設備容量

2010年現在、エチオピアの全国電力系統を運用するエチオピア電力会社は、表5.3-1に示されるように、水力発電1,566.6 MW、ディーゼル発電112.2 MW、地熱発電7.3 MWの合計1,686.1 MWの設備容量で運用している。水力は全体発電能力の約93%を占めている。ただし、これは2009年に設置された電力供給のピーク時に使うレンタルの緊急ディーゼル発電機60MWとオフグリッド系統の37.1MWを除く。

表-5.3-1 エチオピア全国系統における設備容量 (2010年)

発電所名	水力	ディーゼル	地熱	合計	運転開始年
Koka - -	43.2			43.2	1960
Awash II - -	32			32	1966
Awash III -	32			32	1971
Finchaa - -	134			134	1973, 2003
Melka Wakana - -	153			153	1988
Tis Abay I - -	11.4			11.4	1964
Tis Abay II - -	73			73	2001
Gilgel Gibe - -	184			184	2004
Tekeze	300			300	2009
Gilgel Gibe I	184			184	
Gilgel Gibe II	420			420	2010
Aluto Langano - -			7.3	7.3	1999
Alemaya		2.3		2.3	1958
Dire Dawa		4.5		4.5	1965
Adigrat		2.5		2.5	1992, 1993, 1995
Axum		3.2		3.2	1975, 1992
Adwa		3		3	1998
Mekele		5.7		5.7	1984, 1991, 1993
Shire		0.8		0.8	1975, 1991, 1995
Jimma		1		1	NA
Nekemtp		1.1		1.1	1984
Awash 7 Kilo		35		35	2004
Kaliti		14		14	2004
Dire Dawa		38		38	2004
Ghimbi		1.1		1.1	1962, 1984
Sub Total		112.2		112.2	
ICS Total	1566.6	112.2	7.3	1686.1	
SCS Total	6.1	25.5		31.6	
Total (ICS and SCS)	1572.7	137.7	7.3	1717.7	

(資料) EEPCO

表-5.3-2 の 2005-2009 年電力供給データからわかるように、電力需要は過去数年大きな伸びを記録してきた。しかし、干ばつにより、国内の水力系統の有効発電容量は、電力供給の需要実績

に対処するには不十分であった。エチオピア電力会社は主要新水力発電所建設プロジェクトが完成した時、電力支給不足を減少させるため、レンタルの緊急電力 60MW を調達した。

表-5.3-2 エチオピア電力供給データ

電源別	年	2005	2006	2007	2008	2009	% in 2009
Hydro	GWh	2,536	2,846	3,291	3,374	3,296	88.4%
Thermal	GWh	51	44	40	158	418	11.2%
Geothermal	GWh					14	0.4%
Total Production	GWh	2,587	2,890	3,332	3,532	3,728	100.0%
Total Sales	GWh	2,095	2,408	2,799	2,966	3,131	84.0%
System Losses	GWh	492	482	533	566	597	16.0%
System Losses %		19%	17%	16%	16%	16%	
System Peak Demand	MW	521	587	625	674	673	
System Load Factor		57%	56%	61%	60%	63%	

(資料) EEPCO

2009年における全発電量のうち、水力発電は 88.4%、火力は 11.2%、地熱は 0.4%であった。

5.3.10 送電・配電系統

2007年のマスタープランによると、送電系統は総延長 7,132km で構成されている。全国系統において、230kV は約 2,194km、132kV は 2,743 km、66kV は 1,537 km、45kV は 399 km である。

5.3.11 顧客状況

2005年から 2009年の顧客数は、表-5.3-3 で示され首都アジスアベバの顧客が約 40%を占める。

表-5.3-3 顧客数 (2005年-2009年)

年	2005	2006	2007	2008	2009
顧客数	953,007	1,126,785	1,396,093	1,677,335	1,830,052

(資料) EEPCO

5.3.12 電気料金

現在の小口電気料金は、固定費、電力容量コスト、エネルギーコスト、容量コストに関する力率を回収できるように設計されている。電気料金は、電力供給の限界コストに対する料金により 2006年に規制委員会が決めた料金から約 22%増加している。2006年の電気料金は表のとおりであるが、現在の(2010年)の電気料金は減価償却などにより若干低下した。

表-5.3-4 様々な電気料金区分に対するエネルギー料金

	Consumption per month	Birr/kWh	US ¢ /kWh	US ¢ /kWh
Domestic			2006	2010
1st Block	0-50	0.273	3.1	2.2
2nd Block	51-100	0.356	4.0	2.9
3rd Block	101-200	0.499	5.6	4.0
4th Block	201-300	0.550	6.2	4.5
5th Block	301-400	0.567	6.4	4.6
6th Block	401-500	0.588	6.7	4.8
7th Block	above 500	0.694	7.9	5.6
Equivalent rate for Domestic		0.475	5.4	3.9
General				
1st Block	0-50	0.609	6.9	4.9
2nd Block	Above 50	0.694	7.9	5.6
Equivalent rate for General		0.672	7.6	5.4
Low Voltage Industry				
Peak		0.743	8.4	6.0
Off Peak		0.544	6.1	4.4
Equivalent rate		0.578	6.5	4.7
High Voltage Industry 15kV				
Peak		0.509	5.8	4.1
Off Peak		0.393	4.4	3.2
Equivalent rate		0.409	4.6	3.3
High Voltage Industry 132kV				
Peak		0.474	5.4	3.8
Off Peak		0.366	4.1	3.0
Equivalent rate		0.381	4.3	3.1
Street Lighting		0.484	5.5	3.9
Summary				
Average tariff		0.530	6.0	4.3
Exchange Rate USD 1= Ethiopian Birr 16.38			8.8401	12.340

(資料)EEPCO

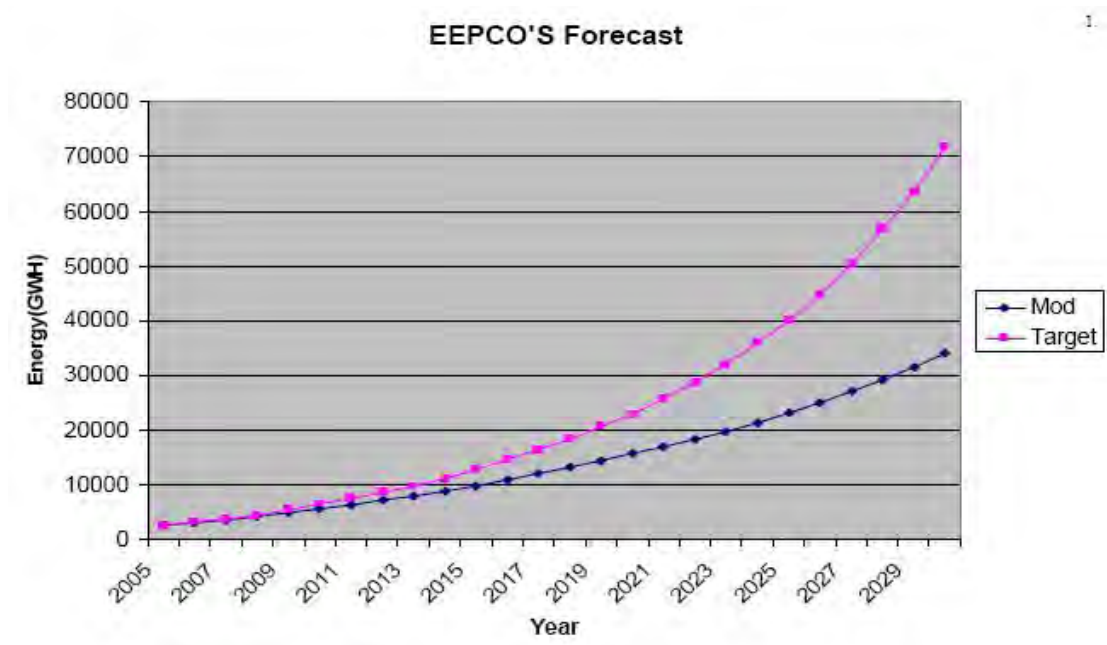
表-5.3-5 様々な電気料金区分に対する固定サービス料金

Tariff Category		service (Fixed) charge Birr/month	Service (fixed) charge \$/month	service (fixed) charge \$/month
Domestic	Consumption per month			
	0-25	1.708	0.19	0.14
	25-50	3.404	0.39	0.28
	51-105	6.82	0.77	0.55
	106-300	10.236	1.16	0.83
	above 300	13.652	1.54	1.11
	Three phase	17.056	1.93	1.38
	Active/Reactive loads	37.564	4.25	3.04
General				
	Single Phase	14.494	1.64	1.17
	Three Phase	22.558	2.55	1.83
	Active/ Reactive	35.258	3.99	2.86
	Low Voltage Industry	-	-	-
	High Voltage Industry 15kV			
	Three phase	54.009	6.11	4.38
	High Voltage Industry 132kV			
	Three Phase	54.009	6.11	4.38
	Street Lighting			
	Single Phase	14.494	1.64	1.17
	Three Phase	22.558	2.55	1.83
	Active/ Reactive	35.258	3.99	2.86
	Exchange Rate			
	USD 1= Ethiopian Birr 19.38		8.8401	12.34

(資料)EEPCO

5.3.13 電力需要予測

1973年から2007年までの売電とGDPデータによる分析によると、電力需要の対GDP弾性値は2.15であることを示している。もし、至近年で達成される経済成長率が7%~10%であれば、この弾性推定値に基づく推計では、約17%の電力エネルギー需要成長率になるものと予想されている（図-5.3-2）。



(資料) EEPSCO (2007)

図-5.3-2 エチオピア電力会社の需要想定

5.3.14 電源開発計画

計画された国の電力需要と近隣のジブチ、ケニア、スーダンへの電力輸送への対処のために、政府はエチオピア電力会社を通して、2009年と2010年に運転開始が計画されている2つのプロジェクトで国内系統に720MW以上を追加する積極的な水力発電開発計画を実施している。また、EEPSCO2007電力システムマスタープランを引用する2009年12月現在のEEPSCO戦略計画概要によると、建設中または公表された他のプロジェクトは、次の表-5.3-6に示すとおりである。

表-5.3-6 運転開始およびプロジェクト候補地点の詳細

Project	Status 2009	CAP MW	Energy GWh	unit cost of energy Euro cents/kWh	Commission ing Year
Hydro					
Tekeze I	Completed	300	960	3.5	2009
Gibe II	completed	420	1,680	3.2	2009
Beles	95% completed	460	1,860	3.11	2010
Gibe III	35% completed	1,870	6,400	3.1	2013
Fan	45% completed	100	212	5.14	2013
Helele Werabesa	Tendering	422	2,233	2.65	2015
Chemoga Yeda	Contract signed	278	1,250	3.06	2015
Gibe IV	MOU signed	1,472	7,500	3.25	2015
Genale III	Contract signed	258	1,200	2.64	2014
Genale VI	Tendering	256	1,000	3.82	2015
Geba I & II	Tendering	366	1,788	2.84	2015
Gojeb	Tendering	150	450	5.56	2015
Sub Total Hydro		6,352	26,533		2015
Wind					
Ashegoda wind	Construction on the way	120	417	4.90	2012
Adama Wind	Contract Signed	51	162.7	5.75	2011
Messobo Wind	MoU Signed	42	155	5.85	2012
Ayisha Wind	MOU Underway	300	1,314		2012
Debre Birhan Wind	MOU Underway	100	389		2013
Assela Wind	MOU Underway	100	389		2013
Adama II	Study	51	162.7		2013
Sub Total Wind		764	2,989.4		2013
Geothermal					
Aluto Langano Geothermal	Pre feasibility	75	525.6		2012
Tendaho Geothermal	Pre feasibility	100	700.8		2018

Corbetti Geothermal	Pre feasibility	75	525.6		2018
Abaya Geothermal	Pre feasibility	100	700.8		2018
Tulu Moya Geothermal	Pre feasibility	40	280.32		2018
Dofan Geothermal	Pre feasibility	60	420.48		2018
Sub Total Geothermal		450	3,153.6		2018
Grand Total		7,566	32,676		

(資料) EEPCO (2007)

5.3.15 電源開発計画における IPP の役割

エチオピアでは IPP の運転はないが、発電においては、プライベートセクター投資に対する規制上の枠組みが確立している。

5.3.16 電源開発計画における地熱発電

大臣規則 No.49/1999 の電力運用協議会の 18(2)条によって与えられている権限に従って、インフラ担当大臣によって発行される商業目的の No.1/ 2005 による水力以外の発電所免許の最大有効期間の命令は次のとおりである。

- 火力発電・・・ 30 年間
- 地熱発電・・・ 25 年間
- バイオマス発電・・・ 20 年間
- 風力発電・・・ 20 年間

5.3.17 送電線拡充計画

2007 年電力マスタープラン調査には、エチオピアの主要送電、2 次送電レベルと近隣諸国との国際連系が含まれている。エチオピア電力会社は、電力系統の変化に対処するため、2015 年までに表-5.3-7 に示すように、66kV を 304 km、132 kV を 1844 km、230 kV を 3486 km、400kV を 1210 km の送電線拡充を必要としている。

さらに、約 100 カ所の変電所において、主要変圧器が昇圧されなければならない。エチオピア電力会社の将来系統の適切な運用のために、電圧を調整するリアクトル約 1,046 MVar と静電容量約 1,100 MVar も必要とされている。

表-5.3-7 送電系統拡充計画

From	To	電圧 kV	km	運用開始年
Kombolcha	Aksta	132	82	2008
Tekeze	Mekele	230	2x 90	2008
Mekele	Alamata	230	141	2008
Alamata	Combolcha	230	121	2008
Combolcha	Cotebe	230	294	2008
Cotebe	Kality	230	20	2008
Finchaa	Ghedo	230	93.6	2008
Ghedo	Gefersa	230	134	2008
Combolcha	Samara	230	180	2008
Samara	Ditchato	230	63	2008
Gonder II	Shehidi	230	2x 135	2008
Gilgel Gibe II	Gilgel Gibe I	400	30	2008
Gilgel Gibe II	Sabata II	400	185	2008
Sebeta II	Sebeta I	230	2x 20	2008
Gonder	Humera	230	323	2008
Beles	Bahar Dar III	400	2x 65	2009
Bahar Dar III	Debremarkos	400	200	2009
D.Markos	Sululta	400	230	2009
Sululta	Cotebe	230	2x 22	2009
Tekeze	E/Selase	230	249	2009
Melka Wakena	Ramo	230	287.5	2009
Ramo	Gode	230	325	2009
Melka Wakena	Yadot	132	100	2009
Dire Dawa	Dj. Border	230	201	2009
Ramo	Fik	132	250	2009
Sawla	KeyAfer	132	120	2009
Hagere Mariam	Mega	132	170	2009
Addis Nort Tap	Addis North	230	5	2009
Aksta	Alem Ketema	132	100	2009
Nekemte	Gutin	132	67	2009
Bedele	Yayu Coal	230	48	2010
Yayu	Metu	230	42	2010
Bedele	Metu	230	90	2010
Metu	Gambela	230	150	2010
Kaliti I	Addis Center	132	14	2010
CotebeI	CotebeII	132	10	2011

GGIII	W.Sodo	400	2x 80	2011
W.Sodo	KalityI	400	2x 270	2011
GGIII	GGII	400	1x 150	2011
Kality I	Kality North	132	3	2011
Kality I	Bole Weregenu	132	19	2011
Halele	Werabessa	230	30	2014
Werabessa	Werabessa Tap	230	2x 5	2014
Werabessa	Ghedo	230	2x 79	2014
Yirgalem	W.Sodo	132	60	2015
G.Gibe old	Jimma	132	71	2015
Mesobo	Mekele	132	25	2015
Kality I	D.Zeit	132	30	2015
Chemoga Yeda 1	D Makos	230	2x 36	2015
Chemoga Yeda 2	Chemoga Yeda 1	230	1x 9	2015

(資料) EEPCO (2007)

5.3.18 まとめ

エチオピアの電力セクターが抱える主要課題は、(1) 急増する電力需要に対処する必要性、(2) 建設中の大型水力プロジェクトに必要な巨大な金融資本調達、(3) 高価なディーゼル発電に対する処置、(4) 国産エネルギーであり、環境に優しい地熱資源を開発することによって渇水リスクを最小にすることなどである。

エチオピアは、国内需要に対し十分なエネルギーを供給でき、近隣諸国にも輸出する水力発電の野心的な開発計画を持っている。したがって、水力リスクを最小化させ、供給信頼度を改善させるため、地熱を開発し、エネルギー資源を多様化させる必要性も認識している。これには、主要な水力発電開発に対して行われたような資金源が必要である。電力セクターへの民間参加の枠組みは、他の東アフリカ諸国よりも遅れている。しかし、限界費用に基づいた価格政策と環境法の整備により、電力セクターへの民間投資を魅力的にする努力が続けられている。

第 5.4 節 地熱資源状況

エチオピアは、アフリカ諸国の中でも十分な量の地熱資源が見込まれる数少ない国である。地熱資源分布地域は、エチオピア国南部の湖水地域および同北部・南部のアファール沈降帯地域に集中しており、これまでの調査から、10数カ所の報告が上がっている。地熱関係者の間では、国内全体で5,000MW以上の電源開発が可能な資源あるものとみられている。

エチオピア国内の最古の岩石は、6 億年以上前の先カンブリア系である (図-5.4-1)。この先カンブリア系基盤岩は変質岩および花崗岩から構成され、国内南部および西部に露出し、かなり破碎を受けているが、透水性は高くない。深部深くに沈積したことから、高温による変質を受けており、経済的に有望な鉱物資源を有している。先カンブリア紀の終焉後、古生代に入り、地層隆

起が起きた。この時代の主な堆積物は頁岩および氷河堆積物である。中生代には沈降に伴い、国内西方において泥岩や石灰岩が堆積した。中生代以降、第四紀まで火山活動が続き、Afar 地域内で幾つかの小さな噴出スポットが形成された。最近の火山活動は、東アフリカ地溝帯の形成と関係がある。Afar 地域内の第四紀の堆積物は、礫岩、砂岩、泥岩および湖礁石灰岩に代表される。現在の地熱活動は新生代堆積物と関連し、エチオピアの地下水資源を多く含む(Warden and Kazmin, 2009)。

エチオピア地溝帯は、北緯 6 度付近から北緯 9 度までの約 400km にわたって連なっている。平均約 70km の幅を有し、落差約 1,000m の正断層で両翼を画されている(Di Paola, 1972)。この地溝帯を規制している構造の一つが、Wonji Fault Belt (WFB)と考えられている(図-5.4-2)。WFB 構造は第四紀始めから活動(Mohr, 1967)し、右ずれの雁行状断層システムである。

1996年、Aluto-Langano地域の地熱開発はエチオピア電力会社(EEPCO)に引き継がれ、7.3MW 地熱パイロットプラント建設がイスラエルORMAT社によって、ターンキー契約ベースで行われ、1998年に運転を開始した。運開当初、技術的な各種トラブルにより、発電が途絶えていたが、今日では4MW程度の発電を行っている。

エチオピア地溝帯地域では、この他にも多くの地熱地域が存在し、探査段階は以下の通り、概査レベルから熱流量孔掘削を含む詳細地球科学的調査まで様々である。

- (i) Tulu-Moye地域およびCorbetti地域: 熱流量孔掘削を含む詳細地球科学的調査レベル
- (ii) Abaya地域、Dofan地域およびFantale地域: 詳細地球科学的調査レベル
- (iii) Kone地域、Meteka地域、Teo地域、Danab地域およびAbhe湖地域: 概査レベル

過去 40 年間にわたって、国内全土を対象に地熱探査が実施されてきており、地熱資源評価のための有用な情報が蓄積されるとともに、各種探査技術が培われてきている。将来、これら地熱有望地域の中から発電所建設が実施される場合に備えて、探査開発技術を涵養し、基本的なデータインフラを整備しておくことは重要である。

5.4.1 Aluto Langano地熱地域

Aluto Langano地熱地域は、首都アジスアベバの南東方約200kmのエチオピアリフトバレー地域の裾野に位置している(図-5.4-3)。1981年から1985年にかけて本地域内において、8本の探査井(最大掘削長: 2,500m)が掘削されており、この内4本が地熱蒸気の生産に成功している。成功した生産井で確認された地熱貯留層最高温度は、約350°Cである。Electroconsult社(伊)によって、FS調査が実施されている(ELC, 1986)。本FS調査の中では、地熱資源量として30年間にわたって30MWの発電が可能であると報告している。

既存地熱井の噴出特性を評価するために、地化学モニタリング、坑性試験および貯留層工学試験が実施されてきた。しかし、開発資金が不足したため、フルスケールでの開発は断念され、既存坑井のみの活用、パイロットプラントの建設、地熱資源安定性の評価を目的に、エチオピア電力会社(EEPCO)に譲渡された。

ELC社作成のFS報告書は、1995年、GENZL社(ニュージーランド)によって再解析され、5MWの復水タービン発電所建設を前提にした電源開発の開始が推奨された。

1998年に既存地熱井を活用した7.3MWパイロット地熱発電所が建設されたが、地熱発電所の運転技術や経験が乏しいことから、このパイロット発電所はフル稼働には至っていない。技術的な問題を特定し、発電所の再建を目指して取り組む必要がある。

既存調査に基づくAluto Langano地域の地熱資源状況一覧を別冊資料-2-1に示す。

5.4.2 Tendaho地熱地域

Tendaho地域における地熱探査は、1979年から1980年にかけてのイタリアからの経済的および技術的支援に端を発している。さらに、1993年から1998年にかけて、3本の深部井(最大掘削長: 2,100m)と3本の浅部井(掘削長500m程度)が掘削され、270°C以上の地下温度が確認された。本地熱地域での掘削作業は、イタリア政府とエチオピア政府が共同出資して行われた。簡単な噴出試験および技術的・経済的評価調査の結果から、地熱系システムの下流側に沿って掘削した浅部地熱井は、5MWパイロットプラントを運転するだけの十分な蒸気が確保できたこと、および深部貯留層は約20MWの地熱ポテンシャルが存在することを示している(Aquater, 1996)。

鉱物エネルギー省(MOM)は、将来の開発に向けてTendaho地熱地域の開発計画をデザインしている。本地域を通して、ジブチとエチオピアの間の幹線道路が近年整備されたことから、探査・開発のためのインフラはかなり整備されてきている。さらに、エチオピア政府は230KVの国内送電グリッドを掘削現場から10km以内位置するSemeraまで延長する計画を持っており、Tendaho地域での開発が望まれている。

既存調査に基づくTendaho地域の地熱資源状況一覧を別冊資料-2-2に示す。

上記2地熱地域以外にも、下記6地域において、地質、地化学、物理探査(地温測定坑掘削を含む)等の各種地球科学調査が実施されている。

5.4.3 Corbetti地熱地域

Corbetti地熱地域は、首都アジスアベバの南約250キロに位置し(図-5.4-3)、12km径のカルデラ構造内において安山岩質溶岩が分布し。噴気・温泉等の熱水活動が広範囲に渡っている。詳細な地質・地化学・物理探査が実施されており、250°C以上の高温地熱貯留層の存在が推定されています。6本の地温測定坑(掘削長: 93~178m)が掘削されており、最高温度94°Cを記録している(Kebede, 1986)。これ以降調査は行われていないが、既存データを総合して、250°C超の深部地熱貯留層の存在可能性が高い。

エチオピア南部への主要な送電グリッドである132kVの送電線が本地域から15km離れたところを通過している。この送電ラインは、ケニアとの国境に繋がる主要幹線に平行に走っている。

既存調査に基づくCorvetti地域の地熱資源状況一覧を別冊資料-2-3に示す。

5.4.4 Abaya地熱地域

Abaya地熱地域はAbaya湖の北西岸に分布し、首都アジスアベバから車で約400キロ南に位置している(図-5.4-3)。地域内には広範囲に熱水活動が見られ、温泉、噴気および変質地帯などが広

がっている。温泉の温度は96°Cを有するものもあり、熱水流出量も高い。地質・地化学・物理探査など地球科学的調査結果を総合すると、260°Cを越す高温地熱貯留層の存在が推定されている(Ayele et al., 2002)。浅部地温測定坑掘削を含む更なる物理探査の実施が望まれている。

エチオピア南部のArba Minch市まで132kVの国内送電網が連結されており、本地域から北北西約40km地点にWelayta Soddo変電所が存在する。地理的にも良好な地点があることから、ひとたび掘削を含む探査が実施されれば、本地域の資源開発は急速に進むことが考えられる。

既存調査に基づくAbaya地域の地熱資源状況一覧を別冊資料-2-4に示す。

5.5.5 Tulu Moye-Gedemsa地熱地域

本地域の火山活動は、更新世から完新世の若い年代(0.8 -0.08 Ma)で特徴づけられる。アルカリ珪長質溶岩の噴出を含む火成活動は、新期の展張場および横ずれ断層とも関係している(0.1 -1.2Ma)。これらのことは、長い地質年代の間、地下深部にマグマ溜りが存在していたことを示唆している。本地域は、各種噴気地、60-80°Cの地獄および変質帯などの地表地熱徴候を伴う熱水活動に影響を受けている。地表地熱徴候が、相対的に活発でない理由としては、対象地域が比較的高地にあること、地下水の水位がかなり低いことに起因しているものと思われる。1998年～2000年にかけて、地質・地化学・浅部地温測定坑掘削(掘削長：150-200m)を含む物理探査が実施された。その結果、200°C程度の温度を有する地熱貯留層の存在が確認されている(Ayele et al., 2002)。また、将来的に深部調査井掘削のためのターゲットも選定されている。

本地域は、Koka、Awash-IIおよびAwash-IIIの各水力発電所に隣接していることから、国内送電網の230kVもしくは132kVの送電線への連結も比較的容易な状況にある。

既存調査に基づくTulu Moye地域およびGedemsa地域の地熱資源状況一覧を別冊資料-2-5と別冊資料-2-8に示す。

5.5.6 Dofan地熱地域

Dofan地域を対象とした地質・地化学・物理探査が実施されている。本地域は複合火山岩体から構成されているが、0.5-0.2Maの年代に、多くの噴火口からかなりな量のアルカリ流紋岩溶岩が噴出している(Cherinet and Gebreegziabhier, 1983)。透水性の低い帽岩を挟むものの、エチオピアリフトバレー地域の低地に幾つかの温泉や噴気を伴う地熱徴候が見られることから、今後も更なる調査が必要である。これまでの調査から200°C以上の貯留層温度が期待されている(Teclu, 2002/2003)ことから、エチオピア地質調査所(GSE)は深部調査井掘削ターゲットを選定するために、詳細な地質・地化学・物理探査の実施を検討している。

本地域はAwash市の高圧変電所から約40km離れた地点に位置しており、国内送電網への連結も比較的容易である。

既存調査に基づくDofan地域の地熱資源状況一覧を別冊資料-2-6に示す。

5.5.7 Fantale地熱地域

Fantale地熱地域は、カルデラ状構造の中央部に珪長質溶岩の噴出によって形成された中央火口丘の崩壊を特徴としており、広範囲にわたって噴気活動が見られることから、比較的浅部にマグマ溜りが存在していることを示唆している。アクティブな展張場にあることから、最大2メートル

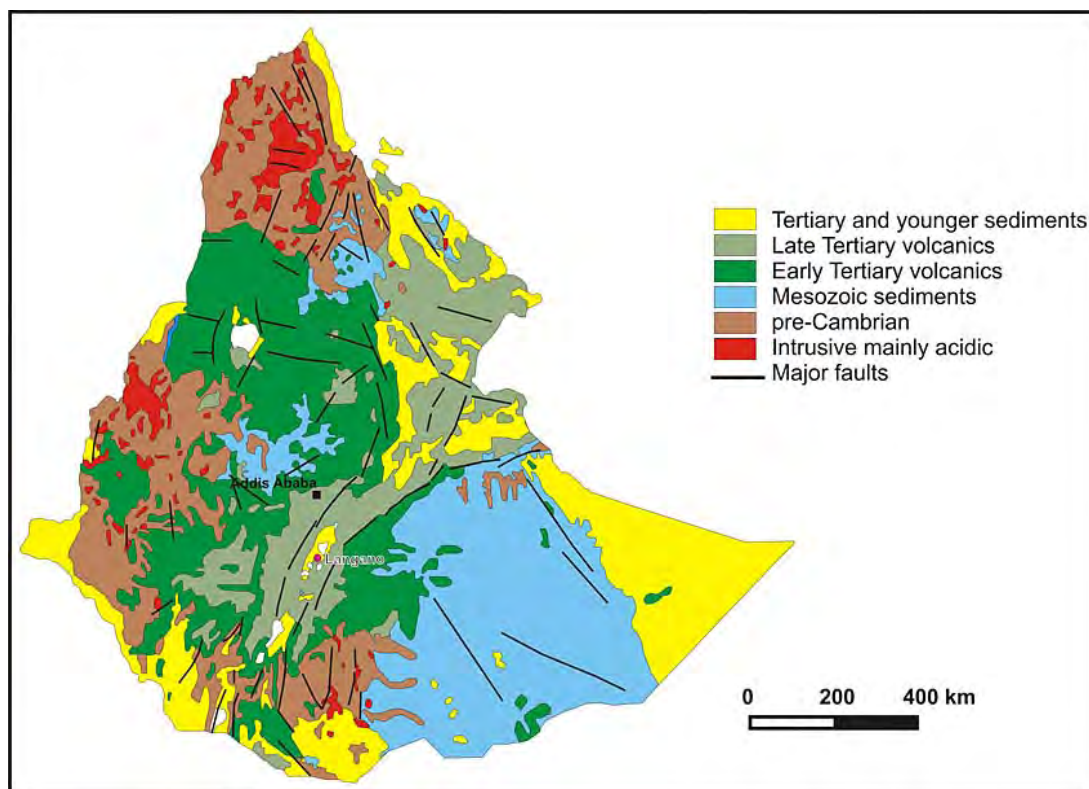
ル幅の複雑な火山の亀裂が生じている。本地域の地熱システムのディスチャージ域はリフトバレー西部の断層崖付近に見られる。既存データの総合解釈の結果、エチオピア地質調査所（GSE）は追加調査の必要性ありと判断しており、深部調査井掘削ターゲットを選定するために、詳細な地質・地化学・物理探査の実施を検討している。

既存調査に基づく Fantale 地域の地熱資源状況一覧を別冊資料-2-7 に示す。

5.5.8 詳細地球科学的調査が望まれる地域

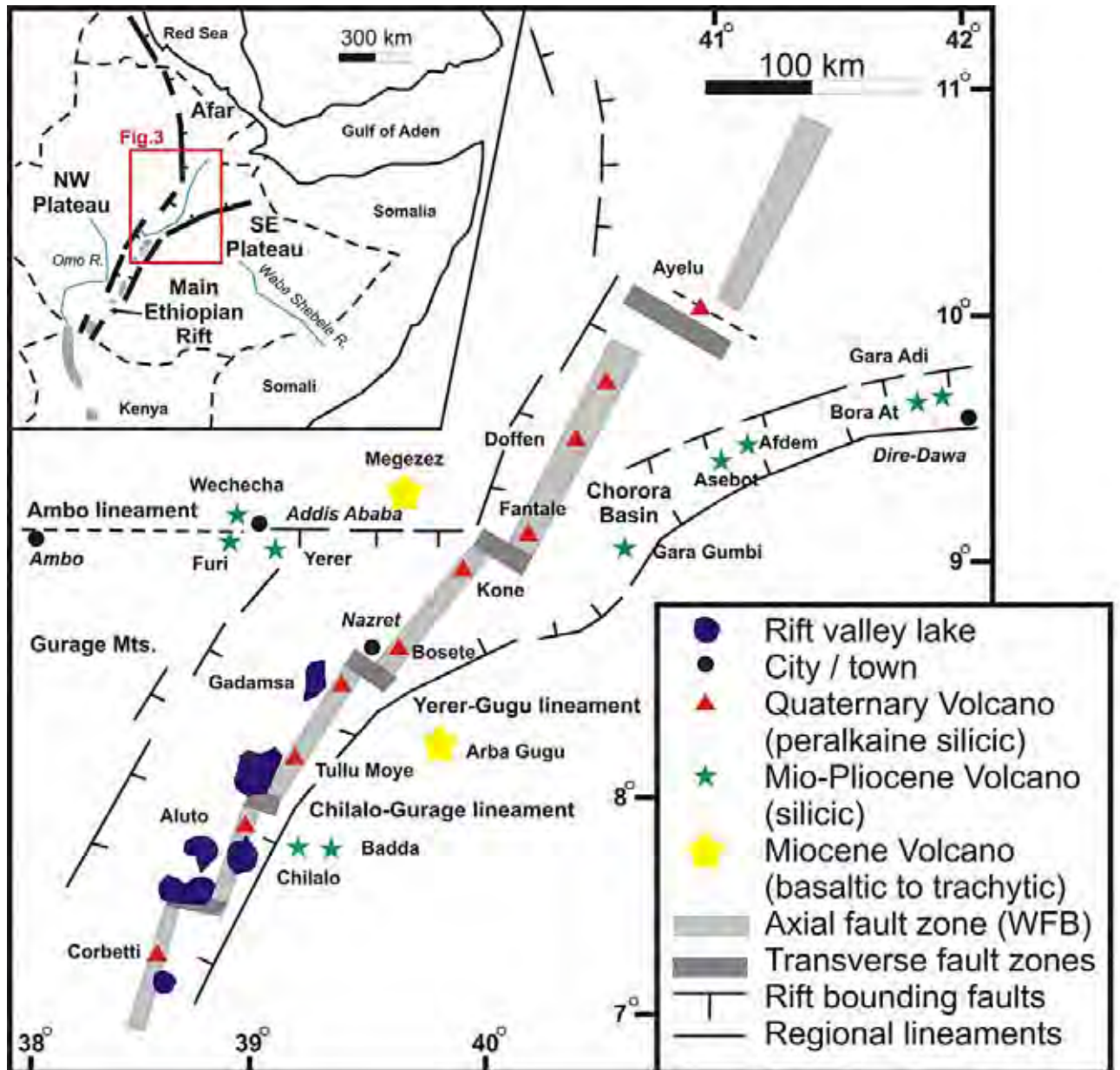
(Wendogenet、Nazreth、Meteka、Teo、Danab、Damali、Boina および Dallol 地熱地域)

上記8地点に関しては、1980年代、概査レベルの地質・地化学・物理探査が実施されており、新期火山活動の存在や地表地熱徴候の分布が報告されている。Meteka 地域および Teo 地域では、経済的に開発可能な高温の地熱資源の存在可能性は高く、詳細調査および探査井掘削が望まれる。近い将来開発可能な地熱資源の存在を確認するためには、まだ、調査が不十分な地域に対しても詳細な地表調査が必要である。



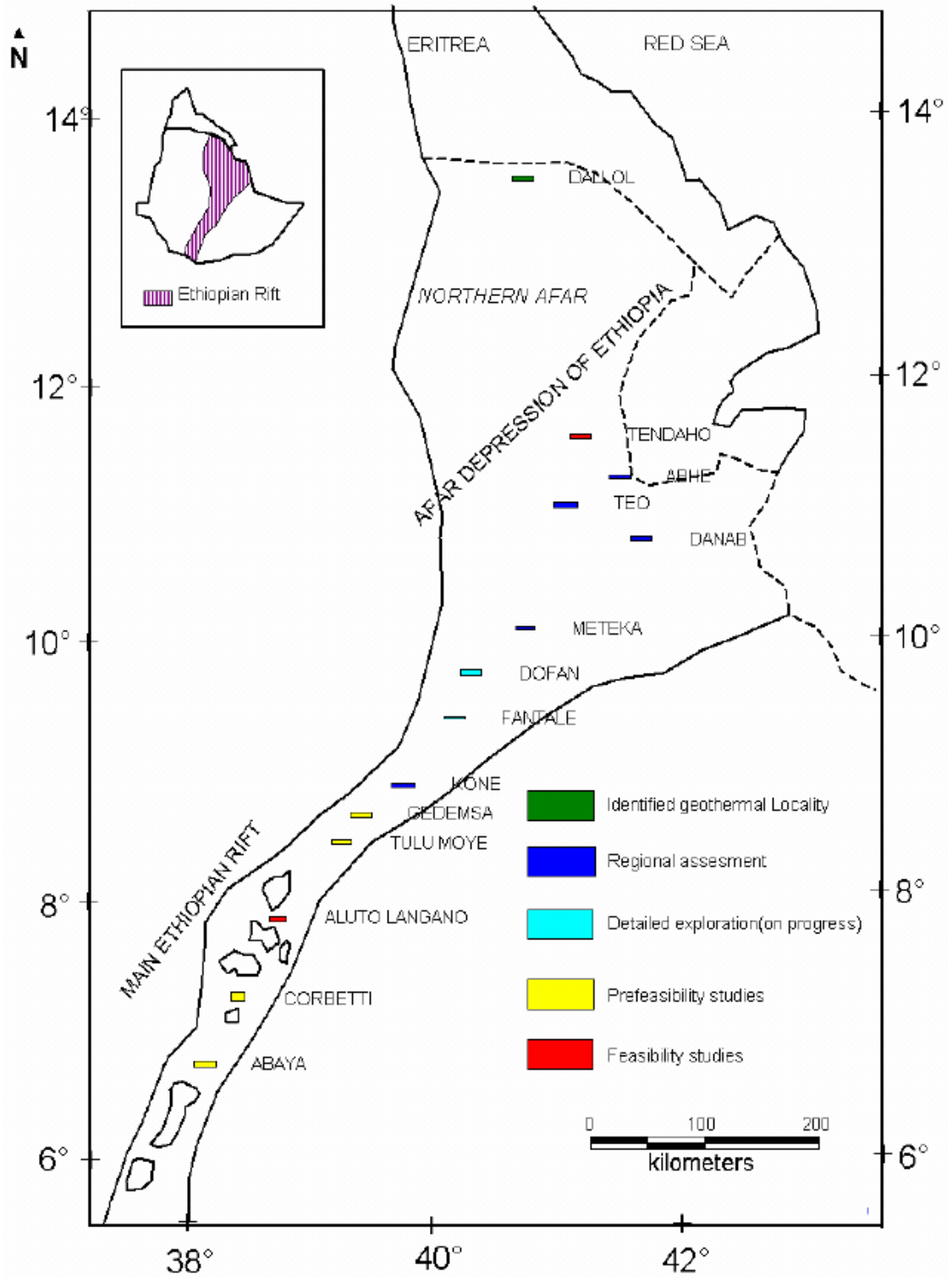
(資料) Geological Survey of Ethiopia

図-5.4-1 エチオピアの地質分布図



(資料) Geological Survey of Ethiopia

図-5.4-2 エチオピア地溝帯の広域地質構造



(資料) (Teklemariam, 2007)

図-5.4-3 エチオピア国内の地熱地域位置図

第 5.5 節 地熱開発技術力

エチオピアにおける地熱開発関連機関の概要及び技術力は次のようである。

5.5.1 鉱物エネルギー省 (MME)

鉱物エネルギー省は、事務局長を最高責任者とするエチオピア地質調査所 (GSE) を通して、エチオピアにおける地熱開発に責任を負っている。鉱物エネルギー省において、地熱開発に特化した担当者はいない。

5.5.2 エチオピア地質調査所 (GSE)

GSE は、国連開発計画 (UNDP) の資金による 1969 年から 1973 年にかけて実施されたエチオピア地溝帯における広範囲調査以来、地熱探査に携わってきた。現在、掘削や坑井試験を含む全ての科学的探査を担っている。地熱発電所の建設と運営の段階になると EEPKO が取って代わる。この開発モデルは Aluto Langano と Tendaho における地熱開発に適用される。

表-5.5-1 に現在 GSE に勤務する地熱専門家を、また表-5.5-2 に同所の地球化学研究室と 2 基の掘削リグを含む保有機器のリストを表示している。また、地下水井戸やその他の浅井戸用の小規模掘削リグを保有している。ケニア以外では、GSE は最もよく訓練された専門家を擁している。地熱開発が盛んだったピーク時には、GSE の要員により詳細な調査や掘削、さらに坑井試験を実施することができた。残念ながらエチオピアにおける地熱開発が停滞し、これに並行して教育研修も滞っていることから、GSE は熟練した専門家の多くを失ってしまった。

表-5.5-1 エチオピアにおける各機関の地熱専門技術者

	MME	GSE	EEP KO	Total
Geologist	0	2		2
Geochemist		4		4
Geophysicist		4		4
Reservoir Engineer		3		3
Drilling Engineer		2		2
Power Engineer		0	4	4
Environmental Scientist		0	0	0
Financial Planner/Modeller		0	1	1
GIS Scientist		2	0	2
Drillers		24		24
Technicians		12	14	26
Total	0	53	19	72

(資料) 調査団作成

表-5.5-2 エチオピアにおける各機関の保有機器のリスト

Equipment Description	Available	Equipment Description	Available	Equipment Description	Available	Equipment Description	Available
Geological		Geochemical		Geophysical		Drilling	
Simple GPS	3	Simple GPS	1	Differential GPS	0	Complete Rig	2
Digital Thermometer	0	Digital Thermometer	1	Simple GPS	0	Water supply system(pumps, pipelines, tanks)	1
Fluid Inclusion Heating-freezing stage	0	pH meter	1	TEM	0	Site preparation equipment (dozer, grader, tipper trucks)	0
Binocular Microscope	2	Conductivity Meter	1	MT	2	Small water Rig	1
Petrographic Microscope	3	Water Sampling Kit	1	Gravimeter	1	General	
X-Ray Diffractometer	1	Gas Sampling Kit	70	Magnetometer	1	4x4 field vehicles	40
X-Ray Fluorescence	1	AAS	1	Portable seismometer	0	GIS System	
ICP-MS	0	Ion Chromatograph (IC)	1	Reservoir Engineering		Total station	
Thin sectioning equipment	1	Gas Chromatograph	1	Kuster gauge Tools set	0	Completer weather station	0
		Mass Spectrometer for stable Isotope	0	Kuster TPS with SRO	0		
		Tritium Scintillation counter & C14 analyser	0	Logging Winch	0		
		UV-SP	0	Logging Truck (K10)	0		
				Discharge Silencer	0		

(資料) 調査団作成

5.5.3 エチオピア電力会社 (EEPCO)

EEPCO はエチオピア政府が 100%所有している国有電力会社であり、発電、送電、配電業務に対して責任を有する。しかし、発電事業に関する電力セクターは自由化されており、IPP は電力セクターに参入することができる。EEPCO は、現在アルトランガーノにおいてバイナリー地熱発電所を所有し運用しているが、これは当初 7.3MW で設計されていたが、現在は発電設備及び蒸気生産井の問題から約 4MW の出力しかでていない。18 名の要員により発電所の運転及び保守が賄われている。EEPCO の地熱発電所の運用経験は、アルトランガーノに限られており、しかも当発電所は運開後 1 年後には問題を抱えるなど非常に運用に課題を有するものである。しかし、地熱発電容量が増加するに従い、エンジニアや熟練工を育成する必要性も増してくる。

5.5.4 独立系発電事業者 (IPP)

エチオピアにおける電力セクターは自由化されており、電力規制局は機能しているものの、現段階で発電事業の免許を受けた IPP は存在しない。

5.5.5 ローカルコンサルタント

地熱技術に関するコンサルティングサービスを提供する有力な会社は存在しないが、以下の個人コンサルタント (表-5.5-3) が、存在する。

表-5.5-3 エチオピアにおける個人の地熱コンサルタント

Name	Profession	Areas of Expertise
Getahun Demissie	Geologist	Exploration management and policy, legislation and negotiations
Molla Belaineh	Geologist	Exploration management
Teshome Abera	Drilling Engineer	Drilling management

Negussie Mekuria	Geochemist	Exploration Geochemistry
Abebe Ayele	Geophysicist	Exploration Geophysicist
Meseret Teklamariam	Geochemist	Exploration management

(資料) 調査団作成

5.5.6 その他の施設

アジスアベバ大学には安定同位体の測定装置を保有しているが、故障しており修理が必要である。

第 5.6 節 エネルギー政策

エチオピア政府は国家エネルギー政策を制定し、エチオピア国民の生活向上及び産業計画に則したエネルギー資源を開発し、外貨の出費を抑制するために効率に優れ、高い信頼性、かつ環境的に優れた十分な量のエネルギーを提供することを目指したエネルギーセクターの開発方針を示している。この中の開発の優先課題として、引き続き水力発電が最優先とされおり、次に伝統的なバイオマスから近代的なエネルギーへの転換、省エネルギー及び効率化の促進、さらにセクターのキャパシティビルディングやエネルギー資源開発促進のために民間事業者のエネルギー分野への参入を促進させることをねらっている。

再生可能エネルギー開発を含めた民間投資開発について、政府は投資免許制度を制定してこれを促進している。これは投資に関する布告No.280/2002、及びその改正布告375/2003の法規を根拠とするものであり、免許を得た事業者は、①関税の免除、②土地取得の許可、③対象プロジェクト立地へのアクセスの許可、及び④フィージビリティ調査の実施許可といったものを得ることができる。この投資に係る免許には投資免許と運用免許の2種類がある。投資認可事業者として個人、企業、公営企業から海外企業まで幅広い個人・団体・企業を対処としている。これまでの実績として、太陽光4件、水力28件、風力5件、地熱1件、風力・太陽光1件、メタンガス1件、内燃力2件、その他2件合わせて44件の事業が認可されており、事業者の内訳は個人が5件、海外企業1件、ジョイント企業体3件、EEPCO29件及び私企業6件となっている。その後の展開としては、運用に至ったものが35件、中断されたものが6件、破棄されたものが1件となっている。

再生可能エネルギーを含めた国産エネルギー資源開発の一環として、民間投資を促進するために、Feed in Tariff（固定価格買取制度）の検討が行われている。2009年10月に出された第3草稿案によると、国産エネルギー資源(水力、バイオマス、風力、地熱、バガス、石炭、オイルシェール及び天然ガス)の活用を促すために、これらを利用した民間の投資比率が50%以上の発電事業による電力の固定買取制度を制定するものである。制度の対象となる発電設備は当面上限300MW程度としている。買取価格はエネルギーの種別及び発電設備の規模毎に区分けされており、例えば水力発電は発電規模別に6段階に分け、それぞれ保証出力と非保証出力に対する価格を設定している。本制度において送電事業者の接続点までの設備は基本的に発電事業者の負担である。

表-5.6-1 エチオピアの水力発電による電力の固定買取価格案

発電規模	保証電力 US ¢ /kWh	非保証電力US ¢ /kWh	制度の期間	備考
100kW – 500kW	8	6	20年	接続点は5km以内に提供
100kW – 2.5MW	7.5	5.5	同上	
2.5MW – 5MW	7	5	同上	
5MW – 10MW	6.5	4.5	同上	
10MW – 25MW	6	4	同上	
25MW – 40MW	5.5	3.5	同上	

(資料) EEA, MOME(2009)

表-5.6-2 エチオピアのバイオマス発電による電力の固定買取価格案

発電規模	保証電力 US ¢ /kWh	非保証電力US ¢ /kWh	制度の期間	備考
<500kW	10	8	15年	70%以上バイオマス成分
500kW – 2.5MW	9.5	7.5	同上	同上
2.5MW – 5MW	9	7	同上	同上
5MW – 10MW	8.5	6.5	同上	同上
10MW – 25MW	8	6	同上	同上
25MW – 40MW	7.5	5.5	同上	同上

(資料) EEA, MOME(2009)

表-5.6-3 エチオピアの風力発電による電力の固定買取価格案

発電規模	風速<7.5m/s US ¢ /kWh	7.5m=<風速/s US ¢ /kWh	制度の期間	備考
200KW - 500kW	10	9	15年	70%以上バイオマス成分 接続点は5km以内に提供
500kW – 2.5MW	9	8	同上	同上

2.5MW – 5MW	8	7	同上	同上
5MW – 10MW	7	6	同上	同上
10MW – 25MW	6	5	同上	同上
25MW – 40MW	5	4	同上	同上

(資料) EEA, MOME(2009)

表-5.6-4 エチオピアの地熱発電による電力の固定買取価格案

発電規模	保証電力 US ¢ /kWh	非保証電力US ¢ /kWh	制度の期間	備考
500kW – 2.5MW	10	8	20年	
2.5MW – 5MW	9.5	7.5	同上	
5MW – 10MW	9	7	同上	
10MW – 25MW	8.5	6.5	同上	
25MW – 40MW	8	6	同上	

(資料) EEA, MOME(2009)

表-5.6-5 エチオピアのバガスによる電力の固定買取価格案

発電規模	保証電力 US ¢ /kWh	制度の期間	備考
100kW – 500kW	10	15年	
500kW – 2.5MW	9	同上	
2.5MW – 10MW	8	同上	
10MW – 15MW	7	同上	
15MW – 25MW	6	同上	
25MW – 40MW	5	同上	

40MW – 50MW	4	同上	
----------------	---	----	--

(資料) EEA, MOME(2009)

表-5.6-6 エチオピアの石炭・オイルシェール及び天然ガス発電による電力の固定買取価格案

発電規模	保証電力 US ¢ /kWh	制度の期間	備考
500kW – 5MW	6	15年	
5MW – 10MW	5	同上	
10MW – 40MW	4	同上	

(資料) EEA, MOME(2009)

なお、EEPSCO は近年、大型の水力発電所の建設を次々に実現しており電源開発プロジェクトの企画と実現に対する自信を深めている。このことは、水力発電事業に限るものではなく、地熱発電や風力発電、国際送電事業、さらに送電線網を利用した光ファイバー通信事業にも興味を有している。

第 5.7 節 環境政策

エチオピア環境保護庁(Federal Environmental Protection Authority: EPA)は開発事業に伴う環境社会配慮に関して物理的、生物学的、および社会的関連事項を扱っている。したがって、環境アセスメント(EIA)では住民移転も含む社会配慮も EPA でカバーすることとなっている。EIA の一般公開とコメント受領は行っていない。

下表のようなセクター別の EIA ガイドラインや各種基準がある。ただし、地熱開発の関連ガイドラインはない。

表-5.7-1 エチオピア国の関連環境法令・基準

No.	法規名
1	Environmental Policy of Ethiopia (発行年不明)
2	Regulation No. 159, Council of Ministers Regulation to Provide for the Prevention of Industrial Pollution
3	Proclamation No. 295-2002, Proclamation Provided for the Establishment of Environmental Protection Organs
4	Proclamation No. 299-2002, Environmental Impact Assessment Proclamation
5	Proclamation No. 300-2002, Environmental Pollution Control Proclamation
6	Proclamation No. 513-2007, Solid Waste Management Proclamation
7	Council of Ministers Regulations to Provide for Wildlife Development, Conservation and Utilization (Council of Ministers Regulations No. 163/2008), 2008

表-5.7-2 エチオピア国のセクター別 EIA ガイドライン

No.	法規名
1	Environmental And Social Impact Assessment Guidelines for Dams and Reservoirs, EPA, 2004
2	Environmental Impact Assessment Guideline on Crop production, EPA, 2004
3	Environmental Impact Assessment Guideline on Pesticides, EPA, 2004
4	Environmental Impact Assessment Guideline on Fisheries, EPA, 2004
5	Environmental Impact Assessment Guideline on Forestry, EPA, 2004
6	Integrated Environmental And Social Impact Assessment Guidelines on Hydropower Production, Transportation And Distribution, EPA, 2004
7	Environmental Impact Assessment Guideline on Fertilizer, EPA, 2004
8	Environmental Impact Assessment Guideline on Irrigation, EPA, 2004
9	Integrated Environmental And Social Impact Assessment Guidelines Livestock And Rangeland Management, EPA, 2004
10	Environmental Impact Assessment Guideline on Road and Railways, EPA, 2004
11	Integrated Environmental And Social Impact Assessment Guidelines on Water Supply, EPA, 2004

表-5.7-3 エチオピア国の環境関連ガイドライン

No.	法規名
1	Technical Guidelines on the Environmentally Sound Management of Biomedical and Healthcare Wastes, EPA, 2004
2	Guidelines on Composting, EPA, 2004
3	Guidelines to Prepare Environmental and Social Management Plan, EPA, 2004
4	Guideline Ambient Environmental Standards for Ethiopia, EPA, 2004
5	Environmental Assessment Reporting Guide, EPA, 2004
6	Check lists for major key projects, EPA, 2004
7	Environmental and Social Management Framework for Productive Safety Net Programme, EPA, 2004
8	Guidelines On Soil Conservation On Cultivated Land, EPA, 2004
9	Technical Guidelines On Households Waste Management, EPA, 2004

開発事業の環境社会配慮に際しては、社会経済的な境界と生態系上の境界が考慮される。開発事業における被影響コミュニティとのコンサルテーションを重視しており、事業の全段階にて地方自治体を中心に、コンサルテーションが行われている。

地熱開発事業について、EEPSCO が事業実施主体(proponent)になる場合は、EEPSCO が内部または外部リソースを活用して、EIA を行い、鉱物エネルギー省(Ministry of Mines and Energy)の審査を経て、鉱物エネルギー省から EPA に EIA 報告書が提出される。EPA による承認は EIA 報告書受領から 15 日以内とのことである。

これまでに EPA による EIA 審査の結果、棄却された事例が 1 件あるが、基本的には開発事業の必要性から条件付きでの EIA の承認が行われている。EPA によると棄却事例となった石炭開発事業は、生物多様性の観点から重要な地域に立地したことが棄却理由の 1 つであったとのことである。

一方で、国立公園や森林保護区などの環境保護地域については、文化観光省(Ministry of Culture and Tourism)が管轄している。エチオピアの野生生物保護地域は、4 つのカテゴリー

(National Park, Wildlife Sanctuary, Wildlife Reserve, および Controlled Game Area) に分類・規定されている。保護地域内での開発事業の実施に際しては EIA を要する。

保護地域内での開発事業について文化観光省下のエチオピア国野生生物保護庁(Ethiopian Wildlife Conservation Authority: EWCA)が EIA 手続きと並行して、事業プロポーザルの内容に対してコメントを行うが、基本的な姿勢としては公共事業については事業実施による影響が想定される場合でも適切な対策の実施が確認されれば、事業実施を否定するものではないとのことである。国内の保護地域に関する資料は、EWCA の Web サイトに掲載されている。

第 5.8 節 熱水多目的利用可能性

エチオピアにおける地熱熱水の利用事例としては、温水プール・浴場での直接利用が主体であり、主にアディス・アベバのホテル (Sheraton、Filowh、Ghion、Hilton) や National Palace、Greek Community、および St. Joseph School で利用されている(Lund et al (2010))。一方で、余剰熱水など地熱発電に伴う熱水の利用はなされていない。

第6章 ジブチ

第6.1節 国概況¹

ジブチは人口83万人(WDI, 2009)の小国であるが、紅海を通じて欧州と中東・アジア、またアラビア海を介してアフリカと中東沿岸諸国を結ぶ地政学上重要な場所に位置する。政権が比較的落ち着いており、「アフリカの角」の安定要因となっている。地域の安定やテロ対策のためフランス軍及び米軍がジブチに駐留している。これに加え、ソマリア沖海賊問題に対する国際社会の取組として、我が国の自衛隊等はジブチを拠点として海賊対処活動を行っているとともに、EU海上部隊もジブチを拠点として活動している。

1977年にフランスから独立して以来、部族間の対立を背景とする紛争と国民融和に向けた努力が繰り返された。1991年に政府軍と反政府軍(FRUD: Front for the Restoration of Unity and Democracy: 統一と民主主義回復のための戦線)の内戦が勃発したが、1994年、政府とFRUDは和平合意に署名し、3年余りの内戦は終結した。1997年には和平合意後初めての国民議会選挙が行われ、連立与党の進歩人民同盟(RPP: Rassemblement Populaire Pour le Progres)とFRUDが全議席を獲得し、新政府が発足した。1999年のグレード大統領勇退に伴って行われた大統領選挙では、後任候補に指名されたゲレ大統領府官房長官が野党候補を破って大統領当選を果たした。2000年に新政府とFRUDの間で和平枠組み合意が署名され、2001年には最終和平案が合意された。2003年1月の総選挙では与党連合が国会の全議席を獲得し、2005年4月の任期満了による大統領選挙ではゲレ大統領が再選された。また、2006年3月には初の地方選挙が行われ、与党が圧勝した。

ジブチは国土の大部分が土漠で農業は未発達であり、地下資源にも恵まれていないため、GDPの80%を占めるサービス部門が産業の中心であり、エチオピア向け輸出品の鉄道輸送、中継貿易、港湾役務提供、フランス軍及び米軍駐留関連の役務及び外国援助による収入に依存している。ジブチはアラブ諸国にとってアフリカへの入り口の一つであり、近年投資が増加しており、ドラレ・コンテナターミナル建設(2009年2月開港)などのインフラ・プロジェクトが完成あるいは実施・計画中である。

開発面では、2004年5月、経済成長(国内経済の安定、投資促進のための法整備等)、人材育成(教育、保険、社会保障)、地域開発(基礎インフラ整備、環境に配慮した資源保全)、ガバナンス強化(公共財政マネジメントの強化、地方分権化推進、キャパシティビルディング)を4つの柱とする貧困削減計画(PRSP)が策定されている。

¹ 外務省国際協力局編「政府開発援助(ODA)データブック2009」による。

第 6.2 節 エネルギー事情

ジブチでは石油・天然ガス・石炭などの化石燃料の埋蔵資源の報告はない。このため、全てのエネルギーを輸入に頼っており、その輸入額は年間 200 百万ドル以上にも上ると推定される²。ジブチ港は重要な石油受入、貯蔵施設となっている。また、ジブチの国土は大部分が不毛で農業は未発達である。このため、農業廃棄物、バイオマス資源などにも恵まれない。また、乾燥地帯に位置することから河川も少なく、水力資源もほとんどない。

他方、地熱資源は Lake Asal などを中心に 50~150MW のポテンシャルがあると期待されている。また、風力も十分な風況調査はなされていないものの、Ghoubet, Ali Sabiah, Djibouti Ville, Egralyta, Bada Wein の 5 カ所などで有望とされている (World Bank, 2009)。また、太陽エネルギーも十分な調査は行われていないものの、他のエネルギー資源に乏しい同国では、期待されるエネルギーとなっている。

第 6.3 節 電力事情

6.3.1 電力セクター概要

ジブチは、石油やガスの化石燃料や水力発電の潜在力がない。したがって、現在ジブチは、主にエネルギーの高コストにつながっている近隣諸国のサウジアラビアとドバイからの輸入および輸入石油製品に強く依存している。現在、ジブチは、ディーゼルまたはガソリンによる火力が発電容量 137 MW 設置されている。2001 年 1 月、米国の地熱開発協会 (GDA : Geothermal Development Association) は、ジブチで 30MW 地熱発電所開発に関する F/S 調査を実施したと発表した。2000 年 8 月に始めた本調査は、首都の西にある Asal 湖地域に位置し、提案された発電設備の商業の可能性を検討した。発電所は BOO (build Own Operate) で建設されると計画された。しかし、まだ実施されていない。

6.3.2 電力セクター政策

ジブチ国家電力政策は、電力マスタープランを含めて、各種の政策文書に記載されている。2010 年 4 月、本調査団が訪問した時、大臣は、政府は教育、健康、安全な水、その他社会的経済的活動と同様に、インフラ、採鉱、鉱物加工のような投資を通して経済成長を促進するために、エネルギーサービスを拡大する必要性を強調した。

6.3.3 規制上の枠組み

ジブチは、米国国務省の 2010 年投資事情調査によれば、外国投資の参入を妨げる法律はない。原則的には、投資の資格審査、あるいは他の差別的なメカニズムはない。ただし、多くの公共事業のセクターは国有であり、その分野は民間投資家には公開されていない。ジブチの法律は、外国と国内の民間組織が事業会社を所有して、報酬を伴う活動を行う権利を保障している。法的に確立された民間会社は、公的企業が行うように、市場、土地所有、融資、その他の事業設備に同

² 2007 年の石油輸入量 8,470 バレル/日 (APPENDIX-1 参照)、2007 年の平均原油価格 72.3 ドル/バレルから推計。

様の機会を持っている。しかし、民間企業に関する制限は限られているものの、公的分野、とりわけ公益事業分野への参入に関しては、制約が残されている。

電力法は、発電、送電、配電に責任を持つ垂直統合された公社であるジブチ電力公社(EdD)に運用を任せている。電力セクターにおいては、現在 IPP はないが、法律は発電において IPP の参加を妨げていない。エネルギー・天然資源省が電力セクターを監督する。

6.3.4 民間投資促進策

最近の米国防務省 2010 年投資事情調査年報によると、ジブチ政府は国の経済発展のために外国投資の必要性を十分認識している。ジブチの国の価値は、戦略的な地政上の位置、自由貿易体制の維持、安定した為替、かなりの減税、その他投資促進策がある点にある。ジブチは、個人や企業投資家に重要な投資促進策を提供しているが、外国投資の障害は、小さな国内市場と高価な労働力および高価なエネルギーコストとなっている。

2001 年に作られたジブチの国家投資促進庁 (NIPA : National Investment Promotion Agency) は、民間セクターからの投資を奨励し、投資運用を促進して、国の規制上の枠組みを近代化させようとしている。国家投資促進庁は、すべての管理の手続を支援することにより、外国投資を奨励し、促進するようにしてきた。その最終目的は、投資家にとって 1 カ所ですべてのサービスを済ませることである。国家投資促進庁は、投資への優先セクターとして漁業、銀行業、保険業、観光業、健康産業、製造業であるとしている。ジブチ政府は、2008 年 7 月新内閣に投資促進大臣を指名した。投資促進大臣は、ジブチの国家投資促進庁を監督する。

ジブチは、外国為替の規制がない。資金の交換あるいは転送、または現金の流入・流出に関する制限もない。ジブチフランは、1949 年以来、US ドルに対して固定され、安定している。固定為替レートは、ドルに対し、177.71 ジブチフランである。

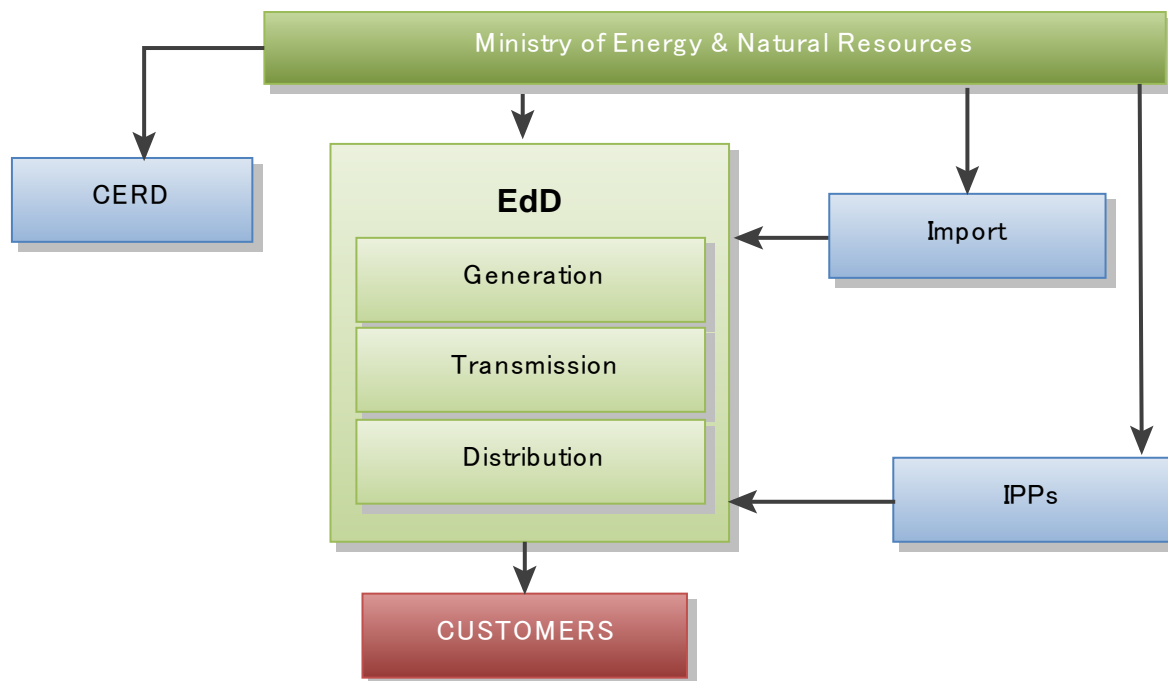
ジブチの投資コードは、一部または全体の一時的あるいは永久の財産没収は、その損害賠償なくしては行われず、と規定している。政府の民間投資促進策を考慮するとその様な財産没収は起こりえないと考えられる。ジブチとフランスは、2007 年 12 月、投資促進と投資保護の 2 国間協定に署名した。

外国投資に当たり、その業務活動成果に関する要求はないが、投資促進策の適用を受けるに当たっては、一定以上の投資規模や創出効果が期待されるものが対象になる。税制上の優遇策を受けるには、投資コードに示される 2 つの詳細な基準に適合する必要がある。投資額が 28 万ドル以上で恒久的雇用を生み出す投資は免許、登録税、事業税などが免除される。製造業で使われた輸入原材料は、国内消費税が免除される。このような税免除は、生産開始後、最大 10 年間まで適用される。投資の案件は、すべての投資を承認する国家投資協議会の監督下で行われる。

このように、ジブチは個人投資家と企業投資家に大きな促進策を提供している。最近、フリーゾーン（保税地区）に支店を設立したある米国企業は、その事務処理のスピードと効率性を高く評価した。報告によれば、フリーゾーン外の地方に地元の会社を設立することは、かなりの時間を要している。ジブチの投資コードは、投資に必要な装置、製品、あるいは原材料のすべての物資を自由に輸入し、製品とサービスを展示して、市場創出や生産、また、価格を設定するという権利を投資家に保証している。また、投資家は、労働コードの範囲内にある限りは、雇用と解雇を決めることが自由である。

6.3.5 制度上の枠組み

国有のジブチ電力公社は、国の電力会社であり、電力の発電、送電、配電に責任を負っていて、エネルギー・天然資源大臣に報告をしている。電力セクターの他の株主には、CERD (Centre de Recherche Scientifique de Djibouti) や電力輸出のエチオピア電力会社 (EEPCO) も含まれている。



(資料) 調査団作成

図-6.3-1 ジブチの電力セクター

前記のように、ジブチにはまだ発電のための地熱資源促進と開発に貢献する機関がない。

6.3.6 規制上の枠組み

ジブチの電力セクターには独立した規制委員会のような組織はない。ジブチ電力公社が主要な電力会社であり、エネルギー・天然資源大臣に報告をする。大臣は電力セクターを監督する。

6.3.7 電気料金規制

消費者レベルの電気料金政策は、電気サービスのために必要十分なコスト回収ができるようにすることであり、大量に売る電力供給者のためには電力売買契約 (PPA : Power Purchase Agreement) において、コストと投資リターンを回収できるレベルに設定するようにしている。

6.3.8 財政上の枠組み

ジブチ電力公社により実施された電力開発は、政府資金と援助機関の公的資金を通して、大量に資金調達が行われた。地熱開発のような新しい電力プロジェクトは、民間からの投資を含む資金枠組みによる。

6.3.9 発電設備容量

電力系統は、Boulaos と Maraboutの2発電所から、ディーゼル発電合計設備容量122.6MWにより供給されている。その他小さな独立系統には、4つの小さなディーゼル発電所があり、南部地区と北部地区に7.3MWの容量で供給している。南部地区には3.3 MWで4つの小さなディーゼル発電所が供給しており、一方、北部地区は、Tadjoura 2.2 MW、Obock 1.8 MWである。次の表-6.3-1は、2つの主要発電所の概要を示している。

表-6.3-1 BoulaosおよびMaraboutディーゼル発電所の詳細（2009年）

発電所	方式	設置容量 (MW)	有効容量 (MW)	燃料
Boulaos				
G11	Medium Speed Diesel	6.5	4	HFO
G12	Medium Speed Diesel	6.5	6.5	HFO
G13	Medium Speed Diesel	4.5	4.5	HFO
G14	Medium Speed Diesel	4.5	4.5	HFO
G15	Medium Speed Diesel	4.5	4.5	HFO
G16	Medium Speed Diesel	4.5	4.5	HFO
G17	Medium Speed Diesel	6.5	6.5	HFO
G18	Medium Speed Diesel	6.5	6.5	HFO
G21	Medium Speed Diesel	13.4	10	HFO
G22	Medium Speed Diesel	15	15	HFO
G23	Medium Speed Diesel	6.5	6.5	HFO
G24	Medium Speed Diesel	6.5	4.5	HFO
G25	Medium Speed Diesel	13.4	13.4	HFO
G31	Medium Speed Diesel	4.7	4.7	HFO
G32	Medium Speed Diesel	4.7	4.7	
Total		108.2	100.3	
Marabout				
M1	Medium Speed Diesel	2.4	2.4	Gas oil
M2	Medium Speed Diesel	2.4	2.4	Gas oil
M3	Medium Speed Diesel	2.4	2.4	Gas oil
M4	Medium Speed Diesel	2.4	2.4	Gas oil
M5	Medium Speed Diesel	2.4	2.4	Gas oil
M6	Medium Speed Diesel	2.4	2.4	Gas oil
Total		14.4	14.4	
Grand Total		122.6	114.7	

(資料) EdD 資料を基に調査団作成

6.3.10 送電系統・配電系統

現在、ジブチの送電系統は、Marabout と Boulaos の主要発電所間の 63 kV 連系線と Djibouti 市と同市から 40km 離れている Arta 村との間の 20 kV 配電線 2 回線に限られている。また、国の南部の Dikhil と Ali Sabieh 間に 20 kV 配電線がある。

配電系統は、主要変電所から 20 kV 放射状の線路を構成している。多くの顧客は、低圧で配電用変電所経由で電力供給されている。

ところで、技術上の系統損失は、妥当レベルである約 12% であるのに対し、技術以外の損失が約 15% あり、これは極めて大きい値である。2005 年から 2008 年までの損失は、表-6.3-2 のとおりである。

表-6.3-2 ジブチ電力系統の系統損失

年		2005	2006	2007	2008
Energy delivered	GWh	286,364	294,927	308,795	313,381
Technical Losses	GWh	32,159	34,536	37,241	37,762
Percent of Energy delivered		11.23%	11.71%	12.06%	12.05%
Non-Technical Losses	GWh	42,296	42,145	33,782	46,850
Percent of Energy delivered		14.77%	14.29%	10.94%	14.95%
Total Losses	GWh	74,455	76,681	71,023	84,612
Percent of Energy delivered		26.00%	26.00%	23.00%	27.00%

(資料) Edd 資料を基に調査団作成

6.3.11 顧客状況

販売電力量と顧客数は表-6.3-3 に示すように、過去 10 年間ゆるやかな成長を記録してきた。

表-6.3-3 販売電力量と顧客データ

用途	Social	Domestic	低圧 Djibouti	Public Lighting	Temporary supplies	中圧 Djibouti	低圧 Interior Districts	中圧 Interior Districts	合計
販売 電力量	GWh	GWh	GWh	GWh	GWh	GWh	GWh	GWh	
1996	20.1	46.3	31.5	2.6	1.1	57.4	5.3	1.3	165.6
1997	20.1	52.4	30.2	2.4	0.9	56.6	4.9	1.3	168.9
1998	12.7	32.5	24.2	1.2	1.3	45.0	5.0	1.1	123.0
1999	17.2	40.3	32.8	1.8	0.6	47.5	4.4	1.2	145.8
2000	18.6	51.6	40.9	1.8	0.9	58.8	4.8	1.1	178.5
2001	15.8	62.0	40.1	1.4	0.7	70.0	4.9	1.2	196.1
2002	18.8	62.7	43.0	2.0	0.7	66.1	4.8	1.5	199.7

2003	19.0	63.7	46.9	2.0	0.9	74.3	6.3	1.7	214.8
2004	20.2	63.9	44.4	2.4	1.1	83.0	5.8	4.5	225.1
2005	20.4	63.2	50.3	2.3	1.3	83.3	6.6	0.8	228.2
2006	21.3	64.1	50.3	2.2	1.2	92.5	6.7	0.9	239.2
2007	22.4	68.4	51.3	2.7	3.7	96.9	7.2	2.1	254.7
2008	25.0	69.1	63.0	2.7	2.3	80.5	7.3	1.8	251.8
顧客数									
1996	11,562	8,335	3,049	168	86	665	2,215	58	26,138
1997	12,580	9,875	3,113	168	87	114	2,366	10	28,313
1998	12,347	8,377	3,089	168	81	109	2,371	10	26,552
1999	12,997	9,501	3,183	169	76	107	2,362	10	28,405
2000	12,083	11,628	3,234	169	82	108	2,315	9	29,628
2001	12,462	11,933	3,247	169	71	110	2,344	9	30,345
2002	13,254	11,950	3,316	169	74	110	2,424	11	31,308
2003	13,964	12,004	3,413	173	63	109	2,542	11	32,279
2004	14,876	11,928	3,276	174	64	123	2,507	12	32,960
2005	15,115	12,206	3,477	175	76	114	2,869	10	34,042
2006	16,034	13,049	3,668	177	94	111	3,043	10	36,186
2007	16,582	13,773	3,740	177	105	132	3,247	10	37,766
2008	17,222	14,191	3,957	187	111	136	3,430	12	39,246

(資料) Edd 資料を基に調査団作成

6.3.12 電気料金

ジブチの電気料金は、発電に使われる高い燃料コストに影響されて、非常に高価である。表-6.3-4 は、1996年から2008年までの顧客種類別の電気料金を示している。

表-6.3-4 顧客別電気料金 (1996年-2008年)

用途		1996	2000	2004	2008
Social	USD/kWh	0.17	0.23	0.20	0.28
Domestic	USD/kWh	0.21	0.21	0.24	0.29
LV Djibouti	USD/kWh	0.84	0.97	1.35	0.39
Public Lighting	USD/kWh	0.21	0.21	0.26	0.33
Temporary supplies (construction etc)	USD/kWh	0.31	0.30	0.36	0.45
MV Djibouti	USD/kWh	0.21	0.21	0.23	0.36
LV Interior Districts	USD/kWh	0.24	0.24	0.20	0.33
MV Interior Districts	USD/kWh	0.30	0.31	0.21	0.42

Exchange rate DJF1= USD 173.64

(資料) Edd 資料を基に調査団作成

6.3.13 電力需要予測

今後の電力需要予測は、鉱山、鉱物加工産業、その他の商業および工業活動状況に大きく依存する。2009年に予想された電力需要を表-6.3-5に示す。

表-6.3-5 電力需要想定

年	ピーク需要 MW	送出電力量 GWh
2008	56.9	325.6
2009	68.0	379.4
2010	74.5	420.8
2011	83.8	475.8
2012	99.7	572.7
2013	116.3	662.6
2014	128.2	726.8
2015	137.6	775.3
2016	148.6	832.6
2017	153.3	859.2
2018	158.1	886.3
2019	161.6	907.0
2020	165.2	928.1
2021	167.9	944.2
2022	170.6	960.9
2023	173.5	978.0
2024	176.4	995.6
2025	179.9	1,016.0
2026	183.4	1,036.1
2027	187.0	1,056.7
2028	190.8	1,077.9
2029	194.6	1,099.7
2030	198.5	1,122.1
2031	202.3	1,143.8
2032	206.2	1,166.1
2033	210.2	1,188.9
2034	214.3	1,212.3
2035	218.5	1,236.3

(資料) EdD 資料を基に調査団作成

6.3.14 電源開発計画

ジブチは、水力発電の地点がない。しかし、地熱では大きな可能性がある。地熱に関し、多く

の予備調査が実施されてきたが、さらに、高価な先行投資を伴う調査井によるテストが必要とされる。現時点で、最終的な資源量がわからない地熱発電の正確な規模を知ることは不可能である。ジブチ政府とReykjavik Energy Invest 社 (RED)との地熱調査に関する覚書が署名されているが、その後の本格開発に関する合意には至っていない。

風力については、Artaの1地点の包括的な風況データと簡単なF/S調査が行われている。一方、約10カ所の他の地点の部分データおよびプレF/S調査も存在し、そのうちいくつかは非常に良い風況状態を示している。

エチオピアからの国際連系線建設計画(AfDB プロジェクト)は、2010年代中期にジブチのエネルギー供給面で重要な役割を果たすと期待されている。同様に、ARGeo、IGA、IFCなどの支援で行われる地熱発電の開発は、ジブチの電力供給において将来の電源として期待できる。しかし、短期的にすぐ期待できる段階には至っていない。それゆえに、至近の電源開発計画は重油に頼るディーゼル発電が中心となる。ジブチの電源開発計画は表-6.3-6に概要が述べられている。

表-6.3-6 最小費用電力開発計画 (2009年)

年	発電機	実質追加容量 MW	実質追加累積容量 MW
2013	2xDiesel HFO 12MW	24	24
2014	1xDiesel HFO 7MW	7	31
2015	2xDiesel HFO 12MW	24	55
2019	1xDiesel HFO 7MW	7	62
2020	1xDiesel HFO 12MW	12	74
2022	1xDiesel HFO 12MW	12	86
2024	1xGT 7MW	7	93
2026	1xDiesel HFO 12MW	12	105
2029	1xDiesel HFO 7MW	7	112
2030	2xDiesel HFO 12MW	24	136
2031	1xDiesel HFO 12MW	12	148
2032	1xDiesel HFO 7MW	7	155
2033	1xDiesel HFO 7MW	7	162
2034	1xDiesel HFO 7MW	7	169
2034	1xGT 15MW	15	184

(資料) EdD 資料を基に調査団作成

6.3.15 電源開発計画における IPP の役割

前述の通り、地熱発電はジブチにとって期待される国産エネルギー源である。電力マスタープランには、高価な石油を使用するディーゼル発電がオプションの一つとして提示されているが、これは高コストの選択肢である。地熱がディーゼル発電所にとって代われば経済的に魅力がある。このため、マスタープランでは 60MW の地熱発電が開発されるオプションも示されている。

地熱発電がベース供給力として機能し、ピーク供給力として機能しているディーゼル発電を輸

入電力が代替すれば、2つはうまく補完しあう。このため、マスタープランでは、3つの20MW規模の地熱発電と、エチオピア・ジブチ間の国際連系線からの700GWhまでの電力輸入とを合わせるシナリオが提示されている。このため、最初の地熱発電所は2016年までに開発され、最低25MWのディーゼル発電を代替するシナリオになっている。その後、表-6.3-7に示すようにいくつかの地熱発電の開発と15MWのディーゼル発電の開発が計画されている。

表-6.3-7 地熱発電を考慮した場合の電源開発計画

		実質追加容量 MW	実質追加累積容量 MW
2013	2xDiesel HFO 12MW	25	25
2016	1xGeothermal 20 MW	20	45
2019	1xGeothermal 20 MW	20	65
2022	1xGeothermal 20 MW	20	85
2030	1xDiesel HFO 15MW	15	100

(資料) EdD資料を基に調査団作成

このようにジブチの電力開発計画には、地熱資源が十分あることを前提として、地熱発電所の開発が推奨されている。エチオピアから電力輸入を最大に活用し、また、地熱を最大に活用する計画は、高価なディーゼル発電を大きく代替するものと期待される。しかし、ジブチの地熱開発は、次の段階、すなわち、さらなる調査、掘削、評価、テスト等が必要である。資源の開発は、多くの問題や多大な努力を必要とする。地熱発電所を実現するためには、ジブチ政府、ジブチ電力公社 (EdD)、資金提供者、発電所建設者、コンサルタント等の間の大きな協力が必要とされる。

6.3.16 送電容量拡充計画

2009年のジブチ最小費用電力開発計画によると、エチオピアとジブチ間の国際連系線は2011年に完成されることになっている。現在、エチオピア電力会社とジブチ電力公社の間で、国際連系線による電力売買契約 (PPA) の交渉が行われている。この電力売買契約 (PPA) の基本は、電力供給は基本的にエチオピア側からジブチ側に対して行われ、また、電力量の要素だけであり、容量は決めていない点にある。この目的を達成するために、供給は基本的に4つの期間に区分している (表-6.3-8)。

表-6.3-8 PPAによる国際連系供給力

季節/時間帯	日間ピーク時 (18:30 to 21:30)	日間オフピーク時 (21:30 to 18:30)
Wet (July 1 to Nov 7)	Supply available	Supply available
Dry (Nov 8 to June 30)	No contractual Supply	Supply available

(資料) EdD資料を基に調査団作成

電力売買契約 (PPA) は、国際連系線によって供給される年間の送電電力量には制限があると

している。これによると、送電電力量は年間 180GWh から最大約 300GWh の間になるとされている。しかし、ジブチ電力公社とエチオピア電力会社の最近の協議では、国際連系線を通して輸入できる電力量は年間 300GWh 超とすることができることになった模様である。多数の電力売買契約の条項の中で、特に重要なものは、ジブチ電力公社による既存発電設備の良好な維持管理義務であり、予期しない停電などが起こらないよう勤める義務がある。また、新しい発電設備への投資を推し進めることもジブチ電力公社に求められている。

表-6.3-9 送電系統改良工事

2015	2nd Marabout-Boulaos 63 kV Cable Circuit
	2nd PK-12 63/20 kV 40 MVA Transformer
	2nd and 3rd Marabout 63/20 kV 36 MVA transformers
	3rd PK-12 230/63 KV 63 MVA Transformer
	3rd Boulaos 63/20 kV 36 MVA Transformer
	2nd PK-12 - Palmeraie OHL Double Circuit (AAAC Aster Conductor)
	2nd Palmeraie-Boulaos Cable Circuit (2 X 400 mm ²)
	2nd Palmeraie-Marabout Cable Circuit (2 X 400 mm ²)
	Boulaos Reactive Compensation - 40 MVAR Capacitor Bank (4 x 10 MVAR)
2020	Palmeraie 63/20 kV Substation
	3rd PK-12 63/20 kV 40 MVA Transformer
	PK-12 Reactive Compensation - 30 MVAR Capacitor Bank
	Marabout Reactive Compensation - 10 MVAR Capacitor Bank
2035	4th PK-12 63/20 kV 40 MVA Transformer
	PK-12 20 kV Reactive Compensation - Additional 20 MVAR Capacitor Bank/SVC
	PK-12 63 kV Reactive Compensation - 90 MVAR Capacitor Bank/SVC

(資料) EdD 資料を基に調査団作成

6.3.17 まとめ

現在、ジブチの発電設備量は、2010年夏の需要、あるいは発電所が点検または故障で供給不能になった場合に対処するには不十分である。ディーゼル発電所から供給されるジブチの電気料金は、水力発電がないこともあり、東アフリカ 5カ国の中でも最も高いものとなっている。ジブチは自国にとって国内で唯一の有効で安価なエネルギー資源である地熱資源を開発する必要に迫られている。これには、この地熱資源開発のための資金調達が必要である。

第 6.4 節 地熱資源状況

ジブチ共和国は、東アフリカリフトバレー地域に位置し、構造テクトニクスの観点から、東アフリカ地溝帯、紅海およびアデン湾のそれぞれ断裂システムの交差部に相当する。そのような特殊な地質構造の環境にあることから、地熱資源が形成される過程も特殊なものとなっていることが考えられる。事実、ジブチの場合には、地下からの膨大な熱が国内の西半部および Tadjourah

湾に沿って分布する多数の温泉や噴気地を通じて地表に放出されている。幾つかの地熱地帯で1970年以降、様々な地熱調査や深部探査井掘削が行われてきている。しかし、未だ地熱エネルギーの開発には至っていない。

ジブチ国内では、ジュラ紀の石灰岩および白亜紀の堆積岩からなる基盤岩の上に、一連の火山列が配列している。その結果として、紅海、アデン湾と東アフリカ地溝帯の3重合点が形成されているが、これは2,500万年前から3,000万年前のプレートテクトニクスに起因する。Adolei玄武岩は後期中新世の時代に生じたArabo-Nubian地塊中の最初に生じた地溝（割れ目）から噴出した(図-6.4-1)。この最初の地質変動の期間、ジブチは南北方向に伸長しているエチオピア地溝帯の構造の影響を受けた(Gaulier・Huchon,1991)。その後、Mabla流紋岩が古期断層に沿って噴出(1,500万年前)した。最古のエチオピアの地質構造はN-SからN20°E方向の断層である。このMabla流紋岩が浸食されたのちに、Dalha玄武岩が不整合としてその上位を覆っている(340万年前から900万年前)。Somali玄武岩もほぼ同時代に本地域東部に噴出した。340万年前から150万年前にかけて、成層玄武岩およびGulf玄武岩が噴出し、Tadjourah湾が開き始めている。

ジブチにおける地熱調査は、BRGMによって1970年頃から始まり、1990年頃まで実施された。2007年から、Reykjavik Energy Investment (REI)社は、50MW地熱発電所建設に最も有望な地域としてAsal地域の鉱業権を取得した。各種調査が実施されているが、未だ発電には至っていない。

ジブチ国内の各地熱地域の探査レベルを表-6.4-1に示しているが、地域毎に様々である。また、国内地熱地域位置図を図-6.4-2に示す。

6.4.1 Asal地熱地域

Asal地熱地域は、ジブチ市から西方約120kmの地点のAsal湖とGhoubet al Kharabの間の地峡部分に位置する(図-6.4-1)。標高はAsal湖面の-151maslからリフトバレー地域最高位の+300maslにわたっている。本地域は、北部境界を標高約1,000mのDalha高原、南部境界を標高400mから700mの高地によって画されており、その南方にはGaggade地熱地域およびHanle堆積岩平原が存在する(図-6.4-2)。

本地域は、非常に乾燥しており、年間の降雨量は79mmにすぎない。広域的な水理地質調査の結果からは、本地域内において最も標高が低いAsal湖の方向へ地下水は流動している。このAsal湖は塩化ナトリウムとカルシウム硫酸塩で飽和状態にある塩湖で閉鎖された環境にある。地質構造的にも断層によって地熱系システムがコントロールされ、いまなお活発な地熱活動を示している。

これまで6本の深部調査井が掘削されている。1975年に最初の2本、1987年と1988年に残りの4本が掘削された。坑井Asal-2は失敗井、坑井Asal-4とAsal-5は高温の地下温度を示したが透水性は低かった。しかし、坑井Asal-1,Asal-3およびAsal-6は、深度1,000~1,300mの帯水層で温度260°Cを有し、極めて塩濃度の高い流体が噴出した(Daher, 2005)。坑井Asal-3、Asal-4およびAsal-5の温度プロファイルを図-6.4-3に示す。これらの井戸を用いて還元試験、圧力遷移試験、干渉試験および長期噴出試験など各種坑井試験が行われている。

2007年11月から12月にかけて、アイスランドの地熱調査団がAsal地域の詳細調査(地質・物理探査)を実施した。その結果を基に予備的な地熱系モデルを作成した。それによると、Fiale地

区、Gale le Goma 地区および Asal 湖南地区にそれぞれ独立した 3 つの地熱システムがあると報告している (図-6.4-4)。既存調査に基づく Asal 地域の地熱資源状況一覧を別冊資料-3-1 に示す。

6.4.2 Hanle-Gaggade 地熱地域

本地域は、ジブチ国の南西部に位置し、Abhe 湖と Asal 湖に挟まれた高原地帯において、成層した玄武岩溶岩や堆積岩から構成されている (図-6.4-2)。広大な高原地帯の中にいくつもの温泉・噴気が存在し、特に Abhe 湖周辺に 60°C 程度の温泉が数多く点在している。

Hanle 地域では、水理地質構造の把握と地下温度勾配の測定のために複数の坑井が掘削されている。まず、水文水理を確認するため 450m 級の井戸 3 本 (Teweo1、Garabayyis 1 および Garabayyis 2) の掘削が行われた。成層した玄武岩溶岩の上位に砂の帯水層を確認し、温度測定の結果、坑井 Garabayyis 2 において最高温度 87°C を記録した。また、温度勾配も 1.3°C/100m と 2°C/100m の間におさまった (GEOTHERMICA, 1985; GENZL, 1985)。

また、2 本の深部調査井 (Hanle-1 : 掘削深度 1,623m および Hanle-2 : 掘削深度 2,038m) が掘削された (AQUATER, 1989)。坑井 Hanle-1 は深度 1,420m で最高 72°C を記録した。浅部から深部に向かって、湖成堆積物、流紋岩質溶岩、そして玄武岩質溶岩と分布し、透水性の高いゾーンは流紋岩と玄武岩の境界部およびスコリア層の部分に限定された。深度 800m 以深では全く逸水は無かった。坑井 Hanle-2 の最高温度は深度 2,020m で 124°C であった。深度 450m 付近で唯一逸水が確認されたが、ほぼ全層にわたって玄武岩が卓越していた。以上、透水性および地下温度分布から判断すると、Hanle 地域の深部井はあまり地熱目的には適さない結果が得られている。既存調査に基づく Hanle-Gaggade 地域の地熱資源状況一覧を別冊資料-3-2 に示す。

6.4.3 Nord-Goubhet 地熱地域

Nord-Goubhet 地域は、Eastward 北部に位置し、Asal 地域ともさほど遠くない。地域北部に Goda 山および Makarassou 地区が存在し、南部は Tadjourah 湾の海岸線までである。Asal 地域と比較して、標高は 500~600 メートルとやや高地となる。深部には Dalha 玄武岩が広範囲に賦存しているがその上位に Gulf 玄武岩および更新世の堆積岩が胚胎している。本地域は異なる地質構造ブロックの上に存在することから、様々な断層構造を有している。Asal 地域と同様の NW-SE 断層群、Makarassou 地区と同様の N-S 構造、Goda 山で確認される古い構造など。

Wadis 峡谷に沿って、幾つかの噴気孔と沸騰泉が 1 か所見られる。噴気の凝縮水を用いて様々な化学区分析が行われた。その結果、220°C もしくは 170°C の貯留層温度が推定された。

物理探査として、重力探査、AMT および電気探査の 3 種類が実施されている (BRGM 1983)。必ずしもこの 3 種類の調査結果は整合した解析結果を示していないが、重力探査および電気探査から得られた結果を用いて、地表徴候との関連性を考慮した地下構造を推定し、掘削ターゲット選定に資するものと思われる。既存調査に基づく Nord-Goubhet 地域の地熱資源状況一覧を別冊資料-3-3 に示す。

6.4.4 Arta 地熱地域

本地熱地域は Tadjourah 湾南岸に位置し、ジブチ市西方 45km 地点に相当する。岩相は中新世 Dalha 玄武岩や Mabla 流紋岩、成層玄武岩および Gulf 玄武岩から構成され、地域内平野部に粗

粒な第四系堆積岩が分布する。走行移動断層や正断層によって複雑な割れ目(断層)構造を示している (Arthaud et al., 1980)。

浅部井や温泉の地化学調査から、本地域の熱水は Alkaline-Bicarbonate タイプと Alkaline-chlorine タイプの 2 種類に分けられる。前者は表層水との混合、後者は海水との関係が予想される。流体の地化学温度の分布範囲は 75~95°C となっている。

物理探査として、重力探査および電気探査が実施されている。重力探査結果から、正の異常値の検出等により流紋岩ドームで示されるような基盤の上昇域を特定している。地下地質構造として、本地域の主要な構造である NE-SW 方向の断層トレンドを重力調査からも確認出来ている。一方、電気探査結果から厚さ数百メートルの伝導層の存在が推定されている。地質解釈とも比較すると、この層順には強い変質を受けた Dalha 玄武岩が賦存している。地熱貯留層を覆う帽岩の存在と対比されるものと思われる。

本地域の地熱構造を把握するために、2,000 メートル級の深部井掘削を実施し、地熱貯留層の存在を確認する必要がある (Geothermica, 1982)。既存調査に基づく Arta 地域の地熱資源状況一覧を別冊資料-3-4 に示す。

6.4.5 Obock 地熱

Obock 地熱地域はその広がり東縁が、Tadjourah 湾北岸の Obock 市の近郊に分布する。本地域は、海岸付近に数か所の温泉、1 か所噴気地が見られるが、温泉の幾つかは干潮時のみ確認される。熱水徴候の近くの露頭では、第四紀のサンゴで構成されており、河川を通じて Obock 平野の殆どの地域に広がっている。上流部には、Mabla 流紋岩が卓越し、急峻な山稜を形成している。海上での物理探査や広域的なテクトニクスを考慮すると、地表での熱水活動は Tadjourah 湾の海膨と関連し、その海膨に繋がる断層は、本 Obock 地域を通っているように思われる (Manighetti, 1993)。地下水開発および地熱開発を目的とした別な物理探査も実施されたが、探査精度も十分ではなく、結果としてあまり有効なものではなかった。この他、電気探査や電磁探査も実施されている (Essrich and Brunel, 1990)。流体の地化学調査結果から、本地域の地熱貯留層は Alkaline-chloride 型で、温度として 210°C 程度と推定されている (Houssein, 1993)。既存調査に基づく Obock 地域の地熱資源状況一覧を別冊資料-3-5 に示す。

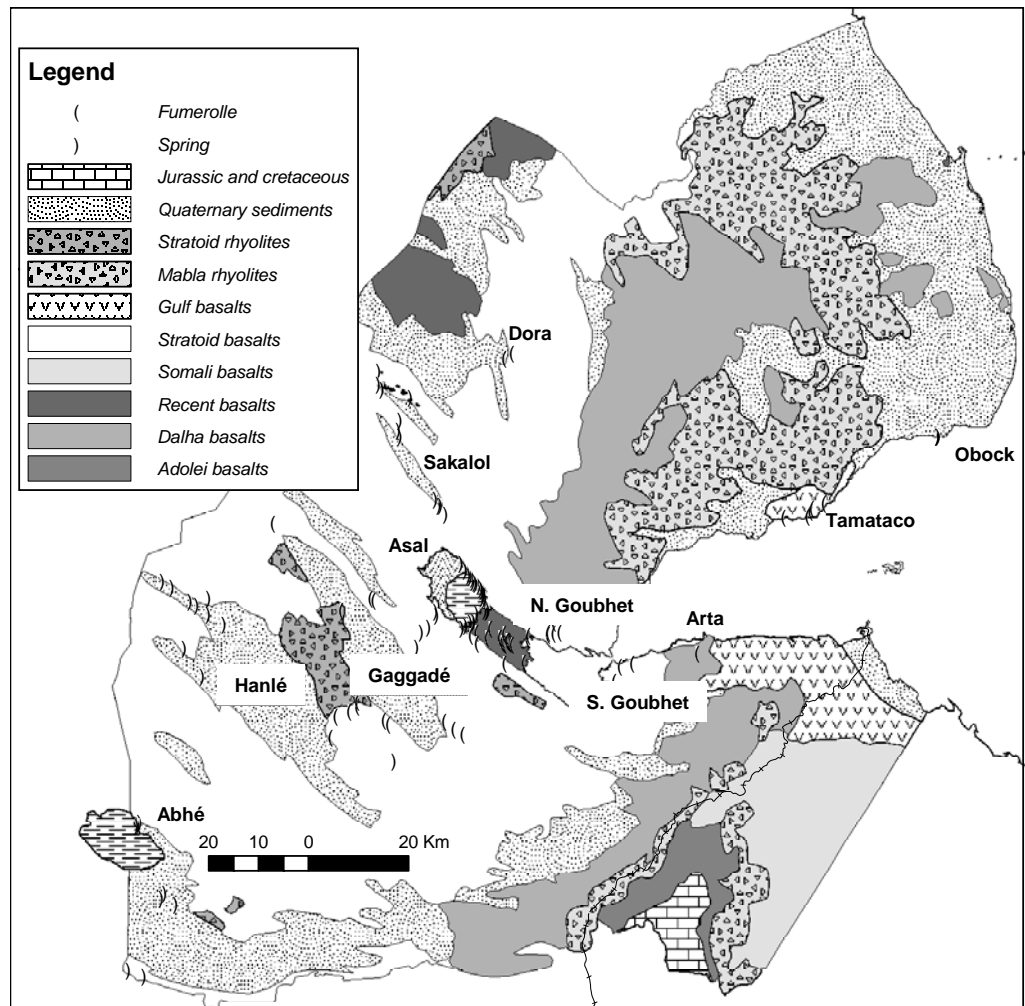
6.4.6 Lac Abhe 地熱地域

Lac Abhe 地熱地域はジブチ国南西州に位置し、エチオピアとの国境に接している。Abhe 湖は Gabaad 平原の西端に位置する過飽和塩濃度の湖であり、エチオピア高原から東流する Awash 川の最下流に相当する。地質的には成層した玄武岩台地が東西走行の断層によって終焉し、第四系および後期鮮新世の堆積岩から構成される Gobaad 平原と画している特徴である。Abhe 湖周辺は、特に地表地熱徴候が顕著で、噴気、温泉、さらにはトラバーチン (炭酸カルシウム) 堆積物が見られ、所により比高 60m の高さまで堆積している。このトラバーチン堆積物は本地域の主要な断層の方向に並んでいる。噴気は、トラバーチン堆積物に隣接してみられ、温泉もその筒状構造の底部に形成されている。温泉の流出温度は、全体的に 90°C 以上である。地化学調査から本地域の熱水は、主に Alkaline-chloride-sulfate 型と表層水と混合した Bicarbonate 型の大きく 2 種類に分けられる。地表地熱徴候は、約 100km² にわたって分布しており、本地域が地熱資源ポテンシ

ャル的に重要な地点であることを物語っている。既存調査に基づく Lac Abhe 地域の地熱資源状況一覧を別冊資料-3-6 に示す。

6.4.7 その他地熱地域

上記で述べた地熱地域は、各種調査が実施され、一部掘削作業も行われているが、この他にもジブチ国内には地熱徴候を示す地域が何箇所もある。地表熱水活動、温泉・噴気地、地下温度の異常値を示すところとして、Sakkalol 地域、Tamataco 地域、Wead 地域（ジブチ平野）、Asa 湖北部、Goubhet 南部および Dora 地域（図-6.4-2）である。



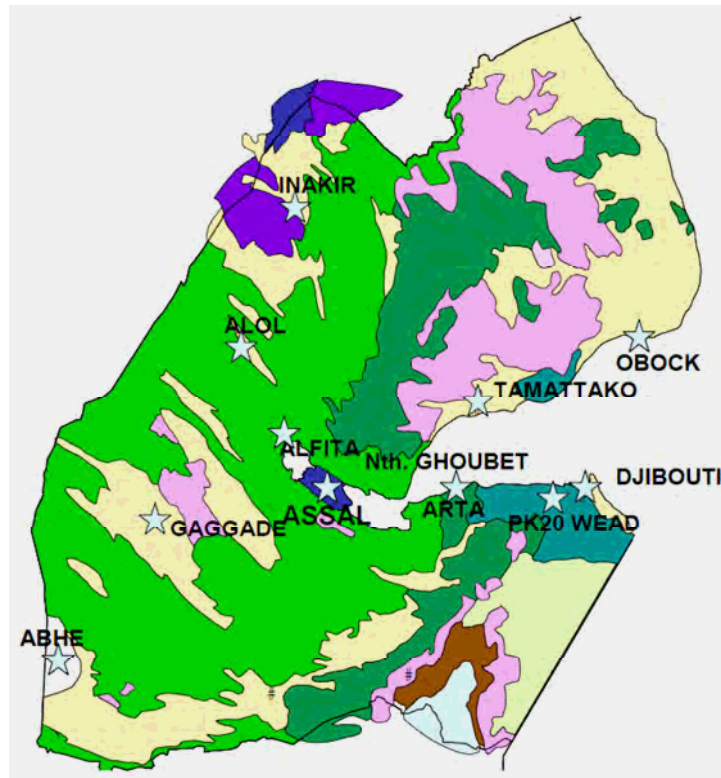
(資料) Jalludin (2006)

図-6.4-1 ジブチ国内の地質図および熱水活動

表-6.4-1 ジブチ国内の地熱地域別調査開発状況

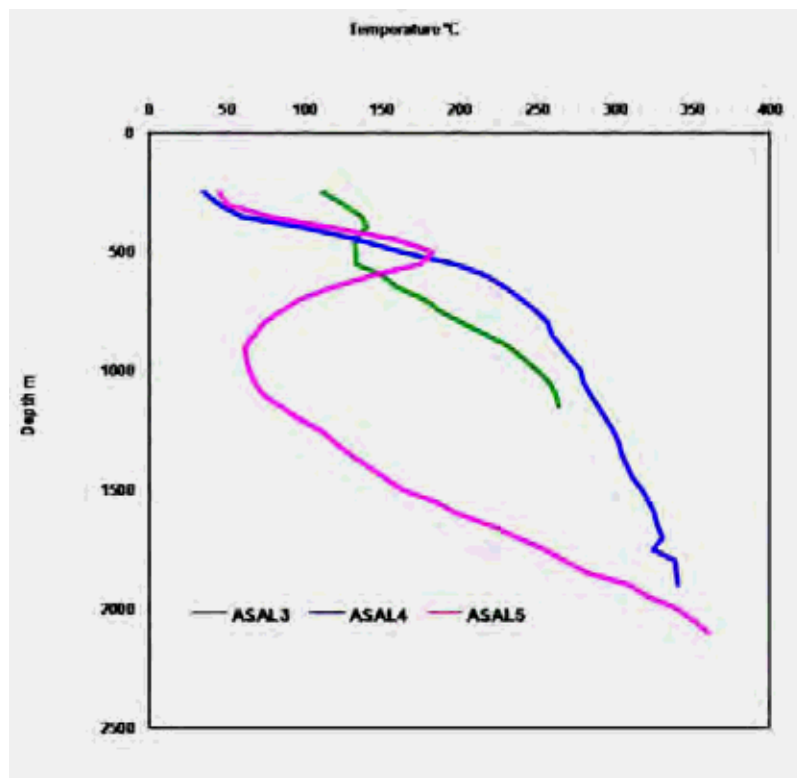
Area	Exploration stage				Surface manifestations	
	Geology	Geochemistry	Geophysics	Exploration drilling	Hot springs	Fumaroles
Lake Asal	+++	++	+++	++	++	+
North Goubbet	++	++	++		+	+
Gaggade	++	++			+	+++
Hanle	++	++	++	+		++
Lake Abbe	++	++			++	++
Arta	++	++	++			+
Obock		++			+	+
Alol	+	+			++	+

(資料) Houssein (2010a)



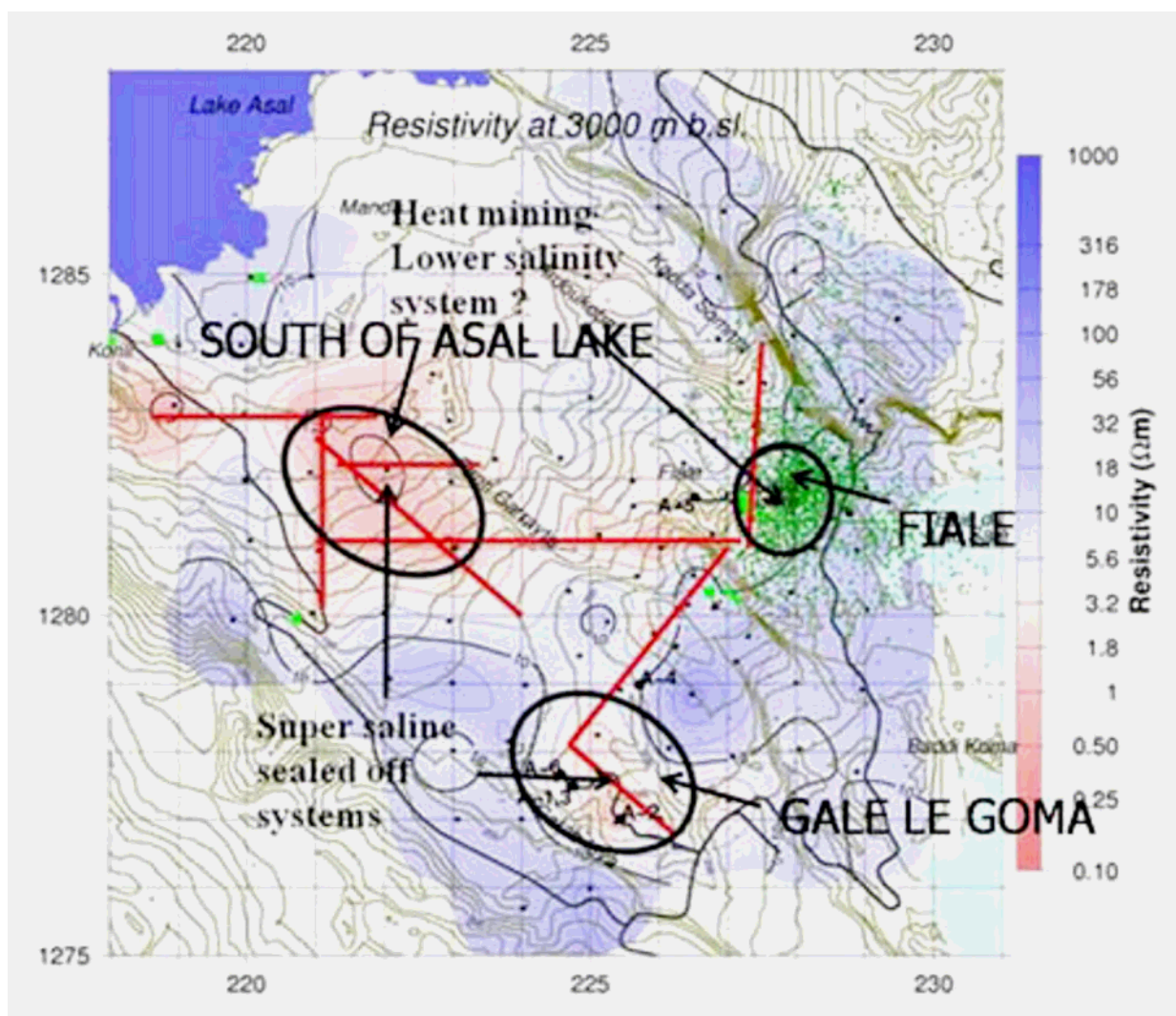
(資料) Ainan (2010)

図-6.4-2 ジブチ国内の地熱地域位置図



(資料) Houssein (2010b)

図-6.4-3 Asal地域の地熱井 (Asal-3, Asal-4およびAsal-5) の温度曲線



(資料) Houssein (2010a)

図-6.4-4 Asal地熱地域の地熱構造モデル

第 6.5 節 地熱開発技術力

ジブチにおける地熱開発関連機関の概要及び技術力は次のようである。

6.5.1 エネルギー天然資源省 (MENR)

ジブチにおける地熱開発は、エネルギー天然資源省を介して管理されている。現在、エネルギー省の地熱開発関連の責任者は Farah Ali Ainan 氏であり、技術者出身の事務次官である。同省は、Asal の地熱開発に対して Reykjavik Energy Investment 社を認可した様に、地熱コンセッション契約に関する協議や認可を裁可する権限を有している。また同省は、エネルギーに関わる政策策定に責任を有している。Farah Ali Ainan 氏は省内で唯一地熱事項を扱う担当官であり、彼を補佐する地熱専門家は皆無である。調査において、Farah Ali Ainan 氏は支援の必要な分野として、同氏を補佐する地熱技術の専門家チームを挙げ、同氏に対して地熱開発戦略の形成に關す

る助言や Asal やその他の IPP による掘削調査の際にオーナーズエンジニアとしての役割を果たしてくれる様に臨んでいる。

6.5.2 ジブチ電力公社 (EdD)

EdD は現在ジブチにおける唯一の電力会社として存在している。これは、垂直統合型の国営企業であり、発電から送電、さらに配電まで一貫した電力サービスをジブチで提供している。EdD に地熱の開発義務は無いが、政府による指示があればこれを受ける用意はある。現在 100% 輸入燃料による火力発電に依存している EdD は、ジブチにおける地熱開発の意義を理解している。化石燃料への依存は、現在ほぼ工事が完了しているエチオピアからの 2 回線の 220kV 送電線を介して電力輸入を開始するまで続く。EdD は、地熱開発を強力に支持しているが、これを担う責務は無く、また、開発調査を行う資金も無い。1997 年に、EdD の社長は米国で Asal 地熱開発を行う IPP の誘致活動を積極的に行った。この結果、米国の Geothermal Development Associates (GDA) が、Asal 開発に関する覚書(MoU)に調印している。これを受けて EdD は、以前 CERD において Asal のプロジェクトに取り組んでいた地質技術者を雇い入れて地熱部を創設し、GDA から地熱電力を購入するのに備えた。地質技師は非常に経験豊かであるが、彼一人で EdD における地熱や太陽光、風力等、他の再生可能エネルギーも含めて担当している。

6.5.3 ジブチ科学技術研究所 (CERD)

CERD は現在、ジブチにおける全ての地熱資源の科学的調査の実施に関して責任を負っており、この体制は、当初から変わっていない。CERD の前身は ISERT として知られていたが、1979 年に名前が変更された。

CERD は大統領府に属する半独立形態の科学研究機関である。事務局長の元で 7 つの専門部局から構成されている。これらは、地球科学、ライフサイエンス、社会科学、言語、新技術、戦略と政治科学及び医科学研究である。地熱関係は地球科学部内に属している。

表-6.5-1 に、約 21 名の技術者が地熱開発に従事していることが示されている。しかし、これらの専門家は、水理地質や地質マッピングなどの他領域におけるプロジェクトにも従事している。7 名の専門家が地熱技術についてケニアの Naivasha など、さまざまな場所で教育を受けている。1 名の貯留層工学の専門家は現在、アイスランド大学で修士号を取得した後にアメリカで博士課程を受けている。CERD の計画によれば、詳細地表探査や特に探査段階における掘削調査を行う為にはさらに 23 名の専門家を養成する必要があるとしている。

表-6.5-1 ジブチにおける各機関の地熱専門技術者

	MENR	CERD	E dD	Total
Geologist		2	1	3
Geochemist		2		2
Geophysicist		2		2
Reservoir Engineer		1		1
Drilling Engineer		0		0
Power Engineer				0
Environmental Scientist		10		10
Financial Planner/Modeller		0		0
GIS Scientist		3		3
Drillers		0		0
Technicians		1		1
Total	0	21	1	22

(資料) 調査団作成

表-6.5-2 に現在 CERD で保有する機器を示す。1 台の TDEM 法測定器と 1 台の MT の機器は、今年地下水調査プロジェクトを通じて国連教育科学文化機関 (UNESCO) の資金支援によって調達される予定である。安定同位体用の質量分析計や検層車のような機器は、直ぐに必要では無い。政府にしても、あるいは IPP が地熱開発を実施するにしても、ジブチにおける開発体制によっては土木関連機器や水の供給インフラは必要が無い可能性もある。

表-6.5-2 CERD の保有機器リスト

Equipment Description	Available	Equipment Description	Available	Equipment Description	Available	Equipment Description	Available
Geological		Geochemical		Geophysical		Drilling	
Simple GPS	4	Simple GPS	1	Differential GPS	0	Complete Rig	0
Digital Thermometer	1	Digital Thermometer	1	Simple GPS	1	Water supply	0
Fluid Inclusion Heating-	0	pH meter	2	TEM	1	Site preparation equipment	0
Binocular Microscope	2	Conductivity Meter	1	MT	1	Small water rig	0
Petrographic Microscope	2	Water Sampling Kit	1	Gravimeter	1	General	
X-Ray Diffractometer	0	Gas Sampling Kit	0	Magnetometer	0	4x4 field vehicles	1
X-Ray Fluorescence	0	AAS	1	Portable seismometer	0	GIS System	1
ICP-MS	0	Ion Chromatograph (IC)	1	Reservoir Engineering		Total Station for land survey	0
Thin sectioning equipment	0	Gas Chromatograph	0	Kuster gauge Tools set	0	complete weather station	0
		Mass Spectrometer for	0	Kuster TPS with SRO	0		
		Tritium Scintillation counter	0	Logging Winch	0		
				Logging Truck (K10)	0		
				Discharge Silencer	0		

(資料) 調査団作成

CERD は今後 3 年間で 2.8 百万ドルの予算を予定している。このうち、20 万ドルの予算を幾つかの地熱地帯における地球物理学的調査に向ける計画である。この詳細調査の対象地域は、Obock, Gaggade, and Inakir である。Abhe 湖地域は Hydrocarbon 社という IPP が既に鉱業権を取得している。UNESCO は地下水調査の為に TDEM と MT 機器の調達に資金援助をしてくれているが、これらの機器はこのプロジェクト終了後に地熱探査にも使用される。

6.5.4 民間地熱開発事業者（IPP）

現在のところ、電力セクターには IPP は存在しない。当初は、米国の Geothermal Development Associates (GDA) が、Asal 地熱地帯の開発に興味を示して、30MW の地熱発電計画に関する覚書 (MoU) を 1998 年締結した。GDA は 2000 年に予備調査を行ったが、残念ながらプロジェクトは実現しなかった。2007 年にはアイスランドの Reykjavik Energy Investment (REI) がジブチ政府から Asal 開発に関する独占的ライセンスを取得した。2008 年 4 月には、プロジェクト契約 (PA) 及び電力購入契約 (PPA) に関する基本条項が調印された。さらに 2007 年から 2008 年にかけて 50MW の発電所開発計画に向けた F/S が実施されている。4 本の調査井を 2009 年に掘削する予定だったが、アイスランド経済を襲った金融危機が原因となり実現していない。最終的な PA と PPA の改正交渉は 2010 年 1 月が行われた合意に達していない。現時点では、従前の合意について有効期限が切れており、ジブチ政府として、本プロジェクトを進めるために他の選択肢を模索している。

Hydrocarbon Resources Development 社 (HRD) は、2008 年に Abhe 湖地帯における独占的ライセンスを付与されている。HRD 社は、Hydrocarbon 社に社名を変更し、F/S を実施する予定であったが、2009 年末の時点で未だに着手されていない。

第 6.6 節 エネルギー政策

ジブチは、国内のエネルギー資源のほとんど全て輸入石油に依存しており、その量は 12,500 バレル/日とされる (米国エネルギー情報局)。現在、エチオピアからの国際送電線が建設されているものの、同国のエネルギー政策は、高価な輸入エネルギーへの依存を少しでも減少させ、エネルギーの安定供給と外貨節約を図るため、国内エネルギー開発を促進することに重点を置いている。

電力政策に関しては、電力市場は国土も人口も小さいことから小規模であり、1960 年 1 月に設立されたジブチ電力公社 (EdD) が国内で唯一垂直統合体制で電力を供給する体制を維持している。EdD を分割民営化し市場を自由化する計画は現在の時点では存在し無い。また電力規制委員会など EdD の事業を監督する独立行政機関は無く、エネルギー天然資源省が、電力事業に関わる唯一全ての監督義務を有している。

これまでの発電は全て輸入化石燃料に頼っている。東アフリカ諸国の経済発展に伴い、今後のジブチ港の事業拡大が見込まれており電力需要も順調に伸びることが予想される。この電力需要に対応するため、引き続き輸入化石燃料への需要が増大することが予想されている。このため、ジブチ政府としては自国内に賦存する唯一のエネルギー資源である地熱、風力、太陽といった再生可能エネルギーの開発に大きな関心を示している。この中でも地熱は極めて有望な資源として期待されており、これまでジブチ政府は、国連や世界銀行、さらに米国、フランス、アイスランドなどの 2 国間ドナーの支援を受けて地熱資源の開発を行ってきた。中でも最も有望視されている Asal 地熱フィールドは、1980 年代に実施されたフランス政府や国連開発計画 (UNDP) による掘削調査以来の長年の懸案事項であり、域内地熱開発を進める ARGeo の優先課題ともなっている。

いる。しかし海水よりも数倍高い塩分濃度を有する Asal 湖の周辺にある地熱資源の特徴として、貯留層熱水の塩分濃度が非常に高く、また硫化鉄スケールなどスケール析出の問題を抱えており、開発コストは高くなることが予想されている。Asal 地熱開発に関する協定に基づいて開発事業者である REI は、F/S 及び環境評価調査を実施し、PPA 締結に向けた事業案を提出しているが、ジブチ側がこの条件に対して難色を示しているとされている。これに関して、ジブチ政府から聞き取り調査した情報と、REI や世界銀行及び国際金融公社 (IFC) から得た情報には差異が見られる。具体的には PPA 価格のレベルであり、一方は 19US¢/kWh が最終提案とされ、もう一方は 12US¢/kWh まで引き下げたとしているが、実際の経緯については部外者には不明な点が多い。

第 6.7 節 環境政策

住宅・都市化・環境・土地計画省(Ministry of Home, Urbanism, Environment and Land Planning)下の環境局(Department of Environment: DOE)によると、環境アセスメント(EIA)に関する法律は、Décret n°2001-0011/PR/MHUEAT に規定されている。一方で、その他 EIA に関連した規定やガイドラインは特に整備されておらず、Asal 地熱開発などでの EIA の実施事例はあるものの詳細な規定がない状況である。また、水質、大気、騒音・振動などの環境関連基準類は未整備である。

DOE によると EIA の承認手続きに要する期間は、EIA 報告書が DOE に提出されてから 1~2 カ月程度とのことである。EIA の承認手続きに際して DOE に対する手続き費用は規定されておらず、無料で実施されている。

DOE によると EIA に係る調査を実施する企業に対する国内登録制度はなく、また国内に EIA 調査が実施できる企業がないため、EIA に係る調査は国外企業が実施するとのことである。EIA の審査に際して大規模事業であれば、専門家委員会が設置されることがある。

保護地域についても DOE が所管する。保護地域のリストは DOE のウェブサイトに記載されているものの、保護地域の位置を示す地図が未整備であることなどから境界が確定していない。保護地域についても、基本的に他の EIA と同様の手続きを要する。

第 6.8 節 熱水多目的利用可能性

ジブチ国では、熱水の利用はこれまでに特になされていない(Lund et al (2010))。他のリフトバレー諸国とは異なり、1 年を通して気温の高いジブチ国では熱水利用としては、暖房用途での温水利用の需要は望めないが、工業利用での熱水利用の可能性についても工業分野の産業が限定されており、活用可能性は低いものと予想される。

第7章 タンザニア

第7.1節 国概況¹

政治面では、タンザニアは、東アフリカで最も安定した国の一つである。建国の父とされるニエレレ初代大統領(1962-1985年在職(以下同じ))以降、ムウィニ大統領(1985-1995年)、ムカパ大統領(1995-2005年)と10年ごとに政権交代が行われ、2005年12月の大統領選挙でキクウェテ外相(当時)が80%以上の得票率で新大統領に選出された。1992年5月に革命党(CCM: Chama Cha Mapinduzi)の一党支配から複数政党制へ移行した後も、CCMが常に与党の地位を維持している。野党勢力の基盤が強いザンジバルでは、依然として与野党間の対立が続いているが、キクウェテ政権において、関係修復の動きが見られる。

経済面では、タンザニアは、1990年代後半より堅実なマクロ経済運営を行っているが、依然として一人当たりGNIが400ドル(WDI, 2009)の最貧国であり、GDPの約4割以上、労働人口の約8割を農業部門が占めている。観光、鉱物資源(金、ダイヤモンド等)、通信産業は好調で、過去5年の経済成長率は、6%超(2006年は6.7%、2007年は7.1%、2008年度は7.8%(推定))を達成している。インフレ率は2002年から5%以下で推移してきたが、2006年に長期干ばつが食糧不足及び水力発電の電力不足をもたらし7.3%まで上昇した。2008年には原料価格の高騰等の影響を受け10.3%となった。現政権の主要課題は、高い経済成長率を如何に貧困削減につなげるかであり、貧困削減の実現に向けた各種改革や開発が進められ、開発ドナーとのパートナーシップも拡大し、対タンザニアODAも年々増加してきている。

開発面では、タンザニア政府は、国家開発戦略として、1997年に「貧困撲滅戦略(NPES: National Poverty Eradication Strategy)」を策定して貧困削減のための枠組みを提示し、1999年には「タンザニア開発ビジョン2025」を発表して同国の開発の方向性(生活の質の向上、グッド・ガバナンスと法の支配の確保、強く競争力のある経済)を提示した。これらの国家開発戦略を基礎に、2000年に貧困削減戦略(PRS: Poverty Reduction Strategy)が策定され、2005年7月には第2次PRSとして通称MKUKUTAと呼ばれている「成長と貧困削減のための国家戦略(NSGRP: National Strategy for Growth and Reduction of Poverty)」が策定された(ザンジバルの開発戦略MKUZAは2007年1月に策定)。

第二次PRSは、貧困削減と経済成長を目標に掲げた5年間の包括的な政策枠組みである。国のオーナーシップが重視され、結果志向で分野横断的なアプローチを採用し、成長と貧困削減に貢献する3つの要素として「成長と所得貧困の削減」、「生活の質の改善と社会福祉」、「ガバナンスと説明責任(アカウンタビリティ)」が挙げられている。また、成果重視の観点から、モニタリングにも力を入れており、MKUKUTA開発指標の進捗状況をまとめた貧困・人間開発報告書(PHDR: Poverty and Human Development Report)を発表している。

¹ 外務省国際協力局編「政府開発援助(ODA)データブック2009」による。

第 7.2 節 エネルギー事情²

2007 年におけるタンザニアの 1 次エネルギー供給量は、18,278 千石油換算トン(toe)で、このうち、国産エネルギーとして石炭、天然ガス、水力、薪等を産出し、その供給量は 16,902 千 toe、輸入エネルギーは(石油、石油製品)が 1,498 千 toe であり、輸出はない(IEA Energy Balance 2007)。一方、最終エネルギー消費量は 15,806 千 toe であり、その用途別内訳は、産業用が 2,013 千 toe、運輸用が 1,005 千 toe、その他(民生用、農業用等)が 12,788 千 toe となっている(同)。

タンザニアにはエネルギー資源として、水力、天然ガス、石炭、再生可能エネルギー(太陽エネルギー、風力、地熱、バイオマス)などが存在する。それぞれの資源量は、包蔵水力が 500 万 kW、天然ガスが 450 億 m³、石炭が約 3 億トン、太陽エネルギーが 187kW/m²となっている(表-7.2-1)。地熱は現在、調査中である。

表-7.2-1 タンザニアのエネルギー資源の埋蔵量

種別	資源量	備考
水力	5,010 MW	1 万 kW 以上 : 4,700MW 1 万 kW 未満 : 310MW Rufiji 川水系 : 1,200MW Ruhudji 川水系 : 358MW Rumakali 川水系 : 222MW UpperKlhanshi : 120MW
天然ガス	450 億 m ³	Songo Songo ガス田 : 800 億 m ³ Mnazi Bay ガス田 : 150 億 m ³
石炭	3 億 400 万トン (確認埋蔵量)	推定埋蔵量は 12 億トン (主な炭田は以下の通り) Muchuchuma 炭田 12.0 億トン(瀝青炭) Mhukura 炭田 1.5 億トン(亜通青炭) Kiwira 炭田 11.4 億トン(瀝青炭) Mbalawara 炭田 1.0 億トン(瀝青炭)
太陽	187kW/m ²	推定資源量 215MW
風力	—	風力発電所 4 カ所が存在
地熱	—	調査中
木質バイオマス	18 億 m ³	薪、木炭等
残渣バイオマス	—	家畜の糞、バガス、果実等

(資料) 海外電力調査会 (2010)

天然ガスに関しては、世界銀行や欧州投資銀行(EIB: Europe Investment Bank)、スウェー

² (社) 海外電力調査会「海外諸国の電気事業 (第 2 編) (2010)」による。

デン国際開発庁(SIDA)の融資により、インド洋に位置する Songo Songo 島周辺の開発が進み、2004 年から Songo Songo ガス田の生産を開始している。天然ガスの開発プロジェクトは、Songas 社(カナダ系企業やタンザニア系企業など 20 社以上が出資)が担当し、ガス田の開発以外にも発電所の改修工事やパイプラインの建設を実施している。このプロジェクトに係る発電所(18.6 万 kW) はパイプラインが敷設される前(2002 年)に完成し、当初はジェット燃料を使用していたが、2004 年にガス田から発電所までのパイプラインが完成し、現在は天然ガスを使用している。

第 7.3 節 電力事情

7.3.1 電力セクター政策

タンザニアの電力セクターは、エネルギー鉱物省(MEM : Ministry of Energy and Minerals)、タンザニア電力供給公社(TANESCO : Tanzania Electric Supply Company)、Rural Energy Board (REB)、地方エネルギー庁(REA : the Rural Energy Agency)、地方エネルギー基金(REF : Rural Energy Fund)、エネルギー・水管理規制庁(EWURA : the Energy and Water Utilities Regulatory Authority)で構成されている。タンザニア電力供給公社は、エネルギー鉱物省の下で、政府に 100%完全所有されている。タンザニア電力供給公社は、1930 年代初め、民間と政府とで設立されたが、電力布告の下、政府は 100%国有とするために、1957 年までにタンザニア電力供給公社の全株式を取得した。タンザニア電力供給公社は、タンザニア本土の発電、送電、配電、売電の垂直統合会社であり、タンザニア本土で唯一の大規模電力供給者である。タンザニア電力供給公社は、1980 年から 132kV 海底ケーブル 38 km を使って、ザンジバル島とペンバ島に配電供給の責任を持つザンジバル電力公社 (ZECO : Zanzibar Electricity Corporation)に 45MW の電力を供給している。

タンザニア電力供給公社の独占的立場は、1992 年 6 月に民間セクターを電力取引に参加させることにより終了した。多くの独立発電設備と他の電力供給促進策により、他の多くの設備が計画された。さらに、目標や協力を含めて数件の配電および電力供給の促進策が取られてきた。Artumas グループは、Mtwara と Lindi 地域で、発電、送電、配電、売電の促進策を開発した。地方産業の中には独自で発電しているところがある。この中には、バイオマスを使っている Iringa 地方の SAO Hill と TANWAT がある。また、地域密着型の発電、送電、配電もある。宗教機関や環境保護機関が地方の小水力発電事業に参入している。

7.3.2 電力セクター政策

タンザニアの最初の国家エネルギー政策は、1992 年 6 月に策定された。それ以来、全体の経済同様に、エネルギーサブセクターは、政府の役割が変化し市場が自由化されて、民間セクターが奨励される構造的な変化を経験してきた。その後、同政策は、2003 年に国と国際レベルで経済と政治的変革による構造的変化を考慮に入れて一部改訂された。国家政策の目標は、エネルギーセクター開発のために、開発過程で資金を与えることについて、環境面での健全な方法とジェンダー問題に十分注意を払って、効率的な発電、電力調達、電力輸送、配電、末端利用者系統までの確立に注意が払われることとなった。それゆえ、市場メカニズムに注目する改訂は、目標を到達するために、国と商業面の利益を均衡させ、効率的なエネルギーセクターを達成することに力点

を置いている。特に、改正されたエネルギー政策は、次の事項に重点を置いている。

- 全国で手頃な料金による信頼性のあるエネルギー供給
- エネルギー事業の市場改革と設備投資、事業拡張、効率的な価格メカニズム、その他の財政刺激策である的確な制度上枠組みの確立
- 国産で再生可能なエネルギー資源と技術の開発および利用の拡大
- すべてのエネルギー活動に対する適切な環境的配慮の考慮
- すべてのセクターにおけるエネルギー効率と管理の増加
- エネルギー計画、実施、監視において、エネルギー教育の増強と男女数が均衡した従業員定員の形成

2003年改訂のエネルギー政策によれば、政策目標は、国家開発目標を支援するために、合理的で持続可能な方法で、信頼性があり手頃な料金のエネルギー供給と使用の安定供給を保証することにある。電力政策は、セクター課題のひとつとして、電力供給と配電を増強させることにある。特に、発電部門は今後20年間(2023年まで)で、産業、農業、商業、人口増加などからの需要増加に対処するため、3倍に増強する必要性が指摘されている。発電設備には、過去数年、顕著な投資がなされてきたが、引き続き、想定される需要増加に対処するため、民間投資を促進し、強化する必要性が指摘されている。

7.3.3 規制上の枠組み

電力セクターの規制上の枠組みは、2008年の電力法、2001年のEWURA(エネルギー・水管理規制庁)法、2005年のREA(地方エネルギー庁)法、2009年のガス法案からなる。

2008年の電力法は、電力の国際取引、地方電化などを推進するために、発電、送電、変電、配電にわたり、電力エネルギーの供給と利用に関し規制している。電力法の下で、大臣は以下の事項に配慮しつつ、電気事業の監督と管理を行う。

- 電気事業における政府政策の改定と見直し
- 電力サブセクターの発展のための政策、計画、戦略の準備、発行、見直し
- 大臣が正しいと考える産業の一部、局面または時間枠において、民間セクターの参加を魅力的にし、電気事業を再編成し、再構築するのに必要なすべての方策を取ること
- 地方電化局を通して、地方電化計画と戦略の準備、発行、見直し
- 国産エネルギー資源の開発を含めた電力サブセクター発展の促進
- 地方エネルギー基金の準備を含めて、地方エネルギー法に従って、地方電化の支援と推進するための対策
- 電力輸出・輸入の政策策定
- 電気の事故や災害の問合せへの対応
- その他、大臣が必要と考える機能

7.3.4 制度上の枠組み

タンザニア電力供給公社は、垂直統合され、タンザニア電力の発電、送電、配電、売電に責任を持つ。タンザニア政府は、民営化への準備として、進行している改革の下で、最終的に発電、送電、配電の事業体に公社を分離することを検討中である。タンザニア政府は、タンザニア電力

供給公社が、発電、送電、配電事業体を長期的に民営化して、雇用の創出と確保を推奨する選択を採用することを選んでいる。民営化された事業体は、国民へ電力サービスを提供するのに、IPPや他の電力供給者と競争することになる。

7.3.5 規制上と制度上の枠組み

2008年の電力法により、電力、石油、天然ガス、水管理部門の技術と経済規制上の責任を持つ多部門の規制当局であるエネルギー・水管理規制庁が設立された。同局の権限は次のとおりである。

- 免許活動を引き受けるための保証または要求する事業体への免許供与
- 免許により課金された料金の承認と実施
- 電力供給の免許項目と条件の承認
- 新しい電力供給設備調達開始の承認

電力供給産業に関係する当局の機能は、競争の促進、特に、地方の電力サービスで手頃な料金による利用の促進、顧客の利益のための電力供給の最小コスト投資と安全性の促進、電力利用で電力供給産業の効率性と経済効率性改善の促進、電力供給品質、信頼度、手頃な料金の適切な標準の推進、環境に関する電力供給産業の活動努力の考慮、電力供給産業の活動から生じる危険からの大衆保護、電力供給産業の環境面で雇用されている従業員の健康と安全の促進を通して、顧客の利益を守ることである。

(1) 系統運用者

当局は、系統運用者と運用免許を与えるため、次のような権限を有する系統運用者（System Operator）を指名する。

- 電気の発電と消費間の均衡を同時に取るために、電力供給システムを調整する。
- 送電設備につながれたすべての発電設備から、電気を輸送する給電に責任を持つ。
- 計画された発電出力と計画された送電容量を調整する。
- 電力の隣国との取引を監視する。
- グリッドコード（系統規約）に対する修正を勧告する。
- 当局より発行された免許や規則、その他の機能を実施する。

系統運用者は、電力サブセクターに対する政策、計画、戦略を考慮して、電力系統年間基本拡充計画と発電と需要の計画された開発を更新する。系統運用者は、免許を与えられた活動の実施に関してグリッドコード（系統規約）に従う。

(2) 市場運用者

当局は、市場運用者と運用免許を与える次のような市場運用者（Market Operator）を指名する。

- 健全な電力市場の運用を管理する。
- 健全な電力市場におけるメンバーを承認し、メンバーからの安全な場所を要求する。
- 健全な電力市場で電力売買の入札や申し出を受ける。
- 健全な電力市場を一掃、調整、設置する。

- 免許によって必要とされる契約や測定のような情報を収集する。
- 市場規則に対する修正を勧告する。

市場運用者は、免許を与えられた活動の実施に際しては市場規則に従う。

(3)地方エネルギー組織

2005年地方エネルギー法は、地方エネルギー庁を設立した。地方エネルギー庁の責任は、タンザニア本土の地方電化計画と戦略およびその計画の定期的な修正と更新を行うことである。エネルギー鉱物大臣は、地方電化計画と戦略の進展と達成について、毎年、国会に報告書を提出する。地方エネルギー庁は、民間セクターに対し電力プロジェクト開発を促進するために、タンザニアで小規模発電所(SPPs : Small Power Plants)投資家に対する下記の3規定を作成した。

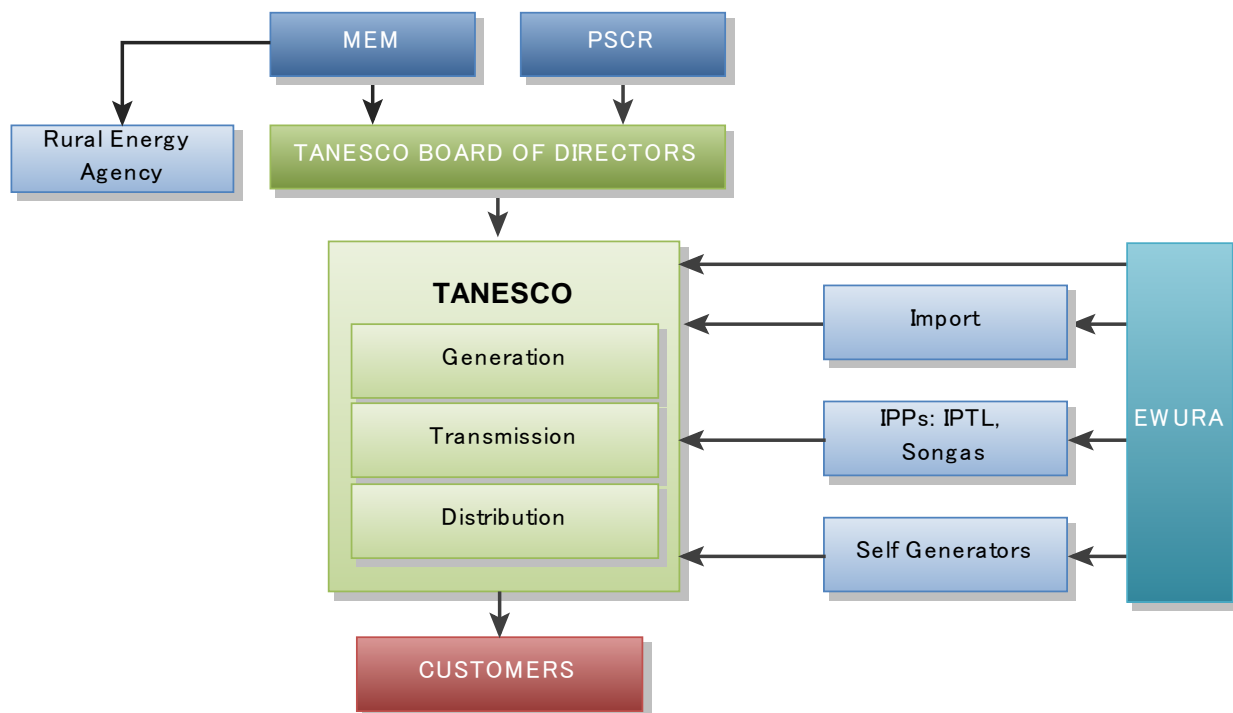
- 主要システムに対する標準化した小規模電力売買契約(SPPA : Standardized Small Power Purchase Agreement) (2008年)
- 主要システムに対する標準化した料金計算方法 (STM : Standardized Tariff Calculation Methodology) (2008年)
- 主要システムに対する小規模電力売買契約の下での詳細化した料金計算手法 (2008年)

小規模発電所は、配電システムの中にあって、各低圧、中圧電圧の既存電線網も連結する必要がある。また顧客に対するサービスの質に過度に配慮する必要は少ない。小規模発電所とは、タンザニア電力システムの構造や電圧レベルなどに基づいた発電所の規模を考慮して、10MWまでの再生可能エネルギー源利用、無駄な熱源利用、または熱と電気のコジェネ利用の発電所として定義された。これには、探査や評価計画の一環で設置されたテスト地熱発電所が含まれる。

(4)電力市場の再編成

エネルギー鉱物大臣と財政大臣は、効率性の競争を発展させるため、エネルギー・水管理規制庁と協議して、民間資本投資を強化し、地方電化を促進することができる。両大臣は、2008年の電力法が効力を生じた後の1年以内に、競争を必要とする電力市場再編成、競争導入のために政策を準備する。政策の策定において、両大臣は、電力セクターの競争政策に関して、顧客サービス、投資、民間セクターの参加、タンザニア本土の電力市場の規模と特徴、効果的な競争を与える電力供給産業を再構築する必要性、エネルギー・水管理規制庁、公正競争委員会 (Fair Competition Commission)、消費者と免許取得者に関して、国際的なベストプラクティスを考慮する。両大臣は、エネルギー・水管理規制庁、公正競争委員会、消費者、参入者と電力産業について協議し、必要に応じ政策を変更することができる。

垂直統合の会社から予想される電力市場への制度上の構造変化は、図-7.3-1 のようになる。



(資料) 調査団作成

図-7.3-1 タンザニア電力市場構造の変化

7.3.6 電気料金規制

エネルギー・水管理規制庁は、2008年の電力法の下で、次のことを規定できる。

- 免許取得者から他の免許取得者に電気を売る卸売り料金
- 免許取得者から特定の顧客に電気を売る際の料金
- 送電系統への接続と使用料金
- 配電系統への接続と使用料金
- 電力料金規定の国境越えの免許

エネルギー・水管理規制庁は、電気料金の設定に当たっては、次のような事項に配慮することになっている。(i) エネルギー・水管理規制庁により承認された投資が、効率的な事業実施の下で適正な投資回収が図られること、(ii) 政府や援助機関からの補助金や助成金が事業運営コストとは別に会計管理されること、(iii) 電気料金改定は、可能な範囲で、料金の安定性を保証すること、(iv) 送電系統または配電系統を使用する接続料金は同程度の使用による類似料金に基づくこと、(v) どの顧客層も必要コスト以上の不適な電気料金を課せられないこと、(vi) 料金水準が消費者の電力消費の効率性を強化し、需要を満足する十分な供給をもたらすことなどが原則である。

規定された料金は、燃料費の周期的変化を反映する自動料金調整、電力購入コスト、現在のインフレ、を含むことができる。しかし、エネルギー・水管理規制庁は、最大料金、または特別な免許取得者あるいは再生可能エネルギー発電事業者に適応できる単純化された料金方法も規定できる。

7.3.7 財政上の枠組み

エネルギーセクターは、国家経済を支えるインフラ事業である。それゆえ、政府は、収入確保を図りつつ、電力の利用、課税、電力生産コストに関するその他の義務を監督することによって、手頃な価格でのエネルギーの利用と電気事業の健全な発展との間の均衡を図る。この均衡には、エネルギー市場での厳しいコスト競争や促進策、あるいは国家予算などの考慮も含んでいる。エネルギーコストは、消費者である一般の会社の総コスト構造の重要な部分を占める。その結果、輸出市場や国内における製品価格の競争にも影響する。生産のコスト効果とエネルギー供給は、エネルギー市場の持続する公開と自由化を通して、更なるセクターのすべてのレベルで競争を促進する。大規模エネルギー消費者から家庭、さらにその他より小さな消費者までの補助金交付の削除は、市場において産業競争力を改善する方向になることが期待される。

7.3.8 発電設備容量

タンザニア電力供給公社は、水力発電と火力発電から構成される全国電力系統を運用している。水力発電は6つの水力発電所合計561MWで、火力発電は478MWで、合計1,039MWである。干ばつの年には水力発電容量は減少し、高価なディーゼル緊急発電所または発電供給で運用されて赤字になる。

表-7.3-1 タンザニアの水力・火力設備容量

発電所名	認可容量	設置年
水力		
Mtera	80	1988
Kidatu	204	1975
Hale	21	1967
Kihansi	180	2000
Pangani Falls	68	1995
Nyumba Ya	8	1968
小計	561	
火力		
SONGAS I (2 units)	40	2004
SONGAS II (3 units)	120	2005
SONGAS III (1 units)	40	2006
Tegeta IPTL (4)	100	2002
Ubungo Wartsila	100	2007

Ubungo Diesel	34.37	1980
Zuzu Diesel	7.44	1980
Iyunga Diesel	13.90	1980
Tabora Diesel	10.20	1980
Nyakato Diesel	12.5	1980
小計	478.41	
合計	1,039.41	

(資料) Tanzania Power System Master Plan

7.3.9 送電・配電系統

66kV までの送電線網は、2009 年 12 月まで表-7.3-2 のとおりであった。総電化率は 10%と推定されるが、都会では 14%、地方では 1%である。

表-7.3-2 電圧別送電線 (km)

年	2006	2007	2008	2009
Line 220kV	2624	2624	2624	2624
Line 132kV	1435	1435	1435	1435
Lines 66kV	546	546	546	546
Total number of customers	721,538	905,816	1,030,362	

(資料) TANESCO 資料を基に調査団作成

7.3.10 顧客状況

接続された顧客数の増加は、2004 年から 2008 年の間で、表-7.3-3 に示すように年平均 10%であった。この増加傾向は、貧困削減戦略の一部である地方電化の推進により、今後も継続されると見られている。

表-7.3-3 顧客数 (2004 年-2008 年)

年	2004	2005	2006	2007	2008
Total number of residential connections	605,796	662,140	719,505	903,862	1,028,197
Total number of commercial (or medium voltage) customers	1,455	1,478	1,519	1,613	1,849
Total number of industrial (or high voltage) customers	341	349	356	374	390
Total number of connections	607,545	663,909	721,538	905,816	1,030,362

(資料) TANESCO 資料を基に調査団作成

7.3.11 電気料金

料金構造の見直しは、過去 20 年間、供給コストの変化に伴い、何度か行われてきた。1995 年に、小規模な商業と軽工業である従来の住民からの負荷をグループとする新しい料金 T1 (一般使用)、新 T2 (低圧供給)高圧供給や新 T3 (高圧供給)が導入され、構造が大きく変えられた。2003 年には料金 T1 が D1 (家庭用低圧利用) と T1 (一般使用)に分けられ、公共の照明も加えられた。2008 年には料金のみが改訂された。また、料金レベルも供給の最低限コストに近づけるように増加が公認された。2010 年現在の料金は、TANESCO のホームページによると、表-7.3-4 に要約されているとおりでである。

表-7.3-4 タンザニア電力供給公社電気料金
(2010 年 6 月 20 日現在 : 1 US ドル=TSh1,393.14) (単位 : USD)

	Domestic Low Usage (D1)	General Usage (T1)	Low Voltage Max (T2)	High Voltage Max (T3)	Zanzibar
Low Energy (0-50kWh) - per kWh	0.04				
Low Energy (0-50kWh) - per kWh	0.11				
Service Charge per Month		1.65	6.13	6.10	6.13
Demand Charge per kVA			6.71	6.22	3.41
Energy Charge per kWh		0.09	0.06	0.06	0.05

NOTE: All the charges above exclude VAT and EWURA

(資料) http://www.tanESCO.co.tz/index.php?option=com_content&view=article&id=63&Itemid=205

7.3.12 電力需要予測

電力需要は、過去 8 年間以上、年約 6.4%の増加を続けている。干ばつ時の水力の発電能力低下により供給力は需要に見合うのに不十分であり、不足分に対処するため、高価な緊急電力で対応せざるを得ない状況であった。表-7.3-5 は、今後の電力需要の見通しを表している。

表-7.3-5 電力需要予測

年	ピーク需要 (MW)	需要電力量 (GWh)
2010	900	5,319
2015	1,471	8,570
2020	2,202	12,761
2025	3,177	18,283
2030	4,726	26,969
2033	6,047	34,511

(資料) TANESCO 資料を基に調査団作成

7.3.13 電源開発計画

2009年の電力系統マスタープラン（TANESCO, 2009）は、国産の水力、輸入電力、石炭、天然ガス発電所の開発などからなっている。同計画を表-7.3-6に示す。

表-7.3-6 電源開発計画

年	発電所	燃料	方式	拡充	
				MW	GWh
2009	Tegeta GT (October)	Gas	GT	41	70
2010	Tegeta IPTL	Gas	Diesel	100	701
	Tegeta GT	Gas	GT		212
2011	Mwanza MS diesel	Biomass,	Diesel	60	420
	Cogen Ubungo	Gas	Steam	40	280
	Ubungo EPP	Gas	GT	100	701
2012	Wind	Wind	Wind	50	217
2013	Kiwira	Coal	Steam	200	1289
	Kinyerezi Gas	Gas	GT	240	1648
2015	Rusumo Falls	Hydro	Hydro	21	129 1
	Interconnector I	Import	Import	200	374
2016	Ruhudji	Hydro	Hydro	358	1,333
	Igamba 2	Hydro	Hydro	8	260
2017	Mnazi Bay	Gas	GT	300	2,060
	Mtwara	Gas	GT	12	82
2018	Rumakali	Hydro	Hydro	222	908
2020	Stieglers Gorge I	Hydro	Hydro	300	1,908
2021	Interconnector II	Import	Import	200	1,374
2022	Retire Tegeta IPTL	Fuel	Diesel	(100)	(687)
2023	Stieglers Gorge II	Hydro	GT	600	855
	Retire Kinyerezi Gas	Gas	GT Diesel	(240)	(1,648)
	Kinyerezi HFO	Fuel		240	1,648
2024	Ngaka 1 and 2	Coal	Steam	400	2,579
	Retire Songas 1+2+3	Gas	GT	(187)	(1,284)
2025	Mchuchuma 1 and 2	Coal	Steam	400	2,579
2026	Stieglers Gorge III	Hydro	Hydro	300	646
2027	Nyasa coal	Coal		200	1,374
	Kakono	Hydro	Hydro	53	335

2028	Masigira	Hydro	Hydro	118	810
	Local gas	Gas	GT	200	1,374
	Mpanga	Hydro	Hydro	144	464
2029	Retire Ubungo GT	Gas	GT	(100)	(687)
	Local coal	Coal	Steam	300	2,060
2030	Retire Tegeta GT	Gas	GT	(41)	(282)
	Coastal Coal I	Coal	Steam	300	2,102
	Ikondo -Mnyera	Hydro	Hydro	340	1,316
2031	Coastal Coal II	Coal	Steam	300	2,102
	Retire Mwanza Ms Diese	Fuel	Diesel	(60)	(420)
	Retire Ubungo EPP	Gas	GT	(100)	(687)
	Retire Cogen	Biomass	Steam	(40)	(275)
	New Cogen	Biomass	Steam	40	275
	Taveta – Mnyera	Hydro	Hydro	145	622
2032	Coastal Coal III	Coal	Steam	300	2,102
	New Wind	Wind	Wind	50	217
	Retire Wind	Wind	Wind	(50)	(217)
	Coastal Coal IV	Coal	Steam	300	2,102
2033	CC LNG	Coal	Steam	174	1,219
	CC LNG	LNG	CC	174	1,219
	CC LNG	LNG	CC	174	1,219
	Retire Kinyerezi	Gas	GT	(240)	(1,648)
TOTAL ADDITIONS 2009-2033				6,546	36,354

(資料) TANESCO (2009)

7.3.14 電源開発における IPP の役割

多くの IPP は、電力セクターの自由化に伴って、石油または天然ガスの火力発電市場に参入している。それゆえに、電力システムマスタープランの実施において、民間セクター投資がこれを手助けた経験がある。

7.3.15 電源開発計画における地熱発電

電力システムマスタープランは、過去に行った地方電化調査を参考にしている。この調査においては 20 カ所の潜在的な地熱発電地点が評価されてきた。この調査では、非常に有望で、さらなる詳しい調査が必要とされる 3 地点が確認された。

- Arusha地域のNatron湖
- Mbeya地方Songwe川流域
- Utete地域Lower Rufiji 峡谷のLuhoi Spring

Luhoi Spring地点は、開発者 (First Energy 社) に採掘権が与えられている。報告書は、Luhoi 地点は50MW～100 MWの高い潜在的な発電量を持っており、 Songwe地点も同等のポテンシャルを持っているとされている。 Natron湖地点は、ポテンシャルはやや低いと判定された。電力

系統マスタープランでは、開発希望企業が地熱開発を行うに足る十分な情報は盛られていない。しかしながら、同プランは、タンザニアの国内資源を使う重要さが指摘され、次の電力系統マスタープランの更新時において、2025年またはそれ以降の候補電源としての地熱発電所100MWを含んでいる、と述べている。ここでは、ケニアの経験に基づく一般的または典型的な発電とコストデータが使われた。

7.3.16 送電容量拡充計画

2009年の電力系統マスタープランによる送電線の拡張は、表-7.3-7で表されたように、計画された電源開発にあわせた送電線の拡充計画が必要とされている。

表-7.3-7 送電線拡充計画（2010年-2033年）

From	To	kV	回線数	距離 (km)
Shinyanga	Singida	400	3	200
Singida	Dodoma	400	3	210
Dodoma	Iringa	400	3	130
Morogoro	Tanga	400	2	200
Arusha	Tanga	400	2	335
Kiwira	Mbeya	220	2	120
Kinyerezi	Ubungo	220	1	15
Babati	Arusha	400	2	162
Singida	Babati	400	2	150
Iringa	Mufindi	400	3	130
Mufindi	Makambako	400	1	73
Ubungo	Stieglers	400	1	200
Mbeya	Rumakali	220	1	150
Makambako	Rumakali	220	1	200
Mufindi	Ruhudji	220	1	100
Kihansi	Ruhudji	220	1	150
Bulyanhu	Geita	220	2	150
Geita	Nyakanzi	220	2	133
Nyakanzi	Rusumo	220	1	95
Mwanza	Shinyanga	400	2	140
Mbeya	Makambako	400	1	147
Makambako	Mchuchuma	400	1	200
Mufindi	Mchuchuma	400	1	220
Stieglers	Dar-2	400	1	160
Dar-2	Morogoro	400	2	179
Stieglers	Mtwara	400	2	400
Ubungo	Dar-2	400	1	50
Rusumo	Kakono	220	1	150
Rusumo	Kyaka	220	1	168
Masigira	Makambako	220	2	180

Ikondo	Mufindi	400	2	150
Kihansi	Mpanga	220	2	40
Arusha	Kenya Borders	400	2	150
Zambia Borders	Mbeya	400	2	120

(資料) TANESCO (2009)

7.3.17 まとめ

タンザニアの電力セクターが直面する主要課題としては、経済面における水力発電リスクを最小にするような電源多様化の必要性、供給の低信頼度向上、IPP とその他火力発電所の高発電コスト体質改善、国民の電気接続率向上、中期および長期の電源開発のための巨大な財政資金の調達、などが指摘できる。

タンザニアの実績は、増加する電力需要に対処するため、国の最少費用電源開発計画に民間セクターが参入する巨大な潜在力があることを示している。これにより、貧困削減や 2015 年までのミレニアム開発目標(MDGs : Millennium Development Goals)の達成のため、多くの国民が電気への接続を増加できる可能性を示している。

増加する電力需要に対処したり、再生可能エネルギーの利用拡大や国民の電気への接続向上に向け、費用最少電源開発計画において地熱発電に対する関心が表明されたが、地熱開発の実際の調査は、残念ながらまだそれに応えられるレベルには達していない。

第 7.4 節 地熱資源状況

タンザニアには少なくとも 15 カ所以上の地熱地帯があるが、全国的な地熱資源量調査は実施されておらず、地熱資源量は 1980 年代にアメリカの調査機関が UNDP の調査で見積もった約 650MW (McNitt, 1982) という数値があるのみである。タンザニア電力供給公社 (TANESCO) はタンザニア国内 5 地域に地熱開発優先順位をつけており、各地域の調査の現状は表-7.4-1 に示すとおりである。この中で最も優先順位が高く、Pre-FS 段階まで調査が進んでいる Mbeya 地域について詳しく述べる。

表-7.4-1 タンザニアの地熱地域の調査状況

Site	Order	Geology	Geophysics	Geochemistry	Remarks
Mbeya (Songwe-Rungwe) Complex	1.	Re	Pre-FS	Pre-FS	Geotherm(2008)
		Re	Re	nil	Decon/Sweco (2005)
		nil	nil	Re	Mnzava et al. (2004)
		nil	nil	Re	Hochstein et al. (2000)
		Re	Re	Re	Sweco and Virkir (1978)
Rukwa Block	2.	nil	nil	Re	Hochstein et al. (2000)
		Re	Re	Re	Sweco and Virkir (1978)
Kisaki & Rufiji Block	3.	Re	nil	Re	MEM,GST,REA+Tanesco(2009)
		nil	nil	Re	Hochstein et al. (2000)
		Re	Re	Re	Sweco and Virkir (1978)
Eyasi - Ngorongoro -	4.	Re	Re	nil	Decon /Sweco (2005).
		nil	nil	Re	Hochstein et al. (2000)

Natron Block		Re	Re	Re	Sweco and Virkir (1978)
Dodoma – Singida – Kondoa Block	5	nil	nil	Re	Hochstein et al. (2000)
		Re	Re	Re	Sweco and Virkir (1978)
Potential sources outside rift valley	6	nil	nil	Re	Hochstein et al. (2000)
		Re	Re	Re	Sweco and Virkir (1978)

*Order of preference for future development

Re: Reconnaissance

Pre-FS: Pre Feasibility Study

(資料) TANESCO (2009)

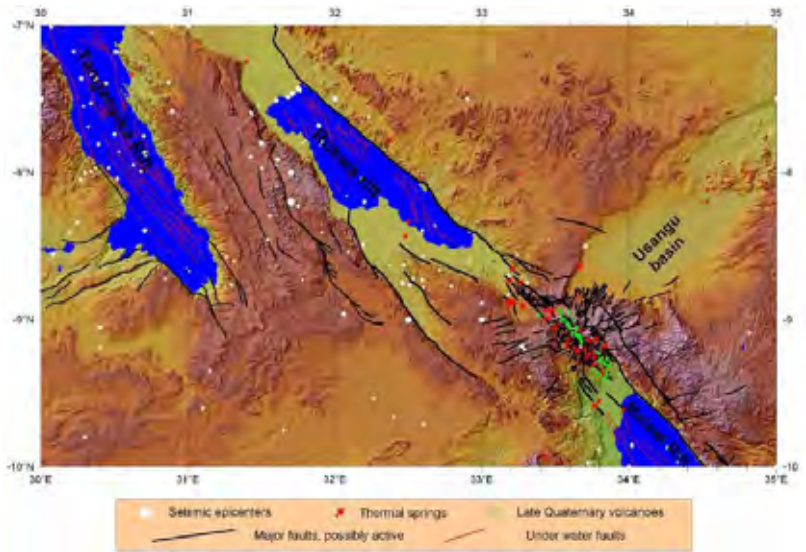
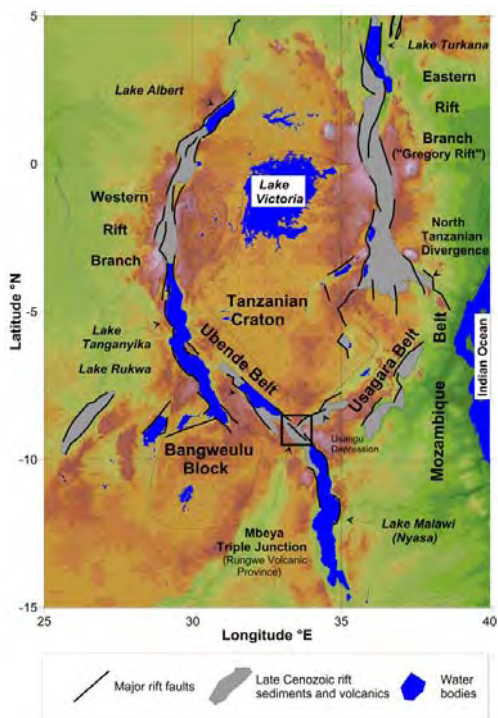
7.4.1 Mbeya 地域

Mbeya 地域はドイツ地科学天然資源研究所 (BGR) により調査が実施されている (BGR, 2008)。Mbeya 地域はタンザニアの南西部、Rungwe 火山州 Mbeya 区にある (図-7.4-1)。トラバーチンの地質年代測定の結果、本地域の火山活動に伴う地熱活動は約 36 万年前に開始したものと考えられ、断層、温泉、火山が数多く分布する (図-7.4-2)。温泉水の化学分析結果は、深部熱水と地表付近の地下水の混合を示している (図-7.4-3、4)。貯留層温度は温泉水の化学分析結果に基づき、200°C以上と推測される (図-7.4-4)。物理探査では、TEM 調査が実施され (図-7.4-5)、地下構造が推定されている。また、これらの地表調査結果に基づき、流体流動モデル、地熱構造モデルが作成されている (図-7.4-6,7)。地熱流体は Nzogi 火山を含む Poroto 山地の地下に貯留されており、透水性のよい割れ目を通して西または北西方向に主に Songwe 谷に流出していると考えられる。

一方、本地域では地熱井は掘削されておらず、発電出力等の試算や、開発計画の策定は実施されていない。

なお、BGR により、2010 年後半に MT 探査が実施される予定である。

既存調査に基づく Mbeya 地域の地熱資源状況一覧を別冊資料-4-1 に示す。

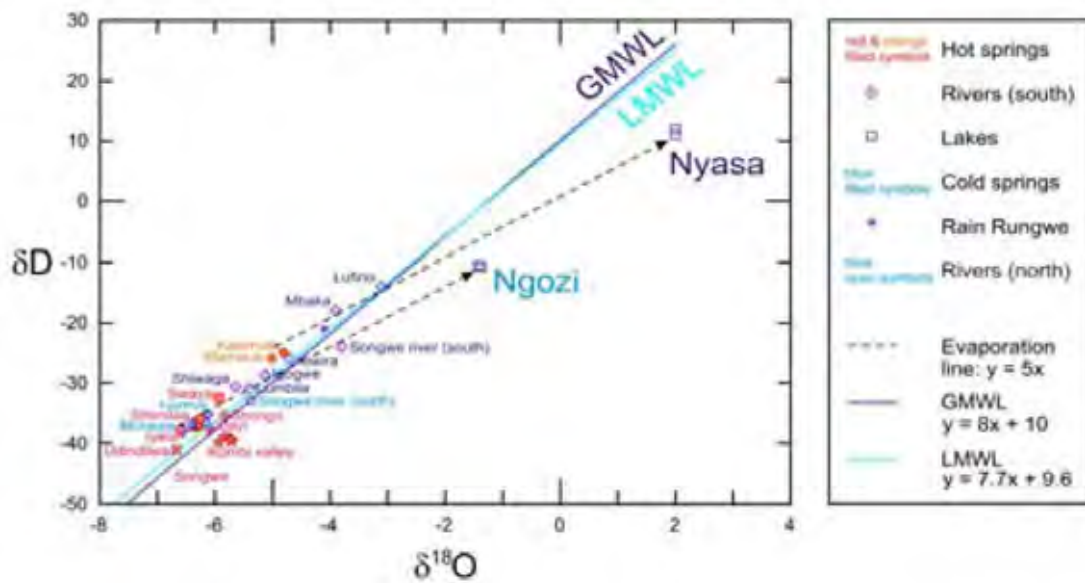


(資料) Delvaux et al. (2010)

図-7.4-2 Mbeya 地域の断層、温泉、火山分布図

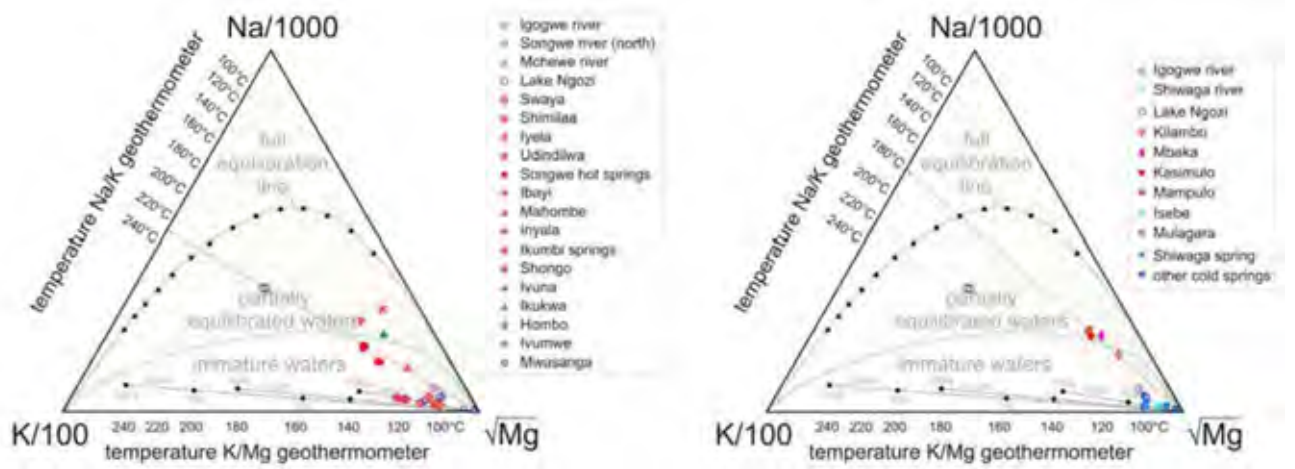
(資料) Delvaux et al. (2010)

図-7.4-1 Mbeya 地域 (タンザニア) 位置図



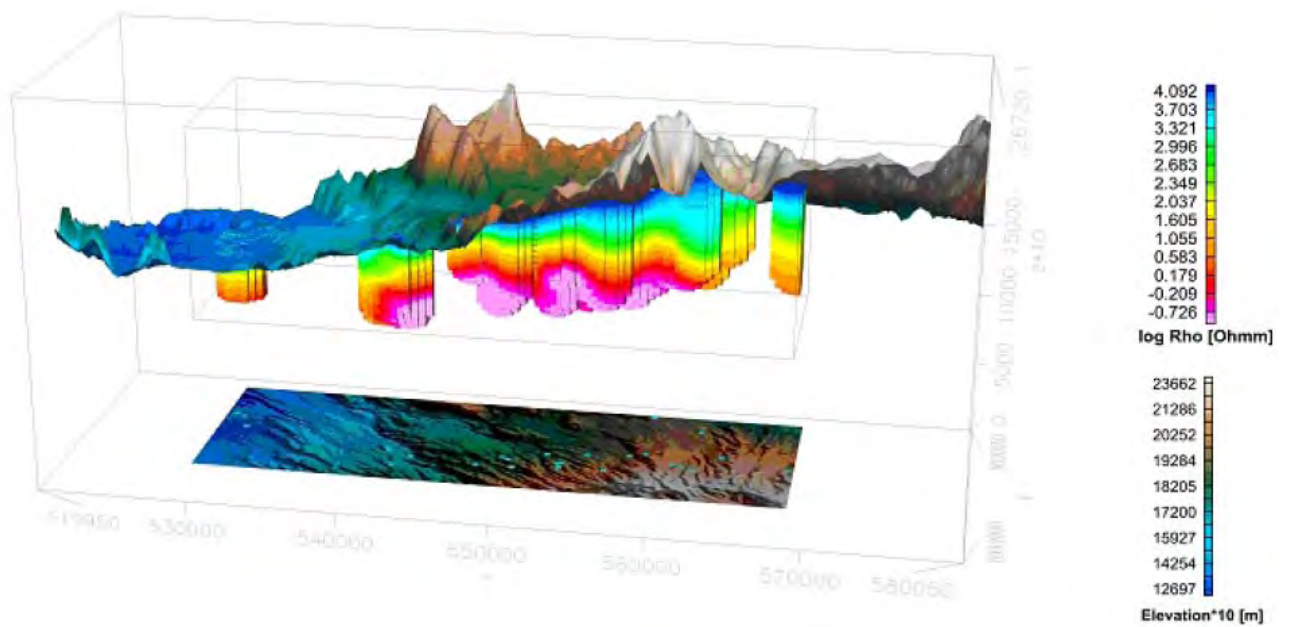
(資料) Kraml et al. (2010)

図-7.4-3 Mbeya 地域の温泉水の水の水素・酸素同位体比関係図



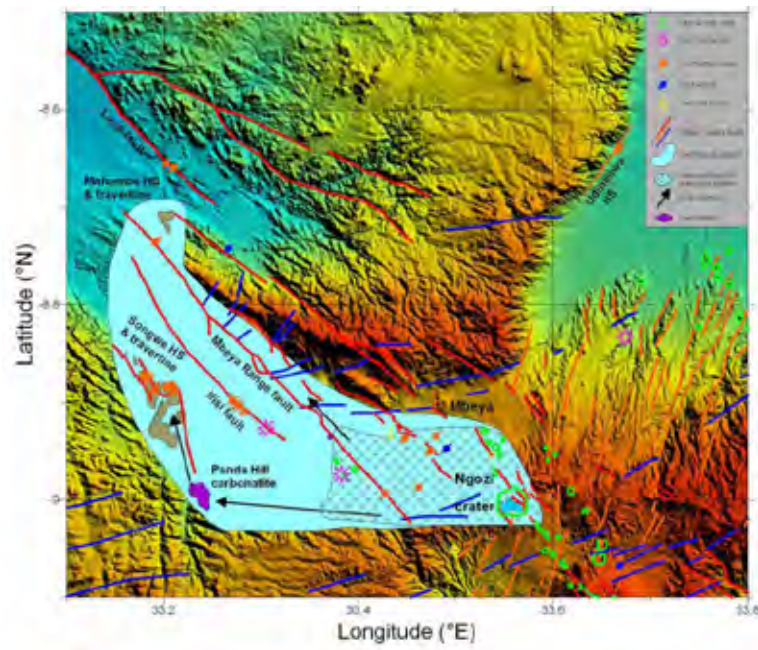
(資料) Kraml et al. (2010)

図-7.4-4 Mbeya 地域の温泉水の Na-K-Mg 三成分図



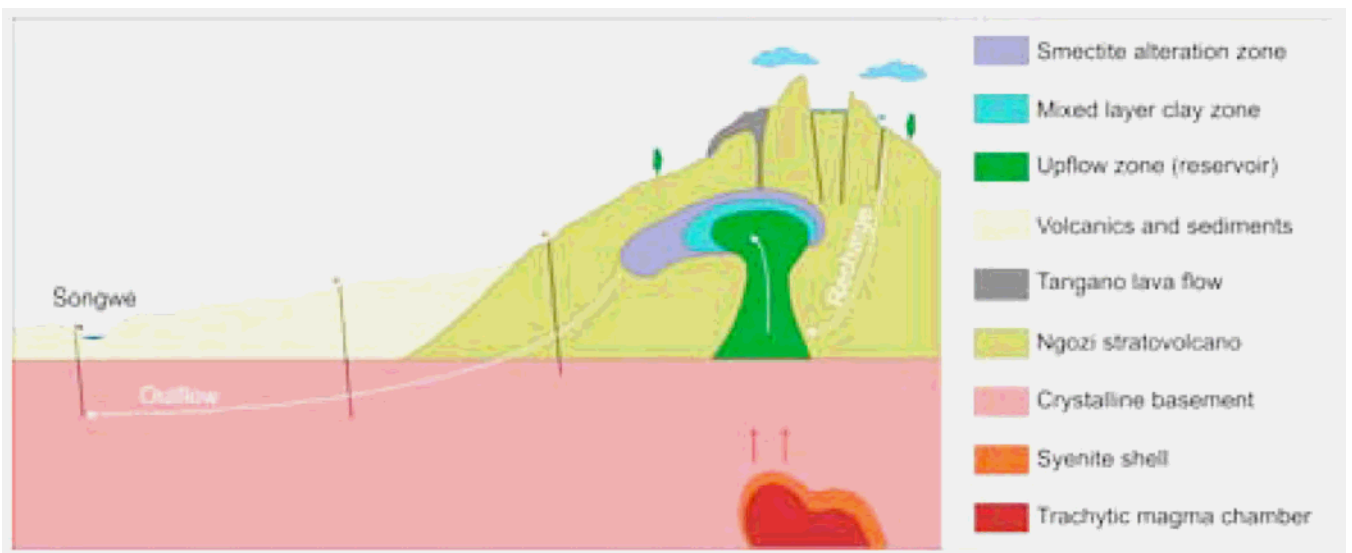
(資料) Kalberkamp et al. (2010)

図-7.4-5 Mbeya 地域の TEM 調査結果



(資料) Delvaux et al. (2010)

図-7.4-6 Mbeya 地域の流体流動モデル (平面)



(資料) Kalberkamp et al. (2010)

図-7.4-7 Mbeya 地域の地熱系概念モデル (断面)

7.4.2 その他の地熱地域

上記以外の地域として、Rukwa、Kisaki & Rufiji、Eyashi-Ngorongoro-Natron、Dodoma-Singida-Kondoa 地熱地域の 4 地点に関しては、概査レベルの地質・地化学・物理探査が実施されており、新期火山活動の存在や地表地熱徴候の分布が報告されている。開発可能な地熱資源の存在を確認するためには、これら調査が不十分な地域に対しても詳細な地表調査を実施する必要がある。

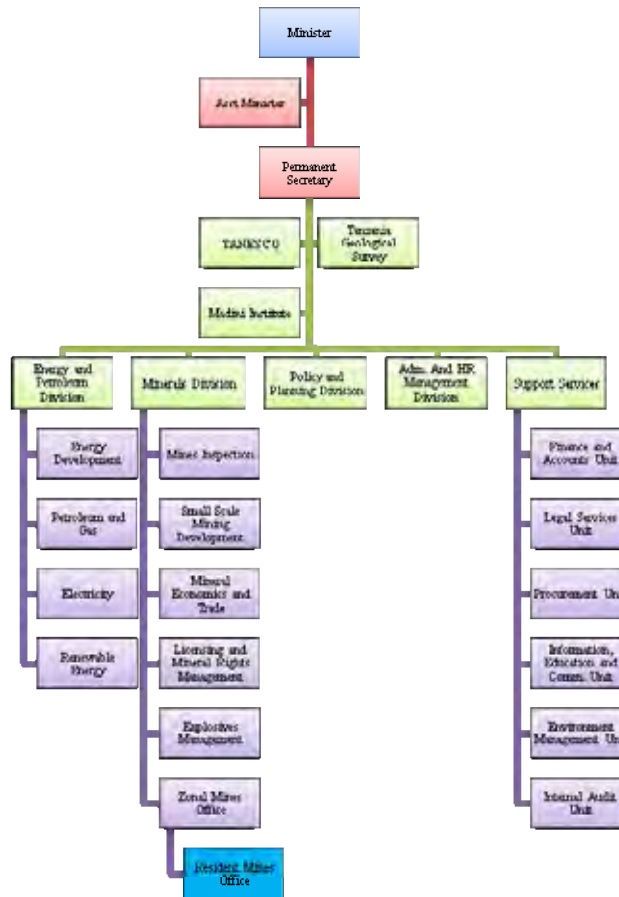
第 7.5 節 地熱開発技術力

タンザニアにおける地熱開発関連機関の概要及び技術力は次のようである。

7.5.1 エネルギー鉱物省

エネルギー鉱物省において地熱活動はエネルギーおよび石油局が担当しており、局の中でも再生可能エネルギー課の管轄となっている。再生可能エネルギー課は局長補佐が責任者となっている。再生可能エネルギー課は太陽、風力、小水力、地熱及びバイオマスの 5 つの分野を取り扱っている。現在のところ、同省における地熱施策については 2 名の地質技術者が担当している。一人の地質技師は、アイスランドの UNU-GTP コースで研修を受けており、他の技師はケニアで Naivasha における 4 週間の短期研修コースを受講している。他にも 7 名の専門家がこれまでニュージーランド、イタリア、アイスランドにおける研修を受けているが、このうち 6 名は地熱以外の分野に従事しており、また残り 1 名は最近タンザニア地質調査所 (GST) を退職した。1 人の専門家は地球物理学の博士号を有しているが、彼女は同省の地熱以外の部署に従事している。

図-7.5-1 にタンザニアのエネルギー鉱物省の組織構造を示す。



(資料) 調査団作成

図-7.5-1 タンザニアのエネルギー鉱物省の組織構造

7.5.2 タンザニア地質調査所 (GST)

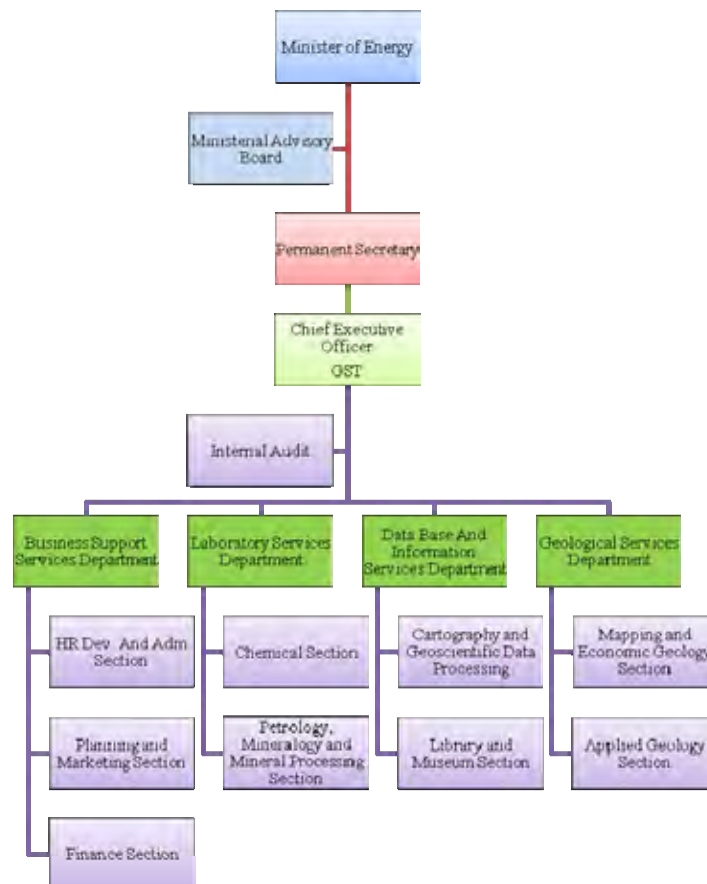
GSTは Dar es Salaam から 600km 離れた Dodoma に拠点を置いており、タンザニアにおける地表探査の実際の技術的執行に対して責任を有している。GST の組織構造を図-7.5-2 に示す。地熱探査に関わる要員は応用地質課に属している。地球化学及び地質学に関する支援サービスは研究所サービス課によって提供される。水や蒸気の化学分析というより鉱物化学分析を目的として実験分析室は設立された。したがって、地熱ガスや水の化学分析の為には関連機器が必要である。表-7.5-1 に地熱開発に関わる専門家のリストを示すが、彼らは地熱プロジェクトが無い場合は、他の分野で従事する。このため、ほとんどのスタッフは、もはや地熱の分野に従事していない。現在 1 名の地質技術者が 2009 年から、イタリアで博士課程を受講している。

表-7.5-1 タンザニアにおける各機関の地熱専門家

	MEM	GST	TANESCO	TOTAL
Geologist	2	4	2	8
Geochemist	1	1		2
Geophysicist	1	6		7
Reservoir Engineer		1		1
Drilling Engineer		0		0
Power Engineer				0
Environmental Scientist		3		3
Financial Planner/Modeller				0
GIS Scientist		1		1
Drillers				0
Technicians		13		13
Total	4	29	2	35

(資料) 調査団作成

表-7.5-2 に示す装置は、現在、GST が保有する設備である。これらはフィールド調査や実験室で利用可能である。例えば水とガス捕集装置やイオンガスクロマトグラフ、MT 測定器、重力測定器、あるいは微小地震探査装置等の重要な測定機器は保有しておらず必要である。地熱開発が F/S 段階に進めば、坑井試験装置も必要となる。



(資料) 調査団作成

図-7.5-2 タンザニアの地質調査所 (GST) の組織構造

表-7.5-2 タンザニアにおける保有機器リスト

Equipment Description	Available	Equipment Description	Available	Equipment Description	Available	Equipment Description	Available
Geological		Geochemical		Geophysical		Drilling	
Simple GPS	5	Simple GPS	1	Differential GPS	0	Complete Rig	0
Digital Thermometer	0	Digital Thermometer	0	Simple GPS	1	Water supply system(pumps, pipelines, tanks)	0
Fluid Inclusion Heating-freezing stage	0	pH meter	1	TEM	1	Site preparation equipment (dozer, grader, tipper trucks)	0
Binocular Microscope	1	Conductivity Meter	1	MT	0	Small water rig	0
Petrographic Microscope	2	Water Sampling Kit	0	Gravimeter	0	General	
X-Ray Diffractometer	1	Gas Sampling Kit	0	Magnetometer	1	4x4 field vehicles	2
X-Ray Fluorescence	0	AAS	2	Portable seismometer	0	GIS System	0
ICP-MS	1	Ion Chromatograph (IC)	0	Reservoir Engineering		Total station	0
Thin sectioning equipment	2	Gas Chromatograph	0	Kuster gauge Tools set	0	Complete weather station	0
		Mass Spectrometer for stable Isotope	0	Kuster TPS with SRO	0		
		Tritium Scintillation counter & C14 analyser	0	Logging Winch	0		
				Logging Truck (K10)	0		
				Discharge Silencer	0		

(資料) 調査団作成

7.5.3 タンザニア電力供給公社 (TANESCO)

TANESCO には研究環境部に 2 名の地質工学に関する技術者がいる。この内 1 人はイスラエルで研修を受けており、もう一名はケニアの Naivasha における短期コースに参加している。研究環境部自体の測定機器類は所有していないが、通常、GST やエネルギー鉱物省の再生可能エネルギー課と共に作った地熱作業グループのメンバーとして地熱開発調査に関わっている。TANESCO 自体は、地熱資源の開発に対する責務は課されておらず、また関連予算も割り当てられていない。

7.5.4 地方エネルギー庁 (REA)

地熱開発のための要員は抱えてないが、地方エネルギー庁 (REA) は、地方電化を目的として特に小型の地熱発電所の開発に興味を持っている。彼らは、地熱は地方電化の目的に対して地熱発電は最も適していると信じている。2005 年にはタンザニア地方電化調査によるマスタープラン策定の中で DECON 社、SWECO 社及び Inter-sonsukt 社(2005 年)がタンザニアの地熱資源に関していくつかの予備調査を実施している。調査は、アフリカ開発銀行 (AfDB) が資金提供している。調査結果によると、Mbeya フィールドにおける詳細調査を提言しており、これは後に BGR の Geotherm I プログラムで実現されている。2009 年、地方エネルギー庁は、調査掘削に対する世界銀行からの資金支援を申請するために、エネルギー鉱物省や、地質調査所、ダルエスサラーム大学及び TANESCO と共同で概念開発計画を作成した (Rural Energy Agency 2009)。この提案に関する進展は見られない。

7.5.5 民間地熱開発事業者 (IPP)

First Energy Company Ltd (FEC) という地元企業が政府から Rufiji 地溝帯に位置する Ruhoi フィールドの地熱資源開発を認可されている (Business Council for Sustainable Energy 2003)。FEC は既存文献や、地球物理学的資料や石油坑井からのデータを基にした初期調査を実施し、当

該地域の地熱開発ポテンシャルは有望であると結論した。残念ながら、プロジェクトを支援する地元または海外の投資家は見つかっていない。なお、調査団は現地調査時に FEC 関係者との接触を試みたが実現せず、電子メールでの問い合わせにも返事は無いままである。

7.5.6 コンサルタント

地熱開発に関わる地元及び外資系コンサルティング会社や個人コンサルタントはタンザニアには存在しない。

第 7.6 節 エネルギー政策

政府は、国家開発戦略として、1999 年に「タンザニア開発ビジョン 2025 (The Tanzania Development Vision 2025)」を公表している。この戦略では、①生活の質の向上、②健全でバランスの取れた政策策定と法の確立、③競争力のある経済の 3 点を目指している。また、各部門において、開発の戦略が提示されているが、インフラ整備においては、道路分野に次いでエネルギー分野への投資が重要であると位置づけられており、政府のみならず内外の資本参画が重要であると謳われている。現在、この戦略に従ってエネルギー政策が策定されている。

エネルギー政策としては、1992 年に初版「国家エネルギー政策」が発表され、2003 年 2 月に、国内外の政治・経済やエネルギー分野の構造的な変化を反映した改訂版「国家エネルギー政策」が発表された。改訂版で特に考慮された点は、①全国的なエネルギーの安定供給を目指すこと、②エネルギー部門の市場改革を行い、投資の拡大やサービスの向上、料金決定メカニズムの効率性などを目指し、各種の財務優遇策を構築すること、③再生可能エネルギーの開発・利用を促進し、技術力を向上すること、④環境問題を重視すること、⑤エネルギー効率を改善すること、⑥エネルギー教育の機会を提供し、エネルギー分野における平等な雇用を確保することである。

「国家エネルギー政策」の目的は、国家開発目標を達成するために、エネルギー供給面で信頼性を高め、消費面で合理的な使用（持続可能な方法で効率的に使用）することであり、環境に配慮し、持続可能な方法で、効率的なエネルギーの生産、調達、輸送、供給、消費を確立することである。また、今後取り組むべき事項として、①中期的に発電分野への民間投資を推進する、②油田開発への民間参入を促進する、③近隣諸国を含め、地域の連携を強化する、④バランスのとれた社会経済成長のため地方電化を推進する、⑤環境問題や女性への負荷を低減するため地方へのエネルギー供給システムを改善することが掲げられている。具体的には、①エネルギー部門への市場経済の導入、②独立した規制システムの確立、③市場取引での適切な国家の関与、④国際連系送電線の開発、⑤省エネルギーとエネルギー効率の向上、⑥環境影響評価と環境保護等の実施、⑦女性のエネルギーセクターへの関与を促進、⑧自由化による効率の向上によりエネルギー価格補助の無い健全な市場の形成と共に電化を促進する、⑨技術革新、⑩包括的な法律・規制法規の制定、等が挙げられている。電力部門では、①安価で信頼性の高い電気の供給、②地方電化の推進、③民間投資の推進と発電部門の完全な市場開放、④国内外の地域連携を推進し、信頼性の向上、安価な電力資源の開拓、及び不安定な水力発電資源の平滑化を目指す、⑤国産資源を

用いた国内発電設備の開発、⑥環境対策を実施することが政策として挙げられている。

エネルギー・水管理規制庁(EWURA)は、高品質、安価で維持可能なエネルギー及び水供給事業を全ての人々に提供することを目標としている。本組織は Cap 414 及び当該事業の関連法に基づき、タンザニアにおける電力や石油、天然ガス及び水の各事業における技術及び経済的な規制について責任を有している。設立当初における大きな課題は、自身の体制を作り上げることであり、その中核の機能は各事業に関わる規制の確立及び事業免許の発行である。EWURA の機能として、この他に料金の査定・改定、品質、安全、保健・健康及び環境の観点から各事業の活動状況の監視といったものがある。EWURA はまた有効的な競争環境を作り出し、経済効率を高め、消費者の利益を保護し、かつ低所得者や農村、さらに規制市場で不利益を被っている消費者に対して公平なサービスが享受できる環境を提供することにも責任を有している。

再生可能エネルギー促進に関する支援政策として、まず開発投資(太陽光、風力及び小水力)に対して、100%の減価償却を認めており、また初年度の運用に対する諸費用の承認や、再生可能エネルギー関連資機材に対する輸入関税の免除など手続きの簡素化を図るなどの開発促進政策を執っている。さらに、投資振興センターが認可したプロジェクトについては、設備の所有権や資産の分配や収益の国外送金などを保証している。なお、タンザニアは世界銀行グループの多国間投資保証機関(MIGA)や国際投資争議調停センター(ICSID)など、投資事業に係る争議に関する多国間調停機関のメンバーである。

さらに再生可能エネルギーにも関わるものとして、2005年の地方電化法により地方エネルギー庁及び地方エネルギー基金が設置された。REAの理事会は、財務省、首相府地域事務及び自治政府(PMO-RALG)、民間セクター財団、タンザニア銀行協会、消費者協会、市民グループ、エネルギー鉱物省及び支援機関から構成される。この役割として、①地方へのエネルギー供給に対する民間及び公共による積極的な取り組みと投資を促進すること、②地方の商業センターや一般家庭への電化を進めること、③低所得者が近代的なエネルギーサービスを楽しむ環境を作ること、④地方電化に対する適切な解決策・応用技術の研究開発を行うこと、という政策目的を追求している。

プロジェクト開発事業者に対する助成プログラムとして、タンザニアエネルギー開発アクセスプロジェクト(TEDAP)では、2種類の補助金をプロジェクト開発企業に提供している。

- ① 実績ベースの補助金
- ② 組み合わせ助成金(Matching grant)

これらの補助金は開発事業者による投資コストの一部を買い取る形で支給される。

実績ベースの補助金の対象プロジェクトとして、①ミニグリッド配電プロジェクト、②系統外または新規市場のミニグリッド、マイクログリッドプロジェクト、③太陽光発電(PV)システム、④ハイブリッドシステムを含む系統外エネルギー関連投資、⑤電力以外のエネルギー資源(バイオマス、バイオガス及び改良ストーブ)プロジェクト、がある。なお、基金は既存の設備や土地

の購入には適用できなく、既存の負債や金利への再融資にも適用できない。対象事業者としては、①民間企業、②NGO、③地域団体、④組合、⑤タンザニア国内に法的に登録され活動している個人であり、提案されたプロジェクトの執行に対して十分な技術、財務経営能力及び購買力を有し、タンザニア共和国の法に則って契約締結を行うことが可能である者である。また、対象となるプロジェクトとしては、①再生可能エネルギーも用いた発電事業、②ミニグリッドの接続顧客に対する送電・配電ネットワーク及び電気供給サービス事業、③家庭や団体のニーズに応じて太陽光電池を用いた電燈からより規模の大きな電気供給サービス等がある。

提供される補助支援のメニューとしては、①ミニグリッド及び新規地点における地方エネルギープロジェクトにおいて新規接続顧客毎に 500 ドル、②総投資額の最大 80%、③太陽光設備に対してピークワット当たり平均 2 ドル、がある。補助金の支払い条件としては、ミニグリッドプロジェクトの場合には、契約締結後に対象補助金の 40%、対象製品の納入時に 40%、REA によるカスタマー受領書の承認後に 20%となっている。組み合わせ助成金は、①政府機関 (MEM, REA, EWURA, プロジェクト開発事業者)、②金融機関、③他のステークホルダーなどの団体への技術援助に用いられる。技術援助としては、①教育・研修と②コンサルティングサービス、がある。

助成金の支払い条件としては、役務に対してプロジェクト事業者から最低 50%の負担金 (現金) を提供したことを REA が承認すれば、第一回目の支払いが執行される。なお、第一回目の支払は契約額の 50%である。残り 50%は報告書が完成した後、納入した報告書が、同意業務事項の完遂とその成果を示す証拠並びに購入仕様書を含めた購入に係る関係書類と共に REA による承認された時点で支払われる。

また再生可能エネルギー促進に関連して、タンザニアは 1996 年 4 月 17 日に「国連機構変動枠組条約 (UNFCCC)」を、2002 年 8 月 26 日に「京都議定書」を批准している。また、2004 年 12 月には、CDM の国家指定機関 (DNA) として、副大統領府環境局 (Division of Environment, Vice President's Office) を選出した。政府は、エネルギー、農業、工業加工、廃棄物管理、森林、土地利用の各セクターにおいて、CDM への利用可能な適用技術を取りまとめている。

第 7.7 節 環境政策

国家環境管理委員会(National Environmental Management Council: NEMC)は 2004 年発効の National Environmental Management Act で規定された DOE 下の組織であり、環境関連法規定の執行を担い、主に EIA の審査を行う。環境局(Division of Environment: DOE)は、1994 年に自然資源観光省(Ministry of Natural Resources and Tourism)の下で設立され、省庁横断的な役割を果たすため、1994 年に Vice President Office に置かれた組織である。DOE の主な役割は環境保全に係る政策策定、関係機関へのガイダンス・ガイドラインの提供である。DOE では Regional Office を設置予定としている。ほとんどの地方自治体に環境担当者(Environment Coordinator)を置いている。NEMC は地区事務所(Zone Office)を置いているが不十分とのことで

ある。

NEMC によると EIA Act は 2004 年、EIA Guidelines は 2005 年のものが現行版である。当面改訂予定はないとのことである。EIA のセクターガイドラインはないがセクター別のチェックリストはあるとのことである（本調査では、入手できず。）。

EIA 審査手続きに係る期間は、開発事業者が NEMC に EIS 報告書を提出してから承認発行まで最大 3 カ月間を要する。EIA 審査手続きに係る費用については、Technical Committee の人数に応じて適宜異なる（通常 10～12 名。具体的な金額について本調査では把握できなかった。）。EIA 調査は NEMC に登録しているコンサル担当等の現地業者が実施するが、外国の業者が現地登録業者と組んで EIA 調査を行う際には 200,000 シリングを支払う必要がある。

保護区内での開発事業に係る EIA については、例えば国立公園が関係する場合は、Tanapa（機関名）、その他適宜、Ministry of Natural Resources and Tourism 下の Tanzania Wildlife Research Institute や Tanzania Forest Research Institute が関係する。保護区の管理は、保護区の種類によって管轄部局が異なる（Marine Protected Area⇒Fishery Dept.、Nature Protected Area⇒Division of Nature (Ministry of Natural Resources)、Forest Protected Area⇒Division of Forestry (Ministry of Natural Resources)）。

Public hearing の際に EIS 報告書のサマリー版（英語およびスワヒリ語）を公開している。主な公開場所は、NEMC 事務所、District 事務所、Project 事務所。要求に応じて報告書の本編を公開することも可能とのことである。モニタリングの期間や頻度は、事業に応じて適宜決められている。EIA 手続きでの Public Consultation は被影響者とのコンサルテーションを意味する。DOE によると EIA 手続きでは、EIS レビュー後に 1 回のみ実施することとなっているが、JICA ガイドラインで規定するように環境スコーピング時に追加的に実施することは、手続き上問題ないとのことである。

EIA の承認手続きは、「事業実施者による EIA の申請（EIS 報告書の提出）」⇒「NEMC による審査に基づく DOE への勧告」⇒「DOE による確認」⇒「Minister of State による EIA 承認」となる。なお、Minister of State は 2 名おり、1 名が環境担当、もう 1 名が Union of Affairs を担当する。小規模開発事業の EIA は地方自治体が審査・承認を行う方向であるが、キャパシティー不足である。EIA が承認されても、村人の反対が生じたケースがある。こうしたケースでは DOE は開発業者に対して、村人等と適切にコミュニケーションを取るようアドバイスがなされている。

用地取得・住民移転は、Ministry of Land and Human Settlement Development の管轄であり、用地取得は Land Act に基づいて行われる。エビ養殖プロジェクトに際して、住民移転が問題となり裁判となったケースがあった。

タンザニアには活動的な環境 NGO が多くあり、DOE では適宜協力しているとのことであった。NGO は Formal Affairs に登録が必要となる。

第 7.8 節 熱水多目的利用可能性

タンザニアにおける熱水の直接利用等おける情報はなく、地熱発電開発は行われていないため、余剰熱水の利用もない。ケニアに見られるような熱水利用の可能性は、同様の気候条件にあることからタンザニアにおいても将来的には利用可能性があるものと考えられる。

第 8 章 ウガンダ

第 8.1 節 国概況¹

独立以来、度重なるクーデターにより内政・経済は混乱したが、1986 年以降、ムセベニ長期政権が続き政治は安定している。2006 年の大統領 3 選を機に複数政党制が復活し、2011 年の選挙をにらんだ動きが始まっている。2006 年の選挙を巡っては、一部に非民主的な動きが見られ、ドナーからの支援にも影響を及ぼしたが、その後の政府とドナーの関係は良好である。政府は計画・予算策定過程への市民社会の参加、対汚職法廷の新設、政府支出の監査機能強化などによるガバナンスの向上に努めているが、根強い汚職問題への取組やより透明な選挙実施を求める内外からの圧力が高まりつつある。北部地域では約 20 年間続いた反政府勢力「神の抵抗軍(LRA : Lord Resistance Army)」の行動により、一時は 200 万人近くの国内避難民が発生したが、その活動が終息に向かい、2006 年以降和平交渉が進展したことから治安は大きく改善され、その結果、現在ではキャンプで生活する国内避難民は約 60 万人にまで減少している(2009、「国連統一アピール」)。残る国内避難民の早期帰還及び帰還民への支援と復興・開発が課題となっており、2009 年 7 月から「北部ウガンダ平和復興開発計画(PRDP : Peace Recovery and Development Plan)」の実施が本格化している。

経済面では、1980 年代後半から世界銀行及び IMF による各種構造調整プログラムを積極的に受け入れた結果、ウガンダ政府による経済改革は成功を収め、1990 年代以降マクロ経済は安定している。2000 年 5 月、HIPC の完了時点到達により、我が国が円借款債務約 62.47 億円の債務免除を行ったのをはじめ、主要な債権国による債務免除が行われた。さらに、2005 年グレンイーグルス・サミットで合意された「多国間債務救済イニシアティブ(MDRI : Multilateral Debt Relief Initiative)」に基づく国際機関による債務免除措置が行われ、ウガンダの対外公的債務額対 GDP 比は 57%から 2 年後には 13%にまで減少し、現在も堅実なマクロ経済運営に努めている。一方、いまだに低所得貧困国である現状に変わりはなく、政府は、「万人のための繁栄(Prosperity for All)」政策を掲げ、農民の所得の向上、貿易・投資の促進などを通じた民間セクター主導の経済成長を図っている。これらの努力により、2000 年以降の GDP 成長率は平均 7.8%を記録したが、2008 年秋以降の世界的景気後退の影響もあり、2009 年度の成長率は約 6%と予測されている。なお、労働人口の約 77%は農業従事者であり、農業は 2008 年における GDP の約 11%、輸出の約 38%を占めている。また、人口増加率が 3%台と高く、2007 年の貧困率は 31%である。

1997 年にウガンダ政府が策定した包括的な貧困削減戦略である「貧困撲滅行動計画(PEAP: Poverty Eradication Action Plan)」は、世界銀行・IMF により世界最初の PRSP として認定され、2000 年 3 月に他国に先駆けて HIPC イニシアティブに基づく債務削減が実施された。その後、2004 年 12 月に発表された第 3 次 PEAP は、マクロ経済管理、生産・競争力・所得向上、治安・紛争解決・災害管理、グッド・ガバナンス、人間開発を重点課題としていた(対象期間は 2009 年

¹ 外務省国際協力局編「政府開発援助(ODA)データブック 2009」による。

6月まで)。

2010/2011年度から開始される PEAP の後継計画となる「5カ年国家開発計画(NDP: National Development Plan)」は、経済成長をより重視する方針を打ち出し、「繁栄のための成長と雇用」を主題として、生活水準の向上、社会・経済・貿易インフラの改善等の重点課題を挙げている。

第 8.2 節 エネルギー事情²

ウガンダは、世界第三位の湖水面積を誇るヴィクトリア湖に面し、さらにヴィクトリア湖を主流とする白ナイル川などが国内を流れているため、水力資源に恵まれている。2008 年末現在、包蔵水力は約 220 万 kW と推定されているが、2009 年 2 月現在までに開発された水力発電所はわずか 32 万 kW(包括水力の約 15%)であり、大きな開発余地が残されている。

また、石油資源に関しては、1980 年代初頭に隣国のケニア(西部の大地溝帯内)において石油が発見されたため、ウガンダでも石油探査が実施された。その結果、1998 年に石油が発見され、以後、数カ所で石油開発が進められている。2008 年から政府と中国企業(China National Petroleum Co. China Petroleum & Chemical Co および China National Offshore Oil Co)の合弁会社(Heritage Oil Co)がアルバート湖周辺の Tullow 地点(Block 1 および Block 2)で採掘を開始している。2009 年 2 月現在、同地点の埋蔵量を約 6 億バレル(bb1)と推定している。ただし、全国の石油埋蔵量は確定していない。エネルギー鉱物資源省 (MEMD : Ministry of Energy and Mineral Development)では、輸入石油の割合を軽減するため、アルバート湖畔(石油採掘地点近郊の Hoima 地区)に石油精製設備を建設する計画である。同精製設備は完成後は重油、ディーゼル燃料、灯油などを生産(合計 4~6 万バレル/日(bb1/d))する計画である。石油の生産が軌道に乗ればケニアをはじめ海外諸国に石油を輸出する計画もあり、ケニア東部のモンバサ港まで約 1,500km のパイプラインを敷設することが検討されている。また、エネルギー鉱物資源省では電力供給不足を解消するため、油田地帯に石油火力発電所(5-10 万 kW)を建設するとともに、油田地域から首都カンパラまでの送電線も建設する予定である。

表-8.2-1 ウガンダにおける再生可能エネルギーのポテンシャル

種 類	ポテンシャル	備 考
水力	2,200 MW	中規模水力 2,000 MW 小水力 200 MW
バイオマス	1,650 MW	農業廃棄物が中心
地熱	450 MW	Katewe-Kikorongo, Burnga 等で調査中
太陽光	200 MW	地方電化電源として推進
その他	800 MW	風力が中心
合 計	5,300 MW	

(資料)海外電力調査会(2010)

² (社)海外電力調査会「海外諸国の電気事業(第2編)(2010)」による。

さらに、ウガンダは農業国であるため、農業廃棄物を利用したバイオマスの利用を図る計画である。国家再生可能エネルギー戦略によると、水力やバイオマスなど、再生可能エネルギーのポテンシャルは合計 530 万 kW と推定されている(表-8.2-1)。

第 8.3 節 電力事情

8.3.1 電力セクター概要

電力セクターは発電、送電、地方電化を含む配電を包含する。1999 年に電力セクターの改革、民営化戦略、改正電力法 (The Electricity Act, 1999) の制定が内閣で承認され、電力監督庁 (ERA : Electricity Regulatory Authority) が電力産業を規制するために設立された。一方、エネルギー鉱物資源省は、産業を育成する政策に責任を持つ。国営企業であるウガンダ電力公社 (UEB : Uganda Electricity Board) は、この法律で電力セクターの独占を失った。

電力セクター改革の過程の一部として、ウガンダ電力公社は、ウガンダ発電会社 (UEGCL : Uganda Electricity Generation Company Limited)、ウガンダ送電会社 (UETCL : Uganda Electricity Transmission Company Limited)、ウガンダ配電会社 (UEDCL : Uganda Electricity Distribution Company Limited) と異なった事業体に分離された。発電と配電は、それぞれ Eskom 社と Umeme 社に長期間の営業権で手放され、一方、送電は公的役割が残っている。営業権合意の下で、既設設備は公的所有を残している。一方、Eskom 社と Umeme 社は、設備の運転・保守を行う。新規の電源開発は、主として政府とパートナーシップを持った独立系発電事業者 (IPP : Independent Power Producer) により行われる。

8.3.2 電力セクター政策

2002 年のウガンダ再生可能エネルギー政策によれば、エネルギーセクターの主要政策目標は、社会・経済の発展のために、環境面の持続可能な方法でウガンダ国民のエネルギー需要を満足させることである。特に、そのエネルギー政策は、貧困根絶への貢献として、エネルギー管理を改良し、経済発展を刺激して、エネルギー関連の環境影響を管理することによって、現在の低価格で信頼できるエネルギーサービスの利用を増加させることにある。ウガンダでは地熱エネルギー開発はまだ行われていないが、地熱資源ポテンシャルはウガンダ大地溝帯では約 450MW と推定されている。しかし、いくつかの地熱異常の地質学的かつ地化学的特性の基礎的研究は別として、経済的な資源ポテンシャルを立証する詳細調査はなされてこなかった。

8.3.3 規制上の枠組み

1999 年の電力法 (the Electricity Act) は、政府と様々な出資者はウガンダの電力セクターが自由化と民間セクターのより大きな関与を魅力的にすることが必要であるとしている。電力法は、電力紛争裁定機関、免許手続き、規制上のメカニズム、地方電化と各後継会社への規定を備えている。電力法の制定以来、それを支援する次のいくつかの規定が制定された。

- 2003 年電力規定 20 (免許料金)

- 2003年電力規定 23（電気料金コード）
- 2003年電力規定 22（安全性コード）
- 2003年電力規定 21（サービスの質コード）
- 2003年電力規定 24（一次系統コード）

電力法は、電力監督庁による監視の詳細免許メカニズムを通して、電力セクターにおける民間企業の参入を許可する。また、一般的に電力セクターの自由化を提供し、原則目的は競争の導入と効率性の達成においている。電力監督庁は、発電、送電、給電、配電、売電、電力輸出入の免許を発行できる。免許を交付したり、拒否したりする時、電力監督庁は、その他条件の中にウガンダ政府の政策を考慮に入れる。配電や送電免許を持つ者は、技術的に可能な範囲内で系統内の潜在利用者へ電気を供給する義務がある。

電力法は、電力セクターの効率性や公正な競争の侵害をしたり、電力政策に矛盾したりしなければ、いくつかの免許を持つことを可能とする。例えば、ウガンダ送電公社が中期的に垂直統合される地方のオフグリッド系統を除いて、発電機の唯一の購入者として単独購入者市場に出ることもある。

8.3.4 電力セクター投資促進策

2007年再生可能エネルギー政策に従って、政府は、再生可能エネルギー計画を働かせるために次のような法律上、かつ、制度上の枠組みを導入した。

- 電力系統に電気を供給したい民間セクタープロジェクト開発者に標準化された電力売買契約を提供する。この形の電力売買契約の意義は、事業が市場の不確実性を取り除くことによって予測可能にすること、そして開発者間の交渉を促進し、取引コストを劇的に削減することである。
- 1999年電力法制定に従って、コスト価格決定を避ける原則に基づいて、売電料金を設定すること。その料金は投資家が主要な補助金を当てにする必要がないもので現金収入に変換できるべきである。売電料金は標準化された電力売買契約の一部である。売電料金は短中期的な負荷制限の高いリスクを反映して、ピークと中間と最低負荷に関して、ピーク時間帯の高価値電力、短中期的に見た価格と長期的な価格を反映して、区別する構造としている。価格レベルの観点から次の原理が適応される。
 - 電力法によって設定され、公表された料金に従って、第3者への電力網託送が課金されること
 - 許可、免許、承認などを含む様々な合意を規定すると思われるすべての政府当局はよく整合が取れ、迅速な方法で与えることを保証すること
 - 地方の財政上の法律文書を借りて、長期間のリスク分散を回避する2つの既存財政上の法律文書のいずれかを使ってプライベートセクター投資家に満足をもたらすこと。その法律文書はウガンダ銀行とCredit Support Facility (CSF) (公的信用機関)で借款融通が行われている。法律文書の詳細運用様式は、制定された様々な規制上の文書に近いものであること
 - 再生可能エネルギープロジェクト開発において、制度上の役割が一致すること

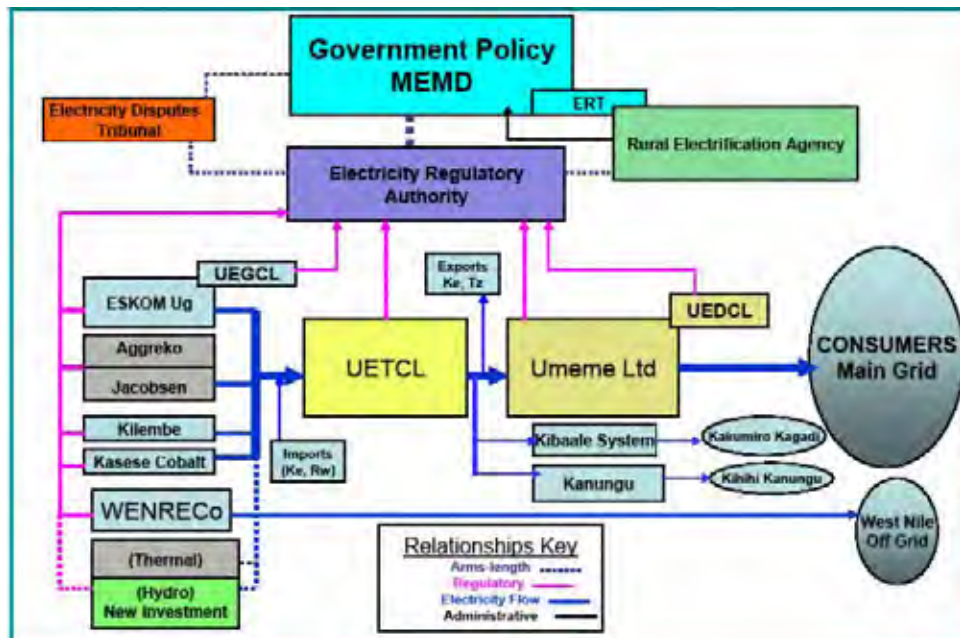
8.3.5 制度上の枠組み

ウガンダの電力セクターは、国営のウガンダ電力公社独占の下で、2001年3月31日までに垂直統合されていた。現在は、ウガンダ政府の主要な役割は次のとおりである。

- 電力セクター政策
- 財政上、規制上、環境上のウガンダ電力公社の適切な配慮
- ウガンダ電力公社資産と負債の査定と確保
- 配電と送電投資必要性の解析
- 財政と料金のモデル化
- 免許、法令、営業権、電力売買契約の草案作成と発布

1999年の改正電力法で、ウガンダ電力公社は、ウガンダ発電会社 (UEGCL)、ウガンダ送電会社 (UETCL)、ウガンダ配電会社 (UEDCL) という名称の3つの独立した会社に分離された。ウガンダ発電会社は、Nalubaale 発電所(180MW) と Kiira 発電所 (200MW)の2つの主要水力発電所を所有している。ウガンダ送電会社は、33kV を超える送電設備を所有し運用している。ウガンダ配電会社は、33kV 以下の配電設備を所有し運用している。ウガンダ電力会社（規定上の会社）は、清算業務のために依然存続している。電力スーパーハイウェイとして運転するウガンダ送電会社の所有権は政府に残る。ウガンダ発電会社とウガンダ配電会社は長期の営業権を通して民営化された。

ウガンダ発電会社が所有していた Nalubaale 発電所と Kiira 発電所の2水力発電所の営業権は、ウガンダ発電会社から営業権取得者である Eskom Uganda 社に20年間の営業権が許可された。配電の新しい営業権を持つ Umeme 社は、ウガンダ配電会社が所有していた配電事業の運転・保守を行うために、Globeleq と Eskom Enterprises の合弁企業によって設立された。



(資料) ERA, 2009

図-8.3-1 ウガンダの電力供給状況

8.3.6 規制上の枠組み

電力法は、とりわけ次の命令を行える電力監督庁を設立した。

- 発電、送電、配電または売電、電力輸出入の免許発行、変更、取消し
- 料金構造の設定
- 電力事業業績標準の開発と実施
- 電力セクターにおける効率性と競争を確保するための発電、送電、配電を保証する会社またはその他の規制上の団体組織見直し

電力監督庁は、その役割と義務において独立して活動する権限を持った。しかし、逆にその権限の実行と役割の業績に影響を及ぼす、あるいは妨害することのない政策面に関して、エネルギーに責任を持つ大臣による命令に従う場合がある。

8.3.7 電気料金規制

電力法の下で、電力供給の料金構造と条件は電力監督庁によって規定される。免許取得者は課金したい料金の申請を行い、電力監督庁が総収入要求に基づいて申請を精査する。申請承認後、四半期ごとにインフレや為替相場の変動に基づいた改訂を適用できる。公聴会を含む幅広い出資者協議が見直し過程の間で行われる。

エネルギー価格決定実現のために、電力監督庁は、2006年10月ウガンダ電力セクターに関する料金決定と2001年5月ウガンダ報告書22/01の規制上の枠組みを発行した。報告書は、次に述べる規制上の枠組み要約からまとめるように、多様な電力セクター供給料金を導く料金手法や公式を提案している。

ウガンダの電気料金規則に対する電力監督庁のアプローチは、改良された運用のための投資促進策とバランスが取れた促進策を目的としている。発電と配電の営業権を与える過程は、潜在的投資家に提起される規制上の枠組みを要求する。ウガンダで電力セクターの規制上の課題は、投資家に公正な報酬を与えることであり、さらに産業のコストを最少にする適切な刺激策を与えることである。これは投資に関する合理的な見返りを許可することであり、運転を保証すると同時に投資の効率性が達成される。

報告書は、価格の適正公式を提案し、どのように適正化がなされるかを発表する。また、報告書は、報酬レート、価格精査、発電料金、電力輸送料金、最終利用者料金に関する規定と保証の促進策を提供している。

8.3.8 財政枠組み

他の東アフリカ諸国と同様に、ウガンダの電力セクターは、主に再生可能エネルギーである水力で構成する電源開発計画の実現のため、公的、私的セクターの両方からの大規模資本を必要としている。また、オフグリッド系統における電源を開発することによって、地方電化を推進する投資も必要である。この大部分は小水力または他の再生可能エネルギー源により行われる。

8.3.9 発電設備容量

ウガンダの既設発電容量は、JinjaにあるNalubaale発電所(180MW)とKiira発電所(200MW)の2つの水力発電所で380MWである。2発電所は同じ水を使用し、同じ供給地点で電力系統に

つながっている。ヴィクトリア湖の水位低下は、大電力供給を促す Nalubaale 発電所と Kiira 発電所からの出力を減少させている。

さらに、ウガンダには設備容量 150MW の火力、17MW のコジェネレーションもある。他の小水力は、Kilembe mines limited と Kasese Cobalt Company limited の 14.5 MW である。表-8.3-1 はウガンダの既設発電所の設備能力を示している。

表-8.3-1 ウガンダの発電設備状況

発電所名	台数	ユニット容量 (MW)	設置容量 (MW)
水力			394.5
Kiira	5	40	200
Nalubale	10	18	180
Kilembe Mines	2	2.55	5.1
Kasese Cobalt	3	3.15	9.5
火力			150
Aggreko - Kiira	1	50	50
Namanve (Jacobson)	1	50	50
Aggreko - Mutundwe	1	50	50
その他			17
Kakira Sugar Works	1	12	12
Kinyara Sugar	1	5	5
合 計			561.5

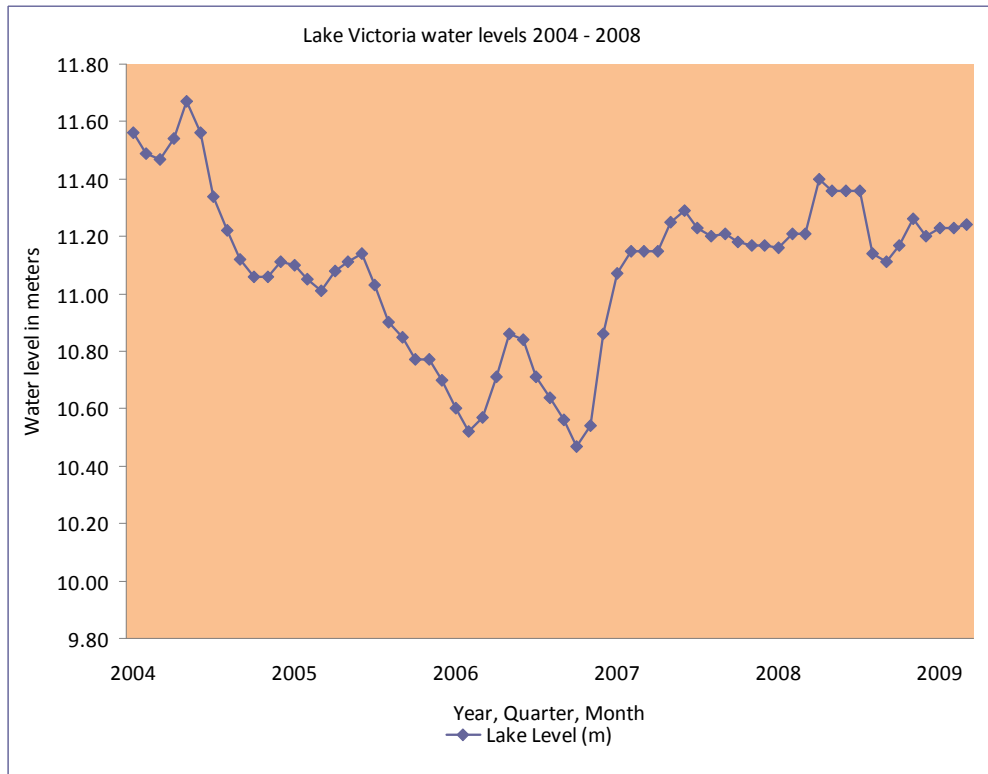
(資料) UEGCL, 2009

ウガンダの発電能力と発電電力量は、ヴィクトリア湖の水位に関する Nalubaale 発電所と Kiira 発電所の主要 2 水力発電所に非常に大きく依存する。ケニア、タンザニア、ルワンダの上流地域の干ばつにより、しばしば水位は非常に下がっており (図-8.3-2)、これにより有効エネルギーが減少している。例えば、過去 5 年間でみると、水位の低い 2006 年の 1,178 GWh と高水位の 2004 年の 1,896 GWh とでは約 60%もの違いが生じている。表-8.3-2 は、図-8.3-2 に表示される 2004 年～2009 年の 2 発電所の発電出力である。

表-8.3-2 ナイル川水力発電所からの発電電力量 (2004 年-2009 年)

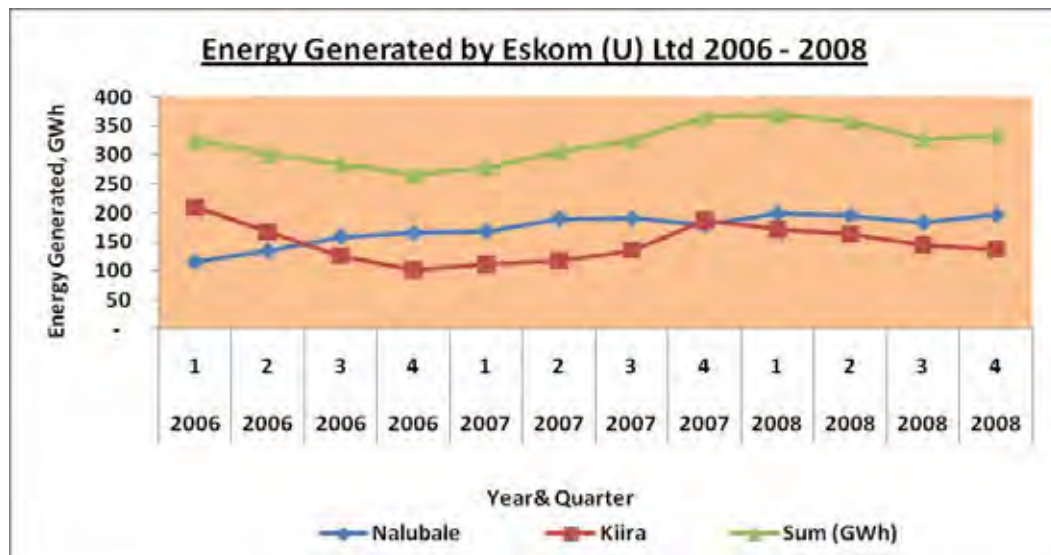
年	Nalubale (GWh)	Kiira (GWh)	合計 (GWh)
2004	937	959	1,896
2005	772	974	1,746
2006	573	605	1,178
2007	728	550	1,278
2008	774	618	1,392
2009	769	496	1,265

(資料) UEGCL 資料を基に調査団作成



(資料) Eskom 社（一部 UEGCL）資料を基に調査団作成

図-8.3-2 ヴィクトリア湖水位の変化（2004年-2009年）



(資料) Eskom 社（一部 UEGCL）資料を基に調査団作成

図-8.3-3 Eskom 社発電電力量の変化（2006年-2008年）

8.3.10 既設送電および配電系統

ウガンダは、132 kV 高圧送電線が合計 1,425 km、66 kV が 54 km ある。1998 年までに運用している主要送電線は表 8.3-3 のとおりである。

表-8.3-3 運転中主要送電線（～1998年）

No	送電線名	電圧	距離 (km)	型式	充電開始年
1	Owen Falls - Tororo	132 kV	2x119.6	steel	1954
2	Tororo - Malaba	132 kV	2x10.6	steel	1954
3	Owen Falls - Kla North	132 kV	2x68.8	steel	1954
4	Kampala North - Mutundwe	132 kV	2x8.9	steel	1959
5	Mutundwe - Kabulasoke	132 kV	84.5	wooden	1963
6	Kabulasoke - Nkonge	132 kV	134	wooden	1963
7	Nkonge - Nkenda	132 kV	75	wooden	1963
8	Kabulasoke - Masaka West	132 kV	59.5	wooden	1963
9	Tororo - Opuyo	132 kV	119.5	wooden	1963
10	Opuyo - Lira	132 kV	141.2	wooden	1963
11	Owen Falls - Lugazi	132 kV	35.2	steel	1963
12	Masaka West - Kyaka	132 kV	85	steel	1994
13	Masaka West - Mbarara North	132 kV	129.6	steel	1995
14	Lugogo - Kla North	132 kV	2x5.5	steel	1997
15	Lugogo - Mutundwe	132 kV	2x10.4	steel	1997
16	Owen Falls - Lugogo	132 kV	2x75	steel	1998

(資料) UETCL 資料を基に調査団作成

配電設備は、33 kV が 3,258 km、11 kV が 443 km、11kV 未満が 6,496 km ある。

8.3.11 顧客状況

配電網は国の 54 地区のうち 33 地区で電気を供給している。ウガンダの電化率は非常に低く、国全体のわずか 5%、地方では 2%未満が電力系統につながっているにすぎない。Umeme 社の実績指標報告書によれば、電気は住宅(55%)、商業(24%)、工業 (20%)、街灯 (1%)で消費されている。2009年 12月の顧客は、表 8.3-4にあるように、317,394 件である。

表-8.3-4 既存顧客数

(2009年 12月時点)

Domestic (Small General 10.1)	292,348
Commercial(Small General Service 10.2)	23,654
Industrial (Large Industrial 30 & 32)	200
General (Medium Industrial 20 & 22)	983
Street Lighting (50)	209
合計	317,394

(資料) UMEME (2009)

ウガンダの国内顧客に加えて、ウガンダはウガンダ送電会社の近隣諸国、ケニア (30 MW)、タ

ンザニア(9 MW)、ルワンダ (5 MW)への電力輸出契約がある。しかし、ケニアへの 30 MW はオフピーク時間だけで、また実質的に、タンザニアへは 6MW、ルワンダへは 3 MW である。

8.3.12 電気料金

電力監督庁は、表-8.3-5にあるように、この 10 年以上小売料金を段階的に値上げすることを続括してきた。その目的は、国内料金の範囲内で、内部補助金から利益を受ける貧しい顧客に配慮するとともに、供給者のコストを反映するような小売料金を提示することである。

表-8.3-5 小売電気料金 (2001 年～2006 年) (単位 : Uganda Shillings)

コード	区分	単位	2001.1	2002.9	2003.6	2004.3	2005.6	2005.12	2006.6
Domestic (Code 10.1)	1-5 kWh	kWh	-	-	50	50	50	50	50
	>15 kWh	kWh	-	-	170.1	171.4	212.5	216.9	298.2
	1-30 kWh	kWh	50	50	-	-	-	-	-
	>30 kWh	kWh	189.8	168	-	-	-	-	-
	31-200 kWh	kWh	-	-	-	-	-	-	-
	>200 kWh	kWh	-	-	-	-	-	-	-
Commercial (Code 10.2/10.3)	Average Unit Charge	kWh	189.8	168	170.1	164.8	204.4	208.3	286.8
	Peak	kWh	-	-	-	196.8	259.9	265.9	327.6
	Shoulder	kWh	-	-	-	162.8	200.5	204.3	287
	Off-Peak	kWh	-	-	-	104.3	100.8	100.6	223.9
	Standing Service Fee	Month	1,000	1,000	1,000	1,000	2,000	2,000	2,000
	Industrial (Code 20)	Average Unit Charge	kWh	171.6	152.4	155.1	150.3	178.9	182.8
Peak		kWh	-	-	-	75.3	116.3	119.6	148.3
Shoulder		kWh	-	-	-	59.4	82.5	84.6	123.5
Off-Peak		kWh	-	-	-	32.9	34.1	34.3	91.2
MD Charge		kWh	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000
Standing Service Fee		Mon	10,000	10,000	10,000	10,000	20,000	20,000	20,000
Large Industrial (Code 30)	Average Unit Charge	kWh	104.4	93.5	89.4	60.4	71.9	73.6	120.8
	Peak	kWh	-	-	-	180.2	232.1	238.2	300.9
	Shoulder	kWh	-	-	-	148.3	175	178.8	261.8
	Off-Peak	kWh	-	-	-	94.5	80.2	80	201.9
	MD Charge	kVA	-	-	-	-	-	-	-

	MD up to 2000 kVA	kVA	3,300	3,300	3,300	3,300	3,300	3,300	3,300
	MD above 2000 kVA	kVA	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
	Standing Service Fee	Mon	15,000	15,000	15,000	15,000	30,000	30,000	30,000
Street Lighting (Code 50)	Average Unit Charge	kWh	176.4	153	155	162.5	201.5	205.3	282.8
	Peak	kWh	-	-	-	130.1	-	-	-
	Shoulder	kWh	-	-	-	113.1	-	-	-
	Off-Peak	kWh	-	-	-	87.7	-	-	-
	Standing Service Fee	Mon	4,000	4,000	4,000	-	-	-	-

(Note) USD 1 = Uganda Shillings 2,245

(資料) UMEME 社資料を
基に調査団作成

ウガンダ送電会社と UMEME 社との間の販売料金や、ウガンダ送電会社と各 IPP や Eskom 社との間の電力売買契約 (PPA) に基づく買電料金のために、電力監督庁は、設定された料金政策と料金ガイドラインに基づいて、関係組織間で合意した料金を見直して、承認または改正を要求する。

8.3.13 電力需要予測

ウガンダの実際の電力需要は、緊急の電力調達にもかかわらず起こる持続的な負荷制限のために、実際の記録以上に大きい。マスタープランは、電源開発計画において、適切なシナリオと高水準/低水準のシナリオの 3 シナリオを検討した。表-8.3-6 は、今後 15 年以上の電力需要見通しである。

表-8.3-6 最大電力と電力量予測

年	ベースケース - 総販売電力量	ベースケース - 最大電力
	GWh	MW
2010	1,868	535
2015	2,840	727
2020	4,174	967
2025	5,588	1,294
2030	7,177	1,662

(資料) PB (2009)

8.3.14 電源開発計画

国家電力マスタープランに従って、ウガンダ政府は電力需要の増大に対処し、また、地域間の電力融通を促進するため、巨大な国産エネルギーの開発、特にナイル川の水力発電開発を最優先課題としている。ウガンダの水力発電潜在能力は高く、2,000MW 以上と推定されており、これは主にナイル川によるものである。

計画にある電源開発プロジェクトは、表-8.3-7 に示されているように、大規模水力と小水力を含んでいる。ウガンダ政府は、その再生可能エネルギー政策に従って、地熱の開発によって電源構成の多様化を計画している。しかし、この達成のためには、多額の資金調達や他の財政優先順位を含めて、多くの制約に直面している。

表-8.3-7 最小費用電力開発計画

運転開始年	発電所	実質容量 MW
2009	AGGREKO Kiira	50
2010	AGGREKO Mutundwe Retire	-50
	Electromaxx	10
	INVESPRO	50
2011	AGGREKO Kiira Retire	-50
	Small hydro	40
2012	Electromaxx Retire	-10
	Invespro Retire	-50
2013	Peaking plant (Gas turbine)	25
	Bujagali	250
2014	Baseload plant (steam plant)	100
2016	Small hydro	37
2017	Karuma	250
2019	Isimba	100
2021	Geothermal 1	30
2022	Geothermal 2	30
2023	Geothermal 3	30
2024	Ayago	250
2025	Karuma	250
2025	Small hydro	7
2026	Ayago	250

(資料) PB (2009)

8.3.15 電源開発計画における IPP の役割

ウガンダは、官民連携の形で、電源開発プロジェクトのパートナーに民間企業を誘致すると同時に、発電と配電事業を民営化している。政府は、地方電化と送電網の運用と拡充に対して、公的資源を集中することとしている。発電分野への民間企業の参加を促進する制度的環境は整って

いる。地熱開発は、政府、援助機関、民間セクターの支援と参加の両方を必要としている。各主体は、望まれる電源の多様化目標の達成と環境面で地球に優しいエネルギー開発の促進のための役割が期待される。

8.3.16 電源開発計画における地熱発電

政府の2001年から2010年までの地方電化推進計画は、再生可能エネルギー利用の促進に当たって、もうひとつの重要要素となっている。ウガンダの再生可能エネルギー政策の目標のひとつは、2017年までに最新の再生可能エネルギー利用を全エネルギー消費の現状4%から61%へ増加することである。現在までの調査によると、Kibiro、Buranga、Katwe-Kikorongoの3つの地域が地熱開発の潜在的可能性のある地域として位置づけられている。国内の地熱ポテンシャルは約450MWと推定されている。政府の資料によると、2012年に25MW、2017年に45MWの地熱発電がそれぞれ着手されることになっている。今まで掘削調査が行われなかったことを考えれば、このような計画にうまく対処するのは難しい。

しかし、PB Powerの2009年12月電力セクターマスタープランでは、2020年、2021年、2022年に各30 MW地熱発電運転開始となっている。このマスタープランでは、仮に地熱開発が順調に進み、その資源量が確定した場合、次のマスタープラン改訂時に、2013年予定の汽力発電設備100MWを地熱に置き換える可能性も示唆している。再生可能エネルギー政策と電力部門投資計画を達成する望みを結合するために、現在から2020年までに、できるだけ多くかつ早く地熱発電が系統につながることを許可されるように提案される。

8.3.17 送電容量拡充計画

電源開発計画には、遠隔地の水力発電所を電力需要地までつなぐ送電線の拡充計画も含んでいる。さらに、いくつかの送電線強化は、主要変電所間の増加している負荷を切り替えるためにも必要とされている。表-8.3-8は、2018年までの送電拡充計画である。

表-8.3-8 送電線拡充計画

プロジェクト名称／地域	運用開始予定年
Bujagali Interconnection Project (BIP)	2011
Nkenda- Fort Portal-Hoima 132kV lines	2011
Owen falls – Lugazi 66kV transmission line Rehabilitation	2012
Kawanda – Masaka 220kV transmission line	2013
Mbarara– Nkenda 132kV Transmission Line	2013
Tororo – Opuyo –Lira 132kV Transmission Line	2013
Mutundwe – Entebbe 132kV Transmission Line	2013
Opuyo-Moroto 132kV line and substation	2013
Mbarara-Mirama (Uganda) -Birembo (Rwanda) 220 kV	2013
Bujagali-Tororo (Uganda) - Lessos (Kenya) 220kV transmission	2013
Nkenda (Uganda)-Mpondwe – Beni (DRC) 220kV transmission	2014
Mirama-Kabale 132kV line	2014

(資料) Uganda Medium Term Generation Expansion Plan and Renewable Energy Policy for Uganda 2007

8.3.18 まとめ

ウガンダが直面している主要課題は、乾季や負荷の増加に対し、電力の確保を行うことであり、また、特に緊急電力源としての火力発電の高コスト体質の改善であり、さらには、国民の低い電気接続率の向上にある。また、再生可能エネルギー開発の資金不足、再生可能エネルギー開発のためのリスクへの対応と資金調達を行い、水力発電不足分を補償するために適切な電力供給容量を確保することである。

2007年のウガンダ再生可能エネルギー政策によれば、電力セクターが直面する課題に対処する手段として、主に水力資源と地熱を含む再生可能エネルギー資源を開発することが政府の政策目標である。それゆえ、ウガンダは、最近の電力不足、電力需要の増加、契約上定められた近隣諸国のケニア、タンザニア、ルワンダへの輸出電力の確保、電源多様化のための電力開発計画の着実な実施等のために、官民両方のセクターからの十分な投資を必要としている。必要な規制上の枠組みはできあがっており、電力セクターが発展するように随時見直しを行う準備も整っている。

第 8.4 節 地熱資源状況

ウガンダでは主として地溝帯周辺に地熱地帯があるが、全国的な地熱資源量調査は実施されておらず、地熱資源ポテンシャルは 1980 年代にアメリカの調査機関が UNDP の調査で見積もった約 450MW (McNitt, 1982) という数値があるのみである。20 地点ほどの地熱地域の中で、これまで以下の主要 3 地域 (Buranga、Katwe-Kikorongo、Kibiro) の調査が海外の機関により実施されている。

また、最近の石油探査により Panymur 地域の地温勾配が高いことが確認されている。

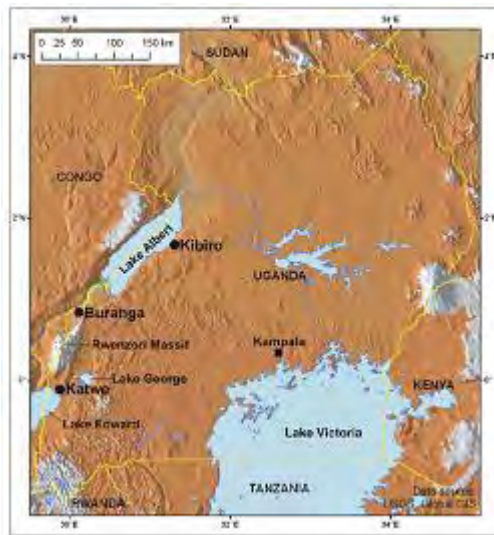
8.4.1 Buranga 地域

Buranga 地域は BGR により調査が実施されている (BGR, 2007)。Buranga 地域はコンゴ国境に近いウガンダ西部の Bundibugyo 地区にあり、Albertine リフト (東アフリカ大地溝帯の西部分岐) の中である (図-8.4-1)。また、Rwenzori 山地のふもとに位置し、火山活動の兆候はないが、構造的には活発であり (図-8.4-2)、断層支配型貯留層であると考えられる。周辺温泉は全て自然湧出で、最高湧出温度は 98.3°C、pH は中性、Cl 濃度は約 4,000mg/kg であり (表-8.4-1)、マグマ起源の流体の混入の可能性が考えられている。主要陰イオンに基づく分類では、本地域の温泉水は SO₄ 型、HCO₃ 型または中間型に分類され、深部熱水型を示す Cl 型は本地域から北北東に 20km 離れた石油探査地域での井戸の坑内水のみである (図-8.4-3)。温泉水の Cl 濃度と SO₄ 濃度の関係は本地域周辺の温泉水が SO₄-Cl 流体と希薄な HCO₃ 流体の混合で説明できることを示しており (図-8.4-4)、本地域の温泉水の起源は、安定同位体比分析結果から、Rwenzori 山地内の高標高地に降った降水であるということが示されている (図-8.4-5)。貯留層温度については、温泉水の化学成分に基づく地化学温度計算結果から 120~150°C であることが示されている (表-8.4-1) が、熱流量孔 (最深 349m) の坑内最高温度は 66°C である。温度勾配は最高でも 31°C/km

程度しかなく、地熱の高温異常は確認されていない。推測される熱源は、貫入しているマグマであり、地熱系概念モデルは、図-8.4-6、図-8.4-7のように考えられている。また本地域は物理探査が実施されておらず、地質・地熱構造が明らかにされていないことから発電出力等は試算されておらず、開発計画も策定されていない。

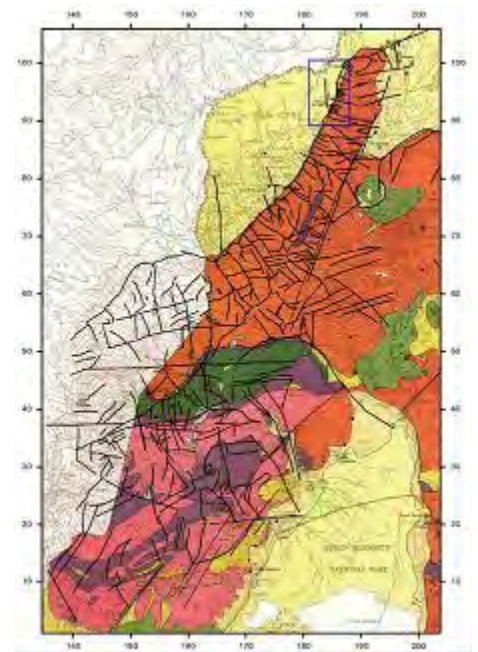
Semliki 国立公園内にあるが、開発に対する規制はない (Bahati, 私信)。

既存調査に基づく Buranga 地域の地熱資源状況一覧を別冊資料-5-1 に示す。



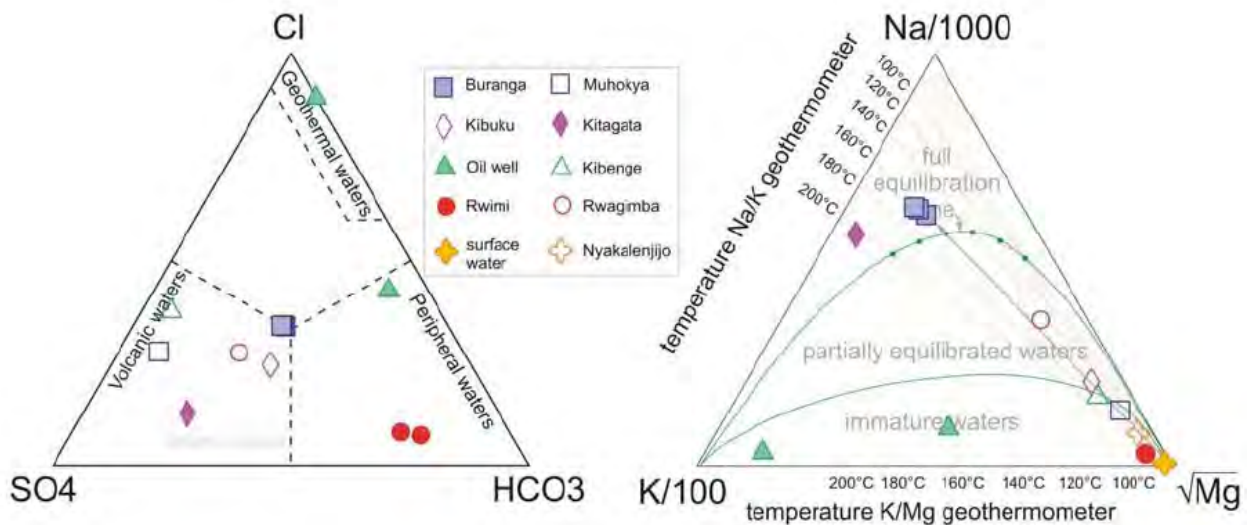
(資料) Bahati et al.(2010)

図-8.4-1 ウガンダの地熱地帯
(Katwe, Kibiro, Buranga)



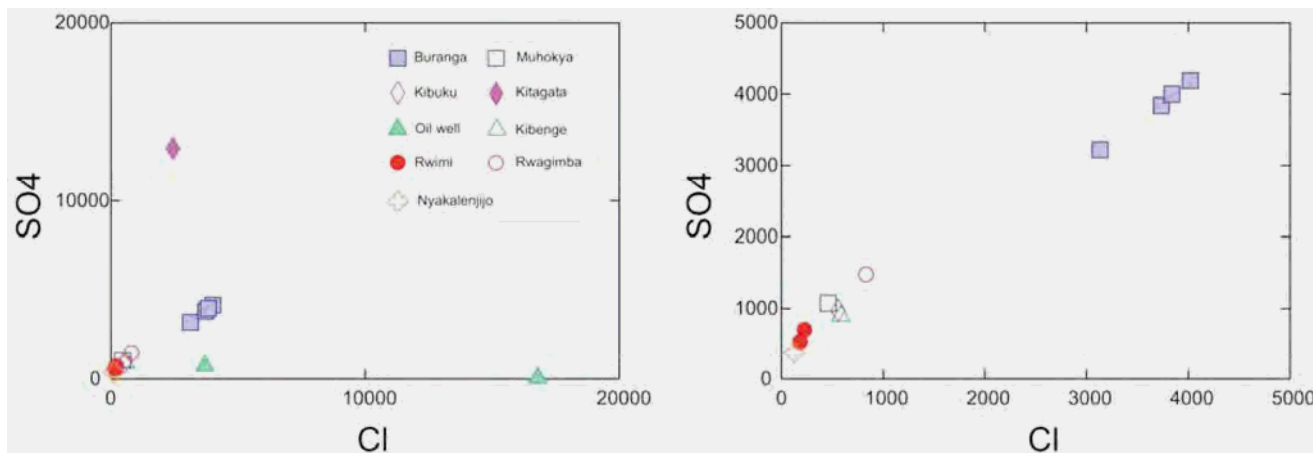
(資料) BGR (2007)

図-8.4-2 Buranga 地域 (ウガンダ) の地質図とリニアメント



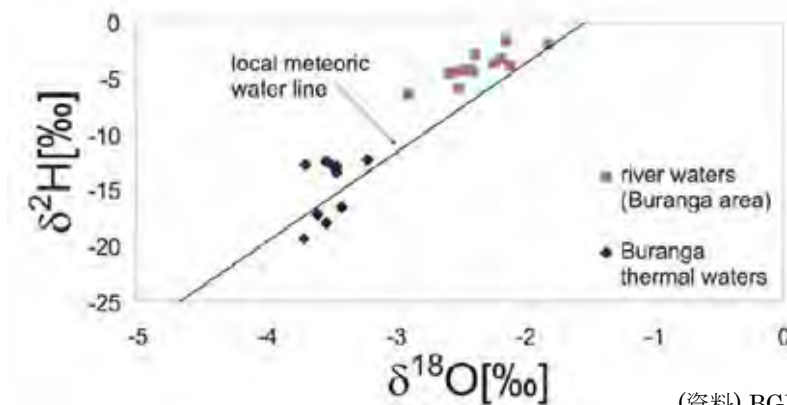
(資料) BGR (2007)

図-8.4-3 Buranga 地域の温泉水の主要陰イオン三成分図と Na-K-Mg 三成分図



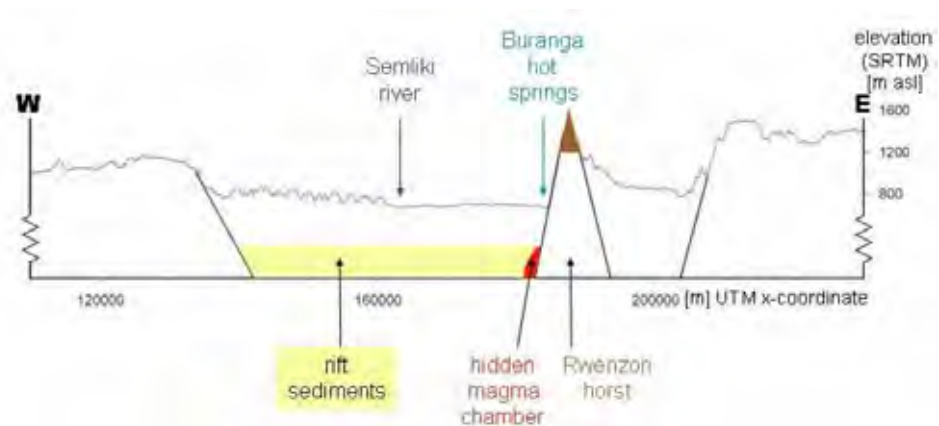
(資料) BGR (2007)

図-8.4-4 Buranga 地域の温泉水の Cl 濃度と SO₄ 濃度の関係図



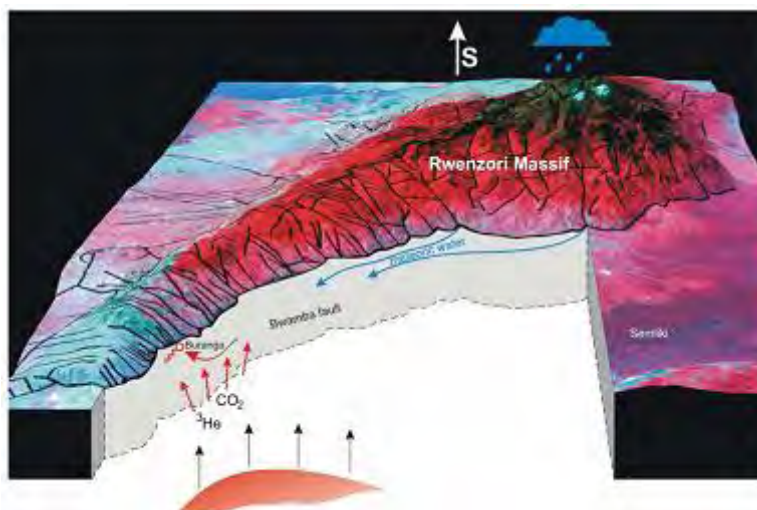
(資料) BGR (2007)

図-8.4-5 Buranga 地域の温泉水・河川水の水の水素・酸素同位体比関係図



(資料) BGR (2007)

図-8.4-6 Buranga 地域の地熱系概念モデル断面図



(資料) BGR (2007)

図-8.4-7 Buranga 地域の三次元モデル

表-8.4-1 Buranga 地域の温泉水の化学成分 (mg/kg) と安定同位体比 (%) 分析結果

Location	Sample No.	Temp. (°C)	pH	CO ₂	H ₂ S	SiO ₂	Na	K	Ca	Mg	SO ₄	Cl	B	Li	δ ¹⁸ O	δD	TDS
Mumbuga2	UG-93-09	93.4	7.87	2445	0	76.9	5320	195	2.45	2.13	3720	3580	4.3	1.34	-3.6	-17.1	14600
Mumbuga5	UG-93-10	93.6	7.73	2411	0	76.4	5160	190	2.56	2.27	3570	3490	4.2	1.3	-3.49	-12.8	14030
Nyansimbe9	UG-93-16	95.8	8.15	2638	0	87.7	5940	222	0.95	1.74	4180	4010	4.71	1.48	-3.21	-12.2	16250
Nyansimbe13	UG-93-11	80.3	7.61	2889	0	88.6	6160	230	2.1	2.63	4330	4160	4.96	1.51	-3.54	-12.4	17050
Nyansimbe17	UG-93-32	98.2	8.57	2635	0	85.1	6270	235	0.39	0.28	4400	4210	4.96	1.51	-3.45	-13.4	17080
Nyansimbe19	UG-93-13	85.8	7.81	2878	0	85.7	6300	234	2.04	1.98	4420	4240	4.8	1.54	-3.46	-12.9	17050
Kagoro20	UG-93-12	89	7.50	2798	0.3	81	5950	219	2.69	2.19	4160	4030	4.7	1.47	-3.69	-12.7	16400
R.Mungera	UG-93-15	21.8	7.52	57	0	37.2	11.1	3.7	11.2	3.61	1.7	1.8	0	0.008	-2.24	-3.7	74
Kyakatimba1	UG-93-17	23.8	7.54	197	0	36.3	21.2	8.1	54.7	14.3	27.6	2.1	0	0.034	-2.57	-4.6	208

(資料) Bahati et al.(2010)

表-8.4-2 ウガンダ国内の代表的な地熱地帯の温泉水の地化学温度 (°C)

Area	Site	T _{qr} ^a	T _{KMg} ^b	T _{NaK} ^c	T _{NaKCa} ^d	T _{S¹⁸O₄H₂¹⁸O} ^e
Kibiro	Kibiro 5	160	148	217	220	137
	Kibiro 14	151	150	222	223	110
Katwe-Kikorongo	L.Kitagata 2	116 ^f		145 ^f		130
	L.Kitagata 5	134 ^f		162 ^f		140
Buranga	Kagoro 20	122 ^f		111 ^f		188
	Nyansimbe 17	104 ^f		113 ^f		189
	Mumbuga 5	117 ^f		111 ^f		212

^a Fournier and Potter (1982).
^b Giggenbach (1988).
^c Arnórsson et al. (1983).
^d Fournier and Truesdell (1973).
^e Mizutani and Rafter (1969).
^f Results from Árnannsson (1994).

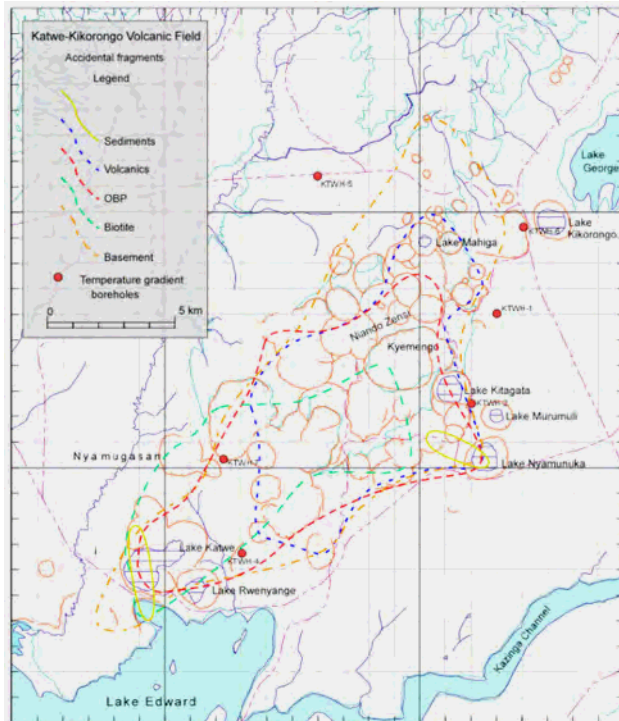
(資料) Bahati et al.(2010)

8.4.2 Katwe-Kikorongo 地域

Katwe-Kikorongo 地域は ICEIDA により調査が実施されている (ICEIDA, 2009)。Katwe-Kikorongo 地域は、Queen Elisabeth 国立公園内にあり、北は Rwenzori 山地、南は Edward 湖に挟まれている (図-8.4-1)。本地域は火山地帯で、数多くの水蒸気爆発クレーターがあるが、溶岩流の跡はほとんどない (図-8.4-8)。その他、基盤岩が卓越した地域では、火砕物や花崗岩と片麻岩を豊富に含む凝灰岩などが見受けられる (図 8-4.9)。火山活動の年代は、更新世から完新世の間と見積もられている。推測される熱源は、貫入しているマグマである。本地域の地表地熱兆候は、Kitagata クレーター湖の中にある温泉 (70℃) やトラバーチン (石灰質化学沈殿岩) である。温泉水の化学組成は、非常に高濃度の HCO₃ (最高 20,000mg/kg) と SO₄ (最高 100,000mg/kg) で特徴付けられ、Cl 濃度は最高で 86,600mg/kg であり海水の 4 倍以上の濃度である (表-8.4-3)。温泉水の化学分析結果に基づく地化学温度は 140~200℃ (表-8.4-3) である。また、Kitagata 湖と Katwe 湖の流体は H₂S を 30~40ppm 含むことも特徴であり、このことは流体の起源が火山性または熱水性であることを示唆している。熱流量孔 (約 300m) の温度調査結果から、温度勾配は 30~36℃/km 程度しかなく、地熱貯留層が深部に存在するか、熱流量孔から離れた場所に位置することを示唆している。

物理探査では、TEM と重力探査が実施されている (図-8.4-10)。得られた結果に基づき、熱流量孔の候補地点が選定されており (図-8.4-11)、地熱構造図作成されている。しかしながら、発電出力等が試算されるまでには至っておらず、開発計画も策定されていない。

既存調査に基づく Katwe-Kikorongo 地域の地熱資源状況一覧を別冊資料-5-2 に示す。



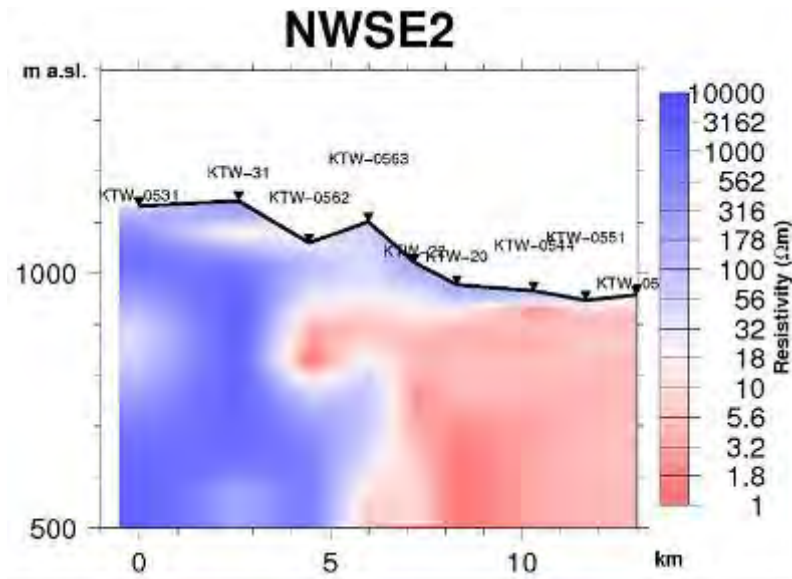
(資料) ICEIDA (2010)

図-8.4-8 Katwe-Kikorongo (ウガンダ) 火山地域のクレーター等分布図



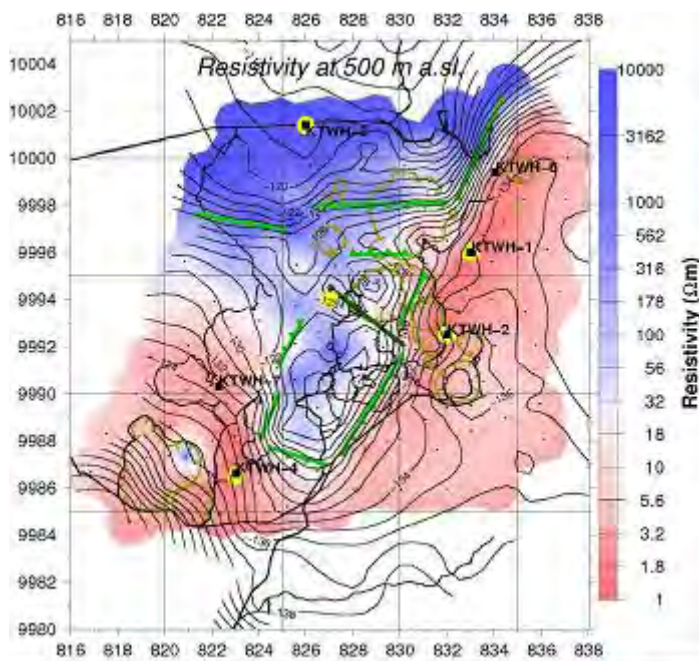
(資料) Bahatiet al.(2010)

図-8.4-9 Katwe-Kikorongo 地域の地質図



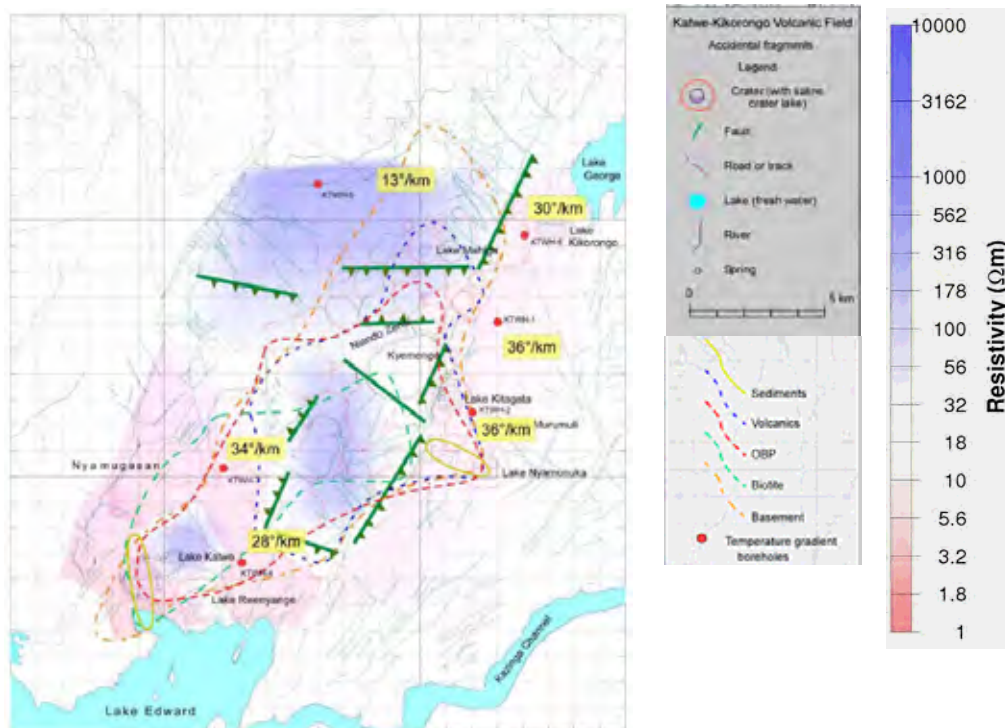
(資料) ICEIDA(2010)

図-8.4-10 Katwe-Kikorongo地域の
TEM 調査に基づく比抵抗断面図



(資料) ICEIDA(2010)

図-8.4-11 Katwe-Kikorongo地域の熱流量孔の掘
削候補地点（黄丸）と実際の掘削地点（黒四角）



(資料) ICEIDA(2010)

図-8.4-12 Katwe-Kikorongo 地域の地熱構造図

表-8.4-3 Katwe-Kikorongo 地域の温泉水の化学成分 (mg/kg) と安定同位体比 (%) 分析結果

Location	Sample No.	Temp. (°C)	pH	CO ₂	H ₂ S	SiO ₂	Na	K	Ca	Mg	SO ₄	Cl	B	Li	δ ¹⁸ O	δD	TDS
L.Katwe13	UG-93-01	28.6	7.61	156	0	29.3	44.7	35.1	10.1	5.92	7.0	3.9	0	0.003	-3.52	-9	132
L.Katwe6	UG-93-02	28.5	9.64	11316	5.3	88.6	25600	3500	0.1	0.95	9940	19000	1.9	0.067	1.9	-6	72000
L.Nyanamun1	UG-93-03	27.5	9.42	5523	0	32.2	8950	722	0.13	0.49	6450	3340	0.27	0.025	1.12	9.1	24690
L.Edward1	UG-93-04	23.3	8.55	223	0	18.2	83.7	41.5	16.8	27.3	18	20.2	0	0.01	2.52	22.1	254
Katunguru1	UG-93-05	26.6	6.95	1000	0	53.7	952	89.7	296	232	1800	723	0	0.023	-1.88	-8	4870
L.Kitagata5	UG-93-06	66.6	8.41	3105	0	91	9310	644	0.6	0.85	13400	2430	0.82	0.063	-0.73	0.5	27770
L.Kitagata2	UG-93-07	56.6	8.03	2544	0	105	6510	523	1.45	6.27	8970	1770	0.59	0.031	-0.6	3.2	19410
KazingaCh1	UG-93-08	26.2	8.28	108	0	21.5	38.5	7.8	22.9	11.2	11	10.3	0.06	0.005	0.98	12.6	180
L.Kitagata1	UG-96-06	61.1	9.33	10350	19.4	210	33600	1840	4.1	2	44000	8370	2.77	0.16	2.2	0	99515
L.KitagataW	UG-93-28	36	9.57	19470	0.3	389	87300	4780	4.3	1.47	110300	22200	6.9	0.08	10	24	256000
L.KatweW	UG-93-29	28	9.55	9008	4.8	237.6	124500	22500	5.3	32.5	71300	86600	17.5	0.11	9.6	24.5	372000

(資料) Bahatiet al.(2010)

8.4.3 Kibiro 地域

Kibiro 地域は ICEIDA により調査が実施されている (ICEIDA, 2009)。(図-8.4-1) Kibiro 地域は東アフリカ大地溝帯の西部分岐の断崖のふもとにある。そして北東-南西に走る断崖によって完全に二つの地域に分断されている (図-8.4-13)。断崖の東側は花崗岩等の先カンブリア時代の結晶質基盤が卓越している。断崖の西側は、少なくとも厚さ 5.5km の厚い堆積岩で覆われており、

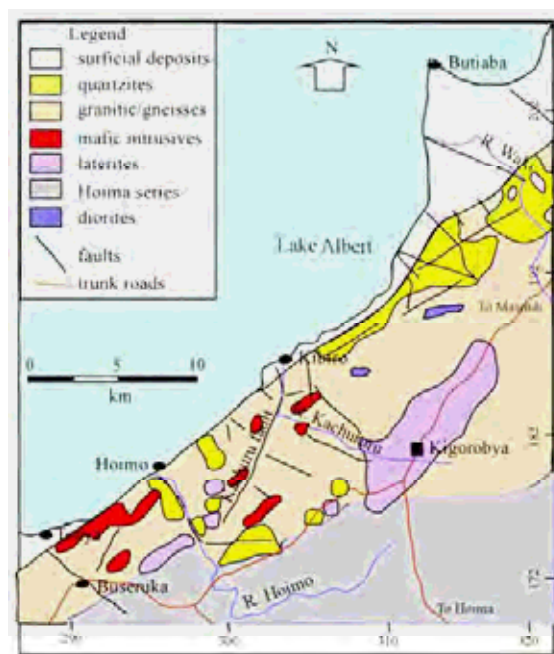
火山岩は見当たらない (図-8.4-14)。本地域の温泉水の pH は中性、Cl 濃度は最高で 2,580mg/kg であり、3 地域の中では最も低い。温泉水の化学分析結果に基づく地化学温度は 200~220℃ (表-8.4-3) で最も高い。安定同位体比の分析結果は、本地域の起源熱水が東と南に 2 種類あることを示している。また、温泉水中のトリチウム濃度から、本地域の温泉水は低温熱水の混入を受けていることが示唆される。硫酸の酸素・硫黄同位体比は、マグマ起源の流体の寄与を示唆している。物理探査では、TEM と重力探査が実施されている (図-8.4-15~17)。高重力異常と低比抵抗が重なる部分は、貫入岩の存在を示唆しており、本地域の熱源となっている可能性がある。熱流量孔が 6 本 (約 300m) 掘削されており、本地域の地温勾配は断崖の東側では 16℃/km しかないが、断崖周辺ではやや高く 30℃/km 程度あることが示された。

本地域は Pre-FS 段階であり、発電出力等は試算されておらず、開発計画も策定されていない。既存調査に基づく Kibiro 地域の地熱資源状況一覧を別冊資料-5-3 に示す。



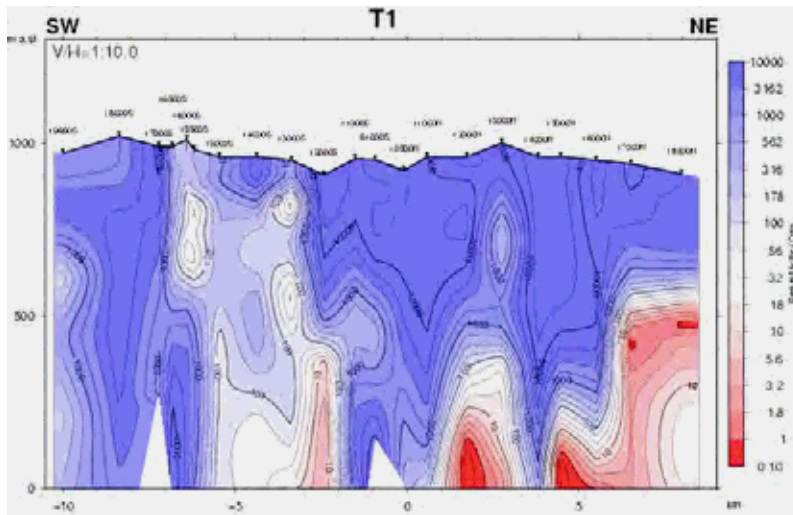
(資料) Bahati et al. (2010)

図-8.4-13 Kibiro地域 (ウガンダ) の地質と地表地熱兆候



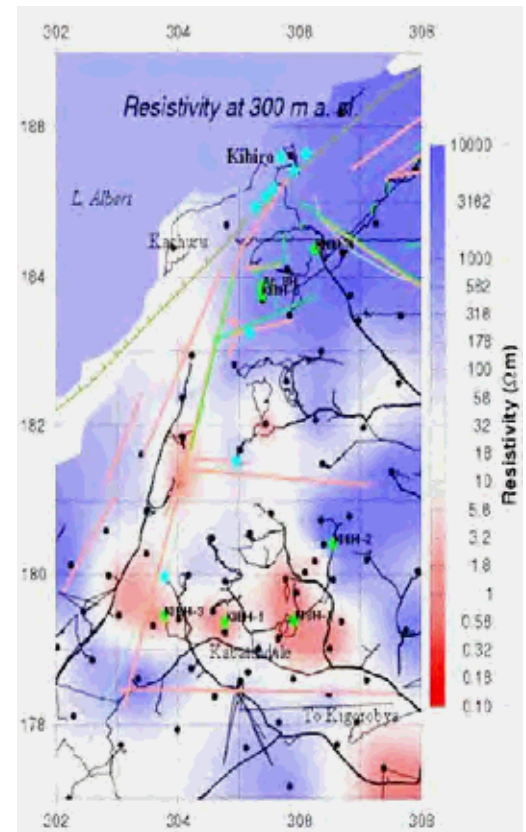
(資料) Bahati et al. (2010)

図-8.4-14 Kibiro 地域の地質図



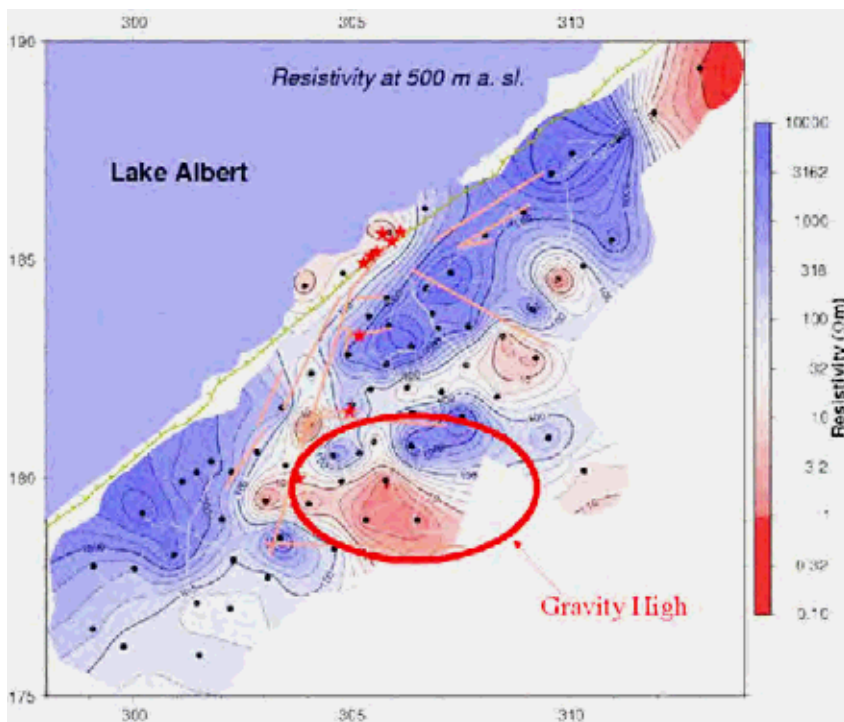
(資料) ICEIDA, 2004)

図-8.4-15 Kibiro地域のTEM調査に基づく比抵抗断面図



(資料) Bahati et al. (2010)

図-8.4-16 Kibiro地域のTEM調査に基づく比抵抗平面図（地表地熱兆候は星印）



(資料) ICEIDA, 2004)

図-8.4-17 Kibiro地域のTEM調査に基づく比抵抗平面図と高重力異常地域

表-8.4-4 Kibiro 地域の温泉水の化学成分 (mg/kg) と安定同位体比 (%) 分析結果

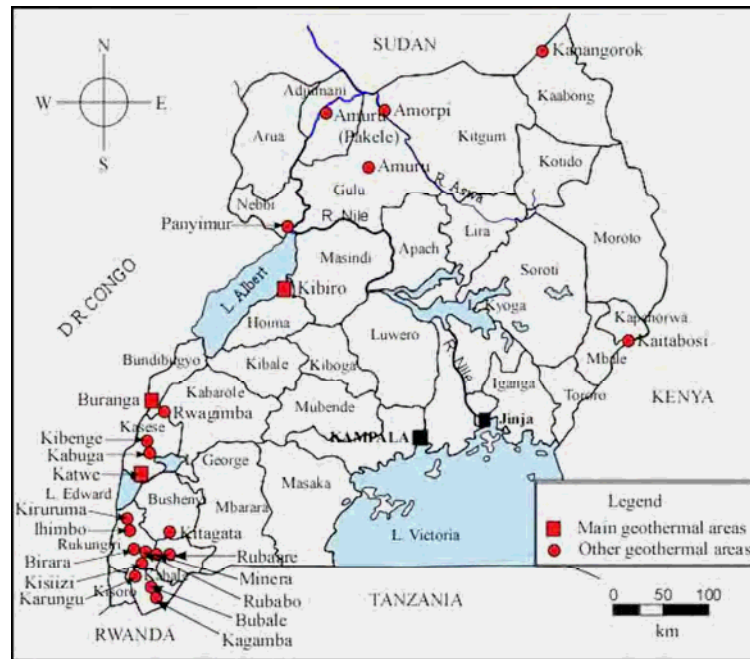
Location	Sample No.	Temp. (°C)	pH	CO ₂	H ₂ S	SiO ₂	Na	K	Ca	Mg	SO ₄	Cl	B	Li	δ ¹⁸ O	δD	TDS
Mukabiga2	UG-93-19	86.5	7.06	146	10.4	129	1530	169	62	8.14	46.7	2500	2.26	1.5	-2.01	-11.3	4576
Mukabiga5	UG-93-20	81.1	7.14	155	13	125	1490	164	62.9	7.96	26.4	2450	2.23	1.48	-2.08	-11.8	4436
Mwibanda14	UG-93-21	71.8	7.14	155	17.3	122	1480	165	65.7	9.21	15.4	2440	2.21	1.46	-1.98	-10.6	4384
Muntere15	UG-93-22	39.5	8.05	115	0	135	1570	182	75.9	8.71	49.9	2580	2.47	1.53	-1.01	-3.9	4548
L.Albert	UG-93-23	30	8.93	236	0	0.5	72.3	49.4	9.75	27.3	19.3	24.2	0	0.012	5.47	39.8	338
Wantembo	UG-93-24	29.8	6.89	367	0	90.5	87.5	7.7	75.8	39.5	139	31.2	0	0.016	-3.58	-15.2	662
Kiganjal	UG-93-25	23.6	6.26	130	0	70.8	12.4	2.6	14.8	8.03	5.3	5.2	0	0.003	-1.57	-4.1	124
Ndalagil	UG-93-26	24.9	6.72	232	0	76.1	50.6	7.5	138	39.5	227	123	0	0.015	-2.08	-5.2	680

(資料) Bahati et al. (2010)

8.4.4 その他の地域

Panymur 地域では、石油探査調査井より 80°C/km の高温の温度勾配が確認されている (Bahati, 私信)。また、35~58°C の温泉が湧出しているとのことである (Armannsson et al., 年代不詳) が、それ以外の地表調査は実施されていない。

それ以外の地域では、Kagamba、Karungu、Bubare、Rubaare、Kitagata、Ihimbo、Kanyinabarongo、Birara、Minera、Rubabo、Kiruruma、Kisiizi、Kabuga、Kibenge、Ndugutu(Bugoye)、Rwimi、Rwagimba、Kanangarok、Kaitabosi、Amuru hot spring、Amuru(Pekele) hot spring、以上 21 地域 (図-8.4-18) の温泉水の化学分析がウガンダ地質調査所により実施されている (Armannsson et al., 年代不詳)。



(資料) Bahati (2007)

図-8.4-18 ウガンダ国内の主要地域以外の地熱兆候地位置図

表-8.4-5 ウガンダ国内の主要地域以外の温泉水地化学温度計算結果

Location	Sample No.	Measured temp. °C	Quartz temp. °C	Chalcedony temp. °C	Na K temp. °C
Kagamba	UG-05-15	35	73.9	41.8	338.9
Karungu	UG-05-16	65	101.1	70.7	153.9
Bubale	UG-05-17	34	62.6	30.3	194.7
Rubaare	UG-05-18	54	138.8	112.1	134.6
Kitagata	UG-05-19	66	120.1	91.4	136.1
Ihimbo	UG-05-20	70	83.8	52.2	96.0
Kanyinabarongo	UG-05-21	38	85.0	53.4	136.4
Birara	UG-05-22	63	136.1	109.1	155.8
Rubabo1	UG-05-23	58	125.0	96.9	136.2
Rubabo2	UG-05-24	60	123.2	94.9	137.0
Kiruruma	UG-05-25	36	108.2	78.4	183.9
Kisizi	UG-05-26	30.1	58.6	26.4	n.a.
Minera	UG-05-27	58	126.8	98.8	128.1
Kabuga	UG-05-29	42	104.0	73.8	100.2
Kibenge	UG-05-30	48	97.5	66.8	121.6
Ndugulu	UG-05-31	22	79.7	47.9	141.3
Rwimi	UG-05-32	24	133.2	105.9	250.3
Rwagimba	UG-05-33	69.2	114.3	85.0	93.1
Kanangorok-1	UG-05-58	60	138.4	111.6	139.4
Kanangorok-2	UG-05-59	42	145.0	119.0	146.0
Kanangorok-BH	UG-05-60	38	144.9	118.9	153.2
Kaitabosi	UG-05-61	48	26.9	-3.1	93.7
Amoropii (Panyimur)	UG-05-62	58	111.3	81.8	98.5
Panyimur (Okumu)	UG-05-63	45	112.9	83.6	95.4
Panyimur (Avuka-2)	UG-05-64	35	104.6	74.5	139.6
Panyimur (Amuru)	UG-05-117	49	78.7	46.7	82.5
Amuru	UG-05-118	48	114.0	84.7	106.8

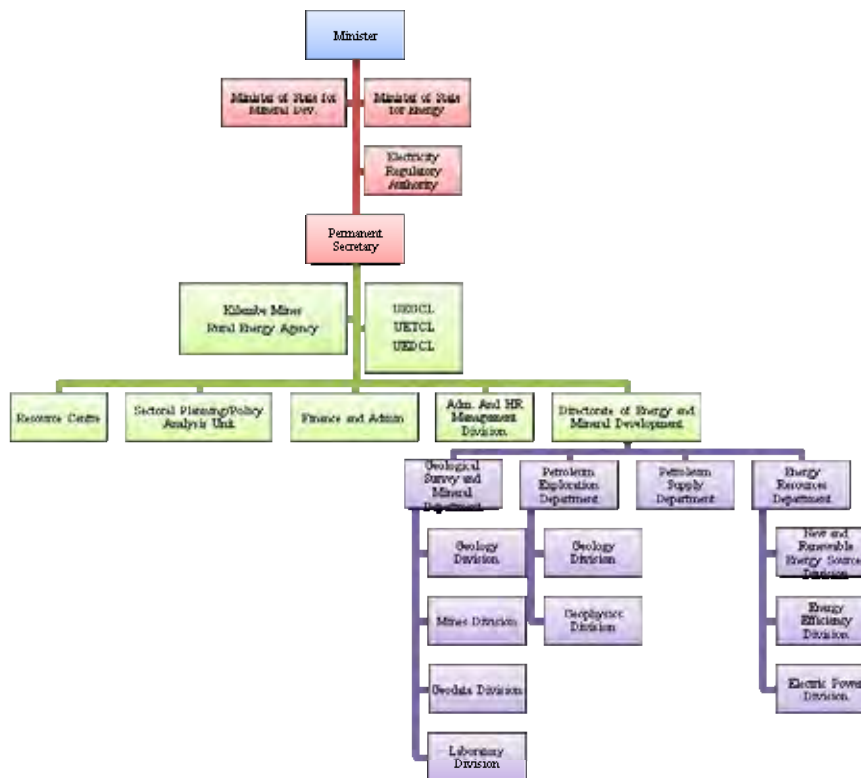
(資料) Armannsson et al.(年代不詳)

第 8.5 節 地熱開発技術力

ウガンダにおける地熱開発関連機関の概要及び技術力は次のようである。

8.5.1 エネルギー・鉱物資源省 (MEMD)

エネルギー・鉱物資源省(MEMD)の役割や主な職務としては、①エネルギー政策の策定とガイドンスの実施、②エネルギー資源や鉱物資源の潜在量の把握（資源の調査実施と技術データの評価）、③エネルギーの開発、供給、利用に関する法・規制の整備、④民間企業の資源開発や探査、使用に関する監視、評価などである。MEMD は、大臣と事務次官の下に「エネルギー・鉱物開発総局」があり、その下部組織には、「エネルギー資源局」、「石油探査・生産局」、「地質調査・鉱物局」、「石油供給局」の 4 つの技術局がある。「エネルギー資源局」には「電力課」を含め 3 つの下部組織が存在する。なお、「電力課」では、電力政策の立案、地方政府への技術支援、水力発電所の運営に対する監督、原子力関係等の業務を行っている。図-8.5-1 にエネルギー・鉱物資源省 (MEMD) とその関連機関の組織構造を示す。



(資料) MEMD 資料を基に調査団作成

図-8.5-1 ウガンダのエネルギー・鉱物資源省の組織構造

8.5.2 地質調査所 (DGSM)

Entebbe にあるエネルギー・鉱物資源省の地質調査・鉱物資源局 (Department of Geological

Survey and Mineral Development, DGSM、あるいは略してウガンダ地質調査所 (GSU) と呼ぶ) は、探査掘削を含むウガンダ国内のすべての地熱開発の実施について責務を負っている。DGSM では約 28 名の技術スタッフが地熱の仕事に関わっている。計 27 人が、現在まで様々な研修コースで研修を受けてきた (表-8.5-1)。1 名だけがアイスランド大学からの環境科学の修士学位を取得している。

表-8.5-1 ウガンダにおける各機関の地熱技術専門家

	MEMD	DGSM	PST	TOTAL
Geologist		9	0	9
Geochemist		8	0	8
Geophysicist		5		5
Reservoir Engineer		1	0	1
Drilling Engineer		0		0
Power Engineer		0	0	0
Environmental Scientist		1	0	1
Financial Planner/Modeller		0	0	0
GIS Scientist		0	0	0
Drillers		0		0
Technicians		4		4
Total	0	28	0	28

(資料) 調査団作成

表-8.5-2 に現在 DGSM が所有する装置を示す。大規模な化学実験室を有しているものの、ほとんどの設備は古く、交換か新規の機器を必要としている。近い将来に新しい施設を建設する計画があるとされる。

表-8.5-2 ウガンダにおける保有機器リスト

Equipment Description	Available	Equipment Description	Available	Equipment Description	Available	Equipment Description	Available
Geological		Geochemical		Geophysical		Drilling	
Simple GPS	0	Simple GPS	1	Differential GPS	0	Complete Rig	1
Digital Thermometer	0	Digital Thermometer	1	Simple GPS	0	Water supply system(pumps, pipelines, tanks)	2
Fluid Inclusion Heating-freezing stage	1	pH meter	2	TEM	1	Site preparation equipment (dozer, grader, tipper trucks)	1
Binocular Microscope	2	Conductivity Meter	2	MT	0	Small water rig	0
Petrographic Microscope	2	Water Sampling Kit	1	Gravimeter	1	General	
X-Ray Diffractometer	1	Gas Sampling Kit	0	Magnetometer	2	4x4 field vehicles	0
X-Ray Fluorescence	0	AAS	1	Portable seismometer	0	GIS System	0
ICP-MS	1	Ion Chromatograph (IC)	1	Reservoir Engineering		Total station	0
Thin sectioning equipment	2	Gas Chromatograph	0	Kuster gauge Tools set	0	Complete weather station	0
		Mass Spectrometer for stable Isotope	0	Kuster TPS with SRO	0		
		Tritium Scintillation counter & C14 analyser	0	Logging Winch	0		
				Logging Truck (K10)	0		
				Discharge Silencer	0		

(資料) 調査団作成

DGSM の現在スタッフは地表探査を実施する能力を有しているが、最大の問題は実施に必要な定期的な予算が無いことにある。鉱物資源探査の方がより多くの資金提供があると思われ、ほとんどのスタッフは鉱物資源探査の分野に向けられており、地熱開発については特定のプロジェクト名が無い限り、探査開発活動は委縮してしまっている。地熱開発プロジェクトとしては、以

前には ICEIDA の資金援助で Katwe と Kibiro フィールドでの地表探査が実施された。最近では BGR による支援で、Buranga フィールドにおける地表探査が実施されている。

地熱開発業務に関する、明確な組織構造は規定されていない。研究事業部の事業部長補佐が非公式な地熱業務の取りまとめ役を任じている。彼はまた、ARGeo における IAEA からの同位体の技術支援に関する地域コーディネーターにも就任している。

8.5.3 民間地熱開発事業者 (IPP)

これまでウガンダの地熱開発に興味を示している IPP は無い。

8.5.4 コンサルタント

地熱開発に関する現地コンサルタントは存在しない。

第 8.6 節 エネルギー政策

2002 年 9 月、政府はエネルギー部門に民間投資を呼び込むため必要となる、長期的なエネルギー政策として、世界銀行 (WB)、ノルウェー国際開発庁 (NORAD)、スウェーデン国際開発庁 (SIDA)、JICA 等、複数の国際機関や外国の支援を受け、「国家エネルギー政策 (The Energy Policy for Uganda)」を作成し公表した。この政策では、「社会・経済開発のために国民が必要とするエネルギーを環境的に持続可能な形で満たすこと」が目標となっている。表-8.6-2 に「国家エネルギー政策」に掲げられた目的と目的達成のための政府の取るべき行動計画を示す。

再生可能エネルギー政策に関しては、エネルギーセクターの目標として、環境に優しく維持可能な方法でウガンダ国民の社会的及び経済的な発展を支えるために必要なエネルギーを提供することにあるとされていることの実現を図ることにある (2002 年「再生可能エネルギー政策」)。エネルギー政策においては、特に貧困撲滅に貢献し、エネルギー運用の管理や事務処理を改善し、経済成長に寄与し、かつエネルギーに関わる環境への影響を管理することをうたっている。1995 年に制定された憲法では、「ベーシック・ヒューマン・ニーズの充足」がうたわれており、そのための手段の 1 つとして「全国的なエネルギー供給」が必要であるとされている。

電力法 (1999 年) の第 56 条 1 項に従って、送電事業免許を有するウガンダ送電会社 (UETCL) は電力監督庁からの指示に基づいて、再生可能エネルギーによる発電電力の固定価格買取制度 (FIT) を提示している。これは上限 20MW までの再生可能エネルギーによる発電設備に対して、回避コストを基にして算出された系統電力への購入価格を規定するものであり、再生可能エネルギーの開発を促す事を目標としている。但しこの FIT については、再生可能エネルギーの中の小型水力とバイオマスしか適用されず、地熱発電は含まれていない。

表-8.6-1 ウガンダにおける Feed in Tariff の買取価格一覧

Time of Use	Hydro Power			Biomass		Weighted Average
	Year 1 to 6	Year 7 to 20	Simple Weighted	Year 1 to 6 (Bagasse)	Year 7 to 20	

			Average		(Bagasse)	
Peak (1800-2400hrs) (US Cents/KWh)	12.00	9.00	9.00	12.00	8.00	9.60
Shoulder (0600-1800hrs) (US Cents/KWh)	6.40	5.40	5.70	6.00	4.50	5.10
Off-Peak (0000-0600hrs) (US Cents/KWh)	4.00	1.50	2.25	4.10	4.00	4.04
Average Tariffs	7.20	5.33	5.89	7.03	5.25	5.96

(資料) ウガンダ ERA 資料を基に調査団作成

なお、CDM への取り組みについては、1993 年 11 月 8 日に国連機構変動枠組条約 (UNFCCC) を、2002 年 3 月 25 日に京都議定書を批准しており、気候変動枠組条約 (UNFCCC) の窓口としては、気象庁 (Department of Meteorology) を指定している。今後、法的枠組の調和・整合を前提としつつ、案件の実施を目指していく予定である。また、CDM 事業を承認するための指定国家機関 (DNA) は、国土水環境省 (Ministry of Lands, Water and Environment) となっている。実際の CDM プロジェクトについては、世界銀行プロトタイプ・カーボンファンド (PCF) によるプロジェクトが実施されている。

表-8.6-2 政策の目的と政府の行動計画

	本政策の目的	政府の行動
1	各エネルギー資源の潜在量と需要量の確証	<ul style="list-style-type: none"> エネルギー資源のデータベースを作成すると共にエネルギーの消費傾向を把握する。 データを入手し評価するため、地方の人材を育成する。
2	全国的なエネルギー供給システムの確立 低価格での安定供給	<ul style="list-style-type: none"> エネルギー部門へ民間資本を奨励する。 エネルギー供給者間における競争を促進する。 市場の開発を促進する。 地方部へのエネルギー供給を確立する。 消費者に対して、情報、教育、技術を提供する。 金融機関と連携し、継続的なファイナンスメカニズムを構築する。
3	エネルギー部門の管理改善	<ul style="list-style-type: none"> 様々なエネルギー機関 (政府機関、民間企業、NGO 等) の役割や機能を明確にする。 透明性を重視した法・規制の枠組みを作成する。

		<ul style="list-style-type: none"> ・エネルギー部門の人材を育成し、中央と地方のバランスを重視した政策やプログラムの制定を可能にする。 ・規制機関を育成し、能力を向上させる（変化に対応可能な規制の作成） ・地方において人材を確保するための対策を講じる。 ・全ての利害関係者に公平なエネルギー政策を策定する。
4	経済開発の促進	<ul style="list-style-type: none"> ・エネルギー市場での競争を促進する。 ・エネルギー部門へ民間投資を誘発するため、各種の施策を講じる。 ・低廉、かつ安定的なエネルギー供給を可能にする。 ・東アフリカ地域でのエネルギー融通を促進する。
5	環境問題への取り組み	<ul style="list-style-type: none"> ・環境に配慮したエネルギー利用と代替エネルギーの開発を促進する。 ・環境問題を供給者や消費者に啓蒙する。 ・地球環境問題を含め環境問題を引き起こす物質の排出量を削減する（幅広い目標を設定）。 ・エネルギーの効率的な利用を促進する。 ・環境モニタリングの組織・機能を強化する。

(資料) MEMD (2002)

第 8.7 節 環境政策

EIA については 1998 年の EIA 規定および 1997 年発行の EIA ガイドラインがある。本 EIA ガイドラインに加えて、セクター別ガイドラインを整備中であり、エネルギーと鉱山開発(mining)セクターのガイドライン案が作成され、現在内部確認中であり、2010 年 5 月の本調査における現地調査時における NEMA への聞き取り時には 1 か月ぐらいで Public Review に供される予定となっていた。

EIA 対象事業については、EIA ガイドラインの Annex 3 に EIA 対象事業リストがある。地熱発電事業については同リストのうち、主に電力インフラストラクチャー(11. Electrical infrastructure)が関連し、鉱山(6. Mining)にも含まれるものと想定される。しかしながら、対象事業の規模要件などは規定しておらず、スクリーニングプロセスの段階で Full EIA の対象かどうかを判断することとなっている。また、当該リストはあくまでも参考リストであり、未掲載の事業タイプについてもスクリーニングプロセスの結果に応じて Full EIA を要する場合がある。

EIA の手続きフローを図-8.7-1 に示す。EIA 手続き期間は、事業実施主体が EIA 報告書を国家環境管理庁(National Environmental management Authority: NEMA)に提出してから最大 180 日間で承認手続きを完了する。通常は、当該期間よりも短期間である。この期間のうち、IEE については 21 営業日内、Full EIA は 30 営業日内で NEMA から事業実施主体に審査フィードバック

クが行われる。EIA の手続き費用は、1998 年の EIA 規定に掲載の費用基準が現在も使用されている。EIA 調査は NEMA 登録事業者のみが実施できる。

EIA の審査は、基本的に NEMA 内部で行われ、主務官庁(lead agency)および関連 District office に EIA 報告書が送付され、コメントを求める(stakeholder consultation)。問題案件については技術委員会(Technical committee)が組織されることがある。

住民協議(public hearing)は、問題案件について開催されることがある。通常は、EIA レポートのサマリーを公開し、コメント受領の形式を取っている。EIA レポートのサマリーの公開は、現地語に訳され、NEMA 図書館、公共図書館、マケレレ大学、District の環境局または役所で行われる。

用地取得・住民移転については、社会環境として EIA でカバーする必要があるが、現行の EIA ガイドラインでは十分な記載はない。EIA と別に RAP の作成を求める規定はなく、WB のガイドラインなどを参考に実施している。用地取得・住民移転は、対象事業の立地する District Land Board が主に用地取得に係る手続きについて担当する。

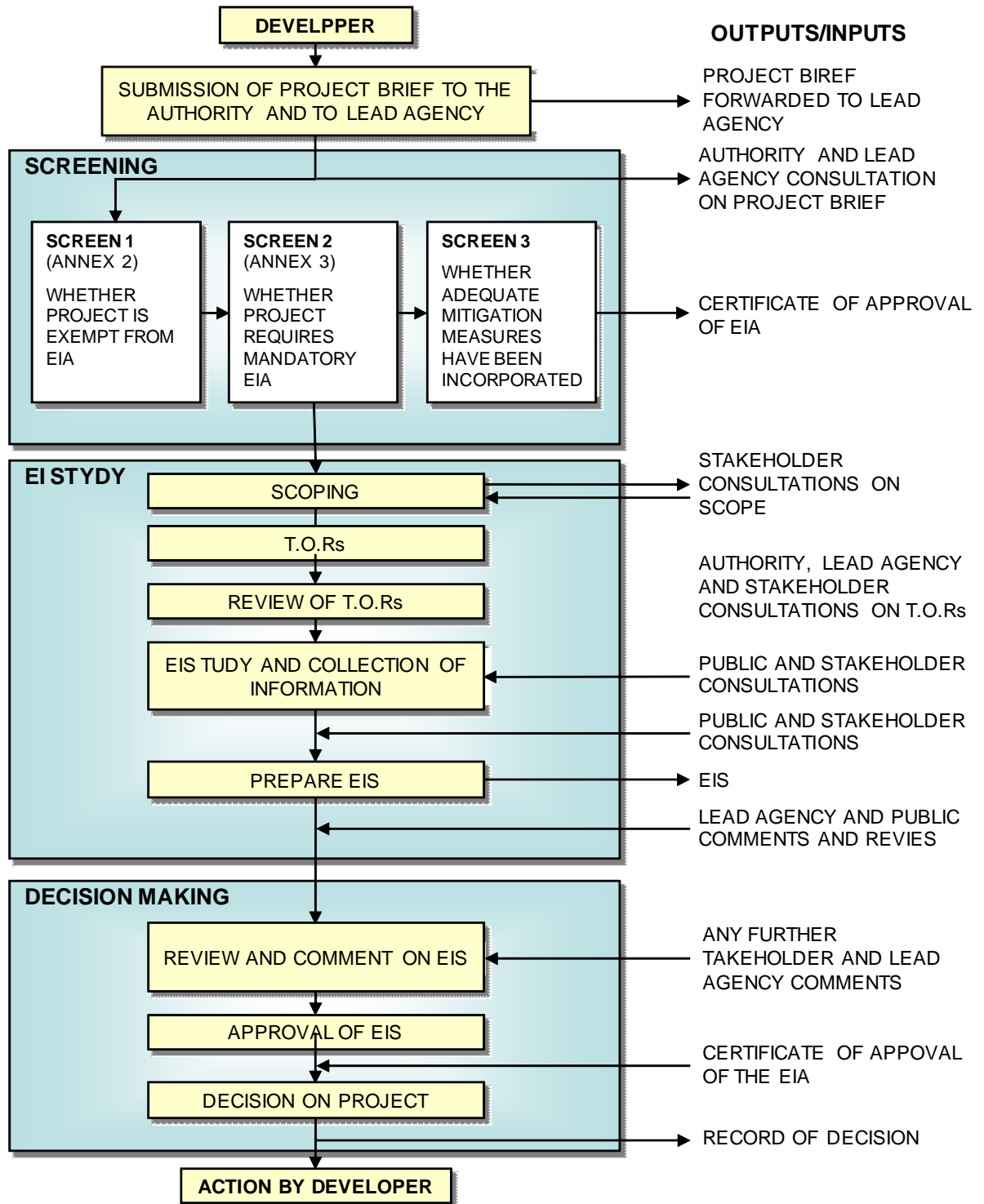
Full EIA を要する EIA 承認手続き数は年々増加傾向にあり、現在年間 300 件程度の手続きが実施されている。そのうち、30 件程度がエネルギーセクターであり、主に石油採掘に関連したものである。

開発事業に伴う主な環境問題は、住民移転、健康被害、越境自然環境影響などである。NEMA によると地熱開発事業については NEMA では経験がないため、環境社会配慮上の留意事項についてはよく分からないとのことであったが、井戸掘削と発電所建設のそれぞれの段階で EIA 手続きが必要となると想定されるとのことである。

表-8.7-1 ウガンダ国の関連環境法令・基準

No.	法規名
1	The National Environmental Act, Cap 153 (Commencement 19 May, 1995)
2	The Environmental Impact Assessment Regulation, S.I. No. 13/1998
3	Guidelines for Environmental Impact Assessment in Uganda, NEMA, 1997
4	Sectoral Guidelines for the Environmental Impact Assessment Process for the Mining Sector in Uganda (Draft under review process), NEMA
5	The National Environment (Standards for Discharge of Effluent into Water or on Land) Regulations, S.I. No 5/1999
6	The National Environment (Noise Standards And Control) Regulations, 2003
7	The National Environment (Hilly And Mountainous Area Management) Regulations, 2000
8	The National Environment (Management Of Ozone Depleting Substances And Products) Regulations 2001
9	The National Environment (Access to Genetic Resources and Benefit Sharing) Regulations, 2005
10	The Mining Act, 2003
11	The National Forestry and Tree Planting Act, 8/2003
12	The Water Act, Cap. 152

(資料) NEMA



(資料) NEMA (1997)

図-8.7-1 EIA レポート準備及び審査プロセス

第 8.8 節 熱水多目的利用可能性

ウガンダにおける熱水の直接利用等おける情報はなく、地熱発電開発は行われていないため、余剰熱水の利用もない。ケニアに見られるような熱水利用の可能性は、同様の気候条件にあることからウガンダにおいても将来的には利用可能性があるものと考えられる。

第9章 他援助機関の動向

東アフリカ諸国の地熱開発に対する支援には、世界銀行、地球環境基金(GEF)などの国際機関や、ドイツ復興金融公庫(KfW)、フランス開発庁 (AFD)など二国間ベースの援助機関など多くの機関が関心を示しており、今後ドナー間で調整・協力を行う必要性、意義は高い。支援スキームとしては地表探査(Pre F/S 調査)に対する無償、研修プログラムやキャパシティビルディングといった技術協力、また有償資金協力、民間を対象とする融資・出資など様々なスキームが実施されている。特に注目されるのは、地熱開発・発電事業において最もリスクが高く資金調達が困難とされる試掘を支援するためのファンドが ARGeo(アフリカリフトバレー地熱エネルギー開発ファシリティ) に設けられており、また KfW も独自のファンドを現在設計中である点である。本章では、東アフリカ 6 カ国を対象とする地域プロジェクトである ARGeo について詳細を述べた後、その他の国際機関や2 国間の援助機関による支援状況について概観する。

第 9.1 節 ARGeo (アフリカリフトバレー地熱エネルギー開発ファシリティ : African Rift Geothermal Development Program)

9.1.1 ARGeo の目的・経緯

ARGeo は、東アフリカリフトバレー地域の地熱資源の開発・利用を促進し地域の温暖化ガス排出量の削減と地域のエネルギー供給の多様化を推進することを目的として創設された、参加国とドナー機関のパートナーシップのための枠組みである。現在のところ参加国はケニア、エチオピア、ジブチ、エリトリア、タンザニア、ウガンダの 6 カ国であるが、地熱開発の可能性のある他のアフリカ諸国にも参加の可能性は開かれており、コモロ、ルワンダ、ザンビアが関心を示している。

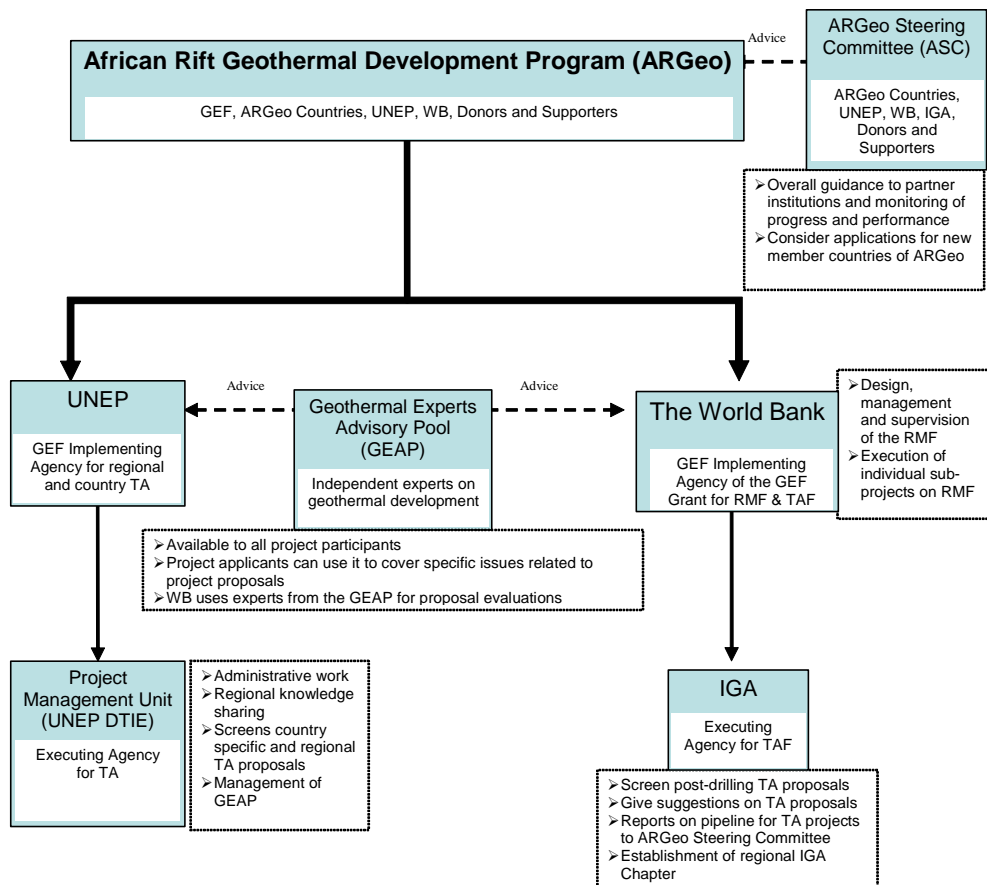
ARGeo は 2003 年 4 月に国連環境計画 (UNEP) がナイロビで実施した国際会議において、東アフリカ諸国 6 カ国及びドナー機関として UNEP と KfW がリーダーシップを取ることで構想が打ち上げられた。当初はアイスランドの国際開発庁(ICEIDA)、イタリア政府、ドイツの BGR が ARGeo の枠組みにおけるプロジェクト準備・実施のために資金を提供した。ICEIDA は 249,052 ドル、イタリア政府は 120,388 ドル、ドイツは KfW と BGR 合わせて 2,940,000 ドルを拠出し、Pre F/S 調査やトレーニング、ARGeo 会議の開催などを支援した。その後も米国やフランスなどのドナーからも ARGeo への資金提供が約束されたが、ARGeo の主要コンポーネントであるリスク削減スキームの実施機関が KfW から世銀に移るなど、ARGeo プログラムの承認に長い時間を要したため、これらのドナーからのコミットは現時点で再確認が必要な状況となっている。ARGeo プログラムは計画から 5 年を経て本年に入り漸く承認され、実施に向けて動き出した状況である。

9.1.2 ARGeo のコンポーネント及び実施体制

資金はグラントにより、グローバル環境ファシリティ (GEF) から 17.75 百万ドルが承認され

た。以下のとおり 4 つのコンポーネントから形成され、いずれも協調資金(Co-Financing)を必要とする。実施機関は世界銀行と国連環境計画 (UNEP) で、世銀が主要コンポーネントであるリスク削減ファシリティ(RMF)とそれに伴う技術支援(TAF)、UNEP が地域ネットワーク化及び技術協力を担当する。ARGeo の支援対象は政府、民間どちらでも可能であり、また複数のコンポーネントを組み合わせたサポートを受けることができる。

プログラムは、ARGeo 参加国、国際機関、国際地熱協会 (IGA)、2 国間援助機関の代表から構成される ARGeo Steering Committee (ASC)によりモニターされ、必要な調整が行われる。また、GEAP(Geothermal Experts Advisory Pool)は、資源評価、エンジニアリング、法律、環境など地熱開発に関する様々な分野の世界的、或いは地域の専門家名簿で定期的にアップデートされ、全てのプロジェクト参加者が利用できる。UNEP と世銀両者が合意した専門家に 2 名により GEAP 名簿への掲載者の選抜が行われ、名簿の管理は UNEP が行う。RMF, TAF の実施機関は世銀であるが、TAF に関するモニタリングは、世銀の監督のもと IGA が担当する。RMF は、プロジェクト毎のグラント協定の中で掘削の成功・失敗が定義され、掘削プロセスは世銀の雇用する専門家によりモニタリングされる。地域のネットワークと技術協力の実施機関は UNEP で、ケニアの UNEP 事務所内に実施ユニットとなるプロジェクト管理ユニット (PMU) が設置される。



(資料) GEF (2009)

図-9.1-1 ARGeo の仕組み

表-9.1-1 ARGeo のコンポーネント

コンポーネント	支援形態	内容	期待される成果	GEF資金 (\$)		Co-Financing (\$)		計
リスク削減ファシリティ (RMF)	リスク保険	探査・掘削段階のリスク削減	4地域の資源ポテンシャルが確認されること	11,000,000	15.49%	60,000,000	84.51%	71,000,000
テクニカルアシスタンスファシリティ (TAF)	TA	カウンターパート国・機関の能力強化	<ul style="list-style-type: none"> 掘削後のTAを行うことでファイナンシャルクローズを可能にする。 探査、掘削のOJT IGA東アフリカ地域事務所の設置 	1,640,000	57.06%	1,234,000	42.94%	2,874,000
地域ネットワーク	TA	地域ネットワークによる技術力・組織力の強化	<ul style="list-style-type: none"> 地熱開発促進のための地域の情報ベースの強化 政策・規制・法制度に関する啓蒙 各国のネットワークのハブの設置 	1,550,000	24.45%	4,790,000	75.55%	6,340,000
技術協力	TA	地表探査 地熱開発に関する国毎の法制度の差異の最小限化	<ul style="list-style-type: none"> 優先事業の確認 Pre F/S 資金調達可能なプロジェクト形成 	2,800,000	44.71%	3,462,600	55.29%	62,626,000
WBプロジェクト管理				360,000	90	40,000	10	400,000
UNEPプロジェクト管理				400,000	100	0	0	0
合計				17,750,000		69,526,600		87,276,600

(資料) GEF (2009)

<http://www.thegef.org/gef/sites/thegef.org/files/repository/9-24-2009%20Council%20letter.pdf>

また世銀と UNEP は、各国政府機関と協力してプログラムを実施する。ジブチは、エネルギー天然資源省、CERD、エリトリアは鉱山省、エネルギー省、エチオピアはエネルギー・地質調査所、ケニアはエネルギー省、KenGen、GDC、ウガンダはエネルギー・地質調査所、タンザニアはエネルギー省が政府レベルのカウンターパート機関である。

9.1.3 リスク削減ファシリティ

ARGeo の主要コンポーネントはリスク削減ファシリティ (RMF) であり、地熱開発の主な障害となる試掘段階でのリスクを低減するための条件付グラントである。期間は 5 年で、政府、民間どちらも支援可能であるが、プロジェクトスポンサーは、自己資金の出資に加え、事業費の大半の資金調達を行うことが前提である。つまり ARGeo の目的は、民間資本を利用しながら商業ベースで地熱事業を開発し資金調達が可能となるよう、持続的なマーケット力を形成することにある。初期段階の調査、掘削前の探査は RMF の支援対象ではなく、自己資金で行う。RMF は、ヨーロッパ・中央アジアを対象とした世銀の GeoFund(GEF により 2006 年 11 月承認。25 百万ドル。内訳は 10 百万ドルのリスク削減スキーム、7 百万ドルの技術協力、8 百万ドルの無償ポーシジョン)を元に設計されている。世銀は GeoFund の実施機関でもあったことから、GeoFund の教訓を活かしたサポートが行えることが期待されている。GeoFund は地熱資源開発プロセスにおけるトリガーイベントやリスク補償を実行する際の判断基準などについて、現場経験を蓄積する重要な機会となり、これらで得られた教訓が RMF の設計に生かされている。

RMF は、試掘が失敗した時のみに資金を提供する。掘削が成功した場合の発電所の設計やオペレーションに対しては TAF でサポートする。GEF の投資額は 17.75 百万ドルだが、協調資金が必要なためプログラム全体では 75 百万ドルの投資を生み出す効果がある。RMF のストラクチャーはプロジェクト毎にフレキシブルであるが、1 件につき 5 百万ドルまでを基本とする。基本的なストラクチャーとしては、資源量確認のため 3 本の試掘を行う場合、民間ベースで 19 百万ドル (1 本 5 百万ドル×3、インフラ整備、管理費等) の投資を行う。1 本あるいはそれ以上の井戸が失敗に終わった場合、RMF は 5 百万ドルまたは一本の井戸の実際の掘削費用の 85%まで補償する。カバーするリスクは資源リスク (geological risk)のみで、掘削の技術、管理、商業上のリスクは取らない。井戸掘削の成功・失敗についてのパラメーターは、各プロジェクト毎のグラント協定で定義される。掘削のプロセスは、世銀に雇用される専門家により持続的にモニターされ、データは掘削現場監督から提供される。掘削計画の大きな変更あるいは潜在的に大きな影響を及ぼすような事項は全て世銀の専門家及び ARGeo Task Team に報告される。

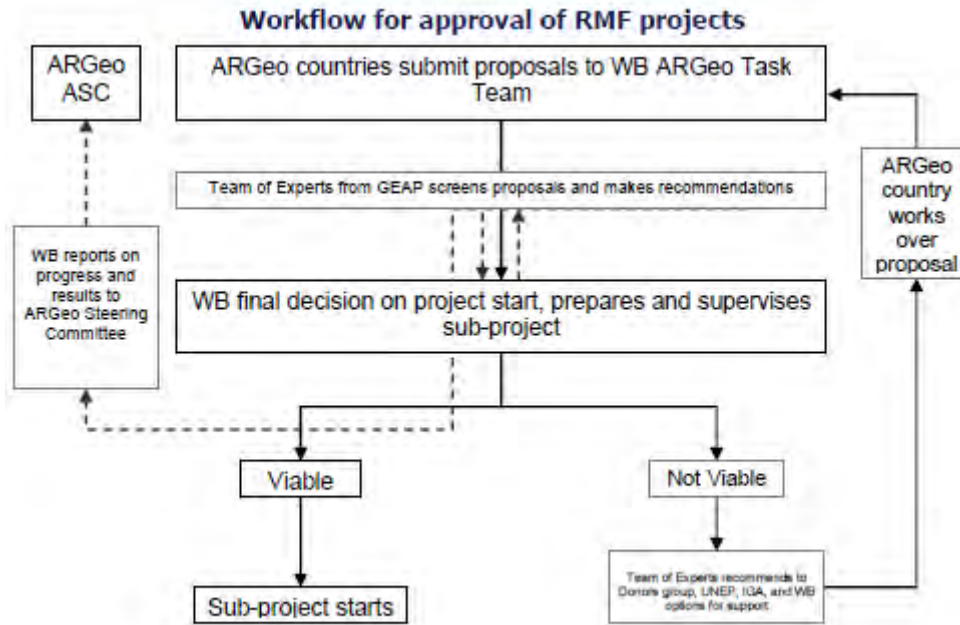
現在、RMF のプロジェクトパイプラインには 17 のプロジェクトがあり、うち 4 件がショートリストに載っている。ジブチの Asal プロジェクト (Reykjavik Energy Invest) が RMF 第一号案件と目されており、IFC も出資の意向を表明していたが、その後プロジェクトは中断している。以下は RMF のプロジェクトパイプラインであるが、このリストは今後も定期的に見直されアップデートされることとなっている。2010 年 11 月にジブチで次回 ARGeo 会合が開催される予定であるが、そのときに参加国から改めてプロジェクトの要請が出される予定である。

表-9.1-2 RMF のパイプラインプロジェクト

Project Name	Country	Resource Potential	Comments
Proposals Submitted to the independent proposal review panel			
Asal	Djibouti	100	Deemed ready for RCD*
Alid	Eritria	30	RCD 前に追加的な地表面調査・探査が必要
Tendaho	Ethiopia	30	Deemed ready for RCD
Longonot	Kenya	70	Deemed ready for RCD
ARGeo Project pipeline of regional geothermal sites where surface exploration activities have started			
Obock	Djibouti	5	
Dikhil	Djibouti	10	
Nabro-Dubbi	Eritria	5	
Corbetti	Ethiopia	30	
Suswa	Kenya	200	
Menengai	Kenya	600	
Silali	Kenya	70	
Rufidji	Tanzania	6	
Natron-Manyara	Tanzania	5	
Mbeya	Tanzania	20	
Buranga	Uganda	10	
Katwe	Uganda	30	
Kibiro	Uganda	20	

*RCD: Resource Confirmation Drilling

(資料) World Bank (2009)



(資料) World Bank (2009)

図-9.1-2 RMF プロジェクト承認プロセス

9.1.4 テクニカルアシスタンスファシリティ (TAF)

テクニカルアシスタンスファシリティ(TAF)は、プロジェクトディベロッパーに対するプロジェクトの準備と実施に必要な技術支援を提供する。。TAF は世銀の監督のもと国際地熱協会 (IGA:International Geothermal Assotiation) が実施する。TAFの中で、IGAの東アフリカ地域事務所が設立され、地域の地熱開発のフォーカルポイントとなることが計画されている。IGAは世界 65 カ国 3,000 名から成る地熱の専門家、科学者、企業などからなる非営利組織で、国連 Economic and Social Council や、EU の諮問機関であり、また REA(Renewable Energy Alliance) の創立メンバーでもある。IGA は、GeoFund においても世銀の監督のもとテクニカルアシスタンスの実施機関であった。

また TAF は掘削後(post-drilling)のサポートに重点を置いており、UNEP が技術協力のコンポーネントで行う掘削前の資源評価を補完する役割を果たす。よって世銀と UNEP それぞれの技術協力により、地熱開発の初期から発電所建設まで幅広く、長期にわたるサポートが可能となる。TAF が試掘前の段階をサポートするのは、UNEP やその他の機関からの資金調達不可能的な場合に限られる。試掘後の段階では、地熱発電事業の実施計画をサポートする。東アフリカ諸国の公的部門は、民間投資者・事業者と共同でプロジェクトを行うためのプランニングやマネジメントを行える人材が不足しがちであるケースが多いため、事業実施のための F/S、ビジネスプランニング、財務評価、入札・契約書類準備・交渉などをサポートする。さらに、TAF は、人材育成のための OJT によるインターンシッププログラムを実施する。これは地熱発電所の建設、維持管理(フィールドも含む)に関連するマネジメント、技術に関するもので、期間は1カ月から最長4

カ月までとする。

9.1.5 地域ネットワーク作り・技術協力

UNEP は、地熱開発のための地域のネットワーク作りと、地熱資源の地表探査 (Pre F/S) を主とする技術協力を担当する。このためプロジェクト管理ユニット(PMU)を UNEP ナイロビ事務所内に設立し、UNEP コンポーネントの管理を行う。地域のネットワーク作りは、地熱エネルギーの情報データベースの開発、トレーニングを通じたキャパビルを内容とし、ARGEO プロジェクト終了後も持続的に地域で維持されることが望まれる。技術協力は、RMF の失敗を最小限にするための地表調査を主に行い、その他にプロジェクトの資金調達のための F/S サポートや政策アドバイス、法制度整備なども計画されている。

9.1.6 モニタリング指標

ARGeo は 5 年間のプログラムで、以下の指標を用いて結果がモニタリングされる。

表-9.1-3 ARGeo のモニタリング指標

ARGeo Program Outcome Indicators	Baseline	Target Value				
		YR1	YR2	YR3	YR4	YR5
投資の行われた事業	138MW	50-150MW (掘削が成功し RMF がディスパースされなかった場合)		220MW	250MW	300MW
CO ₂ 削減量	3.4Mill	200,000-500,000		500,000	1,000,000	1,000,000
Intermediate Outcome Indicators						
RCD(Resource Confirmation Drilling)により資源量が確認されたフィールドの数	0	1		2	3	4
ファイナンスした掘削プロジェクト						
プログラムにより行われた試掘後の F/S (ビジネスプラン, 財務評価、入札・契約書類作成など) の数	0		1	2	3	

IGAのOJTにより トレーニングされ た人数	0	2	8	13	18	24
IGA 東アフリカ事 務所の設置	0		事務所 設置			

(資料) World Bank (2009)

第 9.2 節 世界銀行グループ

世界銀行グループ (IBRD/IDA, GEF, Carbon Finance, IFC, MIGA、以降 WBG と記述) にとって、「再生可能エネルギー」と「エネルギー効率」は、開発と気候変動という今日の世界の 2 つの大きな課題に解決策を提供する重要分野である。2008 年の WBG の「再生可能エネルギー (10MW 以上の水力を含む)」及び「エネルギー効率」分野の承諾額は、27 億ドルで、2007 年比で 87% 増であった。うち、10MW 以上の水力発電を除く「新再生可能エネルギー」¹は 17 億ドルである。2008 年、「再生可能エネルギー」、「エネルギー効率」に関連するプロジェクトは 54 カ国で 95 件、さらに 2 件の地域プロジェクトが承諾されたが、これは WBG のエネルギーセクター関連融資の 35% を占めている。WBG 内の組織別では、IBRD/IDA の「再生可能エネルギー」「エネルギー効率」の承諾額が最も大きく 13 億ドルであり、この内、「新再生可能エネルギー」の承諾額は 109 百万ドルである。GEF は、世銀プロジェクトの要な協調資金(Co-financing)提供機関となっていて、世銀が実施するプロジェクトに対し 145 百万ドルの協調支援を行っている。IFC については「再生可能エネルギー」「エネルギー効率」に対する 2008 年の承諾額 949 百万ドルのうち、「新再生可能エネルギー」の承諾額は 115 百万ドル、「エネルギー効率」は 473 百万ドル、大規模水力は 361 百万ドルであった。

表-9.2-1 WBG の「再生可能エネルギー」「エネルギー効率」事業の承諾額(2008 年)

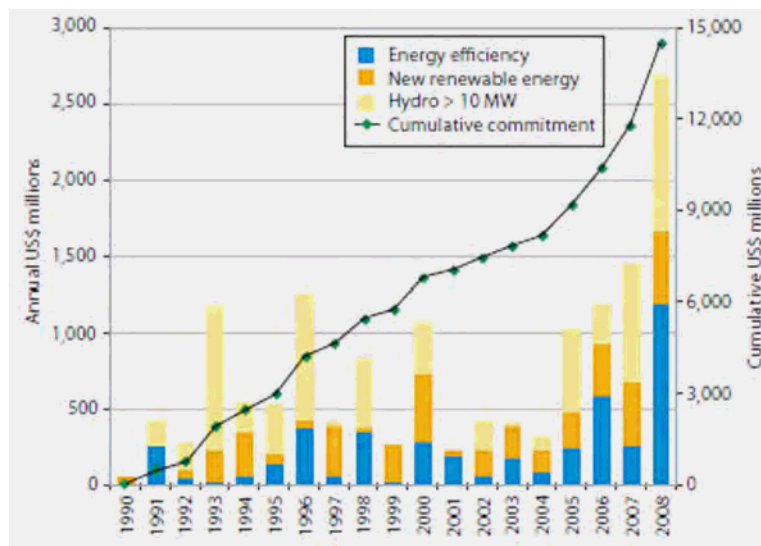
Source of funds	Commitments in fiscal 2008 (millions of US\$)			
	New RE	Hydro > 10 MW	EE	Total
World Bank	272	625	719	1,616
IBRD/IDA	117	601	624	1,343
GEF	90	—	55	145
Carbon Finance	65	24	40	128
IFC	115	361	473	949
Own Funds	72	361	473	906
Carbon Finance	39	—	—	39
GEF	4	—	—	4
MIGA	88	21	—	110
Total	476	1,007	1,192	2,675

(資料) World Bank (2008)

WBG は、2004 年にボンで開催された再生可能エネルギー国際会議において、「新再生可能エ

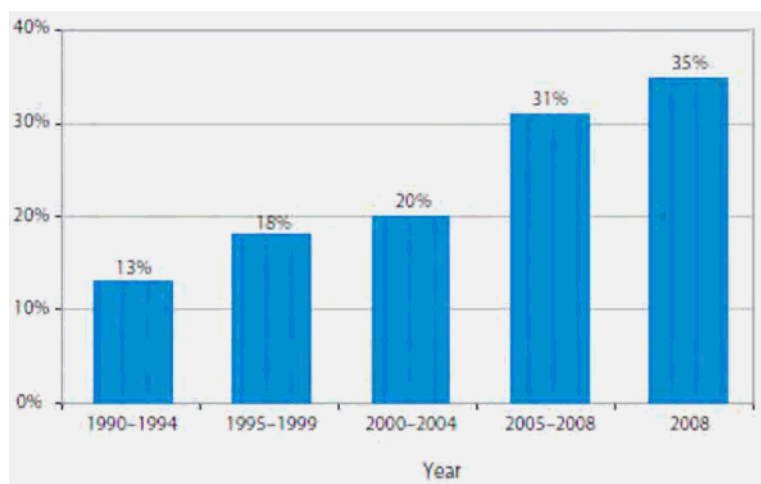
¹ 世銀の定義による「新再生可能エネルギー」は、太陽、風力、バイオマス、地熱、10MW以下の水力である。

エネルギー」「エネルギー効率」への支援を、2005年から2009年の間に年率20%増加させることを約束した。2004年より過去3年のコミット額の平均209百万ドルをベースラインとしているが、2008年に17億ドルを達成したことにより、目標を大きく上回ったことになる。



(資料) World Bank (2008)

図-9.2-1 WBGの「再生可能エネルギー」「エネルギー効率」承諾額の推移



(資料) World Bank (2008)

図-9.2-2 WBGのエネルギーセクター向け承諾額の中で「再生可能エネルギー」「エネルギー効率」の占める割合

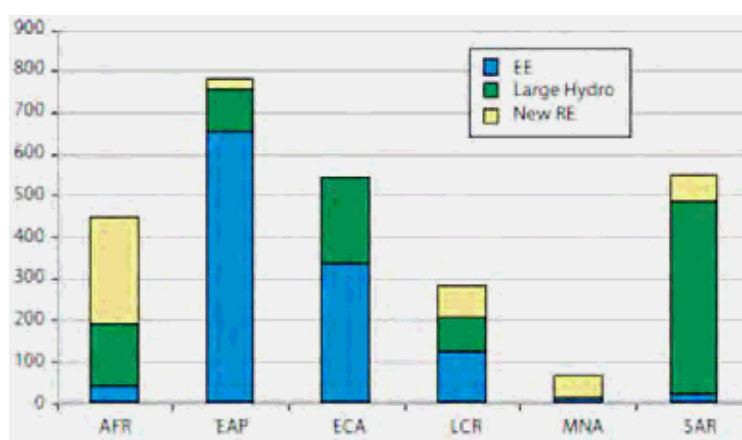
「再生可能エネルギー」「エネルギー効率」分野でのWBGの承諾額の内、地域別では、東アジア・太平洋地域向けが783百万ドルで全体の29%を占め、最も多くなっているが、このほとんどが「エネルギー効率」(84%)と大型水力発電(13%)に向けられている。サブ・サハラアフリカ地域

向けは、447 百万ドルで全体の 17%を占めるが、この多くは、「再生可能エネルギー」に向けられているこれは、国の電力系統外のグリッドや小規模グリッドに大きな潜在性のあるどう地域の特徴を反映している。

表-9.2-2 WBG の「再生可能エネルギー」「エネルギー効率」地域別承諾プロジェクト数(2008 年)

Region	EE	Hydro > 10MW	New RE	Total
AFR	4	5	13	22
EAP	13	1	5	19
ECA	17	5	1	23
LCR	7	1	7	15
MNA	2	0	2	4
SAR	4	2	6	12
Grand total	47	14	34	95

(資料) World Bank (2008)



(資料) World Bank (2008)

図-9.2-3 WBG の地域別「再生可能エネルギー」「エネルギー効率」プロジェクトの内訳

2008 年には、「再生可能エネルギー」プロジェクトは 34 件承諾された。そのうち、地熱関連は、ケニアの OlkariaII プロジェクト (MIGA)、ジブチの Asal プロジェクト (IFC, GEF,CF)、インドネシア 3 件(IFC, GEF, CF)、ポーランド 1 件(CF)であった。

2008 年に作成された持続的インフラストラクチャーに関する行動計画 (SIAP: Sustainable Infrastructure Action Plan) 及び「開発と気候変動：WBG の戦略的枠組み」(DCCSF:

Development and Climate Change: A Strategic Framework for the World Bank Group)において、「再生可能エネルギー」「エネルギー効率」の2つの分野は、WBGの戦略的重点分野として位置づけられている。SIAPは2009年-2011年の3年間の計画で、途上国のインフラ投資のスケールアップを目的とするもので、これによりWBGのエネルギーセクターへのアプローチもリニューアルされ、エネルギー安全保障、気候変動、エネルギーアクセスギャップの低減に重点が移された。DCCSFは、WBGのオペレーションの中で効果的な気候変動対策への取組みが行われるためのフレームワークを提供するものであるが、これをベースとして2008年には、複数の国際金融機関および二国間のドナーが参加する気候変動対策投資基金(CIF: Climate Investment Fund)が設立された。CIFは世銀によって管理される信託基金で、クリーンテクノロジー基金(CTF: Clean Technology Fund)と戦略的気候(変動対策)基金(SCF: Strategic Climate Fund)の2つの基金から構成される。無償、コンセSSIONナルローン、リスク補償などの様々な支援スキームの提供が可能である。SCFの元には、さらにPilot Programa for Climate Resilience (PPCR)、Forest Investment Program(FIP)、Scaling Up Renewable Energy in Low Income Countries Program (SREP)があるが、その中でSREPは途上国における再生可能エネルギー利用を通じたエネルギーアクセス率の向上を目的とするものである。このため、SREPを利用した地熱開発調査の実施は可能であり、今後、ケニアやエチオピアなどの東アフリカ諸国から要請が出される可能性がある。SREPには2010年3月時点で6カ国(日本、オランダ、ノルウェー、スイス、英国、米国)のドナーにより292百万ドルの拠出が承諾されている。

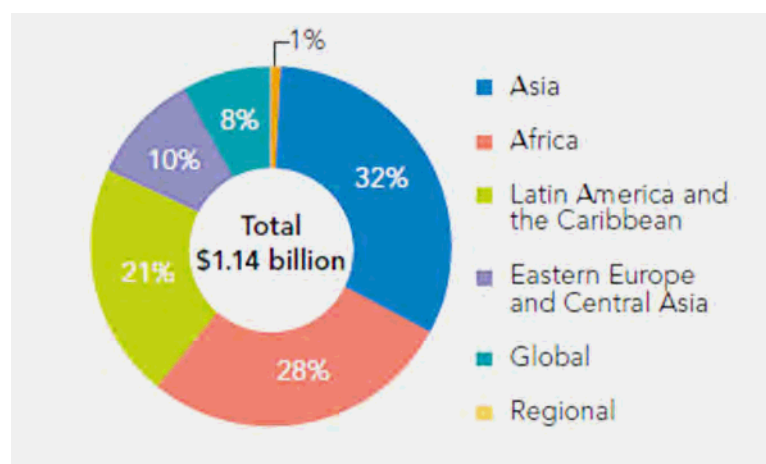
WBGは、途上国地域の中でも特に電化率の低いサブ・サハラアフリカ諸国に対して、Africa Energy Access Planを策定し、2030年の電化率目標を47%に設定している。同計画は、アフリカ各国とドナーコミュニティとの間のパートナーシップに基づくもので、アフリカ諸国側の適切な官民連携とセルフ・ファイナンスによる現実的なスケールアップを基本とするもので、ドナー側には、プロジェクト毎・ドナー毎ではなくプログラムベースのセクターワイドな戦略的アプローチを求めるもので、年間20-40億ドルの資金ニーズが見込まれている。再生可能エネルギーによる電力供給は、温室効果ガスの排出が少ないことに加え、都市部からの遠隔地に人口が分散しているサブ・サハラアフリカ地域では、伝統的な大型発電所を通じたグリッドによる電力供給に比べて地域の特徴により適合したものとして、同計画において重点が置かれている。

WBGの東アフリカ諸国の地熱事業に対するプロジェクトベースの借款としては、これまでケニアのOlkaria関連の融資で複数実績がある。世銀はケニアにおいて、民間投資促進のための政策・法的・制度的枠組みの強化や、効率的電源拡張計画、都市・農村部での電化などを主な内容とする同国のエネルギーセクターリカバリープロジェクトのリーディングドナーとなっており、この枠組みにおいて、同国の地熱開発を支援している。エチオピアでは、世銀はGilbel Gibeなど大型の水力事業を支援してきたが、2010年7月には、エネルギーアクセスプロジェクトの追加融資として180百万ドルを承認した。エネルギーアクセスプロジェクトでは、電化率向上、電力供給体制の改善、エネルギー利用の効率化、再生可能エネルギー資源の開発、制度的枠組みの強化などが行われているが、追加融資として、1.アジスアベバ近郊の7地域の配電線網のアップグレード、2.50の農村の電化、3.アルトランガノの地熱資源評価、4.電力セクター関連機関への

技術協力・キャパシティビルディングの4つのコンポーネントが承認された。アルトランガノの地熱資源評価のコンポーネントには、10百万ドルが承認されており、具体的には同地域の掘削資機材調達に向けられることとなっている。同地域の掘削には日本政府がエンジニアリングサービス・資機材調達に約10億円の無償協力を行うことになっており、世界銀行との協力事業となる。

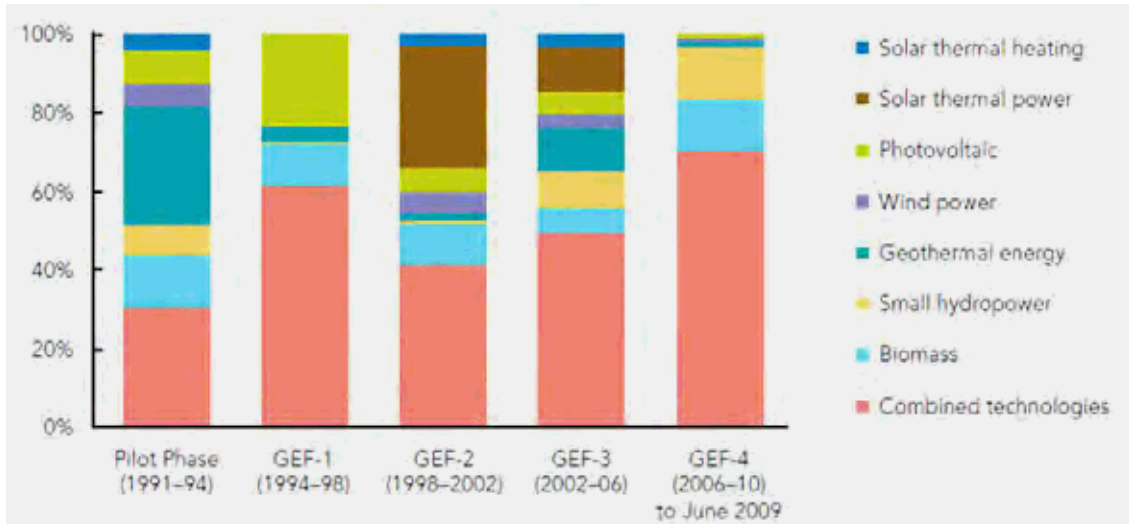
第9.3節 地球環境基金（GEF）

GeoFundやARGeoの資金を提供しているGlobal Environmental Facility(GEF)は、1991年に国連気候変動枠組み条約(UNFCCC)の資金メカニズムとして設置された世界178カ国が参加する基金である。これまで無償ベースで76億ドル、協調資金のレバレッジにより306億ドルの支援を行ってきており、プロジェクト数は世界165カ国で2000件以上に及ぶ。2010年7月より、GEFの資金調達は第5期目に入っており、総額43.4億ドルが集まっている。このうち、国別配分はケニア5百万ドル、ジブチ2百万ドル、エチオピア6.59百万ドル、タンザニア7.86百万ドル、ウガンダ4.64百万ドルである。再生可能エネルギーはGEFの重点分野の一つであり、これまで総額11億ドル、協調資金を入れて83億ドルがこの分野で使われている。地域別にはアジアが最大で全体の32%、次がアフリカで28%となっている。また地熱エネルギー関連のプロジェクトは、これまでで世界全体で総額65百万ドル、協調資金を入れて16億ドルの支援が行われている。



(資料) GEF, Investing in Renewable Energy: the GEF Experience

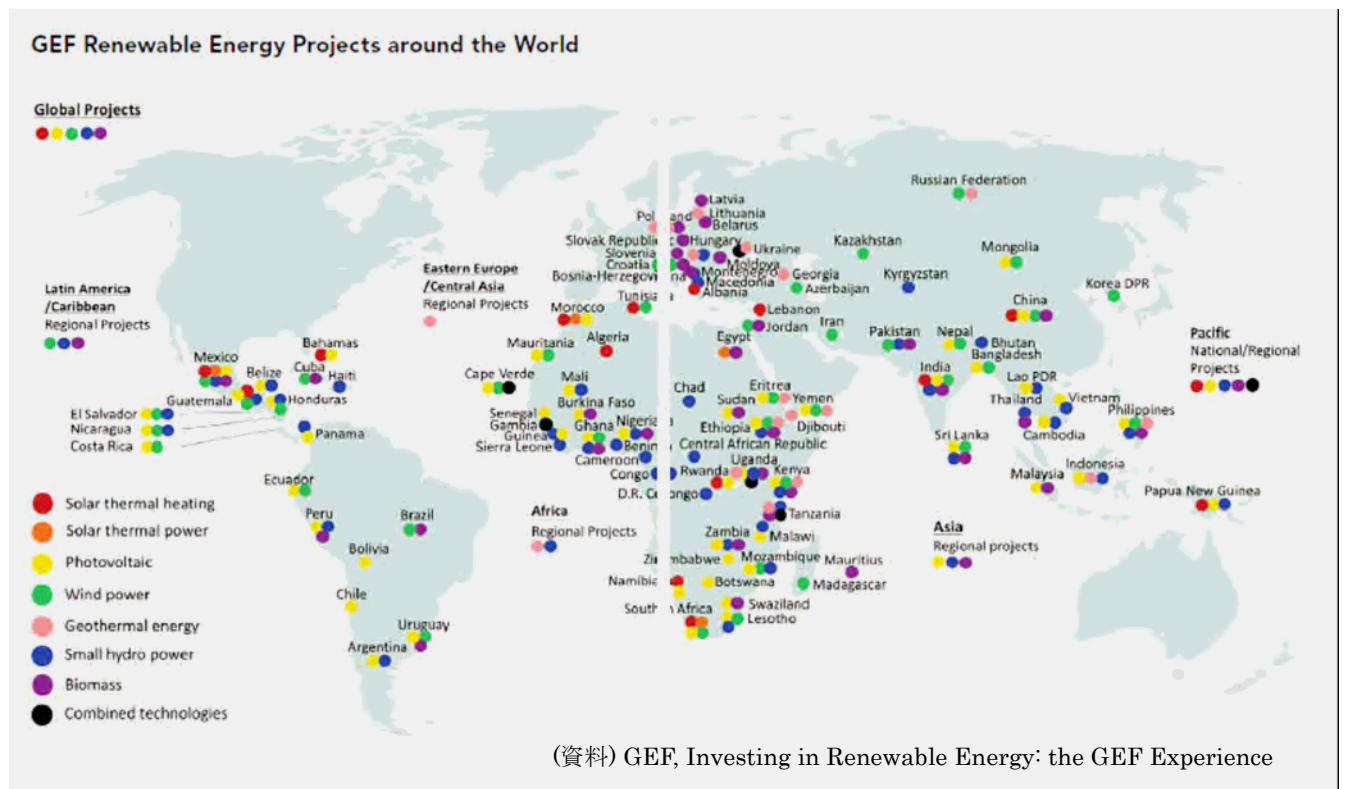
図-9.3-1 GEFの「再生可能エネルギー」分野への支援の地域別内訳



(資料) GEF, Investing in Renewable Energy: the GEF Experience

図-9.3-2 GEFの「再生可能エネルギー」事業の技術別内訳

また地熱エネルギー関連のプロジェクトは、国別では、アルメニア、ブルガリア、ジブチ、エリトリア、エチオピア、インドネシア、ハンガリー、ケニア、リトアニア、フィリピン、ポーランド、ルーマニア、ロシア、タジキスタン、トルコ、ウクライナ、タンザニア、ウガンダで実施されている。地域プロジェクトとしては、ヨーロッパ・中央アジアを対象とする GeoFund、東アフリカを対象とする ARGeo である。

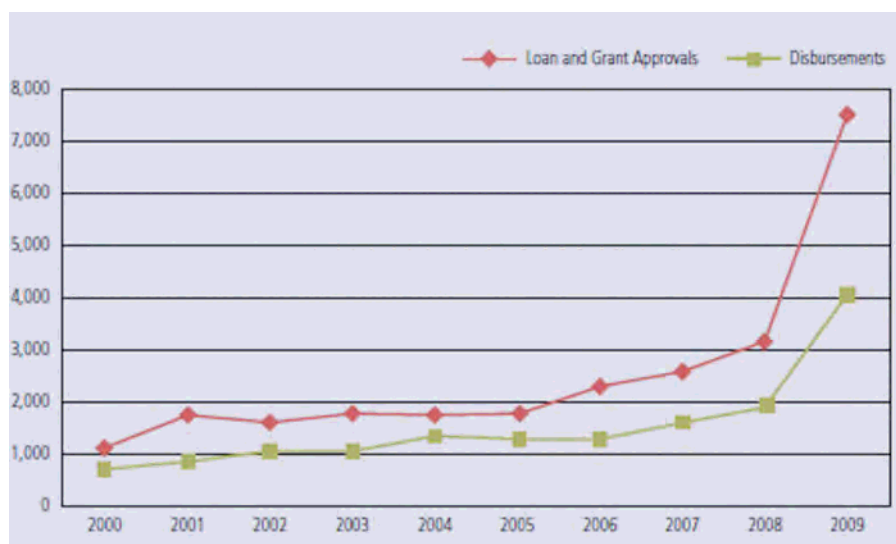


(資料) GEF, Investing in Renewable Energy: the GEF Experience

図-9.3-3 GEFの「再生可能エネルギー」プロジェクト

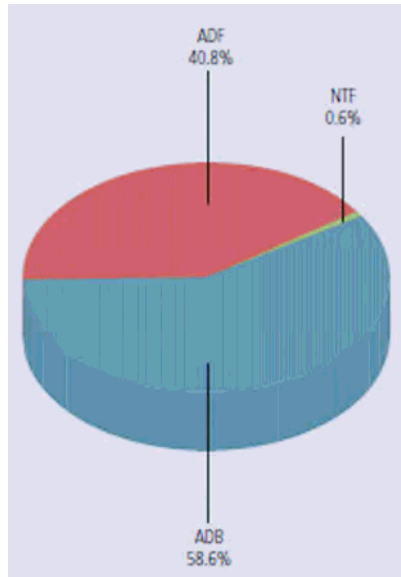
第 9.4 節 アフリカ開発銀行グループ

アフリカ開発銀行(ADB)、アフリカ開発基金(ADF)、ナイジェリア信託基金 (NTF) から構成されるアフリカ開発銀行グループ（以降、AfDB と記述）は、官民向け融資、出資、技術協力、緊急援助などのスキームにより、地域の社会経済開発を進めている。2009 年の承諾額総額は 80.6 億ドルであった。2008 年-2012 年の中期戦略における AfDB の重点分野は、インフラ、ガバナンス、民間セクター、高等教育・科学技術分野である。これらの重点分野にフォーカスするため特に、農業、食糧の安全、人間開発、地域統合、脆弱国家への特別支援、中所得国支援を行う。またジェンダー、環境、気候変動はセクター横断的テーマとして AfDB の全てのオペレーションで取り組む方針としている。セクター別では、重点分野のインフラが 39.1 億ドルで全体の 52.1% を占め、このうち発電事業が 57.2% を占めている。地域別では南アフリカが 34.0 億ドルで全体の 45.2%、続いて北アフリカが 10.5 億ドルで全体の 16.6%、東アフリカは 515.6 百万ドルで全体の 14.0% となっている。



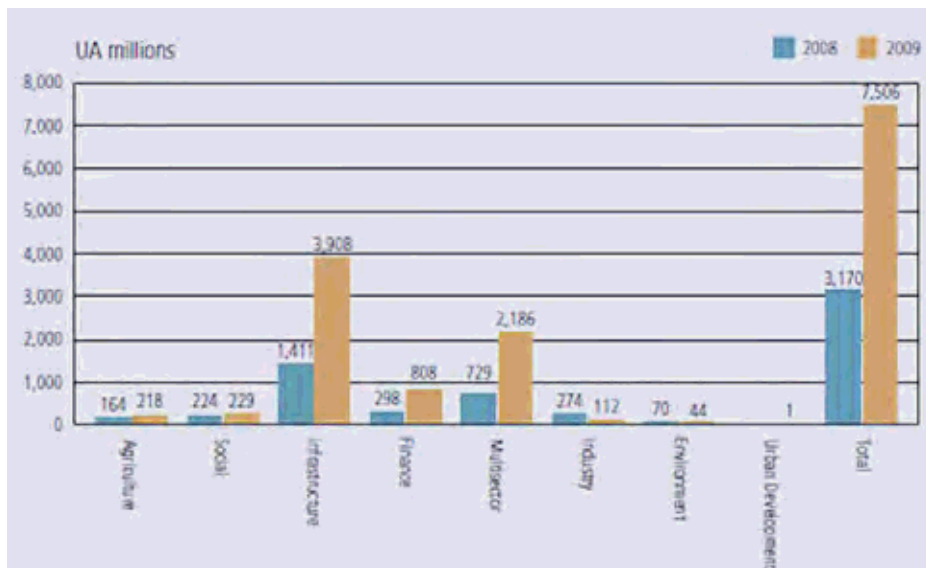
(資料) AfDB (2009)

図-9.4-1 AfDB の承諾額の推移



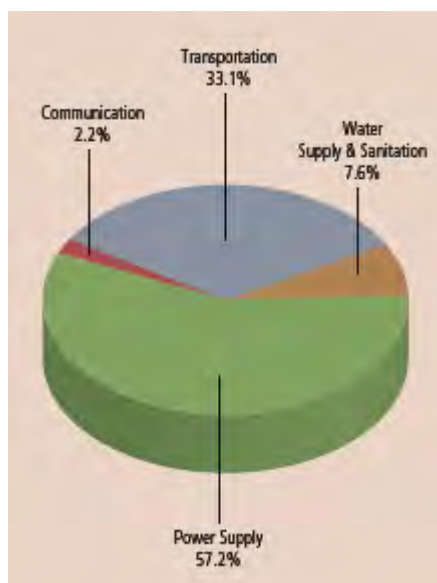
(資料) AfDB (2009)

図-9.4-2 AfDB の組織別承諾額(2009 年)



(資料) AfDB (2009)

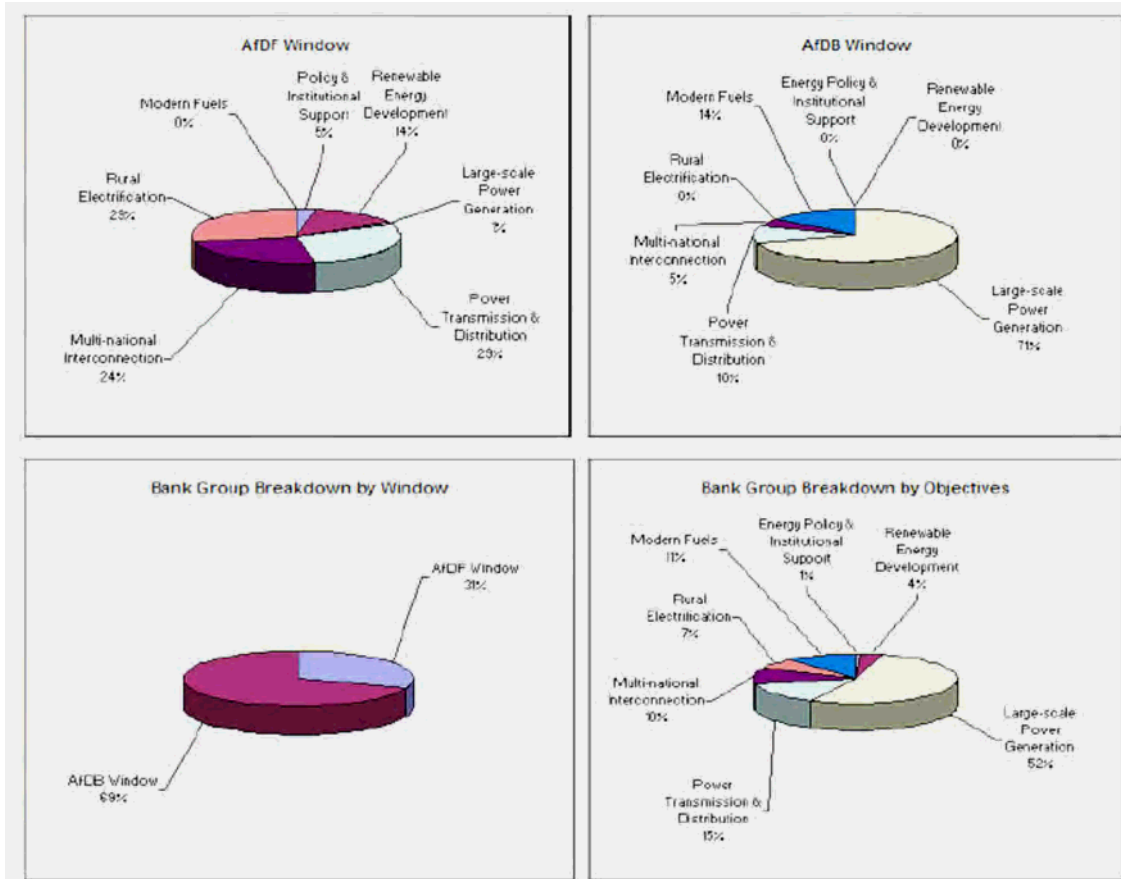
図-9.4-3 AfDB のセクター別承諾額(2009 年)



(資料) AfDB (2009)

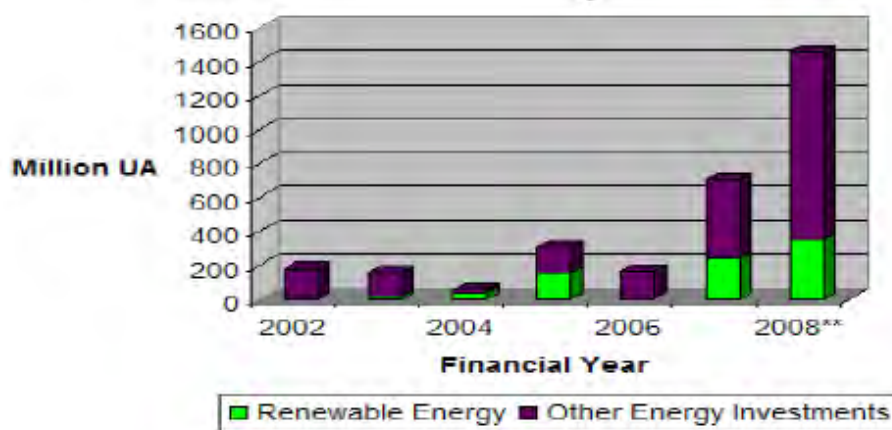
図-9.4-4 AfDB のインフラセクター承諾額内訳(2009 年)

2008 年 AfDB は、アフリカ地域の再生可能エネルギー利用を促進するための「クリーンエネルギー投資枠組み: Clean Energy Investment Framework(CEIF)」を策定した。これによると 2030 年までにアフリカ全 53 カ国において、クリーンエネルギー利用を増大しつつ電力へのユニバーサルアクセスを可能とするために AfDB が作成したシナリオに必要な投資額は 5,470 億ドルと推定されている。うち、サブサハラ諸国では 2,820 億ドルで年間 123 億ドルが必要とされる。エネルギーアクセスの拡大に再生可能エネルギーの果たす役割は大きく、特に東アフリカ諸国は水力、地熱、太陽光、風力など巨大な再生可能エネルギーのポテンシャルが存在する地域として、それらの開発が重要とされている。2009 年には CEIF をベースに、「気候リスク管理・適応戦略: Climate Risk Management and Adaptation Strategy (CRMA)」を策定し、現在 CEIF と CRMA の 2 つが AfDB グループの気候変動への取組みの方針となっている。



(資料) AfDB (2008)

図-9.4-5 2002-2007年のAfDBグループのエネルギーセクター支援の内訳(2002年-2007年)



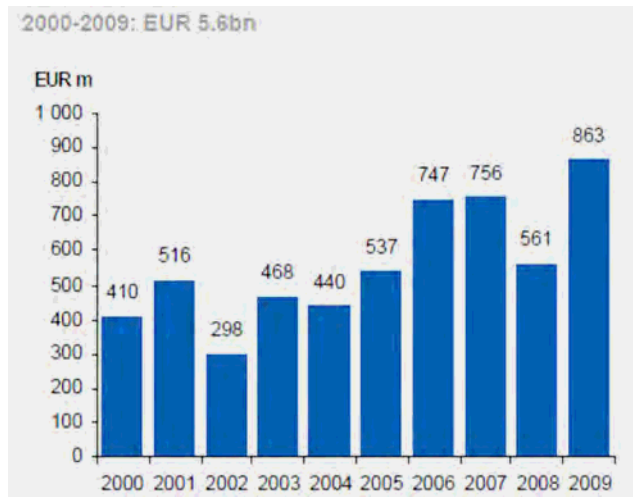
(資料) AfDB (2008)

図-9.4-6 AfDBのエネルギーセクターへの支援のうち再生可能エネルギーが占める割合の推移

AfDBグループの地熱開発事業に対する融資実績はこれまででないが、再生可能エネルギーへの支援額は増加傾向にあることから、今後は可能性は大きいものと考えられる。

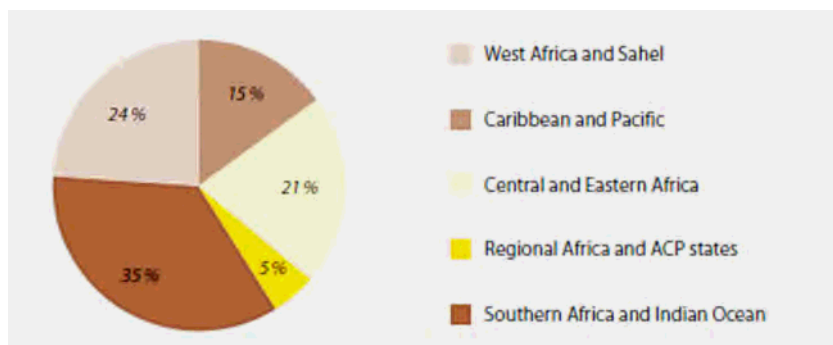
第 9.5 節 EIB(欧州投資銀行)

EIB は EU 域内の産業や中小企業の国際競争力向上、環境保全、エネルギーの安定供給やヨーロッパの統合に資するインフラ事業に対して融資を行う政策金融機関である。一方で EU 域外でも途上国の開発援助や融資を実施している。アフリカ、ラテンアメリカ、中東、アジアなどオペレーションは世界中に及んでいるが、EU 域外のオペレーションは EIB 全体の 10%に満たない。2009 年の融資承諾額は 790 億ユーロで、内 95%が EU 域内向けである。2009 年のアフリカ・カリブ・太平洋諸国(ACP)向け及び海外領邦(OCT)向けの融資承諾額は 863 百万ユーロであった。



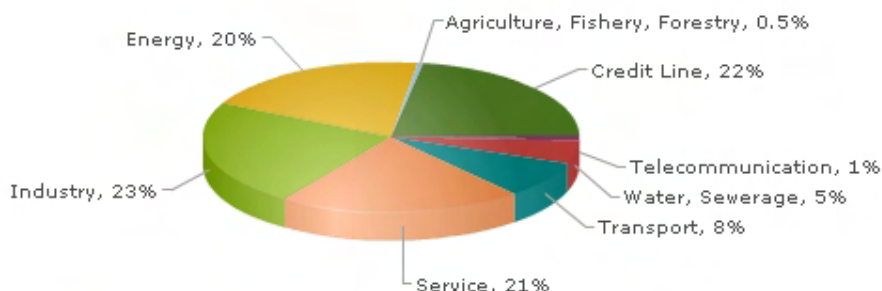
(資料)EIB, Regional Brocher: EIA in the African, Carribbean and Pacific Countries (ACPs) and the Overseas Countries and Territories (OCTs)

図-9.5-1 EIB の ACP/OCT 向け融資承諾額推移



(資料)EIB, Regional Brocher: EIA in the African, Carribbean and Pacific Countries (ACPs) and the Overseas Countries and Territories (OCTs)

図-9.5-2 EIB の ACP/OCT 向け地域別内訳(1963 年-2007 年累計)



(資料) EIB HP

図-9.5-3 EIB の ACP/OCT 向け融資のセクター別割合(2003 年-2009 年累計)

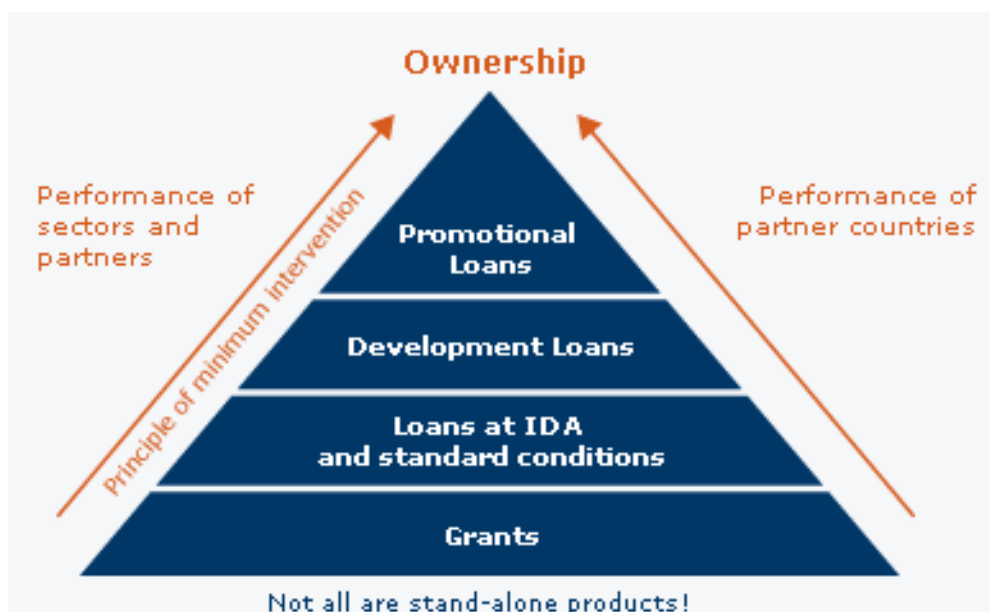
セクター別融資額ではエネルギーセクターは大きなシェアを占める。再生可能エネルギーは、エネルギーセクターの中でも融資承諾額の伸びが著しく、2005年にエネルギーセクターの承諾額の内、再生可能エネルギーの占める割合は43%であったが、2009年には70%まで拡大、2009年の再生可能エネルギー関連への融資承諾額は42億ドルであった。EIBの支援スキームとしては、出資・融資の双方が可能であり、融資は官民向けに可能で、事業費の最大50%までカバーすることが可能である(100百万ユーロを限度)。またその他のスキームとしては、経済便益が高いが財務的に困難なプロジェクト(例えば環境や社会への便益が大きい、低所得者向けの料金対策が必要とされる、など)に対しては利子補給を行い、利子分の50%を上限とするグラントも可能である。さらにEIBがプロジェクトに融資・出資することを前提としたプロジェクトのF/SやTAをグラントで行うことも可能である。Olkaria IVでは、120百万ユーロの融資を組み、その枠組みで25-30百万ユーロを掘削費として無償で出している。市場に歪みをもたらさないことがEIBの原則であり、発電所部分は商業ベースの融資をKenGen向けに行い、その代わりに掘削の部分でGDC向けに無償資金を出した。東アフリカへの地熱事業のEIBの実績はケニアのOlkaria関連で複数ある(Olkaria I&IV, II, II Expansion)。EIBはEU地域以外でのオペレーションは限られているため、自ら新規プロジェクトの発掘や形成は行っていない。

またEIBは、「EU-Africa インフラパートナーシップ」のもとに設置された「EU-Africa インフラ信託基金」のファンドマネージャーであり、同ファンドの事務局はEIB内に設置されている。ファンドは、サブサハラアフリカ地域において地域的インパクトをもたらすインフラプロジェクトに対して利子補給、調査・キャパシティビルディングといった技術協力、カントリーリスクをカバーするプレミアム保険、プロジェクトの社会環境コンポーネントへのグラントなどが可能である。2008年1月時点でのコミット総額は98百万ユーロ、うちEUとして60百万ユーロ、EU11カ国により38百万ユーロが拠出されている。KfWが現在設計中のリスク削減スキームには同ファンドから30百万ユーロが拠出される計画である。

第9.6節 ドイツ復興金融公庫 (KfW)

ドイツの復興金融公庫 KfW グループはドイツ国内の経済開発のための中長期資金提供及び途上国への二国間資金援助を行っており、このうち途上国支援を担当するのが KfW 開発銀行 (KfW *Entwicklungsbank*、以降 KfW と記述) である。ドイツ政府の途上国に対する開発援助は、伝統的な経済インフラの無償資金・融資提供者から、革新的なアプローチとフレキシブルな支援メニューによる戦略的アドバイザーとなることを基本方針としている。近年は、気候変動対策と金融制度の確立、上下水道が KfW の重点分野となっている。また最近ではプログラムベースの協調融資など新しい開発援助の形態に積極的に参加している。KfW の支援スキームは、無償、有償 (コンセッションナルローン及び市場条件に近いローン) があり、また出資も可能である。

2007 年の KfW の承諾額は、3,002 百万ユーロで、このうち、32%がサブサハラ諸国向けである。



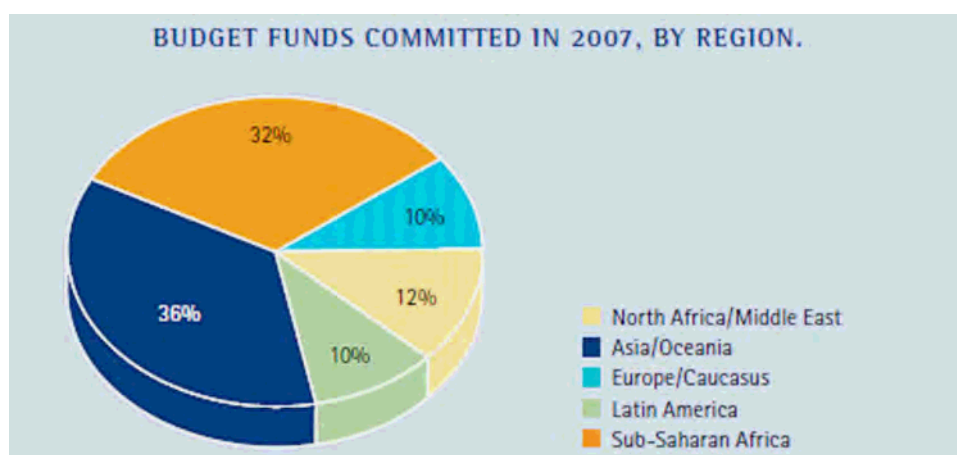
(資料) KfW *Entwicklungsbank* HP

図-9.6-1 KfW の支援スキーム



(資料) KfW (2007)

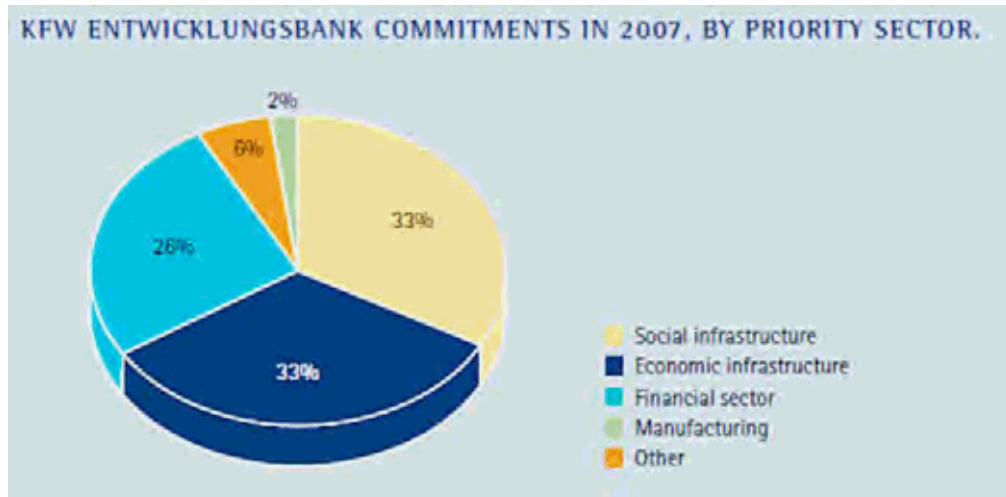
図-9.6-2 KfW の承諾額の推移(2003-2007 年)



(資料) KfW (2007)

図-9.6-3 KfW の地域別承諾額(2007 年)

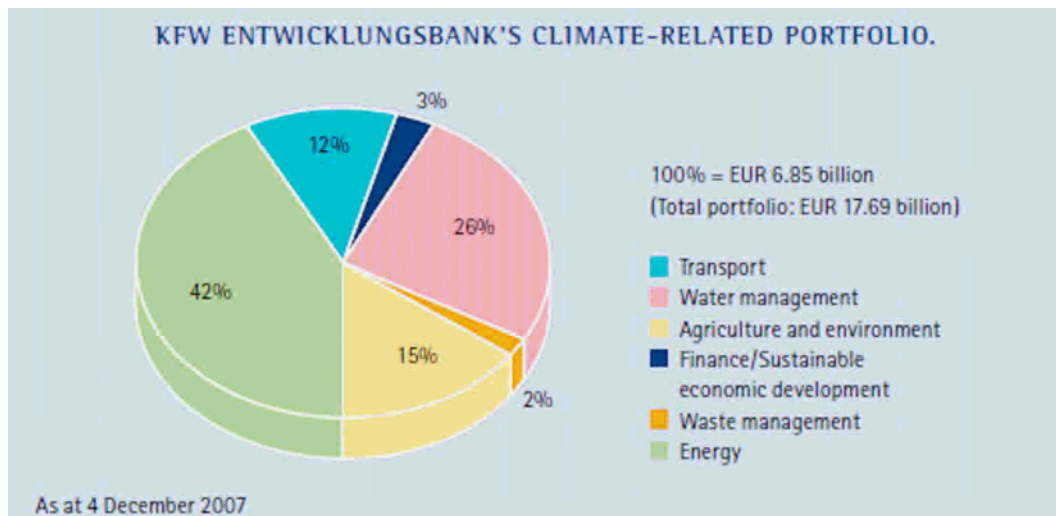
セクター別では、経済・社会インフラセクターでの承諾額が最大である。



(資料) KfW (2007)

図-9.6-4 KfW のセクター別承諾額(2007 年)

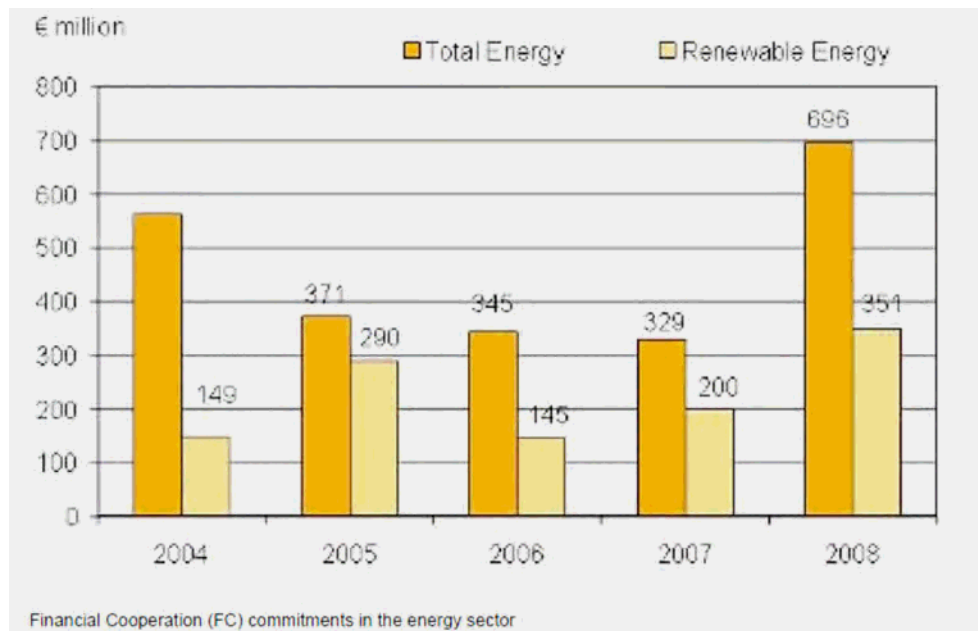
近年、気候変動対策が KfW の重点分野の一つとなっているが、その中でエネルギー関連分野がポートフォリオの 42%を占める (2007 年)。



(資料) KfW (2007)

図-9.6-5 KfW の気候変動対策関連の承諾額(2007 年)

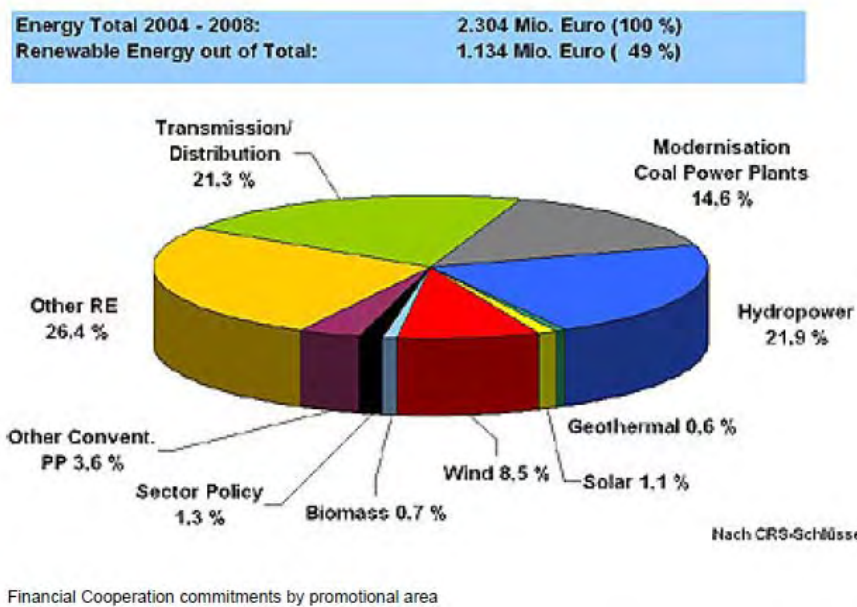
2004 年から 2008 年の 5 年間で KfW が承諾したエネルギー関連プロジェクトの総額は 23 億ユーロに上り、承諾総額の 25%を占めている。エネルギーは、アフガニスタン、アルバニア、バングラディッシュ、ボスニア・ヘルツェゴビナ、ブラジル、インド、コソボ、メキシコ、モンテネグロ、ネパール、パキスタン、セネガル、セルビア、南アフリカ、ウガンダ、ウクライナの 16 カ国で KfW 支援の重点分野となっている。



(資料) KfW Entwicklungsbank HP

図-9.6-6 KfW のエネルギーセクターで「再生可能エネルギー」プロジェクトの占める割合

2008 年の「再生可能エネルギー」の承諾額は 35.1 億ユーロで、エネルギーセクター全体の承諾額の 50%を占めており、世界銀行を含めたドナーの中でも最大のコミット額となっている。



Financial Cooperation commitments by promotional area

(資料) KfW Entwicklungsbank HP

図-9.6-7 KfW のエネルギーセクタープロジェクトの内訳(2004年-2008年累計)

このような背景から、KfW の東アフリカ地域の地熱開発支援に対する関心も非常に高い。これまでケニアの Olkaria II, Olkaria IV での融資実績があるほか、ARGeo 設立にも当初はリーダーシップを取っていた。その後 ARGeo の枠組みではなく、単独のドナーとして同地域の地熱開発を支援する方向に転換し、現在、グラントによる試掘井掘削のためのリスク削減スキームを設計中である。2010 年内にスキームの設計が終了する予定であるが、現段階におけるスキームの特徴としては、掘削に失敗した場合に補償を行うのではなく、成功した場合に次の開発段階に進むための成功報酬をつけることにある。規模は 50 百万ユーロ（うち、KfW20 百万ユーロ、EU アフリカインフラ信託基金 30 百万ユーロ）を予定しており、プロジェクト毎に調査井掘削を支援する。具体的には、調査井 2 本の掘削資金の 40%を補助し、成功した場合にさらに 30%を補助する仕組みであり、失敗した場合に掘削費を補償する ARGeo の Risk Mitigation Fund とは異なる仕組みとなっている。掘削の成功に対する追加資金の提供という考え方は、最初から資金の潤沢でないディベロッパーが調査を次の段階に進めるのを支援をすること、失敗の認定が容易でなく係争が発生しやすい状況を避けること、に因るものである。成功の認定は、①ディベロッパーが次の開発段階に進むための資金が調達されること、②ディベロッパーが開発権を国に返還する場合には調査報告書を作成して今後の開発見通しを示すことで別のディベロッパーの参入を可能とすること、である。支援対象は政府、民間ともに可能であり、対象国は政府間の協力協定が存在しないジブチ、エリトリア、コモロを除く東アフリカ諸国である。

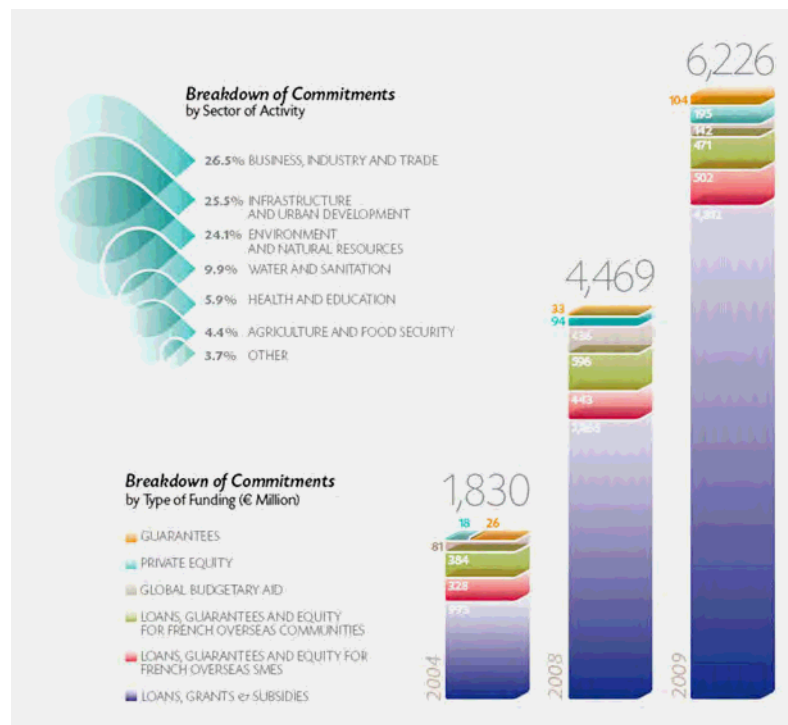
第 9.7 節 ドイツ連邦地科学・天然資源研究所（BGR）

BGR はドイツ政府の経済技術省に属する連邦政府の研究機関である。エネルギー資源、鉱物資源の調査、地下水管理、土壌調査、放射性廃棄物処理、CO₂ 地下貯留などの研究を行っており、これらの分野で途上国における技術協力も実施している。途上国の地熱開発を支援するための技術協力プログラムとして Geotherm Programme を 2003 年から実施しており、Phase I(予算規模 3.7 百万ユーロ)が終了、現在は Phase II (予算規模 2.9 百万ドル) を実施中である。Geotherm Programme は、ドイツが技術協力の対象として重視してきた東アフリカ諸国に重点を置いているが、チリ、イエメン、ベトナムなど東アフリカ地域以外の国でもプロジェクトを行っている。Phase II の総額は多少減っているが、ドイツ政府全体としては KfW の動きもあるとおり、地熱開発への支援は拡大している。Geotherm Programme の Phase I は、プロジェクト実施を通じたパートナー国技術者への技術移転、国連大学のトレーニングコースへの参加支援、ARGeo の立ち上げやエチオピアで地域ワークショップの開催を支援した。またエチオピアの Tendaho、タンザニアの Mbeya、ウガンダの Buranga、その他にチリ、ルワンダ、イエメンで Pre F/S レベルの地科学調査を実施した。Phase II では、プロジェクトが Pre F/S 調査のみで終了してしまわないよう、プロジェクトの審査段階から、両国政府間の協力協定に基づき、政治家や政策決定者など幅広く巻き込んでゆく方針である。また調査実施中に投資家や金融機関に対するプロジェクト説明会を行ったり、井戸掘削に対する資金調達が可能なような文書作成まで支援することとしている。現在、チリ、エチオピア、タンザニア、イエメンでこうした協力協定のもとプロジェクトが進んでいる。さらにウガンダ、ケニア、ルワンダからも要請が出されている。ジブチは、ドイツ政府のジブチに対する支援にエネルギー分野が入っていないので、今のところ対象外となっている。また Phase

II においては、BGR と KfW との協力協定が結ばれたため、今後は両機関の支援スキームが組み合わされることで協力の相乗効果が生まれことが期待されている。

第 9.8 節 フランス開発庁 (AFD)

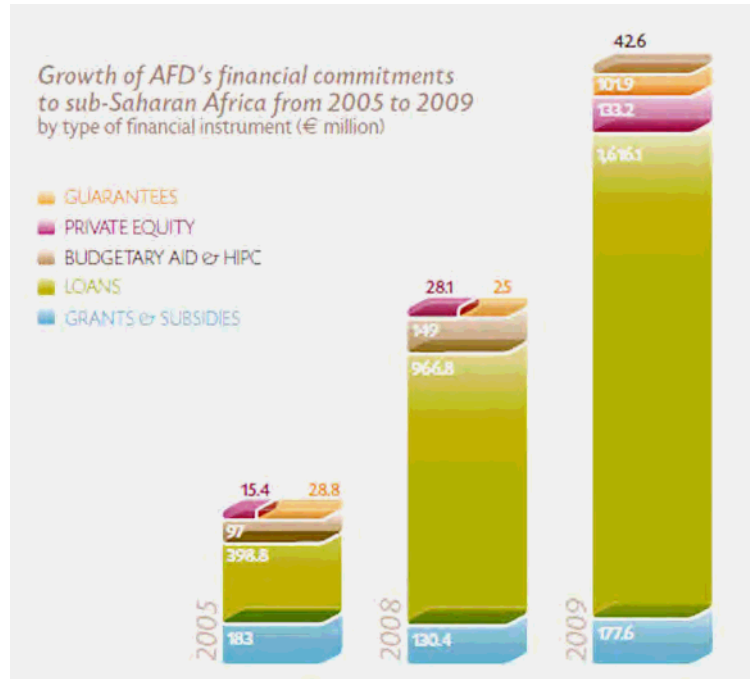
AFD はフランス政府の ODA 実施機関で、有償、技術協力、無償の支援スキームを持つ。AFD の中で PROPARCO は世銀の IFC に相当する部門で、民間への融資を担当している。2009 年のコミット額は 62 億ユーロで、2002 年の 15 億ユーロと比較しても、フランスの ODA の伸び率は著しい。



(資料) AFD (2009)

図-9.8-1 AFD のスキーム別承諾額の推移

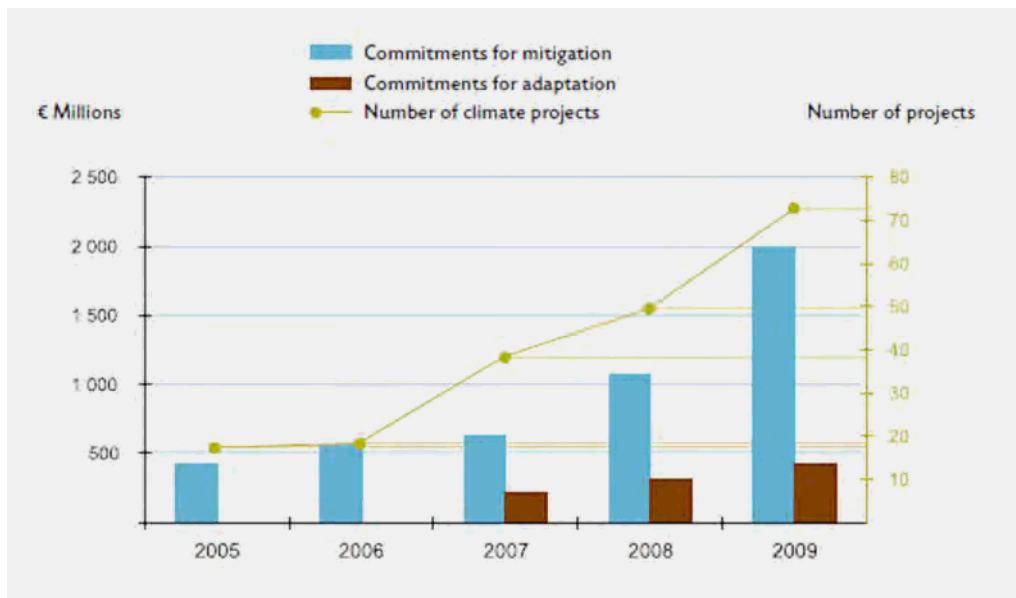
地域別では、アフリカは AFD の重点地域で、2009 年の承諾額はサブサハラ諸国が最大で 2,071 百万ユーロで全体の 40%を占める、次いで北アフリカ・中東が 1,152 百万ユーロ、アジア・太平洋諸国が 1,060 百万ユーロ、ラテンアメリカ・カリブが 622 百万ユーロである。サブサハラ地域への支援は 2009 年に前年比で 60%増加しているが、これは 2008 年 2 月に、サルコジ大統領がケープタウンにて、サブサハラ地域の経済成長と雇用創出のために、フランス政府のサブサハラ地域への支援を 2008 年から 2012 年で 100 億ユーロ行うことを約束したことによる。これにより 2009 年、PROPARCO はアフリカ向けのポートフォリオを 37%まで増大させた。また、250 百万ユーロの出資金により民間ビジネス支援ための基金 FISEA(Investment and Support Fund for Business in Africa)が創設され、AFD がその最大のシェアホルダーとなっている。



(資料) AFD (2009)

図-9.8-2 AFD のサブサハラ諸国向け承諾額推移

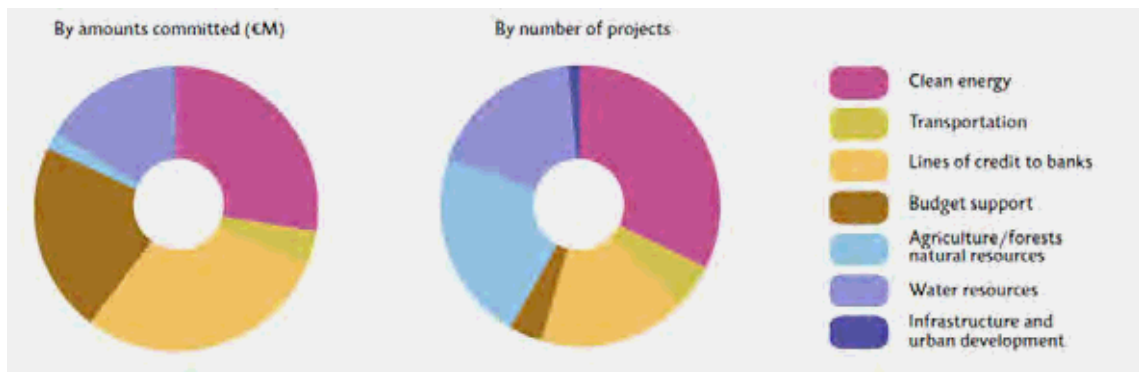
AFD は気候変動対策への取組みを強化しており、2009 年には気候変動対策に関連する 71 プロジェクト、24 億ユーロが承諾された。2005 年からの累積承諾額は 54 億ユーロに達しており、AFD は全世界の ODA による気候変動対策の 10%以上に貢献していると評価されている。



(資料) AFD and Climate Change

図-9.8-3 AFD の気候変動対策関連プロジェクトの承諾額の推移

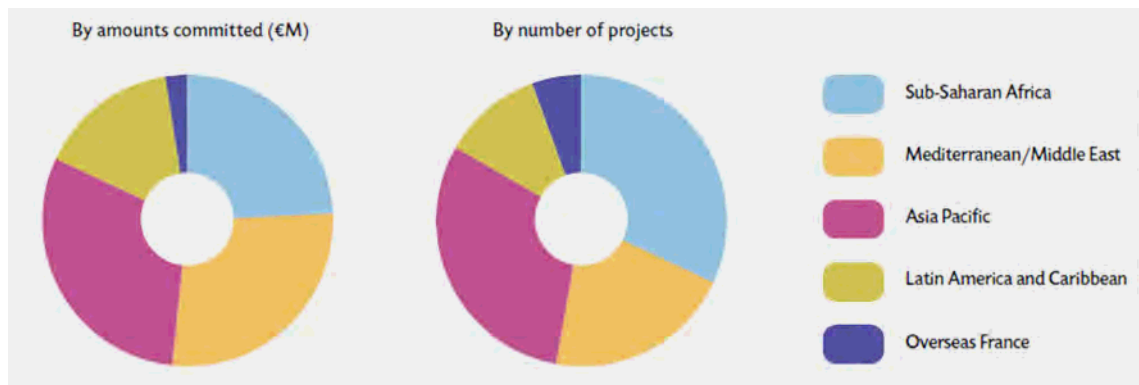
気候変動対策の中で、再生可能エネルギープロジェクトの占める割合はプロジェクト数で全体の3割程度となっている。



(資料) AFD and Climate Change

図-9.8-4 AFDの気候変動対策関連プロジェクトのセクター別内訳 (2009年)

また地域別には、サブサハラ地域向けがプロジェクト数で全体の3割程度を占めている。



(資料) AFD and Climate Change

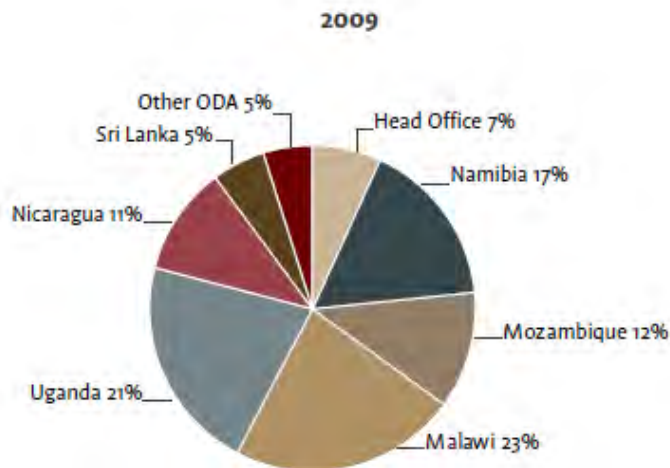
図-9.8-5 AFDの気候変動対策関連プロジェクトの地域別内訳 (2009年)

この中で地熱分野での実績は、ケニアがほとんどで、他にドミニカ国で調査を行っている。またインドネシアのケニアでは、Olkaria IIの3号機をEIB、世銀と協調融資（AFD分は20百万ユーロ）、Olkaria IIIをPROPARCOが民間向け融資で60百万ユーロ、Olkaria I and IVをJICA、世銀、EIB、KfWとの協調融資（AFD分は150百万ユーロ）の実績がある。また2010年始めにGDC向けにリグの調達をファイナンスしている。リグ調達に50百万ユーロのほか、キャパビルのための技術協力6百万ユーロもコンポーネントに入っている。さらにこのローンでは、エネルギーセクターのマスタープランの作成も行うことになっている。またAFDは、今年から3年間、ケニアエネルギー省(及びエネルギー規制委員会)に対して、発電・送電計画作成に関する技術協力

を行う予定であり、再生可能エネルギーの発電計画も重要なコンポーネントである。エチオピアについては、現在、風力事業で EEPSCO に政府保証なしの融資を行っている。ジブチはフランスと関係の深い国であり、同国での地熱開発についての関心も有しているが、現在のところは関与していない。

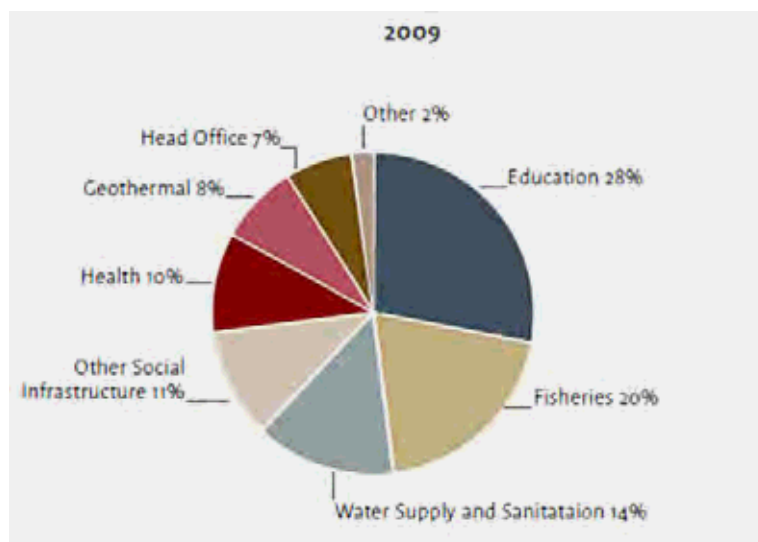
第 9.9 節 アイスランド

ICEIDA(アイスランド国際開発庁)による国際協力は、漁業と地熱に重点を置いている点が特徴的である。2009 年の二国間の援助総額は 14.1 百万ドル、このうち、マラウィが最大の被支援国となっており、3.2 百万ドル、全体の 23%、次にウガンダで、3 百万ドル、全体の 21%、その他にナミビア、モザンビーク、ニカラグアなどを支援している。セクター別では、教育セクター28%、漁業 20%、保健セクター10%、社会インフラ 11%、水供給 14%、地熱は全体の 8%となっている。地熱開発関連では、ICEIDA により、ウガンダの Kibiro, Katwe などの地表調査が行われているほか、アイスランド政府の外務省予算により、国連大学の地熱訓練プログラム(UNU-GTP)が 20 年にわたり支援されている。国連大学のプログラムは、アイスランドの国立エネルギー機関 (Orkustofnun) で開催されており、1979 年以来、世界 43 カ国から 400 名以上を受け入れ、実践的な地熱研修(6 カ月コース)を実施してきている。またアイスランド大学との提携により、国連大学のプログラムを終了後、アイスランド大学で修士号を取得することも可能となっている。アフリカからの参加者は全体の 26%を占めている。今後、研修生増員や地域センター(ケニア、中米)を開設したい意向であるが、資金が不足している。2008 年 10 月には、国連大学と KenGen の主催により、ケニアで約 1 カ月の地熱資源調査に関する短期プログラムが実施され、同年 11 月には第 2 回 ARGeo 会議に合わせ、ウガンダで 3 日間の短期コースが行われている。また ICEIDA はニカラグアにおいても、アイスランド、エルサルバドルから講師を派遣し、セミナーの開催や地熱資源調査に関する技術協力を行っている。



(資料 ICEIDA (2009))

図-9.9-1 ICEIDA の国別承諾額内訳(2009 年)



(資料) ICEIDA (2009)

図-9.9-2 ICEIDA のセクター別承諾額内訳(2009 年)

またアイスランドには、レイキャビク市が株主となっている REI 社 (Reykjavik Energy Investment) が海外での地熱開発に積極的に参入している。ジブチの Asal プロジェクトではジブチ政府と MOU を締結し、REI と IFC の出資により試掘井の掘削が行われる計画であったが、その後の経済危機やジブチ政府との交渉難航により、プロジェクトは中断している状況である。REI 社は独自に再生可能エネルギーに関する大学院の学位コース(1 年半の修士課程)を設けていて、国内外から年間 30 名の学生を受け入れている。

