

ケニア共和国
ケニア電力電灯公社

ケニア国キスム～レソス～オルカリア送電線 建設事業協力準備調査

ファイナルレポート

平成 22 年 3 月
(2010 年)

独立行政法人 国際協力機構

委託先
日本工営株式会社
東電設計株式会社
アイ・シー・ネット株式会社
共同企業体

アフ
CR(10)
10 - 002

ケニア共和国
ケニア電力電灯公社

ケニア国キスム～レソス～オルカリア送電線
建設事業協力準備調査

ファイナルレポート

平成 22 年 3 月
(2010 年)

独立行政法人 国際協力機構

委託先
日本工営株式会社
東電設計株式会社
アイ・シー・ネット株式会社
共同企業体

序 文

独立行政法人国際協力機構は、平成 21 年 5 月 28 日から平成 22 年 3 月 1 日の間、ケニア共和国の「キスム～レソス～オルカリア送電線建設事業」にかかる協力準備調査を実施しました。

ケニアの電力需要は、過去 5 年間、平均約 5%増で推移しており、同国の経済成長を維持するためには、新規送電設備拡充、及び発電所建設が急務となっています。「キスム～レソス～オルカリア送電線建設事業」は、安定した電力供給に寄与する事業として、同国の開発計画において優先度の高い事業に位置づけられています。本調査は、将来的な協力を検討するために必要な情報収集及び開発計画のレビューを行うとともに、ケニア政府関係者と協議を行うことを目的として実施したものです。本報告書が、本事業の推進に寄与するとともに、両国の友好親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

ここに、本調査にご協力とご支援をいただいた内外の関係各位に対し、心からの感謝の意を表するとともに、引き続き一層のご支援をお願い申し上げます。

平成 22 年 3 月

独立行政法人国際協力機構
アフリカ部長 押山 和範

伝 達 状

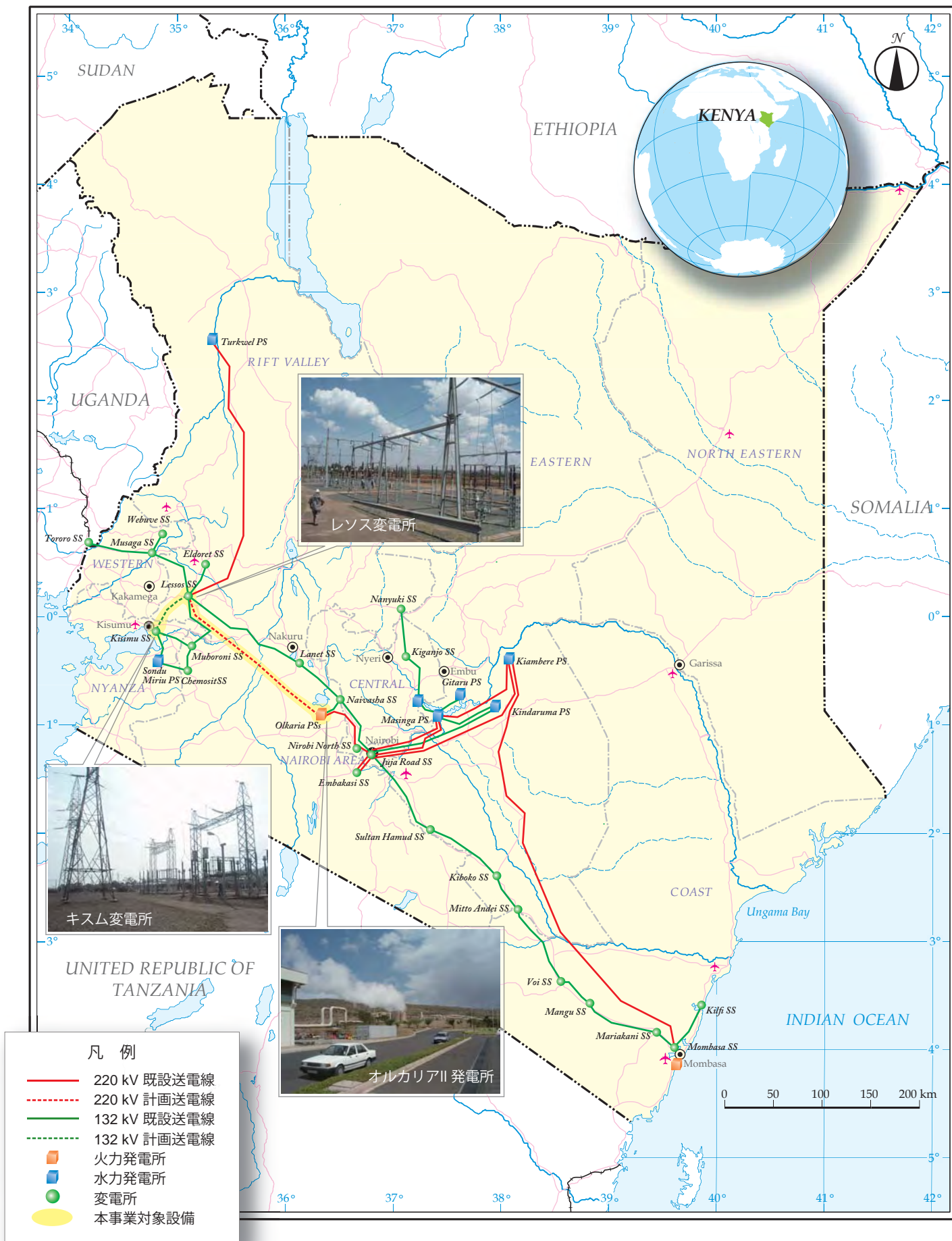
今般、ケニア共和国におけるキスム～レソス～オルカリア送電線建設事業協力準備調査が終了いたしましたので、ここに最終報告書を提出いたします。

本調査は、貴機構との契約に基づき弊社が、平成 21 年 5 月より平成 22 年 3 月までの 10 ヶ月にわたり実施いたしてまいりました。今回の調査に際しましては、ケニアの現状を十分に踏まえ、本計画の妥当性を検証するとともに、日本の有償資金協力の枠組みに最も適した計画の策定に努めてまいりました。

つきましては、本計画の推進に向けて、本報告書が活用されることを切望いたします。

平成 22 年 3 月

日 本 工 営 株 式 会 社
ケ ニ ア 国
キスム～レソス～オルカリア送電線建設事業
協 力 準 備 調 査 団
業 務 主 任 森 田 浩 行



ケニア国キスム～レソス～オルカリア送電線建設事業

協力準備調査

ファイナルレポート

目 次

	頁
第 1 章 序 論.....	1 - 1
1.1 調査の背景.....	1 - 1
1.2 調査の目的.....	1 - 1
1.3 調査スケジュール.....	1 - 2
第 2 章 ケニアの電力セクターの現状.....	2 - 1
2.1 政治経済情勢の現状.....	2 - 1
2.1.1 地 理	2 - 1
2.1.2 外交・政治.....	2 - 2
2.1.3 経 済	2 - 3
2.1.4 開発計画	2 - 4
2.2 電力セクターの概要.....	2 - 5
2.2.1 電力事業形態.....	2 - 5
2.2.2 ケニア電力電灯会社（KPLC）	2 - 6
2.2.3 その他の電力関係公社/政府機関.....	2 - 6
2.3 電力系統の現状.....	2 - 7
2.3.1 電力系統構成.....	2 - 7
2.3.2 需要と電源の地域分布.....	2 - 9
2.3.3 需要実態	2 - 10
2.3.4 発電設備	2 - 13
2.3.5 送電設備	2 - 14
2.3.6 変電設備	2 - 16
2.3.7 電力系統	2 - 20
Annex 2-1 Present KPLC System	2 - 27
第 3 章 ケニアの電力長期計画.....	3 - 1
3.1 電力需要予測.....	3 - 1
3.1.1 序 説	3 - 1

3.1.2	ケニア側の需要予測.....	3	-	1
3.1.3	LCPDP の変遷.....	3	-	1
3.1.4	需要予測と経済の実情.....	3	-	3
3.2	電源開発計画.....	3	-	7
3.2.1	Vision 2030 と電源開発計画.....	3	-	7
3.2.2	LCPDP による電源開発計画.....	3	-	8
3.2.3	需給バランス.....	3	-	11
3.2.4	エチオピアからの電力輸入.....	3	-	11
3.3	系統増強計画.....	3	-	12
3.4	地方電化.....	3	-	14
3.4.1	地方電化方策.....	3	-	14
3.4.2	投資額とプロジェクト効果.....	3	-	16
3.4.3	電化率向上への方策.....	3	-	17
3.5	Energy Sector Donor Coordination Group Meeting.....	3	-	20
3.5.1	フランス開発庁（AFD）.....	3	-	20
3.5.2	アフリカ開発銀行（AfDB）.....	3	-	21
3.5.3	ドイツ金融復興公庫（KfW）.....	3	-	21
3.5.4	国際開発協会/世銀（IDA/WB）.....	3	-	22
3.5.5	欧州投資銀行（EIB）.....	3	-	23
3.5.6	欧州委員会（European Commission）.....	3	-	24
3.5.7	その他ドナー.....	3	-	24
第4章	電力セクター域内の協力.....	4	-	1
4.1	東部アフリカの取組み.....	4	-	1
4.1.1	東アフリカパワープール（EAPP）.....	4	-	1
4.1.2	東アフリカ電力マスタープラン（EAPMP）.....	4	-	2
4.2	ウガンダの電力事情とケニアへの電力国際融通.....	4	-	8
4.2.1	電力事業体制.....	4	-	8
4.2.2	電力需要.....	4	-	8
4.2.3	電源開発計画.....	4	-	10
4.2.4	電力輸出.....	4	-	11
4.2.5	売電契約.....	4	-	11
4.2.6	送電線増強計画.....	4	-	12
4.2.7	電力潮流.....	4	-	14
4.2.8	各国ドナーのウガンダでの融資状況.....	4	-	18
4.3	エチオピアの電力事情とケニアへの電力国際融通.....	4	-	19
4.3.1	一般情勢.....	4	-	19
4.3.2	電力事業体制.....	4	-	19
4.3.3	電力需要.....	4	-	19
4.3.4	電源開発計画.....	4	-	22

4.3.5	送電線増強計画.....	4	-	24
4.3.6	買取り契約.....	4	-	26
4.3.7	各国ドナーのエチオピアでの融資状況.....	4	-	28
第5章	電力系統解析結果.....	5	-	1
5.1	系統解析条件.....	5	-	1
5.1.1	需要想定、電源ならびに系統増強計画.....	5	-	1
5.1.2	系統解析ソフトならびに模擬方法.....	5	-	1
5.2	2013 年系統解析結果.....	5	-	2
5.2.1	電源ならびに負荷の地域分布.....	5	-	2
5.2.2	潮流解析結果.....	5	-	3
5.2.3	Naivasha－Lanet 線過負荷対策.....	5	-	10
5.2.4	事故電流解析結果.....	5	-	11
5.2.5	安定度解析結果.....	5	-	13
5.2.6	解析結果総括.....	5	-	15
5.3	2020 年系統解析結果.....	5	-	23
5.3.1	潮流解析結果.....	5	-	23
5.3.2	132kV Lessos－Muhoroni 線過負荷対策.....	5	-	29
5.3.3	事故電流解析結果.....	5	-	30
5.3.4	安定度解析結果.....	5	-	32
5.3.5	解析結果概要.....	5	-	32
5.4	必要送電容量と送電線規模.....	5	-	35
5.4.1	ケニア西部地域の需要と供給力.....	5	-	35
5.4.2	Olkaria－Lessos 線の必要送電容量.....	5	-	36
5.4.3	Kisumu－Lessos 線の必要送電容量.....	5	-	38
第6章	経済財務状況.....	6	-	1
6.1	KPLC の財務状況.....	6	-	1
6.1.1	序 説.....	6	-	1
6.1.2	業 績.....	6	-	1
6.1.3	費用構造.....	6	-	3
6.1.4	経営指標分析.....	6	-	3
6.2	電気料金システムの現状.....	6	-	6
6.2.1	概 要.....	6	-	6
6.2.2	顧客別の需要動向.....	6	-	7
6.3	KPLC のローン返済能力.....	6	-	10
6.3.1	設備投資とキャッシュフロー.....	6	-	10
6.3.2	資金調達.....	6	-	11
第7章	環境社会配慮.....	7	-	1

7.1	ケニア国の環境影響評価（EIA）・住民移転計画（RAP）の プロセスと関連法規	7	-	1
7.1.1	ケニア国の EIA 制度	7	-	1
7.1.2	EIA を必要とする案件の種別	7	-	1
7.1.3	EIA プロセス及び必要とされる報告書	7	-	1
7.1.4	EIA 調査(EIAS: EIA Study)の要件	7	-	2
7.1.5	EIA 調査準備・審査プロセス	7	-	3
7.1.6	協議・住民参加（CPP：Consultation and Public Participation） 及び情報公開	7	-	5
7.1.7	EIA 承認機関	7	-	6
7.1.8	RAP 準備プロセス及び関係機関	7	-	6
7.1.9	EIA 及び RAP 関連の法規文書（法律、規制及び環境基準等）	7	-	7
7.1.10	ケニア国の EIA/RAP プロセスと「環境社会配慮確認のための JBIC ガイドライン」との比較	7	-	8
7.2	送電線の路線にかかる代替ルートの検討	7	-	9
7.2.1	F/S 調査で提案された代替ルートの検討	7	-	9
7.2.2	調査団による事前代替ルート評価	7	-	10
7.3	想定される環境・社会影響	7	-	11
7.3.1	スコーピング方法	7	-	11
7.3.2	Kisumu～Lessos～Olkaria送電線改善事業のスコーピング結果概要	7	-	12
7.3.3	スコーピング結果の説明	7	-	12
7.4	ESIA・RAP 調査実施のためのこれまでの技術支援	7	-	19
7.4.1	ESIA・RAP 調査 TOR 及び工程の作成	7	-	19
7.4.2	NEMA からの ESIA の TOR の承認取得	7	-	20
7.4.3	ESIA 報告書案のレビュー	7	-	20
7.4.4	ESIA にかかるパブリックコンサルテーションの結果	7	-	21
7.4.5	コンサルタントによる地形調査	7	-	24
7.4.6	動植物、景観、社会経済調査（専門調査）の再委託	7	-	24
7.5	KPLC の ESIA・RAP 調査実施に係る提言	7	-	26
7.5.1	ESIA・RAP 調査の方法に係る提言	7	-	26
7.5.2	ESIA 調査の工程に係る提言	7	-	28
7.5.3	提案される環境管理計画及び環境モニタリング計画の概要	7	-	29
7.5.4	提案される RAP におけるエンタイトルメントマトリックス 及びモニタリング計画の概要	7	-	38
7.6	KPLC の ESIA 報告書の評価結果	7	-	39
7.7	KPLC における ESIA 及び RAP モニタリング実施体制	7	-	42
7.7.1	安全健康環境部（SHE Department）	7	-	42
7.7.2	KPLC 内の関連組織	7	-	43
7.8	JBIC ガイドラインにおける環境チェックリストの作成	7	-	45
Annex 7 to Chapter 7	7	-	46

Annex 7-1	Second Schedule: Project Types which Requires EIA	7	-	47
Annex 7-2	Contents of the Project Report.....	7	-	49
Annex 7-3	Contents of the Scoping Report.....	7	-	50
Annex 7-4	EIA-Related Laws and Regulations	7	-	51
Annex 7-5	Environmental (Impact Assessment and Audit) Regulations 2003.....	7	-	57
Annex 7-6	Environment Standards and Guideline Values.....	7	-	87
Annex 7-7	Scoping Report approved by NEMA.....	7	-	101
Annex 7-8	Mau Forests Complex Map with Alternative Alignments	7	-	170
Annex 7-9	Field Report of JICA Survey Team	7	-	171
Annex 7-10	Location Map of Public Consultation Meetings.....	7	-	181
Annex 7-11	Location Map of the Affected Residential Structures Summary Results of the Topographic Survey.....	7	-	183
Annex 7-12	Newspaper Advertisement on NEMA's Information Disclosure of the EIA Report.....	7	-	185
Annex 7-13	JBIC Environmental Checklist No. 14	7	-	187
第 8 章	協力対象事業の基本設計.....	8	-	1
8.1	プロジェクトの基本設計概要.....	8	-	1
8.1.1	送電線ルート.....	8	-	1
8.1.2	設備の基本設計概要.....	8	-	5
8.1.3	Kisumu～Lessos間の送電線規模検討	8	-	7
8.1.4	Kisumu～Lessos間の 220kV 送電電圧の採用	8	-	9
8.2	プロジェクトコスト.....	8	-	9
8.2.1	プロジェクトコスト概算.....	8	-	9
8.3	事業実施スケジュール.....	8	-	15
Annex 8-1	事業費総額（全区間 220kV の場合）	8	-	22
Annex 8-2	事業実施スケジュール	8	-	23
第 9 章	KETRACO によるプロジェクトの運営	9	-	1
9.1	事業実施体制.....	9	-	1
9.1.1	建設事業時の事業実施体制.....	9	-	1
9.1.2	建設事業後の保守・運用体制.....	9	-	3
9.2	推奨される技術協力.....	9	-	7
9.2.1	400kV 送電線設計手法.....	9	-	7
9.2.2	系統計画設計手法.....	9	-	8
9.2.3	契約条文	9	-	8
9.2.4	工事施工監理.....	9	-	8
9.2.5	環境影響評価技術.....	9	-	9
9.2.6	保守・運用技術.....	9	-	9
Annex 9-1	Cost Estimate of Maintenance for Transmission Lines	9	-	10

第 10 章	裨益効果とCO ₂ 削減効果	10	-	1
10.1	石油火力削減効果	10	-	1
10.1.1	ケニア西部地域の需要と供給力	10	-	1
10.1.2	ケニア西部地域の需給バランスの見通し	10	-	1
10.1.3	Olkaria-Lessos 線送電容量制限による西部地域での 火力発電所増強の必要性	10	-	2
10.2	輸入電力活用によるコスト削減とCO ₂ 削減	10	-	3
10.2.1	西部地域における需要実態	10	-	3
10.2.2	西部系統の負荷継続曲線への電源の当てはめ	10	-	4
10.2.3	年度毎の電源別発電電力量	10	-	6
10.3	輸入電力活用による便益	10	-	8
10.3.1	コスト削減	10	-	8
10.3.2	CO ₂ 削減	10	-	11
10.4	送電損失低減	10	-	12
10.5	電力品質と供給信頼度の向上	10	-	13
10.6	裨益人口	10	-	14
10.6.1	税収増による住民サービス向上ならびに雇用機会増加の受益人口	10	-	14
10.6.2	電力料金低減・安定化受益人口	10	-	15
10.7	FIRR・EIRR	10	-	17
10.7.1	概論	10	-	17
10.7.2	IRR の試算	10	-	17
10.7.3	感度分析	10	-	22
10.8	運用・効果指標	10	-	23
	Annex 10-1 IRR Calculation Table (High Growth Case)	10	-	25
	Annex 10-2 IRR Calculation Table (Low Growth Case)	10	-	26
	Annex 10-3 IRR Calculation Table (Demand will be flat after 2029)	10	-	27
	Annex 10-4 IRR Calculation Table (Kisumu-Lessos 220kV)	10	-	28
第 11 章	結論と提言	11	-	1
11.1	結論	11	-	1
11.2	提言	11	-	2
11.3	ケニア電力系統と円借款対象事業	11	-	2
11.3.1	ケニア電力系統における潮流の現状	11	-	2
11.3.2	本事業完成後のケニア電力系統	11	-	3
11.3.3	本事業完成後長期的予測によるケニア電力系統	11	-	4
11.3.4	本事業において 2 つの送電線を建設する必要性	11	-	5
11.3.5	本事業が果たすその他の効果	11	-	5

図 表 目 次

図 2-1.1	ケニア全体地図	2	-	1
図 2-2.1	エネルギー省と政府機関/公社	2	-	5
図 2-3.1	ケニアの電力系統（2008 年現在）	2	-	8
図 2-3.2	ケニアの 6 つの地域	2	-	9
図 2-3.3	需要と電源分布	2	-	10
図 2-3.4	需要と電源の地域別割合	2	-	10
図 2-3.5	日負荷曲線（2009 年 9 月 5 日～7 日）	2	-	11
図 2-3.6	日負荷曲線（最大需要日 2008 年 11 月 26 日(水)）	2	-	11
図 2-3.7	2007 年負荷継続曲線（Load duration curve）	2	-	12
図 2-3.8	発電設備量の内訳（主系統）	2	-	14
図 2-3.9	発送変電設備位置図	2	-	18
図 2-3.10	電力系統構成と送電容量	2	-	22
図 2-3.11	電力潮流解析結果（2009 年雨期系統）	2	-	23
図 2-3.12	事故電流解析結果（2009 年系統）	2	-	24
図 2-3.13	発電機内部誘起電圧位相動揺曲線	2	-	26
図 3-1.1	過去の最大電力の伸びと GDP 成長率	3	-	5
図 3-1.2	設備容量と販売電力量の推移	3	-	5
図 3-2.1	各開発計画相互の関係	3	-	8
図 3-2.2	種類別開発電源比率（2009-2020 年）	3	-	9
図 3-2.3	種類別電源比率（2019/20 年度末）	3	-	9
図 3-2.4	需給バランスと予備率	3	-	11
図 3-2.5	ケニアとエチオピアの月別降雨量	3	-	12
図 3-3.1	ケニアの送電線増強計画	3	-	13
図 3-4.1	地方電化対象地域 (1)（ケニア北部）	3	-	18
図 3-4.2	地方電化対象地域 (2)（ケニア南部）	3	-	19
図 4-1.1	東アフリカパワープールマスタープラン系統	4	-	7
図 4-2.1	ウガンダの日負荷曲線（2008.12.1(月)～3(水)）	4	-	9
図 4-2.2	ウガンダの負荷持続曲線（2008 年）	4	-	9
図 4-2.3	ウガンダの系統増強計画	4	-	13
図 4-2.4	ウガンダ電力潮流（2008 年）	4	-	15
図 4-2.5	ウガンダ電力潮流（2013 年）	4	-	16
図 4-2.6	ウガンダ電力潮流（2017 年）	4	-	17
図 4-3.1	エチオピアの日負荷曲線（2008 年 1 月）	4	-	20
図 4-3.2	エチオピアの最大電力の推移（国内需要）	4	-	21
図 4-3.3	エチオピアの既設電源種別割合（実効出力）	4	-	23

図 4-3.4	エチオピア電力系統（2006 年現在）	4	-	25
図 5-2.1	ケニアの電源ならびに負荷の地域分布	5	-	3
図 5-2.2	2013 年潮流解析結果（送電線増強前、雨期）	5	-	5
図 5-2.3	2013 年潮流解析結果（送電線増強前、平年乾期：水力 70%出力）	5	-	6
図 5-2.4	2013 年潮流解析結果（送電線増強前、異常乾期：水力 50%出力）	5	-	7
図 5-2.5	2013 年潮流解析結果（送電線増強後、雨期）	5	-	8
図 5-2.6	2013 年潮流解析結果（送電線増強後、異常乾期：水力 50%出力）	5	-	9
図 5-2.7	Lanet 変電所 220kV 送電の潮流 （2013 年、異常乾期：水力 50%出力）	5	-	10
図 5-2.8	事故電流解析結果（2013 年系統）	5	-	12
図 5-2.9 (1)	発電機内部誘起電圧位相動揺曲線（2013 年系統）	5	-	16
図 5-2.9 (2)	発電機内部誘起電圧位相動揺曲線（2013 年系統）	5	-	17
図 5-2.9 (3)	発電機内部誘起電圧位相動揺曲線（2013 年系統）	5	-	18
図 5-2.9 (4)	発電機内部誘起電圧位相動揺曲線（2013 年系統）	5	-	19
図 5-2.9 (5)	発電機内部誘起電圧位相動揺曲線（2013 年系統）	5	-	20
図 5-2.9 (6)	発電機内部誘起電圧位相動揺曲線（2013 年系統）	5	-	21
図 5-2.9 (7)	発電機内部誘起電圧位相動揺曲線（2013 年系統）	5	-	22
図 5-3.1	2020 年潮流解析結果（雨期、Menemgai 発電所 New Lanet 連系）	5	-	25
図 5-3.2	2020 年潮流解析結果（乾期：水力 50%出力、 Menemgai 発電所 New Lanet 連系）	5	-	26
図 5-3.3	2020 年潮流解析結果（雨期、Menemgai 発電所 Olkaria II 連系）	5	-	27
図 5-3.4	2020 年潮流解析結果（乾期：水力 50%出力、 Menemgai 発電所 Olkaria II 連系）	5	-	28
図 5-3.5	Kisumu-Lessos 線電圧 220kV の場合の周辺潮流（2020 年）	5	-	29
図 5-3.6	事故電流解析結果（2020 年系統）	5	-	31
図 5-3.7 (1)	発電機内部誘起電圧位相動揺曲線（2020 年系統）	5	-	33
図 5-3.7 (2)	発電機内部誘起電圧位相動揺曲線（2020 年系統）	5	-	34
図 5-3.7 (3)	発電機内部誘起電圧位相動揺曲線（2020 年系統）	5	-	35
図 6-1.1	KPLC の収益の推移	6	-	2
図 6-1.2	KPLC の費用構造の推移	6	-	3
図 6-2.1	KPLC の顧客別売上高の推移（実数）	6	-	8
図 6-2.2	KPLC の顧客別売上高の推移（百分率）	6	-	8
図 6-2.3	KPLC の顧客別供給電力量の推移（実数）	6	-	9
図 6-2.4	KPLC の顧客別供給電力量の推移（百分率）	6	-	9
図 6-3.1	KPLC の設備投資額と対売上高比の推移	6	-	11
図 6-3.2	KPLC の借入金の返済期限の推移（百分率）	6	-	12

図 7-1.1	EIA レポート準備及び審査プロセス	7	-	4
図 7-2.1	送電線の路線の代替ルート	7	-	10
図 7-5.1	ESIA 調査工程及び想定/提案される RAP 調査工程	7	-	28
図 7-7.1	ESIA 実施・モニタリングを担当する SHE Dept.の組織図	7	-	43
図 7-7.2	RAP 実施・モニタリング担当チームの組織図	7	-	45
図 8-1.1	送電線ルート案	8	-	4
図 8-1.2	送電線鉄塔の構造各種	8	-	5
図 8-1.3	220kV 送電線鉄塔	8	-	16
図 8-1.4	陶磁器・ガラス碍子（1 個）と碍子連	8	-	6
図 8-1.5	オルカリア II 発電所 220kV 機器平面図（現状）	8	-	17
図 8-1.6	オルカリア II 発電所 220kV 機器平面図（プロジェクト終了時）	8	-	18
図 8-1.7	レソス変電所 220kV 機器平面図	8	-	19
図 8-1.8	レソス変電所 132kV 機器平面図	8	-	20
図 8-1.9	キスム変電所 132kV 機器平面図	8	-	21
図 8-1.10	Kisumuへの電力系統の問題	8	-	8
図 9-1.1	KPLC 組織図	9	-	1
図 9-1.2	送電線部内の組織図	9	-	2
図 10-1.1	送電容量制限と西部地域での火力発電の必要性	10	-	2
図 10-1.2	送電容量制限解消によるエチオピアからの輸入電力の活用	10	-	3
図 10-2.1	ケニア系統全系の負荷継続曲線（2007 年）	10	-	3
図 10-2.2	電源別供給状況（2013[2015]年）	10	-	4
図 10-2.3	電源別供給状況（2020[2025]年）	10	-	5
図 10-2.4	電源別供給状況（2029[2037]年）	10	-	6
図 10-2.5	年度毎の電源別発電電力量（KPLC の需要想定ベース）	10	-	7
図 10-2.6	年度毎の電源別発電電力量（本調査団の需要想定ベース）	10	-	7
図 10-6.1	送電線通過市町村	10	-	15
図 10-6.2	本件送電線の電力供給エリア	10	-	16
図 10-7.1	支払い意思額	10	-	19
図 11-1.1	2008 年のケニア中心部の潮流	11	-	2
図 11-1.2	2013 年のケニア中心部の潮流（本事業完成後）雨期	11	-	3
図 11-1.3	2020 年のケニア中心部の潮流（本事業完成 7 年後）の雨期	11	-	4
表 2-1.1	主な社会経済指標（ケニア）	2	-	4
表 2-3.1	発電設備（2009 年 6 月現在）	2	-	13
表 2-3.2	送電設備（2009 年 6 月現在）	2	-	15

表 2-3.3	変電用変圧器（2009 年 6 月現在、発電機昇圧用を除く）	2	-	17
表 2-3.4	遮断器定格（電圧 132kV 以上の変電所）	2	-	19
表 2-3.5	事故電流解析結果（2009 年系統）	2	-	21
表 2-3.6	安定度解析結果（2009 年系統）	2	-	25
表 3-1.1	LCPDP の変遷	3	-	2
表 3-1.2	LCPDP によるケニア国内の電力需要予測	3	-	3
表 3-1.3	KPLC による GDP 成長率予測と IMF の予測との差異	3	-	4
表 3-1.4	ケニアにおける最大電力需要（実績）と発電設備容量	3	-	4
表 3-1.5	IMF の GDP 成長率データをベースにした電力需要予測	3	-	6
表 3-1.6	LCPDP と本調査団の需要想定（IMF base）との同一系統規模 到達年度比較	3	-	7
表 3-2.1	ケニアの電源開発計画（孤立系統を除く）	3	-	10
表 3-3.1	ケニアの送電線増強計画（2008/09－2019/20 年度）	3	-	13
表 3-4.1	Grid Extension RE Project の電化拠点数	3	-	15
表 3-4.2	Off-Grid RE Project の電化拠点数	3	-	15
表 3-4.3	必要投資額とプロジェクト効果（2008－2013 年）	3	-	16
表 3-4.4	Stima Loan（KPLC） & Stima Loan（Equity Bank）	3	-	17
表 3-5.1	AFD によるケニア発電設備に対する援助の動き	3	-	20
表 3-5.2	AFD によるケニア送配変電設備に対する援助の動き	3	-	20
表 3-5.3	AfDB によるケニア送電設備に対する援助の動き	3	-	21
表 3-5.4	KfW によるケニア発電設備に対する援助の動き	3	-	21
表 3-5.5	KfW によるケニア送電設備に対する援助の動き	3	-	22
表 3-5.6	IDA/WB によるケニア発電設備に対する援助の動き	3	-	22
表 3-5.7	IDA/WB によるケニア送配変電設備に対する援助の動き	3	-	22
表 3-5.8	EIB によるケニア発電設備に対する援助の動き	3	-	23
表 3-5.9	EIB によるケニア送配変電設備に対する援助の動き	3	-	23
表 4-1.1	需要想定	4	-	2
表 4-1.2	開発候補水力電源	4	-	3
表 4-1.3	開発候補火力電源	4	-	3
表 4-1.4	ケニアにおける主な電源増強（2004～2023 年）	4	-	4
表 4-1.5	ケニアにおける主な増強送電設備（2004～2023 年）	4	-	4
表 4-1.6	各国独自計画案のコスト	4	-	4
表 4-1.7	ケニアにおける主な電源増強（2005～2023 年）	4	-	5
表 4-1.8	ケニアにおける主な増強送電設備（2004～2023 年）	4	-	5
表 4-1.9	一体化計画案のコスト	4	-	6
表 4-1.10	各国独自計画案と一体化計画案のコスト比較	4	-	6
表 4-2.1	ウガンダの最大電力の推移（中位伸び率 7.7% ケース）	4	-	8
表 4-2.2	ウガンダの需要電力量の推移	4	-	8

表 4-2.3	ウガンダ既設電源 (2008 年 8 月現在).....	4	-	10
表 4-2.4	ウガンダ電源開発計画	4	-	10
表 4-2.5	ウガンダからの輸出電力	4	-	11
表 4-2.6	ウガンダの送電線増強計画	4	-	12
表 4-2.7	ウガンダの発電計画に対するドナーの動き	4	-	18
表 4-2.8	ウガンダの送電計画に対するドナーの動き	4	-	18
表 4-3.1	エチオピアの最大電力と需要電力量の推移	4	-	20
表 4-3.2	エチオピアの需要想定 (最大電力)	4	-	21
表 4-3.3	エチオピアの需要想定 (需要電力量)	4	-	22
表 4-3.4	エチオピアの既設電源	4	-	22
表 4-3.5	電源開発計画 (需要 Target Schenario+輸出)	4	-	24
表 4-3.6	230kV 送電線	4	-	26
表 4-3.7	送電線増強計画	4	-	27
表 4-3.8	エチオピアの発電計画に対するドナーの動き	4	-	28
表 5-1.1	系統解析の対象とした KPLC の想定に基づく需要想定	5	-	1
表 5-1.2	系統模擬規模	5	-	2
表 5-2.1	主要送電線の潮流状況 (1 回線当たり)	5	-	3
表 5-2.2	事故電流解析結果 (2013 年系統)	5	-	11
表 5-2.3	安定度解析結果 (2013 年系統)	5	-	14
表 5-2.4	系統解析結果	5	-	15
表 5-3.1	主要送電線の潮流状況	5	-	23
表 5-3.2	事故電流解析結果 (2020 年系統)	5	-	30
表 5-3.3	安定度解析結果 (2020 年系統)	5	-	32
表 5-4.1	ケニア西部地域の需要ならびに供給力 (2020 年).....	5	-	36
表 5-4.2	ケニア西部地域の需給バランスの見通しと Olkaria-Lessos 線の予想潮流.....	5	-	37
表 5-4.3	送電線導体と送電容量 (二導体)	5	-	38
表 5-4.4	Kisumu 地域の需要ならびに供給力 (2020 年).....	5	-	38
表 5-4.5	Kisumu 地域の需給バランスの見通しと Kisumu-Lessos 線の予想潮流.....	5	-	38
表 5-4.6	送電線導体と送電容量 (単導体)	5	-	39
表 6-1.1	KPLC の業績概要	6	-	2
表 6-1.2	KPLC の経営指標	6	-	6
表 6-3.1	KPLC のキャッシュフローの推移	6	-	11
表 6-3.2	KPLC の主な資金調達先と借入金残高	6	-	13
表 7-1.1	EIAS レポートの構成内容	7	-	3
表 7-1.2	EIA ライセンス取得費用 (EIA 報告書審査費用)	7	-	5
表 7-1.3	EIA に係る関連法律及び規制の一覧.....	7	-	7

表 7-1.4	当事業に関連したケニア国の環境基準	7	-	8
表 7-1.5	RAP に関連した法律及び規制の一覧.....	7	-	8
表 7-2.1	代替ルート検討結果（環境社会配慮面）	7	-	11
表 7-3.1	環境・社会影響のスコーピング結果の概要	7	-	12
表 7-3.2	Olkaria～Lessos～Kisumu間の送電線建設事業の 環境・社会影響のスコーピング結果.....	7	-	14
表 7-4.1	提案された ESIA 調査の TOR.....	7	-	19
表 7-4.2	提案された RAP 調査の TOR.....	7	-	20
表 7-4.3	提案された RAP 調査報告書の構成.....	7	-	20
表 7-4.4	住民協議の開催概要	7	-	22
表 7-4.5	環境・社会専門調査（再委託調査）	7	-	24
表 7-4.6	景観専門調査の結果概要	7	-	25
表 7-5.1	ESIA に係る住民協議の議題	7	-	27
表 7-5.2	RAP に係る住民協議の議題.....	7	-	28
表 7-5.3	提案される EMP のアウトライン	7	-	31
表 7-5.4	提案される EMoP のアウトライン	7	-	37
表 7-5.5	提案されるエンタイトルメントマトリックス.....	7	-	38
表 7-5.6	提案されるモニタリング計画	7	-	39
表 7-6.1	KPLC の ESIA の確認・改定されるべき課題	7	-	40
表 8-1.1	Olkaria－Lessos間ルート案の比較	8	-	2
表 8-1.2	Lessos－Kisumu間ルート案の比較.....	8	-	3
表 8-2.1	調達／建設コスト	8	-	10
表 8-2.2	本事業の総事業費	8	-	11
表 8-2.3	送電線の調達／建設費の内訳	8	-	14
表 8-2.4	変電所拡張費用の内訳	8	-	15
表 9-1.1	ヘリコプターチームの保守用検査スケジュール（ヘリコプター巡視）	9	-	5
表 9-1.2	活線チームの保守用検査スケジュール	9	-	5
表 10-1.1	ケニア西部地域の需要ならびに供給力 (2013 年：KPLC 需要想定に基づく)	10	-	1
表 10-1.2	ケニア西部地域の需給バランスの見通し	10	-	2
表 10-2.1	域内に新設の火力発電所の発電電力量（KPLC の需要想定ベース） ...	10	-	8
表 10-2.2	域内に新設の火力発電所の発電電力量 (本調査団の需要想定ベース)	10	-	8
表 10-3.1	エチオピアからの電力輸入によるコスト削減額 (KPLC の需要想定ベース)	10	-	11
表 10-3.2	エチオピアからの電力輸入によるコスト削減額 (本調査団の需要想定ベース)	10	-	11

表 10-3.3	エチオピアからの電力輸入による CO ₂ 排出削減量 (KPLC の需要想定ベース)	10	-	12
表 10-3.4	エチオピアからの電力輸入による CO ₂ 排出削減量 (IMF ベースの需要想定)	10	-	12
表 10-4.1	Olkaria-Lessos 送電損失低減量 (2013 年 : KPLC の需要想定ベース)	10	-	13
表 10-5.1	送電線 1 回線開放時の電圧変動 (雨期、Lessos 変電所 132kV 母線)	10	-	13
表 10-5.2	日本における電圧別送電線事故率例 (年・100km 当たり回数)	10	-	14
表 10-6.1	本件送電線が立地する市町村人口 (2008 年)	10	-	14
表 10-6.2	本件送電線の電力供給エリア居住人口 (2008 年現在)	10	-	17
表 10-7.1	FIRR/EIRR	10	-	21
表 10-7.2	需要／建設計画の変動による IRR への影響.....	10	-	22
表 10-7.3	感度分析	10	-	22
表 10-7.4	運用・効果指標	10	-	23
表 11-1.1	事業の実施方法 (Lessos-Kisumu 間の電圧) および事業無しの場合の比較	11	-	1

略 語

AEC	African Economic Community
AFD	Agence Francaise de Development
AfDB	African Development Bank
ASEAN	Association of South-East Asian Nations
AU	African Union
CDM	Clean Development Mechanism
COMESA	Common Market for Eastern & Southern Africa
CPI	Consumer Price Index
DOE	Department of Energy
DSM	Demand Side Management
EAC	East African Cooperation
EAPMP	East African Power Master Plan Study
EAPP	East African Power Pool
ECOWAS	Economic Community of East African States
EEPCO	Ethiopian Electric Power Corporation
EIA	Environmental Impact Assessment
ENTRO	East Nile Technical Regional Office
F/Y	Fiscal year
GDP	Gross Domestic Product
IDA	International Development Association
IFC	International Finance Corporation
IMF	International Monetary Fund
IPP	Independent Power Producer
ISO	Independent System Operator
JICA	Japan International Cooperation Agency
KANU	Kenya African National Union
KenGen	Kenya Electricity Generating Company Ltd.
KETRACO	Kenya Electricity Transmission Company
KPLC	Kenya Power & Lighting Company Ltd.
MOU	Memorandum of Understanding
NAI	New African Initiative
NARC	National Rainbow Coalition
NBI	Nile Basin Initiative
OAU	Organization of African Unity
OECD	Organization for Economic co-operation and Development
ODA	Official Development Assistance

PRS	Poverty Reduction Strategy
RAP	Resettlement Action Plan
REC	Regional Economic Communities
SAPP	Southern Africa Power Pool
TANESCO	Tanzania Electricity Supply Company Ltd.
UEB	Uganda Electricity Board
WB	World Bank

单 位

Currency

Ksh	: Kenyan Shillings
USD	: United State Dollars
¥	: Japanese Yen
ECU or €	: Euro Currency Unit

Electricity

V	: Volts
kV	: Kilo Volts (1,000V)
A	: Amperes
kA	: Kilo amperes (1,000A)
W	: Watts (active power)
kW	: Kilo Watts (10^3 W)
MW	: Mega Watts (10^6 W)
GW	: Giga Watts (10^9 W)
Wh	: Watt-hours (watt x hour)
kWh	: Kilo Watt-hours (10^3 Wh)
MWh	: Mega Watt-hours (10^6 Wh)
GWh	: Giga Watt-hours (10^9 Wh)
VA	: Volt-amperes
kVA	: Kilo Volt-amperes (10^3 VA)
MVA	: Mega Volt-amperes (10^6 VA)
Var	: Volt-amperes reactive (reactive power)
kVar	: Kilo Volt-amperes reactive (10^3 Var)
MVar	: Mega Volt-amperes reactive (10^6 Var)
Pf	: Power factor, $Pf = W/VA$

第1章 序 論

1.1 調査の背景

ケニア国は東アフリカ諸国の中では比較的安定した政権を有しており、2007 年には経済成長率 7.0%（世銀）を達成し、これに伴い電力需要も過去 5 年間、6%増/年で推移している。しかし既存の発電設備はその老朽化や過半を占める水力が近年の降水量の減少に影響されるなどで、需給のバランスが逼迫している。2008 年現在の有効な発電設備容量が 1,135MW であるのに対し、ピーク時の電力需要は 1,086MW と、発電設備容量に対し 5% 足らずの余裕しかない。

2008 年に発行された長期国家開発計画「Vision 2030」では、ケニア政府は「経済成長率 10%の維持」ほか国際的競争力および高い経済的繁栄を 2030 年までに達成し、中進工業国入りすることを目指している。このために政府は現在電化率の向上、都市部における電力サービスの改善に取り組んでいる。

一方、隣国ウガンダでは最終出力 250MW の Bujagali 水力発電所が 2011 年に完工予定である。この設備容量は現在のウガンダ全体の発電設備容量の約半分と大きく、ケニアがこの水力発電所からの電力を輸入することが出来れば、自国で新たな水力を開発することなくウガンダから比較的安価な電力を購入できることとなる。

そこでケニア政府エネルギー省は、Kisumu－Lessos－Olkaria 間に新規送電線を建設する計画を策定し、本協力準備調査にかかる支援を JICA に要請した。Lessos－Olkaria 間は Bujagali 水力発電所と Mombasa（ケニアの火力発電所が存在）とを結ぶ基幹系統上にあり、ウガンダ～ケニアを結ぶ重要な国際連系送電線の一部となる。この国際連系送電線は、ウガンダやエチオピアの安価な電力をケニアにもたらす手段となるほか、ケニア系統の電力供給の信頼度向上および送電容量の飛躍的向上に寄与し、ケニアの社会的・経済的發展に向けたエネルギー需要を満たすものとなる。また Kisumu－Lessos 間は近年円借款で完成した Sondu/Miriu 水力発電所の発生電力の広域融通に寄与し、同時に近年電力需要が急増している Kisumu 地域へ向かう既設送電線の過負荷対策にも貢献するものである。

1.2 調査の目的

ケニア国では、1996 年～2000 年に推進された電力セクターにおける構造改革の結果、電力セクターを担ってきた 5 つの機関が、発電施設を管理するケニア電力会社（KenGen）と、本調査の実施機関である送配電施設の管理を担うケニア電力・電灯会社（Kenya Power and Lighting Company Limited : KPLC）に統合された。

本調査は、KPLC が計画した Kisumu－Lessos－Olkaria 送電線建設事業について、技術的および経済・財務的観点から実施妥当性の検討を行うとともに、円借款候補案件としての案件形成調査を行うものである。なお調査対象地域は、ケニアの Nairobi、Kisumu、Lessos、Olkaria、および Kisumu と Olkaria を結ぶ送電線ルート、さらにウガンダ（Kampala および

Bujagali 発電所) とエチオピア (Addis Ababa) に亘った。

1.3 調査スケジュール

調査は 2009 年 5 月末から翌年 3 月上旬に亘って行われ、以下の順序にて行われた。

- (1) 第 1 次国内作業 (5 月 28 日から 6 月 6 日)
インセプションレポート作成、情報収集など。
- (2) 第 1 次現地調査 (6 月 7 日から 8 月 5 日)
インセプションレポート説明、現地での情報収集による各調査項目検討・分析、
現地再委託開始。
- (3) 第 2 次国内作業 (8 月 6 日から 9 月 1 日)
国内分析、インテリムレポート作成。
- (4) 第 2 次現地調査 (9 月 2 日から 10 月 16 日)
インテリムレポート現地説明、協議。
第 1 次現地調査に続く継続調査、検討と分析、および第一次ドラフトファイナルレ
ポート作成。
- (5) 第 3 次国内作業 (10 月 19 日から 11 月末)
第一次ドラフトファイナルレポート提出とコメント受領。
コメントを基に第二次ドラフトファイナルレポート作成開始。
- (6) 第 3 次現地調査 (11 月 29 日から 12 月 24 日)
現地側での第一次ドラフトファイナルレポート内容の説明。
現地側の環境関係作業 (環境影響評価 EIA と住民移転計画 RAP) の結果・状況を踏
まえた第二次ドラフトファイナルレポート作成。
- (7) 第 4 次国内作業 (12 月 25 日から翌年 3 月 1 日)
第 3 次現地調査の結果を踏まえた第二次ドラフトファイナルレポートの提出とコメ
ント受領。
ファイナルレポート作成。

実施した作業は、KPLC 保有の既存データおよび JICA ケニア事務所など在外公館や訪問
国機関から供与されたデータのレビュー/アップデート、さらには聞き取り調査を通じての
情報収集と、その情報の検討・解析である。特に下記の既存報告書から主要な情報を収集
した。

- Kenya Power Transmission Project Feasibility Study, Final Report (2003 年、USTDA 資

金にて POWER Engineers Inc.ほかが調査実施、施主は KPLC)

- Update of the Least Cost Power Development Plan 2009 - 2029 (September 2008 年、非公式には December 2008 年版も存在、KPLC 作成)
- Annual Report & Accounts 2008/09 (2009 年、KPLC 作成)
- Study on the Interconnection of the Electricity Networks of the Nile Equatorial Lakes Countries, Feasibility Report, Volume 1 to 6 (2007 年、African Development Fund 資金にて Sogreah Consultants ほかが調査実施、施主は NBI)
- Ethiopia - Kenya Power Systems Interconnection Project, Final Report (February 2009 年、FICHTNER GmbH & co. KG が調査実施、施主は MOE of Kenya および EEPCo of Ethiopia)
- Grid Development Plan, UETCL, Draft (UETCL 作成。)
- East African Power Master Plan Study, Final Phase II Report (March 2005 年、BKS Acres ほかが調査実施、施主は EAC)

調査期間中に訪問した在外公館、関係機関、会社/団体は以下の通りである。

ケニア

- ケニア国日本大使館
- JICA ケニア事務所
- JETRO ナイロビ事務所
- ケニア政府エネルギー省
- KPLC
- KenGen
- AFD (Agence Francaise de Development)
- World Bank

ウガンダ

- ウガンダ国日本大使館
- JICA ウガンダ事務所
- ウガンダ政府エネルギー省
- UETCL
- AfDB

エチオピア

- エチオピア国日本大使館
- JICA エチオピア事務所
- エチオピア政府電力庁
- EEPCo
- EAPP

調査団は Nairobi においては KPLC の会議室 1 部屋を借用し、逐次 KPLC 要人やエンジニアと面談しつつ作業を実施した。また現場調査として送電線ルート上の要所および関連する変電所、発電所を踏査した。