

第2章 ケニアの電力セクターの現状

2.1 政治経済情勢の現状



出典： Central Intelligence Agency. 2008. The World Factbook: 2008.

図 2-1.1 ケニア全体地図

2.1.1 地 理

ケニア共和国 (Republic of Kenya) は赤道をはさんでアフリカ東海岸から内陸地域に位置し、面積は 58.3 万 km^2 (日本の約 1.5 倍)、人口は 3,980 万人 (2008 年)。海岸部はインド洋に面し、内陸部ではエチオピア、スーダン、ウガンダ、タンザニア、ソマリアの 5 カ国と国境を接する。Great Rift Valley と呼ばれる大地溝帯が国土を南北に縦断し、その隆起によって、西部には世界第 3 位でアフリカ最大 (約 68,800 km^2) の湖であるビクトリア湖が、中央部にはアフリカ第 2 位の高峰であるケニア山 (標高 5,199m) が形成されている。国土の大部分が標高 1,000m 以上の高原にあり、赤道直下でありながら比較的過ごしやすい気候となっている。

首都 Nairobi は 200 万を超える人口を擁し、同国のみならず東アフリカ最大の都市として国際機関や多国籍企業などの地域本部が数多く置かれている。また、インド洋沿いの商港 Mombasa は東アフリカ諸国と世界との間の物流拠点になっているなど、ケニアは政治・経済の両面において同地域のリーダー的存在である。

スワヒリ語を国語とし、公用語として英語も広く話されている。宗教はプロテスタントが全体の 38%、ローマ・カトリック 28%とキリスト教徒が大半であるが、沿海部に多いイスラム教やインド系住民（印僑）のヒンズー教、伝統的な土着信仰など多様な宗教が同居する。キクユ族、ルヒヤ族、ルオ族などアフリカ系民族が人口の大多数を占める一方、インド系や、大土地所有者に多いイギリス系の両者も少数派ながら政治・経済に大きな影響力を持つ。

2.1.2 外交・政治

ケニアは 1963 年にイギリスから独立を果たした。自由主義経済と親欧米路線を基軸にしながらも全方位外交を展開し、アフリカ有数の安定勢力として各国と良好な関係を築いてきた。また、地域内統合の動きも加速しており、AU（アフリカ連合）のほか、1970 年代に崩壊し 2001 年に再結成された EAC（東アフリカ共同体）のメンバーとなっている。EAC は現在、ケニア、タンザニア、ウガンダ、ルワンダ、ブルンジの 5 カ国で構成され、域内共通関税の導入や EU との間で EPA（経済連携協定）の締結などを達成し、将来的には単一通貨と共通市場の導入を視野に入れている。

内政面では、建国の父であるジョモ・ケニアッタ初代大統領率いるケニア・アフリカ民族同盟（KANU）のもと、民族間の融和に重きを置いた統治は諸外国からも高く評価され、バランスのとれた成長を達成して 1960～70 年代は「アフリカの優等生」と呼ばれた。しかし、1978 年に死去したケニアッタの後を継いだモイ大統領は、一部民族の優遇や強権的な政治手法などで政情不安や官僚の腐敗を招き、これに反発した先進国の多くが援助を凍結するなど、80 年代以降の経済停滞の大きな要因となった。長年にわたる KANU 一党独裁に対する国内外の批判を受けて 1991 年に複数政党制が導入されたものの野党が政権を切り崩すには至らず、1992 年および 1997 年の総選挙ではモイ氏は再選。その後、モイ大統領が引退を宣言した 2002 年の選挙で野党連合 NARC（国民虹の連合）のキバキ氏が勝利し、野党への政権交代が実現した。キバキ大統領は汚職追放や財政健全化などを政策の柱とし、これを受けて国際機関なども凍結していた援助を相次いで再開、経済成長は再び軌道に乗りはじめた。しかし 2005 年 11 月、憲法改正案が国民投票で否決されると、キバキ大統領は全閣僚を解任、この頃から大統領の求心力低下や連立与党間の結束の乱れが顕在化するようになった。

2007 年の 12 月の大統領選でキバキ氏は野党 ODM（オレンジ民主同盟）のオディンガ氏を接戦で制し再選したものの、EU 選挙監視団は開票プロセスが不透明だったとして選挙結果を疑問視した。ODM や国民の多くもキバキ氏再選に強く反発、2008 年初頭には国内各地で暴動が起き、約 1,500 人もの死者や 30 万人以上の国内難民が発生する事態となった。これを受けて国際社会は調停に乗り出し、2008 年 2 月末にキバキ氏が党首を務める PNU（国家統一党）と ODM との間で連立政権樹立に合意、大統領選をめぐる政情不安はひとまず収束した。しかし、2 か月におよぶ国内の混乱は経済の停滞を招いただけでなく、東アフリカ随一の安定した国家と評価されていた同国が、国際社会からの信頼を損ねる結果となった。

2.1.3 経 済

2008年の一人当たり GDP は 829 米ドル（名目値・IMF 推計）で、OECD の DAC（開発援助委員会）被援助国リスト（2007 年）の「低所得国」に分類されている¹。アフリカ有数の農業国であり、コーヒー、茶、園芸作物などを中心に、農業が GDP の約 25%、労働人口の約 60%を占める。一方、化石燃料やレアメタルなどの天然資源には乏しく、GDP 全体に占める鉱業部門の割合は 1%に満たないが、ガラス生産に用いられるソーダ灰（炭酸ナトリウム）やほたる石の輸出が行われている。

また、GDP の 1 割強を占める製造業では食品加工やセメントなどを中心に堅調に伸びており、さらに地域の物流拠点として商業や流通業も発達しているなど、サブサハラ諸国の中では産業の多角化が比較的進んでいる。豊富な自然資源を生かした観光も主要産業のひとつで、重要な外貨獲得源となっている。

1990 年代末から 2000 年代初頭にかけては、旱魃による農業の不振や政情不安などで経済は停滞し、1997 年からの 5 年間の平均実質 GDP 成長率は+2.3%にとどまった。その後、世界的な好景気の流れにも乗って 2004 年頃から回復基調に転じ、2007 年には過去 20 年間で最高となる前年比+7.0%の経済成長を達成した。しかし、2008 年は世界経済危機の影響を受け、2.0%と大幅な減速を余儀なくされた。

1980 年代に入り慢性的な財政赤字と経常収支の悪化に苦しんでいたケニアは IMF 主導の構造調整計画を推進し、公的セクター改革や規制緩和などを通じてマクロ経済の安定化を図った。しかし、1990 年代中盤になると政治・経済改革の遅れに批判が集まり、1997 年には IMF が拡大構造調整融資の支出を停止し、それに続いて海外ドナーからの新規援助も凍結されるなど、ケニア経済は低迷が続いた。

2003 年にキバキ現大統領へ政権が交代すると、政府のガバナンス改善を評価した IMF は融資を再開した。そして経済成長が軌道に乗った 2007 年にはケニア政府は新たな国家計画“Vision 2030”を発表、年率 10%の経済成長を維持し 2030 年までに中進工業国を目指すとしている。

輸出は農産物や園芸作物、繊維製品などが中心で、2008 年の輸出総額は前年比+25.6%の 3,450 億ケニアシリング（約 4,500 億円）と大幅増となった。世界的に有名なコーヒー、茶に加え、特に近年は EU や中東向けなどに切花の輸出が急増している。その一方で、国内の経済水準の向上に伴って機械類や石油製品などの輸入も大きく拡大しており、大幅な入超状態は解消されていない。

貿易相手国としてはアフリカ諸国のほか、旧宗主国のイギリスをはじめとした EU 諸国との関係が強いが、インドや中国をはじめとしたアジアや、中東諸国との取引も拡大している。日本との関係では、2008 年の対日輸出が前年比+79.2%の 23.4 億ケニアシリング（約 30 億円）で、バラなどの切花が特に伸びた。輸入は同+9.0%の 448 億ケニアシリング

¹ DAC の定義では「高中所得国」、「低中所得国」、「低所得国」、「後発開発途上国（LDC）」の 4 つに分かれ、ケニア以外の東アフリカ諸国はすべて最も下位カテゴリーの「後発開発途上国」である。

(約 580 億円)。産業機械や中古車などが中心である。

ケニアは EAC（東アフリカ共同体）のほか、東南部アフリカ諸国 19 カ国で形成される COMESA（東南部アフリカ市場共同体）にも加盟しており、貿易の自由化やマクロ経済環境の整備など、域内の経済連携がさらに進むものと予想される。

表 2-1.1 主な社会経済指標(ケニア)

項目	2002	2003	2004	2005	2006	2007
人口(100万人)	31.5	32.2	32.8	33.4	34.0	34.7
人口増加率(%)	2.1%	2.1%	2.0%	1.9%	1.8%	1.8%
名目 GDP(10億ドル)	13.19	15.04	16.09	18.77	22.52	27.03
名目 GDP 成長率	0.3%	2.8%	4.6%	5.9%	6.4%	7.0%
一人当たり名目 GDP(ドル)	418.5	467.5	490.5	561.2	661.4	779.9
購買力平価換算 GDP(国際通貨ドル、10億ドル)	40.98	43.01	44.91	48.03	52.74	57.96
一人当たり購買力平価換算 GDP(国際通貨ドル)	1,300.1	1,337.2	1,369.0	1,436.1	1,549.1	1,672.6
平均消費者物価インフレ指数(2000年=100)	107.8	118.4	132.2	145.8	166.9	183.2
平均寿命(歳)	-	-	-	53	53	54
出生率(女性一人当たり)	-	-	-	5.0	5.0	5.0
5歳以下乳幼児死亡率(1000人当たり)	-	-	-	120	121	121
軍事支出(対GDP比)	-	-	-	1.7%	1.7%	1.8%
携帯電話契約数(100人当たり)	-	-	-	13	20	30
インターネット利用者数(100人当たり)	-	-	-	3.1	7.6	8.0
海外直接投資流入(名目値、100万ドル)	-	-	-	21	51	728
公的開発援助額(名目値、100万ドル)	-	-	-	767	943	1,275

出典： IMF - Key Development Data & Statistics 2009, World Bank - World Development Indicators 2009

2.1.4 開発計画

2007年の1st Editionとして、ケニア政府は新たな国家計画“Vision 2030”を発表した。現在(2007年時点)4.9%であるGDP成長率を10%で維持し2030年までに中進工業国を目指すとしている。Vision 2030は5年毎に中期5ヵ年計画を策定し、最初の2008-2012年度の中期計画ではツーリズム、農業、製造業、流通、情報技術、そして投資の6つのセクターに対し、20の主要プロジェクトを掲げ、それらプロジェクトに対する国をあげての出資を約束している。

同計画では、上記経済成長のほか、「衛生的かつ安全な環境で人々が住め、平等で、公正、結束力のある社会」、「法に従い、すべてのケニア国民の人権と自由を守る政治の上に成り立つ民主政治のシステム」の実現を目標としている。電力セクターはその目標を支える基盤の一つとして位置づけられ、停電時間の減少など都市部における電力供給の信頼度改善、現在15%にも達しない地方電化率の向上などに取り組んでいる。

ケニア政府は2008年夏の北京オリンピックで、2028年夏の大会のケニアへの誘致を働きかけると発表しており、このようなことからケニア政府が電力セクターに対する設備

の拡充を重点項目とすることは必然事項と言えよう。

2.2 電力セクターの概要

2.2.1 電力事業形態

ケニアの電力部門の構造は、エネルギー省がエネルギー部門の政策策定、地方電化計画の施行を行っており、その下にケニア発電公社（KenGen）、ケニア電力電灯公社（KPLC）、独立系発電事業者（IPP）、および国有会社/政府組織のケニア送電公社（KETRACO）、地熱開発公社（Geothermal Development Company：GDC）、地方電化庁（Rural Electricity Authority：REA）が置かれている。これらの組織の関係を、独立した立場から Energy Regulation Commission（ERC）が監視・統制を行っている。なお燃料関係の公社もエネルギー省の組織下にある。

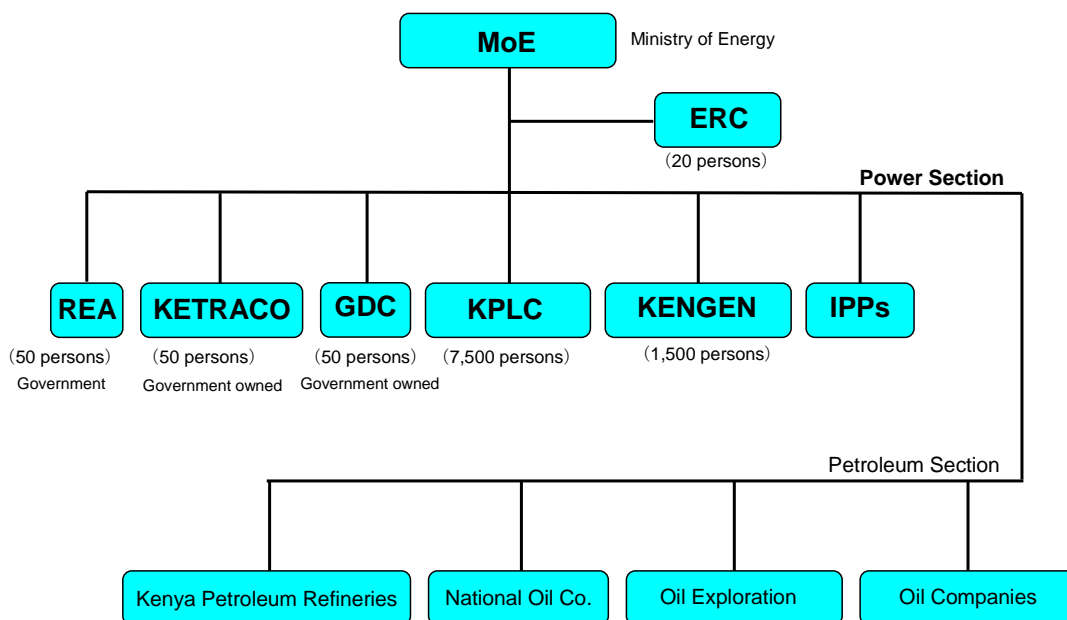


図 2-2.1 エネルギー省と政府機関/公社

ケニアの電力公社の起源は、1908年に遡る。この年に Mombasa に設立された Mombasa 電力電灯公社（Mombasa electric Power & Lighting Company）と、1907年から Nairobi と周辺地域への電力供給を開始した Nairobi 電力電灯公社（Nairobi electric Power & Lighting Syndicate）が 1922年に合併し、東アフリカ電力電灯公社（East Africa electric Power & Lighting Company Limited：EAPL）が設立された。EAPLは、その後タンガニーカ電力供給公社（TANESCO）に資本参加するとともに、ウガンダにおける発電・配電ライセンスを取得し、その活動範囲を東アフリカ全域に拡大した。

第2次大戦後の1948年、独立前のウガンダ政府がウガンダ電力公社を設立する一方、

EAPL は 1954 年にケニア電力公社 (KPC) を設立した。その後、タンザニア政府が、1964 年 TANESCO の国有化を決定したため、EAPL の活動範囲はケニア国内に限定された。EAPL は、1983 年に社名をケニア電力電灯公社 (KPLC) に改称した。

その後、1997 年に電力再編が実施され、発送配電一貫の垂直統合企業であった KPLC は、新 KPLC とケニア発電公社 (KenGen) に分割された。この結果、KPLC が送配電を、KenGen と IPP が発電をそれぞれ担当している。KPLC は、IPP と長期の電力購入契約 (PPA) を締結し、その電力を需要家に供給する役割を担う。

KenGen はその株の 70% を政府が保有 (2009 年 6 月末) しているが、株式は公開されている。一方の KPLC はその株の 40.4% を政府が保有 (2009 年 8 月末) しているが、やはり株式は公開されている。

2.2.2 ケニア電力電灯公社 (KPLC)

(1) KPLC と KETRACO

ケニア国内の送電事業はこれまで KPLC が一元的に担っており、本協力準備調査も同社の全面的な協力のもと行われている。その一方で、送電網の安定的な拡充を図るため、2008 年 12 月には新たに全額政府出資による送電公社 Kenya Electricity Transmission Company (KETRACO) が設立され、現在はスタッフの採用や事務所の設置など本格的な業務開始に向けた準備作業が進められている。既存の送電線については引き続き KPLC が管理する方針であるが、今後、新規に建設される送電線は KETRACO の管轄となり、本事業も実施段階においては KETRACO が担当する予定である。

送電線は、発電所と異なりそれ自体が利益を生み出すものでは必ずしもないため、今後は営利企業である KPLC ではなく政府からの補助金を得ながら KETRACO が送電線の運営を行う。しかし、本案件の KETRACO への移管時期は未定であり、現時点では KPLC が KETRACO の母体であることから、本報告書では KPLC の事業実施能力について第 9 章にて検証している。

2.2.3 その他の電力関係公社/政府機関

(1) KenGen

Kenya Electricity Generating Company Limited (KenGen) は、他の IPP とともに発電事業を担当し、発電した電力は全て KPLC に販売する。KenGen が政府を筆頭株主とする公社であるのに対し、IPP は民間の投資によるものである。IPP はケニアの電力総需要の約 20% に対する供給を担っている。KenGen は今後も長期に亘りケニアの電力供給に関し最も重要な役割を果たすこととなる。

(2) REA

Rural Electrification Authority (REA) は、政府が最重点項目の一つととらえている地方電化の効率的推進のため 2007 年に設立された。その財源は全てケニア政府により賄われている。

(3) GDC

Geothermal Development Company (GDC) は、2008 年に設立された国営会社で、地熱発電用井戸の採掘のリスクを政府に帰属させるための組織である。採掘作業は通常、入札により選定された業者に請け負わせるが、蒸気が出なかった場合でもある程度の開発負担を引き受けるものとしている。

(4) ERC

ケニアにおける電力セクターの法的な枠組みは、エネルギー法 No.12 (2006)に規定されている。これによれば MoE がエネルギー政策に関する決定について責任を負うが、Energy Regulatory Commission (ERC) は独立した立場で電力・再生可能エネルギー・燃料行政に関し、セクター内の公社/機関の監督やそれらステークホルダーと需要家との間の争いの調停なども行う。KPLC の電力料金システムの監視なども行う。

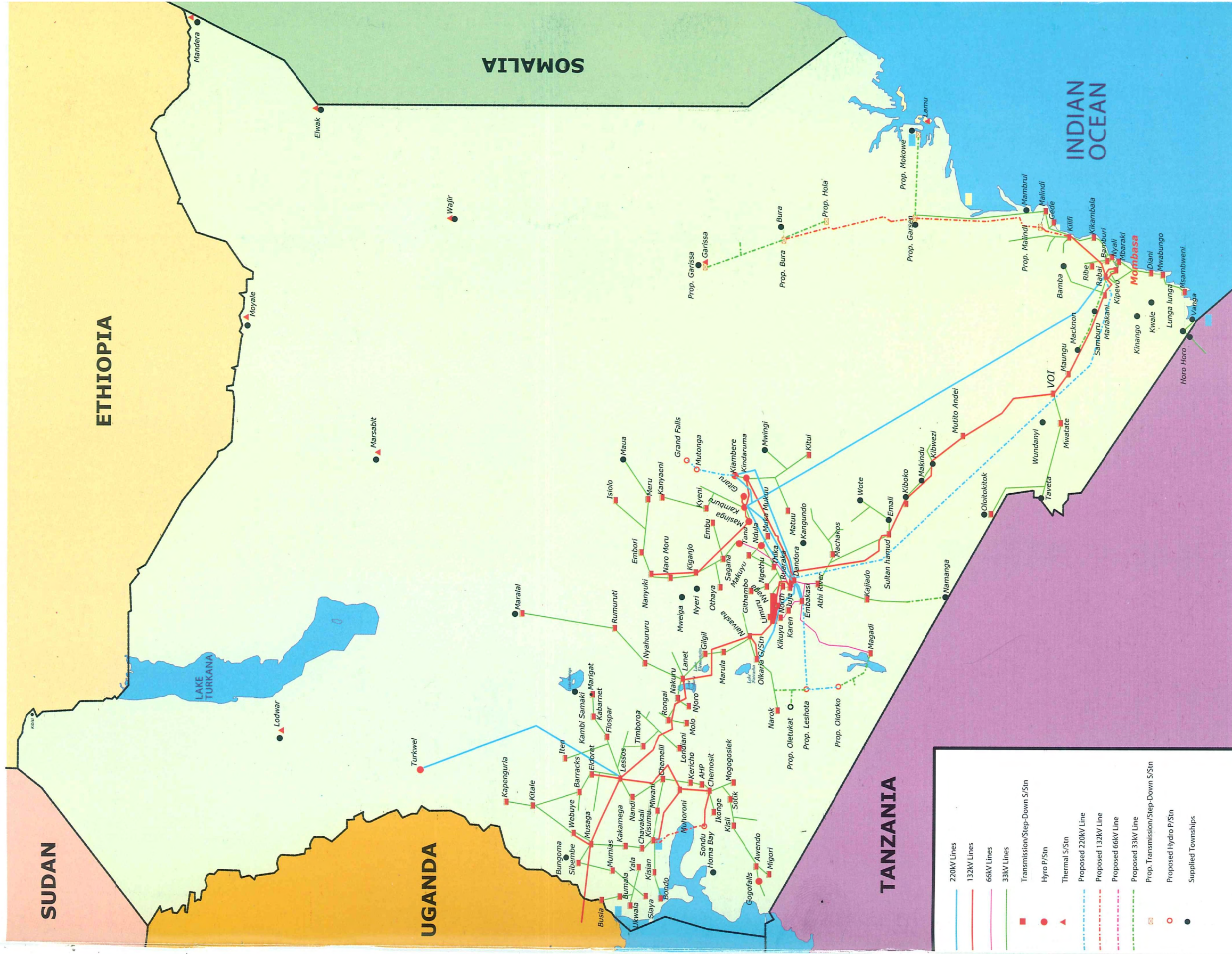
2.3 電力システムの現状

2.3.1 電力システム構成

ケニアの 2008 年現在の電力システムを図 2-3.1 に示す。北部は山岳地帯であり居住地域は南部に偏っている。その中央部に人口 200 万人を擁する首都 Nairobi が存在し、需要中心となっている。電源は東部の臨海部にディーゼルを主体とする火力発電所、中部に地熱発電所、北部ならびに西部に水力発電所が立地する。国土を約 800km にも及ぶ 132kV 送電線が東西に横断しており、さらに東部から中央部の間は 220kV 送電線も連系の役を果たしている。

本章の末尾には Annex 2-1 として単線結線図で示したケニア (KPLC) の系統図を示す。

PRINCIPAL AREAS OF SUPPLY



出典：KPLC - Annual report 2007/08

図 2-3.1 ケニアの電力系統 (2008 年現在)

2.3.2 需要と電源の地域分布

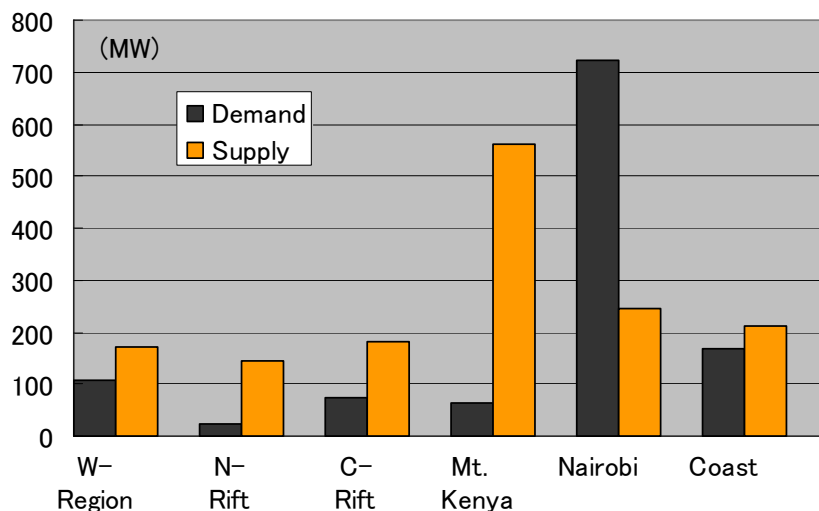
ケニアを地域に分類すると東から西に、ケニア第2の都市 Mombasa を中心とする海岸部の Coast 地域、Nairobi を中心とする Nairobi 地域、Nairobi 北部のケニア山周辺の Mt. Kenya 地域、大地溝帯中央部の Central Rift Valley 地域、大地溝帯北部の North Rift Valley 地域、ケニア第3の都市 Kisumu を中心とする西部の West Region 地域の6地域に分けられる。



出典: KPLC Annual Report & Account 2002/03

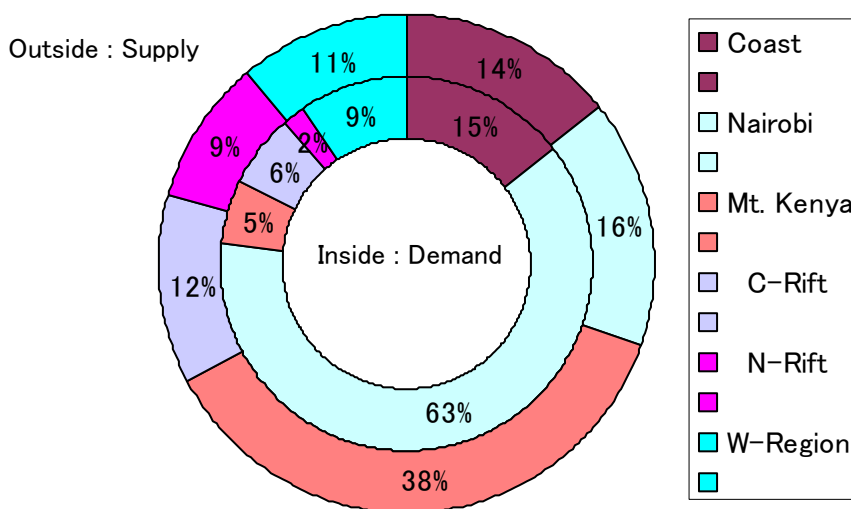
図 2-3.2 ケニアの6つの地域

これら地域の需要と電源分布を図 2-3.3 に、需要と電源の地域別割合を図 2-3.4 に示す。総需要の過半の 62%を Nairobi 地域が占め、一方総電源の 37%を Mt. Kenya 地域が占めている。電源種別は Coast 地域では火力発電ならびに Nairobi 地域は地熱発電が主体であり、年間を通じて安定した出力が期待できるのに対し、その他地域は水力発電が主体であり雨期、乾期の時期的な変動が大きい。



出典：KPLC データを調査団分析

図 2-3.3 需要と電源分布



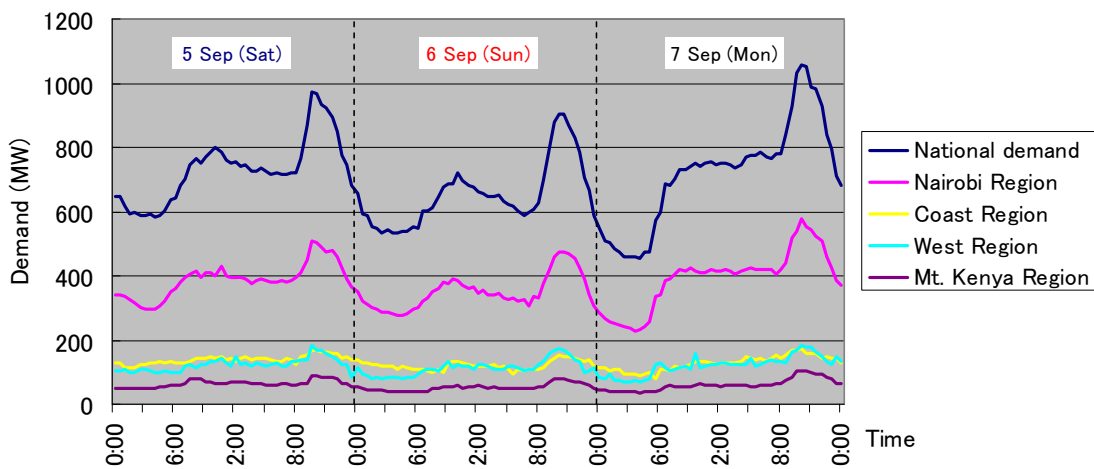
出典：KPLC データを調査団分析

図 2-3.4 需要と電源の地域別割合

2.3.3 需要実態

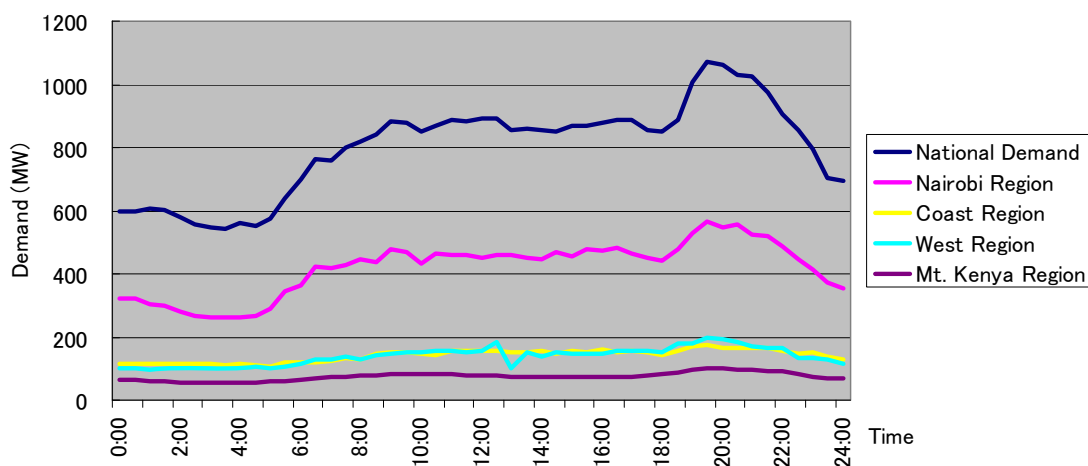
図 2-3.5 に 2009 年 9 月 5 日(土)から 7 日(月)の期間の日負荷曲線を示す。また図 2-3.6 に 2008/09 年度 (2008.7~2009.6) に最大を記録した 2008 年 11 月 26 日(水)の日負荷曲線を示す。ケニアは赤道直下に位置するものの標高が Nairobi で 1700m と高く月平均気温は 15°C

～19℃としのぎやすい気候であるため空調需要は大きくない。このため需要のピークは 20 時前後に記録される点灯ピーク型である。



出典: KPLC

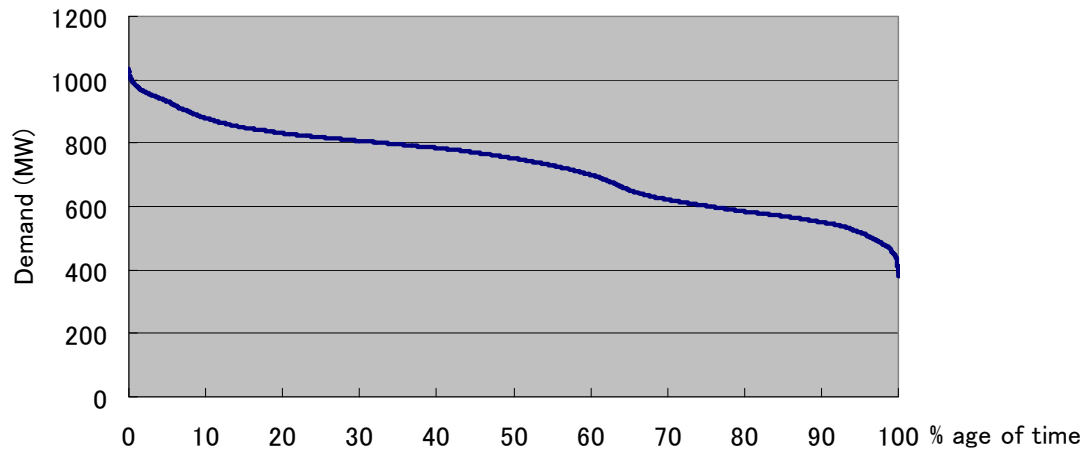
図 2-3.5 日負荷曲線(2009年9月5日～7日)



出典: KPLC

図 2-3.6 日負荷曲線(最大需要日 2008年11月26日(水))

図 2-3.7 に 2007 年の負荷継続曲線 (Load duration curve) を示す。これは 1 月から 12 月までの需要を 30 分ごとの需要を大きさの順に並べたものである。空調需要が小であるためピークは鋭いものでなく、この年の負荷率は 69.9%であった。



出典: KPLC

図 2-3.7 2007 年負荷継続曲線 (Load duration curve)

2.3.4 発電設備

表 2-3.1 に 2009 年 6 月現在の発電設備の一覧を、図 2-3.8 に発電設備量の内訳を示す。

主系統の総発電容量は設備量で 1,293MW、実効容量で 1,253MW ある。設備量の内訳を見ると水力が 52%、地熱が 13%、火力が 33%、コージェネレーション²が 2%であり、水力が過半を占めており乾期、雨期の発電出力変動の影響を大きく受ける。

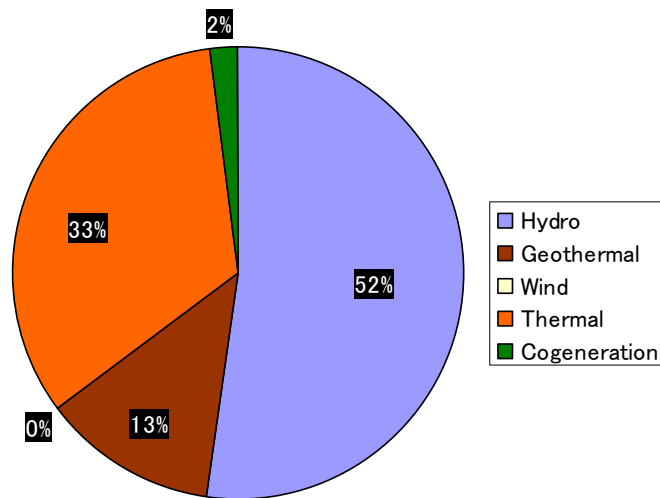
表 2-3.1 発電設備(2009年6月現在)

Type	Ref. No.	Name	Installed capacity (MW)	Effective capacity (MW)	
Hydro	G-1	Tana	14.4	10.4	
	G-2	Wanjii	7.4	7.4	
	G-3	Kamburu	94.2	90	
	G-4	Gitaru	225	216	
	G-5	Kindaruma	40	40	
	G-6	Masinga	40	40	
	G-7	Kiambere	82	82	
	G-8	Small Stations	6.3	5.6	
	G-9	Turkwel	106	106	
	G-10	Sondu	60	60	
	Total Hydro			675.3 (52%)	657.4 (52%)
Geothermal	G-11	Olkaria I (KenGen)	45	45	
	G-12	Olkaria II (KenGen)	70	70	
	G-13	Olkaria III (IPP)	48	48	
	Total Geothermal			163 (13%)	163 (13%)
Wind	G-14	Ngong	0.4 (0%)	0.4 (0%)	
Thermal	Kengen	G-15	Kipevu I Diesel	75	60
		G-16	Kipevu GT1 and GT2	60	60
		G-17	Nairobi Gas Turbine	13.5	10
	IPP	G-18	Iberafrika Diesel	56	56
		G-19	Tsavo Power Diesel	74	74
	Emergency	G-20	Aggreko Power	150	146
	Total Thermal			428.5 (33%)	406 (33%)
Cogeneration	G-21	Mumias Cogeneration	26 (2%)	26 (2%)	
Total Interconnected System			1,293 (100%)	1,253 (100%)	
Isolated Stations	G-22	KenGen Diesel Stations	5.2	4.6	
	G-23	REF Diesels and Wind Off-grid Stations	6.1	5.1	
	Total Off-grid Capacity		11.3	9.7	
Gross Capacity			1,305	1,263	
Interconnected System Peak Demand				1,071	

出典: KPLC より調査団入手データ

² 熱電併給発電: 発電に用いた排熱を利用し蒸気、温水等を製造し総合熱エネルギー効率を向上させる発電方式

表中の Ref. No.は、図 2-3.9 中に示した位置を参照している。



出典:KPLC

図 2-3.8 発電設備量の内訳(主系統)

この他、主として本土北部ならびに島嶼部に主系統に連系されていない孤立系統が存在するが、その総発電設備容量は 11MW 程度と小規模である。これらの孤立系統に対し地方電化策の一環として主系統からの距離に応じ主系統への連系、あるいはディーゼル、太陽光、風力発電等の利用により孤立系統として維持拡大等の方策を展開中である。これについては後述する。

2.3.5 送電設備

表 2-3.2 に 2009 年 6 月現在の送電設備の一覧を示す。

送電線の回線延長は 220kV が 1,330km、132kV が 2,055km、66kV が 610km の合計 3,995km に達する。このうち 220kV と 132kV 送電線が基幹系統を構成しており、66kV 送電線が地域供給を担っている。この他、配電設備として 33kV が 11,163km、11kV が 21,918km の合計 33,081km を保有している。

送電容量に注目すると初期に建設した 132kV 送電線は小サイズ電線が採用されており送電容量は 73~81MVA と小であり過負荷に対し対策が必要となる。

表 2-3.2 送電設備(2009年6月現在)

Voltage	Ref. No.	From	To	No. of circuits	Rating (MVA)	Length (km)
220 KV	T-1	GITARU	KAMBURU	1	250	9
	T-2	KAMBURU	DANDORA	2	250	108
	T-3	KIAMBERE	EMBAKASI	1	250	151
	T-4	OLKARIA II	NAIROBI NORTH	2	250	69
	T-5	OLKARIA II	OLKARIA III	1	250	7
	T-6	DANDORA	EMBAKASI	1	250	13
	T-7	DANDORA	NAIROBI NORTH	2	250	51
	T-8	KIAMBERE	RABAI	1	210	440
	T-9	TURKWEL	LESSOS	1	210	218
	T-10	KAMBURU	KIAMBERE	1	210	35
Total (Circuit length)						1,330
132 KV		KAMBURU	MASINGA	1	150	18
		OLKARIA I	OLKARIA II	1	150	4
		OLKARIA I	NAIVASHA	1	150	23
		JUJA	DANDORA	2	150	2
		KIPEVU	RABAI	2	73	17
		KIPEVU	RABAI	2	150	18
		GITARU	KAMBURU	2	126	8
		MASINGA	KIGANJO	1	81	88
		JUJA	RUARAKA TEE	2	81	5
		RABAI	BAMBURI	1	81	25
		ELDORET	LESSOS	1	81	32
		MUHORNI	KISUMU	1	81	48
		MUHORNI	CHEMOSIT	1	81	31
		MUHORNI	LESSOS	1	81	57
		KISUMU	SONDU	1	150	50
		WEBUYE	MUSAGA	1	81	18
		KIGANJO	NANYUKI	1	81	51
		TORORO	MUSAGA	2	81	71
		MUSAGA	MUMIAS	1	81	40
		LESSOS	LANET	2	81	126
		LANET	NAIVSHA	2	81	67
		NAIVSHA	RUARAKA TEE	2	81	71
		RUARAKA TEE	RUARAKA	2	81	2
		KINDARUMA	KAMBURU	1	73	18
		KINDARUMA	JUJA	1	73	119
		JUJA	SULTAN HAMUD	1	73	125
		RABAI	MARIAKANI	1	73	21
		KILIF1	BAMBURI	1	73	49
		MUSAGA	LESSOS	2	73	66
		SULTAN HAMUD	KIBOKO	1	73	43
	KIBOKO	MTITO ANDEI	1	73	86	
	MTITO ANDEI	VOI	1	73	90	
	VOI	MAUNGU	1	73	28	
	MAUNGU	MARIAKANI	1	73	86	
Total (Circuit length)						2,055
66 KV	Total (Circuit length)					610
Grand total (Circuit length)						3,995

出典: KPLC

表中の Ref. No.は、図 2-3.9 中に示した位置を参照している。

2.3.6 変電設備

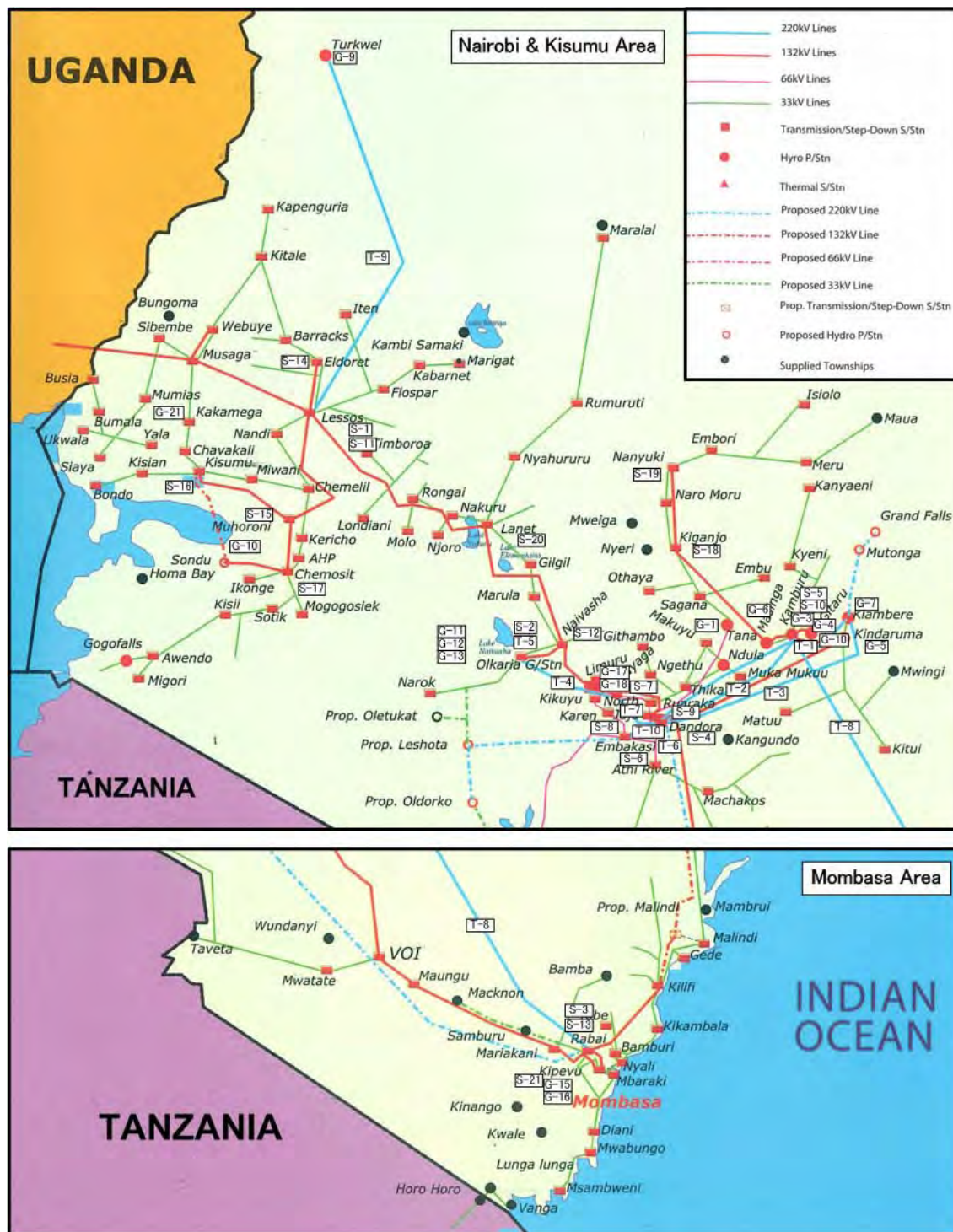
表 2-3.3 に発電機昇圧用を除く変電用変圧器の一覧を示す。220kV 変電所は7箇所合計 1,720MVA、132kV 変電所は14箇所合計 862.5MVA、66kV 変電所は29箇所合計 1,099MVA、全変電所合計で 3,682MVA の設備量を有している。

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)

Voltage	Ref. No.	Substation name	No. of units	Transformer			
				Primary voltage (kV)	Secondary voltage (kV)	Capacity (MVA)	
220 KV	S-1	LESSOS	2	220	132	75	
	S-2	OLKARIA II	1	220	132	90	
	S-3	RABAI	2	220	132	90	
	S-4	DANDORA	2	220	132	200	
	S-5	KAMBURU	2	220	132	270	
	S-6	EMBAKASI	2	220	66	90	
	S-7	NAIROBI NORTH	2	220	66	90	
	Total						1,720
132 KV	S-8	JUJA	3	132	66	15	
			1	132	66	30	
			3	132	66	60	
	S-9	RUARAKA	2	132	66	60	
	S-10	KAMBURU	1	132	33	7.5	
	S-11	LESSOS	1	132	33	15	
	S-12	NAIVASHA	2	132	33	15	
	S-13	RABAI	2	132	33	23	
	S-14	ELDORET	2	132	33	23	
	S-15	MUHORNI	1	132	33	23	
	S-16	KISUMU	2	132	33	23	
	S-17	CHEMOSIT	2	132	33	23	
	S-18	KIGANJO	2	132	33	23	
	S-19	NANYUKI	1	132	33	23	
	S-20	LANET	3	132	33	23	
	S-21	KIPEVU	3	132	33	30	
	Total						862.5
	66KV		ATHI	1	66	33	10
			THIKA	1	66	33	23
			RUIRU	1	66	33	23
			BAHATI	2	66	11	23
		LIMURU	2	66	11	5	
			1	66	11	23	
		AIRPORT	2	66	11	5	
		ATHI	2	66	11	5	
			1	66	11	5	
		KIKUYU	2	66	11	10	
		KAREN	2	66	11	23	
		KILELES	1	66	11	21	
		NAIROBI SOUTH	2	66	11	30	
		NAIRONI SOUTH1	1	66	11	23	
		NAIROBI SOUTH2	1	66	11	23	
		NAIROBI WEST	2	66	11	45	
		RUARAKA	2	66	11	23	
		KITISUR	2	66	11	23	
		CATHEDRAL	2	66	11	23	
		INDUSTRIAL	2	66	11	23	
		THIKA	2	66	11	23	
		JEEVANJEE	2	66	11	23	
		RUIRU	2	66	11	23	
		EPZ	1	66	11	23	
		CIANDA	1	66	11	23	
		STEEL BILLETS	2	66	11	23	
		MATASIA	1	66	11	23	
		BABADOGO	2	66	11	23	
		PARKLANDS	2	66	11	45	
		RUARAKA	2	66	11	7.5	
		EMBAKASI	1	11	66	23	
	1		11	66	45		
Total						1,099	
Grand total						3,681.5	

出典: KPLC

表中の Ref. No.は、図 2-3.9 中に示した位置を参照している。



出典: KPLC Annual Report (2007/08)

図 2-3.9 送電変電設備位置図

表 2-3.4 に電圧 132kV 以上の変電所に設置された遮断器定格を示す。220kV 遮断器は比較的最近に設置されたため定格遮断電流は 31.5kA 以上であるのに対し、132kV 遮断器は新旧が混在しており、定格電流は 1250～3150A、定格遮断電流は 12.5～40kA の広い範囲に分布している。

表 2-3.4 遮断器定格(電圧 132kV 以上の変電所)

Voltage	Sub-Station	Rated voltage	Rated current	Rated breaking current
220kV	Rabai	245kV	2500A	40kA
	OlkAria II	245kV	3150A	50kA
	Kamburu	245kV	2500A	40 kA
		245kV	2000A	31.5 kA
	Kiambere	245kV	3150A	40 kA
	Kiambere S	245kV	3150A	40 kA
	Dandora	245kV	1600A	40 kA
		245kV	3150A	50kA
		245kV	2500A	40 kA
	Embakasi	245kV	1600A	40 kA
Nairobi-North	245kV	1600A	31.5kA	
Lessos	245kV	2000A	31.5 kA	
132kV	Kipevu	170kV	3150A	40kA
	Kipevu2	170kV	3150A	40kA
	Rabai	145kV	2000A	31.5kA
		145kV	3150A	40 kA
	New Bamburi	145kV	3150A	40kA
	Kilifi	170kV	3150A	40kA
	Kokotoni	145kV	2000A	40kA
	MariakAni	145kV	2000A	40kA
	Voi	170kV	3150A	40kA
	Dandora	145kV	2000A	31.5 kA
	Juja	132kV	1250A	25 kA
	Naivasha/Suswa	132kV	2000A	12.5kA
		145kV	3150A	40kA
	OlkAria 1	132kV	2000A	12.5kA
	Kamburu	132kV	1250A	25 kA
		145kV	3150A	40 kA
		145kV	2000A	31.5 kA
	Kindaruma	145kV	3150A	40 kA
		132kV	1250A	25 kA
	Masinga	145kV	3150A	40 kA
145kV		2000A	31.5 kA	
Lessos	145kV	2000A	31.5 kA	

出典:KPLC

2.3.7 電力系統

(1) 系統構成と送電容量

図 2-3.10 にケニアの電力系統構成と送電容量を示す。

132kV 送電線が同国の東西を約 800km 縦貫しており、さらに西端の Musaga 変電所と隣国ウガンダの Tororo 変電所を結ぶ約 70km の 132kV 送電線によりウガンダと国際連系されており電力融通を実施している。

総需要の過半を占める首都 Nairobi への供給は、中南部の Olkaria 地熱発電所ならびに北部の Gitaru 水力発電所等からの発電電力を 220kV Nairobi-North 変電所、Dandor 変電所、Embakasi 変電所、ならびに 132kV Juja 変電所、Ruaraka 変電所にて電圧を降圧し Nairobi へ送電している。

インド洋に面した人口第2位の都市 Mombasa を中心とするケニア東部地域への供給は、地元のディーゼルならびにガスタービンによる発電が担っている。また中央部系統とは 220kV 送電線 1 回線（送電容量 199MW：力率³ 95%と仮定）と 132kV 送電線 1 回線（送電容量 69MW：力率 95%と仮定）の合計 2 回線により連系されている。

ケニア西部の主な供給源は水力発電所であり、ケニアで人口第3位の Kisumu 他に供給している。また中央部との連系は 132kV 送電線 2 回線で行われている。この送電線は 50 年以上前に建設されたものであり老朽化しているとともに、電線の断面積が 158mm^2 （線種 ACSR158、コードネーム Wolf）と細いものであり、1 回線当たりの送電容量は 77MW（力率 95%と仮定）と小さい。さらに Kisumu と主系統の連系は Kisumu—Muhoroni—Lessos 間の 132kV 送電線 1 回線（送電容量 77MW：力率 95%と仮定）のみであり、送電線事故時には停電が避けられず供給信頼度面で不安がある。

(2) 電力潮流

図 2-3.11 に 2009 年雨期の電力潮流解析結果を示す。各水力発電所は豊水期のため定格に近い出力で発電している。このため Nairobi を中心とする中央部系統は Olkaria 地熱発電所に加え北部の Gitaru を始めとする水力発電所の出力と合わせほぼ需給バランスがとれている。また東部系統は地元火力発電所、西部系統も地元水力発電所の発電力で両地域ともほぼ需給バランスがとれている。このため東部と中央部系統を連系する 220kV 送電線の Kiambere—Rabai 間の潮流は 16MW、132kV 送電線の Voi—Mutio・Andei 間の潮流は 6MW と小さい。さらに中央部と西部系統を連系する 132kV 送電線の潮流は Naivasha—Lanet 間で 17MW とこれも小さい。このため各送電線とも過負荷等の問題はない。

³ 力率 (Power factor : Pf) とは有効電力(W)と皮相電力(電圧と電流の積 VA)との比を表す

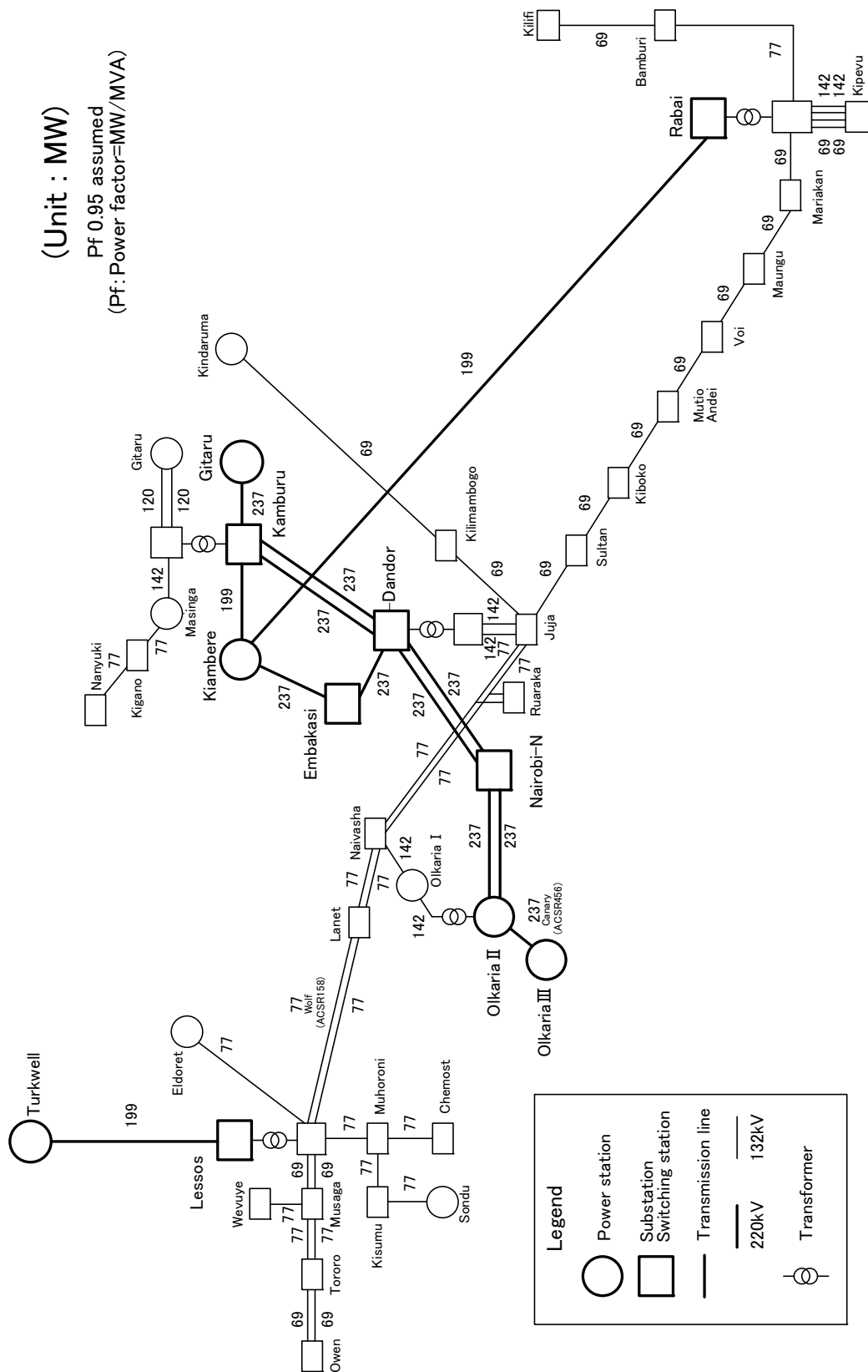
(3) 事故電流

図 2-3.10 ならびに表 2-3.5 に 2009 年の事故電流解析結果を示す。220kV 系統の最大値は Kamburu 変電所の 7.24kA、132kV 系統の最大値は Kamburu 変電所の 10.93kA であり、全ての変電所において遮断器の定格遮断電流 40kA に比し十分小であり問題はない。

表 2-3.5 事故電流解析結果(2009 年系統)

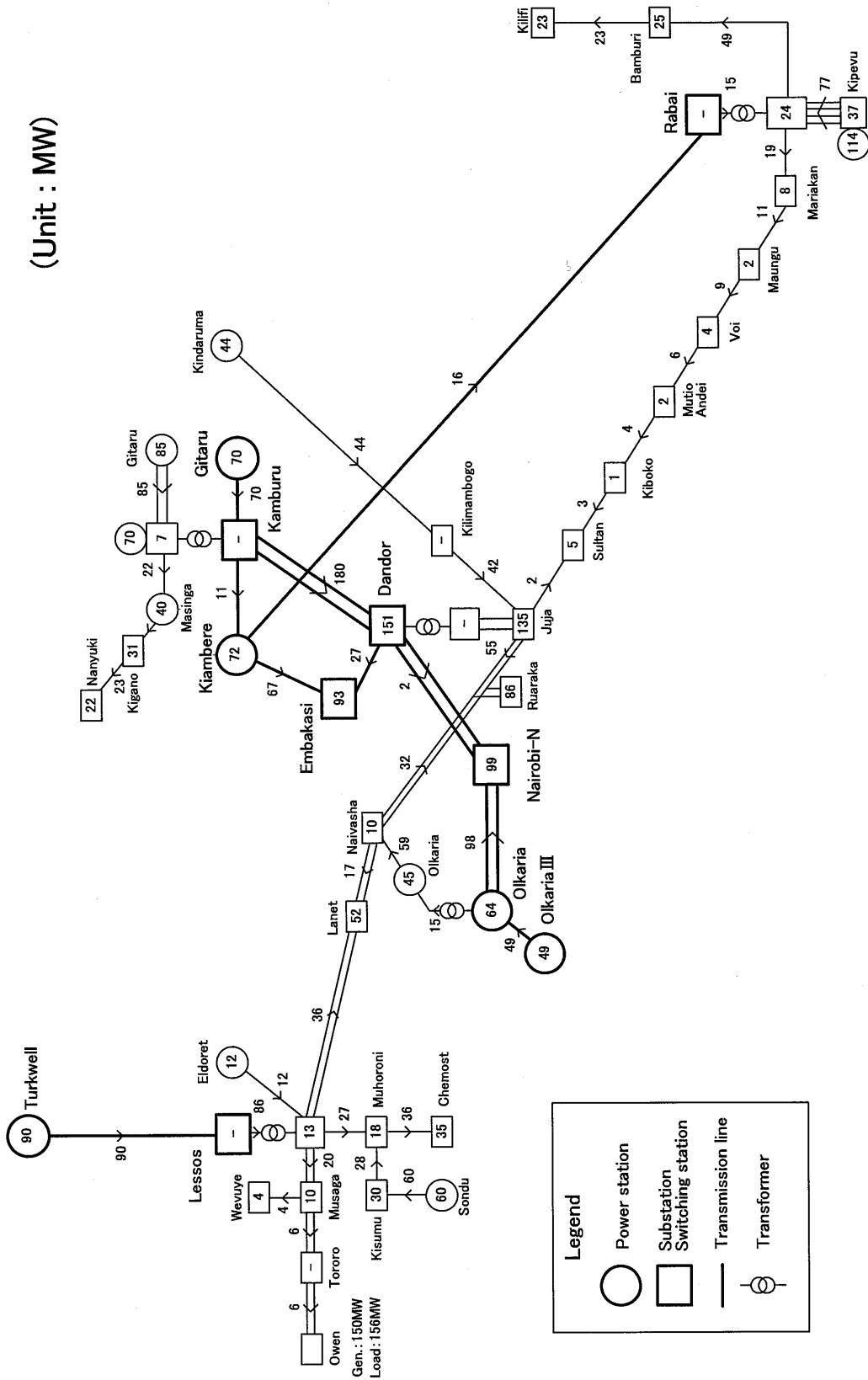
220kV station			132kV station		
Name	Fault current (kA)	Rated breaking current (kA)	Name	Fault current (kA)	Rated breaking current (kA)
Kamburu	7.24	40	Kamburu	10.93	40
Dandor	6.71	40	Dandor	9.22	31.5
Nairobi-N	5.19	31.5	Juja	9.17	40
OlkariaII	4.60	50	OlkariaI	5.41	12.5
Lessos	1.89	31.5	Lessos	4.23	31.5
Rabai	2.18	40	Kipevu	5.26	31.5

出典：JICA 調査団



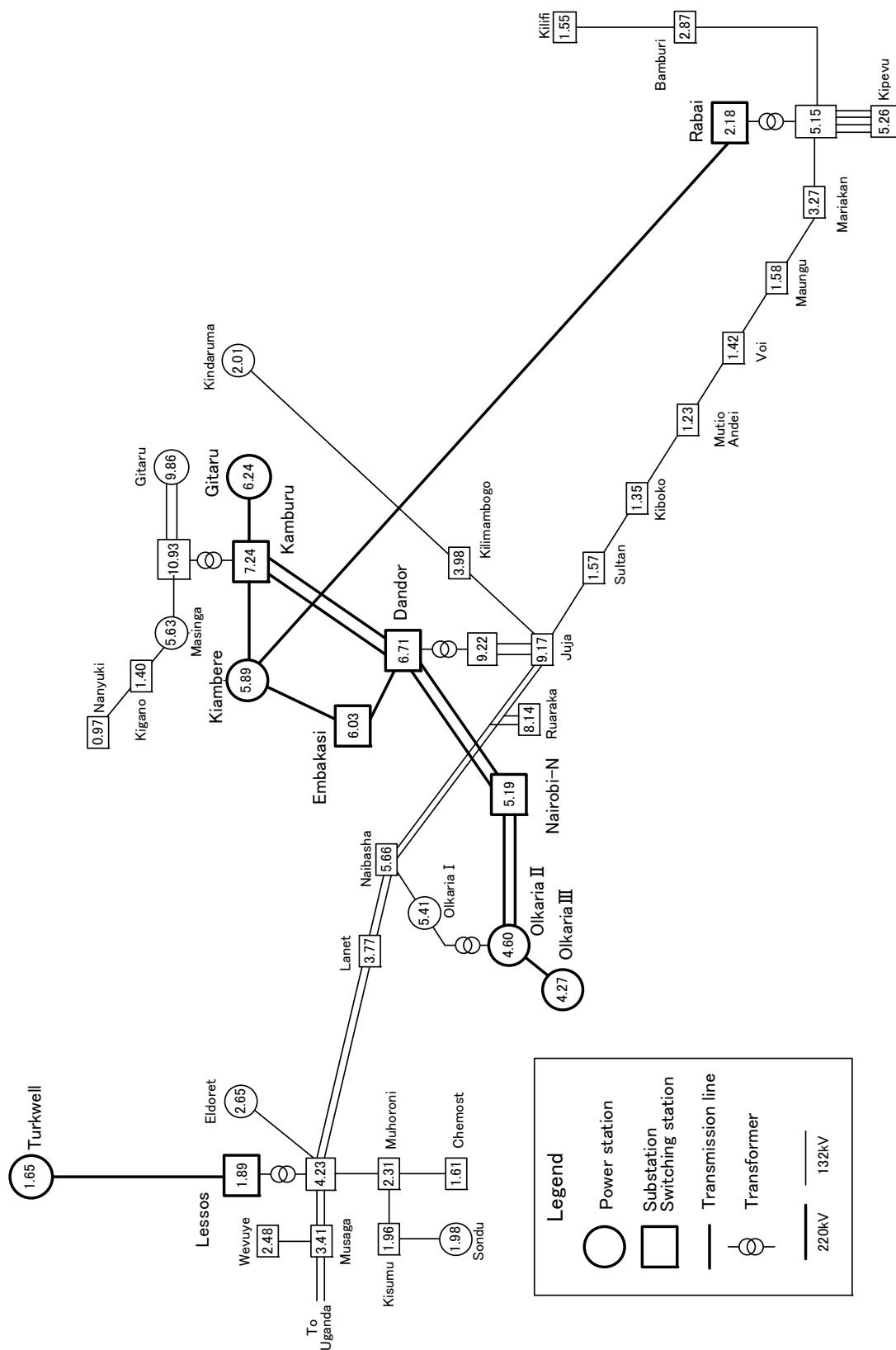
出典: KPLC より調査団入手の系統解析デジタルデータ

図 2-3.10 電力系統構成と送電容量



出典: KPLC より調査団入手の系統解析デジタルデータを利用した潮流解析結果を作図

図 2-3.11 電力潮流解析結果(2009 年雨期系統)



出典: KPLC より調査団入手の系統解析デジタルデータを利用した事故電流解析結果を作図

図 2-3.12 事故電流解析結果(2009年系統)

(4) 安定度

遮断器の動作時間から決定される事故遮断時間は、Kenya Grid Code, Schedule 3.1, Article S3.1.9 に以下の通り定められている。

400kV:100ms、220kV:120ms、132kV:120ms

2009年時点では400kV系統は存在していないため安定度解析条件は以下の通りとした。

送電線1回線3相短絡事故発生、120ms後に遮断器動作し事故回線開放

また、事故送電線は以下の考え方にに基づき選定した。

本プロジェクトが対象とする送電線は、Olkaria-Lessos線であり、その機能はケニア中央部系統と西部系統を連系する事である。同一の機能を有する既設132kV送電線はJuja-Naivasha-Lanet-Lessos線である。このことから当送電線を事故送電線に選定した。さらに潮流が大きい送電線での事故は安定度面から厳しいため既設220kV Olkaria II-Nairobi North線も選定した。

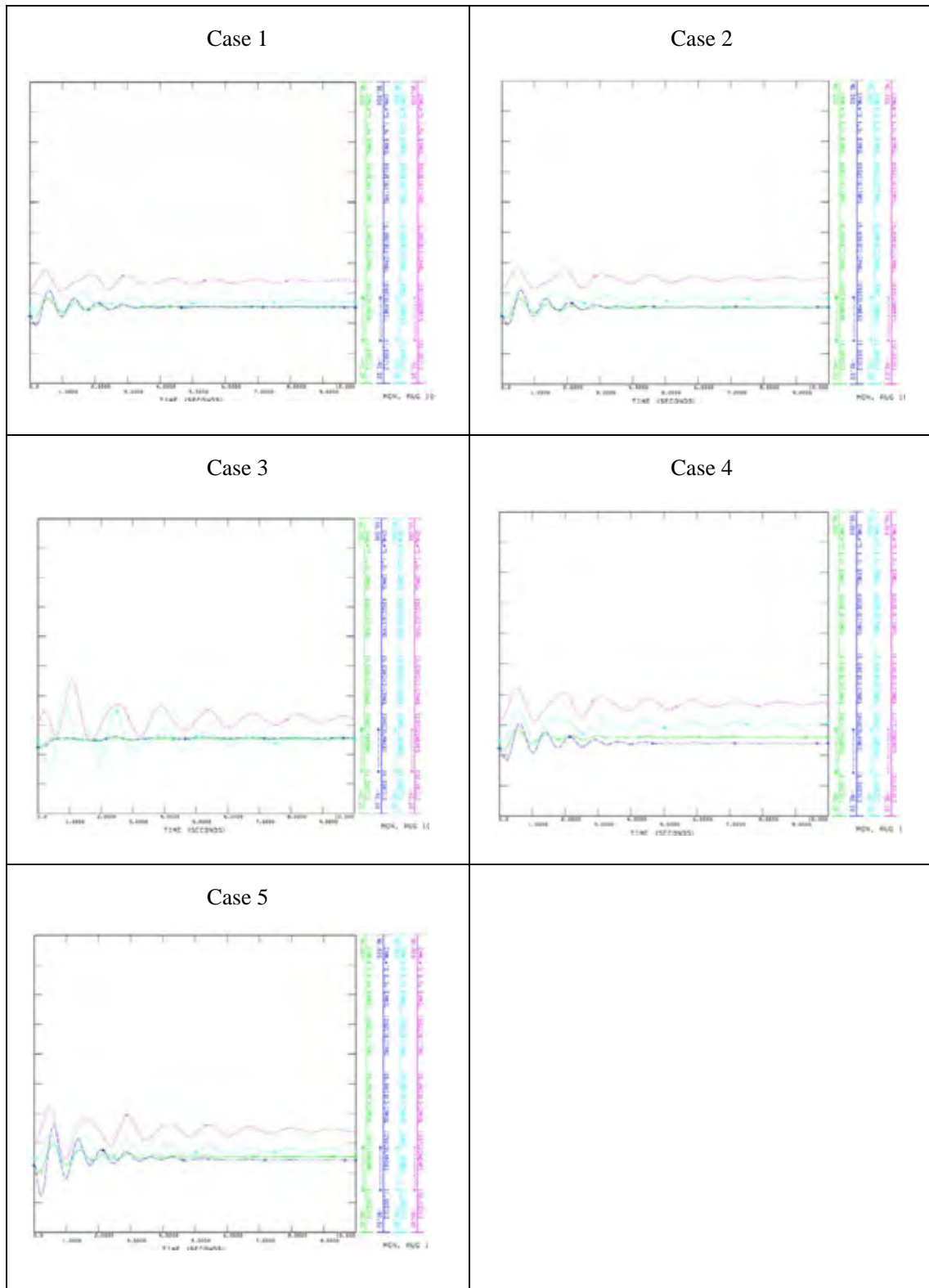
表2-3.6に安定度解析結果を、図2-3.13に発電機内部誘起電圧位相動揺曲線を示す。

事故除去・送電線開放後に事前潮流が健全回線に上乘せされるが、何れのケースも事故前潮流が小さく、事故時の発電機内部誘起電圧位相の動揺が時間の経過とともに減少・収束し安定であることが確認された。

表 2-3.6 安定度解析結果(2009年系統)

Fault line	Fault point	Power flow before fault	Stability	Case No.
132kV Naivasha-Ruaraka	Naivasha	32MW	Stable	1
132kV Naivasha-Lanet	Naivasha	17MW	Stable	2
132kV Lanet-Lessos	Lessos	36MW	Stable	3
132kV Olkaria I -Naivasha	Olkaria I	59MW	Stable	4
220kV Olkaria II -Nairobi North	Olkaria II	98MW	Stable	5

出典：JICA 調査団



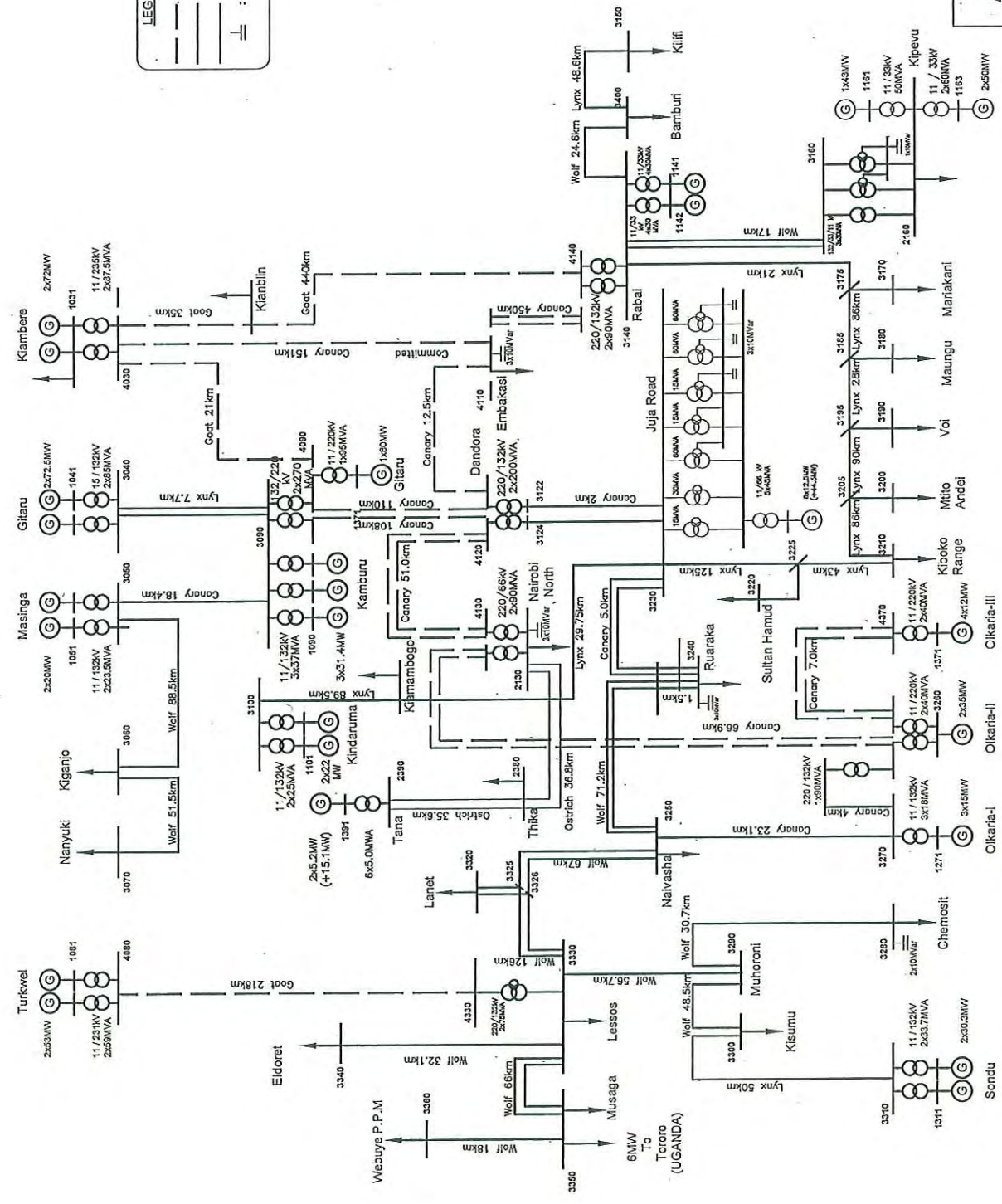
出典: JICA 調査団

図 2-3.13 発電機内部誘起電圧位相動揺曲線

Annex 2-1

LEGEND

- : 220kV line
- - - : 132kV line
- : 66kV line
- ⊥ : Static capacitor



Annex 2-1 Present KPLC System