

リベリア共和国  
モンロビア電力供給改善計画  
基本設計調査報告書

昭和 62 年 8 月

国際協力事業団



JICA LIBRARY



1040621[3]



リベリア共和国  
モンロビア電力供給改善計画  
基本設計調査報告書

昭和62年8月

国際協力事業団

国際協力事業団

受入 月日	'87.12.14	517
登録 No.	17029	643
		GRF

## 序 文

日本国政府は、リベリア共和国政府の要請に基づき、同国のモンロビア電力供給改善計画にかかる基本設計調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施した。

当事業団は、昭和62年4月19日より5月15日まで、国際協力事業団無償資金協力計画調査部基本設計調査第1課課長代理金井盛一を団長とする基本設計調査団を現地に派遣した。

調査団は、リベリア共和国政府関係者と協議を行うとともに、プロジェクト・サイト調査及び資料収集等を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなった。

本報告書が、本プロジェクトの推進に寄与するとともに、リベリア共和国の電力事情の改善に成果をもたらし、ひいては両国の友好・親善の一層の発展に役立つことを願うものである。

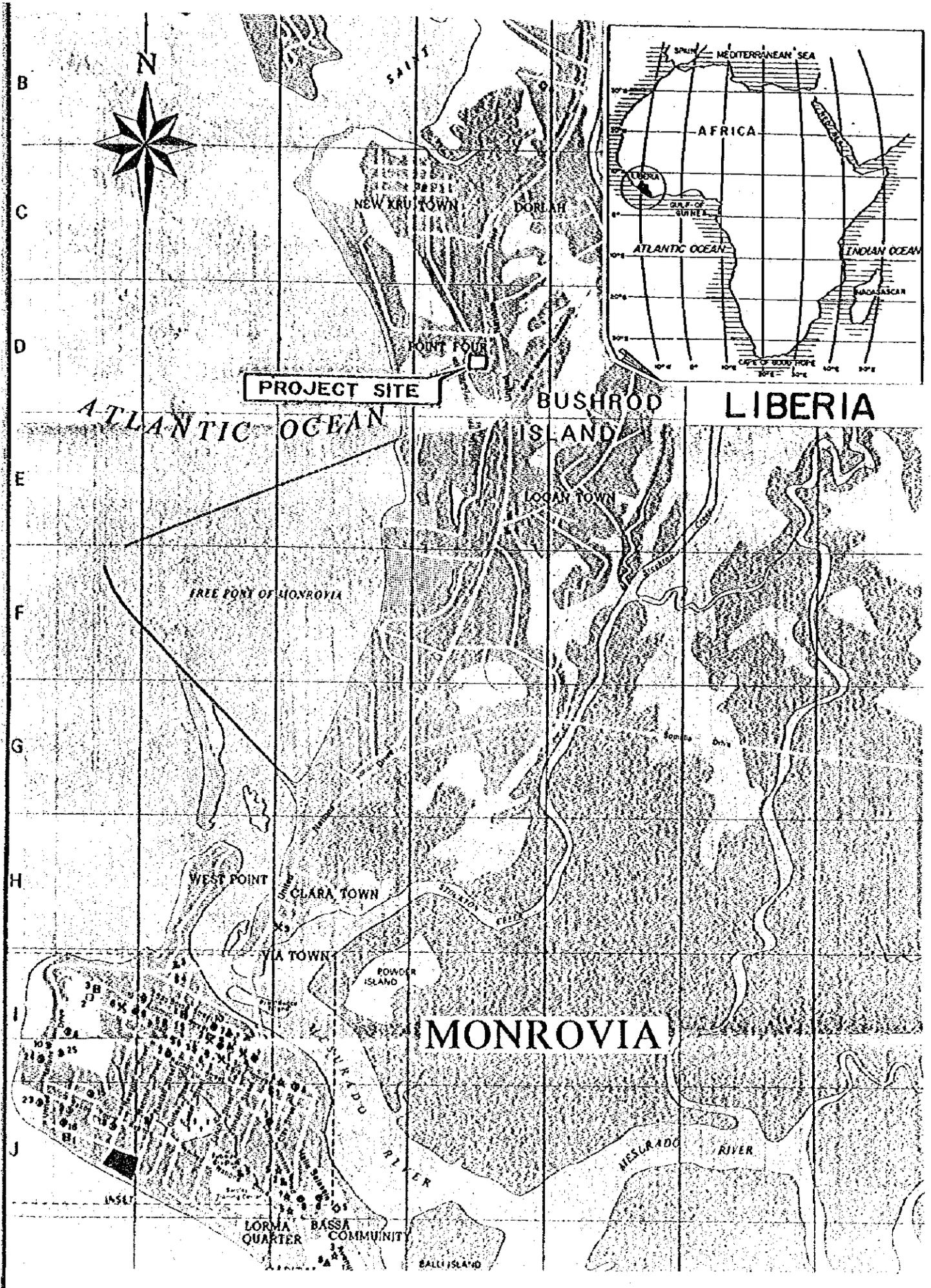
終りに、本件調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心より感謝の意を表するものである。

昭和62年8月

国際協力事業団

総裁 有田圭輔

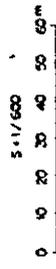
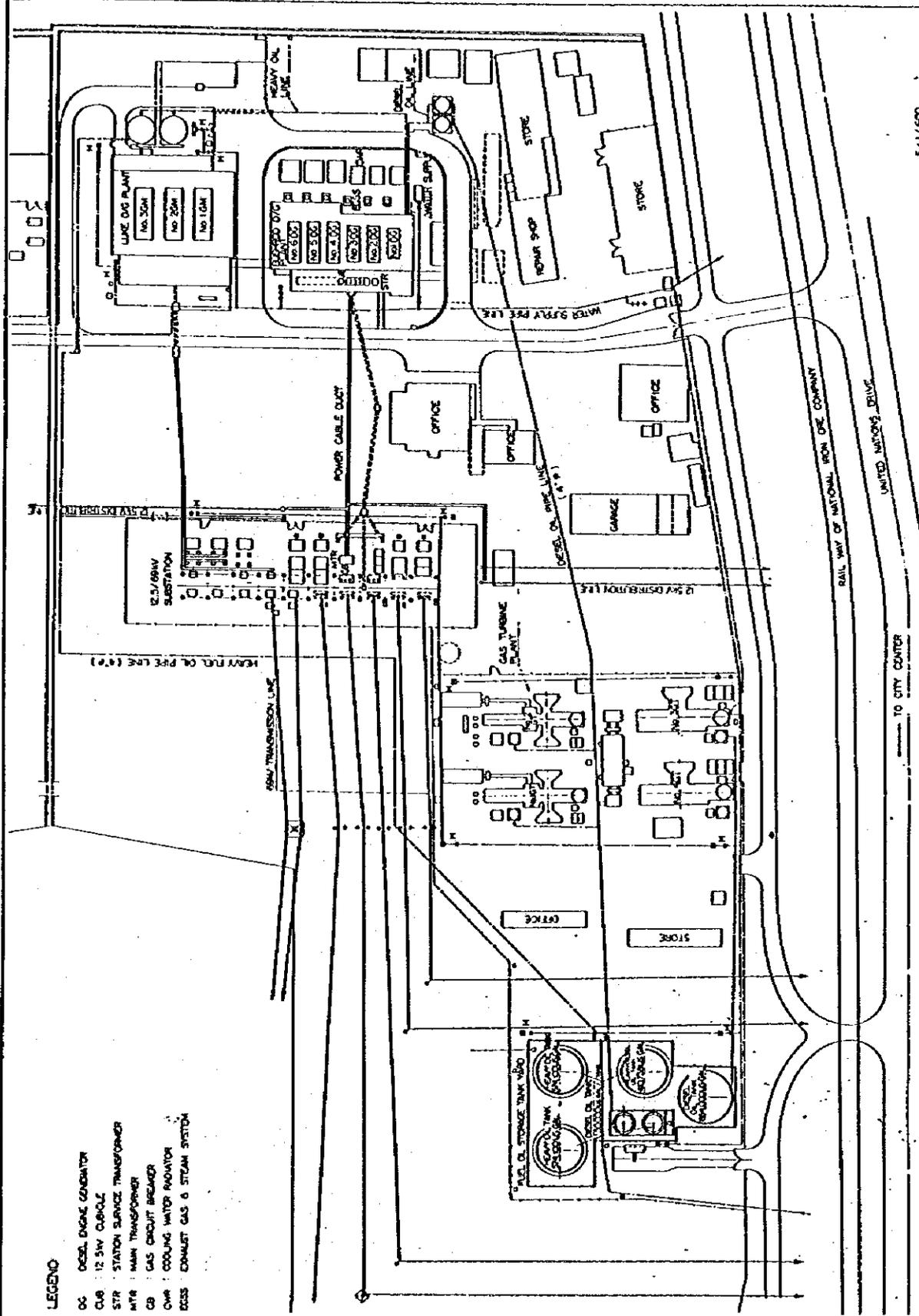






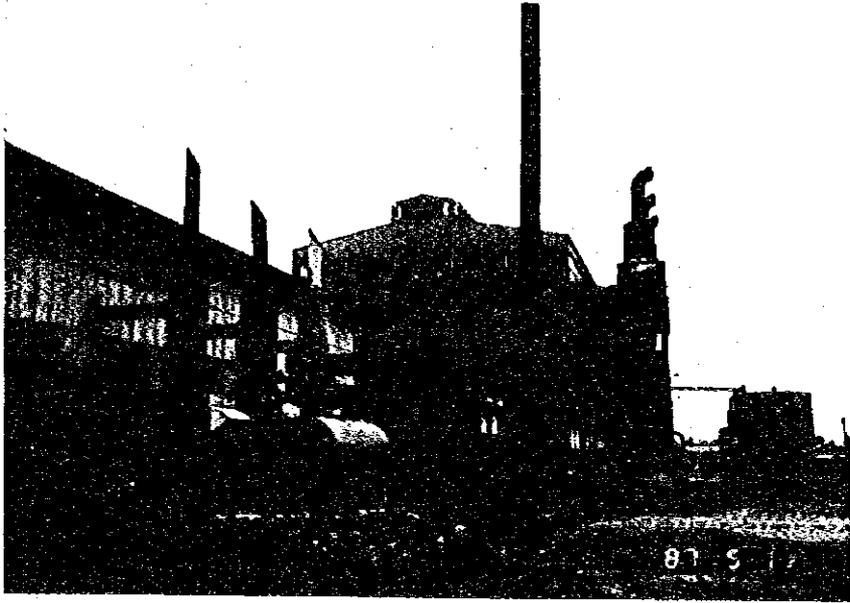
LEGEND

- DC : DIESEL ENGINE CONDENSER
- CUB : 12.5KV CUBOLET
- STR : STATION SERVICE TRANSFORMER
- MTB : MAIN TRANSFORMER
- CB : GAS CIRCUIT BREAKER
- CWR : COOLING WATER RADICATOR
- ECSS : EXHAUST GAS & STEAM SYSTEM

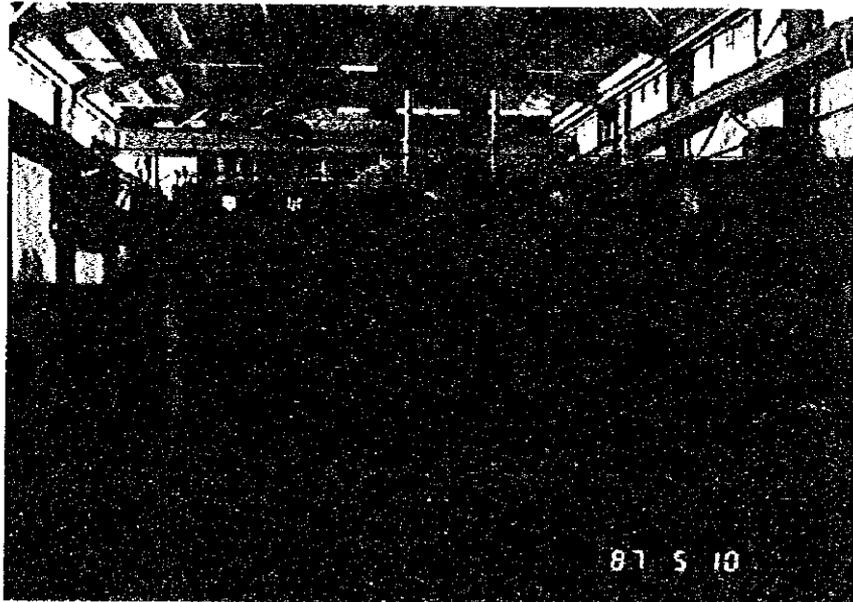


GENERAL PLAN OF BUSHROD POWER STATION



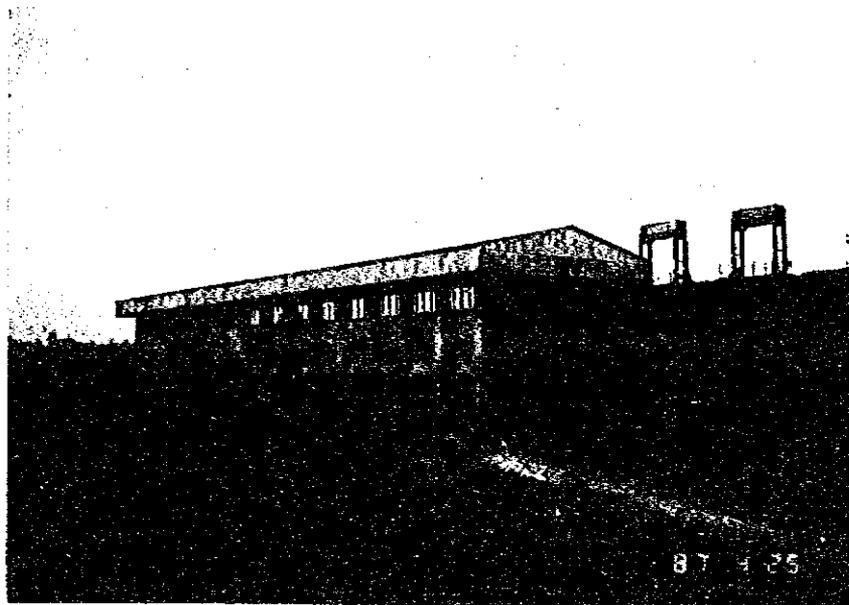


Outside View of Bushrod and Luke Diesel Power Plant

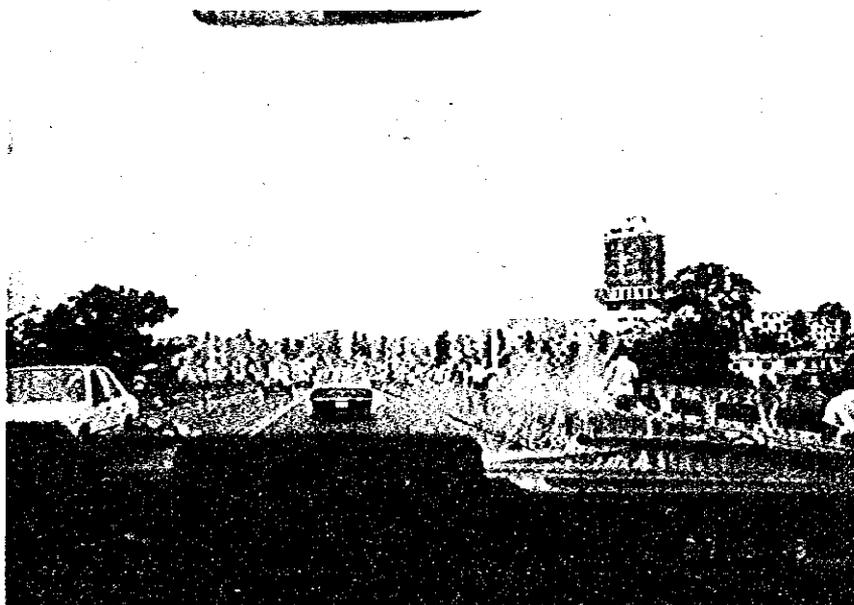


Bushrod Diesel Engine Generator (Retired)





Mt. Coffee Hydro Power Station



Monrovia City



## 要 約

リベリア共和国はアフリカ大陸の西海岸、赤道のやや北側に位置し、面積は日本のほぼ3分の1の約11万平方キロ、人口は約222万人で、首都のモンロビア市に約46万人が居住している。

1980年のクーデターによる政権交替を境に、リベリア経済は主力産業である鉄鉱石、天然ゴム、木材輸出が不振を極め、過去5年間経済成長はマイナスを続けている。こうした経済活動の低迷は国家財政に影響を及ぼし、政府歳入は急速に落ち込み、赤字分の補填を外国援助に依存している状況にある。その結果、累積債務は増大し現在リベリアの開発計画は財政難からほとんど中断の状態にある。

リベリアの電力事業は国有企業であるリベリア電力公社(Liberia Electricity Corp.: LEC)と各種企業による自家用発電設備により構成されている。一般需要家への電力供給を担当しているリベリア電力公社の電力需要は同国で唯一の電力系統である首都を含むモンロビア系統に集中しており、単独系統は極めて小規模な農村部の電力供給のみである。モンロビア系統への電力供給は水力発電設備(1ヶ所、出力合計64MW)火力発電設備(ブッシュロッド島内、3ヶ所、出力合計120.3MW)より供給されている。

モンロビア系統への電力供給の特徴は雨期(5月~11月頃)には主に水力発電により供給されるが、乾期(12月~4月頃)は大部分又は全面的に火力発電(ディーゼル及びガスタービン)に頼らざるを得ないことにあり、主力のルーク発電所が故障しがちであること、ガスタービンの発電原価が高いこともあり、安定的な電力供給が困難な状況が続き負荷カットが日常的に行なわれている。負荷カットは1982年頃より行なわれており、特に1986年の乾期には毎日20時間程度実施された記録もある。

リベリア政府は国民生活ならびに産業に不可欠の電力がこの様な状況下にあることを憂慮し、その対策として長期及び中期電力開発計画を立案して、現在同計画の推進に努力している。

この様な背景から、同政府は中期電力開発計画で計画している30MWのディーゼル発電設備のうち、緊急を要する10MWについて日本国政府に無償資金協力を要請して来た。この要請をうけて国際協力事業団は現地調査、資料収集ならびに同国政府の関係機関と必要な協議、打合せを行なうため、昭和62年4月19日から同年5月15日迄、同国に基本設計調査団を派遣した。

首都モンロビアの北部にあるブッシュロッド島には現在火力発電設備が集中的に配置されている。

1961年に運転を開始したブッシュロッド発電所はディーゼル発電機5台、合計出力11.5MWの設備があるが、現在運転可能なものは2台、3MWのみで1988年には廃止予定となっている。1966年に運転を開始したガスタービン設備は、発電機台数4台、合計出力68MWであるが、現在は1台がタービンプレート破損で運転の目度たたず、他の1台も起動電動機不良のため長期停止中で調査実施時運転可能なものは2台、31MWであった。乾期の主力電源であるルーク発電所は1980年運転を開始し、ディーゼル発電機3台、合計出力36MWが設備されているが、故障が多く、電力の安定供給上問題がある。

現在モンロビア系統の最大需要電力および年間需要電力量は1986年でそれぞれ67MW, 432GWh、1991年には75MW, 484GWhになるものと予想されている。中期電力開発計画ではセントポール河の上流にダムを建設して水力発電により電力を供給する計画が検討されているが、資金面からもその実現には相当な時間を要するものと考えられる。中期計画では当面の対策として30MWのディーゼル発電設備で対処する計画であるが、緊急対策として公共及び一般家庭用の負荷カットを緩和する（予想される負荷カット時間が6時間を1時間程度に短縮する）ためには、少なくとも出力10MWのディーゼル発電機が必要である。それとともに、ガスタービンを一部停止してディーゼル発電に置きかえることにより燃料費が年間約2.9億円節約できるものと考えられる。

現地調査の結果、供与機器は既設々備を有効に再利用して既存の発電機室に設置することとした。

供与機材の概要は下記の通りである。

ディーゼルエンジン	7,080PS	2台
交流発電機	5,000kW	2台
配電盤開閉装置, 変圧器他		1式

本案件に必要な概算事業費は13.54億円、またリベリア政府側が行なう工事費は既設機器の撤去、搬入口の新設等を含め約9.5百万円である。

本案件の実施は資金計画の枠および据付時の運転指導をキメ細かく行なうため2期に分けて実施する。所要の期間は各期12ヶ月を必要とする。

本案件の実施に際し、両国政府間の折衝ならびに必要な諸手続等は外務省 (Ministry of Foreign Affairs) が行ない、事業実施主体は、リベリア電力公社が担当し、無償供与機器工事に伴う業務の実施を担当する。また、供与施設の完成後は引続き同電力公社が施設を所有し、維持管理、運用も担当することとなるが、同社の維持管理能力より判断し問題はない。

本案件のディーゼル発電設備の完成後、同設備に必要な年間運営管理費は約 1.5億円であるが、これは売電によって見込まれる年間収入約4.6億円によって充分賄うことが出来る。

将来共、供与機器の維持管理、運転のための部品及び燃料を確保することが望まれる。

本案件の実施は、現在深刻化し焦眉の急となっているモンロビア市の電力不足が解消され、その結果モンロビア市の市民生活の安定、産業の活性化に役立つものと思料される。

以上を勘案すると、本案件の実施は誠に意義深いものであり、日本国政府の無償資金援助対象計画として充分妥当なものと思料される。



# 目 次

序 文  
地 図  
写 真  
要 約  
目 次

第1章 緒 論	1 - 1
第2章 計画の背景	2 - 1
2.1 リベリア共和国の一般概況	2 - 1
2.2 経済・社会概況	2 - 1
2.2.1 経済開発	2 - 1
2.2.2 社会開発	2 - 19
2.3 リベリア国の電力事情	2 - 21
2.3.1 沿 革	2 - 21
2.3.2 電力事業行政と電力事業者	2 - 21
2.4 電力設備	2 - 25
2.4.1 全国電力設備の概要	2 - 25
2.4.2 リベリア電力公社の設備概要	2 - 26
2.4.3 電力部門に対する外国援助	2 - 35
2.4.4 電力需給状況	2 - 36
2.4.5 電力開発5ヶ年計画	2 - 47
2.4.6 ブッシュロッド発電所	2 - 50
2.4.7 計画要請の経緯	2 - 54
2.5 電力経営	2 - 55
2.5.1 LEC職員の構成	2 - 55
2.5.2 電力需要家と裨益人口	2 - 55
2.5.3 LEC財務状況	2 - 56

2.5.4	LECにおける外国人専門家	2-59
2.5.5	運転・保守体制	2-61
2.5.6	電力経営の問題点と課題	2-63
第3章	計画の内容	3-1
3.1	計画の目的	3-1
3.2	要請内容の検討	3-1
3.2.1	計画規模の検討	3-1
3.3	計画の概要	3-13
3.3.1	運営体制	3-13
3.3.2	供与機材の概要	3-14
3.3.3	計画地の概要	3-15
3.3.4	操業指導	3-15
第4章	基本設計	4-1
4.1	設計方針	4-1
4.1.1	設計の基本方針	4-1
4.1.2	設計条件	4-3
4.2	基本設計	4-6
4.2.1	エンジン出力と発電機容量	4-6
4.2.2	昇圧用変圧器	4-7
4.2.3	所内用変圧器	4-7
4.2.4	配電盤(監視制御盤)	4-7
4.2.5	しゃ断器	4-7
4.2.6	機材計画	4-8
4.2.7	系統への影響	4-10
第5章	事業実施計画	5-1
5.1	実施体制	5-1
5.1.1	リベリア側の業務	5-1

5.1.2	コンサルタントの業務	5-3
5.1.3	請負業者の業務	5-4
5.2	実施業務の範囲	5-5
5.2.1	日本国政府側が分担する業務	5-5
5.2.2	リベリア共和国政府側が分担する業務	5-5
5.3	調達・輸送・施工計画	5-5
5.3.1	資機材の調達計画	5-5
5.3.2	輸送計画	5-7
5.3.3	施工計画	5-7
5.4	実施スケジュール	5-8
5.5	概算事業費	5-8
5.6	施設運営・管理計画	5-10
5.6.1	運転・保守計画	5-10
第6章	事業評価	6-1
6.1	プロジェクトの裨益効果	6-1
6.1.1	負荷カットの緩和	6-1
6.1.2	財務収入への貢献	6-1
6.1.3	燃料支出の節約	6-2
6.1.4	国民生活と公共サービスへの寄与	6-2
6.1.5	産業セクターへの波及効果	6-3
6.2	財務分析	6-4
第7章	結論・提言	7-1
(1)	結論	7-1
(2)	提言	7-1
資料編		
資料-1	主要面談者	A-1
資料-2	調査団の構成	A-3

資料 - 3	現地調査日程	A - 4
資料 - 4	協議議事録(写)	A - 6
資料 - 5	収集資料リスト	A - 11
資料 - 6	添付資料	A - 14
	(1) ディーゼルエンジン機種を選定について	A - 14
	(2) 既設コンクリート基礎の検討について	A - 26
	(3) 財務評価の感度分析結果のデータシート	A - 29
資料 - 7	添付表	A - 36
資料 - 8	添付図	A - 46

# 第1章 緒 論



## 第1章 緒 論

リベリア共和国 (The Republic of Liberia) はアフリカ大陸の西海岸に位置している。同国は、1980年のクーデターによる政権交替を境に、その経済は主力産業である鉄鉱石、天然ゴム、木材輸出が不振を極め、過去5年間経済成長はマイナスを続けている。こうした経済活動の低迷は国家財政に影響を及ぼし、政府歳入は急速に落ち込み、赤字分の補填を外国援助に依存している状況にある。その結果、累積債務は増大し現在同国の開発計画は財政難からほとんど中断の状態にある。

同国において電力事業を担当しているリベリア電力公社 (Liberia Electricity Corp. : 略称 L E C) は同国唯一の電力系統である首都を含むモンロビア系統へ水力発電設備 (合計出力64MW) と火力発電設備 (合計出力 120.3MW) をもって電力供給を行なっている。同系統への電力供給の特徴は雨期 (5月~11月頃) は主として水力発電により行なわれるが乾期 (12月~4月頃) は大部分または全面的に火力発電 (ディーゼルまたはガスタービン) に頼らざるを得ないことにあり、主力のルークディーゼルプラントが故障がちであること、ガスタービンの発電原価が高いこともあり、安定的な電力供給が困難な状況が続き、負荷制限が日常的に行なわれている。リベリア政府は、国民生活ならびに産業に不可欠の電力がこの様な状況下にあることを憂慮し、その対策として長期及び中期電力整備計画を立案して、現在同計画の推進に努力している。この様な背景から同政府は中期電力整備計画で計画している30MWのディーゼル発電設備のうち、緊急を要する10MWについて日本国政府に無償資金協力を要請した。

この要請をうけて、日本国政府は基本設計調査実施を決定し、国際協力事業団が調査を行なった。

国際協力事業団は、本計画の妥当性を検討し、内容および規模を決定するため、昭和62年4月19日から5月15日までの27日間リベリア共和国に基本設計調査団を派遣し、現地調査、資料収集、同国政府各関係機関との協議打合せを実施した。

リベリア共和国側との協議の結果得られた基本的合意事項は協議議事録としてとりまとめられ、昭和62年4月28日双方代表が署名した。

調査団の構成、現地調査の行程、訪問先および面談者、協議議事録、収集資料リスト等は付属資料として巻末の資料欄に添付した。

この報告書は、調査団が帰国後、国内作業において、現地調査結果をもとに本案件の妥

当柱を検討の上、現地の電力事情が緊急の措置を必要としているところから、工期の短いディーゼル発電装置が適切と判断し、資機材の選定、発電設備の基本設計、事業費の概算、維持管理計画等を策定し、本計画を実施するための最適案についてとりまとめたものである。

## 第2章 計画の背景



## 第2章 計画の背景

### 2.1 リベリア共和国の一般概況

リベリア共和国は、西アフリカ南西端に位置し、北西にシエラ・レオーネ、南東に象牙海岸、北東にギニアと国境を接し南西は大西洋に面した面積 111,370km<sup>2</sup> (日本の約3分の1) の熱帯の国である。

気候は、高温多湿の熱帯性で雨季(5月～11月)と乾期(12月～4月)に分かれ、年間平均温度は27℃、平均湿度は80%に達し、降雨量は海岸部が最も多く、年間約 5,000mmを記録する。

海岸線は、開発が最初に進められた地域であり、プランテーション、サバンナ草原、森林が広がり、内陸部は丘陵地帯でさらに奥地は山岳地帯となりウォロギン山脈、ニンバ山脈がそれぞれ東西に走っている。

首都はモンロビアであり、主要河川の一つセント・ポール川が大西洋に注ぐ河口に位置する。

歴史的には、リベリア共和国は、米国において解放されたアメリカ黒人(Americo-Liberian)により建国され、アフリカ大陸で最初の共和国というユニークな建国史をもっている。

ドウ国家元首を中心とする現体制は、1980年4月のクーデターにより政権を獲得し、以来7年が経過した。政権掌握後は「リベリア人民救済評議会(PRC)」を設置し一時軍政を敷いたが、新憲法発布(1984年)、総選挙(1985年)を通じ、民政移管を成し遂げ現在は共和制に復帰した。しかしながら、この間、大統領に就任したドウ氏に対するクーデター未遂事件が数回発生し、同大統領の「国民和解」と「団結」の努力にもかかわらず、政局は依然不安定要素を抱えていると言える。

表2-1にリベリア共和国の国家行政組織を示した。

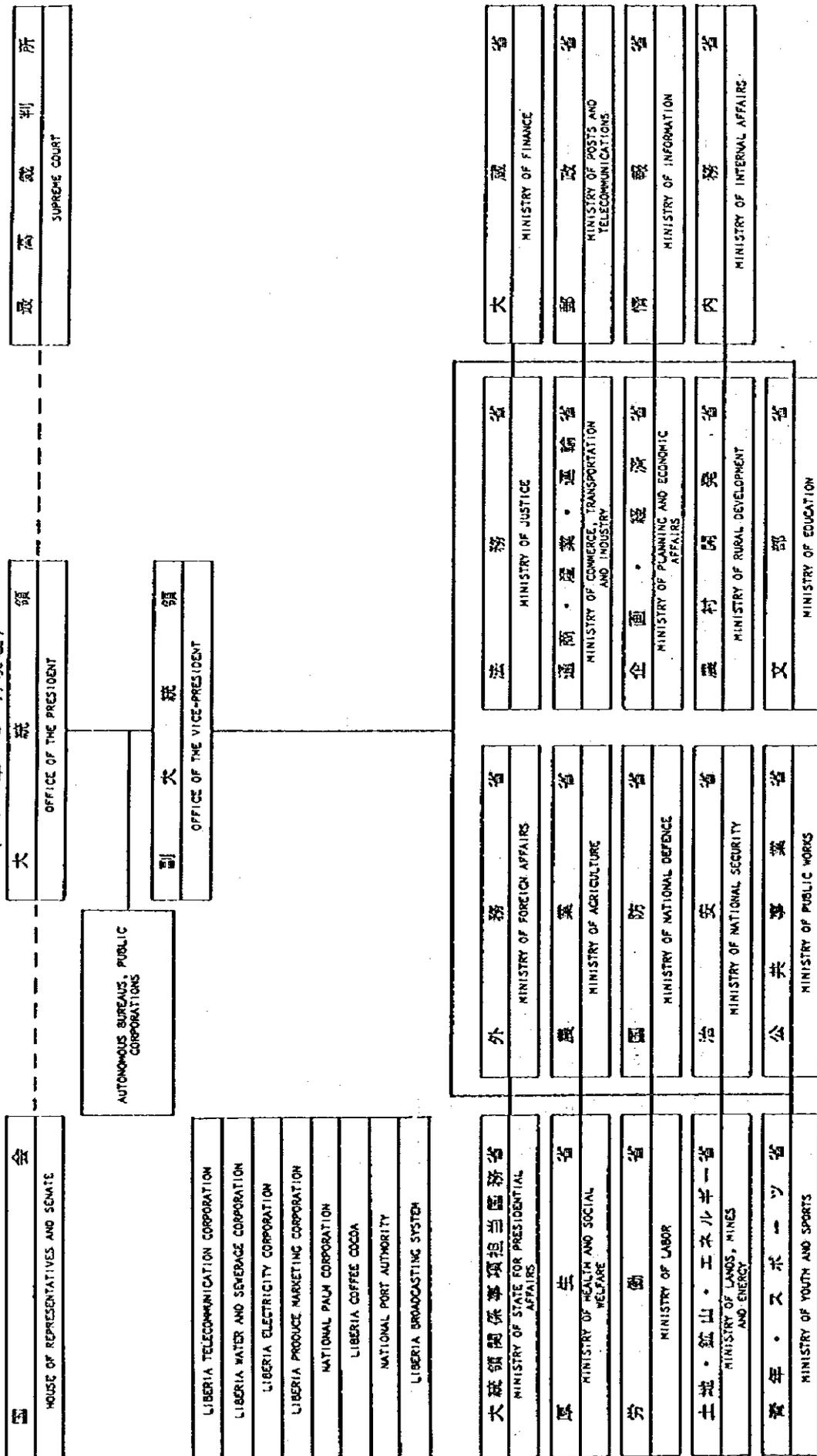
### 2.2 経済・社会概況

#### 2.2.1 経済開発

##### (1) 経済構造

リベリア経済は、歴史的背景からいわゆる近代的部門と伝統的部門の2重構造を呈している。

表 2-1 リベリア国家行政組織図  
( 61 年 2 月現在 )



近代的部門とは、リベリアの主要一次産品であるゴム、鉄鉱石、木材の開発に携わる外国系大企業支配下の産業部門のことである。建国以来、積極的な外資導入による経済解放政策を採ってきた同国は天然ゴムのプランテーション栽培に米国のファイヤーストーン社が進出し大規模な開発が着手されて以降鉄鉱石開発には、米国・西独・スウェーデン等の企業が採掘権を取得、木材開発は周辺国の森林の涸渇化から、リベリアの森林資源が注目され、多数の外国企業が進出した。こうした外国企業によるイニシアティブから近代的産業部門が“飛び地”的経済圏を形成し発展してきた。その結果、近代的部門は都市周辺、国内に散在するプランテーション及び鉱山地区に集中してほとんどが輸出指向型産業で占められ、リベリアのGDPの80%を産出している。

一方、伝統的農業部門は、人口の約7割を占める農業人口に支えられ、伝統的な自給自足経済から成り立っている。生産性の低い米作中心の小規模農業であることから所得水準はきわめて低く近代的部門との所得格差は大きい。

製造業は、これまでゴム・鉄鉱石・木材（丸太）等の一次産品輸出に代表されるごとく加工産業が未発達な状態であり、国内市場の狭隘性、輸入消費財との競合から有力な産業基盤を形成するまでに至っていない。

表2-2は1980-1984年のリベリアの国内総生産（GDP）を示した。

その他、道路等のインフラストラクチャー、学校・医療施設、公共施設等の社会インフラがほとんど都市部、特にモンロビアに集中しており、地方からの首都モンロビアへの人口流入による住宅難、生活環境の悪化、失業の増大等が大きな社会問題化している。

このように、リベリア経済は、伝統的部門と近代的部門の二重構造から大きな所得格差が存在し、両者間の有機的連関に乏しく、そのため今後のリベリアの経済開発を進めていく上で、この二重構造の解消が重要な課題となっている。

尚、リベリアの法定通貨は米ドル貨幣を使用しており、リベリアドルと米ドルは等価である。

表 2 - 2 国内総生産 ( G D P ) ( 1980 - 1984 )

( \$ Million )

	1980	1981	1982	1983	1984 **
Agriculture	63.0	49.4	56.0	56.6	61.4
Rubber	21.0	21.3	22.6	25.2	30.1
Forestry	23.0	12.3	10.6	9.4	10.6
Other	19.0	15.8	22.8	22.0	20.7
Mining & Quarrying	111.0	97.7	99.0	85.8	79.7
Iron Ore	106.0	92.0	91.8	80.3	75.7
Other	5.0	5.7	7.2	5.5	4.0
Manufacturing	26.0	23.6	21.2	21.6	20.5
Construction	15.0	14.0	13.0	12.8	12.4
Government Service	39.6	50.4	47.8	47.8	47.0
Other Services	111.6	107.1	100.8	101.2	99.4
(Traditional Sector) *2	(80.0)	(82.4)	(84.9)	(87.7)	(N.A.)
GDP at 1971 Factor Cost *3	366.2	342.2	337.8	325.8	320.4
GDP at Current Market Cost *3	800.8	753.9	756.0	714.6	716.0

1 Preliminary

2 World Bank estimates

3 Traditional Sector is not included

Source : Economic Survey, Ministry of Planning & Economic Affairs (MPEA) 1985.  
Issues and Options in the Energy Sector, IBRD 1984.

## (2) 最近の経済成長

順調な成長をみせたりベリア経済も70年代を通じ、鈍化の傾向を示し、80年代に入ると経済成長は急速に停滞している。

最近のリベリア経済の不振は、先進工業国の景気後退・一次産品価格の低迷等の外部的要因が大きく影響していると言える。特に中心的輸出産業である鉄鉱石・天然ゴム・木材産業が先進国の需要の冷え込みから軒並み価格が下落し、GDPは過去5年間実質マイナス成長に陥っている（表2-3参照）。

表2-3 名目及び実質GDPの傾向（1980-1984）  
(\$ Million)

	1980	1981	1982	1983	1984
GDP at Constant Factor Cost (1971)	366.2	342.2	337.8	325.8	320.4
Annual Growth(%)	-4.7	-6.6	-1.3	-3.6	-1.7
GDP at Current Market Cost	800.8	753.9	756.0	714.6	716.0
Annual Growth(%)	4.5	-5.9	0.3	-5.5	0.2

Source : Economic Survey, MPEA 1985

こうした対外的要因とともに、他方リベリア経済の抱える構造的要因も看過できない。構造的問題としては、(i) 主要産業が一次産品の輸出セクターという国際的市場に影響を受けやすい海外依存体質であること、(ii) 法定通貨が米ドルであり、外貨規制がなく、リベリアの国内経済が外国企業の投資動向による資本移動に著しく依存していること、(iii) 近代的部門に対し、伝統的部門の農業開発が小規模・低生産性という未発達の状態に取り残されていること、(iv) 国内経済の牽引車であるべき工業セクターが十分育成されておらず、生産財をはじめ原材料、部品、消費財を輸入に頼らざるを得ない状態であること等が指摘されている。

これまでの経済発展の原動力となった鉄鉱石、天然ゴム、木材等の輸出産業に今後多くを期待できない現在、上記のような構造的問題を解決するためには、生産構造の多様化を図るとともに伝統的産業部門の抜本的開発の長期戦略が必要となっていると言える。

### (3) 貿易構造と国際収支

#### (a) 貿易構造

リベリアの貿易構造は、鉄鉱石、天然ゴム、木材、さらにココア、コーヒー、ダイヤモンド等の一次産品を輸出し、工業製品、消費財、石油、米等を輸入する形態である。

リベリア経済に占める貿易額はきわめて大きく、1984年を例にとると輸出と輸入の対GDP比は、それぞれ55.2%、44.3%に達している。輸出については、鉄鉱石が輸出全体収入の60%以上を占め、リベリア第一の輸出商品である。次いで天然ゴム20.2%、木材5.0%、ココア3.4%、コーヒー3.0%、ダイヤモンド2.4%でこれら6品目で輸出全体の約96%を占めている(表2-4参照)。

表2-4 輸出品の金額と構成(1981-1984)  
( \$ Million)

品目	1981 (%)	1982 (%)	1983 (%)	1984 (%)
鉄 鉱 石	325.4 (61.5)	311.1 (65.2)	267.3 (62.5)	279.0 (61.7)
天 然 ゴ ム	86.7 (16.4)	53.4 (11.1)	73.1 (17.1)	91.3 (20.2)
木 材	32.5 (6.1)	29.2 (6.1)	22.2 (5.2)	22.6 (5.0)
コ コ ア	13.8 (2.6)	8.8 (2.0)	11.5 (2.7)	15.3 (3.4)
コ ー ヒ ー	19.4 (3.7)	22.8 (4.8)	18.2 (4.3)	13.7 (3.0)
ダ イ ヤ モ ン ド	23.4 (4.4)	26.3 (5.5)	17.2 (4.0)	10.9 (2.4)
そ の 他	28.0 (5.3)	25.8 (5.3)	18.1 (4.2)	19.3 (4.2)
合 計	529.2(100.0)	477.4(100.0)	427.6(100.0)	452.1(100.0)

Source : Economic Survey, MPBA 1985

表2-5に主要輸出品の輸出量と金額を示すが、主要輸出品目である鉄鉱石はシェアでは大半を占めているものの、金額的には、西洋諸国の鉄鋼業の不振から急速に減少している。天然ゴムの輸出は、数量的に増大したものの国際価格の下落の影響を受け大幅な変動を示し、木材は金額的にも単価でも落ち込み低迷を続けている。

表 2 - 5 主要輸出品の数量、金額及び単位価格 (1981 - 1984)  
( \$ Million)

	1981	1982	1983	1984	
鉄 鋼 石	金額	325.4	311.1	267.3	279.0
	数量 (百万 t)	20.7	16.4	15.7	16.9
	t 当たり (\$) )	15.72	18.97	17.03	16.51
天 然 ゴ ム	金額	86.7	53.4	73.1	91.3
	数量 (百万 kg)	76.9	60.1	73.6	87.9
	kg 当たり (\$) )	1.13	0.89	0.99	1.03
ダイヤモンド	金額	23.4	26.3	17.2	10.9
	数量 (千カラット)	336.0	433.0	330.0	236.7
	カラット 当たり (\$) )	69.64	60.7	52.1	46.0
木 材	金額	32.5	29.2	22.2	22.2
	数量 (千 m <sup>3</sup> )	199.8	190.1	156.7	183.5
	m <sup>3</sup> 当たり (\$) )	162.6	153.6	141.7	123.2
コ ー ヒ ー	金額	19.4	22.8	18.2	13.7
	数量 (百万 kg)	8.3	10.0	7.4	4.9
	kg 当たり (\$) )	2.34	2.28	2.46	2.80

Source : Economic Survey, MPEA 1985

輸入実績を表 2 - 6 に示すが、輸入については、その内訳は消費財、資本財、原材料という構成になっている。消費財の中では食料品の割合が高く、特に国民の主食である米の輸入が特徴的である (自給率 75%)。機械類の輸入は一貫して大きなシェアを維持しているものの国内の製造業の不振を反映し、部品の輸入は著しく減少している。

輸入原材料では、従来原油の輸入が大きなシェアを占めていたが、リベリア石油精製公社保有の精製プラントが故障したため、1983年以降現在は原油輸入を中止し精製油の輸入に切り換えられている。しかしながら、総輸入額に占める精製油 (原油) の輸入額はその他の項目に含まれているが、1982年の 27% から 1984年の 20% 弱まで依然高水準にあり原油価格の低落にもかかわらず同国の大きな経済負担となっている。

表2-6 輸入実績(1981-1984)  
( \$ Million)

品目	1981	1982	1983	1984
消費財	136.1	113.8	127.8	112.0
食料品	80.5	74.4	75.2	60.3
耐久消費財	6.3	5.1	7.2	8.1
半耐久消費財	16.0	9.5	14.2	12.2
非耐久財	27.5	18.0	23.2	22.9
輸送機械	5.8	6.8	8.0	8.5
資本財	89.6	95.6	90.6	75.5
機械類	44.1	46.4	35.6	39.1
輸送機器	23.7	25.0	24.6	17.6
部品	21.8	24.2	30.4	18.8
原材料	251.7	219.0	193.0	175.7
原油	129.6	94.1	—	—
建設資材	16.1	16.3	16.1	11.6
その他	106.0	108.6	177.1	164.1
合計	477.4	428.4	411.6	363.2

Source : Economic Survey, MPEA 1985

リベリアの主要貿易相手国をみると米国、西独、その他のEC諸国となっている。輸出相手国としては西独が第1位でこれは鉄鉱石の主な輸出先であるため、米国がそれに続いている。輸入相手国は米国が断然トップを占め、西独が次いで主要輸入先となっている。日本は、輸入先としては、第4位にランクされているが、輸出相手国としては、下位に甘んじ貿易アンバランスが顕著となっている。

#### (b) 国際収支

リベリアの国際収支の動きは、統計資料の問題から正確には捉えることは難しいが、伝統的に輸出が輸入を上回り、貿易収支は、黒字基調を保っている。これに対し、貿易外収支は赤字が恒常的に続き、その結果経常収支は毎年赤字でこれを長期民間資本の導入で何とか賄う傾向が強かった。最近、貿易収支は黒字基調で、国内の景気低迷から輸入が抑えられたため黒字幅が伸びるとともに、貿易外収支も全般に停滞し、経常収支は黒字に転じている(表2-7参照)。

表2-7 貿易収支(1980-1985)  
( \$ Million)

	1980	1981	1982	1983	1984	1985
輸出(F. O. B.)	600.4	529.2	477.4	427.6	452.1	435.6
輸入(C. I. F.)	533.9	477.4	428.4	411.6	363.2	284.4
貿易収支	66.5	51.8	49.0	16.0	88.9	151.2
経常収支	-104.4	-77.3	-48.6	-91.5	11.0	87.4

Source : Economic Survey, MPEA 1985

しかしながら、交易条件をみると輸入価格に対する輸出価格の比率は近年低下傾向にあり、特に輸出価格の中心である一次産品価格の下降状態に対し、工業製品の輸入価格が上昇傾向にあるため、交易条件は序々に悪化する状況にある(表2-8参照)。

表2-8 貿易指数(1981-1985)  
(1981=100)

	1981	1982	1983	1984	1985
輸出	100	108.4	101.3	99.9	99.4
輸入	100	105.4	100.3	109.7	101.7
交易条件	100	107.8	101.0	91.1	97.7

Source : Statistical Bulletin of Liberia, MPEA 1987

さらに、国際収支の悪化傾向の原因として貿易外収支に於ける対外債務への多額の金利支払と海運収入の横バイ状況がある。対外債務残高は国内の開発予算の源資として年々急増しており、累積債務が深刻化しつつある。そこで国家財政の健全化が図られるまで、今や世銀・米国は借款の供与を停止している。一方海運収入は政府の重要な国家収入源であったが政府の1981年の登録料の引き上げにもかかわらず、世界的な海運不況から減少傾向にある。

( \$ Million)

	1980	1981	1982	1983	1984	1985
債務支払	-23.9	-20.2	-37.1	-58.6	-77.9	-79.7
海運収支	10.7	20.1	29.6	24.5	23.5	23.5

Source : Economic Survey, MPEA 1985  
Statistical Bulletin of Liberia, MPEA 1987

その結果、中央銀行の外貨準備は減少を続け、リベリア政府発表では、1985年に3.3百万ドル、IMFの資料では1.52百万ドルまで激減してしまっている。

#### (4) 経済開発計画とエネルギー政策

##### (a) 経済開発計画

リベリアにおいて本格的な開発計画が策定されたのは1976年からの第1次国家社会経済開発5ヶ年計画(1976-1980年)に遡る。その後、第2次開発計画が第1次計画に継続して1980年からスタートする予定であったところクーデターによる政権の交代もあって、実施は1年間延長され、第2次開発計画は1981年から1985年の5ヶ年間を対象として実施された。

リベリア政府は第2次5ヶ年計画の終了に伴い、第3次開発計画に着手する意向であったが、経済環境の大幅な変動により開発計画の策定作業は中断され、かわりに暫定的な開発計画として“経済復興計画”(Economic Recovery Program (1986/87-1988/89))が昨年9月に発表された。しかし、本計画は、未だ実施に移されておらず、修正作業がなお継続中である。公表されている“経済復興計画”によると、当面の緊急課題として提起されている開発目標は次の通りである。

- 輸出産業の活性化
- 政府財政赤字及び累積債務の軽減
- 投資環境の改善

##### (i) 輸出産業の活性化

近年の鉄鉱石、天然ゴム、木材、その他農産品価格の低迷による輸出産業の急速な悪化に対抗し、特に今期期待出来そうな一次産品である天然ゴム、コーヒー、ココア、ダイヤモンドの輸出に重点を置き、輸出産業の活性化を図ることを目指している。

### (ii) 政府財政赤字及び累積債務の軽減

過去5年間政府の財政収入は、輸出産業の不振から減少の一途を辿り、一方財政支出は、公務員の給与支払等急増しており、収支の赤字は一層拡大する状況にある。この収支のギャップを埋める方策として、外国援助の積極的導入を行った結果、債務累積が進行し、政府財政収支は悪循環に陥っている。そのため本「復興計画」では、徹底的な緊縮財政を敷き、支出項目の厳正な監視、公務員の削減、税収入の増大のための徴税機構の強化及び優遇税制の見直し、さらに、公共企業体の民営化と援助行政の再検討を謳っている。

### (iii) 投資環境の改善

外国投資の現状は、国内経済の悪化に伴い近年激減しており、政府は投資環境の改善を図るべく、投資誘致のための優遇施策を強化している。そのための手段として「リベリア自由貿易地区」(LIFZA)の拡充、投資誘致促進活動の強化、優遇税制・国内融資制度の拡充、中小企業の育成、企業家の養成、新規投資分野の開発(ゴム、コーヒー、パーム油、米、木材加工、ゴム加工、養殖等)を掲げている。

以上の「経済復興計画」の実施による政府財政収支の改善、対外債務の軽減の見通しをまとめてみると下記の通りである(表2-9参照)。

表 2 - 9 経済復興計画の財政見通し  
( \$ Million)

	1986/87	1987/88	1988/89
歳入	246	275	300
一般歳入	193	215	237
石油価格増等 による歳入	53	60	63
歳出	129	135	142
公務員給与	97	90	83
その他歳出	32	45	59
無償援助	28	28	28
対外債務支払い	194	187	119
財政収支ギャップ	-49	-19	+67
財政収支ギャップ	90	113	82
資金調達			
国内資金	40	20	15
国外資金	50	93	67
対外債務軽減 見通し	-41	-94	-149

しかしながら、こうした「経済復興計画」の実現に当っては、問題点も多い。歳入の伸びは年率10%以上の増加を見込んでいるが、政府機関の非能率性が指摘されている現在楽観的過ぎること、歳出面で公務員の定員減と大幅な削減を目指しているが、国内景気の不振の折大量の公務員カットはあらたな社会不安を引き起しかねないこと、累積債務問題の解決の方法が結局新しい援助の導入に依存せざるを得ないことは、対外信用を失いつつある同国にとってさらに援助を要請することは決して容易でないこと等が挙げられる。それ故、本計画の修正作業の進捗とあわせ、今後の同国の経済運営は増々前途多難と言えよう。尚、部門別の開発投資をみると、農業分野、運輸通信分野、エネルギー分野に高い優先順位が置かれている。この中で特に農業分野は、ドウ大統領自らが「緑の革命」(Green Revolution)を提唱し、主食の米の自給達成、外貨獲得のためのゴム、ココア、パーム油等の換金作物の増産奨励を打ち出している。

当面の投資計画は表2-10の通りである。源資の大部分を米国の商品援助（PL 480米）に頼らざるを得ない上に、米国は現在援助供与を見直し中にあるためこの投資資金不足は本計画の実施に大きな制約となっている。

表2-10 経済復興投資計画（\$Million）

	1986/87		1987/88		1988/89		合計	
	国内	国外	国内	国外	国内	国外	国内	国外
Agriculture	9.6	25.8	3.1	25.1	3.1	25.1	15.8	76.0
Industry	-	1.0	0.2	0.5	0.2	0.5	0.4	2.0
Energy	-	-	1.0	12.0	1.0	12.0	2.0	24.0
Transport & Communication	4.3	19.0	2.8	19.3	9.8	15.4	16.9	53.7
Water & Sewer	-	5.0	0.4	3.6	0.4	3.6	0.8	12.2
Regional & Urban Development	0.5	2.8	0.5	2.8	0.5	2.8	1.5	8.4
Education & Training	1.4	3.1	1.4	9.0	1.4	9.0	4.2	21.1
Health & Social Welfare	0.7	9.3	0.4	9.3	0.3	-	1.4	18.6
Manpower	0.3	2.5	0.6	3.7	0.6	3.7	1.5	9.9
State Enterprise	-	0.5	-	0.5	-	-	-	1.0
小計	16.8	69.0	10.4	85.8	17.3	72.1	44.5	226.9
国際機関	1.1	-	1.1	-	-	-	2.2	-
総計	17.9	69.0	11.5	85.8	17.3	72.1	46.7	226.9

(b) エネルギー政策

リベリアにおけるエネルギー政策は、1985年6月大統領諮問委員会である国家エネルギー委員会（National Energy Commission : NEC）が「国家総合エネルギー計画」（Integrated National Energy Program : INEP）を発表している。このINEPはリベリアの主要エネルギー課題として

- 低廉なエネルギーを安定的に供給すること
- 国内における未利用資源の有効活用及び燃料の効率的使用による石油輸入依存からの脱却

- エネルギー供給機関の組織改革の促進と経営の効率化

の推進を提起している。

そして、その具体的措置として、

- (i) 国家エネルギー政策を所管する新しい「エネルギー計画庁」(Energy Planning Agency: EPA)の創設
- (ii) 石油輸入の窓口であるリベリア石油精製公社(LPRC)、電力供給の実施機関であるリベリア電力公社(LEC)の経営改善・効率的運営
- (iii) 燃料用木材、水資源(含小水力)、沿岸の石油・天然ガス開発、代替エネルギー(例バイオマス)等の国内エネルギー資源の開発促進
- (iv) 地方電化促進のための「地方電化庁」(Rural Electric Authorities)の創設

等を提言し、その実施について早急な対応を求めている。

リベリアにおけるエネルギー関係機関は現在、上記国家エネルギー委員会の他、土地鉱山エネルギー省、企画経済省、リベリア石油精製公社、リベリア電力公社等があるが従来各機関の計画調整は十分とは言えない状況にある。

こうした提言を踏まえ、「経済復興計画」では次の政策目標を掲げている。

- リベリア石油精製公社からの政府歳入の増大
- 水力発電及び代替エネルギー開発によるエネルギー供給の拡大
- リベリア電力公社の経営能力向上と料金徴収の整備
- 既存電力設備の改善と技術的・非技術的ロス(損失)の低減
- 石油貯蔵・取扱い設備の改修と発電設備の効率的運用
- リベリア石油精製公社及びリベリア電力公社の民営化

## (5) 政府財政収支と対外債務

### (a) 財政収支

既述の通り、リベリアの財政状態は近年一層悪化の傾向にあり、深刻の度を深めつつある。リベリア政府の財政収入を表2-11に示すが、その基本的財源は租税収入である。租税収入のうちでは所得税と関税が中心となり、両者で全体の70%を占めている。所得税は、個人所得税が大幅にウェイトを増し、法人税は最近の経済不振を反映し極端な減少を示している。特に1980年に歳入総額の1割を占めていた法人税収入は1985年には、5%前後まで落ち込み、一方所得税はこの間

から20%以上に比率を伸ばしている。1981年政府は財政の逼迫化から新しい財源として国家復興税 (National Reconstruction Tax)を創設し歳入の多角化を図った結果本税は今や法人税と同規模にまで増加している。関税は、輸入関税、輸入手数料収入が主要な財源となり、これも近年減少が著しく、1981年に 8,030万ドルであったものが1985年には 5,750万ドルまで下っている。その他では海運収入が前述したように漸減の状況にある。

こうした財政事情からリベリア政府は米国を中心に外国援助に財源を求めることとなった。しかしながら、外国援助の中でも同国の債務返済状況を配慮し借款は著しく減少し、その結果無償援助に活路を求めている状態である。

表 2 - 11 財 政 収 入 (1980 - 1985)  
( \$ Million )

	1980	1981	1982	1983	1984	1985
Domestic Revenue	211.7	202.9	216.8	210.3	183.0	192.0
Taxes on Income & Profits	(72.4)	(75.3)	(84.9)	(94.0)	(73.0)	(90.2)
Taxes on Property	( 3.1)	( 4.0)	( 4.0)	( 5.7)	( 5.3)	( 3.9)
Taxes on Domestic Transactions	(28.7)	(19.3)	(26.8)	(31.5)	(32.4)	(28.6)
Taxes on Foreign Trade	(69.1)	(80.3)	(67.3)	(60.3)	(56.9)	(57.5)
Non-Tax Revenue	(23.5)	(11.1)	(13.7)	( 9.5)	( 6.3)	( 5.8)
Other Taxes	(14.9)	(12.9)	(20.1)	( 9.3)	( 8.2)	( 6.0)
Maritime Revenue	10.7	20.1	20.5	21.2	18.3	18.0
Total Revenue	222.4	223.0	237.0	230.0	201.3	210.0
Foreign Loan	112.6	49.4	37.0	26.5	45.1	57.0
Grants	25.0	67.0	71.1	80.9	36.0	23.0
Total Government Revenue	360.0	339.4	345.4	337.4	282.4	290.0

一方、財政支出を表 2 - 12に示すが、財政支出は経常支出と開発支出に分れている。経常支出の内訳は圧倒的に賃金、給与支払であり、1984年に経常支出全体の実に63%に達している。このため政府は公務員給与の削減と支払猶予を実行し

ており、今年度については3～4カ月の給与遅配が続いている。

また対外債務に対する利子支払も大きな財政負担になっている。1984年には2,270万ドルを占め、経常支出総額の11.6%に達している。開発支出は外国援助を源資としていることから著しい減少を示し、1980年の5,780万ドルから1984年には3,900万ドルに削減されている。開発支出の中では教育と保健・医療分野への支出が大きなシェアを占めている。

表2-12 財政支出(1980-1984)  
( \$ Million)

	1980	1981	1982	1983	1984
Recurrent Budget	197.0	241.0	257.5	214.9	196.5
Wages & Salaries	(116.8)	(152.7)	(154.3)	(126.8)	(121.1)
Goods & Services	( 33.9)	( 42.3)	( 53.8)	( 29.3)	( 28.2)
Capital Formation	( 3.2)	( 3.0)	( 6.9)	( 2.6)	( 3.2)
Interest (External Debt)	( 23.9)	( 20.2)	( 18.1)	( 30.4)	( 22.7)
Transfer	( 15.7)	( 19.5)	( 20.1)	( 25.8)	( 21.3)
Unallocable	( 3.5)	( 3.3)	( 4.3)	( - )	( - )
Development Budget	57.8	57.1	54.7	55.1	39.0
Debt Amortization (Principal, Internal Debt)	24.7	4.9	5.6	6.0	6.1
Total Government Expenditure	279.5	303.0	317.8	276.0	241.6

Source : Economic Survey 1985  
& Statistical Bulletin for Liberia 1986, MPEA

その結果、リベリアにおける国家財政収支は、外国援助なしには成立できない状況にあり、歳入の落ち込みに対応し、歳出の切り詰めに努力しているものの、外国援助を除くと財政収支は赤字が恒常的に続いている。

財 政 収 支 (1980-1984)  
( \$ Million)

	1980	1981	1982	1983	1984
国家歳入	360.0	339.4	345.4	337.4	282.4
(除外国援助)	(222.4)	(223.0)	(237.0)	(230.0)	(201.3)
国家歳出	279.5	303.0	317.8	276.0	241.6
国家財政収支	80.5	36.4	27.6	61.4	40.8
(除外国援助)	(-57.1)	(-80.0)	(-80.8)	(-46.0)	(-40.3)

(b) 対外債務

財政赤字の拡大は、リベリア政府の海外からの借入れを一層増大させることとなった。1970年代後半まで均衡財政を続けていた政府はアフリカ統一機構(OAU)のリベリアでの開催を機に大型の公共事業を実施し、対外債務を一挙に増大させる結果となった。1975年の1億7,600万ドルの借入れ残高は、1980年に5億3,300万ドル(世銀統計上は7億100万ドル)に膨らんだ。その後、1980年代に入り財政収入の悪化に伴い、対外援助への依存度が高まり、財政赤字の不足分を増々海外からの借入れに頼る傾向となった。その結果、1985年末の対外債務は13億ドル(世銀統計は11億5,500万ドル)に達し、世銀情報によると現在は16億ドルに及んでいると言われる。この間、リベリア政府は海外の債権者に債務返済の繰り延べを要請、改善に努力してきたが、財政の再建は困難な状況にある。昨年1月米国シュルツ国务長官が訪りの際、食糧援助を除き米国は経済援助を打ち切ると発言、大きな衝撃となったが、その後米国は経済ミッションを派遣し援助は継続することが確認された。そのかわり米国は17名から成る財政専門家を1987年夏までに派遣することを約束し、政府の財政の抜本的な再建に向け協力することとなった。

	1980	1981	1982	1983	1984	1985
Loan	112.6	49.4	37.0	26.5	45.1	57.0
Grant	25.0	67.0	71.1	80.9	36.0	23.0
Total External Debt Outstanding	701.0	815.1	869.3	969.8	1,033.4	1,155.0

Source : MPEA, 1986 and IBRD World Debt Tables, 1987

Budgetary Expenditure for Debt Services, (1980-1984)  
( \$ Million)

	1980	1981	1982	1983	1984
Principal	23.9	4.4	5.5	5.6	5.8
Interest (External Debt)	23.9	20.2	18.1	30.4	22.7
Internal Debt	0.8	0.5	0.1	0.4	0.3
Total	48.6	25.1	23.7	36.4	28.8

リベリアに対する外国援助の状況は次の通り。借款ベースでは表2-13の如く世銀、IMFによる供与が圧倒的である。次いで米国が高く西独がそれに続いている。また、アフリカにおける国際機関のアフリカ開発銀行も高く、1984年には第2位にランクされている。無償援助(グラント)ベースでは表2-14の如く米国がトップであり、年度によって日本・西独・ヨーロッパ共同体(EC)が上位を占めている。

表2-13 外国借款の供与状況(1982-1984)  
( \$ Million)

	1982	1983	1984
世銀, IMF	60.4	61.4	54.1
米 国	17.9	16.8	16.6
アフリカ開発銀行	-	18.6	42.8
西 独	12.2	11.5	7.5
中 国	2.1	N.A.	15.0

表2-14 無償協力援助の状況(1982-1984)  
( \$ Million)

	1982	1983	1984
米 国	48.1	59.8	61.1
国 連	5.8	6.0	3.2
E C	3.9	1.7	2.5
西 独	1.5	6.0	4.8
日 本	8.3	5.9	2.7

## 2.2.2. 社会開発

### (1) 人口構成

リベリアの先住民族は16部族から構成されている。主要部族はクベレ族、ギオ族、クル族、ヴァイ族等があり、大半が伝統的農業に従事している。一方、アメリカから建国に参加した移住黒人はアメリカ・ライベリアンと呼ばれ、現在人口の3%を占めるに過ぎないが、長く支配階級を構成し、都市部のエリート層を成していた。

リベリアの総人口は1986年現在約222万人と言われ、1974年以降の人口増加率は3.6%とアフリカ諸国の中でもきわめて高い国の一つである。表2-15は地域別の人口分布を示しているが、首都モンロビア周辺に人口が集中しているのが分る。モンロビアのあるモントセラド郡は58万人に達し、総人口の26%が居住し、これに主要鉄鉱山を有するニンバ郡、ボン郡、ロファ郡を合わせた4郡で全国の6割以上を占める。モンロビアはモンロビア大都市圏 (Greater Monrovia) と呼ばれ、1986年時点で464,000人を数え、総人口の2割以上が集中している。その結果、1974年の前回人口調査(204,210人)以降実に7.7%の年平均増加率を示し、失業問題、住宅難、生活環境の悪化等都市問題が深刻化している。

人口の年齢別構成は、14才以下が43%、労働人口の15才から54才が49%、55才以上が8%と、非生産人口が51%と高い水準にあり、平均寿命は55才である。

1家族当りの平均構成員は都市部で4~5人、農村部で5~6人と言われ、1985年の1人当りGNPは470ドルである。

表 2 - 15 人口の地域分布 (1962 - 1986)

Country/Territory	Census Year			1986 (Est.)
	1962	1974	1984	
LIBERIA	1,016,443	1,503,368	2,101,628	2,221,280
Bomi County	39,388	62,140	66,420	67,276
Bong County	130,405	182,199	255,813	268,138
Grand Bassa County	99,566	123,400	159,648	166,898
Grand Cape Mt. Co.	32,190	56,601	79,322	83,866
Grand Gedeh Co.	48,256	71,823	102,810	109,007
Kru Coast Territory	21,280	27,115	35,267	36,897
Lofa County	131,554	180,737	247,641	261,022
Marshall Territory	12,664	20,732	31,190	33,282
Maryland County	54,805	64,483	85,267	89,424
Montserrado Co.	168,757	321,808	544,878	582,430
Nimba County	162,855	249,692	313,050	325,722
Rivercess County	28,756	27,746	37,870	39,870
Sasstown Territory	9,540	9,952	11,524	11,383
Sinoe County	44,639	57,642	64,147	65,448
Gibi Territory	31,970	47,298	66,802	70,703
Greater Monrovia	80,992	204,210	421,058	464,428

(2) 就業人口

リベリアの労働就業人口は、1986年において659,000人と推計される。このうち8割以上が農村地域に居住し、プランテーション農園、伝統的農業に従事している。次いで約8%が商業活動に従事し、工業セクターは中小企業を中心とした雇用吸収力の小さい製造業であることから就業人口は小さい。政府職員は、統計上7%と低い非公式情報では10%以上を占めていると言われる(表2-16参照)。

表 2 - 16 労働人口の構成 (1982 - 1986)

	1982	1983	1984	1985	1986
農 業	479,276	496,229	513,459	530,694	548,267
工 業	10,381	10,749	11,356	11,495	11,875
商 業	46,716	48,369	49,996	51,728	53,435
政府機関	40,373	41,800	43,410	44,705	46,179
合 計	576,746	597,147	618,221	638,622	659,696

Source : Housing and Population Census, MPEA 1984

## 2.3 リベリア国の電力事情

### 2.3.1 沿革

リベリアにおける電力開発は歴史的に古く、1926年に遡る。この年米国企業ファイヤーストーン社の手により初めて4MWの自家用小水力発電が建設された。戦後は1947年4MWの火力発電所が建設され、1961年-63年には13MWの火力発電所が追加され、さらに1964年にはリベリアにとって最初の本格的な大規模水力発電所(2×15MW+2×17MW)マウントコーヒーダムが米国の協力の下セント・ポール河に建設された。

一方、送配電網はこうした発電設備の増加に伴い、ブッシュロッド発電所を中心に徐々に拡大を続けることとなり、現在のモンロビア系統(Monrovia Power System)に発展した。

この間、電力開発は公共事業省、モンロビア電力公社と所管組織が移り、1973年になって、政府は独立の国営企業としてリベリア電力公社(Liberia Electricity Corporation: LEC)を設立した。その結果、現在、LECはリベリアにおける電力の発生・送電・配電を担当する独立機関として大統領の直轄の下運営されている。

### 2.3.2 電力事業行政と電力事業者

#### (i) 国家エネルギー委員会、土地鉱山エネルギー省

リベリアにおける電力供給については、上記の通りLECが独立機関として所管している。しかしながら、エネルギー政策の観点からは大統領諮問委員会としての国家エネルギー委員会(National Energy Commission: NEC)があり、エネルギ

一の全般的問題について大統領からの諮問を受けている。NECは、横割の各省間の委員会であり、その構成は、事務局を勤める土地鉱山エネルギー省と、企画経済省、農業省、内務省、農村開発省、通商産業運輸省、リベリア石油精製公社、森林開発庁、そしてLECの9機関の代表から成っている。

前述した通り、国家エネルギー委員会は1985年6月、リベリアの長期エネルギー開発ビジョンとして「国家総合エネルギー計画」(Integrated National Energy Program : INEP)を発表し、INEPの実施について大統領に総合的な答申を行った。

LECは、これを受け、昨年来「電力開発5ヶ年計画」(Five-Year Development Plan)の作成に着手し、本年完成をみるに至っている。

## (2) リベリア電力公社(LEC)

### (a) 経営委員会

リベリア電力公社は、大統領の直轄の下独立した運営を行う公共企業体である。

LECの全般的経営方針については、諮問機関として「経営委員会」(Board of Directors)が設けられており、本年4月まで国防大臣(Minister of Defence)が委員長(Chairman)を勤めていた。「経営委員会」の構成は、

1. 委員長：国防省大臣
2. 委員：統合本部(Joint Security), 議長
3. 委員：公共事業省大臣(Minister of Public Works)
4. 委員：通商産業運輸省大臣(Minister of Commerce, Industry and Transportation)
5. 委員：国家住宅貯蓄銀行頭取(President, National Housing and Saving Bank)
6. 委員：リベリア放送局(Liberia Broadcasting System)
7. 委員：大統領府(Executive Mansion)
8. 委員：LEC総裁

であったが、1987年4月に大幅な改造があったが、6月末現在新委員は未だ任命されていない。

### (b) 組織

LECは総裁(Managing Director)を長とし4人の副総裁が補佐し、各副総裁

(Deputy Managing Director) の下、次のような部・課で組織されている(表2-17参照)。

1. 総 裁

広報課 (Public Relation Division)

監 事 (Internal Audit Division)

研修所 (Training Institute)

2. 副総裁(事業部) : Operation Division

発電課 (Generation Department)

送配電課 (Transmission and Distribution Department)

3. 副総裁(技術部) : Technical Division

企画課 (Corporate Planning Department)

財務技術課 (Commercial-Technical Department)

地方電化課 (Rural Electrification Department)

4. 副総裁(総務部) : Administration Division

資材調達課 (Procurement Department)

総務課 (General Service Department)

人材養成課 (Human Resource Development Department)

法務保険課 (Legal and Insurance Service Department)

5. 副総裁(財務部) : Financial Division

財務経理課 (Financial and Management Account Department)

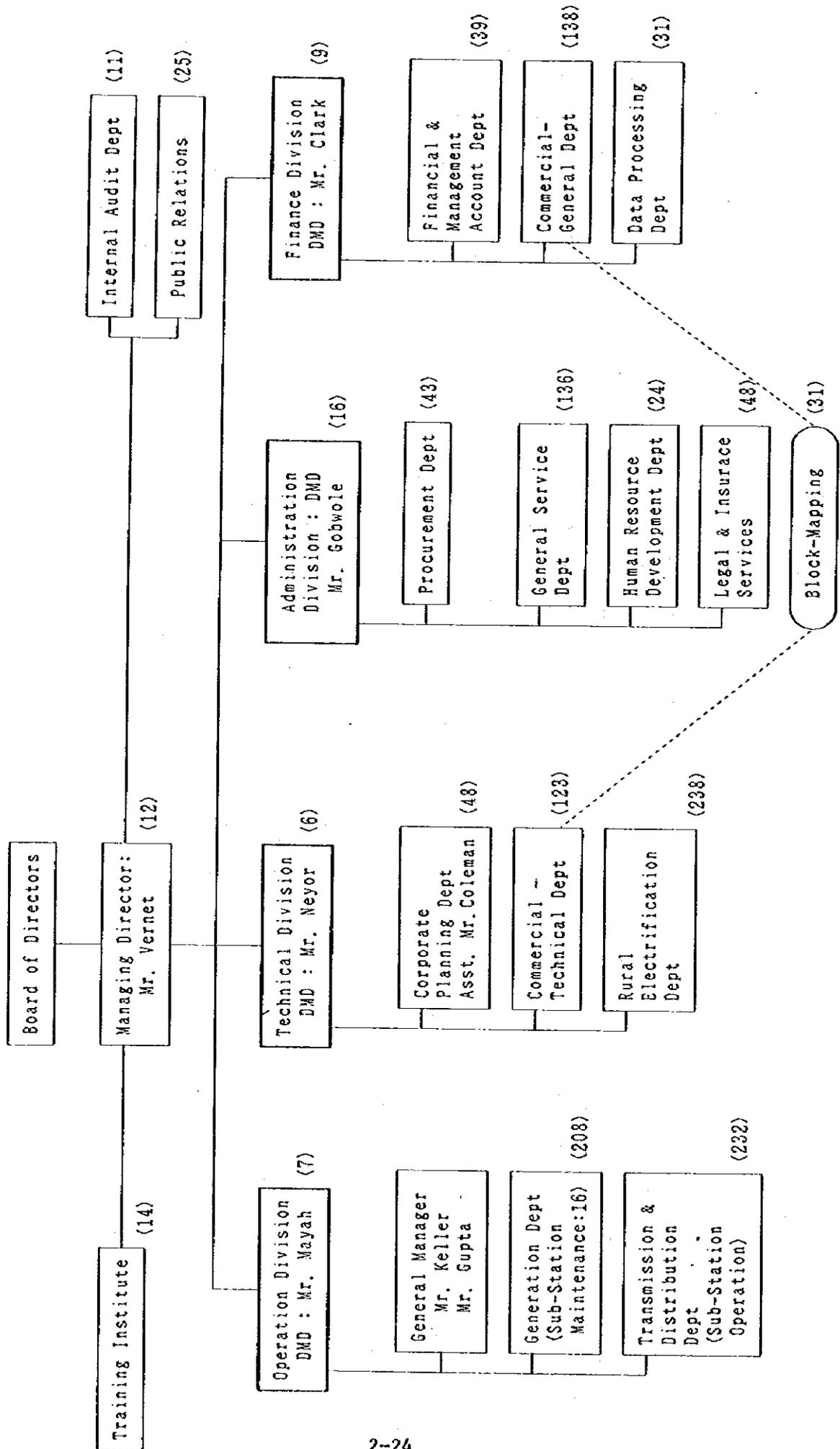
財務総務課 (Commercial-General Department)

データプロセス課 (Data Processing Department)

上記の他に Task Force として、Block Mapping Project 室がある。このプロジェクトは、LECの経営改善策の一環として実施されている盗電の防止、メーター設置の促進、契約顧客の配電状況をチェックする組織で、電気料金徴収難に悩むLECの積極的対応策の一つである。組織上は財務技術課と財務総務課の両課に属している。

又、地方電化課は本来LECの事業ではなく、正式には政府からLECが委託されている委託事業である。そのため財務上は別会計となっている。

表 2-17 L E C の 組 織



注：（ ）内は職員数

## 2.4 電力設備

### 2.4.1 全国電力整備の概要

リベリアにおける電力設備の状況はL E C所有設備と民間自家用設備に分けられる。表2-18に示す様に両者の保有設備容量の合計は366.2MWで、このうちL E C保有及び運営容量は193.4MWであり全体の53%に相当する。残りは、外国企業が自家用発電として保有する設備分で172.8MWを占める。この民間分の内訳は西独系鉄鉱石鉱山会社であるB M C（ボン鉱山会社）が95MW、米国・スウェーデン系鉱山会社L A M C O（ラムコ鉱山会社）が63MW、ゴムプランテーション会社ファイヤーストーン社が9.8MW、米国の広報施設V. O. A. が5.0MWを保有している。その他、さらに民間企業の自家用設備が広く普及していると思われるが、データとしては把握できない。

このように、リベリアにおいては全国電力設備のうち自家用電力設備容量の比率がきわめて高く、リベリア電力公社による電力供給が依然立ち遅れていることが分る。

表2-18 リベリア電力設備容量の現状

L E C	193.4 MW (53%)
(内地方電化設備)	(9.1 MW)
自家用設備容量	172.8 MW (47%)
B M C	95.0 MW
L A M C O	63.0 MW
Firestone	9.8 MW
V. O. A.	5.0 MW
合 計	366.2 MW (100%)

## 2.4.2 リベリア電力会社の電力設備概要

LECは、電力需要の年々の伸びに対応し、1961年以降設備増強を続けてきた。現在の発電設備能力は、184.4MWであり、発電タイプ別に設備能力をみると次の通りである。

水 力 発 電	64.0 MW	( 34.7%)
ディーゼル発電	52.3 MW	( 28.4%)
ガスタービン発電	68.0 MW	( 36.9%)
合 計	184.3 MW	(100.0%)

(地方電力設備分 9.1MWは除く)

### (1) 水力発電設備

リベリアは水資源に恵まれた国である。主要河川はモンロビア近郊を流れるセントポール河をはじめセントジョン河、ロファ河、セストス河、シェーラレオーネとの国境河川モロ河、象牙海岸との国境河川キャバラ河の6大河川がある。これまでの開発はセントポール河に限られ1964年にアメリカAIDの援助の下リベリア最初の流れ込みのダム式水力発電所(マウントコーヒーダム)が建設された。当初設備容量は30MWであったが1972年世銀の援助により拡張が図られ34MWが増強され、現在の設備能力は64MWを有する。

しかしながら、セントポール河は、乾期と雨期の流量差が激しく特に乾期の流量が極端に不足する。このため乾期の発電が著しく制約を受け、この分火力発電により補っているのが現状である。そこでLECは「長期開発計画」の中で乾期の水不足対策としてマウントコーヒーダムの上流に貯水池の建設を検討している。

このように、現在の石油火力発電への依存を減少させるには、運転コストの安い水力発電へ徐々にシフトさせていくことが今後のLECの課題と言える。

#### マウントコーヒーダム

ユニット	設備容量(MW)	運転可能容量(MW)	設置年
1号機	15.0	15.0	1964
2号機	15.0	15.0	1965
3号機	17.0	17.0	1972
4号機	17.0	17.0	1972
合 計	64.0	64.0	

## (2) 火力発電設備

LECの発電設備のうち火力発電設備の占める割合は高い。全設備容量の6割以上を占めている。このうちディーゼル発電設備が約4割、ガスタービン発電設備が6割となっている。LECとしてはより燃料の高いガスタービン発電を出来る限り抑え、重油を使用したディーゼル発電を中心としたい意向にあるが、電力需要に対応するためには、ガスタービン発電にも頼らざるを得ない状況にある。

LECの保有発電所設備の概要をまとめると表2-19の通りである。

また添付表2-20と添付図2-1に各発電所の運転状況を示した。

表2-19 LECの発電設備の概要

発電所名	設備ユニット	設置年	設備容量 (MW)	運転可能容量 (MW)	廃止予定年
ブッシュロッド					
ディーゼル	2	1961	2.0	—	—
	3	1961	2.0	—	—
	4	1963	2.5	—	—
	5	1963	2.5	1.5	1988
	6	1963	2.5	1.5	1988
小計			<u>11.5</u>	<u>3.0</u>	
ガスタービン					
	1	1966	15.0	—	2001
	2	1969	15.0	14.0	2001
	3	1973	19.0	17.0	2001
	4	1973	19.0	—	—
小計			<u>68.0</u>	<u>31.0</u>	
ルーク					
ディーゼル	1	1980	13.6	12.0	—
	2	1980	13.6	12.0	—
	3	1982	13.6	12.0	2003
小計			<u>40.8</u>	<u>36.0</u>	
マウントコーヒー					
水力	1	1964	15.0	15.0	2014
	2	1965	15.0	15.0	2015
	3	1972	17.0	17.0	2022
	4	1972	17.0	17.0	2022
小計			<u>64.0</u>	<u>64.0</u>	
総計			<u>184.3</u>	<u>134.0</u>	
水力発電以外の総計			<u>120.3</u>	<u>70.0</u>	

### (3) 送電線

LECの電力系統は、首都モンロビアを中心としたこの国の主要部に電力を供給するモンロビア電力系統が唯一であり、その電圧は69kVである。この系統は、大きな自家発電設備を持つBMCとも連系している。

送電線路は、木柱1回線及び鉄塔2回線が使用され、電線は158.6mm<sup>2</sup>高力アルミ合金線(AAAC)が大部分で、一部185mm<sup>2</sup>地中ケーブルがある。送電系統はループ状に構成されているが、常時は一定の区分開閉器を開放しており、ループ運用はおこなっていない。図2-2に1986年現在のモンロビア電力系統図、図2-3に送電線ルート図を示した。添付表2-21に送電線の一覧表を示した。

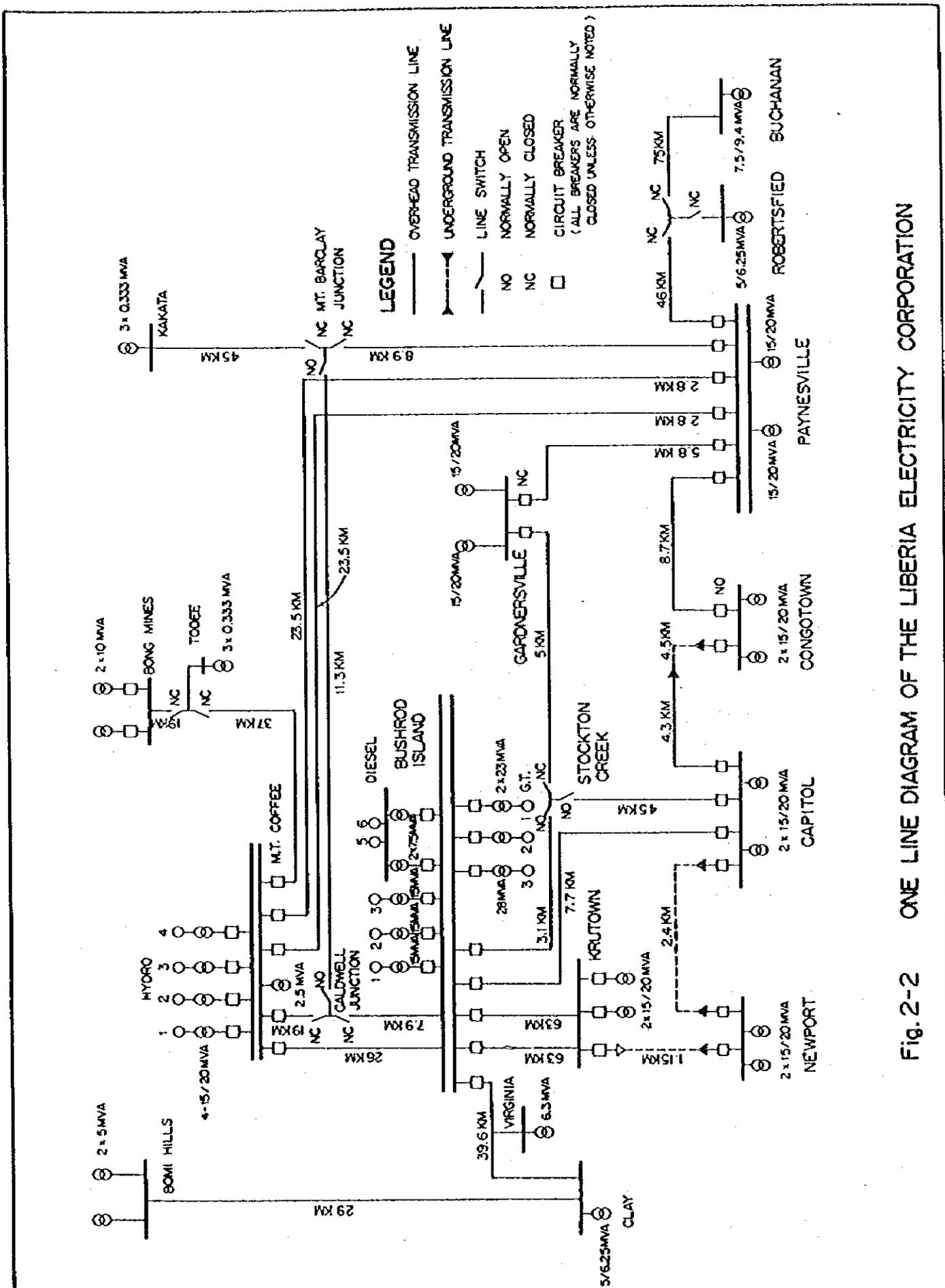
### (4) 変電所

表2-22に示す16箇所の1次変電所があり69kVより12.5kVに降圧される。変圧器は単機容量は20MVAを標準とし、各変電所2バンクずつ持ち需要に対し十分な余裕を持っている。

### (5) 配電線

高圧配電線は12.5kVの配電主幹系統で、低圧3相4線式、電圧400V、230Vにて需要家に供給されている。支持物はコンクリート柱または木柱で、中性点は直接接地方式である。

尚、配電線は分岐が多く、木製腕木の焼損、電線の接触不良等の原因で停電、電圧変動等が多発し、需要家サービス上多くの問題がある様である。



**LEGEND**

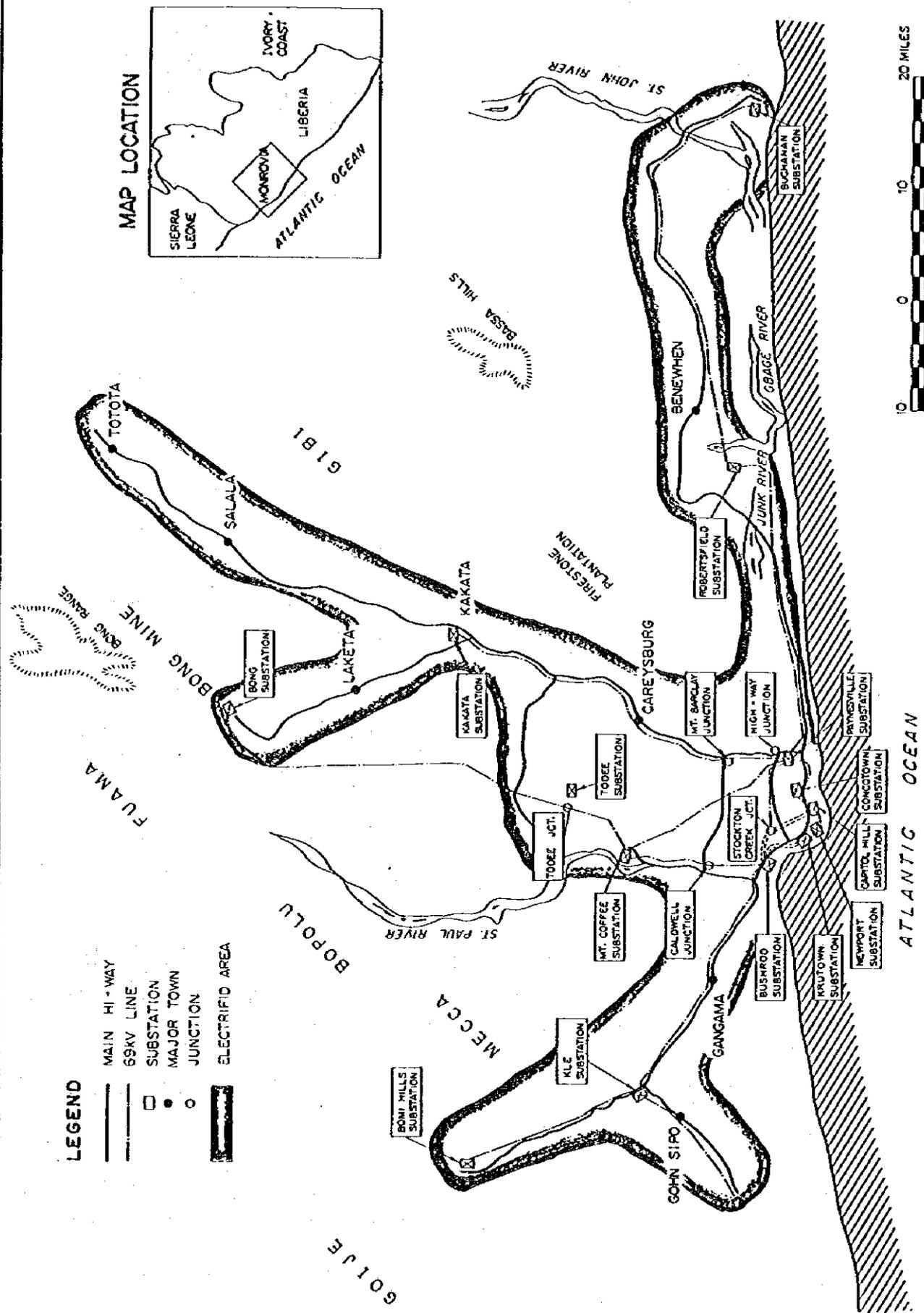
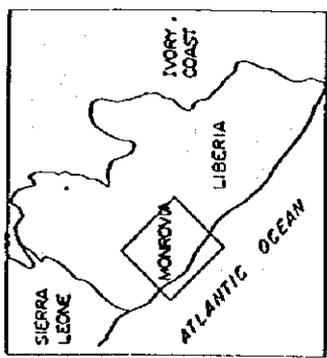
- OVERHEAD TRANSMISSION LINE
- - - UNDERGROUND TRANSMISSION LINE
- △ LINE SWITCH
- NO NORMALLY OPEN
- NC NORMALLY CLOSED
- CIRCUIT BREAKER

(ALL BREAKERS ARE NORMALLY CLOSED UNLESS OTHERWISE NOTED)

Fig. 2-2 ONE LINE DIAGRAM OF THE LIBERIA ELECTRICITY CORPORATION

- LEGEND**
- MAIN HI-WAY
  - 69KV LINE
  - SUBSTATION
  - MAJOR TOWN
  - JUNCTION
  - ▬ ELECTRIFIED AREA

**MAP LOCATION**



**Fig.2-3 AREA MAP, TRANSMISSION LINES AND SUBSTATIONS**

表 2 - 22 69/12.5kV変電所

SUBSTATION	RATED TRANSFORMER CAPACITY/MVA	1985 PEAK DEMAND MW/MVA	PROJECT 1996 PEAK DEMAND MVA
Bushrod	2 × 3 × 3.125	12.2 / 14.4	18.7
Krutown	2 × 15 / 20	8.9 / 10.5	13.7
Newport	2 × 15 / 20	8.8 / 10.4	13.5
Capitol	2 × 15 / 20	10.8 / 12.7	16.5
Congotown	2 × 15 / 20	9.0 / 10.6	13.8
Paynesville	2 × 15 / 20	9.1 / 10.7	13.9
Gardnersville	2 × 15 / 20	6.6 / 7.8	10.2
Virginia	1 × 6.3	3.3 / 3.9	5.1
Kle	1 × 5.0 / 7.5	1.7 / 2.0	2.6
Bomi Hills	2 × 5.0	1.3 / 1.5	2.0
Todee	3 × 0.333	0.2 / 0.25	0.33
Kakata	3 × 0.833	2.3 / 2.7	3.5
Robertsfield	1 × 5 / 7	2.1 / 2.5	3.3
Buchanan	1 × 7.5 / 10.5	2.1 / 2.5	3.3
Mt. Coffee	1 × 2.5	2.4 / 2.8	3.7
Bong Mines	2 × 10	RATED VALUE	30.0

## (6) 地方電化設備

LECは、地方の農村電化(Rural Electrification)について発電と配電の業務委託を受け実施している。対象地区は、モンロビアから遠隔地の農村部である。設備容量は合計 9.1MWで 1,000kW以下の中古の小規模ディーゼルを使用している。各ユニットは独立した形で運営されており、系統化まで至っていない(表2-23参照)。現在までのところ政府の地方電化計画による裨益人口は約40,000人位と推計されている。地方電化の問題点は、ディーゼル発電を設置しているために燃料の輸送、消費コストが渾大となり、世銀の調査によると1983年時点で27GWhを供給するために630万ドルのコストを要し、一方料金収入は93万ドルに止り差引約 530万ドルの赤字となっていることである。この赤字の主な原因は、積算メーターを設置している家庭

が全体の15%に過ぎず、メーカーのない家庭は一律最低料金を支払えば済むことになっているため、その結果平均料金収入 (3.5 セント/kWh) そのものも電力原価 (23.3 セント/kWh) に比べはるかに安く運営されていることにある。

“国家エネルギービジョン” (INEP) では、石油ディーゼルに替え、木炭発電、小水力発電を勧告しているが、政府の財政難から未だ実施されていない。このようにリベリアにおける地方の電力普及は極めて遅れており農村電化が今後の課題として残されている。

表 2-23 主要な地方電化設備 (1983)

発電所の位置	ユニット数	設備容量 (kW)	契約戸数	発電電力量 (GWh)	燃料消費量 (千USガロン)
Harper	2	1,300	1,058	4.2	402
Gbarnga	2	4,580	1,050	6.0	576
Greenville	3	1,000	1,000	3.9	368
Voinjama	2	1,300	700	2.9	271
Zwedru	3	1,300	640	3.0	288
Sanni welli	1	950	524	3.2	299
Kolba City	2	285	245	1.2	106
Robertsport	2	505	320	1.5	143
Bellafanai	1	333	100	1.0	92

(注) 計画設備容量を含む。

Source : Issues and Options in Energy Sector, IBRD 1984

#### (7) ボン鉱山会社・リベリア電力公社の電力交換協定

LECは1981年に急増する電力需要に対応するため大規模な発電設備を有するボン鉱山会社 (BMC) と電力交換協定を締結し相互に余剰電力の融通計画を実施することになった。LEC側は特に乾期のマウントコーヒーダムの発電能力低下を補完するためBMCより電力供給を受け、一方BMCは、雨期に潤沢となるLECの水力発電より電力供給を受け自らのディーゼル発電よりはるかに安価に手に入れることが出来ることから、両者にとって大きなメリットになるものである。BMCは、それ以前より一部LECより買電していたが、本協定以後は、LEC1に対しBM

Cは1.3の割合で相互に電力供給することになった。この1:1.3の比率は、それぞれの発電コストの相違から決定されたものでLECの水力発電コストに比べBMCのディーゼル発電コストが当然高く、よりBMCが多く送電を受けることができるようになっている。両者は毎年発電コストの見直しを行い、交換協定も毎年のレビューを経て更新されているが、双方の実際の消費量と協定上の送電量に差が生じた場合は権利を留保する意味から翌年に繰り越すことが可能となっている。

尚BMCは、鉄鉱石開発に要する電力をこれまで独自に供給しており、表2-24の如く合計設備容量95MWのディーゼル発電機11台を有している。

表2-24 ボン鉱山会社の発電設備

ユニット	設備容量 (MW)	運転開始
1	8	1965
2	8	1965
3	8	1964
4	8	1968
5	9	1970
6	9	1970
7	9	1970
8	9	1972
9	9	1977
10	9	1977
11	9	1977
合計	95	

1981年以降のLEC-BMCの電力交換状況は次の通りである。

	BMC より LECへ (GWh)	LEC より BMCへ (GWh)
1981	6.9	20.5
1982	32.9	27.9
1983	38.5	32.3
1984	26.6	33.2
1985	26.4	38.5
1986	35.4	34.6

### 2.4.3 電力部門に対する外国援助

リベリアの電力開発については外国からの援助が大きな役割を果たしてきた。

リベリアの電力部門に初めて外国援助が供与されたのは1963年のセント・ポール河の水力発電計画（マウント・コーヒーダム）に始まる。米国のUSAIDが2,500万ドルの借款を提供し、設備容量30MW（15MW×2）の流れ込み式ダムを完成。当時としては画期的な電力開発プロジェクトであった。その後電力セクターは世銀が重点的に援助することになり、1970年に第1次借款として740万ドルを供与し、マウント・コーヒーダムの拡張、34MW（17MW×2）を実施。第2次借款は1971及び1973に760万ドルを供与しガスタービン発電機38MW（19MW×2）を設置し、1975年の第3次借款では経営改善を目的にインドコンサルタントを経営指導チームとして派遣。さらに1978年発電能力の増大を図るために第4次借款分として1,000万ドルを援助し、現在のルークディーゼルプラント40.8MW（13.6MW×3）を建設している。第4次借款に当っては世銀は、サウジ基金、アラブ銀行、ヨーロッパ投資銀行との協調融資によって総計3,000万ドルを援助したものである。

その他の国では、西独（KFW）が送電・配電網の拡充プロジェクトに協力しており、アフリカ開発銀行（AFDB）もガスタービンプラント15MWの援助を供与している。

技術協力の分野では、わが国JICAベースで「電源開発基礎調査」を1974年に実施し、セントジョン河の水力発電可能地点の調査を行っている。また、国連（UNDP）は世銀と協力し、1984年にリベリアのエネルギーセクターの総合調査（Issues and Options in Energy Sector）を実施。現在は、エジプトが専門家派遣として、3名の技術者（機械・土木・電気）をLECに派遣している。

以上、主な外国からの援助をまとめたものが表2-25である。

表 2 - 25 電力部門に対する主な外国援助

資金協力

USAID	1963年	水力発電所（マウント・コーヒーダム）の建設
IBRD	1970年	第1次借款（水力発電所の拡張）
AfDB	1970年	ガスタービンプラントの設置
IBRD	1971/73年	第2次借款（ガスタービンプラントの設置）
KfW	1974/76年	配電網の整備
KfW	1978/82年	配電網の拡張
IBRD	1975年	第3次借款（経営改善のための技術指導）
IBRD/FIB/BADEA	1978年	第4次借款（ルークディーゼルプラントの建設）

技術協力

JICA	1974年	電源開発基礎調査
UNDP/IBRD	1984年	エネルギーセクター総合調査
エジプト	1984年 -	機械・土木・電気の専門家の派遣

2.4.4 電力需給状況

(1) 電力需給の現状

(a) 電力需給

LECは既設の発電設備により年間430GWh以上を発生する能力を有していた。しかしながら1980年代に入り設備の老朽化、燃料コストの節約に伴い、年々発生電力量は低下し、1986年には376GWhまで減少した。リベリアにおける電力供給の特徴は供給力が雨期と乾期により大幅にギャップが生じることにある。すなわち、既設設備能力の4割近くを占めるマウント・コーヒーダムが乾期にはその水量不足からほとんどもしくは全く電力供給が不可能になるためである（表2-26参照）。

表2-26 L E Cの水力/火力発電方式による発電状況(1979-1986)  
(GWh)

	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
火力発電量	106.0	126.7	116.0	100.8	104.2	104.3	109.5	96.2
%	24.5	29.6	29.1	26.7	28.4	27.0	28.4	25.6
水力発電量	326.8	302.0	282.9	276.8	262.8	282.1	276.3	279.8
%	75.5	70.4	70.9	73.3	71.6	73.0	71.6	74.4
総発電量	432.8	428.7	398.9	377.6	367.0	386.4	385.8	376.0
%	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

そのためL E Cは乾期の電力不足を補うべく前述の通りB M Cとの「電力交換協定」により電力供給を受けているが、決して十分とは言えない状況にある(表2-27参照)。

表2-27 L E Cの発電状況(1979-1986)  
(GWh)

	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
L E C	432.8	428.7	398.9	377.6	367.0	386.4	385.8	376.0
B M Cよりの供給(+)	—	—	6.9	32.9	38.5	26.6	26.4	35.4
合計	432.8	428.7	405.8	410.5	405.5	413.0	412.2	411.4

そこでリベリアにおける電力需給のバランスを示すと表2-28の通りである。

表2-28 リベリアにおける電力需給バランス(1977-1985)

	発生電力量 <sup>1</sup> (GWh)	販売電力量 <sup>2</sup> (GWh)	需給バランス
1977	399.1	278.8	0.700
1978	404.7	282.0	0.700
1979	432.8	285.3	0.659
1980	428.7	285.8	0.667
1981	405.8	274.3	0.676
1982	410.6	274.8	0.669

1983	405.5	272.0	0.671
1984	413.0	217.1	0.647
1985	412.2	252.0	0.611

1. 発生電力量には乾期のBMCからの電力供給分を含む
2. 販売電力量には雨期のBMCへの電力供給分を含む

Source: Five-Year Development Plan (1987-1991), LEC

リベリアにおける電力供給のいま一つの特徴は“送電ロス”が極端に高いことである。この“送電ロス”とは、通常の発電所の所内消費分あるいは物理的な送配電ロスに加え、電力の不正使用、電力料金未徴収、電力積算計の未整備等により、料金が実質的に回収されない“非技術的損失”があることであり、その量が膨大な割合になっていることである。

	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
送配電ロス (GWh)	4.0	4.1	5.0	5.8	5.7	5.3	5.8	7.0	7.3
%	1.0	1.0	1.2	1.3	1.4	1.3	1.4	1.7	1.8
非技術的ロス (GWh)	116.3	118.6	142.5	137.7	125.8	130.5	127.7	138.9	152.9
%	29.0	29.0	32.9	32.0	31.0	31.8	31.5	33.6	37.1

一方、リベリアにおける電力需要については、1980年の285.8GWhをピークに下降線を辿り1985年には252GWhにまで年平均 2.6%で電力消費は減少している。この背景には国内の経済活動の不振による電力消費の落ち込みとともに、非技術的損失の増大並びに電力公社運営上の問題（燃料コスト増、設備の老朽化等）から火力発電量を制限し、負荷カットを実施した結果に因ると思われる。

#### (b) 負荷カット

図2-4は1984~1986年のモンロビア系統の需要電力量の実績とそれを供給した発電所を示したものである。

また図2-5、図2-6は雨期及び乾期の1日の需要に対し発電機がどの様に分担しているかを示した例である。図2-4で明らかな様に毎年乾期の1~3月頃を中心に電力需要の大きな落ち込みが見られるが、これは発電量の不足により

Fig. 2-4

LEC ENERGY GENERATION  
LEC/BMC Energy Exchange and Monrovia Grid Energy Requirements

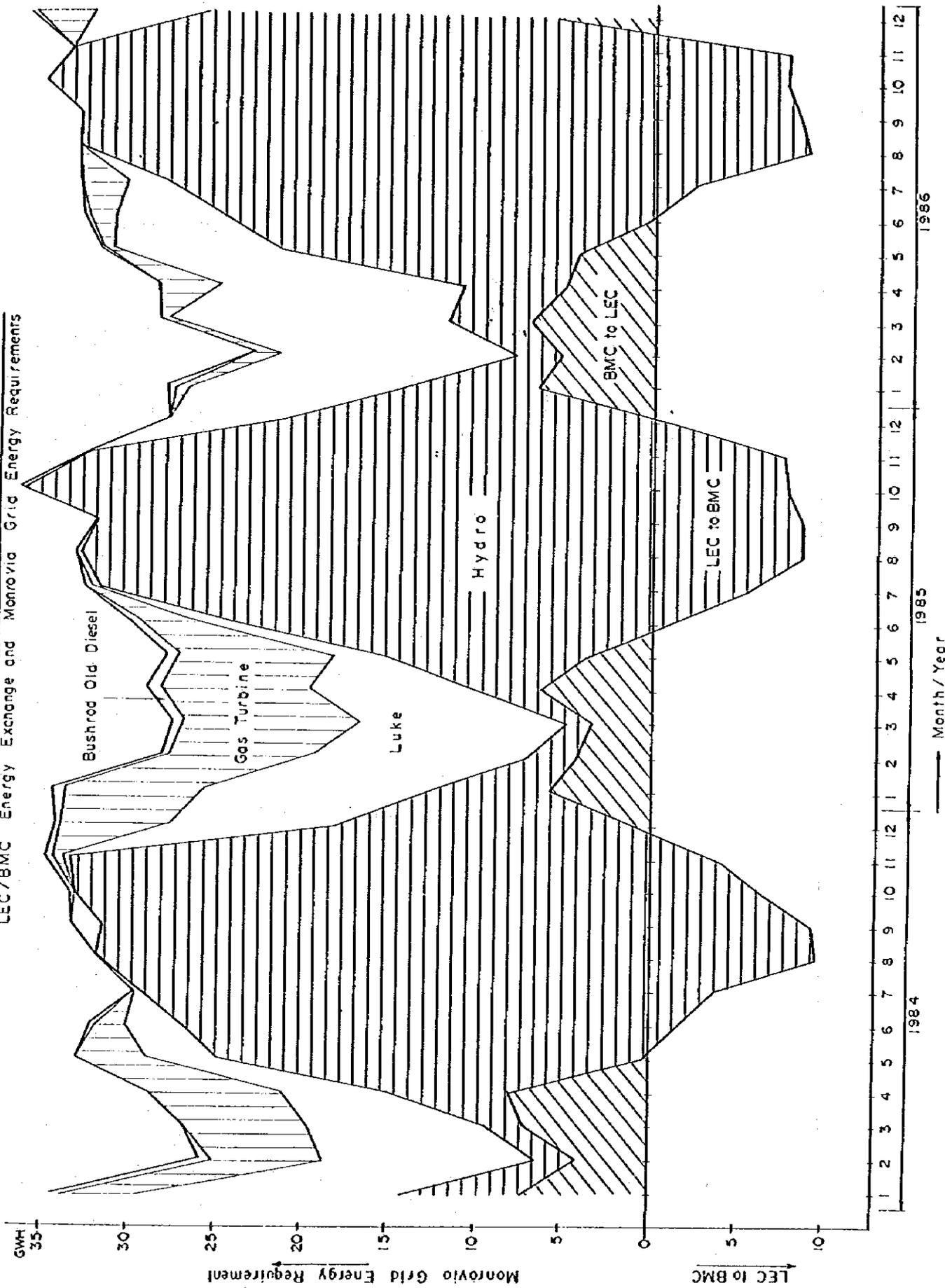


Fig. 2-5 SYSTEM LOAD CURVE  
( RAINY SEASON )

TUESDAY NOV. 18, 1986

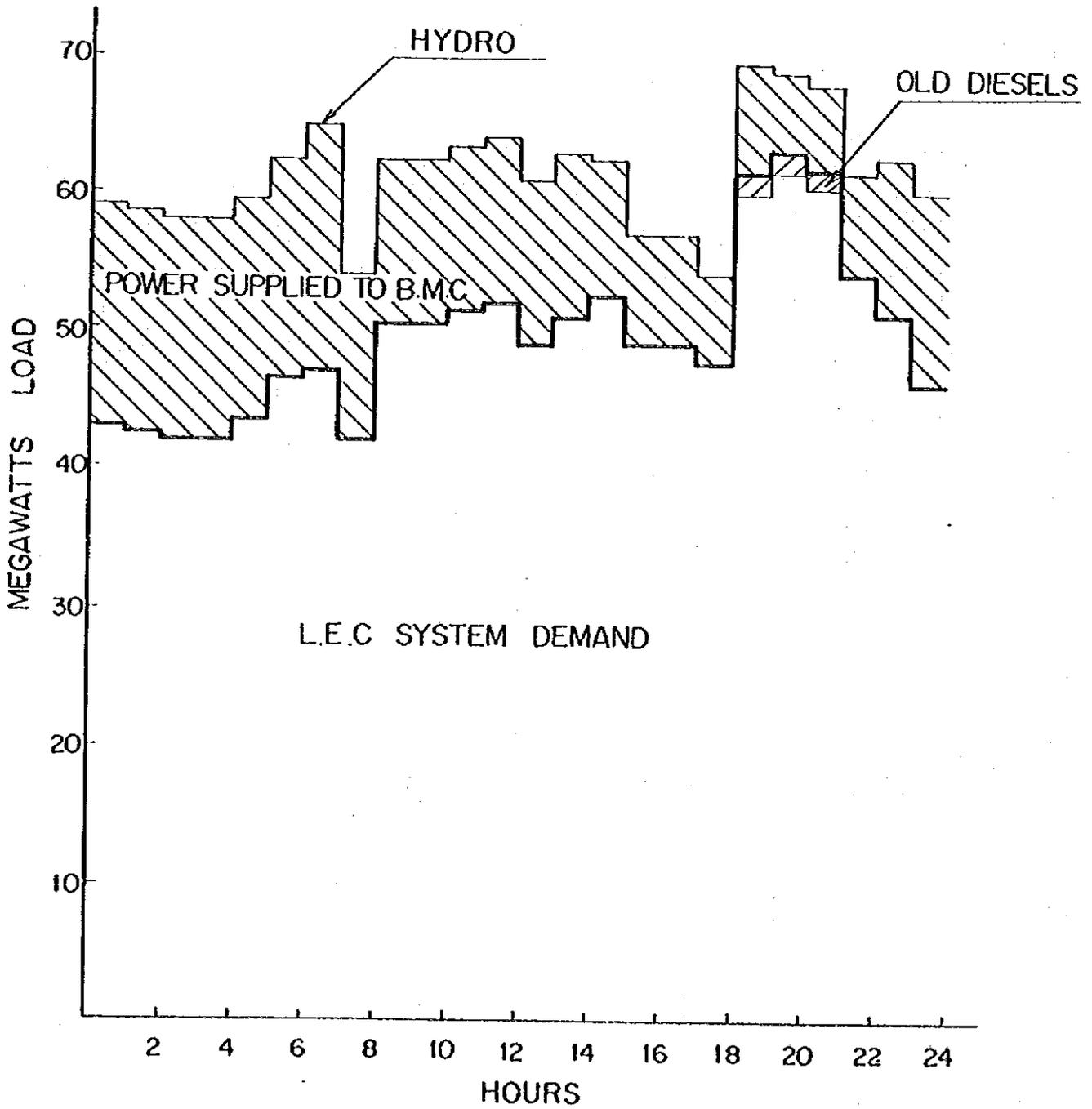
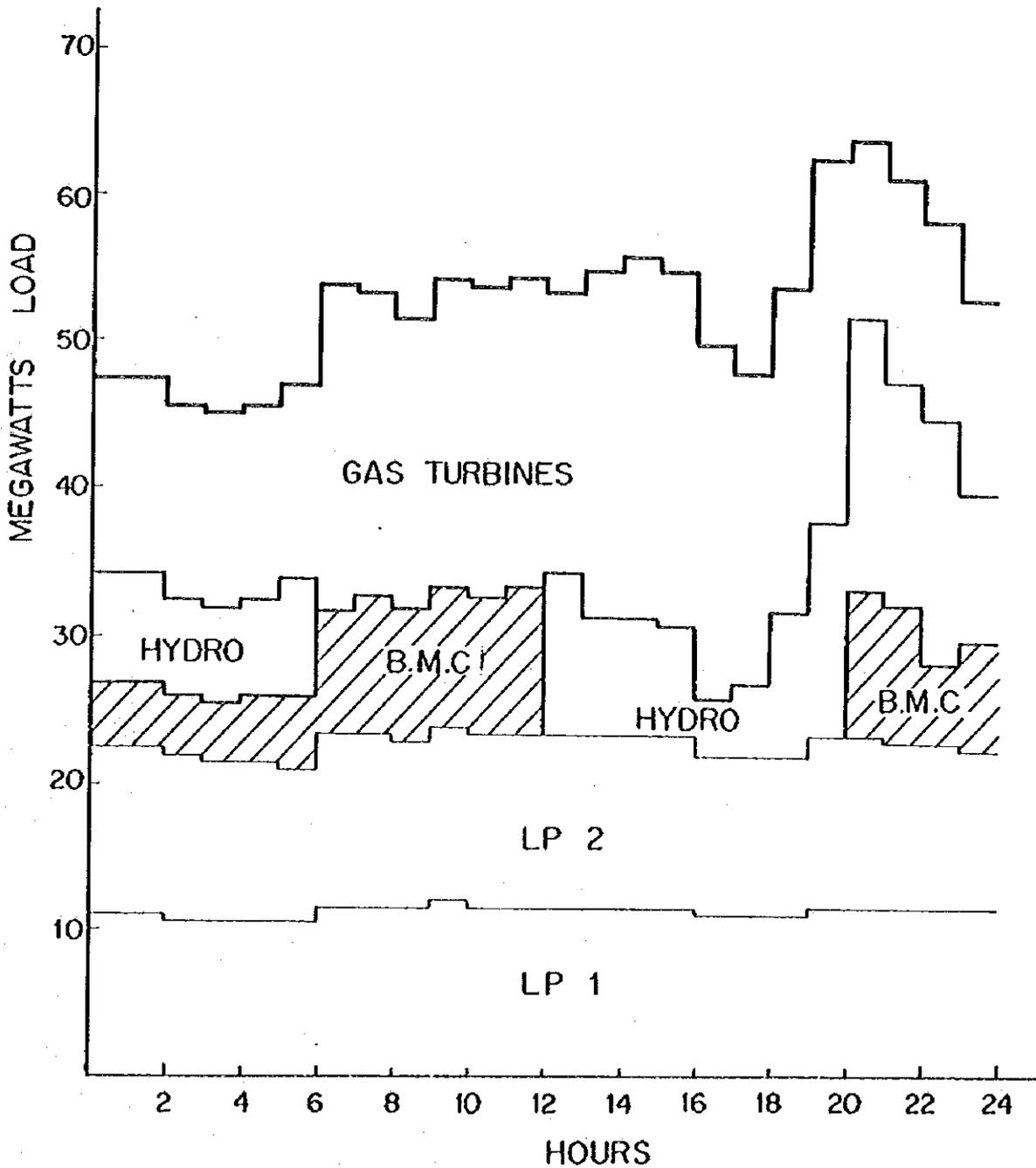


Fig. 2-6 SYSTEM LOAD CURVE  
( DRY SEASON )

Tuesday Mar 31. 1987



需要が抑制されたものである。発電量不足による負荷カットは、1982年頃より行なわれており、特に1986年の乾期（1月～5月）はきびしい負荷カットが実施された。

負荷カットは下記の如き重要度によるガイドラインで実施されている。

プライオリティ1	大統領府
プライオリティ2	病院
プライオリティ3	水道プラント
プライオリティ4	大使館、大口需要家（注：日本大使館は含まれていない）
プライオリティ5	一般需要家

図2-7は負荷カットの典型的な例で、負荷カットのない場合（1987年）に対し、1986年はいかに電力カットが実施されたかが一目瞭然に判る。

添付表2-29及び添付図2-8は上記期間にモンロビア系統で実施された負荷カットを交電所毎に整理したものである。

これによれば系統全体で

負荷カットを実施した回数	約 6,100 回
延 負 荷 カ ャ ッ ト 時 間	約 16,500 時間
負 荷 カ ャ ッ ト 電 力 量	約 19.4 GWh

で、送電線によっては24時間連続で停止した記録もあり、いかに深刻であったかが判る。

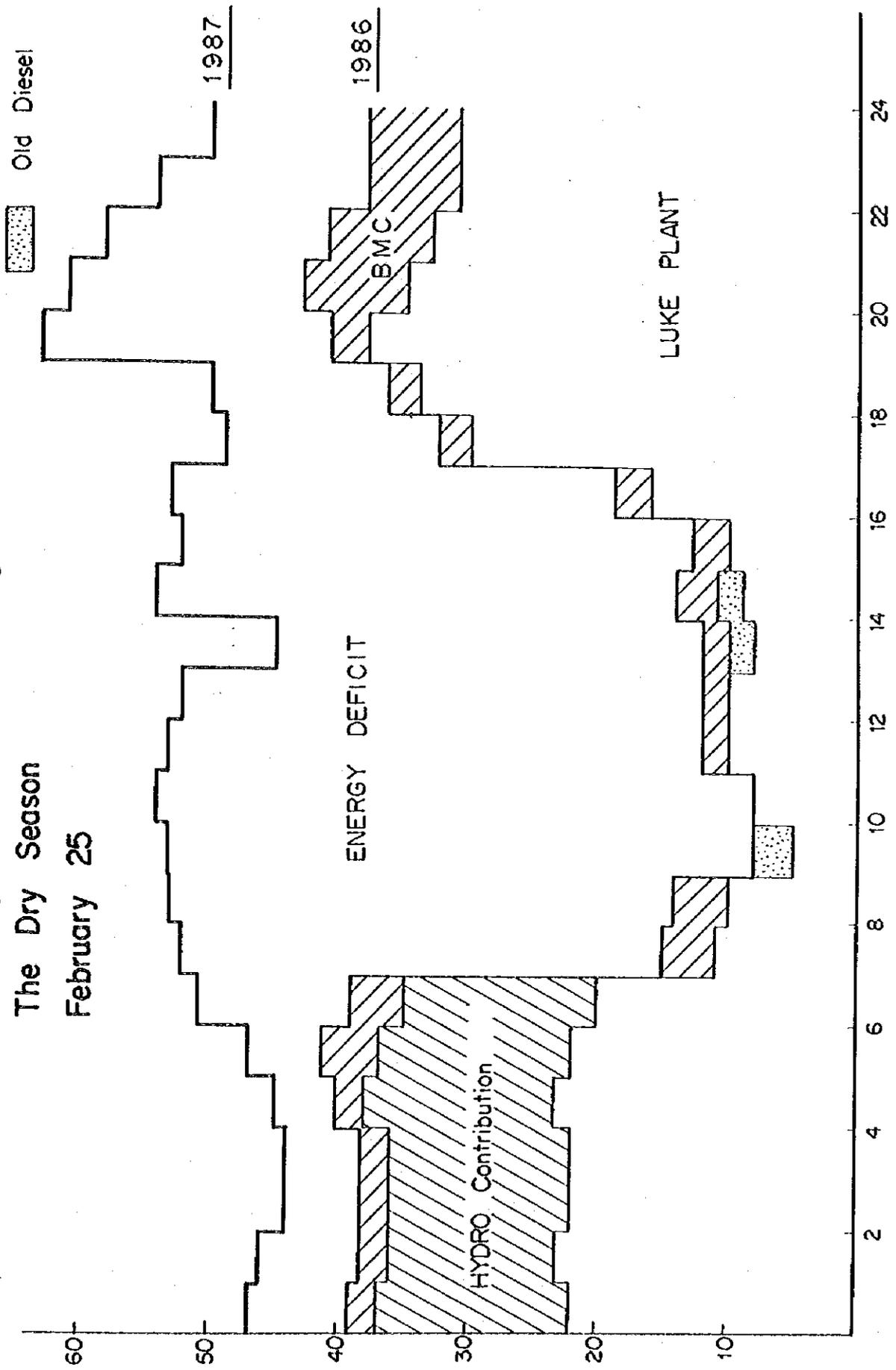
なお、1987年は前年に比べ停電回数は非常に少なかったとの事である。

#### (c) 電力需要の構成

1985年のLECの電力需要をユーザー別にみると表2-30に示す如く一般家庭用が29.1%、商業用32.9%、工業用24.1%、政府公共向け13.9%という構成になっている。ユーザー別には、商業用がトップの電力需要家である。次いで一般家庭用が3割を占め主要な需要家であるが負荷カットにより伸びが押えられている。工業用は、鉄鉱石鉱山（BMC）使用分が中心であり、その他の製造業（例、木材加工、石けん、ゴム加工、繊維、製瓶業等）の需要は極めて小規模である。公共用は大統領府、省庁、公共企業体等向けであり、オフィスの空調施設等の電力需要から、コンスタントな成長を続けている。

今後の需要の伸びの要素としてはリベリアの一次産品国際価格の好転による経

Fig. 2-7 A Daily Load Curve During  
The Dry Season  
February 25



濟復興，B M Cに替る他の製造業セクターの成長，一般家庭用の電化製品の普及度，並びに政府機関の財政再建後の開発計画の実施状況によると考えられる。

表2-30 リベリアにおける電力需要の構成(1977-1985)

年	家庭用		商業用		工業				公共用		合計		
	GWh	%	GWh	%	B	M	C	%	用		GWh	%	
									その他工業	小計			
1977	75.5	27.1	76.4	27.4	60.4	21.7	43.3	15.5	103.7	37.2	23.1	8.3	278.8 (100)
1978	85.4	30.3	85.7	30.4	41.5	14.7	45.8	16.2	87.3	30.9	23.6	8.4	282.0 (100)
1979	90.8	31.8	94.4	33.1	32.1	11.3	44.3	15.5	76.4	26.8	23.9	8.3	285.3 (100)
1980	88.0	30.8	89.3	31.2	31.4	11.0	45.0	15.7	76.4	26.7	32.1	11.2	285.8 (100)
1981	88.0	32.1	89.8	32.7	20.5	7.5	42.2	15.4	62.7	22.9	33.8	12.3	274.3 (100)
1982	86.1	31.2	89.8	32.7	27.9	10.2	36.2	13.2	64.1	23.4	34.8	12.7	274.8 (100)
1983	89.7	33.0	86.0	31.6	32.3	11.9	30.1	11.1	62.4	23.0	33.9	12.5	272.0 (100)
1984	87.4	32.7	82.0	30.8	33.2	12.4	27.5	10.3	60.7	22.7	36.8	13.8	267.1 (100)
1985	73.3	29.1	83.0	32.9	38.5	15.3	22.6	8.8	61.1	24.1	35.2	13.9	252.0 (100)

Source : Five-Year Development Plan (1987-1991), LEC

## (2) 電力需給の将来予測

リベリアにおける電力需給予測は、これまで先進国コンサルタント、アフリカ開発銀行、世銀等により行われてきている。1980年以降実施されたものについてみると、米国 C.T. Main コンサルタントは年率5%~7%を予測し、仏国 Sofrelec は3.3%~5.0%、アフリカ開発銀行は5%を挙げている。しかし、これまでみたように、LECの電力需給は、近年マイナス成長にあり、上記需給予測は若干楽観的であったと言える。ただし、電力消費については、厳しい負荷カットが最近実施されていることから実質上の電力消費の伸びが抑えられていることも事実である。

	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
発生電力量の成長率(%)	1.4	6.9	-0.9	-5.3	1.2	-1.2	1.8	-0.2
電力消費量の成長率(%)	1.1	1.2	0.2	-4.0	0.2	-1.0	-1.8	-5.7

そこで世銀は、最近の電力需給バランスを基に次のような予測値を出している。

	1984 - 1993	1994 - 2003
発生電力量の成長率予測	1.2%	1.4%
電力消費量の成長率予測	3.0%	2.8%

一方、LECは、電力消費量が実質マイナス成長であり、また負荷カットが毎年実施されている状況から、最大ピーク負荷に焦点を当て、最大負荷の成長率から需要予測を行っている。その需要予測結果は、年率2.15%増としている。

その結果、今後の電力需要の伸びを表2-31のごとく推計している。

表 2 - 31 L E C の 需 要 予 測

	最大負荷 (MW)	電力需要 (GWh)
1986/87	66.6	432
1987/88	68.1	441
1988/89	69.6	451
1989/90	71.2	462
1990/91	72.9	473
1991/92	74.6	484
1992/93	76.3	495
1993/94	78.0	506
1994/95	79.8	517
1995/96	81.6	529
1996/97	83.5	541

(注) 年負荷率は0.74と想定

#### 2.4.5 電力開発5ヶ年計画

L E C は本年3月リベリアにおける中期電力開発計画(マスタープラン)として、「5ヶ年開発計画」(Five-Year Development Plan : 1987-1991)を策定した。本計画はL E C が抱える諸問題について、積極的に解決を図るべく示された行動計画でもあり、政府も強い支援を表明している。

本マスタープランの主要な目標は(1)発電容量の増強による需要対策 (2)技術的及び非技術的電力損失の削減による経営収入の増大 (3)L E C 職員の資質の向上 (4)長期計画のための調査・研究活動の充実にある。

そこで、1991年までの具体的目標として次のようなプロジェクトを掲げている。

- (a) 火力発電拡張計画 (30MW)
- (b) マウントコーヒーダムの修復・改善計画 (20MW)
- (c) ルークプラント修復計画
- (d) 送配電網の改善・拡張計画
- (e) 非技術的電力損失 (Commercial Loss)削減計画
- (f) 給電指令所 (Mini Load Dispatch Center)設立計画

## (8) 人材養成計画

### (1) 火力発電所拡張計画

発電設備についてL E Cが直面する大きな問題は乾期における電力供給力の充実と確保である。そこで現在の深刻な停電状況を解消するためには、既設火力発電容量をさらに30MW増設する拡張計画が検討されている。このうち、10MWについては、日本政府の援助を期待している。

### (2) マウントコーヒー水力発電所改善計画

マウントコーヒー水力発電所の既設容量は、15MW×2台、17MW×2台の計4台となっているが、本計画では15MW発電機の改善により15MWユニットの能力を20MW(2×5MW増加)アップすることを検討している。

### (3) ルークプラント修復計画

ルークプラントは、近年故障が頻発し安定運転に障害が生じている。そこで、発電の安定性と、信頼性を回復すべく、次の設備の改修を計画している。

- 冷却システム
- 燃料供給システム
- 潤滑油分離装置
- 燃料貯蔵システム等

### (4) 送配電網の改善・拡張計画

現在の送電線(69kV)のうち、木製電柱を使用する部分についてその改修を行う。主な対象送電線は下記の通り。

- マウントコーヒーダム～ブッシュロッド発電所間
- マウントコーヒーダム直通送電線
- マウントコーヒーダム～B M C間
- ベイネスビル～ブギャン間
- ボミヒルズ送電線等

12.5kV配電線、低圧配電線についても劣化が激しく、改修を行う計画にある。

又、L E Cの系統は力率が悪く、電圧の低下及び送電損失が大きいため主要変電所の12.5kV母線に電力コンデンサ(計15MVA)を設置する。

### (5) 非技術的電力損失削減計画

現在、L E Cの直面する経営的問題は非技術的損失(Commercial Loss)が1985年

には、37.1%にまで達し、さらに電気料金の回収が77%の水準に止まっている。そこで本計画ではロス率の低減と徴収率の向上を目指し、1991年までにそれぞれ20%、87%にまで改善する目標を置いている。そのための方策としては、

- 契約顧客の管理システムの改善
- 積算計を 8,000個購入し、不正使用を防ぐ
- 不正使用者の摘発を強化すべく巡回用の車両の購入
- コンピューターシステムの導入等

を検討している。

#### (6) 人材養成計画

LEC職員の技術水準の向上を図るべく、LEC研修所をさらに充実する。そのため積算計、継電器等の実験設備、高圧設備の実験施設、作業施設、図書室、講義室を設けるものである。

その他、LEC本部の建設計画及びLECの調査・研究課題として、次の事項が掲げられている。

- マウントコーヒーダムに伴う貯水池建設及び新規水力発電プロジェクト
- 木製電柱の国産化計画
- 電気料金 (Tariff) 調査プロジェクト
- 近隣諸国との系統連系 (Interconnection) 研究プロジェクト

#### (7) 投資計画

上記「5ヶ年計画」実施のためには、総額約 6,000万ドルにおよぶ投資規模を見込んでおり、各計画の投資スケジュールは表 2-32の通りとなっている。

表 2 - 32 L E C 5 ヶ年計画投資スケジュール (千ドル)

	1987/88	1988/89	1989/90	1990/91	1991/92	合 計
(a) 火力発電所拡張		10,000	10,000	10,000		30,000
(b) 火力発電所修復			3,600	3,600	3,600	10,800
(c) ルーク発電所修復		1,617				1,617
(d) 送配電網拡張		1,600	1,500	200		3,300
(e) ロス削減	2,300	400	976			3,676
(f) Mini Load Dispatch				950	680	1,630
(g) 人材養成		820	895	765	250	2,730
(h) L E C 本部建設		1,625	2,222			3,847
(i) 調査・研究		1,500	1,000	750		3,250
合 計	2,300	17,562	20,193	16,265	4,530	60,850

#### 2.4.6 ブッシュロッド発電所

モンロビアの電力供給は雨期は前述の通りマウントコーヒー水力発電所により供給されるが、乾期は火力発電設備のブッシュロッド発電所より主に供給される。ブッシュロッド発電所は大需要地のモンロビア市街の北側に隣接したブッシュロッド島に位置しており、下記の発電設備と併設変電所が設置されている。

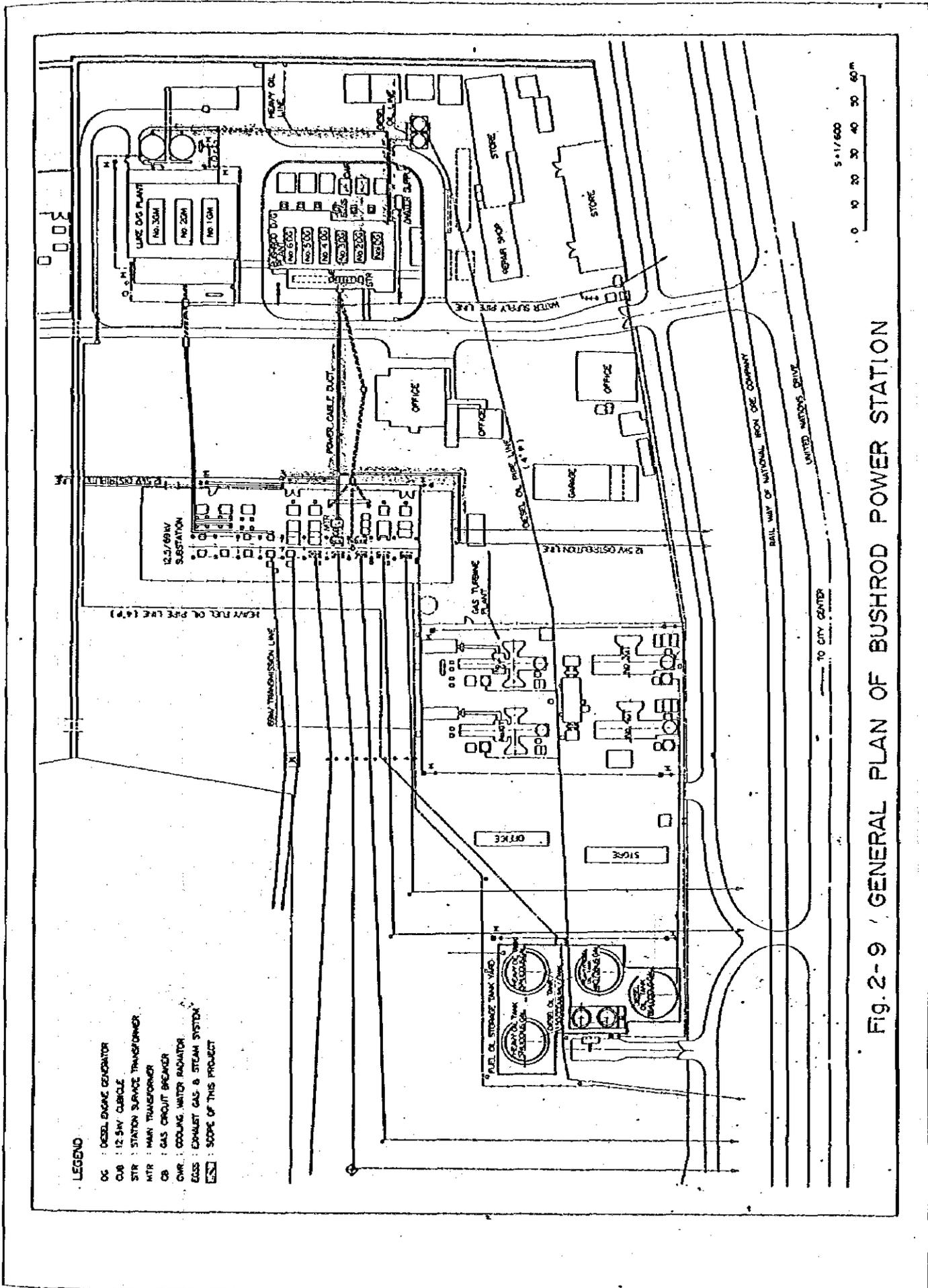
- ブッシュロッドディーゼルプラント
- ガスタービンプラント
- ルークディーゼルプラント
- 昇圧変電所 (69kV)

同発電所の一般平面図と主回路結線図を図 2 - 9, 2 - 10に示す。

また、発電機の概要とブッシュロッド発電所の建屋の立面図を添付表 2 - 33と添付図 2 - 11に示した。

##### (1) ブッシュロッドディーゼルプラント

6台分の据付スペースがあるが、1号機は既に撤去済である。2, 3, 4号機は運転停止の状態、現在運転中の5, 6号機への修理部品の供給源として使われている。5, 6号機も劣化が激しく、各々2.5MWの定格に対し、1.5MWに出力を減らして運転しており、1988年には廃止される予定である。



LEGEND

- DC : DIESEL ENGINE GENERATOR
- CUB : 12.5KV CUBICLE
- STR : STATION SURFACE TRANSFORMER
- MTR : MAIN TRANSFORMER
- CB : GAS CIRCUIT BREAKER
- CWR : COOLING WATER RADIIATOR
- EGSS : EXHAUST GAS & STEAM SYSTEM
- [Symbol] : SCOPE OF THIS PROJECT

Fig. 2-9 / GENERAL PLAN OF BUSHROD POWER STATION

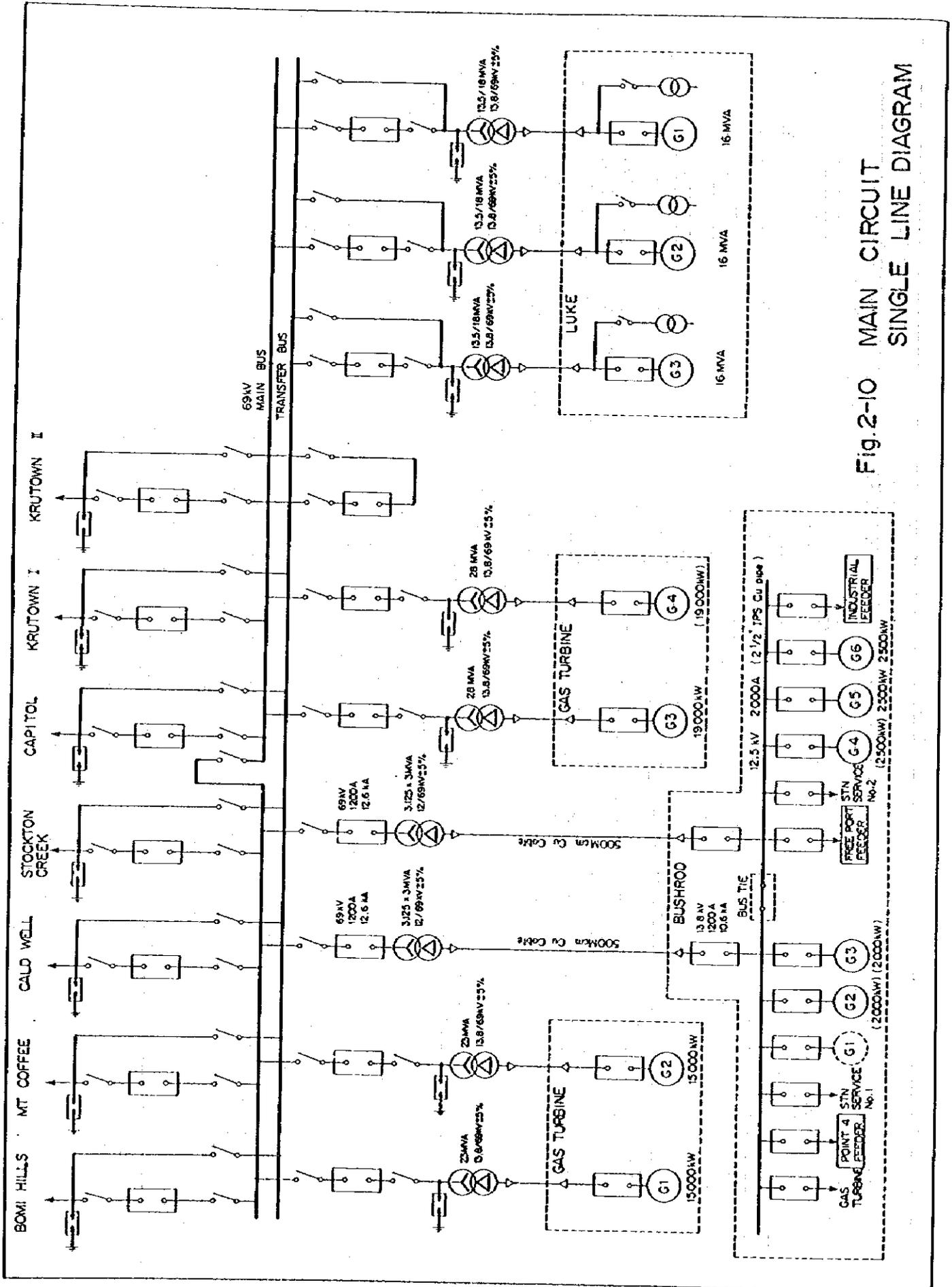


Fig. 2-10 MAIN CIRCUIT SINGLE LINE DIAGRAM

(2) ガスタービンプラント

ガスタービン発電機は、4機設置されているが、1機はタービンのブレード破損で運転の目度がない。しかもさらに1機が起動電動機が不良のため修復手配中にあり、現在運転可能なユニットは2機のみである。

ガスタービン発電は、ディーゼル発電に比較して燃料を含めた運転維持費が高く、(ブッシュロッドの場合、kWh 当り2.35倍、本調査団の推計で3.14倍) LECとしてもガスタービンの運転を減らすことを緊急課題としている。

(3) ルークディーゼルプラント

乾期の主力電源である本プラントも付属補機を含めてトラブルが多く、運転開始して数年しか経過していないにもかかわらず13.6MWの定格出力に対し12MWに出力を減じて運転している。LECでは2.4.5(3)項記載の如く大規模な修復工事を計画している。

(4) 昇圧発電所

(a) 昇圧用変圧器容量

ブッシュロッドプラント用	3.125MVA × 3相 × 2台 = 18.75MVA
ガスタービン用	23 MVA × 2台 = 46 MVA
”	28 MVA × 2台 = 56 MVA
ルーク発電所用	18 MVA × 3台 = 54 MVA
	計 174.75MVA

(b) 引出送電線

69kV送電線	7回線
12.5kV配電線	3回線

#### 2.4.7 計画要請の経緯

リベリア政府は2.4.4(1)項「電力需給の現状」で述べた様に乾期の厳しい電力不足に直面しており、これを解消する為、長期及び中期電力開発計画を立案して現在同計画の推進に努力している。

この様な背景から、リベリア政府は中期電力開発計画で計画している30MWのディーゼル発電設備のうち、緊急を要する10MWについて日本国政府に無償供与を要請してきたものである。

## 2.5 電力経営

### 2.5.1 LEC職員の構成

LECは、1987年3月末現在、1,327人の職員を有する。その内訳を示すと次の通りである。

専門職 (Professional & Manager)	60人
職長 (Supervisory)	154人
技能者 (Skilled)	990人
非技能者 (Unskilled)	123人
合計	1,327人

このように専門職職員が全職員の5%弱と経営改善の上では、人材不足が大きな問題となっている。そこでLECとしては、積極的な人材養成を図るべく、本年度独自にLEC研修所 (Training Institute) を建設し、人材育成を強化する方針にある。

### 2.5.2 電力需要家と裨益人口

LECの送配電網は、農村電化システムを除くと、首都モンロビアを中心とした半径90kmの南西部の沿岸主要都市に限られている。需要家をみると本年3月現在、わずか約39,300口数に過ぎない。この口数には、大口消費者の官庁、製造企業、商店、が含まれる。一般にリベリアでは、農村部の家族数が平均5~6人といわれ、都市部では4~5人と推定されていることから、電力供給の裨益人口を推計するとほぼ197,000人に止り、総人口の約8.9%である。これに農村電化システムの裨益人口約40,000人を加えても総人口の約1割が電気の恩恵を受けているに過ぎない。

なお、需要家口数では、1982年以降、平均10.0%以上の伸びを示している。

最近の電力需要家の増加傾向をみると次の通り。

	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
需要家口数	20,200	23,800	27,200	34,900	35,300	37,800	39,300
伸び率 (%)	—	17.8	14.3	28.3	1.1	7.1	4.0

### 2.5.3 LEC財務状況

#### (1) 電力料金

LECの電力料金は、燃料価格の増加に伴いこれまで改訂が続いた。現在の電力料金は、民生用、工業用等にかかわらず統一料金 (Uniform tariff) が設定されており、これに燃料調整費 (Fuel Adjustment Charge) が加算される仕組みになっている。

統一料金 : 11.5セント/kWh

燃料調整費 : 5 セント/kWh

これまでの電力料金の変遷をまとめると次の通りである。

顧客区分	1979改訂	1982年改訂	1984年改訂	1985年改訂
家庭用	0~400kWh	10.1 c	10.1 c	11.6 c
	401~1,500kWh			
	1,501kWh 以上			
工業用/商業用	0~2,000kWh	10.0 c	11.5 c	11.5 c
	2,001kWh 以上			

一方、平均電力販売単価を電力料金収入と販売電力量で計算してみると下記のようになる。

	1984/85	1985/86
電力料金収入(ドル)	36,290,000	35,289,000
販売電力量(kWh)	224,500,000	212,700,000
平均電力単価(セント/kWh)	16.16	16.6

(注) 1984年以降LECは7月-6月の会計年度を採用したため1984年以前と以降では、統計上違いがある。また販売電力量にはBMC供給分は含まない。

すなわち、平均電力単価でみるかぎり、LECの電力料金16.5セント/kWhでは、十分コストをカバーすることが難しくなりつつある状況にある。尚、ここでは送配電非技術的損失分及び料金未徴収分、並びに利子支払い等の間接経費は計上されていない。

## (2) 電力財務収入

LECの財務収入は、大部分電力料金収入である。LECの需要家を分類すると前述の通り、一般家庭、商店、企業、政府機関に分れるが、政府機関については、政府官庁と公共企業体にさらに分類できる。公共企業体とは、水道公社、放送局、国立病院等である。この分類により電力料金の徴収状況をみると、一般家庭用が4割以上を占め、次いで商業用、政府、公共企業体、そして工業用という順序にある。特に政府及び公共企業体が合せて3割近くあり、意外と高いことが分かる。

LEC需要家別電力料金徴収の概況（1985/86）

	料金請求金額 (千ドル)	%	料金徴収金額 (千ドル)	徴収率
家庭用	15,216	43.1	9,991	65.7
商業用	7,902	22.4	7,718	97.7
工業用	2,418	6.9	2,866	118.3
公共企業体	4,020	11.4	1,108	27.6
政府	5,733	16.2	1,422	24.8
合計	35,289	100.0	23,105	65.5

しかしながら、料金徴収については、売電イコール料金収入となっておらず、請求金額の約65%が徴収されているにすぎない状況にある。

特に政府及び公共企業体の徴収率が3割以下であり、政府の財政状態を反映し、財源難が伺われる。さらに徴収期間は遅れることが多く、通常数ヶ月の支払い遅延が一般的となっている。

	1982/83	1983/84	1984/85	1985/86
売電金額(千ドル)	34,991	34,195	36,290	35,289
徴収金額(千ドル)	26,665	23,629	21,360	23,105
徴収率(%)	76.2	69.1	58.9	65.5

こうした電力料金の未収状況は、LECの抱える深刻な問題であり、これまで抜本的な解決策がないままLECの財政健全化のための大きな課題として指摘されている。

表2-34に政府機関の料金未収残高を示す。

表2-34 主な政府関係機関の料金未収残高(1985年)  
(ドル)

上下水道公社	7,000,000
JFK国立病院	1,660,000
リベリア大学	601,000
国防省	745,000
大蔵省	438,000
大統領府	446,000
厚生省	189,000
文部省	194,000
外務省	134,000
内務省	132,000

### (3) 電力財務支出

LECの主要な支出項目は、燃料費、運転保守費、給与分並びに借り入れ金の返済である。燃料費は重油、ディーゼル油の購入に充てられており毎年2割前後の出費となっている。LECの発電方式が特に乾期の石油火力主体となっていることから燃料費の負担はLECにとって決して小さくなく、むしろ近年の状況は燃料費購入の財源難から十分手当できず負荷カットを実施している状況である。

運転・保守費は、3割以上を占め既設設備の老朽化に伴い増加を続けている。人件費支出は、かつて世銀の勧告により人員削減に努力したが、その後定員枠も増え増加傾向にある。借り入れ金の返済は主に外国政府及び国際機関への利子支払である。これまで主要な電力設備を外国からの借款により賄ってきたことから、このための返済金は毎年1割以上の割合で財政を圧迫している。

LECの財務支出状況(1984/85)  
(千ドル)

燃 料 費	5,193 (13%)
運 転・保 守 費	12,962 (31%)
給 与	6,454 (16%)
減 価 償 却	6,859 (17%)
未 収 料 金	3,472 (9%)
借 入 返 済 金	5,200 (13%)
そ の 他	450 (1%)
合 計	40,581 (100%)

この結果、LECの財政収支は1984/85年度損益計算書上約500万ドルの赤字を計上している。

財 政 収 入	35,590 (千ドル)
財 政 支 出	40,581
財政収支(赤字)	4,991

(注) 財政収入には電力収入以外のその他の収入を含む

#### 2.5.4 LECにおける外国人専門家

LECが外国人専門家を受入れた歴史は浅い。本格的に外国人導入を図ったのは世銀第4次借款の勧告による。LECの経営、操業、保守を改善すべく、世銀の借款の下“マネージメント支援チーム”(Management Support Team)としてはインドのコンサルタント(Tata Consultant)が送り込まれた。Tata Consultantは一年間をかけてLECの経営について総合的診断を行い、処方箋を提出。その運営面の実施のため、現在インド人がin-house-consultantとして常駐今日に至っている。次いでルークプラントの建設後、種々の問題が生じ、機器サプライヤーである北欧企業(B&W, ASBA)から専門家を雇用している。最近は技術協力ベースでエジプト人技術者が3人駐在している。本年完成したLECの研修所についても現在短期間の契約でインド人の講師を受け入れた。

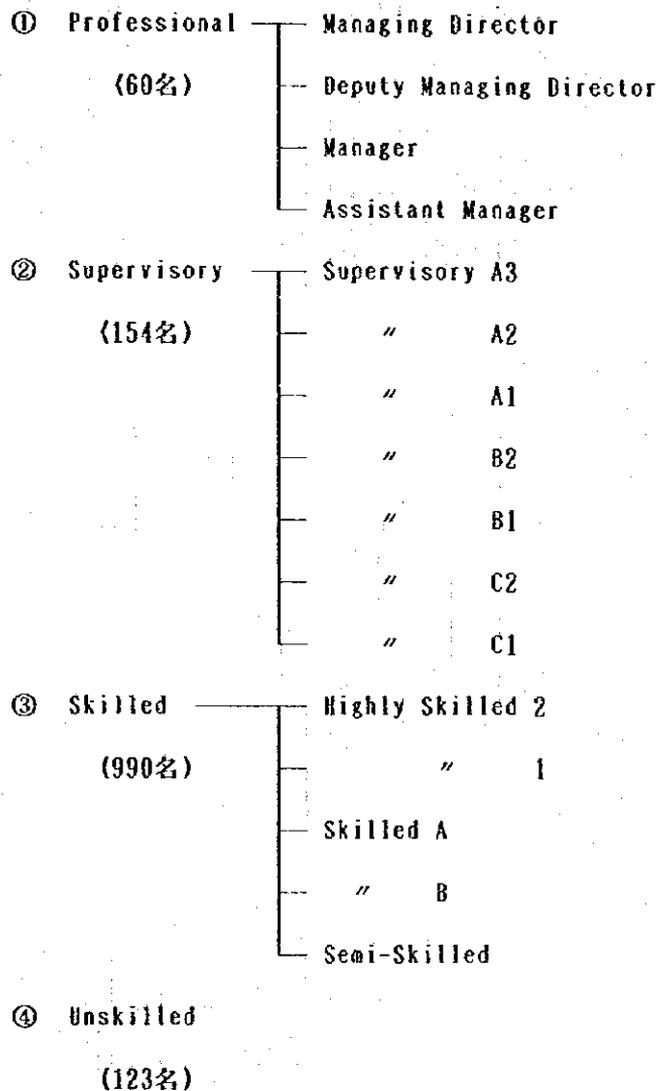
こうした外国人専門家は、LECの各セクションの運営の第1線を担当しており、

LECとしては、オンザジョブトレーニングを強化し、ローカル・スタッフによる直接運営を目指している。

現在、LECが抱える外国人専門家の状況は添付表2-35の通りである。

### 2.5.5 運転・保守体制

既に述べた通り、L E Cの職階制は4段階に分かれ、その中はさらに経験と資格により下記のように細分化されている。

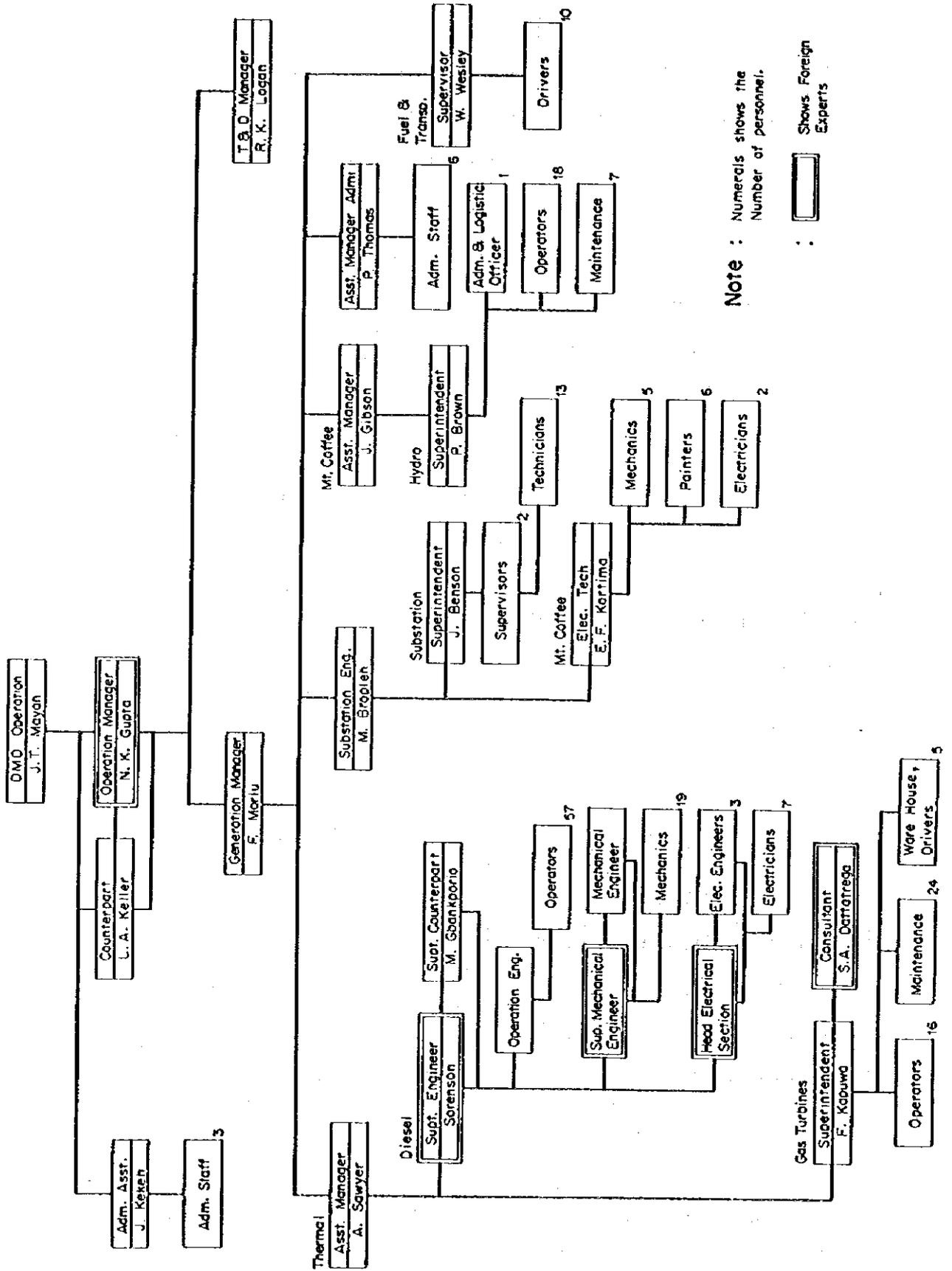


L E Cの運転部門の組織を図2-12に示す。

L E Cの発電設備の運営体制は通常上記職員のうちHighly Skilled 2の熟練工(Supervisor)がチーフ・オペレーターになり、その下に skilled Bの技能工が数名配置される体制が敷かれている。そこで各発電所ごとの標準的な運営体制をみると次の通りである。

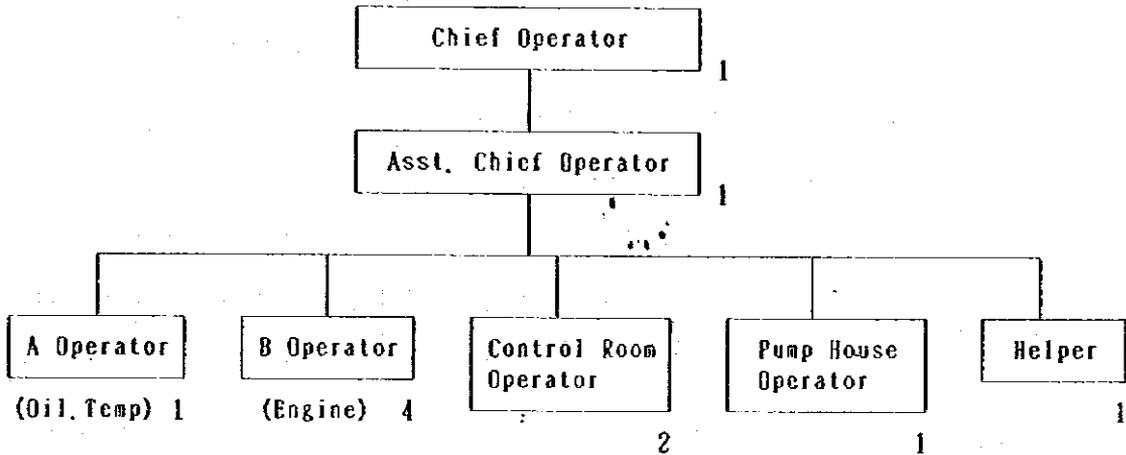
ブッシュロッドプラント	4人/班	交替制	12人
ルークプラント	11人/班	交替制	33人
ガスタービンプラント	4人/班	交替制	12人
マウントコーヒーダム発電所	4人/班	交替制	12人

Fig. 2-12 ORGANIZATION OF OPERATIONS ( Generation Department )



ルークプラントの運転員の構成は図2-13に示す。

図2-13 ルークプラント運転員の構成(1班当り)



(注) 数字は人員数

一方、保守体制は、定期点検、軽保修、重保修等、内容により職員体制が異なるが通常の保守体制は、Highly Skilled 2がリーダーで Skilled Bの技能工が3~4名の体制である。最近実施されたルークプラントの重保修の場合は職長(Supervisor A2)がリーダーとなり、その下に副長(Supervisor B2)1名と、熟練工(Highly Skilled 2)が2名、熟練工(Highly Skilled)が3~4名、技能工(Skilled B)が2~3名の9~11名体制で実施された。

ただし、運転・保守のいずれもの作業において、外国人専門家の指導、支援を受けしており、現地人による一貫した運営・保守体制の確立が大きな課題と言える。

## 2.5.6 電力経営の問題点と課題

### (1) 料金徴収の徹底化

LECの経営上の大きな問題は電力料金の回収の問題である。発生電力量のうち非技術的損失(commercial loss)として失われる電力量が過去10年間、3割以上に達しており、しかも、この状態がなかなか改善されていないことである。さらに、電気料金の徴収率が77%の水準に止っていることもあり、LECは合計すると実に5割以下しか電力料金として回収していないことになる。LECは「中期計画」の中で、それぞれ20%と87%まで改善する計画にあるが、財務収支の悪化の折、早急

な対策が望まれる。現在対策として検討されているものは、

(i) Block-Mapping Project (契約者のメーター、使用状況の徹底的な巡回調査、不正の摘発)

(ii) 積算計の整備と取付けの完全実施

(iii) 違反者の刑事責任の追求(例、罰金、追徴金、送電停止等)

であるが、一層の強化と徹底化が期待されるところである。

## (2) 経営の合理化と効率化

今回の調査にあっても、各種電力データ、経営データ類が未整備な状態にあることが判明した。統計上、データ整理を行うと各担当部と他の部との間の連絡・調整が不足しているため、不一致、不統一が散見され、経営計画策定のためには、大きな支障となっている。L E Cはコンピューターを導入し、データの収集、整理、検索を効率的に行うことを検討しているが、この点の充実が重要である。料金徴収上も利用者からの不正確な請求書の問題が指摘されており、事務の合理化、効率化は基本的課題であると言えよう。但し、L E Cはリベリアにおける他の公的企業と比較すると、例えば他のほとんどの機関は3~4ヶ月遅配であるところ、給与の支払は遅滞はなく、経営面では相対的に優れていると言われ、先般ドイツの経営者団体より表彰されたとのことである。

## (3) 人材養成

L E C職員のうち、専門職は全体の5%以下である。この点の改善を目指し、L E Cは積極的な人材養成計画を進めてきている。

国内では、

(i) 教育機関(例リベリア大学)への国内留学

(ii) モンロビア職業訓練所への国内研修

(iii) L E C研修所(Training institute)の設立等 があり、

海外へは、

(i) 大学

(ii) 研究機関等へ派遣している

予算的には1985/86に350,000ドルを計上しており、人数では過去6年間に192名を国内外に派遣した。

	1981	1982	1983	1984	1985	1986	合計
国内研修	16	14	33	18	11	11	103
海外研修	27	22	14	7	9	10	89
合計	43	36	47	25	20	21	192

分野では、従来電気 (Electrical) が主体であったが、最近はさらに、機械、土木、コンピューター、財政、経営、会計等多角化の様相を呈している。

今後は、上記の教育研修に加え、職員の経験蓄積を図る実務上の研修 (On-the-job training) を一層充実・強化することが望まれている。

#### (4) 水力発電開発への移行

LECは当面の電力需要についてはディーゼル発電により賄うこととしている。しかしながら、長期的には運営・保守費の小さい水力発電への移行が果されるべきである。これまで提案された水力プロジェクトは、マノ河水力発電計画 (180MW, 360百万ドル: 1981年)、セントポール河水力発電計画 (546MW, 1,461百万ドル: 1982年) がある。しかし、政府の財政難からこうした大規模発電所の建設は当面困難とされている。

そこで現在検討されている計画は既設のマウントコーヒーダムの拡張として上流部に貯水池を建設し年間を通じた発電が可能とするピア河貯水池ダム計画がある。本計画によると貯水容量1,400MCM、発電容量増20MWが可能と考えられており、その結果155GWhの発電量が年間を通じ供給可能とされている。

また、さらに農村電化についても、従来の石油ディーゼル発電に頼ることなく中小河川の有効利用から 500kW~ 5,000kWの小水力発電開発が計画されている。

このように将来の電力供給については石油火力から水力発電方式を主体とする長期開発方針が策定されており、今後資金の調達が可能になり次第実施の意欲を示している。



### 第3章 計画の内容



## 第3章 計画の内容

### 3.1 計画の目的

本計画の目的は、モンロビア電力系統の緊急を要する電力不足の緩和を行うために必要な機材を供与することである。

具体的には既設ブッシュロッド発電所の発電設備の更新を実施することにより発電力の増強を図り、モンロビア市の首都としての機能の改善、市民生活の安定、産業の活性化に寄与するものである。

### 3.2 要請内容の検討

リベリア共和国政府側の要請内容について、その妥当性の確認を行うとともに計画規模の選定、ディーゼルエンジン発電設備および附帯設備の供与範囲等の基本方針を設定する。

#### 3.2.1 計画規模の検討

##### (1) 発電設備規模の検討

2.4.7 “計画要請の経緯”で述べた如く、リベリア政府は乾期の深刻な電力不足を緩和する当面の対策として10MWのディーゼル発電機の供与を要請して来たが、その規模の妥当性について検討する。

図3-1に1985年のモンロビア系統の日負荷曲線の実績を、図3-2にその累積曲線を示した。これをベースとして、1989/90年の累積日負荷曲線を推定したのが図3-3である。

この時点でルークプラントについては信頼度が良くないので、3台の内1台は予備扱いと考えれば乾期の信頼出来る電源としては

ルークプラント	2台	計24MW
ガスタービン	2台	計31MW

の55MWと想定されるので、1日のうち6時間については電力の供給不足の状態となる。

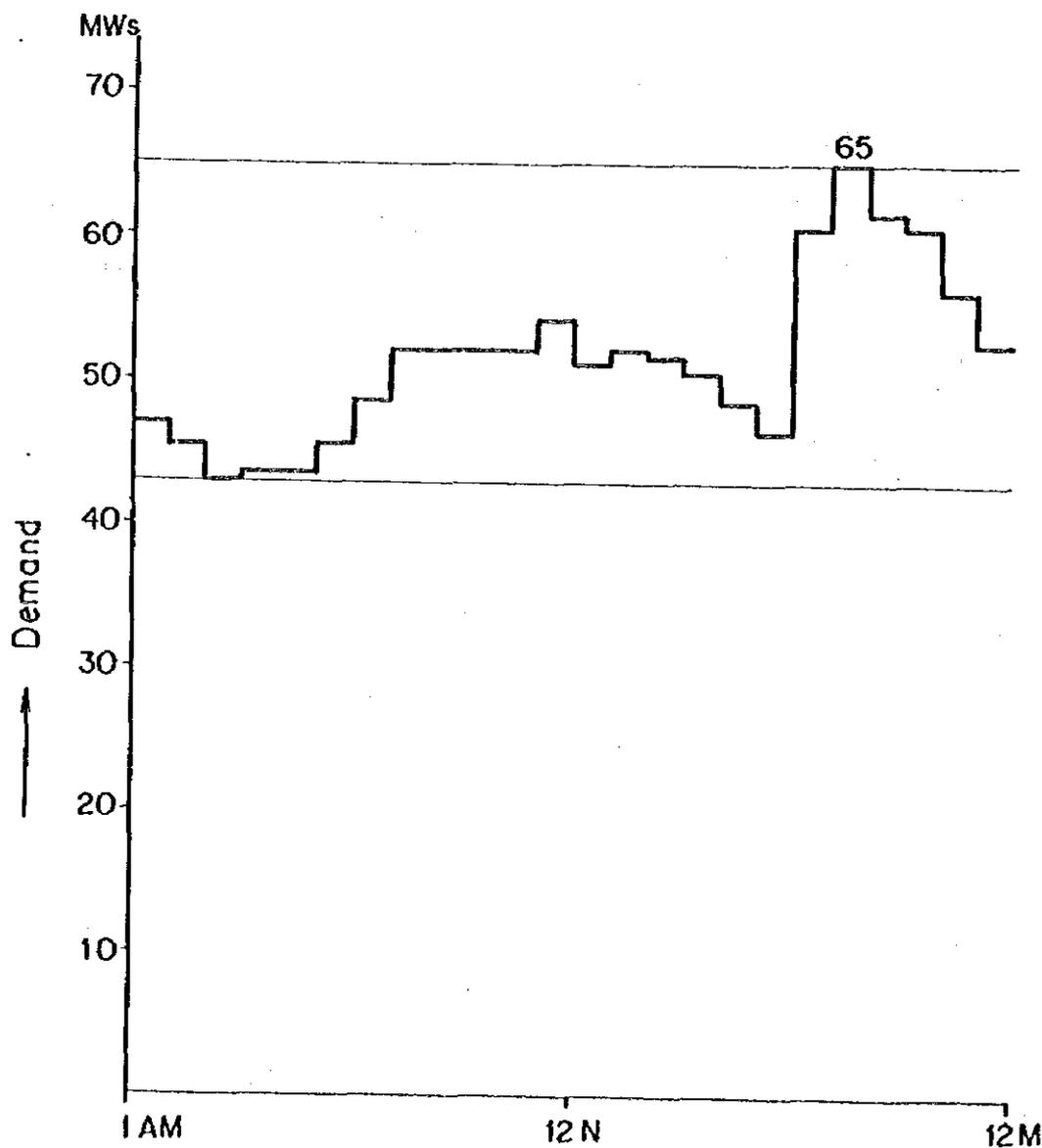
この不足電力については

- ルークの予備発電機 (12MW)

# Fig. 3-1 TYPICAL DAILY LOAD CURVE

As of 1985

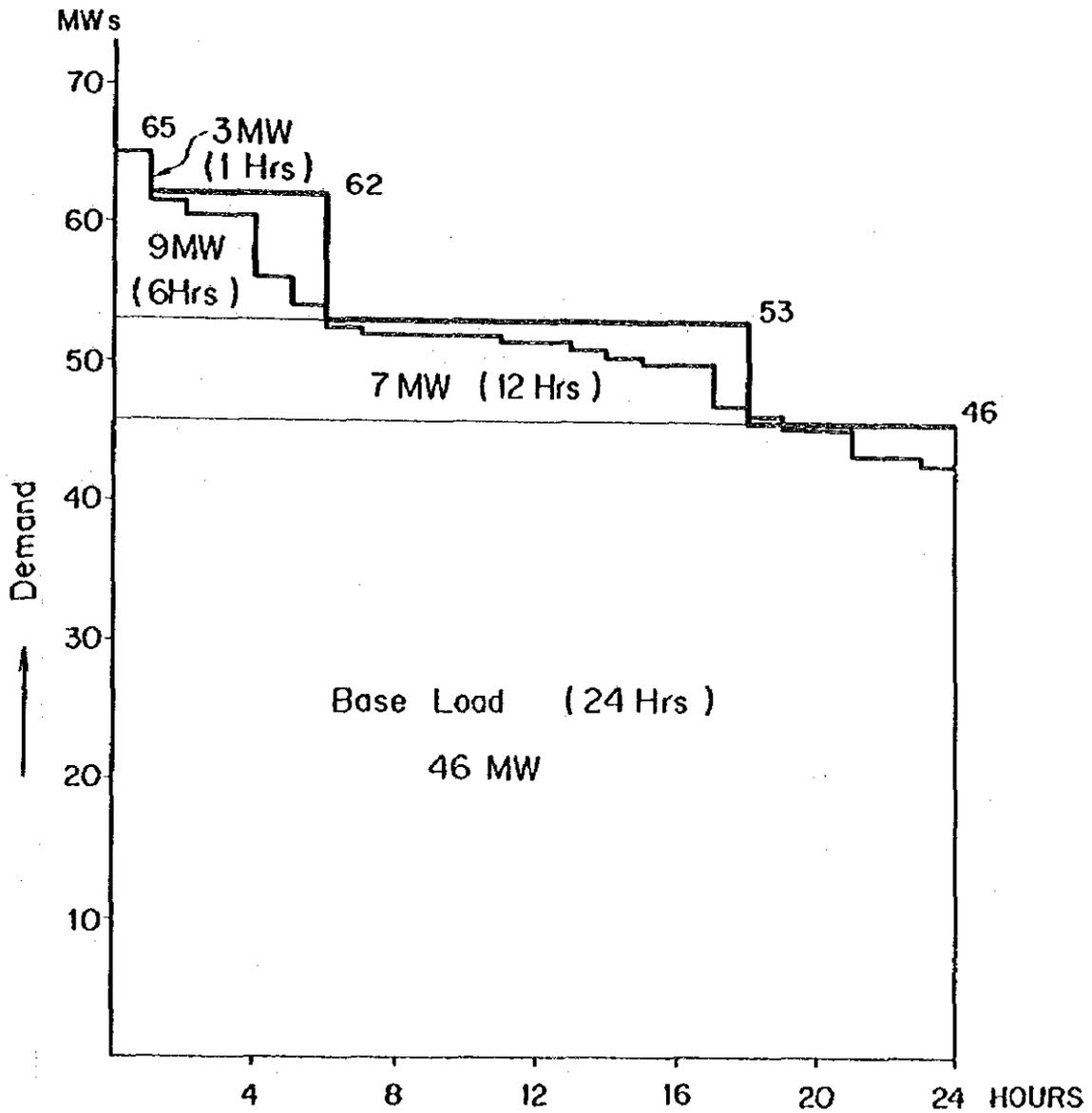
LIBERIA ELECTRICITY CORPORATION  
CORPORATE PLANNING DEPARTMENT  
SYSTEM STUDY SECTION.



IN THE "MONROVIA GRID", THE DAILY "PEAK LOAD" ORDINARILY OCCURS IN THE EARLY EVENING (20 HR). THE ANNUAL PEAK LOAD FOR THE YEAR 1985 OCCURED ON JANUARY 10 (DRY SEASON PERIOD)

Fig.3-2 DAILY LOAD DURATION CURVE

As of 1985



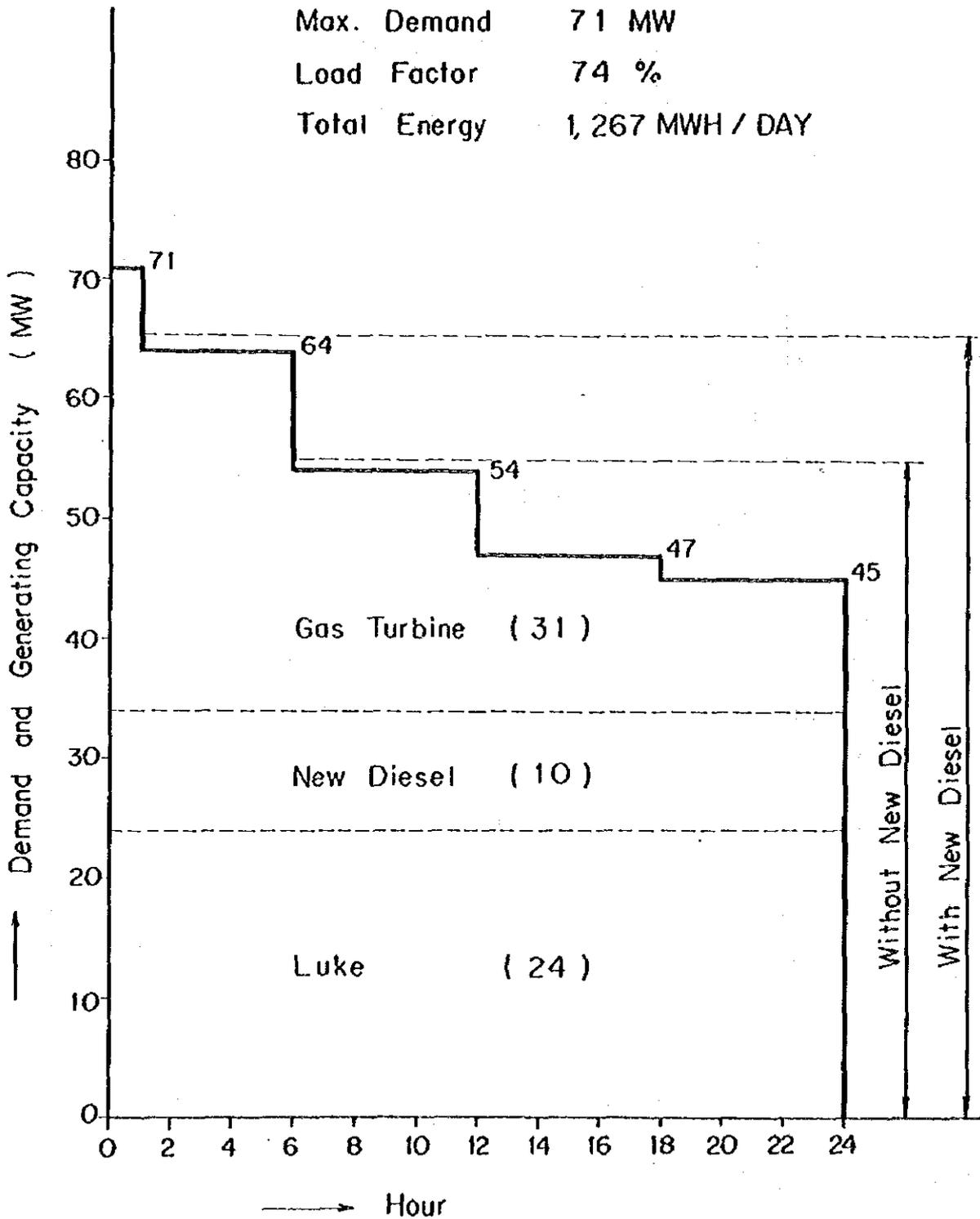
**Fig. 3-3 DAILY LOAD DURATION CURVE**

As of 1989 / 90 Dry Season

Max. Demand 71 MW

Load Factor 74 %

Total Energy 1,267 MWH / DAY



- マウントコーヒーの水力電源
- B M Cよりの融通

で対応する事になるが、ルークの発電機については信頼度が低いので必ず運転出来るか疑問がある、水力については河川の出水状況に左右される、またB M Cよりの融通については契約以上の融通は期待出来ない等の問題を含んでおり、場合によれば負荷カットをしなければならない可能性がある。

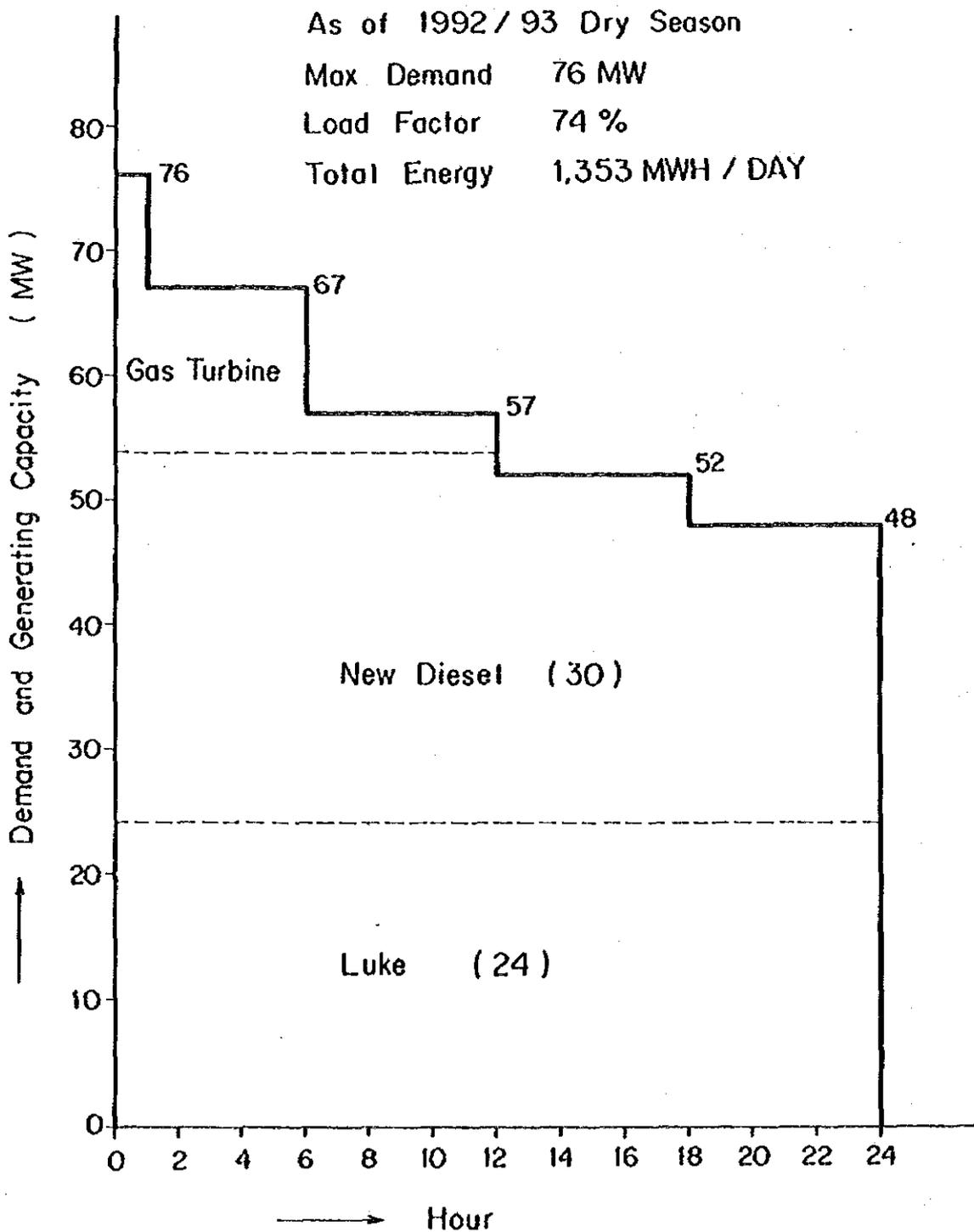
この場合本案件で供与予定の10MWの発電機が運転出来れば、上記の電力供給の不足時間は1時間と大巾に短縮されると共に、発電単価の高いガスタービン発電機を停止してディーゼル発電機を運転する事により、燃料費だけでも乾期1シーズンで約2.9億円の節減が可能となり、供給信頼度の向上及び運転経費の面からも大きな効果が期待出来る。

参考迄にL E Cが計画している追加の20MWのディーゼル発電機が運転すれば、図3-4の如く信頼度の一層の向上と約9億円の燃料費の削減が可能となる。

上記の理由より今回供与を計画している10MWの規模は妥当であると判断される。

図3-5、3-6に今後5年間の乾期及び雨期のピーク時の需要の予想値と分担する発電機を示したが、L E Cの計画している乾期用の30MWのディーゼル発電機の増強は必要性があると判断される。

**Fig.3-4 DAILY LOAD DURATION CURVE**



**Fig.3-5 PEAK DEMAND AND GENERATING CAPACITY**  
 ( Dry Season - Forecast )

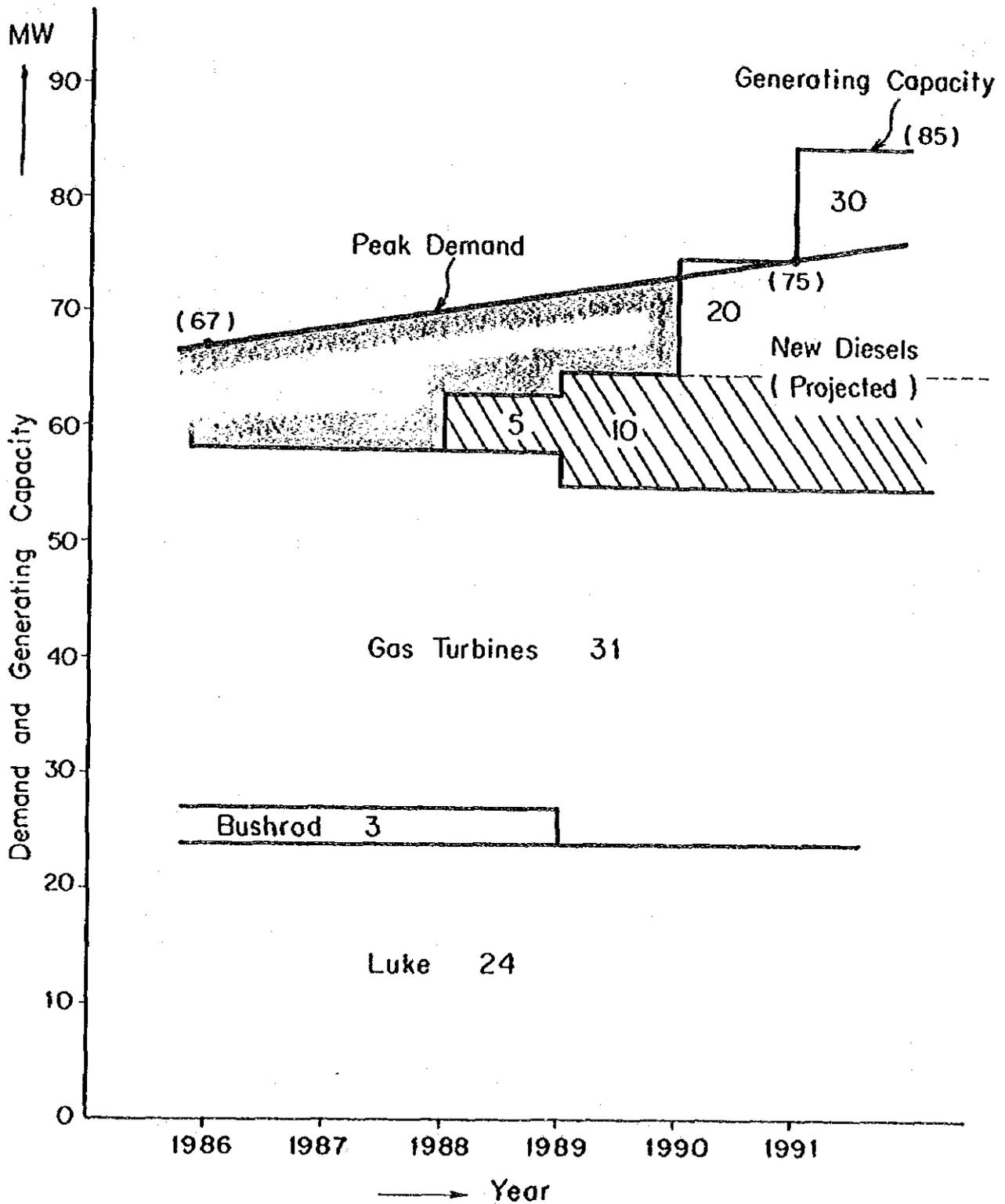
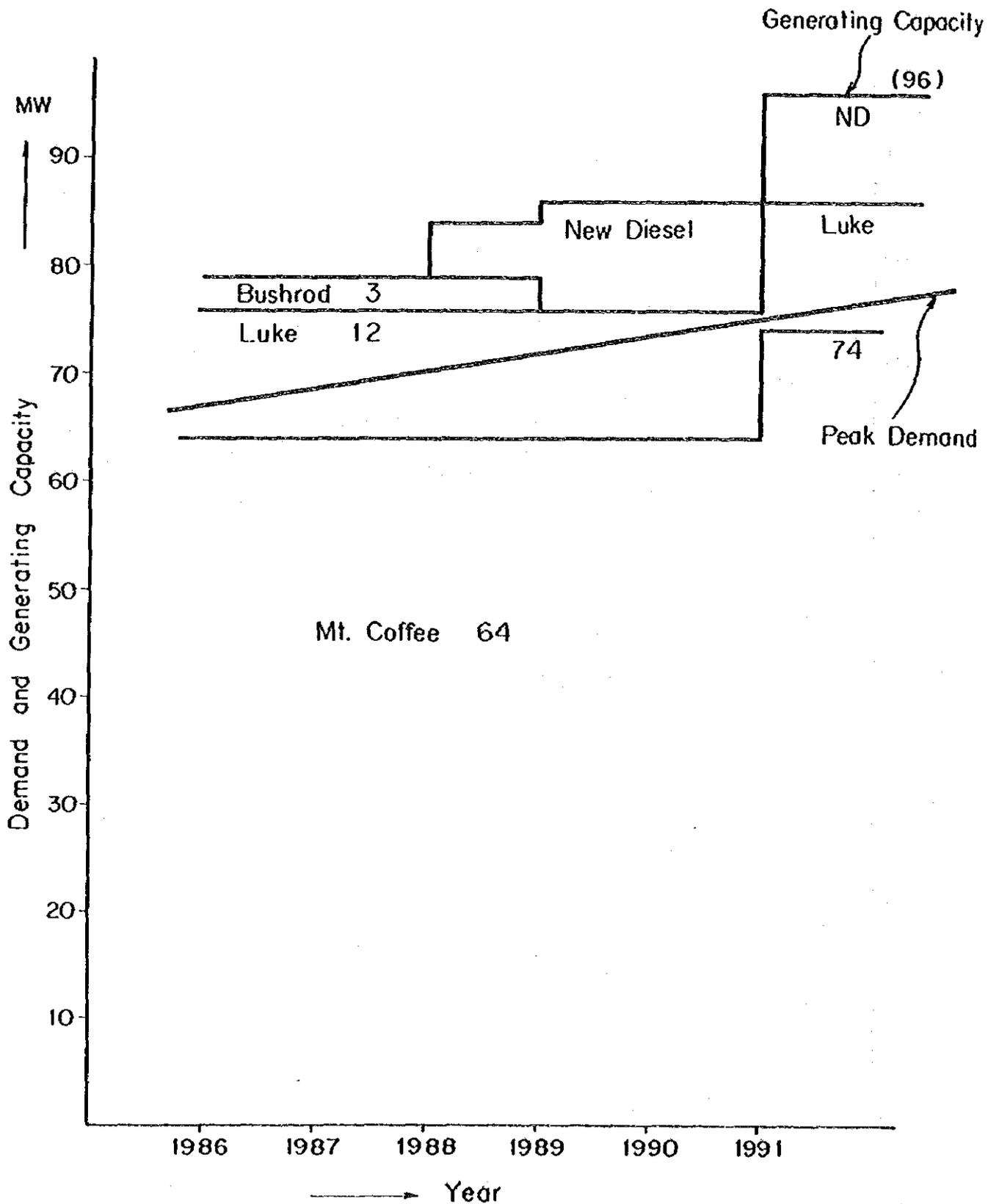


Fig. 3-6 PEAK DEMAND AND GENERATING CAPACITY  
 ( Rainy Season - Forecast )



## (2) 発電方式の検討

前述の10MWの発電方式を検討する場合、緊急性を加味して検討すれば、

- ガスタービン発電方式
- ディーゼル発電方式

が考えられるが、ガスタービン方式は前述の如く運転維持費が高くL E Cも問題と  
しているのでディーゼル発電方式の採用が適当である。

## (3) エンジンの検討

発電用ディーゼルエンジンは通常回転数が500rpmより低い場合、低速型、500rpm  
より1,000rpm程度のもの中速型と呼んでいる。また、作動サイクルによる分類で  
は4サイクルと2サイクルがあり、シリンダーの配列により、直列形機関（I型と  
略す）とV形機関（V型と略す）がある。

現在、L E Cが運転しているディーゼルエンジンは、添付表2-33に示す様に、  
ブッシュロッドプラント277rpm、ルークプラント150rpmで、本案件で供与する機器  
についても150rpmクラス2サイクル、I型エンジンで5 MW×2ユニットを希望して  
きた。

L E Cの希望する低速5 MW×2台案について、既設建物基礎を使用する場合と新  
設する場合について中速5 MWクラスをベースとして検討したのが表3-1である。

既設建物、基礎を使用する場合は下記の既設設備を有効に利用することで検討を  
加える。

- ① 既設建物
- ② 既設基礎
- ③ 既設天井クレーン
- ④ 既設ルークディーゼルプラントと同じ燃料

基礎については、ブッシュロッドディーゼルプラントのNo.1～6基礎のうち下記  
の理由でNo.2, 3基礎を使用する。

No.1基礎 ; 据付工事用作業スペースとして、また将来の運転・保守用オーバ  
ーホール作業スペースとして残したいので使用しない。

No.4基礎 ; 運転中のNo.5, 6号機用部品供給の役割が残っていること、また  
運転中の機器に隣接しているため工事安全上避けるべきである。

No.5,6基礎 ; 1988年廃止予定であるが本案件で供与する設備の運開迄はすくなく

とも撤去できない。

No.2,3基礎： 上記各号機基礎のような問題がなく既に廃止済みである。

表3-1 低速・中速機の比較(5MW×2台の場合)

No.	項目	工事方法	建物新設	既設建物用 既設建物用	既設建物および 基礎流用
1.	単機出力×台数(MW×台)		5×2	5×2	5×2
2.	回転速度クラス		低速	低速	中速
3.	推定効率 (%)		45	45	44
4.	耐用年数 (年)		20	20	20
5.	ランニングコスト		100	100	100
6.	LECの経験の有無		有	有	無
7.	建設工事費				
	(1) 日本供与分 (%)		180	180	100
	(2) LEC分担分 (%)		500	200	100
8.	建屋		新設	既設改造	小改修
9.	本体基礎		新設	既設大改造	小改修
10.	搬入口		新設	改造	改造
11.	天井走行クレーン		新設	小改修	小改修
12.	工事期間 (%)		200	150	100

表3-1より明らかな様に低速機は中速機に比較し大型になるので価格が高くなり、資金計画の枠の面より問題があるとともに、建物を新設する場合は建物・基礎の工事費が高むことおよび工事期間が長く、緊急性を要する本案件には適していない。また既設建物・基礎を流用する場合は建物・基礎に比較し設置する機器が大き過ぎるため事実上低速5MW機の据付は困難である。

電力機器は同一出力でも回転数が高くなれば小形になるので、回転数を変えて既設建物へ適用可能なユニットを検討したのが表3-2である。

表3-2 低速、中速機の比較（既設基礎を利用した場合）

No.	項目	回転速度クラス (rpm)			
		150クラス	300 ～400クラス	500 ～600クラス	700クラス
1.	シリンダー配置	L	—	L	V
2.	サイクル	2	—	4	4
3.	適用出力クラス (MW)	3	—	5	5
4.	推定効率 (%)	45	—	43	44
5.	分解点検周期 (年) (連続運転の場合)	1	—	1	1
6.	一般点検周期 (月) (連続運転の場合)	4	—	4	4
7.	運転・保守費用 (%)	100	—	100	100
	(1) 部品点数	少い	—	多い	多い
	(2) 部品重量	重い	—	軽い	軽い
	(3) 点検所要日数	多い	—	少い	少い
	(4) 点検費用	多い	—	少い	少い
8.	機器重量 (ton)	180	—	110	65
9.	エンジン輸送方法 *	分解	—	分解	1括
10.	建設費 (%/kW)	200	—	140	100
11.	既設基礎利用の可能性	重量・巾とも超過	—	巾が超過	問題なし

注) \* 現地トレーラー(40t程度)使用の場合

表3-2において300-400rpmクラスのエンジンは、日本では生産されていないので対象外となる。

作動サイクルは燃焼面、効率面より低速エンジンは2サイクル、中速エンジンでは4サイクルとなる。またシリンダー配置は、低速エンジンはL型、中速エンジンはL型とV型の選択が可能である。

表3-2を要約すれば

低速エンジン：出力3MW程度、エンジン分解輸送の要あり、据付上検討を要す。

中速エンジン：出力5 MW程度，L型については輸送上，据付上検討を要す。  
となり，中速(500~700rpm)クラスで5 MWのエンジンが採用可能である。

(4) 単機出力と台数の関係

既設基礎の制約より据付可能のエンジンの出力は中速で5 MW程度が限度となることより，10MWの出力を得る為に中速(V) 5 MW×2台と中速(L)及び低速(L) 3.5 MW × 3台をFOB価格で比較した場合，概略下記の様な比率となり中速(V)案が有利である。

項 目	中速(V) 5 MW×2	中速(L) 3.5 MW × 3	低速, 3.5 × 3
機械関係	100 %	155 %	210 %
電気関係	100 %	140 %	170 %
計	100 %	150 %	200 %

(5) 電力系統運用上からみた単機出力の制約

電力設備の設計にあたっては，当該機器が系統並列中故障でストップした場合の影響を考慮し電力系統の規模の大きさによって発電設備の単機出力を制限する必要がある。

系統の大きさにもよるが，一般的には単機出力を系統容量の10%以下とし，当該機器の故障停止時，系統周波数の低下を1.5Hz以内に押さえている。

1988年のモンロビア系統の系統容量の10%は70MW×10% = 7 MWであり，単機出力5 MW程度であれば特に問題ない。

(6) 運転・保守上からの比較

LECは大型の低速機(150rpm, 277rpm)の運転経験を有している。この点低速機が好ましいといえるが，実際には低速，中速の運転保守技術上の難易度に差はほとんどない。

むしろ，同じ出力の場合，中速機の方が部品重量が軽くなり，分解点検時のハンドリングが容易なため便利である。この傾向は中速機のL型とV型についても同じことが云え，V型機はL型機に比較してシリンダー数は多いが部品重量が軽量小形になるので保守上の差はないといえる。

また，捕機関係については，ルークディーゼルプラントと同一燃料システムを採用すれば全く問題ない。

特に，冷却システムは，ルークプラントよりシンプルにできる。つまり，ルーク

プラントの場合は、一次冷却水として海水、二次冷却水として上水道水を使用しているが、本件は上水道水のみによるラジエーター方式とすれば保守が簡便となる。いずれの型を採用するにせよ運転・保守技術の習得については、据付・試験あるいは運転開始後の操業指導を十分考慮することが必要と考えられる。

#### (7) 発電計画のまとめ

以上の検討結果を総合判断すると以下のとおりである。

- ① 設置場所 : 既設ブッシュロッドプラント建屋内
- ② エンジン基礎 : 既設2, 3号基礎流用
- ③ 発電方式 : ディーゼルエンジン発電装置
- ④ 出力×台数 : 5MW×2台
- ⑤ 機種 : 中速クラス

シリンダー配列は表3-2で明らかな様にV型が有利である。

なお、現地における運転条件を加味した総合的な検討結果を添付資料-(H)に示した。

### 3.3 計画の概要

#### 3.3.1 運営体制

既設ブッシュロッドディーゼルプラントの運転保守体制は2.5.5項で述べた如く、現在はディーゼル発電部門としてルークディーゼルプラントと同一組織のなかで運用されている。これは発電容量も比較的小さく、運転時間も比較的短かい為と考えられるが、本案件の発電設備が運用を開始した時点では系統運用上も重要な発電設備となる為、その運転、保守体制も見直す必要がある。

この為、LECもその時点では新ブッシュロッドディーゼルプラントをルークプラントから独立させ、現在のルークプラントと同様な組織を作り万全を期す計画を検討している。

したがって、供与施設の運営管理要員は、供与機器の据付期間行なわれるオン・ザ・ジョブ・トレーニングを通して要員の質的アップを図ると共に、現在ルークディーゼルプラントで行なわれていると同様に、運転開始後もしばらくの間は日本人専門家による技術指導が必要と思われる。

### 3.3.2 供与機材の概要

供与機材の概要は次の通りである。

		I 期	II 期	計
(1)	ディーゼルエンジン	1台	1台	2台
(2)	エンジン制御装置	1式	1式	2式
(3)	空気圧縮装置	1式	1式	2式
(4)	燃料供給装置	1式	1式	2式
(5)	冷却装置	1式	1式	2式
(6)	排気装置	1式	1式	2式
(7)	発電機	1台	1台	2台
(8)	励磁装置	1台	1台	2台
(9)	配電盤監視制御盤	1式	1式	2式
00	昇圧用変圧器	—	1台	1台
00	所内電源用変圧器	1台	—	1台
00	所内電源装置	1式	1式	2式
03	制御用直流電源装置	1式	—	1式
04	15kV開閉装置	5面	1面	6面
05	72kVしゃ断器	—	1台	1台
06	電線ケーブル, 諸材料	1式	1式	2式
00	予備品, 工具他	1式	1式	2式
00	制御室空調	—	1式	1式

その他, 本案件では既存の設備を利用するものとして, 次の設備がある。

- (1) 発電機室建物(制御室を含む)
- (2) 天井クレーン
- (3) 燃料貯蔵タンク
- (4) 冷却水(都市水道)

本案件に関する既設々備の配置及び供与機器のレイアウトについては図2-9に示

した。

既設発電所の燃料油管系統図と冷却水管系統図および本案件供与機器用として分岐可能箇所については添付図3-7、3-8で示した。

### 3.3.3 計画地の概要

#### (1) ブッシュロッド発電所

供与機器を据付けるブッシュロッド発電所はリベリア共和国の首都であるモンロビア市の中心部の北側に位置するブッシュロッド島内に位置している。敷地は東および北側は住宅街、南側は工業地帯、西側は大西洋に面している。敷地内には乾期の電源である火力発電設備、ブッシュロッドディーゼルプラント、ルークディーゼルプラント、ガスタービンプラントが集中して立地しており、構内の69kV昇圧変電所を経てモンロビア系統に電力を供給する重要発電所である。

電力の消費地に近く、モンロビア港より約3kmの近接した距離にあり、発電所迄の重量物の輸送も容易であり、敷地も広いので騒音、振動、排気ガス等の環境問題にも何等支障は無く極めて立地条件の良い計画地点である。

#### (2) モンロビア港

供与機器の陸揚げされるモンロビア港はモンロビア市街地に隣接して位置する。同港は同国最大の港で食糧、一般雑貨、建設機械等の輸入をはじめとするモンロビア共和国の対外貿易の玄関口となっている。また内陸部で産出される鉄鋼石の輸出港でもある。港湾施設は経済企画開発庁に属するリベリア港湾局が管轄している。

#### (3) 道路

モンロビア港からブッシュロッド発電所地点までは完全舗装された4車線道路である。輸送上、橋はないが、1ヶ所鉄道の陸橋下(高さ制限約5.4m)を通過しているものの、必要があれば迂回路が確保出来るので輸送上の制約はないと考えている。

### 3.3.4 操業指導

供与機器はその運転・保守にある程度の経験と、かなりの技術能力の有るスタッフが必要とされる。従って本案件運用要員の育成、確保は必要不可欠な重要事項である。具体的には、日常的な運転、保守は工事期間中の請負業者の技術員に依るオ

ン・ザ・ジョブ・トレーニングなどに依りリベリア共和国技術スタッフへの技術移転を行う必要がある。

また、基本設計調査団がリベリア国訪問時、同国側からも本案件について、日本人専門家の派遣ならびに同国側技術スタッフの日本国での研修実施の希望が表明された。上記の実施についてはE/Nに定めた期間内で対処するとともに本案件が長期に亘り、その機能を発揮し得るためには相手国の要望に応じ専門家の派遣・日本での研修等が必要と思われる。

## 第4章 基本設計



## 第4章 基本設計

### 4.1 設計方針

#### 4.1.1 設計の基本方針

本案件の設計にあたり、将来の改修、更新計画を考慮しつつ可能な限り既設設備及びその付帯設備を撤去して、その基礎を利用して既存の発電機室内に設置し、経済的な計画とすることを基本方針とする考えである。

既設の設備で本案件に利用するもので主なものは次の通りである。

#### (1) エンジン・発電機用コンクリート基礎

既設基礎を利用して中速5MWクラスのディーゼル発電機を据付ける場合、下記の選択が考えられる。

- 中速V型エンジン(720rpmクラス)
- 中速L型エンジン(500~600rpmクラス)

上記エンジンを既設基礎に据付けた場合、V型エンジンは重量、寸法共問題はないが、L型エンジンについては重量的には上限限界で可能と考えられるが、寸法的に問題がある。

(添付資料-②参照)

#### (2) 発電所建物(制御室を含む)

本案件は老朽化したため既に廃止したFairbanks-Morse製機(1961年製)の更新とも言えるものであるから既存の建物内に設置するが、この場合の機器の搬入について検討する。

ディーゼルエンジンは製造者工場で性能検証した後は出来る限り再分解せず、全装備の状態で見地に搬入するのが理想的である。

これは現地での組立、据付け作業が簡便となり、調整試験期間が少なくて済み、更には運転開始後の初期トラブルを減少させることができる。

本案件では5MWの中速V型エンジンの採用が予想されるので、この場合ディーゼルエンジン本体、発電機、共通台床の3分割程度での輸送が可能と考える。

従って、最も大きなディーゼルエンジン本体の搬入は既存の搬入口からは不可能であるので(添付図2-11参照)、搬入口を新たに設ける必要がある。

搬入口の準備、復旧工事は協議々事録に述べられているようにリベリア共和国側

が分担するものであり、具体的には3号機搬入時は2、3号機間の吸排気側の側壁を取外し、搬入後復旧することとする。

2号機搬入時は1、2号機間の側壁から搬入することとする。供与機器のディーゼル発電装置を上記の荷姿で発電所建屋内に搬入するために必要な入口寸法は巾3.5m、高さ5.0mであり、およびアンカーボルトを利用できるように設計するが、必要ある場合は小改造を行なう。

なお制御室についても将来計画を十分考慮に入れて機器配置を決定する。

### (3) 10トン天井走行クレーン

既存の天井走行クレーンを利用して供与機器の分解点検を行うので最大吊上げ荷重10トン及びフックの吊上げ高さ（床面から約6m）で運転・保守が支障なく実施できるよう考慮する必要がある。

このクレーンは5MW中速エンジンであれば運転開始後の分解点検に支障なく使用できる。しかし中速L型の場合はディーゼルエンジン本体は全装備姿では輸送できないため、現地の組立にクレーンが必要であるが既存のクレーンでは許容荷重、フック吊代共不足するので他のクレーンを準備する必要がある。

このクレーンは設置後25年を経過しており、据付および運開後の分解点検の万全を期すため電気部品の取替えをする必要がある。

### (4) 燃料貯蔵タンク

供与機器は既設のディーゼルオイル専焼からルークディーゼルプラントと同じ重油炊きに変更する。

重油およびディーゼルオイル貯蔵用タンクは従来どおりルークディーゼルプラント、ガスタービンプラントにも使用している下記のタンクを使用する。

重油タンク	:	574,100 US. GAL. (約 2,173kl) × 2本
ディーゼルオイルタンク	:	50,000 US. GAL. (約 189kl) × 2本
〃	:	864,000 US. GAL. (約 3,270kl) × 1本
予備タンク	:	410,738 US. GAL. (約 1,554kl) × 1本

1990年の想定需要電力量 473GWh（中期電力開発計画）をまかなうため水力と火力の分担を考慮した場合、重油タンクで約1ヶ月分、ディーゼルオイルタンクで約2.5ヶ月分の貯蔵能力を有しており、またリベリア石油供給公社のタンクがモンロビア港に隣接して設置されていることを考慮すれば新たな貯蔵タンクの設置は必要

ないと考えられる。

#### (5) 付帯設備

既設ディーゼル発電設備は1961年～1963年製であり、この付帯設備も相当老朽化しており設備信頼度の確保に問題がある。

そこで供与機器の補機用電源、制御用直流電源、電力系統並列用12.5kV開閉機器、昇圧用変圧器等は専用に設備するものとする。

また、本案件は老朽化した Fairbanks-Morse機の更新であり、発電システム、電力系統への接続等の構成は図2-10及び図4-1に示す通り既設機と略々同じである。

### 4.1.2 設計条件

#### (1) 気象条件（モンロビア市）

気 温	最 高	42 ℃
	最高平均	30 ℃
	最 低	21 ℃
湿 度	最 高	100 %
	最 低	70 %
	平 均	74 %
気 圧	標高（E L 3 m）	1.013 mb
雨 量	年間最大	950 mm
	時間最大	50 mm
	月間最大	620 mm
	雨 期	5～10月
風	風向（乾期）	東風
	風向（雨期）	北風
	最大風速	34 m

地震に対する設計上の配慮は必要ない。

海風による塩害対策は開閉所設備に設計上の考慮が必要である。

#### (2) 燃料組成

現在、ブッシュロッド発電所で使用されている燃料の組成は、次の通りである。

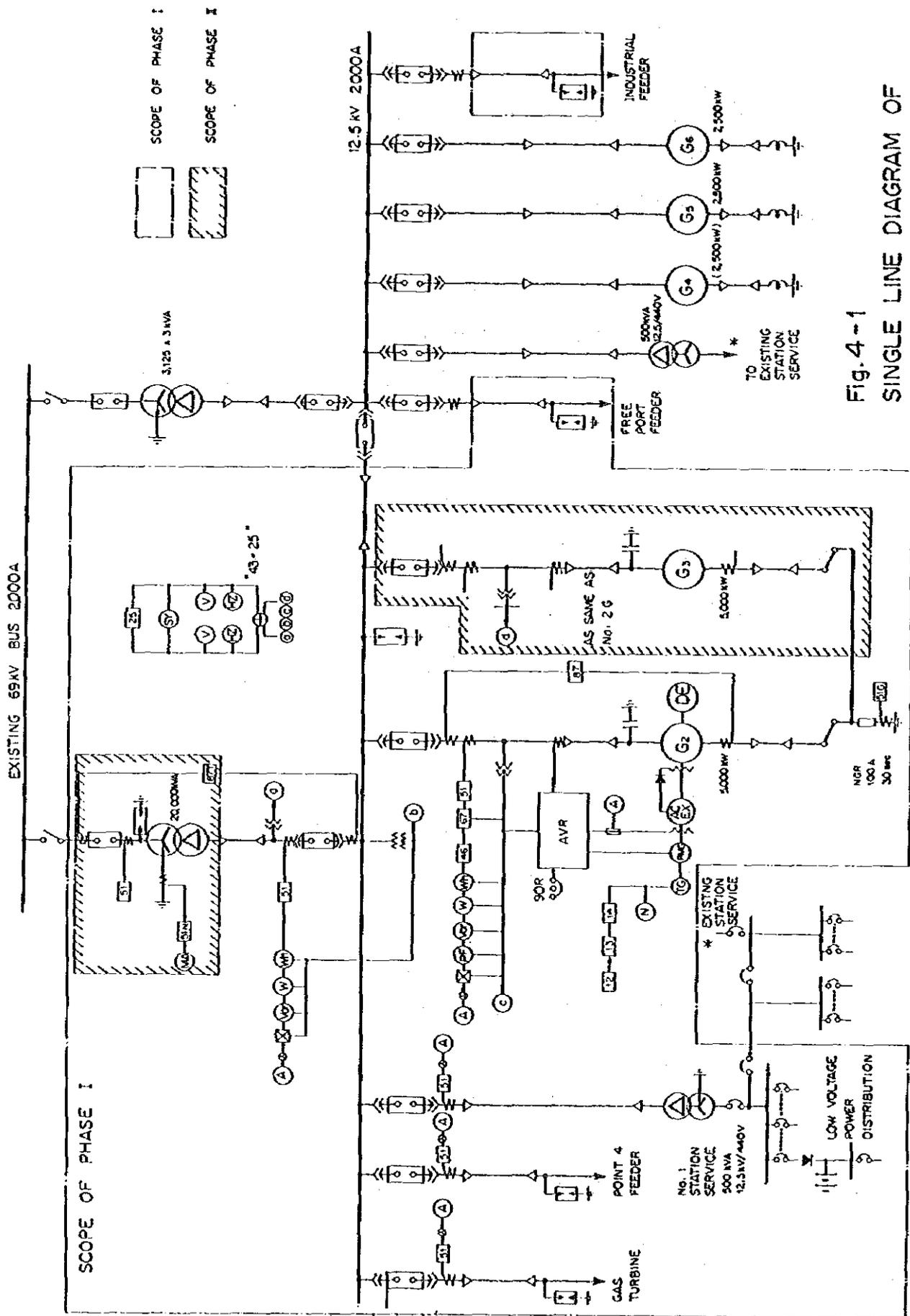


Fig. 4-1  
SINGLE LINE DIAGRAM OF  
BUSHROD DIESEL PLANT

(a) ガスオイル ( J I S , A重油相当 )

比 重	A. P. I	:	82 - 41
粘 度	SUS at 100 ° F	:	32 - 45
引火点	℃	:	> 66
硫黄分	% wt	:	< 1.0
水 分	% vol	:	< 0.05
沈殿物	% wt	:	< 0.01
発熱量	kcal / kg	:	10.200
セタン価		:	> 45

(b) 重油 ( J I S , C重油相当 )

比 重	15℃	:	0.965
粘 度	CTS/50℃	:	130 - 160
引火点	℃	:	> 60°
硫黄分	% wt	:	< 4.0
水 分	% wt	:	< 1.0
灰 分	% wt	:	< 0.12
バナジウム	PPM	:	< 150
ソジウム ( ナトリウム )	PPM	:	< 25
アスファルト	% wt	:	< 3
アルミニウム	PPM	:	< 30

(3) 冷却水の組成

現在ブッシュロッド発電所で使用されている冷却水はリベリア上下水道公社から給水されているもので、その分析データは次の通りである。

PH 25℃	:	8.2
Mアルカリ度	:	20.0 ppm
電気伝導率	:	81.7 $\mu$ mho/cm
塩化物	:	10.0 ppm
全硬度	:	26 ppm
水 温	:	29℃
水 圧 ( ブッシュロッド附近 )	:	1.0 ~ 2.0 kg/cm <sup>2</sup>

#### (4) 適用規格

供与機器の設計にあたっては主として次に示す日本規格を適用するものとする。

日本工業規格 ( J I S )

電気学会 電気規格調査会標準規格 ( J E C )

社団法人 日本電機工業会規格 ( J E M )

日本電線工業会規格 ( J C S )

## 4.2 基本設計

### 4.2.1 エンジン出力と発電機容量

発電機の定格出力は 5 MW であるので、その所要エンジン出力および発電機の定格容量を求める。

#### (1) エンジン出力

エンジン出力 ( 仏馬力 : P S ) は次式により求めることができる。

$$\text{エンジン出力 : } P_{e \geq} : \frac{P}{0.736 \times \eta_c} \text{ (P. S)}$$

ここに

$$\text{発電機出力 : } P = 5,000 \text{ (kW)}$$

$$1 \text{ (PS)} = 0.736 \text{ (kW)}$$

$$\text{発電機効率 : } \eta_c = 96 \text{ (\%)}$$

$$P_{e \geq} = \frac{5,000}{0.736 \times 0.96} \approx 7,080 \text{ (P. S)}$$

#### (2) 発電機定格容量

発電機の定格容量 :  $P_c$  (kVA) は次式によって求めることができる。

$$P_c = \frac{P}{P. f} = \frac{5,000}{0.8} = 6,250 \text{ (kVA)}$$

ここに

$$\text{発電機の力率 : } P. f = 0.8$$

#### 4.2.2 昇圧用変圧器

ブッシュロッドディーゼルプラントの発電機の電力を69kVに昇圧するための変圧器は現在、単相変圧器×3台2組(計18.75MVA)が設置されているが、老朽化が進み、予備変圧器も故障しており、信頼度上問題がある。このため、上記2組のうち1組を将来構想を加味し、20MVA変圧器に置きかえる。

#### 4.2.3 所内用変圧器

ブッシュロッドディーゼルプラントの所内電源用変圧器としては2台の500kVA変圧器が設置されているが、老朽化のため信頼度上問題があるので、上記2台のうち1台を交換する。

#### 4.2.4 配電盤(監視制御盤)

本案件のディーゼル発電装置を運転制御および監視するために次のような配電盤や監視制御盤が必要である。

- (1) 主監視制御盤
- (2) 発電装置制御盤
- (3) 中性点接地抵抗器盤
- (4) 直流電源盤
- (5) 交流電源盤
- (6) 励磁器盤

#### 4.2.5 しゃ断器

本案件ディーゼル発電装置で発電した電力を既設の母線に接続し、電力供給または停止する開閉器類が必要である。

- (1) 15kVしゃ断器 : 信頼性が高く経済的な真空しゃ断器(VCB)を採用する。  
CBの機能は故障時の電流を遮断し、電気機器の保護をするもので、通常の発電時には“閉”，停止時には“開”とする。
- (2) 72kVしゃ断器 : 本電圧クラスで一般的に使われているSF6ガスしゃ断器(GCB)を採用する。

#### 4.2.6 機材計画

供与機材の概略仕様は以下のとおりである。

##### (1) 設備用機材

供与機器	概略仕様	数 量		
		第1期	第2期	計
ディーゼル エンジン	種類 : 4サイクル定置型、発電用 出力 : 約 7,080 (PS) 連続 回転数 : 中速クラス 冷却方式 : ラジエーター 燃料 : C重油	1 台	1 台	2 台
発 電 機	種類 : 3相交流横軸同期発電機 定格出力 : 5,000 (kW) 連続 定格容量 : 6,250 (kVA) 連続 電 圧 : 12.5 (kV) 極 数 : 10 (極) 力 率 : 0.8 (遅れ) 周 波 数 : 60 (Hz) 絶縁階級 : F種 励磁方式 : ブラシレス 冷却方式 : 空気冷却	1 台	1 台	2 台
昇圧用変圧器	種類 : 屋外3相油入自冷 定格容量 : 20 (MVA) 電 圧 : 12.5/69 (kV) 周 波 数 : 60 (Hz) 結 線 : Δ/Y 中 性 点 : 直接接地	—	1 台	1 台
所内用変圧器	種類 : 屋内3相乾式自冷式 定格容量 : 500 (kVA) 連続 電 圧 : 12.5 (kV) / 440-254 (V) (3相4線式) 周 波 数 : 60 (Hz) 結 線 : Δ/Y 中 性 点 : 直接接地	1 台	—	1 台
し 断 器	種類 : 屋外形3相ガスし断器 定格電圧 : 72 kV 定格電流 : 1,200 A 定格し断電流 : 20 kA	—	1 台	1 台
し断器盤	種類 : 屋内閉鎖自立形 し断器 : 真空し断器 定格電圧 : 15 kV 定格電流 : 1,250 A 用途 : 12.5 kV 回路用 (a) 発電機用 2面 (b) 主変用 1面 (c) 配電線用 1面 (d) ガスタービン電源用 1面 (e) 所内電源用 1面	5 面	1 面	6 面

配電盤	種類	：屋内閉鎖自立形	6式	4式	10式
	用途	：制御・保護用			
	(a)	主監視制御盤	2式		
	(b)	発電装置制御盤	2式		
	(c)	中性点接地抵抗器盤	1式		
	(d)	直流電源盤	1式		
	(e)	交流電源盤	2式		
	(f)	励磁器盤	2式		
電力ケーブル	種類	：架橋ポリエチレン絶縁電力ケーブル	1式	1式	2式
	電圧	：15 kV			
	電線太さ	：250 (mm <sup>2</sup> ), 150 (mm <sup>2</sup> ), 38 (mm <sup>2</sup> )			

## (2) 補機システム

添付図3-7, 3-8, に示すように重油やガスオイルについては既設系統から分岐供給し, 冷却水については最寄りの給水管より供給することとする。

既設ブッシュロッド5, 6号機とは分離して, 信頼度を保つように考慮することとする。

特に廃油については廃油タンクや焼却炉を設けて発電所内で処理できるよう考慮することとする。

重油供給系統への保温用蒸気は現在ルークディーゼルプラントより供給しているが, 本案件のエンジンからも供給できるよう考慮して信頼度の向上を計ることとする。

## (3) 保守用諸資材

### (a) 主機器保守用の諸資材

本案件供与主機器の日常保守に必要な諸資材・予備品を3年間相当分および2回のオーバーホール(エンジン関係が主体)に必要な予備品(例えば, ピストンリング, ガスケット類, ベアリング等)を供与する。

### (b) 配電盤その他

静止機器と可動部のある機器では供与する予備品の種類, 数量が異なるが, 日常保守に必要な予備品(ヒューズ, パイロットランプ等)3年間相当分および継電器, 電磁接触器コイル, コンタクト類, ガスケット類, ベアリング等の機械的摩耗・劣化を生ずるもの, またブッシング, 温度計, 油面計, 切替スイッチ等で現地で修理の出来ないものについては最低一種類・一品目の予備品を供与する。

#### 4.2.7 系統への影響

モンロビア系統の送電線および変電所等の流通設備は余裕があり、本案件の10MWの発電機が設置されても問題はない。

## 第5章 事業実施計画



## 第5章 事業実施計画

### 5.1 実施体制

リベリア共和国側と協議の結果、日本国政府の無償資金協力による本案件の実施に関し、以下の体制により必要業務が実施されることとなった。その主たる事業実施体制を図5-1に示した。

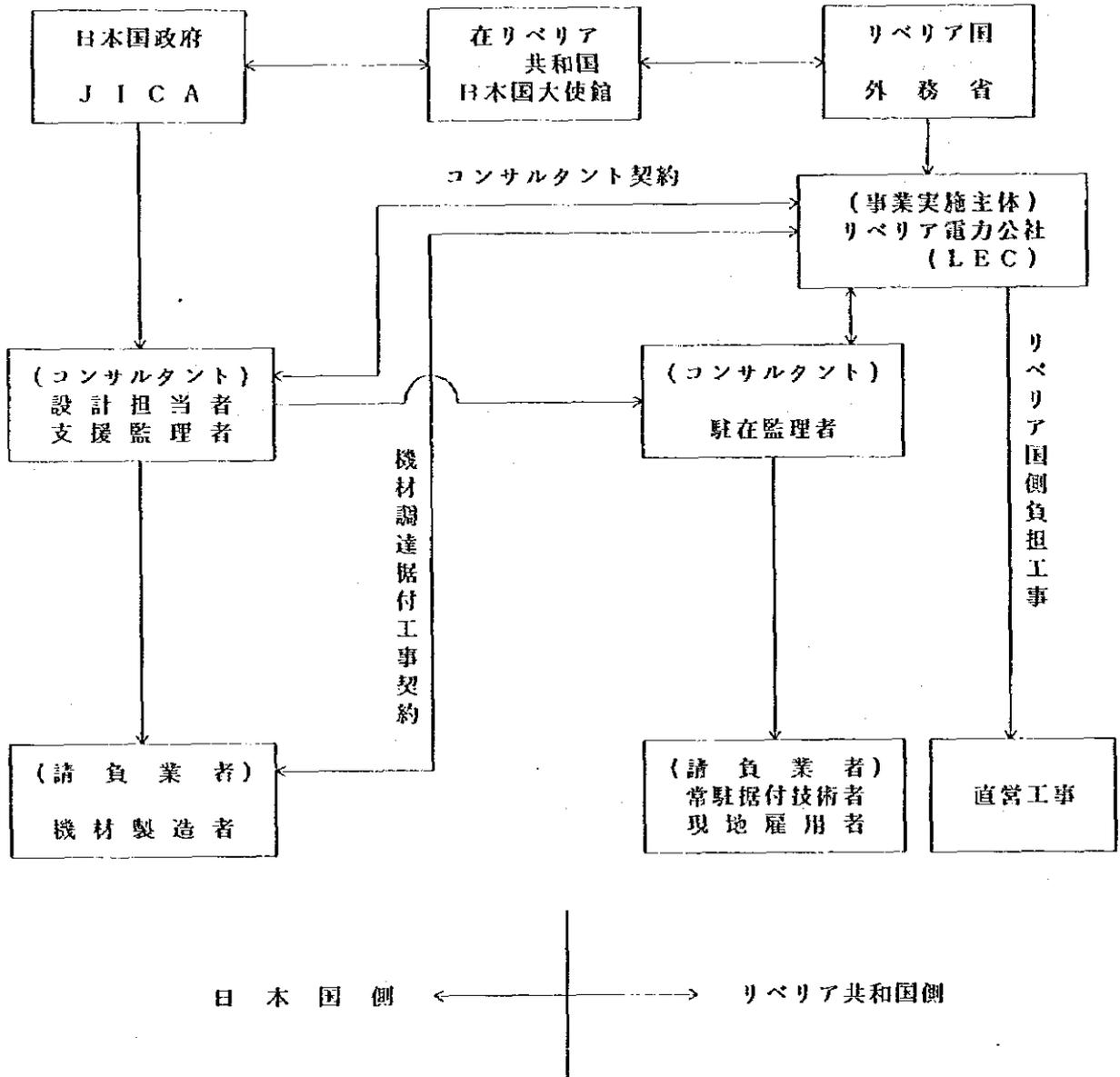
#### 5.1.1 リベリア側の業務

交換公文締結後のリベリア側の必要業務はLECが担当し、日本国側コンサルタント会社ならびに請負会社との契約、供与機器の据付工事に伴う業務を担当する。同社の実施段階における窓口は技術局 企画開発部の技術課で本格的な実施段階では円滑に業務を推進する為、専門スタッフで構成されるプロジェクトチームを編成する計画である。

なお、LECはリベリア共和国側負担工事を実施する為の実施予算を計上する準備をしている。

本案件のディスパースメントに関する BANKING ARRANGEMENT (B/A)の締結ならびにコンサルタント契約、請負契約に基づく AUTHORIZATION TO PAY (A/P) の発行はリベリア側の指定する銀行と日本側外国為替銀行との間で行なわれる。

図5-1 事業実施体制



## 5.1.2 コンサルタントの業務

本案件は閣議決定後、両国間の交換公文の締結を経て速やかに日本国側コンサルタント会社とL E Cとの間で本案件のためのコンサルタント契約が締結され、同契約に基づき、詳細設計、入札図書作成、入札、施工監理業務が行なわれるものとする。

### (1) 詳細設計

コンサルタントは基本設計調査の結果に基づいて、請負工事に必要な諸契約条件、すなわち一般条件、特殊条件、契約フォーム、技術仕様、その他図面、様式を作成する。

### (2) 請負業者選定のための入札

本案件の施工監理に際し、コンサルタントは請負業者選定のための入札広告、入札参加要請書の受理、入札説明会の開催、入札図書の発行を行ない、一定期間の後、応札者の入札書類を受理、審査し、さらに日本国側請負業者とL E Cとの間の契約締結に際し、必要な援助を行なうものとする。

### (3) 承認図の検討

請負業者より提出される資機材の製作承認図は全資機材調達に不可欠なものであり且つ急を要するため、日本国側コンサルタントがL E Cに代って凡ての承認作業を行なう。

### (4) 店頭（工場）試験の立ち会い

請負業者が製作する機器が請負契約に定めた技術仕様ならびにコンサルタントが既に承認した承認図通り製作中かあるいは製作済みかを確認する所謂“店頭”試験はタイムリーに行なわれなければならない。従って上記試験には日本国側コンサルタントがL E Cに代って立ち会うものとする。

### (5) 現地における施工監理

コンサルタントはコンサルタント契約に基づいて、着工前打合せ会議、主要機器据え付け、調整試験及び引き渡し等クリティカル・ポイントにその要員を現地に派遣し、交換公文に定められた所定の期間内に本案件の工事が円滑且つ確実に完了するよう努めるものとする。

### (6) 業務進捗状況報告

コンサルタントは請負業者の行なう機器製作、輸送、据付け、調整試験、引き渡し等を含む工事の全期間について月報を作成し、これを日本国政府側に提出し、必

要の都度、本案件の進捗状況を報告するものとする。

### 5.1.3 請負業者の業務

本案件に係る供与機器の供給・据付け工事に関する請負契約をL E Cと締結した後、日本国側請負業者は同契約に基づき以下の業務を行なうものとする。

#### (1) 製作用図面の作成

契約の諸条件に基づいて、供与機器製作の設計図を作成し、コンサルタントの承認を得るものとする。

#### (2) 供与機器の製作

承認された図面に基づき、供与機器の製作を行い、同機器製作中もしくは完了後、製作機器が契約条件、承認図面に忠実に行われているかを確認のため、請負業者の行う店頭（工場）試験にコンサルタントの立ち会いを求めるものとする。

#### (3) 輸 送

日本国の積出港からリベリア共和国モンロビア港を仕向港として、供与資機材等の輸送を行ない、仕向港での荷卸しの後、輸入通関を経て、L E Cのブッシュロッド発電所構内までの陸上輸送を行う。

#### (4) 据付け工事

供与機器据付けのための基礎工事を行い、引き続き既存電力系統への母線接続工事、既存燃料系統への配管接続工事、既存冷却水系統への配管接続工事を含む供与機器の据付け工事を行う。

#### (5) 引き渡しのための調整試験

据付け工事完了後、ディーゼル発電装置の性能確認のための一連の試験を行う。

#### (6) オン・ザ・ジョブ・トレーニング

供与機器の据え付け工事期間中、L E Cの供与機器の運転・保守要員候補者に対し、オン・ザ・ジョブ・トレーニングを行う。

## 5.2 実施業務の範囲

本案件実施に関し、日本国政府の分担する業務およびリベリア共和国政府側の分担する業務は以下の通りである。

### 5.2.1 日本国政府側が分担する業務

- (1) 4.2.6 項に記載された資機材の製作
- (2) 上記(1)記載の資機材の海上及び陸上輸送
- (3) 資機材の据付け、調整試験
- (4) 詳細設計、入札、施工監理に係るコンサルタント業務

### 5.2.2 リベリア共和国政府側が分担する業務

- (1) 工事用敷地の提供と整備
- (2) 5.2.1 (1)に記載した資機材を発電所建屋に搬入するために必要となる搬入口の開  
口及び閉鎖
- (3) 既設発電設備及び同付帯設備の撤去及び清掃
- (4) 工事中の水、電気の供与、試運転中の燃料の供給
- (5) その他、本無償資金協力によって実施される事項以外の項目

なお、日本国から供与される資機材ならびに工事实施に係る日本人の役務に対する一切の輸入関税、公租公課の免除がリベリア共和国政府により円滑かつ確実に実施されることを前提とする。

## 5.3 調達・輸送・施工計画

### 5.3.1 資機材の調達計画

リベリア共和国においては本案件の工事に必要な特殊用途に合致するような品目は殆んど生産されておらず、すべて日本製品の輸入に頼らざるを得ない。下表に本案件の実施にかゝる主要な資機材の調達計画を示す。

日 本 で の 調 達	現 地 調 達
ディーゼルエンジン	枕 木
発 電 機	セメント
変 圧 器	骨 材 (砂, 砂利)
発電盤開閉装置	
ポンプ類	
配管, バルブ類	
電線管及びケーブル類	
鋼 材	
塗 料	
保守用特殊用工具	
諸 材 料	
予 備 品 (3ヶ年分)	

資機材の陸上輸送, 現場搬入, 基礎工事, 掘付工事との関連を充分考慮の上, 工程をたてる必要がある。

現在, 資機材の輸送は2回に分け, 第1船には工具, 諸資機材類を積むものとし, 主要資機材は第2船に船積みするのが妥当と考えられる。この主要資機材がモンロビア港到着後, 機械工事, 電気工事, 調整試験の後, 完成したディーゼル発電設備が事業実施主体に引渡されることとなる。

以上のことを勘案すれば, 海上・陸上輸送その他を考慮に入れれば遅くとも供与施設引渡しの5ヶ月前に第2船が船積港を出港する必要がある。従って, その出港間に合うよう, 製作, 検査, 梱包, 輸送と云った資機材調達業務を行う必要がある。

主要資機材中, 衝撃に弱い品目, 湿気に弱い品目, 高温にセンシティブな品目について, 例えば衝撃に弱い計器類を沢山内蔵する配電盤は梱包時に固定する方式とするとか, 湿気に弱い発電機固定子及び回転子は湿気防止の真空梱包にするとか, 高温に過敏な塗料等は輸送中発火をさけるような梱包をするなど, 梱包には充分な配慮がなされ, また船積み前に厳格な検査が行われる必要がある。

供与施設引渡し後の同施設の運営管理に当っては定期点検を充分行い, 故障時には

迅速且つ円滑に対処し得るよう本案件には主要機器に加え、適切な量の予備品の調達が必要であると考えられる。

### 5.3.2 輸送計画

現在日本よりモンロビア港へは、2～3社の船会社が月1回の割で配船されているが、フルコンテナ船も有り、しかも、モンロビア港に於ける荷卸貨物及び積込貨物が少ないため、必ずしも定期的な配船サービスはされていないのが実情で有る。

又、本プロジェクト用機器の中には重量物も有り、ヘビーデリックの設備を持った本船を用意せねばならないので、早い時期より配船計画を練らなければならない。

リベリア国内に於ける輸送については、特に重量品について検討する必要がある。モンロビアでは40TONトレーラーが最大でこれ以上の重量物を運搬する場合は第3国から輸送機器は持込ざるを得ない状況下に有る。又、発電所サイトに於ける荷卸、据付作業時に使用するクレーンについては、現在LEC所有の70トンクレーンでは、トレーラーより荷卸しするだけの能力しかなく、階上への吊上げには最低30トン以上のクレーンにて共吊りする事が必要となり、当該クレーンの入手はリベリア国内では難しいため、第3国からの持込が必要となろう。

さらにモンロビア港における貨物のハンドリング、陸上輸送、盗難防止、サイトでの保管の観点から、重量物や長尺物以外は極力コンテナ貨物にすべきである。

### 5.3.3 施工計画

交換公文締結後直ちにコンサルタントはコンサルタント契約をLECと締結し、基本設計の方針にそって詳細設計を行い、その成果についてLECに十分な説明をするとともに、リベリア共和国政府分担工事の具体的スケジュールを確認する必要がある。とくに上記分担工事中、既存機器の撤去・清掃ならびに搬入口の工事は日本側請負業者が供与機器の据付工事を開始するまでに完了していなければならない、このことが全体工事を進める上での重要ポイントとなる。またリベリア共和国側分担工事、供与機器の据付工事と資機材の搬入、各工種別工事の着手時期、相互の取り合いなど綿密な上にも綿密な計画を練り、調整を行い手戻りのない具体的工程を組む必要がある。

本案件が既存電力機器の設置されている発電所内に機器を据付けることから、当然ながら、既存電力系統への母線接続、既存燃料系統への配管接続、既存冷却水系統へ

の配管接続等の諸工事が日本国側請負業者により行われる前に両者間の協議・調整が必要であり、これらの工事が予定通り実施されるようL E Cの充分且つ適切な対応が望まれる。

#### 5.4 実施スケジュール

本案件の実施スケジュールは両国政府間の交換公文締結から、供与施設引き渡し(TAKING-OVER)までを12ヶ月とし、図5-2の通り「事業実施スケジュール」を作成した。

なお、本案件は資金計画の枠、及び運転指導をよりキメ細かく行うため、2期に分けて実施する。

#### 5.5 概算事業費

本案件の実施に際し、両国政府が負担する概算事業費は次の通りである。

(1) 日本国政府負担分	13.54億円
	(第Ⅰ期 6.92億円)
	(第Ⅱ期 6.62億円)
(2) リベリア国政府負担分	9.5百万円
	(第Ⅰ期 4.4百万円)
	(第Ⅱ期 5.1百万円)

図5-2 リベリア共和国 モンロビア電力供給改善計画 事業実施スケジュール (IおよびII期)

No.	項目	工程年度 月	備考														
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
1.	交換公文締結	☆															
2.	コンサルタンツ契約締結 実施設計、入札図書作成	△	□														
3.	広告・入札図書発行	△															
4.	入札締切 請負契約論印、認査		□	△													
5.	設計打合せ、承認図作成、検討				□	□											
6.	機器工場試験 製作				□	□	△										
7.	船積み・輸送					□	□										
8.	着工前打合せ						□										
9.	内陸輸送(合・輸入通関)						□	□									
10.	建物改造修理・機器搬入 (くりア側所工事)						□	□									
11.	工事							□									
12.	引渡し試験								□								
13.	操業指導(運転・保守関係・指導)									□							
14.	機器引渡し															△	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			

## 5.6 施設運営・管理計画

### 5.6.1 運転保守計画

供与機器の運用開始後、その性能を十二分に発揮させる為には、日常の運転監視と共に定期点検が不可欠である。この為、機器据付中のオン・ザ・ジョブ・トレーニングを通じ、同機器の運転、保守技術を習得すると共に製造業者が用意するマニュアル等に記載する事項をベースに、運転計画を加味した点検補修計画を作成し、それを確実に遵守する事が重要である。

運転保守の組織については、現在ディーゼルプラントとして同一組織の下で運営されているルーク及びブッシュロッド両プラントの要員を、供与機器が運用を開始する時点では新ブッシュプラントについても現在のルークプラントの運転要員と同様な組織とし責任体制を明確にして万全を期す計画である。現在ルークプラントは3人の外国人専門家の指導の下にリベリア人だけで運転保守をする体制を整備しつつあるが、供与機器についても新しい機器という事を考慮すれば当面日本側専門家による運転保守面の指導を考慮する必要があるだろう。

## 第6章 事業評価



## 第6章 事業評価

### 6.1 プロジェクトの裨益効果

#### 6.1.1 負荷カットの緩和

これまでリベリアのモンロビア系統の電力需給は、全般的な電力消費の落ち込みにもかかわらず、負荷カットが日常的に実施されてきた。昨年（1月～5月）における負荷カットを例にとると主な変電所でみても毎日平均 3.3時間の停電があり、多いところでは平均5時間に達するところもある。さらに、最大停電時間をとると場所によっては24時間に亘って停電が行なわれた地区もあり終日電気の送電が全くない日もあったことになる。こうした深刻な事態に対し、現有設備では、施設の老朽化が目立ち、新設の発電機類も故障が頻発し、今後とも電力の安定供給は望むべくもなく、1989/90年時点では1日について6時間の供給不足が予測されており、需給バランスは一層深刻化する事態が想定される。

本案件で日本政府が供与予定の10MWの発電機が運転開始となれば不足時間は6時間から1時間程度に大幅に短縮されることになる。当然のことながら、抜本的解決策は追加ディーゼル発電機（20MW）の早急な導入か、水力発電所の新規建設に待つことになろうが、今回のわが国の無償協力は文字通り緊急避難的な対策として、モンロビア系統の負荷カットの緩和に大きな効果が期待される援助と言えよう。

#### 6.1.2 財務収入の貢献

LECの財務収入は既述の通り、電力料金の未収問題、非技術的損失（ロス）の問題等収入面の大きな問題を抱えている。今年策定された「中期電力開発計画」の実施に当たっては、その財源確保が大きな課題である。この点本プロジェクトの実施により、LECは新たな発生電力量として20年間に520GWh（ $10\text{MW} \times 0.8 \times 65,000\text{hour}$ ）が期待でき、電気料金収入としては85百万ドルが推計される。これにロス率28%を考慮しても61.8百万ドルが料金収入として期待でき、この結果毎年平均約309万ドルの財務収入増となる。1984/85年度のLECの総収入は約3,560万ドルであることから、この新たな料金収入は総収入の約9%に相当し、燃料費支出の約6割近くを賄うことが出来る規模である。

この粗収入から本プロジェクトの運転に際しての人員費、燃料費、保守費を差し引

いても 200万ドル以上の純収入増となり、L E Cの財務収入へ多大な貢献をすること  
になろう。

### 6.1.3 燃料支出の節約

石油ディーゼル発電は乾期中心にL E Cの主力電源である。そのため燃料費の財政  
負担は大きく、昨年のケースでは燃料費予算の制約からもより広域的な負荷カットを  
実施せざるを得なかった。燃料費支出の推移をみると、1981/82年 940万ドル、1982  
/83年860万ドル、1983/84年 770万ドル、1984/85年には 960万ドルまで増加した。

1985/86年は推計では 530万ドルと減少したが、これは節約があった訳ではなく、  
財政的理由から燃料費財源に不足が生じ、大幅な負荷カットを実施したことが実態で  
ある。

そこでL E Cにとっては発電コストの引下げが緊急課題としてあるが、特に燃料単  
価の高いガス・タービン発電は極力抑えたい意向である。今回、本件にて導入を検討  
している発電機は重油を使用するもので、同じ容量のガス・タービンと比較し、総額  
44百万ドルの削減になり、年経費ベースでは、ガス・タービンより 2.2百万ドルの相  
対的節約が可能となる。

このように、より安価な運転コストである重油炊きディーゼル発電機の選定により、  
L E Cの財政負担は軽減され、既設のガス・タービンはピーク発電用および予備電源  
用としての活用を図る方向になろう。

### 6.1.4 国民生活と公共サービスへの寄与

モンロビア都市圏を中心に、現在L E Cの需要家は一般家庭戸数で36,000~37,000  
戸に及んでいる。モンロビアの家族数を92,000戸程度と推定すると約4割が電化され  
ているに過ぎないことになる。

近年、一般家庭における電化製品の普及は目覚ましいものがあり、ラジオ・テレビ・  
冷蔵庫・クーラー等の需要が伸びる中で、今後の一般家庭による電力消費も急増する  
と思われる。しかるに過去2~3年の間実施された負荷カットは、主に一般家庭を対  
象にしており、停電により市民生活は深刻な打撃を受け、日常生活は大きな支障が生  
じている。他方、停電の実施は官庁、電報・電話局、郵便局、病院、水道局等の日常

業務に少なからず悪影響を与えており、停電による官庁業務の停滞は、市民生活の公共サービスを著しく制約することとなっている。

今回わが国の協力によるL E Cの電力供給力の向上は、その意味から、モンロビア市民の生活環境の改善と公共サービス向上に波及効果は大きく、電化率の向上と相まって一層電力の恩恵を受けることが可能となると言える。

#### 6.1.5 産業セクターへの波及効果

産業セクターの経済成長は、1980年代に入り年々縮少を続け、過去5年間（1980-1984年）平均6%近い減少となった。リベリアにおける製造企業数は1981年時点でモンロビア市内には852社がある。主な業種は、衣服（426社）、家具（171社）、ブロック製造（99社）、製パン（39社）、宝石加工（37社）、出版（31社）があり、大部分は中小企業である。

最近の世界的景気後退と一次産品価格の低迷から国内産業の成長は鈍化の傾向にあるが、1980年以前産業用は総電力消費量の17%のシェアを占めていた。

L E Cの負荷カットは、こうした産業セクターに対しても多大な影響を及ぼしており、さらに不安定な電力供給に対する各企業における自衛手段として自家用発電機及び非常用発電機（Back-up generator）を設置していることから著しい経済コスト負担を強いる結果となっている。

事実、政府が1975年に建設した「リベリア自由貿易地区」（Liberia Industrial Free Zone）は総面積113エーカーを確保しているにもかかわらず、現在5社が参入しているに過ぎず、外国企業との誘致交渉において外国企業が問題としていることは、電力の安定供給問題であり、停電を想定した予備電源設備コストの計上は初期投資を著しく増大させ、しかも事業の採算性を悪くすると懸念を表明している。

1985/86年、L E Cの産業セクターへの電力供給は14.64GWh、全体の中で7%弱に過ぎない状態であるが、1986/87年度には、28.51GWh、11%以上の電力供給を目指す意向である。このように国家経済の牽引車であるべき産業セクターに対する電力の安定的供給が実現することは、各企業の経済コストの低減につながり、この面からも本件の産業発展に及ぼす波及効果はきわめて大きいものがあると言えよう。

## 6.2 財務分析

本プロジェクトのL E Cにとっての財務評価を行った。財務分析に当っては次の諸点を前提として考慮した。

### (a) 運転計画

本件は主に乾期の電力供給を目指すものとし、将来的には序々に水力発電への移行が図られることを前提に運転計画は次の通りとした。

1990年 — 1999年           年間 3,600時間

2000年 — 2009年           年間 2,900時間

### (b) 販売電力量

販売電力量については現在のL E Cのロス率の縮小計画を参考に送配電ロス率を20%とし、これに所内電力用として8%を加えた28%を発生電力量より差し引き算出した。

### (c) 初期投資

初期投資は本件の建設コストとした。

### (d) 維持・運転経費

本件の維持・運転経費は、L E C既設のディーゼル発電所の実績を踏まえ、kWh当り1セントとし、これには人件費、潤滑油、スペアパーツ、その他間接経費が含まれるものとする。

### (e) 燃料経費

燃料経費は、L E Cより入手した最新のリベリア石油精製公社(L P R C)のデータを基に、C重油をガロン当り54.3セント、A重油をガロン当り70.8セントとし、これにより発電端電力原価はC重油分でkWh当り5.26セント、A重油分で6.05セントとした。

### (f) 便 益

本件の便益(Benefit)は、L E Cの最新の平均電力価格(ほぼ現行の電気料金相等)に販売電力量を乗じ、更に料金回収率の見通し87%を乗じ算出した。

### (g) プロジェクト・ライフ

本件では20年をプロジェクト・ライフとした。

上記の前提を基に財務評価を行ったところ、財務内部収益率(Financial Internal

Rate of Return (FIRR) は 19.24% となった。さらに上記前提について (i) 燃料費が 10% 高騰したケース、(ii) ロス率の改善が遅れ現在のロス率の 39% としたケース、(iii) 初期投資コストが 10% アップしたケースのそれぞれの感度分析 (Sensitivity analysis) を行なったところ結果は著しいマイナスの影響はなく、十分な収益性を示している。

(詳細は添付資料 - 3 参照)

以上のことから、本プロジェクトは財務的にもフィージブルであり、本件が LEC に  
とって十分な採算性のあるプロジェクトと言えよう。

LEC. BUSHROD POWER STATION EXTENSION  
FINANCIAL RATE OF RETURN COMPUTATION

BASE CASE :

YEAR	GROSS GENERATION (GWh)	INCREMENT IN SALES (GWh)	INVESTMENT	OPERATION & MAINTENANCE	FUEL	TOTAL COSTS	BENEFIT	NET CASH FLOW
1987			0.23			0.23	0.00	- 0.23
1988	2.4	1.7	4.71	0.02	0.07	4.80	0.24	- 4.56
1989	14.4	10.4	4.27	0.14	0.41	4.82	1.49	- 3.33
1990	28.8	20.7		0.29	0.82	1.11	2.97	-
1991	28.8	20.7		0.29	0.82	1.11	2.97	1.86
1992	28.8	20.7		0.29	0.82	1.11	2.97	1.86
1993	28.8	20.7		0.29	0.82	1.11	2.97	1.86
1994	28.8	20.7		0.29	0.82	1.11	2.97	1.86
1995	28.8	20.7		0.29	0.82	1.11	2.97	1.86
1996	28.8	20.7		0.29	0.82	1.11	2.97	1.86
1997	28.8	20.7		0.29	0.82	1.11	2.97	1.86
1998	28.8	20.7		0.29	0.82	1.11	2.97	1.86
1999	28.8	20.7		0.29	0.82	1.11	2.97	1.86
2000	23.2	16.7		0.23	0.70	0.93	2.40	1.47
2001	23.2	16.7		0.23	0.70	0.93	2.40	1.47
2002	23.2	16.7		0.23	0.70	0.93	2.40	1.47
2003	23.2	16.7		0.23	0.70	0.93	2.40	1.47
2004	23.2	16.7		0.23	0.70	0.93	2.40	1.47
2005	23.2	16.7		0.23	0.70	0.93	2.40	1.47
2006	23.2	16.7		0.23	0.70	0.93	2.40	1.47
2007	23.2	16.7		0.23	0.70	0.93	2.40	1.47
2008	23.2	16.7		0.23	0.70	0.93	2.40	1.47
2009	23.2	16.7		0.23	0.70	0.93	2.40	1.47

(IN MILLIONS OF US DOLLARS)

FIRR 0.1923529

NET PRESENT VALUE  
10%

4.72 12%

COST BENEFIT RATIO  
10%

1.32 12%

1.24

## 第7章 結論・提言



## 第7章 結論・提言

### (1) 結 論

電力の安定供給は、国民生活ならびに産業発展に不可欠である。

本案件は上記条件の達成のため、モンロビア地域の緊急を要する電力不足の解消のため行うもので、その計画内容について、電力供給面、技術面及び経済面から検討した結果、最適な計画内容であることが確認出来る。

本案件の実施は、電力不足に伴う諸障害が解消され、モンロビア地域の首都機能の改善、市民生活の安定、産業の活性化等に貢献するものである。

また、リベリア共和国政府は、本案件の実施体制、施設運営管理体制、要員等、これに対応する諸準備を整えている。従って、本案件は我が国の無償資金協力の対象として充分妥当なものと判断される。

### (2) 提 言

今回供与される発電設備は、リベリア電力公社の設備更新計画の一環を成すものであり、既設機器の撤去、搬入口の新設等のリベリア共和国政府が分担する業務を確実にを行い、E/N締結後、所定期間内に本案件の事業を円滑に実施することが望ましい。

また、長年に亘り供与機器がその機能を発揮し得るため、リベリア共和国政府は、本案件の完成後ブッシュロード発電所において運転、保守に携わるリベリア電力公社の技術スタッフをして、日本国側請負業者から派遣される技術指導員より技術習得のため、組立、据付工事及び試験に出来るだけ多く参画せしめ、また同請負業者より提出されるマニュアル記載の点検、手入れ基準を遵守せしめると共に、部品及び燃料の調達について、恒常的に予算を確保する必要がある。

運転開始後も、しばらくの間、日本側技術指導員による技術指導が継続され、機器の取扱いがより十分に習熟できる様技術指導について配慮されることが望まれる。



## 資料編



## 資料編

### 資料編 目 次

資料-1	主要面談者	A-1
資料-2	調査団の構成	A-3
資料-3	現地調査日程	A-4
資料-4	協議議事録(写)	A-6
資料-5	収集資料リスト	A-11
資料-6	添付資料	A-14
	(1) ディーゼルエンジン機種を選定について	A-14
	(2) 既設コンクリート基礎の検討について	A-26
	(3) 財務評価の感度分析結果のデータシート	A-29
資料-7	添付表	A-36
資料-8	添付図	A-46



## 主要面談者

省庁名等	氏名	役職名等
日本大使館	石堂知宏	参事官(大使代理代行)
"	薄井次郎	三等書記官
"	鳥海正行	大使館員
日本海外青年協力隊事務所(JOCV)	M. Yoshimura	Director
リベリア電力公社(LEC)	Mr. D. Allison	Chairman of LEC Board (国防大臣)
"	Mr. S. N. Burnette	Managing Director (M. D)
"	Mr. C. Z. Neyor	Acting & Dupty M. D. for Technical Services
"	Mr. E. L. Clarke	Comptroller, Deputy M. D. for Finance
"	Mr. J. T. Mayah	Deputy M. D. for Operations
"	Mr. G. B. Coleman	Manager, Coporate Planning Department
"	Mr. E. A. Thomas	Assistant Manager, System Study Section その他LEC関係者
外務省	Mr. Bestman	Assistant Minister for Asian Affairs
計画経済省	Ms. Liberty	Assistant Minister for Statistics
"	Mr. Liberty	Assistant Minister for Sectoral Planning
土地・鉱山・林業省	Mr. W. Stewart	Deputy Minister for Planning & Development
"	Mr. H. Nuefville	Assistant Minister for Energy
大蔵省	Dr. A. Sayeh	Advisor to the Ministor of Finance
国家投資委員会	Mr. C. Bolu	Chairman
公共事業省	Mr. A. Ricks	Economist, Planning Department
"	Mrs. Belleh	Chief, Planning Department
リベリア中央銀行	Mr. Hunder	Economist, Finance Department
商工運輸省	Mr. B. T. Collins	Assistant Minister for Insurance



省 庁 名 等	氏 名	役 職 名 等
リベリア石油精製公社	Mr. W. Burnette	Deputy Manager for Marketing
リベリア水道下水公社	Mr. A. F. Koiguah	Deputy Managing Director for Operation & Outstations
パナマ工業自由貿易区庁	Mr. M. W. Dweh	Operation Manager
世 銀 事 務 所	Mr. J. C. Kendail	Resident Representative
		その他官公社関係者
業 者 関 係	Mr. P. Pelizzari	Managing Director, BAO
	Mr. P. F. J. Stappers	Marketing Manager, Scanship Inc.
	Mr. P. Manninen	Resident Manager, Lemminkainen OY
	Mr. M. Mathis	General Manager, Fabra Inc.
	Mr. M. S. Hedjazi	General Manager, Hedjazi Steel Works
	Mr. D. Frankfort	General Manager, Nesstra Inc.
	Mr. S. Z. Ghoussainy	General Manager, K&H Construction Company
	Mr. R. T. Barnes	Manager, Lone Star Insurance Inc.
	Mr. R. Schlitt	Superintendent, Electrical Department, Bong Mining Company
		その他業者関係者
教 育 テレビプロジェクト	佐 藤 敏 夫	全日本テレビサービス(株), 海外事業本部, チーフエンジニア
”	T. Tanegashima	Engineer, Broadcast Installation Section, NEC Corporation



## 調査団の構成

本基本設計調査団は、国際協力事業団無償資金協力計画調査部金井盛一を団長として、次の通り構成され、昭和62年4月19日から同5月15日までリベリア共和国政府関係者との協議及び現地調査を含む基本設計調査を実施した。

氏名	担当業務	所 属
金井盛一	団長・総括 計画管理	国際協力事業団・無償資金協力計画調査部・ 基本設計調査第1課・課長代理
市川武司	発電計画	㈱EPDCインターナショナル
一ノ瀬五男	発電設備	㈱EPDCインターナショナル
高梨寿	電力経営	㈱EPDCインターナショナル



## 現地調査日程

日順	月 日	曜日	調 査 項 目
1.	4月19日	日	成田発 20:20, SR187
2.	20日	月	チューリッヒ着 6:35
3.	21日	火	チューリッヒ発 12:40-モンロビア着 20:40, SR242
4.	22日	水	大使館訪問, 石堂参事官へ挨拶, インセプションレポートより調査内容・日程概要説明 リベリア電力公社(LEC)訪問, ネイヤー総裁代理へ挨拶, インセプションレポートにより調査内容・日程説明
5.	23日	木	計画経済省, 外務省, 大蔵省, 国防省(大臣・LEC運営会議々長)表敬訪問
6.	24日	金	ブッシュロッド火力発電所, インセプションレポートにより調査内容・日程説明, 同発電所調査
7.	25日	土	マウント・コーヒー水力発電所調査
8.	26日	日	団内打合せ, 収集資料の検討
9.	27日	月	ブッシュロッド発電所, 要請内容の確認と協議
10.	28日	火	日本海外青年協力隊(JOCV)事務所訪問, LEC本社, 議事録署名
11.	29日	水	大使館, 中間報告(団長帰国) 教育テレビプロジェクト(無償援助)コントラクター事務所訪問
12.	30日	木	ブッシュロッド発電所, 資料収集, 調査日程打合せ 教育テレビプロジェクト(リベリア国営放送局-LBS内)コンサルタント事務所訪問
13.	5月1日	金	LEC本社, バーネット総裁(MD)へ挨拶 ブッシュロッド発電所, 付属変電所調査 計画経済省, 経済関係資料収集
14.	2日	土	ボン鉱山会社(BMC)訪問, 鉱山用電力設備調査
15.	3日	日	収集資料の検討, 打合せ準備
16.	4日	月	ブッシュロッド発電所, 制御室調査 リベリア港湾局(NPA)モンロビア港事務所訪問, 調査 輸送業者訪問, 資料収集 リベリア石油精製公社(LPRC)訪問, 石油燃料価格 調査 国連開発計画(UNDP)事務所訪問, 開発計画資料収集



日順	月 日	曜日	調 査 項 目
17.	5日	火	ブッシュロッド発電所, ディーゼル発電装置基礎調査 工事業者訪問, 資料収集 計画経済省訪問, 資料収集 LECトレーニングセンター, 調査
18.	6日	水	ブッシュロッド発電所, 補機関係調査 据付業者訪問, 資料収集 国家エネルギー委員会(NEC)訪問, エネルギー政策 調査 土地・鉱山・エネルギー省及び工業省訪問, 鉱工業統計 調査
19.	7日	木	ブッシュロッド発電所, 配管ルート調査 ガラス工場訪問, 工場用電力設備調査 工業自由貿易区庁(IFZA)訪問, 工業活動調査 世銀事務所訪問, 経済概況調査
20.	8日	金	ブッシュロッド発電所, 搬入口検討 陸上輸送ルート調査 公共事業省訪問, 工事単価調査, 大蔵省訪問 リベリア中央銀行訪問, 銀行利子等金融調査
21.	9日	土	ブッシュロッド発電所, 追加調査, 写真撮影 電信・電話公社訪問, 料金調査
22.	10日	日	ホテル, 自動車レンタル会社等訪問, 料金調査 資料整理, 打合せメモ作成
23.	11日	月	ブッシュロッド発電所, 打合せメモ協議, 追加資料要請 保険会社訪問, 資料収集 国家投資委員会(NIC)訪問, 外国投資調査 リベリア水道下水公社訪問, 水道料金・水質資料収集 LEC本社商業部, 電力料金徴収状況調査
24.	12日	火	LEC本社, 打合せメモ署名, 帰国挨拶 大使館, 日本青年協力隊事務所, 報告・帰国挨拶 大蔵省, 財政状況調査 工業自由貿易区庁, 国連開発計画事務所, LEC本社 人事部訪問
25.	13日	水	モンロビア発 10:20-アムステルダム22:10, KL578
26.	14日	木	アムステルダム発 14:20, KL861
27.	15日	金	成田着 8:50



協議議事録(写)

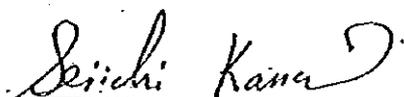
MINUTES OF DISCUSSION  
ON  
THE PROJECT FOR IMPROVEMENT OF ELECTRIC POWER SUPPLY IN MONROVIA  
IN  
THE REPUBLIC OF LIBERIA

In response to the request made by the Government of the Republic of Liberia for the Project for Improvement of Electric Power Supply in Monrovia in the Republic of Liberia (hereinafter referred to as "the Project"), the Government of Japan has sent, through the Japan International Cooperation Agency (hereinafter referred to as "JICA") which is an official agency implementing the technical cooperation of the Government of Japan, the team headed Mr. Seiichi Kanai, to conduct the survey for 27 days from April 19 to May 15, 1987.

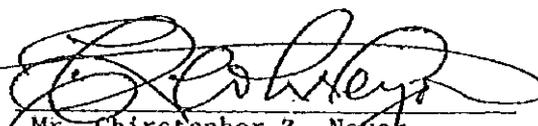
The team carried out a field survey, held a series of discussions and exchanged views with the authorities concerned of the Government of the Republic of Liberia.

Both parties have agreed to recommend to their respective governments and the authorities concerned to examine the attachment herewith toward the realization of the Project.

April 28, 1987.



Mr. SEIICHI KANAI  
Leader  
JICA Study Team



Mr. Christopher Z. Noyor  
Acting Managing Director  
Liberia Electricity Corporation



Attachment

1. The objective of the Project is intended to increase the dry season generating capacity on the Monrovia Power System in order to moderate the intensive load shedding currently being practiced and decrease the dependence on highly expensive gas turbine operations.
2. As one solution of the above-mentioned difficulty, the Government of the Republic of Liberia planned an additional total 10 MW diesel generating unit(s) and requested the Grant Aid to the Government of Japan.
3. The Team will study and propose the most suitable plan for the Project, after careful investigations on the present electrical power system situation.
4. The Team will convey the Government of Japan the desire of the Government of the Republic of Liberia that the former takes necessary measures to cooperate in implementing the Project and bears the cost of the items requested by the latter shown in Annexure-I within the scope of Japanese economic co-operation program in grant form.
5. The Government of the Republic of Liberia will take necessary measures listed in Annexure-II under the condition that the grant aid assistance by the Government of Japan is extended to the Project.
6. Both parties confirmed that the Survey Team explained Japan's aid programme and the Liberia side has understood it.



ANNEXTURE-I

The Government of Republic of Liberia has requested to install at Bushrod Yard 10 MW of diesel generating capacity as grant aid assistance from Japan.

The Japanese Mission is to compare and contrast the following options:

- 1) Slow-speed units
- 2) Medium-speed units



ANNEXTURE-II

Demarcation of Works Between the Government of Liberia and the Government of Japan.

No.	Description	Covered by Grant Aid	Covered by Government of Liberia
1.	To remove the defunct diesel engine generators from Bushrod Power Station		0
2.	To bear the following commissions to the foreign exchange bank for the banking service upon the B/A i) Advising commission of A/P ii) Payment commission		0 0
3.	To ensure unloading and customs clearance at port of disembarkation in Liberia i) Marine transportation of the equipment and devices from Japan to Liberia ii) Tax exemption and customs clearance of the equipment and devices at the port of disembarkation iii) Inland transportation from the port of disembarkation to project site.	0  0	0  0
4.	Installation	0	0
5.	1) To accord Japanese nationales whose services may be required in connection with the supply of equipment and devices and the services and the services under the verified contract such facilities as may be required for their entry into Liberia and stay therein for the performance of their work.  ii) To exempt Japanese nationals from customs duties, internal taxes and other fiscal levies imposed in Liberia with respect to the supply of equipment, devices and services under the Contracts to be executed for the Project.		0  0



No.	Description	Covered by Grant Aid	Covered by Government of Liberia
6.	To maintain and use properly and effectively the facilities procured and installed under the Grant Aid.		0
7.	To bear all the expenses other than those to borne by the Grant, necessary for the execution of the Project.		0

The Japan International Cooperation Agency (JICA) will send 10 copies of the basic design report to the Government of Liberia around end of August 1987.

8

B



No.	Title	Author/Publisher	Date published	Remarks
1.	Country Economic Memorandum Prepared for the Liberia Round Table Meeting	Ministry of Planning and Economic Affairs	Oct., 1983	
2.	Economic Survey Liberia 1982	"	Dec., 1983	
3.	Economic Survey Liberia 1983	"	Dec., 1984	
4.	Annual Report of the Ministry of Planning and Economic Affairs to the People's Redemption Council for the Period April 12 - December 31, 1980	"	Jan., 1981	
5.	" January 1 - December 31, 1982	"	Jan. 1983	
6.	A Study on Public Foreign Assistance and Development Expenditure in Liberia (19868 - 72)	"	Jan. 1974	
7.	External Trade of Liberia Imports 1980	"	Oct. 1981	
8.	Annual Report Jan. 1, 1982 - Dec. 31, 1982	Libelia Electricity Corporation		
9.	1979 Annual Report Jan. 1 - Dec. 31, 1979	"		



List of Received Data and Information (2/3)

No.	Title	Author/Publisher	Date published	Remarks
10.	Annual Report Jan. 1, 1981 - Dec. 31, 1981	Libelia Electricity Corporation		
11.	Annual Report Jan. 1, 1980 - Dec. 31, 1980	"		
12.	Annual Report Jan. 1, 1983 - June 1984	"		
13.	External Trade of Liberia Exports 1980	Ministry of Planning & Economic Affairs	Oct. 1981	
14.	1974 Population and Housing Census of Liberia	"	1977	
15.	Statistical Bulletin of Liberia Vol.1, No.2	"	Nov. 1986	
16.	Planning and Development Atlas	"	1983	
17.	Topographical Map of Liberia 1 : 1,000,000	ITC, The netherlands	1982	
18.	Tourist Map of Monrovia 1 : 25,000	Ministry of Lands and Mines	-	
19.	Five-Year Development Plan (1987-1991)	Corporate Planning and Development Department (LEC)	Mar. 1987	
20.	1974 Population & Housing Census	Ministry of Planning and Economic Affairs	1977	



List of Received Data and Information (3/3)

No.	Title	Author/Publisher	Date published	Remarks
21.	Statistical Bulletin of Liberia, 1986 No.2	Ministry of Planning and Economic Affairs	Nov., 1986	
22.	Country Economic Memorandum, 1983	"	Oct., 1983	
23.	Second National Development Plan 1981 - 85	"	Jan., 1985	
24.	External Trade, 1980	"	Oct., 1981	
25.	Economic Survey of Liberia, 1982	"	Dec., 1983	
26.	" 1983	"	Dec., 1984	
27.	" 1984	"	Aug., 1985	
28.	Annual Report, 1980	"	Jan., 1981	
29.	" 1982	"	Jan., 1983	
30.	" 1984	"	Jan., 1985	
31.	" 1986	"	Dec., 1986	
32.	Foreign Assistance and Development Expenditure in Liberia, 1968 - 72	"	Jan., 1974	
33.	Planning and Development Atlas	"	1983	



## 添付資料 (I) ディーゼルエンジン機種の選定について

Selection of Diesel Engine Type (Draft)1. Purpose

To select the most suitable diesel-engine type after comparing low-speed and medium-speed engines technically and economically.

2. Conditions

- (1) Output : 10 MW (5 MW (7,080 PS) x 2 units)
- (2) Fuel Oil : Heavy oil - Class C
- (3) Place to be installed : On No.2 and 3 foundations in the existing power house
- (4) Starting year of operation: Each engine will start operating by the end of fiscal 1988 and 1989.
- (5) Budget : There is a budgetary limitation for the Japanese Government grant.

3. Sample of Diesel Engine

A sample is shown in Table 1.

4. Limitation of Existing Overhead Travelling Crane

Height from floor level to existing crane rail: approx. 6.5 m

The low-speed engine cannot be serviced by the existing crane as the crane requires 7.7 m from the floor level to pull out the piston (see Table 1). The medium "L" and "V" type engines can be serviced by the existing crane as the height is within the limitation (see Table 1).

5. Weight Limitation of the Existing Foundation

Weight of the existing foundation (see Fig. 1): approx. 400 ton

The following equation is used to calculate the weight limitation for the foundation:

$$Wf = 0.15 \frac{W}{N}$$

- Wf : Foundation weight (ton)  
 W : Engine-generator weight (ton)  
 N : Engine revolving speed (rpm)



The rough estimation of the necessary foundation weight is as follows:

- Medium speed "V" engine : approximately 260 ton  
No problem
- Medium speed "L" engine : approximately 410 ton  
to be studied for details
- Low speed engine : approximately 450 ton  
impossible to use foundation

For a low-speed type, the existing foundation should be reinforced, though reconstruction or reinforcement is very difficult.

#### 6. Size Limitation of the Existing Foundation

The engine anchor bolt size of the existing foundation is approximately 1.8 m wide by 7.2 m long. Therefore, the low-speed engine is not suitable because its base is too wide. The same is true of the medium-speed "L" engine (see Table 1).

#### 7. Running Cost Comparison

For operation and maintenance conditions, see Table 2. Assuming that the personnel cost and lubricant consumption are equal, the spare parts cost is estimated as shown below for 75,000 operating hours and 5,500 startup/shutdown operations.

<u>Item (US\$)</u>	<u>Medium speed "V"</u>	<u>Medium speed "L"</u>	<u>Low speed</u>
Spare parts cost	662,000 (¥98,000,000)	622,000 (¥92,000,000)	702,000 (¥104,000,000)
Spare parts cost /year	33,100 (¥4,900,000)	31,100 (¥4,600,000)	35,100 (¥5,200,000)
Difference	+0 (+0)	-40,000 (-¥6,000,000)	+40,000 (+¥6,000,000)

On the other hand, Table 3 shows the fuel consumption based on the basis of medium speed "V":

- Medium speed "L" : Increase of US\$31,000 (¥4.6 M)
- Low speed engine : Decrease of US\$872,000 (¥129.1 M)

#### 8. Operation/Maintenance Technology

Low speed engines, such as Bushrod, Luke, etc. are already familiar to the operators and therefore advantageous in operation and maintenance. However, it is the first time that this type of engine of a Japanese



engine of this type is introduced, so operation/maintenance technology will have to be learned for any type of engine. Operation/maintenance technology can be gained by training the instructors after installation, test running and operation startup. Whatever type of engine may be adopted for this Project, it should be considered to arrange for instructor(s) to be stationed in Bushrod New Plant before and until the maintenance staff of LEC may acquire techniques of operating and maintaining the diesel-engine set to be provided under the grant aid.

#### 9. Comparison of Construction Expenses

As shown in Table 4, the construction expenses are approximately US\$10<sup>3</sup> x 4,289 (¥635 M) for the medium speed "V" engine. Based on this figure, the construction expense increases will be:

Medium speed "L"	US\$10 <sup>3</sup> x 1,069 (¥158 M)
Low speed engine	US\$10 <sup>3</sup> x 3,996 (¥591 M)

#### 10. Simple Comparison of Total Expenses

Taking the medium speed "V" type as standard, expense increases will be:

Medium speed "L"	US\$10 <sup>3</sup> x 1,060 (¥156 M)
Low speed engine	US\$10 <sup>3</sup> x 3,164 (¥468 M)

#### 11. Expediency

As shown in Fig. 2, alleviation of electric power shortage is of prime importance. To adopt the low speed engine, it is necessary to modify the power house and foundations on a large scale or construct new ones. Considering the various preparations involved, we estimate that there will be a delay of about one year.

#### 12. General Evaluation

Considering the gratuitous donation budget, the above comparison and investigation lead, to the conclusion that it is very difficult to adopt the low speed engine and that either a medium speed "V" or "L" engine should be adopted, as shown in Table 5.

It is difficult to transport the medium speed "L" type with full accessories because of its height. This type of engine should therefore be transported as a knock-down kit, thus being disassembled after the plant test-run. This fact imply the necessity of a test-run to confirm the performance prior to the normal field test after re-assembly. This disassembly and reassembly will increase cost and time.



13. Suggestion

It is believed appropriate that a "medium speed" and "V" type engine be taken up for the Project. Even if any type of engine is selected, it will be essential that necessary guidance be made in operation and maintenance of the diesel-engine set for a reasonable period of time with the full-fledged cooperation of parties concerned.



Table 1 Comparison of Diesel Engine Generator (Example)

Item	Medium Speed "V" Type Engine	Medium Speed "L" Type Engine	Low Speed Engine (1)	Low Speed Engine (2)
Capacity Class (kW)	5,000	5,000		5,000
Engine Speed (rpm)	720 class	500 to 600 class	277 to 400 class	150 to 160 class
Total Weight (ton)	76	110		240
Necessary Installation Space (m)				
Length	10.3	11.5	Not available in Japan	10.5
Width	1.3	2.0		2.6
Height from Common Bed for Piston Overhaul	2.8	4.5		7.7
Fuel Consumption Rate				
Engine End (g/ps.h) at 80% output	137.5	138.0		124.0
Generator end (g/kW.h) at 80% output	194.7	195.4		175.6
Generator Efficiency (%)	96	96		96
Lub. Oil Consumption Rate (g/ps.h)	1.0	1.0		0.8



Table 2 Operation & Maintenance Condition (Example)

Ordinal Number of Year	Operation Hours	Aggregate of Operation Hours (Hour)	Midterm Inspection (After-Hour)	Overhaul (After-Hour)	Load Factor (%)	Capacity Factor (%)	Energy Generation ( $\times 10^6$ kWh)	Number of Start-Stop (Time)
1		3,600	2,500		80	32.8767	14.4	3
2		7,200	5,000					
3		10,800	10,000	7,500				
4		14,400	12,500					
5		18,000	17,500	15,000				
6	Jan. to May: 26 hours/day	21,600	20,000					
7	3,600 hours/year	25,200	25,000	22,500				
8		28,800	27,500					
9		32,400	32,500	30,000				
10		36,000	35,000	37,500				
11		38,900	40,000			26.484	11.6	365
12		41,800						
13		44,700	42,500					
14	Feb. to May: 12 hours/day	47,600	47,500	45,000				
15	Jun. to Jan.:	50,500	50,000					
16	6 hours/day	53,400						
17	2,900 hours/year	56,300	55,000	52,500				
18		59,200	57,500					
19		62,100	62,500	60,000				
20		65,000	65,000			13.242	5.8	365
21		66,450						
22	Jan. to Dec.:	67,900						
23	4 hours/day	69,350						
24	1,450 hours/year	70,800	70,000					
25		72,250	72,500	67,500				
Total No. of Times		(72,250)	20	9	(Average 80)	(Average 26.393)	(289)	5,505



Table 3 Comparison of Fuel Cost (Example) 1/2

No.	Item	Explanation	Equation	Unit	Medium Speed "M" Type Engine	Medium Speed "L" Type Engine	Low Speed Engine	Remarks
1	Engine Output			PS	7,080	7,080	7,080	
2	Generator Output	1 PS = 0.7355 kW	$\eta = 0.96$	kW	5,000	5,000	5,000	
3	Engine Fuel Consumption Rate	at 80% load factor		g/ps.h	137.5	138.0	124.0	Average of Each Company
4	"	1 kW = 1.35942 PS		g/kw.h	186.9	187.6	168.6	France horse power
5	Generator Efficiency			%	96	96	96	
6	Fuel Consumption Rate at Generator end		4 / 5	g/kw.h	194.7	195.4	175.6	
7	Total Operation Hour	for 25 years		Hour	75,000	75,000	75,000	
8	Number of Starting Times			Time	5,500	5,500	5,500	
9	Operating Hour by Diesel Oil/Time			Hour	1	1	1	
10	Total Operating Hour by Diesel Oil			Hour	5,500	5,500	5,500	
11	Total Operating Hour by Heavy Oil		7 - 10	Hour	69,500	69,500	69,500	
12	Average Load Factor			%	80	80	80	
13	Total Energy Generation		2x7x12	x10 <sup>6</sup> kWh	300	300	300	
14	Energy Generation by Diesel Oil		2x8x12	x10 <sup>6</sup> kWh	22	22	22	
15	Energy Generation by Heavy Oil		2x8x12	x10 <sup>6</sup> kWh	278	278	278	
16	Heavy Oil Consumption		6 x 15	x10 <sup>6</sup> kg	54.127	54.321	48.817	
17	Heavy Oil Gravity			kg/l	0.9775	0.9775	0.9775	
18	Heavy Oil Consumption (kg - f)		16 / 17	x 10 <sup>6</sup> f	55.373	55.571	49.941	



Table 3 Comparison of Fuel Cost (Example) 2/2

No.	Item	Explanation	Equation	Unit	Medium Speed "V" Type Engine	Medium Speed "L" Type Engine	Low Speed Engine	Remarks
19	Heavy Oil ("C" class) Price			US\$/gal	0.543	0.543	0.543	Price in 1987, US gal
20	" (gal - £)	1 gal = 3.785 £		US\$/£	0.1435	0.1435	0.1435	
21	Total Cost of Heavy Oil Consumption	(for 25 years)	18 x 20	x10 <sup>6</sup> US\$	7.946	7.974	7.167	
22	Diesel Oil Consumption		6 x 14	x10 <sup>6</sup> kg	4.283	4.299	3.863	
23	Diesel Oil Gravity			kg/£	0.85	0.85	0.85	
24	Diesel Oil Consumption (kg/£)		22 / 23	x10 <sup>6</sup> £	5.039	5.058	4.5450	
25	Diesel Oil Price			US\$/gal	0.708	0.708	0.708	
26	Diesel Oil (gal - £)	1 gal = 3.785 £		US\$/£	0.1871	0.1871	0.1871	
27	Total Cost of Diesel Oil Consumption	(for 25 years)	24 x 26	x10 <sup>6</sup> US\$	0.943	0.946	0.850	
28	Total Cost of Fuel Oil Consumption		21 + 27	x10 <sup>6</sup> US\$	8.889 (1,315.6x10 <sup>6</sup> Yen)	8.920 (1,320.2x10 <sup>6</sup> Yen)	8.017 (1,186.5x10 <sup>6</sup> Yen)	
29	Surplus of Fuel Cost			x10 <sup>6</sup> US\$	=0	+0.031 (+4,588x10 <sup>3</sup> Yen)	-0.872 (-126,056x10 <sup>3</sup> Yen)	
30	Fuel Cost for Two Units		28 x 2	x10 <sup>6</sup> US\$	17.778	17.840	16.034	



Table 4 Comparison of Construction Cost (Example)

US\$1 = ¥148

Item	Medium Speed "V" Type Engine (x 10 <sup>3</sup> US\$)	Medium Speed "L" Type Engine (x 10 <sup>3</sup> US\$)	Low Speed Engine (x 10 <sup>3</sup> US\$)
Engine & Aux. Equipment	1,980	2,575	3,169
Generator & Aux. Equipment	729	878	1,460
Packing Cost	142	176	244
Insurance & Sea Transportation	581	695	872
Inland Transportation	88	109	135
Installation Work	405	486	608
Civil & Architectural Work	67	81	1,351
Design & Supervising	297	358	446
Total Construction Cost	4,289 (635 x 10 <sup>6</sup> Yen)	5,358 (793 x 10 <sup>6</sup> Yen)	8,285 (1,226x10 <sup>6</sup> Yen)
Surplus	+0 (+0)	1,069 (158.1x10 <sup>6</sup> Yen)	3,996 (591.3x10 <sup>6</sup> Yen)



Table 5 Comparison of Each Item

Item	Medium Speed "V" Type Engine	Medium Speed "L" Type Engine	Low Speed Engine
1. Ext. Crane	Possible	Possible	Impossible
2. Ext. Foundation	Possible	Possible	Impossible
3. Suitability of Size of Ext. Foundation	Good	Wide is no good	No good
4. Comparison of Fuel Cost (%)	100	101	90
5. Comparison of Construc- tion Cost (%)	100	125	190
6. Surplus of Total Cost (x 10 <sup>3</sup> US\$) (x 10 <sup>6</sup> Yen)	+0 (+0)	+1,254 (+186)	+3,182 (+471)
7. Urgent Repair	Possible	Possible	Impossible
8. Budget Ceiling	In	Over	Way over
9. Overall Judgement	Suitable	There are some problems	Unsuitable



Fig.1 BUSHROD No.2 , No.3 DG. FOUNDATION

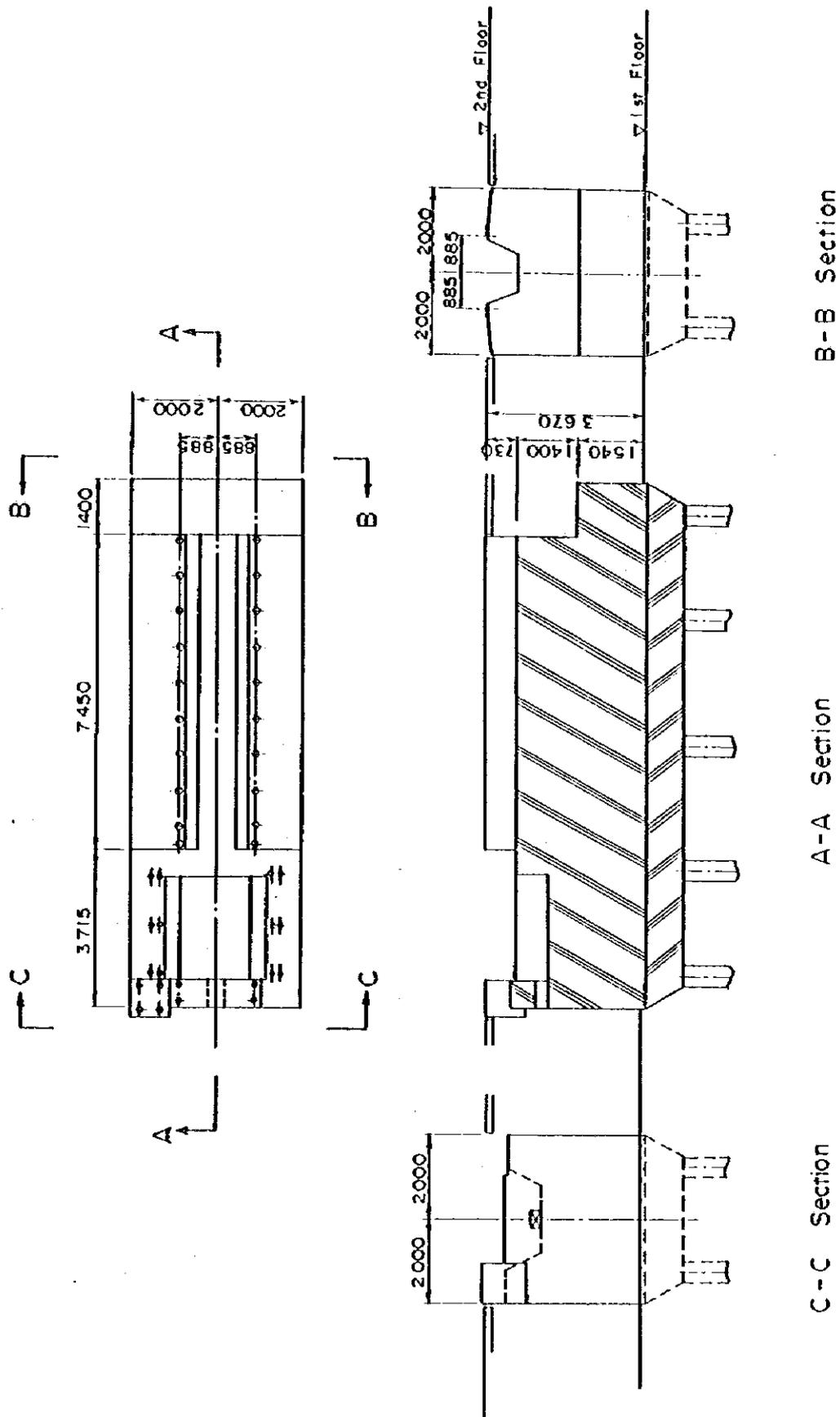
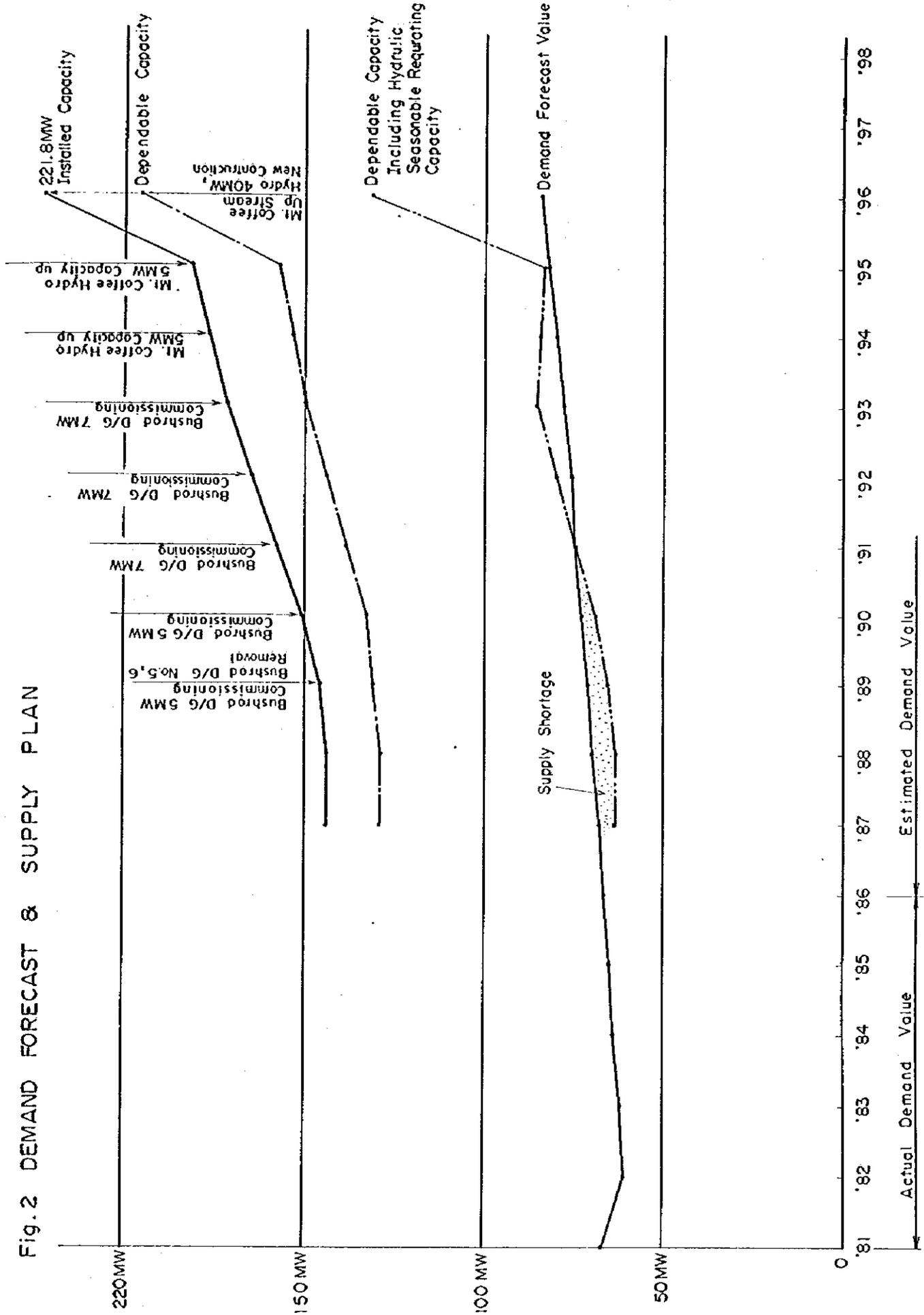




Fig. 2 DEMAND FORECAST & SUPPLY PLAN





添付資料 (2) 既設コンクリート基礎の検討について

Evaluation of the Existing Concrete Foundations

Sufficient data are not available to explain how the existing concrete foundations were designed and built, since they were constructed about 25 years ago.

Therefore we must include our own opinions in our evaluation of their design and construction.

The field surveys did not reveal anything apparently abnormal such as unequal sinking or structural failure.

We assume that the said foundations can be used again, by taking of the following observations.

(a) Structure and weight of the concrete foundation

The outline of the concrete foundations is as follows:

1. Size (width x length x height): 4.0 x 12.5 x 4.5 (m) approxi.
2. Volume and weight : 180 m<sup>3</sup> & 400 tons approxi.
3. Ferroconcrete:

We assume half-inch iron bars were buried in 6-12 inch pitches around the foundation.

4. Concrete-made supporting pile:

Although their width and length are unknown, we assume eighteen piles were used in each foundation.

5. The soil strength:

The result of studies on the soil surrounding the building indicates that an efficient supporting layer is about fifteen meters below the surface.



(b) Weight of the existing engine generator

The weight of each of the existing No. 4, 5 and 6 diesel engine generators has been recorded as 140 tons. We can assume from this that the weight of the No. 2 and 3 diesel generators is around 110 tons on average.

(c) Adaptability of the existing foundations a new engine generator

Although there are various theories, the required weight of the foundation should be three to five times the equipment weight. As a guideline, this weight can be calculated by the following formula:

$$W_f = 0.15W\sqrt{N}$$

where,

W<sub>f</sub>: foundation's weight (ton)

W : equipment's weight (ton)

N : engine rotation speed (rpm)

The required weight of the foundation is as follows, based on the estimated total weight of the engine generators in our draft.

<u>Item</u>	<u>Medium-speed V type engine</u>	<u>Medium-speed L type engine</u>	<u>Low-speed engine</u>
1. Diesel engine generator's total weight (ton)	65	110	240
2. Rotation speed (rpm)	720 class	500-600 class	150-160 class
3. Foundation's required weight (ton)	260	400	460
4. Estimated existing foundation's weight	400	400	400
5. Evaluation	Satisfactory	Needs detailed study	Must be reinforced

As is obvious from the above chart, the low-speed engine will require the foundation either to be renewed or to be reinforced, thus involving problems in construction.



The Medium-speed V or L-type engine is feasible as far as the foundation volume is concerned. However, the Medium-speed L-type is not recommended in view of its size.

As a conclusion, it is most appropriate to adopt the Medium-speed V-type engine because of the foundation's limitations.

As for the foundation for the equipment provided by this paper, if both the engine and the generator are assembled on the same frame, at least the existing anchor bolt on the engine side can be reused. With regard to the foundation on the generator side, we plan to use the existing concrete and anchor bolts as much as possible. However, minor renovations may occur if necessary.



添付資料 (3) 財務評価の感度分析結果のデータシート

(1/4)

MEDIUM-SPEED DIESEL (V TYPE)

(1) Nominal Rating (MW)	10 MW (5 MW x 2)
(2) Load Factor	0.8
(3) Net Rating (MW)	8 MW
(4) Capital Cost ( $10^3$ US\$)	9,210
(5) Investment per kW (US\$)	1,151
(6) Heat Rate (kg/kWh)	0.1869
(7) Generator Efficiency (%)	96
(8) Net Heat Rate (kg/kWh) (6)/(7)	0.1947
<u>Heavy Fuel Oil:</u>	
(9) Specific Gravity (kg/l)	0.9775
(10) " (kg/gal) (9)x3.78541	3.7002
(11) Heavy Oil Consumption (gal/kWh) (8)/(10)	0.0526
(12) Heavy Oil Cost (\$/gal)	0.543
(13) Heavy Oil Cost per kWh (\$/kWh) (11)x(12)	0.0286
<u>Gas Oil:</u>	
(14) Specific Gravity (kg/l)	0.85
(15) " (kg/gal) (14)x3.78541	3.2176
(16) Gas Oil Consumption (gal/kWh) (8)/(15)	0.0605
(17) Gas Oil Cost (\$/gal)	0.708
(18) Gas Oil Cost per kWh (\$/kWh) (16)x(17)	0.0428
<u>Plant Operation:</u>	
(19) Operation by Heavy Oil (hr)	61,050
(20) Operation by Gas Oil (hr)	3,950
(21) Total Operation Hours (hr)	65,000



(2/4)

(22)	Gross Generation by Heavy Oil (GWh)	(3)x(19)	488.4
(23)	Gross Generation by Gas Oil (GWh)	(3)x(20)	31.6
(24)	Total Generation (GWh)		520.0
(25)	Average Annual Generation by Heavy Oil (GWh)	(22)/20	24.42
(26)	Average Annual Generation by Gas Oil (GWh)	(23)/20	1.58
(27)	Average Annual Generation (GWh)		26.00
(28)	Annual Heavy Oil Consumption Cost (US\$)	(13)x(25)	698,412
(29)	Annual Gas Oil Consumption Cost (US\$)	(18)x(26)	67,624
(30)	Annual Fuel Consumption Cost (US\$)	(28)+(29)	766,036



COMPARISON OF GAS TURBINE VS. MEDIUM-SPEED  
OPERATION AND MAINTENANCE COSTS

	(1) <u>Gas Turbines</u>	(2) <u>Medium-Speed Diesels</u>
1. Specific Consumption (kWh/Gallon)	6.8	18.4 *1
2. Fuel Price - March 1987 (Cents/Gal) (3)	70.8	54.3
3. Fuel Cost (Cents/kWh)	10.41	2.95 *2
4. Maintenance Allowance (Cents/kWh)	2.00	1.00
5. Total Operating Cost (Cents/kWh)	12.41	3.95
6. Comparison Index	3.14	1.00
7. Annual Gross Energy (GWh)	26.00	26.00
8. Annual Cost of Production	\$3,226,600 (¥477,536,800)	\$1,027,000 (¥151,996,000)
9. Annual Savings when using Diesel		<u>\$2,199,600</u> (¥325,540,000)

Note: (1) Based on Five-Year Development Plan, LEC  
 (2) Computed by Mission  
 (3) Quoted from LPRC Concession Price at March 1987.

$$*1 \quad 54.3 \text{ ¢/gal} \times \frac{1}{2.95} \text{ kWh/¢} = 18.41 \text{ kWh/gal}$$

$$*2 \quad \text{US\$}766,036/26,000,000 \text{ kWh} = 2.946 \text{ ¢/kWh}$$



COMPARISON OF GAS TURBINE VS. MEDIUM-SPEED DIESELS

## 1. Fuel Savings:

## (1) Gas Turbine

Fuel Cost (Cents/kWh)	10.41
Annual Gross Energy (GWh)	26.00
Annual Fuel Consumption Cost (US\$)	2,706,600

## (2) Medium-Speed Diesels

Annual Fuel Consumption Cost (US\$)	766,036
-------------------------------------	---------

## (3) Annual Savings when using diesel

$$2,706,600 - 766,036 = \text{US\$}1,940,564 (= \text{¥}287,203,472)$$

## 2. Production Cost Savings:

(1) Annual Production Cost	\$1,027,000 (¥151,996,000)
----------------------------	-------------------------------

## (2) Annual Energy Sales

Annual Generation (GWh)	26.0
Increment in Sales (GWh)	18.7 (Loss 28%)
Sales Revenue (US\$)	3,088,800 (¥457,142,400)
Net Revenue (US\$)	2,687,256 (Efficiency 87%) (¥397,713,888)



CAGE-1 :  
10% RISE IN FUEL PRICES

LEC. BUSHROD POWER STATION EXTENSION  
FINANCIAL RATE OF RETURN COMPUTATION

YEAR	GROSS GENERATION (GWh)	INCREMENT IN SALES (GWh)	INVESTMENT	OPERATION & MAINTENANCE	FUEL	TOTAL COSTS	BENEFIT	NET CASH FLOW
1987			0.23			0.23	0.00	- 0.23
1988	2.4	1.7	4.71	0.02	0.08	4.81	0.24	- 4.57
1989	14.4	10.4	4.27	0.14	0.45	4.86	1.49	- 3.97
1990	28.8	20.7		0.29	0.90	1.19	2.97	1.78
1991	28.8	20.7		0.29	0.90	1.19	2.97	1.78
1992	28.8	20.7		0.29	0.90	1.19	2.97	1.78
1993	28.8	20.7		0.29	0.90	1.19	2.97	1.78
1994	28.8	20.7		0.29	0.90	1.19	2.97	1.78
1995	28.8	20.7		0.29	0.90	1.19	2.97	1.78
1996	28.8	20.7		0.29	0.90	1.19	2.97	1.78
1997	28.8	20.7		0.29	0.90	1.19	2.97	1.78
1998	28.8	20.7		0.29	0.90	1.19	2.97	1.78
1999	28.8	20.7		0.29	0.90	1.19	2.97	1.78
2000	28.2	16.7		0.23	0.77	1.00	2.40	1.40
2001	23.2	16.7		0.23	0.77	1.00	2.40	1.40
2002	23.2	16.7		0.23	0.77	1.00	2.40	1.40
2003	23.2	16.7		0.23	0.77	1.00	2.40	1.40
2004	23.2	16.7		0.23	0.77	1.00	2.40	1.40
2005	23.2	16.7		0.23	0.77	1.00	2.40	1.40
2006	23.2	16.7		0.23	0.77	1.00	2.40	1.40
2007	23.2	16.7		0.23	0.77	1.00	2.40	1.40
2008	23.2	16.7		0.23	0.77	1.00	2.40	1.40
2009	23.2	16.7		0.23	0.77	1.00	2.40	1.40

(IN MILLIONS OF US DOLLARS)

FIRR 0.1824968

NET PRESENT VALUE 10%

4.19 12%

2.72

COST BENEFIT RATIO 10%

1.28 12%

1.20



CASE-2 : LEC. BUSHROD POWER STATION EXTENSION  
 RISE IN TRANSMISSION LOSSES TO 39% FINANCIAL RATE OF RETURN COMPUTATION

YEAR	GROSS GENERATION (GWH)	INCREMENT IN SALES (GWH)	INVESTMENT	OPERATION & MAINTENANCE	FUEL	TOTAL COSTS	BENEFIT	NET CASH FLOW
1987			0.23			0.23	0.00	- 0.23
1988	2.4	1.5	4.71	0.02	0.07	4.80	0.22	- 4.58
1989	14.4	8.8	4.27	0.14	0.41	4.82	1.26	- 3.56
1990	28.8	17.6		0.29	0.82	1.11	2.53	1.42
1991	28.8	17.6		0.29	0.82	1.11	2.53	1.42
1992	28.8	17.6		0.29	0.82	1.11	2.53	1.42
1993	28.8	17.6		0.29	0.82	1.11	2.53	1.42
1994	28.8	17.6		0.29	0.82	1.11	2.53	1.42
1995	28.8	17.6		0.29	0.82	1.11	2.53	1.42
1996	28.8	17.6		0.29	0.82	1.11	2.53	1.42
1997	28.8	17.6		0.29	0.82	1.11	2.53	1.42
1998	28.8	17.6		0.29	0.82	1.11	2.53	1.42
1999	28.8	17.6		0.29	0.82	1.11	2.53	1.42
2000	23.2	14.2		0.23	0.70	0.93	2.04	1.11
2001	23.2	14.2		0.23	0.70	0.93	2.04	1.11
2002	23.2	14.2		0.23	0.70	0.93	2.04	1.11
2003	23.2	14.2		0.23	0.70	0.93	2.04	1.11
2004	23.2	14.2		0.23	0.70	0.93	2.04	1.11
2005	23.2	14.2		0.23	0.70	0.93	2.04	1.11
2006	23.2	14.2		0.23	0.70	0.93	2.04	1.11
2007	23.2	14.2		0.23	0.70	0.93	2.04	1.11
2008	23.2	14.2		0.23	0.70	0.93	2.04	1.11
2009	23.2	14.2		0.23	0.70	0.93	2.04	1.11

(IN MILLIONS OF US DOLLARS)

FIRR 0.1379470 NET PRESENT VALUE 10% COST BENEFIT RATIO 10% 1.13 12% 1.06



CASE-3 :  
 DECREASE IN COLLECTION EFFICIENCY TO 77%  
 LEC BUSHROD POWER STATION EXTENSION  
 FINANCIAL RATE OF RETURN COMPUTATION

YEAR	GROSS GENERATION (GWh)	INCREMENT IN SALES (GWh)	INVESTMENT	OPERATION & MAINTENANCE	FUEL	TOTAL COSTS	BENEFIT	NET CASH FLOW
1987			0.23			0.23	0.00	- 0.23
1988	2.4	1.7	4.71	0.02	0.07	4.80	0.22	- 4.58
1989	14.4	10.4	4.27	0.14	0.41	4.82	1.32	- 3.50
1990	28.8	20.7		0.29	0.82	1.11	2.63	1.52
1991	28.8	20.7		0.29	0.82	1.11	2.63	1.52
1992	28.8	20.7		0.29	0.82	1.11	2.63	1.52
1993	28.8	20.7		0.29	0.82	1.11	2.63	1.52
1994	28.8	20.7		0.29	0.82	1.11	2.63	1.52
1995	28.8	20.7		0.29	0.82	1.11	2.63	1.52
1996	28.8	20.7		0.29	0.82	1.11	2.63	1.52
1997	28.8	20.7		0.29	0.82	1.11	2.63	1.52
1998	28.8	20.7		0.29	0.82	1.11	2.63	1.52
1999	28.8	20.7		0.29	0.82	1.11	2.63	1.52
2000	23.2	16.7		0.23	0.70	0.93	2.12	1.19
2001	23.2	16.7		0.23	0.70	0.93	2.12	1.19
2002	23.2	16.7		0.23	0.70	0.93	2.12	1.19
2003	23.2	16.7		0.23	0.70	0.93	2.12	1.19
2004	23.2	16.7		0.23	0.70	0.93	2.12	1.19
2005	23.2	16.7		0.23	0.70	0.93	2.12	1.19
2006	23.2	16.7		0.23	0.70	0.93	2.12	1.19
2007	23.2	16.7		0.23	0.70	0.93	2.12	1.19
2008	23.2	16.7		0.23	0.70	0.93	2.12	1.19
2009	23.2	16.7		0.23	0.70	0.93	2.12	1.19

(IN MILLIONS OF US DOLLARS)

FIRR 0.1506403 NET PRESENT VALUE 10% 2.51 12% 1.31 COST BENEFIT RATIO 10% 1.17 12% 1.10



資料 - 7 添付表



Table 2-20 OPERATION STATE OF EACH POWER STATION (1/4)

CORPORATE PLANNING & DEVELOPMENT DEPT. MONTHLY GROSS GENERATION DURING 1984  
 SYSTEM STUDY SECTION:

Plant Unit	JAN.	FEB.	MARCH	APRIL	MAY	JUNE	JULY	AUG.	SEPT.	OCT.	NOV.	DEC.	TOTAL	
GROSS GENERATION X 1000 K.W.H.														
HYDRO MT. COPPER	1	2,080	800.00	430.0	4,020.00	8,420.0	9,880.0	10,140.0	8,560.0	7,820.0	7,280	5,650	63,340.0	
	2	3,700	1,560.0	1,890.0	5,210.0	10,520.00	9,930.0	9,330.0	10,600.0	11,130.0	10,033	9,360	97,093.0	
	3	900	-	-	1,670.0	10,180.00	9,410.0	6,660.0	10,990.0	11,330.0	9,870	410	72,370.0	
	4	10	-	-	20.0	-	10.00	260.0	6,680.0	10,590.0	11,330.0	9,940	4,580	54,050.0
	TOTAL	6,690	2,360.0	2,340.0	7,340.00	24,730.00	26,920.0	33,150.0	41,050.0	40,740.0	41,610.0	37,123	18,000	282,053.0
GAS TURBINES	1	4,968	6,539.0	7,239.0	5,903.00	969.0	65.0	34.0	3.0	-	-	-	26,189.0	
	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	3	-	-	-	1,713.00	2,994.0	1,376.0	51.0	224.0	71.0	52.0	854.0	6,444	13,779.0
	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	TOTAL	4,968	6,539.0	7,239.0	7,616.00	3,963.0	1,845.0	116.0	258.0	74.0	52.0	854.0	6,444	39,968.0
LUKE	1	6,129.2	6,214.20	6,456.2	5,803.10	3,975.0	98.29	118.56	-	-	-	-	42,245.25	
	2	3,509.0	5,871.80	3,628.4	-	-	-	-	-	-	-	-	14,644.76	
	3	5,519.0	58.98	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,577.98	
	TOTAL	15,157.20	12,144.98	10,093.6	5,803.10	3,975.0	3,322.60	98.29	118.56	1,778.0	9.3	397.20	9,570.10	62,467.93
BUSHKOD OLD DIESELS	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	TOTAL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GRAND TOTAL	5	-	-	-	-	-	4.8	40.0	148.8	180.0	129.6	105.6	916.8	
	6	256.80	878.4	14.4	2.4	4.8	21.6	-	-	-	9.6	108.0	1,912.80	
	TOTAL	256.8	878.4	14.4	2.4	4.8	21.6	48.0	148.8	180.0	139.2	213.6	1,912.80	
GRAND TOTAL	27,072.00	21,922.38	19,687.00	20,761.50	32,672.80	32,109.20	33,369.09	41,474.56	42,740.8	41,851.3	36,313.4	34,227.7	386,401.73	



Table 2-20 OPERATION STATE OF EACH POWER STATION (2/4)

CORPORATE PLANNING & DEVELOPMENT DEPT. MONTHLY GROSS GENERATION DURING 1985  
 SYSTEM STUDY SECTION:

Plant Unit	GROSS GENERATION X 1000 K.W.H.												TOTAL	
	JAN.	FEB.	MARCH	APRIL	MAY	JUNE	JULY	AUG.	SEPT.	OCT.	NOV.	DEC.		
HYDRO MT. COPPER	1	1,290.00	-	-	420.00	3,560.00	10,290.00	10,420.00	10,230.00	9,800.00	10,830.00	9,950.00	6,950.00	47,990.00
	2	3,460.00	1,440.00	2,390.00	2,390.00	7,670.00	8,210.00	10,010.00	10,270.00	9,900.00	10,990.00	10,080.00	6,920.00	82,570.00
	3	-	-	-	-	-	-	6,320.00	10,660.00	10,440.00	11,430.00	10,190.00	6,740.00	55,780.00
	4	2,360.00	1,550.00	140.00	810.00	300.00	5,830.00	10,460.00	10,280.00	9,890.00	10,840.00	9,840.00	2,110.00	64,410.00
	Total	7,090.00	2,780.00	1,680.00	3,620.00	11,530.00	24,310.00	37,210.00	41,440.00	40,030.00	44,090.00	59,950.00	22,720.00	276,350.00
GAS TURBINES	1	-	5,409.00	5,792.00	5,510.00	8,936.00	3,193.00	-	-	-	-	-	-	28,840.00
	2	-	-	-	-	-	-	-	351.00	-	1.00	-	55.00	407.00
	3	8,066.00	2,952.00	4,311.00	3,112.00	-	-	-	-	-	-	-	-	18,441.00
	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Total	8,066.00	8,361.00	10,103.00	8,622.00	8,936.00	3,193.00	-	351.00	-	1.00	-	55.00	47,688.00
GAS TURBINES	1	5,246.00	6,710.00	5,205.90	5,093.50	2,334.80	1,681.20	612.30	-	-	-	-	4,691.00	31,575.18
	2	7,971.50	5,717.60	6,725.50	4,527.00	572.00	380.10	-	-	-	-	-	-	28,894.10
	3	-	-	-	-	-	-	-	-	388.30	2.90	-	412.150	803.35
	Total	13,217.50	12,428.20	11,931.40	9,620.90	2,906.80	2,061.30	612.30	-	388.30	2.90	-	5,105.15	56,272.73
BUSINESS OLD DIESELS	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	4	19.20	43.20	234.20	379.20	993.60	316.80	57.60	-	-	36.00	19.20	28.80	1,528.80
	Total	19.20	43.20	234.20	379.20	993.60	316.80	57.60	-	36.00	19.20	28.80	1,528.80	
BUSINESS OLD DIESELS	1	307.20	249.60	254.40	446.40	348.00	321.60	26.40	-	-	-	-	14.40	1,968.00
	2	326.40	292.80	489.60	825.60	761.60	638.40	84.00	-	-	36.00	49.20	43.20	3,696.80
	Total	633.60	542.40	744.00	1,272.00	1,110.00	760.00	110.40	-	36.00	68.40	68.00	58.40	5,664.80
GRAND TOTAL		28,699.90	23,862.00	24,104.00	22,688.50	24,114.40	30,202.70	37,906.30	41,791.00	40,418.30	44,129.90	59,969.20	27,921.35	385,807.55



Table 2-20 OPERATION STATE OF EACH POWER STATION (3/4)

LIBERIA ELECTRICITY CORPORATION  
 CORPORATE PLANNING & DEVELOPMENT DEPT. MONTHLY CROSS GENERATION DURING 1988  
 SYSTEM STUDY SECTION:

Plant Unit	CROSS GENERATION X 1000 K.W.H.												TOTAL
	JAN.	FEB.	MARCH	APRIL	MAY	JUNE	JULY	AUG.	SEPT.	OCT.	NOV.	DEC.	
HYDRO	1	-	-	-	-	2,860.0	7,280.0	10,510.0	10,430.0	10,650.0	10,030.0	3,740.0	55,500
	2	6,120.0	1,380.0	2,540.0	4,580.0	8,800.0	8,750.0	9,830.0	9,730.0	10,010.0	10,070	6,850.0	84,950
	3	1,170.0	1,270.0	2,270.0	1,140.0	5,980.0	6,810.0	6,780.0	11,100.0	11,470.0	10,860.0	8,030.0	78,010
	4	450.0	3.0	30.0	-	3,830.0	6,100.0	7,730.0	10,330.0	10,770.0	9,530.0	2,000.0	61,293
	Total	7,740.0	2,653.0	4,840.0	5,720.0	16,100.0	24,570.0	30,540.0	41,990.0	43,590.0	42,900.0	40,490.0	20,620.0
GAS TURBINES	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	850.0	1,315.0	278.0	2,723.0	1,132	1,748.0	2,522	2.0	-	1.3	3,043.0	13,614.3
	3	-	-	-	281.0	10	31.0	86	-	18.0	1.0	422.0	849.0
	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Total	850.0	1,315.0	278.0	3,004.0	1,142.0	1,779.0	2,608.0	2.0	18.0	2.3	3,465.0	14,463.3
LUKE	1	6,511.4	4,479.6	3,065.5	225.5	344.8	-	-	-	-	-	6,303.7	20,930.5
	2	-	3,069.3	6,511.6	6,625.5	3,509.6	922	159.3	-	-	-	-	20,797.3
	3	5,955.2	6,142.8	6,580.5	7,241.0	6,450.3	5,219.3	2,066.5	-	-	-	26.8	39,682.4
	Total	12,466.6	13,691.7	16,157.6	14,092.0	10,304.7	6,141.3	2,225.8	-	-	-	6,330.5	81,410.2
	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BUSHROD OLD DIESELS	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5	92.6	13.2	-	9.6	33.6	45.6	33.6	2.4	16.8	45.6	48.0	342
	6	14.4	26.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40.8
	Total	108.0	39.6	-	9.6	33.6	45.6	33.6	2.4	16.8	45.6	48.0	382.8
GRAND TOTAL	21,166.6	17,699.3	21,275.6	22,823.6	27,580.3	32,535.9	35,407.4	41,994.4	41,590.0	42,934.8	40,537.9	30,463.5	376,009.3



Table 2-20 OPERATION STATE OF EACH POWER STATION (4/4)  
 Operation Hours, Consumption of Heavy Oil & Gas Oil (1984-1986)

	Operation Hours (Hrs)				Heavy Oil (Gals)				Gas Oil (Gals)			
	1984	1985	1986	Total	1984	1985	1986	Total	1984	1985	1986	Total
Mr. Coffee												
# 1 G	5,563	5,368	3,984	14,915								
# 2 G	6,789	6,417	6,844	20,050								
# 3 G	5,188	3,820	5,403	14,411								
# 4 G	3,734	4,664	4,221	12,619								
Total	21,274	20,269	20,452	61,995								
Bushrod												
# 5 G	477	1,090	228	1,795					53,933	141,543	48,517	243,993
# 6 G	846	1,430	29	2,305					122,236	263,964	13,514	399,714
Total	1,323	2,520	257	4,100					176,169	405,507	68,031	649,707
Gas Turbine												
# 1 G	2,661	2,258	—	4,919					3,651,000	3,495,400	—	7,146,400
# 2 G	—	108	1,101	1,209					—	9,900	1,767,800	1,777,700
# 3 G	1,046	1,357	77	2,480					1,928,700	2,576,100	141,300	4,646,100
# 4 G	—	—	—	—					—	—	—	—
Total	3,707	3,723	1,178	8,608					5,579,700	6,081,400	1,909,100	13,570,200
Lake												
# 1 G	4,959	3,379	2,112	10,450	2,935,349	2,278,049	986,083	6,199,481	93,298	227,220	502,504	823,022
# 2 G	1,371	2,581	2,100	6,052	1,024,312	1,803,446	1,413,682	4,241,440	31,807	21,856	33,835	87,498
# 3 G	766	499	3,504	4,769	375,099	31,350	2,284,163	2,690,612	9,306	41,918	484,498	535,722
Total	7,096	6,459	7,716	21,271	4,334,760	4,112,845	4,683,928	13,131,533	134,411	290,994	1,020,837	1,446,242
Grand Total	33,400	32,971	29,603	95,974	4,334,760	4,112,845	4,683,928	13,131,533	5,890,280	6,777,901	2,997,968	15,666,149



表 2 - 21 - 1 69KV OVERHEAD TRANSMISSION LINES  
FOR MONROVIA GRID AND ITS ENVIRONMENTS

Serial No.	FEEDER NAME	No. of Circuits	LENGTH IN KM			Conductor Size & Type	REMARKS
			Wood Pole	Steel Lattice	Steel Tubular		
1	Bushrod - Krutown	2	—	6.3	—	AAAC 158.6 mm <sup>2</sup>	Equivalent to 266.8 MCM
2	Bushrod - Capitol	1	—	8.2	—	158.6 mm <sup>2</sup>	" "
3	Bushrod - Capitol through Stockton Creek Junction	1	3.1	4.5	—	266.6 MCM 158.6 mm <sup>2</sup>	" "
4	Stockton Crk. -Gardnersville	1	5	—	—	266.8 MCM	
5	Gardnersville-Paynesville	1	5	1	—	266.8 MCM	
6	Bushrod - Mt. Coffee	1	26.4	—	—	AAAC 266.8 MCM	
7	Bushrod - Mt. Coffee through Caldwell Junction	1	26.4	—	—	AAAC 266.8 MCM	
8	Bushrod - Kie through Virginia Substation	1	42.6	—	—	AAAC 266.8 MCM	
9	Kie - Bomi Hills	1	29	—	—	266.8 MCM	
10	Mt. Coffee - Todee	1	37	—	—	266.8 MCM	



表 2 - 21 - 2 69KV OVERHEAD TRANSMISSION LINES FOR MONROVIA GRID AND ITS ENVIRONMENTS

Serial No.	FEEDER NAME	No. of Circuits	LENGTH IN KM			Conductor Size & Type	REMARKS
			Wood Pole	Steel Lattice	Steel Tubular		
11	Todee - Bong Mines	1	19	—	—	266.8 MCM	
12	Mt. Coffee - Paynesville	2	—	26.3	—	AAAC 266.8 MCM	
13	Capitol - Congotown	1	—	4.6	—	158.6 mm <sup>2</sup>	Equivalent to 266.8 MCM
14	Congotown - Paynesville	1	—	—	8.7	AAAC 266.8 MCM	
15	Paynesville - Kakata through Mt. Barclay	1	56.6	—	—	AAAC 266.8 MCM	
16	Mt. Barclay - Caldwell	1	11.3	—	—	266.8 MCM	
17*	Paynesville - Robertsfield	1	46	—	—	AAAC 3/0 AWG*	
18	Robertsfield - Buchanan	1	75	—	—	AAAC 266.8 MCM	
	Sub-total		382.4	50.9	8.7		
	Grand Total			442			

Transmission lines with conductor size = 266.8 MCM or equivalent have a rating capacity (MVA) = 42  
 \* Rating capacity (MVA) = 30



Table 2-29 LOAD SHEDDINGS IN MONROVIA POWER SYSTEM  
( JAN. - MAY , 1986 )

Substation		Bushrod	Virginia	Krulown	Newport	Copitol	Congotown	Gardners-Ville	Paynes-Ville	Total	Remarks
Number of Feeders (A)		3	4	6	4	5	3	3	5	33	
Number of Switchings	JAN.	46	96	322	34	102	*	68	194	862	* Not Available
	FEB.	128	358	472	152	230	112	70	154	1,676	
	MAR.	76	264	524	102	162	94	56	194	1,472	
	APR.	82	260	406	166	192	134	32	165	1,437	
	MAY	62	112	220	32	156	6	48	26	662	
	Total (B)	394	1,090	1,944	486	842	346	274	733	6,109	
	①	0.87	1.80	2.15	0.80	1.12	0.96	0.60	0.97	1.23	
Accumulated Shedd Hours ( Hours )	JAN.	129	189	870	200	321	*	268	812	2,789	* Not Available
	FEB.	313	982	1,085	547	613	243	372	464	4,619	
	MAR.	174	494	999	306	359	393	322	583	3,630	
	APR.	282	755	1,050	523	568	278	123	630	4,209	
	MAY	110	200	299	69	282	11	147	107	1,225	
	Total (C)	1,008	2,620	4,303	1,645	2,143	925	1,232	2,596	16,472	
	②	2.22	4.34	4.75	2.72	2.84	2.60	2.72	3.44	3.30	
Shedd Energy ( Mwh )	JAN.	238.37	106.43	846.44	187.67	357.77	*	509.11	1,135.98	3,381.77	* Not Available
	FEB.	553.69	591.67	1,103.61	542.34	791.45	408.78	583.14	656.22	5,230.90	
	MAR.	301.56	302.06	951.08	353.27	488.07	678.66	736.28	703.70	4,514.68	
	APR.	483.16	473.84	943.01	516.72	675.17	456.09	287.82	898.73	4,734.54	
	MAY	198.26	117.77	304.83	66.87	394.55	19.5	331.20	128.95	1,561.93	
	Total (D)	1,775.04	1,591.77	4,148.97	1,666.87	2,707.01	1,563.03	2,447.55	3,523.58	19,423.82	
	③	22,650	7,936.6	21,852.7	11,451.8	25,476.7	14,083.2	10,002.2	21,744	735,197.2	
Ratio of Shedd Energy (O/E) (%)		7.8	20.0	19.0	14.6	10.6	11.1	24.5	16.2	14.4	
Max. Shedd Hours / Day		19	21	22	22	24	20	23	24	—	

NOTE : \*\* Total Days = 151 Days except Congotown  
= 120 Days for Congotown

①  $\frac{\text{Number of Switching}}{\text{Day} \cdot \text{Feeder}} \left( \frac{B}{A \cdot \text{Total Days **}} \right)$

②  $\frac{\text{Shedd Hours}}{\text{Day} \cdot \text{Feeder}} \left( \frac{C}{A \cdot \text{Total Days **}} \right)$

③ Estimated Energy will be transmitted through all Feeders during JAN. - MAY 1986 (E) (MWh)



表 2-33 ブッシュロッド発電所発電機

Plant	Bushrod Diesel Unit						Gas Turbine Generator Units				Luke Diesel Units									
	2	3	4	5	6		1	2	3	4	1, 2, 3									
Unit No.																				
Type	Fairbanks-Morse TG20	BBC WT521	BBC WT521	BBC WT521	BBC WT521	BBC WT521	BBC WT521	BBC WT521	BBC WT521	BBC WT521	ASEA									
Generator apparent power	2,500	2,500	3,445	23,000	23,000	23,000	23,000	14,700	23,000	23,000	23,000	23,000	23,000	23,000	23,000	16,000	13,600			
Generator active power	22,000	2,500	2,500	15,500	15,500	15,500	15,500	14,700	19,100	19,100	19,100	19,100	19,100	19,100	19,100	13,600	13,600			
Power factor	0.80	0.80	0.72	0.67	0.67	0.67	0.67	0.64	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.849	0.849			
Rated voltage	12,500	12,500	12,500	13,800	13,800	13,800	13,800	13,800	13,800	13,800	13,800	13,800	13,800	13,800	13,800	13,800	13,800			
Rated current	115.5	115.5	159.0	965.0	965.0	965.0	965.0	965.0	965.0	965.0	965.0	965.0	965.0	965.0	965.0	669.4 ± 10 %	669.4 ± 10 %			
Engine type	Fairbanks-Morse 31A18	BBC	BBC	BBC	BBC	BBC	BBC	BBC	BBC	BBC	Gotaverken Motor	Gotaverken Motor								
Power at coupling	2,800	2,800	3,500	20,785	20,785	20,785	20,785	19,712	25,613	25,613	25,613	25,613	25,613	25,613	25,613	14,000 kW	14,000 kW			
Rated speed	277	277	277	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600	150	150			
Number of cylinders	8	8	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10	10			
Number of strokes	2	2	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	2			
Year installed	1961	1961	1963	1966	1966	1966	1966	1969	1973	1973	1973	1973	1973	1973	1973	No. 1, 2	No. 2	No. 3	1980	1982



表 2 - 35 L E C E X P E R I T I E S

No.	N A M E	SPECIALITY	POSITION	COUNTRY/COMPANY	EXPERIENCE	L E C	COMM/GRANT (1) / (2)
1	N. K. Gupta	Power System	General Manager	India-TATA	21 Years	6 Yrs	(1)
2	T. S. Raman	Electrical	Power System Sp	"	24 "	3 "	(1)
3	S. Dattatreya	Gas Turbine	Mec. Engineer Sr.	"	18 "	3 "	(1)
4	M. B. Rao	Elec Meter Sp.	Meter-SP	"	15 "	8 "	(1)
5	G. S. Ram	Commercial	Commercial Sp. O. Manager	"	17 "	2-5 "	(1)
6	A. Rammle	Computers	Commercial D. Pt	"	12 "	3 "	(1)
7	J. L. Petersen	Diesel Engineer	Supt. Luke Plant	Demark-BMW	20 "	1 "	(2)
8	J. L. Sorensen	"	Maintenance Mech Luke Plant	Demark-BMW	20 "	1 "	(1)
9	S. Joseph	Elec. Maintenance	Elect. Maint.	Sweeden	6 "	1 "	(1)
10	Silvio Secchi	Civil	Snr. Civil Eng.	Italy-Inpresit CPDD	50 "	18 "	(1)
11	M. S. Ali	Civil	Civil Engineer CPDD Consultant	Egypt-Arabfund Arab Contries League	19 "	6 "	(2)
12	William A. Botrous	Electrical	System Study Consultant	"	21 "	6 "	(2)
13	I. M. Omar	Mechanical	Mech. Engineer Consultant, CPDD	"	16 "	2 monthes	(2)
14	George	Traying Elect/Mech	Training Instructor	India		1 month	(1)



資料 - 8 添付図



Fig. 2-1-1 OPERATION STATE OF GENERATING FACILITIES

 Maintenance Work Including Overhaul  
 Fault, Trouble

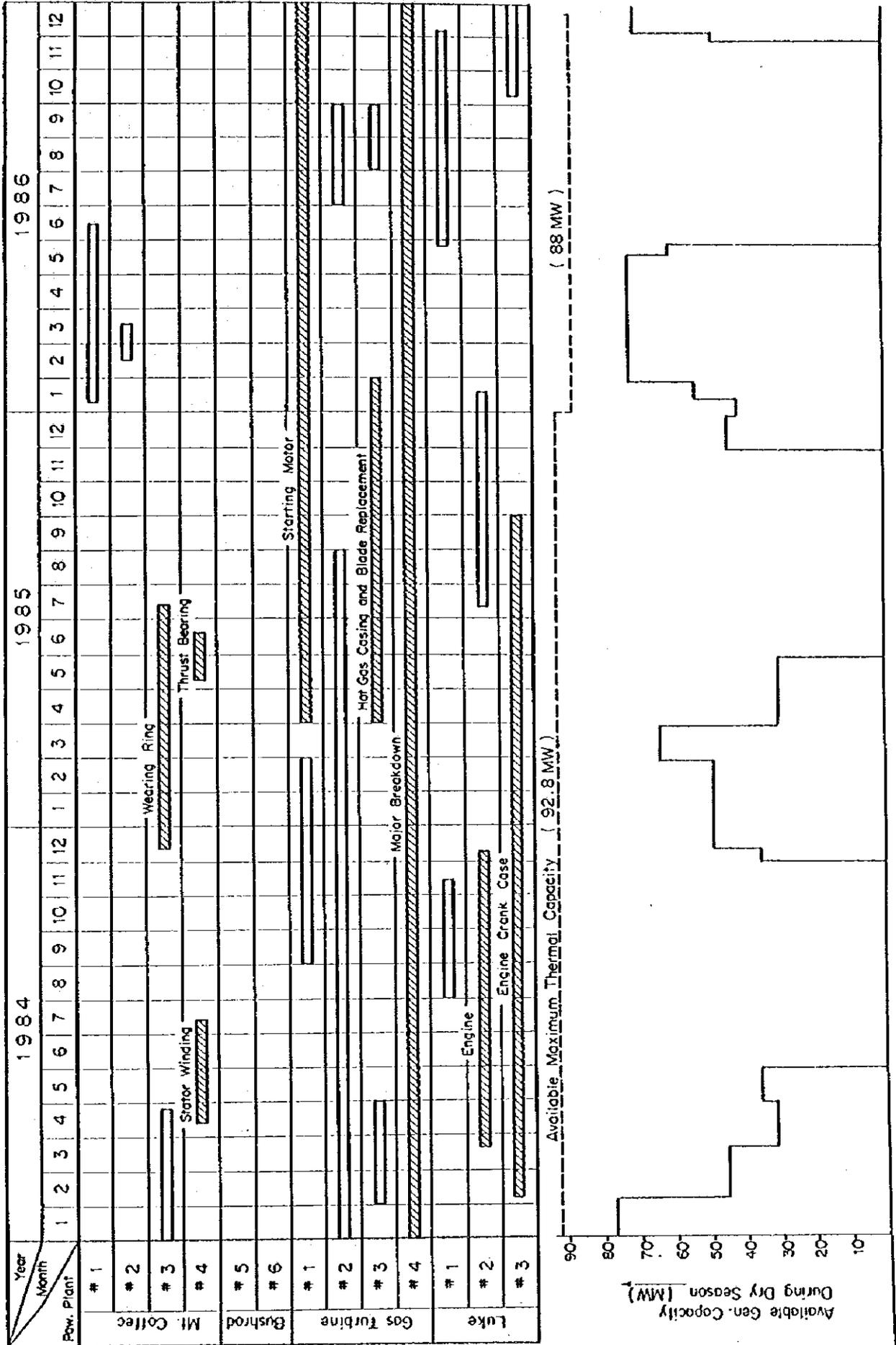




Fig. 2-1-2 Luke Diesel Plant Generated Energy and Consumed Fuel (1984-1986)

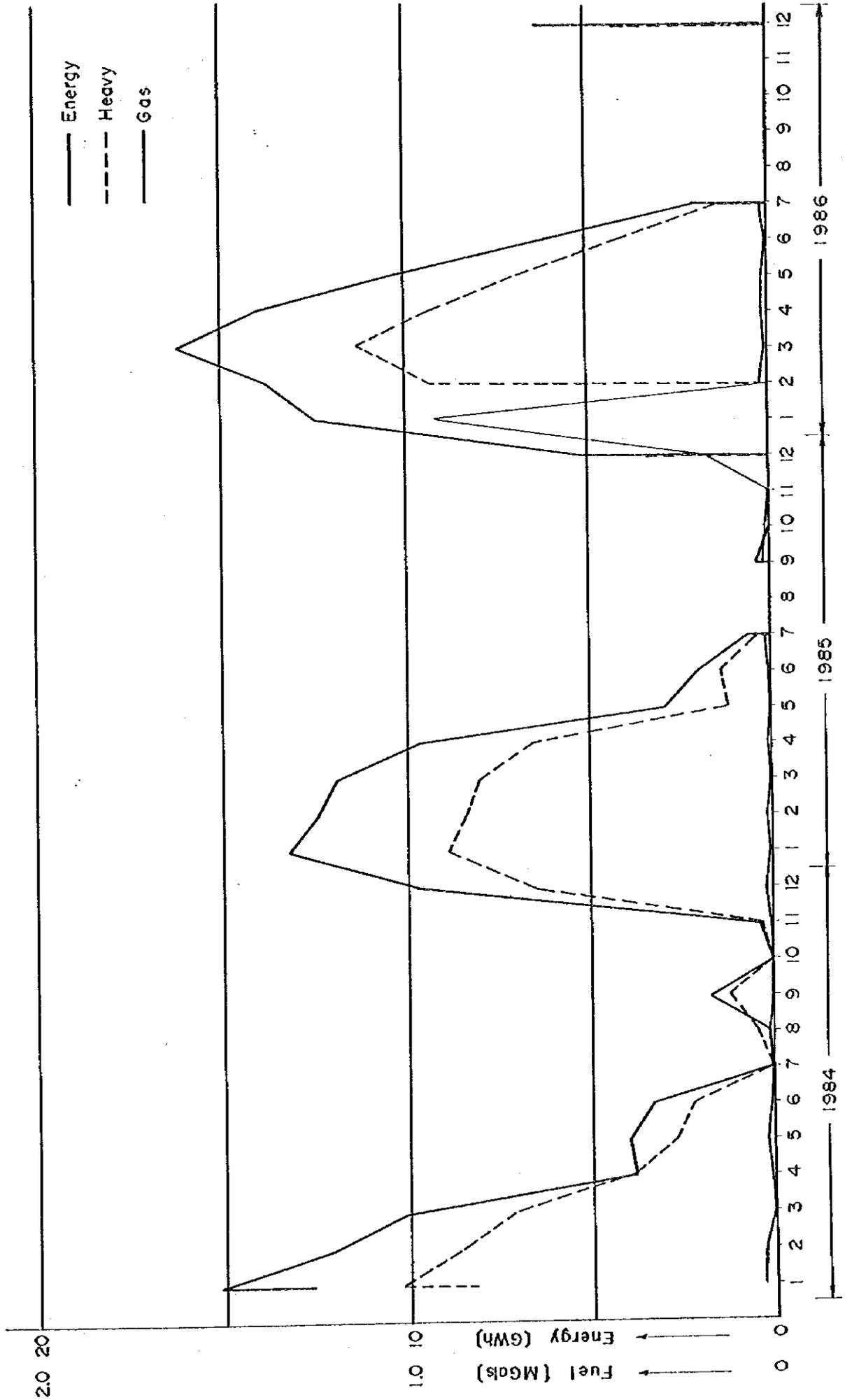




Fig. 2-1-3 Gas Turbine Plant Generated Energy and Consumed Fuel (1984 - 1986)

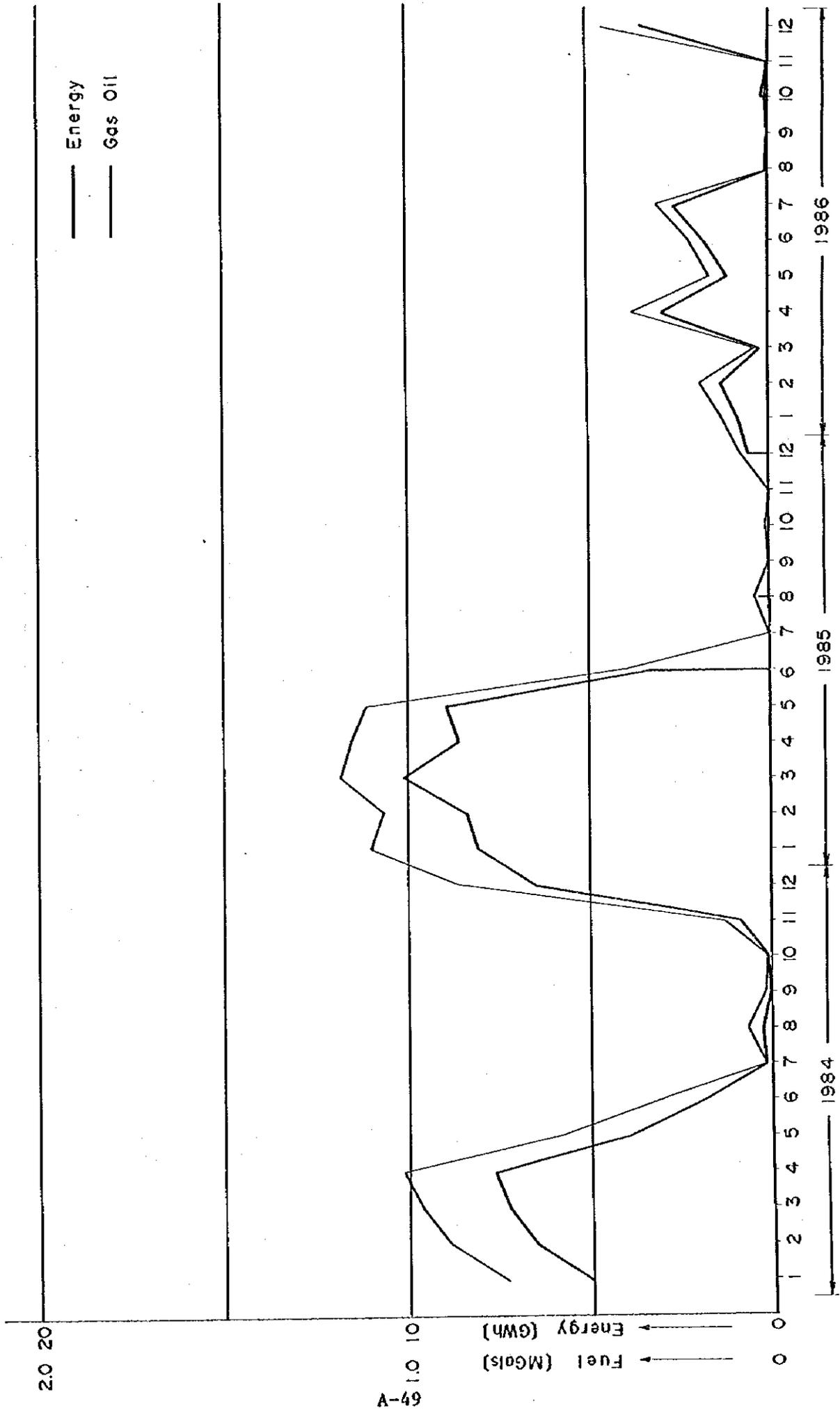
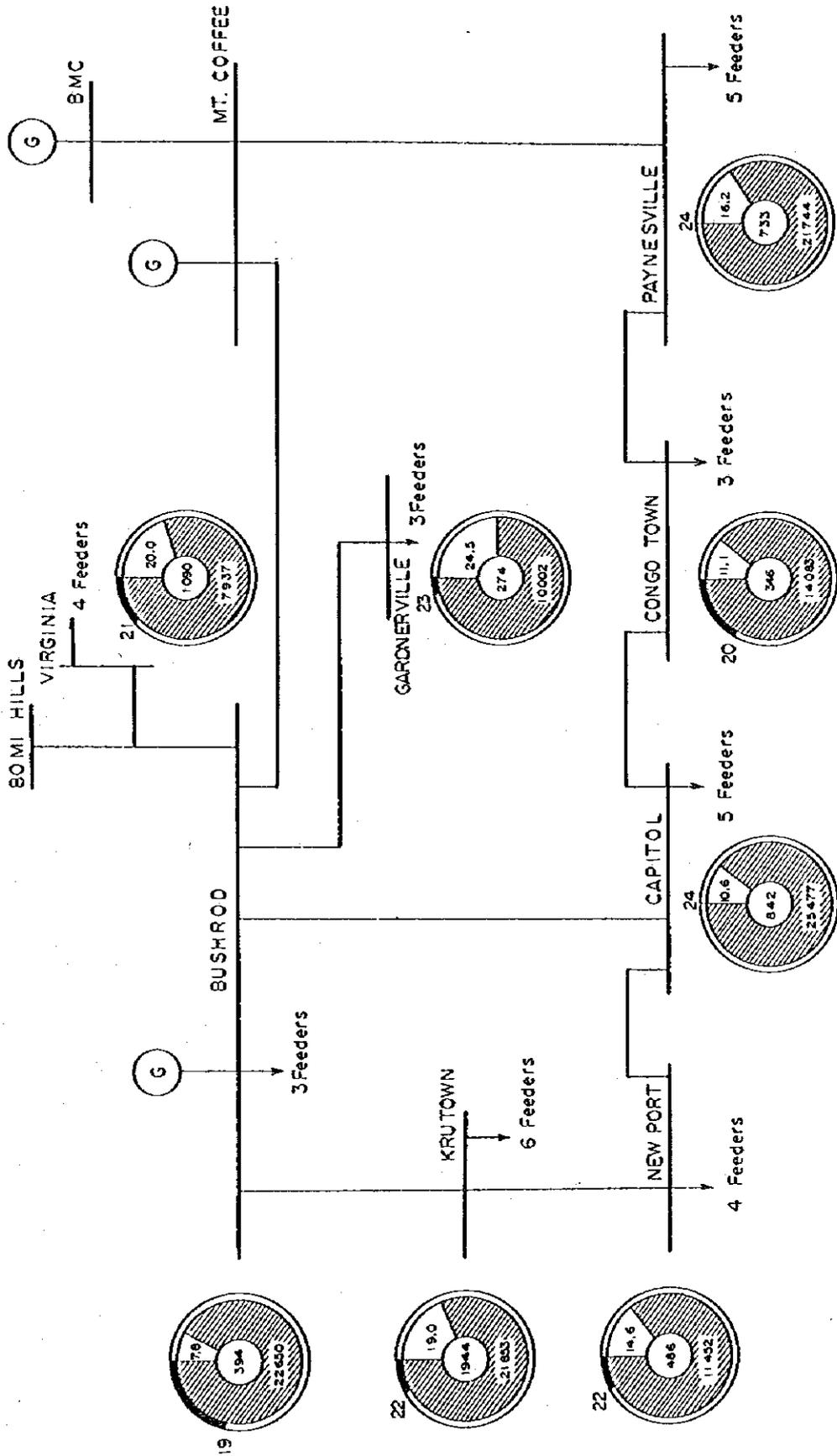




Fig. 2-8 LOAD SHEDDINGS IN MONROVIA POWER SYSTEM ( JAN. THRU MAY, 1986 )



- LEGEND
- (1) Estimated Transmittable Energy in Normal Conditions. ( MWH )
  - (2) Sheddable Energy (%)
  - (3) Number of Switchings
  - (4) Max. Sheddable Hours/day



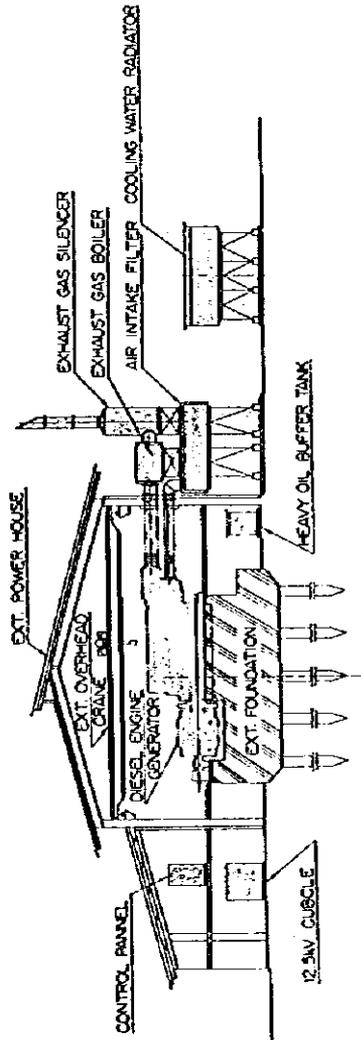
THIS PROJECT

LINE POWER HOUSE

BUSHROD POWER HOUSE

FRONT VIEW

SIDE VIEW



SECTION No. 2, 3 D/G

FIG. 2-11 BUSHROD POWER PLANT ( PLAN )



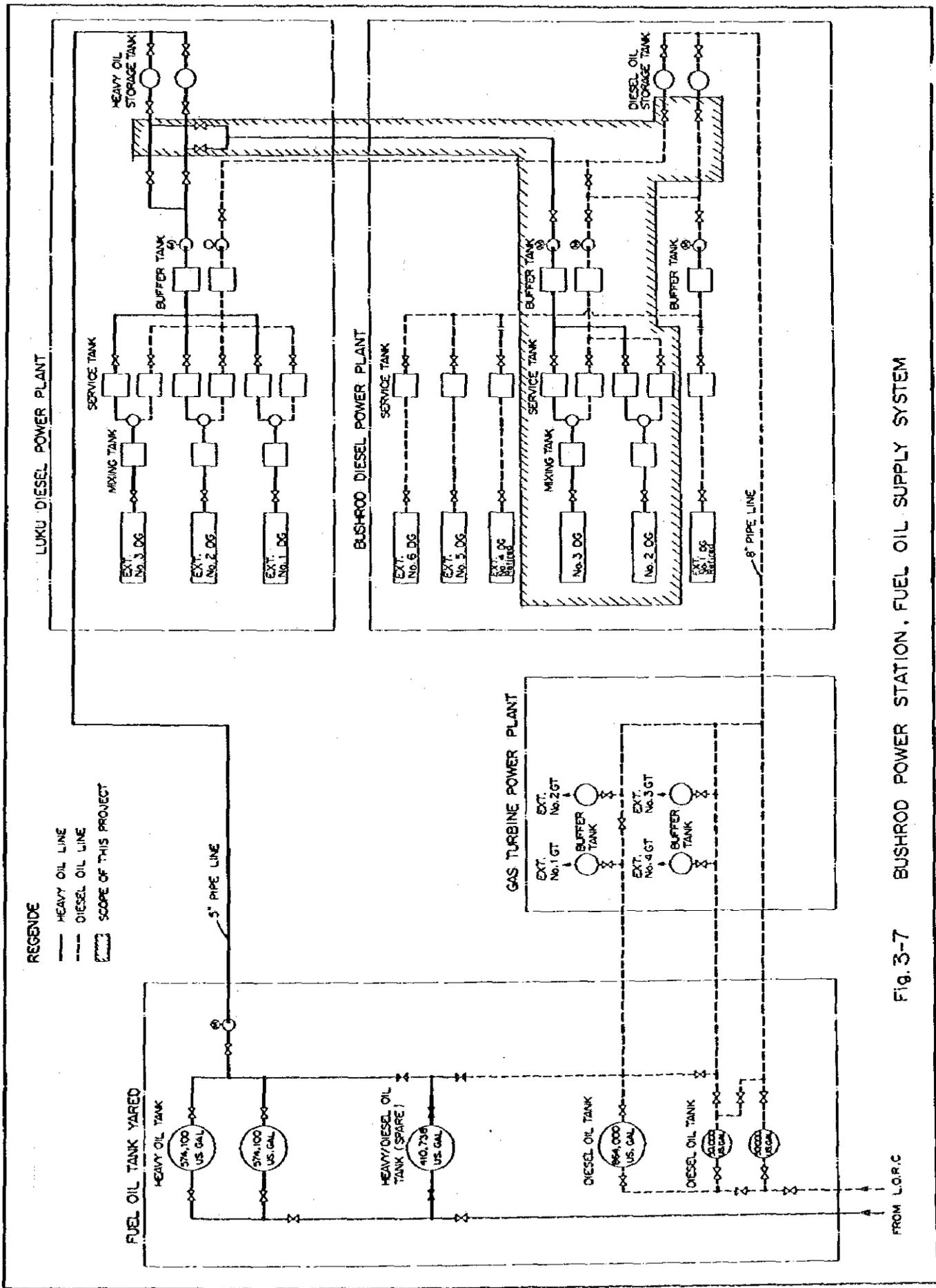


Fig. 3-7 BUSHROD POWER STATION, FUEL OIL SUPPLY SYSTEM



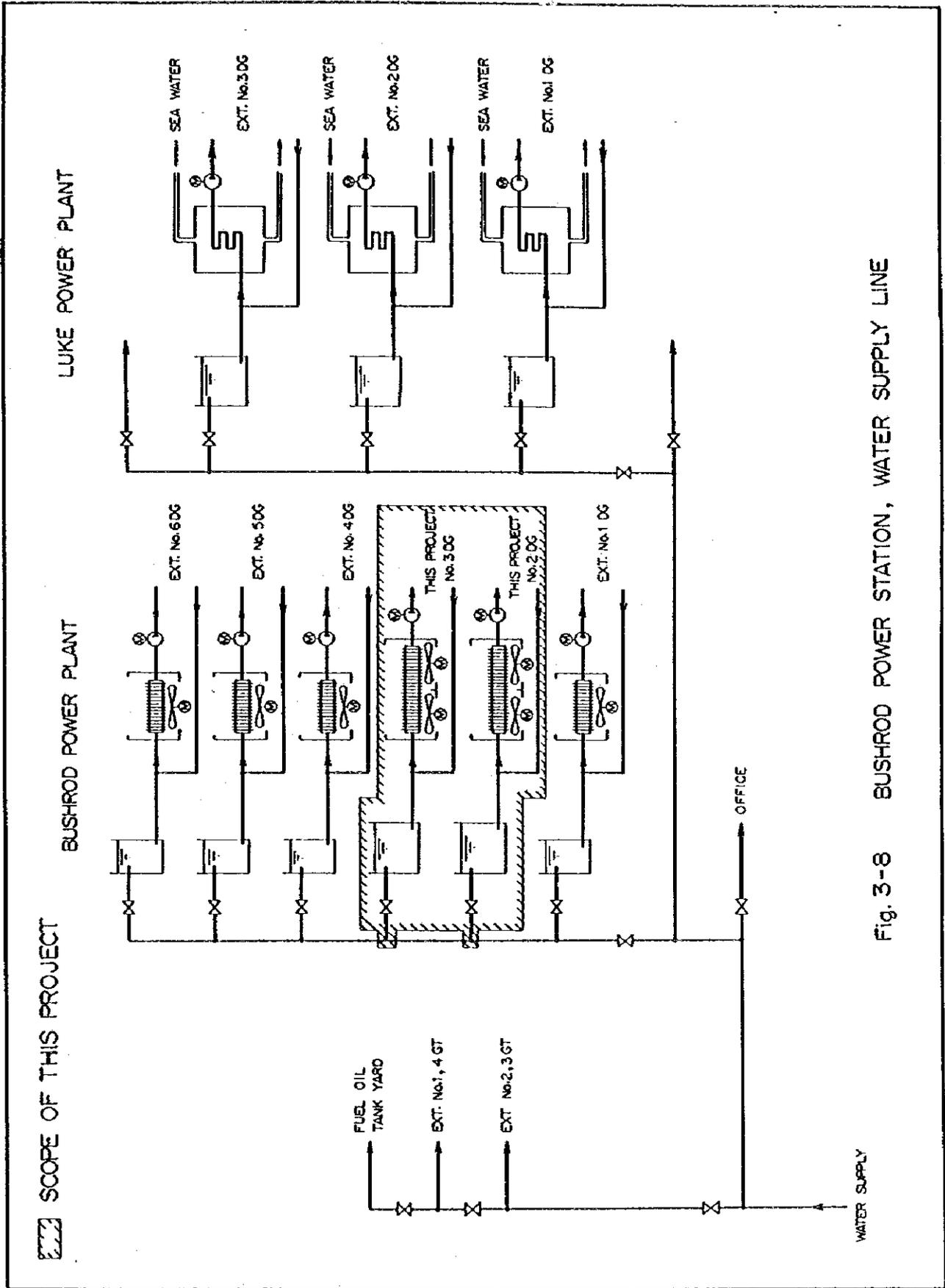


Fig. 3-8 BUSHROD POWER STATION, WATER SUPPLY LINE





JICA