

国際協力事業団
サントメ・プリンシペ国
社会設備環境省

No. 2

サントメ・プリンシペ国

三二水力発電計画本格調査

報 告 書

JICA LIBRARY



J 1135339 181

1997年3月

(株) EPDCインターナショナル

資源調査

JR

97-102

国際協力事業団
サントメ・プリンシペ国
社会設備環境省

サントメ・プリンシペ国
ミニ水力発電計画本格調査
報告書

1997年3月

(株) EPDCインターナショナル



1135339(8)

序 文

日本政府は、サントメ・プリンシペ民主共和国政府の要請に基づき、同国のミニ水力発電計画にかかる本格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ました。

当事業団は、平成8年2月から平成9年3月まで、株式会社EPDCインターナショナルの湯沢省三氏を団長とする本格調査団を5回にわたり現地に派遣しました。

調査団は、サントメ・プリンシペ国政府関係者と協議を行うとともに、現地調査を実施し、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りました。

この報告書が本プロジェクトの推進に寄与するとともに、両国の友好親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

終わりに、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、心から感謝申し上げます。

平成9年3月

国際協力事業団
総裁 藤田公郎

藤田公郎

1997年3月

伝達状

国際協力事業団

総裁 藤田 公郎 殿

ここにサントメ・プリンシペ民主共和国ミニ水力発電開発計画本格調査に関する報告書を提出致します。本報告書は、貴事業団および日本国政府関係機関の助言を取入れ、現地における技術討議結果を踏まえて、上記開発計画を策定したものであります。

調査団はサントメ・プリンシペ社会環境省の協力を得て1996年2月より1997年2月まで5回にわたり現地調査を行い、帰国後の国内作業をおこないました。本報告書は、ミニ水力計画河川として、6河川を取りあげ、多くのポテンシャル・サイトからManuel Jorge No. 4 地点を選定した経緯および選定された同水力発電計画のフィージビリティ・スタディを取録しております。

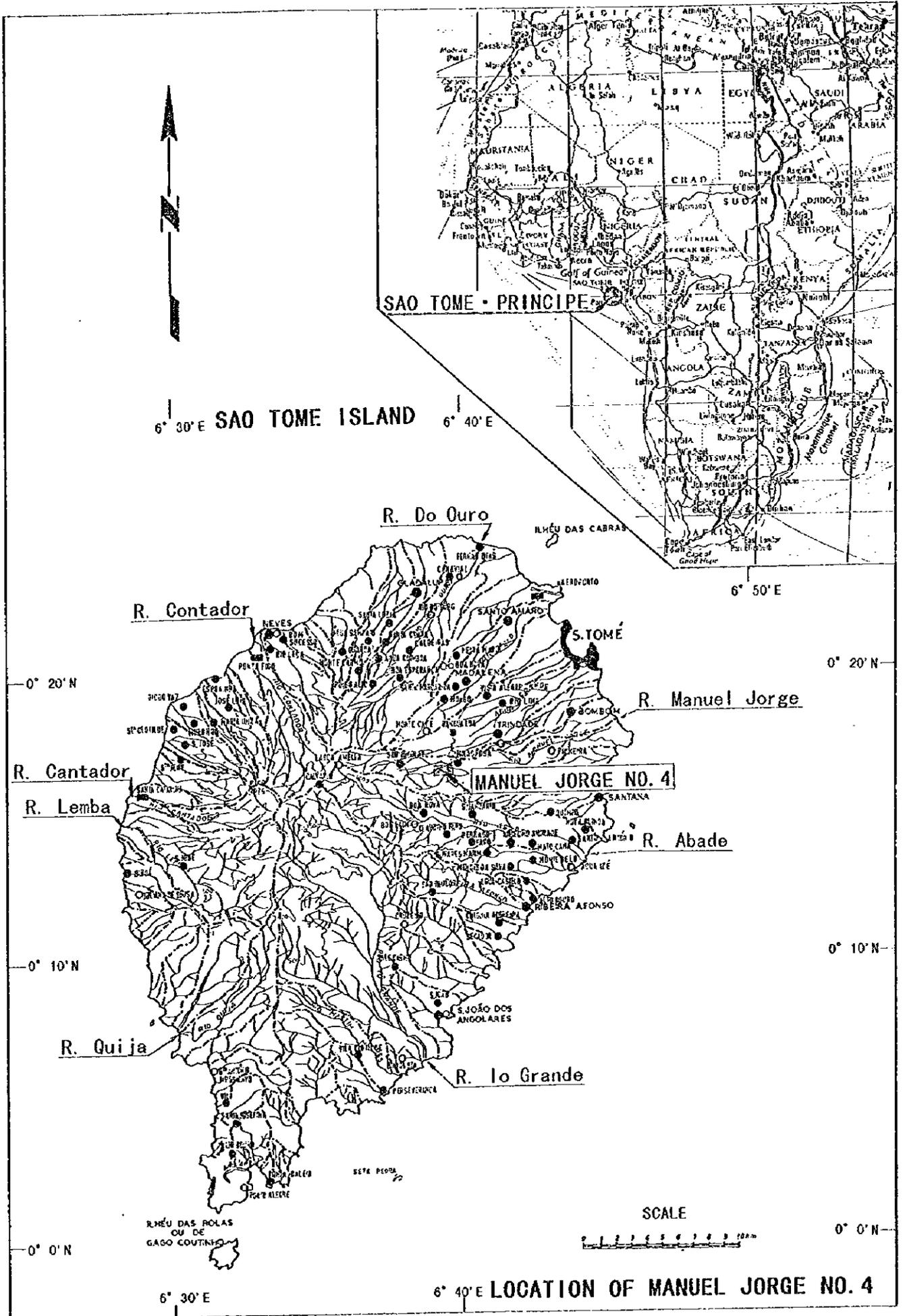
この報告書を契機として、本計画が早期に実現の運びとなり、サントメ地域の電力供給が増強改善され、ひいては同国の電源開発が一段と推進されることを切に念願するものであります。

本報告書の提出にあたり、調査の実施に多大の御協力を賜った、サントメ・プリンシペ政府関係機関をはじめ、外務省、通商産業省、および貴事業団各位に心から感謝の意を表します。

サントメ・プリンシペミニ水力発電計画本格調査団

団 長 湯 沢 省 三

湯沢省三



6° 30' E SAO TOME ISLAND 6° 40' E

SAO TOME - PRINCEPE

R. Do Ouro

R. Contador

R. Manuel Jorge

R. Cantador

R. Lemba

MANUEL JORGE NO. 4

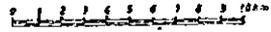
R. Abade

R. Quija

R. Io Grande

R. M. das Polas
ou de
GAGO COUTINHO

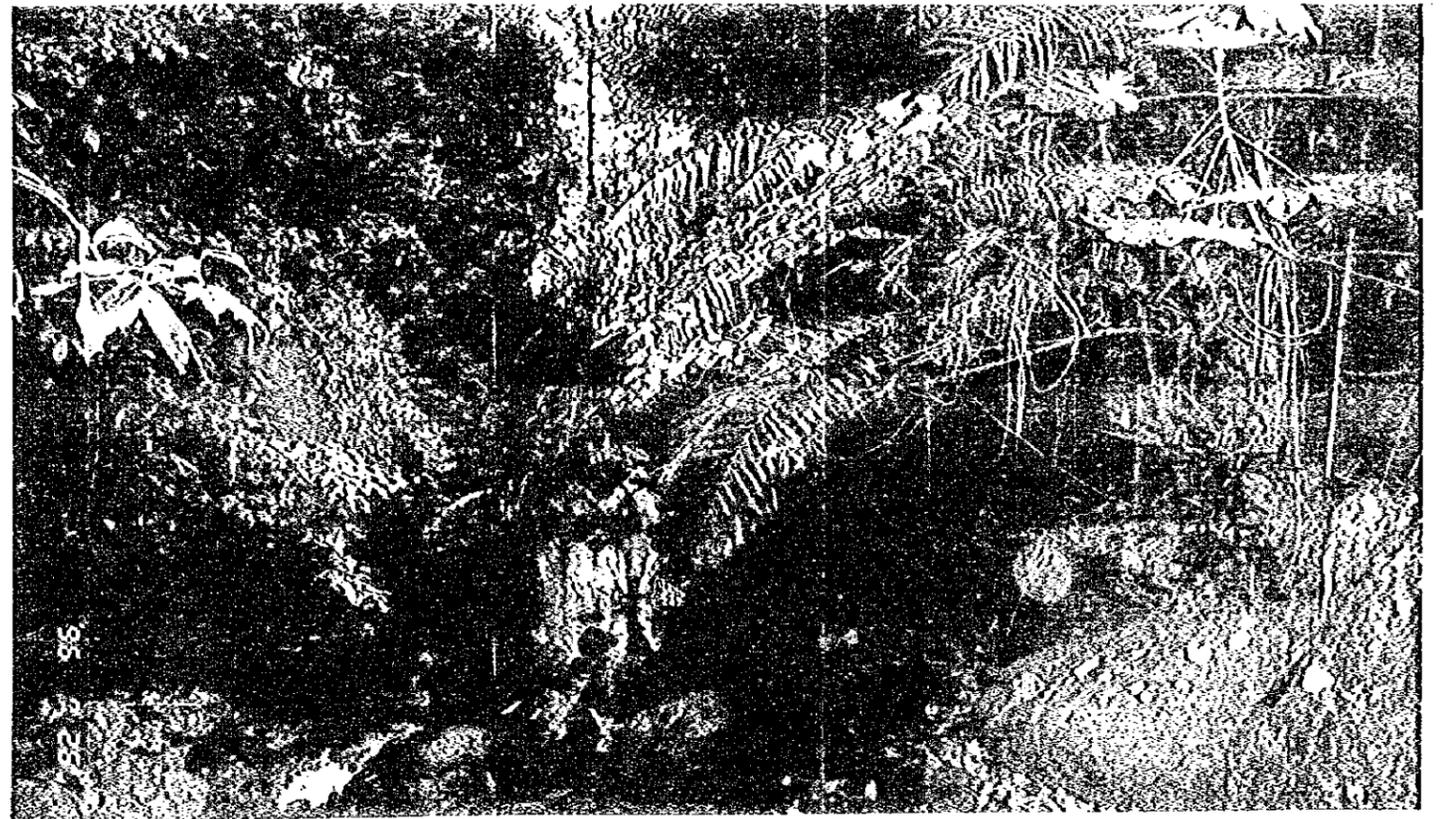
SCALE



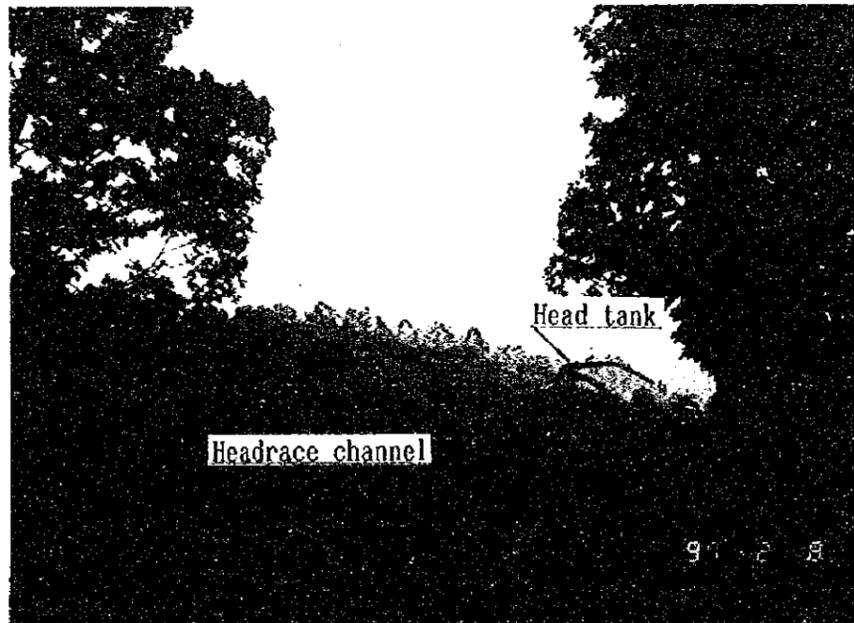
6° 40' E LOCATION OF MANUEL JORGE NO. 4



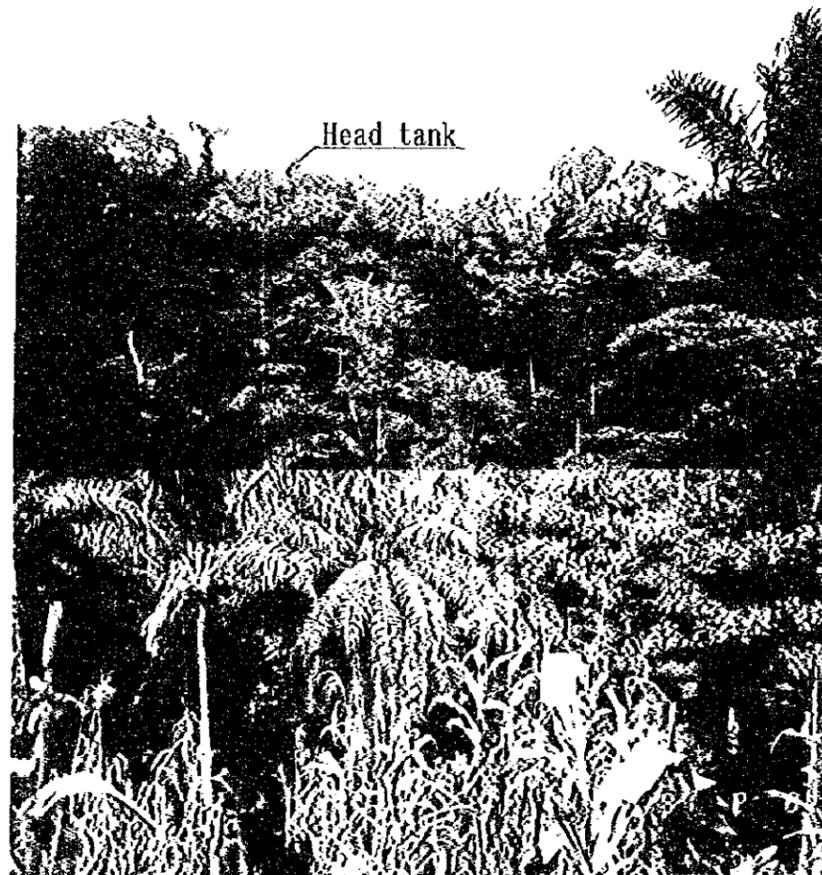
Intake-dame site viewed from left-bank downstream



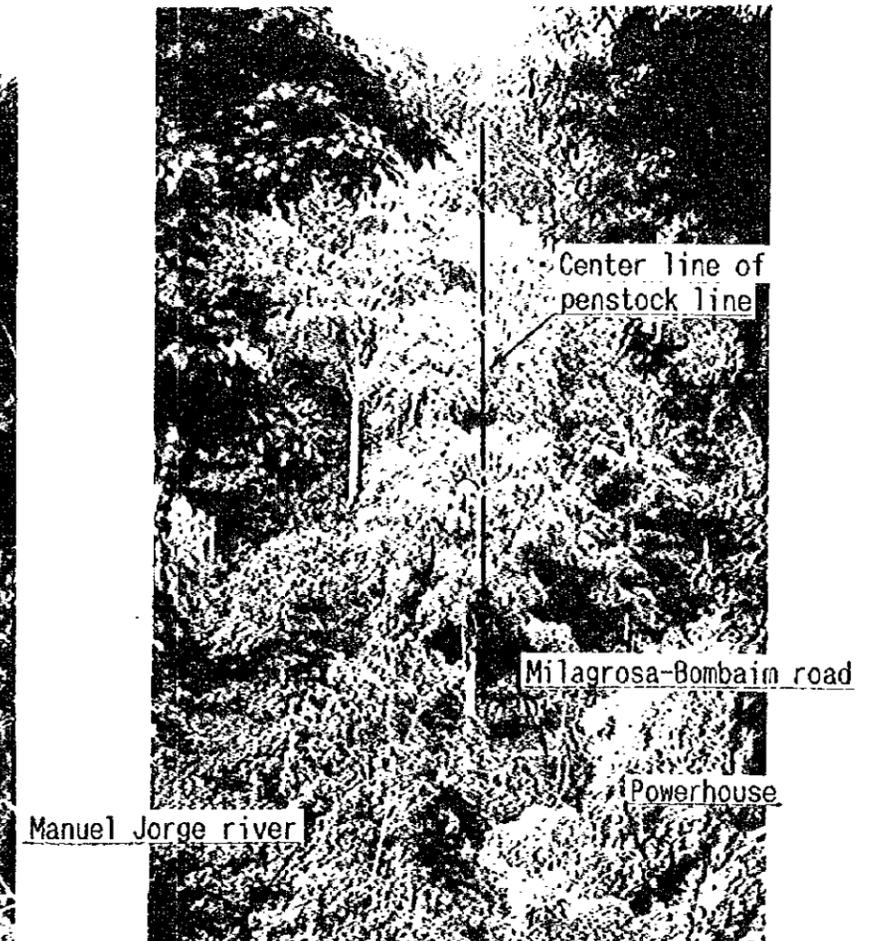
Downstream View from intake-dam site



Head tank site viewed from upstream



Head tank and penstock site



Penstock line & powerhouse site viewed from right bank of Santa Luzia village

結論と勧告

結 論

サントメ・プリンシペ民主共和国（「サ国」）政府は、民生を向上し、経済的に自立する方向に進むためには、まず、電力の慢性的な供給不足を解消することが不可欠であるとして、国内の豊富な水資源を利用し、対外収支の面から輸入燃料に依存しないミニ水力発電の新設を計画している。

本調査団は、5次にわたる現地調査と「サ国」政府諸機関との協議結果に基づき、ミニ水力発電計画本格調査報告書を作成したが、結論は次の通りである。

- (1) ミニ水力計画河川として、6河川を取りあげ、1/10,000地形図及び現地踏査に基づき、ミニ水力計画を立案し、比較検討を行った。計画地点は、いずれも降雨量に恵まれ、地形・地質ともミニ水力に適したものと考えられる。検討の結果、Manuel Jorge No.4とAbade水力計画が他地点に比べ経済的に優れていることが判明したが、発電所規模、建設及び保守管理に必要な良好なアクセス、周辺環境に対する影響などを総合的に考慮し、Manuel Jorge No.4を早期運転開始すべきであり、同計画は、この規模の発電所としては、最適条件を備えている。
- (2) Manuel Jorge No.4水力の最適規模は、取水及び放水位をそれぞれ、EL.507及び388.4m、有効落差109.17m、最大使用水量 $0.31\text{m}^3/\text{sec}$ とし、最大出力230kW、年間発生電力量1,252.6MWhを得るものとする。取水ダムは、直上流の砂礫堆積を考慮したチロル型、導水路は約1,200m、勾配1/500の開渠、ヘッドタンクは12時間湯水流量を貯留可能とするものであり、水車型式はクロスフロー水車とした。発生した電力は30kV送電線によって、約5km離れたTrindade変電所に送られる。これら施設の計画完成後の「サ国」技術者による運転・維持管理は、既設水力発電所の実績から得た技術で対応出来る。本計画の建設への追加調査、実施設計、諸手続及び建設工事終了までの全体工程は約2年を要する。
- (3) 現在サントメ国に於いては、既設発電設備のほとんどが老朽化しており、資金不足から、修復は速やかに行われず、設備出力はフルに発揮出来ず、慢性的な電力不足の一因となっている。発電所新設計画も、資金調達難から計画通りには進んでいない。
「サ国」の電源構成は、火力が約70%と高く、このため開発の規模にかかわらず、水力発電所の投入が必要であり、Manuel Jorge No.4水力はその要請に応えるものである。

- (4) 本計画の送電線は、Trindade 変電所に接続することになるが、併せて、本計画周辺の Santa Clara, Miragrosa などの集落の電化が行えると共に、慢性的停電にさらされている Me-Zochi 地区の行政の中心である Trindade への電力供給の現況を改善することが出来る。即ち、家庭への電力普及率は、実質的に現在の約 50% から 60% まで上昇すると想定される。
- (5) 建設費は準備工事費、土木工事、水力及び発電機器、及び送電線建設費、技術経費を含み、 $4,754 \times 10^3$ US ドルである。従って、年間資本費は、投資コストの 8.174% で 388.5×10^3 US ドル、運転維持費が 47.5×10^3 US ドルで、計 436×10^3 US ドルである。また、代替計画をディーゼル発電とした場合の年間費用は 79×10^3 US ドルである。これから算出した便益/費用の比率は $79/436=0.18$ であり、経済評価の分岐点である 1 を大幅に下回る。但し、全額無償援助を想定すれば、便益/費用の比率は 1.66 となり、1 を上回る。また、財務上の収支は、金利支払い前後で、それぞれマイナス 0.92 及び 8.92% であり、Viable ではない。しかし、以下に述べる事由により、本計画を前向きに考えるべきである。
- 即ち、「サ国」の貿易構造、対外債務の状況から見て、輸入燃料に依存する火力発電は適当ではない。本プロジェクト導入により、火力発電を導入した場合と比べ、年間約 74×10^3 US ドルの外貨節約がはかれる。これは同国年間輸出の 1.4%、燃料輸入額の 6.7% であり、対外収支面での寄与は少なくない。「サ国」の対外債務残高は 1995 年現在で 3 億米ドルを超えており、これ以上の対外債務増加は不可能な状況である。
- 「サ国」は現在、輸入が輸出の約 5 倍であり、また食料輸入額が輸出総額を上回っている。このため、食料の自給の達成が最重要課題であり、農産物や水産物の小規模加工及び貯蔵を促進する上でも、まず電力の供給不足を解消することが緊要である。
- (6) 本計画地点とその周辺地域は長年の農業活動の結果、比較的バランスのとれた環境となっている。本事業は極めて小規模のもので、現在の自然環境状態には影響がほとんど出ない。
- (7) 本計画完成後の運転維持管理に要する費用は、電力の売電収入の範囲内でまかなえるものであり、上記のように多大な効果が期待されると同時に、広く住民生活の向上に寄与するものであることから、本計画が実施されることの意義は大きいと判断される。

サントメ・プリンシペ民主共和国
ミニ水力発電計画本格調査報告書
目 次

結論と勧告.....	i
第1章 序 論	
1・1 計画の背景.....	1-1
1・2 調査の目的及び範囲.....	1-2
1・2・1 目 的.....	1-2
1・2・2 範 囲.....	1-2
1・3 調査業務の実施.....	1-2
1・4 既存報告書.....	1-3
第2章 サントメ・プリンシペ民主共和国	
2・1 地 理.....	2-1
2・2 気 候.....	2-1
2・3 人 口.....	2-1
2・4 経 済.....	2-1
2・5 エネルギー資源.....	2-2
第3章 Manuel Jorge 水力計画地域	
3・1 流域概要.....	3-1
3・2 村 落.....	3-2
3・3 産 業.....	3-3
3・4 植生及び動物.....	3-4
第4章 電力事業の現状	
4・1 電力事業の現状.....	4-1
4・2 電力事業者 EMAE の組織.....	4-1
4・3 供給設備の概要.....	4-2
4・3・1 発電設備.....	4-2
4・3・2 送変電設備.....	4-3
4・3・3 配電設備.....	4-3
4・4 電力需給.....	4-4
4・4・1 電力需要一般.....	4-4

4・4・2	電力需要の特徴	4-5
4・5	電気料金	4-6
4・6	EMAEの開発計画	4-6
4・7	電化計画	4-7

第5章 電力需要想定及び電力供給計画

5・1	電力需要想定	5-1
5・1・1	電力需要想定方法	5-1
5・1・2	需要想定	5-2
5・1・3	需要想定結果	5-2
5・2	電力需給計画	5-3
5・2・1	将来の負荷パターン予測	5-3
5・2・2	電源開発計画	5-3
5・2・3	予備率	5-4
5・2・4	Manuel Jorge No. 4 発電所の必要性と運転開始時期	5-4

第6章 既設発電所の劣化診断

6・1	劣化診断方法	6-1
6・2	Contador 水力発電所	6-1
6・2・1	発電所概要	6-1
6・2・2	経歴及び位置づけ	6-1
6・2・3	設備(機器)仕様	6-2
6・2・4	診断内容	6-3
6・3	Gue Gue 水力発電所	6-8
6・3・1	発電所概要	6-8
6・3・2	経歴及び位置づけ	6-9
6・3・3	設備(機器)仕様	6-9
6・3・4	設備劣化診断	6-11
6・4	Sao Tome 火力発電所	6-12
6・4・1	発電所概要	6-12
6・4・2	経歴及び位置づけ	6-12
6・4・3	設備(機器)仕様	6-13
6・4・4	設備劣化内容	6-16
6・5	診断結果	6-16
6・5・1	Contador 火力発電所	6-16
6・5・2	Gue Gue 火力発電所	6-17

6・5・3	Sao Tome 火力発電所	6-17
-------	----------------	------

第7章 気象及び水文

7・1	気温及び降雨量	7-1
7・2	水文	7-1
7・3	主要河川の気象及び水文概況	7-3
7・3・1	Do Ouro 川流域の概要	7-3
7・3・2	Manuel Jorge 川流域の概要	7-4
7・3・3	Adade 川流域の概要	7-5
7・3・4	Io Grande 川流域の概要	7-6
7・3・5	Lemba 川流域の概要	7-7
7・3・6	Contador 川流域の概要	7-7
7・4	計画地点の流量	7-8
7・4・1	流量算定法	7-8
7・4・2	Pian Pian 観測所の流量資料	7-9
7・4・3	流量算定結果	7-10
7・4・4	流量算定結果	7-11
7・4・5	流況曲線の長期周期検討	7-12
7・5	計画地点の洪水量	7-12
7・5・1	洪水量算定手法	7-12
7・5・2	確率洪水量の算定	7-13
7・6	計画地点の堆砂量の推定	7-15
7・6・1	Manuel Jorge 川の上流域の堆砂成分の供給源の概要	7-15
7・6・2	堆砂成分流入量の推定	7-16

第8章 開発計画

8・1	開発計画地点の選定	8-1
8・1・1	基本的な考え方	8-1
8・1・2	比較検討の方法	8-1
8・1・3	各計画地点の検討結果	8-2
8・2	Manuel Jorge No. 4 地点	8-3
8・2・1	地点概要	8-3
8・2・2	取水ダム地点	8-3
8・2・3	導水路経過地	8-4
8・2・4	発電所位置	8-5
8・3	発電計画の検討	8-5

8・3・1	検討条件	8-5
8・3・2	最適ルールと発電方式	8-8
8・3・3	最大使用水量	8-9
8・3・4	最適管径	8-9
8・3・5	最適発電計画	8-10
8・4	Abade 川の開発計画	8-10
8・4・1	経緯	8-10
8・4・2	基礎資料	8-11
8・4・3	計画検討ケース	8-11
8・4・4	各計画案の経済性	8-12

第9章 地形及び地質調査

9・1	既存地形図及び地質データ	9-1
9・2	地形測量	9-1
9・3	ボーリング調査	9-2
9・3・1	地質調査の選定	9-2
9・3・2	地質調査計画	9-3
9・4	調査の実施	9-4

第10章 地質

10・1	広域地質	10-1
10・1・1	地形概要	10-1
10・1・2	地質概要	10-1
10・2	Manuel Jorge 計画地点	10-2
10・2・1	概要	10-3
10・2・2	取水ダム	10-5
10・2・3	導水路及びヘッドタンク	10-6
10・2・4	水圧管路及び発電所	10-7

第11章 フィージビリティ設計

11・1	概要	11-1
11・2	土木工作物	11-1
11・2・1	取水ダム	11-1
11・2・2	取水設備	11-2
11・2・3	導水路	11-2
11・2・4	沈砂池	11-3

11・2・5	ヘッドタンク	11-3
11・2・6	水圧管路	11-3
11・2・7	発電所	11-4
11・2・8	発電所進入路	11-5
11・2・9	既設用水路	11-5
11・3	電気工作物	11-5
11・3・1	主要機器の選定	11-5
11・3・2	主要機器諸元及び仕様	11-6
11・3・3	設備概要	11-7
11・4	施工計画	11-7
11・4・1	概要	11-7
11・4・2	取水ダム	11-8
11・4・3	導水路	11-8
11・4・4	沈砂池及びヘッドタンク	11-9
11・4・5	水圧管路及びヘッドタンク余水路	11-9
11・4・6	発電所	11-9
11・5	建設資材	11-10
11・5・1	コンクリート資材	11-10
11・5・2	セメント及び鉄筋	11-10
11・6	建設工事工程	11-11

第12章 送電計画

12・1	送電系統の現状	12-1
12・2	送電計画	12-1
12・2・1	送電線ルート	12-1
12・2・2	送電線設備	12-2

第13章 環境調査

13・1	概要	13-1
13・2	Sao Tome & Principe 国の環境行政	13-1
13・2・1	Sao Tome & Principe 国の環境規制等	13-1
13・2・2	Sao Tome & Principe 国の環境行政	13-3
13・3	本計画地点及びその周辺地域の社会経済環境の現状	13-3
13・3・1	本計画地点とその周辺地域の人口と生活の現状	13-3
13・3・2	本計画地点とその周辺地域の産業等	13-6
13・3・3	交通輸送網	13-8

13・3・4	公共施設	13-8
13・3・5	景観	13-8
13・3・6	文化財等	13-8
13・4	本計画地点及びその周辺地域の自然環境の現状	13-8
13・4・1	気候	13-8
13・4・2	土壌	13-8
13・4・3	植生	13-9
13・4・4	動物	13-9
13・5	環境インパクトの同定	13-9
13・5・1	取水ダム	13-9
13・5・2	ヘッドタンクまでの導水路	13-10
13・5・3	ヘッドタンク	13-10
13・5・4	水圧管路	13-11
13・5・5	発電所	13-11
13・6	本水力発電開発で予想される環境への影響の要約	13-11
13・6・1	建設段階でのポテンシャル・インパクト	13-11
13・6・2	運転段階で起こりうるインパクト	13-11
13・7	補償	13-12
13・8	総合評価	13-12

第14章 経済・財務評価

14・1	経済評価	14-1
14・1・1	経済評価の方法	14-1
14・1・2	費用	14-1
14・1・3	便益	14-1
14・1・4	経済評価	14-1
14・2	財務分析	14-3
14・2・1	財務分析の方法	14-3
14・2・2	財務的費用及び便益	14-3
14・2・3	財務評価	14-4
14・3	資金返済計画	14-5
14・4	E M A E の財務状況	14-5
14・4・1	貸借対照表からみた特徴	14-5
14・4・2	損益計算書からみた特徴	14-5
14・5	感度分析	14-6
14・6	総合評価	14-6

List of Table

Table 4-1	Transition of Electric Energy Consumption
Table 4-2	Electric Tariff of EMAE
Table 4-3	Expansion Plan of EMAE
Table 5-1	Basic Data for Demand Forecast(1981-1995)
Table 5-2	Demand Forecast
Table 5-3	Analysis of Power Balance
Table 6-1	Check List
Table 6-2	Facility Specifications
Table 7-1	Characteristics of Typical Meteorological Stations in Sao Tome
Table 7-2	Characteristics of Stream Gauge Stations in Sao Tome
Table 7-3	Daily Discharge Calculation at Boa Esperanca Gauging Station on Do Ouro River (Period:1988-1992)
Table 7-4	Daily Discharge Calculation at Central A.Neto Gauging Station on Do Ouro River(Period:1988-1992)
Table 7-5	Daily Discharge Calculation of Pian Pian(Ponte) Gauging Station on Manuel Jorge River (Period:1990-1991)
Table 7-6	Daily Discharge Calculation of Bombaim Gauging Station on Abade River (Period:1989-1993)
Table 7-7	Calculation of Rating Curve at Pian Pian "Ponte" Gauging Station for 1990 on the Manuel Jorge River
Table 7-8	Rating Curve at Pian Pian "Ponte" Gauging Station for 1991 on the Manuel Jorge River
Table 7-9	Daily Discharge Data at Pian Pian(Ponta) Gauging Station on the Manuel Jorge River (1/5-5/5)
Table 7-10	Specific Daily Discharge per 10 Sq.Km at Pian Pian Gauging Station on the Manuel Jorge River (1/5-5/5)
Table 8-1	Comparative Study on Mini Hydro Power Projects in Sao Tome Island
Table 8-2	General Scheme Description of 6 Study Cases
Table 8-3	Study for Economical Route of Manuel Jorge No.4
Table 8-4	Power Value of Alternative Thermal Power Plant for Manuel Jorge No.4
Table 8-5	Estimated Construction Cost of Manuel Jorge No.4
Table 8-6	Calculation Sheet of Power Energy of Manuel Jorge No.4 (Case A, with Storage Capacity)
Table 8-7	Ditto (Case B with Storage Capacity)
Table 8-8	Ditto (Case C with Storage Capacity)

Table 8-9	Ditto (Case A without Storage Capacity)
Table 8-10	Ditto (Case B without Storage Capacity)
Table 8-11	Ditto (Case C without Storage Capacity)
Table 8-12	Study of Optimum Water Discharge of Manuel Jorge No.4
Table 8-13	Estimated Constructions Costs of Manuel Jorge No.4
Table 8-14	Calculation Sheet of Energy Production for Optimization of Max. Discharge (Case-B, with Storage Capacity)
Table 8-15	Study of Optimum Inner Diameter of Penstock Pipe (1/2~2/2)
Table 8-16	Optimum Development Plan of Manuel Jorge No.4
Table 8-17	Calculation Sheet of Energy Production of Manuel Jorge No.4
Table 8-18	Respective Case of Abade River Development Schemes
Table 8-19	Economical Comparison of Combined Abade River Development Schemes
Table 8-20	Power Value of Alternative Thermal Power Plant for Abade River Development Scheme
Table 8-21	Estimated Cost of Small Hydropower Projects in Abade River
Table 8-22	Calculation Sheet of Power Energy of Abade River Development scheme (Case A)
Table 8-23	Ditto (Case B-1)
Table 8-24	Ditto (Case B-2)
Table 8-25	Ditto (Case B-2')
Table 8-26	Ditto (Case C-1)
Table 8-27	Ditto (Case C-2)
Table 8-28	Ditto (Case C-2')
Table 9-1	Quantities Planned in Surveying Investigation Works
Table 10-1	Geologic Sequence in the Project Site
Table 11-1	Estimated Construction Cost of Manuel Jorge No.4
Table 13-1	List of Species of Threatened Fauna in Sao Tome & Principe
Table 13-2	Summary of Potential Socioeconomic Environmental Impacts and Their Preventions and Mitigations
Table 13-3	Summary of Potential Natural Environmental Impacts and Their Preventions and Mitigations
Table 14-1	Economical Evaluation
Table 14-2	Balance Sheet of EMAE
Table 14-3	Profit & Loss Statement of EMAE
Table 14-4	Trend of Subsidies provided for Fixed Assets
Table 14-5	Sensitivity Analysis -FIRR for 35 years

List of Figures

- | | |
|-----------|--|
| Fig. 1-1 | Survey Stage and Study Procedure |
| Fig. 1-2 | Survey Schedule |
| Fig. 4-1 | Organization Chart of MESA |
| Fig. 4-2 | Organization Chart of EMAE |
| Fig. 4-3 | Organization Chart of Technical Department of EMAE |
| Fig. 4-4 | Daily Load Curve |
| Fig. 5-1 | Demand Forecast (Energy) |
| Fig. 5-2 | Demand Forecast (Power) |
| Fig. 5-3 | Power Balance |
| Fig. 6-1 | Morphologic Map of Contador Hydro Power Station |
| Fig. 6-2 | Location Map of Gue Gue Hydro Power Station |
| Fig. 6-3 | Location Map of Sao Tome Thermal Power Station |
| Fig. 7-1 | Typical Meteorological Station in Sao Tome Island |
| Fig. 7-2 | Isohyetal Map of Sao Tome Island |
| Fig. 7-3 | Location Maps of Typical Rivers and Gauging Station in Sao Tome Island |
| Fig. 7-4 | Daily Discharge at Pian Pian (Ponte) Gauging Station on the Manuel Jorge River (1/2-2/2) |
| Fig. 7-5 | Daily Discharge at Bombaim Gauging Station on the Abade River (1/5-5/5) |
| Fig. 7-6 | Q-H Curve at Pian Pian (Ponte) G.S for 1990 on the Manuel Jorge River |
| Fig. 7-7 | Q-H Curve at Pian Pian (Ponte) G.S for 1991 on the Manuel Jorge River |
| Fig. 7-8 | Specific 5-Day Average Discharge of Typical River in Sao Tome (1/6-6/6) |
| Fig. 7-9 | Daily Discharge Curve at Pian Pian (Ponte) Gauging Station on the Manuel Jorge River (1/5-5/5) |
| Fig. 7-10 | Duration Curve of Specific Daily Discharge at Pian Pian G.S on the Manuel Jorge River (year 1989-1991) (1/4-4/4) |
| Fig. 8-1 | Selected Mini Hydro-Power Project and Transmission Lines |
| Fig. 8-2 | Plan of Schemes on Manuel Jorge No. 4 |
| Fig. 8-3 | Profile of Alternative Schemes, Manuel Jorge No. 4 |
| Fig. 8-4 | Relation Curve of Max. Power Discharge to Economical Index |
| Fig. 8-5 | Study of Optimum Diameter of Penstock Pipe |
| Fig. 8-6 | Cross Flow Turbine Efficiency |
| Fig. 8-7 | Pelton Turbine Efficiency |
| Fig. 8-8 | Generator Efficiency to Output of Generator |

Fig. 8-9	Plans of Alternative Schemes, Abade River
Fig. 8-10	Profiles of Alternative Schemes, Abade River
Fig. 8-11	Plan & Profile of Waterway and Intake Dam Details, Case A, Abade River Scheme
Fig. 8-12	Details of Sedimentation Basin and Headrace Channel, Case A, Abade River Scheme
Fig. 8-13	Details of Head Tank and Profile of Penstock, Case A, Abade River Scheme
Fig. 8-14	Anchor Block and Saddle of Penstock and Powerhouse, Case A, Abade River Scheme
Fig. 10-1	Distribution of Volcanic Rocks and Graben in Africa
Fig. 10-2	Geological Map of Sao Tome Island and Its Vicinity
Fig. 10-3	Summit Level Contour Map of Sao Tome Island
Fig. 10-4	Drainage System of Sao Tome Island
Fig. 10-5	Geological Map of Sao Tome Island
Fig. 10-6	Geologic Plan, Project Site
Fig. 10-7	Geologic Profile, Intake Damsites
Fig. 10-8	Geologic Profile, Headtank to Powerhouse (Upstream)
Fig. 10-9	Geologic Profile, Headtank to Powerhouse (Downstream)
Fig. 10-10	Log of Drillhole
Fig. 11-1	Plan of Manuel Jorge No.4
Fig. 11-2	Profile and Typical Cross Section of Water Way, Manuel Jorge No.4
Fig. 11-3	Intake Dam, Manuel Jorge No.4
Fig. 11-4	Spillway of Headrace, Manuel Jorge No.4
Fig. 11-5	Sedimentation Basin, Manuel Jorge No.4
Fig. 11-6	Head Tank, Manuel Jorge No.4
Fig. 11-7	Penstock, Manuel Jorge No.4
Fig. 11-8	Powerhouse of Manuel Manuel Jorge No.4
Fig. 11-9	Intake Weir of Local Waterway, Manuel Jorge No. 4
Fig. 11-10	Construction Schedule of Manuel Jorge No.4
Fig. 11-11	Flood Water Surface at Tailrace of Manuel Jorge No.4 site
Fig. 12-1	Principal Transmission Line of EMAE
Fig. 12-2	Standard Suspension Post
Fig. 12-3	Alternatives of Transmissions Line Route
Fig. 13-1	Climate (Humidity Distribution) Map of Sao Tome Island
Fig. 13-2	Geographical Sectional View Maps of Sao Tome Island
Fig. 13-3	Agricultural Map of Sao Tome Island
Fig. 13-4	Rivers and Their Basin Map of Sao Tome Island
Fig. 13-5	Location Map of the Villages Located at Project Area and its Vicinity

Fig. 13-6 **The Scenery of a Waterfall and the River Bed of the Project Site Area**

第 1 章

序 論

第1章 序 論

1.1 計画の背景

Sao Tome & Principe 民主共和国は、主として Sao Tome 島と Principe 島で構成されたアフリカ西海岸のギニア湾に位置する全人口 12.7 万人、全国土 1,001km²、ポルトガルより独立後 20 年の新興国である。

人口の大部分は首都 Sao Tome 市のある Sao Tome 島内に集中し、住民は主としてプランテーション型のカカオやコーヒー栽培に従事することにより生計を支えている。同国は現在も IMF、IBRD の勧告のもとに構造調整を進めているが、さしたる資源や有望産業が未だ見あたらない現在 GNP 個人所得も US\$ 330(1994 年)と LLDC の水準にとどまっている。

人口が集中する Sao Tome 島の北部に位置する Sao Tome 市(東海岸側)および Neves 市(西海岸側)とその周辺地域には既して 30kV と 6 kV の送電線と 380V と 220V の配電線が行き亘っているが、Sao Tome 全島でみると電力の普及割合(戸数)は約 45%と推定される。このような状況下に置いても電化品の進出や人口増による電力需要の増加、またホテル業・水産加工業等の軽工業分野への外国資本の参入で電力需要は年々増加している。

一方、電力の供給は、1995 年 3 月現在、Sao Tome 島には、Contador 水力発電所 1,920kW, Gue Gue 水力発電所 320kW, Sao Tome Diesel 発電所 3,920kW と 4 つの発電所があり、発電設備要領は合計 6,160kW である。しかしながら資金難から発電及び送配電設備は老朽化し、脆弱であるため、最大 4,995kW の電力需要に対応することは不可能である。首都 Sao Tome においては地域ごとにローテーションを組んだ計画停電が日常化し、恒常的に需要不足の状況下にある。

一方、Sao Tome 市及び周辺のホテルや国連事務所など大需要施設及び大統領官邸や飛行場等の国の重要施設はそれぞれ自家発電施設を備えて対応している。

このような現状のもと、首都 Sao Tome 市と周辺地域に対する電力供給力の増強は既設発電所のリノベーションであれ、発電所の新設であれ、Sao Tome 国にとって急務となっている。

安定した電力の供給は計画停電の解消し、産業の振興による雇用機会の増加を Sao Tome 国の経済発展に結びつく軽工業への投資に対して大きなインセンティブを与えるものと思われる。

1981 年から 1994 年に至る間の電力需要の平均伸び率は 5.7%であり、今後も約 4.7%から 6.7%の年平均伸び率が想定される。然しながら Sao Tome 国の財政が各国からの援助に頼る状況下、電力設備の増強は遅々として進んでいない。

Sao Tome 国の電力担当部局である Empresa de Aqua e Electricidade(EMAE)は、1981 年 U S S R の水力ポテンシャルスタディに続いて 1992 年にフランスの技術協力を得て「国家エネルギーマスタープラン」を策定した。両報告書

とも Sao Tome 島の水資源と地形特性を活用した Manuel Jorge 川をはじめ Abade 川、Io Grande 川など数河川に点在する小水力ポテンシャルを流れ込み式水力発電所の形式で開発することを勧告している。

Sao Tome 国は経済発展、民生向上のためのエネルギー関連事業を国家の最優先プロジェクトとして位置づけており、国内の豊富な水資源を利用し、運転が比較的容易であり且つ燃料を必要としない水力発電所の新設を希望している。

電力供給の逼迫する中、新規発電プロジェクトの実現に向けて本開発調査が我が国に要請され、これに応じて日本政府は事前調査団を現地へ派遣（95年11月19日～12月1日）し、要請内容を確認すると共に本格調査の実施内容に係る Scope of Work (S/W)を締結した。

1.2 調査の目的および範囲

1.2.1 目的

本調査では、Sao Tome 国の首都 Sao Tome 市の周辺地域の電力供給力を増強するミニ水力発電所を建設するための最適計画を策定し、技術・経済および環境の面からプロジェクト実施の可能性を検証するフィージビリティスタディを実施すること、および本調査を通じて Sao Tome 国側カウンターパートに対して技術移転を図ることを目的とする。

1.2.2 範囲

Sao Tome 島内の有望な水力ポテンシャルを有する河川の中からミニ水力発電所の建設にふさわしい有望計画地点を選び、選定された建設候補地点について、フィージビリティスタディを実施するものとする。

1.3 調査業務

本調査は Fig. 1-1 調査段階と作業内容・項目の流れを示したスケジュールにより、予備調査、基礎調査、及びフィージビリティ調査の三段階に区分して実施された。各段階は国内作業及び現地作業より構成されている。各段階における現地調査団員は次に示す。

総括／発電計画	湯沢 省三	第1～5次現調
土木設計	伏見 和彦	第1、2、4、5次現調
電気設備	藤内 利正	第1、4、5次現調
水文解析	角田 東	第1、2次現調
地形測量	斉藤 三男	第2次現調
地質調査	武田 和久	第1～3次現調
環境調査	大野 良三	第2、4次現調

経済・財務	永吉 泰二	第4次現調
通訳	小林 真理	第1次現調
	福島 淑子	第2～5次現調

Fig.1-2 は、調査業務の実施スケジュールを示すが、各段階で、調査団によって報告書が提出され、内容について Sao Tome 政府の関係部署、特に Ministerio do Equipamento Social e Ambiente (MESA) 及び Empresa de Agua e Electricidade (EMAE) に説明、質疑応答が行われた。

地形・地質調査は、在ガボン、GERI-Loison 社によって 1996 年 7 月下旬から 10 月中旬にかけて、環境調査は在 Sao Tome、AgroInsulta 社によって、1996 年 7 月下旬から 11 月初旬にかけて実施された。

本計画下における国内研修には、MESA から、Mr. Isaque Braganca Gomes Cravid (電気技師) が参加し、1996 年 10 月 24 日から 11 月 18 日の間、当社及び公共企業の水力を含む水力発電所の見学を行うと共に、サントメ小水力に関する打ち合わせを行った。

1.4 既存報告書

調査の実施に必要な現状の電力施設に関するデータ、情報、電力施設に係る基準、規則および環境に関するデータ、情報を収集、検証したが、特に電力施設に関するリノベーションおよび開発計画については、以下の三報告書が検証された。即ち、

- (1) Riconomendacdes para aproveitamento des recursas hidro-enereticos da Republica Democratica de Sao Tome e Principe, URSS Guidroproekt Fitlat de Leninegrado, 1981
- (2) Master plan for electrification of Sao Tome island covering a period of 1991 to 2010, EDF International, 1993
- (3) Etude Geologiques concertant la Centrale Hydro-electrique de Rio Contador, le Centro Ricerche Geologiche S.r.l., 1995

Fig. 1-1 調査段階と作業内容・項目の流れ

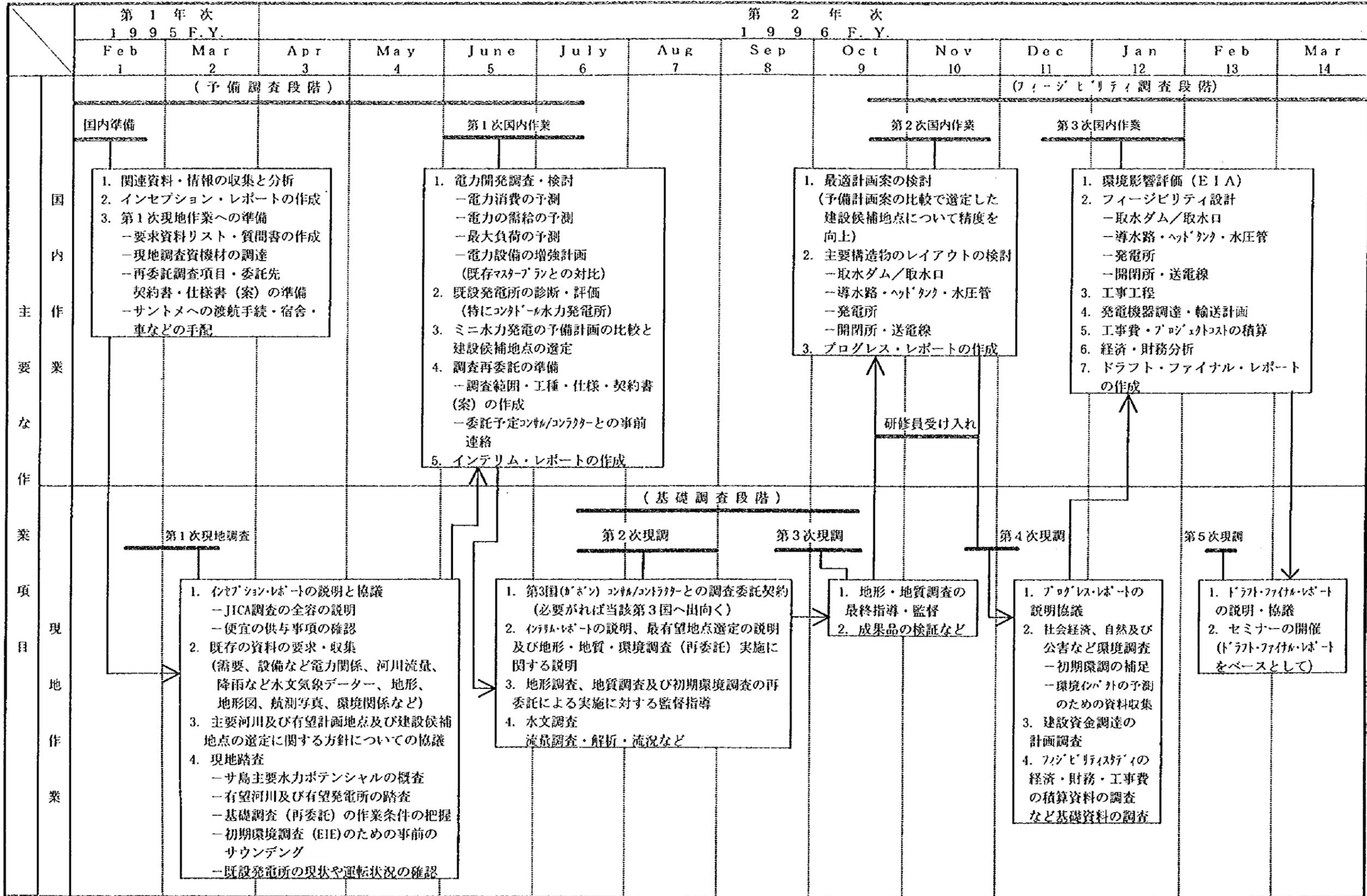


Fig.1-2 調査業務の実施スケジュール

作業項目	1995 (FY)			1996 (FY)												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	
調査段階				(予備調査段階)							(フィnalレビュー調査段階)					
国内作業		国内準備作業			第1次回作					第2次		第3次				
地作業		第1次現地調					第2次		第3次		第4次		第5次			
(再委託調査)							地形・地質・環境 再委託による調査									
報告書の作成・提出																
インセプション・レポート		△														
インテリム・レポート							△									
プロGRESS・レポート											△					
ドラフト・ファイナル・レポート														△		
ファイナル・レポート (サ国着)																△

第 2 章

サントメ・プリンシペ民主共和国



第2章 Sao Tome & Principe 民主共和国

2.1 地理

Sao Tome & Principe 民主共和国は、1975年7月1日宗主国ポルトガルより独立し、首都はSao Tomeである。西アフリカ・ギニア湾上で、ほぼ赤道上、大陸部より約280kmに浮かぶSao Tome島と、その北北東200kmのPrincipe島の2島と、その他、5つの小島からなる。面積はSao Tome島836km²、Principe島128km²、その他5小島37km²、合計1,001km²で東京都の半分弱である。Sao Tome島、Principe島とも火山起源の島でSao Tome島の最高峰は2,024mに達し、その麓には熱帯ジャングルと肥沃な耕地が広がる。

2.2 気候

気候は赤道海洋性気候に属し、大雨季（1～6月）、乾期（7～9月）、小雨期（9～12月）の3つの季節に分かれている。1965年から1990年のSao Tome島に於ける年間平均降水量は南西部では7,000mmを超えるが、北東部に向かって漸減し、Sao Tome市周辺では約1,000mmとなる。温暖多湿地帯に属し、年平均気温は約25℃である。Fig. 13-1にSao Tome島の気候図を示す。

2.3 人口

1992年に於ける総人口は127,100人である。その内33%が都市、67%が農村人口である。首都Sao Tomeの人口は1985年現在で約3万人であった。人口密度は121人/km²であり、人口増加率は2.3%/年である。

2.4 経済

Sao Tome & Principe国は国民一人当たりの所得が317US\$(1995年)、1991～95年の実質経済成長率は年平均1.6%、1995年末対外債務残高約3億ドル、という破局的な経済状況下にあるミニ国家である。

1975年のポルトガルよりの独立以降、経済的には中央計画経済システムを採用、主要産業であるカカオ生産を中心として行ってきたが、その生産量は1974年の11,600トンから1995年には4,580トンへと落ち込み、債務も累積する等、深刻な経済困難に遭遇する事となった。

Sao Tome政府は1985年より経済自由化政策を推進、カカオ生産への外国企業の参入を積極的に受け入れ、市場流通の自由化を推進する一方、1987年半ばより世銀により支援を受けて国家財政再建、カカオを中心とする農業生産高の向上、観光・水産業の開発を骨子とする構造調整に着手し、通貨ドブラ(Dob)の段階的切り下げ、農民の賃金引上げ等を実施してきたが、インフレの促進、購買力の低下、失業者増加を招き、対外債務残高も増加する等、前途多難な経

済状況が継続している。

国内総生産の約 30%、また輸出収入の 95%を占め、賃金労働者の大半が農民である点に示されるように農業が同国の主要産業である。特に輸出の 90%、耕地面積の 46%を占めるココアが主要産品である。ココアのほかにコブラ、パーム椰子、コーヒー等も栽培されているが、小規模であり、畜産、漁業も近代的段階には至っておらず、また工場も農産品加工、ビール、陶器、製材工場がある程度で住民の食糧、生活物資は自給できず専ら輸入（食糧輸入の全体に占める割合は 20~30%、1995 年において食糧輸入額は 600 万 US\$）に頼っている。

Sao Tome 国は物価管理体制を独立以降も維持してきたが、1987 年以降価格の自由化を漸次実施していった。例外は 6 つの戦略的食糧品と石油製品、薬品で、この他電気、水、運輸、通信等公共サービスの価格は政府の決定に依っている。1991 年から 1995 年に亘るインフレ率と物価指数は次の通りである。

項目	年	1991	1992	1993	1994	1995
インフレ率		52.7	27.3	21.8	37.7	24.6
物価指数		173.3	220.7	268.8	370.2	461.1

1985 年以降経済面では自由化が進行中であり、政治的安定と共に外国との協力も進展、社会面の試作についても取上げられつつあるが、依然として引き続き経済困難下、期待通りには進捗していない。

2.5 エネルギー資源

1.1 計画の背景に於いてすでに述べたが、EMAE は 1981 年ロシアの水力ポテンシャルスタディに引き続いて 1992 年にフランスの技術協力を得て電力マスタープランを策定した。両報告書共、Sao Tome 島の水資源と地形特性を活かし、小水力ポテンシャルを流れ込み式水力発電所の形式で開発することを勧告している。

Sao Tome & Principe 共和国のエネルギー供給の輸入依存度は 90%を優に越えており、今後共エネルギー需給のインバランスも当然懸念される状況にある。このため、早急に厳しい経済活動や国民生活に必須であるエネルギーの安定供給確保を図ることが、Sao Tome & Principe 国エネルギー政策の緊急課題であり、また根本的要請であることに変わりはない。この要請に取り組むに当たっては、供給の安定性と国産エネルギーの活用による外貨流出の防止を第一に、必要な対策を講ずることが重要である。外貨流出の防止、即ち Sao Tome 島の豊富な雨量と地形を利用したクリーンエネルギーとしての水力ポテンシャルの実現こそ国民生活レベルの向上と、農業の効率化に直結する重要な要素である。開発地点

については立地条件の有利なものは少なく、すでに調査が行われた、総計20,000kWに及ぶ諸地点について需要の動向、緊急必要性和資金的裏付けを考慮の上、水力開発を一步一步推進する必要がある。

火力またはディーゼル発電については、長い目で見て外貨の流出防止を考慮した上での低廉性、或いは供給の安定性が強く求められらるべきである。また、騒音、ガス排出等、環境問題への対応も考える必要がある。従って水力に比べて、初期投資は小さいが緊急に必要な場合を除いて、より慎重な対処が必要である。

第 3 章

Manuel Jorge 水力計画地域

第3章 Manuel Jorge 水力計画地域

3.1 流域概要

Sao Tome 島のほぼ中央西寄りに、島の最高峰である標高 2,024 m の Pico de Sao Tome 山があり、この周りには、標高 1,500 m 以上の山々が連なっている。これらの山塊から、放射状に海岸方向に向かって多数の河川が流れているが、Manuel Jorge 川もその一つとして、島の東北部を、南は Abade 川、北は Agua Grande 川流域に接し、Trindade や Bombom などの村落の南側を東に向かって流下している。

Manuel Jorge 川の上流部及び中流部では右岸からの支流が多いが、下流部では少ない。流路延長は 22.9km、河口に於ける集水面積は 36.4km²、河川勾配は上流部で約 1 : 8、中流部で約 1 : 14、平均して約 1 : 25 程度である。河口から約 20km 上流には高さ 10~20 m の滝が幾つかあり、最下流の滝では滝壺の貯溜水を取水し、近傍の幾つかの村落の飲・雑用水及び灌漑用水となっている。更にこの他に上流域で取水されている用水が数ヶ所ある。

上流部は兩岸熱帯樹林を草丈の高い雑草に覆われて流路以外見通しはきかないが、上記の滝下流左岸には河川の縁までカカオのプランテーションが栽培されている。

Manuel Jorge 川流域内の代表的な気象観測所 Lagoa Amelia の 1967 年から 1990 年の 24 年間の年平均気温は 17.8℃、年平均降雨量は 2,615.1mm で 10~11 月の間に多く、その 30% 程度が集中する。乾期の 6~8 月の平均降雨量は 30~60mm である。年間の蒸発量は 276mm 程度と低い。下流部にある Uba Budo 気象観測所の 23 年間の平均気温は 24.4℃、降雨量は 1,266mm で 10~11 月に多く、乾期の 6~8 月にかけては 10~20mm/月と極端に少なくなる。年間平均蒸発量は約 660mm である。

Manuel Jorge 川には河口から 10km 上流地点に ME S A 管轄の二つの水位・流量観測所（高水と低水観測用）の Pian-Pian があったが、維持管理費の不足から観測を続けられず観測機器は撤去され、何れも現在は使用されていない。

現在、利用出来るものは若干の流量年報記載のデータの他に 1990 年からの水位観測データと各年 7~8 個の実測流量データである。

本河川の下流部には E M A E が運転・維持管理している Gue-Gue 水力発電所 (320kW) がある。1993 年に作成された国家エネルギーマスタープランによれば、本河川上流部には、2ヶ所の水力発電の新規計画がある。

第 8 章に詳述するが、予備調査段階において、Sao Tome 全島の主要河川から、Mini Hydro-Power Project にふさわしい地点を選定したが、それらは、北から Do Ouro, Manuel Jorge, Abade, Cantador, Io Grande 及び Lemba の 6 河川であった。それらの経済性を比較したが、Manuel Jorge 川と Abade 川の候補地点が

他に比べ優れており、また両者の差は大きくはない。Manuel Jorge No.4 水力地点については、他の河川に比べて取水ダムから発電所に至るまで、アクセスには既存道路及び小径を利用することができ、工事及び保守運転にきわめて便利である。他方、発生電力については、電力の主要消費地である Sao Tome 市に送電することが各発電所に求められるわけであるが、Manuel Jorge No.4 水力地点は、Sao Tome 市に約 12km と近い。また、接続予定の Trindade 変電所まで約 5 km しか離れておらず、慢性的電力不足に苦しむ Trindade 村にとってもっとも歓迎する処となろう。

3.2 村落

計画地点とその周辺地域については植民地時代の特徴が残っており、カカオ等を主産物とした農園が点在している。今でも農園の中心に管理棟や住宅棟があり、そこに農園のすべての労働者が集まる場所となっており、各農園の中心地が集落を形成している。本計画地点にある Milagrosa, Santa Clara 及び周辺地域の Quinta das Flores 及び Santa Luzia がその 4 つの村であり、全部が Me-Zochi 地区に属している。同地区の人口は調査時点で 29,758 人である。以下にこれら 4 つの村落の現状及び生活用水について述べる。

(1) Milagrosa (ミラグロサ)

Milagrosa は農園として比較的整備されており、人口は約 400 人で、約 80 の世帯が生活している。生活用水は Manuel Jorge 川から取水しているが、やはり良質な水や電力の不足がこの地区の発展を妨げ、購買力が低いため地元でとれる物を食料としている。公共交通サービスは存在せず、村には約 20 台のテレビがあり、住民の主な情報源と娯楽になっている。

ここは本質的に農業地帯であり、工業はない。住民は農業からの所得で十分な生計を維持出来ず、一部の住民は村外でアルバイト的な仕事に従事している。この地区の主な農産物はカカオであり、カカオから得られる収入は農民一人当たり約 820 US ドルであり、周辺村落の中ではもっとも高額である。

(2) Santa Clara (サンタ・クララ)

本計画地点の下流に位置し、人口は約 60 人である。Milagrosa と異なり、住民は私有地を持たず、農園は唯一の土地所有者によって管理されている。労働者の年間収入はかなり低い。村には学校や保健所がなく、Milagrosa を利用するしかない。

(3) Quinta das Flores (キント・ダス・フローレス)

上記2村よりも高い標高に位置し、アクセス用村道は4輪駆動車でないと通行することは難しい。村には約40人が農業を糧として生活している。

(4) Santa Luzia (サンタルジア)

この村は、Manuel Jorge川の右岸に位置しており、35人の村民がいる。Santa Claraの場合と同様、ここも中規模農園 (Empresa Agricola)の経営下で村民が労働者として働いている。他村と同様カカオが主な農産物である。

生活用水は Manuel Jorge川に頼らず、地区の水源から得ている。

3.3 産業

(1) 農業

計画地点とその周辺の農業用植物は、カカオ (Theobroma cacao)、バナナ (Musa sp.)が大半を占める。

(2) 工業

本計画地点とその近接地には工業らしきものはなく、Milagrosa にカカオの発酵・乾燥工場、国営企業当時の車の修理工場、木工所があるが現在いずれも稼働していない。

本計画地点とその周辺地域の水資源は、Manuel Jorge川の他に Aqua Panada川に1つの湧水点があり、Milagrosa, Santa Claraの飲料水に使用することや、必要とあれば灌漑も可能である。ミラグローザにはその他に3つの小さな水源(湧水)がある。

しかし、現状では、上記4村落の生活用水はその大部分を Manuel Jorge川の河川水に頼っており、農園や菜園の灌漑、飲料水、小型発電機の動力源などに利用している。取水路も存在し、時期によって異なるが必要取水量は村落ごとに明らかになっている。従って、水力発電所を計画する場合にはこの生活用水の確保を考慮に入れなければならない。

(3) 交通及び公共施設

Milagrosa, Santa Clara は比較的に良い状態の道路が通り、地区の中心 Trindade 町や Sao Tome 市に結ばれており、距離的にはきわめて便利であるが、本計画地点と外部や近接地を結ぶ公共交通機関はない。

本計画地点とその周辺では配電網は存在せず、また公共施設は非常に不足しており、Milagrosa に1学校、1保健所、1応急診療所があるのみである。また、応急診療所では軽度の場合の処置はできるが、重傷の場合は Sao Tome

市の中央病院へいかなければならない。

3.4 植生及び動物

計画地点とその隣接地には、保護区とみなしてもよい森林があり、水源涵養林の役目を果たしており、滝もある。既に述べたが、その他、カカオとバナナが広く栽培され、種々の他種樹木と混生している。

陸生生物では、種々のタイプの鳥類が圧倒的に多い。また、猿も生息していることからカカオやバナナなどの農作物への被害が生じている。水生動物としては、目立ったものは非常に少ないかほとんどいないが、甲殻類（淡水えび）と小魚（導入されて川に順応したテラピア）がいる。

同国は鳥のよい生息地となっており、計画地点やその隣接地や農業栽培地等の変化に富んだ場所を生息地として順応している多くの鳥がいる。

第 4 章

電力事業の現状



第4章 電力事業の現状

4.1 電力事業の現状

Sao Tome 島においては、国営企業である水道電力公社 (EMAE) の電力部門が発電から送配電までを一貫して担当している。然しながらEMAEの発電能力、送配電能力の不足により電化地域は首都 Sao Tome 市を中心とした人口の集中している北部の特定地域のみであり、未だ島の大部分の地域は電化されていない。

1996年3月現在のEMAEの総発電設備容量は7,440kW(火力5,200kW、水力2,240kW)で、1995年の総発電電力量は18,664MWhであった。

然しながら、設備が老朽化し脆弱であるため電力需要(最大4,995kW)に対し、発電能力が充分でなく、首都Sao Tomeに於いても各日毎に街の半分を交互に計画停電を実施してしのいでいるのが実状である。夜は街灯も総て消灯されており、このため窃盗が多発し治安上の大きな要因の1つにもなっている。

これに対応するため大需要家(Hotel、国連関係事務所等)及び国の重要設備(大統領官邸、病院、飛行場等)に於いては独自で非常用の自家発電設備を設置して対応している。

例えば、Sao Tome 国で一番大きいゼネコン会社であるSolar Construction社の様に独自に自家用発電機を設備しEMAEの系統から分離して単独に事務所及び自営ホテル(当国一番のホテル)へ電力供給しているところもある(現状での供給信頼度はEMAEの設備よりも高い)。

EMAEの電源はSao Tome市の中心近くに位置するSao Tome火力発電所(ディーゼル発電5,200kW)とSao Tome市の南南東約10kmに位置するGue Gue水力発電所(320kW)および同市の北西約20kmに位置するContador水力発電所(1,920kW)の3発電所のみである。

これ等の発電所はSao Tome島の北部に集中している。

最近の総発電量は前年に比してほとんど伸びていない。これは潜在需要が大きいかかわらず、供給力が追いつかず、(総発電設備の約50%が機械と土木設備のトラブルによって、その実力を発揮できない状態であった)毎日、7～8時間の停電を余儀なくされているためである。この状態は、その後も改善されず現在に至っている。

4.2 電力事業者EMAEの組織

国営企業である水道・電力会社EMAE(Empresa de Agua e Electricidade)は社会設備環境省MESA(Ministerio do Equipamiento Social e Ambiente)の所轄下にある。Fig.4-1にEMAEとMESAの関係を示す。Fig.4-2、4-3にEMAEの組織図を示す。

EMAEの運営・管理は次のメンバーで構成される経営理事会によって決定されている。

- 社会設備環境省の代表者 1名
- 経済財政省の代表者 1名
- 保健省の代表者 1名
- エネルギー担当局の責任者 1名
- EMAE総裁 1名
- EMAE社員の代表者（直接選挙） 1名

電力部門を担当する電力部の組織を Fig.4-3 に示す。電力部はEMAEの全従業員の大部分を占め、電力部門及び水道部門の技術全体を担当している。この中には運転部門、保守部門、およびプロジェクト計画部門が含まれる。

4.3 供給設備の概要

4.3.1 発電設備

EMAEの主要発電設備は Sao Tome 火力発電所及び Contador、Gue Gue 水力発電所の3発電所より成っている。

1996年3月現在、EMAEの系統に連系されている Sao Tome 島内の主な発電設備の内訳は次表の通りである。

	発電所名	発電機名	発電機定格(KVA)	発電機出力(kW)	運転開始
火力	Sao Tome	ABC-1	1,200	960	1991
		ABC-2	1,200	960	1993
		ABC-3	1,600	1,280	※建設中 1996.3
		CUMM-1			廃止
		CUMM-2	1,000	800	1987
		CUMM-3	1,000	800	1987
		Dorman	500	400	1995
水力	Contador	# - 1	1,200	960	1967
		# - 2	1,200	960	1967
	Gue Gue	# - 1	400	320	1995.2 ※全面改修
	計		9,300	7,440	

この他にも E M A E の系統に接続されず、特定地区に対し運転されている水力発電所が 2 カ所ある。(Total 出力 35kW+70kW=105kW) 又、Hotel、大企業等においては自家発電設備を独自で用意して E M A E の電力網とは別に単独で運転されているものもある。1996 年 3 月現在、Sao Tome 火力発電所の 2 台の発電機 (定格出力 1,760kW) 及び Contador 水力発電所の 1 台の発電機のコイル焼損並びに取水路の崩壊による取水減のため 1 台 (定格出力 960kW を 680~1,000kW) しか運転することが出来なく、又、Gue Gue 水力発電所も乾期のため、取水減で定格 (320kW) の半分以下の 150kW でしか運転されていない。

この様に既設設備のほとんどが相当年数経過して老朽化しており、その実力を発揮できず、慢性的な電力不足となっている。

4.3.2 送変電設備

3 つの発電所間の連系送電線および主要送電線には 30kV が、下位系統においては 6 kV の送電線が採用されている。

Fig. 8-1 に 30kV および 6 kV の送電線ルート図を示す。1996 年 3 月時点では 30kV 送電線の亘長は約 70 km で 6 kV 送電線の亘長は約 33 km である。

送電線は現状においては特に問題とはなっていないが、一部脆弱な部分があり補修が必要と思われる。一方、送電線は 1991 年以来恒常的な電力供給設備の不足のため発電設備への投資が優先され、新設および拡張は実施されずに今日に至っている。

30kV および 6 kV の変電設備はほとんどが建物内に収納されており (一部には柱上タイプもある。) 比較的良好な状態にある。然しながら、一部の変圧器、遮断器等の電気設備は油漏れを起こしていたりしており補修および交換が必要なものがある。

4.3.3 配電設備

配電電圧は 3 相が 380V、单相が 220V である。周波数は 50Hz である。配電線総亘長は約 115 km (架空 95 km、地中 20 km) である。

送電線と同様、1991 年以来、新たな電化計画も進展せず現在に至っている。

現状の配電設備は電柱がかたがっていたり、電線が樹木と接触して多くの事故の原因となっており、改良と補修が必要であると思われる。

4.4 電力需給

4.4.1 電力需要一般

1993年および1994年の電力消費量は20,564MWhおよび18,664MWhでその内訳は次の通りであった。

	1993年	1994年
家庭用	50%	48%
政府機関（公共）	21	16
国営企業	8	13
工業	6	4
商業	13	14
その他	1	5

然しながら、実際の電力需要は供給力不足のため、負荷をカットして需要を押さえて運用して来ており、1993年及び1994年の需要は上記より大きいものと思われる。

Table. 4-1に1980～1995年間の電力消費のカテゴリー別の実績を示す。

この間の平均伸び率は5.68%であった。1993年のデータによれば、電力需要の約50%は一般家庭用であり、続いて公共用電力需要は約20%、次いで商業用需要は約13%、工業用需要はわずか6%程度であった。

これよりSao Tome島には大きな工業・産業が無いと言える。また、家庭用電力需要が全体の半分を占めているが、このほとんどが電灯用であり、テレビ、冷蔵庫、クーラー等の普及率は未だ低い。同国における平均的な月平均使用電力量は約一戸当たり40kWhである。これは同地域のアフリカの中でも低い方に位置する。

一方、供給力が不足する既電化地区に於いて、ホテル、国連関係事務所等新たな受電希望者があるが、これ等に対し供給出来ていないのが実状である。これらの潜在需要者は次に示す通りである。

EMAEよりの受電を希望している潜在需要者

需要者名	要望電力(kW)	需要者数	電気料金がコーリ-
大需要家 (個人)	650	1,850	Res
Mira Mar Hotel	400	1	Com
国営テレビ局	100	1	Pub Com
民間テレビ局	15	1	Pub Com
UNDP (事務所)	320	1	Org. Inter
Pousada Hotel	250	1	Com
クラブ Santana	200	1	Com
盗電者	300		Diversos
計	2,235		

1994年の最大需要電力は、4,995kWであった。これより潜在需要を含めた最大需要は（潜在需要の負荷率を60%とする） $4,995\text{kW} + (2,235 \times 0.6)\text{kW} \div 6,330\text{kW}$ と想定される。

4.4.2 電力需要の特徴

(1) 年間負荷特性

Sao Tome 島はほぼ赤道直下に位置し、電力の最大消費地である、Sao Tome 市地域は海に面し標高も低いため、年間の気温の変化はほとんど無く、年中を通じて暑く、気温が高い。このため消費電力の変動も年間を通じてほとんど無い。

年間の需要傾向を見てみると、最大需要は毎年年末に近づく程大きくなっている。これはわずかずつではあるが、電化製品の普及拡大等によって需要が伸びているためと思われる。資金不足及び供給力不足のため電化地域の拡張は実施されておらず、このため電化による需要増は考えられない。又、年間で一番気温が低い6～7月にはわずかではあるが需要は下がる。

以上のように年間を通じて電力消費量の変化は少ない。

(2) 日負荷特性

Fig.4-5 に 1993年の最大需要日の日負荷曲線を示す。当日の最大需要は19時で約4,700kWであった。

深夜の負荷（最大需要の約40%）は朝5時頃より増加し、3,000kW程度になりそのまま17時頃まで継続し、19時に4,700kW（その日のピーク）に達し、24時まで徐々に低下し、元の深夜負荷に戻る。

昼間帯における負荷は最大負荷の約60%でほとんどフラットである。これ

は、ほとんどが事務所及び商店での電力消費と思われる。

外気温の上昇にかかわらず、電力消費がフラットであるということはエアコン等の冷房機器の普及率が低いことを示している。

日ピークが夕刻の19時にあるということは典型的な点灯ピーク型である。

最大ピークは深夜電力の約2.3倍となっており、ピーク継続時間は約4時間である。

供給力が不足する現状においてEMA Eは夜間のピークを押さえるため、夜間ピークと街灯の点灯が重ならない様市内の街灯はほとんど消灯させている。

4.5 電気料金

EMA Eの電気料金は受託者別、契約内容別（契約電力別）および使用電力量に従い、きめ細かに電気料金が設定されている。この電気料金の特徴は外国人の電気料金が一般に比べて約5倍に設定されていることで、Sao Tome Principe 国内人にとって有利になるようになっている。

又、政府関係機関は一般契約者に比べて割安となっている。

Table. 4-2 に1996年2月より適用されている電気料金を示す。

Sao Tome 市の標準需要家では月当り40kWh程度で約5,000Dbts（約3 USドル）の電気料金を徴収されているが、この額は家計にとって大きな負担となっている。（一般的労働者の月平均賃金は約15USドル）又、Sao Tome 島在住の外国人に対しては外貨（USドル）払いとなっている。

然しながら電力量計の設備不備や料金徴収システムの不具合から料金の徴収がうまく行われていない現状にある。

4.6 EMA Eの開発計画

EMA Eは不足する電力供給力を確保するため既設設備の改修に全力を注ぐとともに新たな電源の開発に最大限の努力を払っている。

特に火力発電の燃料を100%輸入に頼っている現状においては燃料費のいらぬ水力発電所の開発を優先的に考えている。然しながら建設資金の調達が進まないように進まず、新規計画が総て滞っているのが実状である。

このため、地方の電化並びに信頼度向上対策等もこの数年間進められていない。又、これ等の今後の拡張計画も白紙の状態である。

一方、既設の発送変配電設備も建設以来相当年経過（例えば、Contador 水力発電所は1967年運転開始でほぼ30年が経過する）しているが、この間適切な補修及び保守が行われていないため、100%設備出力にての運転が不可能な状態となっている。

これは、資金不足のため、これ等の老朽化設備の改修計画も作成出来ていないためである。このため供給力及び供給信頼度は相当低い状態にある。以上のように経営的に厳しい立場にありながらEMAEはフランスの協力を得て1991～2010年までの電源の拡充計画を作成している。Table.4-3にEMAEの電源拡充計画を示す。

これによると取りあえず供給力不足を解消するため、3,000kWの緊急火力(ディーゼル)、Blu Blu発電所の建設を希望している。

これと平行して燃料費の要らない水力発電所の開発を優先的に進めたいとしている。

緊急火力のBlu Blu発電所はSao Tome市郊外のContador及び~Central変電所間の30kV送電線ルートに位置し、騒音で公害問題が予想されるSao Tome火力の移設も考慮されている。

然しながら、実際には計画は思う様には進行しておらず、1996年3月現在においては、Abade 3水力についてアフリカ開発銀行より土木関係工事費分が決定しているが、電気関係工事費分に対する融資先は決まっていない。現在、この費用の融資先をさがしている状況にある。

4.7 電化計画

EMAEの電力契約者数より想定すると約60,000人が電気を受けているものと思われる。1995年末での人口は約127,500人と想定され、電化率は約47%と想定される。即ち残り約65,000人はEMAEの電力を受けていないこととなる。この電化率の数値はアフリカ諸国の中でも低い方である。電化地域はSao Tome市およびその周辺のみであり、島の中央部及び南部のほとんどが未電化地区となっている。

然しながら、既電化地域においても電気料金が高いため支払が出来ず、受電できない者も多い。又停電が頻発している現状において、EMAEはまず、既電化地域の電力供給に万全を期すことを第1として取り組んでおり、地方電化までは手が廻らないのが実状である。このためEMAEは地方の無電化地域に対する具体的な電化計画は持っていない。

EMAEとしては電化地域の電力供給が充足された後、無電化地域への電化を進めたいとしている。

このため現状においては地方の電化拡大は2000年以降になるとと思われる。

Table 4-1 Transitions of Electric Energy Consumption

Year	Energy Consumption (MWh)											
	National Enterprises		Private Enterprises		Commercial		Public Institution		Residential		Total	
	Consumption	Rate (%)	Consumption	Rate (%)	Consumption	Rate (%)	Consumption	Rate (%)	Consumption	Rate (%)	Consumption	Rate (%)
1981	3,135		744		609		608	-	2,783		7,879	
1982	3,682	17.4	808	8.6	609	0	604	-0.6	3,416	22.7	9,119	15.7
1983	4,731	28.5	818	1.2	614	0.8	610	1.0	4,032	18.0	10,805	18.5
1984	4,525	-4.3	751	-8.2	606	-1.3	605	-0.8	4,140	2.7	10,627	-1.6
1985	5,573	23.2	1,028	36.9	821	35.5	625	3.3	4,664	12.7	12,711	19.6
1986	5,395	-3.2	870	-15.4	666	-18.9	662	5.9	4,411	-5.4	12,004	-5.6
1987	3,153	-41.5	1,609	84.9	-	-	730	10.3	4,327	-1.9	9,819	-18.2
1988											10,229	4.2
1989											15,017	46.8
1990											13,924	-7.3
1991											10,176	-26.9
1992											11,788	15.8
1993		8.4		6.4		13.3		20.8		50	13,036	10.6
1994		13.16		3.8		13.96		16.3		48.1	14,135	8.4
1995											11,538	-18.4

Table 4-2 Electrical Tariff of EMAE (Unit/kWh)

as of January, 1996

		DBS	FRF
Residential(for Santomense)	< 40kWh	46.92	
	< 300kWh	137.42	
	> 300kWh	237.97	
Commercial	< 75kWh	204.45	
	> 75kWh	271.49	
Industrial	< 100kWh	234.62	
	> 100kWh	301.65	
Public Residential	< 100kWh	402.21	
	> 100kWh	469.24	
High Tension	—————	237.97	
EMAЕ's Employee	< 40kWh	23.46	
	> 40kWh	68.71	
Public Company	< 100kWh	301.65	
	> 100kWh	368.69	
SOCOSTO	< 45kWh	498.98	
	> 45kWh	589.29	
EGC/FSL/BISTP	< 38kWh	204.44	
	> 38kWh	259.83	
CST	< 52kWh	204.44	
	> 52kWh	259.83	

Foreigner (Residential)	< 40kWh	237.97
	> 40kWh	321.76
Foreigner (Commercial)	< 75kWh	589.26
	> 75kWh	668.82
Foreigner (Particular)	< 40kWh	1.24
	> 40kWh	1.68
Commercial	< 75kWh	2.00
	> 75kWh	2.27
Industrial	< 100kWh	1.69
	> 100kWh	2.00
Higy Tension	—————	1.84
COCOSTO (40% EMFRF)	< 30kWh	2.00
	> 30kWh	2.27
EGC/FSI (50% EMFRF)	< 37kWh	2.00
	> 37kWh	2.27
CST (30% EMFRF)	< 23kWh	2.00
	> 23kWh	2.27

Table 4-3 Expansion plan of EMAE

Year	Name of power plant	Out put (kW)	Instaied capacity
Urgent	Blu Blu(Diesel)	3,000	
1996	Abade 3	1,740	9,260
1997			
1998			
1999			
2000	Manuel Jorge 4	650	9,910
2001	Manuel Jorge 3	1,100	11,010
2002			
2003	Abade 1	1,500	12,510
2004			
2005	Manuel Jorge 2	750	13,260
2006	Lemba	3,000	16,260
2007			
2008			
2009			
2010	Ouro 6	1,000	17,260
	Diesel	2,000	19,260

ORGANIGRAMA DO MINISTERIO DO EQUIPAMENTO SOCIAL E AMBIENTE

Organograma do Ministerio do Equipamento Social e Ambiente

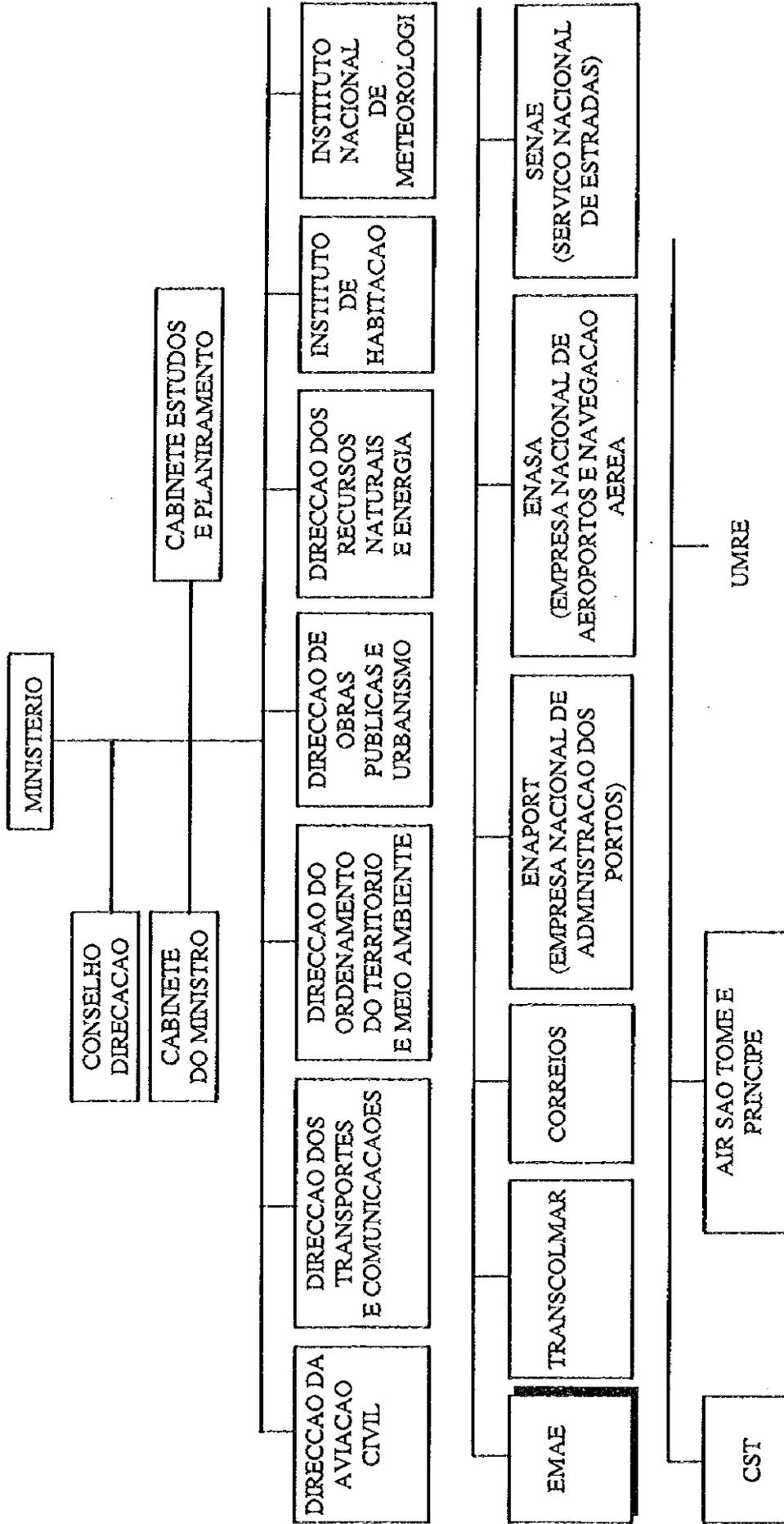
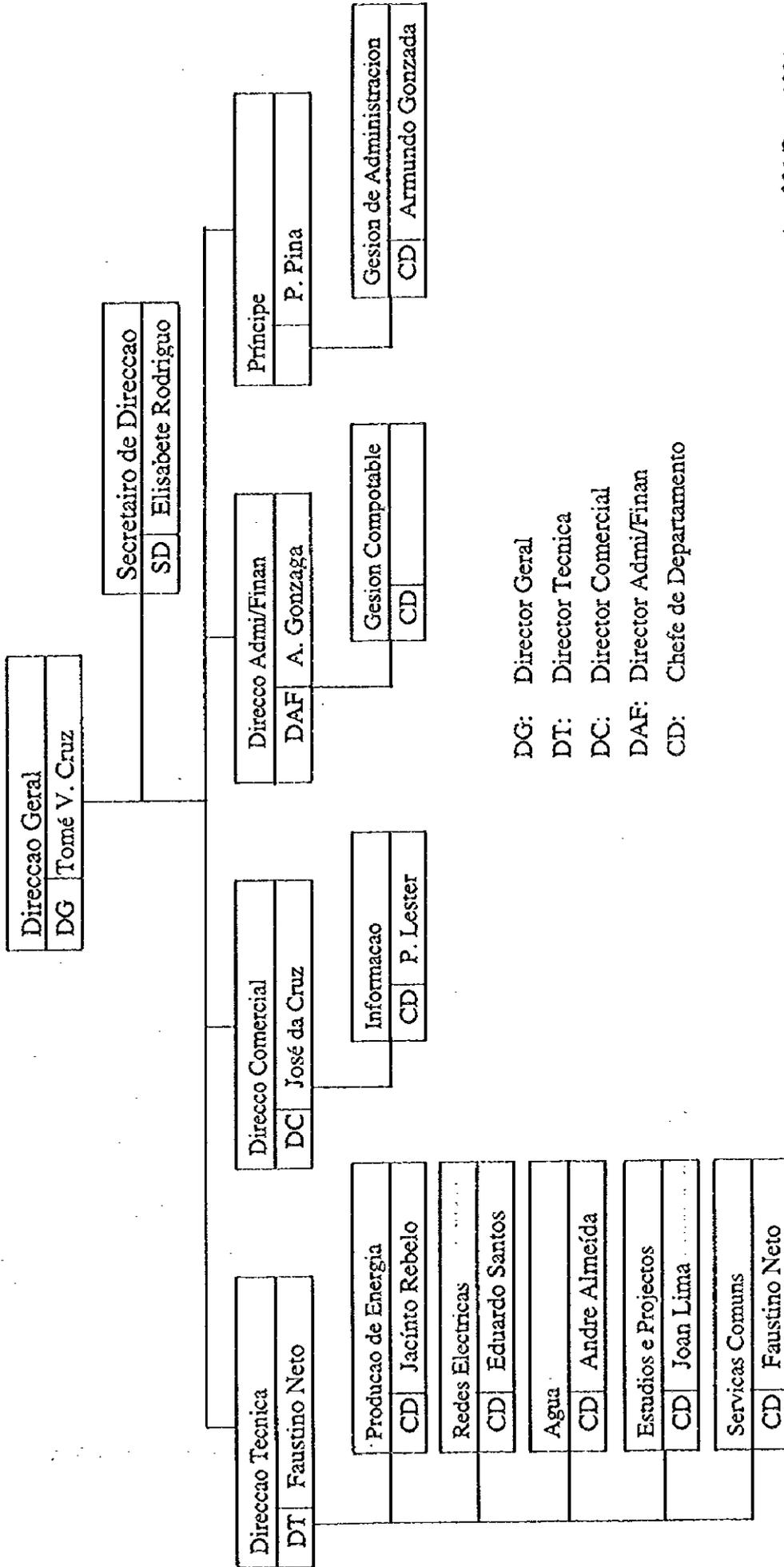


Fig. 4-1 Organization Chart of MESA

Organigrama de EMAE



DG: Director Geral
 DT: Director Tecnica
 DC: Director Comercial
 DAF: Director Admi/Finan
 CD: Chefe de Departamento

As of 31 Dec., 1991

Fig. 4-2 Organization Chart of EMAE

EMAE - ORGANIGRAMA DA DIRECCAO TECNICA - NOV 93

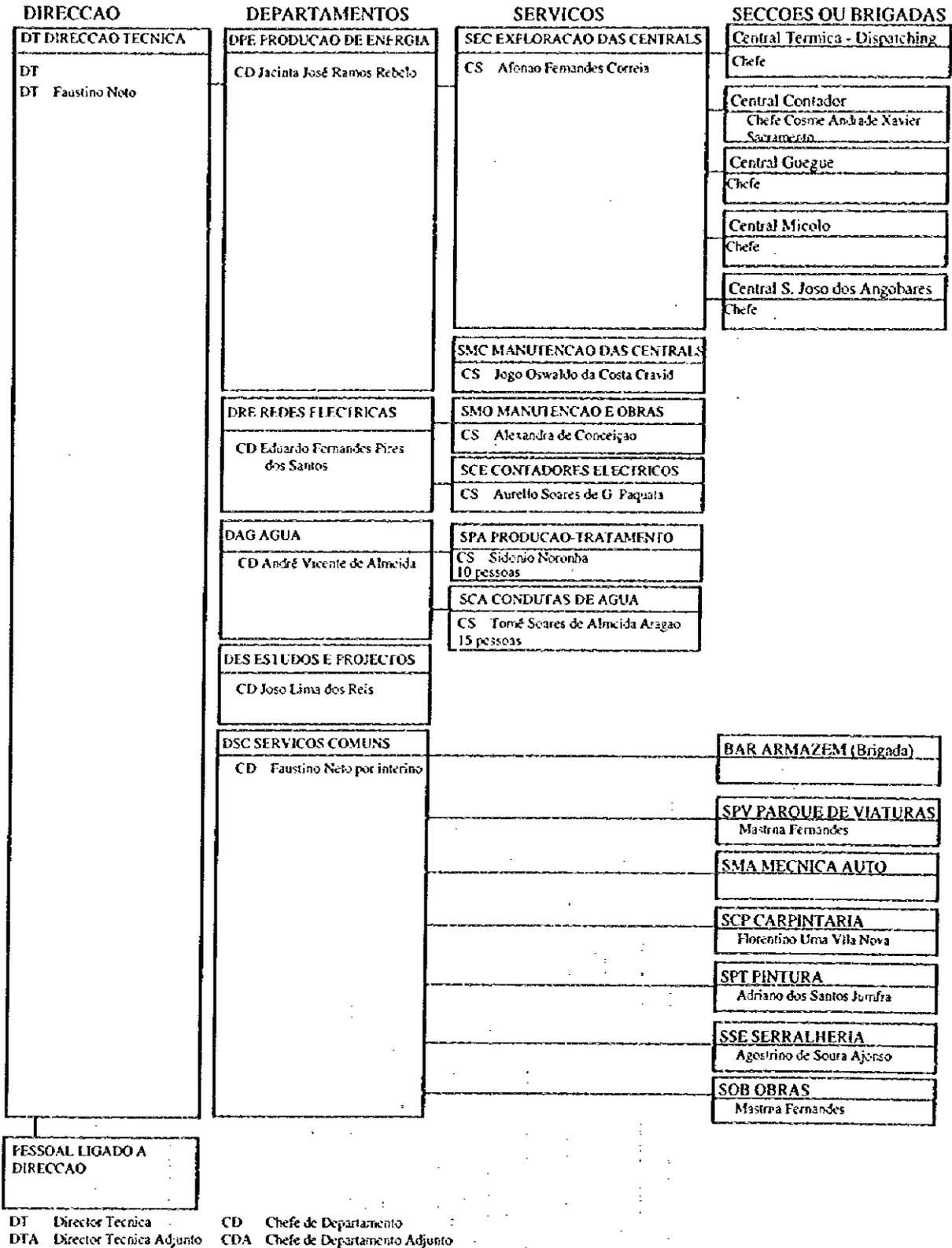


Fig. 4-3 Organization Chart of Technical Department of EMAE

COURBES DE CHARGES EN 1993 - ABONNES ACTUELS

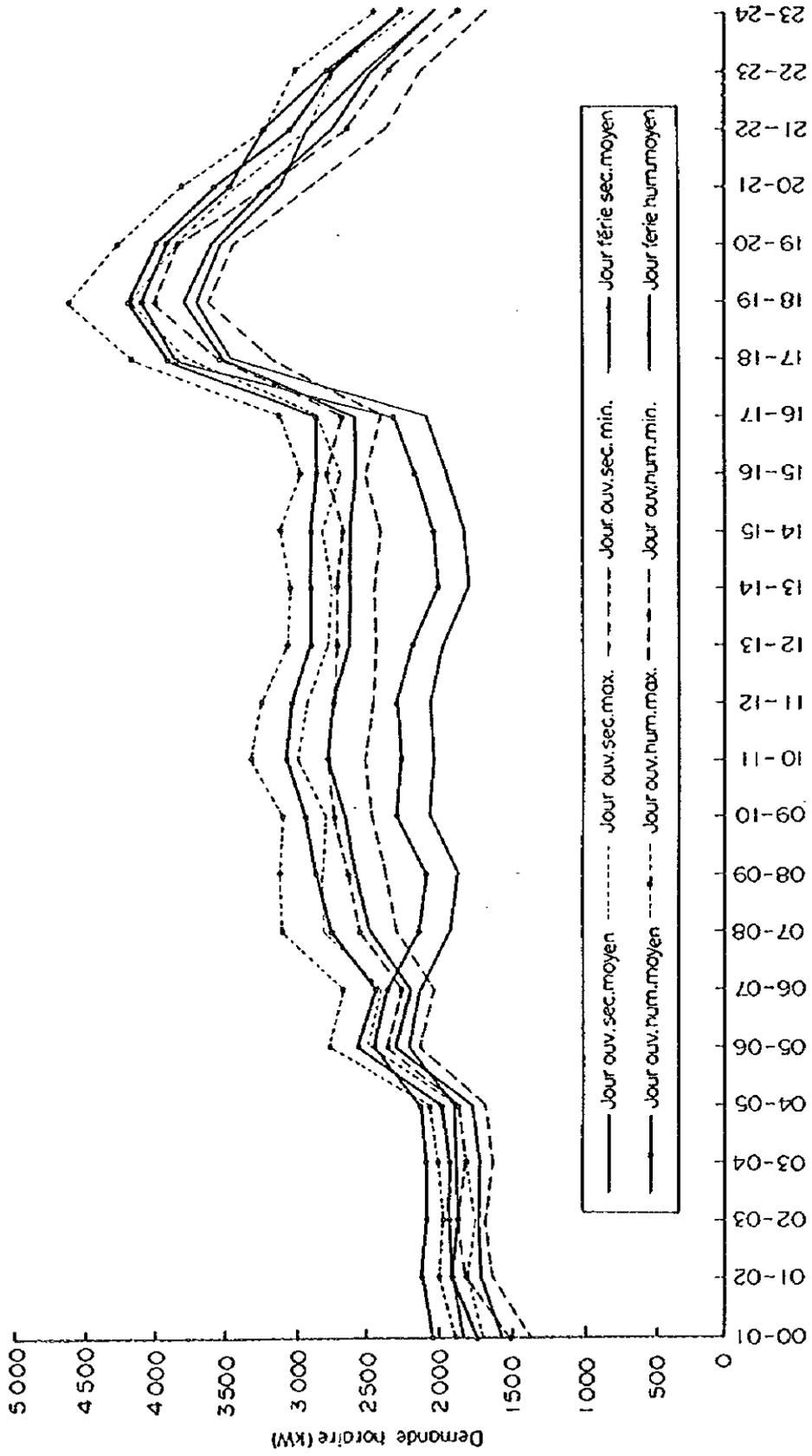


Fig. 4-4 Daily Load Curve

第 5 章

電力需要想定及び電力供給計画

第5章 電力需要想定および電力供給計画

5.1 電力需要想定

5.1.1 電力需要想定方法

電力需要の予測方法としては

- i) マクロ的予測方法
- ii) ミクロ的予想方法

の2つに大別される。

マクロ的予測方法は需要全体に対し、何らかの関連性を見出して想定する方法であり、例えば、

- i) 電力需要自身のトレンドによる方法
- ii) 経済指標との相関関係による方法
- iii) GDPの伸びとの相関関係による方法

等がある。

ミクロ的予測方法は需要内容を詳しく分析し、それらの要因の因果関係より想定する方法であり、例えば、

- i) 家庭用電気機器の普及率
- ii) 産業構成の変化と技術革新による電力消費の変化分析
- iii) 最大電力想定の需要構成、最大負荷比率の変化分析

等がある。

しかし、これらの想定法は想定方法の1つの手段であり、その国および想定地域の地域特性を十分に把握して、どの想定方法によるか検討する必要がある。

尚、一般的には長期の需要想定は将来の経済活動、国民生活の目標を描くことを重点にすることが必要であり、マクロ的手法が採用される。

短期の需要想定は最近の実績に重点を置き、積み上げ方式等によるミクロ手法が採用される。

Sao Tome の需要想定に当たっては前述のマクロ手法の内、経済指標との相関関係については、GDPがマイナスにも関わらず、電力消費が伸びるという状態であり、この方法はSao Tomeは当てはまらない。このため電力需要自身の過去のトレンドより想定することとした。

尚、近年においては、電力供給力不足で需要を制限して運営している現状があり、この点については充分考慮するものとする。

5.1.2 需要想定

1981年から1994年間の電力需要（発電端電力量）の年平均伸び率は5.68%であった。1995年は負荷制限を実施しており、1994年よりもマイナスとなっている。このため1995年については考慮しなかった。

各年の伸びを見ると1983年から1984年にかけては34%と高い伸びを、1987年から1989年にかけては25.3%、22.1%と非常に高い伸び率となっている。この原因は定かではないが、その年に電化範囲が広がったためと推測される。それ以外の年はマイナスの年もあるが、平均5.68%前後で推移している。

以上より伸び率実績の5.68%をMiddleケースとしてその他に±1%を考慮して、Highケース（6.68%）とLowケース（4.68%）の3ケースについて検討を行った。

検討結果をTable.5-2およびFig.5-1、Fig.5-2に示す。その結果、Middleケースにおいて最大電力は10年後、15年後の2005年および2010年には1994年の約2倍、2.7倍に増加するものと予想される。

最大電力の想定においては負荷率を50%として想定した。現在のSao Tomeの負荷率は30~40%であるが、一般には60%前後であり、将来には負荷率は改善される方向にある。

5.1.3 需要想定結果

需要想定結果をTable.5-3およびFig.5-1、5-2に示す。

この結果、2005年には1994年の約2.0倍に、2010年には同年の2.7倍に増加するものと考えられる。

然しながら、この想定値にはEMA Eより受電を希望しているテレビ局、ホテル等の潜在需要者分約2,235kWを含んでいない。又、島民の半分は電化されていないが、新たな電化計画も無いため（電化したとしても現状においても供給力不足を来している実態では、資金力不足より新たな電化計画は考えられない。）これらは含まれていない。

現状の電化地域における電力消費増分だけを考慮したものである。

特に潜在需要のみについて考慮するならば、希望している受電電力値より負荷率を考慮した場合（この場合の負荷率は一般的な60%として考慮）、最大電力1,340kWが同想定値に増加されることになる。

然しながら、これ等の潜在需要者は既に自家用の電力供給設備を有しており、すぐにEMA Eより供給する必要はないものとする。よって、本調査においては考慮しないものとする。

5.2 電力需給計画

電力需給バランスの検討にあたって、一般に短期計画においては電力量 (kWh) を重点に供給計画が検討される。

一方、10年以上の長期計画の場合には kWh より kW に重点を置いて検討されるのが普通である。

従って、当計画の検討にあたっては 2010 年までの長期間であり、kW による検討を行った。Sao Tome の河川は流量変化が大きいいため、電力需給バランスの検討は水力の常時出力に基づき、又、需要想定値については Middle ケース (第 5 章 1. 2 参照のこと) について検討した。

5.2.1 将来の負荷パターンの予測

将来の供給計画の検討にあたっては、電力需要の季節的及び時間的特徴を充分把握しておく必要がある。このため過去の需要実績を分析して将来の負荷パターンを予測した。

尚、検討にあたっては、負荷制限が発生していない 1993 年の最大需要日の日負荷曲線を参考にした。この日の負荷特性については 4 章 4.4 項に記述しているが、この負荷曲線は他の日においてもほぼ同じ形状を示している。

ピークは 19 時頃にあり、夜間及び日中負荷ともピーク負荷の約 40% であり、典型的な点灯ピーク型である。

サントメには将来大工場の建設計画も無く、又、現在の GDP/Capita からはエアコンの普及も低いと思われる。よって、今後 10 年程度は全体の需要は増加しても日負荷曲線は変わらないものと思われる。

5.2.2 電源開発計画

EMAE は 1993 年に電力マスタープランを策定したが、その後開発計画は計画通り進んでいない。この計画によると、取りあえず不足する電力を緊急火力で補い、その後水力発電を中心に開発していくこととしている。Manuel Jorge 川の水力開発はこのマスタープランで有力視されている Abade 川に次ぐプロジェクトである。火力発電所としては 1997 年に Sao Tome 火力発電所の増設 (1,200kW) が予定されている。一方、Abada No.3 水力は建設資金の一部の調達目処ができただけで工事は開始されておらず、1996 年の運転開始は既に不可能である。従って、EMAE では実状に応じて計画を修正せざるを得ない。

なお、上記開発計画に基づく Manuel Jorge No.3 及び 4 は、特に同川沿いの村落における既存用水の取水量を考慮しておらず、設備出力が過大であり、本報告書の Manuel Jorge No.3 とは異なるものである。

このため、本調査団は、EMAE と協議の結果、新たな開発計画を策定し、

Manuel Jorge No.4 は 1997 年運開の上記 Sao Tome 火力増設に次いで、2000 年に運転開始するものとした。

Manuel Jorge No.4 水力発電所は現在の電力不足を緩和するため速やかに建設に伴う諸準備を始めるとしても、運転開始は 1999 年或いはそれ以降となる。供給力不足の現状においては発電規模の大小にかかわらず信頼度の高い新規電源の開発が必要であり、同発電所は、少しでも電力の窮状に応えんとするものである。

下の表は、国家エネルギーマスタープランを左欄、本調査団が E M A E と協議の結果、修正した開発計画を右欄に示している。

年	発電所名	出力(kW)	年	発電所名	出力(kW)
1996	Abade No.3 水力	870kW×2	1,740		
1997	Expansion Sao Tome 火力	1,200	1997	Expansion Sao Tome 火力	1,200
2000	Manuel Jorge No.4 水力	650	2000	Manuel Jorge No.4 水力	230
2001	Manuel Jorge No.3 水力	1,100	2001	Abade No.3	1,740
2003	Abade No.1	1,500	2004	Abade No.1	1,500
2005	Manuel Jorge No.2 水力	750	2007	Lamba 水力	3,000
2006	Lamba 水力	3,000			
2010	Ouro 水力	1,000			
	Diesel	2,000			

この計画によると、取りあえず不足する電力を緊急火力で補い、その後水力発電を中心に開発していくこととする。

Manuel Jorge 川の水力開発はこのマスタープランで有力視されている Abade 川に次ぐプロジェクトである。火力発電所としては 1996 年 12 月現在、1997 年に Sao Tome 火力発電所の増設 (1,200kW) が予定されている。

5.2.3 予備率

一般に開発途上国において特に弱い系統においては最大需要の 30%前後の予備率が必要と言われている。

本検討においては水力と火力の各々の最大機 (Contador 960kW 及び Sao tome 火力 ABC-3 1,280kW) が同時に事故停止しても他の号機で供給できるものとした。(1996 年においては予備率 43%) 又、予備率が需要の 30%以下になった時点以後は需要の 30%予備率で考えることとした。

5.2.4 Manuel Jorge No.4 発電所の必要性和運転開始時期

Manuel Jorge No.4 水力発電所の出力は約 230kW で、その運転開始は 2000 年に可能である。この時の最大需要電力は 6,540kW と想定され、計画した需給バ

ランス上に占める割合は小さい。しかし、本プロジェクトの開発には、次の諸点を考慮しなければならない。

- (1) 既設送電設備のほとんどが老朽化しており、資金不足から修復はすみやかに行われず、その設備出力はフルに発揮出来ず、慢性的電力不足の一因となっている。
- (2) 発電所新設計画も、外貨資金調達難により計画通り進めることは困難である。
- (3) EMAEの電源構成は火力の割合が高く（約 70%）、電源の多様化を考慮した場合、開発の規模にかかわらず水力の開発が必要である。
- (4) ディーゼル発電所の燃料は総て他国より輸入しており、水力発電所を開発することにより、外貨使用を減らすことが出来る。
- (5) 送電線は、Trindade 変電所につなぐことになるが、併せて約 90 世帯、500 人の人口をもつ Milagrosa, Santa Clara などの集落の電化が行えると共に、種々事由から慢性的停電にさらされている地区の行政の中心 Trindade に配電する事が可能である。

以上より EMAE の開発計画の中にもある Manuel Jorge No.4 水力発電所を 2000 年以前に運転開始すべく開発すべきである。

Table.5-1 Basic Data for Demand Forecast (1981~1995)

Year	Generated Energy			(MWh)		Sealed Energy (MWh)		Maximum Power (kW)		Power factor		Loss	
	Hydro	Thermal	Total	Rate (%)	Rate (%)	kW	Rate (%)	kW	Rate (%)	(%)	(%)	Rate (%)	Rate (%)
1981	7,415	2,612	10,027	—	7,879	—	2,289	—	2,148	50	21.4	2,148	21.4
1982	7,987	2,779	10,766	7.4	9,112	15.6	2,458	7.4	1,654	50	15.4	1,654	15.4
1983	6,081	5,475	11,556	7.3	10,805	18.6	2,638	7.3	751	50	6.5	751	6.5
1984	8,239	7,257	15,496	34.1	10,627	-1.6	3,538	34.1	4,869	50	31.4	4,869	31.4
1985	7,203	6,784	13,987	-9.7	12,911	21.5	3,193	-9.8	1,076	50	7.7	1,076	7.7
1986	6,903	7,763	14,666	4.9	12,003	-7.0	3,348	3.9	2,663	50	18.2	2,663	18.2
1987	6,724	5,248	11,972	-18.4	9,818	-18.2	2,733	-18.4	2,154	50	18.0	2,154	18.0
1988	7,992	7,006	14,998	25.3	10,229	4.2	3,424	25.3	4,769	50	31.8	4,769	31.8
1989	7,007	11,307	18,314	22.1	15,017	46.8	4,181	22.1	3,297	50	18.0	3,297	18.0
1990	7,571	9,410	16,981	-7.3	13,924	-7.3	3,877	-7.3	3,057	50	18.0	3,057	18.0
1991	7,164	11,948	19,112	12.5	10,176	-26.9	4,259	9.9	8,936	51.2	46.8	8,936	46.8
1992	6,286	13,265	19,551	2.3	11,788	15.8	4,464	4.8	7,763	50	39.7	7,763	39.7
1993	6,768	13,412	20,180	3.2	13,036	10.6	4,607	3.2	7,144	50	35.4	7,144	35.4
1994	4,894	15,670	20,564	1.9	14,155	8.4	4,915	6.7	6,429	47.8	31.3	6,429	31.3
1995	3,263	15,401	18,664	-9.2	11,538	-18.4	4,750	-3.4	7,126	44.9	10.8	7,126	10.8

Table.5.2 Demand Forecast

Item Year	Energy (MWh)			Power factor(%)	Power (kW)			Expantion Plan of EMAE	Rate of Reserve (%)		
	High case	Middle case	Low case		High case	Middle case	Low case		High case	Middle case	Low case
1996	23,184	22,966	22,749	50	5,293	5,243	5,194	7,250	74.9	76.6	78.3
1997	24,733	24,271	23,814	50	5,647	5,541	5,437	9,260	64.0	67.1	67.1
1998	26,385	25,650	24,929	50	6,024	5,856	5,692	9,260	53.7	58.1	62.7
1999	28,148	27,107	26,095	50	6,426	6,189	5,958	9,260	44.1	49.6	55.4
2000	30,028	28,647	27,317	50	6,856	6,540	6,237	9,910	44.5	41.6	58.9
2001	32,034	30,274	28,595	50	7,314	6,912	6,529	11,010	50.5	59.3	68.6
2002	34,174	31,994	29,934	50	7,802	7,305	6,834	11,010	41.1	50.7	61.1
2003	36,457	33,811	31,335	50	8,324	7,719	7,154	12,510	50.3	62.1	74.9
2004	38,893	35,732	32,802	50	8,880	8,158	7,489	12,510	40.9	53.3	67.0
2005	41,491	37,762	34,337	50	9,473	8,621	7,839	13,260	40.0	53.8	69.2
2006	44,263	39,907	35,944	50	10,106	9,111	8,206	16,260	60.9	78.5	98.1
2007	47,220	42,174	37,626	50	10,781	9,629	8,590	16,260	50.8	68.9	89.3
2008	50,374	44,570	39,387	50	11,501	10,176	8,992	16,260	41.4	59.8	80.8
2009	53,740	47,101	41,231	50	12,269	10,754	9,413	16,260	32.5	51.2	72.7
2010	57,330	49,777	43,161	50	13,089	11,365	9,854	19,260	47.1	69.5	95.5

+ +

Table 5-3 Analysis of Power Balance

Year	Power Demand (kW)	Plan by EMAE			Expansion Plan by JICA		
		Name of Power Station	Installed Capacity (kW)	Reserve (%)	Name of Power Station	Installed Capacity (kW)	Reserve (%)
			7,440			7,440	
1996	5,243	Abade 3 (1,740)	9,180	75		7,440	42
1997	5,541	Expansion (1,200)	10,380	87	Expansion (1,200)	8,640	56
1998	5,856		10,380	77		8,640	48
1999	6,189		10,380	68		8,640	40
2000	6,540	Manuel Jorge 4 (650)	11,030	69	Manuel Jorge (230)	8,870	36
2001	6,912	Manuel Jorge 3 (1,100)	12,130	75	Abade 3 (1,740)	10,610	54
2002	7,305		12,130	66		10,610	45
2003	7,719	Abade 1 (1,500)	13,630	77		10,610	37
2004	8,158		13,630	67	Abade 1 (1,500)	12,110	48
2005	8,621	Manuel Jorge 2 (750)	14,380	67		12,110	40
2006	9,111	Lemba (3,000)	17,380	91		12,110	33
2007	9,629		17,380	80	Lemba (3,000)	15,110	57
2008	10,176		17,380	71		15,110	48
2009	10,754		17,380	62		15,110	41
2010	11,365	Ouro 6 (1,000) Diesel (2,000)	20,380	79		15,110	33

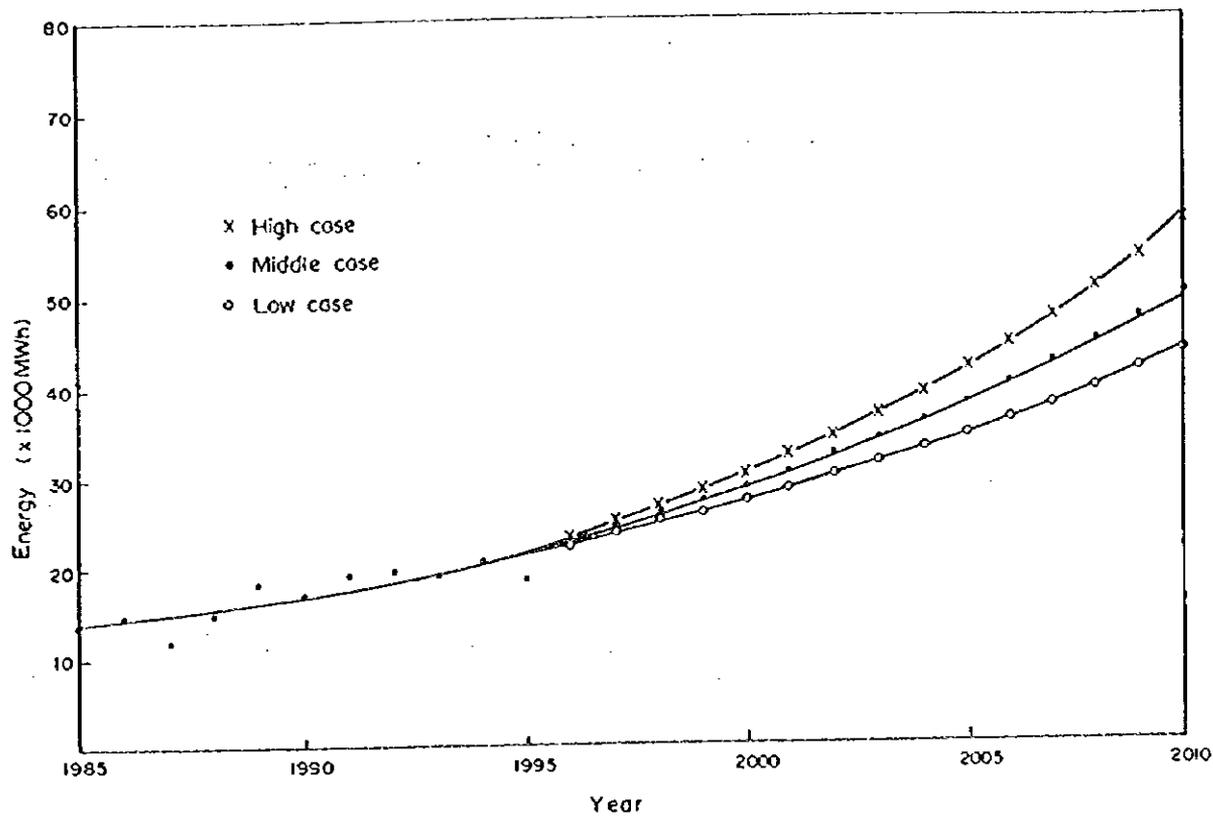


Fig.5-1 Demand Forecast (Energy)

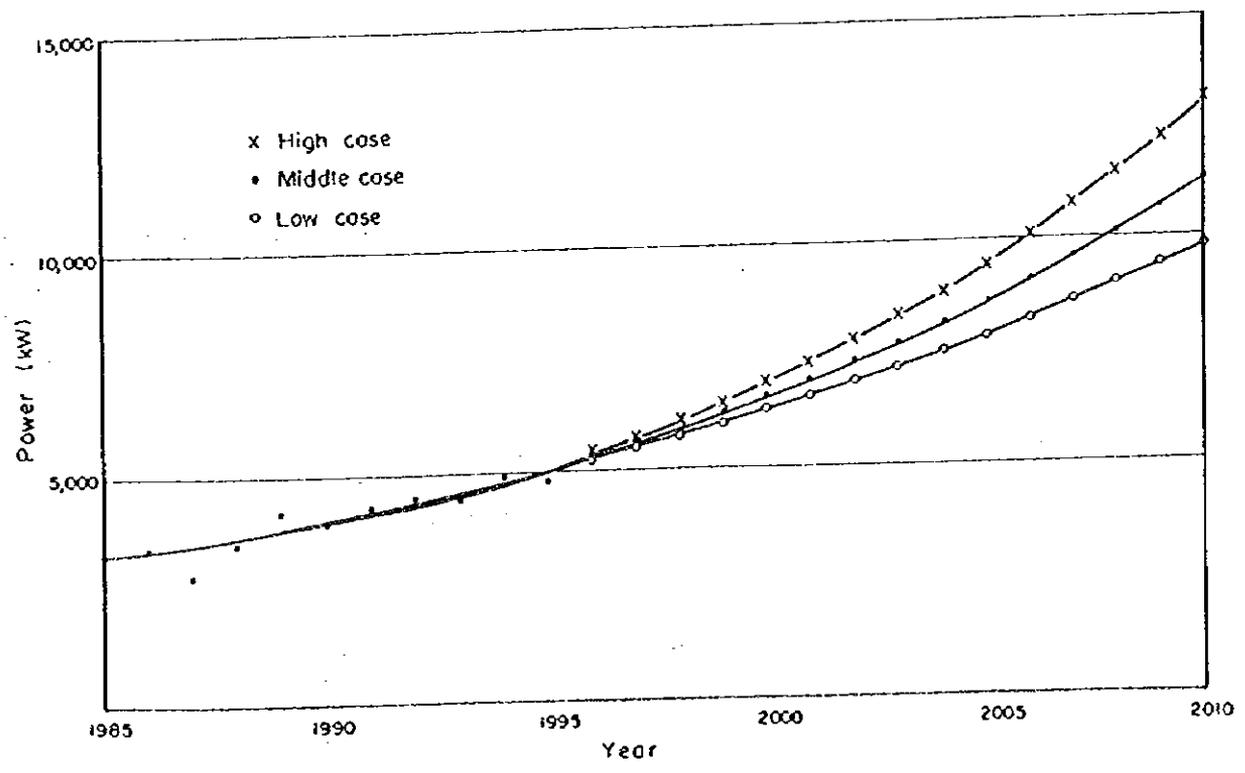


Fig.5-2 Demand Forecast (Power)

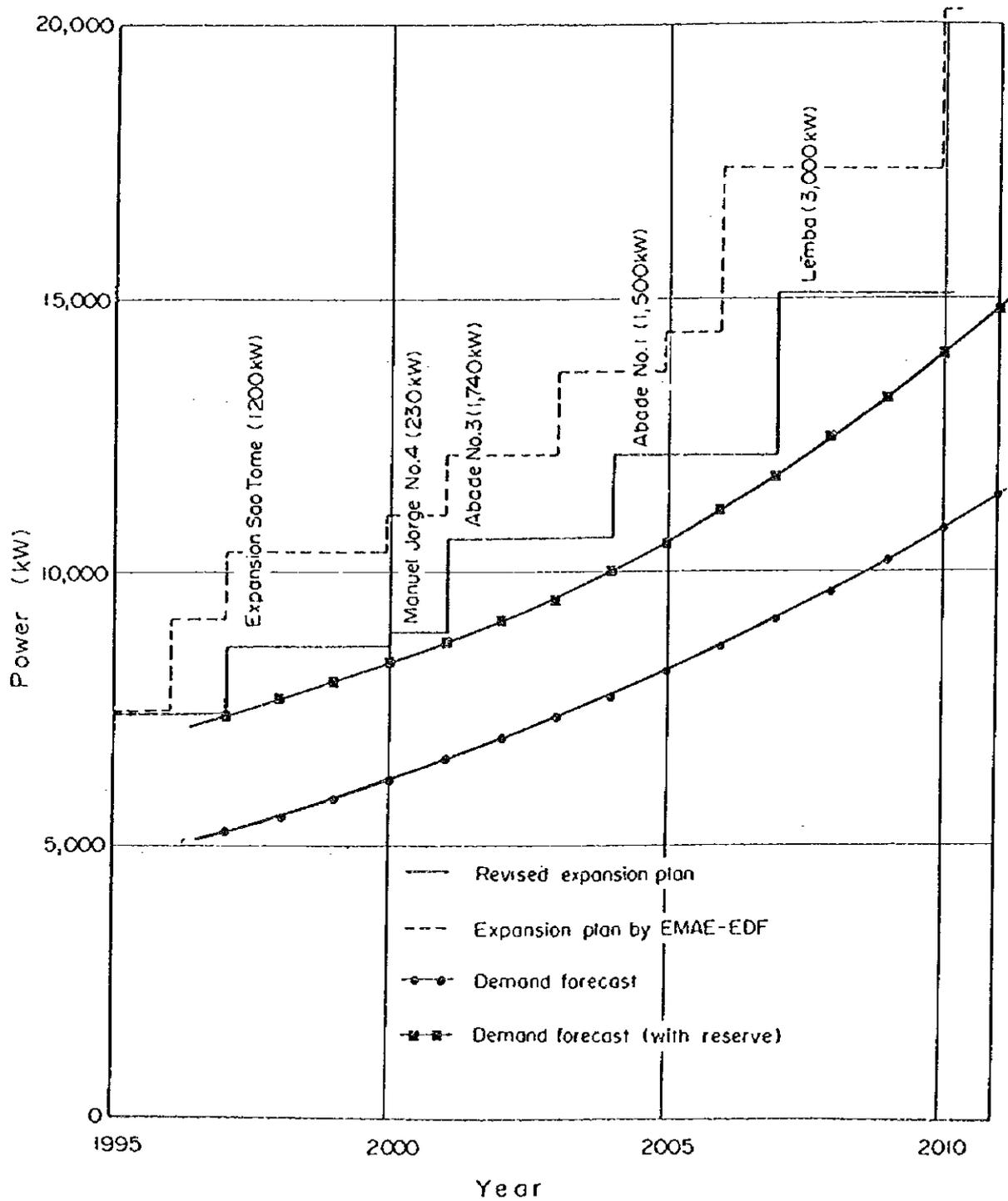


Fig. 5-3 Power Balance