

フィリピン共和国
プラントリノベーション (ルソン島送電網)
調査報告書
(要約)

1985年3月

国際協力事業団

鉅計資
CR (3)
85 - 72

ARY

JICA LIBRARY



103045215J

11780

フィリピン共和国
プラントリノベーション (ルソン島送電網)

調査報告書

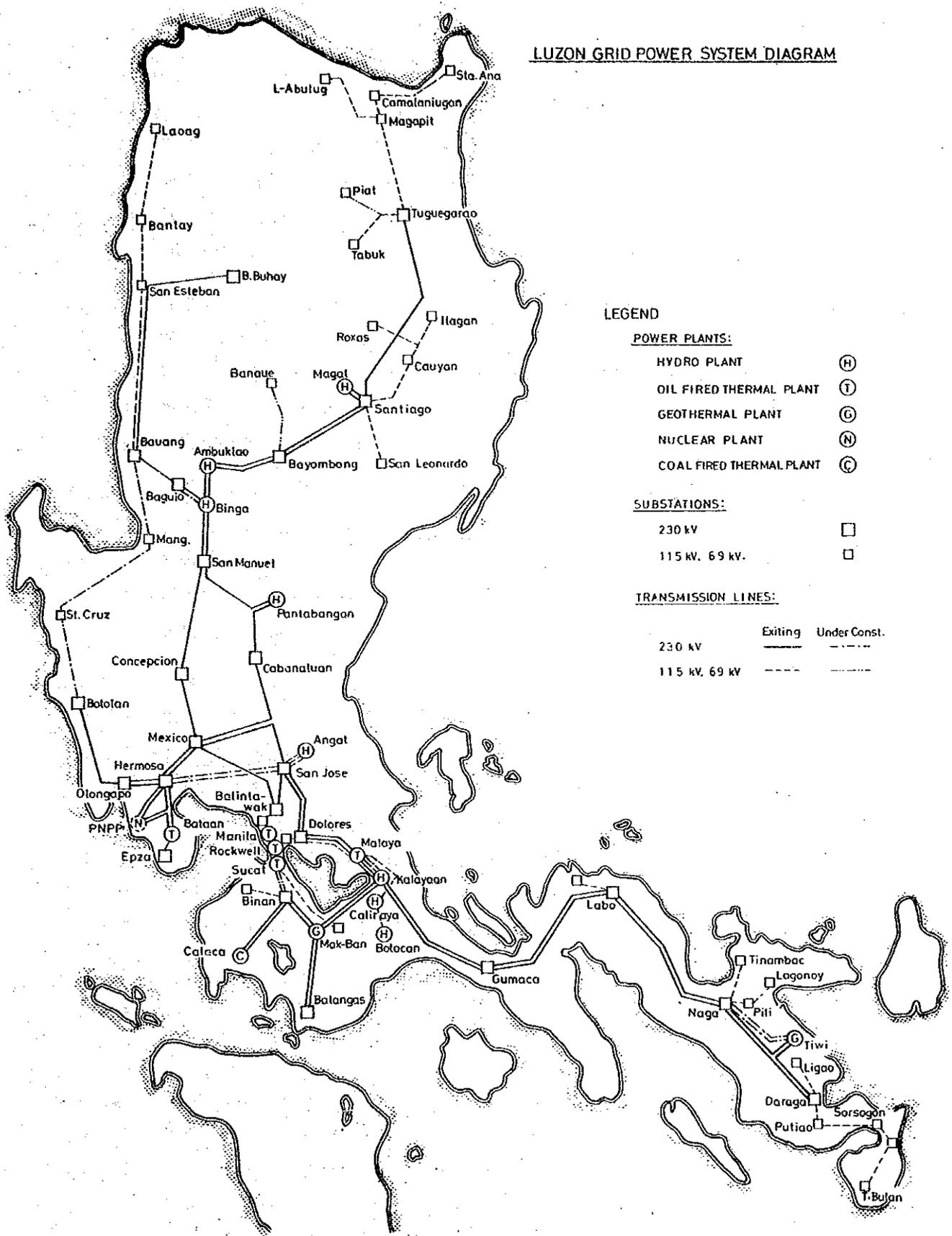
(要約)

1985年3月

国際協力事業団

国際協力事業団	
受入 月日 '85. 7. 23	118
	644
登録No. 11780	MPN

LUZON GRID POWER SYSTEM DIAGRAM



LEGEND

POWER PLANTS:

- HYDRO PLANT (H)
- OIL FIRED THERMAL PLANT (T)
- GEOTHERMAL PLANT (G)
- NUCLEAR PLANT (N)
- COAL FIRED THERMAL PLANT (C)

SUBSTATIONS:

- 230 kv (□)
- 115 kv, 69 kv. (□)

TRANSMISSION LINES:

- | | | |
|---------------|------------------------|----------------------------|
| 230 kv | Existing (solid line) | Under Const. (dashed line) |
| 115 kv, 69 kv | Existing (dashed line) | Under Const. (dotted line) |

目 次

結論と勧告	1
第1章 概 論	1-1
1-1 調査の目的と経緯	1-1
1-2 調査団の編成	1-4
1-3 調査工程	1-4
1-4 調査の概要	1-6
第2章 フィリピンの電力事情概況	2-1
2-1 フィリピンの概要	2-1
2-2 電力事情の概要	2-2
2-3 電力需要	2-6
2-4 電源の現状と開発計画	2-9
第3章 ルソン島送電網の設備概要	3-1
3-1 送電設備の概要	3-1
3-2 変電設備の概要	3-1
3-3 電力系統の構成	3-3
3-4 通信系統	3-5
第4章 大停電事故の概要	4-1
4-1 概 説	4-1
4-2 1983年8月22日の全停電事故	4-1
4-3 1983年8月24日の全停電事故	4-2
4-4 1983年9月15日の全停電事故	4-3
4-5 1984年3月13日の全停電事故	4-3
4-6 1984年9月24日の全停電事故	4-5
4-7 各事故の検討に基づく対策案の実施状況	4-6
第5章 Luzon Gridの問題点の検討およびその対策と進め方	5-1
5-1 問題点と対策	5-1
5-2 Renovation対策の進め方	5-5
第6章 緊急に実施を要する対策	6-1
6-1 教育訓練	6-1
6-2 メンテナンス体制	6-1
6-3 給電運用	6-1
6-4 主要工事	6-2

第7章 施工計画および工事費	7-1
7-1 工事工程	7-1
7-2 工事実施組織	7-1
7-3 工事費	7-1
第8章 財務および経済評価	8-1
8-1 財務評価	8-1
8-2 経済評価	8-1

結論と勧告

フィリピンの電力系統は、ルソン島において、近年、数度にわたる全島停電事故が発生した。

このため、フィリピン共和国政府は、このような社会的、経済的に極めて重大な影響を及ぼす事故の多発を憂慮し、日本国政府に、これ等の事故の原因究明のための基礎調査と改善のための計画策定を要請した。

日本国政府は、本要請に基づき、ルソン島送電網のリノベーション計画のフェーズビリティ調査を実施することとし、その実施を国際協力事業団に委託した。

国際協力事業団は松本茂氏（西日本技術開発株式会社）を団長とする調査団を1984年9月18日から11月1日迄及び1985年2月17日から2月23日迄の二回現地に派遣し、調査を行った。

今回の調査によって、得られたルソン島送電網のリノベーション計画に関する結論と勧告事項の概要は次の通りである。

フィリピン Luzon 島の電源は、1982年現在、水力1,121MW、火力（地熱共）2,750MW、計3,871MW、Available capacity 3,340MW となっている。また、負荷の分布は、Metro Manila が全体の約63%を占めている。このMetro Manila の主要電源のうち、Malaya 火力（650MW）、Sucat 火力（850MW）計1,500MW の実際出力は1,160MWで約30%の出力低下を来すと共に停止事故を多発している。

送電系統については1983年の全停事故当時、Kalayaan P/S～Malaya P/S 間の送電線には530MW、Malaya P/S～Dolores S/S 間620MW、San Jose S/S～Balintawak S/S 間270MW など、主要送電線の電力潮流が非常に大きくなっており、1回線事故時、系統不安定の要因となる状況であった。

また、230kV Malaya P/S～Kalayaan P/S～Gumaca S/S～Labo S/S～Naga S/S～Tiwi P/S 間は定態安定度限界近くにあり、また、230kV Malaya P/S～Dolores S/S と Malaya P/S～San Jose S/S の系統が常に電力動揺、継電方式の不備などによる脱落、あるいは継電器の誤動作などを起し、1983年8月、9月および1984年3月の全停事故の原因となっている。

ルソン島の電力系統については、上記の火力発電所（Malaya、Sucat）について、

先般（1982年5～9月）プラントリノベーション計画の調査が行われた。今回の調査はその調査の一環として「ルソン島送電網」に関して、リノベーション計画の調査を行ったものである。

電力系統の運用は、

- 各水力、汽力発電所の経済的運用
- 各発電所の十分な保守の実施による事故停止の減少、定格出力の確保
- 新鋭大型発電所の運転開始に伴う既設火力発電所の深夜停止、再起動
- 発電所定期保守計画の確立
- 水力発電所の貯水池運用と自動周波数制御（AFC）との関係

などの電源の運転状況の良否および送変電系統の健全性が相まって、安定したものとなる。

また、電力系統は需要の増加に連れて、発電機容量の増大、送電線、変電所の超高圧化、送電線の長距離化が進んで来ており、また、そのように複雑化する系統に対してますます高度化した制御技術、保護システムの確立も必要となりつつある。

従って、発電所、送電線など個々の設備の機能を完全に発揮させ、電圧、周波数、供給信頼度など、需要家に高いサービスレベルで電気を供給するため、電力系統を総合システムとして最高の状態で運営することが電気事業者にとっての使命となっている。

ルソン島送電網の全停電を無くすためには、発展する将来の系統の構成を展望しながら、その発展の基盤を確立するため、先づ系統運用上支障のない緊急な設備改善計画を実施することが必要である。しかし、同時に、発展する電力系統の中、長期計画、運用、補修体制の確立のための調査、検討を行い、中、長期計画立案の体制を確立しなければ緊急設備改善対策の効果を十分に発揮することは出来ない。

このためには、緊急改善対策期間中に中、長期対策立案のための基礎的な調査、検討を行う Engineering が重要な業務となる。

リノベーション（ルソン島送電網）の対策は、緊急、中期および長期の3 Phaseに分けて実施するものとした。

- 1) Phase 1（緊急対策）…… 1985～1987年

つぎに示す教育訓練の充実、緊急対策工事の実施、機材および施設の整備などを計る。

- a. 故障処置法の充実
- b. 保守、運転員の実務訓練方法の確立
- c. 安定度増進対策

San Jose - Balintawak 230 kV 送電線の建設ならびに Bayombong 変電所の受電方式変更

- d. 変電設備および保護装置の改善、拡充

重要送電線の保護方式の2系列化、既設リレーの改良、老朽CBの取替、事故記録装置の拡充

- e. 電圧改善対策

コンデンサー 170MVA およびリアクトル 50MVA の新設

- f. 通信系統の拡充

マイクロ回線の拡充、新設送電線などへの電力線搬送設備の拡充

- g. 保守機材の整備

保守作業機動化のための車輛、その他保守機材の整備

- h. 教育訓練施設の新設

汽力発電所および変電所の運転教育用シミュレーターの整備

- i. 中、長期改善計画立案

対策実施計画の具体的な立案

なお、緊急対策に関する工事費は

外貨分 80 億円、内貨分 1.6 億ペソ (22.3 億円) 計 102.3 億円

工事期間はローン成約後、26ヶ月間である。

2) Phase 2 (中期計画) …… 1988 ~ 1990

次の事項の検討および対策案の立案を行う。

- a. 適正な運転予備力量の算定と確保
- b. 保守体制の検討
- c. Kalayaan - Binan 間の送電線の増強
- d. 長距離送電線しゃ断時の異常電圧上昇問題の検討

o. 主要マイクロ幹線のループ化

f. メンテナンス体制の確立

g. 長期改善実施計画の立案

3) Phase 3 (長期計画) …… 1991～2000

a. 需給計画、電源開発計画手法の確立、資料の充実について対策をすすめる。

b. 将来系統の基本構想として、北部系の送電幹線計画、およびメトロマニラ供給対策を推進する。

c. 教育、メンテナンス体制を維持し、更に改善対策を進める。

第1章 概 論

1-1 調査の目的と経緯

今回の調査は、近年、重大事故が多発しているこのような電力系統の問題点を見出し早急に解消することを目的とするものである。

現在、計画または実施されつつあるプラントリノベーション調査計画の一環として Luzon 島送電網全般の再点検を行い、緊急に実施すべき対策と中長期対策についてリノベーション計画報告書を作成した。

調査は

第1段階：現地調査

第2段階：国内解析業務及び現地打合せ

に分けて実施した。

a. (第1段階) …… 現地調査

調査団は、1984年9月18日より1984年11月1日まで現地フィリピンに赴き、以下の通りの基本事項による現地調査を行った。

(1) 調査事項

<u>調査項目</u>	<u>実施集約項目</u>
「フ」国関係機関との打合せ	(a) National Power Corporation (以下NAPOCORという。)、Manila Electric Company(以下、MERALCOという。)など関係機関との調査着手前打合せ (b) 調査期間中必要に応じて NAPOCORと調査分析結果などについての緊密なる意見交換
主幹送電系統の現状	(a) 送変電設備の現状調査 (b) 設備保守点検体制の現状調査
給電運用の現状	(a) 系統運用システム、保護方式および装置の現状調査

- (b) 潮流、電圧、安定度の現状解析のための基礎資料把握
 - (c) 重大事故の原因把握
 - (d) 通信系統の現状調査
- 電力需要の現状と将来計画
- (a) 需要実績把握
 - (b) 需要想定手法の調査
 - (a) 平常時発電状況（負荷配分など）
 - (b) 定期保守、リハビリテーション進行の状況調査
 - (c) 電源開発計画の調査
- 電力系統拡充計画
- (a) 電力系統設備拡充計画調査
 - (b) 給電指令システムおよび保護方式、装置の整備計画調査
 - (c) 将来の電力系統の潮流、電圧安定度解析のための基礎資料把握
 - (d) 通信システム改善計画調査
- 関連データ収集
- (a) 財務、経済的分析のための諸元調査
 - (b) リノベーション実施の基本スケジュール、工事費積算条件の調査
 - (c) リノベーション実施組織について
 - (d) その他調査中に必要となる事項

上記項目に従い現地調査を実施した後、リノベーション計画の基本構想を、NAPOCORと協議して決定し、調査報告書を作成した。

また、リノベーション計画の基本構想は、概要下記のような考え方によった。

リノベーション計画の基本的な考え方

NAPOCORにおいて計画または建設中で至近年に運転開始される予定の、
例えば

Calaca	(石炭火力 300 MW)
Nuclear (PNPP)	(原子力 620 〆)
Magat	(水力 360 〆)
Mak Ban	(地熱 110 〆) (5、6号機)

の各電源拡充計画とこれに関連する系統拡充計画を考慮して既設電力系統設備の潮流、電圧の安定、保護装置の適正作動、給電運用体制の適正などについて解析検討を加えリノベーションの実施基本計画をたてるものとした。

したがって、原則として、上記新規電源と関連系統拡充計画による電源系統の新設、増設、または既設備の改良工事は、各プロジェクトによって実施されるものとした。(1st Phase)

しかし乍ら、既に実施しているこれらの拡充計画プロジェクトにおいて、当然該当する既設系統の一部を改良すべき重要な事項が含まれていない場合は、NAPOCORと協議し、リノベーション計画において実施を提案することとした。(2nd, 3rd, Phase)

b. (第2段階) …………… 国内解析

(1) 解析事項

〔第1段階〕の現地調査結果およびNAPOCOR、MERALCOとの意見調整結果にしたがって、以下の基本事項にもとづきドラフトリノベーション計画調査報告書(フィージビリティレポート)を作成した。

(2) 調査項目

現地調査結果の取りまとめ

実施集約項目

現地調査報告書にもとづく下記事項の分析検討

- (a) 主幹送変電系統の現状
- (b) 給電運用の現状
- (c) 電力需要の現状と将来計画
- (d) 電源設備の現状と将来計画
- (e) 電力系統拡充計画
- (f) 関連資料

- 電力需要予測、負荷曲線の検討 (a) 一般電力事情と将来計画検討
(b) 需要想定と電源開発計画検討
- リノベーション計画の策定 (a) 現状の電力系統、系統運用、保護装置の対策立案
(b) 将来の電力系統の系統運用、保護装置の拡充計画に伴う改善策立案
(c) 重大事故の原因分析および対策立案
- 教育訓練、財務、経済的分析 (a) 給電、保守要員の教育訓練計画立案
(b) 財務、経済的分析取りまとめ

1-2 調査団の編成

調査団は下記のとおり編成した。

団長	松本 茂	西日本技術開発㈱	総括、保護装置・方式
団員	吉田 浩之	西日本技術開発㈱	需給計画・運用
団員	藤本 多津雄	西日本技術開発㈱	経営分析
団員	千々岩 一夫	西日本技術開発㈱	系統運用
団員	福田 恒正	西日本技術開発㈱	発変電設備

1-3 調査工程

- (1) 全体工程（詳細は第1-1表 業務実施工程実績表に示す）
- | | |
|-----------------------------|-------------------|
| 1984年 9月18日～11月 1日 | 現地調査 |
| 1984年11月 2日～
1985年 2月16日 | 国内解析作業および報告書（案）作成 |
| 1985年 2月17日～ 2月23日 | 現地打合せ |
| 1985年 2月25日～ 3月 9日 | 報告書作成 |
| 1985年 3月10日 | 報告書提出 |

(2) 現地調査日程

- 1984年 9月18日 ◦ 東京～マニラ (全員)
- 9月19日 ◦ 日本大使館、JICA マニラ事務所訪問
◦ NAPOCOR と打合せ (PMC 調査)
- 9月20～21日 ◦ NAPOCOR と技術、経済関係打合せ、検討
- 9月21日 ◦ Binan S/S, Sucat P/S 調査
- 9月22～26日 ◦ NAPOCOR, MERALCO と技術、経済関係
打合せ、検討
- 9月27日 ◦ NAPOCOR と 経済関係打合せ
◦ Dolores S/S, Kalayaan, Malaya P/S
230 kV Malaya～Kalayaan 線 調査
- 9月28日～
10月1日 ◦ NAPOCOR と 技術、経済関係打合せ
- 10月 2日～3日 ◦ LDC (MERALCO) 調査、検討
- 10月 4日 ◦ 経済関係団員1名 マニラ～東京
◦ CALANBA Technical Service Center 調査
- 10月 5日～7日 ◦ NAPOCOR と 技術関係打合せ、検討
◦
- 10月 8日～
10月19日 ◦ 遠隔地現場調査
- [(第1班) Mexico, Hermosa, San Jose,
Concepcion, Santiago Bayombong S/S,
PLARIDEL
Technical Service center, ANGAT,
MAGAT, MANILA P/S
230 kV San Jose～Balintawak 線]
- [(第2班) Dolores, Naga, Daraga S/S,
Kalayaan, Tiwi P/S
230 kV Kalayaan～Malaya～Dolores 線]
- [(合同) Balintawak, St. Mesa S/S
(MERALCO)]

- 10月20日～29日 ◦ NAPOCORと技術関係打合せおよび資料による調査結果検討分析
- 10月30日 ◦ NAPOCORと全般的打合せ
- 10月31日 ◦ NAPOCORおよびMERALCOと全般的最終打合せ
- 11月 1日 ◦ マニラ～東京（全員）

1-4 調査の概要

(1) ルソン島送電網の現状と拡充計画

a. 現 状

1984年のLuzon島の電力系統（単線図）を冒頭に示す。

Luzon島北部には、Magat（360 MW）、Ambukulao（75 MW）、Binga（100 MW）、Pantabangan（100 MW）などの貯水池式水力発電所があり、その合計出力は635 MWである。

北部水力発電所からMetro Manilaまでの送電線は230 kV 2回線で、送電距離は300 km以上に達している。

また、Bataan火力発電所の発生電力はMexico変電所まで230 kV送電線2回線で送電されている。このように、Luzon島北部、中部の発電所からMexico変電所を経て、Metro Manilaの供給拠点であるSan Jose変電所およびBalintawak変電所までの送電線は230 kV送電線2回線だけである。

San Jose-Malaya間の送電線は230 kV 4導体で送電容量は1回線当たり1,200 MW以上の電流容量がある。Dolores変電所はこの送電線から2回線Pi分岐の工事が進められており、1985年3月末には完成の予定であるが、これが運転に入れば信頼度は著しく向上する。

またMalaya-Kalayaan間には、現在230 kV単導体の送電線、2回線があるが、別途に230 kV 4導体の送電線2回線が建設中で、1984年末には運転に入る予定であり、これが完成すれば既設と合せて4回線となる。

Metro Manila南西部にはKalayaan発電所からMak-Ban発電所を経てMetro Manila南部のBinan変電所に至る230 kV送電線2回線がある。

第1-1表 業務実施工程実績表

現地調査
国内業務
業務作業

調査件名：フィリピン共和国 (昭和59年度) プラント・リノベーション(ルンソン 島送電網)計画調査	1984																															1985																															Remarks																																																																															
	Sept.							Oct.							Nov.							Dec.							Jan.							Feb.							Mar.																																																																																																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31																																																																																
氏名	現地調査と国内作業																																																																							国内作業																																																																						
担当	現地調査と国内作業																																																																							国内作業																																																																						
格付	現地調査と国内作業																																																																							国内作業																																																																						
氏名	現地調査と国内作業																																																																							国内作業																																																																						
松本 茂	現地調査と国内作業																																																																							国内作業																																																																						
吉田 浩之	現地調査と国内作業																																																																							国内作業																																																																						
藤本 多津雄	現地調査と国内作業																																																																							国内作業																																																																						
千々岩 一夫	現地調査と国内作業																																																																							国内作業																																																																						
福田 恒正	現地調査と国内作業																																																																							国内作業																																																																						
柴山 敏	現地調査と国内作業																																																																							国内作業																																																																						
高岩 貞夫	現地調査と国内作業																																																																							国内作業																																																																						
买刈 喜彦	現地調査と国内作業																																																																							国内作業																																																																						
山下 裕	現地調査と国内作業																																																																							国内作業																																																																						
丸田 信夫	現地調査と国内作業																																																																							国内作業																																																																						
中島 晋吾	現地調査と国内作業																																																																							国内作業																																																																						

Calaca 石炭火力発電所は Binan 変電所に連系されている。Binan 変電所から Sucat 発電所までは複導体の 230 kV 設計の送電線 2 回線が、1984 年末完成目途で建設されているが、当初は 115 kV で運転を行う予定である。

Kalayaan 発電所より南部の送電線は、Gumaca, Labo, Naga 変電所を経て Tiwi 発電所、Daraga 変電所に至る約 360 km の 230 kV 2 回線である。

b. 1987 年までの系統

Hermosa - San Jose 間に建設されている複導体 2 回線の 230 kV 送電線と、Tiwi - Naga 間に建設されている複導体の 230 kV 送電線は 1985 年に運転に入る。又、1987 年には、Kalayaan - Naga 間 (270 km) および San Jose - Kalayaan 間 (70 km) に建設されている 4 導体 500 kV 設計の送電線が完成する予定である。

c. 将来の系統構成

1990 年以降、北部地区に建設が予定されている石炭火力、水力発電所に対する対策として、500 kV 設計の送電線を San Jose - Santiago 間に建設する計画である。また Leyte 島の地熱発電所の開発状況により、Luzon Grid と Leyte Grid との直流連系も計画されている。

(2) 全停電事故の概要

1983 年に San Jose、Dolores および Malaya 間の 230 kV 送電線連系が出来あがったが、1983 年 8 月以来 3 回の全停電事故が発生した。また引続き、1984 年 3 月、9 月にも長時間の全停電事故が生じた。

第 1 - 1 図に Manila およびその周辺の送電網を示す。1983 年の事故では何れの場合も、Malaya 側から 600 MW 以上の電力が Dolores、San Jose 方面に流れ込んでいた。事故は、Malaya - Kalayaan 間、Dolores - Malaya 間、San Jose - Dolores 間で各々発生した。事故の拡大に伴い、Kalayaan 以南の系統と Malaya 以北の系統とに分離した。後者の系統は 1,000 MW の電源不足となり、前者は、1,000 MW 以上の電源過剰となって、全系統停電となった。

1984 年 3 月の事故は San Jose - Balintawak 間の 230 kV で先づ発生した。つづいて、同区間の 115 kV 線路が過負荷で遮断した。そのため Manila の負荷の大部分が Dolores 変電所にかかり、これも過負荷遮断した。それにより系

統の全停電となった。

1984年9月の事故時は、Calaca発電所の試運転のため、Malaya発電所1台を115kV送電線でDolores変電所に送電していたが、Kalayaan-Malaya間の汐流は500MWをこえていた。事故はKalayaan-Malaya間で発生し、2回線共しや断された。系統に電力動揺が発生したが、一応それも収まりかけた時にMalaya発電所が脱落したため、全系統の停電をおこした。

何れの事故も重負荷汐流の送電線区間の事故後に全停電をおこしたものである。

(3) 各委員会の指摘事項で実施に移された事項

各調査委員会、JICA専門委員報告書で指摘された事項のうち、フィリピンの経済情勢の中で手持資機材を活用して実施出来るものは実施に移されている。

その主なものは次の通りである。

- a. 脱調ロックリレー (Out of Step) の取付け
- b. 静電型距離継電器の導入
- c. Dolores変電所230kV2回線Pi引込み、ならびに主変圧器増設
- d. Balintawak変電所230kV側設備の改良工事
- e. NAPOCORとMERALCOの保護装置の協調
- f. 中央給電所 (PMC) の設備改善, PMCとMERALCO中央給電所 (LDC) との協調
- g. Balintawak変電所へのNAPOCOR運転員の駐在

(4) 調査団が行った検討結果による改善対策

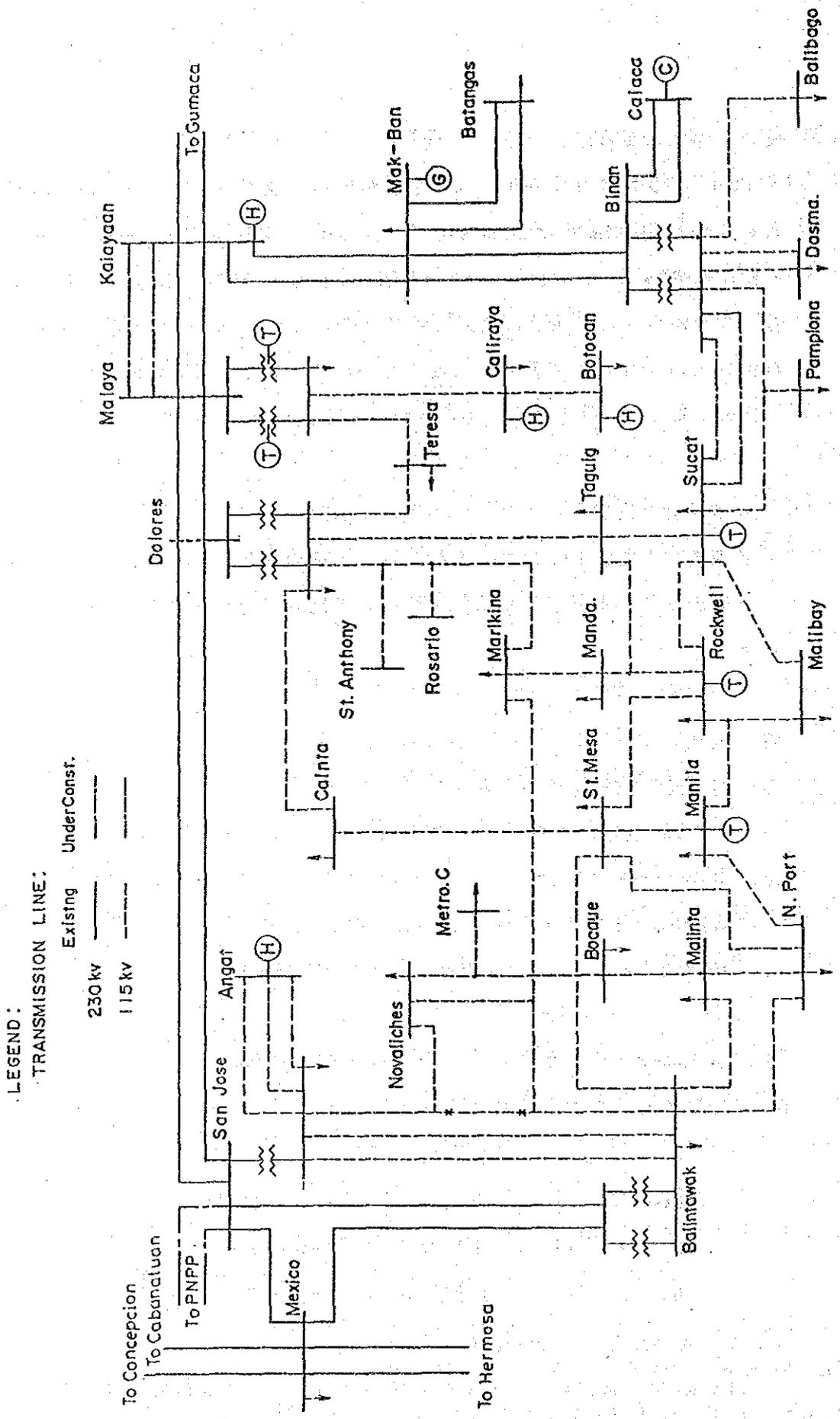
リノベーション (ルソン島送電網) の対策は、次の3 Phasesで考える。

- | | | |
|---------|-------|---------------------|
| Phase 1 | | 緊急対策 (1985 ~ 1987年) |
| Phase 2 | | 中期対策 (1988 ~ 1990年) |
| Phase 3 | | 長期対策 (1991 ~ 2000年) |

a. 緊急対策 (phase 1)

Luzon島送電網の全停電を防止するため、次の如く検討を要する事項と対策工事を要する事項とに分けて緊急対策を行う。

第 1 - 1 图 SINGLE LINE DIAGRAM OF THE GRID IN AND AROUND METRO MANILA



1) 検討を要する事項

(a) 故障処置法の検討

大電源、送電網の拡充に伴ない、故障処置法での系統立て直しの基本的手法、発電所の自主的な処置の拡大について検討の改善を行う。

(b) 保守、保修要員の教育訓練の検討

発電所機器、制御機器の高度化、送電系統の複雑化に伴ない、保守員にシュミレーターによる訓練を行う。又、保護装置などの保修要員に模擬送電線による保護装置の教育を行い、保修能力の向上、保護方式の検討が行えるようにする。

2) 対策工事を要する事項

(a) 電力系統対策

i Balintawak変電所負荷の増加に伴ない同変電所の供給送電線 230 kV 2回線、115 kV 2回線の既設送電線では事故時の供給に支障を来す。この区間に 795 MCM ACSR 2導体の送電線 2回線 23 kmを作り、115 kV 送電線を廃止する。

ii Bayombong変電所を、Santiago-Ambukulao線 2回線より Pi分岐に受電方式を変更し、送電線安定度を向上させる。

(b) 設備および保護装置対策

i 重要送電区間の保護装置を二系列化するため、位相比較マイクロキヤリヤーリレーを 17 区 34 端局に設置する。

ii 64 端局について距離継電器静止型化を行う。

iii Mexico SS, San Jose SS の旧型しゃ断器を取替える。 15 台

iv 系統安定化のため、Transfer Tripを採用する。 1 式

v 保護装置の動作解明、検討のための記録計を整備する。 1 式

vi 保護装置動作検討用模擬送電線を導入する。 1 式

(c) 電圧改善対策

Dolores 変電所、Hermosa 変電所、Sucat 発電所に電圧調整のため静止型蓄電器 (SC) Hermosa 変電所に並列リアクター (ShR) を設置する。

SC 170 MVA

ShR 50 MW

(d) 通信系統対策

- i A F C 運転の重要な役割を分担することとなる Magat 発電所へのマイクロ回線の延長工事 (2 Relay station, 1 Station) を行う。
- ii 南部の TIWI 方面の通信系統強化のため Kalayaan よりマイクロ回線を延長する。(4 Relay station, 1 Station)
- iii 電力系統対策で行う San Jose-Balintawak 間の送電線、Bayombong SS の 2 回線 Pi 分岐などによる電力線搬送 4 回線を新設する。

(e) 保修機材対策

- i 保線業務機動化対策として車輛を購入する。
62 保線所に保線作業車、重作業車 225 台
- ii 保護装置、自動制御計測用機器を整備する。 1 式
- iii 主要変電所の操作卓、系統盤を整備する。 1 式

(f) 教育訓練設備

- i 汽力発電所運転教育用シミュレーターを導入する。 1 式
- ii 変電所運転教育用シミュレーターを導入する。 1 式

- (g) コンサルタントを常駐させる。 1 式

(基礎的な手法、体制を確立するために長期間コンサルタントをおく。)

3) 中期改善対策実施計画の具体策立案

(緊急対策実施期間中に並行して、中期改善対策項目を検討立案する。)

b. 中期対策 (Phase 2)

1) 適正な運転予備力の検討

ガバナーフリ運転、自動周波数調整などの予備力の所要量と対象発電所について基礎的な検討手法の導入、対策案の作成を行う。

2) 水、火力発電所のリノベーションと保修体制の検討

供給力の安定化の為、水、火力発電所のリノベーションならびに、今後の保修体制 (含む、保修専門会社の育成) の検討をすすめる。

3) 送電系統の増強の検討

Metro Manila 外輪系統で、サービス信頼度上問題がある Binan-Kalayaan

間の送電線増強対策検討を行う。

4) 長距離送電線しゃ断時の電圧上昇対策の検討

現在 Gumaca 以南、Mexico 以北、また Dolores 変電所で事故時の試充電時に 230 kV 系統電圧が 280 kV 以上となり、運転上の支障、避雷器の破損事故などを生じている。この対策として並列リアクトルの適正配置、系統の異状現象の検討をすすめる。

5) 主要マイクロ通信系統のループ化

PNPP, Kalayaan に対するマイクロ通信系統のループ化を計り通信系統の信頼度を上げることを検討する。

6) メンテナンス体制の確立

Phase 1 において行われた検討結果に基づき、要員充足、組織改善、資金調達などの対策を定着させる。

7) 長期改善対策実施計画の具体的立案

c. 長期対策

1) 電源ユニット規模の検討

Luzon 島送電網が単独系統であることをふまえて、適正な発電機のユニット容量の検討を行う。

2) 需給計画の検討

発電所、送電線の建設期間の長期化に伴ない、長期的なビジョンに立った需給計画策定の手法の確立、長期計画の策定が必要である。

3) 電力系統計画

(a) 北部 EHV 幹線計画

1990 年以降の北部地区電源開発計画に伴なり北部 EHV 幹線計画についての検討を行う。

(b) Metro Manila 供給対策

長期的な Metro Manila 内の需要想定にもとづいて現在の Sucat, Dolores, Balintawak の 3 拠点方式の次の段階について、NAPOCOR, MERALCO 共同で検討をすすめる。

4) メンテナンス体制の維持に努め、更に改善する。

5) 工 事 費

緊急を要する電力系統増強対策、施設ならびに保護装置改善対策、電圧改善対策、通信系統対策、保修機材、教育施設などの対策の費用を含めた工事費は次の通りである。

	外 貨		内 貨	
	(m. \$)	(m. ¥)	(m. \$)	(m. ¥)
電力系統対策	5.36	(1,324)	4.73	(85.4)
設備・保護装置対策	8.46	(2,091)	1.17	(21.1)
電圧改善対策	3.24	(800)	0.56	(10.1)
通信系統対策	3.60	(890)	0.70	(12.6)
保修機材対策	3.04	(750)	0.00	(0.0)
保育訓練対策	4.45	(1,100)	0.33	(5.9)
計	28.15	(6,955)	7.49	(135.1)

工事費は、外貨分 28.15 m. \$、内貨分 7.49 m. \$ になる。

また、予備費を外貨分 15 %、内貨分 20 % にすると、外貨分は 32.37 m. \$、内貨分は 9.0 m. \$、合計 41.37 m. \$ になる。

また、第 10 章に示す工程表に基づく工事費の支出は次のようになる。

第 1 年度支出	契約時の前渡金 30 %	12.41 m. \$
第 2 年度支出	機器の船積による支出 60 %	24.82 m. \$
第 3 年度支出	工事費残金 10 % 支払	4.14 m. \$

なお、通貨換算率は 1984 年 10 月 1 日の下記換算率を基準とした。

$$1 \$ = 247 \text{ 円}$$

$$1 \$ = 18,002 \text{ 円}$$

$$1 \text{ 円} = 13.72 \text{ 円} \div 14 \text{ 円}$$

(ペソと円の間換算率は 1 円 = 14 円を使用した。)

6) 財務および経済評価

本プロジェクトの内容収益率は次の通りである。

Case	石 油 エスカレーション率	内部収益率	備 考
Case 1	1.1 %	7.6 %	NAPOCOR 燃料費想定
Case 2	2.0 %	12.0 %	—
Case 3	3.0 %	14.4 %	—

となり、石油の価格上昇率の最も低い場合でも内部収益率が7.6%となる。

従って、本プロジェクトは充分収益性の高いものといえる。

また、商工業部門の生産損失、販売損失の解消、公共設備などの全停電による社会的混乱の防止など経済的、社会的便益も測り知れないものがある。

第2章 フィリピンの電力事情概況

2-1 フィリピンの概要

フィリピンは約7,100の島々が南北1,855 km、東西1,108 kmの中に分布し、総面積299,765平方kmの広さの国である。最も大きな島は、北のLuzon島(104,686平方km)で、次いで大きいのは、最南のMindanao島(94,630平方km)である。両島の間にはSamar島(13,079平方km)をはじめ、合計で85,451平方kmにわたる9つの大きな島々が点在している。

人口は第2-1表に示すとおり、1980年の人口調査で、48,098千人であったが、1984年推定では53,351千人で、伸び率は2.6%である。そのうちLuzon島の人口は、1980年26,081千人(全人口の54%)、1984年推定では29,078千人(伸び率2.8%)である。

第2-1表 Population (1000 Persons)

	1975	1980	1984	1987
All philippines	42071	48098	53351	56985
M. Manila	4970	5926	6739	7316
Region 1	3269	3541	3826	4030
Region 2	1933	2215	2459	2630
Region 3	4210	4803	5325	5691
Region 4	5214	6119	6894	7437
Region 5	3194	3477	3833	4075
Luzon Total	22790	26081	29078	31179

全島には1つの特別区と71の州があるが、これらを広域行政組織として12のRegionとMetro Manila特別区とに分けて運営している。また通称Luzon島とMasbate島を併せてLuzon地区、Mindanao島をMindanao地区、両地区の間に点在する島々をまとめてVisayas地区と称している。

2-2 電力事情の概要

電力事業としては、卸売を担当し主要な発電所、送電線を運営する NAPOCOR と、配電事業を担当するものとして、首都圏に MERALCO、農村部の電化をおこなう Electric Coop が NEA (National Electrification Administration) の指導下に、また一部の地方都市に私営の配電会社とがある。

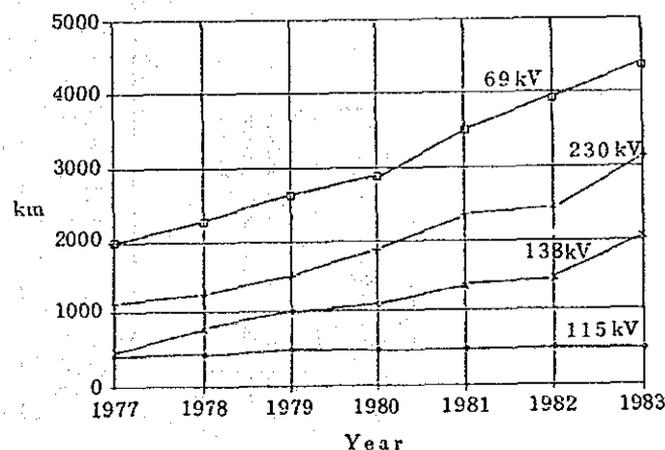
フィリピン電力の需要は 1984 年 10 月現在 2,960 MW、販売電力量は年間 / 17,089 GWh (1983 年実績) である。そのうちの 75% は Luzon 島の需要である。すなわち、最大電力は 2,220 MW、販売電力量は 13,908 GWh (1983 年実績) である。また Luzon 島の大部分 (約 60%) の負荷が Metro Manila およびその周辺部に集中している。

全国の電力システムの運営を行う NAPOCOR は、全国を 2 つの大営業区に分けて運営している。Luzon と Visayas、Mindanao の 2 地区である。各営業区のもとに支店、電力所、営業所が置かれ、発電所の補修、運営、営業関係の業務をおこなっている。1983 年末で 12,000 名の人員で運営している。(第 2-1 図参照)

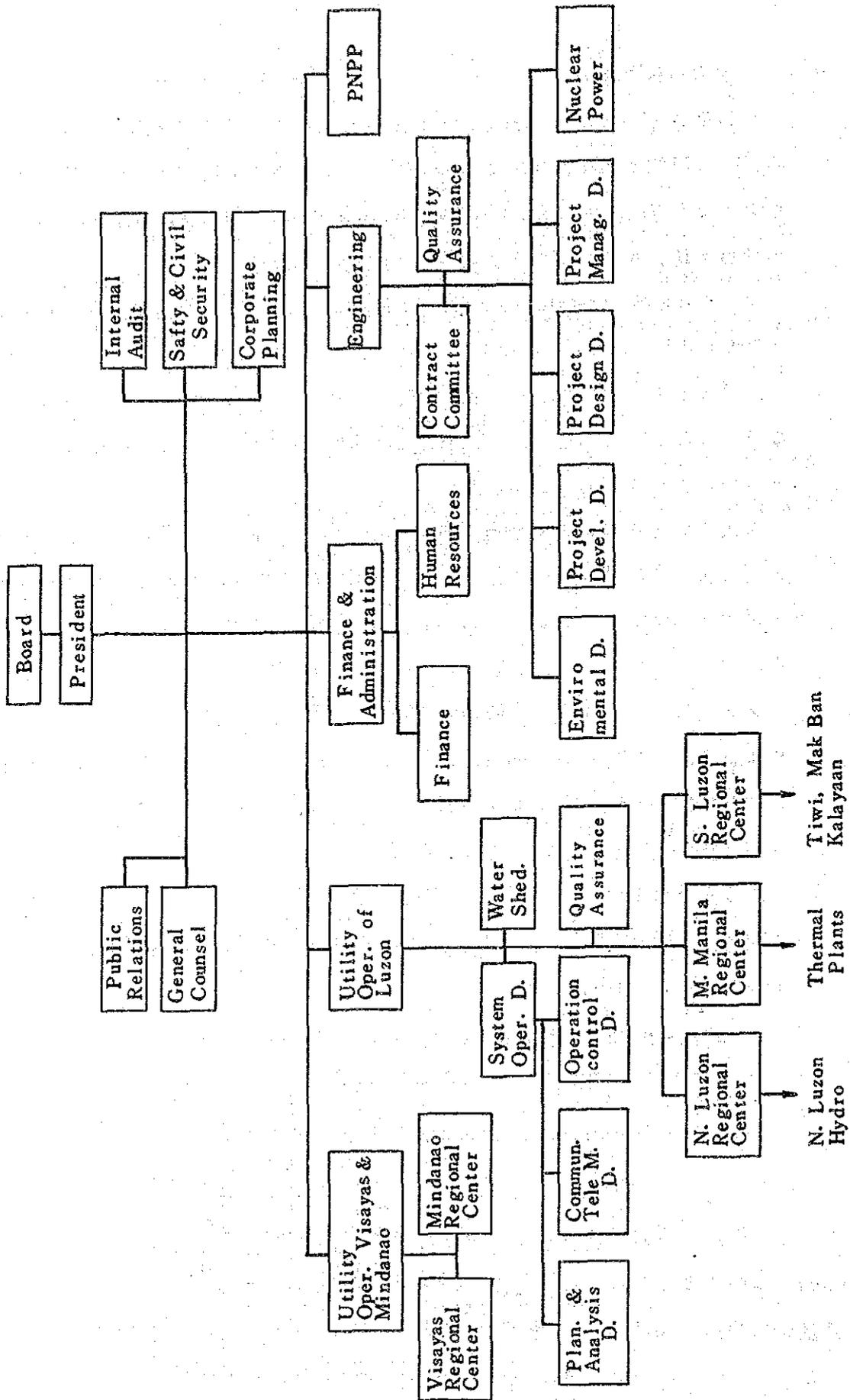
フィリピンはエネルギー国内資源の活用を優先して、水力、地熱の開発に努めている。NAPOCOR の電源は、1983 年末で水力 1,564 MW (31.3%)、火力 2,280 MW (45.6%)、地熱 784 MW (15.7%)、その他 373 MW (7.4%) 合計 5,001 MW となっている。(第 2-2 表参照)

送電系統は Luzon 地区 230 kV 送電線が基幹系統であるが、その他の地区は、138 kV 送電線が基幹系統である。230 kV 送電線の延長は第 2-2 図に示すごとく 1983 年末で 3,000 km をこえている。

第 2-2 図 Length of Transmission line



第 2 - 1 图 ORGANIZATION CHART OF NAPOCOR



第 2 - 2 表 Generating Capacity in Luzon

Unit : MW

Type	Plant	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
Hydro	Ambukulao	75	75	75	75	75	75	75	75
	Angat	212	218	218	218	218	218	218	218
	Binga	100	100	100	100	100	100	100	100
	Caliraya	32	32	32	32	32	32	32	32
	Botocan	17	17	17	17	17	17	17	17
	Barit	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
	Cawayan	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
	Pantabangan	100	100	100	100	100	100	100	100
	Masiway				12	12	12	12	12
	Kalayaan						300	300	300
Magat								270	360
	Subtotal	538.2	544.2	544.2	556.2	556.2	856.2	1126.2	1216.2
Oil-Thermal	Sucot	850	850	850	850	850	850	850	850
	Manila	200	200	200	200	200	200	200	200
	Rockwell	305	305	305	305	180	180	305	0
	Bataan	225	225	225	225	225	225	225	225
	Malaya	300	300	650	650	650	650	650	650
	Subtotal	1880	1880	2230	2230	2105	2105	2230	1925
Diesel	Diesel	6	0	0	0	0	0	0	0
Geo-Thermal	Tiwi			110	220	275	330	330	330
	Mak-Ban			110	220	220	220	220	330
	Subtotal			220	440	495	550	550	660
Total		2424.2	2424.2	2994.2	3226.2	3156.2	3511.2	3906.2	3801.2

MERALCOはMetro Manilaおよびその周辺の配電事業をおこなっている。Metro Manilaの2次送電線は115kVで、網状に系統を構成している。人員は5,700名である。市内の変電所は1個所を除き、全部が中央給電指令所より遠方制御されている。

次に、電力料金についてであるが、卸売会社であり公益事業であるNAPOCORの電力料金は、国家電力委員会によって決定されている。その電力料金は、すべて卸売料金で、電化組合向けと直接購入者向けの2つに大別される。

NAPOCORは、大統領令第938号により非営利原則にもとづいて運営されているため、電力料金は発電コストに近く設定され、電化組合向け電力料金は、直接購入者向け電力料金より低く設定されている。また、各グリッド別の電力料金も地域的に極めて格差があり、ディーゼル発電が主体となるビサヤスグリッドが最も高く、次いでルソングリッド、水力発電が主体であるミンダナオグリッドは、ビサヤスグリッドの半額以下となっている。

最近の地域別電力料金(ペソ/kWh)の推移は第2-3表のとおりである。

第2-3表 電力料金の推移 (単位 ペソ.%)

	ルソン	ビサヤス	ミンダナオ	フィリピン
1975	0.1265	0.1348	0.0248	0.1024
1976	0.1403	0.1420	0.0298	0.1125
1977	0.1810	0.2921	0.0426	0.1441
1978	0.1816	0.2949	0.1100	0.1723
1979	0.2278	0.3080	0.1366	0.2212
1980	0.3640	0.4062	0.1651	0.3422
1981	0.4480	0.4982	0.1800	0.4166
1982	0.4670	0.5444	0.1859	0.4299
1983	0.6152	0.7235	0.2996	0.5790
1975～1983 年平均増加率	21.9	23.4	36.5	24.2
1982～1983 年増加率	31.7	32.9	61.2	34.7

2-3 電力需要

1977年から1983年の地区別の電力需要とピーク電力の推移を第2-3, 2-4図に示す。全フィリピンの電力需要は1983年170.9億kWhと1977年の107.3億kWhに対し、年率8.1%の伸びであった。地域別の分布では1983年Luzon地区が139.1億kWhと全体の81.4%を占め、Metro Manila地区を供給するMERALCOは104.8億kWhと全体の61.3%を占めている。

また、Mindanao地区は22.5億kWhで13.2%、Visayas地区は9.3億kWhで5.4%をそれぞれ占めている。

ピーク電力実績は、1983年全島合計3,117MW、Luzon地区2,478MW、Mindanao地区410MW、Visayas地区229MWで、Luzon島が大部分を占めている。然し、昨年来の景気の沈滞により、1984年から電力需要の伸びに停滞現象が表われている。

フィリピンの経済情勢と1984年前半の電力需要停滞を考慮して、NAPOCORは1984年6月に新しい需要予測を行った。その概要を第2-4表に示す。

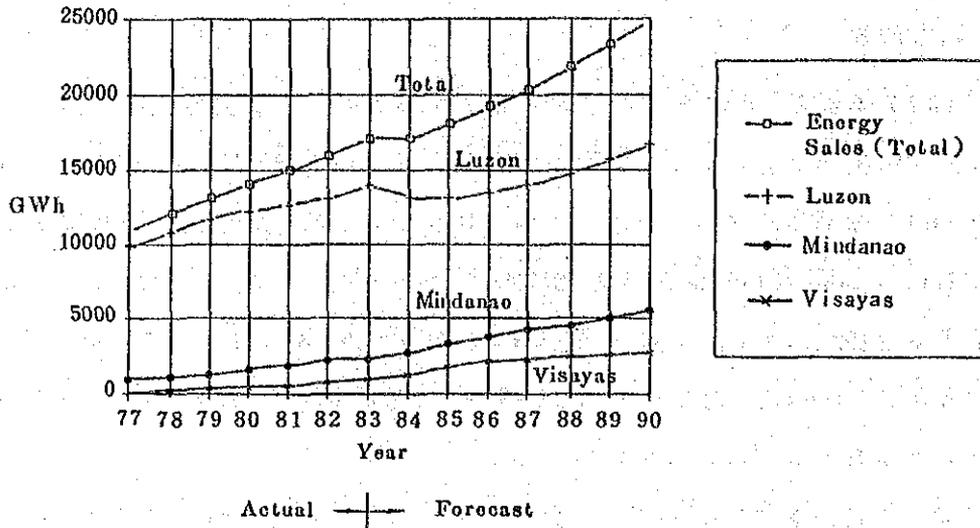
電力量はフィリピン全土で1984年は1983年実績以下と見込んでいるが、その後ゆるやかに上昇し、1984~1988年の伸び率は平均4.7%/年、その後経済の発展に伴ない1989~1995年は平均6.1%、1984~1995年は平均5.5%と見込んでいる。

ピーク電力は、フィリピン全土で1983年3,117MW、1988年3,837MW、1990年4,356MW、1995年5,737MWと想定されている。1984年から1988年の前期5ヶ年の伸びは、年率4.2%、後半の7ヶ年は5.9%で12ヶ年通算で5.2%の伸びを想定している。

地区別で見るとLuzon地区は、景気の停滞の影響を受け、前期5ヶ年の伸び率は1.1%と低く、後期7ヶ年は6.0%となり、通算では3.9%の伸び率となっている。

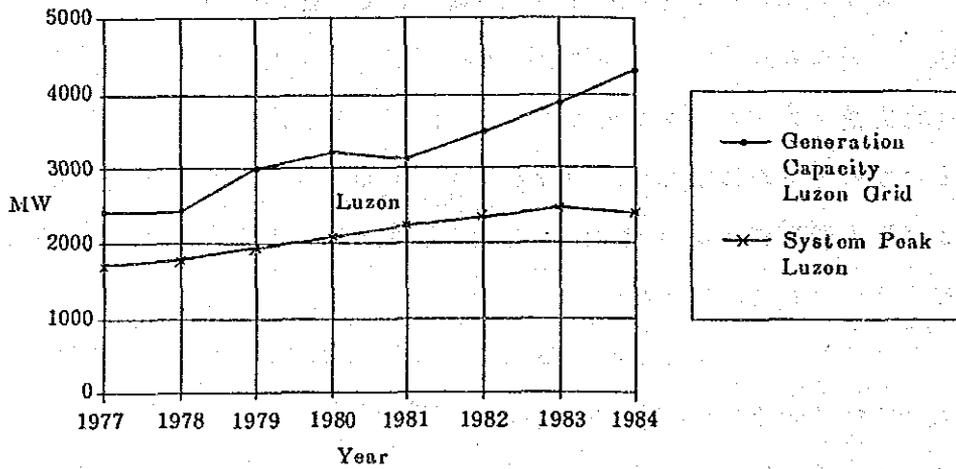
然し、Visayas Mindanao地区は、前期は電源の拡充と電化の進捗とにより1.3%台、後期はそれぞれ2.9%、7.1%の伸びとなっており、通算では7.2%、9.9%といずれもLuzon島より大きな伸びが想定されている。

第 2 - 3 图 Energy Sales (Total)



第 2 - 4 图 Generation Capacity & System Peak

: Luzon Grid



: Visayas & Mindanao Grid

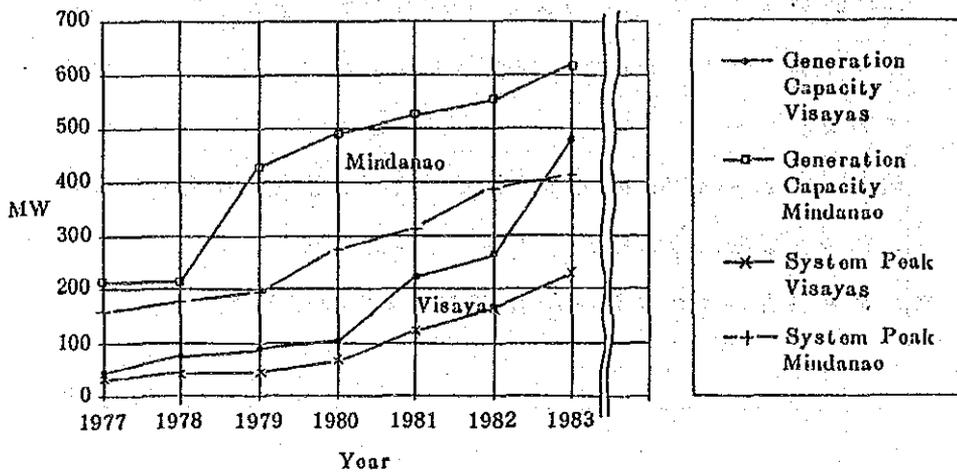


表 2-4 表 Load & Demand Forecast by June 1984

	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1995
Energy Sales (GWh)									
	Philippines	17089	16429	17624	19059	20396	23054	24604	32507
	Luzon	13908	12517	12768	13278	13942	15665	16605	22222
	Visayas	933	1246	1713	2123	2219	2315	2510	2577
	Mindanao	2248	2666	3143	3658	4235	4879	5422	7366
Demand (MW)									
	Philippines	3117	2961	3122	3362	3619	4096	4356	5737
	Luzon	2478	2220	2263	2354	2471	2776	2943	3939
	Visayas	229	303	349	397	413	460	471	529
	Mindanao	410	438	510	611	735	860	942	1269

Note : 1983 Actual, 1984 ~ 1990, 1995 Estimates.

2-4 電源の現状と開発計画

a. 現 状

石油資源の乏しい実情から、電源の開発は、水力、地熱に重点がおかれ、それぞれ着実な実績をあげている。又、原子力の開発もすすめられ1985年に1号機がBataan半島地区で運転に入る予定である。

1983年までの各地区の電源の現状（Luzon地区のみ1984年までの現状）を第2-5表に示す。

Luzon地区は現在、水力916MW（24.1%）、揚水水力300MW（7.9%）、石油火力1,925MW（50.6%）、地熱660MW（17.4%）、計3,801MWの設備を有している。

然し、石油火力のSucat, Malaya発電所は何れも設備状況不良の為、可能出力は、1,125MW（設備容量の75%）となり、現在能力回復のためのリハビリテーションプログラムが実施されている。

又、地熱ではTiwi発電所で蒸気不足のため30MWの出力減少がおきている。他方水力のAmbukulao発電所が6MW、Binga発電所が16MW、計22MWの出力増で運転されている。発電所の定期保守を入れて、1984年10月の可能出力は2,796MWで全体の設備容量の74%であった。

Visayas地区は水力2.0MW、ディーゼル、火力（バージ発電船を含む）242.2MW、地熱234.0MW、計478.2MW、Mindanao地区は、水力435.6MW、ディーゼル、火力（バージ発電船を含む）181MW、計616.6MWである。

さらに、1983年フィリピンは2年続きの渇水年であった。1983年は前年の雨期（5月～12月）までの降水も少なく、かつ、年間雨量も110mmと少なかったため、水力の発電量は大巾に減少した。そのため、Luzon地区 Mindanao地区は、非常に苦しい運転をせまられ、とくにMindanao地区では、その為、Visayas地区に配置していた2隻のバージ発電船のうち1隻を急拠同地区に配置変更して、供給力の確保に当らねばならなかった。

Luzon地区では年々低下していた石油火力の発電量の割合が1982年で全体の57.5%から1983年には61.6%に上昇した。

第 2 - 5 表 Generating Capacity in Luzon

Unit : MW

Type	Plant	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
Hydro	Ambukulo	75	75	75	75	75	75	75	75
	Angat	212	218	218	218	218	218	218	218
	Binga	100	100	100	100	100	100	100	100
	Callitaya	32	32	32	32	32	32	32	32
	Botocan	17	17	17	17	17	17	17	17
	Harit	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
	Cawayan	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
	Pantabangan	100	100	100	100	100	100	100	100
	Masiway				12	12	12	12	12
	Kulayaan						300	300	300
	Magat							270	360
	Subtotal	538.2	544.2	544.2	556.2	556.2	856.2	1126.2	1216.2
Oil-Thermal	Sucal	850	850	850	850	850	850	850	850
	Manila	200	200	200	200	200	200	200	200
	Rockwell	305	305	305	305	180	180	305	0
	Bataan	225	225	225	225	225	225	225	225
	Malaya	300	300	650	650	650	650	650	650
		Subtotal	1880	1880	2230	2230	2105	2105	2230
Diesel	Diesel	6	0	0	0	0	0	0	0
Geo-Thermal	Tiw			110	220	275	330	330	330
	Mak-Bnn			110	220	220	220	220	330
		Subtotal			220	440	495	550	550
Total		2424.2	2424.2	2994.2	3226.2	3156.2	3511.2	3906.2	3801.2

Generating Capacity in Visayas

Unit : MW

Type	Plant	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
Hydro	Loboc (Bohol)	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	Amlan (Negros)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
		Sub total	2	2	2	2	2	2
Diesel & Thermal	Cebu 1 (Cebu)	36.5	51.1	51.1	51.1	51.1	51.1	51.1
	Cebu 2 (Cebu)						36	57.9
	Naga 1 (Cebu)					50	50	50
	Amlan (Negros)		11	11	11	11	11	11
	Barge 2 (Negros)					32	32	32
	Bohol (Bohol)		5.5	11	11	11	11	11
	Panay (Panay)			14.6	21.9	29.2	29.2	29.2
	Barge 1 (Leyte)					32	32	
		Subtotal	36.5	67.6	87.7	95.0	216.3	252.3
Geo-Thermal	Palinpinon 1				3	3	3	115.5
	Palinpinon 2 (Negros)						3	3
	Tongonan (Leyte)	3	3	3	3	3	3	115.5
		Subtotal	3	3	3	6	6	9
Total		41.5	72.6	92.7	103.0	224.3	263.3	478.2

Note : Barge 1 was Transferred to Mindanao.

Generating Capacity in Mindanao

Unit : MW

Type	Plant	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
Hydro	Agusan	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
	Agus 4	200	200	200	200	200	200	200
	Agus 2			180	180	180	180	180
	Agus 7						27	54
		Subtotal	201.6	201.6	381.6	381.6	381.6	408.6
Thermal & Diesel	Aplaya 1	11	11	11	11	11	11	11
	Aplaya 2			36	72	108	108	115.7
	General Santos				21.9	21.9	21.9	22.3
	Barge							32
		Subtotal	11	11	47	104.9	140.9	140.9
Total		212.6	212.6	428.6	486.5	522.5	549.5	616.6

b. 開発計画

電源開発は石油依存度を1995年に全消費電力の16.2%以下にすることを目標に(第2-6表参照)、原子力、水力、地熱、石炭火力を主体にし、それにバージ発電船の増設も考慮している。電源開発計画の主なものは次の通りである。

水力ではLuzon地区のPantay(23MW)が1990年、San Roque発電所(390MW)が1993年、Mindanao地区で、Agus川水系の合計510MWが1991年までに、又、Pulangi発電所(255MW)が1985年にそれぞれ開発され、合計1178MWの開発を行う計画である。

石炭火力はCalaca発電所600MWとLuzon島北部のIsabelaに300MW、Visayas地区に55MW、Mindanao島に400MW、計1,355MWの開発が計画されている。

地熱は、Luzon地区のManitoに110MW、Visayas地区のPalinpinonに112.5MW、Tongonanに75MW、計297.5MWの開発が見込まれている。

原子力は1985年に620MWがはじめてBataan地区に導入される。その結果、1995年までの開発量は合計3,587MWで既設との合計は8,413MWとなり、水力33.7%、石油火力28.1%、石炭火力16.7%、地熱14.2%、原子力7.4%の内訳となる。

c. 電力系統

Luzon島は、南北に縦断する230kV幹線を中心に電力系統が構成され、主として北部に水力発電所、Manila周辺に、火力、地熱、揚水発電所があり、南にTiwi地熱発電所が分散している。負荷はManila周辺が大半を占め、地方の負荷は大部分が一般需要である。

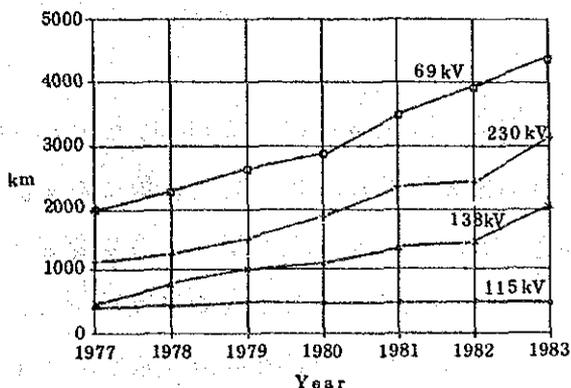
Visayas地区は、Leyte、Samar島系、Bohol、Sebu、Negros、Panayの各島の系統に分かれ、138kV送電線を幹線として各々独立して運転している。

1988年にNegros、Panay島のケーブル連系工事が完成する予定である。

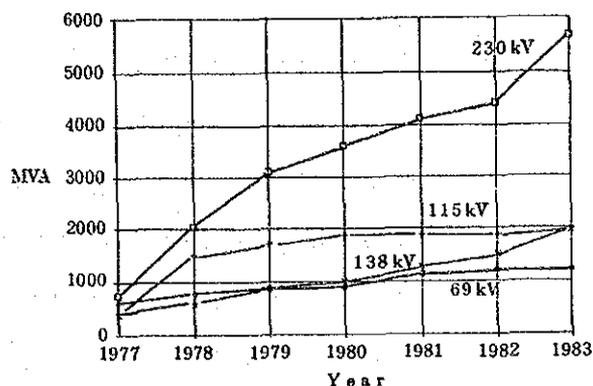
Mindanao島も138kV送電線を幹線として、Agus水系の発電所群を主体とした水力系の系統であるが、需要増大に伴ない、石炭火力電源の新設を計画している。

送電線および変電所設備の推移を第2-5図に示す。

第 2-5 图 Length of Transmission line



Substation capacity



第 2-6 表 Power Expansion Program (1)

Unit : MW

Grid	Type	Plant	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Luzon	Hydro	Magat 4	90											
		Pantay							23					
		San Roque										390		
	Coalthermal	Calaca I		300										
		Isabela 1,2								200				
		Isabela 3									100			
	Geothermal	Calaca II												300
		Mak-Ban 5,6	110											
	Nuclear	Manito 1,2					110							
		PNPP		620										
Oilthermal	Rockwell	△305												
	Additional	△105	920			110		23	200	100	390	300		
	Existing	3906												
	Total	3801	4721	4721	4721	4831	4831	4854	5054	5154	5544	5844	5844	
Visayas	Diesel	Diesel	73	68		57	△ 60							
		Barge		64.0	32.0		△320	320			△320			
	Coalthermal	Naga II			55.0									
		Tongonan II							37.5					37.5
	Geothermal	Palinpinon II								37.5	37.5	37.5		
		Additional	73	70.8	87.0	57	△380	695		37.5	55	37.5	37.5	
		Existing	4782											
Total	4855	5563	6433	6490	6110	6805	6805	7180	7235	7610	7985	7985		
Mindanao	Hydro	Agus V	55											
		Agus IV		150										
		Pulangi IV		255										
		Agus I			80									
		Agus II									225			
	Diesel	Diesel	219			360			△36.9					
		Barge		△320				320	△320					
	Coalthermal	Bislig 1,2							100	100				
		Sur 1,2										100	100	
		Additional	769	373	80	36	32	31.1	100	225		100	100	
	Existing	6166												
Total	6935	10665	11465	11825	12145	12456	13456	15706	15706	16706	17706	17706		

第3章 ルソン島送電網の設備概要

3-1 送電設備の概要(第3-1図)

当初建設された230 kV系統のAmbukulao-Mexico線は、795 MCM(約400 mm²)の鋼芯アルミより線(ACSR)単導体を使用した2回線送電線である。しかしSan Manuel-Mexico間の送電線はConcepcion変電所を経由する送電線と、Cabanatuan変電所を経由する送電線に分かれ、それぞれ1回線ずつの異ったルートを形成している。その後建設された230 kV送電線は2回線鉄塔設計のものであるが、電線は同一サイズの単導体が採用されている。然し、1982年に建設された230 kV San Jose-Malaya線は、将来の電源開発計画により大きな負荷電流が流れることが予想されたので、795 MCM、ACSR 4導体の設計を採用した。また同じ4導体送電線をMalaya-Kalayaan間に建設中でありほぼ完成している。そのほか、Calaca石炭火力発電所に対する送電線、PNPP原子力発電所に対する送電線、およびBinan-Sucut間の230 kV送電線には、795 MCM、ACSR複導体の2回線鉄塔を採用している。特にPNPP原子力発電所に対しては、2回線2ルート計4回線と、既設のBataan-Hemosal線を利用するなど、合計4ルート6回線を設置している。

3-2 変電設備の概要

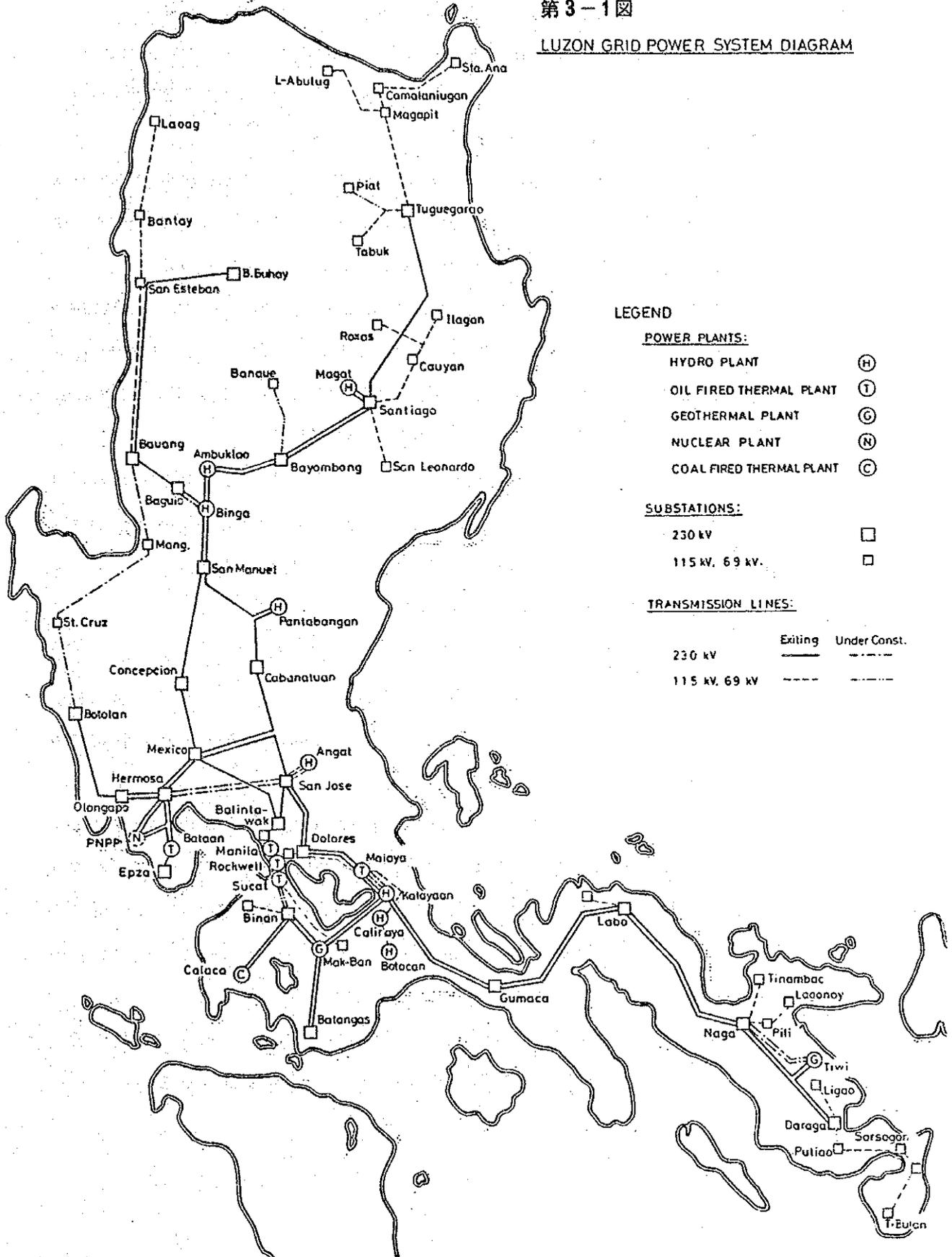
変電所の母線設計は原則として $1\frac{1}{2}$ CB方式を採用している。現在の所、230 kV変電所は有人で、主として1直2名の5交替制をとっている。NAPOCORの69 kV変電所は原則として無人変電所である。

またMERALCOの変電所は、Balintawak変電所のみ有人であるが、その他は無人で、中央給電所より遠方操作・監視を行っている。

メトロマニラに供給するDolores, Binan, San Jose, (Balintawak)変電所などは300 MW~900 MWの大容量変電所であるが、その他の変電所は50 MW~100 MWと小容量の変電所である。

第 3-1 图

LUZON GRID POWER SYSTEM DIAGRAM



LEGEND

POWER PLANTS:

- HYDRO PLANT (H)
- OIL FIRED THERMAL PLANT (T)
- GEOTHERMAL PLANT (G)
- NUCLEAR PLANT (N)
- COAL FIRED THERMAL PLANT (C)

SUBSTATIONS:

- 230 kV (square symbol)
- 115 kV, 69 kV (square symbol)

TRANSMISSION LINES:

- | | | |
|---------------|----------|--------------|
| 230 kV | Existing | Under Const. |
| 115 kV, 69 kV | Existing | Under Const. |

3-3 電力系統の構成

a. 1984年のLuzon島の電力系統(単線図)を第3-2図に示す。

ルソン島北部には、Magat (360 MW)、Ambukulao (75 MW)、Binga (100 MW)、Pantabangan (100 MW)などの貯水池式水力発電所があり、その合計出力は635 MWである。

ルソン島北部地区の現在の負荷は初夜ピークでも150 MW以下であるため、これらの水力発電所の発生電力の大部分はメトロマニラまで送電される。この送電線は230 kV 2回線で、送電距離は300 km以上に達している。

また、Bataan火力発電所の発生電力はMexico変電所まで230 kV送電線2回線で送電されている。このように、ルソン島北部、中部の発生電力がMexico変電所を経て、メトロマニラの供給拠点であるSan Jose変電所およびBalintawak変電所までの送電は230 kV送電線は2回線だけである。

San Jose - Malaya間の送電線は前記のように230 kV 4導体で送電容量は1回線当たり1,200 MW以上の電流容量がある。Dolores変電所はこの送電線から2回線Pi分岐の工事が進められており、1985年3月末には完成の予定であるが、これが運転に入れば信頼度は著しく向上する。

またMalaya - Kalayaan間には、現在230 kV単導体の送電線、2回線があるが別途に230 kV 4導体の送電線2回線が建設中で、1984年末には運転に入る予定であり、これが完成すれば既設と合せて4回線となるため非常に強化される。

メトロマニラ西南部にはKalayaan発電所からMak-Ban発電所を経てメトロマニラ南部のBinan変電所に至る230 kV送電線2回線がある。Calaca石炭火力発電所はBinan変電所に連系されている。Binan変電所からSucat発電所までは複導体の230 kV設計の送電線2回線が、1984年末完成目途で建設されているが、当初は115 kVで運転を行う予定である。

Kalayaan発電所より南部の送電線は、Gumaca, Labo, Naga変電所を経てTiwi発電所、Daraga変電所に至る約360 kmの230 kV 2回線がある。

b. 1987年までの系統

Hermosa - San Jose 間に建設されている複導体2回線の230 kV送電線と、Tiwi - Naga間に建設されている複導体2回線の230 kV送電線は1985年に運転に入る。又、1987年には、Kalayaan - Naga間(270 km)およびSan Jose - Kalayaan間(70 km)に建設されている4導体500 kV設計の送電線が完成する予定である。

c. 将来の系統構成

1990年以降の北部地区に建設が予定されている石炭火力、水力発電所に対する対策として、500 kV設計の送電線をSan Jose - Santiago間に建設する計画である。またレイテ島の地熱発電所の開発状況により、Luzon GridとLeyte Gridとの直流連系も計画されている。

3-4 通信系統

a. NAPOCORの通信系統(第3-3図)

(1) 電力線搬送通信(PLC)

230 kV送電線の各区间毎にPLCが1 Channelから4 Channel設置されている。

(2) マイクロ波通信

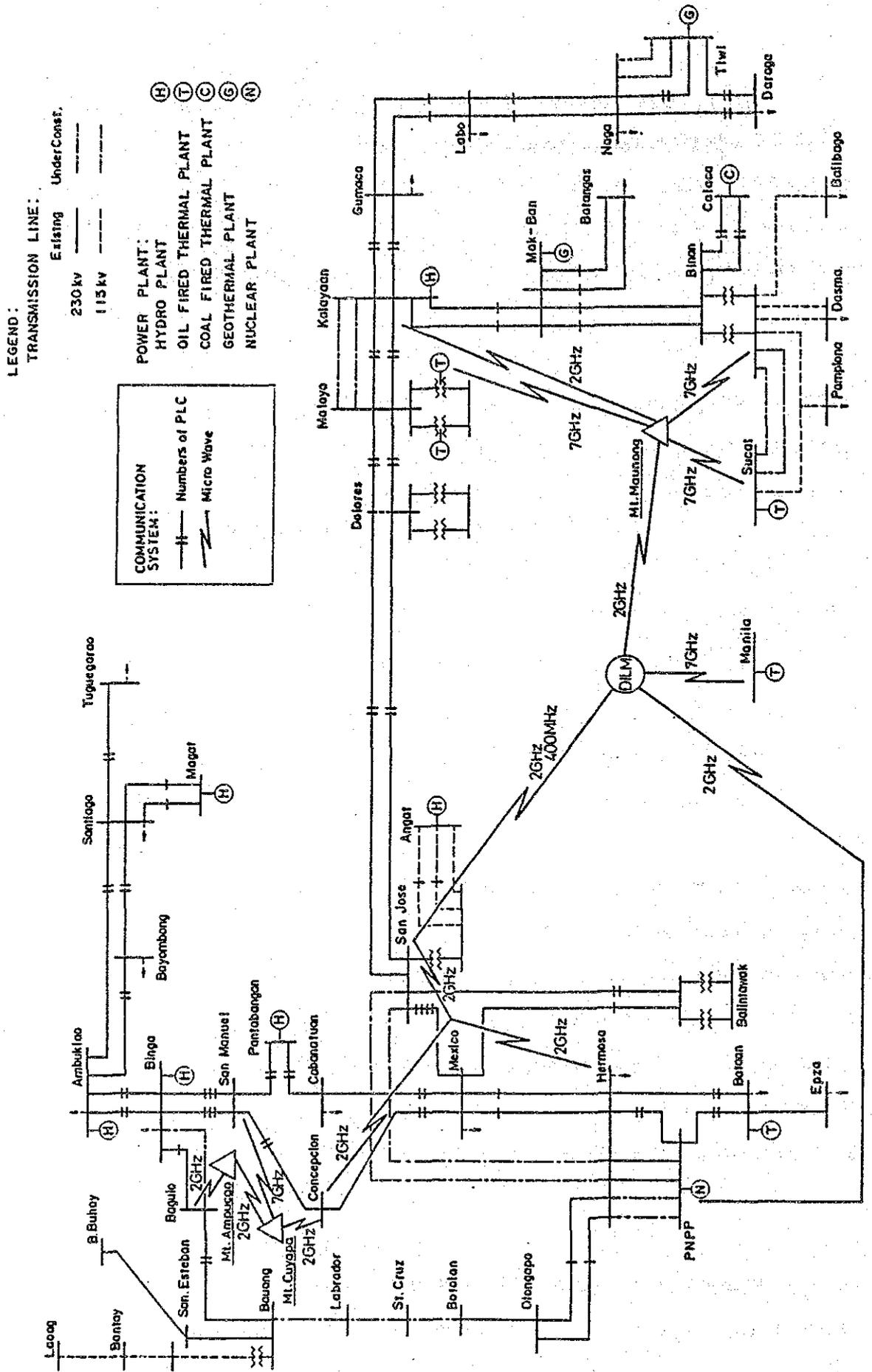
マイクロ回線の幹線は2 GHz、支線は7 GHzを使用している。幹線は本店所在地(Dilman以下DILMと略す)より、南にMt. Maunong中継所を経てKalayaan発電所へ、北はSan Jose、Mexico、Conception、変電所およびMt. Ampucao中継所を経て、Baguio変電所まで伸びている。7 GHzの支線はDILMからManila発電所へ、Mt. Maunong中継所からSucat、Malaya発電所およびBinan変電所に、Mt. Cuyapo中継所からSan Manuel発電所にそれぞれ伸びている。将来計画では北部はMagat発電所まで、南部はNaga変電所までの延長が考えられている。

b. MERALCOの通信系統(第3-4図)

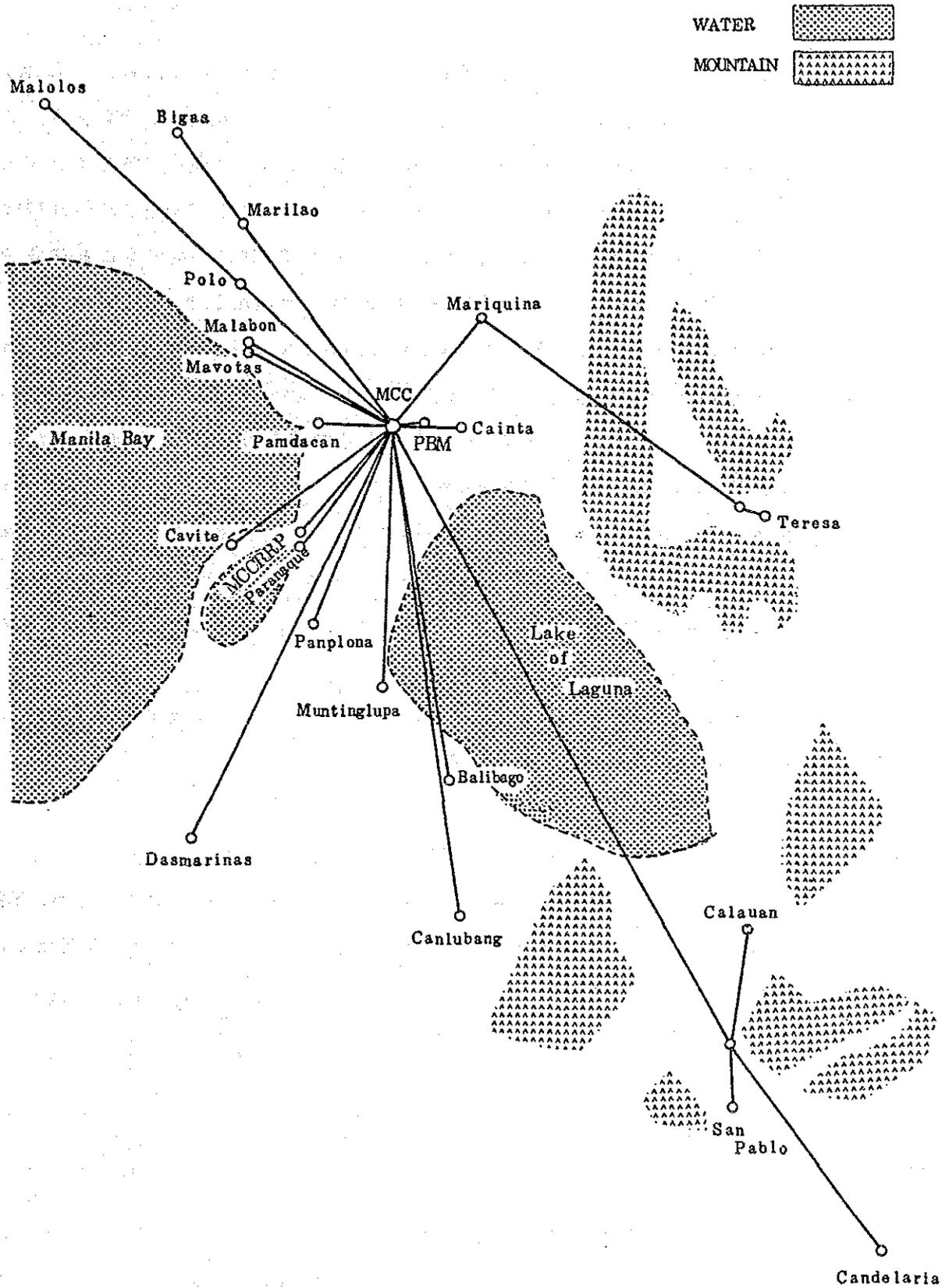
MERALCOの通信系統は、主要変電所間を結ぶ、UHF多重無線、(900 ~ 950 MHz)本店と主要事業所を結ぶ多重マイクロシステム、(1.4 ~ 1.5

GHz.)、車輛搭載のVHF系統ならびに、UHF回線のBackupとしてのケーブル通信回線から構成されている。

第 3 - 3 图 COMMUNICATION SYSTEM DIAGRAM



第3-4图 MERALCO'S Micro System



第4章 大停電事故の概要

4-1 概 説

フィリピンは1982年、1983年に異常渇水にみまわれたため、一般水力発電所の出力減少とともに、新設のKalayaan揚水発電所の高稼動を伴った。また、Malaya, Sucatの火力発電所は可能出力一杯の運転をつづける電源状況であった。その為、Tiwi (330MW)、Mak-Ban (220MW)、Kalayaan (300MW)、Malaya (650MW)の発電所群の出力は合計1230MWに達することが多かった。他方Binan~Sucat線の線路容量(170MW)が隘路となって、Mak Ban - Kalayaan間の230kV送電線は開放されて運転することが多く、そのためKalayaan-Malaya間の送電線にTiwi発電所とKalayaan発電所の出力の大部分(500MW以上)が流れ、同区間の送電容量限界で運転する状態が多かった。また、Malaya-Dolores間も、Dolores変電所がメトロマニラの大部分の負荷を受持っているため、600MW前後の潮流が流れるケースが多い状況であった。

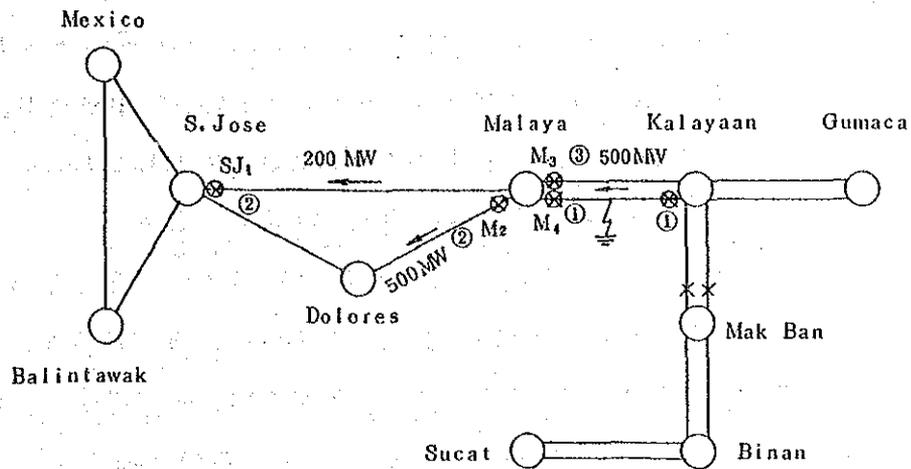
かかる運転条件の最中に、メトロマニラ外輪の230kV線路に事故が発生した場合は、系統は脱調、その他大きな擾乱が発生し、全系統の停電事故を来すことが多い。

そのため、1983年に3回、1984年に2回の大停電事故が発生した。これらの事故の概要を以下に説明する。

4-2 1983年8月22日の全停電事故

事故は第4-1図に示すように、Malaya-Kalayaan間に発生したが、事故除去後系統に脱調現象が生じ、San Jose変電所、Malaya発電所の保護装置が健全線路をしゃ断したため、約1,000MW(45%)の電源がたたれ全停電事故となった。

第4-1図 1983年8月22日事故状況



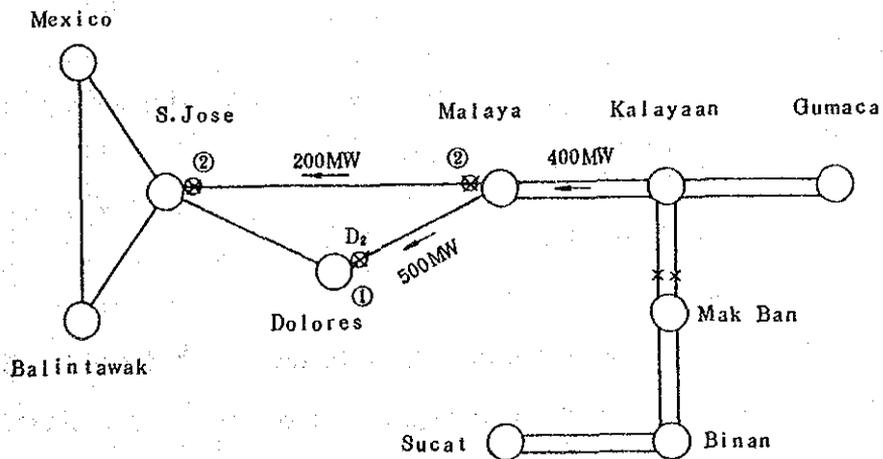
注： 1. ○内数字は動作順位を示す。
2. 線路のMWは推定

4-3 1983年8月24日の全停電事故

事故時の系統状況を第4-2図に示す。

事故は13時45分、Malaya-Dolores 230 kV送電線の作業停電のため、Dolores変電所で、図中D₂と記されたしゃ断器を開いた所、Malaya-San Jose線の両変電所の保護装置が動作し、同線路がしゃ断された。そのため、Tiwi、Kalayaan、Malayaなどの発生電力750 MWがマニラの負荷側に供給されなくなり、全停電となった。

第4-2図 1983年8月24日事故状況



注： 1. ①は作業の為手断 ②はリレーによるしゃ断
2. 線路のMWは推定

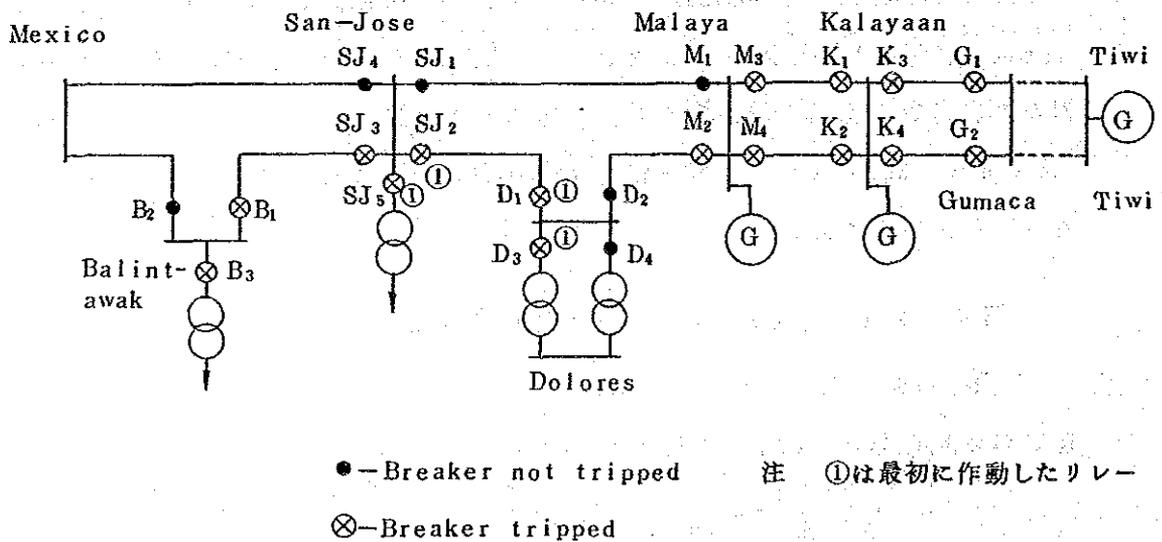
4-4 1983年9月15日の全停電事故

事故時の系統状況を第4-3図に示す。天候は雷雨で、かつ、Tiwi、KalayaanならびにMalaya発電所の発生電力合計950MWがDolores変電所などを通じて、メトロマニラの負荷に送電されていた。この時、雷撃事故が、San Jose-Dolores間で発生し、同送電区間がしゃ断されると共にDolores変電所の変圧器1バンクと、San Jose変電所の変圧器がしゃ断された。

また、同時刻にMalaya発電所のDolores線の保護装置が、搬送信号の指令によりしゃ断した。このため、マニラの負荷はBalintawak変電所の変圧器を通して供給されることとなり電圧降下と共に、系統が脱調状態となって、BalintawakのB₁しゃ断器がしゃ断すると共にSan Jose変電所のSJ₃しゃ断器を搬送信号でしゃ断させた。

又、Balintawak変電所の変圧器は過負荷のため、保護装置が動作してしゃ断された。そのため負荷の大半が停電し230kVの系統は壊滅した。

第4-3図 1983年9月15日事故状況



4-5 1984年3月13日の全停電事故

事故時の系統状況を第4-4図に示す。

事故は第1に、Mexico-Balintawak線がBalintawak変電所でしゃ断された後、San Jose変電所で230kV Balintawak線がしゃ断され、ひきつづいて115kV San Jose-Balintawak線が2回線共過負荷でしゃ断された。その復旧操作が円滑

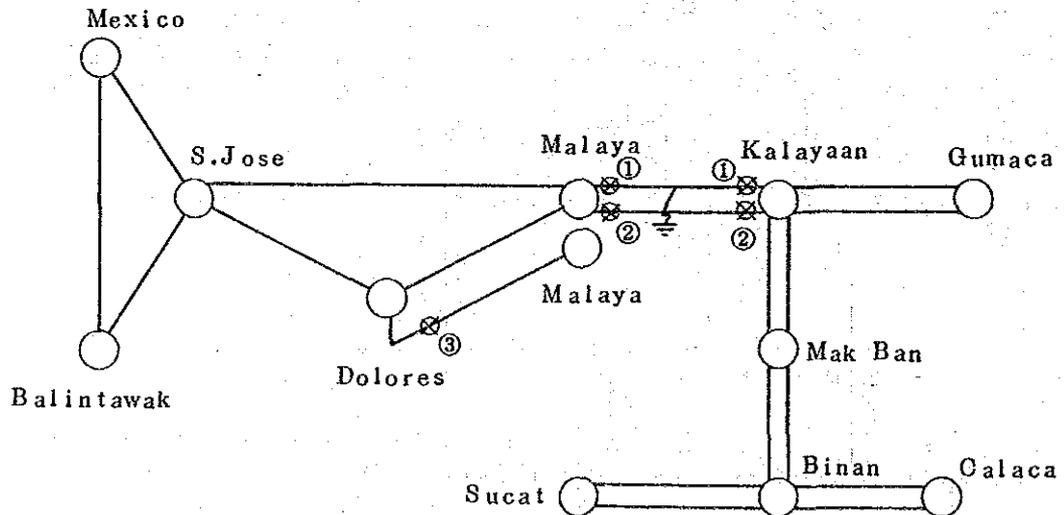
に行なはれず、そのうちに Dolores 変電所の変圧器が過負荷となり2台とも相次いで、しゃ断され、メトロマニラ全系統の停電事故へと発展した。その後系統復旧時に、負荷と発電の不均衡から、何回か全停電をくりかえし、最終的に系統のたて直しは翌3月14日の夕刻となった。

4-6 1984年9月24日の全停電事故

事故時の系統状況を第4-5図に示す。Calaca 石炭火力発電所の試運転のため、230 kV 系統および発電所は下記のような特殊系統で運転されていた。

- a. Malaya 発電所は、230 kV から切り離し、115 kV にて Dolores 変電所に送電していた。
- b. Kalayaan, Mak-Ban, Calaca 発電所の 230 kV 系統は連系しており、Mak-Ban, Calaca, Tiwi, Kalayaan 発電所の合計出力は 400 MW 以上で、Malaya-Kalayaan 線に流れていた。

第4-5図 1984年9月24日事故状況



注 ○内数字は動作順位を示す。

事故は、Malaya-Kalayaan 2号線に発生し、Malaya および Kalayaan で夫々2号線をしゃ断したが、ひきつづき1号線にも事故が発生し、同線もしゃ断された。このため、系統に脱調現象を生じ、一応数秒後に安定化した。過負荷によって、Dolores Malaya 115 kV 線路がしゃ断されたため、Malaya 発電所が系統から脱落し、全系統停電へと発展した。

4-7 各事故の検討に基づく対策案の実施状況

各事故に対し NAPOCOR の検討委員会より対策案がそれぞれ提案されている。これらの提案に対する 1984 年 10 月現在における主な実施状況は次のとおりである。

a. 230 kV 送電線用保護リレーの脱調ロックリレーの取り付け

本件については、手持ち機材で San Jose 以南の送電系統の発電所に 1983 年 9 月以降に取り付けられ、完了している。San Jose より北の系統の発電所に対しては機材の入荷待ちの状態である。

1983 年 9 月以降の事故では、脱調時のリレーの誤動作による事故拡大の事例は見られない。

b. 送電線保護リレーの改善

送電線保護リレーの改善については、既設のスイッチ切替式メカニカルリレーから、静止形距離継電器への取り替えが事故前より計画され、一部のリレーは入荷済みである。然し、事故経験により、距離継電器特性は円型特性より短形式特性のものえの変更が提案され、その輸入を申請中である。

現在の送電線の接地リレーと変圧器保護用接地リレーの協調についても、事故後検討がすすめられた。その結果、タイマーを変圧器側に設置する対策がとられている。

1983 年 9 月の事故時、Malaya 発電所の保護装置の搬送信号誤動作については、直ちに原因究明が行われ、対策が実施された。

c. NAPOCOR と MERALCO の保護装置関連の連絡調整について

1983 年 8 月の事故以来、両者の調整会議が持たれ、協調を計っている。

現在は、その後提案された事故時の火力単独系運転 (Island system) について、両者間で対策が検討されている。

d. Dolores 変電所の 2 回線 Pi 受電化ならびに変圧器増設について

現在 2 回線 Pi 受電化および変圧器 1 バンク (300 MW) 増設のため、隣接の敷地に工事がすすめられており、1985 年 3 月には完成の予定である。

e. Balintawak 変電所 230 kV 設備の改造工事について

Balintawak 変電所の、隣接敷地に新しく 230 kV ヤードの改造工事が、

MERALCOにてすすめられており、1984年12月には完成の予定である。この工事について、一部しゃ断器の入荷がおくれているため、NAPOCORの予備しゃ断器を暫定的に借りて工事が行われている。

f. 事故記録計の整備について

現在、事故記録計が、Delores、Malaya、San Joseの3変電所に取りつけられ、230kVの保護装置、しゃ断器の動作を記録している。さらに自動オシロ事故記録計の導入の検討を終り、4台が輸入の申請中である。

g. NAPOCORとMERALCOの中央給電所間の連絡

1984年10月現在、専用電話3回線およびVHF1回線を設置している。又、大事故時には、MERALCOの中央給電所より、NAPOCORに連絡員を派遣して、復旧操作の連絡を密にしている。

h. NAPOCORのSCADAシステムについて

1984年10月現在、コンピューターを使用した系統監視制御装置(SCADAシステム)が稼動に入り、調整中である。これにより、NAPOCORの中央給電所は、管内主要発電所のしゃ断器、電圧状況の監視、発電・負荷状況の把握が容易となる。

第 5 章 Luzon Grid の問題点の検討およびその対策と進め方

前述の各事故後、NAPOCOR の事故検討委員会、特に 1984 年 3 月の事故に対しては、大統領名により特別調査委員が設けられ、各調査委員会から、緊急対策、保護装置対策などの提案が行われたことは第 4 章で述べたとおりである。

また当時 NAPOCOR に JICA より派遣されていた専門家も、事故の対策、特に長期的視点にたった技術指導の重要性を訴えた報告書を 3 回にわたって提出した。

各調査委員会、JICA 専門委員報告書で指摘された事項は、フィリピンの経済情勢の中で手持資機材を活用して実施出来るものは実施に移されている。

当調査団はこれ等の報告書に基づき調査を行い、対策の検討をすすめた。

その結果、Luzon Grid の問題点として次に掲げる諸事項があり、それぞれの対策を早急に実施する必要があると考える。

5 - 1 問題点と対策

a. 用地取得の強化

Calaca 石炭火力発電所の開発およびメトロマニラ供給系統強化のため、Malaya - Kalayaan 間の 4 導体 230 kV 送電線 2 回線の建設が殆んど完成している。信頼度向上のため、既設線路も残すことになっているが、新・旧線の交叉個所の手直し作業が残っていてまだ運転には至っていない。

また Binan - Sucat 間にも複導体 230 kV 送電線 2 回線が建設されている。然し線路中央付近で、鉄塔一基分の用地交渉が難行し、運転できない状態である。

他方 Calaca 石炭火力発電所は 1984 年 9 月より試運転をくりかえしている。このため同発電所が相当の出力を発生する時には現在の系統では Binan - Sucat 間の既設 115 kV 線路が 795 MCM の ACSR (150 MW) 1 回線であるため、特殊な系統を構成して運転しなければならない状態である。1984 年 9 月以来、試運転中に数回の事故が発生したが、局部停電で対処し得た。然し 9 月 24 日の大停電事故は、その上、malaya 発電所が脱落したために全停電に至った

ものである。

事故が多発している時は、迅速に事故原因を除去して繰返えし事故を発生せしめないことが保守部門の任務であるがそれに対応することが出来なくて、事故を繰返していることが第一の問題点と思われる。

然し、電源開発工事と送変電設備工事との完成工期のずれのため、特殊な送電系統を構成して、危険を覚悟で運転しなければならなかったことにも問題がある。

用地問題はいずれの国においても、非常に手間のかかる複雑な要素をもっており、解決に時間を要する問題である。今後の送変電新設工事にあたって、用地問題の早期解決をはかる体制を確立すべきである。

b. 技術教育・訓練の充実

以下に述べる諸問題について、今回調査に当たった系統運用部門での討議において、担当技術者の電力系統技術、保護装置技術などの教育訓練の必要性を痛感した。

c. 保守業務の改善

送電線保線部門の機動化が非常に遅れている為、事故点の調査に支障を来している。変電所の計器、しゃ断器などの保守不良面も見受けられる。人員の技術訓練と共に機材の整備を計らねばならない。

又資材の保管面で改善すべき点がある。特に予備品の屋外保管は早急に屋内保管に変更すべきであろう。

d. 系統計画上の問題点

San Jose 変電所以南の系統強化に対しては 1987 年完成を目指して 500 kV 設計の 4 導体送電線 2 回線が完成する計画である。

然し、San Jose 変電所以北の系統強化は 1990 年以降の計画となっている。

しかし、Magat 発電所を始め水力発電所の南下潮流が大きいことを考えると、系統強化が行われるまでの、運用上の保護対策を検討せねばならない。

e. 系統運用上の問題点

(1) MERALCO 115 kVとNAPOCOR 230 kV系統運用上の協調

電力系統の運営は、信頼性のある電力を、需要家へ良質な電力、即ち周波数変動の少ないかつ適正な電圧で供給することにある。周波数に関しては変動負荷も少ないため、適正なマージンをもつ供給力を確保することで可能となる。然し電圧の改善については、230 kV系統の電圧、115 kV系統の送り出し電圧、配電線送り出し電圧など各段階でのピーク時、軽負荷時電圧を協調して調整し運用する必要がある。現在水力発電所を主として全運転しメトロマニラ地区のManila Sucat 火力発電所をあまり運転しない状態の時には、市内の系統電圧が低目に運転されている。然し記録計の不備のため充分の資料に基づいた検討を行うことができない。

(2) メトロマニラ 115 kV系統と外輸の 230 kV系統の運用は定常時、事故時共緊密な協調を保って、需要家へのサービスに努めなければならない。現在迄の所メトロマニラ 115 kV系統の all loop 運用が前提となって運転されている。このことは 230 kV系統につながれた系統電源の比重が大きくなり、かつ 230 kV系統の増強がおこなわれている状態では、115 kVの loop運用には問題がある。このことも過去の事故において、事故を拡大し、全停電に発展させた一因である。

(3) 事故処置については、Kalayaan 発電所運転について、全停時の処置法の改訂を行っている。然し、230 kV送電線の拡充、230 kV系統につながっている系統電源の増大という現実を重視したものではない。従来の処置法に Kalayaan 発電所の処置を加えたものである。

そのため 1984 年 9 月の事故時の処置を非常に繁雑にしていたと考えられる。

(4) 長距離送電線の単独運転時または試充電時の高電圧の問題

系統解列時 Gumaca 以南の南部系に高電圧が発生し、1984 年 9 月 25 日には、Gumaca, Naga, Daraga の 3 変電所で避雷器の破損事故が発生した。Naga 発電所での勤務員の言によれば、280kV以上300kV近くまで、230kV系統の電圧が上昇している。

また1984年9月24日の事故復旧操作時、Kalayaan発電所よりの試充電を受電したSanJoseおよびDolores変電所では当初244kVの電圧が、115kVの充電々流の影響を受け260kV、280kVと徐々に系統電圧が上昇した。その為、各所の負荷受電がおくれている。同様の現象はAngat発電所から、PNPP原子力発電所の所内電源を送る場合にも考えられるのでこれら、長距離送電線および負荷の充電々流による発電機の電圧上昇（発電機の自励現象）に対する対策を検討しなければならない。

f. 保護リレー上の問題点

近く設置される予定の静止形距離継電器は、距離継電器としてOver Reach誤動作の問題があるので、この対策を充分検討すべきである。また、リレー信号回路も重要な230kV幹線回路では二重化を計り、マイクロ回線と電搬回線とを併用すべきである。

事故時の健全回線の潮流がOvarする機会が多いMexico以北の系統に対してMagat発電所の出力制限を指令するTransfer Trip方式の採用を考えるべきである。また系統動揺時の系統分離方式についても検討すべきである。

g. 老朽機器の取り替え

北部系統で重要な位置を占めるMexico変電所のしゃ断器は、1960年以來の古いもので、1984年3月のBalintawak変電所のような事故拡大の原因となる可能性も考えられるので、これら機器の早期取り替えを検討すべきである。

h. 北部系統安全度増進対策

(1) 現在、ルソン島西部にBauang変電所より、Labrador-St. Cruz-Olongapo変電所に至る、230kV送電線1回線の建設が計画されているが、北部系統の安定増進対策として、この建設の早期実現を推進する必要がある。

(2) ルソン島北部系統のAmbukulo-Binga-Sanmanuel; Pantabangan-Mexicoなどの各区間において線路がしゃ断した時、Magat発電所の発生電力抑制して、健全回線の過負荷と抑制せねばならない。

そのため、転送しゃ断方式の採用をする必要がある。

(3) ルソン島北部系統の Santiago - Ambukulao 間は約 100 km あるので、Magat 発電所の安定運転のためにも、同線路の中間にある Bayombong 変電所は 2 回線とも π 分岐した方がよい。

i. 潮流過大区間の送電線の増強

San Jose - Balintawak 区間は PNPP 原子力発電所の運転開始などにより重負荷区間となる。同区間の故障時、再度 1984 年 3 月のような事故を起させない為にも、同区間に 230 kV 複導体 2 回線送電線路を新設すべきである。

j. マイクロ通信系統の拡大

北部マイクロ通信系統は現在、La Trinidad (Baguio) 変電所までであるが、電力系統の周波数調整など、系統運用上重要な位置にある Magat 発電所 (360 MW) まで延長し、制御回線の強化を行うべきである。

南部系のマイクロ通信系統は現在 Kalayaan 発電所までであるが、南部には Tiwi 地熱発電所 (330 MW) もあって系統上重要な位置を占めており、又、事故処置上の問題もあるので、Tiwi 発電所までの延長を行うべきである。

5 - 2 Renovation 対策の進め方

電力系統の計画運用は連続して総合的に立案され、実施されるものである。緊急対策の立案実施と共に中期・長期対策についての検討も並行して着手しなければならない。

各段階の対策は次の通りとする。

Phase 1 緊急対策 (1985~1987) および中長期対策の基礎的検討と立案

至近年の電力系統運用において、緊急に行なわなければならない対策として期間は 1985 年より 1987 年の間とする。また中長期改善対策の実施計画を立案する。

Phase 2 中期対策 (1988~1990) および長期対策の検討立案

中期的な展望にたった、1988 年より 1990 年の間の具体的施工計画を実施する。また長期改善対策の実施計画を立案する。

Phase 3 長期対策 (1990~2000)

長期的展望にたった、計画の具体的施工計画を検討し対策を実施する。

第6章 緊急に実施を要する対策 (Phase 1)

6-1 教育訓練

今後、行い必要があると思われる具体的教育内容は次の通りである。

- (1) 給電所、変電所操作員に対するシュミレータを使用した事故処置訓練
- (2) 保護装置保守に関する実務訓練、事故検討訓練

教育施設ならびに事故解析に必要な Fault Recorder, Sequence Recorder の整備

- (3) 保修保線作業における相互研修、安全パトロールなどによる技能研修
- (4) 制御回路技能研修訓練の充実
- (5) 中堅技能者の訓練

6-2 メンテナンス体制

メンテナンスの問題は、企業の機構全体に亘る問題であるので、

- (1) 効率的運用に関する機構の見直し
- (2) 保修基準、指針、などの整備
- (3) 仕様の統一、品質管理など資材調達の改善
- (4) 恒常的なメンテナンス資金の調達
- (5) 人材の養成
- (6) 協力会社の育成

など、組織的に取組み、常に改善を行うことが必要である。

今回のリノベーション工事実施によって、略、大停電事故はなくなるが、その後、長期に亘って、供給信頼度を維持し、また向上させることの成否は、これ等の改善努力如何によるところが大きいと思われる。

6-3 給電運用

中央給電所当直員に対しては、種々のケースに即応出来るようシュミュレーターを使用するなどの方法により、くり返し日常、訓練を実施する必要がある。

また P M C には既に自動給電装置として Supervisory Control And Data Acquisition (S C A D A) system が導入されているが、現在調整段階にあって、未だ充分機能していない。

P M C の当直要員は通常時 3 名であるが、 S C A D A system が機能していない状態で、需給調整、系統運用、記録収集、想定事故による復旧対策の予備的検討などを 3 名で行うことは極めて困難である。

そのためには、系統運用上の S o f t w a r e の改善、 Remote Terminal Unit (R T U) などの H a r d w a r e の追加などを要することも考えられるので、給電部門において組織的な検討が必要である。

また、系統運用上の問題として

転送しゃ断方式

高速度再閉路方式

系統分離方式

などの採用について、早急に検討する必要がある。

6-4 主要工事

- Bayombong 変電所 230 kV 2 回線 π 引込工事 (230 kV ガスしゃ断器 3 台ほか)
 - San Jose 変電所、230 kV、Balintawak 線 2 回線引出工事、並びに既設 230 kV 油入しゃ断器の取替え (230 kV ガスしゃ断器 7 台)
 - 230 kV San Jose - Balintawak 線新設
San Jose - Balintawak 送電線 795 MCM 複導体 2 回線を新設し、
San Jose - Balintawak 115 kV 2 回線を撤去する。
- | | |
|-----|---------------------------------|
| 区 間 | San Jose S/S - Balintawak S/S 間 |
| 電 圧 | 230 kV |
| 亘 長 | 23 km |
- Mexico 変電所 230 kV 老朽機器の設備更新 (230 kV ガスしゃ断器 12 台)
 - 調相設備新設工事

Static Condenser

NAPOCOR 230 kV 系 Hermosa 50 MVA

		San Jose	50 MVA
		Dolores	50 MVA
		Sucot	20 MVA
		計	170 MVA
MERALCO	115 kV 系		100 MVA
		合計	270 MVA
Shunt Reactor		Hermosa	50 MVA

• 系統保護装置

標本量位相比較方式の設置（二重化）

17 区間 34 端局

機械式距離継電器の静止型への取替

64 端局

記録計の整備

現象記録計 23 set

事故オッシュロ記録計 10 set

フォルトロケータの整備 12 set

微地事故対策 42 set

• 通信設備

給電運用マイクロ回線延長（Mt. Ampucac 中継所～Magat 発電所）

保護リレー信号伝送回線新設および端局増設

（Main office～Dolores, Balintawak S/S … 回線新設）
 （Mexico S/S 他2ヶ所 …………… 端局増設）

Naga～Kalayaan間保護装置強化用マイクロ回線新設

電力線搬送回線新設（電力系統強化関連）

（Bayombong, SanJose, Balintawak S/S）

• 保線所機動化対策

作業トラック 65

四輪駆動作業車 130

特殊車 30

計 225

- 教育訓練設備

 - 汽力発電所運転シミュレーター

 - 電力系統シミュレーター

- その他

 - 系統盤，給電指令卓整備 6ヶ所

第 7 章 施工計画および工事費

7-1 工事工程

Phase 1 に関する工事工程は第 7-1 および 7-2 表に示す。すなわち下記のように契約後 26 ヶ月で緊急対策工事を実施する。

ローン契約	第 0 月
コンサルタント契約	第 2 月
Bid 広 告	第 4 月
Bid Close	第 6 月
Evaluation	第 8 月
契 約	第 9 月
工 事 着 工	第 11 月
機 器 入 荷 完 了	第 17 月
工 事 完 了	第 26 月

リノベーションに関する長期、中期対策の検討のコンサルティングは、コンサルタント契約後直ちに 2 年間行う。その後の延長については実績を見た上で対処する。

Phase 2、3 に関する概略の工事工程を第 7-2 表に示すが、Phase 1 の工期の中で具体的に検討立案するものとする。

7-2 工事実施組織

工事に当っての組織は第 7-1 図に示す。

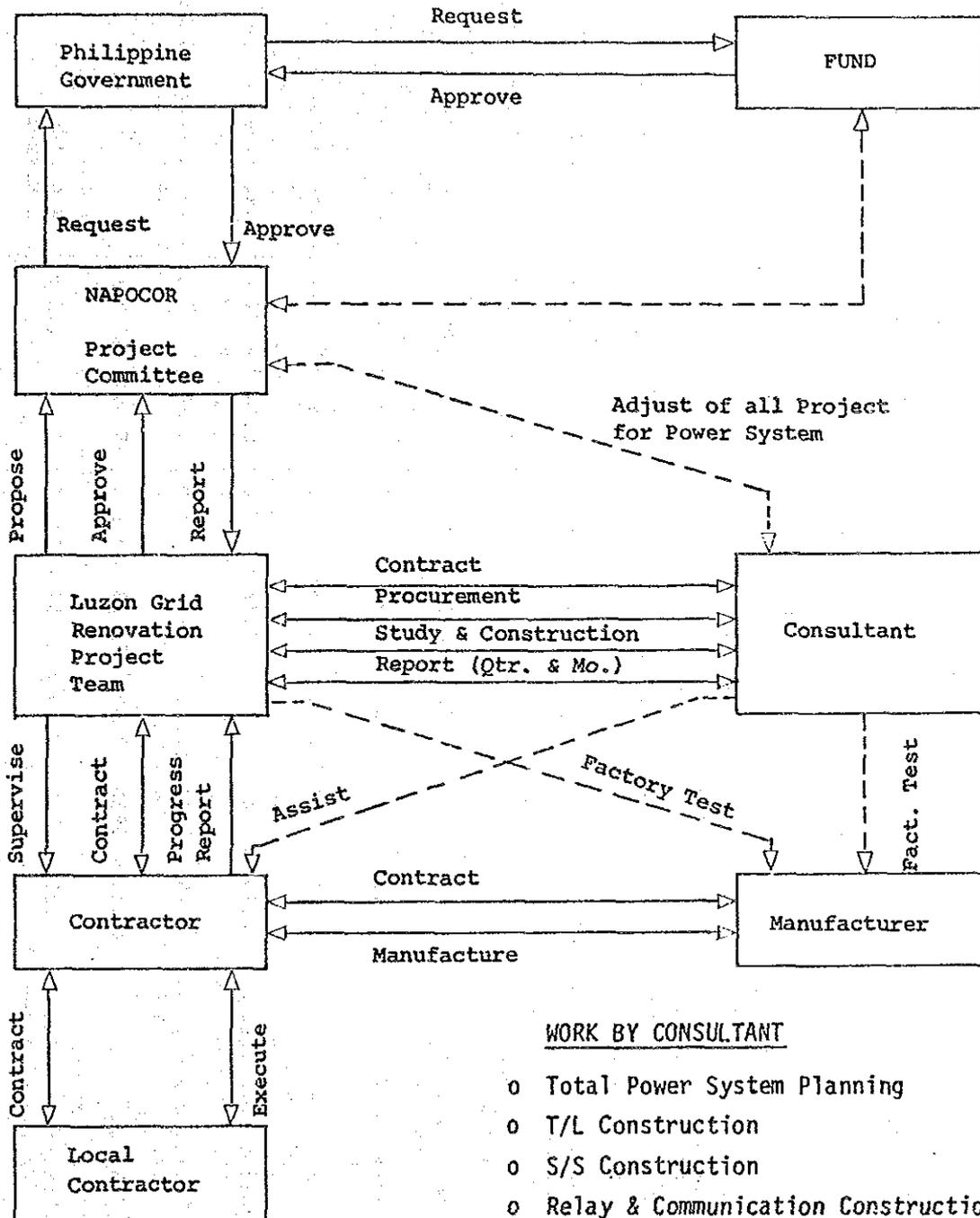
7-3 工事費

Phase 1 「緊急に実施を要する対策」の工事費を第 7-3 表に示す。

第 7 - 2 表 SCHEDULE OF RENOVATION PLAN

	Phase-1		Phase-2			Phase-3			Remark
	1	2	3	4	5	6	7	8	
8. Reinforcement of Training facilities									
9. Study of Medium Range Plan									
1. Loan Application									
2. Engineering Services & Supervision									
3. Procedure for Bid									
4. Construction works									
1. Reinforcement of Power System									
Stability									
2. Enforcement of Countermeasure for Voltage regulation									
3. Study & Decide of reasonable Spinning Reserve									
4. Confirmation of Organization for Maintenance system									
5. Reinforcement of Existing main Power system									
6. Expansion of Micro-wave Communication system for loop operation (duplicated system)									
7. Study of Long Range Plan									
Overall Schedule									
Study and Construction works									
Renovation Plan of Phase-3 should be studied and decided during Phase-2									

第7-1图 ORGANIZATION FOR THE EXECUTION OF LUZON GRID RENOVATION PROJECT



WORK BY CONSULTANT

- o Total Power System Planning
- o T/L Construction
- o S/S Construction
- o Relay & Communication Construction
- o Study & Assist of Training
- o Study of System Operation & Maintenance Organization

第7-3表 Construction Cost of Phase 1

No.	Item	F. C.		L. C.		Total		Remarks
		U.S.	M.Y.	U.S.	M.P.	U.S.	M.Y.	
1	Baybongs S/S 2cct Pi connection	0.86	212	0.30	5.40	1.16	286.0	Stability for Magat P/S
2	San Jose-Balintavak 230kv T/L	4.50	1112	4.44	80.00	8.94	2209.0	Load increase in Manila
3	Obsolete C.B Replacement	3.73	921	1.00	18.00	4.73	1168.0	Mexico & San Jose S/S
4	Phase Comparison Relay	1.82	450	0.06	1.08	1.88	464.0	Renovation of Relay System
5	Static Z Ry. for Replacement	1.74	430	0.08	1.08	1.80	444.0	-Ditto-
6	Sequence & Fault Recorder	1.01	250	0.04	0.72	1.05	261.2	Analysis of Relay Operation
7	S.C.(170MVar) & Sh.R.(50MVar)	3.24	800	0.56	10.08	3.80	940.0	Voltage Improvement
8	Extension of Micro Communication	3.60	890	0.70	12.60	4.30	1063.0	For Magat, Naga, Calaca & Mak-Ban
9	Vehicles for Line Gang	2.43	600	0.00	0.00	2.43	600.0	Mobilization of Line Gang
10	Instrument for Maintenance	0.61	150	0.00	0.00	0.61	150.0	Renovation for Maintenance
11	Dispatching Desk for 6 S/S	0.16	40	0.01	0.18	0.17	42.8	Improvement Operation
12	Training Simulator for P/S & S/S	4.45	1100	0.33	5.94	4.79	1184.0	Improvement of System Operation
	Subtotal	28.15	6955	7.50	135.08	35.60	8812.0	
	Contingency (incl. Engineering Fee)	4.22	1043	1.50	27.02	5.72	1413.0	F.C.=15% L.C.=20%
	Grand Total	32.37	7998	9.00	162.10	41.38	10225.0	

第 8 章 財務および経済評価

8-1 財務評価

NAPOCOR 燃料費長期想定では 1985 年 29\$/バレルの価額が 1991 年に 31.9\$/バレル、2001 年に 35.09\$/バレルと段階的に上昇するとしている。これを均等に毎年上昇するものとする、1.1%/年の伸びになる。

一般に 2,000 年の石油価額は 40\$~50\$/バレルの値で想定しているものが多い。そこで、燃料費単価が NAPOCOR 案で均等に毎年 1.1% 上昇する案 (Case 1)、年率 2% の場合 (Case 2)、年率 3% の場合 (Case 3) の 3 ケースについて財務評価を行った。

経費および利益を集約したものを第 8-1 図に示す。同図に示す通り本プロジェクトの内部収益率を算出した結果は次の通りである。

Case	石油 エスカレーション率	内部収益率	備考
Case 1	1.1 %	7.6 %	NAPOCOR 燃料費想定
Case 2	2.0 %	12.0 %	—
Case 3	3.0 %	14.4 %	—

となり、石油の価格上昇率の最も低い場合でも内部収益率が 7.6% となる。

従って、本プロジェクトは充分収益性の高いものといえる。

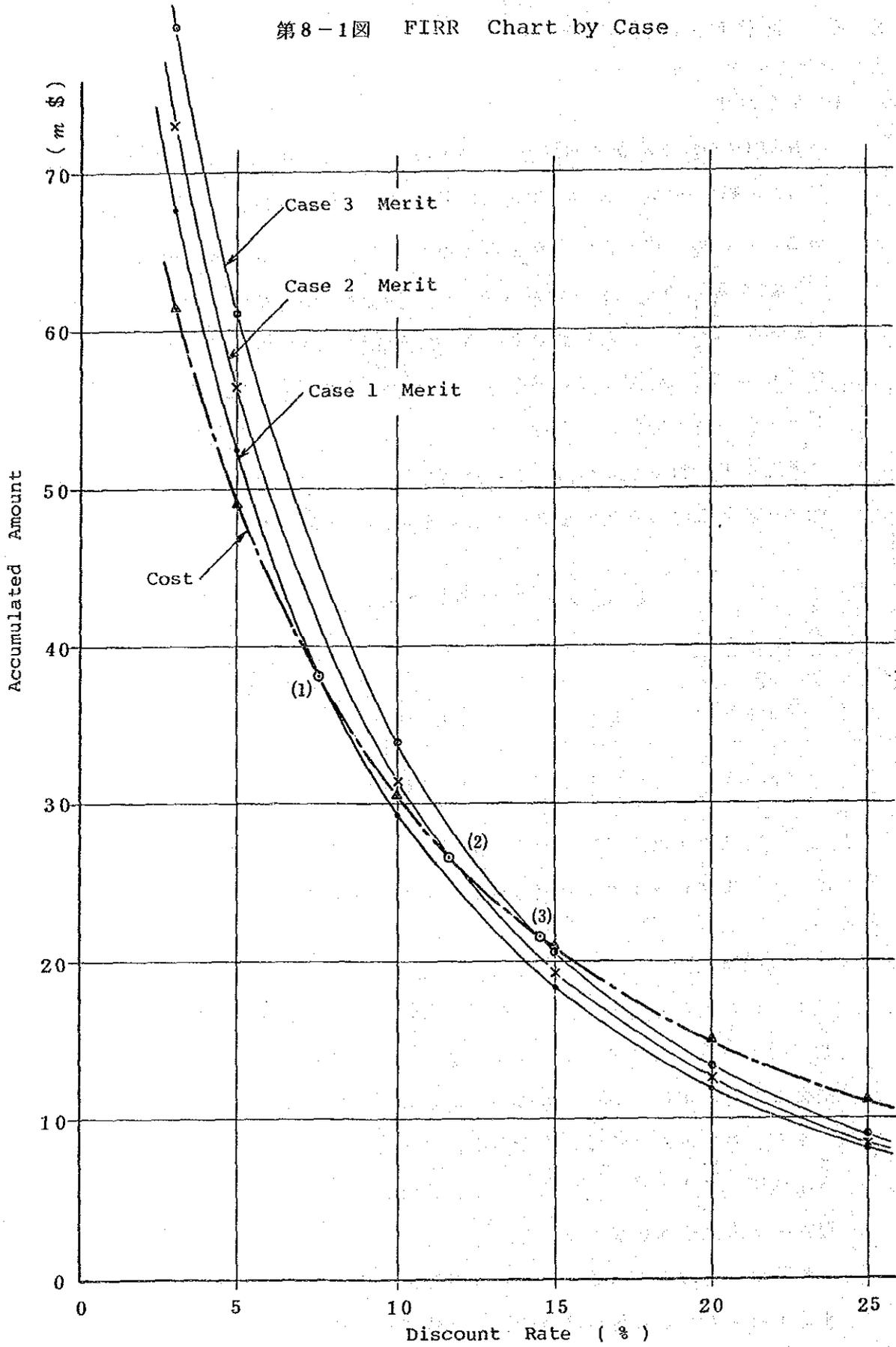
8-2 経済評価

本プロジェクトにより、ルソン島送電網の供給信頼度は著しく向上し、工業部門、商業部門の全停電による仕掛品の損失停電期間中の生産損失、販売損失などの解消による、経済的利得は極めて大である。

また、このほか全停電に伴う工場、ビル、ホテル、公共設備などの混乱、電圧低下によるモーターの能率低下、照明、テレビなどの不快感など社会的悪影響も大きく改善される。

現状ではこれらの収益の定量化は困難であるが、上記の財務的評価を補完するものとしてこれ等の経済的、社会的便益は測り知れぬものがあると言いうことが出来る。

第8-1図 FIRR Chart by Case



JICA

LIB