

フィリピン共和国

カラカ石炭火力発電所1号機改善計画調査

最終報告書

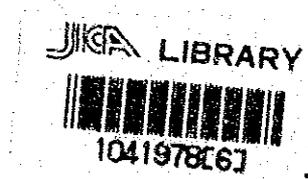
1988年1月

国際協力事業団

フィリピン共和国

カラカ石炭火力発電所1号機改善計画調査

最終報告書



17427

1988年1月

国際協力事業団

国際協力事業団	
受入 月日 '88. 4. 6	118
	643
登録No. 17427	MPN

序 文

日本国政府は、フィリピン共和国政府の要請に基づき同国バタンガス州に位置するカラカ石炭火力発電所1号機の設備改善並びに同発電所への燃料供給源であるセミララ島ウノン炭鉱の石炭炭質改善、及び増産計画立案に関する調査を行うこととし、その実施を国際協力事業団に委託した。

当事業団は、西日本技術開発株式会社大賀利雄氏を団長とする調査団を1987年2月より1987年8月までの間、2次にわたり現地に派遣し、フィリピン共和国政府をはじめとする関係機関の協力を得て、カラカ発電所及びウノン炭鉱の現地調査を実施した。

調査団は帰国後、これら現地調査で得られた結果に基づいてカラカ発電所改善計画にかかる国内解析を実施した。本報告書はこれらの結果をとりまとめたものである。

本報告書がフィリピン共和国の電力安定に寄与すると共に、日本・フィリピン両国間の友好親善の一助となれば幸いである。

終りに本件調査に際し多大の御協力を頂いたフィリピン共和国政府関係機関、在フィリピン日本国大使館、外務省並びに通商産業省の関係各位に対し、深く感謝の意を表すものである。

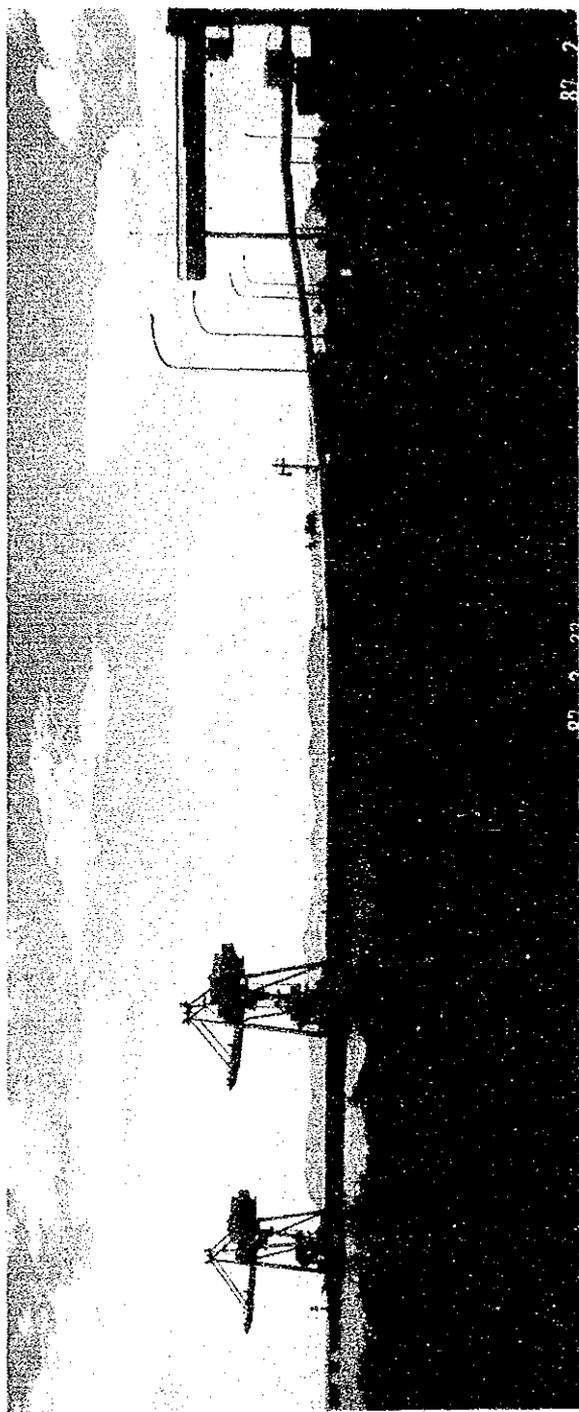
1988年1月

国際協力事業団

総裁 柳谷謙介



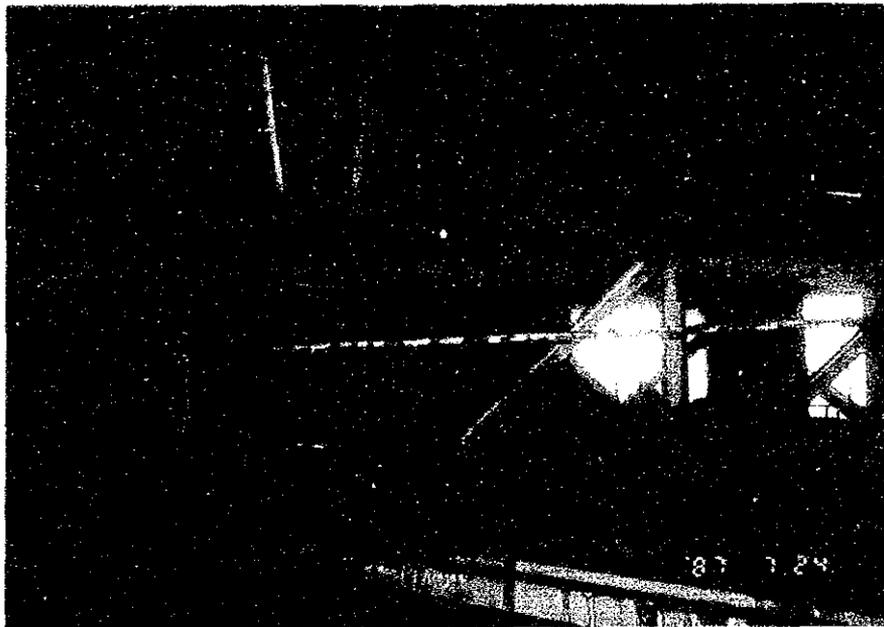
發電所及び隣接居住区全景



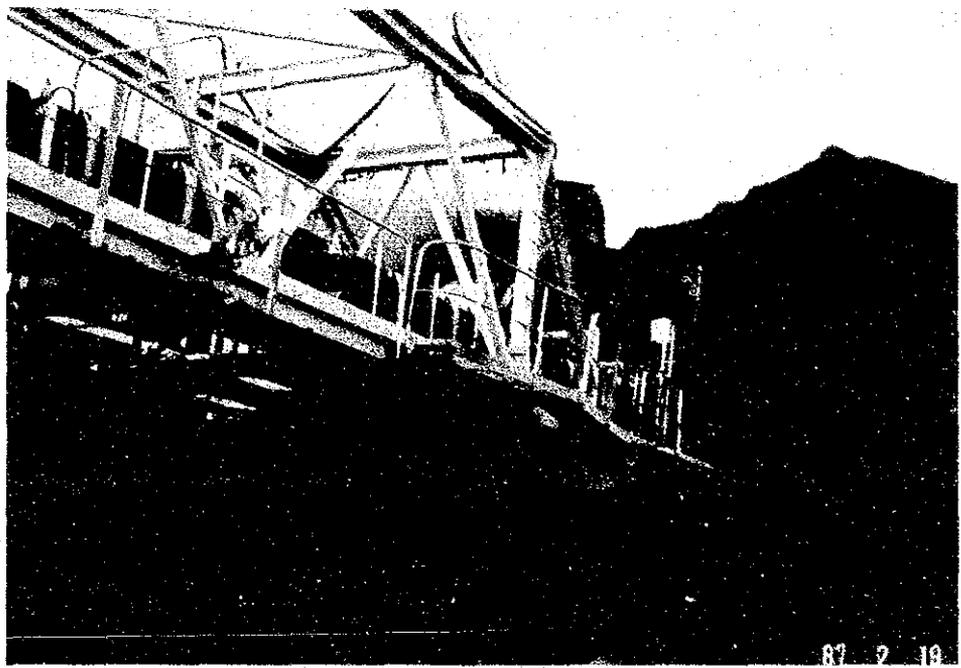
揚炭機及び揚炭コンベア



揚炭機からの炭じん及び移転居住区



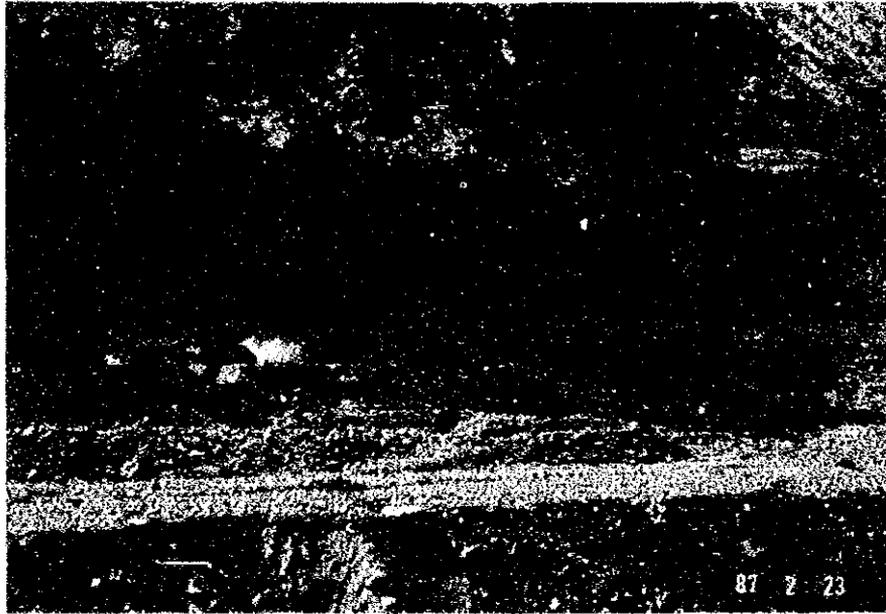
トリップ室の炭じん



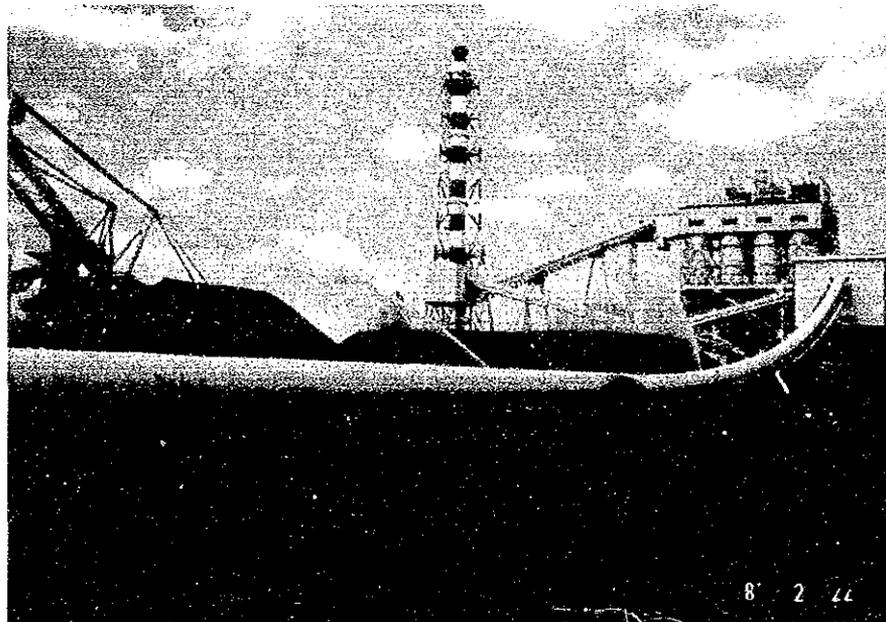
石炭払出し中の炭じん



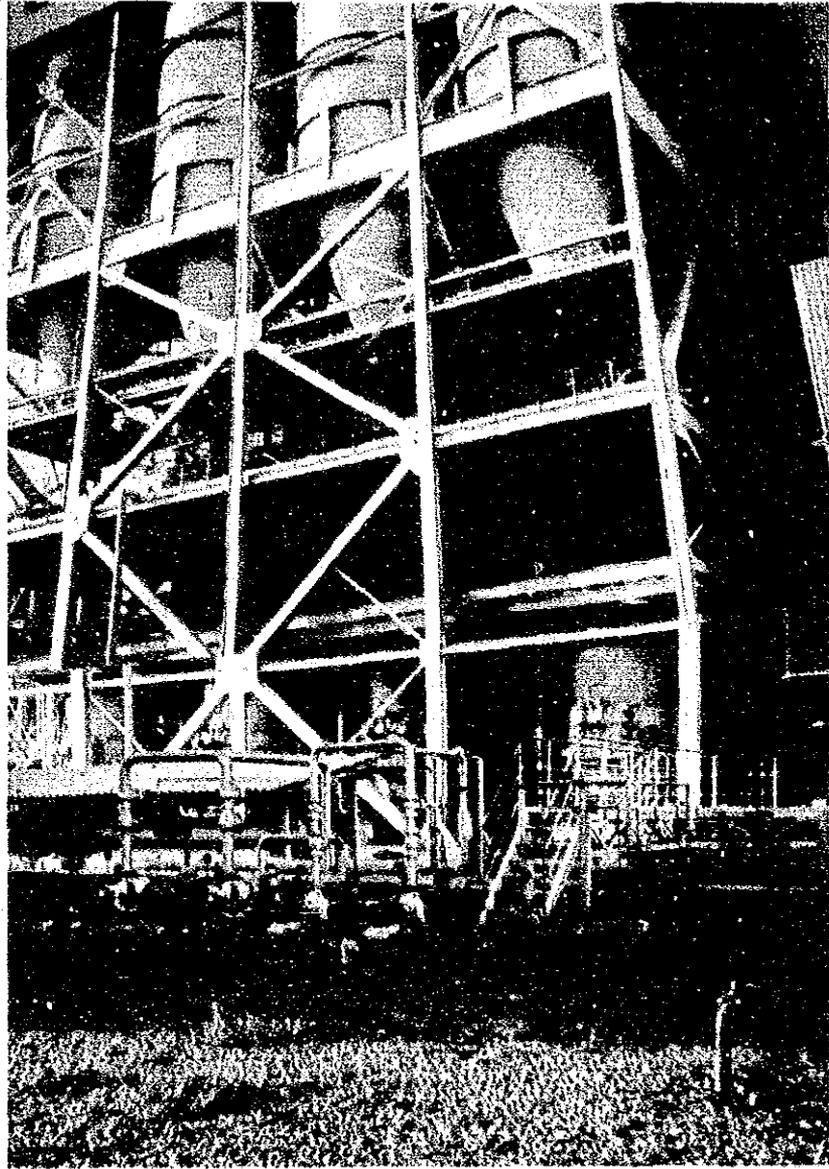
466 乗継建屋における落炭



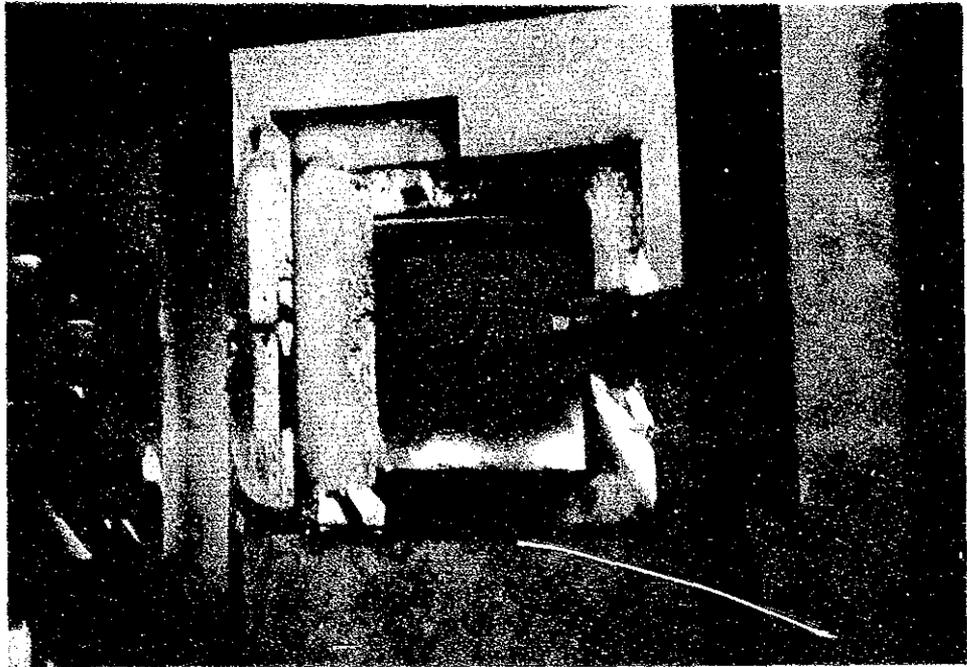
セミララ炭の自然発火



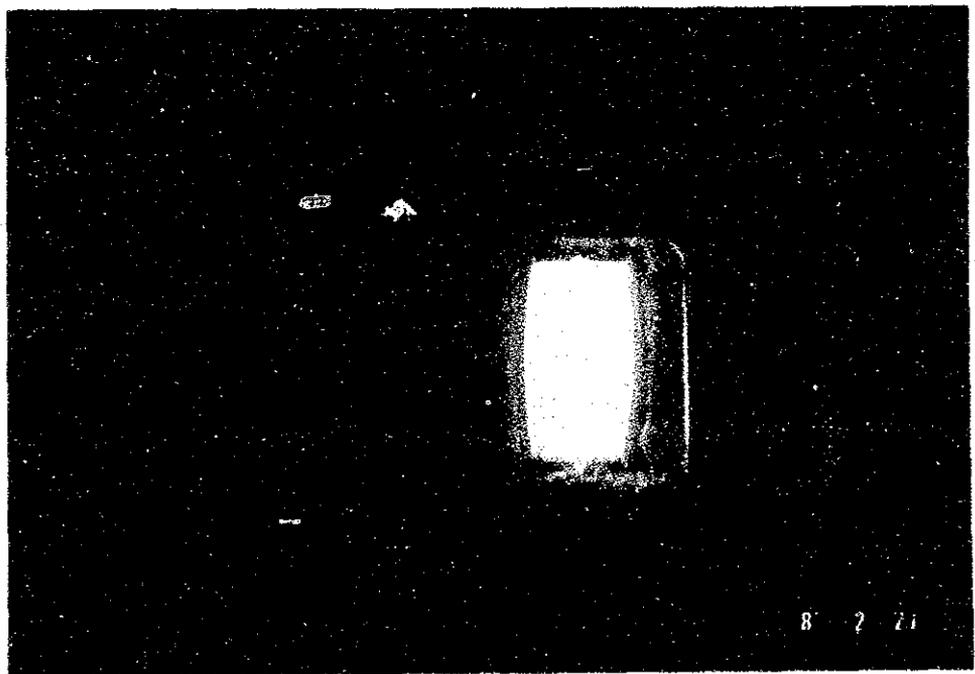
貯炭場散水設備



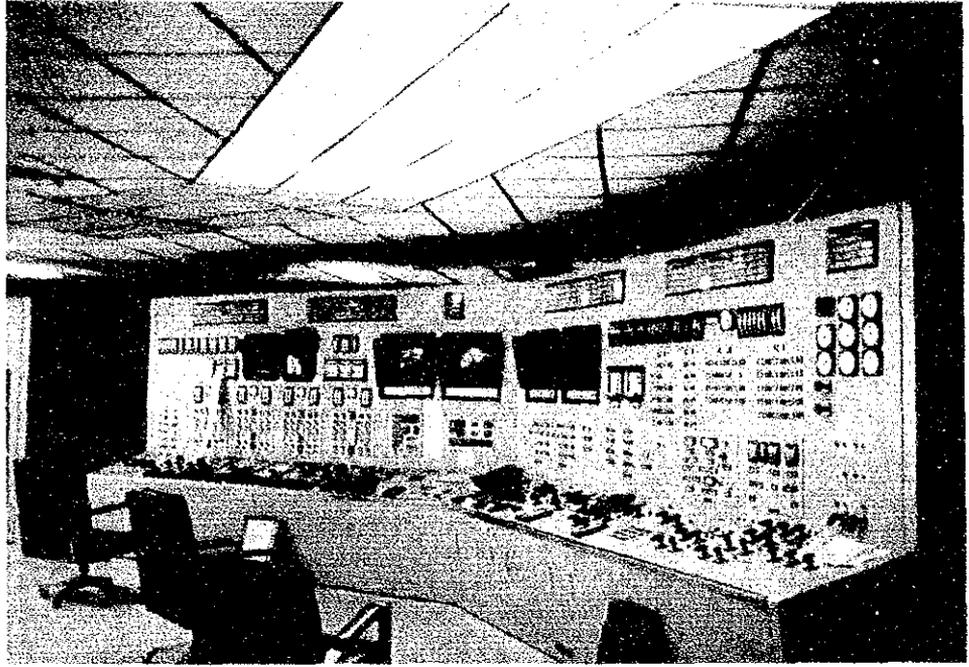
貯炭槽及び微粉炭機



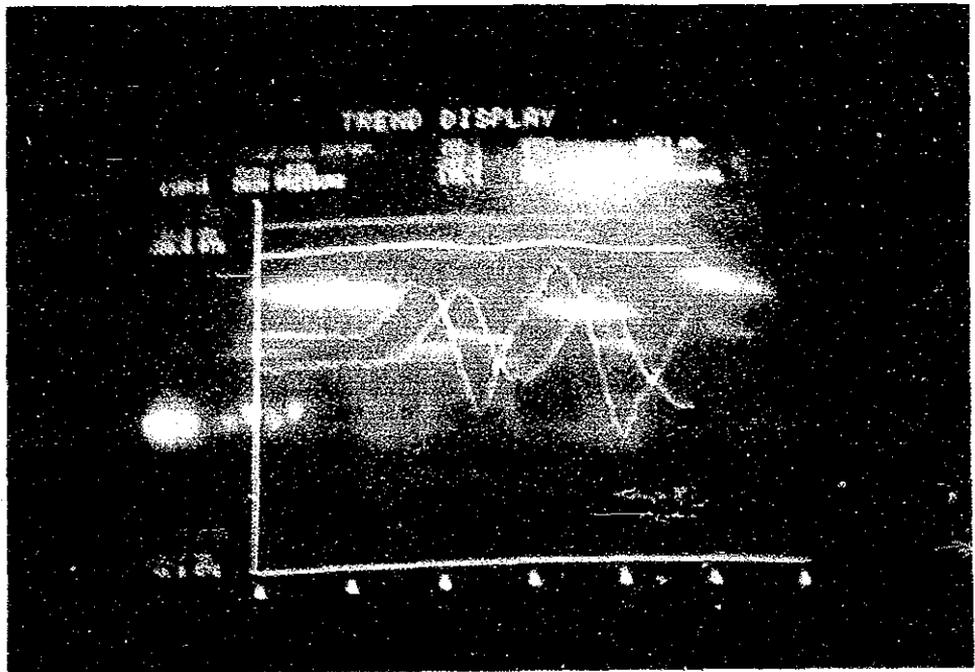
炉内燃焼状況
(1次過熱器上部)



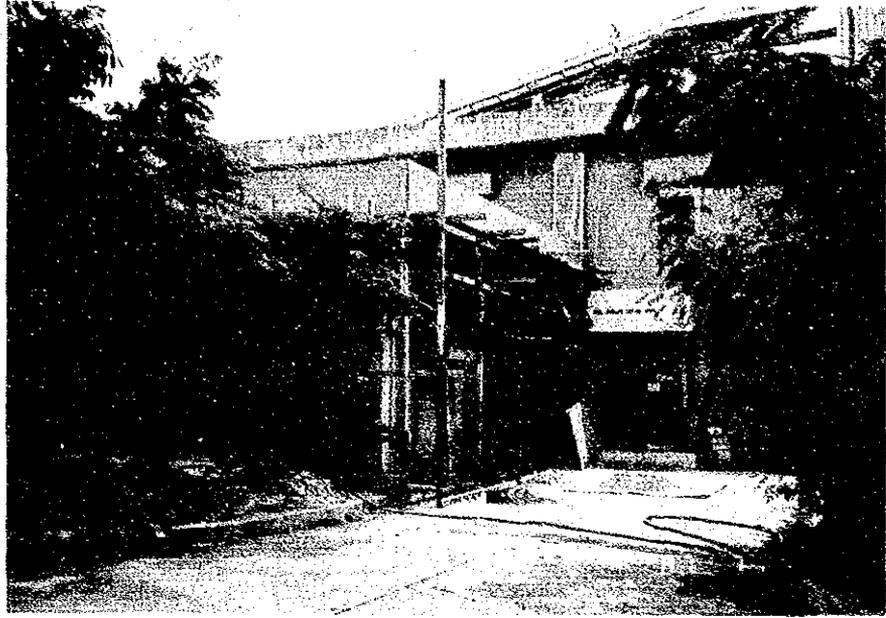
炉内燃焼状況 (バーナ)



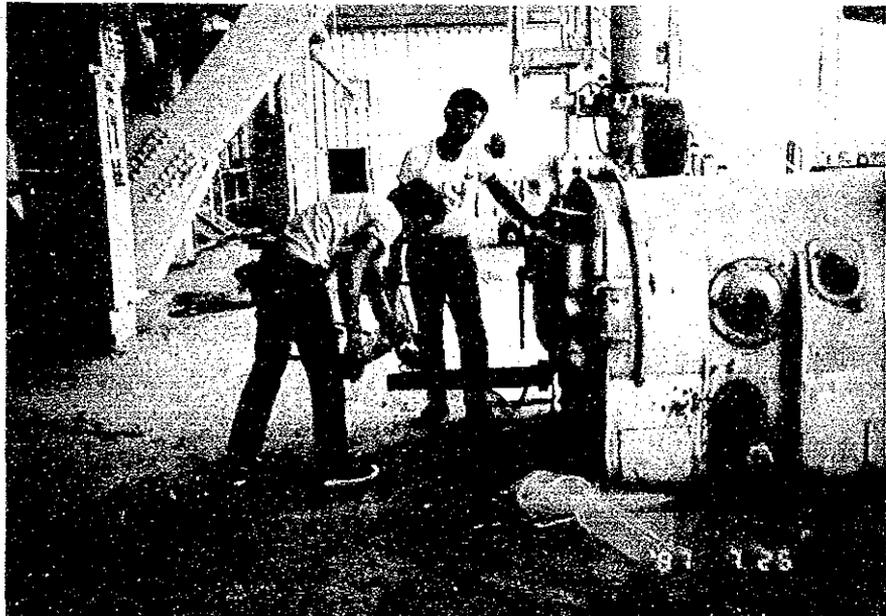
中央制御室



給水量及びドラム水位の過度応答

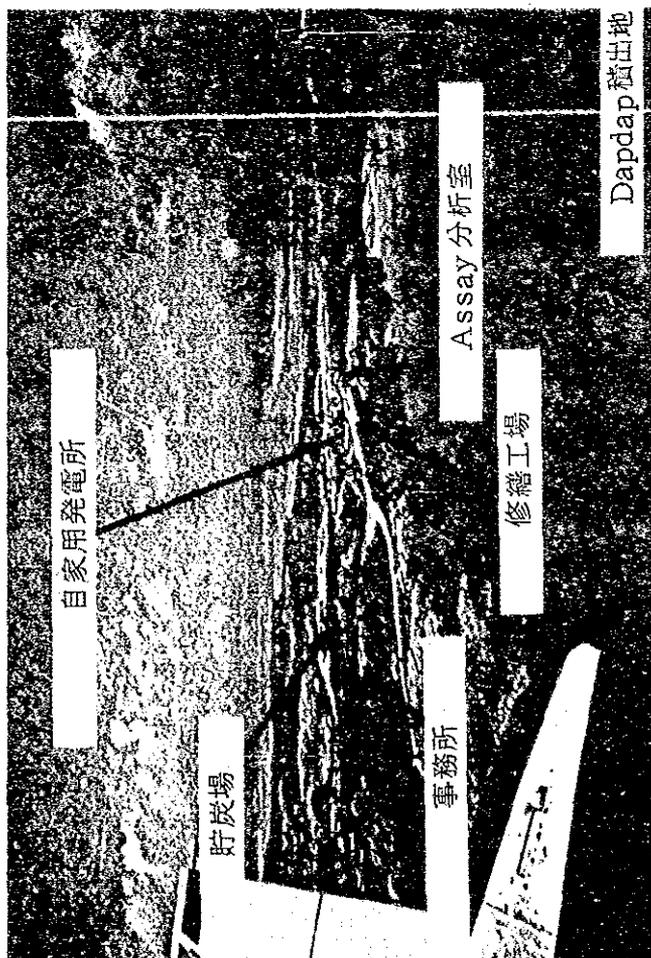


燃料分析室の拡張工事



微粉炭機の給炭機における石炭試料採取

セミララ工業地帯



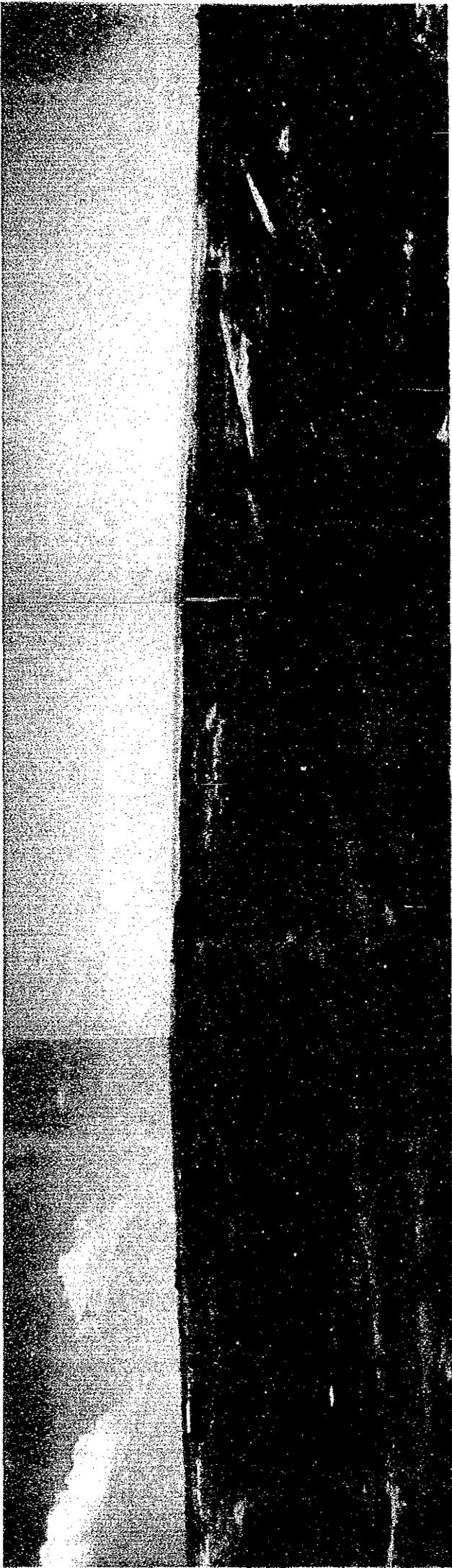
Unong 炭坑全景（南側より西側を眺める）

炭坑事務所

スプレッド

修繕工場

BWE



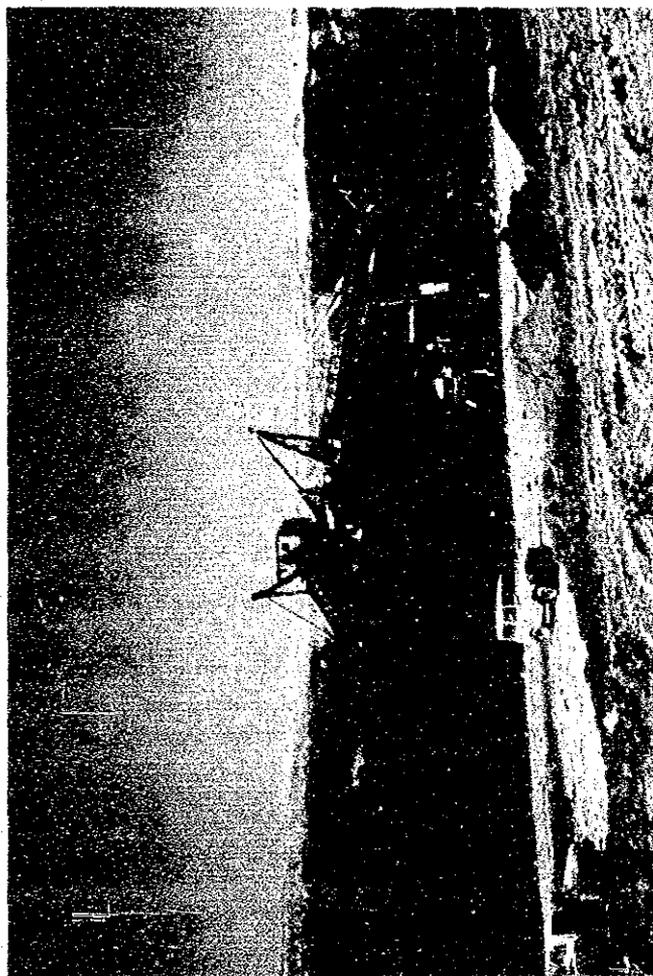
地滑り

地滑り

B4

BWE OPERATION LINE 5
MARCH, 1987

バケットホイールタイプ掘削機



可動式コンベア

カーブホッパー

透炭



BWE 運転 監督



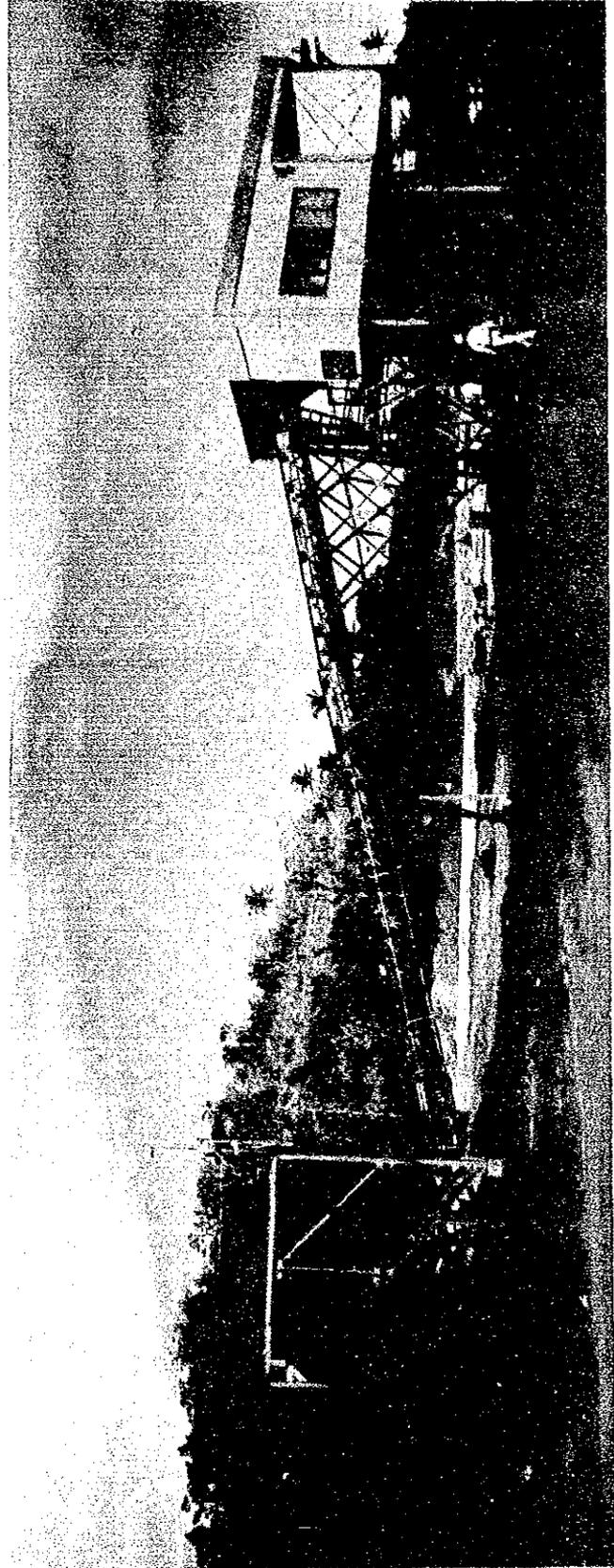
BWE 運転 監督

切羽面の状況により BWE 運転員に指示を与えている運転監督

給炭ホッパー

給炭コンベア

洗炭設備



選炭実験設備

カラカ石炭火力発電所1号機改善計画調査
最終報告書

目 次

総 論

第1章 総 論

1-1	調査の背景	1-1
1-2	調査の目的	1-1
1-3	調査対象地域	1-2
1-4	業務の内容と実施方法	1-2
1-5	調査団員の構成	1-7
1-6	調査日程	1-7
1-7	現地調査	1-9

第2章 調査の結論

2-1	カラカ発電所	2-1
2-2	セミララ炭鉱	2-16

発電所

第3章 ルソン島の電力事情

3-1	電力供給形態	3-1
3-2	発電設備	3-1
3-3	電力需給状況	3-3
3-4	電力開発計画	3-5

第4章 カラカ発電所の現状

4-1	運転、保守、管理	4-1
4-2	設備の状況	4-31
4-3	ボイラ燃焼設備	4-38

第 5 章	ボイラ燃焼試験	
5- 1	燃焼試験の目的	5- 1
5- 2	燃焼試験の結果とその評価	5- 1
5- 3	燃焼試験の内容と工程	5-11
5- 4	燃焼試験用石炭及び灰の分析	5-14
第 6 章	石炭の分析及びその評価	
6- 1	過去の分析データ	6- 1
6- 2	燃焼試験用炭のスラッキング及びファウリング性の検討	6- 7
第 7 章	最適混炭比の算定（セミララ炭の混炭比増加に対する検討）	
7- 1	石炭灰中のアルカリ成分による制限	7- 1
7- 2	全水分による制限	7- 6
7- 3	発熱量による制限	7- 6
7- 4	運転上の問題点	7- 9
第 8 章	改善計画の提案	
8- 1	ボイラ本体及び補機	8- 1
8- 2	燃焼管理設備	8-22
8- 3	環境対策	8-29
8- 4	揚運炭設備	8-38
第 9 章	設備改善実施計画	
9- 1	改善実施計画の前提条件	9- 1
9- 2	SSC使用量の増加対策	9- 2
9- 3	設備の改善対策	9- 3
第10 章	経済、財務評価	
10- 1	予備的経済評価	10- 1
10- 2	改善計画経済評価	10- 8

10- 3	財務評価	10-14
	炭 鉱	
第11章	セミララ炭鉱調査概要	
11- 1	JICA調査の概要	11- 1
11- 2	セミララ炭鉱開発経緯	11- 4
11- 3	石炭販売契約	11- 7
11- 4	石炭販売実績	11-13
11- 5	石炭価格	11-16
第12章	セミララ島	
12- 1	位置及びアクセス	12- 1
12- 2	気候	12- 4
12- 3	地質	12- 8
第13章	セミララ炭鉱ウノンビット	
13- 1	炭鉱開発の歴史	13- 1
13- 2	ウノン地区	13- 4
13- 3	炭質	13-13
13- 4	起業費	13-16
13- 5	炭鉱付帯設備	13-17
13- 6	メンテナンスシステム及びその設備	13-31
第14章	採掘方式	
14- 1	概要	14- 1
14- 2	バケットウィールエクスキャベーターシステム	14- 2
14- 3	運搬設備	14-10
14- 4	選択採掘法	14-12
14- 5	雨期の操業	14-12
14- 6	採掘機械	14-13

14-7	操業日数	14-14
14-8	人員	14-15
第15章 生産実績		
15-1	トラック・ショベル採掘	15-1
15-2	バケットウィールエクスカベータ採掘	15-2
15-3	バケットウィールエクスカベータの操業ディレイの分析	15-3
15-4	ランオブマイン採掘の生産能率	15-10
15-5	選択採掘の生産能率	15-13
15-6	バケットウィールエクスカベータの生産量	15-14
第16章 ウノンピットの炭量		
16-1	計画炭量	16-1
16-2	可採炭量(1986末現在)	16-4
16-3	まとめ	16-7
第17章 生産増加計画		
17-1	ウノンピットの生産計画	17-1
17-2	計画と実績の比較	17-1
17-3	生産増加計画	17-7
17-4	まとめ	17-35
第18章 ウノンピットに於ける問題点		
18-1	ピット斜面の安定性	18-1
18-2	海水の浸入及びピットの排水	18-2
18-3	ウノンピットの炭量	18-2
18-4	炭質のコントロール及び採掘計画	18-3

第19章	石炭品質管理	
19-1	概要	19-1
19-2	契約品位	19-1
19-3	出荷炭の品位	19-2
19-4	セミララ炭（ウノン炭）のグレード	19-52
19-5	パイロット石炭水洗設備	19-54
19-6	石炭品質管理の現状	19-64
第20章	石炭のサンプリングと分析	
20-1	石炭サンプリング	20-1
20-2	サンプルの分析	20-7
第21章	選炭	
21-1	可選性	21-1
21-2	選炭システム	21-32
21-3	セミララ炭選炭システム	21-34
21-4	炭質および精炭の性状	21-47
21-5	選炭の評価	21-49
第22章	炭質比較	22-1
添付資料		
1.	Technical Data	A-1-1
2.	Operation Record since Commissioning	A-2-1
3.	Record of Forced Outages.	A-3-1
4.	Coal Statistical; Representative Coals, Australian Coal, Semirara Coals, Ash Analysis.	A-4-1
5.	Operational Statistics during Trial Operation	A-5-1
6.	Combustion Test Data.	A-6-1
7.	Analytical Instruments for Fuel, Environment and Water	A-7-1
8.	Items of Education and Training at Calaca Power Plant	A-8-1

第 1 章 総 論

第 1 章 総 論

1-1 調査の背景

1984年9月フィリピン最初の大型新鋭石炭火力発電所として運開した定格300 MWのカラカ石炭火力発電所1号機はその燃料供給源である同国セミララ炭の炭質がボイラの設計炭種と仕様が異なるため、揚運炭設備のクロッキング、ボイラ炉内のスラッキングやファウリング等の問題が生じ信頼性の高い運転が継続できない事態が発生した。このためフィリピン政府は同火力発電所設備の改善とセミララ炭の炭質改善及びその増産計画についての調査を日本政府に対し要請した。

これに応え国際協力事業団（JICA）は1986年11月事前調査団、1987年2月より8月迄の間、2度に亘り本調査団をフィリピン共和国マニラ市、パタングラス州にあるカラカ発電所及びルソン島南方に位置するセミララ島ウノンピットへ派遣しそれぞれ現地調査及び、フィリピン電力公社（NAPOCOR）及びセミララ石炭公社（SCC）との協議、資料収集、カラカ発電所ボイラ燃焼試験等を実施した。

この報告書は上記に述べた事前調査及び本調査により収集した資料及び入手した各種情報をもとに調査団が本調査の主旨に沿って、調査検討した結果を集約し結論をまとめたものである。

その間、早期着工が望まれているカラカ石炭火力発電所2号機の関連から特にフィリピン電力公社より早期提出の要望があった揚運炭設備改善策については、1987年6月末に予備報告書としてまとめ、同公社へ提出し、且つ第二次現地調査終了後同年9月始め経過（現地調査）報告書、10月始めに中間報告書をその時期までの調査・検討結果報告のためそれぞれ提出している。

1-2 調査の目的

当調査は、カラカ発電所1号機について、現状を詳細に調査検討して、ボイラ設備、揚運炭設備の不具合点をリストアップし、その改善計画の立案と勧告を行なうと共にウノンピットについても現地調査を行ない、炭質の改善および増産計画等を立案の上報告書を作成することを目的としている。

1-3 調査対象地域

フィリピン共和国バタンガス州、カラカ石炭火力発電所及び同国セミララ島ウノンピット。

1-4 業務の内容と実施方法

JICAは発電所設備改善計画立案のため、本調査業務に適合する専門家をフィリピン共和国カラカ石炭火力発電所ならびにセミララ島ウノンピットに派遣し、NAPOCORを通じてセミララ石炭公社（SCC）等の関係機関の協力を得ながら入念な調査を行ない、改善のための資料の収集、検討及びカラカ石炭火力発電所1号ボイラでの実機燃焼試験等を実施した。

作業は1986年度及び1987年度の2段階に別けて行なわれ、それぞれ表1-1に示す調査・業務が図1-1のフローチャートの順序に従って実施された。

現地調査に関しては、その円滑な実施を期すために事前に着手報告書を作成し現地到着後直ちに現地の実施機関であるフィリピン電力公社（NAPOCOR）及びセミララ石炭公社（SCC）と詳細な打合せを行った。発電設備調査に関しては第一次現地調査を1987年2月15日より3月14日までの間に実施し、第二次現地調査（燃焼試験）を7月5日より8月29日までに実施したが、NAPOCOR本社及びカラカ発電所の全面的な協力のもとに十分な調査・資料収集を行うことができた。

石炭関係については第一次調査を1987年2月15日より3月21日まで、第二次調査を7月28日より8月26日まで実施したが、SCCの内部事情で当初予定されていた新しい地質図や経理関係については資料を入手出来ず、調査は多分に制約を受ける事になった。又入手した資料についても厳重な守秘協定の履行を要求されている。

今回の調査はカラカ1号機を対象としているため、提供された資料はセミララ島ウノンピットのみ限定された。

表1-1 調査項目と調査区分 (1)

指示事項	調査区分		第1段階 (1986年度)		第2段階 (1987年度)	
	発電	石炭	調査・業務内容	発電	石炭	調査・業務内容
(1) 既存の資料及び情報の収集、解析及び検討	○	○	<ul style="list-style-type: none"> 発電所該当機器仕様及び設計資料収集 運転/保守記録、組織等の資料収集 石炭関係資料収集 一般社会事情、電力事情資料収集 	○	○	<ul style="list-style-type: none"> 同左資料の集約と重要事項についての分析及び検討
(2) カラカ発電所運転及び保守に関する現況調査	○	○	<ul style="list-style-type: none"> 発電設備概況調査と確認 所員の配置と訓練法の実情確認 揚運炭系統設備と運用の実情 燃料分析の施設と運用の実態 灰処理系統設備と運用の現状 運転、保守、マニュアル内容と実態 環境問題の現況 	○	○	<ul style="list-style-type: none"> 左記調査資料総括と問題点及び改善策の検討、案約
(3) ボイラ、石炭及び灰処理系統の調査	○	○	<ul style="list-style-type: none"> 現在使用燃料炭の状況調査 ボイラ燃焼管理、調整の実施状況 燃焼試験の事前打合せ 	○	○	<ul style="list-style-type: none"> ボイラ設備の詳細と運転記録上の問題点の検討 燃焼試験マニュアルの作成 燃焼試験の指導、立会及び結果の解析 ボイラ燃焼管理、調整の改善検討
(4) ボイラ燃焼管理調査	○	○		○	○	
(5) ボイラ燃焼試験	○	○		○	○	
(6) 石炭分析及びその評価	○	○	<ul style="list-style-type: none"> ウノンピットの現況調査 ウノン炭選炭及び外国炭との混炭の状況調査 石炭分析諸資料の検討 分析用石炭試料の採取 (SCCによる) 石炭試料の分析 	○	○	<ul style="list-style-type: none"> 選炭および増産計画のための石炭試料の分析 燃焼試験用炭の選定と分析 燃焼試験結果による試料の分類と検討
(7) 最適ブレンド比 (混炭割合) の決定	○	○		○	○	<ul style="list-style-type: none"> 燃焼試験結果によるウノン炭の最適混炭比の検討 ウノン炭に要求される適正炭質の検討 (8)(9)の調査検討結果による最適混炭比の決定

表1-1 調査項目と調査区分 (2)

調査区分	第1段階 (1986年度)		第2段階 (1987年度)	
	石炭	調査・業務内容	石炭	調査・業務内容
<p>(8) 選炭及び脱塩による石炭品質の改善の効果について以下の調査、検討を行う。</p> <p>① 石炭及び石炭灰分析結果、及び後述するウノンの増産計画、採炭方式の検討結果に基づいて選炭による石炭品質改善効果の検討を行う。</p> <p>② 適切な選炭方法及び必要ならば脱塩方法の検討を行う。</p> <p>③ 選炭プラント及び脱塩プラントに必要な水の調査を行う。</p> <p>④ 選炭プラント、脱塩プラントの設置位置の選定を行う。</p>				<p>・(5)(6)及び(7)の適性炭質の検討の実施結果によるウノンの選炭基本計画の検討</p> <p>・(9)の増産計画の基礎調査結果と上記基本計画による選炭プラント規模の決定</p> <p>・同上プラントの予備設計</p>
<p>(9) ウノンの増産計画に関する調査</p> <p>ウノンの増産計画、採掘方法については以下の調査検討を行う。</p> <p>① 現在の生産状況に関する調査を行う。</p> <p>② 採炭方式に伴なう増産計画の生産性、経済性、コールドロリディング及び発電に与える影響の検討、調査を行う。</p>	<p>○</p> <p>○</p> <p>○</p> <p>○</p> <p>○</p> <p>○</p>	<p>・SCC組織の現状と運用状況</p> <p>・SCCの増産計画に関するF. S.の進捗状況とその内容検討</p> <p>・ウノンのピットの地形、地質</p> <p>・ウノンのピットの採炭、輸送、貯炭などの現況</p> <p>・分析用炭試料採取の位置選定と指導</p> <p>・燃焼試験用炭試料採取方法の検討</p>	<p>○</p> <p>○</p> <p>○</p> <p>○</p> <p>○</p> <p>○</p>	<p>・ウノンの炭の既存資料と第1段階調査による資料の総括と採炭可能量の推定</p> <p>・適正採炭一輸送一貯炭に関する基本計画</p> <p>・(5)~(8)の実施に伴ない適正ウノンの炭採炭の可能性検討</p> <p>・増産の基本計画</p> <p>・増産用設備の予備設計と設備仕様</p>
<p>(10) 分析室用の機器仕様調査</p> <p>JICAが供与を予定している試験分析機器の具体的な仕様の詰めを行う。</p>	<p>○</p> <p>○</p> <p>○</p>	<p>・石炭、石炭灰及び水、環境に関する既存分析設備と運用の実情</p> <p>・増設の必要性とその内容の検討</p> <p>・増設設備の配置計画</p>	<p>○</p> <p>○</p> <p>○</p>	<p>・既設備の問題とその検討</p> <p>・増設の必要性とその内容の検討及び仕様書作成</p> <p>・増設設備の運用方法及び指導</p>

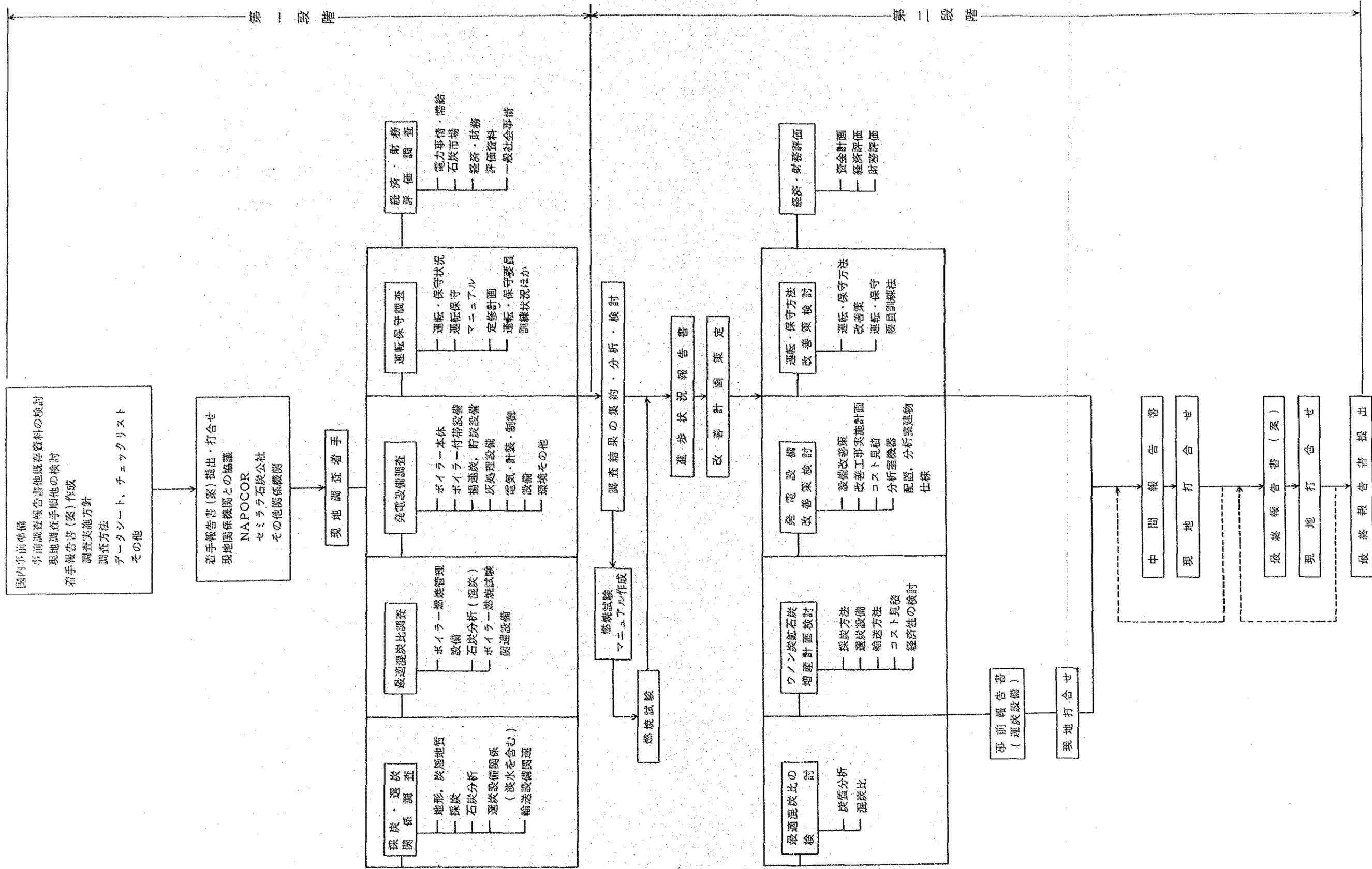


図 1 - 1 フィリピン共和国、カラカ石炭火力発電所 1 号機改善計画フローシート

1-5 調査団員の構成

第1段階（1986年度）及び第2段階（1987年度）調査団員の構成及び分担業務、は次のとおり。

氏名	担当	業務内容
大賀利雄	団長、総括	資料収集、業務調整、計画立案及び総括業務
小陽政夫	発電設備設計	プラント全般及びボイラ運転状況調査検討、燃焼試験計画立案、データ検討、設備改善点の計画、保守マニュアル検討、ボイラ及び揚運炭調査改善点検討、計画立案
柴田慶宣	発電所運転	ボイラ及び電気制御運転関係調査検討、設備保守状況調査検討、燃焼試験計画・実施指導、改善計画立案
松尾銀次郎	発電設備設計	ボイラ自動制御及び揚運炭電気制御の現状と改善点調査検討、燃焼試験計画・実施指導、改善計画立案
青木忠敬	化学・計測管理	プラントの環境関係、水質管理状況調査、燃焼試験時排ガス関係測定指導、水質及び環境関係分析機器仕様検討（第二段階のみ）
阿部一裕	発電設備設計	分析室増改築検討（第一段階での国内作業のみ）
中山貴晴	発電設備保守	資料収集、ボイラ及び揚運炭調査改善点検討、計画立案
藤井建次	経済	一般事情及び経済評価
平田和彦	地質	ウノンピット地質データ調査、増産計画策定
西岡正興	採炭	ウノンピット地形採炭能力調査、増産計画と設備改善炭質向上対策検討
小西正治	選炭	炭質改善のための選炭設備計画検討、セミララ炭他石炭分析、石炭灰分析の実施、燃焼試験計画・実施指導、改善計画立案

1-6 調査日程

調査日程は表1-2に示す通り。

表 1 - 2 作 業 工 程 表

年度 調査期間 作業項目		1986年度			1987年度												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2		
大 工 程	現地調査, 資料収集		着手報告書														
	燃焼試験, 石炭分析							_____									
	ウノン炭鉱, 選炭設備調査, 検討		_____														
	改善計画報告書他		着工				事前報告書(選炭設備)		現地調査(経過)報告書	中間報告書		最終報告書(案)		最終報告書			
現 地 調 査 及 び 打 合 せ	(1) 移動		▽: 東京 → マニラ		▽: マニラ → 東京												
	(2) 関係機関表敬訪問		9名	1名	2名	3名	1名	1名	1名	1名	5名	2名	2名	1名	2名	2名	1名
	(3) 着手報告書打合せ		_____														
	(4) 現地作業及び調査, 燃焼試験, 報告		_____					_____			_____	_____					
	(5) 改善策検討, 調査報告書				_____												
現 地 調 査 及 び 改 善 計 画 検 討	(1) 資料情報収集, 分析及び検討		_____														
	(2) 運転保守に関する調査		_____														
	(3) ボイラ, 石炭及び灰処理調査改善検討		_____														
	(4) ボイラ燃焼管理調査		_____														
	(5) ボイラ燃焼試験							_____									
	(6) 石炭分析及び評価		_____					_____									
	(7) 最適ブレンド比の決定							_____									
	(8) 炭質改善検討		_____														
	(9) ウノン炭増産計画		_____					_____									
	(10) 分析機器の検討及び現地指導				_____								_____				
	(11) 分析室改造検討				_____												
	(12) 経済財務評価																

凡 例 : _____ 現地調査期間 _____ 国内作業期間 ▽ _____ 報告書等の説明

1-7 現地調査

1-7-1 カウンターパート

フィリピンでの現地調査及び燃焼試験中NAPOCOR及びSCCのカウンターパート各位より心からの協力と援助を受け無事現地に於ける所定の作業を終了することができた。協力を得たそれぞれのカウンターパートの氏名は下記の通り。

(1) NAPOCOR

a. NAPOCOR office

(a) NAPOCOR Management

Mr. Josue D. Polintan	Sr. Vice President,
Mr. Francisco T. Delgado	Sr. Vice President, Engineering
Mr. Jose T. Ramas	Vice President, System Operations
Mr. Marcians C. Avendanao	Vice President, Engineering

(b) Thermal Power Projects Dept.

Mr. Guilberto A. Pastoral	Department Manager
Mr. Roberto C. Augustin	Manager, Project Design Division
Mr. Gregorio L. Tolentino	Principal Engineer ii
Mr. Romeo D. Ordon	Principal Engineer i
Mr. Norberto V. Cabantog	Principal Engineer i
Mr. Rustico G. Nero	Supervising Engineer

(c) Engineering Resource Services Dept.

Mr. Romeo M. Pulanco	Manager, Geology and Geotechnics Services Div.
Mr. Alfredo Q. Penarroyo	Principal Geologist ii
Mr. Adelo I. Derilo	Principal Geologist ii
Mr. Fernando Y. Roxas	Principal Geologist i
Mr. Jose Voltaire F. Manois	Mining Engineer
Ms. Cornelia N. Sanchez	Sr. Geologist

(d) System Operation Dept

Mr. Lino S. Cruz	Manager, Operations Control and Information Service
Mr. Rolando T. Bacani	Power Resources Planning Division
Mr. Alex P. Sace	Principal Engineer C
Mr. Alberto C. Guanzon	

b. Calaca Coal-fired Thermal Power Plant

Mr. J. V. Favor	Plant Manager
Mr. P. A. Cabrera	Superintendent, Mechanical Maintenance
Mr. A. B. Pena	Superintendent, Electrical Maintenance
Mr. A. L. Cabildo	Superintendent, Technical Services
Mr. A. P. Toong Jr.	Superintendent, Instrumentation and Control
Mr. S. M. Manalo	Superintendent, Operations
Mr. A. C. Kintanar	Ditto
Mr. R. C. Tolentino	Ditto
Mr. R. M. Lacson	Ditto
Mr. A. T. Oronos	Ditto
Ms. F. B. Torre Franca	
Mr. C. O. Villegas	Result Engineer

燃焼試験タスクフォース

上記のカラカ発電所職員のほかに燃焼試験実施のため燃焼試験タスクフォースが編成され

下記の人々が構成員として任命された。

Mr. P. A. Cabrera	Leader
Mr. A. L. Cabildo	Superintendent
Mr. S. M. Manalo	Staff
Mr. E. D. Untalan	Staff
Mr. J. M. Ilagan	Staff
Mr. V. S. Leyba	Staff
Mr. R. O. Jornales	Staff
Mr. D. C. Mateo	Data Recording
Mr. J. B. De Los Reyes	Data Recording
Mr. E. R. Ilagan	Data Recording
Mr. M. A. Fajardo	Data Recording
Mr. J. J. Santiago	Data Recording
Mr. B. S. Macatangay	Data Recording
Mr. I. G. Noche	Data Recording
Mr. A. P. Mendoza	Data Recording
Mr. A. V. Lara	Data Recording
Mr. M. G. Reyes	Data Recording
Mr. E. H. Baque	Data Recording
Mr. E. R. Ayque	Data Recording
Mr. S. E. Descalsote	Data Recording
Mr. H. S. Malabanan	Data Recording
Mr. P. R. De Padua	Sampling
Mr. M. C. Ramos	Sampling
Mr. F. A. Nobleza	Sampling
Mr. R. B. Atajar	Sampling
Mr. E. B. Ranio	Sampling
Mr. V. E. De Leon	Sampling

Mr. L. Q. Sinag	Sampling
Mr. S. R. Sagala	Sampling
Mr. C. M. Julaton	Sampling
Mr. V. P. Salazar	Sampling

Ms. M. M. Fabela	Analysis of Sample
Miss. L. Z. Presto	Analysis of Sample
Mr. T. A. Carandang	Analysis of Sample
Ms. E. H. Turbaga	Analysis of Sample

(2) SCC

Mr. G. B. Baquiran	Vice President, Exploration
--------------------	-----------------------------

1-7-2 フィリピンの実施機関の組織

NAPOCOR

NAPOCORの全体組織、カラカ石炭火力発電所が属するNAPOCORの南ルソン営業所及びカラカ石炭火力発電所の組織はそれぞれ図1-2、図1-3、図1-4に示す通り。

1-7-3 現地調査スケジュール

現地調査スケジュールは前述の表1-2に示す通り。

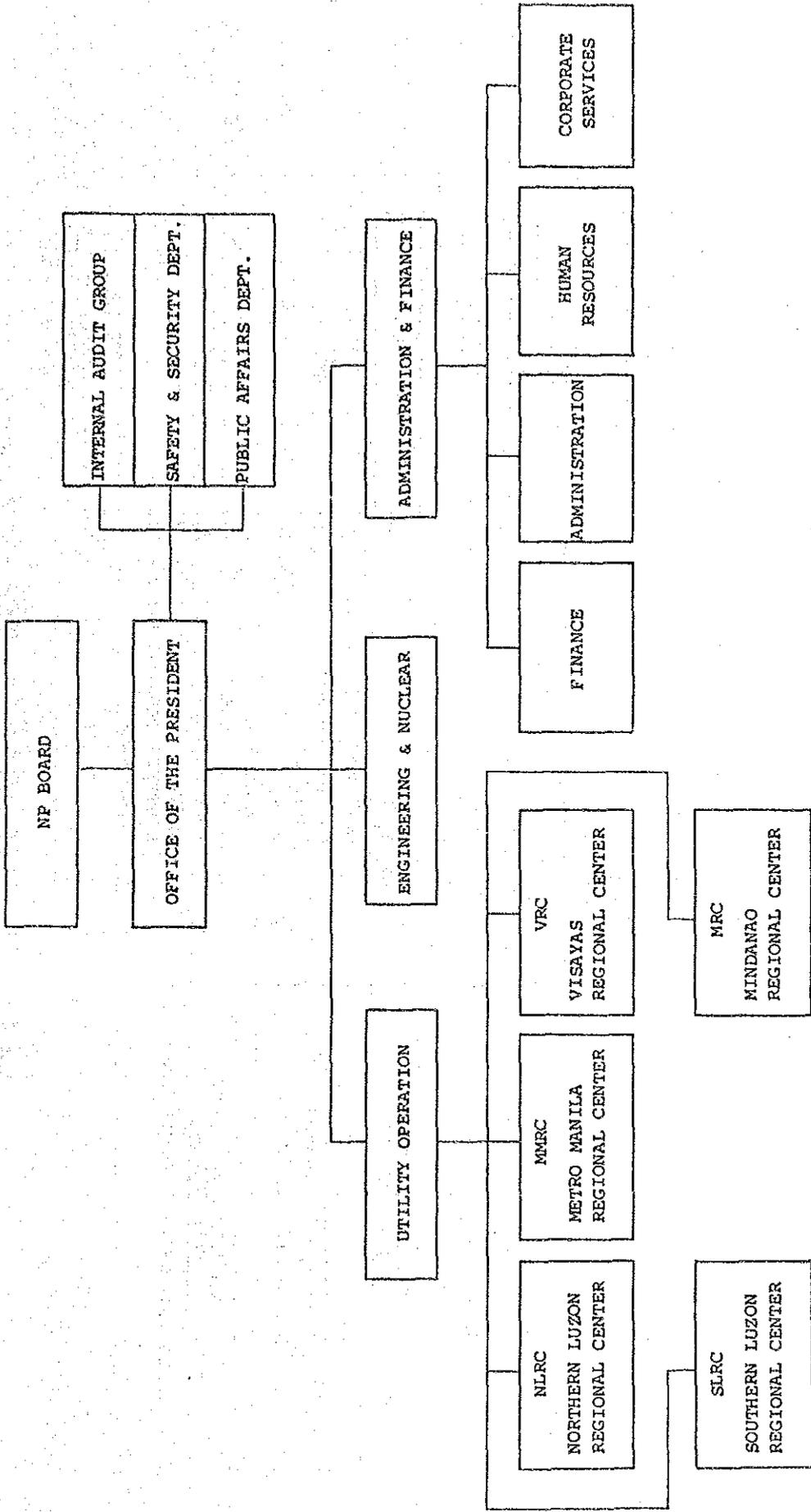


圖 1 - 2 NAPOCOR 組織表

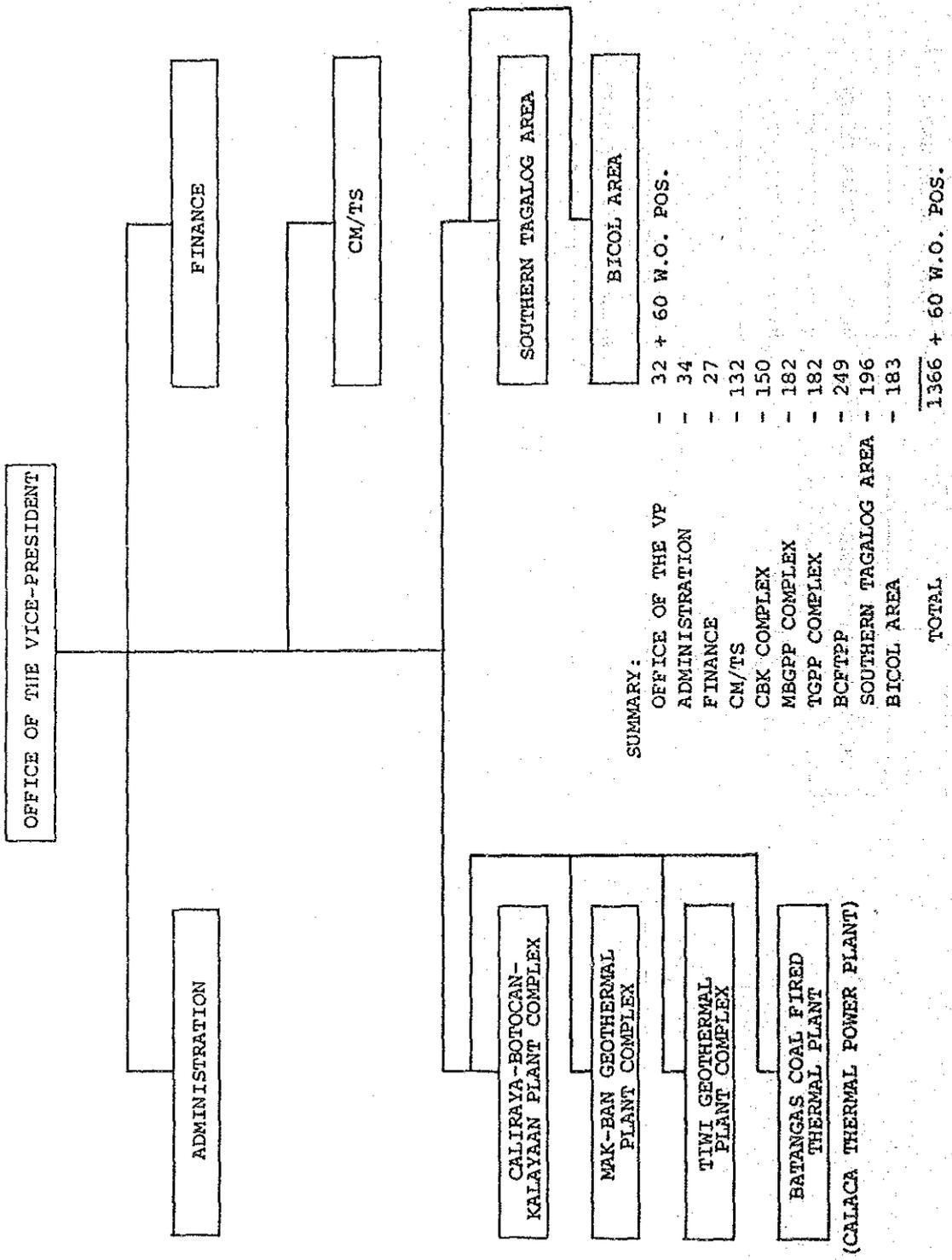


図 1 - 3 NAPOCAR 南部ルソン営業所 (SLRC) 組織表

OFFICE OF THE PLANT COMPLEX MANAGER
 1 - Manager
 1 - Secretary

SUMMARY:
 OFCH : 2
 OPERATIONS : 113
 ENG'G. SERVICE : 36
 ELECT'L MAINTENANCE : 20
 MECH'L MAINTENANCE : 40
 SUPPORT STAFF : 21
 TOTAL : 249

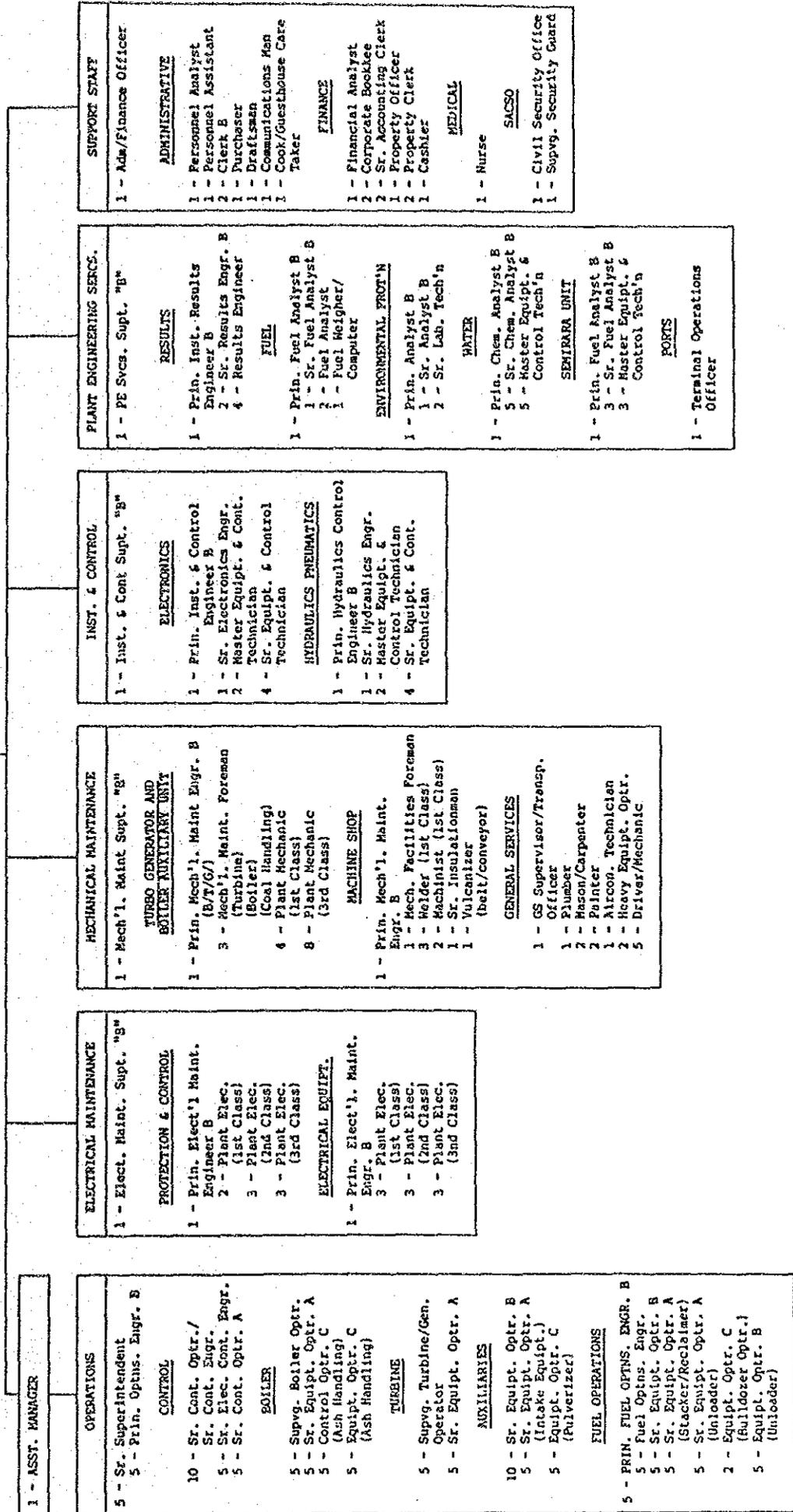


図 1 - 4 カラカ石炭火力発電所組織表 (1985 年現在)

第 2 章 調 査 の 結 論

第 2 章 調 査 の 結 論

2-1 カラカ発電所

2-1-1 カラカ発電所の現状

(1) 1984年9月、カラカ発電所はフィリピン最大の石炭火力発電所として運転を開始した。

この発電所は、同国セミララ島ウノソビット産出の石炭を主燃料として計画されたものであるが、運開にあたり供給された石炭 (ROM; Run of Mine, 全層採掘炭) は表2-1に示すように大巾に計画の炭種と異なり、又多量の粘土、水分を含んでいた為揚運炭設備で石炭詰りのトラブルが発生し、運転困難の状態となった。この為採炭方法を変更して、選択炭 (SSC: Selected Semirara Coal) が納入されるようになり、石炭詰り事故は解消したが石炭灰中に含まれるアルカリ分のためスラッキング (火炉内で灰塊が付着する現象)、ファウリング (後部煙道部に溶融灰が堆積する現象) が発生し、セミララ炭単独では定格出力運転は不可能であった。この為、アルカリ分の少い輸入炭 (主としてオーストラリア炭) と略50:50の比率で混炭運用されて現在に至っている。

表 2 - 1 各種石炭の性状例

	Design Coal	ROM Coal	SSC	Imported Coal
Total moisture (AR) (%)	19	25.87	27.92	8.58
Calorific value (AR) (kcal/kg)	4,722	3,850	4,390	6,090
Ash (AR) (%)	6.72	17.63	8.10	16.67
Alkali Content (DB) (%) (Na ₂ O + K ₂ O)	2.57	4.52	8.14	0.50

Note) AR: As Received DB: Dry Base

(2) この間、カラカ発電所では、諸種の改善対策を行った結果、現在では、一応安定した運転状態となり、ルソン電力系統の主力発電所としての役割を果たしている。

現在迄の運転経歴は、表2-2のとおりである。

表 2 - 2 現在までの運転経歴

	1984	1985 1st half	1985 2nd half	1986 1st half	1986 2nd half	1987 1st half
Utilization factor (%)	29	55	55	57	71	80
Number of shut down (Time)	34	43	14	11	20	9
Thermal efficiency (%)	30.7	33.2	33.9	33.6	35.8	35.3
Operating hours (h)	1,196	3,442	3,363	2,496	3,875	3,814
Forced shut down rate (%)	7.2	11.7	17.4	3.1	0.8	5.5
Coal consumption						
Local coal (t)	24,498	199,659	141,934	141,109	222,281	235,669
Imported coal (t)	53,395	99,527	161,391	154,030	222,281	230,795

(Assumption is included partially.)

(3) NAPOCORでは、国産エネルギーの最大利用、外貨節約という国策にそって輸入炭を節減し、可能な限りセミララ炭を使用する方針をとっている。又、セミララ炭鉱との間に年間70万TのTAKE OR PAY契約がかわされ、この面からも国内炭消費が要求されている。しかしながら、セミララ炭は多量のアルカリ分、水分を含み、この使用割合には自ら限度がある。

カラカ発電所は、1986年中頃から略安定して、輸入炭と50/50の混炭で運用してきたが、今年に入ってからはいは更に多くの国内炭を使用するために、週末低負荷時にはセミララ炭の専焼を行って、国内炭の消化に努力している。

(4) 既に運開以来、3年程度となり、各部に機器の劣化、装置の故障がみられるようになっている。又、既設設備では現在の使用炭に対処できない装置などもある。今後これらの修復改善が必要となって来よう。

2-1-2 カラカ発電所の将来予想

(1) 1987年6月現在ルソン電力系統の発電設備は、4,111MWであるが、これに対し、最大需要は2,534MWで、需要は今後年平均4.5%で増加することが予想されている。発電設備に水力発電所が多いこと(1,226MW)、石油火力発電所が設備の劣化によってその信頼性が低下していること、1年中を通して殆ど一定の負荷であることなどにより、需給

はきびしく、加えて、原子力発電所が運開取止めとなり、又、当分の間新規発電所の参入がないことなどから、カラカ発電所は当面ルソン系統の主力発電所としての運用が予定されている。

(2) フィリピン政府は、国産エネルギー利用政策を推進しており、今後は水力、地熱、石炭火力の開発を指向している。カラカ2号機も、国内炭を対象に計画が進められており竣工の暁には、1,2号機合計600MWがルソン系統の主力ベース負荷発電所として10年以上は運用されると思われる。

(3) カラカ2号機を対象にセミララ島新鉱区等が開発されることになろうが、カラカ発電所としては、現状の混炭によって可能な限り国内炭消化に努める必要がある。

(4) 系統運用上は、地熱、石炭火力、水力（豊水期）がベース負荷発電所として運用され、石油火力、水力（渇水期）及び揚水水力がピーク負荷発電所として使用されることになろう。カラカ発電所は、今後、相当長期にわたり、ベース負荷発電所として重負荷運用が要求されることになる。

2-1-3 カラカ発電所の問題点

今後、ルソングリッドの拠点発電所となるカラカ発電所には、次のような問題点がある。

(1) 設計炭質に対する使用炭の低品位性

a. SCC(Semirara Coal Corporation)からはカラカ発電所でROM炭を使用するよう強い希望が出されているが、ROM炭は粘土及び水分を多量に含みハンドリングが困難であること、又低カロリーの為定格出力発生不可能であることにより、現設備での使用は困難と考えられる。

SCCはセミララ島では、ROM炭で何等トラブルはないと主張しているが、セミララ島では採炭直後のために取扱可能であっても、カラカ発電所では貯炭中に降雨のため吸湿して粘土分が溶出し、輸入炭と混炭してもトラブルを起している。

b. SSCについても、過去の経験から次の問題があり、低負荷での専焼は可能であるが定格負荷専焼は、現設備では不可能である。

(a) 灰中のアルカリ分が2~9%と高い。

(86年度受入平均は4.8%、設計は4%以下をベースとしている)

(b) 水分が20~30%と高い。

(86年受入平均25.7%、設計は19%雨期には更に上昇が予想される。)

(c) 発熱量は、4100~4700kcal/kgと低く、変動巾が大きい。

(86年受入平均4446kcal/kg、設計は4722kcal/kg)

c. 今回の調査に当って、選炭によるセミララ炭改質についての検討要求があったが、水選ではアルカリ分を減少することが出来ないこと、原炭より高水分(約32%)となること、経済的にも大きなコスト増となること等により推奨できない。

上記の低品位炭を専焼して運用しようとするにはボイラ取替の他なく、之には約150億円強の工事費と約4年の工期を要し非現実的である。又、一部改造では種々制約があり、極めて限定されたものしか出来ない。

結局カラカ発電所はセミララ島ウノソピットから供給されるSSCと輸入炭を混炭して運用していくこととなる。

(2) 低品位炭対策

当初、計画炭での専焼が考えられていたので、現在のような低品位炭の使用および混炭運用に対する配慮が殆どなされていない。今後、混炭方式で運用し、又混炭比を高めるためには次の改善を行なう必要がある。

a. 石炭計量及び混炭装置

全体の消費炭については計量装置があるが、混炭のための単味石炭については設置されていない。又、混炭装置もない為、正確な混炭比の把握や貯炭管理が出来ない状況にある。

b. 石炭サイロ

サイロの出口が小さいために、高水分の石炭は詰まり易い。

c. 粉じん対策

セミララ炭は砕け易く粉じんが多い。アンローダ、スタッカ/リクレーマ、貯炭場等から飛散し、環境汚染が著しい。

d. 運炭系統

ROM炭受入れ時、トラブルが頻発した。現在の設備ではROM炭の受入れ不可能である。

(3) 設備劣化又は不調

運転開始以来、3年を経過し、設備劣化が発生している。又、必ずしも、機能を十分に発揮していない装置や容量不足の装置がある。例えば、ABCは、機能的に不足があり、十分なプラント制御を行っていない、又、計測装置の一部が使用不能になっているものなどが見受けられる。

これらの不良機器については、既に取り替部品は発注されているが、調達部門の遅れで入荷せず修理できないという事である。

調達遅れによる修理不能、プラント劣化はNAPOCOR共通の問題であり、全社的に緊急な改善が必要である。

2-1-4 カラカ発電所の改善計画提言

(1) 前提条件

カラカ発電所改善計画の検討に当っては次の事項を前提とした。

- a. カラカ発電所は引続きセミララ炭を使用するが、その炭質は従来入荷したものと同じ性状、即ち高アルカリ、高水分のものとする。
- b. ROM炭はハンドリング困難、又低カロリーのため1号機には使用できないものとする。
- c. 水選処理はセミララ炭に対しては効果がないので考慮しない。
- d. 今後引続きSSCと輸入炭との混炭が継続されるものとする。
- e. 今回の調査にあたっては当初セミララ炭鉱でのモネンコ調査（カラカ2号機への石炭供給のためSCCで1987年地質調査を行っている）報告が入手できる予定であったが、之が提供されなかったため、将来の石炭性状及び炭量の見通しについては過年度のデータをベースとして推測した。

(2) 燃焼試験結果による運用方法の改善策

今回の調査に於いては、実缶で燃焼試験を行ない、ボイラの静特性、動特性の把握、石炭及び灰のサンプリング分析等を実施し、セミララ炭の可能混炭比及び最適燃焼調整法を調査した。

- ・現状混炭比（セミララ炭／オーストラリア炭＝S/A）55／45での燃焼試験
- ・混炭比60／40での燃焼試験
- ・混炭比70／30での燃焼試験

・3/4負荷（225MW）でSSC専焼による燃焼試験

需給状況がきびしい事、ミル（微粉炭機）1台が使用不可能であった事、準備された試験用炭のアルカリ分が低かった事などにより事前に計画したテスト項目の中でミル切り換えテストなどのいくつかの項目は実施できなかったが、多くのテスト項目が実施され貴重な種々のデータが入手できた。これらを含め過去の運転実績等も参照して次のように改善対策を提言する。

a. 混炭運用時の制約事項

- (a) カラカ発電所では、ファウリングに注意して、運用することが肝要であり、灰中アルカリ分については設計ベースの4%以下となるよう運用すること。
- (b) 水分は、設計値19%であるが、22%程度迄は運転可能であった。
減負荷225MWでは26%程度で運用できたが、定格負荷では23~24%程度が限度と考えられる。
- (c) 発熱量については、SSCの性状であれば、80/20程度の混焼迄許容できると思われるが、水分により制約を受けることとなろう。

b. 混炭比増加時の留意事項

今回の試験結果から今後の運用については、次の事項を希望する。

- (a) アルカリ分が少ない石炭の場合には、混炭比60/40で可能である。この比率は、アルカリ分を監視して調整すること。このためには、今回寄贈の原子吸光分光光度計の活用、及びSCCとの常日頃からの緊密な協力、通報体制が望まれる。
アルカリ分の高い石炭が入荷した場合、現状では輸入炭の混炭比を増加するか、又は減負荷する以外には対策がない。一例として表2-3に示すような運用となる。

表2-3 石炭灰のアルカリ分に対する運用対策

Alkali content in coal ash	Countermeasure by coal blend ratio (SSC ratio)	Countermeasure by output reduction
Less than 6%	60% (at 100% output)	100% (SSC 60% blended)
6 to 7%	50% (at 100% output)	90% (SSC 60% blended)
More than 7%	40% (at 100% output)	75% (Exclusive SSC firing possible)

(b) この試験は、高水分の石炭及び、上段ミルの使用という混炭比増加に対してはきびしい条件下で実施したので、今後、乾期の石炭水分が少い時期、及び下段ミルが修理され使用可能となった時期に再テストして、セミララ炭の混炭率増加をテストされることを希望する。

(c) アルカリ分が少い石炭であっても操作方法によって、炉内で灰詰りを生ずる可能性があるので混炭比を高めた運用に当たっては十分に注意すること。

現在迄の運用では燃焼空気量が少なかったこと、及び適正なエアポート・ダンパー操作を行っていなかったことが、未燃分の発生、灰詰りの原因となっていたと考える。又、運炭装置の故障により止むを得ずミキシングファイヤリング（ミル毎に石炭が異なる運転）を行うケースがあるが、燃焼面から好ましくないのでこのような運用をしないようにすべきである。

(d) 炉内監視を確実に行って異常の早期発見に努め、スートブロウ（煤吹き）の適正な運用により事故の未然防止を計ることが肝要である。

(e) 混炭比を高めた運用に当たっては、厳格な石炭管理、燃焼管理が必要であり、計器類の整備を行って、安定した運用が可能なようにすること。

例えば、燃焼用空気量、消費炭の湿分などは確実に把握されなければならない。

(3) 混炭比アップのための設備の改善策

ROM炭又は、SSCを現設備で専焼することは不可能であり、専焼可能とするにはボイラを新設する他はなく、非現実的である。部分的改造では、制約が多く、ごく限られた改造しか出来ず混炭比増加は殆ど期待できない。現在、推奨される案としては、ボイラは現状のままで、運用面の改善で可能な限り混炭比を増加することで、この場合、炭質管理及び運転上の条件がきびしくなるのでそれらに対応できるよう次のような設備の改造を提言する。

a. 石炭サイロ、給炭機の改造

混炭比上昇につれて、石炭詰りの可能性が増加するので改造し、トラブルを未然に防止する。

b. スートブロウ及び覗窓増設

万一の灰詰り事故に備えて、スートブロワ及び覗窓／監視用TVを増設する。従って、この設備は、あくまで応急の対策であり、混炭比アップにはきびしい運転監視が常時必要である。

c. ボイラ自動制御装置（ABC）の改造

現在のABCは、十分に機能を果たしていないので必要な調整改造を行い安定運転に寄与できるようにする。

d. 混炭設備の設置

現在の混炭は、リクレーマ上の流量指示計を使って、手動調整されており、混炭比が変動するので、混炭設備を設置して、精度よく混炭できるように改造する。

e. 各種監視、管理、計測装置の整備

燃焼管理のために、O₂計、その他監視計器の整備、レジスタ、デフレクタペーン等の燃焼管理に必要な装置類を整備する。

f. 消費炭サンプラ自動化

石炭管理を適切に行う為、消費炭サンプラを自動化して石炭性状の把握に活用する。

改善計画の立案に当たっては、その他空気予熱器のエLEMENT増加、ドライヤの設置、添加剤の使用等についても検討を行なったが、之等は将来のセミララ炭質の見通しが明確でないこと、技術的に確認出来ていないことなどの理由で具体的な計画からは削除している。将来セミララ炭の炭質見通しがついた時点で見直しすることが望まれる。

(4) その他の設備改善

計画中の2号機は、ROM炭使用で考えられており、その場合は既設運炭設備でROM炭を取扱うことになる。また、セミララ炭の性状から粉じんが多く、環境汚染が著しい。発電所の将来計画をふまえて、現在問題となっている設備の改善を行う。

a. アンローダホッパ、各部シュートのROM炭対策

b. 散水設備、防風フェンス、真空掃除機等の粉じん防止対策

c. マグネットセパレータ増設、ベルトコンベア排水対策

(5) 改善工事工程

改善工事の工程は、図2-1の通りである。

2-1-5 経済、財務評価

(1) 評価方法

輸入炭の消費量を減少し、国内エネルギーの有効利用を目的としたカラカ発電所1号機改善計画は、フィリピン共和国の立場に立って、このプロジェクトの経済性を見れば（経済評価）国内炭の混炭率の向上及び信頼性の向上により、輸入炭購入に要する外貨の節約という経済的メリットが上げられるが、他方、電力経営というNAPOCORの立場に立ってみると（財務評価）、発熱量当りの単価の高い国内炭を増加することにより発電原価を上昇せしめることになる。

このような観点より、改善計画案について、経済性、財務性を内部収益率法をもって評価した。財務評価についてはオリジナルプロジェクトのキャッシュフローの中で今回の改善計画による投資、収益減が吸収可能かどうか検討した。更に、当該プロジェクトを実施した場合（WITH）と、しなかった場合（WITHOUT）の財務評価の比較を行った。

(2) 前提条件

経済・財務評価に用いた主な前提条件は下記のとおり

a. 運転状況

改善計画前はセミララ炭（SSC）、オーストラリア炭を50：50で混炭していたものとし、改善計画後は以下の運転を継続するものとした。

出力：300MW

利用率：70%

プラント効率：35.40%

b. 燃料

	発 熱 量	価格 (CIF)
	(kcal/kg)	(Peso/ton)
オーストラリア炭	6,090	648
セミララ炭 (SSC)	4,390	750
重 油	10,000	2,642(20 US\$/bbl)

c. 経済寿命と減価償却

経済寿命は1984年10月から2009年までの25年間とし、残存価格なしの算術級数法にて減価償却するものとした。

原プロジェクトの建設費は1985年価格で約20億ペソであるが現在の為替レートでは現実的でないため、NAPOCORの1986年減価償却額4.3億ペソより想定した再評価価格60億ペソを用いた。

d. 資金調達と返済計画

原プロジェクトは主に日本輸出入銀行（日本EXIM）出資の借款により実施されており、今回のプロジェクトで原プロジェクトの財務性再評価にあたっては輸銀の借款条件を用いた。この年利率は8.5%と幾分高めであるが、想定条件を厳しくするため、本プロジェクトの借入条件を原プロジェクトと同一とした。

e. 為替レート

1US\$=21ペソ=140円

(2) 経済評価

a. 経費

上記の各項目毎の経済評価、及び技術評価の結果策定された改善計画案の工事項目及び工事費は表2-4に示す通りである。

表2-4 改善工事費内訳

No.	Item	Cost (Thousand US\$)
A.1	Continuation of present operation with improvement of operation and maintenance	0
B.1	Modification of silos and coal feeders	4,500
B.2	Addition of 4 sootblowers	500
B.3	Modification of ABC system	500
B.4	Installation of a new blending facility	5,143
D.1	Other improvement works (Improvement of instruments) (Automation of consumed coal sampler) (Improvement of coal handling equipment)	7,836 (429) (686) (6,721)
	Total (incl. supply, transportation and installation)	18,479
	Consultant fee	571
	Total cost	19,050
	Contingency	1,850
	Total project cost	20,900

b. 工期

改善工事は定修、保修停止を利用して実施し、実際の工事は1990年内に実施され完成するものとし、プロジェクトコストは全て1990年に支出されるものと想定した。

c. 便 益

改善計画の経済効果は大別して、セミララ炭混炭比増加と信頼性、性能向上の2つがあげられ、それぞれの便益として下記のものが期待できる。

表2-5 改善計画経済効果

Upgrading Plans	Fuel Saved	
Plans for increase of SSC blend ratio		
A.1 Improvement of SSC blend ratio by 10%	Coal:	44,435 t
B.4 Improvement of SSC blend ratio by 5%	Coal:	23,354 t
Subtotal	Coal:	67,789 t
Plans for improvement of reliability/performance		
B.1 Prevention of 50 MW load down two times a week in a rainy season	Oil:	1,521 kl.
Prevention of a unit trip per year	Oil:	878 kl.
B.2 Prevention of two unit trips per year	Oil:	6,143 kl.
B.3 Improvement of efficiency by 0.1%	Coal:	889 t
Prevention of two unit trips per year	Oil:	878 kl.
D. Improvement of reliability and controllability		-
Subtotal	Coal:	889 t
	Oil:	9,420 kl.
Total	Imported Coal:	68,678 t
	Imported Oil:	9,420 kl.

上記改善工事を実施することにより年間約463百万円の外貨を節約することができる。

又、1991年から2009年の19年間で、総額8,787百万円の外貨を節約することになる。

d. 経済的内部収益率

上記をベースにSCCの混炭比を(1)9%改善(15%×60%……アルカリ分6%以下とな

る割合) (ii)15%, についてケーススタディーを行なった結果、下記のEIRRを得た。

	<u>EIRR</u>
ケース(i)	16.37%
ケース(ii)	24.27%

これらはいずれも、国家経済開発局 (NEDA) が設定する割引率15%を上まわることになり、当該改善計画は経済的には十分フィージブルである。

(3) 財務評価

a. 経 費

(a) プロジェクトコスト

原プロジェクト再評価額402.16億円に、本プロジェクトコストの予備費2.59億円を含んだ総改善工事費29.26億円を加え合計431.42億円を発電所建設費と想定した。

(b) 運転経費

1984年10月の運開より1986年末までは大略運転実績を用い、1987年～1990年は50:50の混炭比、1991年以降は改善工事実施による59:41の混炭比を用いた。(ただし年間の60%は65:35、残り40%は50:50の混炭比とする。) プラント効率は0.1%向上するものとした。

b. 便 益

改善工事により運転の信頼性向上、事故・保修停止が減少することになり、年間で約2%の利用率が改善され売電電力量で約44gWhの増加を見込んだ。

運開より発電寿命までの売電収益から、所内電力、送電ロス、一般管理費などを差し引いた収入を便益とした。売電価格は、1986年度ルソングリッド平均売電価格(1.0552ペソ/kWh)を用いた。

c. 財務的内部収益率

上記条件にて算定の結果、FIRR 13.67%を得た、これは機会費用8.5%を十分上まわるものであり、原プロジェクトの財務性再評価の中で本プロジェクトを実施しても、N APOCORのカラカ発電所経営は十分成立すると評価される。

d. キャッシュフロ

運開後16年目(1999年)にデット・サービスレシオが0.99となり1を下回るが、原プロジェクト工事費及び今回改善工事費の借入金返済後、運転最終年には約570億の累計収益をあげることができる。

(4) WITH/WITHOUT財務評価

単位価格の高い国内炭消費を増加することによりプラント経営の財務性にどのような変化を与えるかを検討した結果を下表に示す。

	WITHOUT	WITH	増 減
プラント効率 (%)	35.3	35.4	+ 0.1
利 用 率 (%)	68	70	+ 2
発生電力量 (gwh)	1,787	1,839	+ 52
石炭消費量 (t)	830,858	878,531	+ 47,673
セミララ炭 (t)	415,429	518,333	+ 102,964
	(50%)	(59%)	
オーストラリア炭 (t)	415,429	360,198	- 55,231
	(50%)	(49%)	
燃 料 費 (10 ³ ペソ)	591,987	631,884	+ 39,897
(百万円)	(3,947)	(4,213)	(+ 266)
発 電 原 価 (ペソ/kwh)	0.6954	0.6982	+ 0.0028

上記によりそれぞれの財務的内部収益率(FIRR)を算定した結果、WITHで13.67%、WITHOUTで14.14%となるキャッシュフローによる累積利益で約8.6億ペソ(57億円)の収益減となる。

表 2-6 工事費および経済評価

件 名	工 事 費 (百万円)	経 済 評 価
現設備のまま運用面での混炭比 増加	—	混炭比 $\frac{50}{50}$ を、年間60%の 期間 $\frac{65}{35}$ にすると SSC の消 費増加は 77,000 トン/年
石炭サイロ、給炭機改造	630	IRR 3.4%
スートブロワ及び視窓増設	70	" 154.6%
ボイラ自動制御装置 (ABC) の調改造	70	" 29.4%
混炭設備	720	" 21.5%
監視管理計装装置整備	60	
消費炭サンプル自動化	96	
アンローダ、ホッパ、 各シュート改造	70	
散水装置	47	
防風フェンス	748	
真空掃除機	35	
トリッパーシール改造	10.5	
コンベヤ排水対策 (B-6, B-7)	10.5	
マグネットセパレータ増設	20	
予備費	259	
コンサルタント	80	
合 計	2,926	IRR 16.37%

注：経済効果欄の IRR は、各単独の改善工事に対して予想される外貨分効果（輸入燃料の減少）を便益とする経済的内部収益率である。

合計欄の IRR は予備費を除いたコストに対する IRR である。

2-2 セミララ炭鉱

本調査は、NAPOCORより提供された資料及びセミララ炭鉱現場調査時に入手した情報に基づき行なわれたものである。炭質改善に関する評価及び選炭設備の概念設計は、セミララ炭鉱及びカラカ発電所に於いて採取した石炭サンプルの分析結果に基づいて行なったものである。結論及び提案は、すべてこれ等の資料、情報に基づくものである。

2-2-1 セミララ炭鉱の概要

- (1) セミララ炭鉱はNAPOCORがルソン島、バタングス州のカラカに建設を予定していた石炭火力発電所に燃料用石炭を供給する事を前提に開発された炭鉱である。
- (2) 当炭鉱は、ミンドロ島とパナイ島のほぼ中間北緯12°に位置するセミララ島にある。セミララ島は南北約13KM、幅4kmの小さな島で、フィリピン共和国の首都マニラより直線距離で約300km南方、ミンドロ島の南方約16kmである。
- (3) セミララ島には採掘の対象となる鉱区が3ヶ所ある。それ等はウノン、ヒマリアン、パニアンの各鉱区である。そのうち最も開発に着手し易いと思われたウノン鉱区が現在開発されている。
- (4) 当炭鉱はオーストリアの融資で、オーストリアの鉱山コンサルタントであるアストロミネラル社によりエンジニアリング、機器の組立て、設備建設、スタートアップ、トレーニングすべてがターンキーベースにて行われ、1980年に開発着手し、1984年7月にNAPOCORカラカ発電所へ出荷を開始した。主要採掘方式はバケットウィールエクスキャベータによる連続採掘である。
- (5) 開発されたウノンピットには総石炭埋蔵量の約80%を占めるメインシーム、及びその他のマイナーシームがあり、石炭の採掘は炭層の上から下まで“はさみ”もまとめて採掘する方式にて行なわれた。SCCその他関係者はこれをランオブマイン (ROM)と呼んでいる。
- (6) 1984年10月NAPOCORは、セミララ炭は粘土分が多く契約炭質より劣り、その為ボイラその他運炭系統にトラブルを続発し、使用不可であると宣言し、引きとりを拒否した。このトラブルにNAPOCORは輸入炭の混炭で対処してきた。
- (7) SCCではこれを克服する為、メインシームの“はさみ”を除き採炭する方式を採用し、炭質の改善を計り、その結果1985年2月よりNAPOCORはSCCからの石炭の引きとりを再開したが、セミララ炭のアルカリ分が高くその為に発生するボイラのトラブルは解

決されず、それに対処する為、輸入炭との混炭を水分対策と合せて現在も行なっている。

2-2-2 ウノンピットの現状

- (1) 現在ウノンピットは4台のバケットウールエクスカベータと、それに付帯したベルトコンベア設備により採掘され、海面下-62mのレベルまで採掘が進行している。
- (2) 当ピットの埋蔵炭量は1,722万トンと当時のフィージビリティスタディに述べられているが、今回提供されたデータに基づき計算した結果600~700万トン程度であった。
- (3) ウノンピットの北東部の斜面にて一部崩壊が発生している。ピット斜面の傾斜は可採炭量に大きく影響するので、安全操業の面からも斜面安定性に関する詳細調査が緊急の課題である。
- (4) ピットの安定性とも関連し、当ピットが海岸に接近しており、かつ海面下である事から海水の侵入に対する対策が不可欠であるので、この詳細調査がなされるべきである。

2-2-3 ウノンピットの増産計画

- (1) 地質炭層条件がアストロミネラル社のフィージビリティスタディと同じであれば、現在設備の稼働率向上、操業日数の増加により増産が可能で、かつこの方法が経済性の面から有利である。選択採炭を行った場合の年間生産規模は、301日操業で約60万トン、360日操業で約70万トンである。しかしながら、実際の地質炭層条件は、アストロミネラル社がF/Sで想定したものほどは良くない様である。
- (2) ショベル、トラックの追加により若干の生産増加が期待出来るが、年間6ヶ月も続く雨期に操業が困難なため、あまり有利な方法ではない。
- (3) 1986年末時点で、ウノンピットの選炭採炭を対象とした可採炭量は600~700万トン程度で当初計上していた1722万トンよりもかなり少ない。
- (4) 地質調査及びその解析又炭量計算の基礎データの精度に疑問が有るため、詳細な地質調査を行い、それに基づき詳細な採掘計画が立案されるべきである。
- (5) ピットの斜面の角度は、可採炭量及び操業の安全性に多大な影響を及ぼす為、その角度決定の為、斜面安定性に関する詳細な調査がなされるべきである。現在、斜面の崩壊がピットの北東斜面に発生しており、その斜面安定性の調査は、斜面崩壊対策をも含められるべきである。
- (6) ウノンピットは、海岸に接近しており、又、海面よりも低いという特異性を有し、その

為、将来海水の侵入が増大する事が考えられるので、ジオテクニカル又地質水理のデータに基づいた信頼性のある適切な対策がスタディされるべきである。

2-2-4 炭質改善

- (1) セミララ島ウノンピットの約80%を占めるメインシームは14プライから成り、そのうち3プライは粘土の“はさみ”である為、粘土分を混入する事が多く、又過去の出荷炭分析によるとアルカリ分の含有率が2-9%と高いばかりか、採掘地域によりその変動が激しい。又、当ウノンピットの石炭はリグナイトに近い亜歴青炭であり、空隙率が高く水分を吸収し易い性質を有する。
- (2) 過去にNAPOCORに出荷された石炭の分析結果、灰中のアルカリ含有率は、2-9%と高く、さらにそれはピットの採掘場所により変動が激しい。
- (3) 現在、石炭業界で広く行われている選炭技術によっても、石炭灰中のNa含有率を減少する事は出来ない。何故なら、Naは主に石炭プライ中に分布している為である。選炭により、SSCと同程度の炭質が得られるが、歩留が53%と低い。また、水を使用する為、精炭中の水分が32%にも上昇する。さらに、選炭設備は、その建設に40億円（2800万ドル）かかり、その他に造水プラント、自家用発電所の増設、分析所及び修理工場の強化等に多大の起業費を要す。その精炭トン当り操業コストは、付帯諸設備の建設費を除き、11.28US\$/トン（226ペソ/トン）となる。これ等の点を考慮すると、ウノンピットから生産される石炭を選炭する事は現実的ではない。しかしながら、将来他の鉱区が開発される時点では、再調査されるべきである。
- (4) 脱泥試験の結果、現在パイロット洗炭設備で洗われている#11プライ（ウォッシュブルコール）は水溶性の粘土分をあまり含まない為、洗炭する事なくそのまま製品炭に混入する方が有利である。SSCに#11プライを混入する事により、灰中のアルカリ分含有率を若干低下する事が出来る。
- (5) SSC+#11プライは、ドライヤにより乾燥しない場合、約37%の輸入炭との混炭が必要となる。エネルギー回収率の高い事、又、輸入炭と混炭した場合、最も、ボイラの設計基準に近い炭質となる事などの為、最も有利な方法と思われる。しかしながら、この輸入炭との混炭率は石炭中のアルカリ分含有率の変化に伴い変化する。
- (6) セミララ炭はそのアルカリ含有率から使用が制限されると共に、その高含水率も制限の要因となっている。従って、アルカリ分の見通しによってはドライヤ設置についても検

討を要する。

- (7) 切羽にて採取したサンプルの分析結果に基づくと、ドライヤによりSSCを乾燥した場合、数%の輸入炭の混炭にて使用する事が出来る。しかしながら、その混炭率は、石炭灰中のアルカリ分含有率により変化するので、将来採掘される区域でのボーリングコアサンプルの分析を行い、その含有率を確認する必要がある。
- (8) 最終決定は、SSCをドライヤで乾かし、数%の輸入炭を混炭する場合とSSC+#11プライをドライヤで乾燥することなく、37%の輸入炭と混炭する場合との経済比較によりなされるべきである。しかしながら、SSC+#11プライをドライヤで乾燥し、9.4%の輸入炭を混炭したものは、灰中のアルカリ分含有率に対する裕度が若干高いため、SSCをドライヤで乾かしたものよりより安全であろう。
- (9) 各シナリオの評価は、カラカ発電所に供給される石炭の灰中のアルカリ分含有率により、大きく左右されるため採掘計画に基づいた炭量、炭質の正確な予測が不可欠である。

2-2-5 セミララ炭鉱（主としてウノンピット）改善提案

- (1) ウノンピットに於ける出炭の増加は、現有設備を最大限に利用し、その稼働率の向上を計ると共に年間操業日数を増す事により行うべきである。
- (2) 正確な地質探査及び解析が行われなければならない。
- (3) 将来、生産される炭量、炭質をみきわめる為、正確な地質解釈に基づいた詳細採掘計画の立案が必要である。
- (4) ピット斜面安定性に関する調査が正確なジオテクニカルデータに基づき行われるべきである。その結果は、詳細採掘計画及び安全操業に不可欠である。
- (5) ドライヤ設備がカラカ発電所に建設された場合、炭質の評価をSSCと数%の輸入炭を混炭したもの、SSC+#11プライと約10%の輸入炭を混炭したものとの間で行い、有利な方が採用されるべきである。ドライヤ設備がない場合、SSC+#11プライに約40%の輸入炭を混炭するのが最も有利な方法であると思われる。
- (6) 脱泥試験の結果により判断すると、現在パイロット洗炭設備で水洗している#11プライは、水洗することなく、そのまま製品炭に混炭するのが有利である。
- (7) 選炭設備の導入は、ウノンピットの石炭を対象とした場合、多大なコストがかかり、又、エネルギー回収率、歩留共に低い為リコメンド出来ない。

但し、全島の石炭を対象した場合には、再調査されるべきである。

(8) ウノンピットに於ける選択採炭用の可採炭量は、600～700万トンと限られている為、発電所への将来の燃料供給計画に従って、ヒマリアン、又は、パニアン地区の開発をタイミング良く進めるべきである。

(9) 上記の各スタディを行うに必要なコストは下記の様になる。

- a. ウノンピットの詳細地質調査及び炭質分析を含む詳細採掘計画作成
- | | | |
|------------|-----|-----------------------------|
| 地質調査及び炭質分析 | 8ヶ月 | |
| 詳細採掘計画 | 8ヶ月 | } ¥165,000,000(\$1,200,000) |
- b. ウノンピットに於ける斜面安定性及び海水侵入、排水に関する調査
- | | | |
|--|-----|-------------------------|
| | 6ヶ月 | ¥95,000,000(\$ 700,000) |
|--|-----|-------------------------|
- c. 全島の採掘予定鉱区に於ける石炭分析を含む詳細地質調査
- | | | |
|--|----|---------------------------|
| | 2年 | ¥995,000,000(\$7,200,000) |
|--|----|---------------------------|

第 3 章 ルソン島の電力事情

第 3 章 ルソン島の電力事情

3-1 電力供給形態

フィリピンの電力供給形態は殆どの発電設備及び主要な送変電設備をフィリピン電力公社 (NATIONAL POWER CORPORATION: NAPOCOR) が運営し、メトロマニラをその供給地域とするマニラ電力会社 (MANILA ELECTRIC COMPANY: MERALCO) 及びフィリピン全土で100を超える各地方の電化協同組合 (ELECTRIC COOPERATIVE) がNAPOCORより卸売りされる電力を各需要家へ配電している。

又他に地方電化の推進機関として大統領府管轄の国家電力庁 (NATIONAL ELECTRIFICATION ADMINISTRATION: NEA) があり地方の配電設備整備・開発のための資金手当、入札書類作成、資材購入等を行っている。

3-2 発電設備

1986年末におけるNAPOCORのフィリピン全土における発電設備の合計は5,788MWであり、その内訳は表3-2の通り。

カラカ石炭火力発電所が属するルソン電力系統の全設備容量は4,111MWであるが経年劣化などで実際の可能出力は下記に示す通りである。

表 3 - 1 ルソン電力網の発電容量

	<u>Installed Capacity</u>	<u>Available Capacity</u>
Hydro	1,226 MW	856 MW
Geothermal	660	545
Coal-fired Thermal	300	285
Oil-fired Thermal	1,925	1,685
Total	4,111	3,371

ルソン系統の電源構成は表3-1に示す様に石油火力47%、水力30%、石炭火力7%、地熱16%となっており火主水従であるが、フィリピン政府の国産エネルギー利用政策に従いNAPOCORでは水力、地熱、石炭火力の開発を重点的に開発すべく努力している。特に地熱は火山帯がフィリピン群島の北から南へかけ走っており活発な火山活動により豊富な地熱資源が調査・開発されている。

現在開発済みの地熱発電所の設備容量はルソン系統のみで660MW、フィリピン全土では894MWに達しておりアメリカに次ぐ世界第二の地熱国となっている。

ルソン島の送電網は主として230kV、115kV及び69kVの送電線にて構成されその総延長は1986年現在で230kV系統が3,484km、138kVが2,501km、115kVが484km、69kV以下が732kmとなっている。

230kVの送電線はルソングリッドの基幹送電線としてルソン島を南北に縦断し北部の水力電源地帯と南部の地熱電源地帯の電力を最も負荷が集中しているメトロマニラ地区へ送電している。さらに将来のルソン島北部の水力、石炭火力発電の開発及びルソン島南部の地熱発電の開発に備えメトロマニラ地区をはさみルソン島を南北に走る500kVの送電線が計画されており南部はNAGA-KALAYAAN間が既に完成しKALAYAAN-SAN JOSE間が1988年の完成を目指し現在鋭意建設中である。

ルソン送電網は図3-1に示す通り。

3-3 電力需給状況

1986年におけるNAPOCORの発電電力量は192億6,300万kWhでその中ルソン系統においては147億5,600万kWhである。

一方売電々力量はそれぞれ176億4,500万kWh及び134億6,100万kWhとなっている。

カラカ発電所の1986年中の発電々力量は16億900万kWh送電々力量は15億2,600万kWhであり送電線ロスを8%と仮定すると売電々力量は約14億kWhとなりルソングリッドの電力供給の10%以上を供給している。

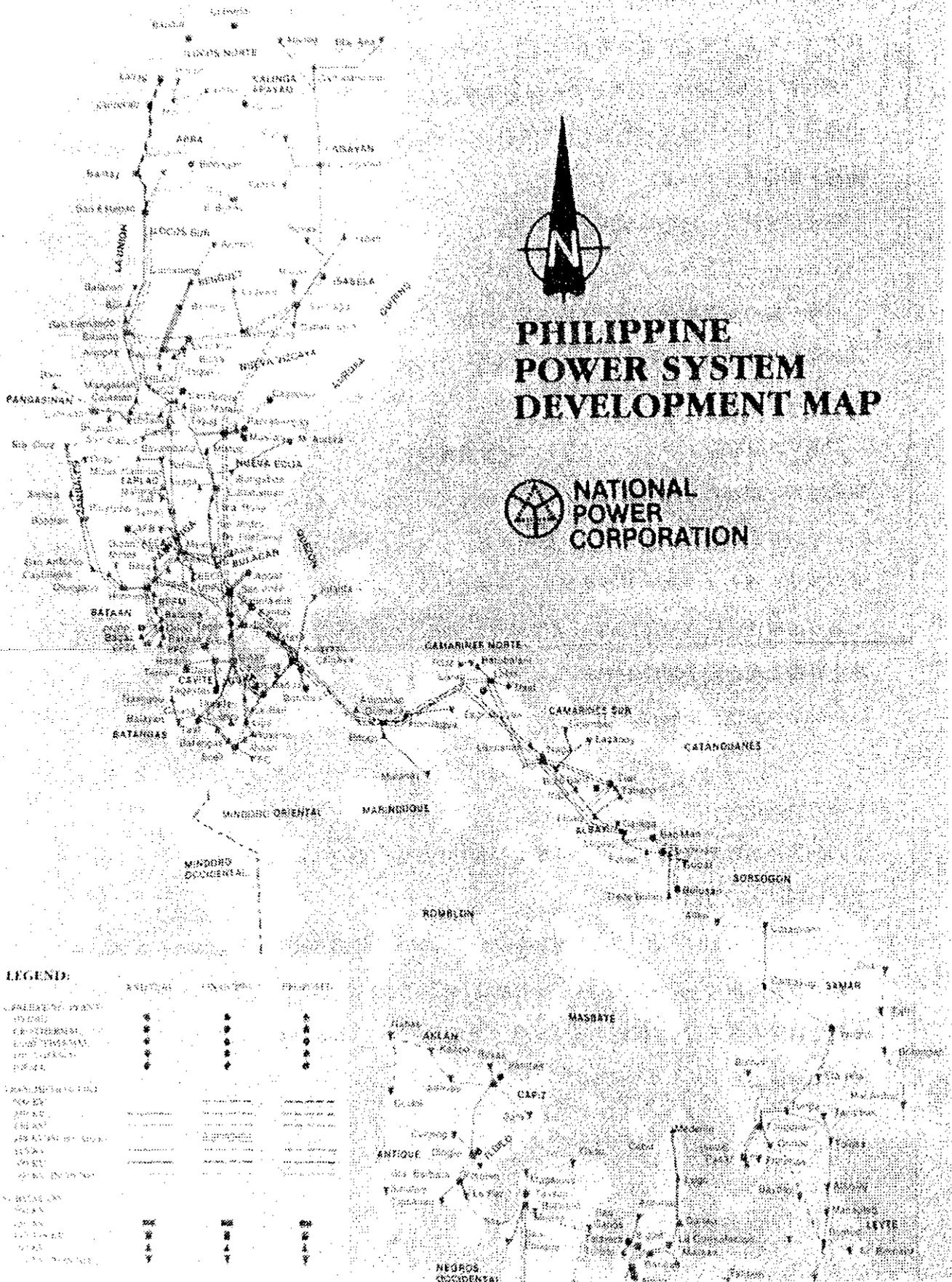


図 3 - 1 ルソン送電網

又ルソングリッドの需要電力最大値 (MW) は2,435MWで3-2項の表3-1に示す可能出力値3,371MWからすると現在の所は未だ若干の余裕がある様に見えるが、発電所設備に水力発電所が多く供給力が季節に左右されること、多くの石油火力発電所が老朽化し、信頼性が低下していること、1年を通して系統負荷はほぼ一定であることなどから現在のところ需給は非常にきびしい状況にある。

将来の需要(MW)の伸びについては1986年から1990年までは年平均4.5%、1991年から2000年までは6.0%で計画している。(表3-3参照)

3-4 電力開発計画

フィリピン最初の原子力発電所であるPNPP1の新政府によるモスボールに伴なって生じたルソン島の電力供給力不足に対処するためフィリピン電力公社は電力開発計画の大幅な見直しを行いカラカ石炭火力2号機の建設、バコンマニトの地熱発電所、イザベラ石炭火力発電所等の開発、カセクナン水力発電所の開発などを計画している。(表3-4参照)

同時に既設発電所の信頼性及び供給力向上のためマラヤ石油火力発電所のリハビリテーション工事が実施中であつたが2号機が1987年1月、1号機が1987年10月に完成し、さらにスーカット石油火力発電所1号機及び4号機について1989年及び1990年にそれぞれリハビリテーション工事が実施される予定である。将来の需給状況及びフィリピン政府の政策である国産エネルギーの最適利用を考慮すればカラカ1号機は国産の石炭を使用する基底負荷発電所であるところから、現在と同様将来も長期に亘ってルソン電力系統の根幹となる火力発電所としてその重要な役割を果たしてゆかなければならない。

表 3 - 3 長期売電電力量予測 (1987年3月付)

Year	UTILITIES			TOTAL UTIL.	IND	MISC	TOTAL LUZON
	MERELCO	OTHER PUS	COOPS				
1985	9,742	585	1,234	11,561	1,065	451	13,077
1986	10,179	531	1,117	11,887	1,073	471	13,431
1987	10,688	549	1,210	12,447	1,094	496	14,037
1988	11,251	574	1,245	13,070	1,138	516	14,724
1989	11,890	605	1,299	13,794	1,189	521	15,504
1990	12,524	646	1,370	14,540	1,247	539	16,326
1991	13,179	694	1,458	15,331	1,311	543	17,185
1992	14,088	748	1,556	16,392	1,384	564	18,340
1993	14,949	805	1,664	17,418	1,456	577	19,451
1994	15,883	864	1,783	18,530	1,520	586	20,636
1995	16,783	923	1,916	19,622	1,598	595	21,815
1996	17,783	988	2,054	20,825	1,707	607	23,139
1997	18,838	1,056	2,197	22,091	1,827	620	24,538
1998	19,956	1,125	2,345	23,426	1,933	635	25,994
1999	21,157	1,198	2,498	24,853	2,059	653	27,565
2000	22,433	1,275	2,656	26,364	2,197	672	29,233
Growth Rate (%)							
1985-1986	4.5	-9.2	-4.6	2.8	0.8	4.4	2.7
1986-1987	5.0	3.4	2.8	4.7	2.0	5.3	4.5
1987-1988	5.3	4.6	2.9	5.0	4.0	4.0	4.9
1988-1989	5.7	5.4	4.3	5.5	4.5	1.0	5.3
1989-1990	5.3	6.8	5.5	5.4	4.9	3.5	5.3
1990-1991	5.2	7.4	6.4	5.4	5.1	0.7	5.3
1991-1992	6.9	7.8	6.7	6.9	5.6	3.9	6.7
1992-1993	6.1	7.6	6.9	6.3	5.2	2.3	6.1
1993-1994	6.2	7.3	7.2	6.4	4.4	1.6	6.1
1994-1995	5.7	6.8	7.5	5.9	5.1	1.5	5.7
1995-1996	6.0	7.0	7.2	6.1	6.8	2.0	6.1
1996-1997	5.9	6.9	7.0	6.1	7.0	2.1	6.0
1997-1998	5.9	6.5	6.7	6.0	5.8	2.4	5.9
1998-1999	6.0	6.5	6.5	6.1	6.5	2.8	6.0
1999-2000	6.0	6.4	6.3	6.1	6.7	2.9	6.1
1986-1990	5.2	2.0	2.1	4.7	3.2	3.6	4.5
1991-1995	6.0	7.4	6.9	6.2	5.1	2.0	6.0
1996-2000	6.0	6.7	6.7	6.1	6.6	2.5	6.0
1986-2000	5.7	5.3	5.2	5.6	4.9	2.7	5.5

表 3 - 4 ルソン電力網電力開発計画 (1987年6月付)

Year	Plant	Capacity (MW)
1987	REHAB MALAYA 1 *1	1 x 300
1988	ROCKWELL *2	3 x 60
1989	GAS TURBINE A	3 x 50 1 x 150
1990	GAS TURBINE B REHAB SUCAT 1 *3	4 x 50 1 x 300
1991	BACON-MANITO I GEO REHAB SUCAT 4 *3	2 x 55
1992	CALACA II COAL RETIRE ROCKWELL	1 x 300 (3 x 60)
1993	PANTAY HYDRO BACON-MANITO II GEO PINATUBO GEO	2 x 11.5 2 x 55 2 x 55
1994	LABO GEO IROSIN GEO	2 x 55 2 x 55
1995	ISABELA COAL	2 x 150
1996	SAN ROQUE HYDRO	3 x 130
1997	CASECNAN HYDRO	2 x 50 1 x 12 3 x 52
1998	BINONGAN HYDRO GEOTHERMAL	3 x 58.3 2 x 55
1999	COAL A	2 x 150
2000	COAL B	2 x 150

*1 Schedule of Rehabilitation: Feb. -- Aug. 1987

(Does not consider operation of Rockwell)

*2 Dependable Capacity: 3 x 35 MW

*3 Sucat 1 Rehab: Jul. 1989 -- Jan. 1990

Sucat 4 Rehab: Nov. 1990 -- Nov. 1991

