

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

要約版

1988年1月

国際協力事業団

鉦計資
J R
88 - 7

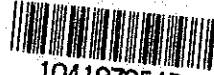
フィリピン共和国

カラカ石炭火力発電所1号機改善計画調査

最終報告書

要約版

JICA LIBRARY



1041979[4]

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
	64.3
登録No. 17428	MPN

カラカ石炭火力発電所 1号機改善計画調査
最終報告書要約版

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	1-1
1-4	業務の内容と実施方法	1-1
1-5	調査団員の構成	1-6
1-6	調査日程	1-6

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	2-12

〔 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	3-2
3-4	電力開発計画	3-2

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	4-7
4-3	ボイラ燃焼設備	4-9

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- 4
5- 4	燃焼試験用石炭及び灰の分析	5- 5
第 6 章	石炭の分析及びその評価	
6- 1	過去の石炭分析データの検討	6- 1
第 7 章	最適混炭比の算定（混炭比増加に対する検討）	7- 1
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	8-16
8- 3	環境対策	8-17
8- 4	揚運炭設備	8-18
第 9 章	設備改善実施計画	
9- 1	SSC使用量の増加対策	9- 1
9- 2	設備の改善対策	9- 1
第 10 章	経済、財務評価	
10- 1	評価方法	10- 1
10- 2	予備的経済評価	10- 1
10- 3	前提条件	10- 3
10- 4	経済評価	10- 5
10- 5	財務評価	10- 7
10- 6	WITH/WITHOUT 財務評価	10- 8

(炭 鉱)

第11章	セミララ炭鉱調査概要	
11-1	概 要	11- 1
11-2	石炭販売契約	11- 2
第12章	セミララ島	
12-1	セミララ島	12- 1
12-2	炭鉱付帯設備	12- 4
第13章	セミララ炭鉱ウノンピット	
13-1	ウノンピットの操業	13- 1
13-2	生産実績及び出荷実績	13- 5
13-3	ウノンピットの石炭埋蔵量	13- 7
第14章	生産改善計画	14- 1
第15章	石炭品質管理	
15-1	品質管理の現状	15- 1
15-2	石炭品位の実績	15- 2
15-3	パイロット選炭設備	15- 3
第16章	石炭サンプルの分析	16- 1
第17章	選炭設備	17- 1
第18章	炭質の評価	18- 1

第 1 章 總 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300MW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、バタンガス州にあるカラカ発電所及びブ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ものである。

この報告書（要約版）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の要約である。

1-2 調査の目的

当調査の目的は、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ものである。

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・業務が実施された。

併し乍ら、SCCから最近実施された地質調査結果及び経理関係資料については提供を得られず、従って将来予測については大部分想定によらざるを得なかった。又、提供され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。

尚、本調査は全てカラカ1号機に関わる調査のため、ウノンピット以外の炭鉱事情については一切の資料が提供されなかった。

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 	○	○	<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、集約
(3) ボイラ、石炭及び灰処理系統の調査	○	○	<ul style="list-style-type: none"> 搬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 	○	○	
(4) ボイラ燃焼管理調査	○	○	<ul style="list-style-type: none"> 現在使用燃料炭の状況調査 	○	○	<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
(5) ボイラ燃焼試験	○	○	<ul style="list-style-type: none"> 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"> 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
(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)

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
(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。 ① 石炭及び石炭灰分析結果、及び後述するワノンの増産計画、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。 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。 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。 ④ 選炭プラント、脱塩プラントの設置位置の選定を行う。			<ul style="list-style-type: none"> ワノンにおける選炭用テストプラントの現況 ワノンにおける大型選炭プラント設置に関する基礎調査 	○	○	<ul style="list-style-type: none"> (5)(6)及び(7)の選炭品質の検討の実施結果によるワノンの選炭基本計画の検討 (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 同上プラントの予備設計
(9) ワノン炭増産計画に関する調査 ワノン炭の増産計画、採掘方法については以下の調査検討を行う。 ① 現在の生産状況に関する調査を行う。 ② 採炭方式に伴なう増産計画の生産性、経済性、ホールハンドリング及び発電に与える影響の検討、調査を行う。	○	○	<ul style="list-style-type: none"> SCC組織の現状と運用状況 SCCの増産計画に関するF、Sの進捗状況とその内容検討 ワノンピットの地形、地質 ワノンピットの採炭、輸送、貯炭などの現況 分析用炭試料採取の位置選定と指導 燃焼試験用炭試料採取方法の検討 	○	○	<ul style="list-style-type: none"> ワノン炭の既存資料と第1段階調査による資料の総括と採炭可能量の推定 適正採炭-輸送-貯炭に関する基本計画 (5)~(8)の実施に伴ない適正ワノン炭採炭の可能性検討 増産の基本計画 増産用設備の予備設計と設備仕様
(10) 分析室用の機器仕様調査 JICAが供与を予定している試験分析機器の具体的仕様の詰めを行う。	○	○	<ul style="list-style-type: none"> 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 増設の必要性とその内容の検討 増設の配管計画 	○	○	<ul style="list-style-type: none"> 既設備の問題とその検討 増設の必要性とその内容の検討及び仕様書作成 増設設備の運用方法及び指導

表 1-1 調査項目と調査区分 (3)

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
<p>10) 分析室建設</p> <p>NAPOCOR が増設を計画している上記分析機器配置のための建物の仕様、方法等につき助言指導を行う。</p>	○	○	<ul style="list-style-type: none"> 上記既分析室の現状と建屋構造の検討 増設備配置に関する建屋基本計画のための助言および指導 			
<p>12) 改善計画の策定</p> <p>上記に述べた調査、試験、検討及び分析結果より改善計画を策定して、それぞれ予備設計、計画実施工程、支出計画及び経済評価を行ない報告書を作成する。</p>	○		<ul style="list-style-type: none"> 経済、財務分析用基礎資料収集 	○	○	<ul style="list-style-type: none"> 以上の発電所、ウノン炭鉱における調査、諸試験、分析、検討結果に基づき、主として下記改善計画をまとめる。 <ul style="list-style-type: none"> 一般事項及び改善の必要性 基本計画と予備設計 基本仕様 所要工事費と工程 経済、財務分析 その他

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

作業項目	年度		1987年度											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2
大工組	現地調査、資料収集	着手報告書												
	燃焼試験、石炭分析													
改管計画報告書地	ワノン炭鉱、通炭設備調査、検討													
	改管計画報告書地	着工												
現地調査及び打合せ	(1) 発 動	▽：東京 → マニラ 9名 16日 2名 28日 4名 4日		▽：マニラ → 東京										
	(2) 関係機関要請訪問													
	(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) 改善案検討、調査報告書													
	(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													
現地調査及び改善計画検討	(6) 石炭分析及び評価													
	(7) 燃送アレンド比の決定													
	(8) 灰質改善検討													
	(9) ワノン炭地画計画													
	(10) 分析機器の検討及び現地構築													
	(11) 分析室改修検討													
	(12) 燃焼設備評価													

凡 例 : 現地調査期間 隔内作業期間 報告書等の説明

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ンピ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シング（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70万トンの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、今年に入ってからに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、又、原子力発電所の運開取止め、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発電所として10年以上は運用されられると思われる。
- (3) カラカ2号機を対象とした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、現発電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 %と変動巾が大きく、4 %以上のものが多い。
(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ン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ろう。

(2) 低品位炭対策の不備

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

セミララ炭は碎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炭の受入れは不可能

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でいるということである。

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SSC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こと、ミル（微粉炭機）1台が使用不可能であったこと、準備された試験用炭のアルカリ分が低かったことなどにより事前に計画したテスト項目の一部を実施できなかったが、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、混炭比 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る。

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。一例として次のような運用となる。

アルカリ分	混炭比調整で 対処する場合	減負荷で 対処する場合
6%以下	混炭比60%（出力100%）	出力100%（混炭比60%）
6~7%	50%（ " ）	90%（ " ）
7%以上	40%（ " ）	75%（SSC専焼可）

- (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、セミララ炭混炭比増加をテス

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ため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、スートブロワ（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にようにすること。

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、条件がきびしくなるので対応できるよう次のような設備の改造を実施する。

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、トラブルを未然防止する。

b. スートブロワ及び視窓増設

万一の灰詰り事故に備えて、スートブロワ及び視窓又は監視用テレビを増設する。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

石炭管理を強化する為、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AHのエレメント増設、ドライヤ設置、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) その他の設備の改善

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。

(6) 経済・財務評価

外貨節約を便益とする本プロジェクトの経済的内部収益率(EIRR)を求めた結果、フィリピン経済開発局が設定する15%を上廻る16.37%を得た。プロジェクト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と評価される。

工事費及び経済評価は、表2-3の通りである。

又、財務評価では、予備費を含めた本プロジェクトへの投資額2,926百万円及び年間の

燃料費増約266百万円は、原プロジェクトのキャッシュフローで十分吸収され、財務的内部収益率(FIRR)13.67%を得た。従って、本プロジェクトは経済的、財務的に十分実施可能と評価される。

YEAR & MONTH	1988												1989												1990												1991												1992											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ITEM																																																												
1. FINANCIAL AND OFFICIAL PROCEDURE																																																												
2. TENDERING AND CONTRACT																																																												
1) Tender Document Preparation																																																												
2) Tendering																																																												
3) Evaluation																																																												
4) Negotiation & Contract																																																												
3. UPGRADING WORKS																																																												
Design, Material Procurement & Manufacturing																																																												
Shipping & Inland Transportation																																																												
Upgrading Works																																																												
Adjusting & Testing																																																												

図2-1 カラカ石炭火力発電所1号機改善計画工程表

表2-3 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/年となる。
石炭サイロ、給炭機改造	630	IRR 3.4%
スートブロワ及び覗窓増設	70	" 154.6%
ボイラ自動制御装置	70	" 29.4%
(ABC)の調整改造		
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	9	
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	10.5	
(B-6, B-7)		
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內部収益率である。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

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、バタンガ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開発された。
- (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) セミララ炭鉱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台のバケットウィールエクスキャベータと、それに付帯したベルトコ

ンベヤ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17,220,000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) 現状の採掘設備（BWE設備）の大型化、又は台数の増加はピットの現状から又経済性の面から困難である。
- (2) 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。
- (3) 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、雨期に操業が困難なため、あまり有利な方法ではない。

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い。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。さらに、当ウノンピットの石炭はリグナイトに近いサブビチュミナスであり、空隙率が高く水分を吸収し易い性質を有する。
- (2) 炭質改善の為、石炭内部のナトリウム分布を調べた結果、石炭中に一様に分布している。従って、選炭により除去する事は出来ない。
- (3) 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（ウォッシュャブルコール）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。
- (4) 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) 選炭によりROM炭をSSCとほぼ同程度の炭質に出来るが、水を使用し選炭する為、製品炭の予想される水分が32%と高くなる。
- (6) 選炭設備は約40億円を要し、その他造水設備、発電設備拡張、分析所、メンテナンス関係の増加と多額の起業費を要する上、その精炭水分が高い為低水分の輸入炭約50%の混炭が必要となる。
又、ROM炭を100として表わした場合、エネルギー回収率が約77%、石炭の歩留りが53%と低く、貴重な資源の節約という観点からするとあまり有利ではないが、将来、他ピットから生産される石炭の性状、炭量をも合わせ、島全体の石炭が対象とされた場合には再調査されるべきである。
- (7) SSC+#11プライはエネルギー回収率が90%以上、石炭の歩留りが67%と高く、輸入炭の混炭率も37%程度である為、最も有利な方法と思われる。
但し、これ等は、サンプル採取を行った切羽でのアルカリ含有率分析値に基づく値であり、アルカリ含有率により異なる。
- (8) 従って、将来採炭される区域に於ける詳細な炭質調査を行い、採掘計画と合せ、発電所に供給される炭質の予測が行なわれるべきである。
- (9) 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。

2-2-5 セミララ炭鉱（主としてウノンピット）改善提言

- (1) 今後の増産計画については、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。
- (2) 炭質改善については今回試料採取・分析を行った切羽での分析値をベースとすると、SSC+#11プライがエネルギー回収率、石炭歩留り、輸入炭混炭率の面から最も有利である。又#11プライは洗炭することなく製品炭に混入した方が有利である。
- (3) カラカ1号機のトラブル発生の基本的原因は、計画と大巾に異なった燃料用石炭が納入されて来た事にある。
特にセミララ島に於ける石炭は、その性状が場所によりかなり変化するという特異性を

有しており、発電所の安定操業を目指すには、将来採炭される区域の炭質及び炭量を正確に把握しなければならない。従って下記の項目をリコメンドする。

- a. ウノンピットの将来採掘される区域に於けるより正確な炭質炭量をも含めた地質再調査。
- b. 現在問題となっているピット斜面安定性に関する詳細調査。
- c. 海水の浸入対策及びピット排水に関する調査。
- d. 上記、調査結果に基づく詳細採掘計画の作成。
- e. 発電所に於ける将来の燃料需要計画を考慮し、将来開発される他ピットを含めたセミララ島全島ベースの炭質、炭量調査に基づく採掘計画の立案。

(4) 上記調査の必要経費は概略下記の見積りとなる。

- a. ウノンピット地質再調査及び炭質分析を含む詳細採掘計画の立案
(地質、炭質調査8ヶ月、採掘計画8ヶ月) ¥165,000,000 (\$1,200,000)
- b. ピット斜面の安定性及び海水浸入対策に関する調査
(6ヶ月) ¥ 95,000,000 (\$ 700,000)
- c. セミララ島全鉱区の炭質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公社 (MANILA ELECTRIC COMPANY: MERALCO) 及びフィリピン全土の各地方にある100を超える電化協同組合 (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、資材購入等を行なっている。

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5,787.9MWであり、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4,111.2MWであるが経年劣化などで実際の可能出力は表3-1に示す通りである。

表3-1

	設備容量	可能出力 (単位: MW)
石油火力	1,925	1,685
水 力	1,226	856
石炭火力	300	285
地 熱	660	545
合 計	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にかけて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。

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。

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3-2参照)

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PNPP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3-3参照)

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ったが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。カラカ発電所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3-2 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3-3 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

第 4 章 カラカ発電所の現状

第4章 カラカ発電所の現状

4-1 運転、保守、管理

4-1-1 運転実績

(1) 現在までの運転の経緯

カラカ発電所はセミララ炭を使用するように計画された発電所である。

運転開始に備えて1984年7～10月セミララ炭 (ROM)約15万トンがカラカ発電所に納入されたが、この石炭を使用した所、混入している粘土と多量の水分により運炭系統ホッパ・石炭サイロで石炭詰りを生じ給炭機・ミルのトリップ、プラント停止事故が相次いで発生したので試運転はオーストラリア炭が主に使用された。

1985年2月以降SCCから、選択炭 (SSC=Selected Semirara Coal) が納入されるようになった。SSCの使用で石炭詰りは解消したが、火炉にスラッキング、後部煙道にファウリングが発生し、この為ユニットを停止し灰出しせざるを得ない状況が多発した。当時の運転方式としては3台のミルの中、2台はオーストラリア炭、1台はセミララ炭といったミキシングファイリングを行ない、又燃焼安定のため適時重油による助燃を行った。その後スラッキング対策のため各種混炭比での試験が行われ次のようなルールが作られた。

- ・ROM炭 使用停止
- ・100%SSCでは出力は225MW～230MW以下。
- ・SSC/輸入炭=60/40燃焼の場合は260MW以下とする。
- ・SSC/AC で石炭中の $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}<4\%$ の場合はMCR (全出力) 可能。
- ・100 %輸入炭燃焼は排ガス温度上昇で好ましくない。

この後、ミルが常時3台運転のため国内炭/輸入炭=40/60の割合で運用されてきたがミキシングファイリングではABCが自動で使えない、燃焼が良好でない等の問題があった。1986年中頃からリクレーマで混炭するようになり1987年2月の時点では輸入炭/国内炭=50/50で使用するようになっていた。この方法では燃焼も良好でABCの自動運転も可能である。

1987年ルヴィミン炭、モンテネグリン炭などの新銘柄が入荷したので、NAPOCORでは事前にスラッキング、ファウリング特性の評価を行った後、混炭運用した。

輸入炭との混炭により、スラッキング、ファウリングは一応解決したが、外貨節約のため出来るだけ輸入炭を節減したいとNAPOCORは考え、さらに国内炭比率増加のための

試験を行っている。

1984年9月の運開以来1987年6月迄の運転実績は表4-1に示す通り。

表4-1 運転実績

	84	85/ First Half	85/ Second Half	86/ First Half	86/ Second Half	87/ First Half
Utilization Factor (%)	29	55	55	57	71	80
Number of Plant Trip	34	43	14	11	20	9
Thermal Efficiency (%)	30.7	33.2	33.9	33.6	35.8	35.3
Operating Hour (h)	1,196	3,442	3,363	2,496	3,875	3,814
Forced Outage Rate (%)	7.2	11.7	17.4	3.1	0.8	5.5
Coal Consumption (t)						
Local Coal	24,498	199,659	141,934	141,109	222,281	235,669
Imported Coal	53,395	99,527	161,391	154,030	222,281	230,795

(Including some assumed figures)

(2) 最近の運転状況

- a. 1987年に実施した燃焼試験以前は月曜日から金曜日までセミララ炭とオーストラリア炭との混炭比55/45で300MW定格出力で運転しており、国内炭使用量増加を計っていた。

O₂は中制室の記録計の値で、2.5%の低O₂運転を行っていた。

- b. カラカ1号機発電機出力の変動がリミッタ運転を行っているにもかかわらず、15MW～20MW程度連続変動しており、出力変化が通常変動値(±2MW)より大きい。原因調査の結果、主蒸気圧力制御、及びドラム水位制御系統に再調整と改造が必要と判断された。

又、周波数高によるガバナ制御動作時、発電機出力を大巾に減少させ、制御系の安定化動作不良で負荷変動が大きくなるのが観察された。

- c. 最近のプラント・トリップの事故原因を調査すると「クリティカルフレームアウト」によるものが頻発しており、プラントの安定運転のさまたげとなっている。

(クリティカルフレームアウト：6本のバーナーが失火したとフレームディテクタが判定した時、トリップとなる。)

(3) 事故状況

1984年9月の運開から、1987年6月現在までの運転中に生じたカラカ1号機の停止事故の

分類とその割合は表4-2に示す通りであるが、停止事故総件数111件の中で計装・制御関係がその60%を占め最も頻度が高い。

停止事故経時変化で、いわゆる初期故障といわれるものは1984年9月の運開から1985年5月までの間にはほぼつくしており、大部分は対策が施され現在問題はないと考えられる。しかし運開当初の石炭仕様異常による初期調整期間の不足からくる制御装置の問題点が残存している。

表4-2

故障項目	割合
計装・制御	60 %
ボイラー本体	19 %
T / G	8 %
系 統	8 %
そ の 他	6 %

この詳細は表4-3参照

表4-2に示す各種の故障原因についてはNAPOCOR関係者の手により調査されその対策がとられているが、下記項目については種々の制約により未だ問題が解決されていない。

- a. クリティカルフレームアウトの誤動作
- b. ABCの系統周波数や負荷変動に対する不安定性
- c. 系統事故による発電所トリップ

表4-3 カラカ1号機停止事故総括表

Trouble Item	Number of Plant Trip	Remarks
1. Instrumentation & Control		Total shutdown hour
1) Critical flame out	12 times	: 70
2) MFT trip	7	: 18
3) Furnace pressure high/low	24	: 206
4) Drum level high/low	8	: 26
5) Loss of primary air	5	: 8
6) Loss of igniter	2	: 8
7) EHC trouble	2	: 5
8) Mill trouble	4	: 5
9) Others	2	: 5
Subtotal	66	351
2. System Fault or Irregular Frequency		
1) System frequency high/low	6	: 63
2) System trouble	3	: 44
Subtotal	9	107
3. Boiler and Auxiliaries		
1) Boiler		
a. Slagging/Fouling	3	: 202
b. Tube leak	6	: 976
2) Coal silo clogging	3	: 55
3) Auxiliaries	9	: 308
Subtotal	21	1,541
4. Turbine/Generator		
1) Turbine	0	
2) Auxiliaries	5	: 183
3) Generator	4	: 33
Subtotal	9	216
5. Others	5	: 136
$\text{Forced Shutdown Rate} = \frac{\text{Forced shutdown hour (h)}}{\text{Operating hour (h)} + \text{Forced shutdown hour (h)}} = 11.4\%$ <p style="text-align: center;">(Up to June 1987 since commissioning)</p>		

4-1-2 保 守

保守作業はカラカ発電所においては大きな努力が払われているが、プラントの保守作業の状況には若干改善すべき点が見受けられる。

又、予備品工具類が入荷しないため修理できないままになった設備がみられるが、資機材調達の遅延はNAPOCOR全部門で問題になって居り、この円滑化については全社的に改善される事が望まれる。

4-1-3 石炭管理

- a. SCCからの納入石炭は5,000DWT級の石炭船で輸送されているが、石炭品質管理はセミララでの船積時点で1ロット毎(1,000ton)にサンプル炭を採取し、炭鉱側と発電所側で各々工業分析(湿分, 灰分, 揮発分, 固定炭素, 発熱量, 硫黄分)を実施し、取引条件の確認を行っている。
- b. 貯炭中の石炭のうちオーストラリア炭には自然発火現象はみられないが、SSCのコールパイルでは炭質が若い炭(褐炭)のため、自然発火が数箇所みられる。
- c. 実際にボイラで消費する石炭のサンプリング及び分析は実施されていない。
- d. 混炭比の管理

現在、ボイラのスラッキング、ファウリング防止のため、2台のリクレーマで、セミララ炭とオーストラリア炭を同時にリクレーミングし、混炭比に合わせて、各々のリクレーミング量を決定している。

4-1-4 環境関係

フィリピン共和国の環境行政は大統領布告(官報1978, 6月5日)によって制定されたNPCC(National Pollution Control Commission)により管理されている。NPCCの規程および規則の内容は次のとおりである。

第1章概説および管理法

第2章大気質基準および大気汚染防止に関する規制

第3章水質基準および水質汚濁防止に関する規制

第4章騒音防止規制および悪臭防止規制

第5章許容規程

カラカ石炭火力発電所環境部門は業務推進のために環境防止マニュアルを作成し、火力

発電所の環境部門に加えて、EMD (Environmental Management Division) が定期的に周辺の汚染状況監視を実施している。

4-2 設備の状況

4-2-1 ボイラ及び付属設備の現状と問題点

ボイラ設備及び運転上には現在迄、セミララ炭の性状により下記のような問題が発生している。

- a. 試運転当初に納入されたROM (Run-of-mine)炭を使用した時には、多量の粘土分と高水分が原因で揚運炭設備、石炭サイロ、各所のホッパ、シュートにおける石炭の詰りや給炭機トリップ、ミルトリップおよびユニット停止事故が頻発した。また、ユニットは定格出力を確保出来なかった。
- b. 1985年2月以降はSCCは炭質をROM炭からSSC (Selected Semirara Coal)に改善し、石炭詰りは解消したが、新たにボイラトラブルとして火炉内でのスラッシングや後部煙道でのファウリングが発生し、ユニットを停止して灰出し作業を行なう状況が頻発した。
- c. 1986年中頃より、リクレーマによる混炭手法を取入れ、SSCをベースに輸入炭との混焼を行っている。スラッシング及びファウリングに最も影響するSSCの灰分性状のうちアルカリ成分である ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$)が不安定で、混炭比アップの大きな制限条件となっている。

4-2-2 揚運炭設備

発電所運転開始以来、セミララからの粘土が付着したROM (Run-of-Mine)炭とSSC (Selected Semirara Coal)及びオーストラリアからの輸入炭の3種類を単味又は混炭で使用してきた。

運転開始当初はROM炭が使用され石炭詰りが主体の種々の問題が発生している。今後も当発電所でROM炭を使用するとすれば、多くの対策を実施する必要がある。

SSC,オーストラリア炭を単味又は混炭で使用するにしても、改善および修理が必要である。

既設の揚運炭設備のROM炭使用時の問題点と対策の詳細については1987年6月に提出した揚運炭設備に関するプレリミナリーレポートに記載している。

4-2-3 灰処理設備

a. 電気集じん器(EP)灰の処理

EP灰の再利用(セメント工場他)を考慮してEP灰回収用アッシュピンを設備

しているが、EP灰は灰捨場に投棄している。通常販売用には未燃カーボンは5%以下と言われる。カラカ1号機に使用中の石炭性状の不安定から、灰の性状が頻繁に変化しているようである。又、アッシュビン（サイロ）に分級設備はない。

b. 節炭器(Eco)ホッパの詰りについて

節炭器ホッパ内に大塊のクリンカが発生する。クリンカの性状は非常に堅いものや割れやすいものもあるが、全般的にこれらのクリンカの内部は燃えており、未燃カーボンを含む灰である。この現象が頻繁に発生するため、発電所出力制限の一因ともなっていた。

4-3 ボイラ燃焼設備

(1) 燃焼管理

発電所の燃焼管理では、ボイラ入力のみル微粉炭粉砕性能の維持管理を始めとするボイラ直接燃焼の良否を決定する各諸元を常時管理する必要がある。

カラカ1号機における燃焼管理を評価すると、次のことが言える。

第1点として、ミルの微粉粒度を決定するデフレクタベーンの制御不能に問題がある。ミル管理は石炭専焼型ボイラにおいての最も重要な、管理ポイントである。

第2点として、燃焼に関するバーナ周辺の装置の良否は直接燃焼に影響するものであり、装置の稼動状態は定量的に把握されるべきである。

第3点として、燃焼に関する結果としては、ボイラ排ガスO₂計の動向が良否の指標となるため、排ガスO₂計の完全整備と保守管理が必須である。

第4点として、運転管理面での燃焼管理の意識ならびに運用面での管理体制について多少の不足がある。

(2) 燃焼管理計測機器

現在燃焼管理上の主要な機器が故障中、又は問題を抱えているが、いずれも修理機材部品は発注済みで納入待ちとのことである。発注後、相当長期にわたるものがあり、故障のまま放置することは大事故にもつながるので、資材調達体制を整備強化し、早急に保修の出来る体制をとられるよう希望する。

(3) ボイラ自動制御

第1回及び第2回の調査結果の資料及び現地の運転状況より、ボイラABC機能を主眼とした解析を行った結果、現状運転でのボイラ動態安定性では通常安定運転不能を始め電力系統への安定寄与度があるとはいえない状況である。

第 5 章 ボ イ ラ 燃 焼 試 験

第5章 ボイラ燃焼試験

5-1 燃焼試験の目的

今回の試験の目的はカラカ1号ユニットのボイラにおいて、国内産セミララ炭の100%専焼を最終のターゲットとした混炭燃焼の比率上限値をもとめるべく、各種混炭比毎の燃焼試験を実施し、その結果を確認するとともに、安定した燃焼方式を確立するものである。

5-2 燃焼試験の結果とその評価

今回のボイラ燃焼試験は、下段ミル1台故障に伴ない上段3台(A,B,C)のミルによる燃焼調整試験となった。テストの進行上、蒸気温度制御の上限や排ガス温度高など制限事項はあったが、結果として本試験以降通常の運転においては混炭比 $S/A = 60/40$ での運用を可能とした。なお、異常濁水による電力需要の逼迫による負荷変化の制限や、最下段ミル系故障による全ミル運転試験不能など、当初計画した試験項目を一部実施することが出来なかった。

5-2-1 燃焼試験の結果

ボイラの安定燃焼のための適正排ガス O_2 値の運転とエアポートダンパの開度調整による火炎の安定性を確認した。

5-2-2 灰中未燃分の低減

上記のような過剰空気率の増加とエアポートダンパの開度調整により、EP灰の未燃カーボン低減効果が充分得られた。

5-2-3 混炭比増加テスト

(1) 混炭比 $S/A=70/30$ での燃焼試験の結果は以下のとおりであり、本年10月の定期修理後、B,C,Dミルによる燃焼テストをNAPOCORに依頼している。

実績として300MWは運転できたが以下の問題があった。

a. 負荷300MW到達直前に節炭器ホッパのB側(#3,4ホッパ)で灰の詰りが発生した。

(今回詰った灰は従来のもより柔らかく破砕は容易であった)

節炭器ホッパ内部を点検したが可成り多量の火の粉(燃焼灰)が落下している。

b. 燃焼調整のため O_2 の増加を考えたが、この時点でSHスプレー弁も全開となっており、

やはりA,B,C ミル上段使用では蒸気温度制御に無理があるとして、この混炭比での燃焼調整を断念した。

(2) 混炭比S/A=60/40運転時 (300MW)

○適正O₂値 3.0~3.5% (3%に近い値)

○エアポートダンパ開度 25%開度

使用ミルがB,C,Dミルの場合は、より以上の安定運転は可能と考えられる。但し、石炭灰の性状を充分把握することが大切である。

(3) SSC 100%専焼時 (225MW)

今回SSC専焼100%ではミルの一次空気量(プライマリエア)が最大となった。このテスト中使用された石炭の全水分は26.8%と設計炭(全水分=19%)よりはるかに高く、この石炭水分により出力が制限された。

この状態での燃焼調整を実施したが、エアポートダンパを絞ることは逆効果となり、過剰空気率増加(O₂値3.0%→3.5%)すると燃焼は非常に安定し、EP灰の未燃カーボンも低減できた。以下の運転値を推奨する。

○適正O₂値 3.5%

○エアポートダンパ開度 50% (現状通り)

5-2-4 ボイラ動特性試験

ボイラ動特性試験では、ボイラマスタ自動にして2MW/分の負荷変化速度で15MW程度の負荷の上昇、下降を行った。

動特性試験から判断すると、主蒸気圧力制御、給水制御とも適切な調整がなされていないため制御性が悪い。早急に適正な調整を行う必要がある。

このABCシステムは日本で使用しているシステムと類似のものであり、十分に調整可能なシステムである。従って、定修時に演算器、検出器などの単体の較正を行い、定修立上り時にABC調整のためにテスト期間を設け、コントローラの調整を行えば制御性が改善され、安定な運転を行なえるものと思われる。

5-2-5 ボイラ静特性試験

(1) 微粉粒度試験

燃焼における灰中未燃分量を支配する要因の微粉粒度の100メッシュ残量が、5%程度あ

り少なくとも4%以下を目標とすべきであり、ミルの微粉能力を再点検するとともに、能力維持法を確立する必要がある。

(2) 静特性試験

蒸気及び給水流量は略設計値のとおりとなっているが、燃料流量は設計値より各負荷について過剰供給されている。この理由として、供給炭の水分過多ならびにボイラ燃焼効率および伝熱効率が低下したためと判定されるが、今回の燃焼調整の結果において4/4負荷における燃料量が設計値まで低下していることから、燃焼効率の改善が効果を現していることになる。また、燃料減少により相当のプラント効率の向上にもなっている。

空気流量については、設計値よりかなり少ない量で平衡関係をもっているが、これは燃焼に対して、過剰空気不足のデータを確認していることから、排ガス O_2 3%~4%（高負荷時）を保持すべきである。

5-2-6 ボイラ運転方法についての推奨事項

(1) ABC制御装置

現在のABCの稼動状況は、給水制御系の過剰ゲインによる乱調およびABC全系の調整不足により負荷変化に対するボイラ入力 of 追従不良となっているため、若し、系統乱調を起したときは給水制御系を手動としてボイラプロセスの安定化をはかるのが現状での対応策である。

次に根本的対策としてはABC全体の見直し、再調整を行うべきである。

(2) 燃料ブレンド比率

現在の石炭水分および燃焼試験の実績から安全にかつ長期に連続運転可能な混炭比は $S/A=60/40$ であると判定した。

この比率での運転も、試験炭種によるものであり、セミララ炭の炭質及び含有水分などの変化によって左右されることが懸念されるので常時、燃焼の管理及び排ガス O_2 の適正值エアポートダンパの開度など注意をもって運転されるべきである。

次に混炭比の計測の精度を現在の $\pm 15\%$ より更に向上する様に管理する必要がある。理由としては、混炭比 $S/A=70/30$ での可能出力は実績として300MWを確認しているが、節炭器ホッパにおいて灰詰りを生じており、結果において60/40を最適比率限界としているので、ボイラ安全運転のために必要とするものである。

5-3 燃焼試験の内容と工程

5-3-1 燃焼試験内容

各試験炭別の燃焼試験実施項目は下記のとおりである。

表 5-1 燃焼試験項目

Kind of Test	Kind of Test Coal Blend Ratio: Semirara Coal/Australian Coal (S/A)			
	S/A:55/45	SA/:60/40	S/A:70/30	Semirara Coal 100%
1. Mill Performance Test (Fineness test)	○	○	○	○
2. Static Characteristics Test	○	○	○	○ (For 225 MW)
3. Dynamic Characteristics Test	○	○	○	—
4. Combustion Adjustment Test				
(1) Excess air (O ₂) variation test	○	○	○	○
(2) Wind box draft variation test	○	○	○	○
(3) Mill outlet temp. variation test	—	○	—	○
5. Maximum Output Confirmation Test	○	○	○	○

5-3-2 燃焼試験工程

燃焼試験の実施工程は、表5-2「燃焼試験実施工程」の通り。

5-4 燃焼試験石炭及び灰の分析

5-4-1 燃焼試験用石炭の事前分析

今回ボイラーの燃焼試験に使用した石炭は本年6月末にNAPACORより日本に送付された下記の石炭について事前に分析し、その性状を把握した。

今回のボイラ燃焼試験に用いられるSSC分析結果は、表 6-1のとおりである。

セミララ炭特有のスラッキング及びファウリングの原因要素となるアルカリ成分 (Na_2O , K_2O 等) が少ない石炭であるが、スラッキング指数は高いので燃焼には充分注意することが必要である。

5-4-2 燃焼試験中の石炭の分析

(1) 石炭試料の採取

燃焼試験炭の試料採取方法については、今回は特に日本の規格 (JIS-M-8811) を採用し、採取個所も石炭サイロへ揚炭中のものと、燃焼試験中の各ミルの給炭機よりテスト期間中に採取した。

(2) 試料炭の分析

今回試験中に採取した石炭試料は、発電所で工業分析、水分、発熱量を分析した。特に、各混炭比毎および単味で必要と考える試料については、表5-3に示す。

表5-2 燃燒試驗實施工程

<p>Load Change Pattern</p> <p>4/4 3/4 2/4 1/4</p>		<p>July 21 23 1 3 July 22</p>	<p>55/45</p>	<p>60/40</p>	<p>70/30</p>	<p>July 26 10 12 14 16 Aug. 15</p>
<p>Coal blend ratio (Semirara coal/Australian coal)</p>	<p>Meeting on testing</p>	<p>55/45</p>	<p>60/40</p>	<p>70/30</p>	<p>SSC 100%</p>	
<p>Test Item</p>	<p>Preparation for test and rehearsal</p>	<p>Static and dynamic characteristics test</p>	<p>Static and dynamic characteristic test, and load increase test</p>	<p>Static and dynamic characteristic test, and load increase test</p>	<p>Static and dynamic characteristic test and static characteristic test</p>	
<p>Purpose of Test</p>	<p>—</p>	<p>To obtain basis of blend ratio and characteristic of boiler response, and unburnt carbon measurement</p>	<p>Monitoring of boiler performance (Furnace monitoring and unburnt carbon measurement) Comparison of data, check of test continuity</p>	<p>Monitoring of boiler performance (Furnace monitoring and unburnt carbon measurement) Confirmation of maximum available output.</p>	<p>Combustion adjustment</p>	
<p>Date of Test</p>	<p>July 21 and 22, 1987</p>	<p>July 25, 1987</p>	<p>July 25, 1987</p>	<p>August 8, 1987</p>	<p>July 26 and August 15, 1987</p>	
<p>Load Change Pattern</p> <p>4/4 3/4 2/4 1/4</p>		<p>July 21 and 22, 1987</p>	<p>60/40</p>	<p>60/40</p>		
<p>Coal Blend Ratio (Australian coal/Semirara coal)</p>	<p>60/40</p>	<p>60/40</p>	<p>60/40</p>	<p>60/40</p>		
<p>Test Item</p>	<p>Combustion adjustment test</p>	<p>Combustion adjustment test</p>	<p>Combustion adjustment test</p>	<p>Combustion adjustment test</p>	<p>Combustion adjustment test</p>	
<p>Purpose of Test</p>	<p>Combustion adjustment</p>	<p>Combustion adjustment</p>	<p>Combustion adjustment</p>	<p>Combustion adjustment</p>	<p>Combustion adjustment</p>	
<p>Date of Test</p>	<p>August 6, 1987</p>	<p>August 7, 1987</p>	<p>August 15, 1987</p>			

表5-3 燃焼試験炭工業分析及び発熱量

	Samples		Coal Feeder Coal				Transfer Tower #6		Analysis condition
	Items	Unit	7/25	8/8	8/11	7/26	7/21-7/22	7/25	
			S/A=60/40	S/A=70-30	S/A=60/40	SSC 100%	S/A=55/45	S/A=60/40	
JICA Analysis	Moisture	%	7.70	9.37	8.79	11.68	6.46	7.29	
	Ash	%	15.10	14.20	14.70	15.10	16.00	16.10	D.B
	Volatile matter	%	37.70	39.30	39.30	42.80	36.00	37.00	D.B
	Fixed carbon	%	47.20	46.50	46.00	42.10	48.00	46.90	D.B
	Calorific value	Cal/g	5,840	5,650	5,640	5,150	5,950	5,830	A.D
NAPOCOR Analysis	Total moisture	%		22.02	20.32	26.86	18.09		A.R
	ADL	%		7.85	6.42	9.19	8.28		
	Inherent moisture	%		15.38	14.85	19.46	10.70		A.D
	Volatile matter	%		32.75	31.98	34.63	31.30		A.D
	Ash	%		12.56	13.46	11.24	14.54		A.D
	Fixed carbon	%		39.31	39.71	34.68	43.46		A.D
	Sulfur	%		0.67	0.63	0.78	0.65		A.D
	Calorific value	Btu/lb	10,042	9,339	9,475	8,540	10,296		A.D
AR Conversion (JICA/NAPOCOR)	Inherent moisture	%		8.1/14.17	7.7/13.90	9.7/17.67	5.7/ 9.81		A.R
	Volatile matter	%		30.6/30.18	36.7/29.93	31.3/31.45	29.5/28.71		A.R
	Ash	%		11.1/11.57	11.7/12.60	11.0/10.21	13.1/13.34		A.R
	Fixed carbon	%		36.3/36.23	31.3/37.16	30.8/31.49	33.3/39.86		A.R
	Sulfur	%		- / 0.66	- / 0.59	- / 0.71	- / 0.60		A.R
	Calorific value	Cal/g	5124/5069	4960/4781	5008/4925	4396/4309	5294/5247		A.R

D.B: Dry Base, A.R: As Received, A.D: Air Dried

第 6 章 石炭の分析及びその評価

第 6 章 石炭の分析およびその評価

6-1 過去の分析データ

今回特に対策を必要とするスラッキングおよびファウリングは次のような現象である。

スラッキングは石炭の燃焼中に溶解した未燃焼物質がガスの流れに乗って、ガス温度より低い伝熱面に接触した際に冷却され、固体となって伝熱面に付着するもので輻射伝熱面に於いて著しい。

特に火炉内の高温部に生ずるスラッキングの内のあるものは、溶けたガラスに類似した液状となり更に、プラスチック状となって大きなデポジットを形成するようになる。

ファウリングは、ガス中の揮発分がガス温度が低下したボイラ部で凝結し、フライアッシュとともに接触伝熱部に付着して出来るものである。

このガス中の揮発分は、フライアッシュおよび既にチューブ表面に付着している灰、そして、燃焼ガスと化学的に反応して、固く結合したデポジットを形成するものである。

スラッキングもファウリングも共に石炭灰の組成、灰の溶融温度から、その特性を推定する事が出来るので、それらを解析、評価してそれに適応した対策を講ずる必要がある。

カラカ発電所に納入された石炭のうちセミララ炭鉱が実施した石炭灰の分析データ（石炭船のNa64～Na153隻目）から、ボイラの設計上の制限項目についてプロットすると図6-1,2の通り、アルカリ成分である $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ の値が不安定であり、ボイラの安定燃焼のためにもスラッキングやファウリングについて十分な注意が必要である。

ボイラの設計上の制限値としてボイラメーカーのFWECは次の通り提示している。

$\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$	4.0% (w t)	Max
$\text{CaO}+\text{MgO}$	20.0% (w t)	Max
Fe_2O_3	14.6% (w t)	Max
灰溶融点	1120℃	Min

(Initial Deformation Temp)

(1) アルカリ成分 $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ の変化

アルカリ成分である $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ の制限値が4.0%であるのに対し、 K_2O は2%以下では安定しているが Na_2O の変化が大きく、 $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ 値は2.09～9.23%である。図より Na_2O が極端に大きな値を示した95隻目から102隻目及び130隻目から140隻目までについてはSCC炭鉱側もその採炭鉱区（炭層）をすでに把握しているものと思われる。

発電所の安定運転を計るうえにも発電所と炭鉱側との連絡を密にして、混炭比の調整等で対処すべきである。

(2) CaO+MgO 及び Fe₂O₃について

炭種の選定ベースとなるCaO, MgO, Fe₂O₃の含有量はすべてCaO+MgO>Fe₂O₃の傾向を示しており褐炭と考えて対策すべきである。

又、CaO+MgOはボイラ制限値<20%に対しては最大19%であり問題はない。

Fe₂O₃の制限値14.6%MAXに対しても最大8.61%であり問題はないようである。

(3) 灰の溶融性について

ボイラの設計ベースである灰の溶融性の制限としてIDT(Initial Deformation Temp)は1120℃(最小値)である。今回の灰の分析値の中には灰の温度計測値は9件あるがIDTは1190~1200℃である。しかし、KDI(KENNEDY & DONKIN INTL)の3rd Interim Reportには最低で1050℃の分析データもあり、スラッキング及びファウリングについては充分の注意が必要である。

今回の燃焼試験に使用した石炭の性状は表6-1のとおりである。

(SCC分析値)

#64 8-25-1985 受入炭

#120 7-25-1986 受入炭

Na₂O + K₂Oの最大値受入4-0.8-1986

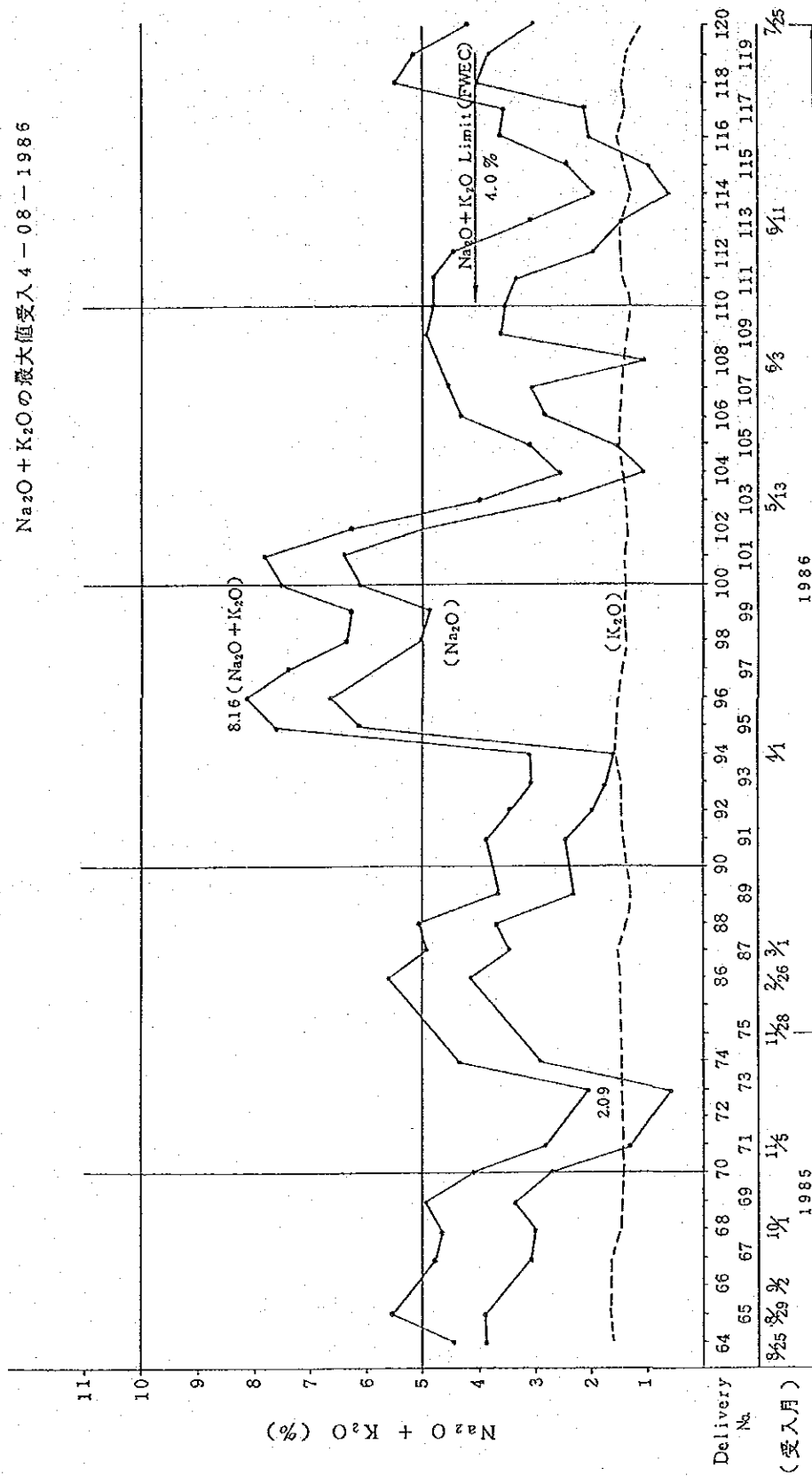


図 6-1 Selected Semirara Coal 灰分性状のNa₂O + K₂Oの変化

〔 SCC 分析値 〕

#121 8-20-1986 受入炭
 #153 12-29-1986 受入炭

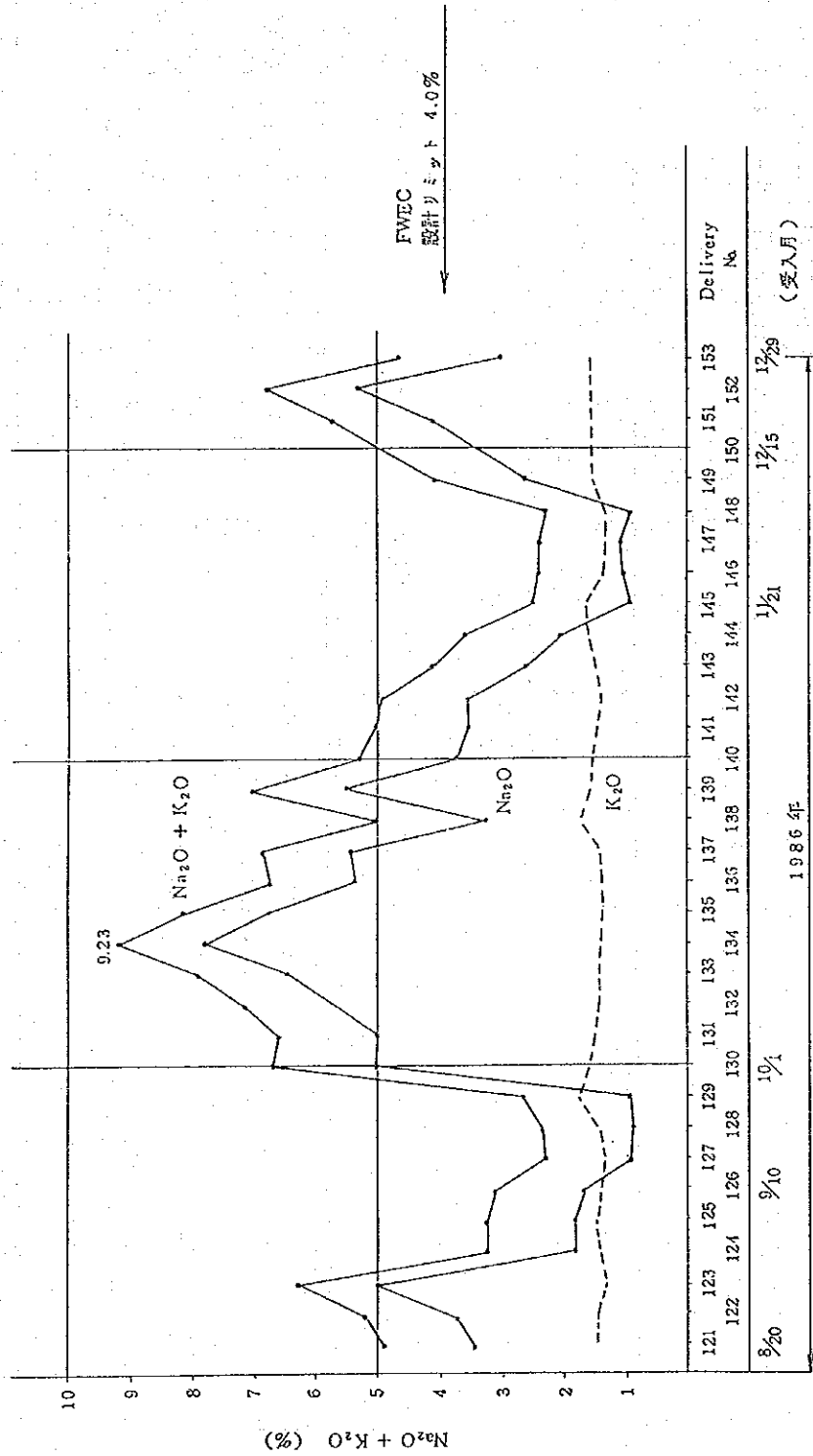


図6-2 Selected Semirara Coal 灰分性状のNa₂O+K₂Oの変化

表6-1 石炭分析結果 (JICA)

Item	Selected Semirara Coal										
	JICA Nov. 86	JICA Mar. 87	#1	#2	#3	#4	#5	Blend Coal Mar. 87	JICA Nov. 86	JICA Mar. 87	M/V GENCRUZ
Proximate Analysis											
Inherent moisture(*1)	(15.4)	(15.2)	(14.7)	(16.5)	(11.3)	(15.4)	(15.6)	(10.0)	(3.1)	(3.2)	(2.8)
Volatiles matter(*2)	47.7	43.7	45.2	45.6	39.5	45.7	45.4	36.6	29.9	30.2	31.6
Fixed carbon(*2)	40.7	45.7	42.4	41.0	48.2	42.9	39.9	47.9	51.5	51.8	50.6
Ash(*2)	11.6	10.6	12.4	13.4	12.3	11.4	14.7	15.5	18.0	17.8	17.6
Calorific value(*1) kcal/kg	5140	5283	5250	5030	5800	5230	5040	5760	6660	6386	6570
Calorific value(*1) BTU/lb	9252	9509	9450	9054	10440	9414	9072	10368	11988	11494	11862
Sulfur(*1)	0.79	0.3	0.72	0.71	0.71	0.69	0.86	0.4	0.67	0.5	0.39
Ultimate Analysis											
Carbon(*2)	-	65.6	63.71	63.47	67.59	66.06	61.14	62.9	-	69.1	68.58
Hydrogen(*2)	-	4.7	4.09	4.14	4.14	4.32	3.89	4.8	-	4.4	4.21
Oxygen(*2)	-	17.4	17.84	17.3	13.84	16.26	18.38	15.16	-	6.38	7.06
Nitrogen(*2)	-	1.1	1.12	1.07	1.33	1.14	1.08	1.2	-	1.6	1.63
Sulfur(*2)	-	0.6	0.84	0.85	0.8	0.82	1.01	0.44	-	0.52	0.4
Ash(*2)	-	10.6	12.4	13.4	12.3	11.4	14.7	15.5	-	18.0	17.8
Ash Analysis											
SiO ₂	43.6	44.5	43.9	46.9	61.5	43.7	48.5	58.2	75.8	83.8	79.5
Al ₂ O ₃	23.2	23.83	23.6	23.9	17.2	23.4	26.0	16.76	13.9	12.36	11.9
TiO ₂	1.0	1.14	1.09	1.11	0.83	1.05	1.01	0.76	0.7	0.68	0.61
Fe ₂ O ₃	4.8	4.28	5.82	5.32	3.20	4.85	4.76	3.16	8.3	1.82	2.54
CaO	6.2	7.41	6.12	5.95	7.24	7.24	5.58	2.74	0.0	0.0	<0.1
MgO	4.8	5.64	5.70	5.66	3.11	6.75	4.84	2.17	0.1	0.28	0.16
Na ₂ O	1.3	3.44	1.78	1.51	1.41	1.82	1.26	1.83	0.1	0.11	0.07
K ₂ O	1.5	1.49	0.97	1.04	0.56	1.0	1.10	0.76	0.6	0.43	0.25
Slagging, Fouling Potential Check (Bituminous coal)											
Base/acid ratio	0.274	0.320	0.297	0.271	0.139	0.318	0.232	0.124	0.101	0.027	0.031
Na ₂ O + K ₂ O	2.8	4.93	2.75	2.55	1.97	2.82	2.36	2.59	90.4	96.84	92.01
Slagging index (B/A x S)	0.216 L	0.192 L	0.249 L	0.230 L	0.111 L	0.261 L	0.234 L	0.050 L	0.068 L	0.014 L	0.012 L
Fouling index (B/A x Na ₂ O)	0.767 H	1.1 S	0.529 H	0.409 M	0.186 L	0.579 H	0.292 M	0.332 M	0.010 L	0.002 L	0.007 L
Coal Class	11 > 4.8	13.05 > 4.28	11.82 > 5.82	11.61 > 5.32	5.86 > 3.2	13.99 > 4.85	10.42 > 4.76	4.91 > 3.16	0.1 <	0.28 <	0.25 <
CaO + MgO ≥ Fe ₂ O ₃									8.3	1.82	2.54
Ash Fusion Temp.											
Initial deformation temp. °C	1190	1160	1220	1230	1180	1200	1200	1150	1380	1320	1450
Hemispherical temp. °C	1280	1270	1280	1280	1280	1260	1280	1340	1490	>1450	>1500
Flow temp. °C	1320	>1450	1300	1300	1330	1280	1300	1450	1500	>1450	>1500
H.G.I	-	-	45	44	44	40	50	-	-	-	45
Lignite Coal											
Slagging index	H	S	H	H	H	H	H	S	-	-	-
Fouling index	M	H	M	M	M	M	M	M	-	-	-

Note: 1) Combustion Test Coal : Selected Semirara Coal #1 - #5
 2) Slagging, Fouling Index: L = Low, M = Medium, H = High, S = Severe
 3) (*1): Air Dried Basis
 4) (*2): Anhydrous Basis

第 7 章 最適混炭比の算定（混炭比増加に対する検討）

第 7 章 最適混炭比の算定手法 (混炭比増加に対する検討)

混炭比増加のためのボイラ燃焼調整は達成できたが、今後はこのボイラの安定燃焼をベースに下記の事項を充分検討し、混炭比率の増加を計ることが望ましい。

- ・石炭灰の性状、特にスラッシング、ファウリング特性を左右するアルカリ成分 (Na_2O , K_2O 等) による制限。
- ・セミララ炭特有の水分 (ボイラ設計値: 全水分19%) からの制限
- ・石炭発熱量 (ボイラ設計炭発熱量受入炭ベース 8500 Btu/lb) からの制限

又、運転上の問題として節炭器ホッパ灰詰り、蒸気温度制御、使用ミル段等の問題がある。

(1) 石炭灰中のアルカリ成分による制限

- a. 1987年 7月の燃焼試験に使用した石炭 (SSC)は、灰中アルカリ分 [$\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$] は低く1.97~2.82%であった。混炭したオーストラリア炭を含めても最大で2.07%でFWECの制限値4%を大中に下回っていた。

従って、今回の調査ではファウリングの限界が 4%であるかどうかは確認出来なかった。然し乍ら、1987年は一貫してS/A比が略50/50の混炭比で運用され、年後半からはリクレーマ混炭がなされ、ファウリングによる事故停止が報告されていないことから、最悪の状態で推定したアルカリ分約4.8%に於ても、トラブルが生じていないことになる。

従ってFWECの 4%以下とすればトラブルは起らないものと考えられる。

- b. 石炭灰中のアルカリ成分 $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} < 4\%$ を満足させる混炭比の概略算定は図7-1から算出できる。

Example) In case $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ Contents of Australian coal is 1% and coal blend ratio SSC/AC is 50/50, $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ Contents of Semirara coal is allowable up to 7%.

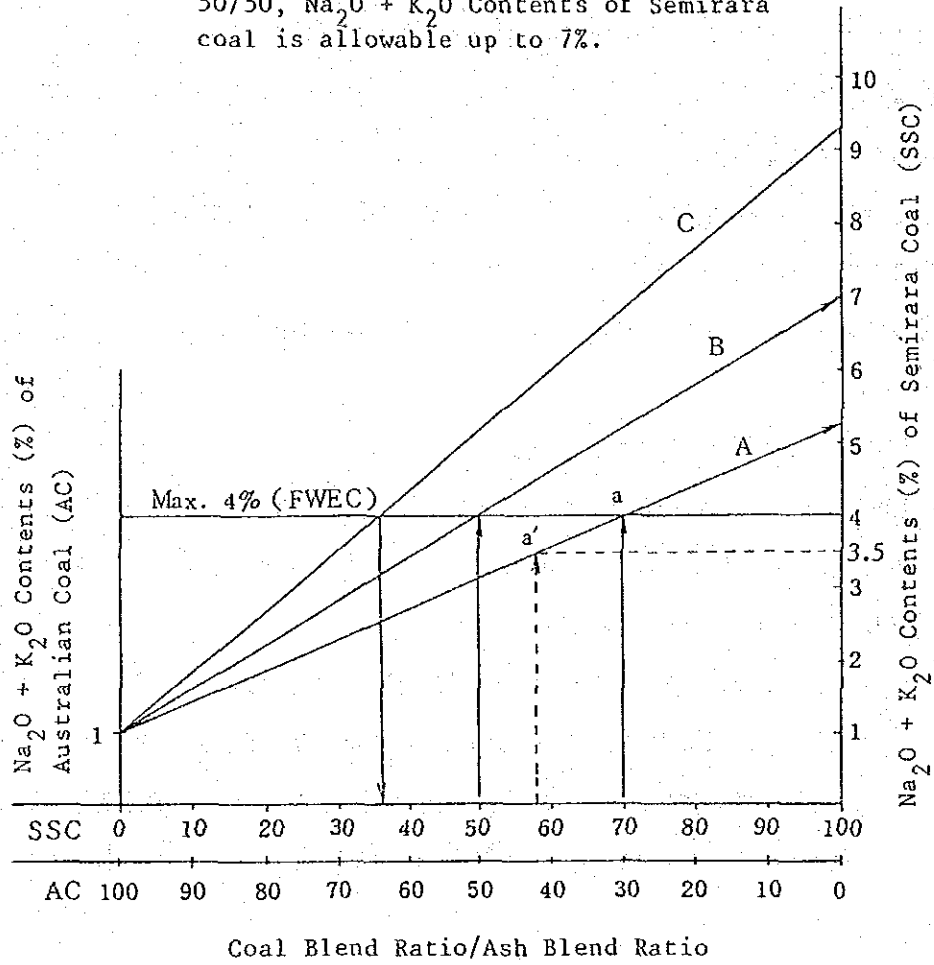


図7-1 灰分中の $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 含有量と混炭比

c. 1986年に入荷のSSCについては灰の分析がSCCに於て行われているが、下記のように67船のうち、アルカリ成分が4%を越えるものが全体の60%以上となっている。

Na ₂ O + K ₂ O	船 数	%
< 3 %	12	17.9
3 ~ 4%	14	20.9
4 ~ 5%	12	17.9
5 ~ 6%	10	14.9
6 ~ 7%	9	13.4
7 ~ 8%	7	10.5
8 % <	3	4.5
計	67	100.0

38.8 (3 ~ 4% and < 3%)
61.2 (4 ~ 8%)

又、このアルカリ分の変動状態は図7-2のようにある期間5~10船程度、高アルカリが連続している。

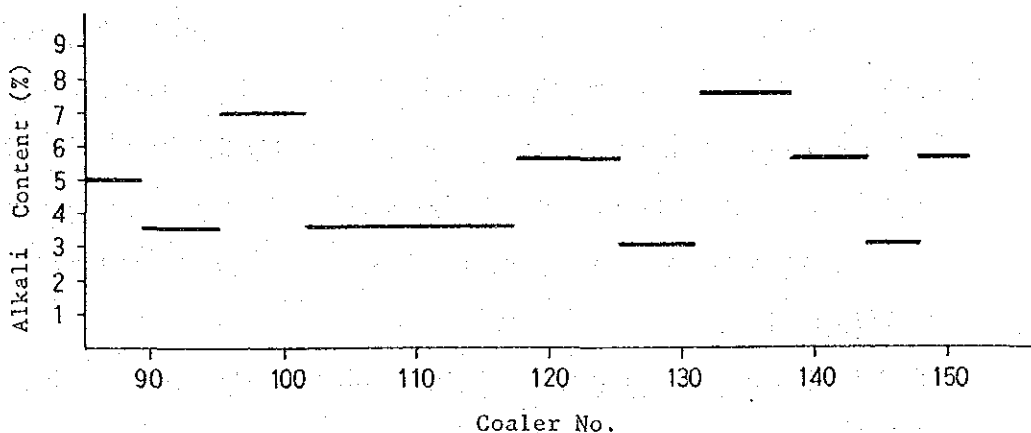


図7-2 セミララ炭アルカリ成分実績 (配船時期別分布)

このことは、特定の炭層に高アルカリ石炭が集中している事を示しているので、この炭層が採掘される時はSCCからNAPOCORへ事前に連絡する事が望まれる。

d. 以上のことから、アルカリ分の実測値に応じて2-1-4, (2), b, (a)に示すように混炭比を調整することも、一つの対策と考えられる。又、出力を下げる事はファウリングに効果的であるので出力抑制が可能であれば実施する。

(2) 全水分からの制限についてはセミララ炭及びオーストラリア炭の各々の全水分が判れば、

図7-3を用いてボイラ計画水分19%に対する混炭比が算定できる。

現在セミララ炭鉱出荷時の水分は測定されているが消費炭の水分は測定されていない。特に雨期に於ては貯炭中に増加することが考えられ、今回の試験ではSSCの受入時から約4%水分が上昇している。

従って受入時の水分での想定値より条件はきびしくなる。

(3) 運転上の問題点

a. 節炭器ホッパ詰り

過去節炭器ホッパで灰詰りが発生しユニットを停止した事例が多い。

必ずしもアルカリが多くなくとも灰の塊が出来ることがあり、これは低溶解温度の灰が熔融した場合、昇華物が付着した場合、フライアッシュが焼結した場合などの原因が考えられる。燃焼用空気が少なく或いはダンパ操作が適当でないと未燃分が発生し対流伝熱面に持込まれることになる。運炭系統不調でリクレーマ混炭が出来ず、ミキシングファイアリングを実施することがあるが、出来るだけこの様な事態とならぬようにすべきである。

一次過熱器上のスラグはアルカリが多く、ファウリングに起因すると思われるが、節炭器ホッパで採取した灰塊は未燃分に増分を生じていることからボイラ内の燃焼は還元性雰囲気のように思われる。還元性雰囲気では灰の融点は50~150℃低下すると言われる。又、シリカが分解し再結合する時に強固なクリンカを生ずるともいわれる。

従ってアルカリ分が低くても、接触伝熱面にクリンカが付着する可能性がある。

b. 蒸気温度制御困難

SSC混炭比増加につれて石炭量従ってガス量が増加し、蒸気温度が上昇し制御域から外れることも考えられる。

c. 使用ミル段

前項に関連して特に、上段ミルを使用した場合にはこの傾向が著しく、今回の燃焼試験においても未燃分の後部伝熱面への流入が認められたが蒸気温度が既に制御領域を外れている為に空気量を増加出来なかった。

下段ミルではこの対応が可能あるので60/40以上のSSC混炭比も期待される。

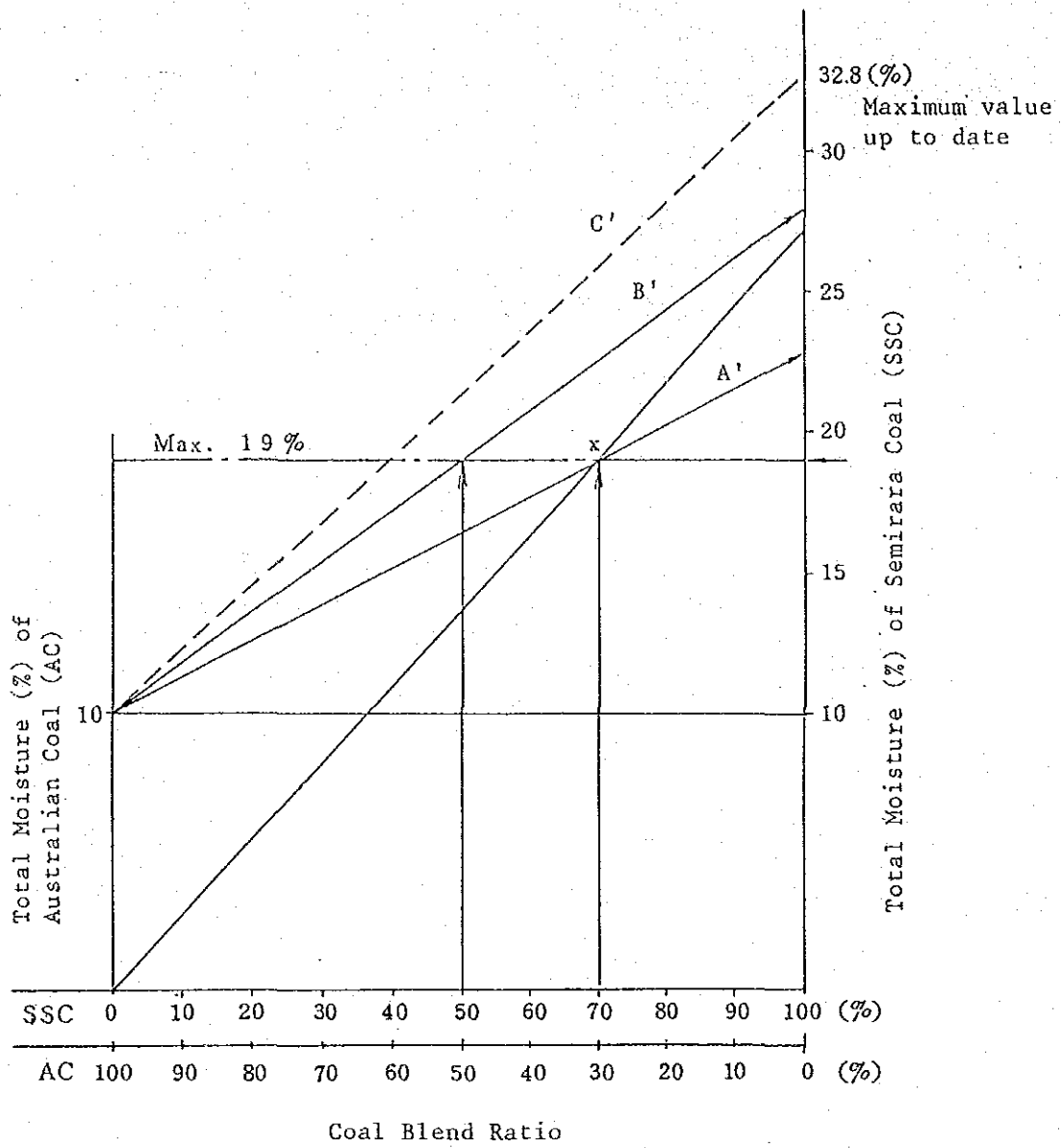


図7-3 全水分と混炭比

第 8 章 改 善 計 画 の 提 案

第 8 章 改善計画の提案

8-1 ボイラ本体及び補機

カラカ1号機において、将来使用する石炭の種類を想定し、次の各条件の場合について各設備の対策および改造項目を検討する。

1. ROM炭を専焼する場合
2. SSCを専焼する場合
3. ボイラを改造してSSCの混炭比を現状より増加する場合
4. 出力を抑制してSSCの混炭比を現状より増加する場合
5. 現状の運用を継続し、可能な限り混炭比率を高める場合

8-1-1 ROM炭を専焼する場合

(1) ROM炭使用上の問題点

運開当初にROM炭が専焼されたときの運転状況および分析のデータからみてROM炭は粘土と水分が多く問題の多い炭質であると考えられる。ROM炭に含まれる粘土分は付着乾燥すると非常に固くなり剥離しにくい状態となるようである。

このような性状が原因となって、これまでに発生したトラブルは以下のとおりである。

- a. 石炭取扱設備のトラブル
- b. ボイラ燃焼上のトラブル

(a) 石炭サイロシュートの詰りによる給炭機及びミルの頻繁なトリップによる燃焼不安定。

因にROM炭を使用した運転期間中における運転状況を表8-1に示すが、ユニット継続運転時間はMax 188.91Hである。

ユニットトリップの主原因は給炭機およびミルにおける石炭詰りによる停止事故である。

表8-1 試運転状況

Period	Jan. 20-23	Jan. 24-30	Feb. 6-8	Mar. 26-Apr. 3	Mar. 11-18
Fuel	ROM (100%)	ROM/AC Mixed firing (Approx. 70/30)	ROM/AC Mixed firing (50/50)	ROM/AC Mixed firing (40/60)	Semirara Selected Coal SSC (100%)
Output range (MW)	164-207	191-315	293-302	268-305	179-303
Continuous operating hours of boiler (h)	69.93	130.69	46.17	188.91	132.03
Coal feeder trips	144	240	127	117	11
Mill trips	10	20	13	14	13

Note: Mixed firing means firing of ROM coal at upper level burners and firing of Australian Coal (AC) at lower level burners. Namely, individual mills are fed with a single kind of coal, either ROM or AC. Occasional oil firing was also adopted to stabilize the combustion as needed.

- (b) スートブロワの使用頻度の増加
- (c) 一次空気量の不足
- (d) 重軽油の助燃

以下各設備について、対策および改造の内容を述べる。

(2) ボイラ本体

ROM炭はSSCと比較してスラッキング及びファウリングポテンシャルはやや低い、変動巾が非常に大きいので、ROM炭専焼ボイラは、SSCの炭質をも含めた性状巾に対応出来るように計画する。

表8-2に各炭種別の石炭および石炭灰の分析値を示すがこれからも明らかなように、設計炭と比較して、ROM炭およびSSCは工業分析値および灰の組成、共に大巾に炭質が低下している。

表8-2 石炭および石炭灰分析値一覧表

As Received

	Design coal	ROM coal	SSC	Australian coal
Total Moisture (%)	19	25.87	27.92	8.58
Calorific Value (kcal/kg) (Btu/lb)	4,722 8,500	3,850 6,930	4,390 7,900	6,090 10,960
Proximate Analysis				
Moisture (%)	7.5			
Ash (%)	6.72	17.63	8.10	16.67
Volatile matter (%)	14.48	29.6	32.31	29.22
Fixed carbon (%)	59.80	26.81	31.67	45.52
Sulphur (%)	0.64	0.59	0.50	0.50
Hardgrove Index (H.G.I.)	39-40	40-50	40-50	50
Ash Fusion Temperature				
Softening temp. (°C)	1,120	1,220	1,170	1,500
Hemispherical temp. (°C)	1,310	1,370	1,270	1,600
Flow temp. (°C)	1,380	1,450	1,370	1,600
Composition of Ash (%)				
SiO ₂	44.2-63.4	50.45	38.30	74.00
Al ₂ O ₃	22.0-30.6	24.68	19.52	17.80
Fe ₂ O ₃	0.85-1.10	4.62	4.25	4.40
CaO	3.80-14.6	3.78	8.46	0.80
MgO	0.65-4.90	3.79	8.00	0.20
K ₂ O	1.23-3.70	2.37	1.87	0.40
Na ₂ O	0.22-1.13	2.15	6.27	0.10
P ₂ O ₅			0.47	0.01
TiO ₂	0.72-1.45	0.79	1.50	0.80
SO ₃	1.58		8.75	1.30

即ち、石炭の工業分析における燃料比（固定炭素／揮発分の比）の低下は、石炭の種類が瀝青炭から褐炭に変わったことになる。

それに伴う水分、灰分の増加と、発熱量の低下は、石炭消費量、燃焼用空気量、燃焼ガス量および灰量の増加となり、それぞれの対策が必要となる。

又、灰の組成におけるスラッキング及びファウリングポテンシャルの増加はスラッキング、ファウリング防止が重要な対策項目となることを示しているが事実、このためのトラブルが頻発している。灰量の増加からアッシュエロージョン防止の必要性も出てくる。

これ等の対策を実施するために必要な基本的考え方は、火炉内における燃料の完全燃焼を計ると共に、灰の粒子が燃焼ガス中に滞留する時間を出来るだけ長く保つことである。即ちガスがボイラの接触伝熱部に達する以前にその温度を出来る限り下げておくことである。そうすれば、熔融状態スラッグがチューブに付着し、肥大することを最小限にとどめることが出来る。

このためには

火炉容積負荷	(Btu/ft ³ h又はKcal/m ³ h)
火炉断面熱負荷	(Btu/ft ² h又はKcal/m ² h)
バーナ部熱負荷	(Btu/ft ³ h又はKcal/m ³ h)
火炉出口ガス温度	(°F又は℃)
燃焼ガス速度	(ft/sec又はm/sec)

のような設計パラメータを充分考慮する必要がある。

特に火炉容積負荷は基本的な条件である。

現設備ではMCR時において $15.02 \times 10^3 \text{ Btu/ft}^3\text{h}$ ($135 \times 10^3 \text{ Kcal/m}^3 \cdot \text{h}$) となっているが、低品位炭、褐炭を燃焼する場合には $11 \times 10^3 \text{ Btu/ft}^3\text{h}$ ($100 \times 10^3 \text{ Kcal/m}^3\text{h}$) 以下が多く採用されている。

又、火炉断面熱負荷についても、現設備は $1.8 \times 10^6 \text{ Btu/ft}^2\text{h}$ ($4.9 \times 10^6 \text{ Kcal/m}^2\text{h}$) となっているが、褐炭の場合は $1.4 \times 10^6 \text{ Btu/ft}^2\text{h}$ ($3.8 \times 10^6 \text{ Kcal/m}^2\text{h}$) 以下が多用され、ボイラの信頼性の向上が計られている。

従って設計炭と大巾に炭質を異にするROM炭およびSSCを専焼することは、現設備では非常に無理があり、新しい設計によるボイラを新設することが必要であると考えられる。基本的には、

- ・ 火炉断面積を1号ボイラの25%増以上とし
- ・ 火炉容積を1号ボイラの60%増以上とするようなボイラが必要になる。

(3) 燃焼装置

設計炭ベースでのボイラの燃料使用量は140t/hであるが、ROM炭の場合の石炭発熱量は平均3,837Kcal/kg(AR)となり、石炭の使用量は177t/hに増加する。

既設Millの設計水分(TM.19% Surface Moisture 11.5%)より考えるとミル4台運転では容量不足となるので、ミルは1台を増加して5台を設備する。

更にこれに関連する石炭サイロ1基、給炭機1台、バーナ4基、エアダクト1式を追設する。

(4) 通風装置

消費炭量および石炭水分の増加によって、空気予熱器、一次空気ファン、押込ファンおよび誘引ファンは、夫々必要な容量増加を行う必要がある。特に一次空気ファンは、水分増加の場合、ミル出口温度の低下が懸念されるので、空気予熱器と共にその容量を充分に検討する必要がある。

(5) 石炭サイロの詰り防止対策について

カラカ1号の石炭サイロのROM炭への対応策について、以下のとおり検討する。

a. 現状サイロの問題点

- (a) 経験的にみて石炭サイロの出口口径が非常に小さい。(0.51 m ϕ)
- (b) 石炭サイロ出口から給炭機入口迄の距離が長い。(2,438.4 m)
- (c) 石炭サイロの形状については円筒、円錐形状であり対称形式をとっているため詰りが発生しやすい形になっている。
- (d) 高水分で粘土分を含む場合は、特に圧密されて詰りを助長する。

b. 対策

次の事項を配慮した改造を計画する。

(a) 石炭サイロの出口

サイロの出口口径を検討する場合、経験的に付着水分等を考慮して出口断面積は1.0m²前後で計画する。カラカ1の場合、円形で0.51 m ϕ (0.2m²) と非常に小さい断面積である。

- (b) 石炭サイロの傾斜
- (c) 石炭サイロ内中仕切板
- (d) 石炭サイロ出口から給炭機入口迄の距離
- (e) 石炭サイロ内面ライニング材
- (f) 補助的な設備としてパイプレータおよび突き孔の設置も考えられる。

(6) 給炭機

サイロ下部の改造に伴って給炭機の長さを変更する必要があり、新しい形状の物にかえる。

以上、ボイラ本体および関連機器について検討したが、結論としてはボイラを新設し関連する補機類を増強する必要がある。

新設する機器の主要項目についてその計画仕様を次に示す。(原則として現状をベース)

セミララROM炭専焼ボイラの計画仕様

a. ボイラ

形式	: 自然循環, 平衡通風, 屋外式微粉炭燃焼		
蒸発量	: 1033.2t/h at MCR		
ドラム圧力	: 191.5 kg/cm ²		
過熱器出口	圧力	: 178.5 kg/cm ²	
	温度	: 541℃	
再熱器出口	圧力	: 33.7 kg/cm ²	
	温度	: 541℃	
節炭器入口	温度	: 282℃	
火炉	巾 (mm)	: 17,000	(現状 13,500)
	奥行 (mm)	: 11,000	(〃 11,049)
	容積 (m ³)	: 9,500	(〃 5,446)
鉄骨高さ (トップガード下端)		: 75 m	(〃 61.0)
スートブロワ	長抜差	: 40本	(〃 34)
	半抜差	: 16本	(〃 12)
	ウォールブロワ	: 74本	(〃 52)

b. 通風装置

空気予熱器	: ユングストロームトライセクタ形×2台		
一次空気ファン	: 容量増加したもの ×2台		
押込ファン	: " ×2台		
誘引ファン	: " ×2台		

c. 燃焼装置

石炭バンカ	: 5基 (現状 4)		
給炭機	: グラビメトリック形×5台 (現状 4)		
ミル	: リング・ローラMBF23.5×5台 (現状 4)		
バーナ	: 20本 (現状 16)		

8-1-2 SSCを専焼する場合

SSCはROM炭に比較して揮発分および $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ 分が多いので、スラッキング、ファウリングは一層留意する必要がある。

各設備に対する考え方を要約すると次の通りである。

(1) ボイラ本体

ROM炭専焼時と同一仕様の新設備が必要である。

(2) 燃焼装置

発熱量がROM炭より高いので現状のミル 4台でも可能（予備機なし）と思われるが、ROM炭専焼時と同様に考える。

(3) 通風装置

ROM炭専焼時と同様な新設備が必要である。

(4) 石炭サイロの詰り防止対策

ROM炭専焼の場合よりもSSCの場合は、詰りは減少する傾向にあるが、まだ時折発生している。又、炭質の変動巾が大きい。従ってROM炭専焼の場合と同様な設備の改造が必要である。

8-1-3 ボイラを改造してSSCの混炭比を現状より増加する場合

現在SSCとオーストラリア炭の混炭比は概略60：40を上限と考えられる。今後、更にSSCの混炭比率を増加させる場合にはボイラ本体を含む設備の改造を実施する必要があるが、ボイラ本体改造工事自体には制約がある。

(1) ボイラ本体

SSCの混炭比率を増加させるためにはスラッキングおよびファウリングを防止することが必須条件である。

a. 火炉の改造

火炉出口ガス温度を低下させるために、火炉の高さをバーナ1段分に相当する長さだけ約2.6m下方に伸ばし、現在の最上段バーナを撤去して、下方に移設して火炉容積を現状より約7%増加させる。

b. スートブロワの移設および増設

スラッキングおよびファウリングが発生しやすい位置として、板型過熱器の下部にロングレトラクタブル型を左右各1台新設する。

一次過熱器上部において既設の左右各1台を移設し、更に同型のものを左右各1台新設してスートブロワの効果を上げる。

(2) 補機および関連設備の改造

火炉の長さの変更に伴う次の関連部分の改造を行なう。

a. ボトムアッシュ処理設備の移設，改造

b. 移設バーナへの燃料管の配管変更

c. 空気ダクトおよびバーナ風箱の改造

d. 降水管，分配管の改造

前記(1)(2)の火炉の改造によって火炉容積は約7%増加し、火炉出口ガス温度は約20～30℃の低下が予想される。

しかし火炉の断面積は改造が困難なために現状のままとするので混炭比の増加は余り期待できない。

(3) 基礎およびボイラ支持鉄骨の荷重条件の変更

火炉の改造に伴う増加荷重は約60Tonとなる。

増加荷重が基礎に与える影響は少ないと考えられるが、ボイラ支持鉄骨については一部の改造，補強が必要となる。

8-1-4 出力を制限して、SSCの専焼又は混炭比を増加する場合

SSCを専焼して定格出力を維持するためには前述のようにボイラを新設し、関連設備を増強しなければならない。このためには多くの費用と工期が必要となる。

現設備のままで、SSCを専焼又は混炭率を増加して国内炭の使用量を増加しようとするれば出力を抑制する必要がある。

一例として、次のような運用が考えられる。

アルカリ分	<6%	6-7%	7%<
出力	100%	90%	75%
混炭比 S/A	60/40	75/25	100/0

設備の一部を下記のように改善する必要がある。

- (1) 石炭サイロの詰り防止の為に、サイロ下部の形状変更と給炭機を取替を計画する。
- (2) 混炭設備設置又はリクレーマに石炭計量機を設置して、混炭比率の精度を高める。
- (3) ABCの一部を改造、整備して安定運転を計る。

8-1-5 現状の運用を継続し、可能な限り混炭比を高める場合

- (1) 発電所サイドにおける消費炭の試料採取および化学分析を確実に実施して、石炭炭質を正確に把握する必要がある。
- (2) 精度の高い能率的な混炭を行うため混炭設備を設ける。代案として精度は若干おちるが、リクレーマーに石炭計量器を設置して、リクレーマーの払出量を自動制御する。
- (3) 消費炭計量機の稼動を正常化して消費炭量を正確に把握し、発電所の性能管理および貯炭管理を厳正に行うべきである。
- (4) 燃焼管理計器およびABC系を常に良好な状態に整備、調整して、運転の正常化、安定化を計る必要がある。
- (5) ABCの一部を改造、整備し、常に適正な調整を実施して安定運転を計る。
- (6) 石炭サイロ下部形状の改造する。

前項と同様に、下部の形状を非対称形とする。更に、出口形状を円筒形から長方形とし、面積を拡大する。(最低出力を引下げるため、ミル2台運転とする場合は必要となる)

- (7) 給炭機を取替える。

サイロ下部の改造に伴って、給炭機の長さを延長するために新しい形状のものに取替える。

(最低出力を引下げるため、ミル2台運転とする場合は必要となる)

- (8) 空気予熱器の運用を改善する。

一次空気の温度を高くするためにエレメントの追加組込み、その他運用の向上を計る。

以上の各ケースにおける検討条件とそれに対する対策及び改造項目をまとめた統括表を表8-3に示す。

表8-3 改善对策案比较表

Case	1		2		3		4		5													
	Present Operating Condition		Operation with Deated Output		Improvement of Facilities		Exclusive SSC Firing		Exclusive ROM Coal Firing													
Problems	<ol style="list-style-type: none"> SSC has high slugging and fouling potential. SSC contains high moisture. Clogging is liable to occur. Accurate coal blend ratio cannot be known. Coal blend ratio limit of SSC is approx. 60/40. 		Same as left		Same as left		<ol style="list-style-type: none"> SSC has high slugging and fouling potential, and cannot be used for the exclusive firing for the time being. SSC contains high moisture. The exclusive firing of SSC is impossible due to low calorific value. Clogging is liable to occur. 		<ol style="list-style-type: none"> ROM contains much sticky clay and shows high adhesiveness. ROM contains high moisture. Clogging is liable to occur and stable operation is impossible. Slugging and fouling potential is high. Ash erosion is liable to occur. 													
Countermeasures	<p>Continue the present operation (blend ratio 50/50) and increase the blend ratio as much as possible by confirming the operating condition.</p> <table border="1"> <tr> <td>Alkali content (%)</td> <td>Less than 6</td> <td>6-7</td> <td>More than 7</td> </tr> <tr> <td>Output (%)</td> <td>100</td> <td>90</td> <td>75</td> </tr> <tr> <td>Blend ratio S/A</td> <td>60/40</td> <td>75/25</td> <td>100/0</td> </tr> </table>		Alkali content (%)	Less than 6	6-7	More than 7	Output (%)	100	90	75	Blend ratio S/A	60/40	75/25	100/0	If the coal contain high alkali content, deate the output and increase the consumption of SSC. (Example)		Improvement of the boiler		<ol style="list-style-type: none"> Installation of the new boiler Improvement of the coal handling system 			
Alkali content (%)	Less than 6	6-7	More than 7																			
Output (%)	100	90	75																			
Blend ratio S/A	60/40	75/25	100/0																			
Improvement Items	<p>Improve the following items as occasion arises:</p> <ol style="list-style-type: none"> Modification of the lower part shape of coal silo Replacement of the coal feeder Installation of the additional sootblowers * Improvement of air heater * Installation of the new coal dryer <p>(*Note: In case the moisture of coal is at issue.)</p>		<p>Improve the following items.</p> <ol style="list-style-type: none"> Modification of the lower part shape of coal silo Replacement of the coal feeder 		<p>Modification of the boiler:</p> <ol style="list-style-type: none"> Extension of the furnace downward Increase of the furnace volume: approx. 7% Replacement of the burners: 1 stage downward Installation of the additional sootblowers <p>Modification of the lower part shape of coal silo</p> <ol style="list-style-type: none"> Replacement of the coal feeder 		<p>Installation of the new boiler:</p> <ol style="list-style-type: none"> Furnace volume will be approx. 70% more than the present boiler. Furnace section area will be approx. 30% more than the present boiler. Number of sootblowers will be increased. Measures for ash erosion will be taken. Number of coal mill will be five (5). Increase of the capacity of FDF, IDF, Prg A-FAN and AH Improvement of ash handling facilities Number of coal silo will be five (5), and modify the lower part shape of the coal silo. Replacement of the coal feeder Improvement of the coal handling facilities 															
Improvement of operation:	<ol style="list-style-type: none"> Installation of coal blending facility Repair of coal scale for consumed coal Modification and adjustment of ABC Replacement and repair of combustion supervisory instruments Sufficient maintenance works of coal mills 																					
Cost Thousand Dollar (Million Yen)	<p>Coal blending facility: 5,140 (720) Coal silo, coal feeder: 4,500 (630) Sootblower: 500 (70) Improvement of ABC: 500 (70) Air heater: 1,210 (170) Coal dryer: 6,790 (930)</p>								<p>Coal blending facility: 5,140 (720) Improvement of boiler: 11,290 (1,580) Sootblower: 500 (70) Improvement of ABC: 500 (70)</p>		<p>Installation of the new boiler (Replacement): 110,570 (15,480) [Including improvement of coal handling system: 113,930 (15,950)]</p>											
Required Period	12 - 18 months				18 months				40 months													

8-1-6 使用炭種別の各ケースについての検討とリコメンド

(1) ROM炭専焼およびSSCの専焼の場合

ROM炭およびSSCの石炭組成、燃焼灰の組成は実績値において下表のように非常に設計値と相違し又変動巾が大きい。

	Unit	ROM Coal	SSC	Design Value
Calorific value	kcal/kg	3,400-4,400	4,125-4,720	4,722
Total moisture	%	21.70-30.87	20.15-30.87	19
Na ₂ O + K ₂ O	%	-	1.97- 9.23	less than 4
Ash	%	7.76-26.80	6.08-16.66	6.72-19
Ash softening temp.	°C	-	1,160-1,240	1,120

現在のボイラおよび付属設備では到底このように設計値と喰違う炭種を専焼することは望み得ない。

従って、この種の石炭を専焼しようとするれば、新しい設備を置き替える必要があり、これには運炭設備の改善も含め約160億円(\$114百万)費用と、約4年の工期を要する。

変動巾の大きい炭質のすべての項目に適應するボイラを設計することは非常に困難であり、かつ不経済な設計となる。

現有設備の改善対策として、新規ボイラを設置することは現実性に乏しく、経済的な効果もうすく、推奨出来ない。

(2) ボイラを改造してSSCの混炭比を現状より増加する場合

既設ボイラを改造する案は、約16億円(ボイラ改造のみ)(\$1.1百万)の費用と18ヶ月の工期を必要とする。

しかしながら、この改造案は現設備の制限されたスペースの中で計画されたものである。

従って、実施可能な最大の改造ではあるが、必要な条件を完全にクリアしたものではない。混炭比の増加も約5%程度の非常に余裕の少ない範囲に限定されるものである。

従って、この改造案は経済的には効果がうすいものになり、推奨出来ない。

(3) 出力を制限してSSCを専焼又は混炭比を増加する場合

輸入炭の使用を中止して国内炭のみを使用しようとするれば、現設備での全負荷運転は困

難で、どうしても出力を制限しなければならない。

SSC/ACの混炭比率を50/50とした300MW運転から、SSC専焼とした225MWの運転に切替えたとすればSSCの消費が年間約30万トン増量になる。現在のルソン島の電力事情からすれば出力を抑制することは困難であるが、現在既に土、日曜は実施されている方法であり、豊水期には全面実施することも考えられる。

高アルカリの石炭の場合にも出力を抑制出来れば国内炭の使用量を増加することは可能と考えられる。

いずれの場合もコールハンドリングの問題を解決するために石炭サイロ、給炭機の改造が望ましい。

(4) 現状の運用を継続し可能な限り混炭比を高める場合

現在の混炭比における運転状態に必要な対策を実施し、更に、燃焼試験を行って、安定した運転状況を確認した上で徐々に混炭比の増大を推進することが当面、最も推奨できる対策である。

そのためには、次のような事項を是非実施する必要がある。

a. 正確な混炭比による燃焼試験を実施する。

特に現設備の火炉容積を有効に利用するために最下段ミルを使用した試験を実施し、その運転状況を良く観察し、状態を正確に把握することが、最も重要であり、かつこれは早急に実施されるべきである。

b. 燃焼管理計器およびABC系を常に良好な状態に整備、調整して、運転の安定化を計る。

c. 現在、SSCに対するオーストラリア炭の混炭量は、夫々、目視量で判断されているのが実情で、正確な計量がなされていない。

従って、混炭設備を設け正確で能率的な混炭を行うことが必要である。

d. ミルを初めとする全ての設備機器について、日常の点検、整備を充実し、良好な運転状態を保持する。

e. 今回寄贈される石炭分析計器を最大限に活用し、炭質を正確に把握する。

f. 発生した事故、トラブルについては状況、原因、処置および懸案事項等を確実に記録し、保管、活用する。

g. 現在、雨期に発生しているトラブルを解消する為に石炭サイロ、給炭機の改造及び

ファウリングの未然防止のためにスートブロアの増設を行うことが望ましい。

8-1-7 その他の改造案

(1) 石炭ドライヤの設置

石炭水分のみがネックの場合にはドライヤで石炭を乾燥する方式が考えられる。

(2) 空気予熱器(AH)エレメント増置

石炭水分が高い場合には、ミル加温用空気が不足となる、燃焼試験に於て、225MWでSSC専焼時一次空気は殆ど限度であった。更に出力が増加する場合には水分のみがネックとなる場合も考えられる。

現在空気予熱器は、高温、高中温、低中温、低温の4層となっているが、低中温層は将来増設に備えて予備スペースとなっている。この予備層にエレメントを増置すれば1次空気温度は5℃程度上昇するものと予想される。併し乍らドラフト損も約20mmH₂O上昇するので一次空気ファンの取替も必要になるかも知れない。現在AH回りの正確な運転値（風量、温度、風圧等）が得られてないので、実施に当ってはこれらを解析する必要がある。

この方式ではAH出口ガス温度が3～5℃低下すると思われるのでプラントの熱効率の改善も期待出来る。

(3) 添加剤の使用

近年、石炭燃焼時に発生する問題の対策として添加剤が使用されるようになってきた。

マグネシウム、カルシウム、鉄等の酸化物を主成分とした添加剤はスラッキング、ファウリングの発生反応を防止し、又クリンカを脆くしてスートブロワで落ち易くするなどの作用があるといわれる。

併し、この添加剤はコストが高価であり、又その効果の判定が長期にわたる等の問題がある。（カラカ発電所で常時使用するとすれば石炭費の数％に相当する。）

既設設備で高アルカリの石炭を燃焼するには添加剤を使用するのも、一つの方法であるが、選定に当っては慎重に効果を確認すべきである。

8-2 燃焼管理設備

8-2-1 カラカ1号機ABCシステムの改善対策概要

数次の調査結果において、カラカ 1号機のABC及びLMC (Load Management Control) システムは、一般常識的機能及び制御動作として、通用するものでなく、再点検及び再調整の必要があると判断する。

以下、3段階の改善対策案について検討する。

(1)更新の基本方針

第 1 案

自動プラント制御 (LMC&ABC) を対象とした詳細現状調査を実施し、現在のシステム機能範囲で再調整し発電所運用の品質向上が可能かを調査する必要がある。現在までの調査でABCシステムの再調整によってロードリミッタ運転での負荷変化率が1%/分位まで安定運転可能と推定する。

第 2 案

ドラム水位制御を含めた給水系の制御方式に根本的な制御機能不足があるため、機能追加を技術的に可能と想定して、ABCシステムの改造及び再調整を実施する。その予測成果としては3%/分の負荷変化にも充分の安定性を得ると推定する。

第 3 案

APCシステムを一括再調整する法で、これにはタービンボイラ協調制御システムの改造が必要であり、LMCとABCとの相互協調方式が追加となり、かなりの事前調査による新設回路の方式の決定および追加工事期間と調整期間が必要となる。

勿論、第3案は、第2案を含むものとして、成果予測はガバナ運転を十分に保証出来る。

8-3 環境対策

8-3-1 周辺環境モニタリング

カラカ発電所では、環境保全マニュアル(Environmental Protection Manual)を作成し環境保全のため排出規制の遵守、環境対策設備の運用に留意運用されている。

環境値についても、定期的に測定が行われているが、次の事項についてリコメンドする。

(1) 浮遊粒子状物質について

(2) 排出水水質測定について

(3) 騒音について

(4) 気象観測について

8-3-2 炭じん防止対策

発電所の揚運炭設備稼働中はアソローダ周辺及び貯炭場周辺で粉じんの発生及び堆積が著しく、風向により発電所周辺の民家及び発電所本館機器回りへの影響が大きいため対策が必要である。

(1) 荷役設備の炭じん防止対策

(2) 貯炭場からの炭じん防止対策

8-3-3 地下水汚染

環境業務は、大気、水質、騒音等の測定と周辺住民の苦情処理にあるが、現在灰捨場に近い移住区域の住民から井戸水に塩分が混入し飲料不適となるなどの苦情が提起されている。

この地区の家屋数は（推定）255家屋、（推定）住民2000人として、その約20%の55家屋（推定）440人に影響があると推定される。

この種地下水汚染対策として、近年防水シートで地表全面を覆う防止ライニングシステムを施工する方法が採用されてきている。併し、この方法では400千円/100m²（対象となる灰捨場面積約50万m²）となり、本方式で完全に地下水汚染を防止しようとするれば、巨額の工事費が必要となる。

現在進められている2号機建設計画の中で検討されると思われるが、周辺地域の地下水汚染対策としては、直接灰捨場側の対策工事でなしに、発電所側に給水設備（容量30t/h程度の除濁槽、汙過器、タンク、塩素注入設備、送水設備等）を設置し、給水することが得策かと思われる。

8-4 揚運炭設備

揚運炭設備においてもROM炭、SSCの使用いづれの場合も多くの問題が発生している。特にROM使用の場合は、各所における石炭の付着、詰り、目詰り、落炭が発生し特にミル周辺での石炭詰りによるプラントトリップが頻発している。又各所の粉じん発生が問題となっておりこれは近くの住民にも影響を及ぼしている。

2号機増設時のROM炭またはSSCの使用計画によって、揚運炭および貯炭場設備が変わってくる。ROM炭、SSCを使用する場合のトラブルを防止するための設備改善対策と将来の運用上の設備計画の改善について検討する。

検討内容の詳細は先に提出したプレミナリーレポートに記載してある。

8-4-1 ROM炭、SSCの取扱上の改善対策

次の対策を実施する。

- (1) 石炭付着および詰りの防止対策
- (2) コンベヤ上の滑りの対策
- (3) 落炭の対策
- (4) 粉じんの発生防止対策

- (5) 石炭中の異物混入防止対策
- (6) 自然発火の防止対策
- (7) 混炭精度向上対策
- (8) 受入炭の炭質管理対策
- (9) 消費炭の炭質管理対策

8-4-2 石炭の使用計画と揚運炭設備の改造

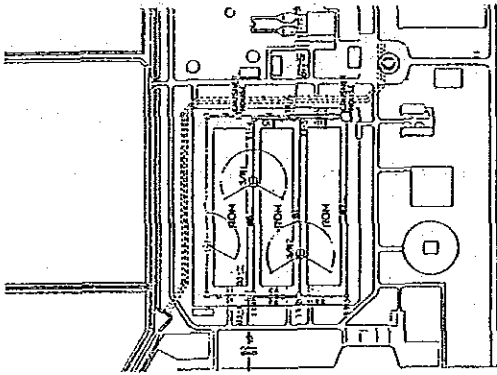
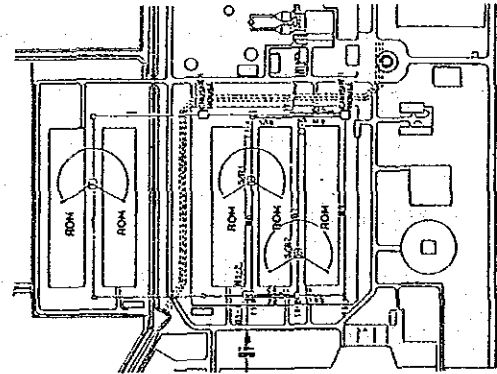
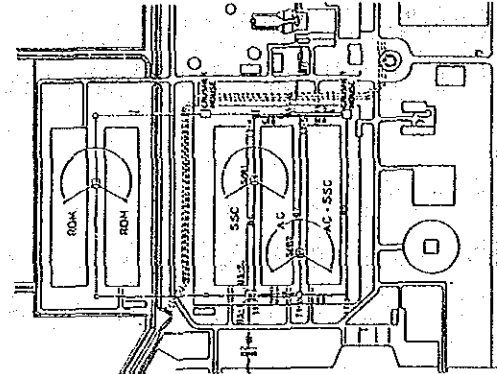
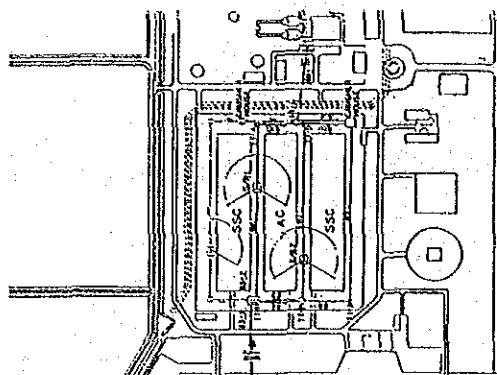
揚運炭設備は1,2号機の共通設備として、将来計画を考慮して設備の改造を計画する。

(1) 次の各ケースについて改善計画を検討する。

- ケース1 : 1,2号ボイラ共ROM炭専焼
(貯炭場は現状の3パイル運用)
- ケース2 : 1,2号ボイラ共ROM炭専焼
(2号用として貯炭場を2パイル増設)
- ケース3 : 1号ボイラは現運用
(SSCとACとの混炭)
2号ボイラはROM炭専焼
(2号用として貯炭場を2パイル増設)
- ケース4 : 1号ボイラは現運用
(SSCとACとの混炭)
2号ボイラはSSC専焼
(貯炭場は現状の3パイル運用)

各ケースの検討内容の比較表を表8-4に示す。

表8-4 ROM炭運用を考慮した揚運炭システム比較検討

	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4
<p>炭 粉 系 統</p> <p>貯 炭 場 貯炭貯炭容量は45日分程度 条件 ・ Plant 容量 300 MW × 2 ・ 石炭発熱量 4722 Kcal / kg ・ Plant 効率 39 % ・ 利 用 率 70 %</p>	<p>1, 2号機共ROM専焼</p>  <p>貯炭場現状のまま(3パイル運用)</p>	 <p>2号機増設</p>	 <p>1号機はSSCとオートトラリヤ機との混焼, 2号機はROM専焼</p>	<p>1号機はSSCとオートトラリヤ機との混焼, 2号機はSSC専焼</p>  <p>貯炭場現状のまま(3パイル運用)</p>
	<p>貯 炭 場 貯炭貯炭容量は45日分程度 条件 ・ Plant 容量 300 MW × 2 ・ 石炭発熱量 4722 Kcal / kg ・ Plant 効率 39 % ・ 利 用 率 70 %</p>	<p>貯炭場現状のまま(3パイル運用)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 空焚角を30°とすると既設貯炭場での貯炭量は165,600 t (300MW × 2UNITに約19.7日分)となる。 ・ 貯炭量が大中に減り、発電所運用上支障をきたす。 ・ 1985年4月以降のセミトラ炭受入長期停止平均日数約25日である。 	<p>2号機増設</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 既設貯炭場は現状通りSSCとオートトラリヤ機を貯炭する。なお、3パイルは1, 2号機の兼用としてSSC又はオートトラリヤ機Coalを貯炭する。 	<p>1号機はSSCとオートトラリヤ機との混焼, 2号機はROM専焼</p>
<p>既設設備改造</p>	なし	両	両	左
		両	両	左
				両
				左

(2) 検討結果と評価

- a. ケース1は1,2号共ROM炭専焼とする場合であるが、ROM炭対策としての既設備の改造範囲（改造費）が最も大きく不経済であり、かつ貯炭量も1,2号機に対して、約19.7日分となり、貯炭管理運用上問題であり発電所運転に支障をきたす。（セミラ炭長期受入停止期間の実績平均は25日）

1号ボイラは新設が必要であり、この面からも制約を受ける。

- b. ケース2は既設と同一仕様の貯炭場 2パイルを増設するものである。1,2号機に対して約32日分の貯炭が可能となり、過去のセミラ炭受入実績から見て問題はない。しかし、改造範囲（改造費）はケース1に次いで大きく、又ケース1と同様にボイラー側から制約を受ける。

- c. ケース3は1号機が混焼、2号機がROM専焼の場合であるが、ROM炭対策としての既設備の改造範囲（改造費）が小さく、1ボイラの改造もなく経済的である。ただし、混炭精度を上げるため混炭設備を設置した場合はコスト高となる。

既設と同一仕様の貯炭場パイルをROM炭専用として増設した場合、ROM炭の貯炭日数は約26日となる。セミラ炭長期受入れ停止期間の実績平均25日に対して貯炭量の余裕がないが、既設貯炭場 3パイル中1パイルを1,2号用の非常用として、オーストラリア炭又はSSCを貯炭すれば運用上問題はない。残りの2パイルで、1号用炭としてオーストラリア炭及びSSCの45日分の貯炭（年利用70%とした場合）は可能である。

- d. ケース4は1号機が混焼、2号機がSSC専焼の場合であるが、ROM炭対策としての既設備の改造範囲（改造費）が小さい。ただし、混炭精度を上げるため混炭設備を設置した場合はコスト高となる。

既設の貯炭場での貯炭量は1,2号機に対して20.1日分となり、貯炭管理運営上何等かの対策が必要である。

しかし炭鉱側との総合運用が出来れば、改造費が少なくすむというメリットが出てくる。

8-4-3 既設備の問題点と改善策

既設備の問題点と基本対策の概略を表8-5に示す。

表8-5 既設備の問題点と基本対策(1/2)

Problems	Basic Countermeasure	Facilities	Cost \$10 ³ (Million Yen)
Improvement of Blending Accuracy	- Coal blending hopper will be installed.	- At coal yard	5,143 (720)
	- Integrating belt scale will be added to the indicating dispensing belt scale on the reclaimer.	- Reclaimer	429 (60)
Spontaneous Combustion	- Improvement of coal stacking method - Temperature measuring device	- Coal yard	11 (1.5)
Received Coal Auto-sampler	- Auto-sampler will be repaired and utilized effectively for coal quality control.	- Auto-sampler in T-1 Tower	-
Dispensed Coal Sampler	- Existing manual sampler will be converted to auto-sampler (with timer).	- Cutter sampler	686 (96)
Dispensing Coal Scale	- Coal scale will be repaired and maintained. Sufficient spare parts will be stored.	- Coal scale on B-12	-
Modification of Receiving Conveyor TT-1	- Modification of transfer tower	- TT-1	14 (2)
Water Jet Device for Screen and Crusher	- Installation of water jet device	- Screen	9 (1.2)
Chute and Hopper	- Hi-Moler lining - Installation of water washing device	- Conveyor transfer chute and hopper	171 (24)

表8-5 既設備の問題点と基本対策(2/2)

Problems	Basic Countermeasure	Facilities	Cost \$10 ³ (Million Yen)
Dust	— Installation of water sprays and dust suppressing plates on unloader hoppers	— Unloader	314 (44)
	— Installation of windbreak fence for coal yard	— Coal yard	5,343 (748)
	— Water spray from stacker/reclaimer	— Stacker/reclaimer	157 (22)
	— Provision of portable vacuum cleaners for cleaning of dust and coal dropped in and around transfer towers	— Transfer towers	250 (35)
	— Improvement of sealing at trippers on the top of coal silos	— Trippers	75 (10.5)
	— Installation of hydrants and sprays	— Tripper, TT-6	93 (13)
Coal Dropping around Transfer Tower TT-6	— Dropping of coal seems to be due to overloading of belt conveyors. (Conveyor capacity is expressed in MCR, and operation should be at about 80%.) Capacity indicated on the reclaimers and dispensing conveyors will be changed.	— Dispensing conveyor and reclaimer	
Draining of Water on Yard Conveyors	— Standing water on the conveyors after rain must be removed before starting. For this, draining device will be installed on yard conveyors B-6 and B-7.	— Conveyors B-6 and B-7	75 (10.5)
	— Conveyors B-1 and B-2 will be made reversible.	— Conveyors B-1 and B-2	
Reinforcement of Magnetic Separator	— To increase the separating ability, 2 magnetic separators will be added on the receiving line.	— Magnetic separator	143 (20)

