

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。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。

その後、オーストラリア炭の混炭を実施し、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ていた。

その後スラッキング対策の為、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/CSC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により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の自動運用も可能である。

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、スラッシング、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削減したいと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

(2) 最近の運転状況

a. 1987年7月と8月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、系統負荷の低い土曜、日曜日はセミララ炭専焼で225MW出力で運転を行ない、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運転を行なっていた。O₂計A側2台B側2台の内、3台が故障しているが部品調達遅れで修理出来ず、現在A側の1台のみが正常に作動している。しかし、この1台のガス採取点も、トラバースして、代表点を選定したのではなく、節炭器出口のO₂平均値を代表しているとは言いがたい。

バーナの下段にとりつけられたエアポートダンパは、FOSTER WHEELER社(FWEC)の指示により、ファウリング、スラッシングを防止するため、50%開度で運用されていた。しかし、燃焼空気の一部は、エアポートダンパを通して供給される為、バーナ廻りの風箱差圧が小さくなり、微粉炭に旋回力を与える力が弱くなって、燃焼状態がや

や悪くなっていた。

b. カラカ1号機発電機出力がロードリミッタ運転を行な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。この変動原因を確認するため、通常運転中にプラントの監視、並びにトレンドレコーダチャート、レコーダチャートの検討、燃焼試験中にボイラ動特性試験を行なった。

その解析結果として、負荷変化させた時に主蒸気圧力制御とドラム水位制御系の安定性の不足が認められた。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、系統の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測された。

（ABC：Automatic Boiler Control ボイラ自動制御装置）

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。）

c. 3回/日のパトロール時、運転パトロールチェックシートによりチェックを行なっている。

d. 運転日誌に1時間毎に中制室にある主な計器の読みを記録しており、日誌に記載の定格出力時の基準数値との対比を行っている。

e. A1版の大きさに書かれたユニットの起動・停止手順書とA2版位の起動・停止曲線は中制室に保管され、運転操作手順は経験によりかなり理解されているものと思われる。

f. 中央制御室にはEP灰、節炭器灰等の未燃物のサンプル（未燃カーボン%記入）を展示しており、運転員は採取されたサンプルで未燃カーボンを知り、運転の参考に供している。

（EP：Electrostatic Precipitater電気集塵器）

(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号機の停止事故は、表4-2に示す通りであるが、停止事故総件数110件の中で計装・制御関係がその60%を占め最も頻度が高い。

計装・制御事故が頻発したのは、運開当初ROM炭が発電所へ燃料として供給され、運

炭設備や石炭パンカーの詰りなどでプラントの継続運転が出来なかったこと、及び燃料炭が特定出来なかったことなどの理由によって、制御系の十分な調整が実施できなかったことに起因すると考えられる。

停止事故の経時変化は図4-1に示す通りであるが、いわゆる初期故障と言われるものは1984年9月の運開から1985年5月までの間にはほぼ出つくしており、大部分は対策が施こされ現在問題はないと考えられる。しかし上記に述べた様に、初期調整期間の不足からくる問題点としてクリティカルフレームアウト、ABCの動作不良等が残存している。次に停止事故を多く起した項目として、カラカ発電所に当初燃料として供給されたセミララ島からのROM炭及びSSCによる運炭設備の詰りやボイラのスラッキング、ファウリング及びこれに起因するボイラチューブブリークなどで、ボイラ付属機器の故障を含めると故障全体の約19%を占めている。これらの問題はNAPOCOR関係者の努力により殆ど解決され、スラッキング、ファウリングについても混炭による運転を行っている現在では全く起っていない。

但し、所要の工具の不備や保修用機器、材料の購入手続きに長期間を要する等の理由で、充分保守ができないことによる故障の増加が懸念される。

その次に多いものとして、系統事故やじょう乱からくるもの、タービン、発電機関係の故障が原因であるものがそれぞれ8%、その他が6%である。

上記に述べた各種故障についてはNAPOCOR関係者の多大の努力によりその対策がとられ殆どどの問題が解決されているが、下記項目については種々の制約により前述の如く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

尚、これらの解決策については8章に述べる。

発電所停止事故の各分類別の詳細は表4-3参照

表4-2 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>(Up to June 1987 since commissioning)</p>		

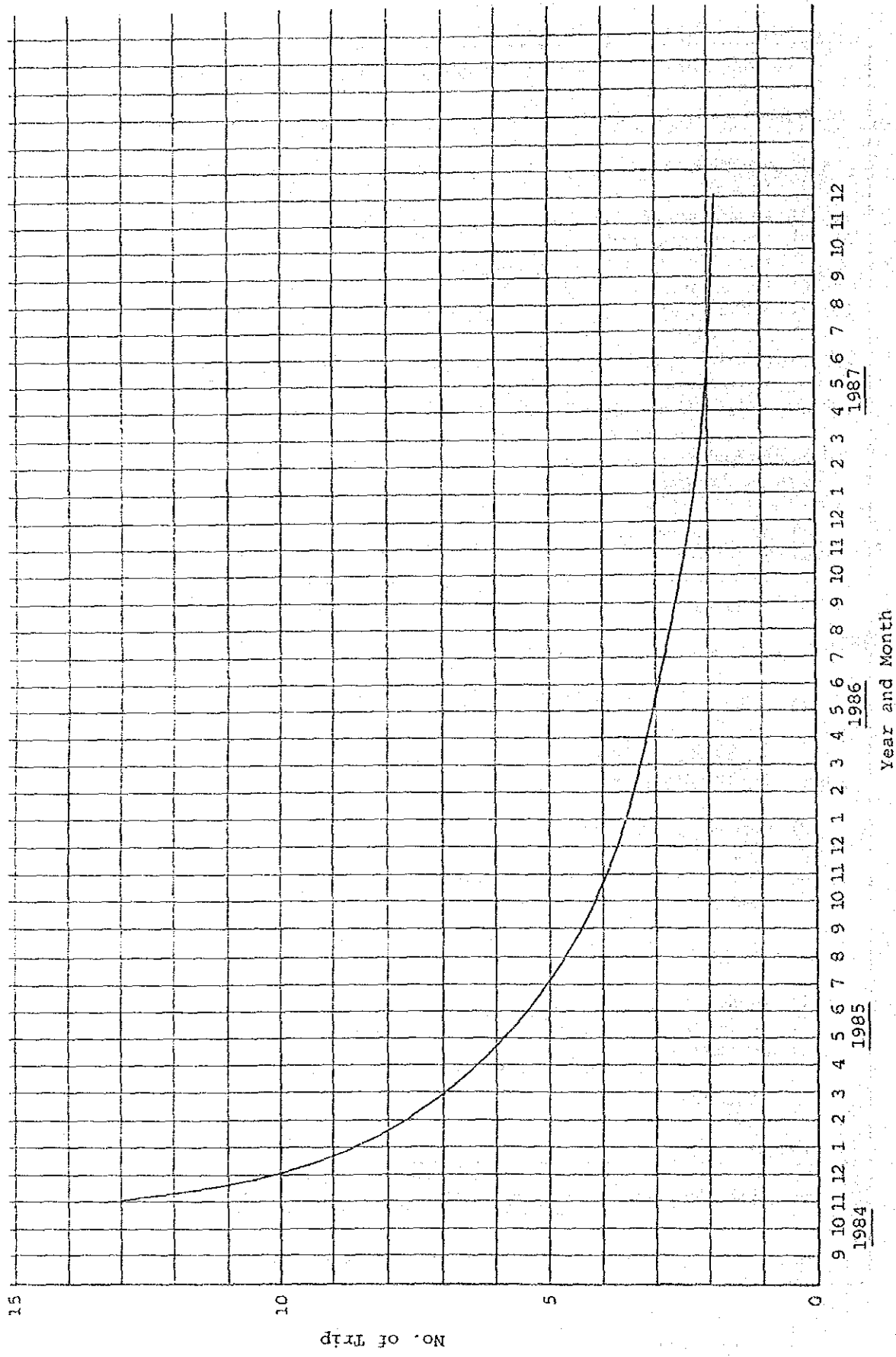


図 4 - 1 カラカ 1 号機事故停止回数の推移

表 4 - 2

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
$\text{Forced Shutdown Rate} = \frac{\text{Forced shutdown hour (h)}}{\text{Operating hour (h)} + \text{Forced shutdown hour (h)}} = 11.4\%$		
(Up to June 1987 since commissioning)		

表 4 - 3 Category of Troubles

1. Instrumentation & Control

Trouble Item/Shutdown Time		Description	
		Output	Cause, etc.
1)	Critical flame out		
	09-26-84 41.47 h	154 MW	Critical flame out
	11-06-84 3.13 h	125 MW	
	12-03-84 1.15 h	90 MW	Loss of ignition at low load, critical flame out, MFT.
	12-04-84 1.04 h	125 MW	Loss of all flame
		131 MW	Critical flame out, low furnace pressure
	01-13-85 1.80 h	205 MW	Critical flame out while shutting down one primary air fan.
	01-17-85 1.50 h	77 MW	Tripped due to critical flame out while shutting down one primary air fan.
	01-18-85 2.00 h	70 MW	Tripped due to critical flame out while shutting down one primary air fan.
	02-27-85 1.33 h	235 MW	Critical flame out (MFT burner management interpose logic system)
	04-24-85 11.21 h	280 MW	Flame out & MFT
	05-01-85 0.90 h	175 MW	Critical flame out
	05-25-85 1.52 h	204 MW	Critical flame out
	09-02-85 3.07 h	157 MW	Critical flame out
	12 times 70.12 h		
2)	Tripped due to MFT		
	09-30-84 6.18 h	80 MW	MFT (low atomizing air)
	12-05-84 1.17 h	124 MW	Loss of igniter (BMS fail) Furnace pressure low, MFT.
	12-08-84 1.03 h	106 MW	Loss of igniter, low furnace pressure, MFT.

Trouble Item/Shutdown Time		Description	
		Output	Cause, etc.
01-06-85	0.90 h	110 MW	Loss of all fuel
03-15-85	2.88 h	260 MW	MFT
07-13-85	2.85 h	185 MW	MFT (Fuel controller)
06-06-86	2.82 h	300 MW	MFT (Furnace pressure high)
7 times	18.00 h		
3) Furnace pressure high & low			
10-31-84	2.97 h	324 MW	F.P. high
11-20-84	1.83 h	115 MW	F.P. low
11-21-84	1.72 h	75 MW	F.P. high
11-22-84	0.80 h	145 MW	F.P. low
12-03-84	1.62 h	109 MW	F.P. low
12-29-84	0.98 h	125 MW	F.P. low
01-02-85	13.27 h	132 MW	F.P. low
01-05-85	0.87 h	105 MW	F.P. low
01-13-85	2.67 h	226 MW	F.P. high
02-16-85	5.80 h	270 MW	F.P. low
02-16-85	2.55 h	190 MW	F.P. low
02-18-85	89.25 h	232 MW	F.P. low (Primary S.H. clogging)
03-13-85	1.20 h	229 MW	F.P. low
04-08-85	5.42 h	85 MW	F.P. high (Malfunction of IDF controller)
04-08-85	1.60 h	71 MW	F.P. low
04-08-85	1.47 h	56 MW	F.P. low
04-09-85	1.25 h	141 MW	F.P. high
04-26-85	0.97 h	175 MW	F.P. high

Trouble Item/Shutdown Time		Description	
		Output	Cause, etc.
04-26-85	57.75 h	140 MW	F.P. low
12-27-85	0.90 h	200 MW	F.P. high ("A" IDF trip)
12-27-85	0.82 h	68 MW	F.P. high
01-06-86	3.38 h	212 MW	F.P. high
06-11-86	4.15 h	300 MW	F.P. high ("A" IDF trip)
12-03-86	2.83 h	220 MW	F.P. low (Primary air inlet control vane)
24 times	206.07 h		
4) Drum level high & low			
09-30-84	1.45 h	260 MW	Drum level low and popping of safety valve
11-18-84	0.63 h	108 MW	D.L. high
04-16-85	13.45 h	252 MW	D.L. low
12-23-85	0.57 h	9 MW	D.L. high
04-24-86	2.03 h	70 MW	D.L. high
04-24-86	1.63 h	45 MW	D.L. high
07-26-86	5.68 h	300 MW	D.L. low (Mill trouble hunting)
10-13-86	0.57 h	45 MW	D.L. high
8 times	26.01 h		
5) Loss of primary air			
10-07-84	2.68 h	160 MW	Loss of primary air (L.O.P.A.)
04-09-85	0.87 h	49 MW	"
06-02-86	0.90 h	65 MW	"
06-02-86	1.35 h	89 MW	"
03-25-87	2.60 h	300 MW	"
5 times	8.40 h		

Trouble Item/Shutdown Time			Description	
			Output	Cause, etc.
6) Loss of igniter	12-07-84	1.95 h	119 MW	at low load B-3
	12-07-84	6.10 h	21 MW	"
	2 times	8.05 h		
7) EHC trouble	10-31-84	1.03 h	10 MW	EHC malfunction
	11-05-84	4.32 h	21 MW	EHC trouble
	2 times	5.35 h		
8) Mill trouble	10-06-84	1.38 h	162 MW	No oil support to pulverizer
	01-15-85	0.80 h	109 MW	C mill trip
	02-27-85	1.52 h	171 MW	Trip due to "D" mill shut-off damper closed.
	09-07-86	1.00 h	230 MW	Sudden closing of shut-off damper
	4 times	4.70 h		
9) Others	01-16-85	1.60 h	160 MW	Tripped due to boiler load less than 30% initiated by low signal from main steam flow.
	04-09-87	3.00 h	300 MW	Instantaneous furnace upset causing drum level low
	2 times	4.60 h		

2. System Fault or Irregular Frequency

Trouble Items/Shutdown Time		Description	
		Output	Cause, etc.
1)	System frequency high/low		
	11-02-84 3.22 h	147 MW	System frequency high
	03-21-85 3.53 h	303 MW	System frequency high
	09-16-85 2.80 h	170 MW	System frequency high
	12-25-85 3.15 h	154 MW	Over frequency
	03-19-87 0.10 h	3 MW	System frequency high
	05-30-87 50.0 h	223 MW	System frequency high
	6 times 62.80 h		
2)	System trouble		
	07-12-85 1.07 h	112 MW	System trouble (Kalayaan pump trip)
	08-21-86 11.06 h	300 MW	System trouble
	10-06-86 31.38 h	123 MW	Low System demand
	3 times 43.51 h		

3. Boiler and Auxiliaries

Trouble Item/Shutdown Time		Description	
		Output	Cause, etc.
1)	Boiler		
a.	Slagging/fouling		
	09-29-84 4.47 h	168 MW	Reheater blocked
	03-06-85 126.76 h	232 MW	Clogging of primary SH upper bank
	03-22-85 70.82 h	243 MW	Clogging of primary SH
	3 times 202.05 h		

Trouble Item/Shutdown Time		Description		
		Output	Cause, etc.	
b. Tube leak	10-31-84	115.07 h		Upper eco. tube leak and No. 1 eco. hopper clogging
	08-07-85	446.13 h	15 MW	Boiler tube leak maintenance
	08-26-85	147.05 h	15 MW	Boiler tube leak
	05-06-86	69.72 h	192 MW	Repair of boiler tube leak
	10-18-86	109.65 h	30 MW	Boiler tube leak (Partition wall tube)
	01-14-87	88.37 h	3 MW	Repair of lower eco. tube leak
	6 times	975.99 h		
2) Coal silo clogging	01-18-85	52.60 h	71 MW	Tripped manually due to clogging of silos of C & D and also to cut down fuel oil consumption
	01-24-85	1.17 h	191 MW	Unit isolated to the system due to clogging of coal on C & D silos and due to repair works on heavy oil pump and heaters.
	06-22-85	1.05 h	108 MW	Clogging-up of silo D
	3 times	54.82 h		
3) Auxiliaries	10-02-84	61.07 h	10 MW	Shutdown for repair of valve of aux. steam feeder
	11-07-84	8.18 h	200 MW	Emergency tripping due to malfunctioning of aux. steam control valve
	11-12-84	92.87 h	125 MW	Shutdown for repair of eco. non-return valve
	01-01-85	15.20 h	5 MW	Shutdown to facilitate repair of leak on SH spray
	12-21-85	66.58 h	5 MW	Drum level gauge root valve leak

Trouble Item/Shutdown Time		Description	
		Output	Cause, etc.
05-31-86	53.07 h	230 MW	Safety valve trouble
09-03-86	6.62 h	260 MW	Outage of B mill
10-18-86	1.15 h	58 MW	Fuel oil supply trouble
06-19-87	3.40 h	250 MW	Loss of all fuel by lube oil pump tripping
9 times	308.14 h		

4. Turbine/Generator

Trouble Item/Shutdown Time		Description	
		Output	Cause, etc.
1) Turbine			
NONE			
2) Auxiliaries			
07-14-85	0.67 h	94 MW	Turbine control valve stick
07-15-85	94.65 h	100 MW	Maintenance of turbine CV
09-01-85	15.77 h	50 MW	Inspection of intercept valve
06-20-87	63.40 h		Leaking drain valve and malfunction of BHC
06-23-87	8.19 h		Restricted control valve movement
5 times	182.68 h		
3) Generator			
04-22-86	1.00 h	5 MW	Generator reverse power Ry.
08-13-86	14.28 h	300 MW	Generator stator cooling system trouble
09-27-86	13.33 h	275 MW	Excitation lock out Ry.
03-19-87	4.30 h	260 MW	Generator stator cooling water trouble
4 times	32.91 h		

5. Others

Trouble Item/Shutdown Time		Description	
		Output	Cause, etc.
11-19-84	2.18 h	75 MW	Tripped due to loss of primary air,
12-06-84	1.17 h	103 MW	Loss of primary air
01-11-85	1.20 h		
02-11-85	59.65 h	None	Unit unable to synchronize due to hammering on CRH line
04-19-85	72.02 h	75 MW	Unit shutdown to repair S/B 6L
5 times	136.22 h		

4-1-2 保守の状況

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、保守作業の実施内容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。

今後、下記の点に充分留意して、さらに発電所の信頼性を高めるように考慮する必要がある。

- (1) 保守作業は現在はメーカーが提出している各機器毎の取扱説明書を利用しているが、将来は発電所の経験も加味した補修要領や作業基準書を作成されることをリコメンドする。
- (2) 発電所運用上重要な補修記録、又は計測記録等の経時変化の集約等も保管、又はコンピュータにより管理されることをリコメンドする。
- (3) 今回のJICA調査では、オールポイントレビュー記録およびJICAチームとして作成した記録用紙でデータを収集したが、オールポイントレビュー記録は将来の補修計画立案、改善計画立案等、経年変化の資料として有効に活用することができるので月1回程度各負荷毎に収録保存しておくことをリコメンドする。

(オールポイントレビュー：発電所の主要測定点名称及び数値を全点、データロガーで打ち出した記録用紙)

(4) 定修記録

1986年2月9日～4月24日に、実施した1号機の第1回定修記録 [FIRST BCFTPP ANNUAL

SHUTDOWN REPORT]の内容を検討したが、タービン、発電機を主体とした計測調整又はテストラン記録のみであり、補修の内容については記載されていない。

今後点検記録、補修記録、調査データ、定修後の試運転記録、懸案事項、次期定修で実施すべき事項等を記録するよう推奨する。

[BCF TPP=Batangas Coal Fired Thermal Power Plant]

- (5) 揚炭コンベア系統の損傷事故が最近増加したため、石炭の混炭が不可能となり、ホッパ毎に石炭の種類を違えたミキシング ファイアリング運転を頻繁に実施している。

バルカナイザーなどの適切な修理工具が早急に入荷することが必要である。

- (6) ミルの保守・管理状況

a. 点検間隔

カラカ1号機のミルの開放点検実績は3,300~5,000時間で実施している。メーカーは2,500~3,000時間で開放点検するよう推奨している。

カラカの場合は特に使用する石炭の性状の変化が大きく、ボイラの燃焼状態を左右するミルの性能管理のため微粉粒度の計測およびディフレクターベーンの調整を含め、点検周期をメーカー推奨時間内に短縮して、常に十分な整備を実施するようにリコメンドする。

調査したミルの点検記録は表4-4の通りである。

b. ミルの性能

- (a) FWECの各負荷ごとの微粉粒度 (fineness)の保証値は以下のとおりである。

通過%	#200 USS	メッシュ	70 %	} ボイラ	25%~MCR	負荷
通過%	# 50 USS	メッシュ	98 %			

- (b) 微粉粒度 (fineness)の計測実績

今回の燃焼試験時の計測値 (負荷300MW時) は表4-5の通りで、これらはFWECの保証値を満足してはいるが、より以上の安定燃焼をはかるためには200メッシュ通過80%以上を目標とし、今後の使用炭が選択炭(SSC)の混炭比増加、又は専焼の場合は、より以上の粒度監視が必要である。

このため混炭比を変える際はその都度、微粉粒度計測を実施し、ミルの性能変化を把握することがボイラの安定燃焼とボイラ効率管理上、重要な事項である。

表4-4 ミルの点検記録

Mill No.	Inspection Date	Operating Hours		Classifier Vane Opening	Remarks
		Total	from Last Insp.		
A	Jan. 10, '85	1,334	—	7"	OK
	Oct. 3, '85	1,981	647	7-1/16"	OK
	Feb.—Mar. '86	2,750	769	7"	Roller oil changed.
	Dec. '86—Jan. '87	5,367	2,617	7"	OK
B	May 10, '85	1,411	—	—	High vibration
	Feb.—Mar. '86	5,322	3,911	7"	OK
	Jan. 9—Feb. 6, '87	10,081	4,758	7"	Replacement of roller, Build up of ring.
C	Aug. 7, '85	1,007	—	7"	OK
	Feb.—Mar. '86	4,233	3,266	7-1/16"	Roller oil changed.
	July '86	7,372	4,139	7-1/2"	Air port ring replaced.
	Feb. '87—Jan. '87	9,242	870	7"	OK
D	July 26, '85	3,590	—	8" to 7"	Erosion on air port ring.
	Feb.—Mar. '86	7,005	3,415	7-1/2"	OK
	Dec. '86—Jan. '87	11,931	4,926	7"	Roller build up on damage.

※ミルの点検基準（メーカー推奨）

2,500～3,000時間毎に開放点検が必要である。

表4-5 コールミル微粉粒度テスト (負荷300MW時)

Coal Blend Ratio (S/A)	Mill No.	Coal Flow (t/h)	Coal/Air Temp. (°C)	Mesh Pass (%)			Remarks
				200	100	50	
55/45	A	51.15	69	79.38	94.69	98.73	5.23% remaining on 100 Mesh
	B	49.91	69	81.00	95.76	99.00	
	C	50.85	70	78.44	93.86	98.80	
	Ave.	—	—	79.60	94.77	98.84	
60/40	A	47.98	70	81.79	95.74	99.39	4.72% remaining on 100 Mesh
	B	49.01	71	81.07	95.95	99.28	
	C	52.01	70	78.80	94.18	98.94	
	Ave.	—	—	80.55	95.28	99.20	
70/30	A	50.28	75	78.72	94.44	98.75	6.41% remaining on 100 Mesh
	B	49.84	76	79.05	94.68	98.99	
	C	49.84	74	72.98	91.65	97.95	
	Ave.	—	—	76.92	93.59	97.57	
100/0	A	42.26	69	77.54	95.17	98.65	Load 225 MW 7.12% remaining on 100 Mesh
	B	42.30	67	73.43	92.47	98.58	
	C	43.22	65	70.26	91.00	98.26	
	Ave.	—	—	73.74	92.88	98.50	

Percentage remaining on 100 mesh:

S/A = 55/45: 5.23%
 = 60/40: 4.72%
 = 70/30: 6.41%

4-1-3 石炭管理

(1) 受入炭貯炭の管理

a. 現状

(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、炭鋳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。

セミララ島にはNAPOCORより7名が石炭受入業務要員として派遣されている。

(b) 発電所の受入炭量は、SCCの積出時の計量値が入船時の納入炭量として、発電所に炭質と共に提示されており、これがそのまま受入炭量として記録されている。

(c) 貯炭量の管理は受入炭量とボイラの消費炭量(各コールフィーダ合計値がトータルコールフロ)との差で計算されている。なお、混炭の場合も計画混炭比で消費炭量を按分して計算している。

(d) 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。

b. 問題点

(a) 石炭の炭質および取引条件を確認するためには、発電所で採取したものを分析し、炭質を確認することをリコメンドする。

(b) 受入炭の自動サンブラが現在部品調達遅れで使用できないているが、NAPOCOR自体でサンプリングし分析するためには、常時稼動することをリコメンドする。

(c) 受入炭量についても発電所に設備されている受入炭計量器で計量することをリコメンドする。

(d) 払出炭量計(B-12に設置)を活用して石炭管理を推進されることを推奨する。

特にリクレーマに払出炭の積算流量計がないので混炭運用上、各リクレーマに積算計を取付けることが望まれる。

(2) 消費炭の管理の現状と問題点

a. 実際にボイラで消費する石炭のサンプリング及び分析が実施されていない。

b. 日常の熱管理等に用いる石炭の発熱量は受入時のものが使われており、実際値とは異った値であると思われる。

特に本社報告のための日報等は毎日熱消費率が報告義務化されているが石炭火力発電

所の場合、燃料の分析にかなりの期間を要するため1週間とか1ヶ月の平均値で報告するのが現実的と思われる。

- c. 今回の燃焼試験に際して給炭機からのサンプリング個所の点検整備およびサンプリング回数等を指示したが、今後も適時これらが実施されることを推奨したい。
- d. 発電所は現在、混炭、専焼、ミキシング等の燃焼が頻繁に行なわれており、炭質管理も難しいと思われるが、管理技術の向上を計るべきである。

(3) 混炭比の管理

現在、ボイラのスラッシング、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。今回の燃焼試験において、リクレーマ上に、レコーダを仮設し、混炭比の計算を行なったが、誤差は±7%程度であった。

しかし、リクレーマ内に設置されている石炭流量指示計、及び仮設のレコーダとも、指示値が1時間当りの石炭量(t/h)であり、しかも、リクレーミング量は激しく変動するため、この種のレコーダで、混炭比の計算を行うのは極めて非能率的である。

石炭のブレンドを容易にかつ正確にするには混炭設備を設置すれば良い。又、代案として、混炭設備による混炭より精度は落ちるが、リクレーマ上に、リクレーミング量の積算カウンターを設置(単位:t)するとともに、リクレーミングの半サイクル毎にリクレーミング量と混炭比を計算して、レコーダに表示すると同時に、リクレーミング量を自動的に調整できる様にすれば、より少い費用で現在より混炭比の精度を向上させることができる。

4-1-4 環境関係

(1) 概要

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汚染防止マニュアルを作成し、

その緒言に、環境規制にしたがつて、発電所周辺の環境状態を監視するため、次の目標を定めている。

- a. 汚染レベルの測定
- b. 運転前の状況に比べて発電所の傾向／変化の決定
- c. 発電所運転中に発生すると想定される環境への影響および苦情を緩和する方法についての評価及び勧告

これらは、火力発電所の環境部門に加えて、NAPOCOR本社のE M D (Environmental Management Division) が定期的に周辺の汚染状況監視を実施している。

(2) 発電所モニタリングの現状

a. 気象観測

風向、風速、温度、相対湿度が測定されているが相対湿度および地上より100 m高さ地点の風向、風速はセンサーが故障している。

b. 煙突排出ガス

排出ガス濃度はNPCCにより $1500\text{mg}/\text{scm}$ ($\text{SO}_2 + \text{NO}_2 + \text{CO} + \text{CO}_2$)、粉じん $300\text{mg}/\text{scm}$ 、 NO_x $2\mu\text{g}/\text{scm}$ と規制されている。全量 SO_2 と仮定すると 525PPm as SO_2 となる。

燃焼試験期間中の SO_2 計の表示は表4-6のとおりである。

c. 周辺 SO_2 濃度

周辺の地上 SO_2 濃度はNPCCにより $396\mu\text{g}/\text{scm}$ 以下と規制されて居り、月1回エアオートサンプラによる測定が行われて居る。

最近の測定実績は表4-7のとおりである。

d. 浮遊粒子状物質

浮遊粒子状物質のNPCCによる規制値は $250\mu\text{g}/\text{m}^3$ で、月1回ハイボリュームサンプラにより、 SO_2 測定点と同一地点で測定されて居り、最近の測定実績は表4-8のとおりである。

規制値を上回る値が見受けられるのは、道路上の粉じんによる影響と思われる。発電所からの影響を知るためには、測定点は発電所境界線附近とし、風向、風速、天候、大気温度、相対湿度等も記録しておくことが望まれる。

e. 水質

NPCCにより水質基準（水温、導電率、SS、全固形分、濁度、PH、アルカリ度－P値、M値－有害物質－Cd, Pb, Cr, As, Mn－等）規制値が定められている。

復水器出口—毎日，放水路—週1回，灰捨場排水—週2回，中和槽及び油分離槽排水—月1回，貯炭場排水—降雨の都度，サンプリング測定が行われ、最近の測定実績は表4-9のとおりである。この他、取水口—月1回，河川水—月2回，地下水—月2回，周辺地区雨水—降雨の都度測定が行われている。

有害物質については検出限界の明確でないものがあり、測定法と検出限界を定めておくことが望ましい。

f. 騒音

カラカ発電所地区の騒音規制は次のようになっている。

時間帯	昼間	朝夕	夜
規制値(db)	75	70	65

騒音は毎月1回測定されており、測定実績は表4-10のとおりである。またこの他に発電所構内でも測定されている。

発電所の影響を知るためには、発電所境界線で測定することが望ましい。

表 4 - 6 煙突 SO₂ 計測記錄

DATE	TIME	0000	0100	0200	0300	0400	0500	0600	0700	0800	0900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	AVE.
7-21-87	FUEL	290	290	285	280	300	300	300	300	270	410	390	400	390	390	350	335	330	350	370	370	380	410	410	390	390
	ppm SO ₂	251	252	245	251	245	244	249	246	249	253	247	247	248	245	251	245	248	255	289	296	298	302	290	290	290
	LOAD	55&D/45%E	400	380	380	380	370	390	420	430	470	300	304	302	302	405	420	440	430	420	425	425	405	410	405	405
7-22-87	FUEL	230	145	130	175	250	270	320	350	360	380	390	380	390	390	400	405	400	405	390	360	370	360	350	340	340
	ppm SO ₂	-	85	100	210	253	282	250	292	204	201	227	217	231	269	278	295	300	302	299	297	299	304	305	303	303
	LOAD	55&D/45%E	310	300	296	296	294	296	296	222	222	222	220	222	228	225	225	229	227	221	222	224	224	220	218	224
7-25-87	FUEL	270	250	245	240	245	245	245	255	285	310	310	340	380	370	370	350	345	340	330	330	330	340	340	310	310
	ppm SO ₂	217	224	226	222	225	217	226	226	223	224	225	293	302	300	304	301	296	291	294	296	291	251	241	219	219
	LOAD	56&D/44%E	345	330	330	345	345	370	350	330	315	310	300	315	315	275	280	310	310	320	320	325	330	330	305	325
8-06-87	FUEL	250	256	260	259	266	298	300	304	300	294	293	300	297	295	302	303	297	300	306	302	296	253	231	231	231
	ppm SO ₂	320	325	330	335	340	350	355	360	360	380	385	400	380	410	420	400	400	410	420	410	350	330	330	320	320
	LOAD	60&D/40%E	320	323	220	220	207	208	207	205	210	209	-	225	-	220	280	293	302	302	298	309	301	245	250	250
8-07-87	FUEL	360	360	360	355	355	380	385	385	390	390	380	370	360	370	380	380	380	380	380	390	400	380	390	400	400
	ppm SO ₂	299	298	301	300	296	294	300	302	302	296	300	305	300	300	297	299	299	299	299	300	295	294	256	255	255
	LOAD	70&D/30%E	400	400	400	400	400	430	450	480	510	520	530	500	490	520	525	495	490	490	490	500	450	410	390	390
8-08-87	FUEL	400	400	400	395	400	430	450	480	480	510	520	530	500	490	520	525	495	490	490	500	450	410	390	390	390
	ppm SO ₂	299	298	301	300	296	294	300	302	302	296	300	305	300	300	297	299	299	299	299	300	295	294	256	255	255
	LOAD	60&D/40%E	400	400	400	400	400	430	450	480	510	520	530	500	490	520	525	495	490	490	500	450	410	390	390	390

REMARKS: Combustion Test
 The NFCC air quality standard
 1. SO₂ emission - 1500 mg/scm SO₂ (525 ppm)
 2. Ambient SO₂ - 396 µg/scm (24 hrs. exposure time): 0.139 ppm
 Note: scm - standard cubic meter
 mg/scm = ppm x $\frac{64}{22.4}$

TYPES OF FUEL
 A - LIGHT COAL
 B - HEAVY COAL
 C - SEMIPARA COAL
 D - SELECTED SEMIPARA COAL
 E - AUSTRALIAN COAL
 F - OTHERS

表 4 - 7 環境計測記錄 (月間平均値)

A. Ambient SO₂

	SO ₂ µg/m ³	NPCC Std.																								
January, 1987	11.55	396 µg/m ³																								
February	10.79																									
March	4.60																									
April	8.37																									
May	—																									
June	8.86																									
July	—																									
<table border="0"> <thead> <tr> <th>Stations:</th> <th></th> <th>Direction:</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Calaca</td> <td>— 3 kms from the plant</td> <td>North East</td> </tr> <tr> <td>Resettlement</td> <td>— 2 kms</td> <td>South East</td> </tr> <tr> <td>Baclaran</td> <td>— 2 kms</td> <td>West</td> </tr> <tr> <td>Balayan</td> <td>— 5 kms</td> <td>West</td> </tr> <tr> <td>Main Gate</td> <td>— 200 meters</td> <td>East</td> </tr> <tr> <td>Camastilisan</td> <td>— 4 kms</td> <td>East</td> </tr> <tr> <td>Madalunot</td> <td>— 5 kms</td> <td>North East</td> </tr> </tbody> </table>			Stations:		Direction:	Calaca	— 3 kms from the plant	North East	Resettlement	— 2 kms	South East	Baclaran	— 2 kms	West	Balayan	— 5 kms	West	Main Gate	— 200 meters	East	Camastilisan	— 4 kms	East	Madalunot	— 5 kms	North East
Stations:		Direction:																								
Calaca	— 3 kms from the plant	North East																								
Resettlement	— 2 kms	South East																								
Baclaran	— 2 kms	West																								
Balayan	— 5 kms	West																								
Main Gate	— 200 meters	East																								
Camastilisan	— 4 kms	East																								
Madalunot	— 5 kms	North East																								

表 4 - 8 環境計測記録 (月間平均値)

Air Particulates (Hi-Vol)

Station	Dust Concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)						NPCC Std.
	Jan.	March	April	May	June	July	
Resettlement	*173.84	—	136.16	181.26	47.08	—	250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 1 hr exposure time
Plant Site	44.14	84.98	—	—	—	—	
Baclaran	**191.91	*337.87	*286.41	*329.57	150.66		
Calaca	34.47	210.21	220.27	84.75	—	11.77	
Met. Station	—	145.67	88.28	—	—	—	
Camastilisan	—	—	*285.43	—	—	185.38	
Balayan (Bonville)	—	—	—	19.44		*296.61	
Madalunot	—	—	—	—	—	43.55	

Note: *Normally heavy road dust
 **Testing of Luvimin/SSC coal

表 4 - 9 水質計測記錄

Item	Unit	NPCC Regulation	Condenser Cooling Water Outlet	Ash Pump Discharge
Temperature	°C	less than 40°C	29.0-33.3	26.0-36.0
pH		5.5-9.0	8.14-8.25	8.3-9.0
SS	mg/l	200		
Oil	mg/l	15		
Residual Chloride	ppm	1.0	0.05-0.11	
Cd	ppm	0.1		
Cu	ppm	0.5		
Pb	ppm	0.5		
Cr	ppm	0.1		
As	ppm	0.5		
Hg	ppm	0.002		

Limit - 75 dBA at Daytime, 9 AM to 6 PM

Station	Date/Time Sampled	Noise Level
1. Resettlement Area	1-14-87 bet 1750 to 2100	53 (Average of six stations)
2. Resettlement Area (Blk 4)	2-18-87	53
	3-09-87/1050	52
	4-01-87/1115	52
3. Baclaran	1-14-87/2230	52
	3-02-87/1325	51
	4-06-87/1030	42
4. Balayan	1-14-87/2330	49
	7-03-87/1000	51
5. Calaca	1-14-87/1220	52
	3-11-87/1110	51
	3-16-87/1010	52
	6-16-87/1010	53.5
	8-07-87/1040	52
6. Meteorological Station	2-18-87	52
	3-02-87/1115	45
	4-01-87/1120	51
	4-06-87/1115	52
7. Dacanlao	2-26-87/1135	59
8. Tuy	6-01-87/1000	52
9. Madalunot	7-03-87/1045	52
	7-22-87/1100	52

4-1-5 教育・訓練

NAPOCORの教育訓練は先ず全社的に見た場合、下記の教育が考えられている。

(1) 社内教育のコース別分類

a. Basic/Core Course

このコースは主として、下記の職員に対して適用されている。

- (a) 比較的新しく当該の職種に就いた職員
- (b) 新しく運開した発電所や設備で、その要員に対し設備の運転や運用方法についての訓練が必要な場合。
- (c) 全社的に見て少なくとも 500名以上の職員の参加が必要な任務

b. Refresher of Retraining Course

Basic course受講後 3年経過した職員に対して実施するのが理想的であるが、実際には10年経過した職員に対して彼等の分野の技術の向上のため、教育内容の追加見直し、及び最新技術の取得のため実施されている。

c. Enhancement Course

このコースは各分野でのもっと高度で専門的な教育を必要とする職員に対して実施するものであるが、同時に現在の業務の効果をさらに高めるための補完的な知識の修得や、より高度で責任の重い業務につくための教育を必要とする職員に対して実施される。

(2) 社内教育項目

a. Basic Course

(a) OPERATION PROGRAM

- i Thermal Power Plant Operation
- ii Geothermal Power Plant Operation and
- iii Maintenance Course
- iv Hydro Power Plant and Maintenance Course
- v Diesel Power Plant and Maintenance Course

(b) MAINTENANCE PROGRAM

- i Maintenance Training Series Program
- ii Instrumentation and Control Course

(c) POWER SYSTEM PROGRAM

- i Basic Lineman's Course

ii Substation Operations and Maintenance Course

iii Power System Analysis Course (Load Flow Analysis)

iv Power System Analysis Course (Fault Analysis)

(d) TRAINING PROGRAM FOR ENGINEERING GROUP

i Project / Program planning, Scheduling, Monitoring and Control

ii Statistics for Engineers

(e) COMPUTOR COURSES

i Micro Soft Disk Operating System

ii WORDSTAR (Software application for word processing)

iii LOTUS 1-2-3

iv DATABASE III PLUS

(f) SAFETY PROGRAMS

i Occupational Safety and Health Standars Course

b. Refresher / Retraining Course

For SAFETY PROGRAM

Fire Brigade Training

c. Enhance Course

For POWER SYSTEM PROGRAM

Power System Protection and Operation

d. その他の教育項目

上記に述べた教育のほか下記に示す教育計画が建てられている。

(a) ORGANIZATION DEVELOPMENT PROGRAM

(b) THE NPC SCHOLARSHIP PROGRAM

(c) EXTERNAL TRAINING PROGRAM

(3) カラカ石炭火力発電所における教育訓練

カラカ石炭火力発電所における教育訓練は上記(2) a.項のBasic Courseの中の(a)OPERATION PROGRAM及び(b)MAINTENANCE PROGRAMの一環として行われており、これらに加えてOJTによるRefreshing Courseがある。教育・訓練は講義、討論等のClass room trainingと現場での模擬訓練やOJTの組合せによって実施されている。

カラカで行われている教育訓練項目（運転要員用）を添付資料-8に示す。

(4) カラカ発電所における教育・訓練の改善

カラカ発電所はフィリピン最初の大型石炭火力発電所であるため、殆どの発電所要員がNAPOCORの他の油火力発電所や地熱発電所から転属してきており、石炭火力の運転・保守の経験なしでスタートしたわけであるが、発電所に勤務している職員は所長以下非常に熱心に新しい知識を吸収し、発電所の運転・保守に多大な努力を払っている。発電所運開当初の多くの困難を乗り越え、状況は大巾に改善されている。今後さらにこのルソン電力系統の重要なベース火力発電所としての信頼性をより高め維持していくためには、発電所要員の教育・訓練は最も必要な項目の一つであり、現在の教育・訓練について下記改善が必要であろう。

a. 新入社員教育の改善

(a) 他のNAPOCORの発電所でも同様であるが、新入社員は最初の配属が決まるとその職種から変わることはまれである様に見える。発電所全体のシステム及びその動作を理解するためには運転の経験が非常に重要であるため新入社員の技術者(Engineering部門要員を含む)はすべて共通教育後発電所の運転の直に一定期間(1年ないし2年)配属し、その後再配属することが望ましい。又その後のローテーションも重要である。

(b) カラカ発電所自体の事故ばかりでなく系統事故によるPlant tripも多いため、緊急時に対処するための運転要員の訓練が必須である。又NAPOCORの電力開発計画を見ても今後石炭火力発電所が増加すると考えられるのでシミュレータの設置が望ましい。

日本の電力会社でも入社後2~3年経過した運転員に対するシミュレーターによる訓練が行なわれている。

(c) 又上記と合せて、今後の各種教育・訓練の必要性増加に対応するためのTRAINING CENTERの設置も必要となろう。

(d) その他として、今回の調査では設備の改善が主目的であるため教育・訓練に関する詳細な調査は行なわれていないが、この問題は言うまでもなく非常に重要なものであり、NAPOCORにおいて他国の例についても詳細な調査を行いより良い方法を検討されることを推奨したい。

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

(1) ボイラ本体及び付属設備

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、各所のホッパー、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月以降はセミララ炭は炭質をROM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キ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炭燃焼を行っている。スラッキング及びファウリングに最も影響するSSCの灰分性状は、アルカリ成分である ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$)が不安定で、国内炭の混炭比向上の大きな制限条件となっている。
- d. 今後、次のような操業方針について検討する必要がある。

(a) ROM炭またはSSCの専焼

(b) 外国炭混炭比の減少を計りながらの安定運転

(2) その他の問題点

下記のように現在故障中の機器が見受けられる。既に修理のための部品は発注済みとの事であるが、調達に時間がかかり修理出来ないでいる。修理作業は故障が大きくなってからでは大きな費用が必要になるため調達部品が円滑且つ早急に入手出来るよう調達制度が見直しされることが望ましい。

a. ドラム水面計の故障

蒸気ドラムには左右に各々1個の二色ガラス水面計が設置されている。左側はテレビカメラを備え中央制御室のテレビに受像監視するようになっている。右側は現場監視用であるが、現在2個共漏洩のため使用されていない。

ドラム水位の監視は中制室にある記録計及びCRTで監視中であるが、ドラム水位計

は重要な監視機器であり、整備が必要である。

b. ボイラ本体および風煙道のリーク

ボイラ本体および風煙道系統のエキスパンション部の漏洩個所が非常に多い。

c. 後部煙道（1次過熱器）の点検

現在ボイラのスラッキングおよびファウリングの点検は、火炉の点検孔を開いて炉内点検を実施しているが、後部煙道には点検孔はなく、保守用のマンホールを開いてファウリングを点検しているが、大きなマンホールであり、可能ならば小型の点検孔又は監視用TVを増設するのが良い。

d. 操作用床

エアポートダンプの操作用床の改造が必要である。現在現場指示計の確認には非常に危険な姿勢をとっている。

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炭とSSC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が、これらの問題点を列記する。

図4-2に揚運炭設備のレイアウトを示す。

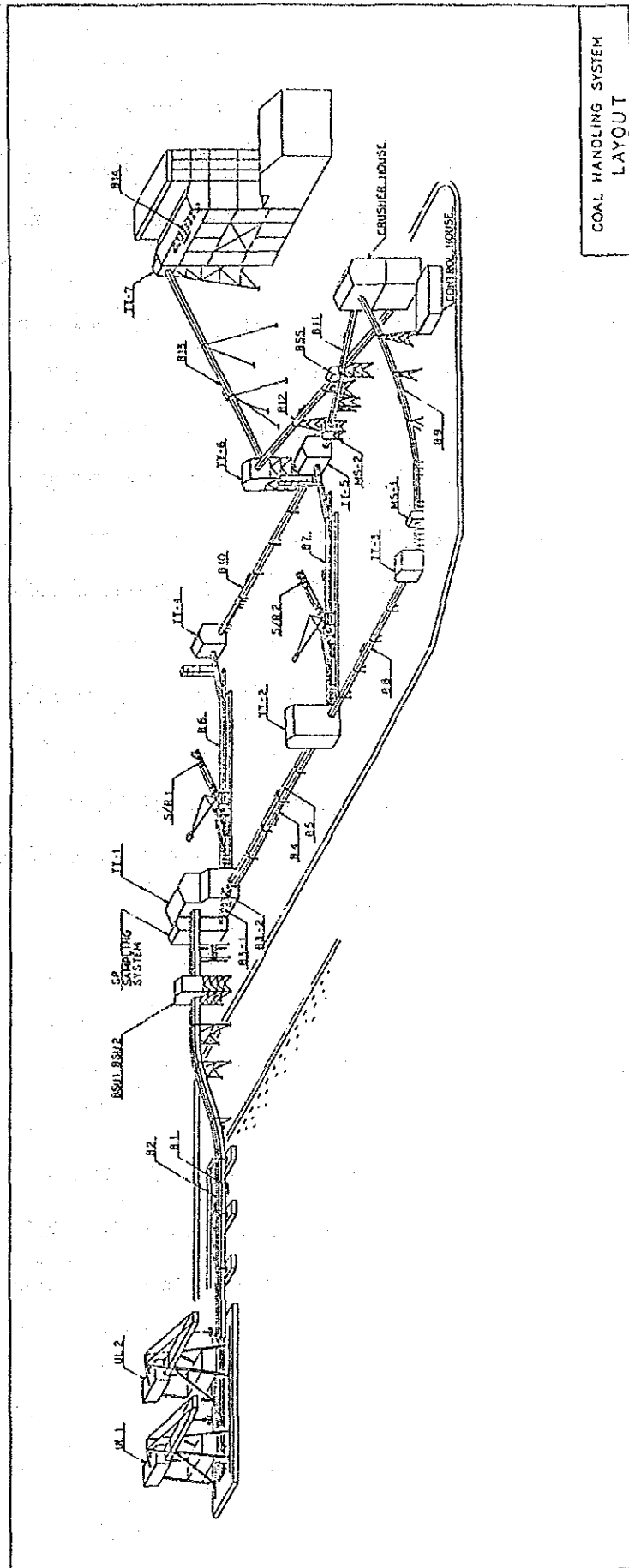


图 4 - 2 運炭設備配置圖

(1) 設備の問題点

a. アンローダ及びホッパシュート

ROM炭受入時はROM炭の特性からその粘土分が、アンローダホッパ分岐シュートに付着し、揚炭能力の低下または揚炭不能等のトラブルを発生する。

雨期に受入コンベア(B-1,B-2)上に水が溜り石炭滑り現象が発生し、送炭不能になる。

b. 乗継タワーホッパシュート

ROM炭の揚運炭設備運転中はコンベアの各乗継時にホッパ及びシュートに粘土が付着し、送炭能力の低下および落炭が多発する。

c. リクレーマ

リクレーマのバケットホイールへの粘土付着による揚炭能力の低下を来す。

d. バイブレーションスクリーン及びクラッシャ

バイブレーションスクリーンはROM炭の大塊及び粘土付着による目詰りを発生し、揚炭能力の低下を来す。

また、現在はボイラ側石炭サイロの詰り防止のためと言うことで、網目を35mm×70mmを80mm×70mmに拡張したままである。

クラッシャはリングハンマタイプであり、回転リングと下部のクラッシュスクリーン間で石炭を砕く方式であり、ROM炭の場合、この下部スクリーンの目詰りが発生し、粉碎能力の低下及び揚炭不能事故が頻発する。

e. 石炭サイロ及びシュート

ROM炭による試運転当初は石炭サイロ及びシュートの石炭詰りにより、給炭機及びミルのトリップ事故が頻発し、ボイラの燃焼不安定を招き負荷抑制、或いはボイラ失火事故を起し、ユニットトリップとなった。

1985年2月頃よりセミララ炭の炭質をSSCに変更したが、新たにボイラのスラッキング及びファウリングの問題が発生し、現在は輸入炭との混炭で運転を継続中である。

クロッキング防止のために石炭サイロにエアブラスタを取付けているが効果は限られている。

(2) 管理機能上の問題点

管理機能上の問題としては下記のものがある。

a. 貯炭管理

受入炭は船積時ロット毎(1,000ton毎)にサンプリングし、SCC/NAPOCOR両者で工業分析して取引条件を確認している。

納入炭量は船積時の計量値がそのまま受入炭量として記録されている。

現在受入流量計不良、オートサンプラ不調であり早急に調整する必要がある。

SSCの自然発火現象が各所にみられる。

b. 炭質管理

セミラ炭の炭質をSSCに変更したが、新たにスラッキング、ファウリングの問題が発生し、現在オーストラリア炭との混炭で運用中。

SSCの混炭比増加のためには石炭灰の性状把握が必要でこの程分析計器(JICA供与)が設置された。

リクレーマ混炭方式は現設備では、±15%程度誤差がある。

c. 粉じん公害

アンローダのSSC受入時の粉じん発生

貯炭場の粉じんとして乾期の貯炭場表層炭の粉じん及びリクレーマ運転中の粉じんが構内及び周辺民家へ飛散し、粉じん公害が発生している。

乗継タワーの落炭、パンカ室の粉じん発生による作業環境の悪化と回転機器等の損傷が発生している。

4-2-3 灰処理設備

(1) 現状

灰処理系統は以下のとおり3系統に分かれている。

a. ボトムアッシュ処理（火炉底部）

漲水したホッパーに灰を滞留させ8時間に1回、ジェットパルジョンポンプにより灰流管で灰捨場に輸送している。

b. 節炭器及び空気予熱器（AH）灰

8時間に1回、ブロワによりアッシュビンに圧送し貯蔵後アッシュビンのレベルをみて、ジェットパルジョンポンプにより、灰捨場に投棄している。

c. 電気集じん器（EP）灰

8時間に1回、EP灰用アッシュビンにブロワにより圧送、あるレベル迄溜めた後、ジェットパルジョンポンプにより、灰捨場に投棄している。

(2) 問題点

a. EP灰の処理

EP灰の再利用（セメント工場他）を考慮してEP灰回収用アッシュビンを設置しているが、現在EP灰は灰捨場に投棄している。通常販売用としては未燃カーボンは5%以下とされている。

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）に分級装置は設置されていない。

b. 節炭器ホッパのクロッキングについて

(a) 現象

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すいものもあるが、これらのクリンカが燃焼、熔融状態となりその後固形化することがある。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。

(b) 原因推定

その原因は石炭の性状とともにボイラの燃焼方法に起因しているものと推定する。カラカ1号は従来より低O₂運転を実施しており火炉内での完全燃焼が出来ず、後部煙道へ燃焼中の灰を持ち込んでいるものと考えられる。これはセミララ炭のスラッキング及びファウリング特性の影響もあるが、何よりも火炉内での完全燃焼を計ることが重要である。

(c) 対策

これ迄頻繁に発生した節炭器ホッパでのクロッキングは今回の燃焼試験による適正な O_2 値の運用とエアポートダンパの運用変更等で、セミララ炭専焼時も混炭比S/A=60/40時にも発生せず安定した運転が可能となった。

4-3 ボイラ燃焼設備

4-3-1 燃焼管理

発電所の燃焼管理においては、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ペーンの固着化に問題がある。これは、燃焼の良否を示す未燃分の量およびミル容量、ならびにABCの制御動作上の燃焼おくれなどに影響するものである。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燃焼に大きく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が、フレームの着火および燃焼プロセスに影響するバーナ用エア・レジスタの開度がそれぞれ表示と実際が相違しているのは好ましくない。

第3点として、燃焼に関する結果としては、ボイラ排ガス O_2 計の動向が良否の指標となるため、排ガス O_2 計の完全整備と保守管理が必須であり、サンプリングポイントの代表点の決定を含め、見直しが必要である。

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。

燃焼管理は、次の諸元が総合的に管理されて満足なものとなる。

(1) 使用炭の性状に相応するミルの運転法

炭質の粉砕性に合せたデフレクタペーン開度の設定及び含有水分とミル容量の関係値の把握を行い、運転に反映すべきである。

(2) 燃焼の結果に関する運転管理法

カラカ1号ボイラは、前面並行バーナ燃焼方式であるため、バーナ前面燃焼結果は、火炉及び後部煙道を通してそのままの併行層流で節炭器まで流出する。

それで、単一バーナの不良燃焼結果は、その区画のサンプリングポイントでないと発見されないことあるので、バーナ口の火炎状態の目視ならびに、現在のO₂計のサンプル区画の認識をふまえたうえでの運転諸元の監視が必要となる。

(3) 排ガスO₂値よりみた燃焼上の留意点

a. A側のB側ガスO₂がアンバランスしたとき

運転中ミルの微粉炭配分率が単機ミルで4本の燃料管毎にアンバランスしているか、両ダクトのガス流量のアンバランスかもしれない。この場合は、バーナ用エア・レジスタの開度及びバーナ風箱差圧、1次および2次空気量の点検が必要である。

b. 排ガスO₂値及び火炉ドラフトが大きく脈動する場合

この場合は、ほとんど単体バーナにおける火炎の着火不良による燃焼状態のフラツキである。点検ポイントとしては、ボイラ側壁のぞき窓より火炎のブラックスカートの長さ、フラツキ状態を確認し、エアレジスタ開度の最調整を行う必要がある。

第5点として、ボイラABC装置のうち空気流量制御系の調整が完全でない様に判断される。空気量制御系は、フィードホワード信号+燃料追従信号+排ガスO₂制御の3要素制御となっているが、通常、石炭専焼ボイラでの排ガスO₂制御は、サンプリングの困難性および燃焼おくれに伴なり指示おくれなどの理由で自動運転は難しいため、フィードホワード信号+燃料追従信号の1次制御系の中に、空気量対燃料量の比率を各負荷及び使用炭性状をパラメータとしたO₂%の静特性を導入するべきである。

なお、O₂制御系は排ガスO₂採取装置の全点稼動した状態でも、補助的な取扱い運用としてよい。

4-3-2 燃焼管理計測機器

(1) 排ガスO₂計

燃焼管理上、排ガスO₂計は重要な計測器具のひとつである。その排ガスO₂計は4台中3台が故障し、A側ガスダクトのO₂値のみ記録されている。今回、オルザット分析を実施したが、A,BガスダクトO₂値のアンバランスが大きく、燃焼管理上の大きな問題である。早急に故障部品の購入と復旧をする必要がある。

(2) 節炭器出口ダクト部のトラバース

建設以来、節炭器出口ガスO₂計測点およびオルザット用ガス採取点等のトラバースの実績がない。現在、B側節炭器出口ダクトエキスパンション部から燃焼ガスが漏洩しているので、トラバースを行うことは困難である。

B側節炭器出口ダクトエキスパンション部の燃焼ガス漏洩を定修時、修理した後節炭器出口ダクト部計測点のトラバースを行い、代表的にO₂計のプロープを設定する必要がある。

(3) 開度指示計

バーナ用エア・レジスタ及びデフレクタベーン等の内部開度と外部取付の指示計とが一致していないことは、運転管理上問題である。又、中制室のエア・レジスタ開度指示計も故障となっており、現場の指示計でしか開度がわからない。

定修時に上記事項の調整、修理を行い、運転管理に支障がないようにすべきである。

(4) 監視計器の校正

O₂計、通風系統のドラフト計など、燃焼管理計測として重要な機器の定期的な校正は実施されておらず、運転員からの要請や特に異常になった時に校正を行っている。

排ガスO₂計、ドラフト計などは、2回/月程度は校正を行い、常に正常な値を指示するように点検する必要がある。

(5) 再熱器 (RH) チューブメタル温度計

RHチューブメタル温度で2箇所高い箇所があり、警報点を越えているが、他箇所は正常であるので、熱電対の不良によるものと思われる。又は、降雨時には逆に温度が低下する現象がみられ、現場端子台のシール不良も考えられる。

RHチューブメタル温度計回路のチェックを行い、正常な状態に戻し、運転監視に問題ないようにする必要がある。

(6) 計器指示値の整合

空気予熱器出口ガス温度、ミル出口温度、空気流量などの記録計又は、コントローラの指示値とデータロガー、CRT表示の指示値が違っており、運転上の的確な判断に支障をきたす。

次回、定修で空気予熱器出口ガス温度、ミル出口温度、空気流量など記録計又はコントローラとデータロガー、CRTの指示値を一致させるように校正又は修理を行う必要がある。

(7) 火災探知システムの再調整

カラカ1号はクリティカルフレームアウトによるトリップが頻発している。カラカ1号はベース発電所として重要でかつ大容量な発電所なので、トリップ事故を減らすことはルソン系統への電力安定供給力を向上させることになる。

フレームデテクタ冷却ファンの空気吸水口を清浄な雰囲気の変更に、システムの誤動作はなくなったとの事であるが、このシステムには次のような論理回路上の問題があると考えられる。

- ・フレームデテクタがフレームなしを検知し、その後フレームありを検知しても、すぐ、フレームなしの信号が復帰せず、15秒間フレームなしの信号を保持している。
- ・1台のミルが停止又はトリップした時も15秒間フレームなしの信号を保持している。従って、次のとおりに回路の改善を行なうことが望ましい。フレームデテクターがフレームなしを検知し、その後フレームありの信号を検知したら、すぐに、フレームなしの信号をリセットさせる。1台のミルが停止又はトリップした時、クリティカルフレームアウトの回路から、フレームなしの信号をただちに除外する。

4-3-3 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は、前にも述べた様にかなり不足しており充分な対応策が必要と考えられる。よって、本項では、現ABCシステムの動作不良原因とその対策案について記述する。

(1) 運転状態の解析

- (a) 運転方式 : ロードリミッタ運転
 : (タービンEHC手動運転)
- (b) ABC運転モード : ボイラ追従全自動運転
- (c) ミル運転台数 : A,BおよびCミル3台
- (d) 燃料仕様 : SSC/AC混炭およびSSC専焼
- (e) 解析データ : 図4-3 一定負荷時における給水制御系の過剰制御が原因でのABC系統じょう乱ケース
 : 図4-4 加減弁による負荷変化時の給水量減量のためのABC系統じょう乱状況ケース

(2) 給水制御系の理想的な制御方式

カラカ1号機の制御対象プロセス構成は、石炭専焼をベースとしたドラム形ボイラとする。そこで、現状解析の前に問題とする給水制御系について理想的な制御方式を記述し、今後の検討のうえでの予備知識としたい。

a. ドラム水位の動特性

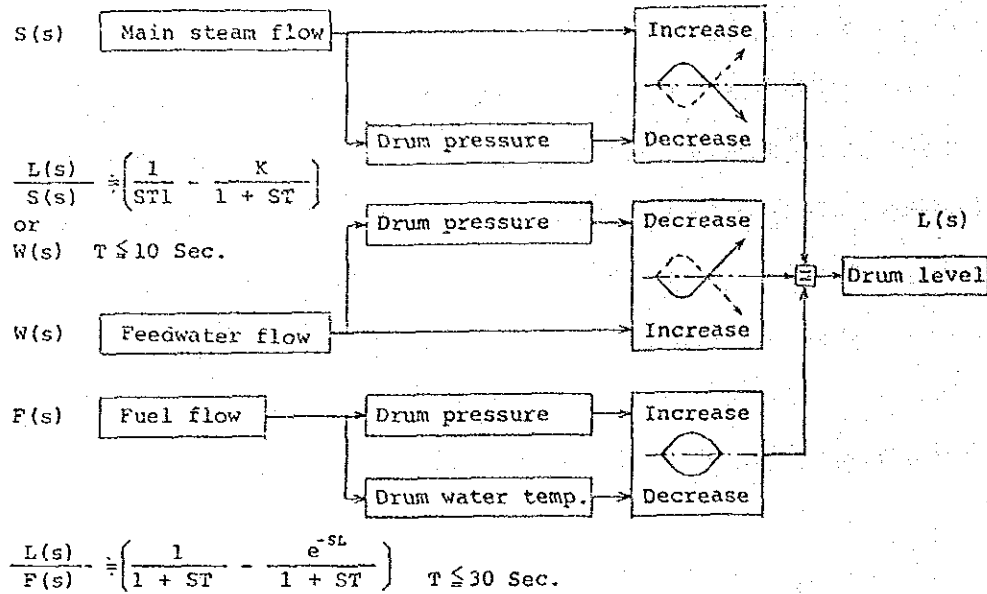


図 4 - 5 ドラム水位の動特性

ドラム水位の動特性の特長としては、主蒸気流量及び給水流量の変化に対して、水位の逆応答がある。これは、流量変化によるドラム圧力の変化に伴う蒸発量の変化であり、この逆応答は、制御に関しては、その補償方向が逆となり、取扱い法に注意を要する。

又、ドラムへの入・出力が平衡していても、ボイラの吸熱のフラツキ等により、ドラム水位は常に浮動的な動きがあるが、制御上この浮動偏差は、無視できる範囲である。

b. 理想的な制御方式

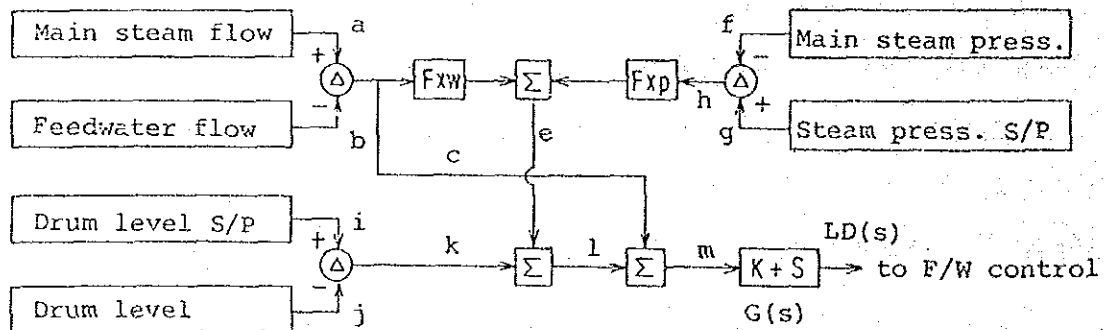


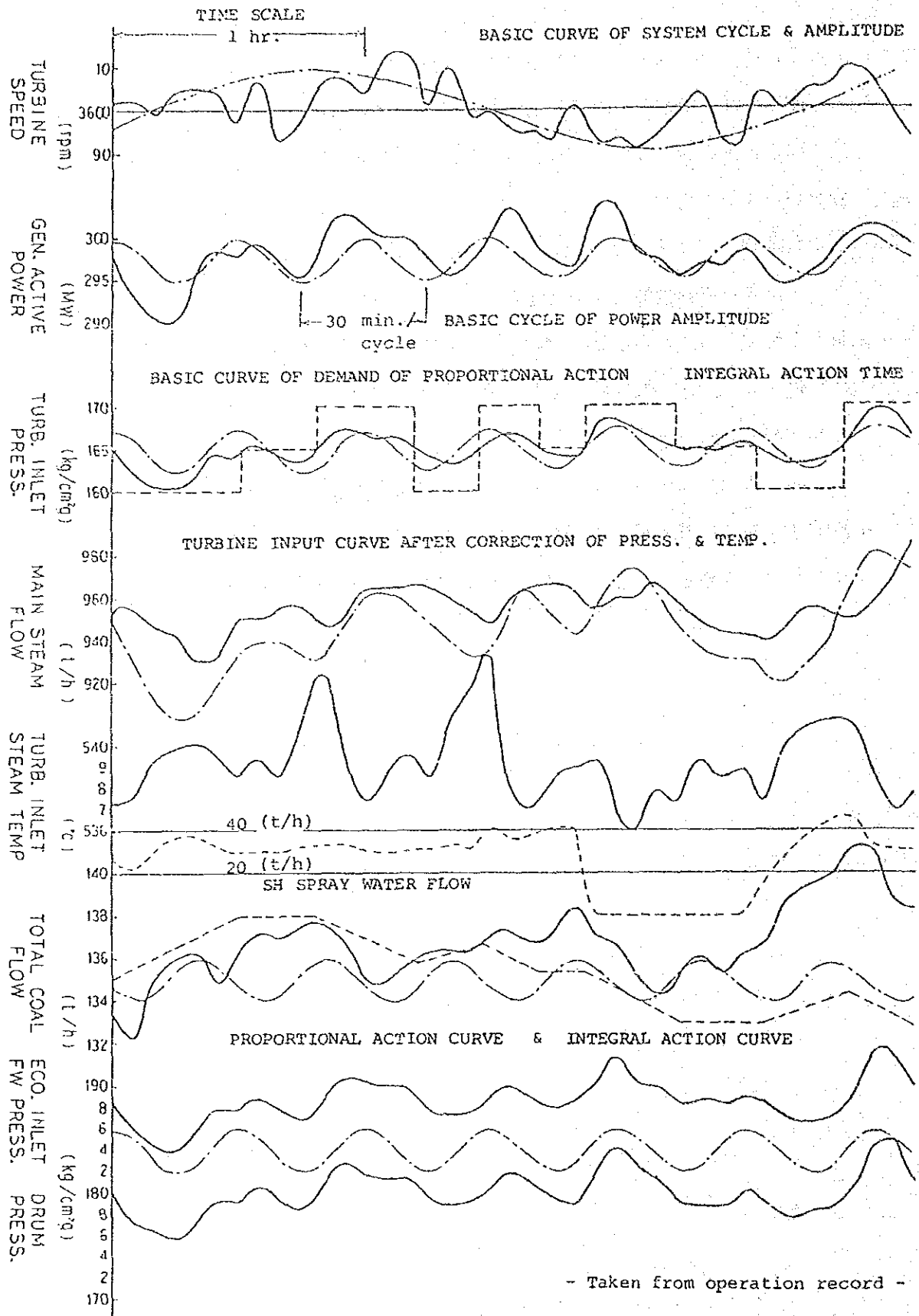
図 4 - 6 理想的給水制御システム

上図は、ドラム水位の逆応答を補償するための基本的な考え方を示すものであり、流量に関する補正を F_{xw} 、圧力に関する F_{xp} の関数器によって、ドラム水位の制御偏差信号を修正するものである。

(3) 一定負荷時におけるABC系統じょう乱の解析 (図4-3)

タービン入口主蒸気温度を一定とみなすと、タービンへの熱入力 Q は主蒸気圧力 P と主蒸気流量 W との関数となる。図4-3で加減弁が一定開度の条件で発電機出力が $\pm 8\text{MW}$ ($\pm 2.6\% \text{E CR}$) 変動することは、燃料の変化が負荷急変時の初期にはないことから、給水流量の変化に伴うものと判断される。

又、給水流量の変化する原因としては、給水制御系の閉ループの中で、ドラム水位偏差を補償する給水流量の変化が過剰となっているので、水位と給水量が180度位相おくれとなりシーソー現象をおこし、持続ハンチングを行っているためである。



- Taken from operation record -

図 4 - 3 定負荷時における給水制御システム過度応答によるABCシステム不安定動作

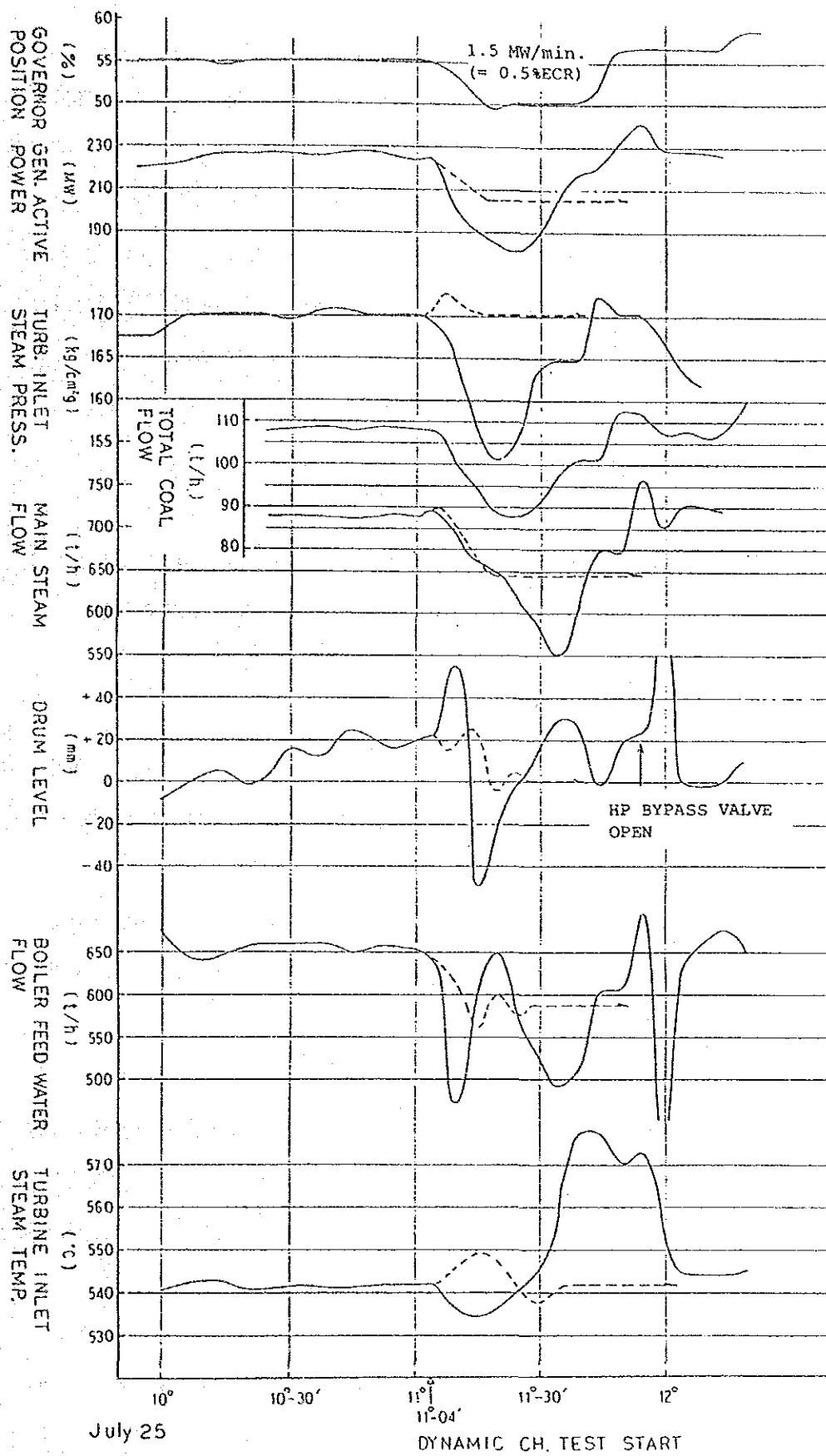


図 4 - 4 負荷変動時における給水過度減少によるABCシステム不安定動作

この直接原因は、カスケード制御システムにおけるマスタコントローラとスレイブコントローラとの協調不良か給水ポンプ (BFP) の制御信号と給水流量との相関ゲインの不適合かも知れない。

(4) 負荷変化時におけるABC系統じょう乱の解析 (図4-4)

図4-4は、加減弁による負荷減 ($0.5\%/\text{min} \cdot \text{ECR}$) の動特性テスト結果であり、このテスト前のユニット整定状態が良好であるので、動態解析には、正確な評価を得た。

まず、第1に加減弁が55%より50%迄ランピングダウンした時間領域について、正常な運転状態での主要ボイラプロセスの動向を点線で想定記入した。これは、石炭ボイラの動特性を仮定した経験的軌跡である。

a. 発電機出力

加減弁開度に相似した出力変化なるべきであるが、実際の変化率は、大きな変化率で低下している。この理由は、タービン入口の蒸気条件の圧力と温度が規定値よりも極端に低くなったためである。

b. タービン入口主蒸気圧力

減負荷時は、加減弁、開度を絞るため、ボイラの保有熱の放出により、高めになり、これは、負荷見合いのボイラ入力 (燃料と給水) があれば、一時的に高くなった圧力は、規定値に復元するものである。

実際の圧力が常識的軌跡を外れ、急降下している理由はABCの動作の中でタービン第1段圧力先行信号が大きいため給水圧力の急降下ならびに燃料の下げ過ぎが主な原因である。

c. 主蒸気流量

主蒸気流量は、加減弁の差圧によって大きく支配されるので、加減弁の初期変化時には、主蒸気圧力の偏差が小さく、略、加減弁開度に比例するが、一旦加減弁開度が一定開度になった時点より、入口圧力の降下が大きくなっている。これは、主蒸気性状が他の原因で変化し、加減弁同一開度に対して、流入量が減じたためである。

d. ドラム水位及び給水流量

ドラム水位は、正常な減負荷の場合は、逆応答のため、一時ドラム器内圧高の為水位低の方になり、それから上昇する。

しかし、実働軌跡が、負荷変化と共に急激に上昇していることは、水位コントローラよりの水位変化による給水補償動作がある以前に給水流量の急減があり、逆応答が大き

くなり次に水位コントローラよりの大幅な給水減と前者と相乗した結果、給水量を加減弁開度変化=主蒸気流量=給水量の平衡値以上に変化させている。

e. カラカ1号機ABCシステムの現状

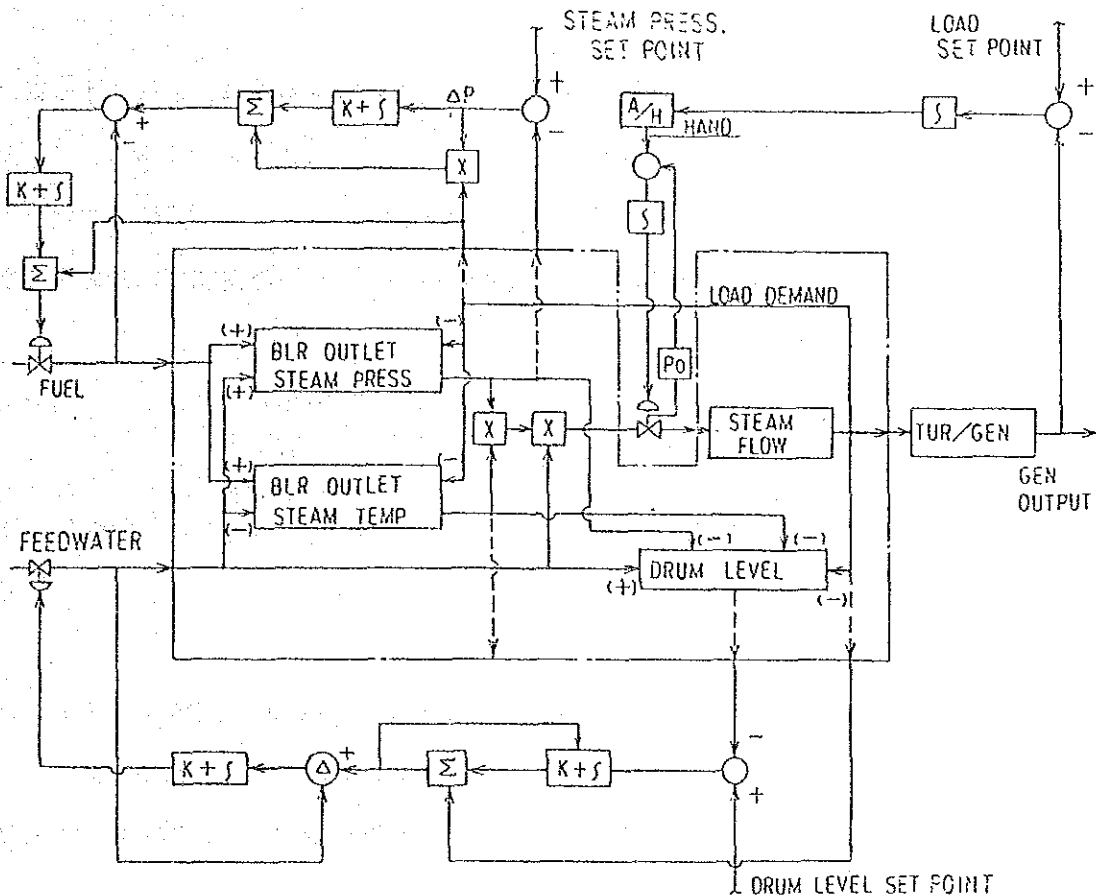


図4-7、カラカ1号機ABCシステムの現状

カラカ1号の設計仕様として、ベースロード、ドラムボイラ石炭専焼を対象としてのABCシステムの現状はコンベンショナル方式となっている。この種のプロセス系の制御方式の留意点としては、石炭燃焼によるボイラ時定数が30秒程度あり、ボイラ入出力の伝達おくれを十分に配慮した制御管理が必要となる。

一方、ボイラドラムを介した給水と蒸気系の個別制御系の協調となるべきである。

さて、今回の調査結果において、ABC制御実態から判断したシステムの不具合点を以下記述する。

- (a) タービン第1段圧力を負荷指令信号とするのは、変動するプラントのプロセス系には不向きである。

発電機出力に相当したボイラ入力を追従するための基準指令として、タービン第1段圧力は加減弁前の蒸気性状が一定であるとの条件であり、システム系中にハンチングを生じた場合は現方式では満足な制御はなし得ない。

- (b) 燃料指令の中に於ける（圧力／負荷）比率の適性によって、このシステムの安定性は大きく支配される。

この種のプロセス系での比率の通常値は0.2/0.8程度であるが、現状では非常に大きいか、又は初期調整時の配慮が不足である。

- (c) 給水制御系に於て、ドラム水位制御と給水制御系とのカスケード連結方式は、ドラム水位の周波数応答において限定周波数領域があり、両系の協調制御に対する調整が大変むづかしい。

現在は、給水制御エラーとドラム水位制御エラーとを加算してコントローラの入力にする方式をとっている。

- (d) 今回の調査における最大の問題点としては、このシステムについての調整の不備が考えられる。

本来の調整手法としては

i. プラントの負荷をパラメータとした静特性データよりABCシステムの諸元平衡図を作成する。（設計時点でのヒートバランス程度で充分である。）

- ii. 各操作箱（弁、ダンパ、その他）の全レンジに対するプロセス動態特性を実測または予測により把握する。

ABCシステムの調整の中で最も重要なことである。例えば給水制御系の特性をみると入力指令に対する給水流量は極端な線を呈している。（図4-8参照）

- iii. 次に発電機出力を変化したシュミレーションを紙上で行い、各操作端、被制御プロセスの変化がすべて線形になるように先行要素指令を各制御系へ分配する。

この際に考えられることは、その伝達系または実際のフィードバック系に関数発生器の挿入が必要かを検討する。（現状システムを見た感じでは関数発生器が不足のようである。）

- iv. 最終調整は、現在の制御機能に対して追加するマイナーループの積分動作要素の調整をカットアンドトライで行うものである。

- (e) ABCの現状設備の最調整を実施したとして、予測されての安定性の向上はユニット変化率を3%/分までとした時、諸元の変化は

主蒸気圧力 : ± 2 kg/cm²
主蒸気温度 : ± 5 ℃
ドラム水位 : ± 10 mm
発電機出力 : ± 2 MW

程度までは、ロードリミッタを使用の条件とすれば回復する。

- (f) LMC(Load Management Control)及びABCとの協調モードでの運転は、現システムの機能では多少不足する所があり、若し、ABCシステム側が再調整されたとしても、その成果は期待がうすい。本問題については、正式の別項で改善策を提案する。

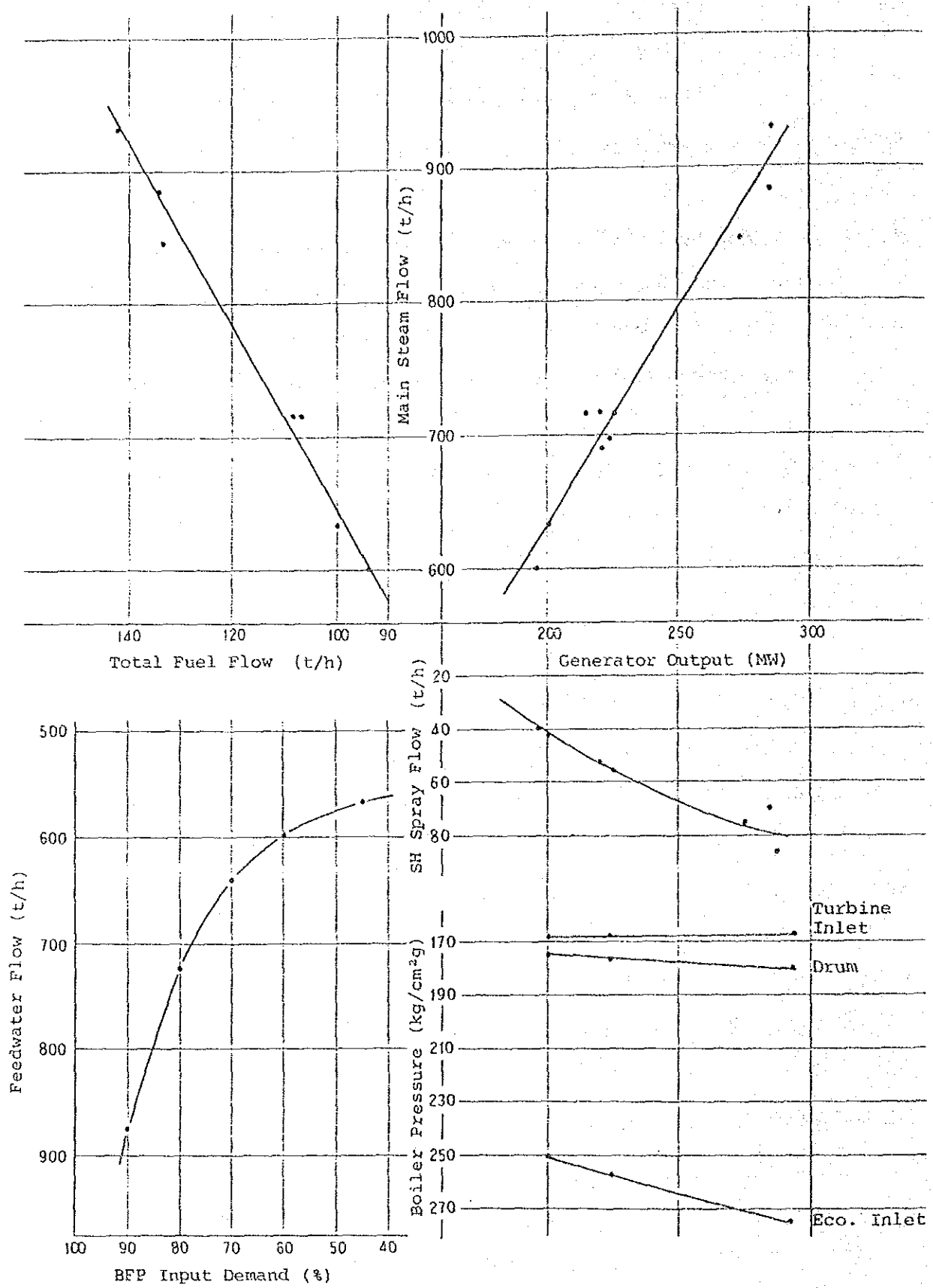


図 4 - 8 ボイラの主要諸元特性

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号ボイラにおいて、国内産セミララ炭の100%専焼を最終目標とした混炭燃焼の国産炭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) での運用を可能にした。なお、異常湯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全て完了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保した。

従来カラカ1号機はボイラトラブルであるスラッシングとファウリングの防止対策を考えて低 O_2 運転 (300MW時の $O_2=2.5\%$ 以下) 及びエアポートダンパ開度を50% (風箱のドラフトが300MW負荷時で50mmAq前後、225MWには0mmAq又は(一)側) で運転していた。

この状態でのボイラ燃焼状態は一見良好のようであったが、負荷225MW付近で火炎を注意深く観察するとコールバーナ部での旋回力も火炎の攪拌もみられず、燃焼の安定性に疑問があり、燃焼調整の必要があった。

5-2-2 灰中未燃分の低減

上記のような過剰の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。

(1) 86/8~87/2の混炭比S/A=50/50時の未燃分の計測データは少ないが、EP灰及び節炭器

灰の未燃分値は以下のとおり (300MWベース)

・ EP灰 9.57~13.04%

・節炭器灰 3.64～14.27%

(2) 87/2～87/7 (燃焼試験前迄の混炭比50/50及び55/45の時点……JICA第1回調査時EP灰
他未燃分測定の必要性和低減方法説明により自主調整している)

・EP灰 2.31～7.68%

・節炭器灰 4.02～13.42%

(3) 今回の燃焼調整値 (混炭比S/A=60/40時)

・EP灰 2.03～3.3%

・節炭器灰 2.24～7.32%

燃焼調整による未燃カーボン等の変化については図5-1及び5-2を参照のこと。

5-2-3 国内炭混炭比増加テスト

(1) 混炭比S/A:70/30運転時

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。

ボイラの静特性として200MW, 225MW, 300MWのデータは収集出来た。

実績として300MW負荷で運転出来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) で灰のクロッキングが発生した。(今回クロッキングした灰は従来のものより柔かく破碎は容易であった。) 節炭器ホッパ内部を点検したが多量の火の粉(燃焼灰)が落下している。
- b. 燃焼調整のためO₂の増加を考えたが、この時点で過熱器(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

混炭比S/A:60/40でのプラント運転結果は良好であったが、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SSC100%専焼ではミルの乾燥空気量(一次空気量)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、過剰空気率を増加（ O_2 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。これらの結果にもとづきSSC専焼時は以下の運転値を推奨する。

- ・適正 O_2 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、ボイラマスタを自動にして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。

負荷下降試験時、燃料信号が先行しすぎて給炭量が下り過ぎるため、主蒸気圧力の下降が大きい。負荷の下降を停止した後も給炭量がなかなか増加しないため、定格圧力まで復帰する時間が長く、応答性が非常に悪い。又、ドラム水位も上下に激しく変動し、特に主蒸気圧力高により、高圧タービンバイパス弁が開いた時は、その現象が著しくなり、ドラム水位が落ち着くまでの時間が長い。

過熱器（SH）、再熱器（RH）制御は一番条件の悪いA,B,Cミルで実施したため、過熱器（SH）温度が上がりすぎ、過熱器（SH）スプレー用コントローラの出力信号が最大になる場合があったが、炉内スートブロッキングを行うことで、過熱蒸気温度を下げることで、運用可能である。

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成されていないため、制御性が悪く早急に適正な調整を行なう必要がある。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、定修後のプラント立上がり時に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なえば制御性が改善され、最低限の安定な運転を行なえるものと思われる。

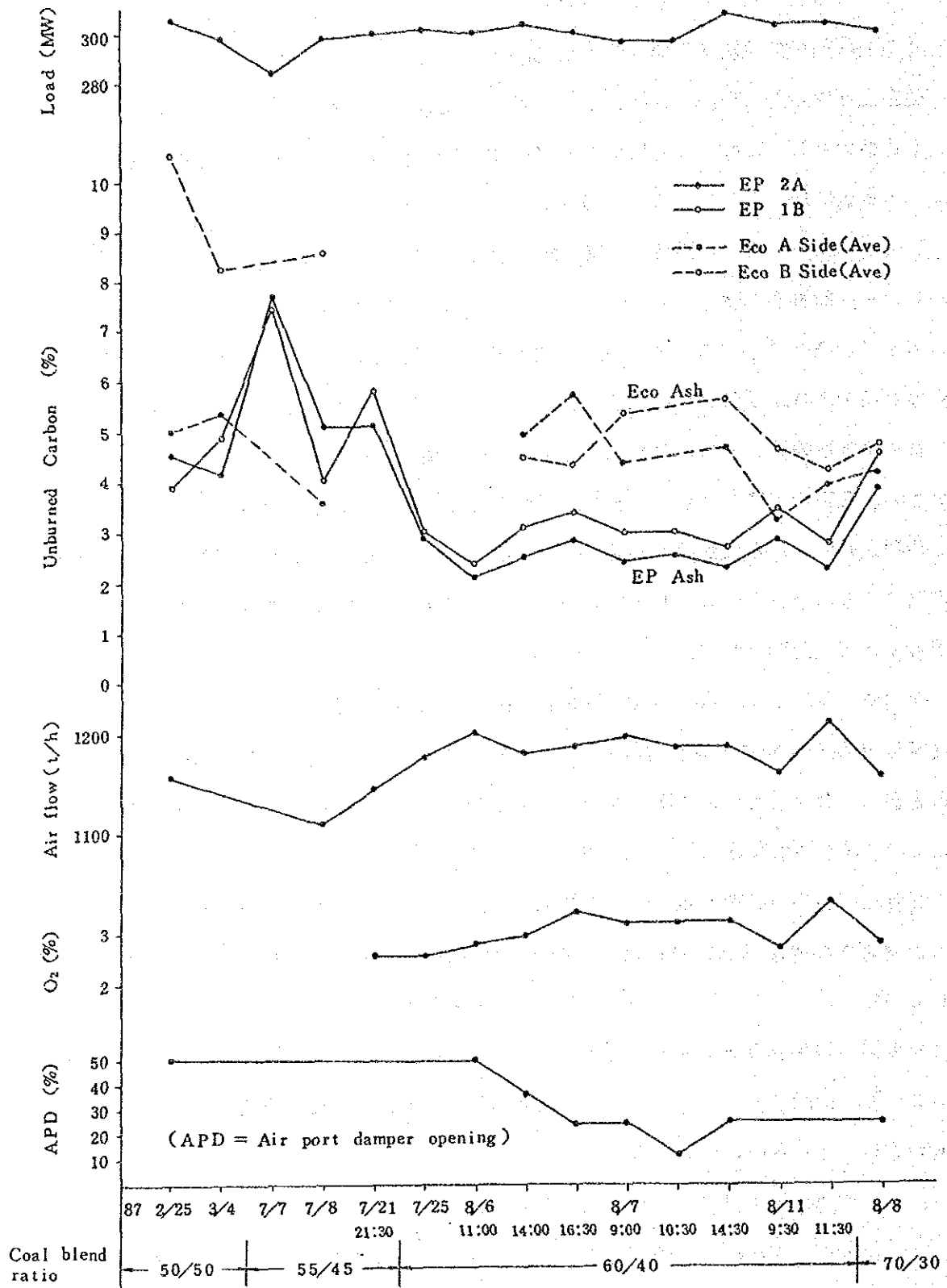


図 5 - 1 300MW負荷時のEP灰末燃分 (A, B, Cミル運転時)

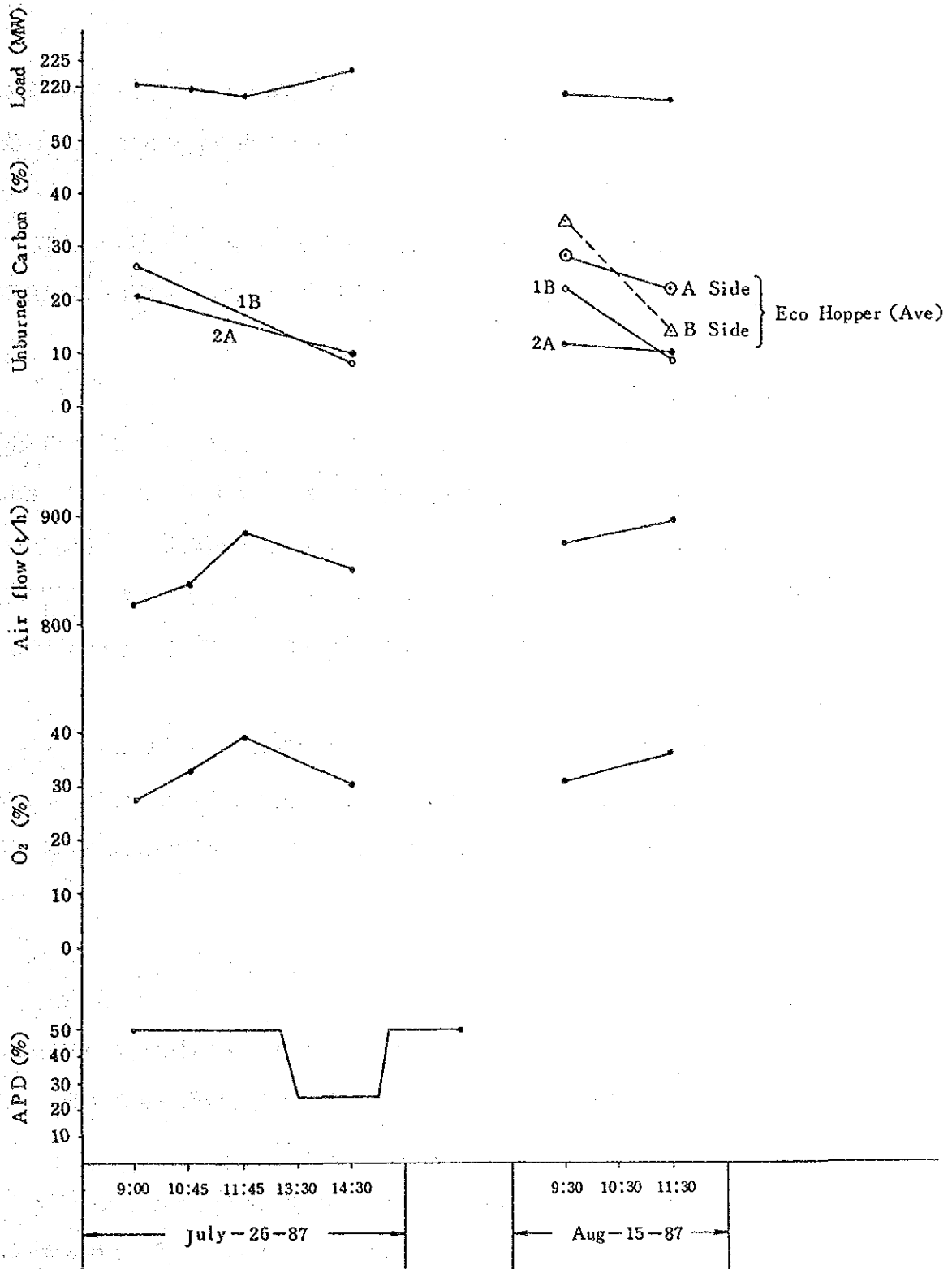


図 5 - 2 燃焼試験 (SSC100%にてA, B, Cミル運転時)

5-2-5 ボイラ静特性試験

(1) 微粉粒度試験 (図5-3参照)

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。

その理由のひとつとして、セミララ炭100%運用としたときは混炭した場合に比較して200メッシュパス量が減じていることから、混炭比と微粉粒度の管理を留意すべきである。

(2) 静特性試験 (図5-4参照)

図5-4は混炭比60/40の静特性テストの負荷をパラメータとしたボイラ入力の平衡線図である。図から判断されることは蒸気及び給水量は略設計値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。これらの理由として、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ものと判定されるが、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は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表わしていることになる。

また一方では、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。

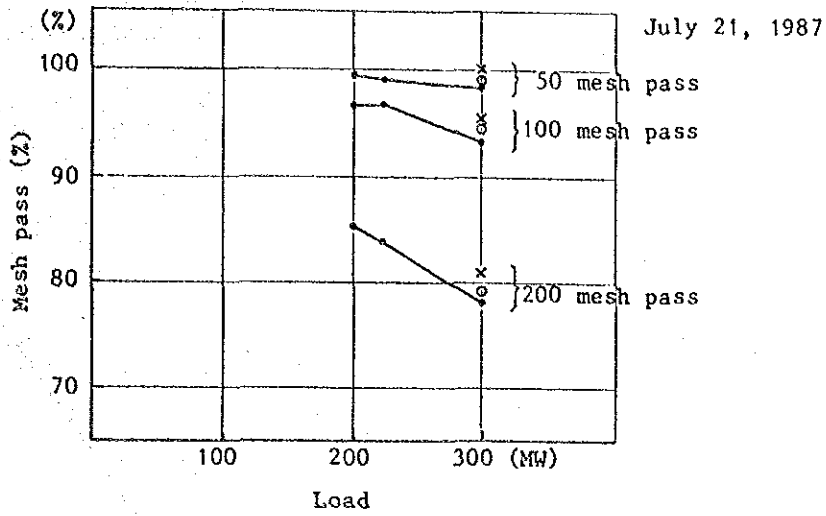
(3) バーナ火炎のブラックスカート (図5-5参照)

燃焼度の評価のうち、目視によるブラックスカートの長さは最も重要なものである。

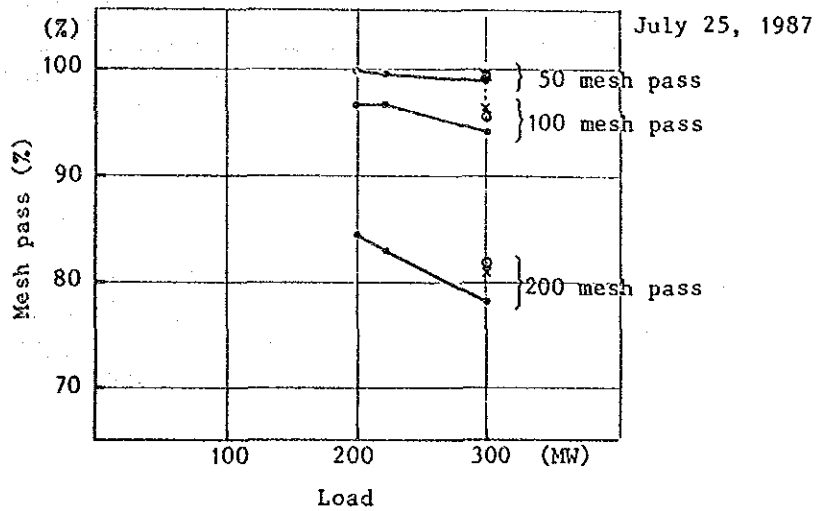
図5-5において、燃焼調整前のブラックスカート長さと負荷の関係を観察すると、良好な燃焼状態でのブラックスカートの長さは50cm以下となる様である。

200MW出力での状況は、下段より上段へと火炉の熱負荷に比例した形となっており、225MW~280MW出力までは燃料の増加と共に伸びている。しかし、ここで注目すべきはB段バーナが220MW出力を超えると長さが短くなっていることである。

Fineness test data (Blend S/A = 55/45)



Fineness test data (Blend S/A = 60/40)



Fineness test data (Coal blend S/A = 70/30)

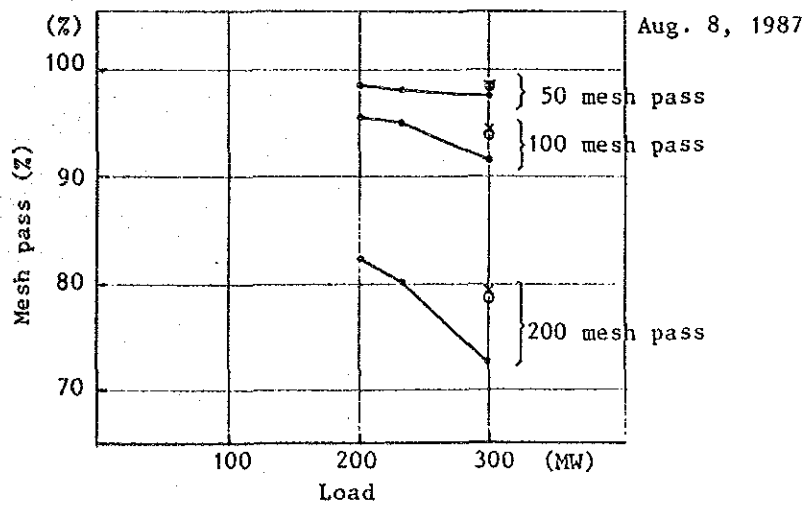


图 5 - 3 微粉粒度试验

Coal blend ratio S/A = 60/40
 July 25, 1987
 : Design value

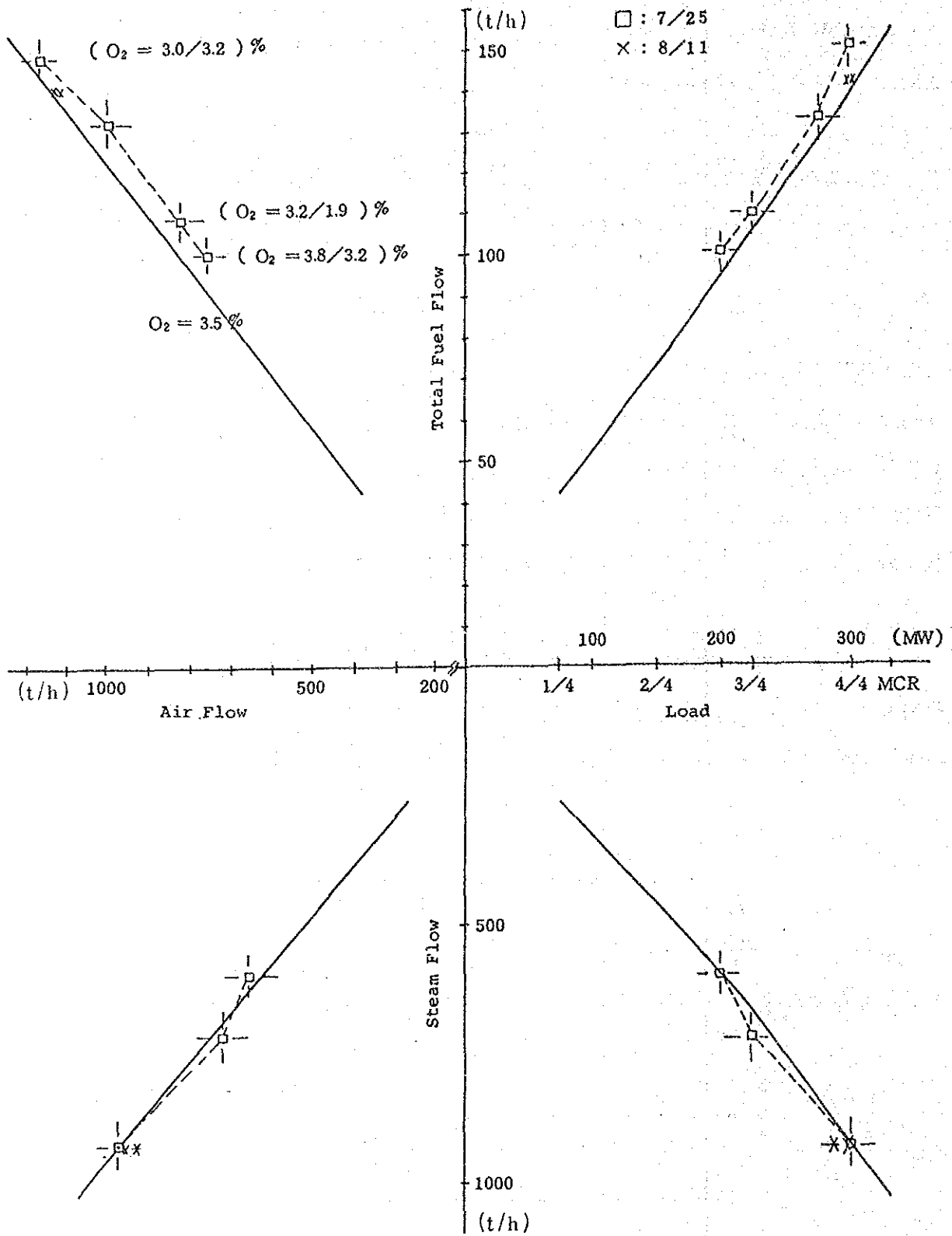


図 5 - 4 ボイラ入・出力平衡図

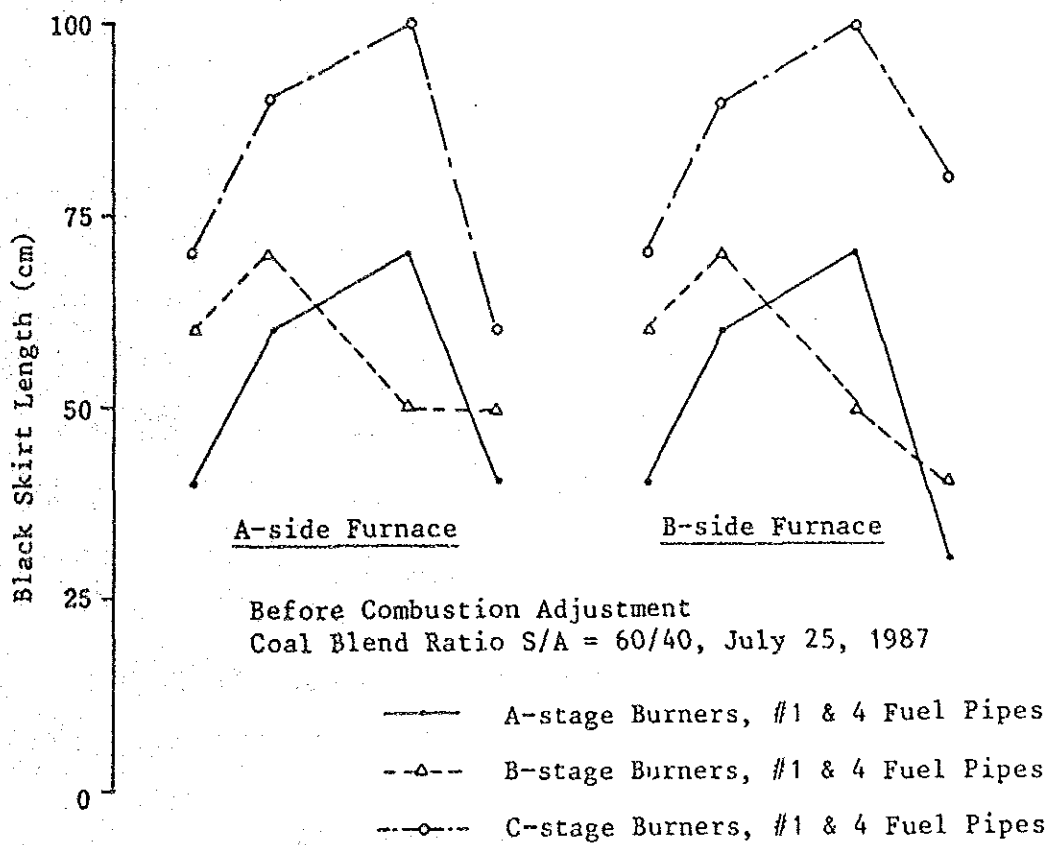
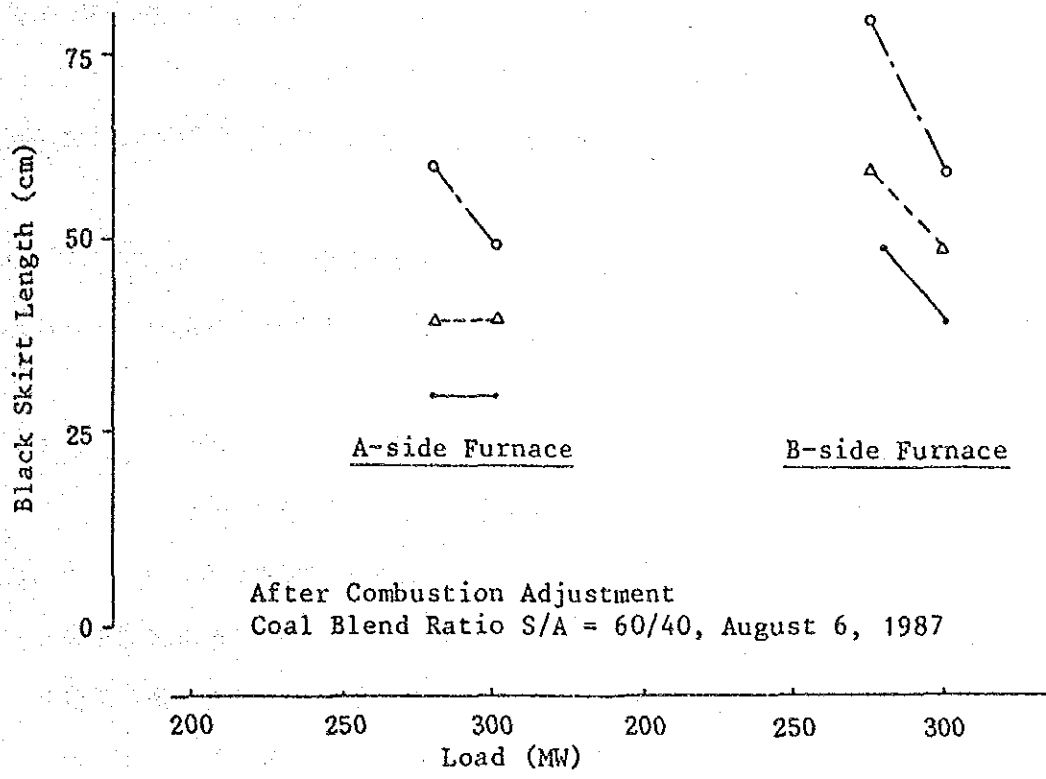


図 5 - 5 ブラックスカート長特性

これはA段とC段と燃焼温度が上昇するために、これらの中間位置にあるB段は燃焼雰囲気温度が高くなって、火炎の着火安定がなされたものである。

全負荷近くになると、火炉全体の雰囲気温度が上昇するために全段ともに着火が安定したものとなる。

火炉B側の燃焼の特徴として、300MW付近ではA段とB段の着火点が近く、下段のC段は遠い。これは、空気流量の分配がB側の方は最適から外れているためであり、適正な配分を行えば、両側とも同一着火点となる。

次に燃焼調整を、2次空気量の増加策としてエアポートのダンパを閉めて、風箱の風圧を上昇した。その結果として、図5-5の燃焼調整（後）のデータを得た。

火炉A側においては、ブラックスカートを全段50cm以下に保持すると共に、B側においては、C段の着火点を上段と同様にすることに成功している。なお更に燃焼を良くする方法としては、最下段（Dミル）を運転し、火炉燃焼点を下げて、火炉下部の燃焼のデッドスペースを狭くすると、最下段の雰囲気温度を高く保持することになり、下段バーナの燃焼安定化の助勢を行うとともに、全段バーナの着火安定をはかることができる。

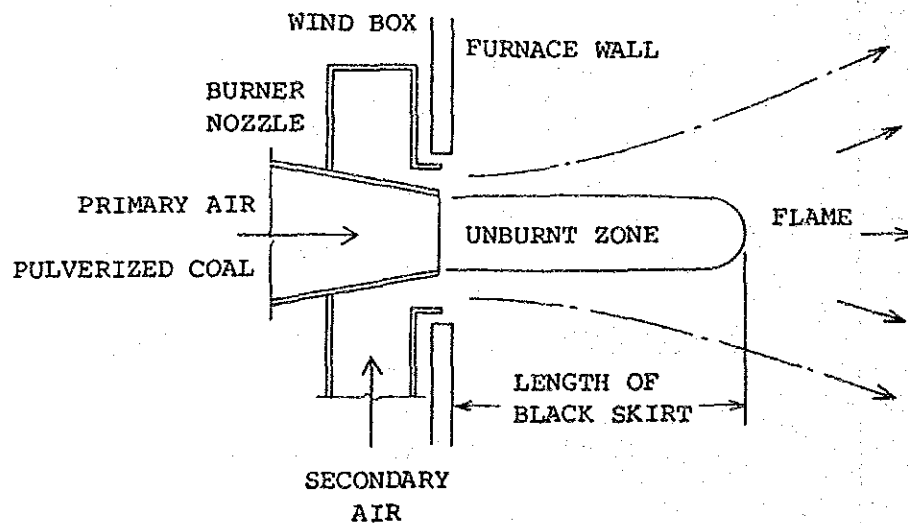


図 5 - 6 ブラックスカートの定義

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表5-1に示すとおりである。

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 各種試験の目的と実施状況

(1) ミル性能確認試験（微粉粒度試験）

燃焼の良否を決定する要因の一つとして、微粉粒度がある。通常燃焼が良好な場合の粒度条件は、一般的に200メッシュ通過が80%（最大負荷時）以上である。

この条件として石炭の粉碎性(HGI)及びミルのロールとターンテーブルのギャップ及びミルの通風量と微粉循環のためのデフレクタ機能が正常であることが必要である。

ミル点検調整は試験前には全てのミルについて完了する予定であったが、系統の需給が非常に厳しく又、時間的な制約もあってA及びDミルしか完了してなかった。

又DミルはD-3パーナバレルの故障（エロージョンによる微粉のリーク）のため燃焼試験中は使用できなかった。

各ミルのデフレクタベーン（FWECのミルではクラシファイアベーンと呼ぶ）開度調整は駆動装置故障のため実施できず、従って、微粉粒度変更による燃焼状態のチェックは

実施できなかった。従って、ペーン開度は固定のまま燃焼試験中の負荷変化による微粉粒度変化をチェックしたにとどまった。この試験結果は下記の通り。

表5-2 微粉粒度

Blend Ratio (S/A)		#200 mesh pass (%)									
		55/45			60/40			70/30			100/SSC
Coal Mill	Load (MW)	200	225	300	200	225	300	200	225	300	225
	A	-	-	79.38	-	-	81.79	-	-	78.72	77.53
B	-	-	81.00	-	-	81.07	-	-	79.05	73.43	
C	85.13	84.36	78.44	83.10	83.72	78.80	82.40	80.58	72.98	70.26	

又、各試験炭は現地で上記各混炭比毎に給炭機及び乗継建屋で採取した。

(2) ボイラ静特性試験

燃焼試験の主眼点である混炭比をパラメータとしたボイラ静特性を把握し、燃料入力に対してボイラ諸元の整定値を知ることにより、混炭比の決定判定の資とするため、各試験炭についてボイラ静特性試験を実施した。

(3) ボイラ動特性試験（負荷変化試験：ABC追従性試験）

低カロリー炭の石炭専焼ボイラの安定燃焼を行なうためには、ボイラの動特性に見合うABCシステムの支援が必要である。

よって自動運転ユニットへの要求負荷変化巾及び変化速度を与えたときのボイラの負荷追従の過渡応答性を把握して、燃焼調整の仕上り条件のひとつとすることを目的として実施した。

しかしながら、本報告書4-1項及び5-2項に述べる様にABCの動作状態は不良で、特に負荷変化時の燃料系のタービン入口圧力変動に対する追従性が極端に遅く、ABC調整不良が判明した。

(4) 国内炭混炭比増加試験

各混炭比でのボイラの負荷を3/4より4/4に徐々に上げながら、その試験条件での制限点を発見するために実施した。制限点の判定法としては、前述の静特性試験データによる予

測点ならびに動特性試験によるプロセス動向の時間経過の推測によって行なりものとする。

又、混炭比による制限は、特に石炭の水分および運転するミル（特に今回は、Dミルバーナ損傷のため上段のA,B,Cミルを使用）による蒸気温度制御及びミルの一次空気容量等に特に注意を必要とした。

(5) 過剰空気率試験

火炉燃焼プロセスにおいて過剰空気の影響はバーナ口着火点の遠近となり、火炎の燃焼時間を左右する。例えば、燃焼時間を長くする（低 O_2 運転）と発生 Nox 値は低減するが、火炎長が大きくなりバーナ対向炉壁の局部加熱の恐れを生ずる。また不完全燃焼による灰中未燃分の増加となり、ボイラ伝熱部の詰りを生ずる。ボイラ火炉容積としては、見かけ上小さくなることになり、ボイラ出力抑制の原因ともなる。よって、今回石炭ボイラの過剰空気（3～3.5%）で運転し、ボイラの燃焼灰挙動を調査した。

特にカラカ1号ボイラは今日迄低 O_2 運転を行なっており、灰中未燃分が多く、適正 O_2 値（過剰空気）運転による燃焼調整を計った。

(6) 風箱ドラフト試験（エアポートダンパ開度試験）

火炎伝ばん速度に影響する風箱ドラフトを加減し、火炎の安定性を調査し、最適ドラフトを決定するために実施した。

過去の運転データでの風箱ドラフト値は300MW時、運開当初115mmAqが現在50mmAqと低い値を示している。

風箱ドラフトの調整は実際には、スラッキング対策として設けてあるボイラ下部二次空気エアポートダンパの開度を変化させることにより行なった。

(7) ミル出口温度試験

日本国内の石炭発電所のミル出口温度は、乾炭、湿炭に関係なく80℃前後である。一方、カラカ発電所のミル出口温度は66℃と低温である。これは使用する石炭が褐炭性状で揮発分が多く着火し易いためであるが、試験としては80℃での燃焼改善をみるため実施した。

5-3-3 燃焼試験工程

燃焼試験の実施工程は、表5-3「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

今回ボイラの燃焼試験に使用した石炭は1987年6月末にNAPOCOR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。

(1) 石炭試料の採取

SSC (セミララ選択炭) 5サンプル

石炭船 NO.199~203の5隻分 (25,000トン) より採取

AC (オーストラリア炭) 2サンプル

(2) 事前分析項目

- a. 工場分析及び発熱量
- b. 元素分析
- c. 灰の成分分析 (9項目)
- d. 灰の熔融性試験
- e. 石炭の粉碎性試験

(3) 分析結果

今回のボイラ試験に用いられる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

($\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{K}_2\text{O}$ 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-8801) を採用し、採取箇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試験期間中に採取した。

(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5-4のとおりである。

表5-3 燃焼試験実施工程

負荷変化 パターン	A-2 A-3 A-1 A-0 B-0 B-1 B-2 B-3 B-4 C-0 C-1 C-2 C-3 C-4 D-0 D-1 D-2 D-3 D-5 D-6 D-8																			
	4/4	3/4	2/4	1/4																
	通常運転																			
混炭比 (セミララ炭/オーストラリア炭)	55/45				55/45				60/40				70/30				SSC 100%			
	21 23 1 3				10 12 14 16				10 12 14 16				10 12 14 16							
試験の種類	準備打合せほか				負荷別静特性・動特性試験				負荷別静特性・動特性試験負荷上昇試験				負荷別静特性・動特性試験負荷上昇試験				燃焼調整試験・静特性			
試験目的	_____				基準ベース, ボイラ応答性未燃分測定				通常運転監視(未燃分測定, 炉内監視) データ比較検討・テスト継続可否検討				通常運転監視(未燃分測定, 炉内監視) 最大可能出力確認				燃焼調整			
試験実施日付	1987年7月21日, 22日				1987年7月25日				1987年8月8日				1987年7月26日, 8月15日							
負荷変化 パターン	E-1 E-2 E-3 E-4(a) E-4(a) E-5 E-6(a) E-8 E-9 E-10 E-11 E-12 E-13																			
	4/4	3/4	2/4	1/4																
混炭比 (セミララ炭/オーストラリア炭)	60/40				60/40				60/40											
	10 12 14 16				10 12 14 16				10 12 14											
試験の種類	燃焼調整試験				燃焼調整試験				燃焼調整試験											
試験目的	燃焼調整				燃焼調整				燃焼調整											
試験実施日付	1987年8月6日				1987年8月7日				1987年8月15日											

表 5 - 4 燃焼試験炭工業分析及び発熱量

Samples Items	Unit	Coal Feeder Coal				Transfer Tower #6		Analysis condition		
		7/25 S/A=60/40	8/8 S/A=70=30	8/11 S/A=60/40	7/26 SSC 100%	7/21-7/22 S/A=55/45	7/25 S/A=60/40			
		7/21-7/22 S/A=55/45	7/25 S/A=60/40	8/8 S/A=70=30	8/11 S/A=60/40	7/26 SSC 100%	7/21-7/22 S/A=55/45		7/25 S/A=60/40	
JICA Analysis	Moisture	%	6.92	7.70	9.37	8.79	11.68	6.46	7.29	
	Ash	%	16.90	15.10	14.20	14.70	15.10	16.00	16.10	D.B
	Volatile matter	%	37.10	37.70	39.30	39.30	42.80	36.00	37.00	D.B
	Fixed carbon	%	46.00	47.20	46.50	46.00	42.10	48.00	46.90	D.B
	Calorific value	Cal/g	5,810	5,840	5,650	5,640	5,150	5,950	5,830	A.D
NAPOCOR Analysis	Total moisture	%	19.39	22.02	20.32	26.86	18.09	8.28		A.R
	ADL	%	9.13	7.85	6.42	9.19	10.70			A.D
	Inherent moisture	%	11.29	15.38	14.85	19.46	31.30	31.30		A.D
	Volatile matter	%	31.75	32.75	31.98	34.63	14.54	14.54		A.D
	Ash	%	14.45	12.56	13.46	11.24	43.46	43.46		A.D
	Fixed carbon	%	42.51	39.31	39.71	34.68	0.65	0.65		A.D
	Sulfur	%	0.67	0.72	0.63	0.78	8,540	10,296		A.D
	Calorific value	Btu/lb	10,042	9,339	9,475	8,540				
AR Conversion (JICA/ NAPOCOR)	Inherent moisture	%	6.0/10.26	8.1/14.17	7.7/13.90	9.7/17.67	5.7/ 9.81			A.R
	Volatile matter	%	29.9/28.85	30.6/30.18	36.7/29.93	31.3/31.45	29.5/28.71			A.R
	Ash	%	13.6/13.13	11.1/11.57	11.7/12.60	11.0/10.21	13.1/13.34			A.R
	Fixed carbon	%	37.1/38.63	36.3/36.23	31.3/37.16	30.8/31.49	33.3/39.86			A.R
	Sulfur	%	- / 0.61	- / 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

ボイラに使用する石炭の組成は、ボイラ容量、ボイラ効率および微粉炭機、通風機等の補機の運転状態に大きな影響を与える。

石炭中の水分は、燃焼ガス量、ガス速度、熱伝達、低温腐食、ミル容量、およびボイラ効率の低下、又、所内動力の増加等運転性能上の多くの問題に影響を与える。

石炭の燃焼によって発生する灰は、火炉その他においてスラッグを生じ、ボイラ各部にアッシュカットを起し、煙突からの飛散灰は環境問題にもなる。

灰の堆積物は、ボイラ各部の熱吸収の減少や、蒸気温度のアンバランスを生じボイラ効率の低下を来たすばかりでなく、状況によっては負荷を減少し、更にはユニットの運転を停止せざるを得ない場合もある。

又、火炉上部に形成したスラッグの落下によって下部構造物に損傷を与えたり、灰の堆積を助長することもしばしば経験するところである。

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不燃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、及び、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分析のデータ（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6-1,2,3,

4のように、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シングやファウリングについて十分な注意が必要である。

ボイラ的设计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% (wt)	Max
$\text{CaO}+\text{MgO}$	20.0% (wt)	Max
Fe_2O_3	14.6% (wt)	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6-1, 6-2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側もその採炭鉞区（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SCC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) ドロマイト ($\text{CaO}+\text{MgO}$) 及び酸化鉄 (Fe_2O_3) について

炭種の選定ベースとなるドロマイト及び酸化鉄の含有量はすべてドロマイト($\text{CaO}+\text{MgO}$)の量が酸化鉄 (Fe_2O_3) の量より多い傾向を示しており褐炭と考慮して対策すべきである。

又、ドロマイトはボイラ制限値<20%に対しては図6-3, 6-4のように最大19%であり問題はない。酸化鉄の制限値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

ボイラ的设计ベースである灰の溶融性の制限としての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溶融温度の測定値は9件あるがIDTは1190~1200℃である。しかし、KDI (KENNEDY & DONKIN INTL)の第3次中間リポートには最低で1050℃の分析データもあり、スラッシ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。

(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 - 08 - 1986

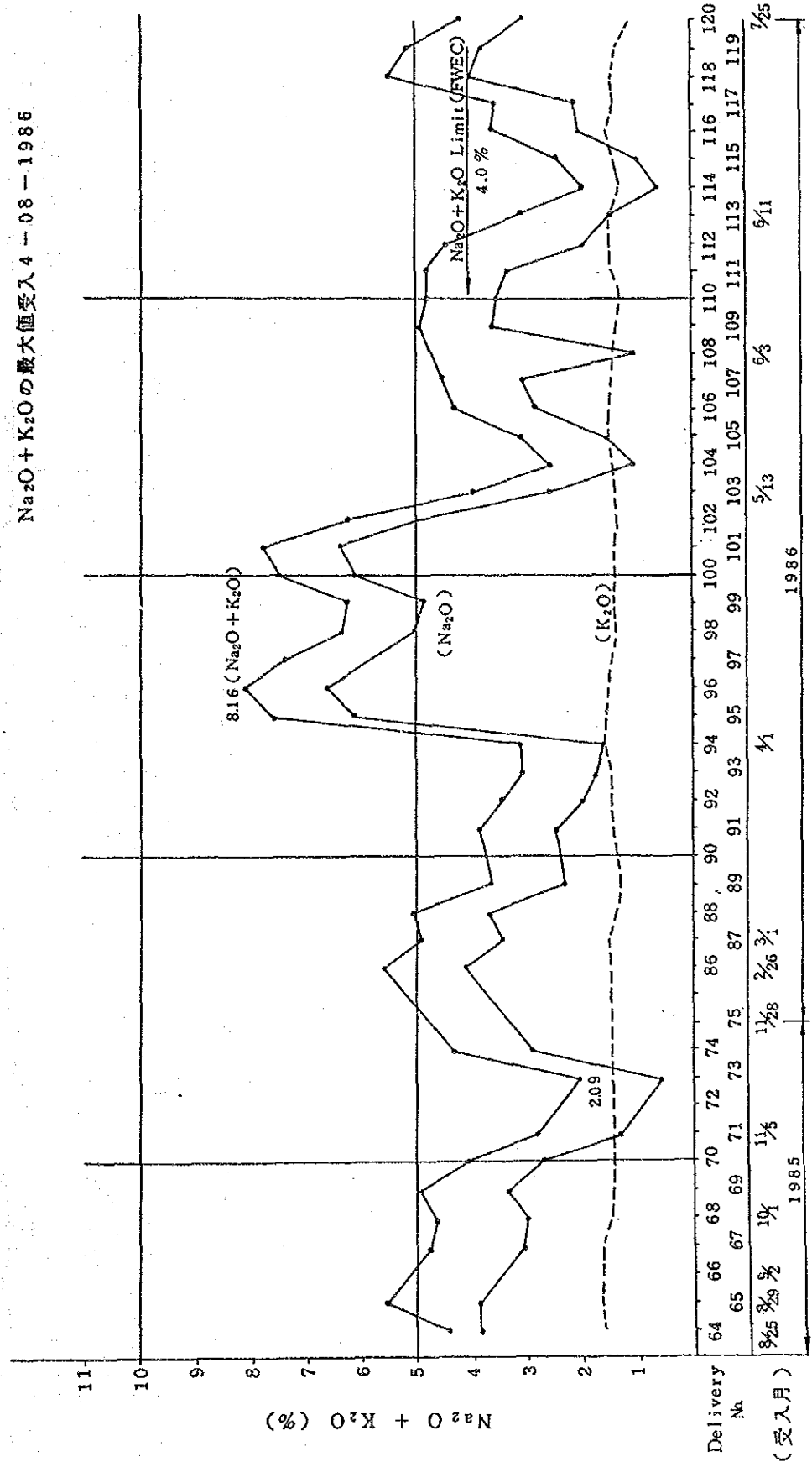


図 6 - 1 Selected Semirara Coal 灰分性状中のNa₂O含有量と混炭比

(SCC 分析値)

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

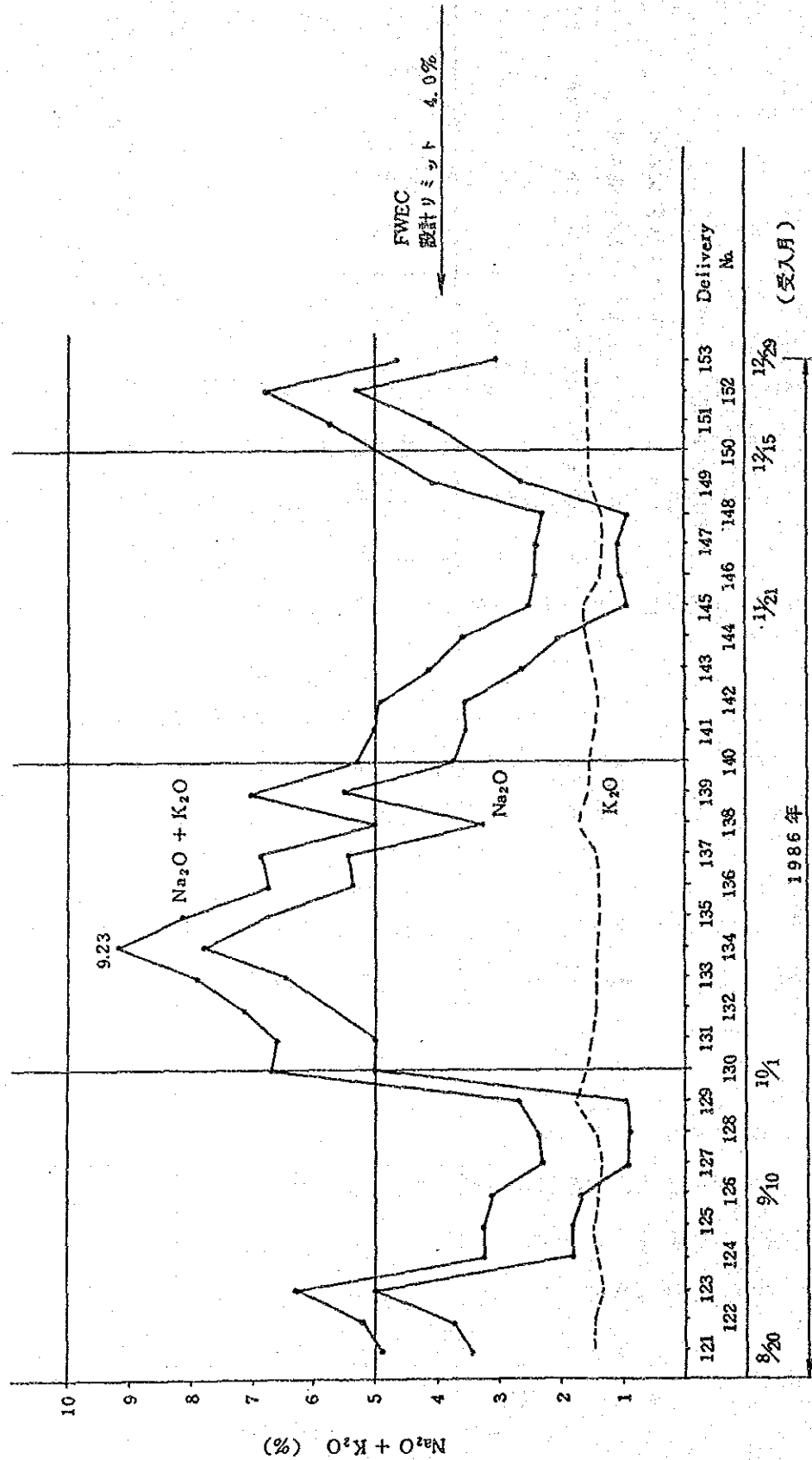


図 6-2 Selected Semirara Coal 灰分性状中の Na₂O + K₂O の変化

(SCCの分析資料)

- ⊗ #64 8-25-1985 受入炭
- ⊗ #120 7-25-1986 受入炭

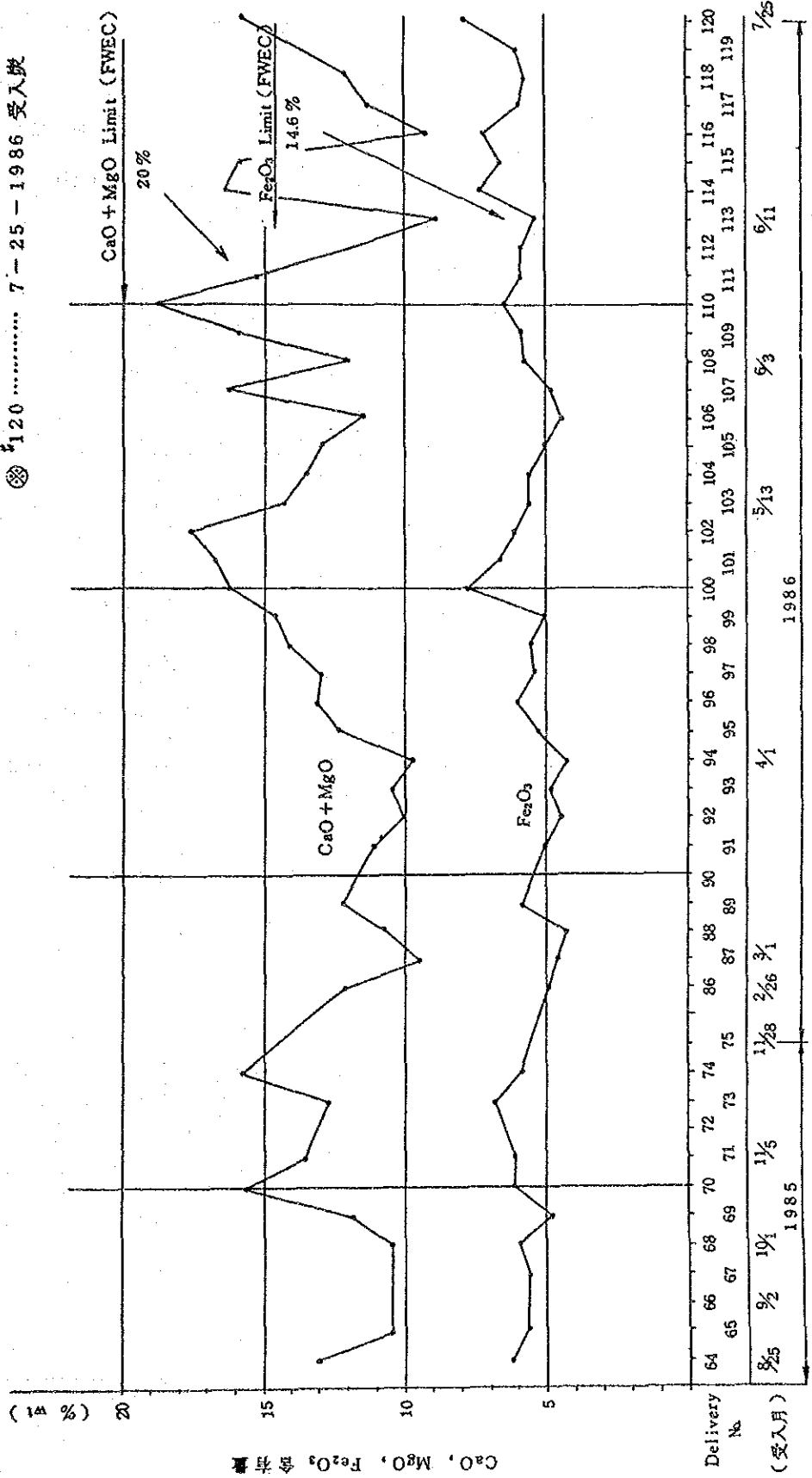


図 6 - 3 Selected Semirara Coal 灰分性状中のCaO+MgO及びFe₂O₃の変化

〔 SCC の分析資料 〕

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

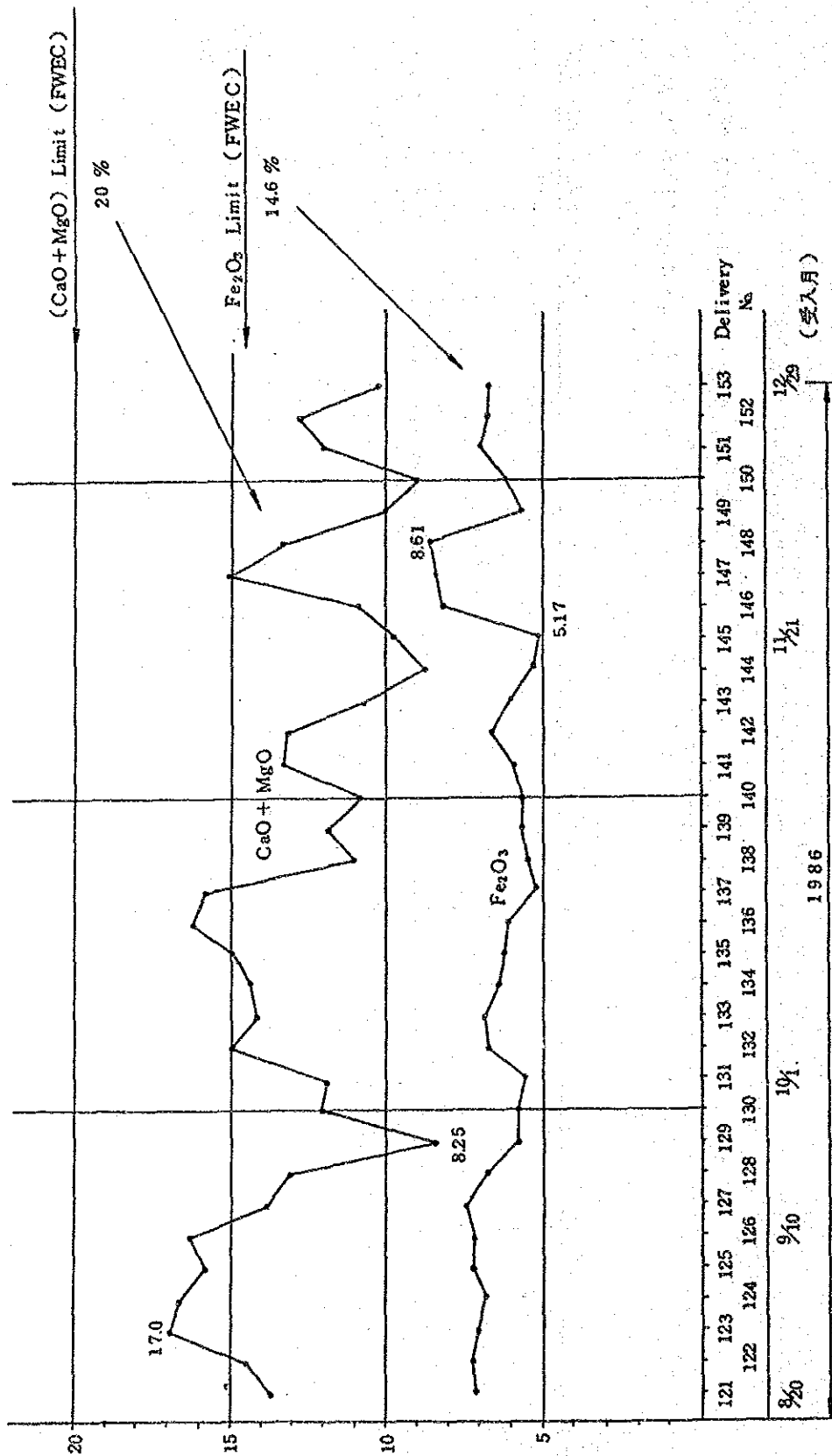


図 6 - 4 Selected Semirara Coal 灰分性状中の CaO+MgO 及び Fe₂O₃ の変化

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

ボイラの燃焼試験用炭として今回JICAで事前に分析した石炭の性状は表6-1のとおりであり、以下にスラッキング及びファウリング特性について検討する。

(1) 石炭分類の検討

5個のサンプル炭の灰中に含まれるドロマイト及び酸化鉄を比較するといずれも下記のようにドロマイトが酸化鉄より多く褐炭とみなせる。

試料 No.	ドロマイト (CaO+MgO)	酸化鉄 (Fe ₂ O ₃)
1	6.12+5.7 = 11.82%	> 5.82%
2	5.95+5.66=11.61%	> 5.32%
3	2.75+3.11= 5.86%	> 3.20%
4	7.24+6.75=13.99%	> 4.85%
5	5.58+4.84=10.42%	> 4.76%

(2) 褐炭のスラッキング及びファウリング特性の評価法は以下のとおりである。

a. スラッキング指数(Rs)

$$Rs = \frac{HT + 4 \times IT}{5}$$

Rs：スラッキング指数

HT：融点 (Hemispherical Temp.)

IT：初期変化温度 (Initial Deformation Temp.)

(還元性雰囲気での温度であるため経験から酸化性雰囲気温度-60℃として試算する。)

スラッキング特性評価	スラッキング指数
中	1230以上
高	1230~1150
強	1150以下

$$1 \quad R_s = \frac{1,280 + 4 \times 1,160}{5} = 1,184$$

$$2 \quad R_s = \frac{1,280 + 4 \times 1,170}{5} = 1,192$$

$$3 \quad R_s = \frac{1,280 + 4 \times 1,120}{5} = 1,152$$

$$4 \quad R_s = \frac{1,260 + 4 \times 1,140}{5} = 1,164$$

$$5 \quad R_s = \frac{1,280 + 4 \times 1,140}{5} = 1,168$$

b. ファウリング指数 (Rf) = Na₂O

ファウリング性評価	ファウリング指数 (Na ₂ O)	
	ケース1	ケース2
中	1.2以下	3以下
高	1.2~3.0	3~6
強	3.0以上	6以上

ケース1: CaO+MgO+Fe₂O₃ > 20%

ケース2: CaO+MgO+Fe₂O₃ < 20%

試料No.	CaO+MgO+Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	Rf
1	6.12+5.7 +5.82=17.64<20%	1.78%	中
2	5.95+5.66+5.32=16.93<20%	1.51%	中
3	2.75+3.11+3.2 = 9.06<20%	1.41%	中
4	7.24+6.75+4.85=18.84<20%	1.82%	中
5	5.58+4.84+4.76=15.18<20%	1.26%	中

注) 上記よりCaO+MgO+Fe₂O₃はいずれも20%より少く、ファウリング指数Rfはケース2で算定できる。

c. 評価

今回の燃焼試験用炭であるセミラ炭は、上記試算結果では、スラッキング性は高であり、ファウリング性は中である。

(3) 瀝青炭とみた場合 (参考)

瀝青炭系 ($\text{Fe}_2\text{O}_3 > \text{CaO} + \text{MgO}$) のスラッシング及びファウリング特性及び評価法は、灰塩基性(Base)/酸性(Acid)比が概略指標として用いられる。試験炭は褐炭であるが、下記式で参考のため検討すると以下のとおりである。

a. スラッシング特性

$$(a) \text{スラッシング特性 } R_s = \frac{\text{Base}}{\text{Acid}} \times S = \frac{\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}}{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}} \times S$$

Note: S: Sulfur content (wt%, Dry basis)

(b) スラッシングの評価

評 価	スラッシング指数
低	<0.6
中	0.6~2.0
高	2.0~2.6
強	>2.6

(c) 試算結果

Sample No.	$\frac{\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}}{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}} \times S$	= R_s
1	$\frac{5.82 + 6.12 + 5.70 + 1.78 + 0.97}{43.9 + 23.6 + 1.09} \times 0.84 = 0.252$	Low
2	$\frac{5.32 + 5.95 + 5.66 + 1.51 + 1.04}{46.9 + 23.9 + 1.11} \times 0.85 = 0.230$	Low
3	$\frac{3.2 + 2.75 + 3.11 + 1.41 + 0.56}{61.5 + 17.2 + 0.83} \times 0.80 = 0.112$	Low
4	$\frac{4.85 + 7.24 + 6.75 + 1.82 + 1.0}{43.9 + 23.6 + 1.09} \times 0.82 = 0.260$	Low
5	$\frac{4.76 + 5.58 + 4.84 + 1.26 + 1.1}{48.5 + 26.0 + 1.01} \times 1.01 = 0.234$	Low

b. ファウリング 特性

(a) ファウリング 特性 $Rf = \frac{\text{Base}}{\text{Acid}} \times \text{Na}_2\text{O}$

(b) ファウリングの評価

評 価	ファウリング指数
低	<0.2
中	0.2~0.5
高	0.5~1.0
強	>1.0

(c) 試算結果

<u>Sample No.</u>	<u>$\frac{\text{Base}}{\text{Acid}} \times \text{Na}_2\text{O}$</u>	<u>= Rf</u>
1	$0.297 \times 1.78 = 0.529$	High
2	$0.271 \times 1.51 = 0.409$	Medium
3	$0.139 \times 1.41 = 0.196$	Low
4	$0.318 \times 1.82 = 0.579$	High
5	$0.232 \times 1.26 = 0.293$	Medium

c. 評 価

瀝青炭でのスラッジング性の評価は低で問題ないが、ファウリング性は高のものがある。

表 6 - 1 石炭分析結果 (JICA)

Item	Selected Semitara Coal					Blend Coal		Australian Coal (June 30, '87)	
	JICA Nov. 86	JICA Mar. 87	#1	#2	#3	#4	#5	JICA Nov. 86	JICA Mar. 87
Proximate Analysis									
Inherent moisture(*)	(15.4)	(15.2)	(14.7)	(16.5)	(11.3)	(15.4)	(15.6)	(3.1)	(3.2)
Volatile matter(*)	47.7	43.7	45.2	45.6	39.5	45.7	45.4	29.9	30.2
Fixed carbon(*)	40.7	45.7	42.4	41.0	48.2	42.9	39.9	51.5	51.8
Ash(*)	11.6	10.6	12.4	13.4	12.3	11.4	14.7	15.5	18.0
Calorific value(*) kcal/kg	5140	5283	5250	5030	5800	5230	5040	6660	6570
Calorific value(*) BTU/lb	9252	9509	9450	9054	10440	9414	9072	11988	11826
Sulfur(*)	0.79	0.3	0.72	0.71	0.71	0.69	0.66	0.67	0.5
Ultimate Analysis									
Carbon(*)	-	65.6	63.71	63.47	67.59	66.06	61.14	-	69.1
Hydrogen(*)	-	4.7	4.09	3.91	4.14	4.32	3.89	-	4.4
Oxygen(*)	-	17.4	17.84	17.3	13.84	16.26	18.18	-	6.38
Nitrogen(*)	-	1.1	1.12	1.07	1.33	1.14	1.08	-	1.6
Sulfur(*)	-	0.6	0.84	0.85	0.8	0.82	1.01	-	0.52
Ash(*)	-	10.6	12.4	13.4	12.3	11.4	14.7	-	18.0
Ash Analysis									
SiO ₂	43.6	44.5	43.9	46.9	61.5	43.7	48.5	75.8	83.8
Al ₂ O ₃	23.2	23.83	23.6	23.9	17.2	23.4	26.0	13.9	12.36
TiO ₂	1.0	1.14	1.09	1.11	0.83	1.05	1.01	0.7	0.68
Fe ₂ O ₃	4.8	4.28	5.82	5.32	3.20	4.85	4.76	8.3	1.82
CaO	6.2	7.41	5.95	7.24	2.75	7.24	5.58	0.0	0.0
MgO	4.8	5.64	5.70	5.66	3.11	6.75	4.84	0.1	0.28
Na ₂ O	1.3	3.44	1.78	1.51	1.41	1.82	1.26	0.1	0.11
K ₂ O	1.5	1.49	0.97	1.04	0.56	1.0	1.10	0.6	0.43
Slagging, Fouling Potential Check (bituminous coal)									
Base/acid ratio	0.274	0.320	0.297	0.271	0.139	0.318	0.232	0.101	0.027
Na ₂ O + K ₂ O	18.6/67.8	22.26/69.47	20.39/68.59	19.48/71.91	11.03/79.53	21.66/68.15	17.54/75.51	9.1/	2.64/
Slagging index (B/A x S)	2.6	4.93	2.75	2.55	1.97	2.82	2.36	90.4	96.84
Fouling index (B/A x Na ₂ O)	0.216 L	0.192 L	0.249 L	0.230 L	0.111 L	0.261 L	0.234 L	0.068 L	0.014 L
Coal Class	0.767 H	1.1 S	0.529 H	0.409 M	0.196 L	0.579 H	0.292 M	0.030 L	0.002 L
CaO + MgO > Fe ₂ O ₃	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	0.1 <	0.28 <
Ash Fusion Temp.								8.3	1.82
Initial deformation temp. °C	1190	1160	1220	1230	1180	1200	1200	1380	1320
Hemispherical temp. °C	1280	1270	1280	1280	1280	1260	1280	1490	> 1450
Flow temp. °C	1320	> 1450	1300	1300	1330	1280	1300	1500	> 1450
H.C.I.	-	-	45	44	44	40	50	-	-
Lignite Coal	H	S	H	H	H	H	H	-	-
Slagging index	M	H	M	M	M	M	M	-	-
Fouling index									

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

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）

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)

今回の燃焼試験によって、セミララ炭の混炭比増加のためのボイラ燃焼調整は達成できた。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、特にスラッキング、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%) による制限
- ・石炭発熱量 (ボイラ設計炭発熱量受入炭ベース 8500 Btu/lb) による制限

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。上記について、石炭の分析データおよび燃焼試験結果等を考慮して検討を進める。

7-1 石炭灰中のアルカリ成分による制限

7-1-1 ファウリング限界

(1) 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% を大巾に下回っていた。

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。併し乍ら、1986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。

1987年に受入れた炭での最悪のアルカリ分は 9.23% (Na_2O ...7.82%, K_2O ...1.41%) であり、アルカリ分 0.5% (Na_2O ...0.4%, K_2O ...0.1%) のオーストラリア炭との 50/50 の混炭比で問題を起していない。これは受入ベースでアルカリ分約 4.8% でトラブルを起していないことになる。従って FWEC が推奨する 4% 以下とすればスラッキング及びファウリングは起らないものと考えられる。

7-1-2 混炭比の計算

(2) ボイラの設計基準値 $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} < 4\%$ を満足させる混炭比の概略算定は図7-1の様になると安全である。

実際は図中の混炭比を下記のように灰分の混合比でみるのが正しいが、セミララ炭は全水分の変動巾も大きく、灰分析にもかなりの時間がかかるので、単純な図7-1を参考にすれば安全である。

[算定式]

	<u>Semirara Coal</u>	<u>Australian Coal</u>
Design coal blend ratio (%) (Wet coal)	A	B
Dry coal	$A \times (1-a) = X_1$	$B \times (1-b) = Y_1$
Dry coal ratio (%)	$\frac{X_1}{X_1 + Y_1} \times 100 = X_2$	$\frac{Y_1}{Y_1 + X_1} \times 100 = Y_2$
Ash content in dry coal	$X_2 \times c = X_3$	$Y_2 \times d = Y_3$
Ash in blended coal (%)	$\frac{X_3}{X_3 + Y_3} \times 100 = X$	$\frac{Y_3}{Y_3 + X_3} \times 100 = Y$

但し a, b = それぞれの全水分 (%)
c, d = " 灰分 (%)

上記の式に示すように、灰分の混合比 X/Y は計画混炭比 A/B 、及び夫々の炭種の全水分及び灰分がわかれば算出できる。

灰分の混合比の試算例を次に示す。

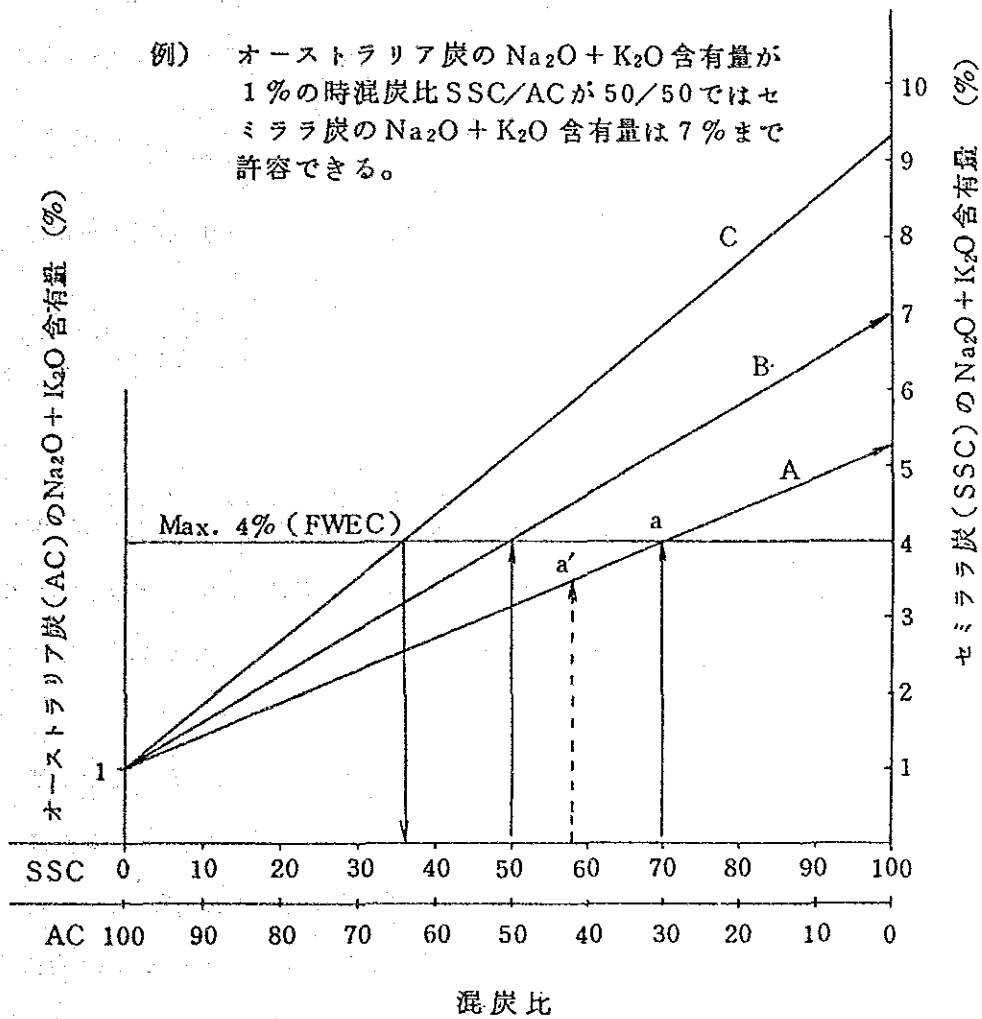


図 7 - 1 灰分中の $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 含有量と混炭

混炭比S/A=70/30時の灰分の混合比試算例

	SSC	AC
固有水分	14.7%	2.8%
全水分	28.43%	10.0%
灰分 (ドライ)	13.0%	17.6%
ブレンド比(Wet Coal)	70%	30%
純炭	$70 \times (1 - 0.2843) = 50.099\%$	$30 \times (1 - 0.1) = 27.0\%$
Dry coal ratio (%)	$\frac{50.099}{50.099 + 27} \times 100 = 64.98$	$\frac{27.0}{50.099 + 27} \times 100 = 35.02$
Ash content (%)	$64.98 \times 0.13 = 8.45$	$35.02 \times 0.176 = 6.16$
Ash blend ratio (%)	$\frac{8.45}{8.45 + 6.16} \times 100 = 57.8$	$\frac{6.16}{8.45 + 6.16} \times 100 = 42.2$

図7-1においてオーストラリア炭のアルカリ成分 ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) 含有率が1%で、混炭比SSC/AC=70/30の場合、アルカリ成分含有率の制限値4%の線と混炭比70/30の交点(点a)を通る線Aが引ける、この場合のセミララ炭のアルカリ成分は5.3%より小さくなければならない。

一方、上記の計算で得られた灰分の混合比SSC/AC=57.8/42.2と線Aとの交点(点a')により混合炭のアルカリ成分含有率3.5%が求まる。即ち、灰分の混合比から求められたアルカリ成分含有率からみると混炭比70/30を増加することは可能である。

灰分中のアルカリ成分含有率の観点からは、灰分の混合比をとるのが理論的には正しいかも知れないが、実用上の混炭比を決めるにあたっては、前述のように図7-1を用いて混炭比ベースで計画した方が余裕があり推奨できる。

尚、図7-1中の線Bはオーストラリア炭のアルカリ成分含有率が1%の場合に混炭比SSC/AC=50/50ではセミララ炭のアルカリ成分7%迄許容できることを表している。

又、線Cは過去のセミララ炭の最大アルカリ成分含有率9.23%が使用された場合には混炭比SSC/AC=37/63となることを表わしている。

7-1-3 アルカリ成分の変動と混炭比調整

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、表7-1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。

表7-1 セミララ炭アルカリ成分実績（含有率分布）

Na ₂ O+ K ₂ O	船 数	%	
< 3 %	12	17.9	} 38.8%
3~ 4 %	14	20.9	
4~ 5 %	12	17.9	} 61.2%
5~ 6 %	10	14.9	
6~ 7 %	9	13.4	
7~ 8 %	7	10.5	
8%<	3	4.5	
計	67	100.0	

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。

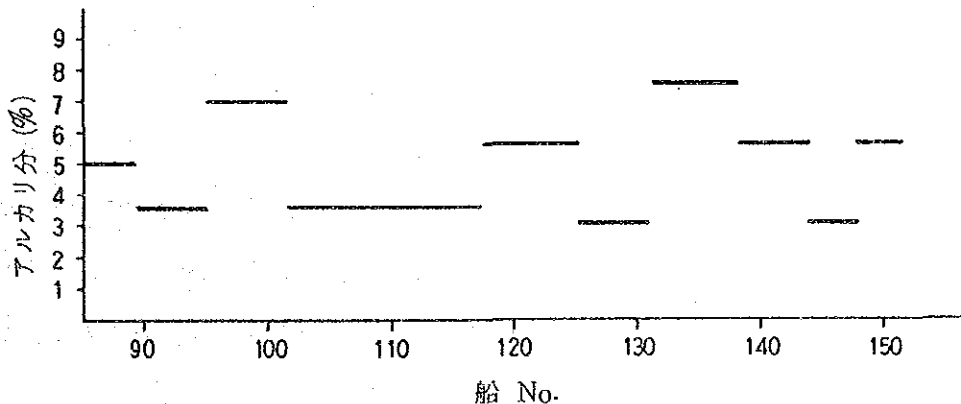


図7-2 セミララ炭アルカリ成分実績（配船時期別分布）

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。

(4) 以上のことから、アルカリ分の実測値に応じて次の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。

アルカリ成分	SSC混炭比	出力
6%以下	60% (出力100%)	100% (混炭比60%)
6~7%	50% (")	90% (")
7%以上	40% (")	75% (SSC専焼可)

7-2 全水分による制限

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。

図7-3はオーストラリア炭の全水分を10%とし、セミララ炭の全水分を24%、28%及び32.8%とした場合の全水分と混炭比の関係を示すものである。A'、B'、C'の各直線と計画水分との交点は混炭比の上限を示す。

セミララ炭専焼時には、セミララ炭の混炭比は大略、定格出力に対する可能出力の割合を示す。図7-3において、オーストラリア炭の全水分が0%の点とセミララ炭の26.86%の点を結ぶ直線と計画全水分19%との交点(x)より得られるセミララ炭混炭比70%がこのときの可能出力、即ち $300\text{MW} \times 0.7 = 210\text{MW}$ を示す。

現在セミララ島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。

特に雨季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。

今回燃焼試験において混炭比(S/A)70/30、石炭水分22.0%、出力300MWでは石炭乾燥用空気のAH出口温度は340℃程度(推定)であった。また、SSC専焼、石炭水分26.9%出力225MWでは同空気温度は310℃程度(推定)であり、熱空気ダンパは全開となっており運転上の余裕はなくなっていた。

7-3 発熱量による制限

ボイラの設計時点の石炭の発熱量は受入ベースで8500 Btu/lb (4,722 Kcal/kg)である。セミララ炭とオーストラリア炭との発熱量が夫々、4,390 Kcal/kg、6,090 Kcal/kgのとき混炭比は図7-4から求められるようにS/A=80/20程度となる。

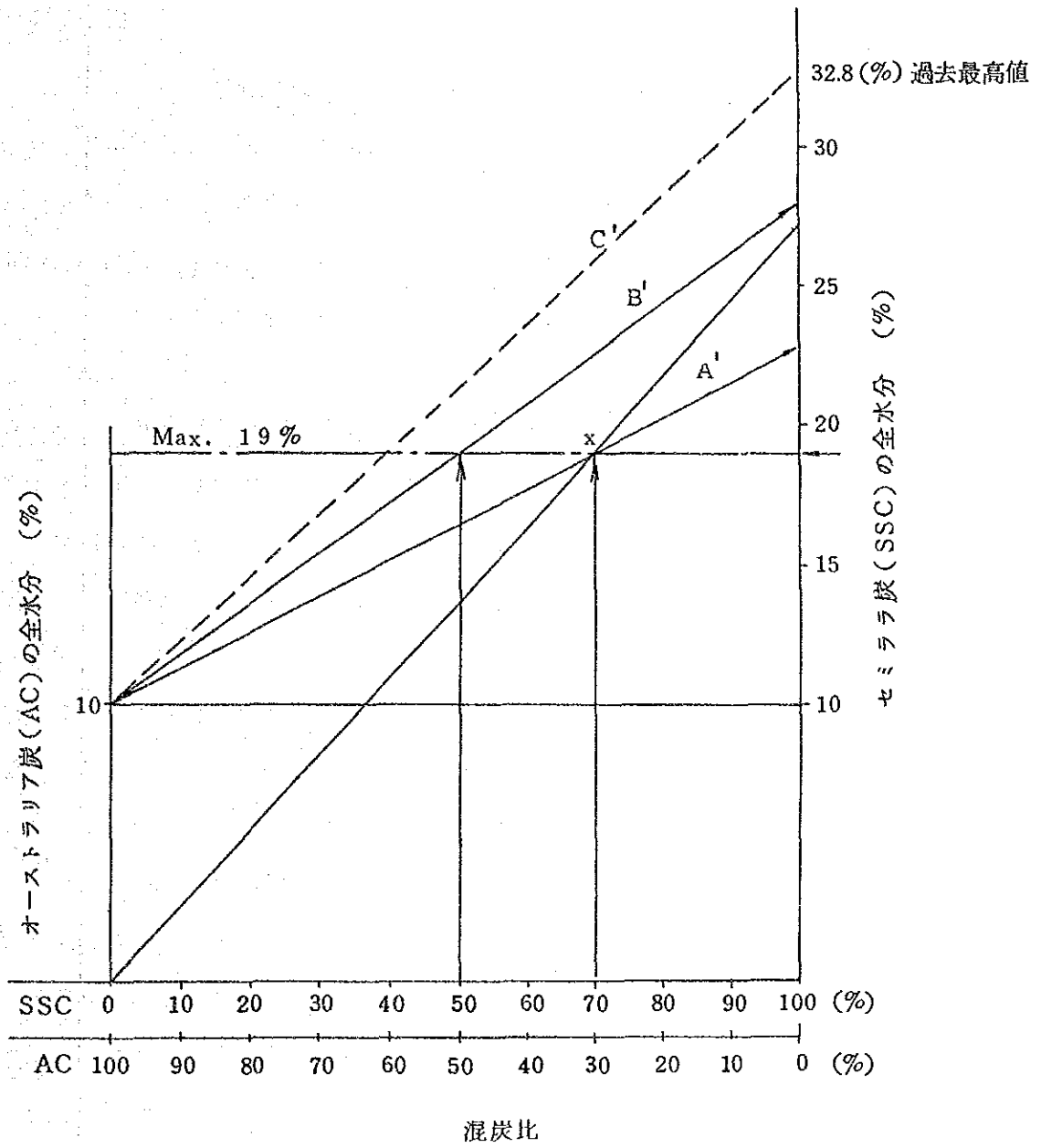


図 7 - 3 全水分と混炭比

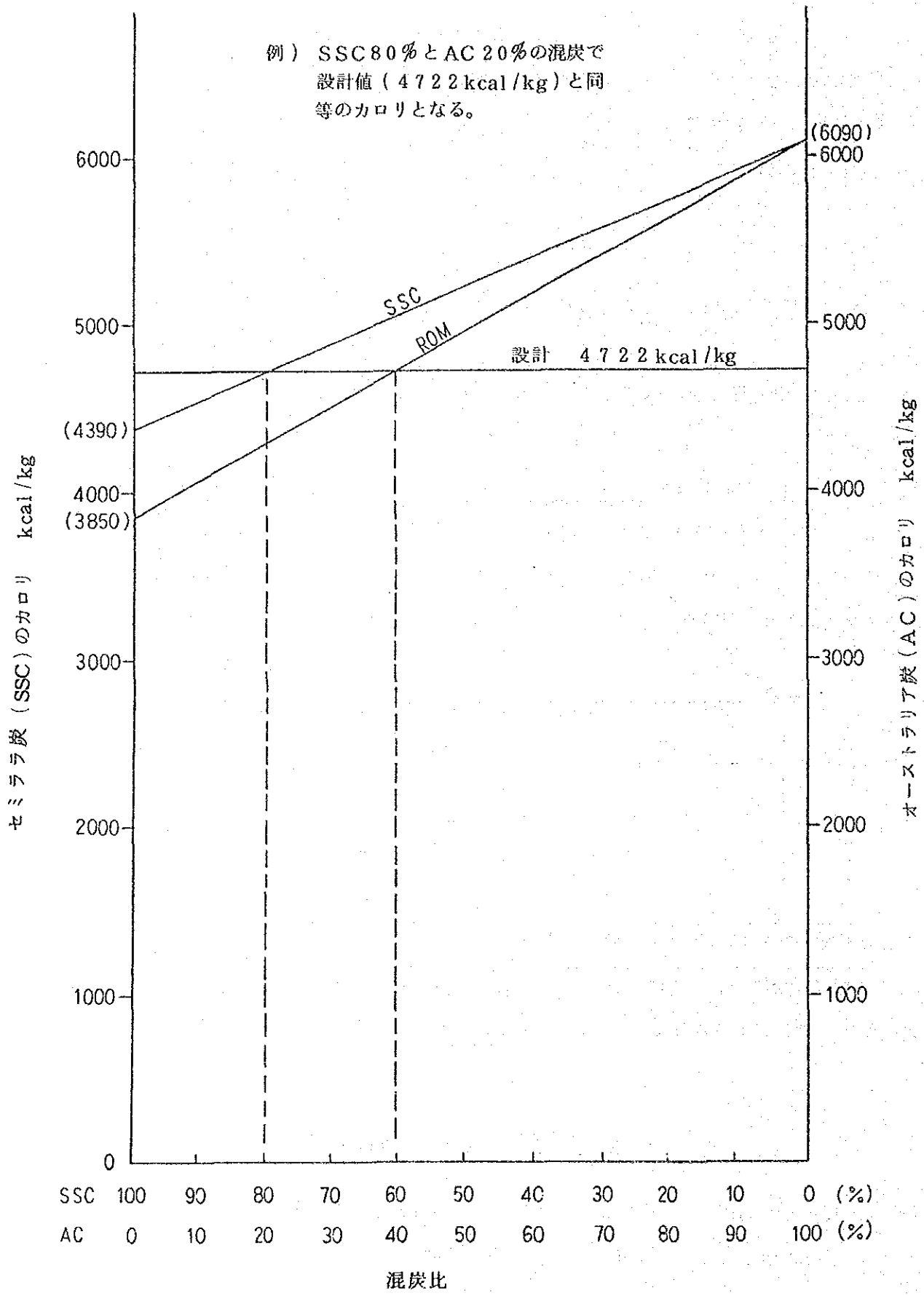


図 7 - 4 発熱量と混炭比

7-4 運転上の問題点

(1) 節炭器ホッパ詰り

過去に於て、一次過熱器上で採取した灰塊及び節炭器ホッパを閉塞させた灰塊の分析結果を表7-2に示す。

この表から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分る。これは低溶解温度の灰が溶解した場合、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。燃焼用空気が少く、或はダンパ操作が適当でないで未燃分が残り、対流伝熱面に待込まれることになる。運炭系統が不調でリクレマ混炭が出来ず、ミキシングファイリングを実施することがあるが、燃焼管理の面から出来るだけこのような事態とならぬようにすべきである。止むを得ずミキシングファイリングを実施する場合は、オーストラリア炭は単位重量当りSSCより多量の空気を必要とするので、セミララ炭に比してオーストラリア炭給炭割合を減らすことは一策である。

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。図7-5に見られるように還元性雰囲気では灰の融点は50~150℃低下するので、極力酸化性雰囲気での燃焼とするため、O₂は3%以上を目途とすることが望ましい。

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ている。

従ってアルカリ分が低くても、対流伝熱面にクリンカが付着する可能性がある。

(2) 蒸気温度制御困難

SSCの混炭比を増加するにつれて石炭量に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。

(3) 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であるので60/40を超えるSSC混炭比も期待される。

表7-2 炉内で採取した灰の分析値

Samples Item		Eco. Hopper				Pry. SH
		Particle		Slag		Slag
		Powder	Pebble	Melting Side	Opposite Side	
SiO ₂	%	70.30	71.80	68.8	68.0	44.7
Fe ₂ O ₃	%	3.26	2.76	4.06	4.00	4.1
Al ₂ O ₃	%	17.03	18.01	19.09	20.60	24.8
CaO	%	2.34	2.20	2.29	2.42	5.9
MgO	%	1.82	1.92	1.99	2.06	4.9
TiO ₂	%	0.83	0.79	0.90	0.89	1.1
Na ₂ O	%	0.98	1.12	0.96	0.98	6.1
K ₂ O	%	0.75	0.72	0.93	0.91	1.7
SO ₃	%	0.14	0.10	0.16	< 0.10	
P ₂ O ₅	%	0.14	0.10	0.13	0.13	
Unburnt Carbon	%	2.72	0.54	+0.16	+0.09	
Sampling date		August 1987				1987

灰の溶解性試験（酸化状態）

Samples Item		Eco. Hopper				Pry. SH
		Particle		Slag		Slag
		Powder	Pebble	Melting Side	Opposite Side	
Softening temp.	°C	1,240	1,210	1,210	1,230	1,160
Hemispherical temp.	°C	1,360	1,370	1,360	1,370	1,240
Flow temp.	°C	1,430	1,440	1,440	1,450	1,260

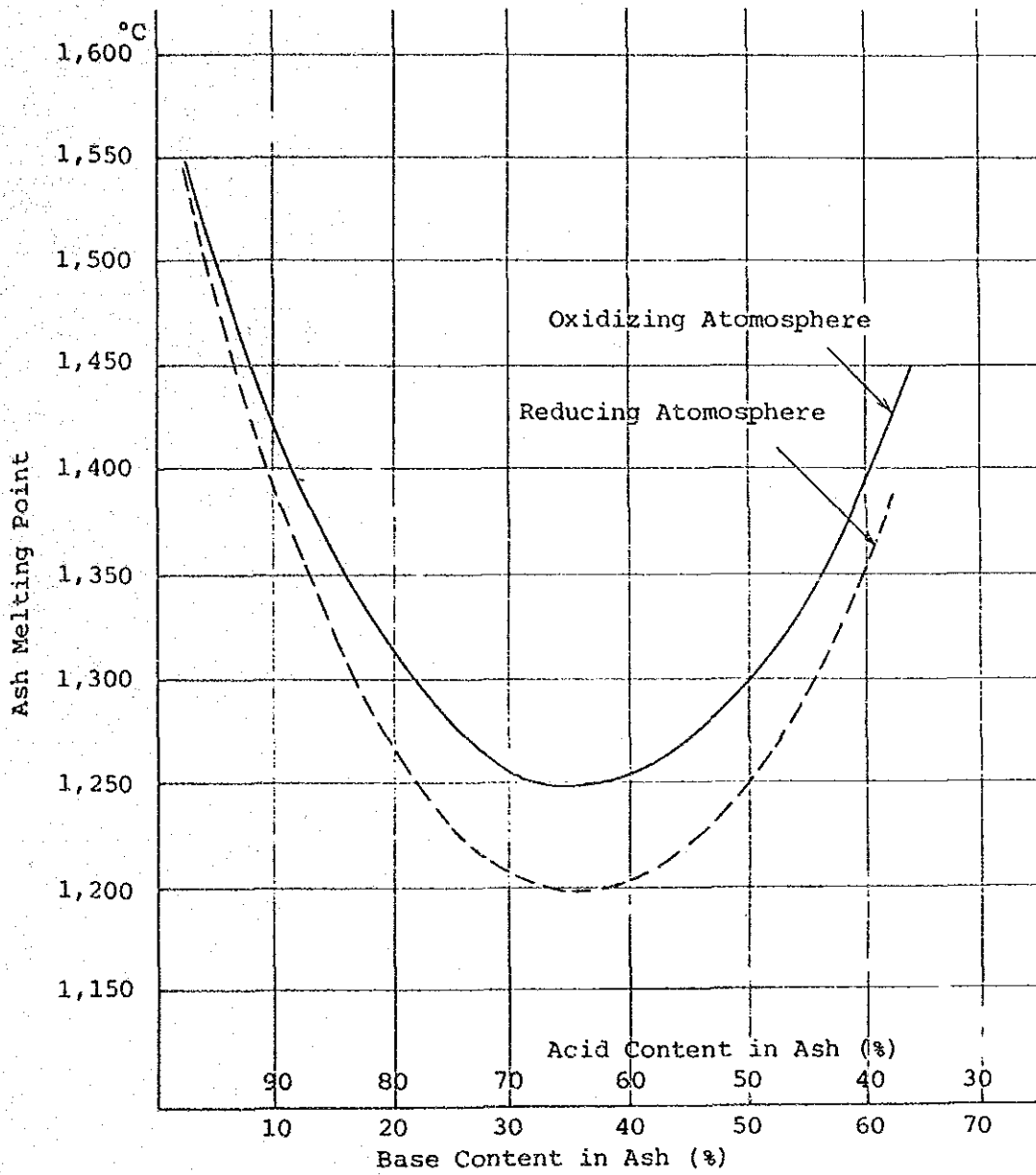


図 7 - 5 灰成分と熔融温度

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

既設のボイラに設計炭と大巾に異なった炭種を燃焼する場合は、使用する石炭の性状を解析して、火炉、ボイラ各部、および補機の適合性を設計上の立場から十分に検討して対応策を講じなければならない。

例えば、揮発分、水分、灰中アルカリ分等が極端に設計と相違する場合は、火炉面積、容積および火炉高さ等の変更を必要とする事にもなり、又、ガス速度の増大によるアッシュカット等を防止するために各種の保護対策を必要とする。

従って使用炭種によって夫々に適応した対策が必要となる。

以下、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. 現状で運用を継続し可能な限り混炭比を高める場合

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データからみてROM炭は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その特性についての資料は少ないが、プラントの事故記録によるトラブルの内容や経験者の情報を勘案すると、極端に粘着性の強い性状と考えられる。

このような粘土を含む石炭の全水分が21~31%と非常に多く、これがまた付着性を増大させていると考えられる。

更にこの粘土は付着乾燥すると非常に固くなり剝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

- (a) 石炭船の側壁等への付着
- (b) アンローダ ホッパシュートの詰り
- (c) ベルトコンベヤの乗継ホッパシュートの詰り
- (d) ベルトコンベヤの各部への付着
- (e) リクレーマホイールバケットへの付着
- (f) クラッシャおよびスクリーンへの付着、目詰り
- (g) 石炭サイロシュートの詰り

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炭を使用した試運転期間中における運転状況を表8-1に示すが、ユニットが連続して運転出来た時間は最長188.91hである。ユニットトリップの主要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 (1985)

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

ROM炭専焼時は、灰付着防止のためスートブロワの使用頻度が増加するが、噴射蒸気による磨耗及びチューブへの熱衝撃の面から大巾な使用増加は好ましくない。

(c) 一次空気量の不足

ミル出口の空気/石炭混合の設計温度は65.5℃でこの温度以下になるとボイラでの着火不良による燃焼不安定を招く恐れがあり、重油又軽油による助燃が必要となる。

もともとボイラおよび付属設備の設計ベースである石炭の水分は、全水分19%、表面水分11.5%である。

納入されたROM炭は、全水分21.7~30.87%と非常に高く、ミル側の所要空気温度、空気量が増加するために空気予熱器の伝熱面積が不足するという結果になる。これらはSSCの場合も同様である。

(d) 重軽油の助燃

ROM炭での試運転中は、上記トラブルによるボイラの失火事故の軽減と安定燃焼確保のため、常時重軽油による助燃を必要とした。

ROM炭の使用については以上のように多くの問題、障害があるので各設備に大巾な改善対策が必要である。

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と比較してスラッシ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

	Design coal	ROM coal	SSC	Australian coal
Total Moisture (%)	19	25.87	27.92	8.58
Calorific Value (kcal/kg)	4,722	3,850	4,390	6,090
	8,500	6,930	7,900	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。

以下必要な対策項目について検討する。

(a) スラッキング、ファウリング対策

スラッキング、ファウリングを防止するためには、次のような対策が必要である。

I スラッキング防止

ア、火炉内伝熱面に高温の箇所(Hot Spot)を作らない。そのためには

- ・ 火炉熱負荷を適切に選定する。
- ・ バーナ間、バーナ側壁間寸法を適切に選定する。
- ・ キャスタブル打設範囲をできるだけ小さくする。

イ、火炉内を酸化性雰囲気を保つ。

II ファウリング防止

ア、灰を溶解した状態で後部伝熱部に持ち込まない。

- ・ 火炉出口ガス温度を適切に選定する。

イ、管群を灰が堆積しにくい構造とする。

- ・ 管間スペースを適切に選定する。

(b) アッシュエロージョン対策

灰によるボイラ伝熱管表面の磨耗は管の噴破事故を招き、石炭ボイラの信頼性を低下させる大きな要因である。

石炭灰の磨耗性は、石炭中の灰分量が大きく影響する。一般的には灰による磨耗速度は、燃焼ガスの流速の3～3.5乗と石炭灰の量の積に比例する。

カラカ1号は、石炭中の灰分を6.72%、接触伝熱部のガス速度を19.18 m/sで計画しているが、平均で17.7%、最大で26.8%にもなる灰量に対してガス流速の低減と共にエロージョン対策を考慮しておかないと、ボイラチューブリーク事故発生を増加させ

ることになる。チューブプロテクタと共に排ガス偏流防止（局所的なガス流速の増加防止）を計る必要がある。

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しておくことである。そうすれば、熔融状態のスラ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 15.02×10^3 Btu/ft³h (135×10^3 kcal/m³·h) となっているが、低品位炭、褐炭を燃焼する場合には 11×10^3 Btu/ft³h (100×10^3 kcal/m³h) 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 1.8×10^6 Btu/ft²h (4.9×10^6 kcal/m²h) となっているが、褐炭の場合は 1.4×10^6 Btu/ft²h (3.8×10^6 kcal/m²h) 以下が多用され、ボイラの信頼性の向上が計られている。図8-1にその傾向を示す。

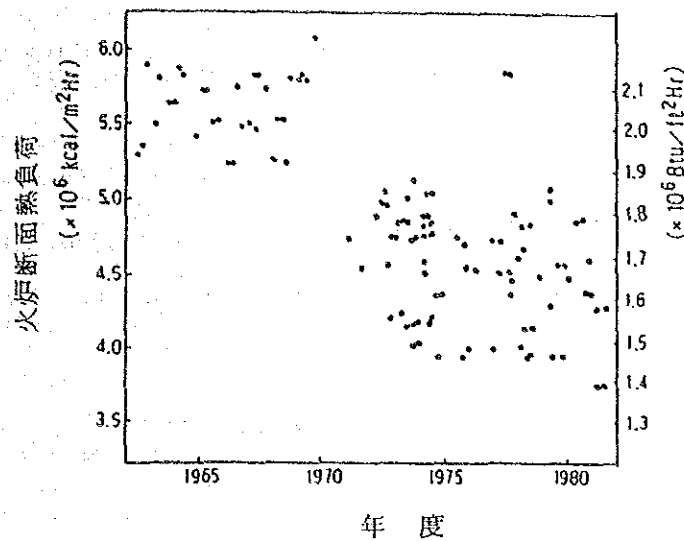


図8-1 石炭焚ボイラ火炉断面熱負荷の変遷

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。

既設ミルの設計水分(全水分19%表面水分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、押込通風機および誘引通風機は、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十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. 現状石炭サイロの問題点

- (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。(2,438.4mm)
- (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

(a) 石炭サイロの出口

石炭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号の場合、円形で0.51 m φ (0.2m²) と非常に小さい断面積である。表8-3に日本における使用例を示す。

日本での石炭水分は一般に7~10%前後であるか、出口は十分な大きさをとっており、非対称角形が多い。

表8-3 石炭サイロ出口寸法例

Power Plant	Mill Capacity (t/h/unit)	Silo Outlet Dimension		Coal Flow Rate per Unit Area	Remarks
		L x B (mm)	Area (m ²)		
A	18.6	1,371 x 610	0.836	22.3	Clad Steel
B	16.6	1,200 x 600	0.72	23.1	Clad Steel
C	23.0	1,200 x 1,000	1.2	19.2	Clad Steel
D	58.0	914 φ	0.66	87.9	Square hopper, round outlet, Hi-Moler* lining at the slope part
CALACA	57.5	520 φ	0.2	287.5	Stainless steel lining at the slope part

* Ultra-high molecular weight polyethylene.

(b) 石炭サイロの傾斜

石炭の詰り防止のためにはサイロ形状は非対称型にすることが最良といわれており、傾斜角度は一般炭は60°程度の実績もあるが低品位炭で灰分、水分の多い石炭の場合65°～77°という実績が多い。カラカの場合の円錐部傾斜角は76.4°と角度的には充分と思われるが、対称型である。日本では輸入炭で最近非対称の73.5°～78.2°の計画もある。

(c) 石炭サイロ内中仕切板

サイロ内部に垂直の中仕切板を設置することは傾斜面の対称性を打消す効果がある。しかし、中仕切板の取付位置をサイロ出口迄延ばすことは石炭の流動部断面積が小さくなり、サイロでのブリッジを助長することも考えられるので、中仕切板を取付けるとすれば円錐ホップの中断部迄が良いと思われる。但し、カラカ1号の場合は傾斜がかなり急であり出口部の拡張だけで対応可能かも入れない。

(d) 石炭サイロ出口から給炭機入口迄の距離

カラカ1号はサイロ出口から給炭機入口ゲートまで2,438.4mmであるが、石炭の圧密による詰り防止のためには直管部は極力短くするのが良い。

(e) 石炭サイロ内面ライニング材

カラカ1号はステンレススチール3mm厚のライニング材を使用している。日本では石炭サイロの内張材としては、ガナイト、ガラス、コンクリートモルタル、人造石、クラッドスチール材と進歩して来たが、最近では新設火力の場合ハイモラの内張で計画されるようになって来ている。

(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

石炭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、新しい形状の物に取替える。

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ROM炭を専焼するために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	: 1,033.2t/h at MCR		
ドラム圧力	: 191.5 kg/cm ² g		
過熱器出口	圧力	: 178.5 kg/cm ² g	
	温度	: 541℃	
再熱器出口	圧力	: 33.7 kg/cm ² g	
	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 (トップガーダ下端)	:	75m	(〃 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

石炭サイロ	:	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、スラッシング、ファウリングに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、変動幅を考慮してROM炭専焼時と同様とする。

(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が上限と考えられる。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シ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

スラッシングおよびファウリングが発生し易い位置として、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。

(4) 石炭サイロの改造

サイロの形状変更

現在の下部の形状を非対称型に改造する。更に、出口形状を円形から長方形とし、面積を拡大する。

(5) 給炭機の取替え

サイロ下部形状の変更に伴って、既設の給炭機を新しいものに取替える。

(6) 精度が高く能率の良い混炭を行うため混炭設備を設ける。又代案としてリクレーマに石炭計量器を設置し、リクレーマの払い出し量を自動制御する方法もある。

(7) 燃焼試験による確認

正確な混炭比による燃焼試験を実施する。

特に最下段ミルを使用した燃焼試験によって、段階的に混炭比を増加する試験を実施すべきである。又、石炭の炭質、特に灰のアルカリ分を正確に把握することが必要である。

(8) ABCの一部を改造、整備して安定運転を計る。

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、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の取替を計画する。
- (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。代案としては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方法もある。
- (3) 消費炭計量機の稼働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を改造する。
下部の形状を非対称形とすると同時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。
- (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予備セクションにエレメントを追加して組込み、併せて熱効率の向上を計る。

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改善対策比較表を表8-4に示す。