4.2.6 Limay, Bataan (Site-C)

(1) 位　置

マニラの西、陸路約 130kmのBarangay Luz, Limay, Bataan にある。

(2) アクセス道路

国道からサイトまでは、約250mのアスファルト舗装道路である。

(3) 地形・地質

サイトはMt. Mariveles の東に位置し、Manila湾に面する。現在サイトは標高約12m に一部整地されている。海域は遠浅で珊瑚礁は見られない。

サイトの基盤は主に凝灰岩と凝灰角礫岩からなる。この岩は、発電設備に対し十分な支持力を持っている。サイト中央部には主に礫混じり粘性土からなる盛土が存在する。海域は精油所のデータによると、厚さ5mから10m の軟弱な沖積層が堆積している。

(4) 発電所用地

発電所用地は、 National Steel Corporation 旧所有地を整地する事により確保できる。但し、300MW ×2基の設備を収容するためには、用地の追加買収及び既設Bataan火力発電所の取付道路を一部付替える必要が生ずることも予想される。

(5) 航路・港湾

① 揚炭桟橋位置

60,000DWT の石炭船に必要な回頭水域を確保するため、揚炭桟橋はManila湾に面するQuitang Point の沖合約1.3km の地点とする。

② 航路等

Manila湾口から揚炭桟橋位置までは約30kmである。航路、水深、回頭水域、泊地とも問題無い。但し既設タンカー係留施設に留意した桟橋の配置、航路標識の整備等が必要である。

③ 防　波　堤

Manila湾内で発生する風波の波高出現頻度、Bataan半島による南シナ海から浸入する波の減衰程度から判断して防波堤は不要である。

(6) 復水器冷却水

この地点は既に 225MWの火力発電所が稼働している。この為既設発電所の温排水の影響を十分考慮しなければならない。

① 取　水　口

復水器冷却水は既設Bataan火力発電所の沖合約 1kmの深層位置で取水する。取水地点は既設発電所からの温排水の影響を避けるために、可能な限り深い位置から取水する必要がある。

② 放　水　口

復水器冷却水はサイト南側へ放流する。

③ 温排水対策

既設発電所からの放流水が、海上灰捨場の護岸によって滞留する懸念がある。このため、既設の取水口位置を変更しない場合、既設発電所の温排水再循環の障害が発生する可能性が大きい。本地点に石炭火力発電所を建設する場合はこの問題の詳細検討を行い、既設の取水口位置を変更する必要がある。

(7) 灰　捨　場

サイト東側の海上に灰捨場護岸を構築する事により、30年の海上灰捨が可能であり、その面積は約106 haである。なお　陸上灰捨場の可能性を検討した結果、次の理由により陸上灰捨場は推奨出来ない。

① サイト南側のAlangan river 下流部に、陸上灰捨場を確保できるが、灰捨可能量は約 150万m³（約 3.5年分）と少量のうえ、Alangan river の付替え、エビの養殖場および水田の買収が必要となる。

② 約10km以内のサイト近傍は、大部分が山地であり、大容量の灰捨てが可能な場所はない。

(8) 淡 水 源

サイト南側のAlangan river から延長約1.3km のパイプラインを布設する事により淡水の取水が可能である。

(9) 工 事 用 電 力

サイトに隣接するBataan火力発電所の予備メタルクラッド遮断器(4.16kV) より取り出し可能である。

(10) 工事用物揚場

サイト敷地内にある既設の桟橋を工事用物揚場として利用可能である。但し整備補強する必要がある。

(11) 送 電 線

発生電力はHermosa 変電所へ送電する。Limay ～Hermosa 変電所の送電線亘長は約43kmである。

(12) 環 境 ・ 補 償

重油火力、ガスタービン発電所の他に周辺の工場からの排出影響を考慮すると、SO_2 大気濃度は、NPCCの制限値(850μg/scm)に対し、余り余裕はないと考えられる。この為、環境対策設備の設置が避けられないと考えられる

(13) 増設の可能性

環境問題、淡水の量、灰捨場容量等の問題を考慮すると、増設の可能性は極めて少ない。尚同じ理由により、 2×300MW の開発について住民の十分な理解を得る事が必要であろう。

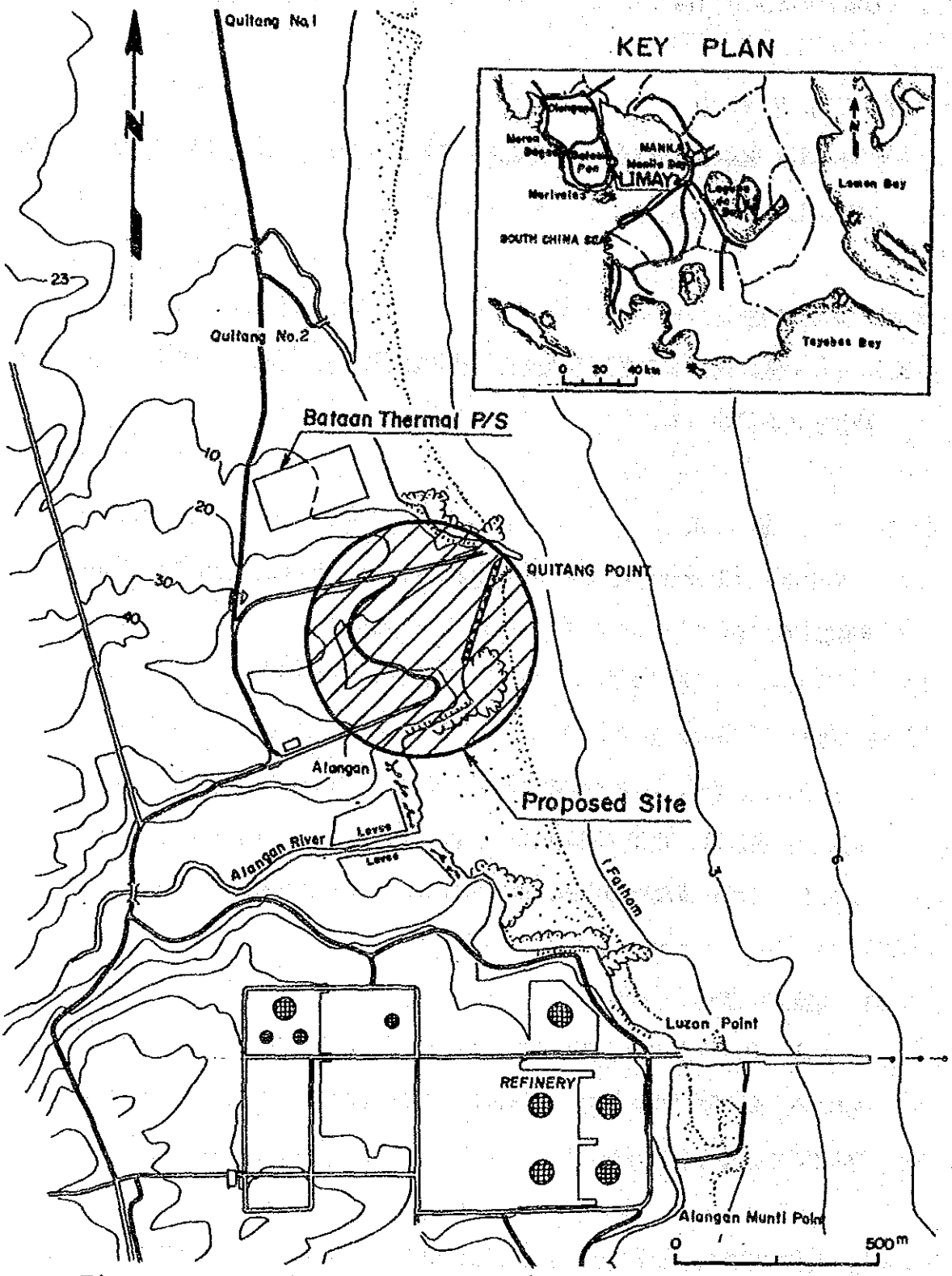
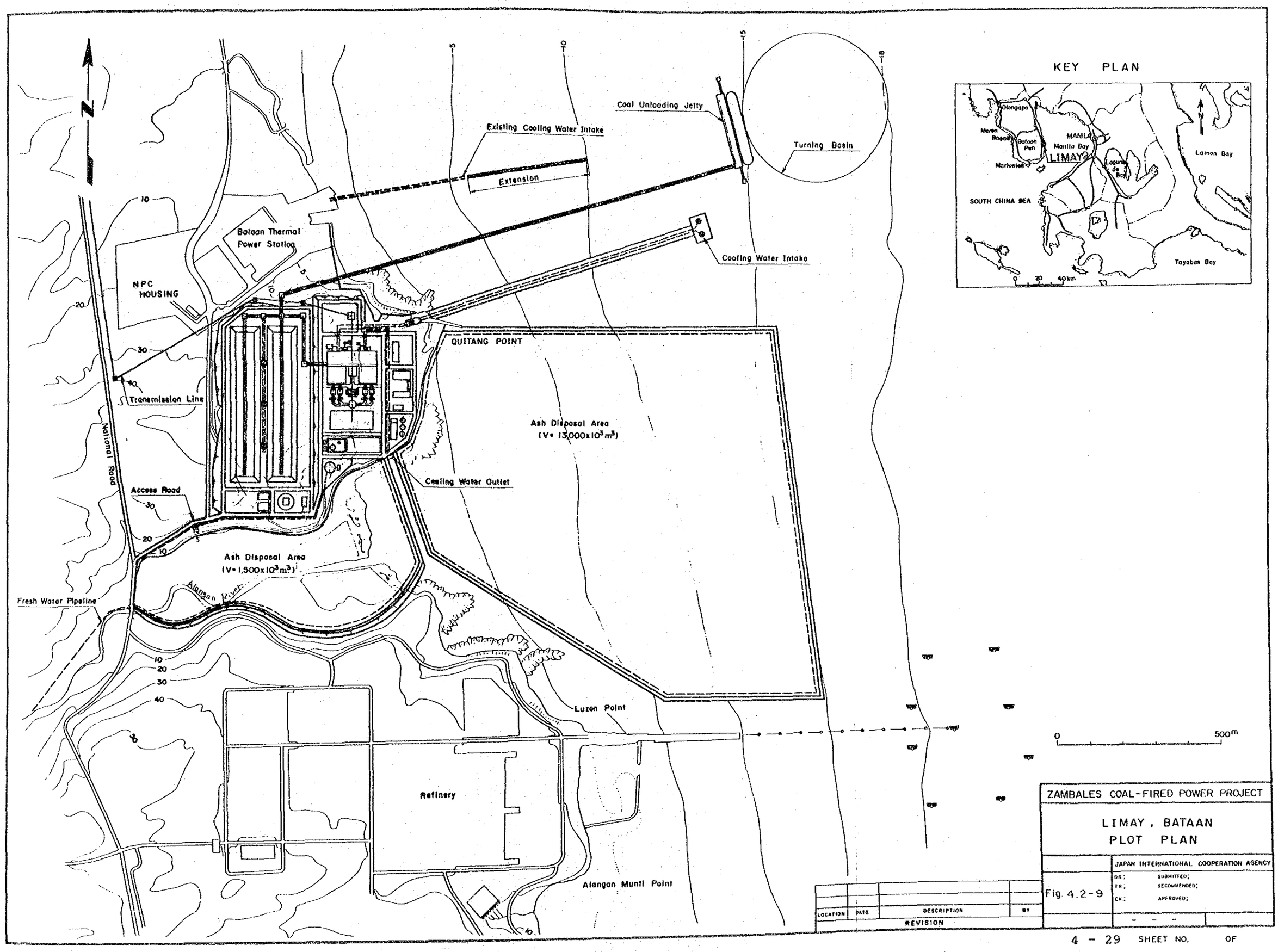


Fig.4.2-8 Site Location (Limay, Bataan)


KEY PLAN
Olongapo
Moron
Bagac
Bataan Pen
MANILA
Manila Bay
LIMAY
Mariveles
Laguna de Bay
Lamon Bay
SOUTH CHINA SEA
Tayabas Bay
0 20 40km
Existing Cooling Water Intake
Extension
Coal Unloading Jetty
Turning Basin
Cooling Water Intake
Bataan Thermal Power Station
NPC HOUSING
QUITANG POINT
Transmission Line
National Road
Ash Disposal Area (V= 13,000x10³m³)
Cooling Water Outlet
Access Road
Ash Disposal Area (V=1,500x10³m³)
Alangan River
Fresh Water Pipeline
Luzon Point
Refinery
Alangan Munti Point
0 500m
ZAMBALES COAL-FIRED POWER PROJECT
LIMAY, BATAAN
PLOT PLAN
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY
DR: SUBMITTED:
TR: RECOMMENDED:
CK: APPROVED:
Fig. 4.2-9
LOCATION DATE DESCRIPTION BY
REVISION

4.2.7 環境上の評価

Masinloc、San Juanおよび Limayの３地点について、NAPOCOR の調査結果も加味し環境面の評価を行った。Masinloc、San Juanについては、周辺に工業地域が存在しないため、特に留意すべき問題は無い。サイト選定後現況との調和を考えることとなる。

Limay地点は周辺が既に工業地域となっており、また隣接して火力発電所と精油所が稼動している。

このため Limay地点における大気汚染問題を検討する。この地点に300 MW×２基の新規火力を立地した場合、NPCC（国家汚染防止委員会）の定めた制限値に対しての裕度を、硫黄酸化物（SO_x）について拡散予測計算した結果、表4.2-1「拡散予測計算結果（Limay Site）」の通り、排煙脱硫装置を設置して硫黄酸化物（SO_x）の低減を計ることが望ましいと判断される。

表4.2－1　拡散予測計算結果　(Limay Site)

		計算式	気象条件	煙源	計算結果	評価
短期拡散予測	マニュアル	ボサンケ・サットン	風速　5m/s 大気安定度　D（中立） 気温　28 ℃	発電所 石炭1,2号（排脱装置なし） 重油1,2号 ガスタービン 1~4号	発電所各煙源の着地濃度を単純に合計すると、最大着地濃度は約0.144ppm（1時間値）、0.085ppm（24時間値）となる。	NPCC（国家汚染防止委員会）の制限値0.3ppm（1時間値）、0.14ppm（24時間値）に対し、それぞれ約50%、約60%となる。
	パーソナルコンピュータ	ボサンケ・サットン	風速　5m/s 大気安定度　D（中立） 気温　15 ℃ 風向任意	発電所	最大着地濃度は0.718ppm（3分間値）となる。	3分間値から1時間値への時間稀釈係数0.15を乗ずると0.718ppm×0.15=0.11ppmとなり、NPCCの制限値に対し約40%となる。
				発電所＋精油所	最大着地濃度は 1.70ppm（3分間値）となる。	3分間値から1時間値への時間稀釈係数0.15を乗ずると 1.70ppm×0.15=0.26ppmとなり、NPCCの制限値に対し約85%となる。
長期拡散予測		（排煙上昇式） モーゼス、カーソン コンカウ ブリッグス （拡散式） プルーム パフ	NAPOCOR Napot Point の年間気象データ	発電所	最大着地濃度は0.018ppmとなる。	発電所の利用率を70%とすると、0.018ppm×0.7 = 0.013ppmとなる。
				発電所＋精油所	最大着地濃度は0.029ppmとなる。	発電所と精油所の利用率を70%とすると0.029 × 0.7 = 0.020ppm となる。

4.3 最適地点の選定

4.3.1 比較評価項目

最適地点の選定を行なうため、地点特性の違いに依って生ずる項目について、その仕様を定め、数量を算定し工事費を算出した。対象とした項目および内容は以下の通りである。

(1) 取付道路

主要道路から発電所までの取付道路の拡幅、舗装工事費

(2) 敷地造成

発電所および貯炭場用地を造成するための掘削、盛土、護岸工事費

(3) 港湾、揚炭設備

i) 60,000DWT 揚炭桟橋の工事費

基礎地盤が異なる事により各地点の桟橋工事費に差を生ずる。

ii) 海上ベルトコンベアの工事費

コンベアの延長の相違と基礎工事費の相違を考慮する。

iii) 航路の浚渫費用(Masinloc 地点のみ)

iv) 防波堤工事費(San Juan 地点のみ)

(4) 復水器冷却水設備

i) 取水口位置の水深の相違によって生ずる工事費

ii) 取水路、放水路、放水口工事費

(5) 灰 捨 場

i) 陸上灰捨場については築堤の構造と延長、および被覆土の数量差によって生じる工事費を算出。また乾灰をダンプトラックで運搬するための道路、ダンプトラック、ブルドーザ、フライアッシュサイロの費用、発電所から各地点の灰捨場までの距離の差も考慮した。

ii) 海上灰捨場については、護岸の延長および被覆土の数量差によって生じる工事費を算出。スラリー輸送設備、フライアッシュサイロの費用も計上した。なお発

電所から各地点の灰捨場までの距離の差も考慮した。

(6) 工業用水

工業用水取水のための取水口の構造、および配管延長の違いから生じる工事費を計上した。

(7) ベルトコンベア

陸上コンベアの延長、および基礎構造の違いから生じる工事費を計上した。

(8) 基　礎

地質、特に基礎岩盤の深さの違いに伴う、本館、煙突、その他主要構造物の基礎構造の違いによって生じる工事費を計上した。

(9) 工事用物揚場

工事用資機材搬入のための岸壁、および発電所サイトまでの取付道路工事費を計上した。

(10) 工事用配電線

サイト近傍からサイトまでの工事用配電線延長差によって生じる工事費を計上した。

(11) 送 電 線

発電所から近傍の変電所までの送電線延長差によって生じる工事費を計上した。

(12) そ の 他

Limay 地点については、海上灰捨場護岸を設ける。この為既設Bataan火力の温排水の再循環が懸念されるので、既設取水路の延長に要する費用を計上した。またBataan発電所の取付道路の一部付替の費用も計上した。

4.3.2 概算工事費算出の条件

(1) 直接工事費のみを算出する。

(2) 各地点の比較はMasinloc地点を基準とし、他の2 地点はMasinloc地点に対する工事費の増減分のみを表示する。

(3) 工事費の算出は米ドルによって表示する。換算レートは1＄＝20.75ペソ、及び1＄＝ 132円とする。（地点比較のみに使用）

(4) 使用する単価は、原則として'89 年3月NAPOCOR から受領した「1989 Price Level」および「Batangas Coal-Fired Thermal Power Plant, 1981 Price Level」にエスカレーションを考慮したものを使用する。

以上述べた、比較項目および算出条件に基づき作成した概算工事費の比較を表4.3－1に示す。

4.3.3 地点選定結果

3地点の経済性を左右する要素は主として航路浚渫、防波堤、海上灰捨場である。3地点の特徴を概観すれば次の通りである。

(1) Limay 地点は、海上灰捨に依らざるを得ない。このため他地点に比べ経済的に劣る。また、大気、温排水等の問題を抱えている事も無視しえない。

(2) San Juan地点は、港湾の静穏度を得るため防波堤の築造、約1km に及ぶ海上ベルトコンベアおよび取・放水路等が長いためMasinloc地点よりも経済的に劣る。

また、港湾構造物の工事および保守についてもMasinlocに比較し劣ると考えられる。

(3) Masinloc地点は次の長所を有する。

i) 航路浚渫および送電線の費用がかさむが、他地点に比べ経済的に一番有利である。

ii) サイトに隣接した適地に陸上灰捨場が得られる。

iii) 他地点に比し、基礎岩盤が浅く、陸上構造物の基礎の費用が若干安い。また、海上コンベア、取・放水路が他の地点に比し最も短い。

iv）将来増設のための敷地も容易に確保でき、灰捨場も陸・海の両案可能である事から増設が容易である。

一方問題点としては、航路が長く且つ屈曲しているため航路の整備、タグボートの常駐、高度の技術を有するパイロットが不可欠である。従って今後詳細な港湾計画作成のため航路全域にわたる深浅測量を要する。

以上綜合的に評価した結果3 地点の内ではMasinloc地点を適地として選定する。

表4.3－1　概算工事費の比較（1/2）

単位：$ × 10³

項目	SITE－A MASINLOC, ZAMBALES		SITE－B SAN JUAN, BATANGAS		SITE－C LIMAY, BATAAN		備考
	数量	工事費	数量	工事費	数量	工事費	
1. 取付道路							
道路整備	L = 2.3 km		k = 12 km	1,200	L = 0.25 km	▲ 600	
2. 敷地造成							
掘削、盛土、護岸	V = 660,000 m³		V = 390,000 m³	▲ 5,400	V = 750,000 m³	▲ 3,600	
3. 港湾、揚炭設備							
揚炭桟橋	h = 14 m		h = 14 m	▲ 800	h = 14 m	▲ 1,500	
海上コンベア	L = 540 m		L = 940 m	3,000	L = 1,260 m	3,200	
浚渫	V = 750,000 m³		——	▲ 15,300	——	▲ 15,300	
防波堤	——		L = 900 m	38,300	——	0	
4. 復水器冷却水設備		Base					
取水口	h = 10 m		h = 10 m	0	h = 13 m	200	
取水管（海上）	L = 530 m		L = 600 m	600	L = 870 m	1,000	
送、放水路	L = 290 m		L = 860 m	5,000	L = 780 m	5,100	
放水口	L = 510 m		L = 80 m	▲ 600	——	▲ 1,000	
5. 灰捨場							
(1) 陸上							
築堤	L = 2,600 m		L = 2,050 m	200			
被覆土	V = 760,000 m³		V = 740,000 m³	0			
灰処理設備	L = 1,800 m		L = 5,300 m	4,000			
(灰運搬距離)							
(2) 海上							
護岸	L = 4,210 m	41,000	L = 3,640 m	63,300	L = 3,790 m	62,600	
被覆上	V = 660,000 m³	▲ 300	V = 760,000 m³	▲ 100	V = 530,000 m³	▲ 600	
灰処理設備	L = 1,000 m	▲ 3,800	L = 1,100 m	▲ 3,800	L = 1,300 m	▲ 800	
(灰運搬距離)							
6. 工業用水							
取水口、配管	L = 10 km	Base	L = 14 km	500	L = 1.3 km	▲ 1,000	

表4.3－1　概算工事費の比較（2/2）

単位：$ × 10³

項　目	SITE－A　MASINLOC, ZAMBALES		SITE－B　SAN JUAN, BATANGAS		SITE－C　LIMAY, BATAAN		備　考
	数　量	工事費	数　量	工事費	数　量	工事費	
7. ベルトコンベア							
陸上コンベア	L = 880 m		L = 430 m	▲ 2,300	L = 630 m	▲ 1,100	
8. 基　礎							
本館、煙突、他				1,100		2,900	
9. 工事用物揚場							
岸壁、取付道路				300		▲ 1,300	
		BASE					
10. 工事用配電線							
配電線 (69kV)	L = 5 km		L = 35 km	800	——	▲ 100	
11. 送電線							
送電線 (230kV)	L = 129 km		L = 48 km	▲ 7,400	L = 43 km	▲ 9,000	
12. その他				0	Bataan p/s 取水路延長	2,000	
					Bataan p/s 取付道路付替		
合　計							
(1) 陸上灰捨案		BASE		23,200			
(2) 海上灰捨案		36,900		78,400		41,100	
各地点の推奨案	陸上灰捨案	BASE	陸上灰捨案	23,200	海上灰捨案	41,100	
順　位		1		2		3	

第 5 章

燃料の選定と調達

第5章 燃料の選定と調達

	頁
5.1 要　旨	5－1
5.2 国内炭の需要と供給	5－3
5.2.1 供給見通し	5－3
5.2.2 需要予測	5－5
5.3 設計炭の選定	5－12
5.3.1 ハンドリング性	5－12
5.3.2 燃焼性	5－13
5.3.3 スラッギング及びファウリング性	5－13
5.3.4 海外炭の選定評価基準	5－19
5.3.5 国内炭及び海外炭の性状評価	5－21
5.3.6 ボイラーの設計方針	5－25
5.3.7 設計炭の推奨案	5－27
5.3.8 国内炭の選定	5－28
5.4 海外炭の調達戦略	5－37
5.4.1 需要と供給の現状と将来見通し	5－37
5.4.2 調達戦略	5－40
5.4.3 NAPOCOR における燃料関連組織のあり方	5－45
5.4.4 海上輸送計画	5－47

List of Figures

図 5.3-1　火炉寸法比較

Fig 5.4-1　Representative Ocean Freight

Fig 5.4-2　Ocean Fireight vs Vessel Size

List of Tables

表 5.3-1　海外炭選定基準値による各炭種評価結果（½）（²⁄₂）

表 5.3-2　特性評価指数による評価結果

表 5.3-3　予備設計炭性状

表 5.3-4　国内炭の特性評価指数による評価結果

表 5.3-5　石炭分析一覧（½）（²⁄₂）

表 5.4-1　石炭の需要と供給

表 5.4-2　需給見通し（1989～2000）

表 5.4-3　契約の組合せ案

表 5.4-4　調 整 巾

表 5.4-5　ソース多様化案（1.5 million tons per year basis）

表 5.4-6　調達の組合せ案（unit : ' 000 tons）

Table 5.4-8　Possible Coal Loading Ports for Proposed Power Plant

Table 5.4-9　Possible Coal Loading Ports for Proposed Power Plant

Table 5.4-10　Possible Coal Loading Ports for Proposed Power Plant

第5章 燃料の選定と調達

5.1 要　旨

(1) 国内炭の量的問題

ルソン系統の火力計画に基づいて国内炭の需要と供給の検討を行った。この結果、

i）フィリピン全体の石炭の需要と供給のバランスを見ると、国内炭の自給率は1993年が67%、1995年が79%であり、1997年以降は40%を下回ると思われる。

ii）さらに現在のところSemirara炭以外にルソン火力計画に供給しうる国内炭のソースは見出せない。

iii）NAPOCOR が計画している1997年以降のCoal A計画が運転開始するまでは、国内炭の自給率を50%程度に保てる。

以上のような状況から考えて、国内炭専焼火力を計画することは現実的と言えない。

(2) 国内炭の質的問題

NAPOCOR は国内炭、海外炭それぞれ 100%の石炭を燃焼可能なボイラーの検討を要望した。Semirara ROM coal と豪州の Lemington炭を対象として検討した結果、同一ボイラーで国内炭、海外炭それぞれの専焼は技術的にみて現実的でない。その理由は次の通りである。

i）海外炭の専焼が可能なボイラーに国内炭のみを使用する場合は、火炉のスラッギング、伝熱面の汚れ、ミル容量の不足、ミル入口温度の減少等の問題が生じ、最大出力は約75%となる。

ii）国内炭の専焼が可能なボイラーに海外炭のみを使用する場合は、主蒸気温度、再熱蒸気温度が数十度低下する等のほか、石炭消費量の減少により適正なミルの運用が出来なくなるため、定格出力が出せない。

iii）受領したSemirara炭の性状は各成分の値を安全側を考えバンドで表示している。このデータのみでボイラーを設計する場合は徒らにボイラー設備が過大な設計となり、不経済なものとなる。従って石炭の分析データはサンプル単位のデータが必要である。

(3) 設計炭の選定

国内炭の量的問題、ボイラー設計の経済性を考慮し、本計画に使用する設計炭は国内炭、海外炭 50/50の混炭比を採用する事を推奨する。設計に使用する海外炭は豪州の Lemington炭を、また国内炭はSemiraraのHimalian炭を採用する。

(4) 海外炭の調達戦略

i) 1988年のフィリピンにおける石炭需要は約 248万ﾄﾝであった。これに対し国内炭の生産量は約 134万ﾄﾝであった。また NAPOCORは2000年迄に約 3,200MWの石炭火力を開発する計画である。しかし国内炭の自給率は1997年以降40%以下に低下する見通しである。従って不足分は海外炭を調達する事となる。この調達量は1997年頃までは約 130万ﾄﾝ、1998年には約 500万ﾄﾝ、2000年には約 900万ﾄﾝの規模に達するものと考えられる。このような観点から、

安全性と信頼性

フレキシビリティ

を考慮した調達戦略を立てることが重要である。具体的には長期契約をベースとし、これにスポット契約を織り込んだ計画をたてることが望ましい。また調達先は調達すべき量を勘案した多様化を図る必要がある。

ii) 大量の石炭を調達するためには、石炭の市場調査、海上輸送の動向等に常に注意を払い、ユーザーとして最適の調達計画を策定することが不可欠である。このため石炭調達に当たる組織の整備、充実を図る必要がある。

5.2 国内炭の需要と供給

JICAは1988年にフィリピンの石炭産業に関するマスタープランの調査を行った。国内炭についてはこの資料をベースとして需要と供給の検討を行った。この報告書の重要な点は、OEAの供給予測に対して各炭鉱の生産体制を検討し、その実態に基づいて2000年迄の供給を推定していることにある。従って略実態に近い推定が可能になると思われることである。

5.2.1 供給見通し

(1) OEA石炭生産量の長期予測

OEAは2000年までの石炭供給予測値を1988年2月に発表している。

本予測値ではルソン島北部の Iguigおよび Isabera地区でそれぞれ 200万tの生産を予測している。

またSemirara地区の出炭も1995年 300万t、2000年 360万tと予測していた。

石炭供給予測（1988－2000年）

（単位千t）

	Actual			Forecast			
	80	83	87	88	93	95	2000
(Run of Mine Basis)							
Semirara	33	326	595	875	2,000	3,000	3,600
PNOC Areas	42	275	204	310	350	350	350
Cebu	201	323	1,226	374	654	804	1,104
Batan	12	34	55				
Others	41	62	89	284	681	982	5,322
Total	329	1,020	1,169	1,843	3,658	5,136	10,376
(10,000 Btu Basis)							
Semirara			429	630	1,440	2,160	2,592
PNOC Areas			210	353	402	402	402
Cebu			233	374	654	825	1,132
Batan			52	75	142	142	142
Others			88	164	464	719	2,800
Total			1,012	1,596	3,102	4,248	7,068

Source : OEA, Feb.1988

(2) JICA石炭鉱業技術開発マスタープラン調査資料

1988年8月に上記JICA調査団の提出したレポートは OEA予測を下方修正し、現実的な予測として次の資料を提出している。

ＪＩＣＡ（1988.8）供給予測基礎表

（単位 1,000ｔ）

	88	93	95	2000
(Run of Mine Basis)				
U/G	607	915	1,107	1,782
O/C	615	1,230	1,845	1,845
Total	1,222	2,145	2,952	3,627
(10,000 Btu Basis)				
U/G	607	915	1,107	1,782
O/C	461	923	1,384	1,384
Total	1,068	1,838	2,491	3,166

これは坑内掘炭鉱は、年率10%の生産増、露天掘炭鉱は主としてSemirara地区からの出炭増を考慮し、比較的達成可能なものとしている。なお、ルソン島北部の出炭開始の場合はこれが上積みされることになる。

(3) 最近の石炭供給量予測

1989年初め OEAは５ヶ年の中期計画を作成し各炭鉱ごとの予測値を積み上げ、1993年の出炭量を 2,996,000ｔとした。これは1988年の出炭実績を基礎として計算すると結果的にSemirara炭以外の出炭が平均年率10.5%増となっており、JICA調査結果の考え方にほぼ一致する。

従って一般的に年率10%増を基本とし、これに大型新規開発炭鉱要素を加味して、石炭供給予測をおこなった。新規に参入する炭鉱の内、Semirara炭鉱、PNOC Lalat炭鉱、PNOC Bislig Ⅲの３国営炭鉱について次の通り予測し、その他の民間炭鉱の開発については年率10%増の一部と考えた。その概要は以下の通りである。

<u>Semirara新炭鉱</u>

別途記載の通りである。

<u>PNOC-CC 社 Lalat 炭鉱</u>：(Mindanao島 Zamboanga)

可採炭量は約 1,100万トン、計画生産量は約30万トン／年（精炭）とし、需要あり次第開発する。但し、生産規模は20万トン／年位が妥当と思われる。

<u>Bislig Mine No.3地区</u>：(Mindanao島 Bislig)

可採炭量は約 2,400万トンで、炭質は選炭した精炭で水分15%；灰分５～9.5%；発熱量10,000～10,700 Btu/lb;

NAPOCOR Mindanao火力向けに必要となる生産開始時期は1999年の予定である。

石炭供給予測表　　(単位　1000t)

	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
ROM Basis													
Semrara(U)	670	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700
〃(others)					900	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200
PNOC Lalat						100	150	200	200	200	200	200	200
BisligⅢ												150	250
Others	666	733	806	886	975	1073	1180	1298	1428	1570	1727	1900	2090
Total	1336	1433	1506	1586	2575	3073	3230	3398	3528	3670	3827	4150	4440

	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
10,000 Btu Basis													
Semrara(U)	583	609	609	609	609	609	609	609	609	609	609	609	609
〃(others)					648	864	864	864	864	864	864	864	864
PNOC Lalat						105	158	210	210	210	210	210	210
BisligⅢ												131	218
Others	666	733	806	886	975	1073	1180	1298	1428	1570	1727	1900	2090
Total	1249	1342	1415	1495	2232	2651	2811	2981	3111	3253	3410	3714	3991

注)　(U)はUnong 炭鉱の略

5.2.2　需要予測

(1)　国内炭需要の現状

①　需給の現状

1988年における需要は約 248万トンで生産は約 134万トンであった。その内容は次の表に示す通りである。

1988年における石炭の需要と供給の実績　　(単位：千t)

需　要	電　力	セメント	その他	合　計
	1,446	1,014	19	2,479

供　給	Semirara	PNOC-CC	Cebu島	Batan島	その他	合　計
	670	230	243	70	123	1,336

不足量　　差し引き　1,143千t 供給不足

供給不足は外国炭の輸入によって補っている。

②　NAPOCOR の需要

NAPOCOR には二つの火力発電所、即ち、ルソン島南部のCalaca I (300MW) とCebu島中部のNaga I (50MW), Naga II (55MW)がある。Calaca I 号は、最初、

Semirara島の Unong 炭のみを使用する予定であったが、元々あまり高品位でない上採掘条件が悪いため発熱量が仕様を下回り、定格出力が発生出来ず、且つ、灰の中のアルカリ分が多いためボイラー内にトラブルが多く、単味での使用はあきらめた。その後、採炭法を改善し、原炭の品位を上げた結果、輸入炭との混炭割合をほぼ6：4にまで引き上げて使用しうるようになった。輸入炭としては、灰の中のアルカリ分の低い豪州のUlan炭などが用いられている。一方、Naga Ⅰボイラーは Cebu島で生産される高品位炭を使用するよう設計されている。一方、Naga Ⅱボイラーは低品位炭を使用できるように設計されている。しかし、いずれにしてもこの石炭はCebu島で調達可能である。次にこれらの3つのプラントの石炭の仕様を示す。

NAPOCOR 操業中発電所における使用石炭性状

	T.M(%)	Ash(%)	F.C(%)	V.M(%)	S(%)	H.V(Btu/lb)
Calaca Ⅰ	24.0Max	18.0Max	33.0Min	35.0Min	1.0Max	8,700Min
Naga Ⅰ	16.5Max	15.0Max	31.0Min	44.0Min	3.8Max	9,180-9,720
Naga Ⅱ	22.0Max	22.0Max	26.0Min	30.0Min	4.0Max	7,020-7,500

(注) 全水分以外はAir dried Basis

③ セメント需要

セメント産業は約10,000 Btu/lb の高カロリー炭を使用している。セメント協会は PNOC-CCと供給契約を行い、 PNOC-CCは Luzon島に二箇所(Poro Point, Batangas) 、Mindanao島に1箇所(Iligan)のコールセンターを造り、混炭によって品質を整え、各セメント会社に納めている。これらの他、Cebu島のApo Cement、Mindanao島 SurigaoのPacific CementやDavaoのDavao Cement は直接 PNOC-CC および他の山から直接調達している。各コールセンターでは、国内炭の不足発熱量を改善させる意味もあって輸入炭を補っている。国内炭と輸入炭の混炭割合は Energy Regulatory Board の中のCoal Council of Advisor の国内炭保護政策に準じて 55:45を基準としている。各コールセンターから各セメント会社に供給している実情を下表に示す。

セメント各社に対する PNOC-CCのコールセンターと供給量実績

センター	セメント会社	距離(km)	1987(千トン)	1988(千トン)
Poro Point	Bacnotan Consol. I.	30	72.1	77.3
	Northern Cement	71	86.3	85.2
Batangas	Central Luzon	202	37.6	37.8
	Continental Corp.	175	12.1	31.7
	HI-Cement Corp.	174	72.3	61.8
	Republic Cement	171	71.2	71.9
	Island Cement	124	0	161.9
	Filipinas Cement	130	0	111.7
	Rizal Cement	146	81.2	92.7
	Fortune Cement	30	57.1	55.6
Cebu島各鉱区	Apo Cement	-	43.3	50.9
Iligan	Iligan Cement	-	61.8	57.6
Mindanao島各鉱区	Pacific Cement	-	26.1	25.5
	Davao Cement	-	89.6	92.2
合　計			713.8	1,013.9

また、セメント協会と PNOC-CCとの間の供給契約上の石炭仕様は次の通りである。

Size	T.M*1	Moisture	Ash*2	V.M*2	S*2	H.V(Btu/lb)*2
25mm Max.	18% Max.	10% Max.	15% ±2%	20%Min.	3%Max.	9,500 Ave. 8,500 Min.

(備　考：*1-As Received Basis ; *2-Air Dried Basis)

④ その他一般産業

Atlas 銅山　：2x35MW(流動床ボイラー)、及び30MW(一般ボイラー)；石炭消費量約34万トン

LUDO & Luym Corp.：15万ℓb/h ボイラー；石炭消費量 200 t/d

Semirara自家発　：現在2x7.5MW;石炭消費量約4万トン
将来 31MW 追加予定；石炭消費量約12万トン

MMIC、Nonoc 島　：現在休止中；もし1989年に再開すれば、最大86万トン必要（6万トン接岸可能バース、25万トン貯炭設備あり、輸入炭も受入可能）

Philiphos 肥料工場：石炭消費量約4万トン

⑤ 国内炭のフロー

現時点における国内炭のコールフローは大略次の通りである。

フィリピン国内におけるコールフロー

供給者	コールターミナル	消費者
Semirara CC(低品位)	NPC Calaca Terminal	NPC Calaca No.I
Polillo/Batan 各炭鉱 (中～高品位)	Poro/Batangas Terminal	Luzon島セメント工場
		NPC Naga No.I, II
Cebu島各炭鉱(中～高品位)		Atlas(P.S)
Bislig/Lianga 各炭鉱 (中品位)		Cebu 島セメント工場(1)
		Surigaoセメント工場(1)
Malangas各炭鉱 (高品位)	Iligan コールターミナル	Ilagan セメント工場(1)
		Davaoセメント工場(1)

備　考：低品位は発熱量約 8,700Btu/lb以下
中品位は 8,700～10,000Btu/lb
高品位は10,000Btu/lb

この表によって主な炭鉱と消費の関係が把握できる。

(2) 石炭火力開発計画

1988年6月の開発計画によれば、2000年までの石炭火力発電所の新設計画は次の通りである。

運開予定（年）	発電所	出力(MW)
1992	Calaca II	300
1993	Coal III	300
1997	Coal A	600
1998	Coal B	600
1999	Coal C	600
1999	Mindanao A	100
2000	Coal D	600
2000	Mindanao B	100

2000年までの NAPOCORの新設石炭火力発電所は合計8基、出力合計は 3,200MWで現有の3基、 405MWに比し、飛躍的に拡大される。これに要する石炭量は約1,000万ﾄﾝとなり、国内炭供給計画（2000年 399万t）に比し極めて大量である。

(参　考)

$$\frac{3200MW \times 8760h \times 0.7 \times 860kcal/kWh}{5560kcal/kg \times 0.36 \times 0.85} = 9,920 \text{ 千トン}$$

但しHeat rate:9500Btu/kWh, TM:15%

なお、後述の総合石炭需要予測では、1988年6月のNAPOCOR 計画を前提条件として次の通りとした(10,000 Btu/lb基準)。

Calaca Ⅰ　:　300MW　930 ×10^3t／年

Calaca Ⅱ　:　300MW　930 ×10^3t／年

Coal　Ⅲ　:　300MW　930 ×10^3t／年

Coal A,B,C,D : 各 600MW　1860×10^2t／年

Naga Ⅰ, Ⅱ　:

年	1989	90	91	92	93	95	2000
(10^3t)	209	217	226	241	225	225	236

Mindanao Ⅰ,Ⅱ: 各 100MW　282×10^3t／年

(3) セメント産業

1988年 OEA予測では1988年の需要を 774×10^3tとし毎年5％づつ増加するとしていた。しかしながら、1988年に石炭需要が急増し 100万tになっている。本予測では1995年の1,090,000tの基準を変更せず、1993年までは 100万t／年推移とした。

(4) その他産業

Atlas, Philphos,その他は1988年の OEA予測通りとした。

すなわち、

Atlas については、消費量年当り伸び率を

1988～93　　5.5%

1993～95　　7.3%

1995～2000　　9.0%とした。

Phi!phosについては、年40,000t消費で推移。

その他に対しては、消費量年当り伸び率を

1988～93　　7.8%

1993～95　　10.4%

1995～2000　　10.0%とした。

(5) 総合石炭需要予測（10,000 Btu/lb 石炭基準）

いままで述べたことを整理すると次表のようになる。

	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
NAPOCOR Demand												
Calaca I	930	930	930	930	930	930	930	930	930	930	930	930
Naga I & II	209	217	226	241	225	225	225	225	225	225	225	236
Calaca II				930	930	930	930	930	930	930	930	930
Coal III					930	930	930	930	930	930	930	930
Coal A									1860	1860	1860	1860
Coal B										1860	1860	1860
Coal C											1860	1860
Coal D												1860
Mindanao A											282	282
〃 B												282
Sub Total	1139	1147	1156	2101	3015	3015	3015	3015	4875	6735	8877	11030
Cement	1000	1000	1000	1000	1000	1038	1090	1145	1202	1262	1325	1392
Atlas	290	306	323	340	359	385	413	450	491	535	583	635
Philphos	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Others	128	138	149	161	173	191	211	232	255	281	309	340
Total	2597	2631	2668	3642	4587	4669	4769	4882	6863	8853	11134	13437

(6) 総合石炭需給計画

(5)の需要量と(3)供給量との対比表は次の通り。

（単位：10,000 Btu/lb 単位，千 t）

	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
需　要	2597	2631	2668	3642	4587	4669	4769	4882	6863	8853	11134	13437
供　給	1342	1415	1495	2232	2651	2811	2981	3111	3253	3410	3714	3991
不　足	1255	1216	1173	1410	1936	1858	1788	1771	3610	5443	7420	9446
(国内炭自給率 (%)	51.7	53.8	56.0	61.3	57.8	60.2	62.5	63.7	47.4	38.5	33.4	29.7

フィリピン全体の需要と供給の関係を見ても、国内炭自給率は1997年以降は50%を切り、2000年に31.0%となっている。しかしルソン系統火力発電所向国内炭はSemirara 炭が主力であり、他のソースは当面大きく期待はできないので、この関係を検討する。

(7) ルソン系統火力発電所用の石炭需要とSemirara炭供給量

(単位 : 10,000 Btu/lb, 千 t)

	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Luzon 系統 需 要	930	930	930	1860	2790	2790	2790	2790	4650	6510	8370	10230
Semirara 供給量	609	609	609	609	1257	1473	1473	1473	1473	1473	1473	1473
不足量	321	321	321	1251	1533	1317	1317	1317	3177	5037	6897	8757
供給率(%)	65.5	65.5	65.5	32.7	45.1	52.8	52.8	52.8	31.7	22.6	17.6	14.4

上記の表から、CalacaⅠ、ⅡおよびCoalⅢについては約50% 程度のSemirara炭を使用できるが97年以降運開の設備については、ほとんど期待出来ない。

一方、CoalⅢはBOT/BOO 計画として、全量海外炭を使用計画としている。この場合ルソン系統における国内炭の需要は次のように変化する。

(単位 : 10,000 Btu/lb, 千 t)

	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Luzon 系統 需 要	930	930	930	1860	1860	1860	1860	1860	3720	5580	7440	9300
Semirara 供給量	609	609	609	609	1257	1473	1473	1473	1473	1473	1473	1473
不足量	321	321	321	1251	603	387	387	387	2247	4107	5967	7827
供給率(%)	65.5	65.5	65.5	32.7	67.6	79.2	79.2	79.2	39.6	26.4	19.8	15.8

5.3 設計炭の選定

石炭火力発電所の設計をする場合、最も重要なことはその発電所で使用する石炭を決定し、石炭性状、灰分組成を把握することである。

石炭性状に係わる各因子は、ボイラ内における燃焼、灰の溶融、付着及び大気汚染物質の発生を支配する要素であり、火炉、微粉炭燃焼装置並びに揚運炭設備等の機器の仕様を決定するための大きな指針を与える。

特に、石炭灰の諸性質は各因子が相互に作用しあってボイラーの性能、構造並びに寸法の決定に重大な影響を与えるのみならず、発電所の信頼性、運用性及び経済性を左右する重大な要素である。

石炭性状がボイラー設備並びに関連設備に与える一般的な影響は下記の通りである。

5.3.1 ハンドリング性

(1) 湿　分

a．湿分が少ないと屋外貯炭場においては炭塵が飛散しやすい。

b．湿分がおおむね8－15%の間では、石炭の流動性が著しく悪くなり、ホッパー、シュート、バンカー等での詰まりの原因となる。

c．湿分が少ないと石炭の自然酸化による昇温特性が急激になり、自然発火を起こしやすい。

(2) 粒径分布

a．細かい粒径、特に2㎜以下の粒径割合が高い石炭は流動性が悪くなり、ホッパー、シュート、バンカー等での詰まりの原因となる。一般的に石炭の粉砕性(HGI)が著しく高い石炭は微粉比率が高くなる。

b．微粉比率が高い石炭はハンドリング設備、屋外貯炭場での炭塵飛散の原因となる。

c．ハンドリング設備の設計粒径を超える石炭が混入すると詰まりを起こす。

(3) 灰分及び粘土分

灰分及び粘土分の含有量の高い石炭は粘着性が強くなり詰まりやすい。

(4) 揮発分

揮発分が多い石炭は自然発火を起こしやすい。

(5) 黄鉄鉱（FeS_2）

黄鉄鉱の含有率が高い石炭は低温酸化しやすく、自然発火を起こしやすい。

5.3.2 燃 焼 性

(1) 燃料比

a．燃料比が低くなる程揮発分が多くなるため燃焼性が良くなる。

b．一般的に言って、燃料比が高い石炭は着火温度が高く、燃焼速度が遅くなり燃焼性が悪くなる。

(2) 灰 分

揮発分が同一の石炭であれば灰分の割合が多くなる程、燃焼性が悪くなる。

(3) 石炭の炭化度

石炭性状の中で燃焼性へ大きく影響を及ぼす因子としては、燃料比、揮発分並びに酸素含有量等が挙げられ、これらは石炭の炭化度と良い相関性を示しているため、石炭の炭化度によって概略の燃焼性が判断できる。即ち、石炭の炭化度が進むに従って固定炭素の割合が増し、揮発分の割合が減少するため燃焼性が悪くなる。

5.3.3 スラッギング及びファウリング性

石炭焚きのボイラーにおいて最も重大な問題はスラッギングとファウリングである。燃焼室の伝熱面に溶融した石炭灰が付着する現象をスラッギングと言い、石炭灰の軟化温度以下のガス温度領域で伝熱面に石炭灰が付着する現象をファウリングと言う。

スラッギング及びファウリングによる主な現象及び影響は下記の通り。

スラッギング

i) バーナスロート部閉そく

局所還元雰囲気形成による溶融スラグの形成

ii) 大塊クリンカ落下

炉底水壁管への損傷

iii) 火炉出口ガス温度上昇

再熱器スプレ水注入による効率低下

ボイラ排ガス温度上昇による効率低下

iv) スラグ付着

熱吸収アンバランスによる水壁管温度差拡大

ファウリング

i) ガス通路閉そく

火炉熱吸収量低下による火炉出口ガス温度上昇

ii) 効率低下

再熱器スプレ水注入による効率低下

ボイラ排ガス温度上昇による効率低下

① 負荷制限

② 炭種制限

スラッギング及びファウリングの傾向を評価するために下記の多くのパラメーターが用いられている。以下各項目毎に詳細を述べる。

(1) スラッギング特性

i) <u>石炭灰溶融温度特性</u>

一般的に言って溶融点が低い石炭灰はスラッギング性が強く、溶融点が高い石炭灰はスラッギング性が弱い。

伝熱面温度が石炭灰の軟化温度に近い場合は火炉壁への付着物は多孔質になりやすい。又、灰相互間の結合力が弱い場合には自重によって伝熱面から落下し易く、スートブロアによる除去も簡単である。

石炭灰がその軟化温度より高い高温ガス部分に堆積する場合には、堆積灰の表面は溶融状態となり表面から流下する。

石炭灰がその軟化温度より低い伝熱面に到達した場合は、単にダストが付着したのと同じ状態であり、簡単に除去できる。

一方、灰粒子がその軟化温度より高い温度に長時間曝されると、灰がプラスチック状や液状になり、生成するスラグは壁面に凝固付着し、結合力が強く除去し難い性質を持っている。スラグやデポジットは自分自身の上に層を重ねながら生長していき、かつ断熱材として作用するため、その表面温度が溶融点に達して流下しはじめるまで生長する。

初期変形温度(IDT) と流動点 (FT) の差は燃焼室壁面に生成するスラグの形に関する一つの指標となる。この温度差が小さい場合は付着したスラグの厚みは薄く、流動状態にあって剥離し難い性質を示す。この形のスラグはスートブロアで除去し難い厄介な性状をもっている。初期変形温度と流動点の差が大きくなるに従い、燃焼室壁面に付着するスラグは厚くなり、表面が流動状態となるまで生長する。燃焼室壁面とスラグの結合力はそれ程強くなく、スートブロアによって除去しやすい性状を示す。

ii) Base/Acid 比

このパラメータは次式により定義されるもので、最もよく知られたパラメータである。酸性酸化物であるSiO_2、Al_2O_3 及びTiO_2の溶融温度は一般に高温であり、アルカリ性酸化物である Fe_2O_3, CaO, MgO, Na_2O 及びK_2O が相対的に多くなるとそれに比例して灰の溶融温度が下がる。

$$B/A = \frac{Fe_2O_3 + CaO + MgO + Na_2O + K_2O}{SiO_2 + Al_2O_3 + TiO_2}$$

B/A 比は燃焼過程において低融点塩を生じる可能性のある灰成分の含有比を表すものである。B/A 比の極めて低い灰及びB/A 比の極めて高い灰は低融点塩が生成され難いことを示している。

B/A 比にはアルカリの溶解作用や、アルカリ化合物の酸性化合物との反応についての評価が含まれていないので概略の補助的指数として使用されている。

又、鉄分がパイライト（FeS_2）の形で含まれている場合は燃焼反応により、低融点化合物を生成し、スラッギングの原因となる。従って、硫黄分をある程度含むと同時に硫黄分に比例してパイライト（FeS_2）をも含む瀝青炭型灰（$Fe_2O_3 > MgO+CaO$）の場合、B/A 比をベースとする下記式並びに評価法が用いられている。

$$Rs = B/A \times S$$

S：硫黄分（重量%、無水）

スラッギング特性評価（1）

スラッギング特性評価	スラッギング指数(Rs)
低　い	0.6　以下
普　通	0.6 - 2.0
多　い	2.0 - 2.6
厳しい	2.6　以上

低硫黄分で鉄分の比較的少ない褐炭型石炭灰（$Fe_2O_3 < MgO+CaO$）の場合には灰溶融温度と灰粘度特性の間にに良い相関関係が見られることから、灰の溶融温度を指標とした下記式並びに評価法が用いられている。

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

HT：Max. Hemispherical Temperature
IDT：Min. Initial Deformation Temperature

スラッギング特性評価（2）

スラッギング特性評価	スラッギング指数(Rs)
普　通	1,230　以上
多　い	1,230 - 1,150
厳しい	1,150　以下

(2) ファウリング特性

i) アルカリ分 (Na_2O+ K_2O)

アルカリ金属であるNaとK はB/A 比にかかわらず低融点塩を作る例外的な物質であり、接触伝熱部におけるファウリング性は石炭灰中のアルカリ量と比例的な関係にあるため下記の評価法もファウリング性を判断する上での指針となる。

ファウリング特性評価 (1)

ファウリング特性評価	Na_2O+K_2O
低 い	3.5 以下
普 通	3.5 - 5.0
多 い	5.0 以上

活性アルカリガスは燃焼ガス中においてガス化し、他の成分と反応したり、伝熱面に凝縮しそれが糊の役目を果たして他の成分を付着させたりする。 特に、Na_2Oは接触伝熱部のファウリングに大きく係わっている。瀝青炭型石炭灰の場合にはこのNaとB/A 比及び石炭灰の焼結強度には相関性があることが見出されている。

また、褐炭型石炭灰の場合にはNa_2O割合との相関性で十分に評価することができる。

ii) 瀝青炭型石炭灰 (Fe_2O_3 >MgO +CaO)

$Rf = B/A \times Na_2O$

ファウリング特性評価 (2)

ファウリング特性評価	ファウリング指数 (Rf)
低 い	0.2 以下
普 通	0.2 - 0.5
多 い	0.5 - 1.0
厳しい	1.0 以上

iii) 褐炭型石炭灰 (Fe_2O_3 <MgO +CaO)

Rf' $=Na_2O$

ファウリング特性評価 (3)

ファウリング特性評価	ファウリング指数 (Na_2O)	
	Case 1	Case 2
普　通	1.2　以下	3.0　以下
多　い	1.2 - 3.0	3.0 - 6.0
厳しい	3.0　以上	6.0　以上

Case 1 : (CaO +MgO +Fe_2O_3) >20%

Case 2 : (CaO +MgO +Fe_2O_3) <20%

(3) 石炭灰の磨耗特性

石炭灰の磨耗特性は燃焼ガス中の灰の粒子が管表面に衝突し、磨耗を引き起こす現象であり、灰の磨耗速度は一般的に下記の式で表すことができる。

$$R = K \times V^{3-3.5} \times A^{0.64-1.0}$$

ここに　K : 磨耗定数

V : ガス流速 (m/s)

A : ガス中灰分濃度(g／m'N)

磨耗定数(K) は石炭灰の性状に、ガス中灰分濃度(A) は石炭灰割合に起因する。

この磨耗定数(K) を支配する要素としては、灰粒子の硬さ、形状、破砕性が考えられるが、石炭焚きボイラーにおける灰粒子については破砕性はあまり影響がないと判断される。

石英 (α-Quartz)、パイライト (FeS_2) 、ムライト ($3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$)は、石炭及び石炭灰の中に比較的多く含まれ、硬度が高くて磨耗性も高いが、この内パイライトは燃焼によって消滅するため伝熱管の磨耗にとっては問題とはならない。

この磨耗性の高い石英の含有量を灰組成分析から推測する方法として、SiO_2/Al_2O_3の比を指数とすることが提案されている。即ち、石炭灰の中に多く含まれ、磨耗性に関してあまり関与しない粘土質はSiO_2/Al_2O 比も小さいことから、SiO_2/Al_2O 比が高い場合石英割合が多いと推測することができる。灰磨耗性評価と

しては下記の表を概略指標とすることができるが、上記の磨耗速度式でも明らかなように、ガス中灰分濃度が重要な要素となっているため、これを加味した検討を行う必要がある。

灰磨耗性特性評価

灰磨耗特性評価	SiO_2/Al_2O_3比
普　通	2.0　以下
高　い	2.0 - 3.0
厳しい	3.0　以上

5.3.4　海外炭の選定評価基準

一口に海外炭といってもその性状は広範囲に亘っており、実際的な問題として同一炭田から産出する石炭であっても炭層毎にその性状は種々の様相を呈するものである。

従って、ボイラー及びその関連設備の設計に使用する輸入炭の性状については前述した石炭の性状、灰の組成からくる諸特性を考慮した基準値を設定し、その基準を満足する石炭を選定することが、設備費の低減、より幅広い発電所の運用性を獲得する上で重要なこととなる。

上記の観点から海外炭の選定評価基準値の設定に当たっての主要な考慮事項は下記の通り。

(1)　国内炭との関連

提示されている国内炭との混炭を考慮した場合、予想される混炭後の諸特性が国内炭のもつ欠点を補完し得るものであること。

換言すれば、発電所の信頼性、運用性並びに経済性にとってより良いものであること。

(2)　調達の容易性

上記の条件を前提として可能な限り広範囲な地域より調達が可能なこと。

(3)　石炭の諸特性の把握

石炭の諸特性が実際的な使用及び解析によって把握されているものであること。

又は、実績を基に確立された予測評価手法によって類似炭であるとみなされるものであること。

NAPOCOR より提示されている国内炭は、その灰分の性状から見てlignite に属する石炭で下記の特徴をもった低品位炭である。

i) 発熱量が低い。

ii) 灰中のアルカリ成分の含有量が高い。

iii) 発熱量当りの灰分量が高い。

iv) 灰の溶融温度が低い。

v) 粉砕性(HGI) が低い。

vi) 発熱量当りの石英量 (SiO_2-Al_2O_3) が高い。

従って、このような低品位炭と混炭する相手炭としては高品位の瀝青炭がふさわしく、その調達の容易性についてもなんら問題はない。 瀝青炭の諸特性については、EPDCの松島火力発電所における豊富な輸入炭の燃焼実績を基に把握されており、また、その評価手法も確立されている。

上記を総合勘案し、海外炭の選定評価基準値を下記の通りとした。

〔海外炭の選定評価基準〕

① 燃焼性の観点より

a. 炭 種	瀝青炭
b. 発熱量 (到着炭ベース)	5,500kcal/kg以上
c. 揮発分	20%以上
d. 燃料比	2.5 以下

② スラッギン性及びファウリング性の観点より

a. 発熱量当りの灰量	
灰軟化温度 1,200℃程度の場合	25kg/10^6kcal以下
灰軟化温度 1,300℃程度の場合	35kg/10^6kcal以下
b. 灰軟化温度	1,200 ℃以上
c. スラグ長 (灰流動温度－灰軟化温度)	100 ℃以上

d．灰分性状

B/A 比	0.5 以下
灰中Fe_2O_3 分(SO_3除去ベース)	15%以下
灰中Na_2O分(SO_3除去ベース)	3 %以下
灰中Na_2O分＋K_2O分(SO_3除去ベース)	4 %以下
灰中CaO分(SO_3除去ベース)	10%以下

e．全硫黄分（到着炭ベース） 1.8 %以下

f．塩素分（到着炭ベース） 0.18%以下

③ 微粉炭燃焼装置の観点より

a．粉砕性（HGI） 40 HGI以上

b．全水分 16%以下

④ 磨耗性の観点より

a．発熱量当りの灰量 30kg/10^6kcal以下

b．発熱量当りの石英量 10kg/10^6kcal以下

上記の海外炭選定評価基準値を使って評価した代表的な海外炭の評価結果を表5.3－1に示す。

5.3.5 国内炭及び海外炭の性状評価

以下に、前述した石炭性状がボイラ並びにその関連設備に与える影響を国内炭及び海外炭について行った結果を記載する。

評価は次の5種類の石炭について行った。

・セミララ（ROM Ave.）炭 100%

・セミララ（Selected Ave.)炭 100 %

・海外瀝青炭 100 %

・セミララ（ROM Ave.）炭50%及び海外瀝青炭50%の混炭

・セミララ（Selected Ave.)炭50%及び海外瀝青炭50%の混炭

なお海外瀝青炭には以下の理由によりレミントン炭の分析値を採用した。

a）前述の「海外炭選定評価基準値」はあくまでも海外炭を選定するに当たっての基準値であるため、これによって混炭後の各特性を評価することは不可能であり、実際の分析値が得られる現実の石炭を採用する必要がある。

b）NAPOCOR より提示された海外炭７銘柄の中から「海外炭選定評価基準値」の全ての項目を満足しているレミントン炭を選定した。

表5.3－2に各指標による評価結果を示す。

(1) セミララ（ROM Ave.）炭 100%

i）ハンドリング性

湿分、灰分及び粘土分が多く、また、炭化度が低く揮発分が多い非常にもろい炭質であるため細かい粒径の割合が高くなり、カラカ１号機での経験でも証明されているように下記のトラブルが予想され、極端な場合には負荷抑制も懸念される。

a．ハンドリング装置各部、ホッパ、シュート、バンカでの詰まり。

b．ハンドリング中及び貯炭中の炭じん飛散

c．貯炭中の自然発火

ii）燃焼性

セミララ（Selected Ave.）炭に比較して灰分及び粘土分が多い分だけ燃焼性は悪くなるが、全体的に見れば燃焼性に関しては問題ないと思われる。

iii）スラッギング性及びファウリング性

灰の溶融温度が極端に低く、アルカリ分（Na_2O+K_2O）、特にNa_2Oの割合が高いため、

スラッギング特性は厳しいに近い「多い」

ファウリング特性は「多い」

となっている。また、発熱量当りの灰量も多く(39.6kg/10^6kcal)スラッギング及びファウリングによる運転障害は厳しく、発電所の運用性に著しい制限を加えることが予想される。

また、火炉伝熱面及び接触伝熱面の汚れによる熱吸収量の低下により、ボイラ出口ガス温度が上昇し、ボイラ効率が低下するものと予想される。

iv）磨耗性

発熱量当りの灰量が多いこと、及び指標成分である石英量が多いため、磨耗性は高く接触伝熱面の磨耗対策には十分の注意を払う必要がある。

(2) セミララ (Selected Ave.)炭 100%

評価結果はセミララ (ROM Ave.) と全く同じ傾向を示しているが、カラカ発電所での実績では詰まりに関するハンドリング性は相当改善されているようである。但し、貯炭場での自然発火及び炭じん飛散といった問題点は残っている。

(3) 海外瀝青炭 100%

今回使用したレミントン炭は、各指標による評価では磨耗性を除き、全ての指標で最高の評価結果を示している。

ただ、磨耗性は石英量 ($SiO_2/Al2O_3$) だけにより評価されているので、「厳しい」を示しているが、レミントン炭の発熱量当りの灰量は、評価基準の30kg/10^6Kcalに比べ 15.92kg/10^6kcalと低いので、総合的磨耗性評価は問題なしと考えられる。

(4) セミララ (ROM)炭 50 %及び海外瀝青炭 50 %混炭

i) ハンドリング性

レミントン炭は灰分が11.1%と少なく、また、2㎜以下の粒径の割合が26%と低いので、レミントン炭を50%混炭する事により、ハンドリング性は向上すると考えられる。

ii) 燃焼性

燃焼性に関しては、「良い」を示しており、発熱量当りの灰量も下っているため問題はないと思われる。

iii) スラッギング性及びファウリング性

レミントン炭を混炭する事により、アルカリ分、スラッギング性及びファウリング性共「普通」を示しており、セミララ(ROM Ave.)炭単味に比べ改善されている。

iv) 磨耗性

レミントン炭との混炭においても評価は「厳しい」を示している。ただし混炭により発熱量が上がり、発熱量当りの灰量がセミララ(ROM Ave.)炭単味時の39.6kg/10^6kcalに比べ、24.2kg/10^6kcalと大幅に減少するので磨耗性は大幅に改善される。

(5) セミララ (Selected Ave.)炭50%及び海外瀝青炭50%の混炭

評価結果はセミララ(ROM Ave.)50%と海外瀝青炭50%の混炭の場合と同じ傾向を示しているが、すべての評価項目でより良い方向となっている。

5.3.6 ボイラの設計方針

燃料調達の観点からいえば、同一ボイラーで国内炭又は海外炭それぞれを専焼できるようなボイラーを設置することが望ましいことになるが、技術的な見地からは下記の理由により不可能なことである。

図5.3－1に示すように国内炭及び海外炭それぞれの専焼に適した火炉寸法は大きく異なっている。

図はセミララ（ROM Ave.）炭を対象としたものであり、例えばセミララROM(90% worst coal）のような品位の低い石炭の場合には火炉寸法は更に大きくなる。このように火炉寸法が大きく異なるため、同一ボイラーで海外炭または国内炭それぞれを専焼することは下記の理由により不可能である。

(1) 海外炭専焼ボイラーで国内炭を専焼する場合

a．火炉のスラッギング及び伝熱面の汚れによる火炉での熱吸収量の低下のため、プラントの最大出力が約80%に抑えられる。

b．ミル容量及びミル入口空気温度が不足し、ミル予備機を使用してもプラントの最大出力は約75%に抑えられる。

従って、プラントの最大出力は上記の値の小さい方、即ち、約75%が限度ということになる。

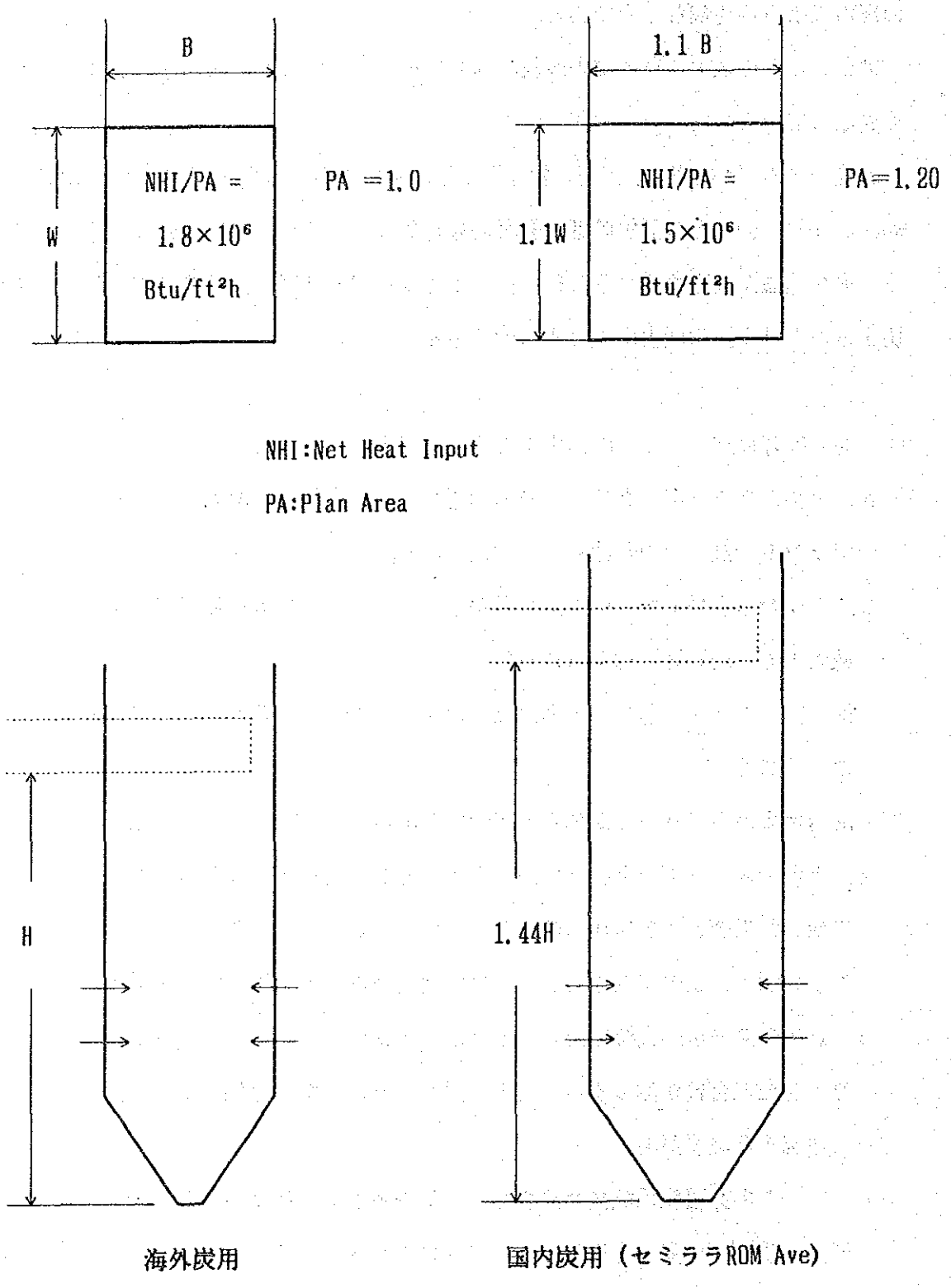
(2) 国内炭専焼ボイラーで海外炭を専焼する場合

a．火炉のスラッギング及び伝熱面の汚れを前提に設計されたボイラーで海外炭を専焼した場合、火炉伝熱面の汚れが少なくなるため、火炉での熱吸収が過大になり、火炉出口温度が低下し、主蒸気温度及び再熱蒸気温度が数十度不足する。

b．石炭の発熱量が大幅に上昇するため給炭量が減少し、ミル最低負荷の制限によりミル運転台数が減少する。この結果バーナの入熱が大幅に増えるため入熱制限に注意する必要がある。

c．ミルでの必要乾燥熱量が減少し、空気予熱器での熱交換量が減少し、空気予熱器出口排ガス温度が上昇し、ボイラー効率が低下する。

図5.3－1　火炉寸法比較


B
W
NHI/PA =
1.8×10⁶
Btu/ft²h
PA =1.0
1.1 B
1.1W
NHI/PA =
1.5×10⁶
Btu/ft²h
PA=1.20
NHI:Net Heat Input
PA:Plan Area
H
1.44H
海外炭用
国内炭用（セミララROM Ave)

5.3.7 設計炭の推奨案

技術的には上記の検討結果でも明らかなように、同一ボイラーで国内炭又は海外炭それぞれを専焼出来るボイラーを設計することは経済的にみて現実的とは言えない。

また、別途行った国内炭の需要と供給の検討において、下記の結論が出されている。

(1) フィリピン全体の石炭の需要と供給のバランスを見ると、国内炭の自給率は1993年は58%、1995年は63%であり、1997年以降は40%を下回ると思われる。

(2) さらに現在のところセミララ炭以外に本計画に供給し得る国内炭のソースは見出せない。

(3) NAPOCOR が計画している1997年以降の石炭火力計画が運転開始するまでは、国内炭の自給率を50%程度に保てる。

一方、NAPOCOR の燃料に対する要求は次の通りである。

(4) 供給可能な国内炭を最大限に消費すること。

(5) 国内炭の供給量の変動を吸収できるものであること。

以上を総合勘案すると、国内炭（セミララ Selected) 50 %／海外炭50%を混炭することを基準として設計することが現実的であり、もっとも目的に合致したものとなる。

5.3.8 国内炭の選定

石炭の性状評価においてはセミララ（ROM Ave.）炭、セミララ（Selected Ave.)炭共全く同じような特性を持っているが、この性状評価はボイラー内での燃焼及び燃焼灰の挙動を対象としたものであり、主として発熱量及び灰分量の差に起因する設備費並びに運転経費に与える影響評価は含んでいない。

国内炭の選定に当っては、上記の観点から主要な項目について検討を行うこととする。

(1) 石炭消費量及び灰発生量

検討条件

単機容量		300MW
プラント効率		36%
プラント年間利用率		70%
石炭発熱量	セミララ(ROM Ave.)炭	3,761kcal/kg (到着灰ベース)
	セミララ(Selected Ave.) 炭	4,055kcal/kg (到着灰ベース)
灰　　分	セミララ(ROM Ave.)炭	14.9% (到着灰ベース)
	セミララ(Selected Ave.) 炭	12.0% (到着灰ベース)

a. 年間石炭消費量

セミララ (ROM Ave.) 炭はセミララ (Selected Ave.)炭に比べて約8%消費量が多い。

b. 年間灰発生量

セミララ (ROM Ave.) 炭はセミララ(Selected Ave.) 炭に比べて約34%灰の発生量が多い。

従って、ボイラー、ボイラー補機及び石炭に関連する諸設備、アンローダー、コンベヤー、貯炭場、バンカー及びミル等の諸設備容量が約8%増大することになり、それに伴って設備費及び運転経費も増大する。

また、灰処理に関連する灰処理設備、サイロ及び灰捨場等の諸設備容量が約34%増大することになり、それに伴って設備費も増大する。

(2) 石炭のハンドリング上の問題

上記にも述べたようにセミララ (ROM Ave.) 炭はハンドリング性に重大な問題があり、ホッパー、シュート及びバンカー等に特別の詰まり対策を講ずる必要があるが、絶対確実な対策は非常に困難であり、発電所の運転に制約を加えることが予想される。 上記のようにセミララ (ROM)炭は費用及び運用上の極めて重大な問題を抱えていることにより、本計画の設計炭とすることは適当でなく、より問題の少ないセミララ (Selected) 炭を選定すべきである。

(3) 本計画においては、NAPOCOR より提供された、ヒマリアンおよびパニアンの分析データを採用する。また、ウノン炭については、JICAが実施した「カラカ石炭発電所1 号機改善計画調査」の最終報告書のデータを採用した。この分析データの平均値は、工業分析項目だけに限定すれば、1985年－1986年の受入灰の加重平均値と非常に近似しているためウノン炭を代表するものと考えられる。

ウノン、ヒマリアン、パニアン炭の相対的な評価結果は次の通りである。

a）燃焼性

ヒマリアン → パニアン → ウノンの順に良くなっている。

b）発熱量当たりの灰量

ヒマリアンとパニアンはほぼ同じで、ウノンが一番少ない。

c）アルカリ量

ヒマリアン → パニアン → ウノンの順に少なくなっている。

d）スラッギング性

ヒマリアン → パニアン → ウノンの順に良くなっている。

e）ファウリング性

ヒマリアン → パニアン → ウノンの順に良くなっている。

f）エロージョン性

パニアン → ヒマリアン → ウノンの順に良くなっている。

g）石炭消費量

ヒマリアン → パニアン → ウノンの順に良くなっている。

h）灰の発生量

ヒマリアンとパニアンがほぼ同じでウノンが一番少ない。

以上の結果より、予備設計に使用する設計炭はヒマリアンクリーン炭とする。これは今後国内炭のソースとして考えられるヒマリアン炭およびパニアン炭について、その許容巾の大きいソースを採用することにより将来の設計に対する指針が得られることによる。

「表5.3.－3」に予備設計に使用した石炭性状を示す。

表5.3－1　海外炭選定評価基準値による各炭種評価結果　(1/2)

炭種	燃焼性		スラッギング及びファウリング				微粉炭燃焼装置		磨耗性		総合評価
	発熱量 5500kcal/kg	揮発分 20 % 以上	灰軟化温度 1200℃ 以上	Fe_2O_3 15 % 以下	CaO 10 % 以下	Na_2O 3 % 以下	HGI 40 % 以上	全水分 16 % 以下	灰量 30kg/10^6kcal 以下	石英量 10kg/10^6kcal 以下	
Lemington	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Workworth	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△
Blair Athor	○	○	○	○	○	○	○	△	○	○	△
Miller Blend	○	○	○	○	○	○	○	△	○	△	△
Lithgow	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△
Ulan	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△
Datong	○	○	○	△	○	○	○	○	○	○	△

○：基準値を満足しているもの　△：使用上の問題はないが設計上の注意を必要とする　×：基準との差が大きいもの

表5.3－1　海外炭選定評価基準値による各炭種評価結果　(2/2)

炭種	燃焼性		スラッギング及びファウリング				微粉炭燃焼装置		磨耗性		総合評価
	発熱量 5500kcal/kg	揮発分 20 % 以上	灰軟化温度 1200℃ 以上	Fe_2O_3 15 % 以下	CaO 10 % 以下	Na_2O 3 % 以下	HGI 40 % 以上	全水分 16 % 以下	灰量 30kg/10^6kcal 以下	石英量 10kg/10^6kcal 以下	
Berau	×	○	－	×	○	○	○	×	○	○	×
Kaltim Plima	○	○	－	○	○	○	○	○	○	○	○
Tanito Harum	○	○	－	○	○	○	○	○	○	○	○
Malti Harapan Utama	○	○	－	○	○	○	○	○	○	○	○
Utah Indonesia	○	○	－	○	○	○	×	○	×	○	×
Artmin Indonesia Senakin	○	○	－	○	○	○	×	○	×	○	×
Artmin Indonesia Satui	○	○	－	○	○	○	○	○	○	○	○
Kideco Jaya Agung Saramangan	×	○	－	×	△	○	○	×	○	○	×
Kideco Jaya Rato	○	○	－	○	○	○	○	△	○	○	△

○：基準値を満足しているもの　△：使用上の問題はないが設計上の注意を必要とする　×：基準との差が大きいもの

表5.3－2　特性評価指数による評価結果

Property	Index	国内炭		海外炭	混炭	
		Semirara ROM Average	Semirara Selected Average	Lemington	Semirara ROM 50% and Lemington 50%	Semirara Selected 50% and Lemington 50%
Combustibility	Good		◎	◎	◎	◎
	Medium	○				
	Low					
Ash loading	Low			○	○	○
	High	△	△			
Alkali contents	Low			◎	◎	
	Medium					○
	High	△	△			
Slagging potential	Low			◎		
	Medium				○	○
	High	△	△			
	Severe					
Fouling potential	Low			◎		
	Medium				○	○
	High	△	△			
	Severe					
Erosion potential	Medium					
	High	△	△			
	Severe			×	×	×

表 5.3－3　予備設計炭性状

Item		Semirara Himalian Clean Coal	Lemington Coal	50/50Blended Coal
Proximate Analysis (A/R Basis)				
Heating Value	kcal/kg	4,000	6,524	5,262
Total Moisture	%	29.00	9.77	19.39
Fixed Carbon	%	28.80	49.80	39.30
Volatile Matter	%	30.20	30.05	30.13
Ash	%	12.00	10.39	11.20
Total Sulfur	%	0.60	0.49	0.55
Fuel Ratio		0.95	1.66	1.31
Grindability	HGI	35	50	41.94
Ultimate Analysis (Dry Basis)				
Carbon	C %	59.15	69.30	64.82
Hydrogen	H %	1.92	4.50	3.36
Oxygen	O %	19.62	12.60	15.72
Nitrogen	N %	1.02	1.60	1.34
Sulfur	S %	1.32	0.50	0.86
Fluorine	F %	—	—	—
Chroline	Cℓ %	—	—	—
Ash	A %	16.90	11.50	13.87
Ash Composition (Dry Basis)				
	SiO_2 %	45.53	72.80	58.17
	$Aℓ_2O_3$ %	20.01	11.60	16.11
	Fe_2O_3 %	7.49	4.20	5.96
	CaO %	7.49	2.20	5.03
	TiO_2 %	0.87	0.20	0.55
	MgO %	4.16	0.20	2.32
	SO_3 %	6.68	1.40	4.23
	P_2O_5 %	0.25	5.60	2.73
	Na_2O %	5.45	0.20	3.01
	K_2O %	1.34	0.60	0.99
	BaO %	0.15	-	-
	SrO %	0.18	-	-
Ash Fusion Temperature				
	IDT ℃	1070-1560+	1,240	1148-1411
	ST ℃	1100-1560+	1,340	1211-1457
	HT ℃	1110-1560+	1,400	1244-1485
	FT ℃	1110-1560+	1,480	1281-1522

表5.3－4　国内炭の特性評価指数による評価結果

Property	INDEX	国内炭			海外炭	混炭		
		Semirara Unong Selected Average	Semirara Himalian Selected Average	Semirara Panian Selected Average	Lemington	Unong Selected 50% and Lemington 50%	50% Himalian Selected and 50% Lemington	50% Panian Selected and 50% Lemington
Combustibility	Good	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	Medium							
	Low							
Ash loading	<30kg/10^6kcal	○			○	○	○	○
	>30kg/10^6kcal		△	△				
Alkali contents	Low	◎			◎	◎		◎
	Medium						○	
	High		△	△				
Slagging potential	Low				◎			
	Medium					○	○	○
	High	△	△	△				
	Severe							
Fouling potential	Low				◎			
	Medium	○				○	○	○
	High		△	△				
	Severe							
Erosion potential	Medium	○						
	High		△	△				
	Severe				×	×	×	×

表5.3－5　石炭分析一覧（1／2）

項目		単位	国内炭		オーストラリア炭						中国炭
			セミララ ROM Arerage	セミララ Selected Average	レミントン	ミラーブレンド	リスゴー	ワークワース	ブレアソール	ユーラン	大同
Proximate Analysys(A/R basis)											
Heating value(HHV)	HV	kcal/kg	3761	4055	6524	6051	5956	6375	5903	6346	6568
Total Miosture	TM	%	30.00	29.00	9.77	10.16	9.31	8.53	18.16	9.00	11.17
Fixed Carbon	FC	%	26.00	29.00	49.80	45.66	46.19	47.81	50.66	48.53	54.15
Volatile Matter	VM	%	28.80	30.00	30.05	28.58	26.83	30.46	24.84	28.93	28.44
Ash	A	%	14.90	12.00	10.39	15.59	17.67	13.20	6.34	13.53	6.24
Total Sulfur	TS	%	0.50	0.60	0.49	0.65	0.47	0.47	0.18	0.75	0.47
Fuel Ratio	FR	%	0.91	0.96	1.65	1.59	1.72	1.56	2.03	1.67	1.90
Ultimate Analysys (Dry Basis)											
Carbon	C	%	57.37	61.61	69.30	68.70	58.00	71.30	75.90	71.59	77.80
Hydrogen	H	%	1.87	2.00	4.50	4.50	4.30	4.60	4.30	4.43	4.50
Oxygen	O	%	19.52	20.51	12.60	8.00	6.40	7.60	10.30	6.98	9.60
Nitrogen	N	%	0.98	1.06	1.60	1.60	1.40	1.60	1.70	1.53	0.90
Sulfur (Combustible)	Sc	%	1.32	1.38	0.50	0.70	0.50	0.50	0.10	0.60	0.40
Fluorine	F	%	NA	NA	0.006	0.00	0.00	0.00	0.00	NA	0.00
Chlorine	Cℓ	%	NA	NA	0.043	0.02	0.27	0.04	0.07	NA	0.80
Ash	A'	%	18.90	13.40	11.50	16.50	19.50	14.40	7.70	14.87	6.80
Grindabilty		HGI	35	35	50	66.1	58	65	70	77	56
Particle Size (under 2mm)		%	NA	NA	26.00	20.10	25.30	29.70	44.60	15.90	34.70
ASH Composition (Dry Basis)											
Silica Dioxide	SiO_2	%	51.17	45.53	72.80	66.10	65.90	75.60	61.10	77.00	48.20
Aluminum Trioxide	$Aℓ_2O$	%	21.91	20.01	11.60	20.10	26.10	17.00	33.00	15.90	15.00
Iron Trioxide	Fe_2O_3	%	5.79	7.49	4.20	4.40	1.37	2.82	11.96	3.70	22.50
Calcium Oxide	CaO	%	4.48	7.49	2.20	2.59	0.46	0.62	0.30	0.75	4.42
Titanium Dioxide	TiO_2	%	0.96	0.87	0.20	0.86	1.15	0.82	1.64	0.70	1.48
Magnesium Oxide	MgO	%	3.37	4.16	0.20	1.05	0.11	0.52	0.46	0.20	1.84
Sulfur Trioxide	SO_3	%	4.61	6.68	1.40	1.31	0.10	0.37	0.13	1.15	2.78
Phosphate Pentoxide	P_2O_5	%	0.24	0.25	5.60	0.56	0.14	0.11	0.30	0.01	0.23
Sodium Oxide	Na_2O	%	4.23	5.45	0.20	0.54	0.09	0.29	0.49	0.10	0.37
Potassium Oxide	K_2O	%	1.51	1.34	0.60	1.41	2.01	0.71	0.29	0.35	1.37
Barium Oxide	BaO	%	0.12	0.15	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Strontium Oxide	SrO	%	0.15	0.18	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Ash Fusion Temperature											
Initial Deform. Temp.	IDT	℃	1050-1560	1050-1560	1240	1230	1340	1210	1410	NA	1260
Softening Temp.	ST	℃	1100-1560	1100-1560	1340	1320	>1450	1320	>1450	1400	1280
Hemispherical Temp.	HT	℃	1110-1560	1110-1560	1400	1340	>1450	1340	>1450	>1560	1320
Fluid Temp.	FT	℃	1110-1560	1110-1560	1480	1450	NA	1450	>1450	>1560	1390

表5.3－5　石炭分析一覧（2／2）

項目		単位	インドネシア炭								
			BERAU COAL	KALTIM PRIMA	TANITO HARUM	MULTI HARAPAN UTAMA	UTAH INDONESIA	ARUTMIN INDONESIA		KIDECO JAYA AGUNG	
								SENAKIIN	SATUI	SAMARANGAU	RATO
Proximate Analysys(A/R basis)											
Heating value(HHV)	HV	kcal/kg	5254	6774	6172	5946	5690	5924	6581	4790	5667
Total Moisture	TM	%	23.40	10.00	13.50	16.00	8.00	9.00	10.00	24.00	16.80
Fixed Carbon	FC	%	38.93	49.26	41.61	41.53	35.39	38.58	42.10	33.85	41.11
Volatile Matter	VM	%	34.61	36.00	37.41	37.75	36.74	37.25	40.16	40.10	40.92
Ash	A	%	3.33	4.74	7.48	4.72	19.87	15.17	7.74	2.05	1.17
Total Sulfur	TS	%	0.81	0.47	0.51	0.76	0.87	0.66	0.87	0.10	0.13
Fuel Ratio	FR	%	1.12	1.37	1.11	1.10	0.96	1.03	1.04	0.84	1.00
Ultimate Analysys (Dry Basis)											
Carbon	C	%	70.38	75.88	71.97	71.92	61.94	65.33	73.30	65.39	70.99
Hydrogen	H	%	4.88	5.49	5.24	5.19	4.86	5.25	5.58	4.67	5.23
Oxygen	O	%	1.44	11.37	12.31	15.10	9.88	11.08	10.60	23.55	19.92
Nitrogen	N	%	17.90	1.52	1.58	1.60	1.10	1.00	1.19	0.10	0.10
Sulfur (Combustible)	Sc	%	1.05	0.47	0.25	0.57	0.63	0.67	0.73	0.97	0.99
Fluorine	F	%	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Chlorine	Cℓ	%	0.01	0.01	NA	0.11	0.02	0.01	0.01	2.63	1.38
Ash	A'	%	4.34	5.26	8.64	5.61	21.59	16.67	8.60	2.69	1.40
Grindabilty		HGI	48.00	50.00	47.00	46.00	37.00	36.00	50.00	50.00	50.00
Particle Size (under 2mm)		%	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ASH Composition (Dry Basis)											
Silica Dioxide	SiO_2	%	32.80	50.50	47.50	32.10	53.00	50.90	51.00	28.25	26.50
Aluminum Trioxide	$Aℓ_2O$	%	21.40	31.50	19.25	31.30	29.60	34.90	36.60	6.80	31.00
Iron Trioxide	Fe_2O_3	%	20.00	10.00	10.50	8.90	6.50	3.50	4.20	42.38	17.70
Calcium Oxide	CaO	%	8.50	1.28	6.90	8.70	3.90	2.40	1.70	11.89	7.74
Titanium Dioxide	TiO_2	%	0.70	1.02	1.43	1.10	2.30	2.80	3.10	0.25	1.35
Magnesium Oxide	MgO	%	3.10	1.21	3.95	3.30	1.70	1.40	0.40	2.29	1.54
Sulfur Trioxide	SO_3	%	9.00	0.52	5.50	5.90	2.70	0.40	1.50	7.94	10.10
Phosphate Pentoxide	P_2O_5	%	NA	0.45	0.09	1.50	0.20	0.30	0.10	NA	NA
Sodium Oxide	Na_2O	%	0.90	1.48	0.33	0.40	0.80	0.20	0.30	0.04	0.77
Potassium Oxide	K_2O	%	0.80	1.80	1.00	1.00	0.20	0.30	0.20	0.04	0.96
Barium Oxide	BaO	%	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Strontium Oxide	SrO	%	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Ash Fusion Temperature											
Initial Deform. Temp.	IDT	℃	1170	1130	1380	1260-1600	1380	1450	1600	1340	1310
Softening Temp.	ST	℃	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Hemispherical Temp.	HT	℃	1260	1380	1450	1340-1600	1510	1570	1600	1380	1310
Fluid Temp.	FT	℃	1360	1480	1450	1360-1600	1570	1580	1600	1410	1330

5.4 海外炭の調達戦略

石炭火力を計画するに当たって重要な事は、発電所の安定運用を図る観点から中長期に亘る燃料の調達戦略を検討することである。特に石炭の調達については計画の初期段階から十分な調査、検討を進める事が不可欠な問題である。

5.4.1 需要と供給の現状と将来見通し

はじめに国内炭の需要と供給の現状について概観し、将来見通しを把握しておくこととしたい。

(1) 需要と供給の現状

次表に示すように、フィリピンにおける1988年の石炭需要は約 248万ﾄﾝであった。これに対し国内炭の生産量は約 134万ﾄﾝであった。

表5.4－1 石炭の需要と供給(1988 年)
(Run-Of-Mine, 1000 tons)

(需 要)

電 力	セメント	その他	計
1,446 (注)	1,014 (14 plants)	19	2,479

(注) Calaca I (901), Naga I, II (214)

(供 給)

Semirara	PNOC-CC	Cebu Isl.	Batan	Others	Total
670	230	243	70	123	1,336

この不足分は海外炭の輸入によって賄っており、その主なものはCalaca発電所と、セメント産業が増量材として混炭に使用したものである。Calaca発電所は現在300MW の石炭火力が1基稼働中であるが、この石炭は当初全量Semirara炭鉱のUnong 炭を使用する計画であった。しかしながらUnong 炭は発熱量が低く、アルカリ成分が高いためボイラーの設計に適合せず、且つスラッギングやファウリングを

生じやすい性状であったため、アルカリ成分の少ない豪州のUlan炭を輸入し混炭して使用しているのが現状である。その後Unong 炭の選択採炭を行い、品位を上げた結果Unong 炭と輸入炭の混炭比率を6:4 にまで上げている。

PNOC-CC はセメント産業向けにルソン島のBatangasおよびPoro、更にミンダナオ島のIliganにコールセンターを設け豪州、中国から海外炭を輸入して国内炭と混炭し供給している。

(2) 需給の将来見通し

国内炭の将来見通しを次表に示す。

表5.4－2 需給見通し(1989-2000)
(10,000 Btu/lb, 1,000t)

	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
1)ルソン島需要	930	930	930	1860	2790	2790	2790	2790	4650	6510	8370	10230
2)セミララ供給量	609	609	609	609	1257	1473	1473	1473	1473	1473	1473	1473
3)不　足	321	321	321	1251	1533	1317	1317	1317	1317	5037	6897	8757
4)国内自給率 (%)	65.5	65.5	65.5	32.7	45.1	52.8	52.8	52.8	31.7	22.6	17.6	14.4

これから判るように、1992年以降は供給量が一層不足しこの対応が迫られる事となる。一方、B.P.Coal Ltd. は今後2000年までは一般炭の貿易高が年率 3.9%で着実に伸びていくと予測している。このうち極東地域における伸びが最も高いと予測しているが、この原因は電力部門の伸びに依るところが大きい。このような予測は要因ごとの市場見通しによっているものであり、各国とも石炭火力の見直しを行い、それが産業部門における石炭の利用を増大させる結果となって、市場の意欲を掻立てることとなったことが大きい力をもっている。しかし輸入炭の所要量はまず国内炭の生産力を吟味しなければならない。

輸入炭については２つの大きな要因を考えなければならない。それはヨーロッパにおける石炭産業の意欲減退と原油価格が15乃至20＄で安定していることである。石油価格の動向も極めて重要であり、経済成長とそれによる電力の需要、強いては石炭の需要を促すこととなる。各国における石炭の生産見通しにおいては操業中のもののみならず、拡張計画の規模も織り込んでおく必要がある。

南米コロンビアはEl Cerrejon 北部地区の拡張と、小規模な新規開鉱を含めて1995年迄には年産2800万ﾄﾝに達する見込みである。中国は未知の部分が多いが、将来はかなりの生産増が期待出来ると思われる。南アの一般炭輸出は1986年時点で年間3800万ﾄﾝに達している。ポーランド並びにソ連は国内の消費に振り向けることと、山元の事故などにより、輸出向けの石炭は若干減少気味である。米国は輸出余力は充分に有しているがマーケットプライスが高めになっており、スポット物の供給者としての位置付けである。しかし今後マーケット価格の動向如何では２極化する事も考えられる。

豪州は1987年には輸出レベルが恢復しそれ以降はそれまでの経験によって開発予定地点を次第に拡げていくこととなろう。海外一般炭の需給動向については、1990年代前半頃までは現状のまま推移するとみられるが、1990年代後半の需要を満たす為には新しい鉱山の開発が検討されていくこととなる。その中の代表的なものとして、インドネシアのKaltim Prima計画と、ベネズエラのZulia 計画が挙げられる。

われわれは現在この様な見通しを持っているが、ここ数年はコロンビア、中国、ベネズエラの供給増加があったとしても市場は堅調に推移し、従って価格もタイトであろう。国際的に一般炭の需給が締まり、ことに東南アジア地域において需要が伸びている事に対してはわれわれも一翼を担っている。現在はさほど石炭調達が困難とはなっていないが、世界的に需要が増大してくればアジアにとって次第に厳しい状況になっていくことは容易に推測できる。

このような状況から判断して、NAPOCOR としては長期的な視野に立って石炭調達の戦略を確立し、調達に当たる組織を作り上げることが必ず役にたつことを助言しておく。

5.4.2 調 達 戦 略

(1) 調達多様化の目的

石炭を調達する側にとって考慮すべき最も重要な課題は、石炭の調達戦略を樹てることである。即ち、

i) 安全性と信頼性

ii) フレキシビリティ

iii) 経　　済　　性

の3点を考慮した調達戦略が重要である。安全性とフレキシビリティは時に相反する問題となる。しかしながら、電気事業者にとって電力供給という社会的使命を果たすため、発電用燃料を確保することは至上命題であり、安全性という点から考えると、計画段階である程度オーバーコミットになる事もあろう。何故なら、炭坑閉鎖、ストライキなどによる出炭の低下、輸送設備のスト等のアクシデントを考えるとこれもやむを得ないことといえる。

一方、電力需要は新規設備の運開遅れ、既設設備の事故等により、発電出力は絶えず変動し、このため負荷率、発電効率は計画時のそれとは異なったものとなっている。

この様な理由で、電気事業の中で燃料の調達に当たるものは、充分なフレキシビリティをもった調達計画を立てることが極めて肝要となる。

結論的に言えば石炭調達は長期契約をベースとして、これにスポット契約を織り込むことによりフレキシビリティを持たせることが望ましい。一方経済的環境もまた重要な要素である。換言すれば、現時点で最も経済的な調達の多様化が必ずしも将来に亘っても経済的であるとは言い難い。従って、調達先多様化にあたっての組み合わせは数年ごとに見直しをおこない、最も経済的な組み合わせを探る必要がある。安全性と経済性と言う点で調達のソースを多様化することは調達面から見て基本的に重要なことである。ソースの多様化は供給側のアクシデントに備えるばかりでなく、石炭輸出国間に対する競争力の強化にも役立つものであるから、同一国内においてもシッパーを多様化するべきである。

(2) 長期契約ならびにスポット契約

次表に示すように、調達の安全性を確保する観点から、長期契約とスポット契約の組み合わせを2つのケースに付いて検討した。

表5.4－3　契約の組合せ案

	Case (a)	Case (b)
Long-term contract with ± 10% option	80%	90%
Spot purchases without option	20%	10%
Total	100%	100%

表5.4－3に基づいて調達量の調整幅を計算すると次表のようになる。ケース(a)はフレキシビリティが高くカラカ2号を含めた初期段階には適していよう。ケース(b)は調達方法が確立された段階で採るべき方法である。

表5.4－4　調　整　巾

	Case (a)	Case (b)
Plus adjustment	+ 8%	+ 9%
Minus adjustment	-28%	-19%

長期契約とスポット契約には当然経済性も考慮にいれなければならない。スポットの価格は長期契約に比べ供給量が多い場合は低い価格となる。しかしマーケットがタイトになればその逆の現象が生ずる。しかしこういう事が何年も繰り返されれば価格間のバランスは取れてくる。

(3) 調達の多様化とシッパーの数

調達の多様化とシッパーの数の関係は不可欠のものであり、ここでは別個に論ずること無く同時に考察をすすめることが妥当である。

i) 多様化の目的

ソース多様化はサプライヤーの供給不能や、供給量の減少に対する危険の回避および供給安定性の確保にある。またサプライヤー間の競争を喚起することにより価格の安定を目指すとともに、調達側としてはサプライヤーと次々に交渉することにより、バーゲニングパワーをつけることが出来る。

ii) 多様化の範囲

多様化を考えるに当たって、その対象範囲はケースバイケースで決定するべきであるが、次の点を考慮にいれる必要がある。

◎ 供給の信頼性

◎ 山元と消費地の地理的距離

◎ ソース毎の CIF価格

◎ 輸出入両国間の貿易関係

どの様にソースの分散を図るのが望ましいかを決めることは個々のケースで考えるものであって、絶対的な基準はない。理論的にはコスト面からみた分散化が最も効果的と言えるかもしれない。しかし、多様化を図る場合、経済的側面のみでは決定できない事も事実である。従って、保険的な意味合いもあり、ある程度の範囲内であるならば多少経済性を犠牲にすることも許されると考える。

我々はフィリピンにとって最も好ましいソースはオーストラリア炭であると考えており、全所要量の2/3 は豪州炭を入れるのが良いと思われる。

中国炭はフィリピンCIF ベースで豪州炭に匹敵するソースと考えられ、中国炭に対する信頼性も、日本をはじめ他の国々からの協力の下に急速に改善されてきている。日本政府は1979年、中国に対し石炭関係のインフラ整備を目的として150万ﾄﾞﾙ相当の円借款供与を約している。現在までに中国に対し、炭鉱開発を目的として9400万ﾄﾞﾙの資金が供与されている。この資金を利用して中国は秦皇島港の拡充計画、石家荘港の建設、鉄道の建設と拡張、四台溝や西曲を含む7炭鉱の開発を進めている。この結果、完成予定の1990年頃には 600万ﾄﾝの一般炭を含む約1200万ﾄﾝの石炭を生産することとなろう。秦皇島港はこの翌年に完成する予定である。この様な政府ベースの協力とは別に、日本、米国の私企業ベースでも中

国政府に協力して炭鉱開発のためのFSを実施することに合意している。中国炭の最大の欠陥は品質管理が悪い点である。このため日本側は石炭価格の交渉の際に厳しい注文を出し、中国側もこれらの問題点の改善に努力をしている。

インドネシア炭は地理的にみてもフィリピンにとって魅力あるソースである。現在カリマンタンで進められている開発計画は1990年代中頃には操業の運びとなるであろうし、その品位から見て、主力ソースの一つになり得るものである。

中国、インドネシアとも石炭の輸出に関する将来性については、大きな可能性を有している。従ってフィリピンとしてはこの両国に注目し、機会を見て調達量のうち何割かをこの国に移すことを推奨する。豪州、中国、インドネシアの各国における有望な炭鉱の現状と将来見通しを述べたが、さらにコロンビア、米国、カナダについても資料を添付した。（付属資料参照）

1990年代中頃には、NAPOCOR としても約 150万ﾄﾝの海外炭を調達する必要が生ずると考えられるので、調達先の分散化案を検討した。

表5.4－5　ソース多様化案
(1.5 million tons per year basis)

数　量 ('000 tonnes)	多様化方法	シッパー数
800 - 900	長期契約（対豪州）	4 - 5 (*1)
300	長期契約（対中国）	1 (*2)
400 - 300	スポット契約 (Australia, US, Canada, Indonesia, Colombia)	4 - 5 (*3)

（注）(*1) 豪州シッパー内1社は、交渉の上でスポット供給にふり向けても良い。

(*2) 中国煤炭進出口総公司が輸出の窓口である。

(*3) インドネシアは現時点ではスポット対象であろう。

(*4) 南ア炭は除外してある。

このソースの分散化案は信頼性、フレキシビリティ、経済性の点で極めて妥当なものと考えている。長期契約とスポット契約の量的比率は80:20 としてあるが、これは前述の検討を踏まえたものである。豪州のサプライヤーとしては4ないし

5社を考える。対象としては NSW州とクィーンズランド州が良いと思われる。

(4) 契約期間

契約期間の決め方に特定の方式はなく、交渉によって契約毎に決定すれば良い。我々の経験から言えば、長期契約と言えども極端に長い期間や、期限を定めない、いわば“ever green”条項などは採用すべきではない。その時点における市況の動向を勘案して契約期間を決定するのは買手の権利である。仮にどの様に長い契約期間を設けても、売手か、買手の一方が価格について同意しないかぎり契約期間は終了してしまうこととなるので、現実的には無期限の契約期間は存在しない。最長10年くらいが妥当であろう。

中国とは15年の契約期間を設定しているが、これは政府間の協定によっているものである。豪州のサプライヤーに関しては、全体の供給量に対する割合が時間経過と共に減少していくこともあり、3乃至5年の契約期間としている。

(5) 調達先の分散方法

調達先の分散方法、契約期間、サプライヤーの数等について要約したものを下表に示す。

表5.4－6 調達の組合せ案
(Unit : '000 tons)

- 1,500
  - 900 Australia
    - 450 QLD
      - 250 10 year contract with price escalation and review at 2 year intervals
      - 200 3-5 year contract, annual pricing
    - 450 NSW
      - 250 10 year contract
      - 200 3-5 year contract
  - 300 China ---- 10-15 year contract, annual pricing
  - 300 Australia, USA, Canada, Indonesia, Colombia
    - 150 USA or Canada, 1-3 year contract annual pricing (semi-spot purchasing)
    - 150 Indonesia, Australia Colombia, spot purchasing

5.4.3 NAPOCOR における燃料関連組織の在り方

(1) 背　景

NAPOCOR が自ら石炭調達を実施するための組織を設ける重要性についてはいうまでもないことである。この理由としては、

i) 石炭輸入には相当量の資金が動く

ii) まったく新しいエネルギー商品市場であり、しかも石炭輸入には専門知識を必要とする。

などがあげられる。

例示をしてみたい。石炭のフィリピンCIF 価格を45 $/tとすれば 600MW分の石炭代金として NAPOCORは毎年 6,750万ドルを支出しなければならない。これはいうまでもなく外貨による支払いであり、 NAPOCORとしてはフィリピン政府と同じ立場で効率的、経済的な資金調達を考慮しなければならない。また、海外炭を長期に亘って、大量に買い付ける経験は、フィリピンのなかでも NAPOCORのみであろう。しかし現在では NAPOCORのなかに、石炭の専門家はまだ育っていないと考えられる。

国際的な一般炭の取り引きは最近成長してきたものであり、他の商品市場のように成熟した段階となっていない。OPECの原油価格設定や、 LMEの非鉄金属市場のように、石炭の価格設定や、価格の調整機能は存在していない。従って、一般炭でも原料炭でも石炭の価格は価格交渉によってのみ決められる。この価格交渉を有利に進めるために、調達側は常に世界のエネルギー消費動向を調査し、市況の分析を行って、貿易関係の荷動きや、価格の平均的な動向、或いは実際に成立した商談の際の価格に意を用いなければならない。これにはかなりの経験とノウハウ、それに駆け引きも必要となる。石炭の安定調達と海上運賃の低減、すなわち船腹の調達と適切な配船による滞船料の削減を行うことも重要である。輸入関連業務と外貨支払いの業務は極めて特殊な分野であり、現在の NAPOCORでは実行は困難であろう。

(2) 石炭調達業務のあり方

i) 全　般

a) 市場調査

貿易関係紙、シッパーの提供する情報や他の調達側との意見交換によって情報を収集すること。世界的な石炭の需要と価格動向、石炭産出国、サプライヤー、山元、インフラに関する分析の実施。これらを通じて調達計画や契約交渉の基盤を形成する。

b) 調達方針と調達計画

長期の需要予測と市場調査に基づき、最適サプライミックス、契約形態、調達量、サプライヤーの選定等の調達方針を策定する。

c) 購入契約

サプライヤーの選定、契約交渉を行い契約を成立させる。この後、毎年或いは一定期間ごとに価格の見直しを行う。

d) 配送および消費計画管理

発電所への配送および貯炭状況を監視し、石炭の取扱いを管理する。短期的には需要を予測して配船計画を立てサプライヤーに積荷計画を通知する。会計検査、定期的な貯炭場棚卸しによる簿価の確認など、諸記録を整備する。

e）品質管理

サンプリングをおこなって性状分析を実施し、契約条件および燃焼性とハンドリング両面の適合性を検討する。

f）輸送計画

海上輸送計画については、受入港の港湾並びに揚炭設備計画も勘定の上計画を進める。

g）配船計画と配船調整

海運会社と輸送契約を締結し、配船状況を管理、調整する。

h）関連業務

関連業務には通関、外国為替、保険等の業務があり、サプライヤーとの連絡と関連情報を NAPOCORが集約する。石炭の受入、手配、消費炭の管理は一義的には発電所の責任である。しかし、 NAPOCOR本部との緊密な連携によって、初めて合理的な全体の管理が可能となる。

ii）業務範囲

上述の業務を NAPOCORが自ら実行するために業務執行体制を整備する場合、次のような部門に分けることが考えられる。

① 計画・契約部門

② 管理部門

③ 輸送部門

④ 関連業務

5.4.4 海上輸送計画

(1) 輸送契約

長期に亘って石炭の海上輸送を実施するため、安定かつ経済性を考慮することが重要である。このためいくつかの異なる契約方式を組み合わせ、海運市況の特性を考慮して最も適した方案を得ることが肝要である。海運市況は世界の経済の動きに鋭敏に反応するので、一次産品（石油、石炭、鉄鉱石、穀物など）の海上荷動きは、船舶の手当てに大きく影響する。図5.4－1に示すように、海運市況は1982年以来の長期に亘る不況の波をかぶってきた。しかし最近は過剰船舶を整理してきており、

数年以内に海運市況が締まってくる様相を呈している。

石炭の輸送契約には2つの形態がある。一つはその都度調達するスポット用船であり、他はContract of Affreightment と呼ばれ、一定期間、一定の貨物量を保証するCOA 契約である。COA 契約の特別の形態として、10年間程度に亘る専航船契約がある。この契約は一般的でなく、時に長期間に亘るため経済的でないことがある。

スポット契約においては、フレートレートはその時点の海運市況次第で決まる。市況が沈滞している現時点では船舶は比較的低いフレートレートで手当てできる。しかし数年以内に市況は締まってくると見られるので若干リスクを伴うが、（たとえリスクを伴うにせよ）現時点で船舶を押えておくことが良い。先行きフレートレートはかなり高くなるものと思われる。

一方 COA契約では1～3年の海運市況を予想して平均的な運賃を設定し、これを固定化するのが普通である。従って比較的安定したコストを決めておくことが可能である。船積契約を結ぶ場合は、 COA契約とスポット契約が最適になるように組み合わせ、用船と経済性のバランスを図ることが大切である。これによって石炭調達の変動を吸収するフレキシビリティを確保することも可能となる。 COA契約とスポット契約の比率をどの様に考えるかという問題に対しては、石炭調達のうち、長期契約は COA契約により、スポット契約はスポット契約に拠ることが合理的であろう。

(2) 船　型

基本的には、船型が大きいほど運賃が低下し経済性を生ずる。反対に荷揚港の岸壁と荷役設備は大型化していく。年間の揚炭量が同一であれば船型が大きいほうがバース占有率は小さくなる。しかし大型船のために貯炭容量を大きくし貯炭量の変動を吸収しなければならない。

沖合が浅い海域に石炭火力を建設する場合、喫水の大きい船を着岸させるようなバース計画は現実的ではない。この様な場合数km沖にJetty を設けることは、発電所の経済性を否定することともなり兼ねないような、工事費の増嵩を招く。この様な場合サイトの近傍に水深の深い場所が得られれば、石炭の積替基地（これをコールセンターと呼ぶことがある）を設けることも有効と思われる。この方式を取る場

合、一次輸送は 100,000ﾄﾝ～ 150,000ﾄﾝの大型船を使用し、基地で喫水の小さい小型船に積替えて輸送する。当然石炭の輸送コストは一次輸送費、積替費用、二次輸送費の合計となる。

この様な方式は直接石炭を発電所に持ち込む場合に比して経済性が劣ることとなるので船型の選択が重要である。

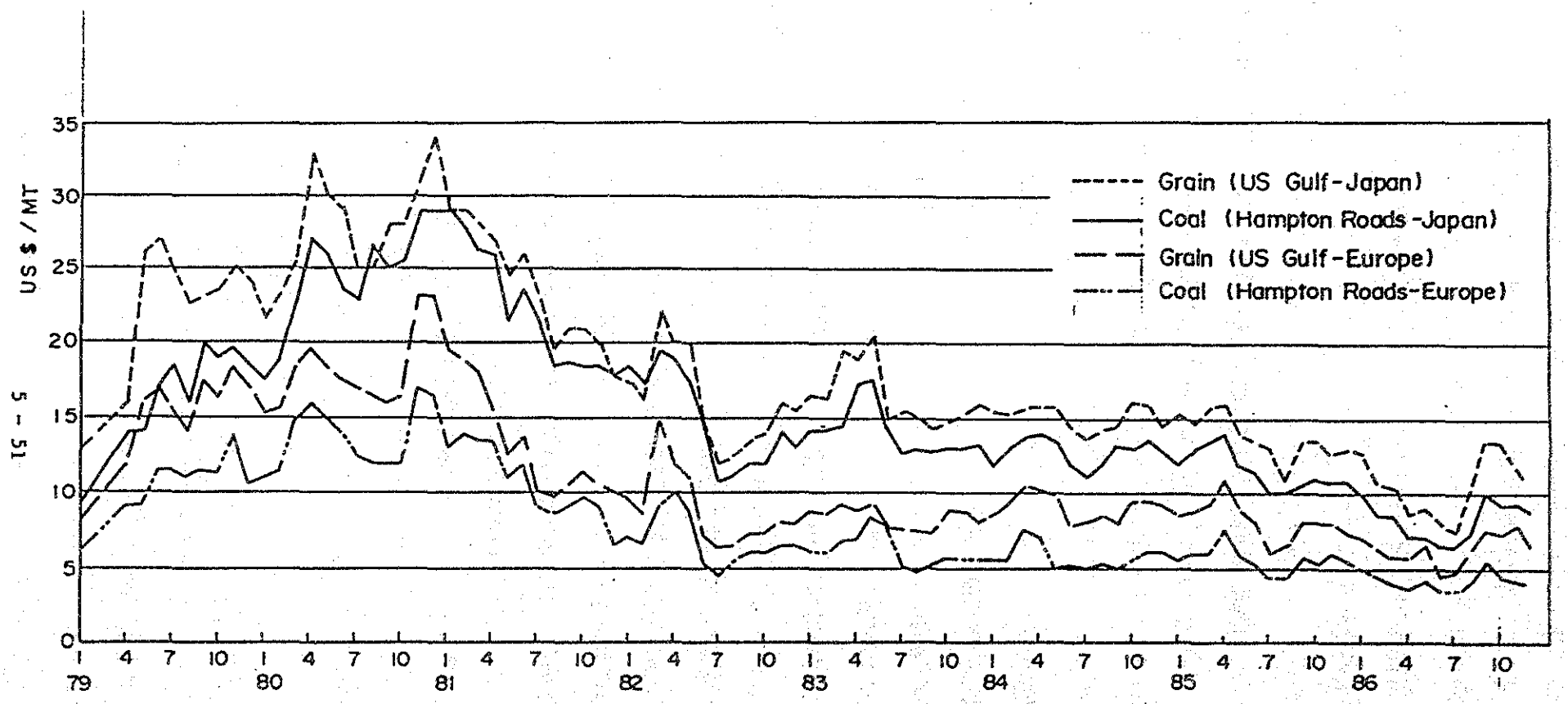
この様な観点から、海外炭は可能な限り直接発電所に輸送すべきである。30,000ﾄﾝと60,000ﾄﾝの2ケースについて、New Castle～Calacaのコストをベースとして比較を行った。

1)	30型と60型のフレート差	2	US$/t 以上
2)	2 × 300MWの年間消費炭量	131	万ﾄﾝ
3)	フレートの節約	261	万ﾄﾞﾙ
4)	3)と等価な設備費	1300	万ﾄﾞﾙ
5)	30型に対する60型の増加設備費	290 ～ 360	万ﾄﾞﾙ

4)および5)に示したとおり、60型による運賃の効果は、30型を使用して港湾工事費を低減させるよりも遥かに経済的である。

また世界の海運市場では、60型～70型の船舶が最も手当てしやすい。さらに一部の積出港では荷役の効率を高めるために船型の下限を設定しており、このため各種の石炭を調達する場合には船型の選定が重要な要素となる。豪州の主要積出し港においては、規則によって20型を船型の下限としている。

以上のことから輸入炭の輸送には60型を採用することとする。



Source : Platon Monthly

Fig. 5.4-1 Representative Ocean Freight

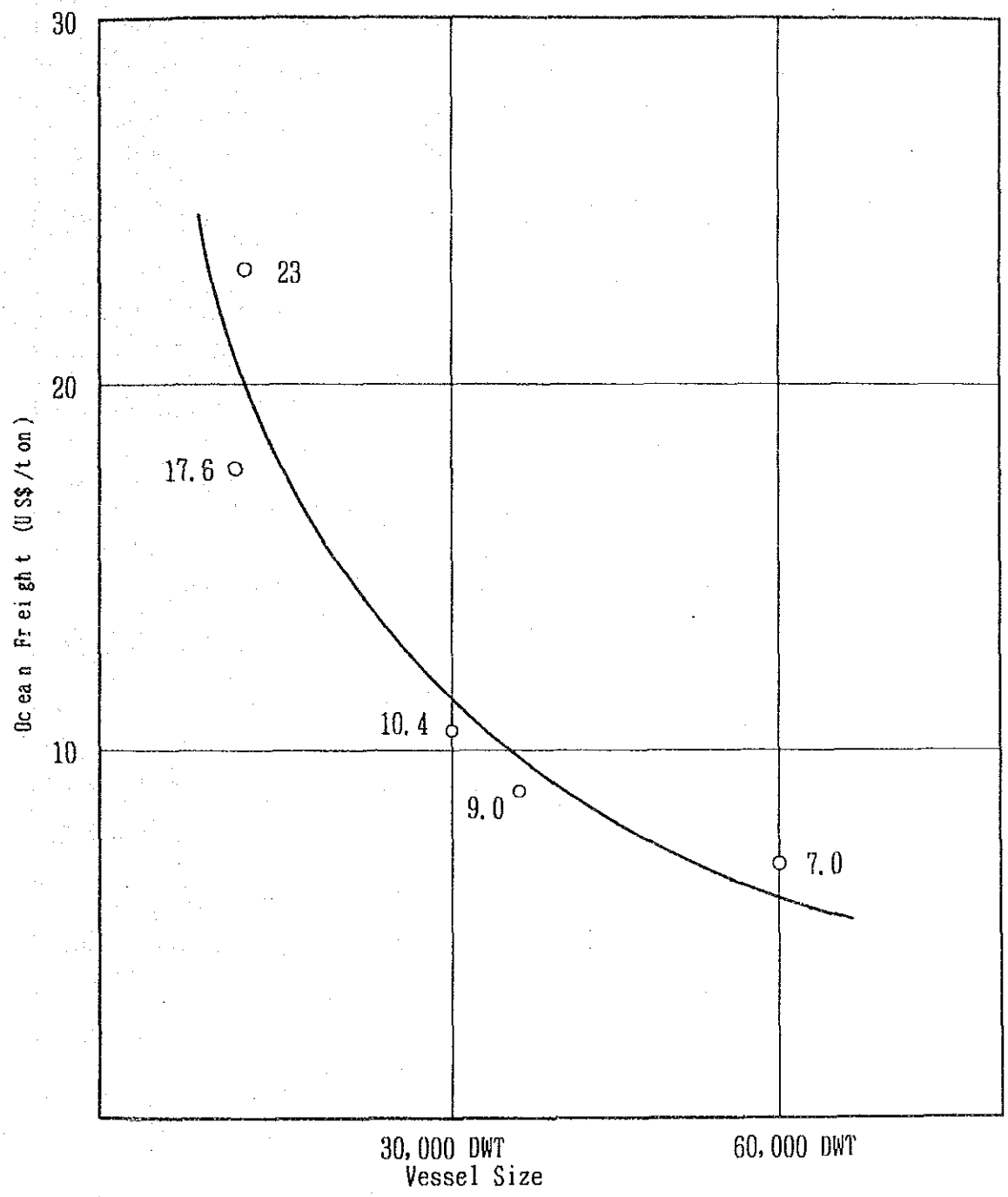


Figure5.4 − 2 Ocean Freight vs Vessel Size
(New Castle, Australia - Calaca)

Table 5.4-8 Possible Coal Loading Ports for Proposed Power Plant

		South Africa	Colombia	United States				
		Richards Bay	Puerto Bolivar	Mobile	Davant (Electro-Coal Transfer Terminal)		Norfolk	Newport News
		Coal Berth No.301-304		MacDuffie Terminal	No.1 Dock	No.2 Dock	Western Pier No.6	C & O Pier # 14
Operator		South African Railways & Harbours Ad.		Alabama State Docks Dept.	Electro-Coal Transfer Corp.		Norfolk & Western Railway Co.	Chespeake & Ohio Railway Co.
Available Number of Vessel		2 - 4	1	1	1	1	2	1
Channel Depth (m)		19.0	19	12.19	(SWP) 12.50	(SWP) 12.50	13.72	13.72
Berthing Basin	Length (m)	1,400	-	319	442	486	549	332
	Depth (m)	19.0	17	12.19	16.76	16.76	14.33	13.72
Max. Acceptable Vessel	Size (1,000DWT)	170	150	130	130	60	(Partial) 160	(Partial) 160
	LOA (m)	314	300	292.61	290	290	488	297
	Beam (m)	47.25	45	35.05	40.8	40.8	45.72	45
Shiploader Capacity (t/h)		10,000 × 1 9,000 × 2	11,000 × 1	2,000 × 1	4,000 × 1 6,000 × 1	3,000 × 1	3,000 × 2	250 × 2
Shipping Capacity ('000 t/y)		44,000	15,000	7,250	25,000		32,000	15,000
Coal Stockyard Capacity ('000 t)		4,000	1,700	1,724	4,800		800	800

Table 5.4-9 Possible Coal Loading Ports for Proposed Power Plant

		Australia									
		N S W				Q L D					
		Port Kembla	Newcastle			Gladstone			Hay Point		Abbot Point
			Basin	Channel	Kooragang Coal Loader	Barney Point	Auckland point	Clinton Estate	Hay Point	Dalrymple Bay	Coal Berth
Operator		MSB	Loader : MSB Yard : PWCS	Loader : MSB Yard : PWCS	KCL	Bulk Handling Co.	GHB	GHB	Hay Point Service Pty., Ltd.	Dalrymple Bay Coal Terminal Pty., Ltd.	Abbot Point Bulk Coal Pty., Ltd. MIM
Available Number of Vessel		1	1	2	1	1	1	1	2	1	1
Channel Depth (m)		15.25	15.2	15.2	15.2	15.0	14.7	15.0	13.4	13.4	17.0
Berthing Basin	Length (m)	250	384	560	311	204	577.88	340	(No.1) 204 (No.2) 189	254	264
	Depth (m)	16.25	11.6	16.5	16.5	15.0	11.3	17.2	(No.1) 16.86 (No.2) 17.17	20	19.3
Max. Acceptable Vessel	DWT (1,000DWT)	110	60	110	250	80	60	150	(No.1) 150 (No.2) 200	200	16.5
	LOA (m)	290	250	290	290	242	238	270	(No.1) 300 (No.2) 300	320	297
	Beam (m)	45	33.53	43	46	43.5	32	42	(No.1) 50 (No.2) 50	50	47.5
Shiploader Capacity (t/h)		6,600 × 2	1,000 × 2	2,500 × 3	10,500 × 1	2,000 × 1	800 × 2	4,000 × 1	(No.1) 4,500×1 (No.2) 6,000×1	6,600 × 1	4,600 × 1
Shipping Capacity ('000 t/y)		1,4000	28,000		15,000	7,000	3,800	13,500	22,000	15,000	6,500
Coal Stockyard Capacity ('000 t)		600	90	700	900	400	300	2,000	2,500	1,500	1,250

Table. 5. 4-10 Possible Coal Loading Ports for Proposed Power Plant

		China	
		Qinhuangdao	Shijiusu
		New Berth Phase II	-
Operator		Ministry of Transport	Ministry of Transport
Available Number of Vessel		2	2
Channel Depth (m)		13.0	15.0
Berthing Basin	Length (m)	600	452
	Depth (m)	14.0	15.0 17.0
Max. Acceptable Vessel	Size (,000 DWT)	60	100
	LOA (m)	230	NA
	Beam (m)	33.0	NA
Shiploader Capacity (t/h)		6,600 × 2	6,000 × 2
Shipping Capacity ('000 t/y)		20,000	15,000 (7,500 for Export)
Coal Stockyard Capacity ('000 t)		1,000	1,200
Completion		July, 1985	Test loading commenced in May, 1986