

Table 6-4c Measured Resourced of North Kuan Klang Deposit, Sin Pun Basin

Cal. Value(kcal/kg)	500 ~	1500 ~	2000 ~	2500 ~	3000 ~	TOTAL
Depth from Surf.	1500	2000	2500	3000	4000	tons
0 ~ 25 (m)	0	0	1,200	1,352,400	1,477,900	2,831,500
25 ~ 50	0	0	74,200	2,777,100	962,500	3,813,800
50 ~ 75	0	0	216,700	2,551,500	721,100	3,489,300
75 ~ 100	0	0	4,800	1,124,500	562,600	1,691,900
100 ~ 125	0	0	0	1,298,100	376,500	1,674,600
125 ~ 150	0	0	0	1,062,600	182,600	1,245,200
150 ~ 175	0	0	0	864,900	80,300	945,200
175 ~ 200	0	0	0	643,800	88,000	731,800
200 ~ 250	0	0	0	786,700	1,600	788,300
250 ~ 300	0	0	0	0	0	0
300 ~ 400	0	0	0	0	0	0
Total (tons)	0	0	296,900	12,461,600	4,453,100	17,211,600

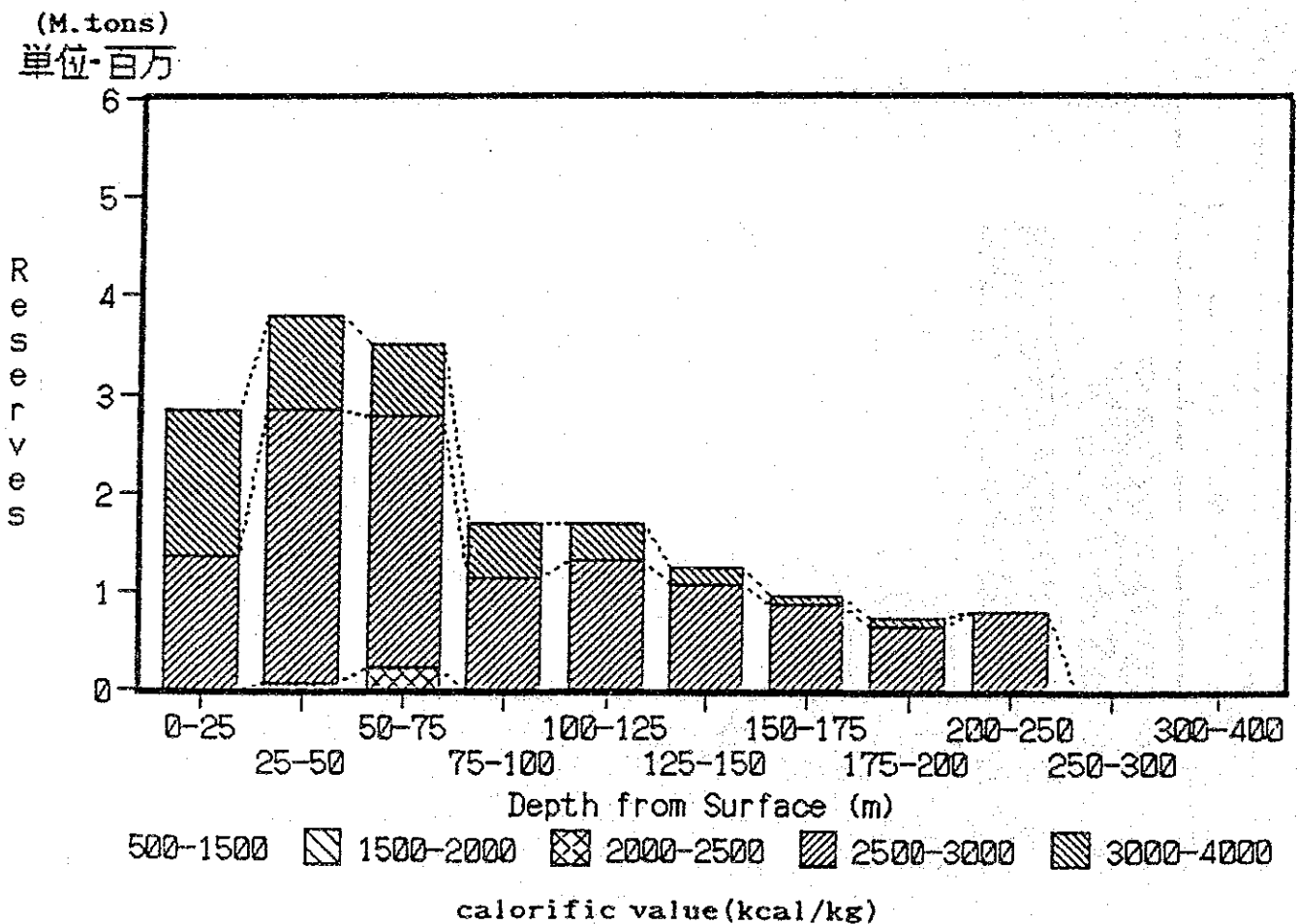


Fig. 6-5c Measured Res. of North Kuan Klang Dep. Classified by Calorific Value (kcal/kg)

Table 6-4d Measured Resourced of North Kuan Klang Deposit, Sin Pun Basin

Cal. Value(kcal/kg)	500 ~	1500 ~	2000 ~	2500 ~	3000 ~	TOTAL
Depth from Surf.	1500	2000	2500	3000	4000	tons
0 ~ 25 (m)	0	0	0	25,000	2,031,400	2,056,400
25 ~ 50	0	0	0	282,400	78,100	360,500
50 ~ 75	0	0	0	335,000	0	335,000
75 ~ 100	0	0	4,400	7,900	0	12,300
100 ~ 125	0	0	0	0	0	0
125 ~ 150	0	0	0	0	0	0
150 ~ 175	0	0	0	0	0	0
175 ~ 200	0	0	0	0	0	0
200 ~ 250	0	0	0	0	0	0
250 ~ 300	0	0	0	0	0	0
300 ~ 400	0	0	0	0	0	0
Total (tons)	0	0	4,400	650,300	2,109,500	2,764,200

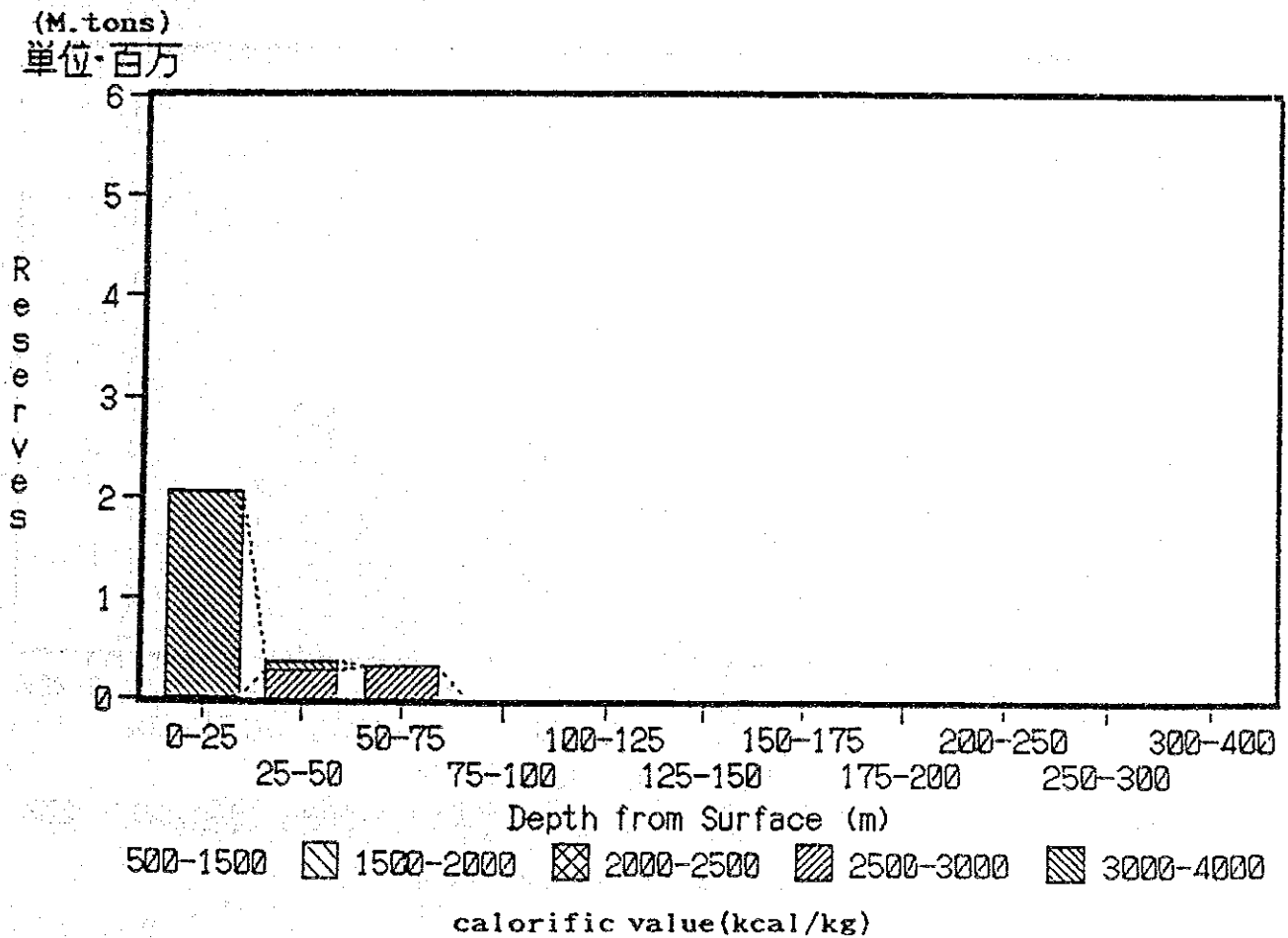


Fig. 6-5d Measured Res. of North Kuan Klang Dep. Classified by Calorific Value (kcal/kg)

Table 6-4e Measured Resourced of South Kuan Klang Deposit, Sin Pun Basin

Cal. Value(kcal/kg)	500 ~	1500 ~	2000 ~	2500 ~	3000 ~	TOTAL
Depth from Surf.	1500	2000	2500	3000	4000	tons
0 ~ 25 (m)	0	0	48,700	374,300	1,463,000	1,886,000
25 ~ 50	0	0	0	32,000	1,477,900	1,509,900
50 ~ 75	0	0	0	7,100	1,245,700	1,252,800
75 ~ 100	0	0	0	0	623,500	623,500
100 ~ 125	0	0	0	0	66,800	66,800
125 ~ 150	0	0	0	0	0	0
150 ~ 175	0	0	0	0	0	0
175 ~ 200	0	0	0	0	0	0
200 ~ 250	0	0	0	0	0	0
250 ~ 300	0	0	0	0	0	0
300 ~ 400	0	0	0	0	0	0
Total (tons)	0	0	48,700	413,400	4,876,900	5,339,000

(M. tons)
單位·百万

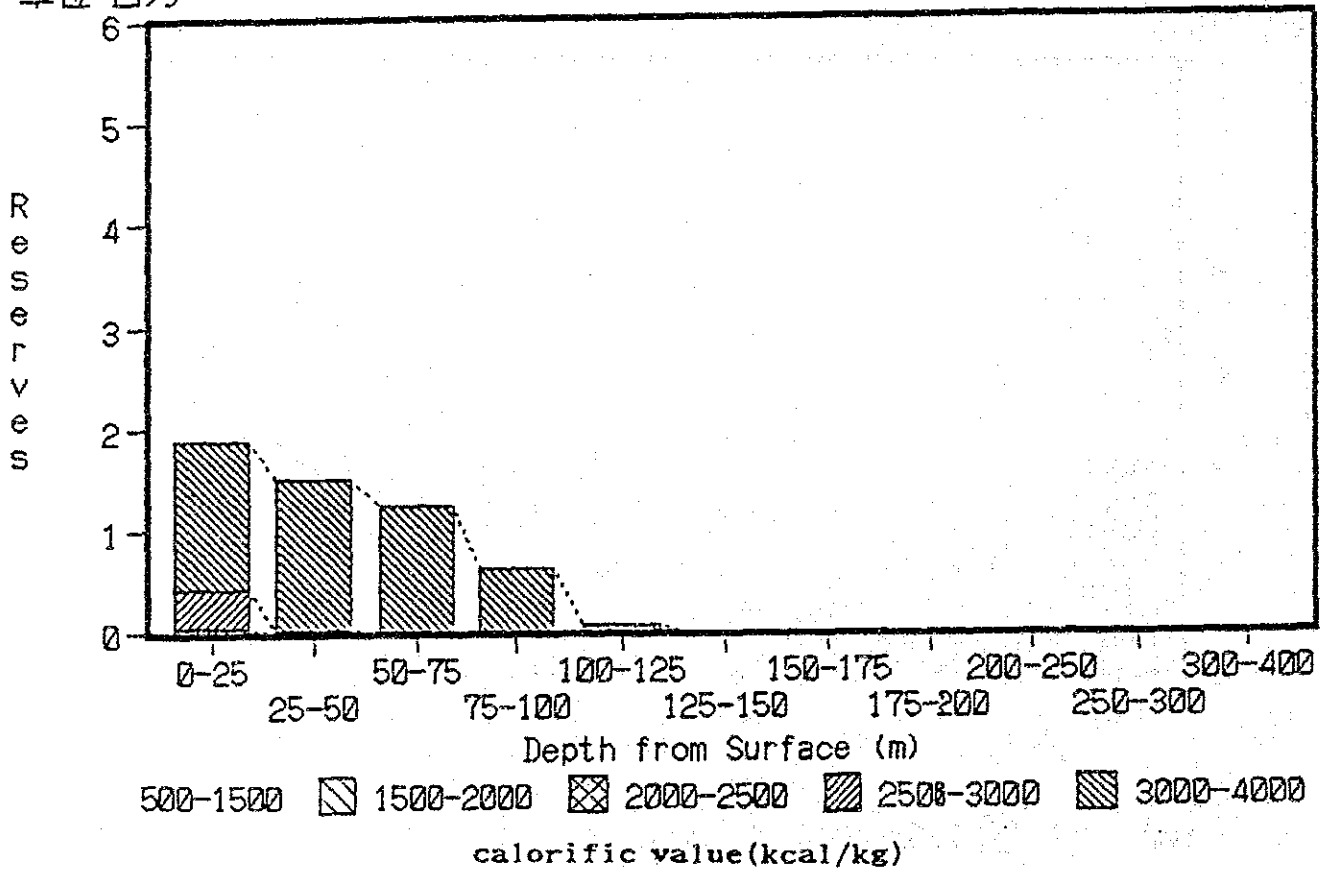


Fig. 6-5e Measured Res. of South Kuan Klang Dep. Classified by Calorific Value (kcal/kg)

Table 6-4f Measured Resources of Nong Wa Deposit, Sin Pun Basin

Cal. Value(kcal/kg)	500 ~		1500 ~		2000 ~		2500 ~		3000 ~		TOTAL tons
	1500		2000		2500		3000		4000		
0 ~ 25 (m)	0	248,600	566,800	709,900	112,400	1,637,700					
25 ~ 50	600	365,400	1,267,100	718,600	159,000	2,510,700					
50 ~ 75	0	150,800	1,366,800	265,600	81,600	1,864,800					
75 ~ 100	0	361,200	1,330,700	335,100	0	2,027,000					
100 ~ 125	0	445,700	1,105,000	388,500	28,900	1,968,100					
125 ~ 150	0	244,500	843,000	558,000	19,900	1,665,400					
150 ~ 175	0	186,700	608,100	554,600	65,000	1,414,400					
175 ~ 200	0	153,000	467,000	1,148,600	77,200	1,845,800					
200 ~ 250	0	14,100	600	221,300	0	236,000					
250 ~ 300	0	0	0	0	0	0					
300 ~ 400	0	0	0	0	0	0					
Total (tons)	600	2,170,000	7,555,100	4,900,200	544,000	15,169,900					

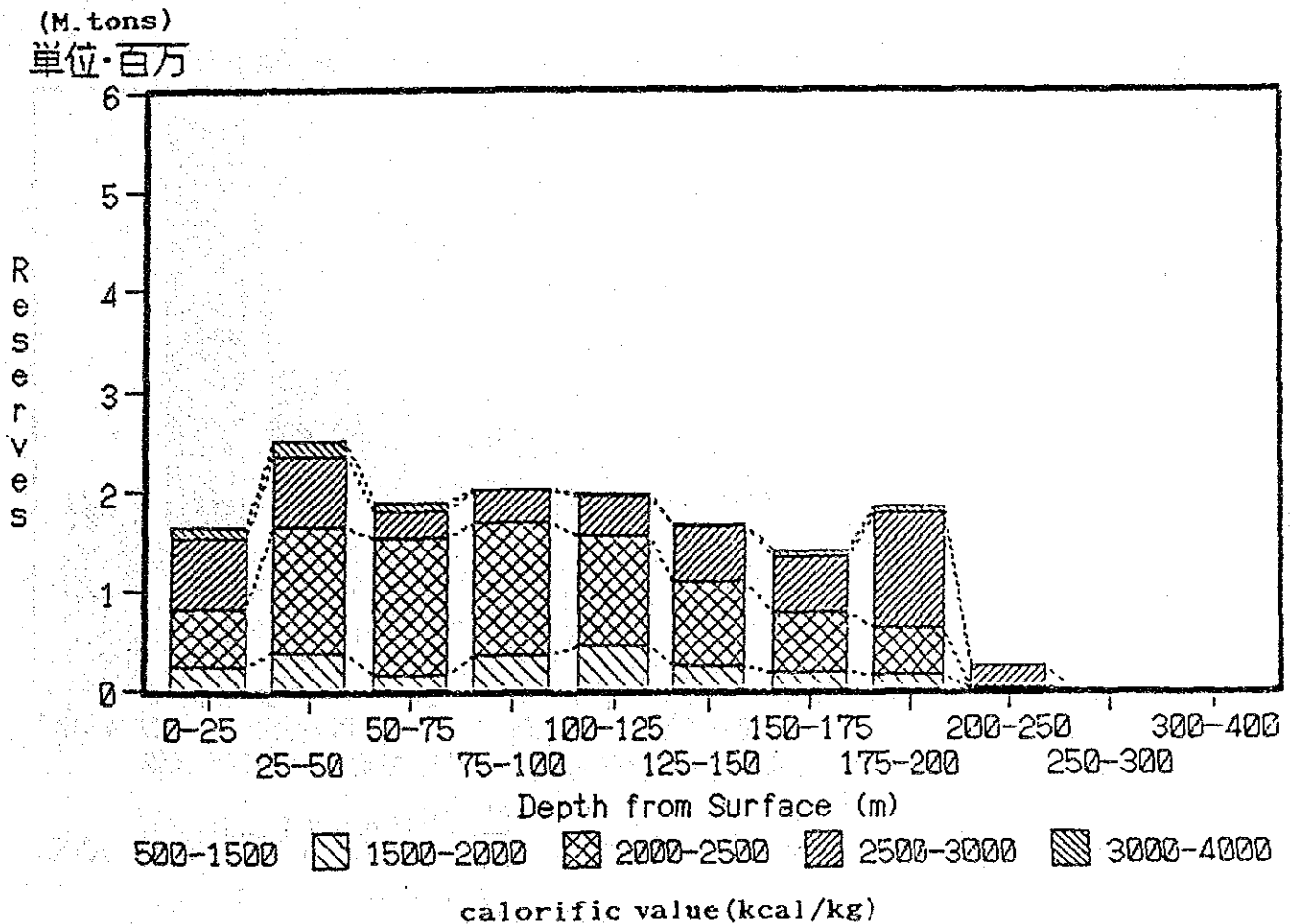


Fig. 6-5f Measured Resources of Nong Wa Deposit Classified by Calorific Value (kcal/kg)

Table 6-4g Measured Resources of Nong Wa Deposit, Sin Pun Basin

Cal. Value(kcal/kg)	500 ~	1500 ~	2000 ~	2500 ~	3000 ~	TOTAL
Depth from Surf.	1500	2000	2500	3000	4000	
0 ~ 25 (m)	0	0	0	0	0	0
25 ~ 50	600	0	0	0	0	600
50 ~ 75	0	0	0	0	0	0
75 ~ 100	0	0	0	0	0	0
100 ~ 125	0	0	1,900	700	0	2,600
125 ~ 150	0	4,600	133,000	121,200	0	258,800
150 ~ 175	0	18,700	91,600	724,800	0	835,100
175 ~ 200	0	14,400	296,700	1,394,800	0	1,705,900
200 ~ 250	0	12,300	1,142,700	2,045,100	0	3,200,100
250 ~ 300	0	0	1,368,600	4,351,100	0	5,719,700
300 ~ 400	0	0	899,800	1,042,000	0	1,941,800
Total	600	50,000	3,934,300	9,679,700	0	13,664,600

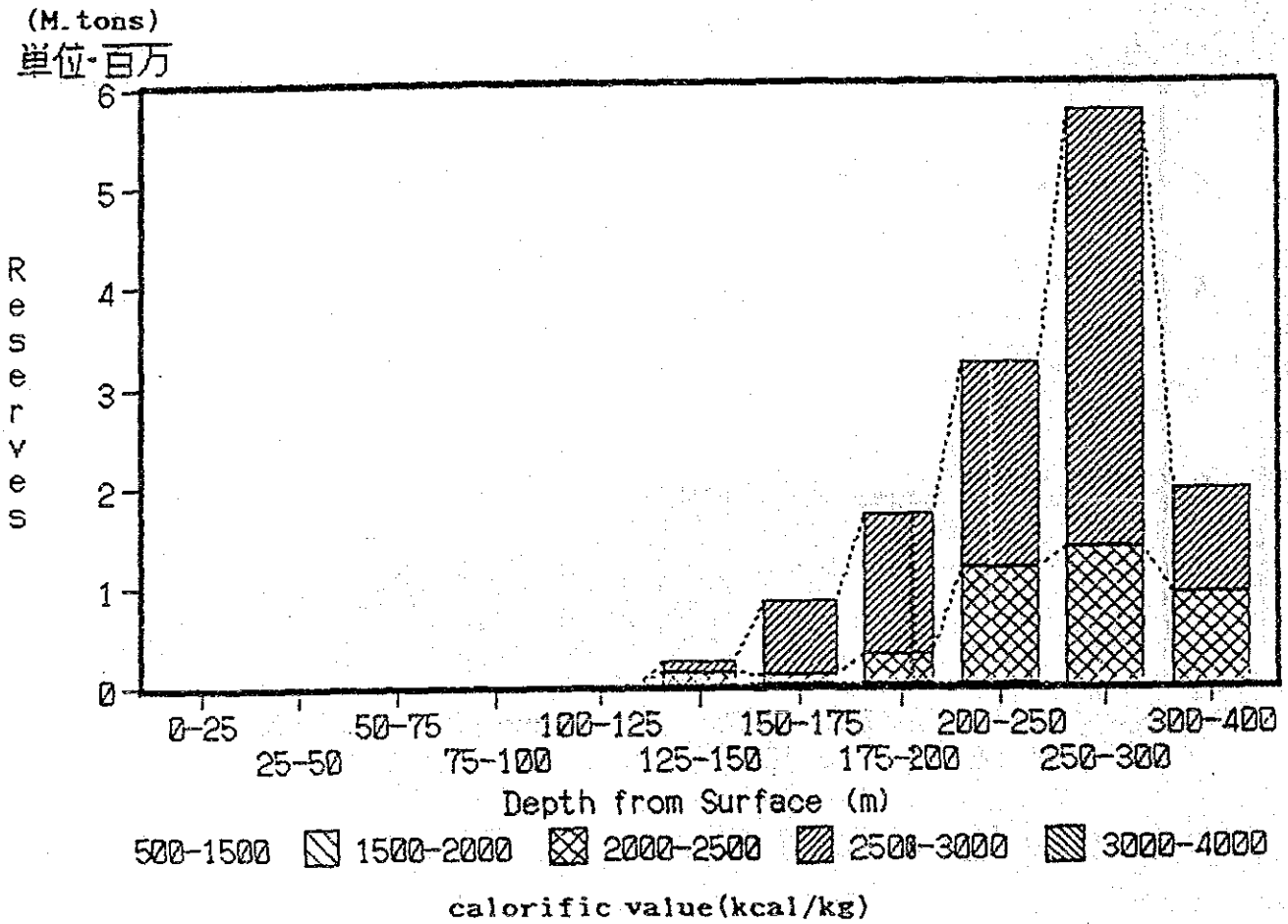


Fig. 6-5g Indicated Resources of Nong Wa Deposit Classified by Calorific Value (kcal/kg)

TALMDPのスタディーは、切羽傾斜の安定を図るため、地下水位を下げ、地下水圧による切羽を救うため、排水に心がけることを示唆している。また各々の切羽の周囲に排水ボーリングを実施することを薦めている。計画されている排水ボーリングの数は各々の切羽において次のようである。

Bang Sai	36
North Kuan Kiang	72
South Kuan Kiang	18
Total	116

クラビ炭鉱における露天掘切羽運営のEGATの経験は、シンブン炭田開発に有効に達しない。採炭が進むにつれての地下水レベルと排水量の正確なデータ収集が将来の切羽傾斜の安定に関する調査に有効となる。

地質構造調査は、切羽傾斜の概略を次のように薦めている。

Highwall	13-15 °
Lowwall	0-20 °
Endwall	12 °

6.2.3 シンブン地域におけるJICA調査

JICAの当該プロジェクトは、日本における燃焼試験実施の目的のためのリグナイトサンプルを得るために、シンブン地域で10本の大口径ボーリングを実施した。10本の内7本がBang Sai地区で、3本がNorth Kuan KLang地区で実施された (Fig. 6-7, Photo 6-2, 6-3)。実施された試錐のうち代表的な炭柱図を Fig. 6-6 に示した。

また、多量のリグナイト試料を得るために Bang Sai 地区で7m X 20mのトレンチが切られた (Fig. 6-8 Photo 6-4)。

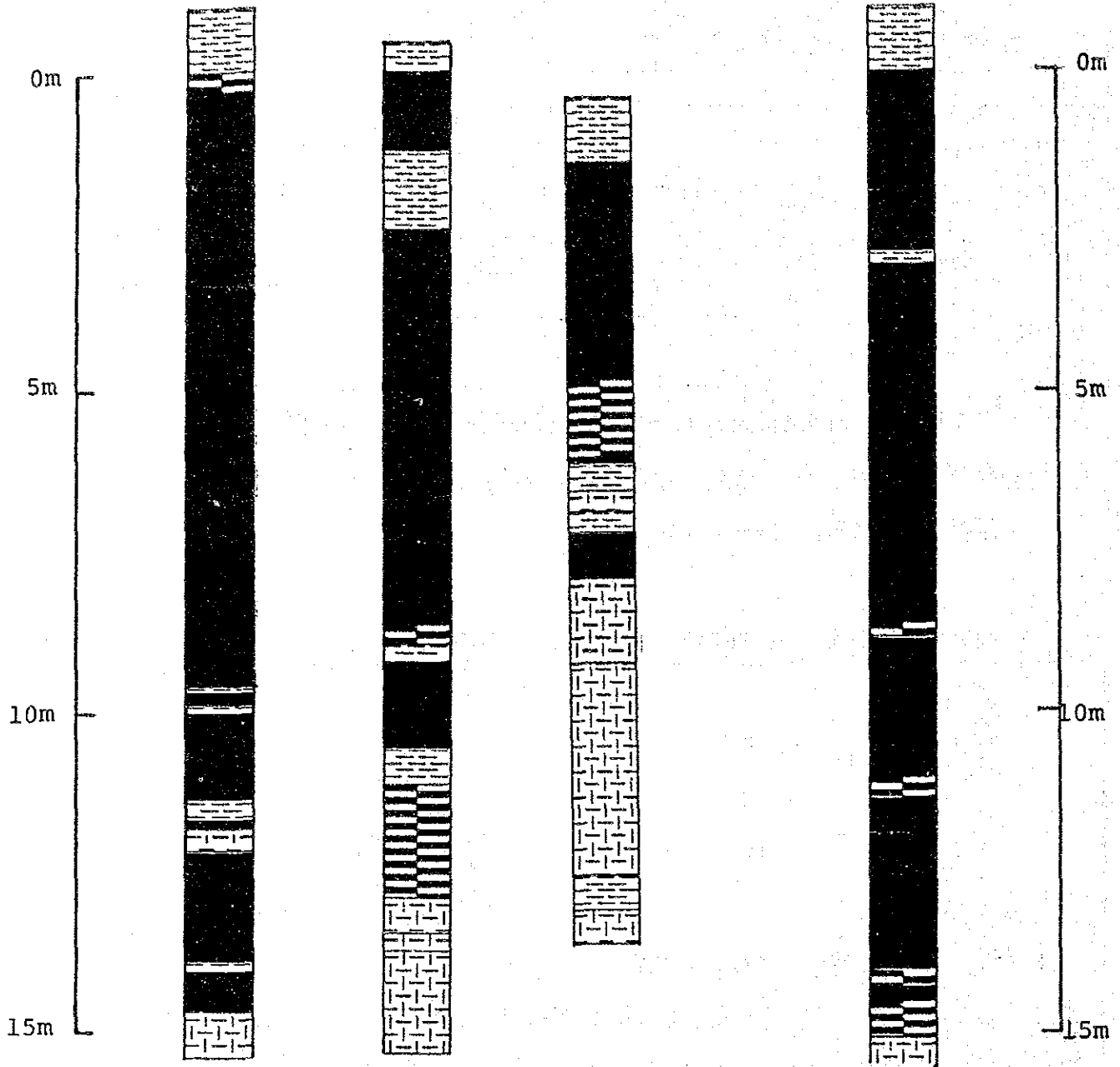
シンブン 地域で実施された10本の試錐とトレンチから得られた、全部で15トンのリグナイトが、1992年3月に日本に向けて出された。

Bang Sai Deposit

N. Kuan Klang Deposit

LSP 1206C LSP 1202C LSP 1204C

LSP 1208C



LEGEND






-  Hard Lignite
-  Soft Lignite
-  Ligneous Claystone
-  Claystone
-  Mudstone

Fig. 6-6 Typical Coal Sections of JICA Sampling Drills in Sin Pun Basin

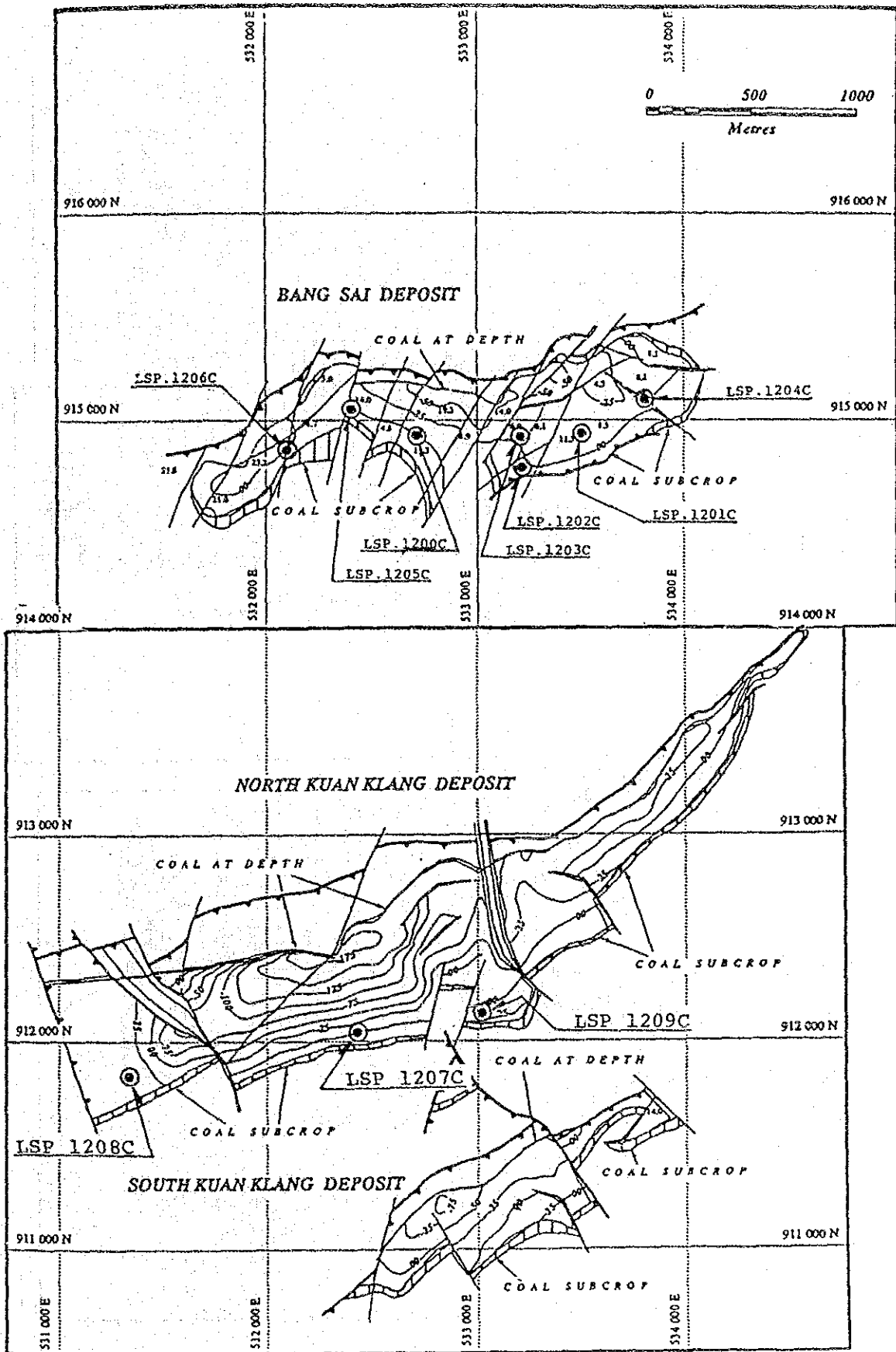


Fig. 6-7 JICA Sampling Drills in Sin Pun Area

Trench for Bulk Sample at Bang Sai Deposit

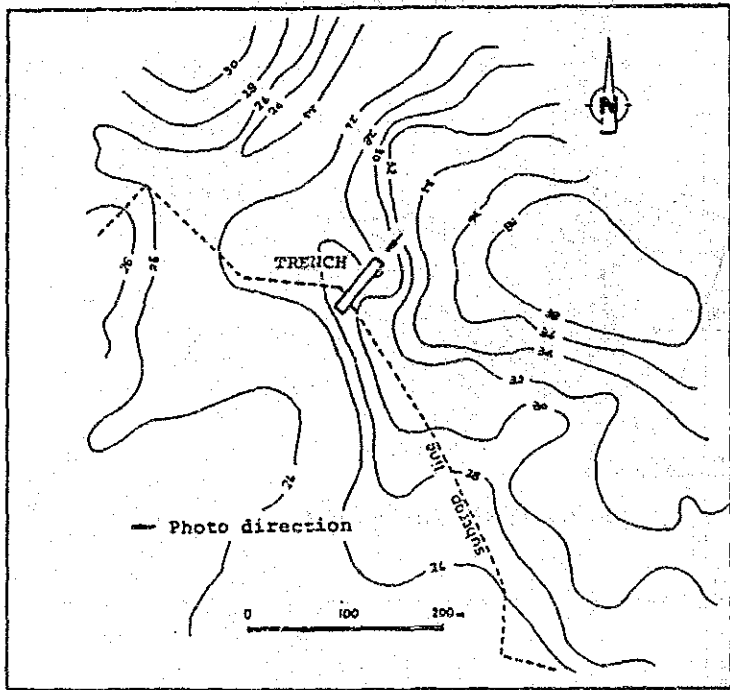
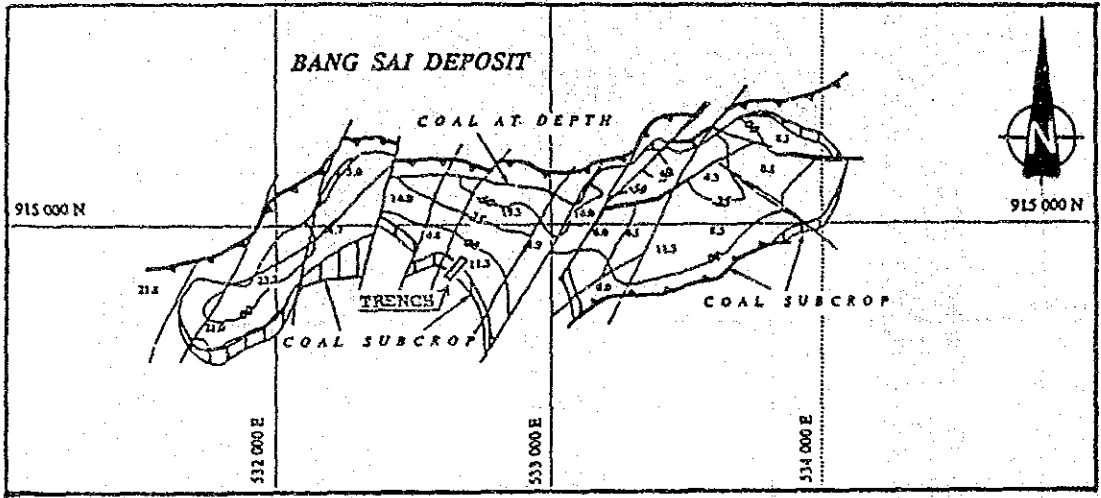
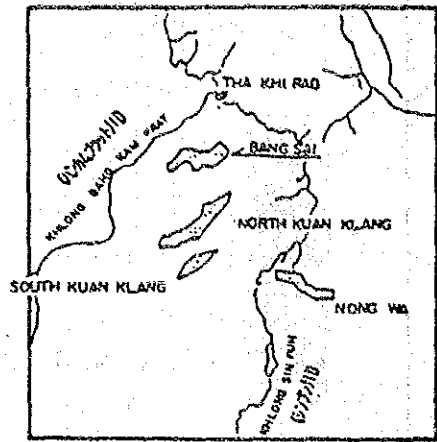
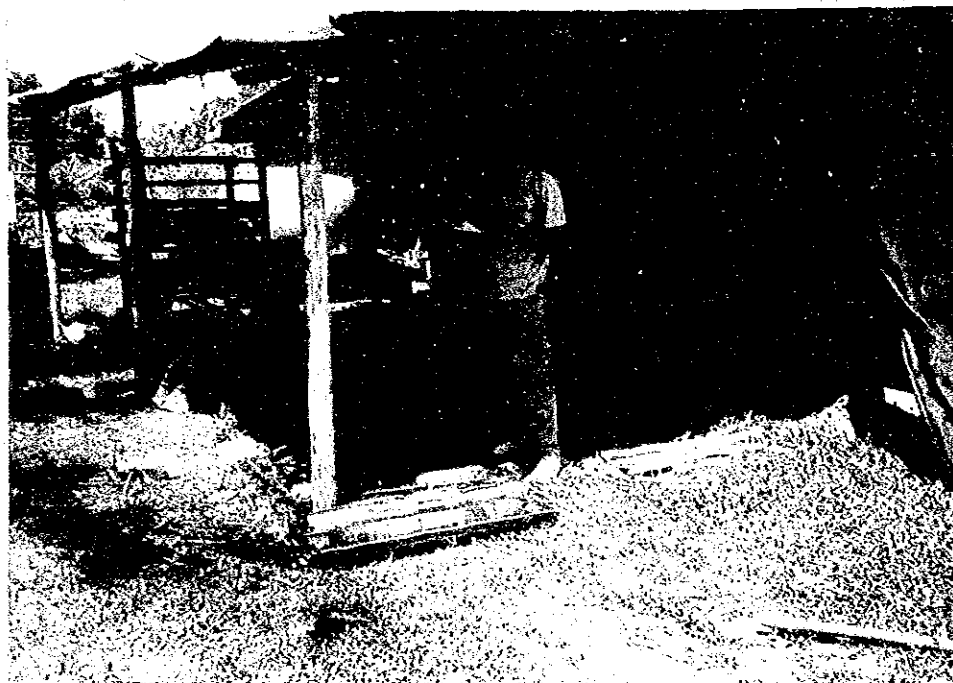


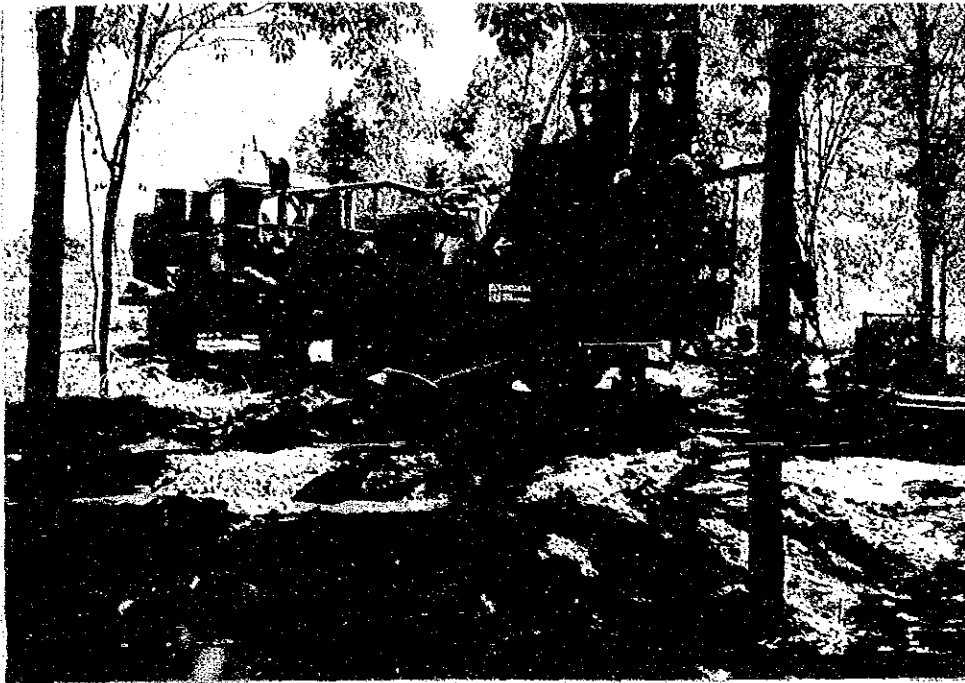
Fig. 6-8 Trench for Bulk Sample at Bang Sai Deposit



EGAT Bench Scale Sampling Office
at Sin Pun Project Area



Core-logging place beside the office

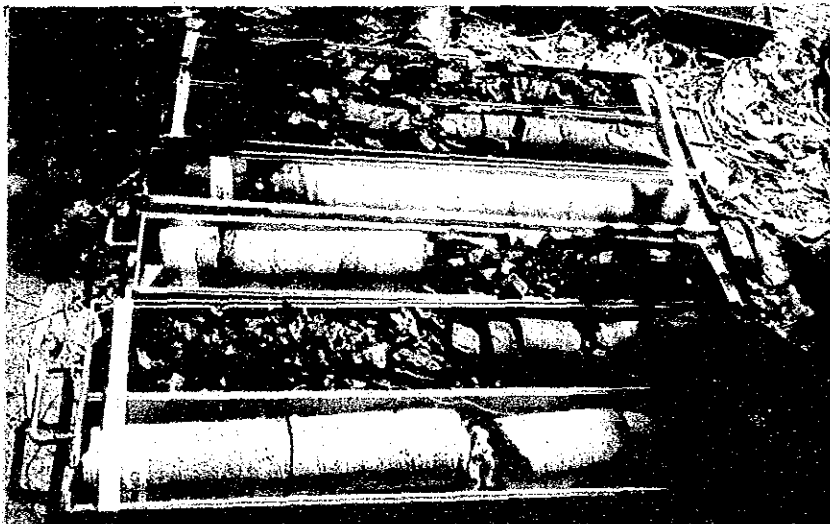


Truck Mounted Drill Machine at Bang Sai Deposit

Lignite core (3m) pushed out
the core interbarrel.



Core in 1m Core Boxes





Trench for bulk-sampling of lignite at Bang Sai Deposit
(facing southwest)

6.3 クラビ炭鉱

6.3.1 序論

6.3.1.1 位置及び交通

クラビ露天炭鉱は、東経98° 50′ から東経98° 55′、北緯 7° 58′ から北緯 8° 3′ (南北28km×東西13km) の600 平方キロメートルの範囲のタイ半島の中央西海岸のクラビ県クラビ炭田に位置する (Fig. 6-10)。

近くの大きな市街地であるクラビの街へは舗装道路を通過して北西に約27kmである。クラビの街は、Petchkasaemハイウェイで北に約990km のところにあるBangkokと連絡されている。シンブン炭田は、砂利道で約80kmの北東にある。

定期便のある最も近い飛行場は、Phuketで舗装道路で160kmのところにある。Bangkokから毎日就航している。

6.3.1.2 炭鉱開発の過程

クラビ炭田は、Klong Tone、Bang Pu Dum、Bang Mark、Wai Lek、Mu Na (Fig. 6-10) の5小堆積盆からなっている。Bang Pu 地域は、Penang Syndicated のRobert Young氏によって1902年、最初に報じられ、1904年にDepartment of Mineral Resources(DMR)によってリグナイトの探査及び採掘権が与えられた。クラビ coal Syndicateが設立され、Bang Pu Dum堆積盆からリグナイトの採掘が始められ、生産されたリグナイトは全量マレーシア連邦に販売された。1915年7月、Royal Thai Mineralsの監督官であるJohn H. Heal氏は、50フィートの深さの立坑と多数のボーリングと試験採掘を行った結果、クラビ炭田のリグナイトは、品位的には非常に落ちると報告した。

King Rama 7世は、リグナイトは重要なエネルギー資源であるとし、1927年にクラビのリグナイトを政府のためにのみ用いるように制限した。

第二次世界大戦後、Lignite Authority は、クラビ炭田に露天炭鉱の操業を始めた。1964年に、クラビ炭を燃料とする発電機(20MW x 3)が建設され、1965年クラビ露天炭

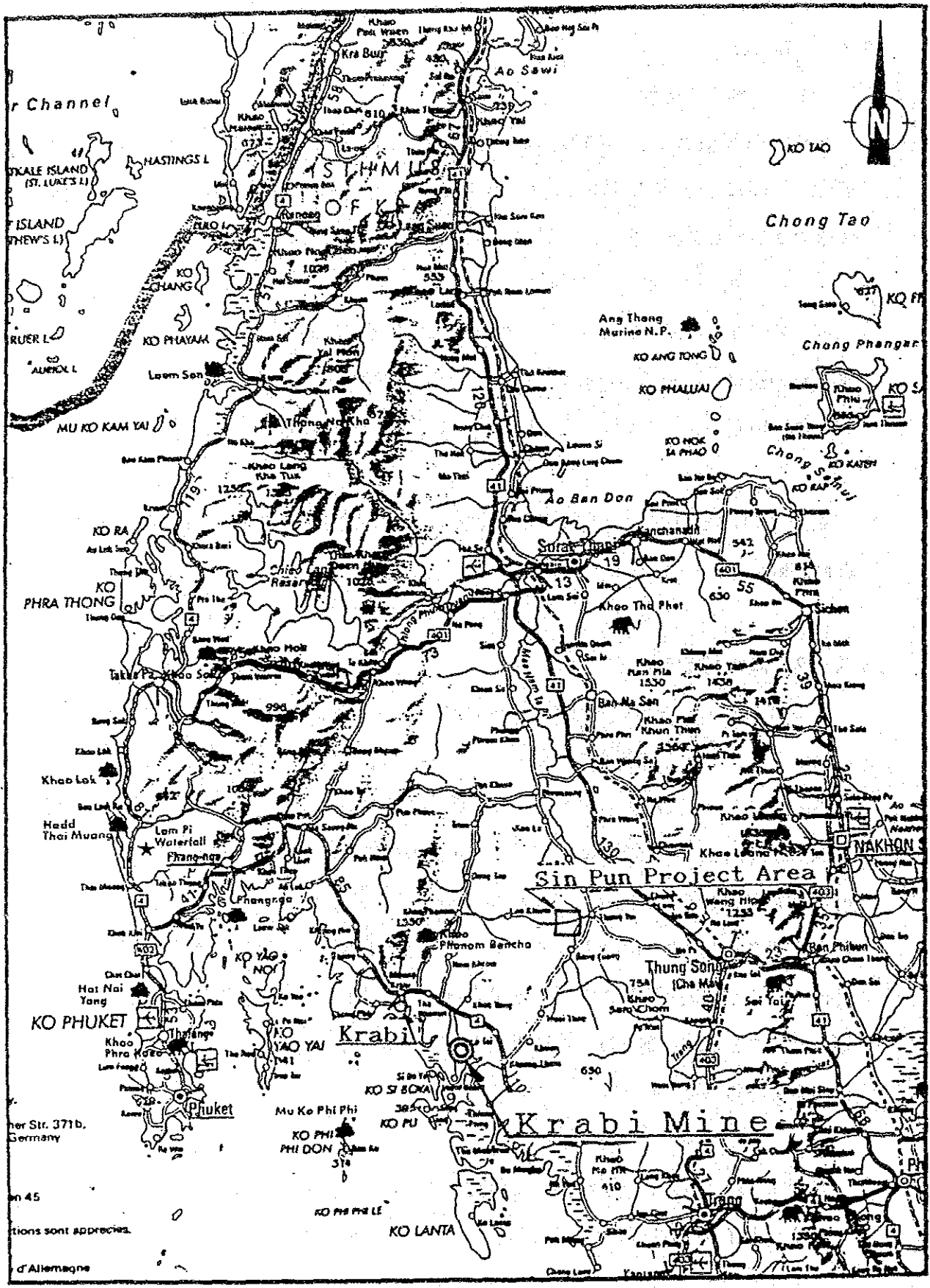
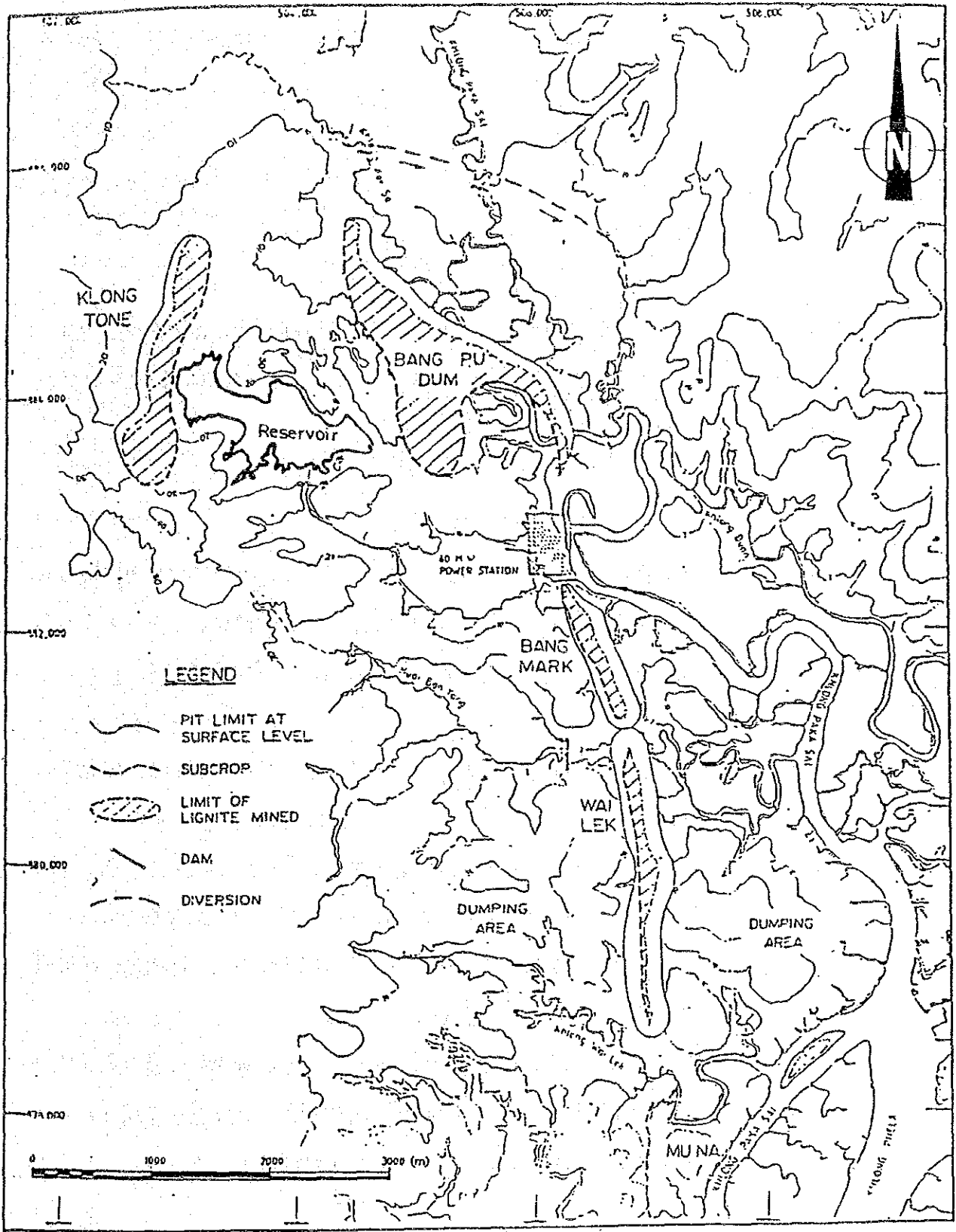


Fig. 6-9 Krabi Mine Location Map



modified from Krabi Coal Deposit Geological Report, July 1986

Fig. 6-10 Krabi Coal Deposits

鉱は発電所にリグナイトを供給するために拡張された。

その後、地質調査が断続的に行われた。1985年に、クラビ炭田における最も経済的な採炭ができる区域把握のために、地質的、地質工学的、炭質評価の分野を包括するようなボーリング計画が実行された。

クラビ炭鉱は、1億2,000万トンの埋蔵量があり、トラック&ショベルによって年25万トンを生産し、全量20MW 3基のクラビ発電所に供給している。

発電所のためのクラビ炭鉱拡張プロジェクトのF/S (1988.2) は、クラビ炭鉱は25年間にわたって500万トンを発電所供給できる報告している。年20万トンのシンブンA-FBC発電所へのリグナイト供給は十分可能である。

6.3.2 地理

クラビ炭田はタイの西海岸に位置し、炭田南部の大部分は、本質的には河口性のもので、マングローブや平坦泥地、氾濫堆積物に覆われており、北部は、古チャネルの小礫をともなった粘土、シルト、砂といった未固結の堆積物からなっている。

Puka Sai川がBang Pu Dum Bang Mark Wai Lek Mu Na 堆積盆の東側を流れて北から南に流れ、Malacca 海峡に注ぐPhela 川に至る。

クラビ炭田の地形は、平均20m(MSL)の標高を有するPuka Sai川の氾濫原によって特徴づけられている。多数の支流が堆積盆を流れる。本地域の最も高い標高は約40m程度の緩やかな起伏がある。

クラビ炭田周辺の気候は、乾季と雨季の2季に分けられる。乾季は1月から5月で晴天で暑く、ほとんど雨も風もない。この熱帯の気候の雨季は、5月から12月までと長い。1991年のクラビ炭鉱の気象の記録は、Table 6-5 に示す。

Table 6-5 Meteorological Data at Krabi Area

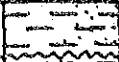


		Temperature				Rainfall		
		Max.		Min.		Monthly Rainfall (mm)	No. of Rain Day (day)	Greatest in 24hr. (mm)
		Ext. (°C)	Ave. (°C)	Ext. (°C)	Ave. (°C)			
1	Jan.	36.5	35.3	19.5	21.3	14.50	4	10.00
	Feb.	37.8	36.9	20.2	21.8	2.00	1	2.00
	Mar.	38.9	37.3	20.7	22.2	128.20	5	70.50
9	Apr.	38.3	36.2	21.0	22.9	103.50	6	30.60
	May	37.7	35.7	22.7	23.5	422.20	20	75.80
9	Jun.	36.2	34.5	22.5	24.0	65.00	6	40.90
	Jul.	35.5	33.5	21.5	22.9	261.30	17	53.60
1	Aug.	34.6	32.8	21.3	23.2	352.40	19	69.20
	Sep.	33.8	32.7	21.5	22.8	193.10	19	38.20
	Oct.	35.1	33.7	21.0	21.8	139.30	18	50.00
	Nov.	34.9	33.0	20.3	21.3	53.40	11	22.00
	Dec.	34.0	32.9	20.1	20.9	49.10	9	13.50

6.3.3 地質

6.3.3.1 地域層序

第三紀のクラビ炭田は、タイ半島の孤立した山間堆積盆地で形成された炭田の一つである。これまでの地質調査によって、浅海もしくは湖水成の堆積環境のもと Panang-nga Bay付近の狭い地溝状の地形の南端において形成されたことがわかっている。

クラビ地域には、古生代から第四紀までの地層が分布する (Fig. 6-11, 6-12)。基盤岩は、古生代後期から中生代にかけての堆積岩から成っている。第三紀の層序 (クラビ層群) は、下位から Bang Pu Dum 層、Paka sai 層、Khlung Siat 層、Khuan Muang 層、Tha Nun Huai 層の6つの地層からなっている。本地域の主要夾炭層は、Bang Pu Dum 層であり、Tha Nun 層には薄くて非経済的な炭層しか挟在しない。クラビ炭田は第四紀堆積物に覆われている。各々の岩石についての詳細は次の通りである。

QUATERNARY			Clay, silt and sand with gravel
TERTIARY	KRABI GROUP	HUAI KHRAM Fm.	Brown to gray clay and claystone with some sand and gravel in some parts; thickness varies from a few meters to 150 meters.
		THA NUN Fm.	Gray to brownish gray claystone, sandstone, siltstone with thin layer of lignite on the northern part and gray to reddish brown claystone with fine to coarse grained sandstone on the southern part; thickness is about 100-150 meters.
		KHUAN MUANG Fm.	Gray to brownish gray claystone, fossiliferous with slightly silty claystone and sandstone in part; thickness is about 100 meters.
		KHLONG SIAT Fm.	Gray claystone, fine grained sandstone and fossiliferous limestone; thickness is about 100 meters.
		PAKASAI Fm.	Gray to greenish gray claystone and laminated shale, calcareous and fossiliferous in some parts, interbedded with sandstone and siltstone in western part of the basin; thickness varies from 50- 450 meters.
		BANG PU DUM Fm.	Greenish gray to gray claystone, sandstone, limestone, carbonaceous claystone several thin lignite seams, gradually change to reddish brown and gray claystone, siltstone and sandstone in the lower portion; thickness is at least 150 meters.
UNCONFORMITY			
TRIASSIC-CRETACEOUS PERMIAN CARBONIFEROUS-PERMIAN		Basement of Mesozoic, Permian and Carboniferous - Permian Rock	

After Krabi Coal Deposit Geological Report, June 1986

Fig. 6-11 Lithostratigraphy of Krabi Basin

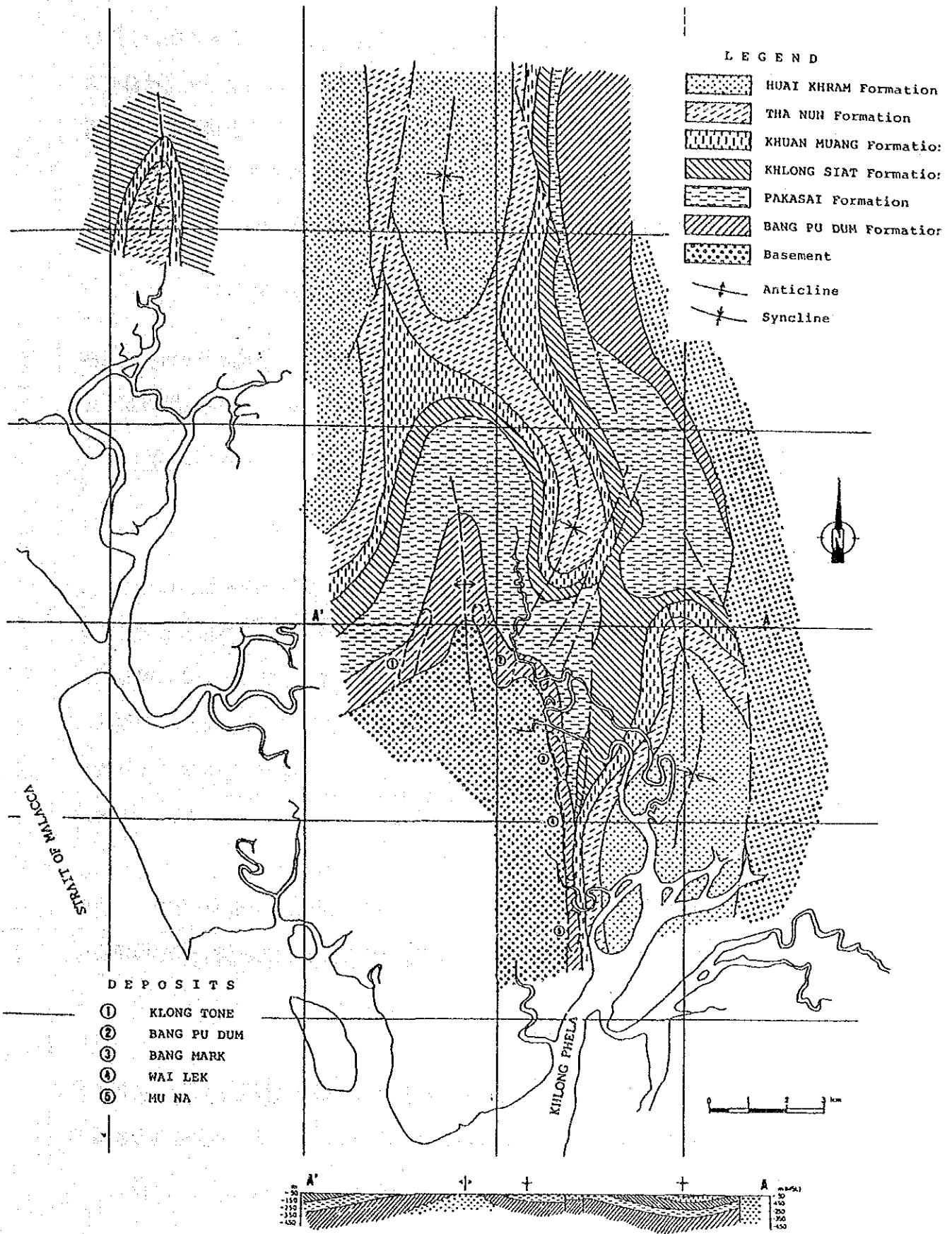


Fig. 6-12 Geologic Sketch Map at Elev. -50 m (MSL)

(1) 先第三紀層

二疊紀の石灰岩は、明～暗灰色塊状あるいは、砂岩や頁岩を挟在する層状石灰岩で特徴づけられ、第三紀堆積盆の西側と境界をなしている。堆積盆の南側はおそらく砂岩、頁岩、礫岩、チャートから成る石炭紀から二疊紀の岩石と接していると考えられている。中生代の赤色の地層か地と高地は堆積盆の東側の境界を形成している。この赤色の地層は河川成の砂岩、頁岩、礫岩より成っている。

(2) 第三紀層

クラビ層群(EGAT 1986) と呼ばれている第三紀堆積物は、下位からBang Pu Dum層、Paka sai層、Khleng Siat層、Khuan Muang層、Tha Nun Huai層の6つの地層に分けられる。(Fig. 6-11)

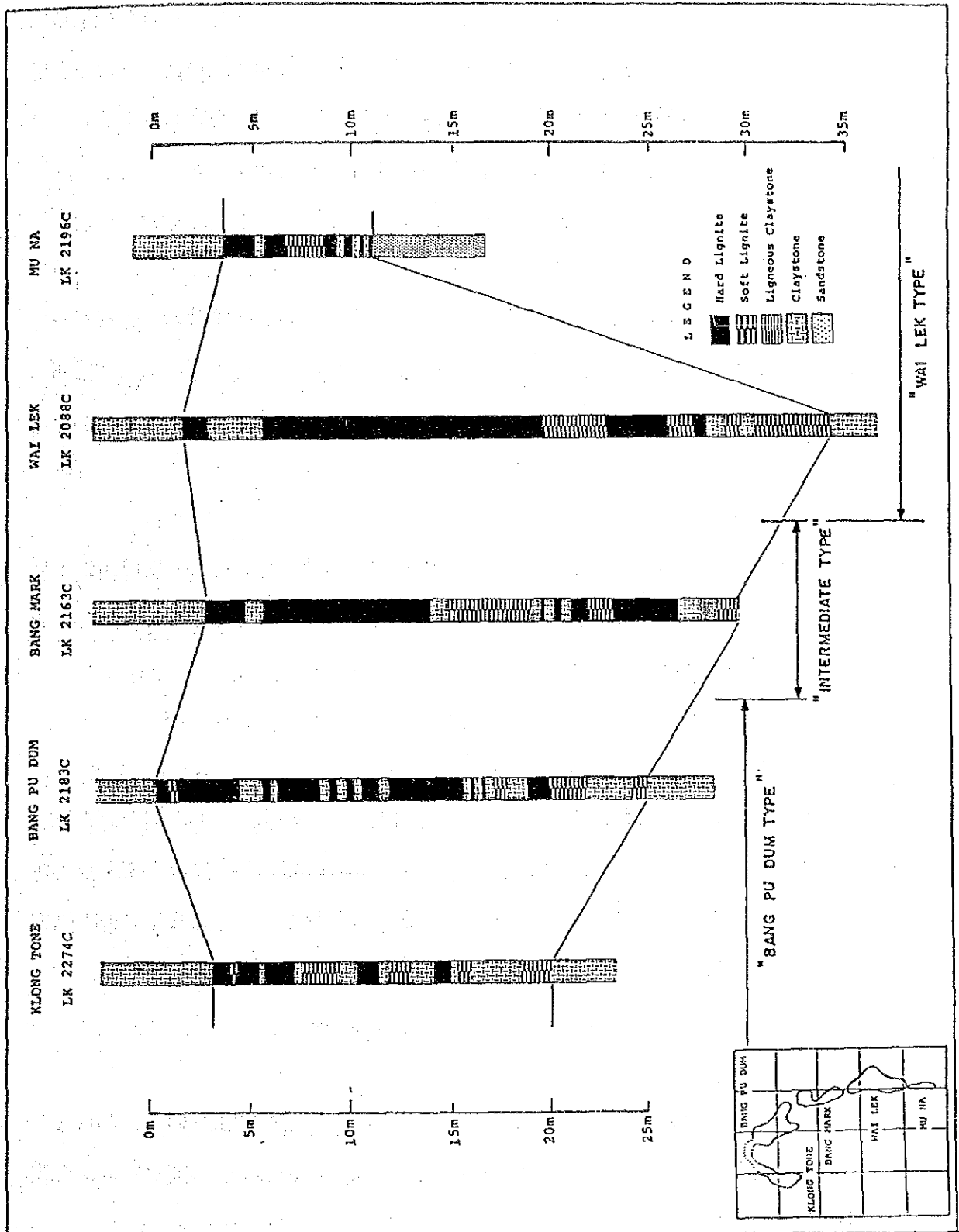
Bang Pu Dum 層

この層は、クラビ層群の最下位に位置し、先第三紀の基盤岩を不整合に覆う。この地層は、下部が赤褐色と灰色の粘土岩、シルト岩、砂岩で、上部は、緑灰色の粘土岩、砂岩、石灰岩、炭質粘土岩と複数のリグナイト層からなっている。層厚は、少なくとも150mはある。このリグナイトは、炭田の中央部に向かい肥厚する傾向にある。炭層部は非常に堆積学的に変化するが、Longworth-CMPSの技術者により炭層部は2つのタイプに分けられている。

Wai Lek type : 全く均質で良質のリグナイト層を挟み、15-20mの層厚を有する。西側に30-45°の急傾斜を示し、深部ではやや緩い傾斜となる。上下盤などの堆積岩は石灰質粘土岩である。

Bang Pu Dum typ : より浅い深度にあって、穏やかな傾斜で分裂をおこし、約10mの層厚のやや劣質な炭層である。上下の岩石は一般的にさまざまな粘土を含み砂質である。

Fig. 6-13 Typical Geological Logging of Five Coal Deposits of Krabi Basin



Simplified from Krabi Coal Deposit Geological Report, June 1986

Pakasai 層

この地層は、粘土岩や層状の頁岩からなり、灰ないし灰緑色を呈し、部分的に石灰質になっていたり、化石に富む。炭鉱の西側においては、挟在物に粗粒の堆積物、砂岩、シルト岩が入ってくる。このことは、この部分で堆積環境が変化したことを意味する。この地層は、北部あるいは北西部で10~50mの厚さを有し、クラビ炭鉱の北側では、200m以上に達し、炭鉱周辺では急に450mにも達する。

Khong Siat 層

この地層は、主堆積盆の北端の周りに緻密な灰色粘土岩、細粒砂岩、化石石灰岩が分布へだんだん緻密さに落ちる粘土岩や頁岩へと変化する。中部と東部は局部的にシルト質や砂質になる。この地層は約100mの層厚を有する。

Khuan Muang 層

この地層は、部分的にシルト質粘土岩や砂岩を伴う化石を含む灰~灰緑色粘土岩からなる。この地層は、堆積盆全体を通しての約100mの一定層厚を有し、第三紀層の対比には良い鍵層となる。

Tha Num 層

この地層は、堆積盆北部では、灰~灰褐色の粘土岩、砂岩、シルト岩からなり、その薄いリグナイト層を挟む。堆積盆南部では、細~粗粒の砂岩を伴う灰~赤褐色の粘土岩が挟在する。岩相の変化は、この地層の堆積過程における堆積条件の側方変化を物語っている。この地層は100mの層厚を有する。

Huai Khram 層

この地層は、部分的に砂と小礫をともなった褐色~灰色の粘土~粘土岩からなっている。クラビ層群最上位のこの地層は、層厚の変化が著しく、南部の数mから北部の100~150mとなっている。

(1) 第四紀層

第四紀の堆積物はクラビ炭田全域を覆う。北部では、未固結の堆積物からなっており、古チャンネルの小礫を伴う粘土、シルト、砂であるのに対し、南部では、本質的には河口性のもの、マングローブや泥地、氾濫原堆積物に覆われている。

6.3.3.2 リグナイト鉱床

クラビ炭田は、地域中央に分布するBang Pu Dum 層にKlong Tone, Bang Pu Dum, Bang Mark, Wai Lek, Mu Na地区の5つのリグナイト賦存域を有する (Fig. 6-11)。

EGATは、露天炭鉱をBang Markと Wai Lek地域で運営しており、リグナイトを山元の75MW×2の発電所に供給している。Bang Pu Dum pit は、最近終掘した。Klong Tone地区は、のA-FBC リグナイト所にリグナイトを供給するために開発が計画されている。各地区の詳細は次の通りである。

Klong Tone地区 (Fig. 6-14, 6-16)

EGATは、Klong Tone炭を新規FBC 発電所に年20万ト供給する計画である。この地域は、褶曲の西翼に位置する。この地域的広がり、1.3 平方キロメートル以上に及ぶ。リグナイトゾーン的全層厚は、地表近くで10-25m、深部で5mと変化し、平均で8mである。一般的に地域中央に向かい、合盤が炭層中に発生しその総厚は20mにもなり、リグナイト部はほとんどなくなる。南部と北部では合盤の総厚は5-10m、5-15m とそれぞれ変化する。リグナイトと合盤の平均比率は、1.34:1である。リグナイト部は、"Bang Pu Dun type"に区分される。炭層の潜頭は、堆積盆の東側境界に沿って分布し、その幅は、70-100m、延長は3 kmである。

炭層の走向は、北北西、傾斜は10° ~20° と変化する。南の境界付近の地層は北西に伸び北東に傾斜し、北部は Bang Pu Dun 地域に接し、走向は東西、傾斜は北に変化する。地表付近の露頭でほんのわずかに断層が見られる。

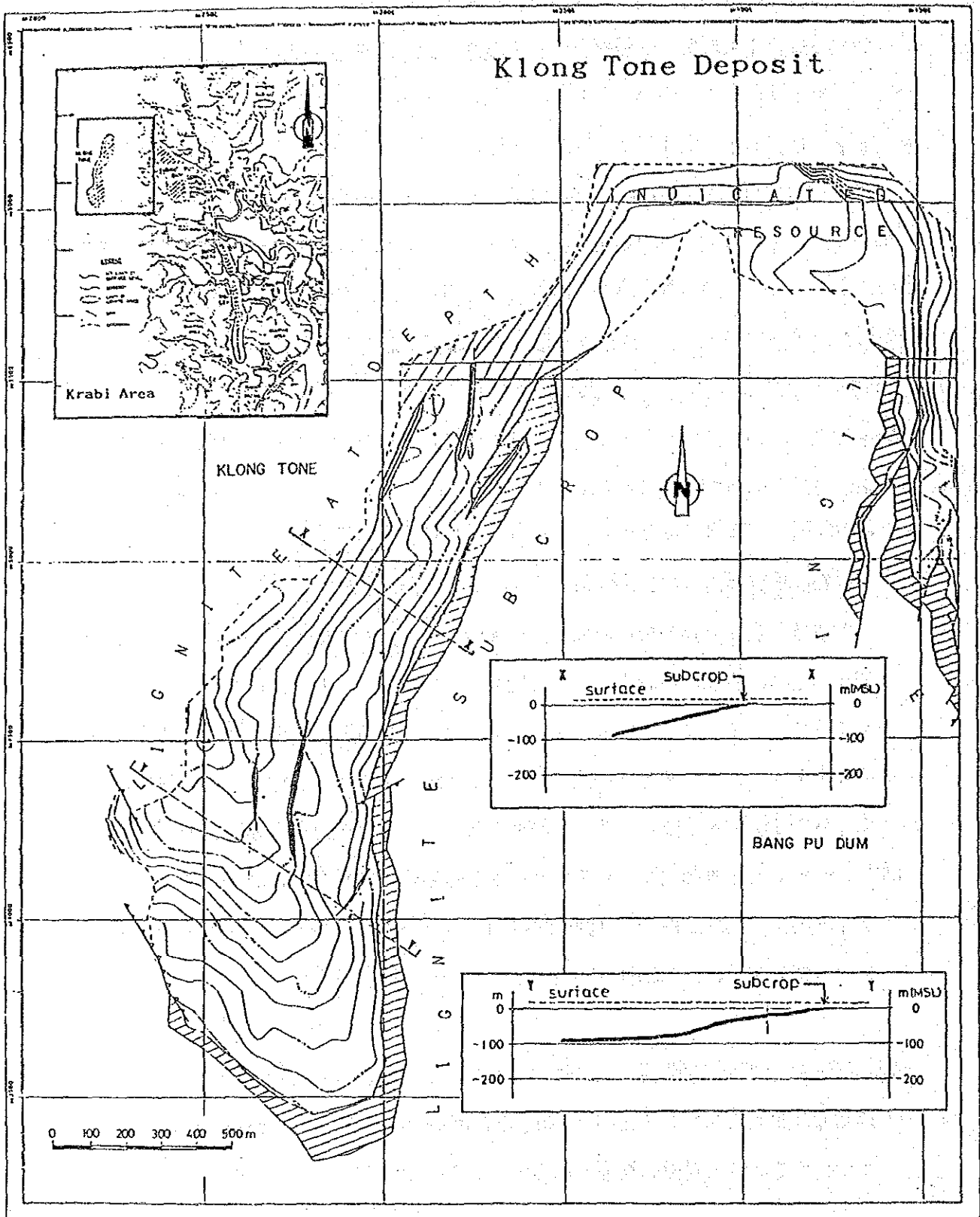


Fig. 6-14 Klong Tone Deposit

Bang Pu Dum 地区

この地域は、褶曲の東翼に位置し、BGATの Bang Pun Dum ピットとその周辺の地域からなる。しかしながらこの地域はほとんど掘りつくされている。その広がり、2 平方キロメートルに及ぶ。炭層部のリグナイト部分の総厚は、南側の5m以下から中央部の25m 以上に変化し、平均で12m。層厚は、北北西に向かって変化する。合盤の総厚は、北部の5m以下から南部の20m以上に変化する。炭層は、"Bang Pu Dum type" に区分される。リグナイトと合盤の割合は、3.19:1である。炭層は、この小堆積盆の西側境界に沿って潜頭し、その幅は、50~100m、延長は3.0km である。

炭層の走向は、北北西、傾斜は東北東に約10~20° である。北部では、走向は東西に変わり、Klong Tone地域と接している。潜頭部の西部と南部において北西と北東の2 つの断層系が存在している。炭層は、堆積盆の西側境界に沿って潜頭し、その幅は、50~100m、延長は3.0kmである。リグナイトの露出部分は、断層によって繰り返されている。

Bang Mark 地区

この地域は、Bang Pu Dum 地区の南東約0.5km のところにあって、その広がり、1.5平方kmにおよぶ。炭層部のリグナイトの総厚は、南側の5m以下から中央部の30m 以上に変化し、平均で17mである。炭層は、"Bang Pu Dum type" と "Wai Lek type" の "中間type" に区分される。南部では一般的に炭層中に多くの合盤を挟有する傾向を示し、合盤の総厚は、北部の5m以下から南部の35m 以上に変化する。リグナイトと合盤の割合は、2.89:1である。炭層は、堆積盆の西側境界に沿って、その幅は50m、延長は2.5kmである。

炭層の走向は、北北西、傾斜は東北東に約30° である。北及び南の境界は、明確ではない。2 本の小断層が、地域中央に知られており、3 本の大断層が、北部で見られる。

Wai Lek 地区

この地区は、Bang Mark 地区の南に位置する。BGATの現在の露天掘りはここで行われている、この地域の広がり、は、2 平方キロメートル以上である。炭層のリグナイト部分の総厚は、潜頭近くで20~25m、深部で5-10m と変化し、平均で15m である。リグナイト部分の総厚は北部と南部で薄化する。このリグナイト層は、"Wai Lek Type"に区分される。深部では、一般的に多数の合盤をはさむ傾向がある。合盤の総厚は、南部で地表付近の5m以下から20m 以上と変化する。リグナイトと合盤の比率は、3.9:1 である。炭層は堆積盆の西側境界に沿って潜頭し、その幅は、北部の50m から南部の30m と変化し、延長は2km である。

炭層の走向は南北で、傾斜は東に地表付近で35~40° から深部で15-20° に変化する。本地区の中央部で8 断層が見られる。

Nu Na 地区

この地区は、Wai Lek地区の南に位置する。その地域の広がり、は、0.4平方キロメートル以上である。炭層のリグナイト部分の総厚は、北部と南部で10m 以上、中央部で5-10m と変化し、平均で8 mである。

炭層は、"Wai Lek Type"に区分される。炭層は多くの合盤を挟むようになる。合盤の総厚は、平均で 2.15mである。リグナイトと合盤の比率は3.92:1である。炭層は、堆積盆の西側境界に沿って潜頭する。その幅は25m であり、延長は1.0km である。

炭層の走向は北北西、傾斜は北北東に地表付近で30° から深部で20° に変化する。北及び南の境界は明確ではない。本地区の中央で3 断層が見られる。

6.3.3.3 地質構造

クラビ炭田は、褶曲構造によって特徴づけられ (Fig. 6-12)、東ブロック及び西ブロックの中央に南北方向の背斜軸があり、北方に傾斜している。東ブロックの東部では、湾曲した向斜軸が伸びる。周辺断層が炭田の東側周辺に沿って走り、西に傾斜している。第三紀層はこの断層に沿い先第三紀の基盤岩と接している。Bang Pu Dum 地

域とBang Mark 地域の間には北東-南西の複数の断層が介在する。各々の地区において複数の断層見られるが、現在のところ採炭には支障はないように思われる。

6.3.4 炭 量

第4発電機のためのクラビ炭鉱拡大プロジェクトのF/S(1988.2)では、クラビ炭田の地質的経済的採掘可能炭量は各々次の通りである。

埋 蔵 炭 量 (70% Cut-off)

確定炭量 --- 8,300 万トン

推定炭量 --- 3,700 万トン

計 1 億2,000 万トン

経済的採掘可能炭量

2,000万トン

埋蔵炭量は、BGATのコンピュータによるリグナイト探査の評価システムを用いて計1,437本の礎データとして計算された。

各々の堆積盆の埋蔵炭量は、次の表に概略示されている。

Table 6-6 Geological Reserves of Krabi Coal Deposit

Deposit	Reserves		Ave. Specific	
	Measured (1,000t)	Indicated (1,000t)	Total (1,000t)	Energy (kcal/kg)
Klong Tone	13,504	11,317*	24,821	1,611
Bang Pu Dum	27,056	-	27,056	2,001
Bang Mark	14,028	7,652	22,580	2,041
Wai Lek	24,624	18,208	42,832	2,237
Mu Na	3,500	-	3,500	1,924
Total	83,612	37,177	120,789	1,815

* : Indicated Reserves of Klong Tone and Bang Pu Dum could not separated due to their continuously geological structure

Table 6-7 も、新規リグナイト火力発電所にクラビのリグナイトを供給できる可能量の調査のためにBGATによって算出されたものである。表中の1,328 万トという経済的採掘可能炭量は、前述の2,000 万トよりも控えめな数字になっている。Klong Tone 地域は新規FBC 発電所に年20万トを十分供給できる（25年間で総計5百万ト）。

Table 6-7 Economic Minable Lignite Reserves

Deposit	Reserves Proven (1,000t)	Ave. Specific Energy (kcal/kg)
Klong Tone	5,000	2,240
Bang Pu Dum	5,000	2,450
Bang Mark	2,300	2,700
Wai Lek	980	2,700
Mu Na	-	-
Total	13,280	2,430

6.3.5 炭質

一般にクラビ地域の炭質は、地域地域で非常に変化し、クラビ炭鉱の5地区の中では、Wai Lek 地区が相対的に高品質（平均低位発熱量は2236kcal/kg）で、Klong Tone 地区は、相対的に低品質（平均低位発熱量は1610kcal/kg）を示す。Table 6-8、6-9 は、クラビ炭の炭質の概略を示している。A-FBC リグナイト燃焼発電プラントに総量5百万トの供給を予定している Klong Tone 地区の炭質は次の通りである。

低位発熱量：平均 1,610 Kcal/kg 最大 2,404 Kcal/kg 最小 924 Kcal/kg

東部の潜頭付近及び南部は、北部や西部より高い低位発熱量を示す傾向にある。

灰分：平均 42.75 % 最大 54.46 % 最小 25.64 %

潜頭線付近及び南部は、北部や西部より低い灰分含有率を示す傾向にある。Klong Tone地区の灰分含有率は、クラビ炭鉱の5地区の中では最も高い値を持つ。

Table 6-8 Coal Quality Distribution in Krabi Basin

Parameters (as received)	Klong Tone			Bang Pu Dug			Bang Mark		
	Max	Mean	Min	Max	Mean	Min	Max	Mean	Min
Net Specific Energy (kcal/kg)	2,404	1,610	924	2,978	2,000	1,162	3,114	2,047	1,412
Ash Content (%)	54.46	42.75	25.64	49.73	36.32	19.69	41.42	33.76	17.25
Moisture Content (%)	27.51	24.22	21.47	30.16	25.91	22.61	30.85	26.84	24.63
Sulphur Content (%) - dry basis	2.50	1.94	1.44	5.14	2.11	0.80	—	—	—
Relative Density (g/cc)	1.75	1.61	1.46	1.90	1.55	1.33	1.59	1.49	1.30

Parameters (as received)	Wai Lek			Mu Na			Total		
	Max	Mean	Min	Max	Mean	Min	Max	Mean	Min
Net Specific Energy (kcal/kg)	3,273	2,236	1,614	2,449	1,924	1,555	3,273	1,976	924
Ash Content (%)	42.59	30.59	14.46	41.36	36.39	29.27	54.46	36.45	14.46
Moisture Content (%)	31.61	27.65	24.41	27.74	26.66	25.79	31.67	26.14	21.50
Sulphur Content * (%) - dry basis	—	—	—	—	—	—	5.14	1.95	0.80
Relative Density (g/cc)	1.59	1.45	1.26	1.60	1.54	1.43	1.75	1.53	1.26

* : Sulfur content of Bang Mark, Wai Lek and Mu Na were not modelled due to low density of data.

after Feasibility Study on Krabi Mine Expansion Project for Power Plant Unit 4, Feb. 1988

Table 6-9 Coal Quality of Each Deposit in Krabi Basin

Parameters (as anal.)	Klong Tone	Bang Pu Dun	Bang Nark
Proximate Analysis (%)			
Moisture	10.00	10.20	10.20
Ash	46.30	43.80	43.03
V.M.	25.00	24.67	24.77
F.C.	18.70	21.33	21.00
Net Calorific Value (kcal/kg)	2,670	3,004	2,925
Relative density	1.83	1.8	1.78
Ultimate Analysis (daf %)			
Carbon	28.00	30.40	30.50
Hydrogen	2.37	2.53	2.53
Nitrogen	0.75	0.86	0.77
Sulphur	3.76	3.20	3.03
Chlorine	0.01	0.01	0.03
Carbonate	0.19	0.19	0.29
Sulphur (adb %)	3.76	3.20	3.03
Ash Analysis (%)			
SiO ₃	55.70	55.75	56.55
Al ₂ O ₃	23.20	24.10	23.60
Fe ₂ O ₃	9.28	9.22	7.67
CaO	3.39	2.51	3.50
MgO	2.16	2.42	2.34
TiO ₂	0.79	0.83	0.81
Na ₂ O	0.10	0.23	0.26
K ₂ O	2.34	2.48	2.35
P ₂ O ₅	0.12	0.15	0.11
Mn ₃ O ₄	0.06	0.05	0.07
SO ₃	2.32	1.66	2.18
Ash Fusion Temp. (° C)			
Deformation	1,207	1,190	1,250
Sphere	1,327	1,380	1,325
Hemisphere	1,360	1,395	1,330
Flow	1,403	1,445	1,400
Trace Element Analysis			
U (ppm)	54.4	39.8	35.3
F	332.0	407.0	349.0
B	64.0	71.5	83.0
As	69.0	73.0	69.5
Hardgrove Grindability Index (HGI)	81(35)	79(39)	69(41)

Remarks: This analytical data were analysed in Australia by ACIRL.
Three samples from each deposit were collected.

after Feasibility Study on Krabi Mine Expansion Project for Power

水分： 平均 24.22 % 最大 27.51 % 最小 21.47 %

北部は、南部より低い水分含有率を示す傾向にある。Klong Tone地区の水分含有率は、クラビ炭鉱の5地区の中では最も低い値を持つ。

硫黄分： 平均 1.94 % 最大 2.50 % 最小 1.44 %

潜頭線付近(東部)は、西部より相対的に高い硫黄含有率を示す。Klong Tone地区の硫黄含有率は、Bang Pu Dum地区のリグナイトより低い値を持つ。

6.3.6 クラビ炭鉱のJICA事業

JICAシンブンA-FBCリグナイト火力発電所開発プロジェクトにおいて、日本で燃焼試験を行うために、クラビリグナイトの大量の試料採取を目的とした5本の大孔径ボーリングを実施した。5本のうち3本が、Klong Tone地区で、2本がBang Mark地区で実施された。全量5トンのリグナイト試料が1992年3月にBangkokから船積みされた。

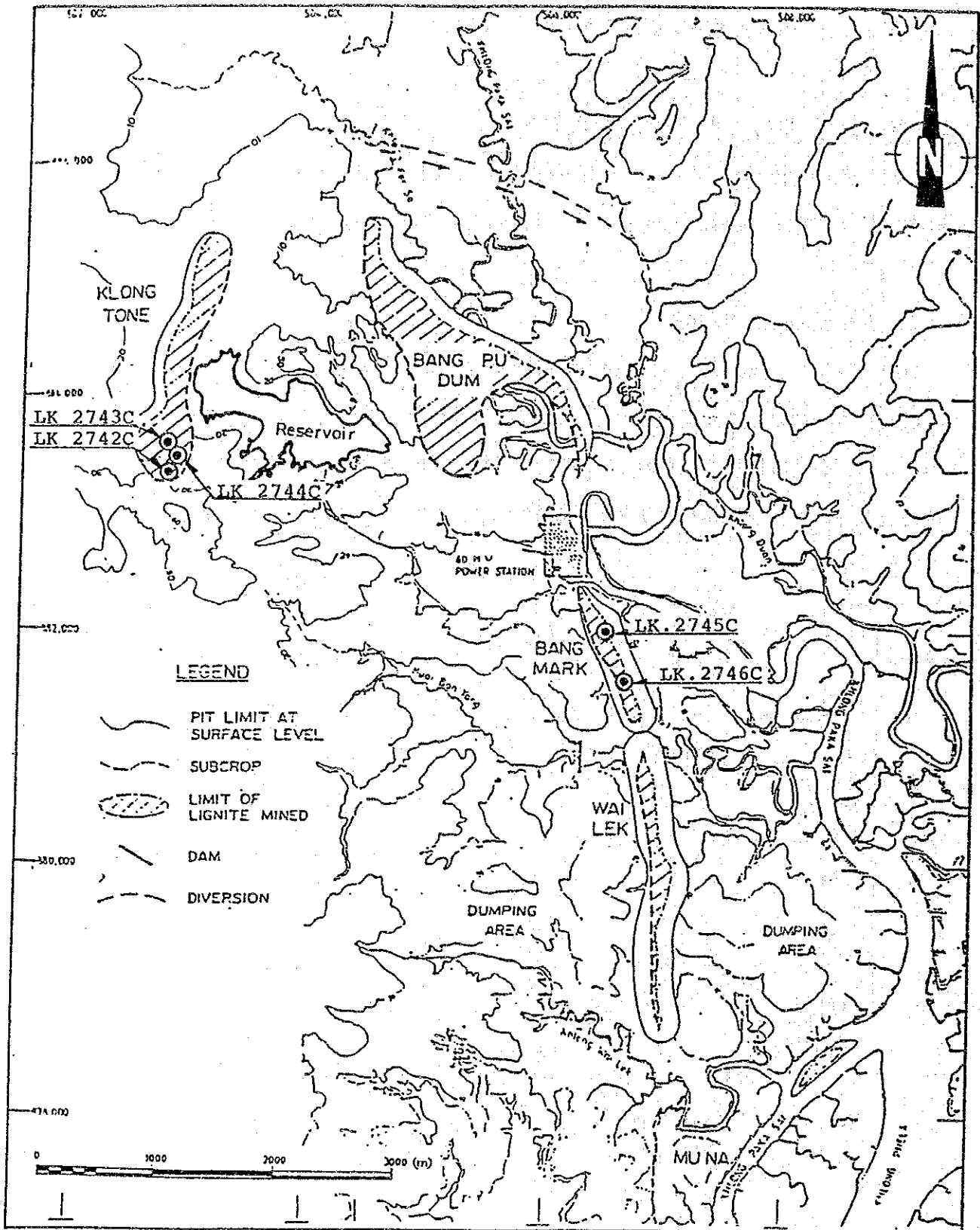


Fig. 6-15 JICA Sampling Drills in Krabi Area

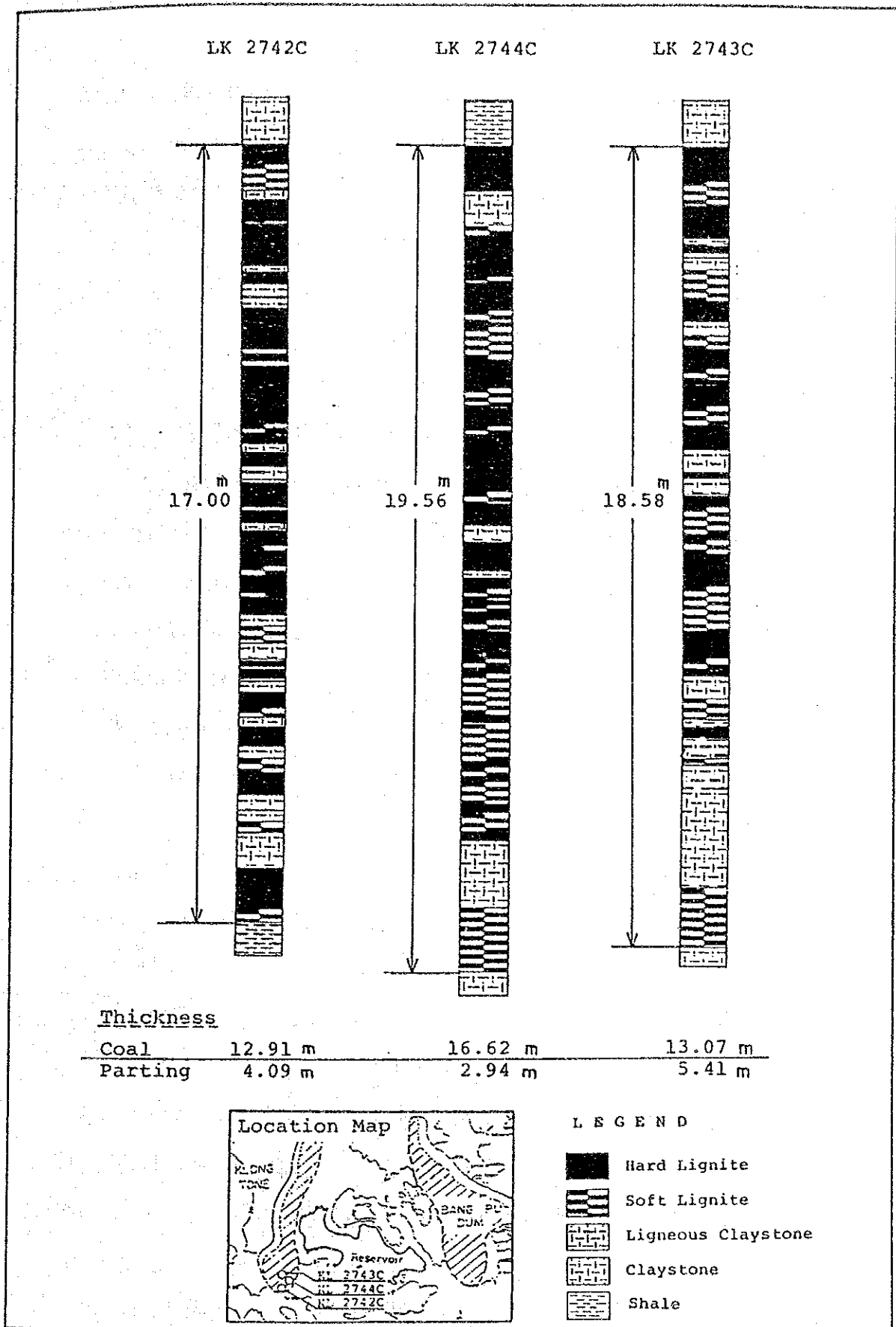


Fig. 6-16 Coal Sections of JICA Sampling Drills in Klong Tone

6.4 採炭計画

6.4.1 発電所のリグナイト需要

シンブン炭とクラビ炭を使った150MWの発電所のリグナイト需要の見通しは次の通りである。

発電容量	150 MW
年間利用時間	$365 \times 24 = 8,760$ 時間
年間稼働率	80 %
年間平均熱効率	36.4 %
稼働年数	25 年
炭質	
シンブンリグナイト	2,787 kcal/kg (混炭 2,795kcal/kg)
クラビリグナイト	1,600 kcal/kg
平均	2,556 kcal/kg

リグナイト消費割合

シンブンリグナイト	80 %
クラビリグナイト	20 %

時間当たりリグナイト消費量

$$(860 \times 150 \times 1,000) \div 0.364 = 354,395,604 \text{ kcal/hour}$$

$$354,395,604 \div 2,556 = 138.7 \text{ ton/hour}$$

年間リグナイト消費量

$$138.7 \times 24 \times 365 \times 0.8 = 972,010 \text{ ton/year}$$

$$\begin{aligned} \text{シンブンリグナイト} & 972,010 \times 0.8 = 777,608 \text{ ton/year} \\ & = 800,000 \text{ ton/year} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{クラビリグナイト} & 972,010 \times 0.2 = 194,402 \text{ ton/year} \\ & = 200,000 \text{ ton/year} \end{aligned}$$

25年間のエネルギー需要に対し、シンブンから2,000万ト、クラビから500万ト供給される。

150MW発電所に対するリグナイトの供給は、シンブンの2区域およびクラビ1区域の計3区域から行われる予定である。安定した品位のリグナイトを供給するため、これらのリグナイトはブレンドされる必要があり、発電所サイトに混炭設備を建設する必要がある。

6.4.2 採掘設計基準と計画パラメーター

採掘量と採掘機器の生産性算出には下記の数値が基準とされた。

リグナイトの密度	1.40 ton/m ³
ズリの密度	2.25 ton/m ³
Overall Lowwall Angle	10 °
Overall Highwall Angle	15 °
Overall Endwall Angle	12 °
Bench Height	5 m
Haulage Ramp Grade	10 %
Rolling Resistance	-near face 6 %
	-main haul roads 3 %
Haul Track Speed Limit	40 km/h
Swell factor of all material into equipment	1.43
Swell factor for waste dumps - long term	1.20
Overall dump slope angle	1:6.25

計画されているトラック&ショベル採掘方式に使用された採掘設計基準はEGATが操業している Mae Moh炭鉱やクラビ炭鉱でのデータを反映したものである。これらの基準は EGAT の長い経験に基づくものであり信頼に値する数値である。

採炭および剝土の計画に用いられたパラメーターは下記である。

Schedule hour per day	20
Shifts per day	2
Hours per shift	10
Effective hours per shift	8.75
Scheduled days per year	365

6.4.3 採炭方法の選択

標準的な露天採炭の技術が計画されている。採炭は、各々の切羽でリグナイトの潜頭線に沿ってボックスカットから始められる。剝土作業は、5mの高さの水平ベンチを約70mの深度まで連続して行う。

剝土された表土は Highwall あるいは Endwall 上に設置した傾斜運搬路で地表まで輸送され、リグナイト賦存せず、かつピットから遠くない場所でダンプされる。この採掘方式は、Mae Moh やクラビな炭鉱でも用いられている。

全ての表土は、高い積み込み効率を達成するため、部分的に穿孔され発破される。しかしながら、これらの発破により表土がリグナイトへ混入する量を増加させる可能性がある。

ピット内への捨土の可能性についても詳細採掘設計の過程で検討されるべきである。

バックフィリングに関しては慎重に検討されなくてはならない。なぜなら、バックフィリングは時として廃土堆積場のランドスライドの原因となりうるからである。この問題は雨季には特に深刻な問題である。年間平均降雨量は 2,064ミリときわめて高い数値が報告されている。

6.4.4 経済的可採炭量および採掘区域

BGATの調査によると、100MW の発電所計画の場合、必要な炭量は1,710万トンであり、シンブンから全て供給できる計画であった。当該炭田の確定炭量と計画された生産量が Table 6-10 に示してある。

Table 6-10 Coal Resources and Planned Production in Sin Pun Area

Deposit	Measured (MT)	Production (MT)	Waste (Mm ³)	Strip Ratio
Bang Sai	10.03	6.60	25.59	3.88
North Kuan Klang	17.21	7.23	35.49	4.91
South Kuan Klang	5.34	3.27	13.68	4.18
Total	32.58	17.10	74.76	4.37

発電規模150MWの場合、Economic Ratio(BR)分析の結果として \$10/Gcal のBreak Evで、量的には2,500 万トンが必要となる。\$10/Gcalの経済的可採炭量(BMR) はシンブン地域クラビ域で、2,520 万トン（シンブン 2,010万トン、クラビ 510万トン）が算出されている（Table 6-11）。従って、150MW の発電所が必要とする2,500万トンを上回る炭量が存在している。

Table 6-11 Resources of EMR \$10/Gcal or Less

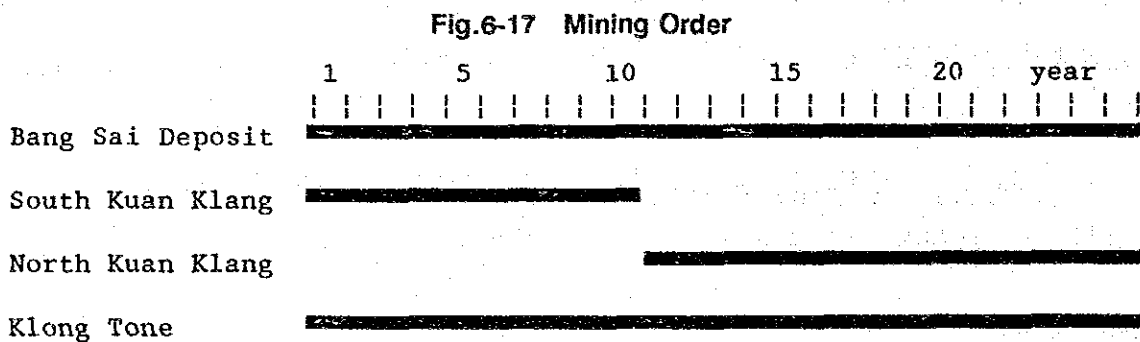
Deposit	Measured	EMR (\$10/Gcal)	%
Bang Sai	10.03	8.5	84.7
North Kuan Klang	17.21	7.1	41.3
South Kuan Klang	5.34	4.5	84.3
Subtotal(Sin Pun)	32.58	20.1	61.7
Klong Tone (Krabi)	14.93	5.1	34.2
Total	47.51	25.2	53.0

100MW発電規模の場合は 1,710万トンのリグナイトシンブンから供給される計画であった、150MW 発電所の場合 2,500万トンのリグナイトが必要となる。その差約 800万トンの増産分の内300 万トンはSinPun から、500万トンはクラビから供給されることになる。

シンブン地域から、2,000 万トン以上の生産がなされるとしても、Bang Sai、North Kuan Klang、South Kuan Klangの3区域における剝土比は、5:1 以下となる。クラビ地域の Klong Tone 地区の当該対象炭量の剝土比は5:1 以下である。

シンブン地域のEconomic Ratio分析は、break point U\$10/Gcal 以下で150MWの発電所に総量2千万トンのリグナイトを供給出来ることを示している (Fig.6-18)。

採掘順序は最良の組合せとして、Bang Saiと South Kuan Klang が最初に採掘され、North Kuan Klang が South Kuan Klang に代わる順序となる。Bang Saiおよび Klong Tone は25年間の連続採掘となる。



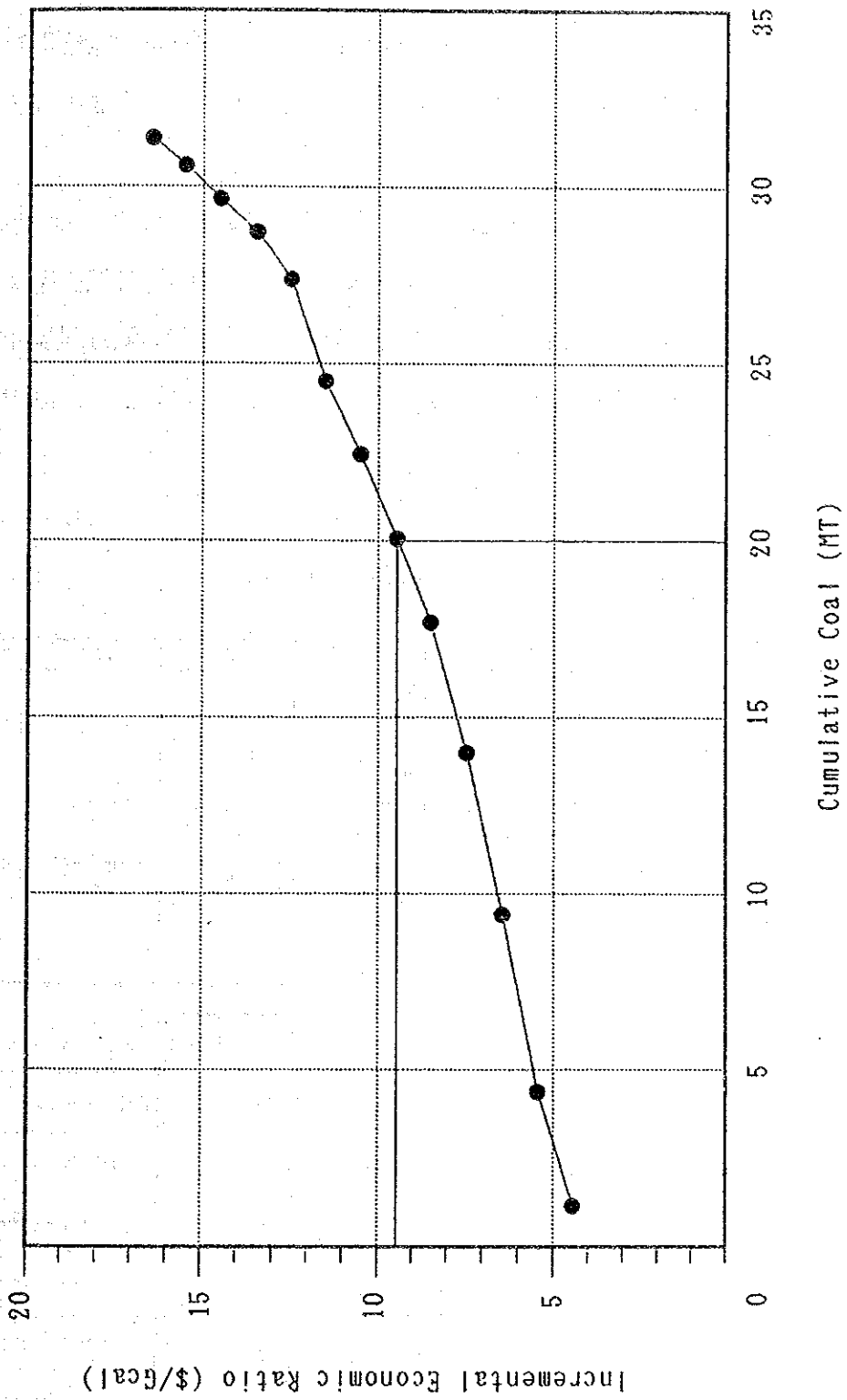
The mining sequence is as follows:

Bang Sai	25 years x 340,000 T/y
South Kuan Klang	10 years x 460,000 T/y
North Kuan Klang	15 years x 460,000 T/y
Klong Tone (Krabi)	25 years x 200,000 T/y

上記のような採掘順序とした理由は：

- ・シンブン においては、それぞれの区域の品位がほぼ等しい。
- ・土地購入が最小限となる
- ・Bang Sai区域が最も経済的な区域であり、鉱山ライフのある間採掘される。

Fig. 6-18 Incremental ER vs Cumulative Tonnage in Sin Pun Area (150 MW Case)



6.4.5 炭鉱開発スケジュール

新発電所は、1996年後半の運転開始が見込まれている。運転開始前にFBC ボイラーの燃焼試験と調整が必要である。必然的にこの燃焼試験時にリグナイトの供給が不可欠である。剝土作業は、採炭開始（試験採炭を含む）の3ヶ月前には開始する必要がある。また、剝土作業に先駆けて、排水用のボーリング掘削を行う必要がある。

採炭設備（重機類）の中には、納品に時間を要するものがあるので、発注時期については慎重に検討する必要がある。鉱山道路や地上設備の建設は、地域住民の同意がえられてから実行されるべきである。F/S完了後は、地域住民の同意取り付けと採掘権の取得が最も困難な問題である。炭鉱開発のスケジュールは、Fig. 6-19 に示されている。

Fig. 6-19 Development Schedule of Mining

	1992	1993	1994	1995	1996	1997
[Sin Pun Area]						
Feasibility Study	—————					
Detailed Design & Tender Document		—————				
Preparation Work			—————			
Mining Permits		—————	—————			
Land Purchase		—————	—————			
Village Reset			—————	—————	—————	
Road Construction			—————	—————		
Camp Construction			—————			
Surface Facilities			—————			
Water drainage			—————	—————		
Order & Purchase Equipment			—————	—————		
Site Preparation				—————	—————	
O/B Removal					—————	—————
Test Mining					—————	
Coal Getting					—————	—————
[Krabl Area]						
O/B Removal					—————	—————
Test Mining					—————	
Coal Getting					—————	—————
Power Plant Tuning					—————	
Power Plant Operation					—————	—————

6.5 経済性評価

6.5.1 実平均生産コスト

US\$22.63 /ton と US\$8.04/Gcal という実平均生産コスト (Contingency を含む) は、シンプンの100MWの発電所に1,700万ト供給する場合を想定して算出したもので、内訳は次のようになる。

	(US\$/ton)
Land Purchase & Village Resettlement	4.20
Power Supply & Roads	0.19
Ground-water Control	1.58 (注)
Administration	1.39
Mine Operation	14.51
Reclamation	1.19
Royalty	0.57
Total cost of coal Supply	22.63

$$\text{US\$22.63/ton} = \text{US\$ 8.04 / Gcal}$$

(注) 現存のクラビ炭鉱においては、ポンプによる直接揚水が行われており、井戸による揚水の確率は低いものと思われる。また生産コストは上記のコストより低いとみられる。

6.5.2 Leverized Costの算出

JICAチームは EGAT が行った 100MWのケースに対する算出を元に、100MWと150MWの2つのケースについて Leverized Unit Costを算出した。各項目に対する修正係数は下記の通りである。

Development	1.1
Waste Removal	1.8
Coal Mining & Parting	1.5
Maintenance Service	1.5
Reclamation	1.3

Royalty Payment	1.5
Another	1.0

また、Contingency については 15% と 20%、Discount Rate については 10%を用いた。

計算結果は下記である：

Table 6-12 Levelized Cost

	Case 1	Case 2	Case 3
Contingency (%)	20	20	15
Power Plant Capacity (MW)	100	150	150
Production (x 1,000 ton/year)	667	1,000	1,000
Total Production for 25 years (x 1,000 ton)	16,675	25,000	25,000
Total Cost for 25 years (x 1,000 US\$)	301,647	472,785	453,086
Average Cost (US\$/ton)	18.09	18.91	18.12
Levelized Cost (US\$/ton)	21.37	21.23	20.35

上記算出結果から下記のような結論が導かれる：

Table 6-13a
TOTAL CASH OUTFLOW
POWER PLANT 100MW
CONTINGENCY 20%
DISCOUNT RATE 10%

(DISCOUNT 10%)	-3	-2	-1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	TOTAL	
A. DEVELOPMENT	6,709	5,311	5,311	6,036	3	627	3	3	627	3	627	3	3	627	3	1,130	3	3	818	3	439	3	3	439	3	3	3	3	28,749	
B. ADMINISTRATION	0	200	463	555	690	690	690	690	690	690	690	776	776	776	776	776	776	776	768	760	760	760	760	760	760	760	760	760	760	19,088
C. WASTE REMOVAL	0	0	6,740	1,485	1,485	1,485	1,485	1,485	1,485	2,615	1,782	13,934	3,514	3,514	3,514	3,514	3,514	4,928	5,505	3,810	8,058	6,638	3,514	4,000	4,000	5,000	4,000	4,000	105,004	
D. COAL MINING & PARTING	0	0	0	4,937	1,313	1,313	1,313	1,649	1,819	1,313	1,313	2,905	2,585	1,380	1,885	1,716	1,380	1,380	1,380	2,815	1,948	1,380	2,385	2,000	1,500	2,000	2,000	1,500	47,909	
E. PIT SERVICE	445	89	3,106	530	854	530	530	1,216	530	854	891	1,305	1,362	1,246	1,335	1,245	1,362	1,239	884	1,794	1,292	1,093	1,484	1,000	2,000	1,000	1,100	1,000	31,316	
F. SURFACE FACILITIES	57	871	871	133	133	133	133	133	133	133	133	133	133	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	300	6,329	
G. MAINTENANCE SERVICE	0	0	1,941	372	372	372	372	372	372	477	372	1,030	773	604	649	1,040	662	553	1,033	622	658	604	662	700	700	1,200	600	500	17,612	
H. RECLAMATION	0	0	0	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	2,790	
I. ROYALTY PAYMENT	0	0	0	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	390	380	380	380	380	380	380	380	380	380	9,810	
SUBTOTAL	7,211	6,471	18,432	14,562	5,364	5,664	5,040	6,062	6,170	6,599	6,322	20,800	9,960	8,861	8,876	10,135	8,411	9,593	11,086	10,492	13,843	11,166	9,996	9,587	9,651	10,651	9,251	8,551	268,607	
TOTAL CONTINGENCY	1,082	971	2,231	1,851	667	728	634	736	778	790	794	2,292	1,228	1,153	1,151	1,305	1,076	1,195	1,385	1,297	1,645	1,355	1,238	1,130	1,148	1,241	994	946	33,040	
GRAND TOTAL	8,293	7,442	20,663	16,413	6,031	6,392	5,674	6,798	6,948	7,389	7,116	22,892	11,188	10,014	10,027	11,440	9,487	10,788	12,471	11,789	15,488	12,521	11,234	10,717	10,799	11,892	10,245	9,497	301,647	
																													AVERAGE COST	18.09 US\$/TON
PRODUCTION (x 1,000 ton)				667	667	667	667	667	667	667	667	667	667	667	667	667	667	667	667	667	667	667	667	667	667	667	667	667	667	16,675
COAL PRICE	21.37 US\$			21.37	21.37	21.37	21.37	21.37	21.37	21.37	21.37	21.37	21.37	21.37	21.37	21.37	21.37	21.37	21.37	21.37	21.37	21.37	21.37	21.37	21.37	21.37	21.37	21.37	21.37	21.37
REVENUE				14,254	14,254	14,254	14,254	14,254	14,254	14,254	14,254	14,254	14,254	14,254	14,254	14,254	14,254	14,254	14,254	14,254	14,254	14,254	14,254	14,254	14,254	14,254	14,254	14,254	14,254	14,254
CASH FLOW	-8,293	-7,442	-20,663	-2,159	8,223	7,862	8,580	7,456	7,308	6,865	7,138	-8,638	3,066	4,240	4,227	2,814	4,767	3,466	1,783	2,465	-1,234	1,733	3,020	3,537	3,455	2,382	4,009	4,757		
	10 %																													
DCF	1.100	1	0.909	0.826	0.751	0.683	0.621	0.564	0.513	0.467	0.424	0.386	0.350	0.319	0.290	0.263	0.239	0.218	0.198	0.180	0.164	0.149	0.135	0.123	0.112	0.102	0.092	0.084	0.076	
NPV(I=10%)	-8,293	-6,785	-17,077	-1,622	5,616	4,882	4,843	3,826	3,408	2,911	2,752	-3,028	977	1,228	1,113	674	1,037	686	321	403	-183	234	371	395	351	218	336	363	-23	

CALCULATION OF LEVELIZED UNIT COST (B)																													
TOTAL COST	8,293	7,442	20,663	16,413	6,031	6,392	5,674	6,798	6,948	7,389	7,116	22,892	11,188	10,014	10,027	11,440	9,487	10,788	12,471	11,789	15,488	12,521	11,234	10,717	10,799	11,892	10,245	9,497	301,647
NPV	8,293	6,785	17,077	12,331	4,119	3,969	3,203	3,488	3,241	3,134	2,744	8,024	3,565	2,901	2,640	2,739	2,065	2,134	2,243	1,928	2,302	1,692	1,380	1,197	1,096	1,038	860	724	106,951
PRODUCTION (x 1,000 ton)				667	667	667	667	667	667	667	667	667	667	667	667	667	667	667	667	667	667	667	667	667	667	667	667	667	
LEVELIZED UNIT COST	21.37 US\$/TON			21.37	21.37	21.37	21.37	21.37	21.37	21.37	21.37	21.37	21.37	21.37	21.37	21.37	21.37	21.37	21.37	21.37	21.37	21.37	21.37	21.37	21.37	21.37	21.37	21.37	
NPV				10,709	9,736	8,850	8,046	7,314	6,649	6,045	5,495	4,996	4,542	4,129	3,753	3,412	3,102	2,820	2,564	2,331	2,119	1,926	1,751	1,592	1,447	1,316	1,196	1,087	106,927
PROD (10% DISC.) (x 1,000TON)				501	456	414	377	342	311	283	257	234	213	193	176	160	145	132	120	109	99	90	82	74	68	62	56	51	
ACCUM. COST NPV	8,293	15,058	32,135	44,466	48,585	52,554	55,757	59,245	62,487	65,620	68,364	78,387	79,952	82,853	85,493	88,232	90,297	92,431	94,674	96,602	98,904	100,596	101,976	103,173	104,269	105,387	106,228	106,951	
ACCUM. PROD. (10% DISC.) (x 1,000TON)				501	957	1,371	1,747	2,090	2,401	2,684	2,941	3,175	3,387	3,580	3,756	3,916	4,061	4,193	4,313	4,422	4,521	4,611	4,693	4,768	4,835	4,897	4,953	5,004	
LEVELIZED COST (US\$/TON)				88.73	50.78	38.34	31.91	28.35	26.03	24.45	23.25	24.08	23.60	23.14	22.76	22.53	22.24	22.05	21.95	21.85	21.88	21.82	21.73	21.64	21.56	21.52	21.45	21.37	

(thousand of dollars)

Table 6-13b
TOTAL CASH OUTFLOW
POWER PLANT 150MW
CONTINGENCY 20%
DISCOUNT RATE 10%

150MW/100KW	-3	-2	-1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	TOTAL	
1.1 A. DEVELOPMENT	7,380	5,842	5,842	6,640	3	690	3	3	690	3	690	3	3	690	3	1,243	3	3	900	3	483	3	3	483	3	3	3	3	31,624	
1.0 B. ADMINISTRATION	0	200	463	555	690	690	690	690	690	690	690	776	776	776	776	776	776	776	768	760	760	760	760	760	760	760	760	760	760	19,088
1.8 C. WASTE REMOVAL	0	0	12,132	2,673	2,673	2,673	2,673	2,673	2,673	4,707	3,208	25,081	6,325	6,325	6,325	6,325	6,325	8,870	9,909	6,858	14,504	11,948	6,325	7,200	7,200	9,000	7,200	7,200	189,007	
1.5 D. COAL MINING & PARTING	0	0	0	7,406	1,970	1,970	1,970	2,474	2,729	1,970	1,970	4,358	4,328	2,070	2,828	2,574	2,070	2,070	2,070	4,223	2,922	2,070	4,328	3,000	2,250	3,000	3,000	2,250	71,864	
1.0 E. PIT SERVICE	445	89	3,106	530	854	530	530	1,216	530	854	891	1,305	1,362	1,246	1,335	1,245	1,362	1,239	884	1,794	1,292	1,093	1,484	1,000	2,000	1,000	1,100	1,000	31,316	
1.0 F. SURFACE FACILITIES	57	871	871	133	133	133	133	133	133	133	133	133	133	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	6,329	
1.5 G. MAINTENANCE SERVICE	0	0	2,912	558	558	558	558	558	558	716	558	1,545	1,160	906	974	1,560	993	830	1,550	933	987	906	993	1,050	1,050	1,800	900	750	26,418	
1.3 H. RECLAMATION	0	0	0	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	3,627	
1.5 I. ROYALTY PAYMENT	0	0	0	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	585	570	570	570	570	570	570	570	570	570	14,715	
SUBTOTAL	7,882	7,002	25,326	19,242	7,629	7,991	7,305	8,495	8,750	9,821	8,887	33,949	14,835	12,961	13,189	14,671	12,478	14,736	17,006	15,481	21,859	17,691	14,803	14,403	14,174	16,474	13,974	12,974	393,988	
TOTAL CONTINGENCY (20%)	1,576	1,400	5,065	3,848	1,526	1,598	1,461	1,699	1,750	1,964	1,777	6,790	2,967	2,592	2,638	2,934	2,496	2,947	3,401	3,096	4,372	3,538	2,961	2,881	2,835	3,295	2,795	2,595	78,798	
GRAND TOTAL	9,458	8,403	30,391	23,091	9,155	9,590	8,766	10,194	10,500	11,785	10,664	40,739	17,802	15,553	15,826	17,606	14,973	17,684	20,407	18,577	26,230	21,229	17,764	17,284	17,008	19,768	16,768	15,568	472,785	
																													AVERAGE COST 18.91 US\$/TON	
PRODUCTION (x 1,000 ton)				1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	25,000	
COAL PRICE	21.23 US\$			21.23	21.23	21.23	21.23	21.23	21.23	21.23	21.23	21.23	21.23	21.23	21.23	21.23	21.23	21.23	21.23	21.23	21.23	21.23	21.23	21.23	21.23	21.23	21.23	21.23	21.23	
REVENUE				21,230	21,230	21,230	21,230	21,230	21,230	21,230	21,230	21,230	21,230	21,230	21,230	21,230	21,230	21,230	21,230	21,230	21,230	21,230	21,230	21,230	21,230	21,230	21,230	21,230	21,230	
CASH FLOW	-9,458	-8,403	-30,391	-1,861	12,075	11,640	12,464	11,036	10,730	9,445	10,566	-19,509	3,428	5,677	5,404	3,624	6,257	3,546	823	2,653	-5,000	1	3,466	3,946	4,222	1,452	4,462	5,662		
	10 %																													
DCF	1.100	1	0.909	0.826	0.751	0.683	0.621	0.564	0.513	0.467	0.424	0.386	0.350	0.319	0.290	0.263	0.239	0.218	0.198	0.180	0.164	0.149	0.135	0.123	0.112	0.102	0.092	0.084	0.076	
NPV(I= 10%)	-9,458	-7,639	-25,116	-1,398	8,248	7,228	7,036	5,663	5,005	4,006	4,073	-6,838	1,092	1,644	1,423	868	1,362	702	148	434	-743	0	426	441	429	135	374	432	-25	
CALCULATION OF LEVELIZED UNIT COST (B)																														
TOTAL COST	9,458	8,403	30,391	23,091	9,155	9,590	8,766	10,194	10,500	11,785	10,664	40,739	17,802	15,553	15,826	17,606	14,973	17,684	20,407	18,577	26,230	21,229	17,764	17,284	17,008	19,768	16,768	15,568	472,785	
NPV	9,458	7,639	25,116	17,348	6,253	5,954	4,948	5,231	4,899	4,998	4,112	14,279	5,672	4,505	4,168	4,215	3,259	3,499	3,670	3,038	3,899	2,869	2,182	1,930	1,727	1,825	1,407	1,188	159,286	
PRODUCTION (x 1,000 ton)				1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000		
LEVELIZED UNIT COST	21.23 US\$			21.23	21.23	21.23	21.23	21.23	21.23	21.23	21.23	21.23	21.23	21.23	21.23	21.23	21.23	21.23	21.23	21.23	21.23	21.23	21.23	21.23	21.23	21.23	21.23	21.23		
NPV				15,950	14,500	13,182	11,984	10,894	9,904	9,004	8,185	7,441	6,765	6,150	5,591	5,082	4,620	4,200	3,818	3,471	3,156	2,869	2,608	2,371	2,155	1,959	1,781	1,619	159,261	
PROD (10% DISC.)(x 1,000TON)				751	683	621	564	513	467	424	386	350	319	290	263	239	218	198	180	164	149	135	123	112	102	92	84	76		
ACCU. COST NPV	9,458	17,097	42,213	59,562	65,815	71,769	76,717	81,948	86,847	91,846	95,956	110,235	115,907	120,412	124,580	128,795	132,053	135,552	139,222	142,260	146,159	149,028	151,210	153,140	154,867	156,691	158,098	159,286		
ACCU. PROD.(10% DISC.)(x 1,000TON)				751	1,434	2,055	2,820	3,133	3,699	4,023	4,409	4,760	5,078	5,368	5,631	5,871	6,088	6,286	6,466	6,629	6,778	6,913	7,036	7,148	7,249	7,342	7,425	7,502		
LEVELIZED COST (US\$/TON)				79.28	45.89	34.92	29.28	26.16	24.13	22.83	21.76	23.16	22.82	22.43	22.12	21.94	21.69	21.56	21.53	21.46	21.56	21.56	21.49	21.43	21.36	21.34	21.29	21.23		

(thousand of dollars)

Table 6-13c
TOTAL CASH OUTFLOW
POWER PLANT 150MW
CONTINGENCY 15%
DISCOUNT RATE 10%

150KW/100MW	-3	-2	-1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	TOTAL	
1.1 A. DEVELOPMENT	7,380	5,842	5,842	6,640	3	690	3	3	690	3	690	3	3	690	3	1,243	3	3	900	3	483	3	3	483	3	3	3	3	31,624	
1.0 B. ADMINISTRATION	0	200	463	555	690	690	690	690	690	690	690	776	776	776	776	776	776	776	768	760	760	760	760	760	760	760	760	760	760	19,088
1.8 C. WASTE REMOVAL	0	0	12,132	2,673	2,673	2,673	2,673	2,673	2,673	4,707	3,208	25,081	6,325	6,325	6,325	6,325	6,325	8,870	9,909	6,858	14,504	11,948	6,325	7,200	7,200	9,000	7,200	7,200	189,007	
1.5 D. COAL MINING & PARTING	0	0	0	7,406	1,970	1,970	1,970	2,474	2,729	1,970	1,970	4,358	4,328	2,070	2,828	2,574	2,070	2,070	2,070	4,223	2,922	2,070	4,328	3,000	2,250	3,000	3,000	2,250	71,864	
1.0 E. PIT SERVICE	445	89	3,106	530	854	530	530	1,216	530	854	891	1,305	1,362	1,246	1,335	1,245	1,362	1,239	884	1,794	1,292	1,093	1,484	1,000	2,000	1,000	1,100	1,000	31,316	
1.0 F. SURFACE FACILITIES	57	871	871	133	133	133	133	133	133	133	133	133	133	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	300	300	6,329	
1.5 G. MAINTENANCE SERVICE	0	0	2,912	558	558	558	558	558	558	716	558	1,546	1,160	906	974	1,560	993	830	1,550	933	987	906	993	1,050	1,050	1,800	900	750	26,418	
1.3 H. RECLAMATION	0	0	0	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	3,627	
1.5 I. ROYALTY PAYMENT	0	0	0	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	585	570	570	570	570	570	570	570	570	570	14,715	
SUBTOTAL	7,882	7,002	25,326	19,242	7,629	7,991	7,305	8,495	8,750	9,821	8,887	33,949	14,835	12,961	13,189	14,671	12,478	14,736	17,006	15,481	21,859	17,691	14,803	14,403	14,174	16,174	13,974	12,974	393,988	
TOTAL CONTINGENCY (15%)	1,182	1,050	3,799	2,886	1,144	1,199	1,096	1,274	1,313	1,473	1,333	5,092	2,225	1,944	1,978	2,201	1,872	2,210	2,551	2,322	3,279	2,654	2,221	2,160	2,126	2,471	2,096	1,946	59,098	
GLAND TOTAL	9,064	8,052	29,124	22,129	8,773	9,190	8,401	9,769	10,063	11,294	10,220	39,042	17,060	14,905	15,167	16,872	14,349	16,947	19,557	17,803	25,138	20,345	17,024	16,564	16,300	18,945	16,070	14,920	453,086	
PRODUCTION (x 1,000 ton)				1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	25,000	
COAL PRICE	20.35 US\$			20.35	20.35	20.35	20.35	20.35	20.35	20.35	20.35	20.35	20.35	20.35	20.35	20.35	20.35	20.35	20.35	20.35	20.35	20.35	20.35	20.35	20.35	20.35	20.35	20.35	20.35	
REVENUE				20,350	20,350	20,350	20,350	20,350	20,350	20,350	20,350	20,350	20,350	20,350	20,350	20,350	20,350	20,350	20,350	20,350	20,350	20,350	20,350	20,350	20,350	20,350	20,350	20,350	20,350	
CASH FLOW	-9,064	-8,052	-29,124	-1,779	11,577	11,160	11,949	10,581	10,287	9,056	10,130	-18,692	3,290	5,445	5,183	3,478	6,001	3,403	793	2,547	-4,788	5	3,326	3,786	4,050	1,405	4,280	5,430		
10 %																														
DCF	1.100	1	0.909	0.826	0.751	0.683	0.621	0.564	0.513	0.467	0.424	0.386	0.350	0.319	0.290	0.263	0.239	0.218	0.198	0.180	0.164	0.148	0.135	0.123	0.112	0.102	0.092	0.084	0.076	
NPV (i= 10%)	-9,064	-7,320	-24,070	-1,336	7,907	6,929	6,745	5,430	4,799	3,841	3,906	-8,551	1,048	1,577	1,365	833	1,306	673	143	416	-712	1	409	423	411	130	359	414	10	

CALCULATION OF LEVELIZED UNIT COST (B)																														
TOTAL COST	9,064	8,052	29,124	22,129	8,773	9,190	8,401	9,769	10,063	11,294	10,220	39,042	17,060	14,905	15,167	16,872	14,349	16,947	19,557	17,803	25,138	20,345	17,024	16,564	16,300	18,945	16,070	14,920	453,086	
NPV	9,064	7,320	24,070	16,626	5,992	5,706	4,742	5,013	4,694	4,790	3,940	13,684	5,436	4,318	3,994	4,039	3,123	3,353	3,517	2,911	3,737	2,749	2,091	1,850	1,655	1,749	1,348	1,138	152,619	
PRODUCTION (x 1,000 ton)				1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000		
LEVELIZED UNIT COST	20.35 US\$			20.35	20.35	20.35	20.35	20.35	20.35	20.36	20.35	20.35	20.35	20.35	20.35	20.35	20.35	20.35	20.35	20.35	20.35	20.35	20.35	20.35	20.35	20.35	20.35	20.35	20.35	
NPV				15,289	13,899	12,636	11,487	10,443	9,493	8,630	7,846	7,133	6,484	5,895	5,359	4,872	4,429	4,026	3,660	3,327	3,025	2,710	2,500	2,273	2,066	1,878	1,707	1,552	152,659	
PROD (10% DISC.) (x 1,000TON)				751	683	621	564	513	467	424	386	350	319	290	263	239	218	198	180	164	149	135	123	112	102	92	84	76		
ACCUM. COST NPV	9,064	16,385	40,454	57,080	63,072	68,779	73,521	78,534	83,228	88,018	91,958	105,642	111,078	115,395	119,389	123,428	126,551	129,904	133,421	136,332	140,069	142,818	144,909	146,759	148,414	150,163	151,511	152,649		
ACCUM. PROD. (10% DISC.) (x 1,000TON)				751	1,434	2,055	2,620	3,133	3,599	4,023	4,409	4,760	5,078	5,368	5,631	5,871	6,088	6,286	6,466	6,629	6,778	6,913	7,036	7,148	7,249	7,342	7,425	7,502		
LEVELIZED COST (US\$/TON)				75.97	43.97	33.46	28.06	25.07	23.12	21.88	20.86	22.20	21.87	21.50	21.20	21.03	20.79	20.67	20.63	20.56	20.67	20.63	20.60	20.53	20.47	20.45	20.40	20.35		

(thousand of dollars)

- (1) 長期的にみれば燃料費 (US\$/Gcal) は発電所容量の影響を受けない。
- (2) リグナイト全量がシンブンから供給される場合、US\$ 20.35 / ton (US\$ 7.98/Gcal) となる。一方、20% がクラブから供給される場合はコストは若干高く、US\$ 8.8 / G cal が見込まれる。あらゆる場合を想定して、US\$ 10 /Gcal以下が見込まれる。(Table 6-13a、Table 6-13b、Table 6-13c、Fig. 6-19)
- (3) 平均コストは燃料消費量の増加にともない(割合が大きくない限り)高くなる。Levelized Cost は25年の長期で見ると約 US\$ 20/ton に集束する (Fig. 6-20)。

生産コストは国により、図 6-21 の様に変化する。

EGATの算出によると、土地購入費と村落の移転費にUS\$ 4.20/tonかかり、これは全コストの19%にあたる。しかし平均コストのUS\$18 は諸国のコストと比較して高い部類には入らない。

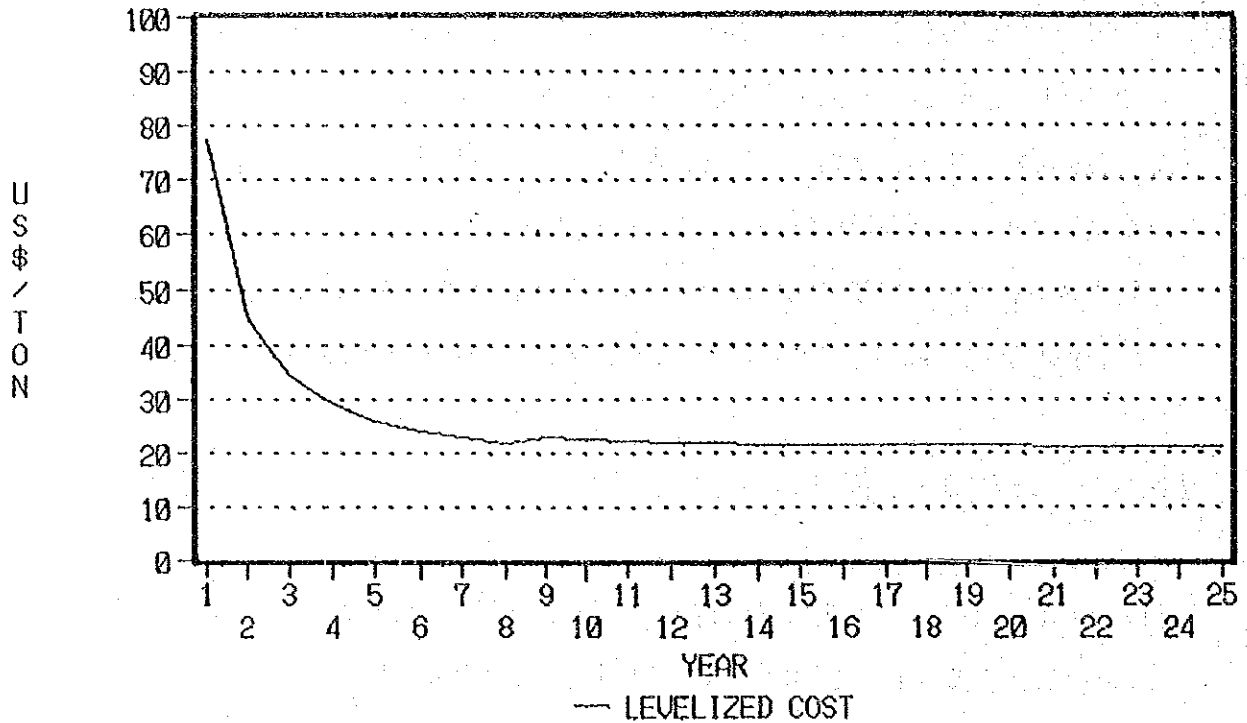
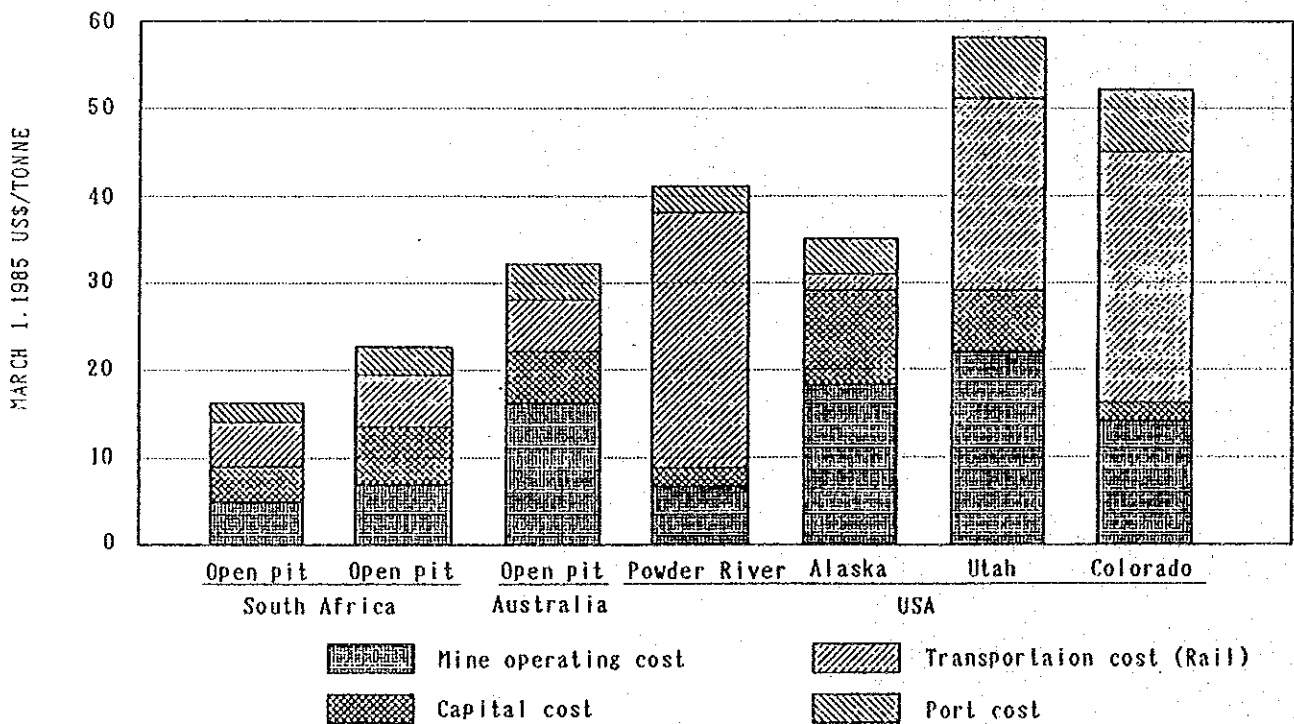


Fig. 6-20 Levelized Cost of Coal 150 MW Case (Cont. 15%)



Source : Barnett, D.W. "Export Coal Costs in Ausralia, Canada, South Africa and the USA" (Materials and Society Vol.9, No.4)

Fig. 6-21 Comparison of Coal Supplying Costs from South Africa, Australia, USA

6.6 結 論

JICAチームは、EGATから指示された報告書（シンブン炭田地質調査報告書（1987）、クラビ第4発電機に対するクラビ炭鉱拡大計画F/S（1987）、シンブン採掘概念設計（1991））を基にして、鉱山開発計画の計画と見直しを実施した。今回の計画の基本は、A-FBCリグナイト燃焼火力発電所（150MW）に、シンブン炭田から年間80万ト、クラビ炭鉱から20万トを供給することである。

- (1) シンブン及びクラビ炭田には、150MW発電所に25年間供給するリグナイトの量は十分に存在する。
- (2) このリグナイトの品質については、多少バラツキがあるものの、当該FBCボイラーで使用するものとしては問題はないと思われる。しかしながら、2地域の計3採掘区域から供給するため、供給炭の品位のバラツキを極力小さくするためには、混炭システムの導入が望まれる。
- (3) EGATはコンピューターを使用し、地質データを詳細に分析し、技術的、経済的な項目を検討した。その結果、シンブン炭田の5地域から、Bang Sai, North Kuan Klang, South Kuan Klangの3地区を経済的として選んだ。JICAチームのスタディーにおいても、その正当性が確認された。
- (4) JICAチームは、150MW発電所にリグナイトを供給するために最も合理的で、経済的な採掘順序を提案し、EGATサイドもこれに同意した。
- (5) 採掘方法については特殊な方法や、大規模設備を使用することなく、通常のトラック&ショベル方式で可能なフィールドである。水理地質学的考慮から、採掘に伴う排水計画が重要となる。
- (6) 採掘設計の基準は、EGATの経験に基づくもので、現実的なものである。

(7) Contingency 15%, Discount Rate 10% を基礎にした経済評価では、Levelized Costは約US\$20/ton、Average Costは、約US\$18/tonと見込まれる。採掘コストを25年間という長い期間で考慮した場合、Levelized Costは一定の値に収れんする。Economic Ratioは、US\$10/Gcal 以下といえる。これらの試算は、100MWのケースをベースにして150MWのケースに対するパラメータを想定して求めた。

第7章 石灰石の調達

第7章 石灰石の調達

	頁
7.1 タイ国内の石灰石の産出状況	7-1
7.2 タイ国内のセメント産業の状況	7-4
7.3 発電所用石灰石の調達	7-6

List of Figures

- Fig. 7-1 Distribution of Limestone in Thailand
Fig. 7-2 Outline of Hammer Crusher and Capacity

List of Tables

Table 7-1	Production of Limestone in Thailand
Table 7-2	Cement Production Facilities in Thailand (Present & Future)
Table 7-3	Limestone Price at Krabi Site (without Escalation)

第7章 石灰石の調達

7.1 タイ国内の石灰石の産出状況

タイ国はほぼ全土にわたり豊富に石灰石が分布しており、特にサイト候補地点近傍には石灰石の岩体が見られる。石灰石分布状況を Fig. 7-1に示す。

タイ国では1980年代後半より大きな経済成長が続いており、特に首都バンコクを中心として設備投資が活発に行われていることからセメントの民間需要の伸びが著しく、それにつれてセメント用石灰石の産出量も増大しており、1990年のタイ国全体の生産量は約19,000千tに及んでいる。しかしながらセメント生産量の大部分は中部地域に集中しており、需要の薄い南部地域では全体の8%強の1,600千t程度となっている。又、セメント産業以外でも石灰石を生産しているがその量はタイ国全体で180千t程度とわずかである。

石灰石生産量の実績推移を Table 7-1に示す。

Table 7-1 Production of Limestone in Thailand

(Unit : Thousand ton)

	1986	1987	1988	1989	1990
1. Cement Industry					
Northern Region					
Nakhon Sawan	428	499	625	736	768
Central Region					
Phetchaburi	446	579	648	680	884
Sara Buri	7,770	9,448	11,844	13,362	16,319
Southern Region					
Nakhon Si Thammarat	961	865	984	1,188	1,600
Total Production	9,605	11,391	14,101	15,966	19,571
Value (M. Baht)	818.5	968.2	1,198.5	1,357.1	1,659.3
2. Other Industries					
Northern Region					
Kamphaeng Phet				3.5	8.4
Lampary			2.6	1.0	
Sukhothai			42.5	47.0	30.0
Tak		1.8	12.0	9.5	19.0
Uttaradit	under0.1	0.1	0.2	4.0	
Northeastern Region					
Nakhon Ratchasima	24.0	44.7	29.1	46.8	50.5
Central Region					
Chai Nat			2.2	1.1	0.4
Kanchanaburi				0.3	0.2
Lop Buri	0.9	1.1	9.7	16.6	12.0
Prachuap Khiri Khan	under0.1				
Ratchaburi		8.1	66.1	50.2	55.3
Southern Region					
Yala	0.3				
Total Production	25.2	55.8	164.4	180.0	175.8
Value (M. Baht)	0.6	3.9	14.0	15.3	15.0

Source ; MINERAL STATISTICS OF THAILAND
DEPARTMENT OF MINERAL RESOURCES

7.2 タイ国内のセメント産業の状況

経済成長の伸びに従い需要も大幅に伸び、1990年代に入っても供給不足の問題が顕在化しており、セメントの実勢市場価格は公定価格 (The official Government price for Cement) の1.5倍程度となっている。このため輸入量の増大で対処すると共に、今後3年以内の生産開始を目途に既企業においては新工場の設置を含め大幅な生産設備の増強が進められているが、当分の間需給の逼迫感が続くものと思われる。

南部地域ではSIAMセメント会社のTHUNG SONG工場 (Sin Pun サイトより東側約40 km) において現在1,200千t/年容量の設備増強が進められており、1991年の完成後は既設備と合わせ2,100千t/年の設備となる。

セメント生産設備及び増設計画を Table 7-2に示す。

Table 7-2 Cement Production Facilities in Thailand (Present & Future)

(Unit: Thousand ton)

Company	Factory	1989	1990	1991	1992	1993
SIAM	KAENG KHOI	4,900	4,900	4,900	(2,200)	7,100
	TA LUANG	3,200	3,200	3,200	3,200	3,200
	THUNG SONG	900	900	(1,200)	2,100	2,100
	KOA WONG (*)	0	0	0	0	(3,600) 3,600
	Total	9,000	9,000	(1,200) 10,200	(2,200) 12,400	(3,600) 16,000
SIAM CITY	TABKWANG	4,550	4,550	(1,750) 6,300	(3,000) 9,300	9,300
JALAPRATHAN	TAKLI	400	400	400	400	400
	CHA-AM	1,200	1,200	(300) 1,500	1,500	1,500
	Total	1,600	1,600	(300) 1,900	1,900	1,900
THAI PETROCHE-MICAL INDUSTRY	SARABURI (*)	0	0	0	(2,000) 2,000	2,000
Total		15,150	15,150	(3,250) 18,400	(7,200) 25,600	(3,600) 29,200

1 () ; Expansion of Existing Factory

2 (*) ; New Factory

Source: Japan Cement Association, Aug. 1990.

Cement Industry in Asian 7 countries

7.3 発電所用石灰石の調達

日本国内で実施したサイト候補地点近傍の石灰石の化学成分分析、示差熱分析の結果及びベンチスケール燃焼試験の結果からFBCボイラの脱硫剤として適合しており、いずれの石灰石も使用可能なことが判明した。

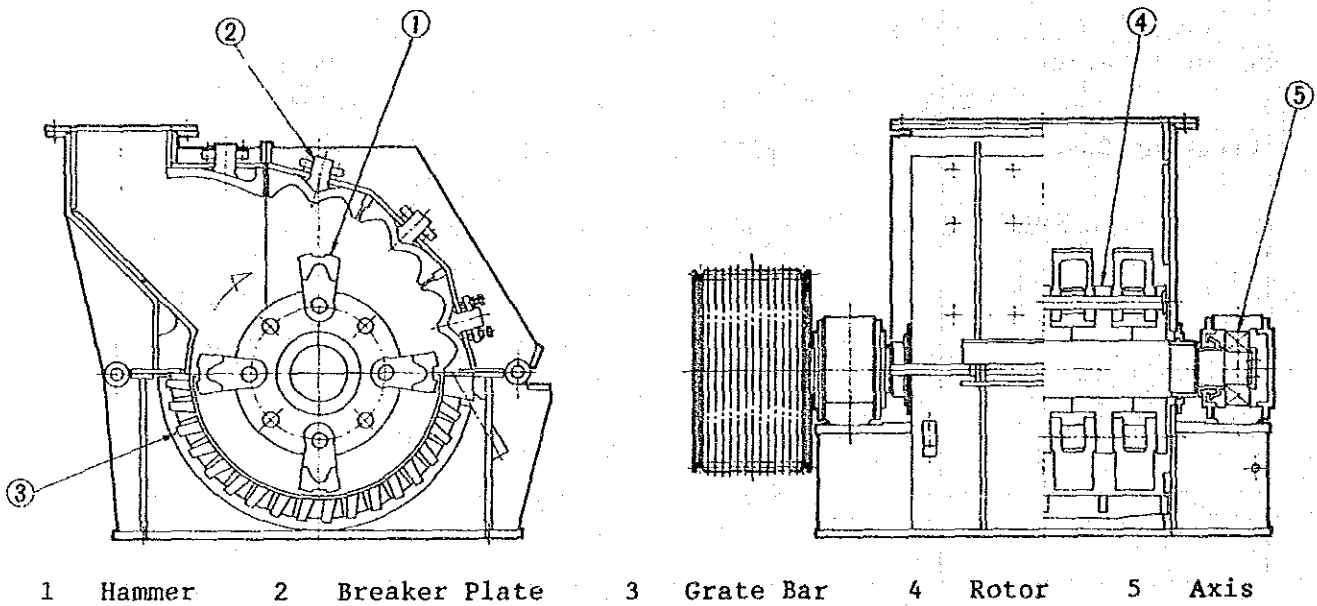
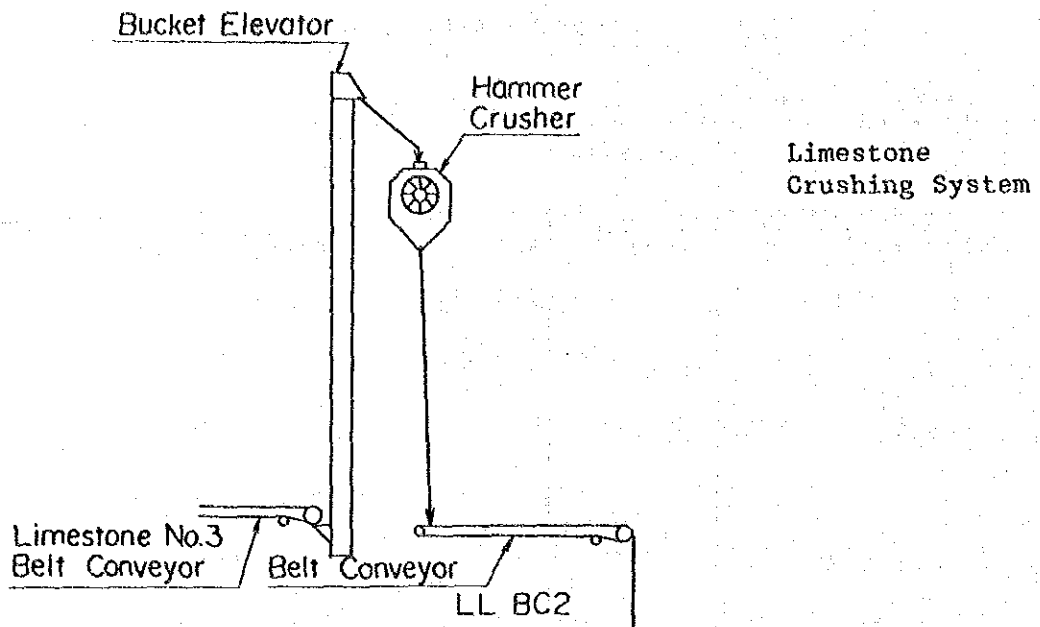
現計画中のFBCボイラで使用する石灰石の量は、150MW級で年間400千tに達するため、年間生産量が1,600t程度しかない南部地域内で必要石灰石を全量セメント業界から購入することは市場価格の混乱、高騰招く他購入条件も厳しくなることが懸念される。したがって輸送費の低減も考えられることから発電所近傍の石灰石山を脱硫剤専用に関発し供給することが得策と考えられる。

パイロット燃焼試験より、石灰石の粒径は3 mm以下で細粒径のものが好ましいことが解った。石灰石破碎装置を検討した結果、ハンマー型破碎装置によって破碎する石灰石がA-FBC脱硫剤に適合することを考える。Fig. 7-2 に破碎装置と破碎能力の概要を示す。粒径を3 mm以下に破碎する場合の石灰石価格の試算結果を Table 7-3 に示す。

試算結果から脱硫剤としての石灰石は160Baht/tで得られることが解る。

Table 7-3 Limestone Price at Krabi Site (without Escalation)

	Baht/t	Remark
Raw Material	123	Yod Po Sila Quarry Price 1 - 2 inch 250 Baht/m ³ 3/4 inch 260 Baht/m ³ 1.8 - 2 ton/m ³ Assumption 220 Baht/m ³ -----> 123 Baht/ton (450 mm x 250 mm) (1.8 t/m ³)
Transportation Cost	22	2 Baht/t·km x 11 km
Crushing Cost	15	10% Discount Rate Crusher 60 Million Yen Electricity 800 kW/150 t Maintenance Cost 1.8 Million Yen/y Operation Cost 2818 kB/y (Two shift three group)
Total	160	



Performance of Crusher

	Inlet	Outlet
Size of Limestone	250 × 450 mm max.	3 mm under (1.5 mm under 85%)
Capacity	80 t/h	
Electricity Consumption	400 kW	

Fig. 7-2 Outline of Hammer Crusher and Capacity

第8章 ベンチスケール燃焼試験

第8章 ベンチスケール燃焼試験

	頁
8.1 要 旨	8-1
8.2 燃焼試験の内容と工程.....	8-2
8.3 石炭及び石灰石性状分析.....	8-4
8.3.1 供試炭の性状.....	8-4
8.3.2 供試石灰石の性状.....	8-16
8.4 燃焼試験装置	8-24
8.5 試験結果	8-31
8.5.1 予備試験	8-31
8.5.2 シンプン炭燃焼性能試験	8-51
8.5.3 クラビリグナイト燃焼性能試験	8-57
8.6 結果の評価	8-65
8.6.1 小型燃焼試験装置の特性	8-65
8.6.2 実機性能評価	8-70
8.7 まとめ	8-85

List of Figures

- Fig. 8-1 Sin Pun/Krabi Lignite Burning Profile
- Fig. 8-2 Particle Size Distribution of Thailand Lignite
- Fig. 8-3 Particle Size Distribution of Crushed Coal for Combustion Test
- Fig. 8-4 Particle Size Distribution before and after Ashing
- Fig. 8-5 Limestone Particle Size Distribution
- Fig. 8-6 ϕ 100 Combustion Test Facility Flow Diagram
- Fig. 8-7 Furnace and Fuel Feeding Points
- Fig. 8-8 SO_x Emission with Different Bed Temperatures
- Fig. 8-9 Sulfur Capture Efficiency with Different Bed Temperatures
- Fig. 8-10 SO_x Emission with Different Ca/S Molar Ratios
- Fig. 8-11 Sulfur Capture Efficiency with Different Ca/S Molar Ratios
- Fig. 8-12 SO_x Emission with Different Limestones
- Fig. 8-13 Sulfur Capture Efficiency with Different Limestones
- Fig. 8-14 SO_x Emission with Different Air Ratios
- Fig. 8-15 Sulfur Capture Efficiency with Different Air Ratios
- Fig. 8-16 SO_x Emission with two Different Coal Feed Systems
- Fig. 8-17 Sulfur Capture Efficiency with Different Coal Feed Systems
- Fig. 8-18 SO_x Emission with Different Coal and Limestone Sizes
- Fig. 8-19 Sulfur Capture Efficiency with Different Coal and Limestone Sizes
- Fig. 8-20 SO_x Emission with Different Superficial Velocity
- Fig. 8-21 Sulfur Capture Efficiency with Different Superficial Velocity
- Fig. 8-22 NO_x Emission with Different Bed Temperatures
- Fig. 8-23 NO_x Emission with Different Limestones
- Fig. 8-24 NO_x Emission with Different Coal and Limestone Sizes
- Fig. 8-25 NO_x Emission with Different Superficial Velocities
- Fig. 8-26 NO_x Emission with Different in-bed Air Ratio
- Fig. 8-27 NO_x Emission with Different Coal Feed Systems
- Fig. 8-28 Combustion Efficiency with Different Bed Temperatures
- Fig. 8-29 Combustion Efficiency with Different Limestone
- Fig. 8-30 Fuel Ratio - Combustion Effi.
- Fig. 8-31 Combustion Efficiency with Different Coal and Limestone Sizes

Fig. 8-32	Combustion Efficiency with Different Two Coal Feed Systems
Fig. 8-33	Combustion Efficiency with Different Superficial Velocities
Fig. 8-34	SO _x Emission with Different Bed Temperatures and Ca/S Molar Ratio
Fig. 8-35	Sulfur Capture Efficiency with Different Bed Temperatures and Ca/S Molar Ratio
Fig. 8-36	NO _x Emission with Different Bed Temperatures
Fig. 8-37	Combustion Efficiency with Different Bed Temperatures
Fig. 8-38	SO _x Emission with Different Bed Temperatures
Fig. 8-39	Sulfur Capture Efficiency with Different Bed Temperatures
Fig. 8-40	SO _x Emission with Different Ca/S Molar Ratios
Fig. 8-41	Sulfur Capture Efficiency with Different Ca/S Molar Ratios
Fig. 8-42	NO _x Emission with Different Bed Temperatures
Fig. 8-43	Combustion Efficiency with Different Bed Temperatures
Fig. 8-44	FBC Combustion Test Facilities
Fig. 8-45	Desulfurization Characteristic with Different Scale
Fig. 8-46	NO _x Emission Characteristic with Different Scale
Fig. 8-47	Gas Temperature Distribution in Furnace
Fig. 8-48	Differential Thermal Analysis with Different CO ₂ Conditions
Fig. 8-49	Calcination Temperature with Different CO ₂ Concentration
Fig. 8-50	Macro Termobalance Analyzing Results
Fig. 8-51	SO _x Emission with Different Ca/S
Fig. 8-52	Effect of CaO Content in Bed Material
Fig. 8-53	Gas Temperature Distribution in Furnace
Fig. 8-54	Temperature and O ₂ Distribution in Furnace
Fig. 8-55	NO _x Concentration in Furnace

List of Tables

Table 8-1	Time Table for Beuch Scale Combustion Test
Table 8-2	Raw Coal Analysis
Table 8-3	Drying Coal Analysis
Table 8-4	Proximate Analysis of Test Lignite Ash
Table 8-5	Limestone Analysis (Analyzed April, 1991)
Table 8-6	Limestone Purity (analyzed on September, 1991)
Table 8-7	Pre-Performance Test Data
Table 8-8	Sin Pun Lignite Combustion Performance Test Data
Table 8-9	Krabi Lignite Combustion Performance Test Data

8.1 要旨

シンブンリグナイトは従来FBCで扱われてきた石炭に比べ下記の特徴がある。

- i. 発熱量が低く低位湿炭ベースで3,000kcal/kg程度である。
- ii. 硫黄分が非常に高く、またその含有率が3~9%と幅が大きく、可採埋蔵炭の平均硫黄分は7%である。
- iii. 水分が高く、受け入れ炭ベースで30%以上あり、固有水分も15~20%ある。
- iv. 灰分が高く20%以上ある。

発熱量が低く硫黄分が非常に高いことから、シンブンリグナイトを従来技術の微粉炭火力ボイラで燃焼させた場合、排ガス中の硫黄酸化物（以下SO_x）濃度は10,000ppm程度となり、微粉炭ボイラ部分にも高硫黄対策を必要とする濃度レベルである。

しかしながら、日本で技術開発され、50MW規模で実施された常圧バブリング型FBCボイラは、その燃焼が850℃前後と低温であること及び流動床ボイラに加えられた石灰成分により火炉内で脱硫反応が起こるため、SO_xガスは流動床ボイラでほとんど吸着される。そのため、ボイラの高硫黄対策は特に必要としない。又、炉内脱硫のみでタイ国の環境基準以下で運転が可能である。

本F/Sでは、FBCボイラで脱硫剤として使用される石灰石の適量を測りその経済性を計るため及び経済的プラント概念設計を行うため、下記の2段階の燃焼試験を実施する。

- i. ベンチスケール燃焼試験
- ii. パイロットスケール燃焼試験

ベンチスケール燃焼試験結果から、タイ国石灰石とシンブンリグナイト及びクラビリグナイトはFBCボイラに適した性状を持ち、特にシンブンリグナイトはその硫黄分が高いにもかかわらず、石灰石供給量がCa/Sモル比2でもタイ国排出基準値700ppm以下で運転が可能であることが解った。

また窒素酸化物（以下NO_x）排出特性及び燃焼効率についても良好な結果が得られた。

今後パイロットスケール燃焼試験においてより少ないモル比で同程度の脱硫性能を得ることの確認及び物質収支（マテバラ）を把握し経済的設備設計のためのデータ収集のための試験を実施し、プロジェクトの実現可能性を調査する。

8.2 燃焼試験の内容と工程

今回の燃焼試験全体の実績工程を下記に示す。8月に石炭を入荷した後、試験準備を行い9月初めより燃焼試験を開始した。

当初3週間は下込めによる予備試験として、層温及びCa/Sモル比を変えた運転条件選定試験、Khao Tham Hora及びThung Song石灰石による石灰石銘柄選定試験を実施した。その後上込め給炭方式で予備試験を行い、その以降の燃焼性能試験の試験条件の最終確認を行った。

それらを経て、シンブン炭及びクラビ炭の燃焼性能試験を各2週間ずつ実施した。

以上の試験の詳細条件を Table 8-1 に示す。

Table Bench scale test schedule

ITEM	August		September				October			November						
	19	25/26	12	89	15/16	22/23	29/30	67	13/14	20/21	27/28	34	10/11	17/18	24/25	30
1. Coal and limestone analysing	[Bar]		[Bar]													
2. Coal and limestone preparation	[Bar]		[Bar]													
3. Combustion test																
A. Changing operating condition			[Bar]													
B. Changing limestone					[Bar]											
C. Changing coal feed method							[Bar]									
D. Changing air ratio and superficial velocity							[Bar]									
E. Combustion performance test of Sin Pun lignite									[Bar]							
F. Combustion performance test of Krabi lignite													[Bar]			
4. Data analysing and reporting									[Bar]						[Bar]	
Note	<p>Preparation → Under feed test (Sin Pun Lignite) ← Over feed test (Sin Pun Lignite) → (Krabi Lignite) →</p>															

Table 8-1 Time Table for Beuch Scale Combustion Test

Date	Day	Time	Run No	Lignite	Limestone	Coal feeding	Coal size (mm)	Limestone Initial size (mm)	Ca/S (-)	Bec Temp. (°C)	In-bed air superficial velocity (m/s)
Sep. 2	Mon	17:00-18:00	A-1-1	Sin Pun	FunafSekinyaya	Under feed	0.0-2.0	0.0-2.0	3.0	550	1.2
Sep. 3	Tue	15:00-16:00	A-2-1						2.0	550	1.2
Sep. 3	Tue	17:00-18:00	A-2-2						2.0	550	1.2
Sep. 4	Wed	13:40-14:40	A-3-1						3.0	810	1.2
Sep. 4	Wed	14:40-15:50	A-3-2						3.0	850	1.2
Sep. 5	Thu	14:30-15:30	A-4-1						1.0	810	1.2
Sep. 5	Thu	16:00-16:30	A-4-2						1.0	850	1.2
Sep. 5	Thu	17:00-18:00	A-4-3						1.0	880	1.2
Sep. 6	Fri	13:30-14:30	A-5-1						2.0	810	1.2
Sep. 6	Fri	15:00-15:30	A-5-2						2.0	850	1.2
Sep. 6	Fri	16:00-16:30	A-5-3						2.0	880	1.2
Sep. 17	Tue	14:00-15:00	B-1-1		FunafSekinyaya				2.0	810	1.2
Sep. 17	Tue	15:30-16:30	B-1-2		Khao Thaa Hora				2.0	850	1.2
Sep. 17	Tue	17:00-17:30	B-1-3						2.0	880	1.2
Sep. 17	Tue	18:00-18:30	B-1-4		Khao Thaa Hora				2.0	780	1.2
Sep. 16	Wed	12:30-13:30	B-2-1		Thung Song				2.0	810	1.2
Sep. 15	Thu	15:30-16:30	B-3-1		Thung Song				2.0	850	1.2
Sep. 15	Thu	17:00-18:00	B-3-2		Thung Song				2.0	880	1.2
Sep. 20	Fri	12:30-13:30	B-4-1		Khao Thaa Hora				3.0	850	1.2
Sep. 20	Fri	14:00-15:00	B-4-2						2.0	880	1.2
Sep. 20	Fri	15:30-16:00	B-4-3						2.0	880	1.2
Sep. 20	Fri	17:00-17:30	B-4-4		Sin Pun	Under feed	0.0-2.0	0.0-2.0	4.0	920	1.2
Oct. 7	Mon	13:00-14:00	C-1-1		Khao Thaa Hora	Over feed	0.0-2.0	0.0-2.0	3.0	850	1.2
Oct. 7	Mon	14:30-15:30	C-1-2						3.0	850	1.2
Oct. 7	Mon	16:00-17:00	C-1-3						3.0	880	1.2
Oct. 8	Tue	13:00-14:00	D-1-1				0.0-2.0	0.0-2.0	3.0	850	1.2
Oct. 8	Tue	14:30-15:30	D-1-2				0.5-2.0	0.5-2.0	3.0	850	1.2
Oct. 8	Tue	16:00-17:00	D-1-3				0.5-2.0	0.5-2.0	3.0	850	1.2
Oct. 9	Wed	13:00-14:00	D-2-1				0.5-2.0	0.5-2.0	3.0	850	1.2
Oct. 9	Wed	14:30-15:30	D-2-2				0.5-2.0	0.5-2.0	3.0	850	1.2
Oct. 9	Wed	16:00-17:00	D-2-3				0.5-2.0	0.5-2.0	3.0	850	1.2
Oct. 16	Wed	13:00-14:00	D-3-1				0.0-2.0	0.0-1.4	2.0	850	1.2
Oct. 16	Wed	14:30-15:30	D-3-2				0.0-2.0	0.0-1.4	2.0	850	1.2
Oct. 16	Wed	16:00-17:00	D-3-3				0.0-2.0	0.0-1.4	2.0	850	1.2
Oct. 21	Mon	14:00-15:00	E-1-1		Khao Thaa Hora	Over feed	0.0-2.0	0.0-1.4	2.0	880	1.2
Oct. 21	Mon	15:30-16:30	E-1-2				0.0-2.0	0.0-1.4	2.0	880	1.2
Oct. 21	Mon	17:00-18:00	E-1-3				0.0-2.0	0.0-1.4	2.0	880	1.2
Oct. 22	Tue	14:00-15:00	E-2-1				0.0-2.0	0.0-1.4	2.0	850	1.2
Oct. 22	Tue	15:30-16:30	E-2-2				0.0-2.0	0.0-1.4	2.0	850	1.2
Oct. 24	Thu	14:00-15:00	E-3-1				0.0-2.0	0.0-1.4	2.0	900	1.2
Oct. 24	Thu	15:30-16:30	E-3-2				0.0-2.0	0.0-1.4	2.0	900	1.2
Oct. 28	Mon	13:00-14:00	E-4-1				0.0-2.0	0.0-1.4	3.0	800	1.2
Oct. 28	Mon	14:30-15:30	E-4-2				0.0-2.0	0.0-1.4	3.0	800	1.2
Oct. 29	Tue	14:00-15:00	E-5-1				0.0-2.0	0.0-1.4	3.0	850	1.2
Oct. 29	Tue	15:30-16:30	E-5-2				0.0-2.0	0.0-1.4	3.0	850	1.2
Oct. 30	Wed	14:00-15:00	E-6-1				0.0-2.0	0.0-1.4	3.0	900	1.2
Oct. 30	Wed	15:30-16:30	E-6-2				0.0-2.0	0.0-1.4	3.0	900	1.2
Nov. 5	Tue	14:00-15:00	E-7-1				0.0-2.0	0.0-1.4	4.0	800	1.2
Nov. 5	Tue	15:30-16:30	E-7-2				0.0-2.0	0.0-1.4	4.0	800	1.2
Nov. 5	Wed	14:00-15:00	E-8-1				0.0-2.0	0.0-1.4	4.0	850	1.2
Nov. 5	Wed	15:30-16:30	E-8-2				0.0-2.0	0.0-1.4	4.0	850	1.2
Nov. 7	Thu	14:00-15:00	E-9-1				0.0-2.0	0.0-1.4	4.0	900	1.2
Nov. 7	Thu	15:30-16:30	E-9-2				0.0-2.0	0.0-1.4	4.0	900	1.2
Nov. 11	Mon	14:00-15:00	F-1-1		Khao Thaa Hora	Over feed	0.0-2.0	0.0-1.4	4.0	850	1.2
Nov. 11	Mon	15:30-16:30	F-1-2		Yod Postle Thang	Over feed	0.0-2.0	0.0-1.4	3.0	850	1.2
Nov. 11	Mon	17:00-18:00	F-1-3				0.0-2.0	0.0-1.4	3.0	850	1.2
Nov. 12	Tue	13:30-14:30	F-2-1				0.0-2.0	0.0-1.4	3.0	800	1.2
Nov. 12	Tue	15:00-16:00	F-2-2				0.0-2.0	0.0-1.4	3.0	800	1.2
Nov. 13	Wed	13:00-14:00	F-3-1				0.0-2.0	0.0-1.4	3.0	900	1.2
Nov. 13	Wed	14:30-15:30	F-3-2				0.0-2.0	0.0-1.4	3.0	900	1.2
Nov. 15	Fri	14:00-15:00	F-4-1				0.0-2.0	0.0-1.4	2.0	850	1.2
Nov. 15	Fri	16:30-17:30	F-4-2				0.0-2.0	0.0-1.4	2.0	850	1.2
Nov. 19	Tue	14:00-15:00	F-5-1				0.0-2.0	0.0-1.4	4.0	850	1.2
Nov. 19	Tue	16:00-17:00	F-5-2		Yod Postle Thang	Over feed	0.0-2.0	0.0-1.4	4.0	850	1.2

8.3 石炭及び石灰石性状分析

8.3.1 供試炭の性状

今回用いたシンブンリグナイト及びクラビリグナイト試料の受け入れ時の性状を Table 8-2 に示す。さらに、燃焼試験炉に実際に供給する乾燥後のリグナイト水分を Table 8-3 に示す。燃焼効率、脱硫効率等の算定に当たっては Table 8-3 に示す水分を用いて行った。

石炭性状分析から特記すべき事項は以下の通りである。

- i. シンブンリグナイトの全硫黄分は9%以上あるが、その中で燃焼性硫黄分は5%強程度で全硫黄の約6割である。
一方、クラビリグナイトは全硫黄3.6%強であるが、燃焼性硫黄の占める割合がシンブンリグナイトに比べて高く約8割ある。
このことは、シンブンリグナイトをFBCボイラにて低温燃焼させることにより、脱硫剤を用いなくても約4割の硫黄分が石炭灰中に吸着され排ガスに飛散しないが、クラビリグナイトの場合は SO_x の灰への吸着量が約2割に過ぎないことを示す。
- ii. FBCボイラでの窒素酸化物の発生源となる燃料中窒素分は無水ベースでシンブンリグナイト0.49%、クラビリグナイト0.71%と標準的な値である。
- iii. 灰中NaO成分はシンブンリグナイト0.13%、クラビリグナイト0.14%と低く、FBCで問題となるアグロメレーションは起こりにくいと考えられる。
- iv. 灰中の鉄分(Fe_2O_3)はシンブンリグナイト9.44%、クラビリグナイト9.36%と比較的高く、塊状灰沈降現象を起こすものと考えられる。しかし日本の実証試験では、灰中の Fe_2O_3 分18.8%のものを試験した経験があるが、流動床ベットマテリアル(以下BM)材抜き出し管によるズリ排出により対応可能であったため、両リグナイトについても対応可能な範囲にあると考えられる。

その他石炭性状を把握するため以下の試験を実施した。

- i. 灰溶融試験
- ii. リグナイトバーニングプロファイル
- iii. リグナイト受入時粉径分布
- iv. 燃焼試験用リグナイト粒径分布
- v. リグナイト受入炭灰化試験

Table 8-2 Raw Coal Analysis

Item	Lignite		Sin Pun	Krabi	Note (JIS No.)
	Base	Dimension			
High Calorific Heating Value	A.D.	kcal/kg	3830	2940	JIS-M-8814
Total Moisture	A.R.	%	31.32	28.82	JIS-M-8801
Surface Moisture	A.R.	%	15.61	14.90	//
<<Proximate Analysis>>					
Inferent Moisture	A.D.	%	18.62	16.36	JIS-M-8812
Volatile Matter	A.D.	%	42.35	32.80	//
Fixed Carbon	A.D.	%	14.80	14.07	//
Ash	A.D.	%	24.23	36.77	//
<<Ultimate Analysis>>					
C	D.B.	%	47.04	37.72	JIS-M-8813
H	D.B.	%	3.27	1.67	//
O	D.B.	%	13.99	13.51	//
N	D.B.	%	0.49	0.71	//
Total S	D.B.	%	9.08	3.64	//
Combustible S	D.B.	%	5.44	2.83	//
Uncombustible S	D.B.	%	3.64	0.81	//
Cl	D.B.	%	0.006	0.010	//
F	D.B.	%	0.03	0.03	//
<<Ash Analysis>>					
SiO ₂	Ash	%	21.90	53.10	JIS-M-8815
Al ₂ O ₃	Ash	%	7.47	22.50	//
Fe ₂ O ₃	Ash	%	9.44	9.36	//
CaO	Ash	%	26.10	4.71	//
MgO	Ash	%	2.31	1.97	//
Na ₂ O	Ash	%	0.13	0.14	//
K ₂ O	Ash	%	0.97	2.25	//
SO ₃	Ash	%	30.5	4.6	//
P ₂ O ₅	Ash	%	0.17	0.15	//
TiO ₂	Ash	%	0.28	0.73	//
MnO	Ash	%	0.08	0.02	//
V ₂ O ₅	Ash	%	0.021	0.037	//
H. G. I.	A.D.	-	70	58	JIS-M-8801
Button Index	A.D.	CSN	0	0	JIS-M-8801
<<Ash Melting Characteristic>>					
<Oxidatio>					
Initial Deformation Point	Ash	°C	1200	1250	JIS-M-8801
Spherical Point	Ash	°C	1220	1290	JIS-M-8801
Hemispherical Point	Ash	°C	1230	1320	JIS-M-8801
Fluid Point	Ash	°C	1240	1350	JIS-M-8801
<Reduction>					
Initial Deformation Point	Ash	°C	1220	1210	JIS-M-8801
Spherical Point	Ash	°C	1250	1260	JIS-M-8801
Hemispherical Point	Ash	°C	1260	1280	JIS-M-8801
Fluid Point	Ash	°C	1270	1460	JIS-M-8801

Table 8-3 Drying Coal Analysis

Item	Lignite		Sin Pun	Krabi	Note
	BASE	Dimension			
Total Moisture	A.R.	%	17.46	22.36	

Photo 8-1 及び 8-2 にはそれぞれ酸化雰囲気、還元雰囲気での灰の溶融特性を示している。シンプン炭はクラビ炭に比べ相対的に低い温度で溶融を開始していることがわかる。特に酸化雰囲気条件において顕著である。

FBC燃焼においては石炭粒子の周囲は層温よりも50~100°C程度高いことが言われており、層温を900°Cにとった場合石炭周囲は1,000°C近傍と低温である。

シンプンリグナイト及びクラビリグナイトの初期軟化温度が共に1,200°C以上であることから灰溶融による問題はないと考えられる。またベンチスケール燃焼試験ではBM材及び飛散灰（以下F.A.）には特に灰溶融による異常な現象は見られなかった。

Fig. 8-1 にはそれぞれシンプンリグナイト及びクラビリグナイトのバーニングプロフィールを示した。シンプンリグナイト及びクラビリグナイト共に低温において燃焼が完了し、800°C以下で燃え切ることが解かる。特に550°C以下でその燃焼ピークがあることからFBCボイラでは未燃分をほとんど残さず燃焼すると考えられる。さらにPhoto 8-3 には受け入れ時の外観写真を示す。クラビリグナイトはシンプンリグナイトに比べ比較的粗く、鋭角的な形状であることが伺える。なおシンプンリグナイトには石炭中に白い灰の塊が張られ、その成分はCaOが大部分を占めていた。

Fig. 8-2 には受け入れ炭の粒径分布を、Fig. 8-3 には燃焼試験に用いた石炭の粒径分布を示す。シンプンリグナイトによる予備試験では脱硫性能に及ぼす石炭粒径の影響を調べた。

燃焼性能試験においてはシンプンリグナイト、クラビリグナイトとも同図に示す2 mm以下を採用している。

(JIS Base; Leitz High Temperature Microscope)

Sin Pun Lignite

Krabi Lignite

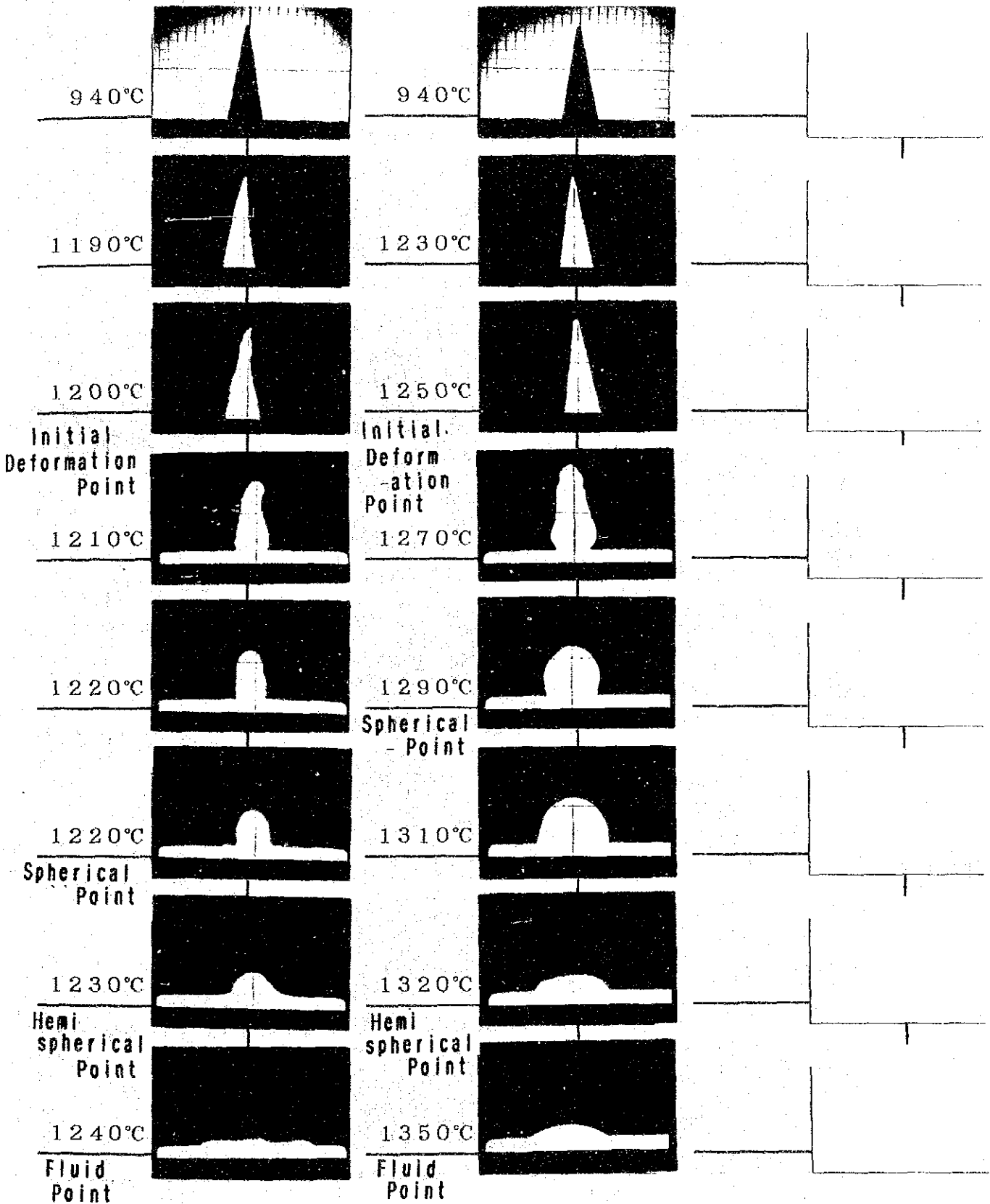


Photo 8-1 Melting characteristic of coal ash (Oxidization)

(JIS Base; Leitz High Temperature Microscope)

Sin Pun Lignite

Krabi Lignite

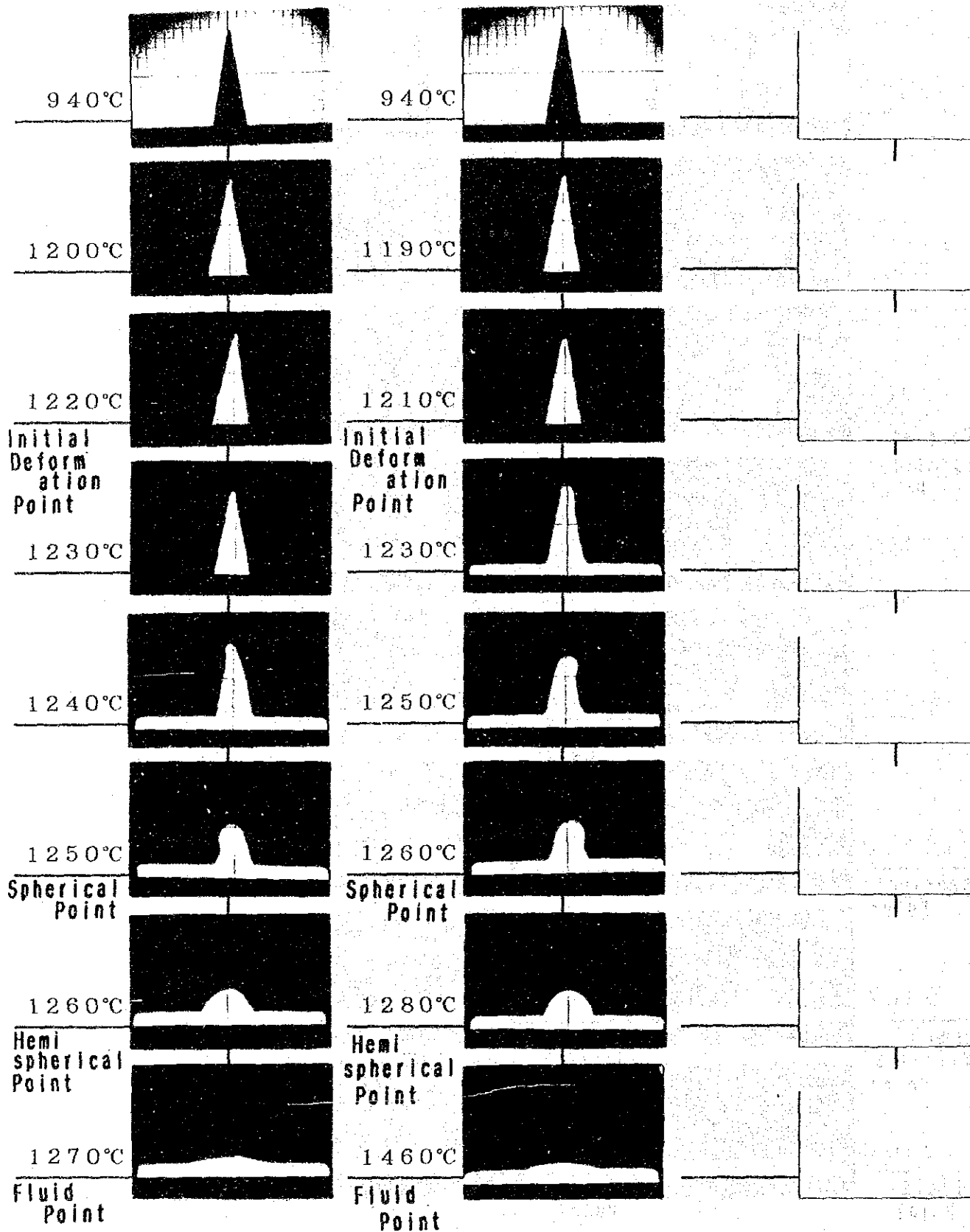


Photo 8-2 Melting characteristic of coal ash (Reduction)

Sample : Sin Pun Coal

Sampling Time : 1.0 sec

Sample Weight : 10.532 mg

Heating Rate : 20.0 deg/min

Thermo Couple : PR

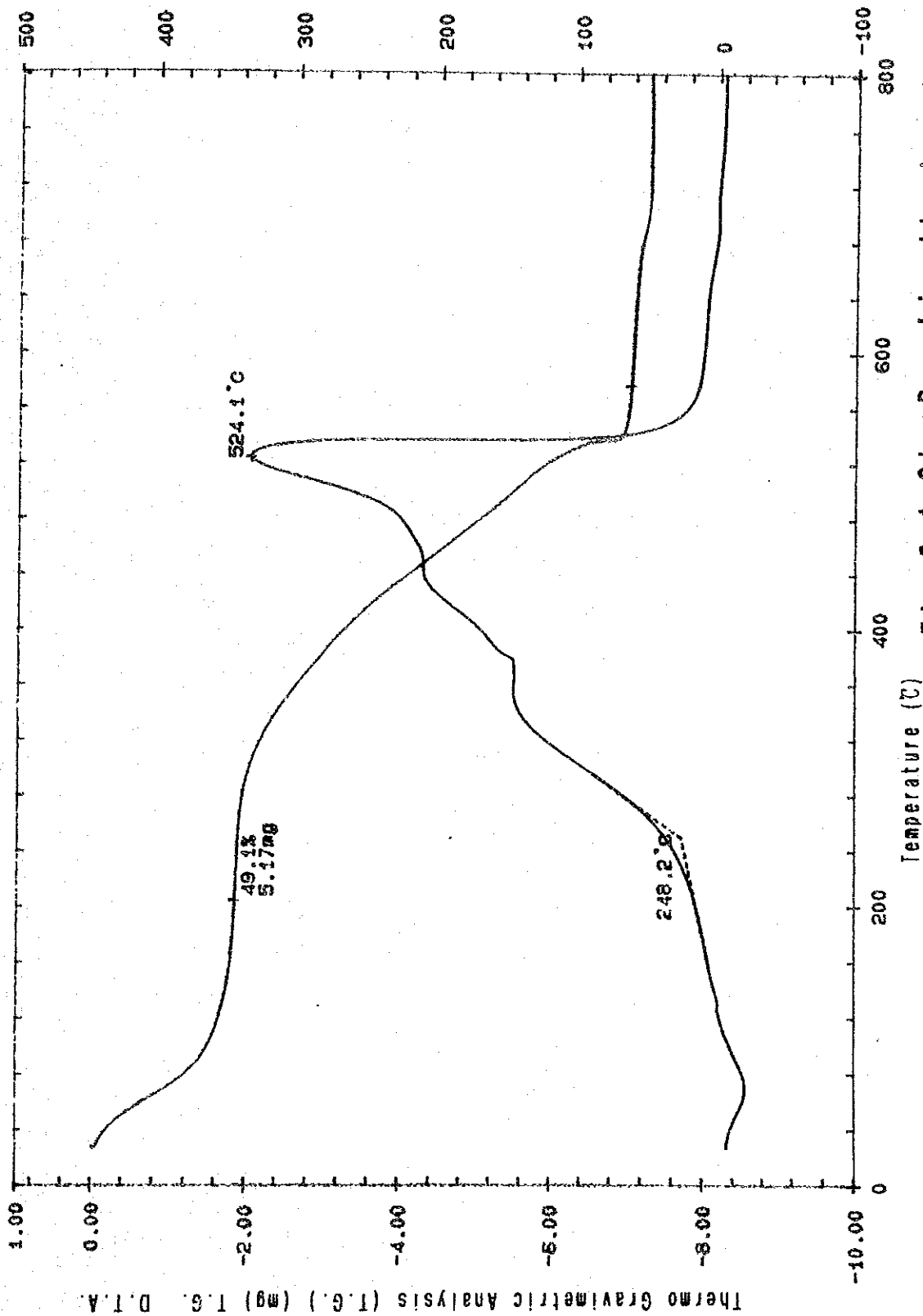


Fig. 8-1 Sin Pun Lignite burning profile

Sample : Krabi Coal

Sampling Time : 1.0 sec
Sample Weight : 8.707 mg
Heating Rate : 20.0 deg/min
Thermo Couple : PR

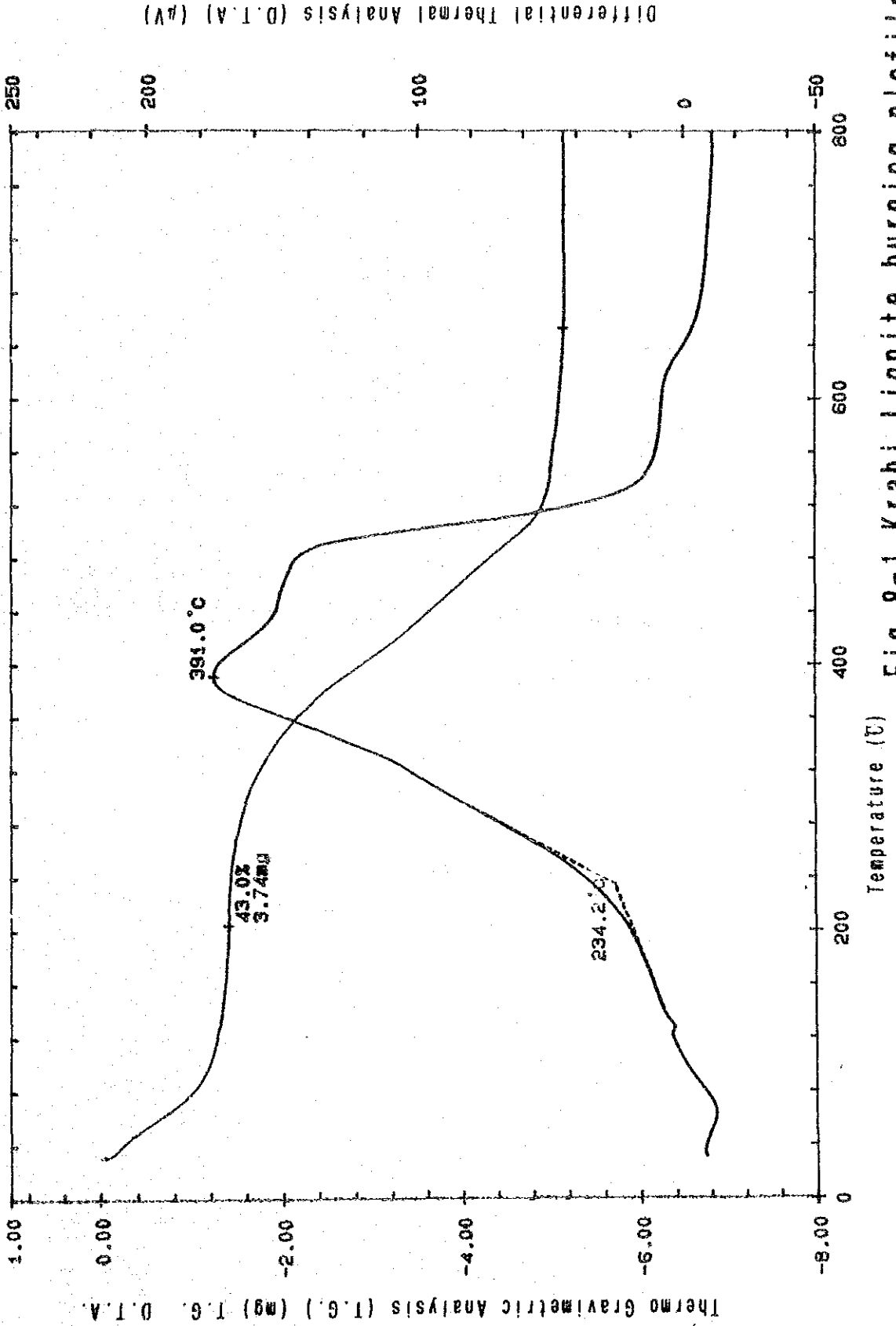


Fig. 8-1 Krabi Lignite burning profile

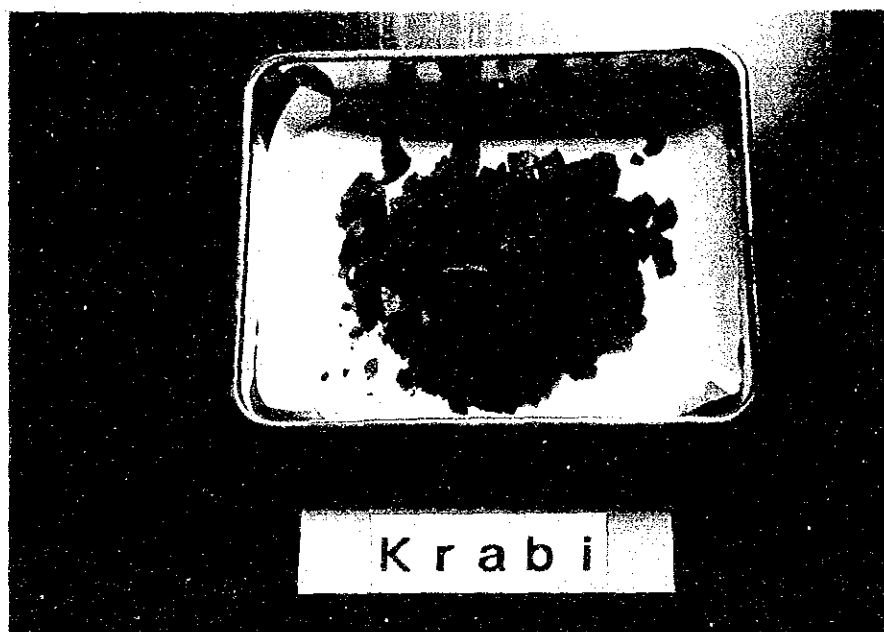


Photo 8-3 Appearance of Thailand Lignite

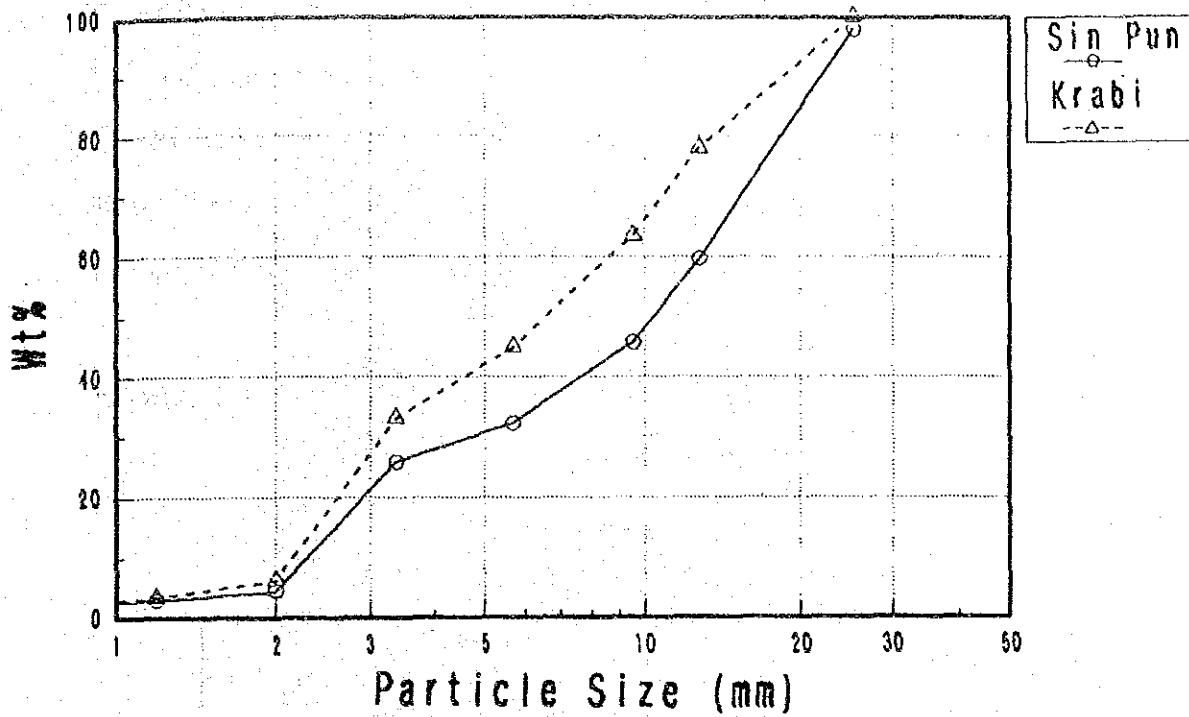


Fig.8-2 Particle size distribution of Thailand Lignite

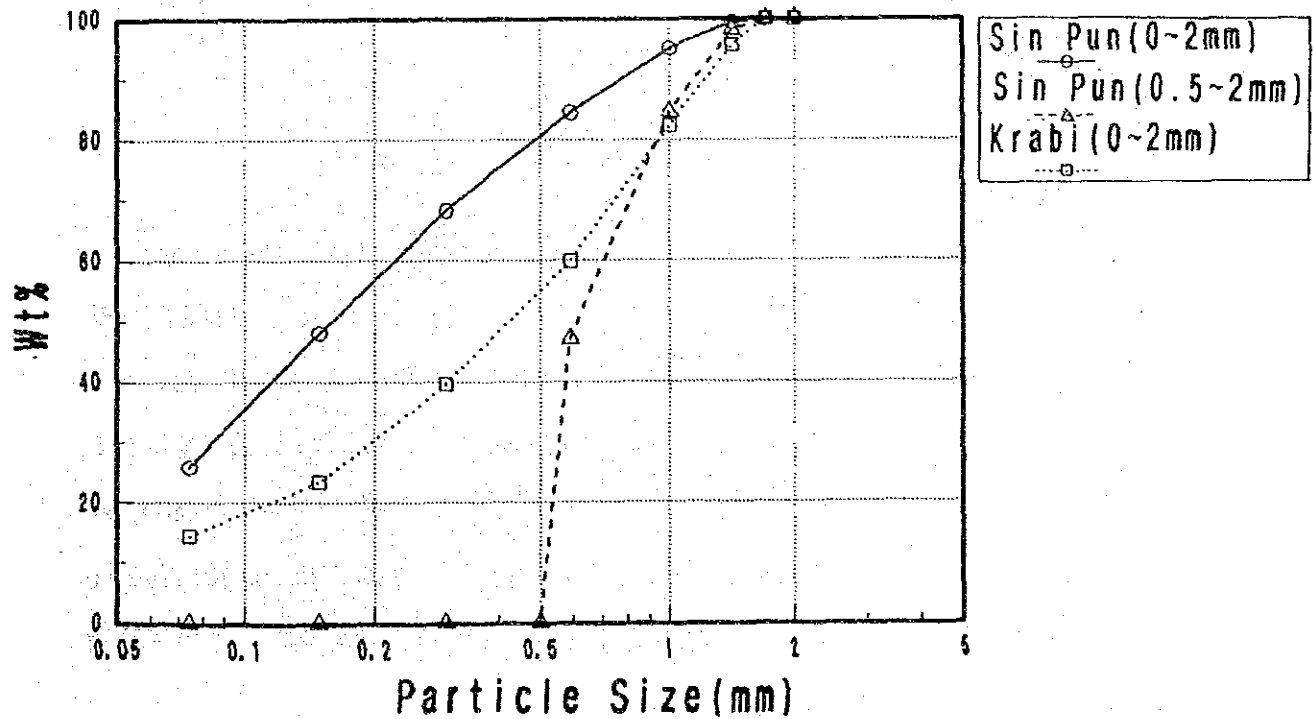


Fig.8-3 Particle size distribution of crushed coal for combustion Test

シンブンリグナイト、クラビリグナイトとも灰分は高く、上込め給炭方式を採用した場合粗粒の炉底沈降による流動不良の心配があるので、原炭を800°Cで灰化し、灰化前後で粒径変化を調査した。まず灰化前後の外観写真を Photo 8-4 及び 8-5 に示すが、明らかにクラビリグナイトの方がより粗粒として残り易いことが分かった。そこで、これらの粒径分布測定結果を Fig. 8-4 に示すが、クラビリグナイトの灰の場合ほとんど原炭と同等の粒径分布を示しており、この点においてシンブンリグナイトの方がより好ましい炭種と考えられる。

尚、灰化試料の中から粗粒を採取しその組成を分析した結果 Table 8-4 に示すが、両炭種ともほとんどが SiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 の石炭灰であった。

Table 8-4 Proximate Analysis of Test Lignite Ash

Brand of Lignite	Sin Pun	Krabi
SiO_2	76.7 %	61.2 %
Al_2O_3	13.8 %	25.4 %
Fe_2O_3	1.79 %	3.95 %
CaO	0.45 %	0.71 %
CaSO_4	0.20 %	0.90 %
CaSO_3	0.22 %	< 0.1 %

8.3.2 供試石灰石の性状

今回の燃焼試験では、シンブン地区から2銘柄 (Khao Tham Hora, Thung Song)、クラビ地区から1銘柄 (Yod Po Sile Thong) さらに比較のために若松50MW実証プラントで実績豊富な北九州地区の船尾産及び関の山産50%混合石灰石を使用した。

Table 8-5 はサイト選定のために1991年4月に事前に実施した分析の結果を示している。今回の燃焼試験実施に当たって、Ca/Sモル比の算定のために分析した CaCO_3 純度を Table 8-6 に示す。タイ国石灰石は国産石灰石に比べ純度が低い。特にYod Po Sile Thungでは80%を割っている。燃焼試験で設定したCa/Sモル比は、この不純物を除いた CaCO_3 単体に対する比率とした。

Fig. 8-5 には予備試験で用いた各種石灰石の粒径分布を示す。Khao Tham Hora石灰石において、各種粒径条件での脱硫特性を調査したがその時の粒径条件も合わせて示している。