

第5章 環境汚染対策案

1. 環境モニタリング

環境汚染の実態を把握する事がマハカム川環境保全の第一歩である。従って炭鉱から如何なる廃水が排出されているのか、そのモニタリングから始めなければならない。

1.1 モニタリングに関する基準

1.1.1 排水基準

モニタリング結果は排水基準と照合してその良否が判断される。今次調査対象である炭鉱業に関しては排水基準を定める下記2法令が存在する。

石炭鉱業事業活動の排水基準に関する環境大臣令 No.113, 2002

東カリマンタン州産業排水に関する州知事令 SK Gub. No. 26 tahun 2002

表 5-1-1 に両法令の基準値を示す。両者には差があるが、東カリマンタン州においては炭鉱の排水基準値は の州知事令としている。ただ、実態上の基準値は上記 2002 年の州知事令以前に定められた旧基準値 (TSS : 400mg/l) が適用され、Fe, Mn の基準値は MOE の値、7mg/l、4mg/l を使用している。

表 5-1-1 選炭工場の排水基準値

Monitoring parameter	Maximum allowable value		Sampling frequency	Analysis method recommended by the Province
	MOE	East Kalimantan Province		
pH	6.0 to 9.0	6.0 to 9.0	Once per month	Electrode meter
TSS	200	300	Once per month	Weight measurement
Fe	7	10	Once per month	AAS
Mn	4	5	Once per month	AAS
Maximum wastewater discharge	2 m ³ per ton of coal product	2 m ³ per ton of coal product	Once per month	

“Law of the Republic of Indonesia No.23, 1997 regarding Environmental Management”, Chapter IX, Articles 41, 42, 43, 44, 45 and 46 には、環境汚染に関する法令・規則に、故意または過失により違反した場合の罰則が定められている。それらには禁固刑または罰金が課されることになっている。

1.1.2 モニタリング体制

図 5-1-1 に炭鉱に関するモニタリング体制を示す。

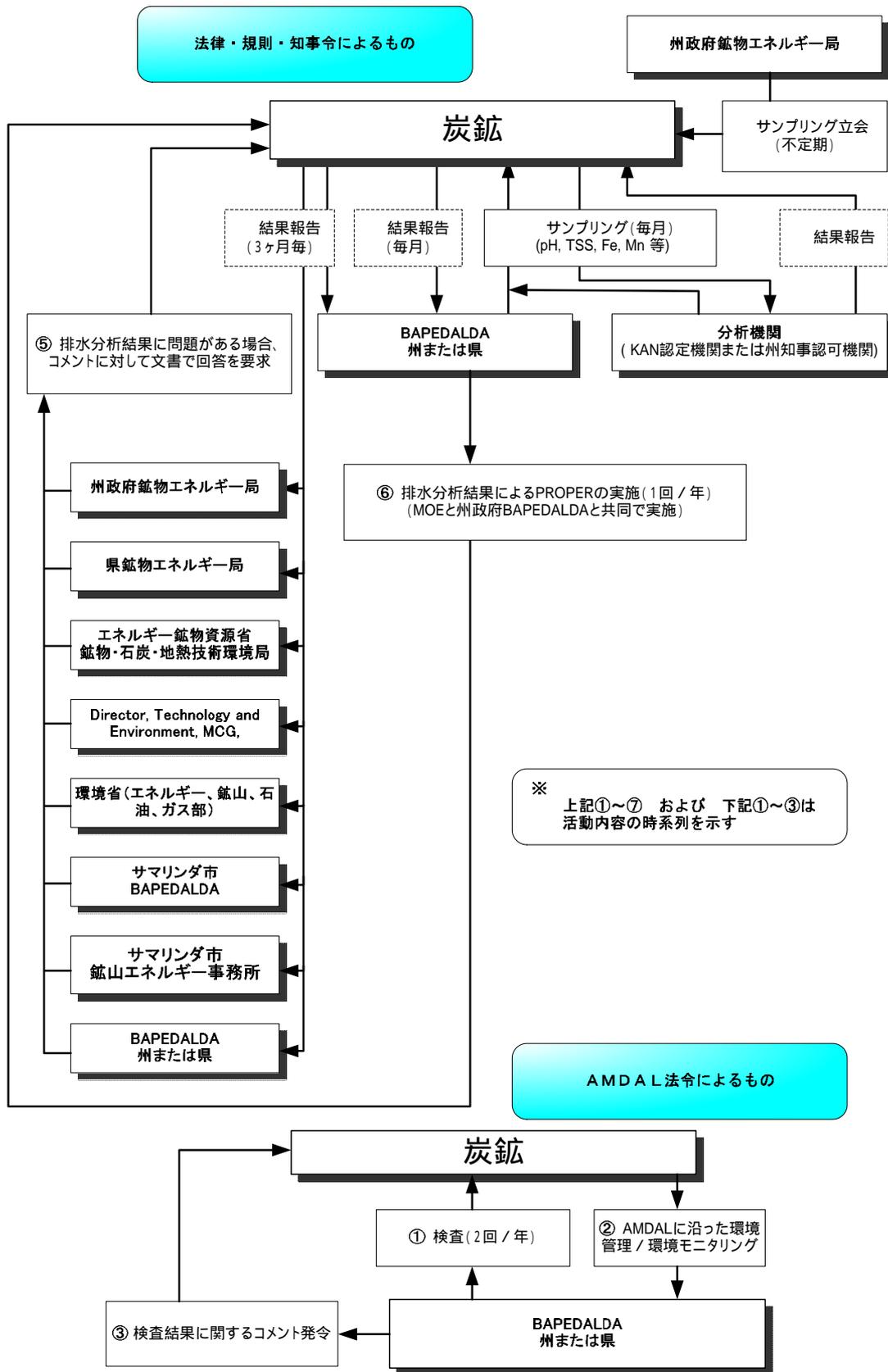


図 5-1-1 炭鉱に関するモニタリング体制

(1) 監督官庁

環境省 (Ministry of Environment : MOE)

環境省は環境管理法 (Environmental Management Law No.23, 1977) の基で下記水質や大気質に関する環境関連規則を制定し、環境行政を司っている。

- Decree No.113, 2003 regarding Wastewater Standard for Coal Mining Activity
- Decree No.82, 2001 regarding Water Quality Management and Water Pollution Control
- Decree No.41, 1999 regarding Air Pollution Control
- Decree No.129, 2003 regarding Emission Standard of Business and/or Activity of Natural Gas and Oil

2005 年、MOE は全国を 5 つの地域に分割してそれぞれに直轄の Regional Branch Office を設置した。それら分室を表 5-1-2 に示す。

表 5-1-2 Five Regional MOE Branch Offices

Region	Base	Duty Area
Region 1	Pekanbaru	All Sumatra
Region 2	Denpasar	Bali, West Nusa Tenggara and East Nusa Tenggara
Region 3	Makassar	Sulawesi, Maluku and Irian Jaya
Region 4	Yogyakarta	All Java Island
Region 5	Balikpapan	All Kalimantan

Remarks : The above information was obtained on July 21, 2006 from the meeting discussion carried out in the MOE Headquarters.)

地方環境影響管理局 (Badan Pengendalian Dampact Lingkungan Daerah : BAPEDALDA) 州政府の一部局である BAPEDALDA は、環境大臣令 No.113, 2002 及び州知事令 SK Gub. No. 26, 2002 に従い炭鉱の水質監査を行っている。主な監査内容は下記の通り。

- 毎月 1 回の排水試料採取の立会い
- 排水試料採取個所の指定
- 排水水質分析結果の評価
- 3 ヶ月毎に各炭鉱から提出される水質モニタリング結果報告書内容の検討評価
- 毎年 1 回上記評価結果ランキング表の作成
- 各炭鉱の水質モニタリングの結果を telecom system を使用してジャカルタ郊外の環境管理センターに転送。ただし、このシステムは不具合やサテライト使用料支払い不能等で現時点では良好に運用されていない。
- 必要に応じ、炭鉱に対する排水水質改善の勧告

東カリマンタン州鉱物資源・エネルギー局 (Dinas Pertambangan dan Energi)

- 開発跡地の植林、埋め戻しに関する管理・監査

(2) サンプリング

各選炭工場の排水処理プロセスにおける環境モニタリング地点は全て BAPEDALDA によって指定されている。サンプリングは月一回、BAPEDALDA の検査官の立会いのもと行わ

れる。不定期ではあるがMOEの検査官や州または郡の鉱物資源・エネルギー局も立ち会う。

(3) 分析

水質項目の分析は国家認証委員会 (Komite Akreditasi Nasional, KAN) により認証された分析所または州知事認可の分析所に依頼している。公的分析の認証は ISO をベースに作成された国家規格 SNI (Standar Nasional Indonesia) に因る。認証の有効期間は4年間で、1回～2回/年の監査が KAN によって行われる。その監査頻度は分析機関の内容や信頼性により KAN が決定している。分析機関は分析機器の維持管理と要員の確保にかなりの経費を必要とする。また、認証には KAN 審査要員への旅費等経費等の負担も必要で認証を得てそれを維持するには種々の困難が伴うとのことである。一方、KAN 認定機関以外に、州知事の認可を得ている分析機関が存在し水質等の公的分析が認められている。東カリマンタン州における公的分析機関は以下の通りである。

KAN 認定分析機関

- Bristand Indag Samarinda (DEPARTEMEN PERINDUSTRIAN RI BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN INDUSTRI, BALAI RISET DAN STANDARDISASI INDUSTRI DAN PERDAGANGAN, SAMARINDA)
- Provincial laboratory “UPTD BALAI LABORATORIUM KESEHATAN SAMARINDA” (州衛生保健研究所)
- Publik KaltimTbk
- VICO
- Pertamina
- P.T. Kaltim Prima Coal (KPC)
- P.T. Badak NGL

州知事認可済み分析機関

- Pusat Penelitian Lingkungan Hidup, Lembaga Penelitian Universiti MULAWARMAN (ムラワルマン大学生生活環境研究所)
- PT. SUCOFINDO
- Indoassey

SUCOFINDO 社は工業分析と水質分析を行っているが、KAN の認証は工業分析のみ。工業分析を専門に行っている CCI 社は KAN の認証は得ていない。

(4) 結果報告

月1回のモニタリング結果は BAPEDALDA に提出しなければならない。また、「四半期環境モニタリング報告書」を下記関連政府機関に提出して審査を受けている。

Provincial and District Dinas Pertambangan dan Energi
Provincial or District BAPEDALDA as the case needed
Samarinda City BAPEDALDA, when needed
Samarinda City, Office of Mining and Energy, when needed
Director General, Mineral, Coal and Geothermal, MEMR
Director, Technology and Environment, MCG, MEMR

各炭鉱は上記機関から受けたコメントに対し書面で回答することが求められている。

(5) 評価

年1回、MOE と BAPEDALDA は各選炭工場の排水分析結果に基づき、PROPER(Program Peringkat Kinerja Perusahaan Pertambangan, 鉱物生産企業のランク付け評価プログラム)により炭鉱に対して黒、赤、青、緑、金の5段階のランク付けを行う。黒は基準値をかなり超えた場合、赤は基準値を少々超えているもので改善を要する場合、青は基準値を満たしている場合、緑は基準値以下である場合、金色は基準値よりかなり低く、極めて良好な場合を意味する。「黒」の判定が2回続くとMOEにより裁判所に提訴されることになる。なお、「金色」の判定はこれまで一度も出ていない。

この5段階評価は単に排水水質の良否に留まらず、例えばAMDALの更新(5年に1回)やAMDALで規定した環境管理やモニタリングプログラムをその通り遂行しているか等も評価の対象になる。表5-1-3に排水水質に関する評価方法を示す。水質の評価方法と同様に他の諸評価事項についても採点を行い最後に全事項の集計を行って総合的なランク付けをする。

表 5-1-3 排水水質評価方法

赤	規則で定めている全てのパラメータ値が基準値よりもの50%悪い場合は50点
黒	規則で定めている全てのパラメータ値が基準値よりもの50%悪い場合から100%基準値を満たした場合までは50点から100点
青	規則で定めている全てのパラメータ値が基準値をちょうど満たした場合は100点
緑	規則で定めている全てのパラメータ値が基準値より150%良好である場合は150点
金	規則で定めている全てのパラメータ値が基準値より200%良好である場合は200点

以上を基準値に置き換えた場合の数値は下記のようなになるが、最終的にはBAPDALDAが便宜的に用いている数字。実際の色分けは4つのパラメータの結果を検査官が総合的に判断して行うもので、厳密な定量的な評価はしていない模様。

	pH	TSS(mg/l)	Mn(mg/l)	Fe(mg/l)
基準値	6~9	400	7	4
50%悪い	3~6 又は 9~12	800	14	8
満たした場合	6~9	400	7	4
150%良好	?	266	4.7	2.7
200%良好	?	200	3.5	2.0

またそれぞれの評価は下記のようになっている。

金色(最高値)は"zero discharge"を達成した会社。

緑色は"clean production"を実現し、環境負荷の最小化に成功した会社。

青色は、政府の定める環境基準を満たした経営をおこなう会社。

赤色は、政府の定める環境基準を満たしておらず、現在改善作業中の会社。

黒色は、政府の定める環境基準を満たしておらず、改善の努力を行わない会社。

表 5-1-4 に 2004 年から 2005 年の 2 年間に対象に行われた評価結果を示す。この表は「Status of PROPER (Audit of Environmental Management 2006)」と呼ばれている。今回調査した 5 炭鉱中、2 炭鉱が「黒」、1 炭鉱が「赤」と判定されている。

No.	Name of Company	Mine Activity		Place of Company		Grade/Color 2004-2005
				Major City	Province	
1	PT. Bukit Sunur	Coal	Mining	North Bengkulu	Bengkulu	Black
2	PT. Bukit Bara Utama	Coal	Mining	Seluma	Bengkulu	Black
3	PT. Coal Mining Bukit Asam	Coal	Mining	Muara Enim	South Sumatra	Blue
4	PT. Adaro Indonesia	Coal	Mining	Tabalong & Balangan	South Kalimantan	Red
5	PT. Arutmin - Senakir	Coal	Mining	Kotabaru	South Kalimantan	Blue
6	PT. Arutmin - Satui	Coal	Mining	Tanah Bumbu	South Kalimantan	Red
7	PT. Jorong Barutama Greston	Coal	Mining	Tanah Laut	South Kalimantan	Red
8	PT. Trubaindo Coal Mining	Coal	Mining	Kutai Barat	South Kalimantan	
9	PT. Gunung Bayan Pratama	Coal	Mining	Kutai Barat	South Kalimantan	
10	PT. Indominco Mandiri	Coal	Mining	Kutai East	East Kalimantan	Blue
11	PT. Kaltim Prima Coa	Coal	Mining	Kutai East	East Kalimantan	Blue
12	PT. Berau Coal - Binungan	Coal	Mining	Berau	East Kalimantan	Blue
13	PT. Berau Coal - Lati	Coal	Mining	Berau	East Kalimantan	Blue
14	PT. Berau Coal - Sambarata	Coal	Mining	Berau	East Kalimantan	Blue
15	PT. Muti Harapan Utama	Coal	Mining	Kutai Kartanegara	East Kalimantan	Black
16	PT. Kideco Jaya Agung	Coal	Mining	Pasir	East Kalimantan	
17	PT. Bukit Baiduri Energi	Coal	Mining	Kutai Kartanegara	East Kalimantan	Red
18	PT. Fajar Bumi Sakti	Coal	Mining	Kutai Kartanegara	East Kalimantan	Red
19	PT. Kitadin	Coal	Mining	Kutai Kartanegara	East Kalimantan	Red
20	PT. Tanito Harum	Coal	Mining	Kutai Kartanegara	East Kalimantan	Red

Remarks: This table is prepared Based on the original table with same title of "STATUS OF PROPER", which was provided by the MOE.

表 5-1-4 鉱物生産企業のランク付け評価プログラム (PROPER)

1.2 調査炭鉱におけるモニタリングの現状

本項に使用しているデータは炭鉱側からの要請により炭鉱名を出さない条件で使用しているため固有名称は使わずに A～F 炭鉱と呼ぶ。

1.2.1 炭鉱 A

(1) 環境関連組織

図 5-1-2 に環境関連組織を示す。本炭鉱には環境部が設置されており、「環境モニタリング及びデータ管理課」、「環境修復課」及び「庶務課」を有する。

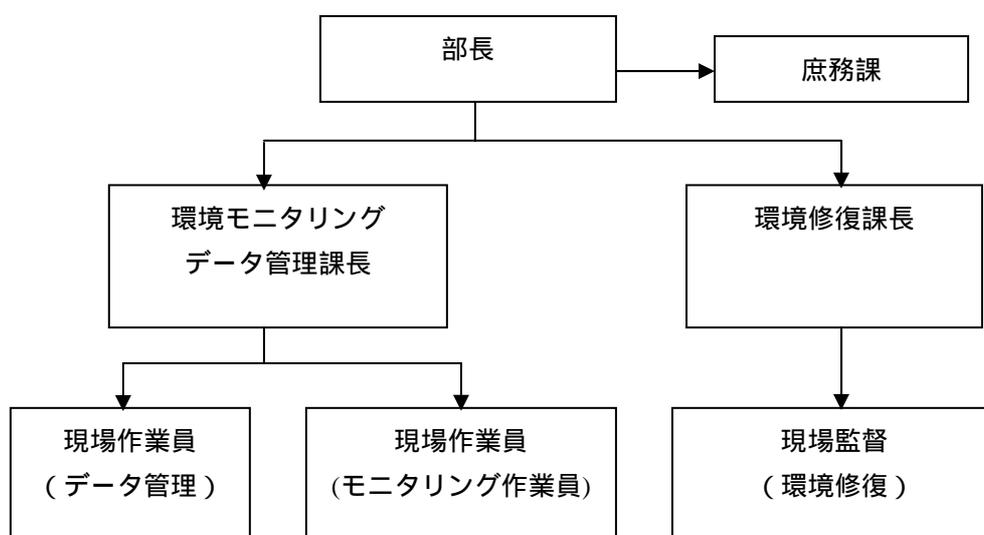


図 5-1-2 環境関連組織 / 炭鉱 A

(2) モニタリングの現状

pH、TSS、Fe、Mn、最大排出量に関し 1 回/月の頻度でモニタリングを実施している。サンプリングは BAPEDALDA の立会の下、BAPEDALDA が指定した個所で実施される。不定期ではあるが MOE や州鉱物資源・エネルギー局の検査官も現場の立会に参加する場合がある。

(3) 排水分析結果

表 5-1-5 に 2006 年 1 月～4 月までの分析結果を示す。分析は KAN を有する Baristand Indag Sarimanda に依頼し得られた結果である。なお、太字は基準値超過を示す。表 5-1-6 に 2005 年 10 月～12 月の選炭用水使用量を示す。

(4) 最近の四半期環境モニタリング報告書のデータ

図 5-1-3 と図 5-1-4 に 2006 年 4 月までの過去 13 ヶ月の排水水質データを示す(2005 年 10 月～12 月のデータは入手不能)。なお、Mn は 0.1mg/l 未満のためグラフ表示されていない。

2005年1月～9月のTSS値は基準値をはるかに超えている。また、2005年5月以外はpH, Fe, Mn値は全て基準値内である。

表 5-1-5 排水分析結果 / 炭鉱 A

Sampling location	Parameter	Unit	Quality standard	Year of 2006				
				Jan	Feb	Mar	Apr	
Outlet from WP	pH	-	6 - 9	7.46	7.59	7.17	7.9	7.12
	TSS	mg/l	400	110	398	2510	1950	8020
	Fe	mg/l	7	<0.02	9.37	4.17	11.7	3.34
	Mn	mg/l	4	0.007	<0.006	0.038	0.024	0.056
Runoff south pit	pH	-	6 - 9	6.71	7.32	7.85	7.69	6.98
	TSS	mg/l	400	246	270	440	1266	2360
	Fe	mg/l	7	<0.02	14.7	1.05	8.21	1.70
	Mn	mg/l	4	0.003	0.016	0.022	0.034	0.072
Runoff discharge to Mahakam Rive	pH	-	6 - 9	7.82	7.48	8.32	9.17	7.90
	TSS	mg/l	400	412	210	248	56	720
	Fe	mg/l	7	<0.02	<0.02	0.61	0.24	0.79
	Mn	mg/l	4	0.015	0.016	0.014	<0.001	0.01

表 5-1-6 選炭用水使用量 / 炭鉱 A

Standard of water volume used (limit value)	The year 2005		
	Oct	Nov	Dec
2 M ³ /ton coal production	1.61	1.65	2.2

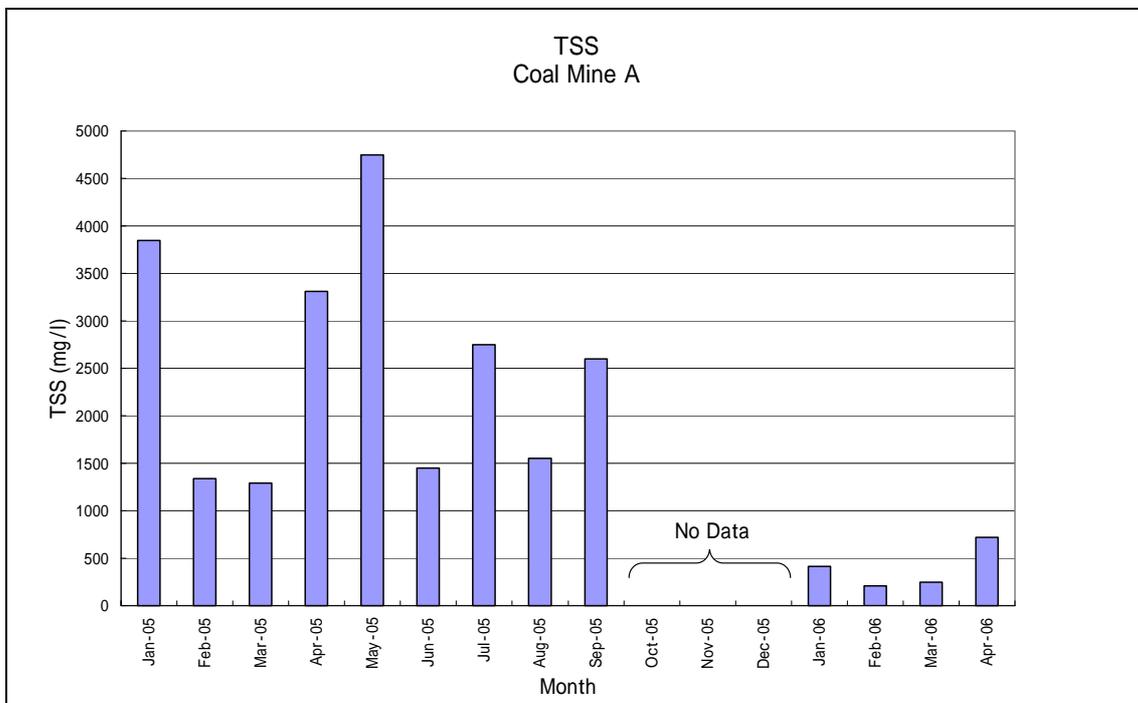


図 5-1-3 排水水質 TSS / 炭鉱 A

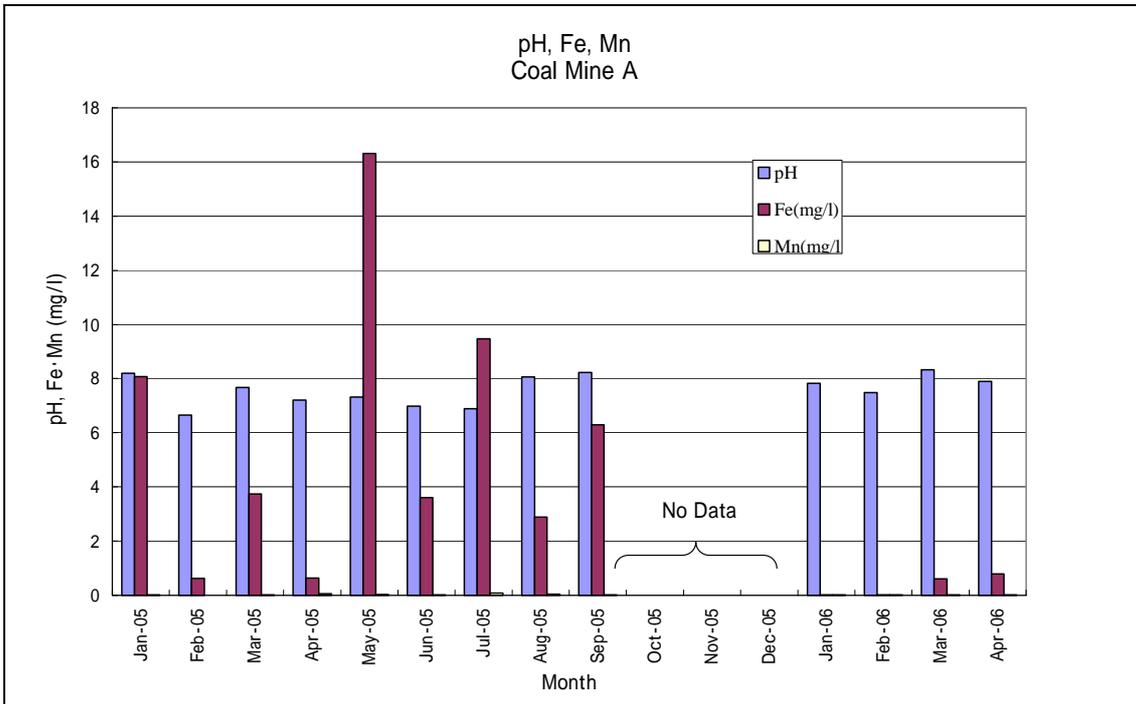


図 5-1-4 排水水質 pH 他 / 炭鉱 A

1.2.2 炭鉱 B

(1) 環境関連組織

当炭鉱の環境関連組織は不明である。

(2) モニタリングの現状

炭鉱 A に同じ。

(3) 排水分析結果

表 5-1-7 に入手した排水分析結果を示す。表 5-1-8 に選炭用水使用量を示す。

(4) 最近の四半期環境モニタリング報告書のデータ

図 5-1-5 と図 5-1-6 に 2005 年 1 月～3 月の排水水質データを示す。なお、Mn は検出されていない。全項目とも基準値内である。四半期報告書においても 2005 年 4 月以降の排水分析記録が無いが、当炭鉱の選炭工場は用水の完全循環使用を達成しており今次調査においても排出を見る事は無かった。

表 5-1-7 排水分析結果 / 炭鉱 B

Sampling location	Parameter	Unit	Quality standard	2005		2006
				Jan	Feb	May
P1	pH	-	6 - 9	7.9	8.3	7.6
	TSS	Mg/l	400	54	42	118
	Fe	Mg/l	7	0.02	1.05	0.02
	Mn	Mg/l	4	0.005	0.006	0.006
P2	pH	-	6 - 9	7.7	8.08	7.63
	TSS	Mg/l	400	44	60	108
	Fe	Mg/l	7	0.02	3.86	0.09
	Mn	Mg/l	4	0.004	0.006	0.006
P3	pH	-	6 - 9	7.5	-	7.5
	TSS	Mg/l	400	88	-	142
	Fe	Mg/l	7	0.37	-	0.02
	Mn	Mg/l	4	0.011	-	0.006
P4	pH	-	6 - 9	8.4	6.68	8.39
	TSS	Mg/l	400	110	148	304
	Fe	Mg/l	7	1.64	1.25	0.44
	Mn	Mg/l	4	0.002	0.006	0.006

註：河川への排水口は Sampling location P1.

表 5-1-8 選炭用水使用量 / 炭鉱 B

Standard of water volume used (limit value)	2005		2006
	Jan	Feb	May
2 M ³ /ton coal production	1.86	1.85	1.86

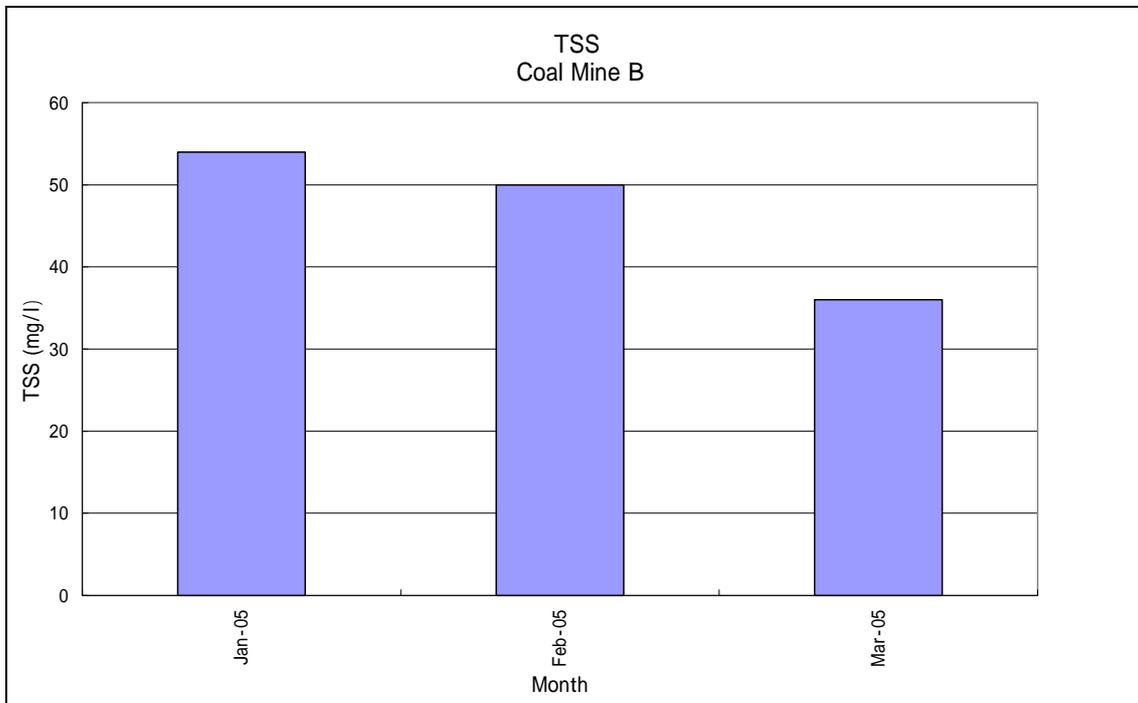


図 5-1-5 排水水質 TSS / 炭鉱 B

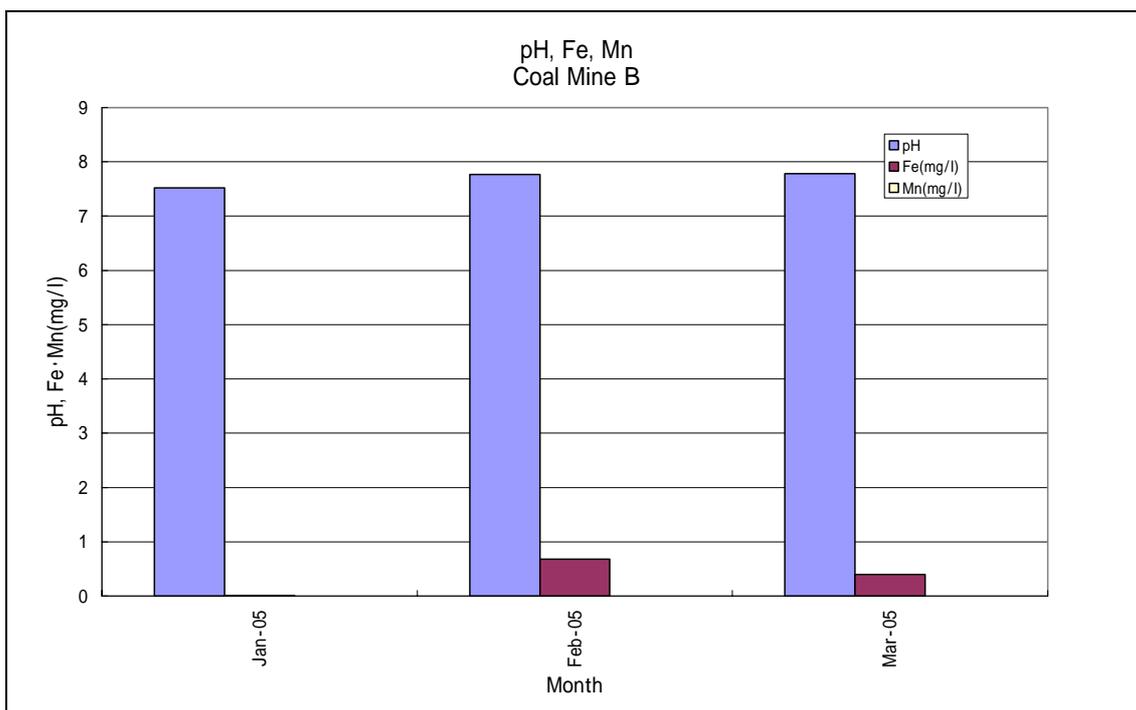


図 5-1-6 排水水質 pH 他 / 炭鉱 B

1.2.3 炭鉱 C

(1) 環境関連組織

当炭鉱の環境関連組織は不明である。

(2) モニタリングの現状

炭鉱 A に同じ。

(3) 排水分析結果

表 5-1-9 に入手し得た 2006 年 1 月の分析結果を示す。

表 5-1-9 排水分析結果 / 炭鉱 C

Parameter	Unit	Quality standard	Sampling Points			
			(1)	(2)	(3)	(4)
pH	-	6 - 9	-	7.36	6.91	7.92
TSS	mg/l	400	-	230	56	90
Fe	mg/l	7	-	2.63	3.72	1.18
Mn	mg/l	4	-	0.0003	0.0042	0.016

註：河川への排水口は Sampling Point (4)。

(4) 最近の四半期環境モニタリング報告書のデータ

図 5-1-7 と図 5-1-8 に 2005 年 4 月～2006 年 1 月の排水水質データを示す(2005 年 6 月～9 月のデータは入手不能)。なお、Mn は 0.1mg/l 未満である。全項目とも基準値内である。

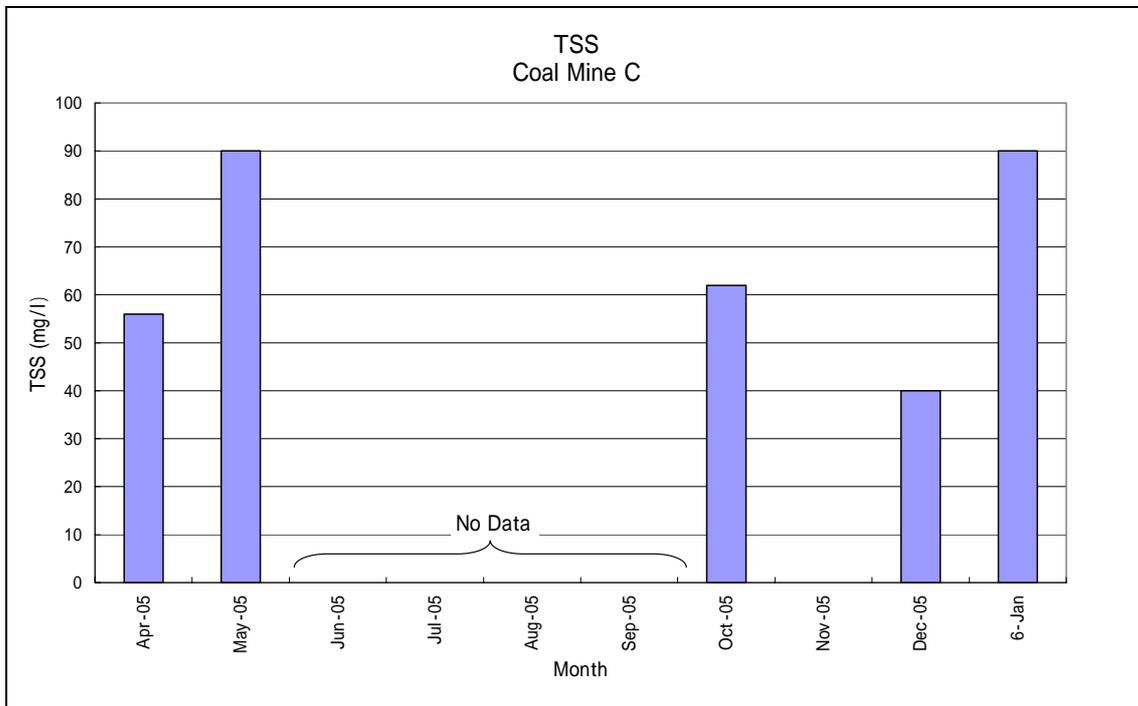


図 5-1-7 排水水質 TSS / 炭鉱 C

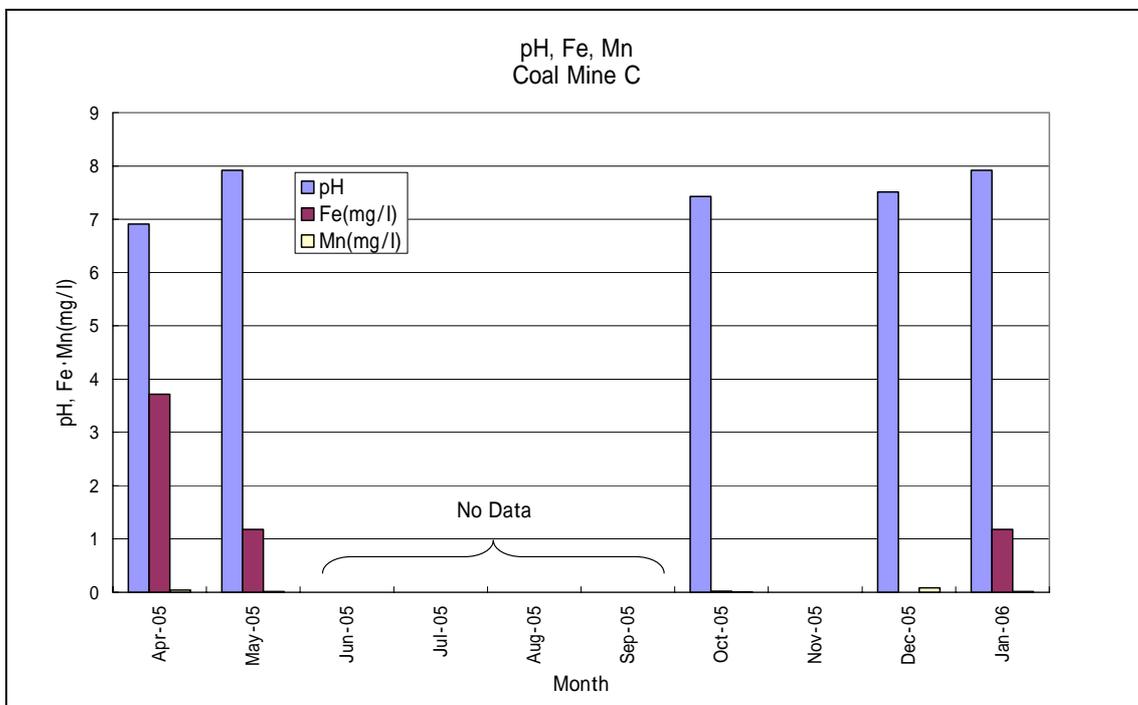


図 5-1-8 排水水質 pH 他 / 炭鉱 C

1.2.4 炭鉱 D

(1) 環境関連組織

当炭鉱の環境関連組織は不明である。

(2) モニタリングの現状

炭鉱 A に同じ。

(3) 排水分析結果

表 5-1-10 に入手し得た 2006 年 1 月の分析結果を示す。

表 5-1-10 排水分析結果 / 炭鉱 D

Parameter	Unit	Quality standard	Sampling points	
			(2)	(3)
pH	-	6 - 9	6.89	7.21
TSS	mg/l	400	168	138
Fe	mg/l	7	0.31	1.66
Mn	mg/l	4	0	0.024

註：河川への排水口は Sampling Point (3).

(4) 最近の四半期環境モニタリング報告書のデータ

図 5-1-9 と図 5-1-10 に 2005 年 4 月～2006 年 1 月の排水水質データを示す(2005 年 7 月～9 月のデータは入手不能)。なお、Mn は 0.1mg/l 未満である。全項目とも基準値内である。

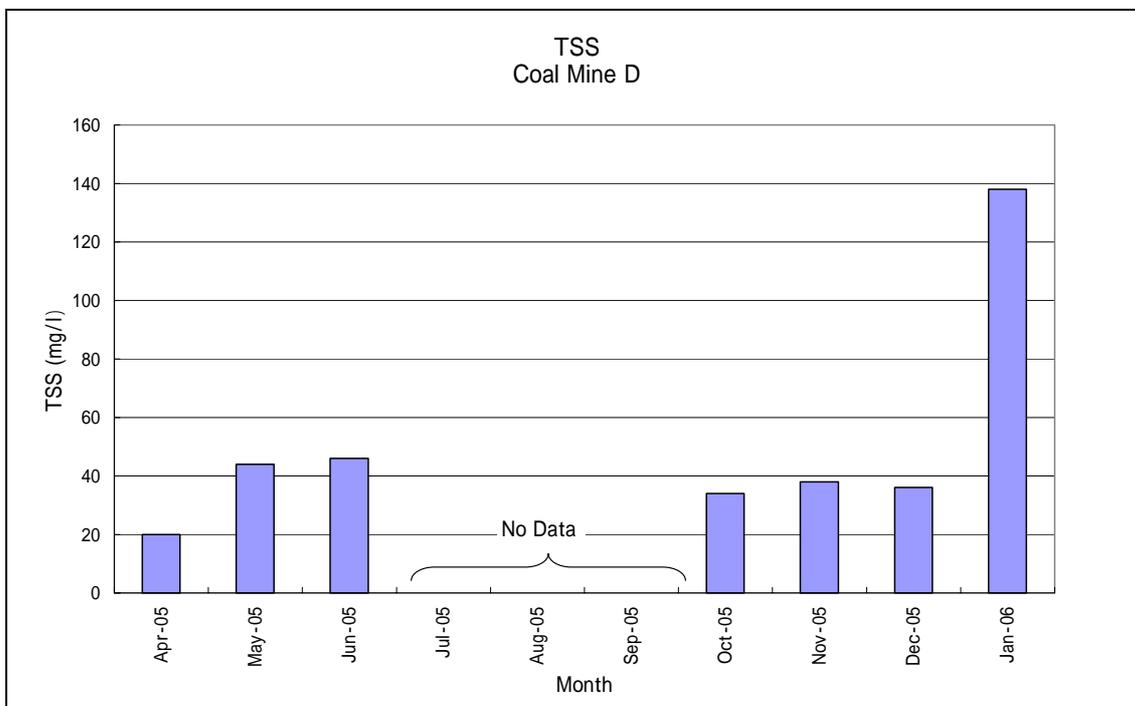


図 5-1-9 排水水質 TSS / 炭鉱 D

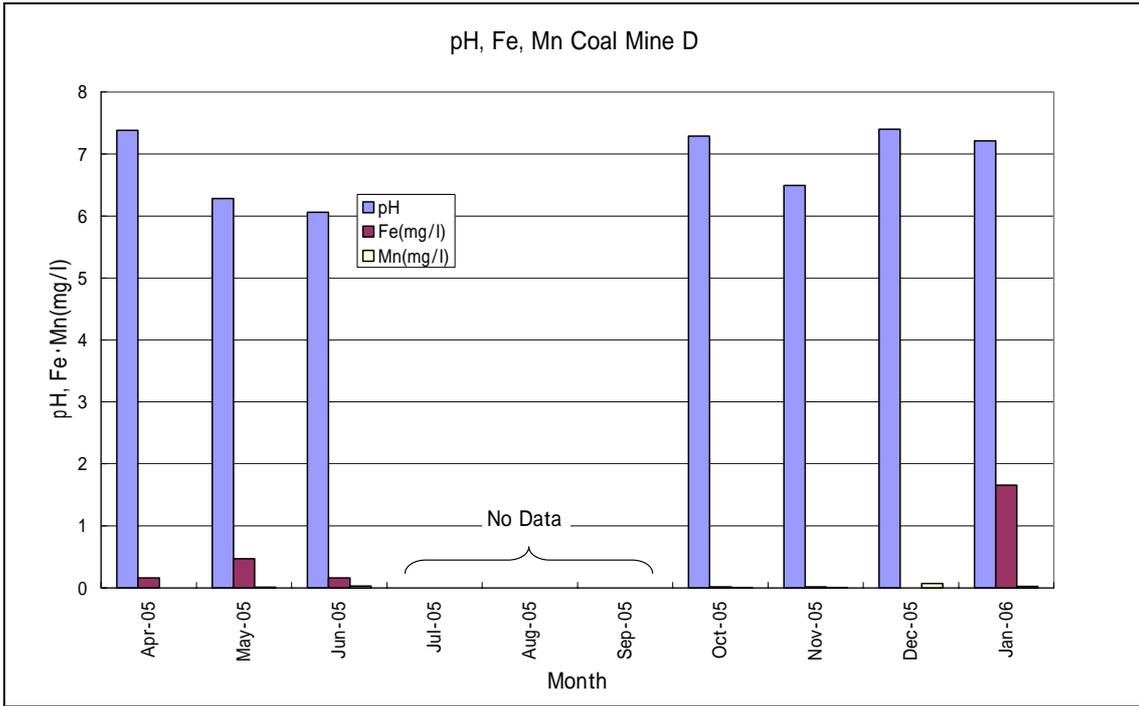


図 5-1-10 排水水質 pH 他 / 炭鉱 D

1.2.5 炭鉱 E

(1) 環境関連組織

環境関連部門は運転管理マネージャー、炭鉱マネージャーの下に環境担当官、環境修復監督者と環境修復現場要員で構成されている。図 5-1-11 に組織図を示す。

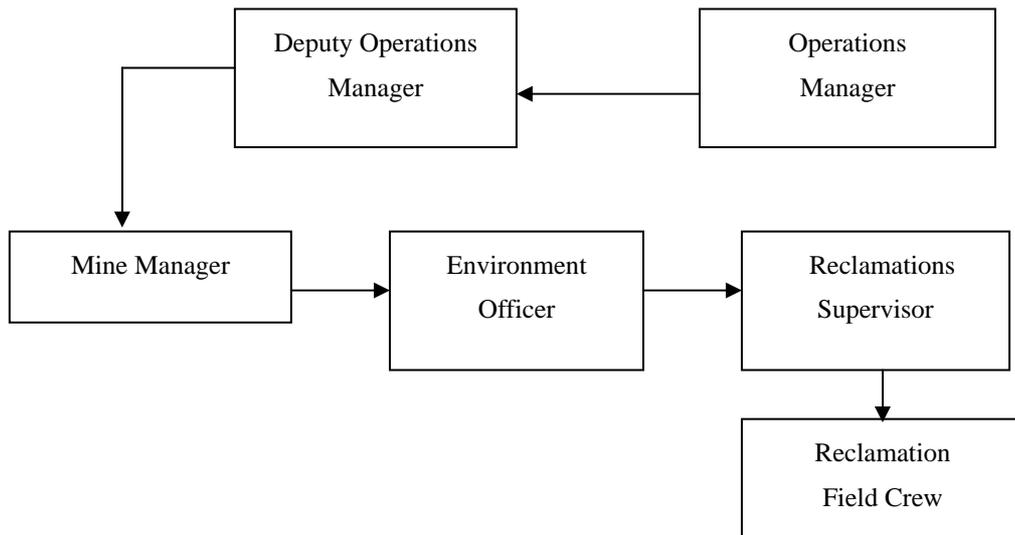


図 5-1-11 環境関連組織 / 炭鉱 E

(2) モニタリングの現状

炭鉱 A に同じ。

(3) 排水分析結果

表 5-1-11 に最近数ヶ月間の分析結果を示す。分析は KAN を有する Baristand Indag Sarimanda に依頼し得られた結果である。この炭鉱では下記水質パラメータ以外に BOD, COD の分析を行っている。選炭工場からの排水水質にはこれら後者のパラメータに規制値は規定されていないが、東カリマンタン州知事令では、木材工場の排水に規制値が存在する。その規制値は BOD が 100mg/l, COD が 125mg/l である。2006 年 3 月の分析値は BOD が最高で 15、COD が最高で 319 となっている。COD は規制値をかなり超えている。

選炭に使用された水量は平均 0.33 m³/ton coal production で規制値以下である。

表 5-1-11 排水分析結果 / 炭鉱 E

Sampling location	Parameter	Unit	Quality standard	2006		
				Jan	Feb	Mar
A	pH	-	6 - 9	6.44	7.09	6.79
	TSS	mg/l	400	56	72	4080
	Fe	mg/l	7	<0.02	<0.02	2.31
	Mn	mg/l	4	0.053	0.009	0.008
B	pH	-	6 - 9	6.58	6.92	6.36
	TSS	mg/l	400	64	84	120
	Fe	mg/l	7	<0.02	<0.02	0.18
	Mn	mg/l	4	0.03	0.018	0.007
C	pH	-	6 - 9	6.36	6.83	6.69
	TSS	mg/l	400	64	108	104
	Fe	mg/l	7	<0.02	0.49	0.32
	Mn	mg/l	4	0.012	<0.006	0.011
D	pH	-	6 - 9	6.63	7.14	7.32
	TSS	mg/l	400	38	48	116
	Fe	mg/l	7	<0.02	<0.02	0.13
	Mn	mg/l	4	0.007	<0.006	0.006

註：河川への排水口は Samplin location B。

(4) 最近の四半期環境モニタリング報告書のデータ

図 5-1-12 と図 5-1-13 に 2004 年 12 月～2006 年 3 月の排水水質データを示す(2005 年 4 月～6 月、9 月、12 月のデータは入手不能)。全項目とも基準値内である。

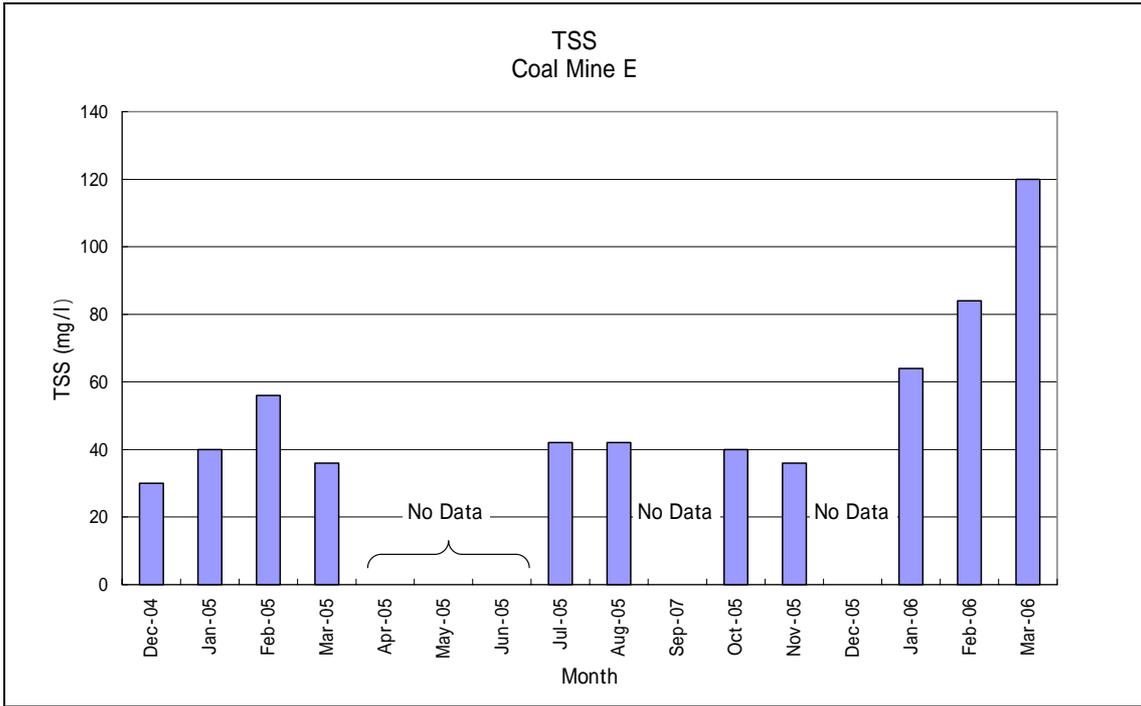


圖 5-1-12 排水水質 TSS / 炭鉱 E

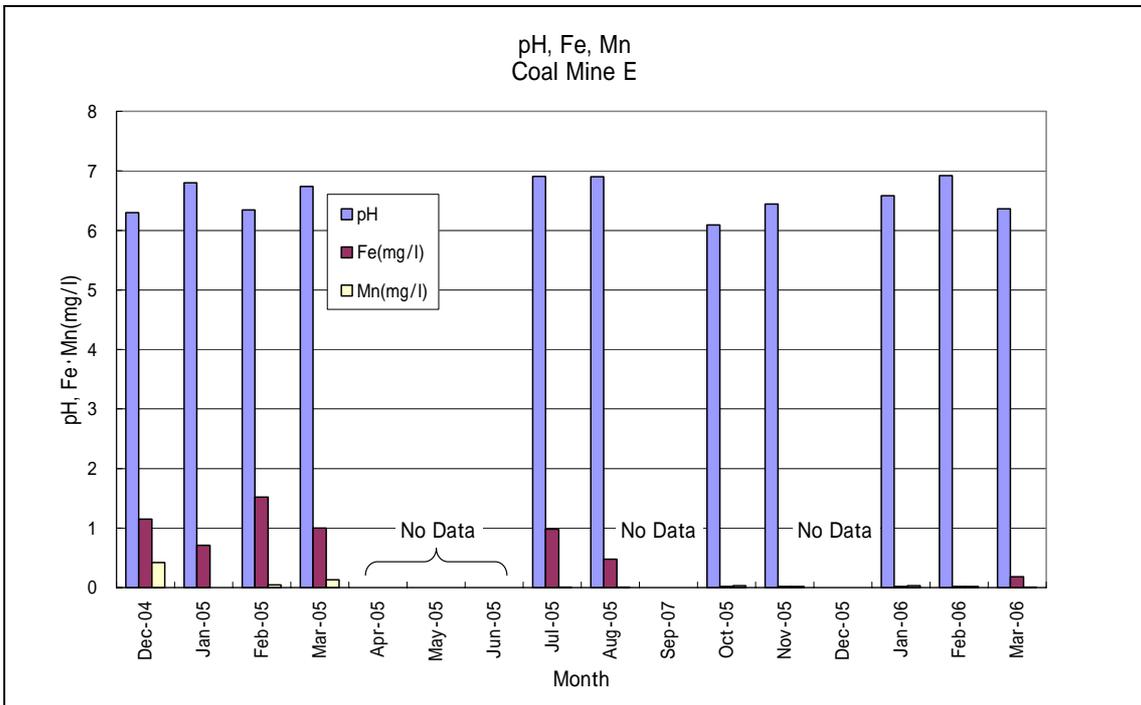


圖 5-1-13 排水水質 pH 他 / 炭鉱 E

1.2.6 炭鉱 F

(1) 環境関連組織

本炭鉱には環境部が設置されている。「安全及び環境マネージャー」と「環境管理次長」の下に「環境監督責任者」と「安全監督責任者」が置かれている。「環境監督責任者」には 8 名のスタッフが、「安全監督責任者」には 4 名のスタッフが配属されている。図 5-1-14 に組織図を示す。

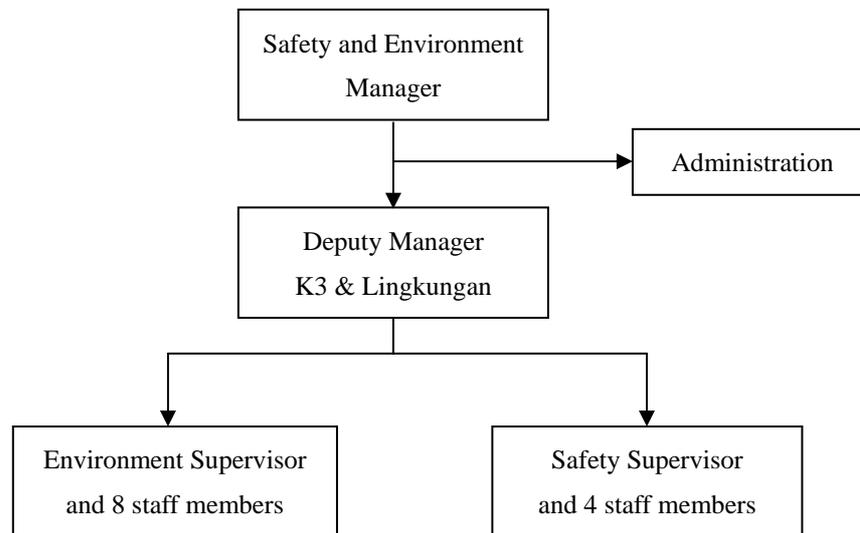


図 5-1-14 環境関連組織 / 炭鉱 F

(2) モニタリングの現状

炭鉱 A に同じ。

(3) 排水分析結果

表 5-1-12 に 2005 年 11 月から 2006 年 3 月までの分析結果を示す。分析は KAN を有する Baristand Indag Sarimanda に依頼し得られた結果である。ただ、この表には河川への排水口のデータが無い。一方、選炭に使用された水量は平均 1.074 m³/ton coal production で規制値以下である。

表 5-1-12 排水分析結果 / 炭鉱 F

Sampling location	Parameter	Unit	Quality standard	2005		2006		
				Nov	Dec	Jan	Feb	Mar
Settling Pond for Preparation and WP (P1)	pH	-	6 - 9	6.52	6.69	6.83	6.51	5.89
	TSS	mg/l	400	36	152	590	38	36
	Fe	mg/l	7	5.24	<0.002	<0.02	0.46	<0.02
	Mn	mg/l	4	0.005	0.091	0.007	<0.006	0.001
Settling Pond No.2 (P2)	pH	-	6 - 9	4.14	5.39	6.70	5.82	3.46
	TSS	mg/l	400	114	46	2840	118	32
	Fe	mg/l	7	5.25	<0.002	22.0	1.96	1.09
	Mn	mg/l	4	0.084	0.250	0.175	0.076	0.692

註：河川排水口のデータなし。

(4) 最近の四半期環境モニタリング報告書のデータ

図 5-1-15 と図 5-1-16 に 2005 年 2 月～2006 年 3 月の排水水質データを示す。2005 年 2 月・3 月および 2005 年 12 月・2006 年 1 月の TSS 値が基準値を超えている。また、2005 年 4 月・6 月・2006 年 3 月 pH が基準値外である。それ以外は全て基準値内である。

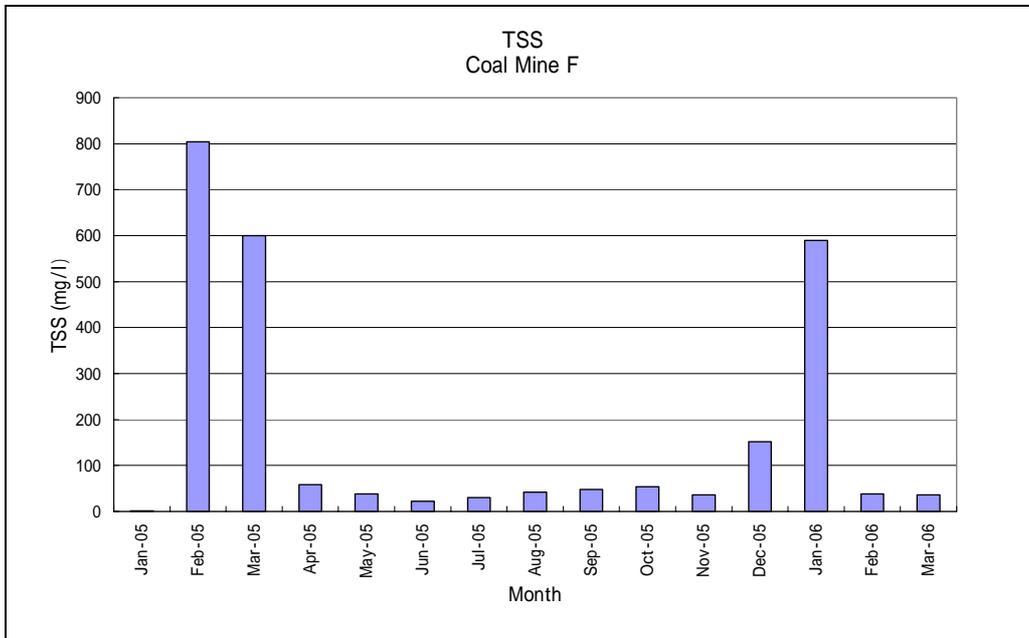


図 5-1-15 排水水質 TSS / 炭鉱 F

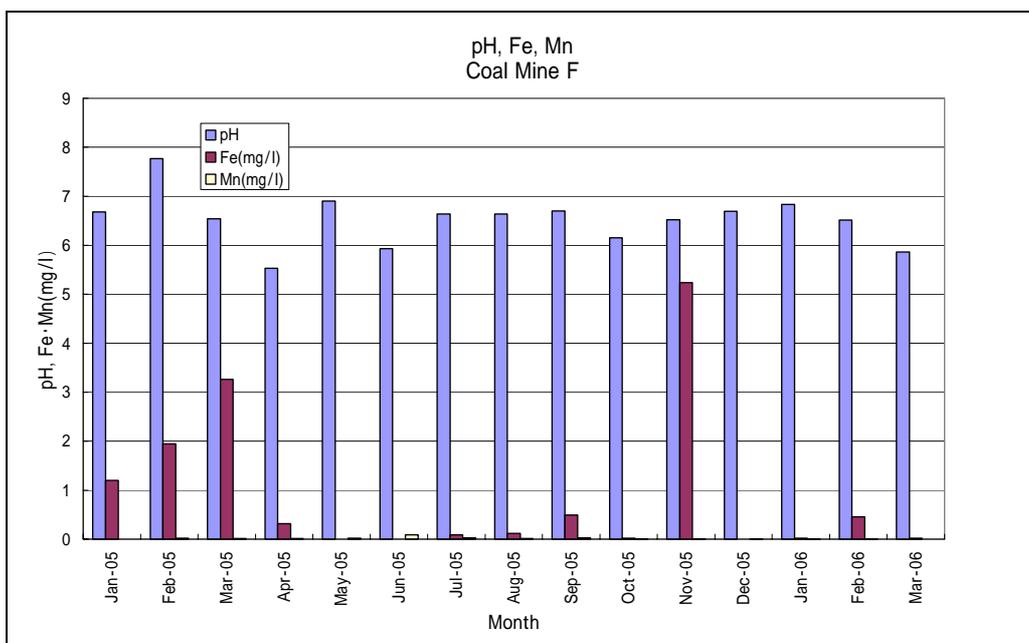


図 5-1-16 排水水質 pH 他 / 炭鉱 F

1.3 環境モニタリングの課題

1.3.1 行政の課題

(1) 規制基準値の統一

環境省法規または州知事令のいずれの規制値を用いるか統一されておらず、更に旧規制値が罷り通っている。まず、規制基準値の統一が必要である。

(2) 書式の統一と電子ファイル化

炭鉱各社の排水水質分析結果報告書の書式が統一されていない。データベース化を図るには書式の統一が不可欠である。また、報告書には KAN の認証を得ている分析機関の署名入り報告書を必ず添付するよう指導する必要がある。また、これらの報告書は電子ファイル化して関係各所とのデータの共有化を図るべきである。

(3) 情報の開示

環境モニタリングに関する諸情報は地域住民に開示することが望ましい。

(4) 指導力の強化

炭鉱の排水水質改善に対する指導効果が十分に得られていない。罰則の適用等が不十分である。

(5) 環境管理センターの効果的運営

MOE の直轄下にある「環境管理センター」の持続的運用が困難な現状である。特に、同センターのホストコンピュータを利用した telecom system の運用も困難な現状である。原因は維持管理に必要な予算や人材を確保できないためとの事である。

1.3.2 炭鉱の課題

(1) 環境関連組織の整備

環境関連組織が 2 炭鉱を除き整備されておらず組織の体制が明確になっていない。早期に整備すべきである。

(2) 分析室の整備

独自の水質分析室がなく、プロセスを改善しようにもデータを簡単に得る事ができない。早急な整備が望まれる。

1.4 環境モニタリングの改善へ向けた提案

1.4.1 環境モニタリング体制の構築

炭鉱を含む諸工業施設からの排水水質の改善、したがってマハカム川の水質保全には各種工業施設や行政監督機関の努力は欠かせない。しかし、それらの努力だけでは地域の環境保全にはまだ不十分と思われる。これまでの経験に鑑み、地域に適した環境モニタリングの構築が望まれる。そこで最も必要なのは地域住民の環境モニタリングへの参加である。これにより環境モニタリングがより地域の実態に適したものになることが期待される。重要なことは地域住民を含めた関係者一同の協力で行う環境モニタリングであると言える。

地域住民が環境モニタリングへ参加する事で地域に適した環境モニタリング体制を構築する案を以下に提示する。

炭鉱周辺地域住民の代表、炭鉱会社の代表、州政府等地方自治体の代表および環境管理監督機関の代表から構成される「環境管理委員会」(Committee of Environmental Management, CEMM と略する)を設立し、その有効な運営を図る。

当該委員会 (CEMM) の主な役割は以下の通り。

- ・CEMM の運営に必要な規則等を作成し、その遂行と遵守の管理・監督を行う。
- ・CEMM 全体の運営に必要な経費の分担のあり方を決める。
- ・CEMM を構成する諸関係者間の調整
- ・定期的会合を行い、諸関連事項の検討や解決策の立案を行う
- ・その他

CEMM の下に下記グループを設置する。

・事務局

CEMM の運営管理に必要な全庶務の遂行と委員会の各種活動の支援を行う。

・技術助言グループ

グループの活動に対し技術的な助言を行う。

・監査グループ

炭鉱選炭工場等での環境モニタリングの実施と立会い検査を行い、その結果を文書化し、以下の諸グループに提供する。

・環境データの分析、評価及び管理グループ

監査グループから報告を受けたモニタリング結果に関する諸情報やデータの分析、評価と管理を行う。

・文書化と文書管理グループ

上記諸グループから提出された各種書類やデータを文書化し、作成した書類の保管や管理を行う。

図 5-1-17 に本委員会の構成と枠組み (案) を示す。なお、本委員会の運営に要する経費は新規州知事令による予算化が必要と考えられる。

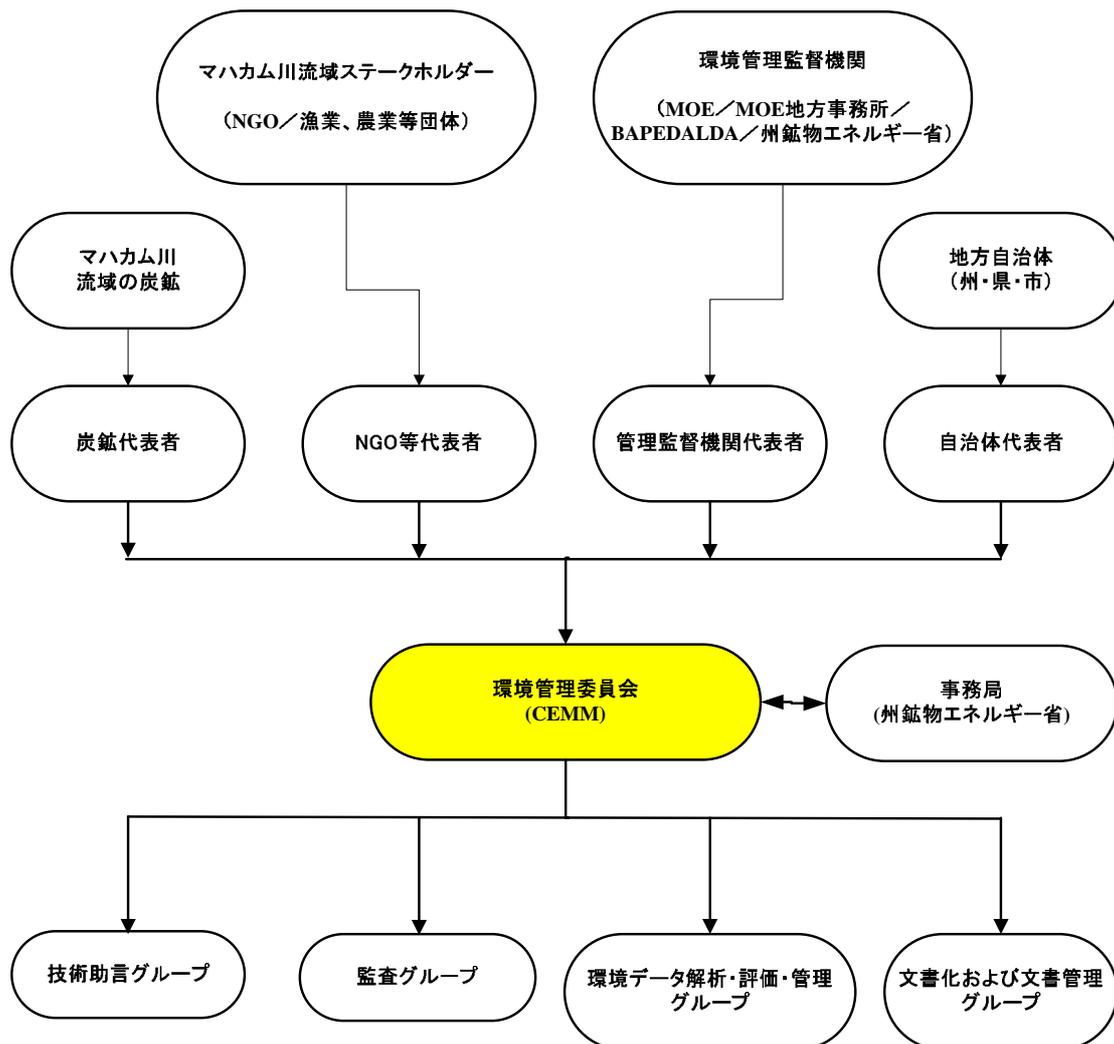


図 5-1-17 環境管理委員会

1.4.2 通信伝送システムの再構築

(1) テレコムシステムの現状

2004年、MOEはカナダ政府の援助で環境モニタリングデータベースの通信伝送システム（telecommunication system）を構築し運用を開始した。しかし一年間だけ稼働しただけで現在は休止している。その主な原因は各州 BAPEDALDA が負担するサテライト使用料不払いやシステムを運用する人材不足にあるとのこと。

このシステムはジャカルタ郊外にある環境管理センターのホストコンピュータを中心に MOE 本部、5ヶ所の MOE 直轄分室および各州 BAPEDALDA をサテライト経由で結び、情報や各種環境関連データの共有・管理が可能になっている。システムの全体的な管理は MOE 本部が行っている。各炭鉱が環境モニタリングデータベースを構築し電子ファイル化さえすれば、本システムに連結することが可能になる。図 5-1-18 に MOE 本部の情報に基づいて当

調査団が作成した通信転送システムを示す。

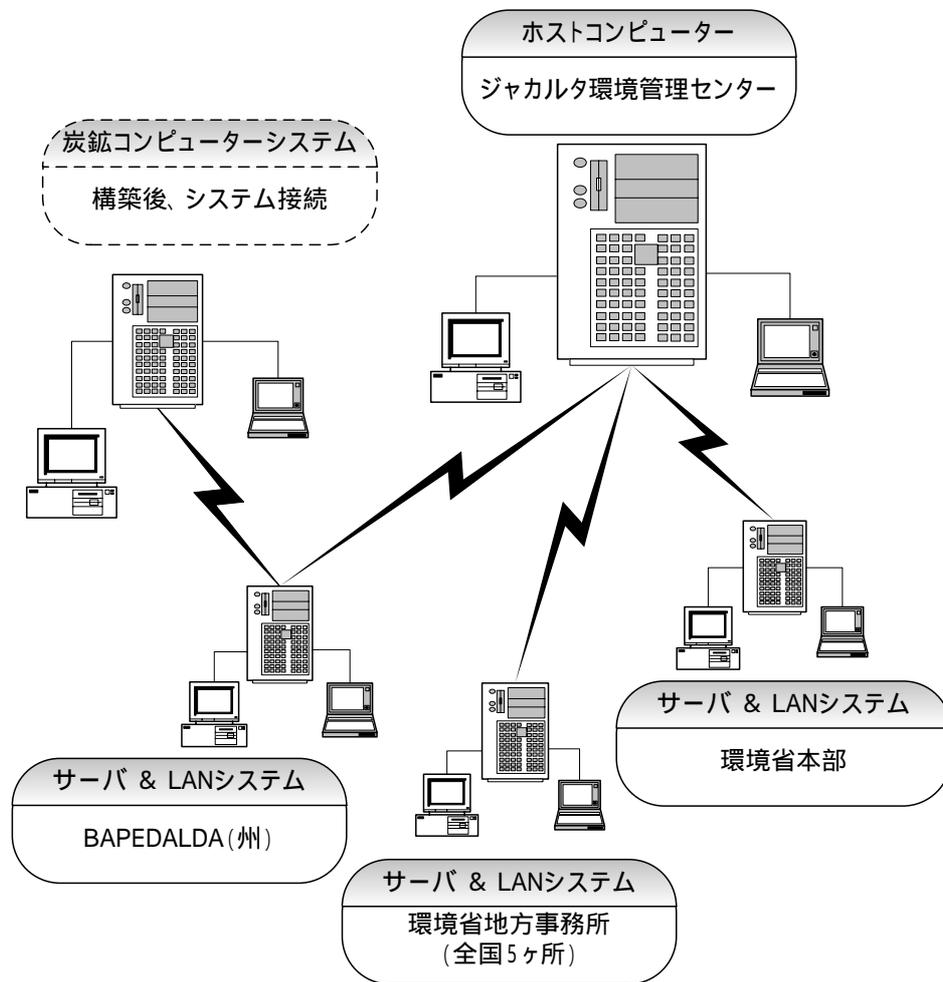


図 5-1-18 環境管理委員会

(2) テレコムシステムの再構築

折角の通信伝送システムであり早期に再構築すべきである。再構築に当たっては以下の2点に留意する必要がある。

予算の確保、人材の育成を行う。

炭鉱各社の電子ファイル化されたデータベースを通信伝送システムに連動させる。

1.4.3 州環境管理センターの設立

州独自の「環境管理センター」を設立すべきである。当センターは州政府機関が管理運営を行う。当該センターには水質モニタリング総合監視テレコムシステムを設置し、各炭鉱の

テレコムシステムと連動させる。当該センターの水質モニタリング総合監視テレコムシステムは必要に応じて MOE のテレコムシステムにも連動させる。

1.4.4 炭鉱における環境モニタリングのデータベース化

(1) データベース化

統一された水質分析の書式を採用する。その際、KAN 認証ラボの様式を採用することが望ましい。この書式に従って入力された諸データを蓄積してデータベースを構築する。

(2) テレコムシステムへの接続

炭鉱各社の電子ファイル化されたデータベースを通信伝送システムに接続、全炭鉱と行政機関との間の排水水質データや報告書類の転送・記録および管理に活用する。

1.4.5 炭鉱における環境モニタリング技術の強化

(1) 環境担当組織の強化

環境モニタリング活動を含む全体の環境管理を行うため各炭鉱の環境担当組織を強化し、人材を確保する必要がある。図 5-1-19 に炭鉱 F の場合を例に環境担当組織の強化案を示す。黄色の枠が推奨される強化案である。

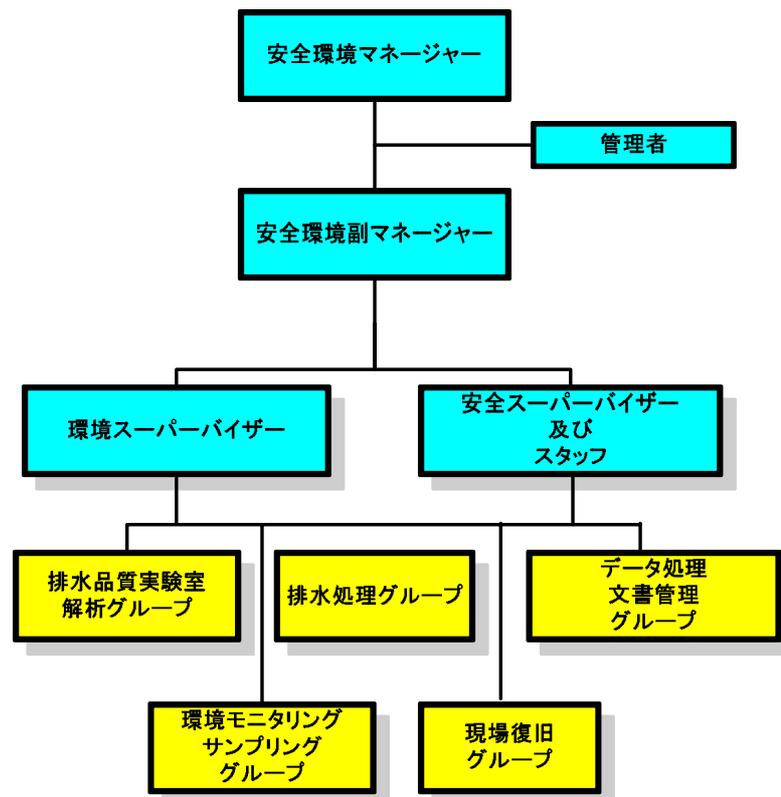


図 5-1-19 環境管理組織強化案

(2) 人材育成

教育と実地訓練による環境担当者の能力を向上させる必要がある。

(3) 「環境管理およびモニタリングマニュアル」の作成

このマニュアルには以下の項目を織り込みたい。

一般事項

- ・用語の解説
- ・排水規則、基準
- ・環境管理・モニタリングに係る要員と責務
- ・選炭工場設備の概要、流れ線図および排水経路
- ・経費予算

排水のモニタリングプログラム

- ・サンプリング箇所、パラメータ及び頻度
- ・サンプルの分析方法と分析機器
- ・分析機器の保守管理

データベースと報告書の作成および書類管理

- ・データ処理とデータベースの作成要領
- ・データ転送システム

モニタリング結果およびデータベースの活用要領

要員の教育と訓練計画

分析等外部委託要領

(4) 水質分析室の設置

炭鉱独自の水質分析室を設置すべきである。電子天秤、乾燥器等の機材は徐々に整備すれば良い。人を常駐させる必要はなく必要な時だけ分析すれば良い。また、リトマス試験紙と同様、Fe・Mnを数十秒で測定できるキットが市販されており購入機材の簡素化に繋がると共に測定頻度の増加が可能になる。

1.4.6 自動計測器の導入

pH や TSS 等の水質自動測定機器とデータ転送システムの導入が望まれる。図 5-1-20 に水質自動センサーの一例を示す。表 5-1-13 は自動センサーで測定可能なパラメータを示す(ある機器メーカーの場合)。



マルチパラメータ水質自動センサー



テレメーター

図 5-1-20 水質自動測定機器

表 5-1-13 自動センサー測定可能パラメータ

Parameters to be monitored & others	DS5X	DS5	MS5	Quanta
Sensor washer				
Water temperature				
Electric conductivity				
Salinity				
Water depth, level				
Dissolved Oxygen (DO)				
DO (by membrane covered type)				
pH				
Chlorophyll a				
Turbidity (0-100 NTU)				
Turbidity (0-3000 NTU)				
Degree of transparency				
Total dissolved gases				
Ion sensing				

1.4.7 マハカム川流域の広域環境モニタリング強化

(1) 自動水質モニタリングの導入

州 BAPEDALDA がこれまで行ってきたマカナム川下流域の水質モニタリングを強化するためマハカム川流域の広域に対する自動水質モニタリングシステムを導入する。モニタリング地点は事前調査の後に決定行する。図 5-1-21 に河川水質自動観測システムの概念線図を示す。

(2) リモートセンシング技術の応用

現在、インドネシアを含め各国では既にリモートセンシング技術を応用した環境モニタリング技術が利用されている。インドネシア国森林省はムラワルマン大学に委託し 2000 年からリモートセンシング衛星画像を利用した東カリマンタン州一帯の森林火災予知方法の開発調査を開始し、発火可能性の高い地点の特定方法について研究を行った。更に、同国の気象データとの相関性を調査して 2002 年に研究は完了した。一方、ムラワルマン大学の森林学部と生活環境研究所では Satellite の各種リモートセンシングの画像を利用した同州一帯の環境モニタリングへの活用方法について検討を進めている。

また、横浜市の環境科学研究所では、本邦 NASDA のリモートセンシングの画像を利用した東京湾の水質管理を行っている。このシステムは東京湾内海水のクロロフィル-a の濃度、水温、TSS と透明度の観測を行い水質の変化を検出するものである。地表での追跡調査も必要に応じて行っている。

マハカム川流域に関しても、リモートセンシング技術を利用した広域環境モニタリングシステムの構築と運用が望まれる。その利用分野として以下を掲げることができる。

- 炭鉱の使用済み露天掘り現場や他の鉱物採掘場使用後の整地状況の監視
- 各種工業施設、農地や牧場等からの排水監視
- 土地利用の変化の監視
- マハカム川デルタ地域およびその沿岸海域の環境監視

これらの環境モニタリング手法を実用化するには、技術開発が必要であるが、一旦実用化されれば環境監査の強力な武器となる。図 5-1-22 にマハカム川広域環境モニタリングの概念図を示す。

写真 5-1-1 は、マハカム川下流域の最近（2006 年）撮影されたリモートセンシングの画像である。写真 5-1-2 は、横浜市環境科学研究所と宇宙開発事業団の共同プロジェクト（1999 年 9 月～2001 年 3 月）で、リモートセンシング衛星画像を利用して作成した東京湾における降雨後の河川からの濁流の状態を捉えている。

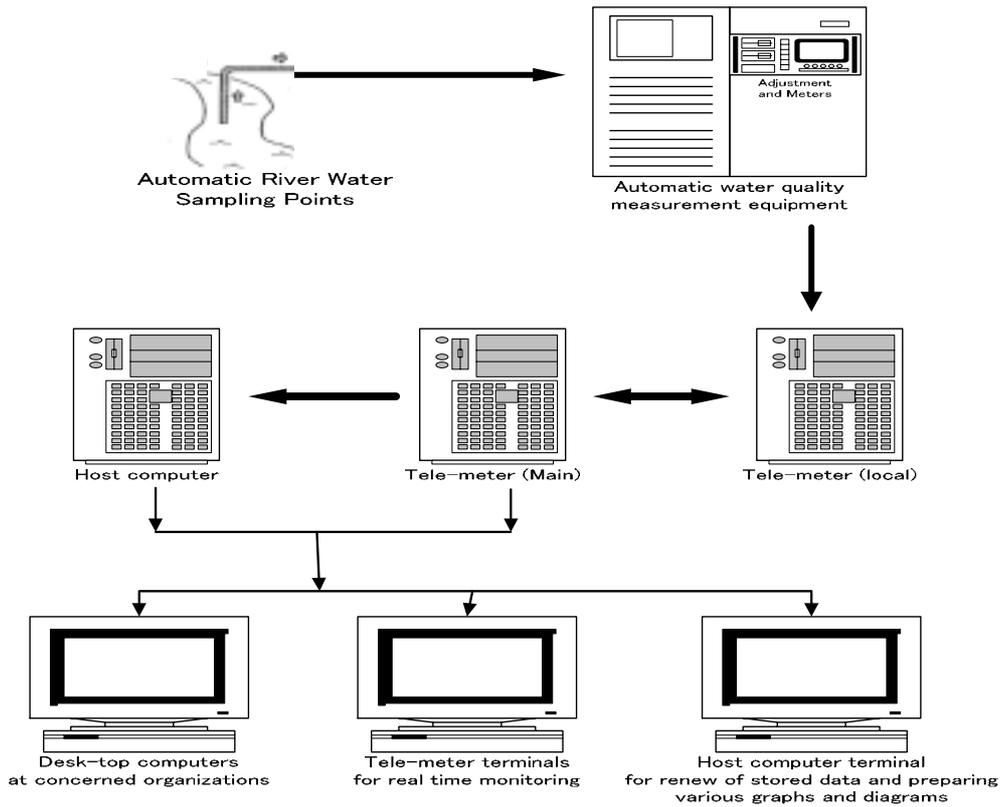
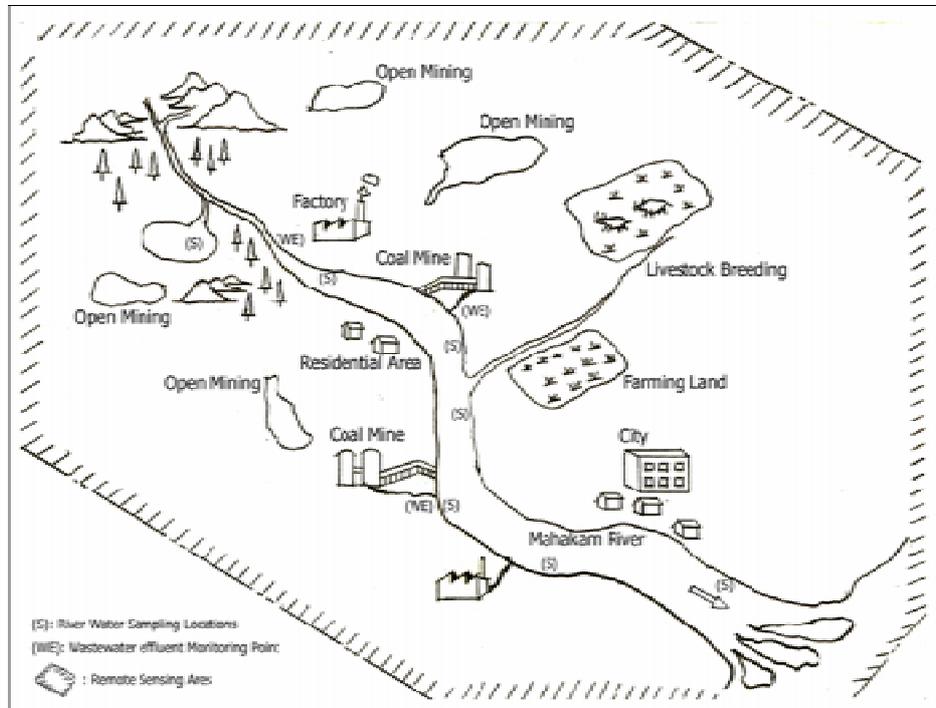


図 5-1-21 河川水質自動観測システムの概念線図



出所：東京都環境水質モニタリングマニュアル

図 5-1-22 マハカム川広域環境モニタリングの概念図



写真 5-1-1 マハカム川下流域のリモートセンシング画像（2006 年）



出所：宇宙開発事業団ホームページ

写真 5-1-2 リモートセンシング衛星画像

2. 発生源での削減技術

削減技術としては選炭プロセスの改善と廃水処理方法の確立があり調査対象選炭工場のサンプリングデータを元にモデルケースの立案と各選炭工場の改善提案を作成した。

2.1 選炭プロセスの改善

2.1.1 ジグ選別システム

選炭系統 / 廃水処理系統の分岐粒度を下げ、より細かい微粉炭まで製品に混入するには混炭の母体となる粉炭製品の品位が安定していることが前提となる。品位制御が可能な、ジグ選別機を設置しているのは坑内掘 2 炭鉱のみであり、各ジグ選別設備について評価し提案する。

(1) PT. Kitadin

日本の選炭技術者が技術指導を行っている。石炭のボタへの紛れ込みは見受けられず立派に運転管理されている。

(2) PT. Fajar Bumi Sakti (FBS)

ジグ運転はとても適切とは言い難い。1 槽目での波成形は不十分で、ほぐれ・しまり・進行が促進されておらず、槽の両側を流れているだけの状態で成層不十分と推測される。それを象徴するかのように 1 槽産物であるボタには多量の石炭が混入していた。適切な給炭量、空気量、水量を検討し適切な波形成、ひいてはより高精度のジグ選別を行う必要がある。図 5-2-1 にジグの選別結果 (+10mm 原炭) を示す。ボタには多量の石炭分が、精炭には多量のボタ分が紛れ混んでいる。ジグ選別結果の評価を表 5-2-1 に示す。

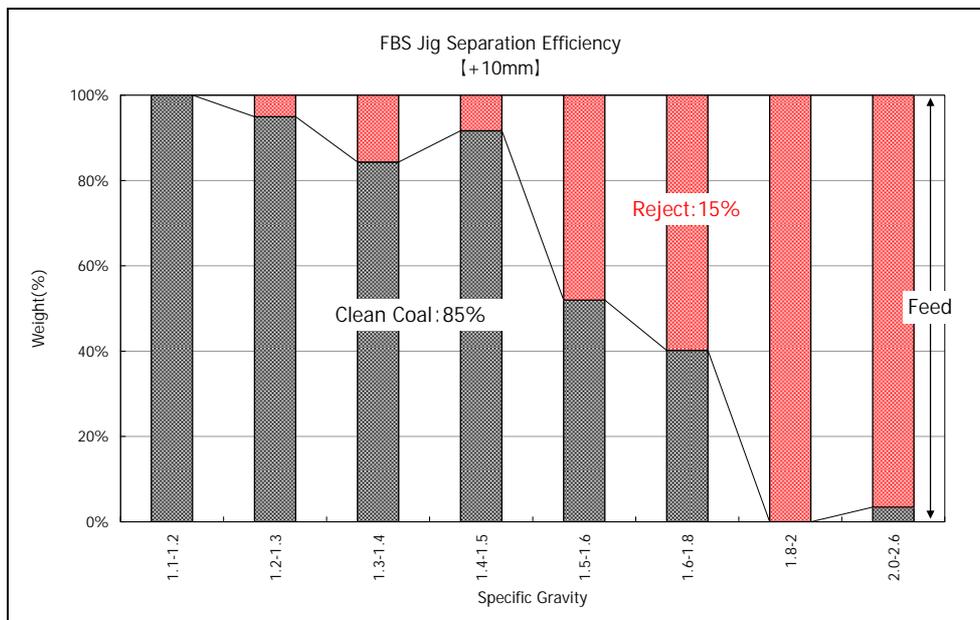


図 5-2-1 FBS ジグ選別結果(+10mm)

表 5-2-1 FBS ジグ選別結果評価表 (+10mm)

Products	Feed			Clean Coal			Reject		
	Wt %	Ash %	GCV	Wt %	Ash %	GCV	Wt %	Ash %	GCV
	100	9.28	6267	85.34	3.95	6708	14.56	39.24	3793
Performance	D ₅₀ Separation Density			Ep Ecart Probable			I Imperfection		
	1.59			0.16			0.27		

選別精度の指標である不完全度 I が 0.27 と高く選別不良である。その結果、ボタ発熱量は 3793kcal/kg にも達する。このジグを本邦の一般的管理状態で運転した場合の予想される選別結果を表 5-2-2 に示す。

表 5-2-2 FBS ジグ選別結果予想表 (+10mm/本邦管理状態)

Products	Feed			Clean Coal			Reject		
	Wt %	Ash %	GCV	Wt %	Ash %	GCV	Wt %	Ash %	GCV
	100	9.28	6267	91.51	3.95	6708	8.49	66.81	1515
Performance	D ₅₀ Separation Density			Ep Ecart Probable			I Imperfection		
	1.74			0.09			0.13		

同じ精炭品位 6708kcal/kg であるにも係わらず精炭歩留は 91.51% と 6 ポイントも向上する。従来、ボタに紛れ込んでいた石炭分が精炭として回収されたためであり、その結果、ボタ品位は 1515kcal/kg と激減する。

2.1.2 選炭系統 / 廃水処理系統 分岐設備

選炭プロセスでの削減技術の基本は、如何に多くの固体粒子を選炭プロセス内に留め、廃水プロセスへの流出を防ぐかにある。即ち“選炭系統 / 廃水処置系統”分岐の設備が重要である。調査対象の分岐設備には、沈降槽、脱泥スクリーン、分級サイクロンの機種がある。表 5-2-3 に再掲する。

表 5-2-3 選炭系統 / 廃水処理系統分岐点

Washery	選炭/廃水処理系統 分岐点		
1 PT. Kitadin	Settling Pit	+	Bucket Elevator
2 PT. Fajar Bumi Sakti (FBS)	De-slime Screen / 0.5mm		
3 PT. Tanito Harum / Sebulu	Settling Pit	+	Bucket Elevator
4 PT. Tanito Harum / Loa Tebu 1	Cyclone Classifier	+	Screen / 0.5mm
5 PT. Multi Harapan Utama (MHU)	Cyclone Classifier	+	Screen / 0.25mm
6 PT. Bukit Baiduri Energy (BBE)	Cyclone Classifier	+	Screen / 0.5mm

この分岐点で二分すべき物質は、吸水・泥化して極微粒子となった粘土鉱物質とそれ以外の石炭質である。廃水発生箇所にて採取した懸濁粒子の粒度と灰分を関係を図 5-2-2 に示す。粒径 150 μm 程度から灰分が急上昇し、50 μm 以下では 50% 超の灰分含有量に達する工場もある。このことから粘土鉱物質は 150 μm 以下が大半であることが解る。

粒径 150 μm の分級装置として最適な機種は分級サイクロンであり、既に 3 選炭工場で採用されている。表 5-2-4 に分級サイクロンの性能を再掲する。表中 D_{50} は分級粒度を、 E_p は分級精度を表す。BBE の分級サイクロンは良く管理されており 160 μm の粒度で分級している。

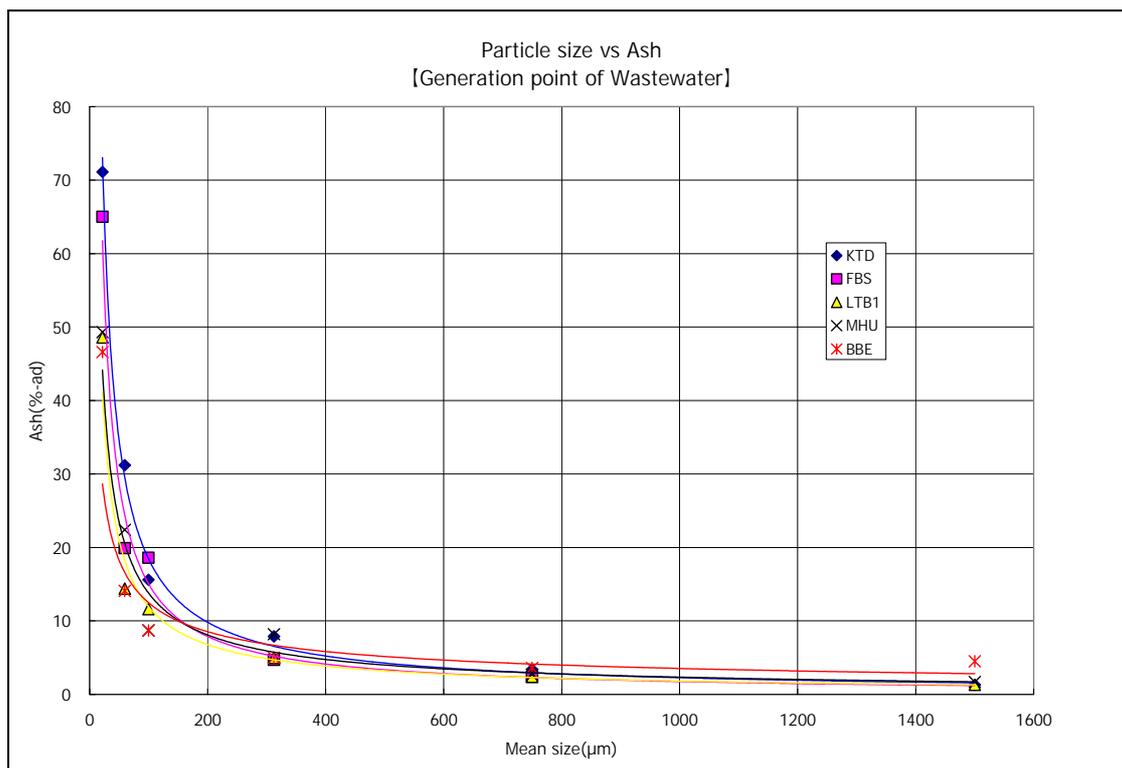


図 5-2-2 微粉粒度 対 灰分

表 5-2-4 分級サイクロン性能表

Washery	Performance of Cyclone Classifier		
	D_{50}	E_p	Yield of Under-flow
4 PT. Tanito Harum / Loa Tebu 1	320 μm	220 μm	59%
5 PT. Multi Harapan Utama (MHU)	840 μm	650 μm	20%
6 PT. Bukit Baiduri Energy (BBE)	160 μm	125 μm	79%

BBE と同性能の分級サイクロンを各選炭工場に設置した場合、どれ程の廃水量削減効果があるか、表 5-2-5 に削減効果一覧表を、表 5-2-6 に同計算表を示す。分級サイクロンを設置していない Kitadin と FBS では、廃水量を現状の 77 ~ 78% に削減可能な事が解る。分級サイクロンは設置されているが性能面で BBE に及ばない Loa Tebu 1 では現状の半分近い 58% に、MHU では現状の 76% に削減可能である。

表 5-2-5 廃水量削減効果一覧表/BBE 分級サイクロン設置時

		Kitadin			FBS		
		Before	After	Reduction Rate	Before	After	Reduction Rate
Wastewater or Feed	Wt %	100.00	100.00		100.00	100.00	
	Ash %	49.23	49.23		43.49	43.49	
	GCV	2960	2960		3442	3442	
Under-Flow Product	Wt %		22.61			22.42	
	Ash %		16.38			13.55	
	GCV		5360			5915	
Over-Flow Wastewater	Wt %		77.39	77%		77.58	78%
	Ash %		58.82			52.14	
	GCV		2260			2727	
		Loa Tebu 1			MHU		
		Before	After	Reduction Rate	Before	After	Reduction Rate
Feed	Wt %	100.00	100.00		100.00	100.00	
	Ash %	12.15	12.15		26.80	26.80	
	GCV	5993	5993		4864	4864	
Under-Flow Product	Wt %	58.73	75.95		20.24	39.66	
	Ash %	5.93	6.13		16.10	13.40	
	GCV	6392	6376		5752	5975	
Over-Flow Wastewater	Wt %	41.27	24.05	58%	79.76	60.34	76%
	Ash %	16.00	22.80		29.80	37.30	
	GCV	5554	4987		4607	3985	

表 5-2-6 廃水量削減効果計算表/BBE 分級サイクロン設置時

[Kitadin] (-ad)									
	Feed			Under Flow			Over Flow		
	Wt%	Ash%	GCV	Wt%	Ash%	GCV	Wt%	Ash%	GCV
+1000µm	0.18	1.3	6212	0.18	1.3	6212	0.00	1.3	6212
1000 - 500	2.04	3.4	6660	2.04	3.4	6660	0.00	3.4	6660
500 - 125	20.14	7.9	5941	14.98	7.9	5941	5.16	7.9	5941
125 - 75	8.28	15.6	5333	1.84	15.6	5333	6.44	15.6	5333
75 - 44	7.62	31.2	4308	0.95	31.2	4308	6.67	31.2	4308
-44	61.74	71.1	1372	2.62	71.1	1372	59.12	71.1	1372
Total	100.00	49.23	2960	22.61	16.38	5360	77.39	58.82	2260

[FBS] (-ad)									
	Feed			Under Flow			Over Flow		
	Wt%	Ash%	GCV	Wt%	Ash%	GCV	Wt%	Ash%	GCV
+1000µm									
1000 - 500	1.10	2.4	6836	1.10	2.4	6836	0.00	2.4	6836
500 - 125	20.79	4.7	6646	15.46	4.7	6646	5.33	4.7	6646
125 - 75	10.86	18.6	5498	2.41	18.6	5498	8.45	18.6	5498
75 - 44	7.20	19.9	5390	0.90	19.9	5390	6.30	19.9	5390
-44	60.05	65.0	1665	2.55	65.0	1665	57.50	65.0	1665
Total	100.00	43.49	3442	22.42	13.55	5915	77.58	52.14	2727

[Tanito/Loa Tebu 1] (-ad)									
	Feed			Under Flow			Over Flow		
	Wt%	Ash%	GCV	Wt%	Ash%	GCV	Wt%	Ash%	GCV
+1000µm	13.46	2.9	6700	13.46	3.3	6611	0.00	2.6	6669
1000 - 500	31.04	4.0	6612	31.01	4.9	6478	0.03	3.1	6628
500 - 125	39.79	9.9	6177	29.60	6.9	6311	10.19	8.5	6178
125 - 75	4.85	23.8	5035	1.08	25.4	4770	3.78	12.5	5845
75 - 44	4.08	37.4	4007	0.51	43.8	3237	3.57	23.3	4945
-44	6.77	57.6	2546	0.29	52.2	2538	6.48	51.1	2629
Total	100.00	12.15	5993	75.95	6.13	6376	24.05	22.80	4987

[MHU] (-ad)									
	Feed			Under Flow			Over Flow		
	Wt%	Ash%	GCV	Wt%	Ash%	GCV	Wt%	Ash%	GCV
+1000µm	3.65	4.8	6695	3.65	7.3	6486	0.00	2.9	6853
1000 - 500	11.42	6.5	6553	11.41	6.9	6520	0.01	4.9	6686
500 - 125	26.40	9.2	6328	19.64	12.3	6069	6.76	8.2	6411
125 - 75	10.31	15.9	5769	2.29	26.0	4927	8.02	14.3	5902
75 - 44	7.57	20.7	5369	0.94	36.4	4059	6.62	20.2	5410
-44	40.65	49.7	2950	1.73	53.1	2666	38.92	50.0	2925
Total	100.00	26.8	4864	39.66	13.4	5975	60.34	37.3	3985

一旦、廃水系統に送れば2度と製品化できない微粉炭である。そればかりか浚渫・運搬・廃棄費用さえ発生する。ほんの僅かな労を惜しんで分級サイクロンシステムの運転管理を怠ると取り返しのつかない事態になることが解る。なお分級サイクロンを新設する場合、US\$ 150,000 程度が必要であるが、炭価を US\$ 43/t とすれば 3,500t の微粉炭量であり回収には1年も要しない。以下、選炭工場毎に選炭系統/廃水処理系統分岐設備についてコメントする（Sebulu は乾式整粒がメインため外した）。

(1) PT. Kitadin

分級サイクロンを設置すべきである。この設置により廃水量を現状の 77%に減らすことができる。廃水の減少分は 5360kcal/kg の粗粒微粉として精炭に混入される。現状の廃水発生率は原炭の 7.4%に相当するため 1.70%の歩留増加に繋がる。

(2) PT. Fajar Bumi Sakti (FBS)

分級サイクロンを設置すべきである。この設置により廃水量を現状の 78%に減らすことができる。廃水の減少分は 5915kcal/kg の粗粒微粉として精炭に混入される。現状の廃水発生率は原炭の 3.4%に相当するため 0.75%の歩留増加に繋がる。

(3) PT. Tanito Harum / Loa Tebu 1

既設分級サイクロンの機能を強化すべきである。サイクロンフィードポンプが吸い切り運転をしており本来の分級機能が損なわれている。この改善からまず始めなければならない。吸い切りを防止するためサイクロン溢流水をフィードサンプに戻すバイパスパイプ（写真 5-2-1）があるが、度々閉塞している。閉塞しないよう改造するか、閉塞を簡単に解消できるような工夫が必要である。



写真 5-2-1 溢流水バイパスパイプ

BBE 並みに分級サイクロンを管理すれば廃水量を現状の 58%まで大幅に減らすことができる。廃水の減少分は 6376kcal/kg の粗粒微粉として精炭に混入される。現状の廃水発生率

は原炭の 9.2%に相当するため 3.86%もの大幅な歩留増加に繋がる。

(4) PT. Multi Harapan Utama (MHU)

管理されている分級サイクロンに見えたが分級粒度が 840 μm と非常に大きい。多分、分級サイクロンへのフィード流量・圧力が設計値を下回っているのだろうが、原因を調査し正常な状態へ早急に戻す必要がある。

今後、8 本ある分級サイクロン（写真 5-2-2）のフィードパイプに圧力計とバルブを設け、所定圧力を下回ったれば分級サイクロンの稼働本数を減らす等のきめ細かい対応が必要である。



写真 5-2-2 分級サイクロン（8 本）

BBE 並みに分級サイクロンを管理すれば廃水量を現状の 76%まで減らすことができる。廃水の減少分は 5975kcal/kg の粗粒微粉として精炭に混入される。現状の廃水発生率は原炭の 2.6%に相当するため 0.62%の歩留増加に繋がる。

(5) PT. Bukit Baiduri Energi (BBE)

調査工場の中では最も良く管理された分級サイクロンである。この機能を維持するためにも定期的なサンプリング・性能調査が望まれる。

2.1.3 その他

選炭設備の周りが石炭や泥水で溢れて足の踏み場もなく、設備改善や運転技術向上を論ずる以前の状態の炭鉱も散見される。品質管理意識の問題であるが、根底には周りに野積みされた石炭スラッジの存在があろう。

2.2 廃水処理方法の確立

2.2.1 廃水プロセス

廃水プロセスの基本は用水の循環使用であり系外へ排出しない事である。この循環水は出荷される産物表面への付着により徐々に減少するが、その分を河川水により補充する。2005年7月7日に測定されたマハカム川のSSは170mg/lであるため、循環水濃度は200mg/l前後を目標とすれば良からう。以下、選炭工場毎に廃水プロセスについてコメントする。

(1) PT. Kitadin

ジグ選別用水の循環使用設備（写真 5-2-3）を有している。このジグ循環水濃度は1万mg/lを超えるがジグ選別用水としては何ら問題無い（ある程度濁っている方がジグ選別精度は向上する）。ただ、産物洗浄には使えないため洗浄用水はマハカム川から取水している。



写真 5-2-3 ジグ選別用水循環使用設備

この1万mg/lを超えるジグ循環水は、洗浄等に使われた低濃度廃水と混合されて廃水処理系統へ送られている。廃水処理の基本は“混ぜない”、“薄めない”である。高濃度でも構わないジグ循環水と、洗浄等に使われた低濃度廃水とを絶対に混ぜてはいけない。

ジグ循環水はジグ周囲に閉回路を作りそこで循環使用すべきである。シックナーあるいは分級サイクロン等を設け、その溢流水をジグ循環水として循環水ヘッドタンクに貯留する。濃縮物はジグ精炭スクリーンに供給するか、小沈澱池にて貯留・浚渫する。

一方、洗浄等に使われた低濃度廃水のみを現状の廃水系統に送るべきである。凝集剤の添加も必要とならうが、現在の沈澱池出側での添加を止め、沈澱池入側での添加に改めるべきである。廃水処理系統の負荷は激減し洗浄用水も循環使用が可能となり、系外への排出が皆無なシステム形成も達成可能である。

(2) PT. Fajar Bumi Sakti (FBS)

当工場は完全循環システム（写真 5-2-4）を既に完成させている。当地の微粒子は砂岩質で他工場に比べて沈降性が優れているため用水の完全循環使用は容易であったらう。

ジグ循環水も洗浄用水も混合されてはいるが、粒子の沈降性が良好なため廃水処理プロセスへ負荷を与えるには至っていない。



写真 5-2-4 FBS 循環水取水設備

(3) PT. Tanito Harumu / Sebulu

当工場では高鉄分・酸性水が一番の課題である。これを解決するには中和処理しか無く石灰乳による中和処理設備が設置されている。降雨さえ無ければ酸性水は発生しないが、土場に堆積された高硫黄炭や堆積微粉に降雨が触れた途端に酸性水が発生する。敷地内の降雨量がそのまま酸性水発生量になるためその発生量は膨大である。一旦、調整池に貯留し徐々に中和処理・系外排出するしかなくコストも無視できない。

パイライトを含んだ高硫黄炭を取り扱う選炭工場では大なり小なり高鉄分・酸性水は発生する。高硫黄炭を扱う選炭工場は点在させず、中和処理設備の完備した選炭工場に集約することが望ましい。

本邦における鉱山廃水の中和処理設備(例)を図 5-2-3 に示す。pH:2~3、 $Fe^{ion}:>1000ppm$ の廃水を $20m^3/分$ で処理できる設備である。設備は全て自家製であり中和剤には近隣の発電所で発生したフライアッシュを使用した。建設費、運営費とも非常に安価である。

(4) PT. Tanito Harum / Loa Tebu 1

循環使用はなされていない。循環使用は水質的に十分に可能と思うが、その以前の問題として排水ラインの整備が必要である。当工場の設備は貯炭土場と同レベルで設置されている。周囲を貯炭山が取り囲み結果として窪地に位置するため自然排水が困難で、設備の下部は半ば泥水に埋まった状態で稼働している。新たな循環水取水ラインを設置する前に既設排水ラインの改善が必要であろう。写真 5-2-5 に選炭設備設置状況を、写真 5-2-6 に選炭設備周囲の状況を示す。

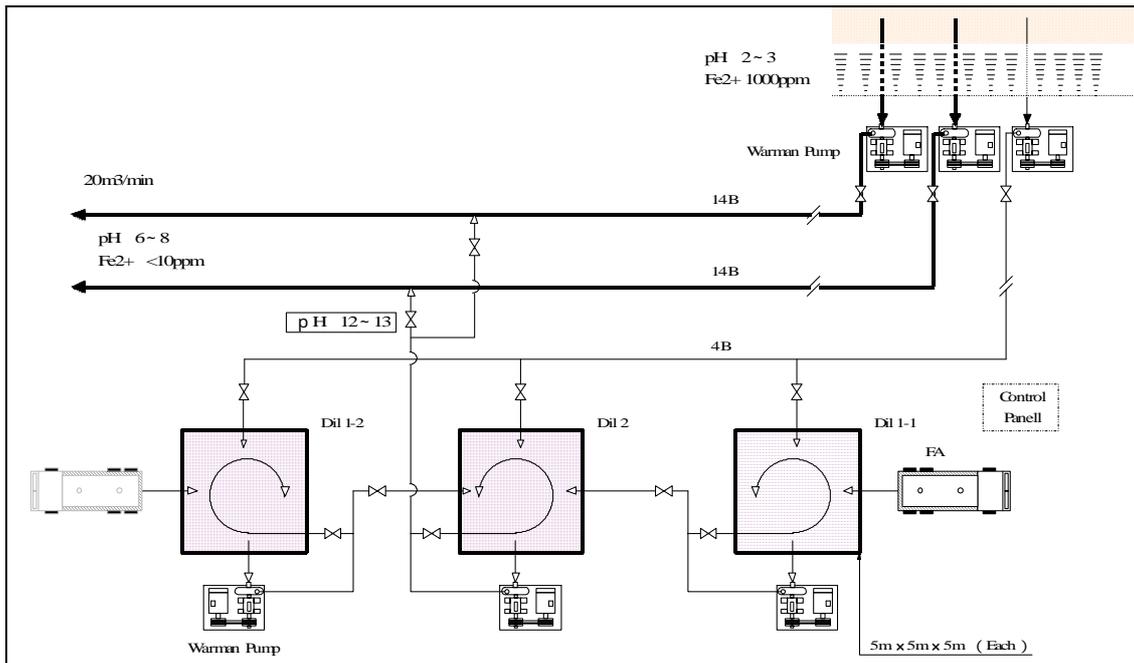


図 5-2-3 本邦鉱山廃水の中和処理設備（例）



写真 5-2-5 選炭設備設置状況



写真 5-2-6 選炭設備周囲の状況

(5) PT. Multi Harapan Utama (MHU)

循環使用はなされていない。現在、2次・3次沈澱池が縮小されつつある。これに対処するため選炭工場に隣接して新たな沈澱池の建設計画を持っている。現状の沈澱池に比べ面積が小さく凝集剤添加設備は必須であろう。新計画には循環使用も盛り込むべきである。

(6) PT. Bukit Baiduri Energi (BBE)

現在、循環使用に向け最終放流口付近から工場まで水路を掘削中である（写真 5-2-7）。

当地の沈澱池は非常に機能的に配置されている。1次沈澱池から2次、3次に行くに従って沈殿物粒度は片寄ることなく細粒化している。また、浚渫のための重機足場、トラック通路も考慮されている。4次沈澱池には2箇所の凝集剤添加設備も備わっており万全の体制である。



写真 5-2-7 BBE 循環用水路掘削

2.2.2 凝集剤

(1) 無機凝集剤

Kitadin は無機凝集剤を、Loa Tebu 1、BBE は有機高分子凝集剤を使っている。当地の廃水には極微粒粘土鉱物が多量に含まれているが、これら極微粒粘土鉱物子は全て負に帯電し、互いに反発し合っており非常に沈澱しづらい。従って、この帯電を中和させるために正の電荷を持つ無機凝集剤の使用が適している。更に沈降速度を上げたければ無機凝集剤の添加後に有機高分子凝集剤を添加すればよい。図 5-2-4 に凝集沈澱機構を示す。

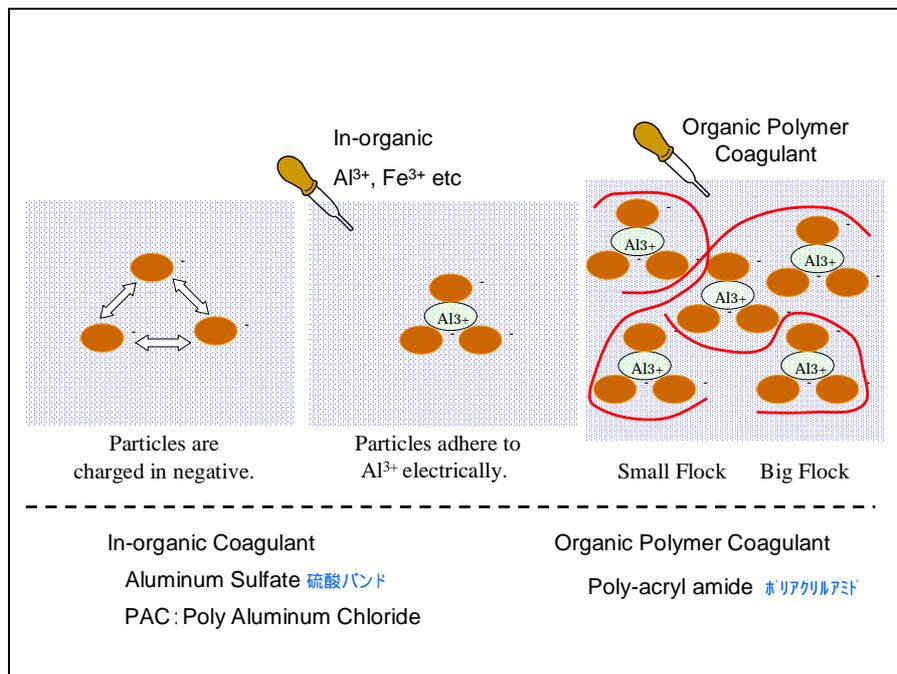


図 5-2-4 凝集沈澱機構

(2) フライアッシュ

代表的な無機凝集剤として硫酸バンドや PAC が知られているが、セメントやフライアッシュも無機凝集剤としての効果を持っている。写真 5-2-8 に硫酸バンド、セメント、フライアッシュを使った沈降試験を示す。フライアッシュは BBE の堆積微粉を灰化し乳鉢で磨りつぶしたものである。

原液（500cc）に対する添加量は、硫酸バンド：200ppm、セメント：1%、フライアッシュ：1%である。1 時間経過後、硫酸バンド添加の上澄水には濁りが見られるが、セメントおよびフライアッシュ添加の上澄水は清澄である。また、2 時間経過後の pH は、無添加：7.50、硫酸バンド添加：5.85、セメント添加：11.58、フライアッシュ添加：7.43 である。pH 規制値は 6~9 であり、硫酸バンドおよびセメントの場合は添加量を減らす必要がある。強アルカリを呈するフライアッシュが多く存在する中、当地の石炭灰が中性を示すことは、無機凝集剤としての活用をはじめ今後の有効活用を考える上で有利である。

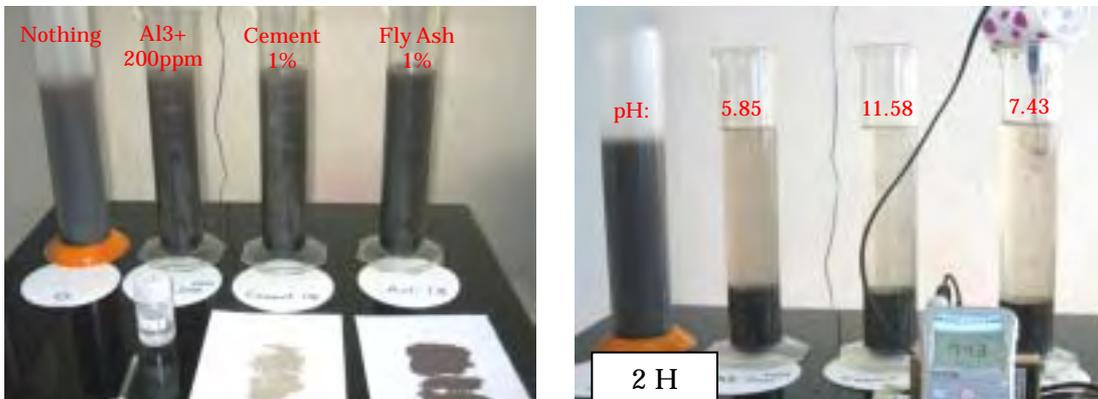


写真 5-2-8 沈降試験（その 1）

(3) 高鉄分・酸性水

硫酸バンドに含まれる Al^{3+} が粘土鉱物の負電荷を中和して凝集させるが、高鉄分・酸性水に含まれる Fe^{2+} 、 Fe^{3+} も硫酸バンドと同じように無機凝集効果を持っている。このままでは厄介者の高鉄分・酸性廃水ではあるが当地域の難沈降性粘土鉱物に対する無尽蔵の凝集剤として検討に値する。Sebulu で採取した高鉄分・酸性水(pH：2.5、 Fe^{ion} ：2000mg/l)を使った沈降試験（その 2）を写真 5-2-9 に示す。高鉄分・酸性水の添加率は 0.5% である。pH（5.38）が低すぎるため添加量の低減が必要である。

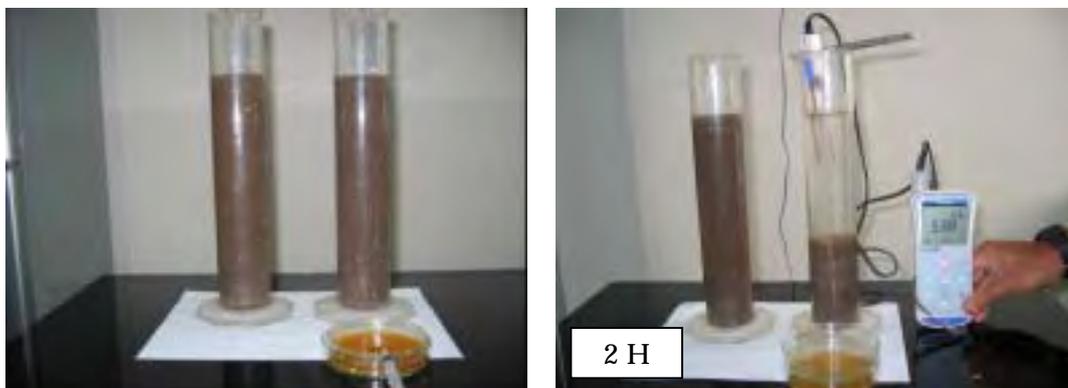


写真 5-2-9 沈降試験（その 2）

2.3 人材育成

本調査により、廃水発生量を2割以上削減する抜本的提案を始め様々な改善提案が浮かび上がった。これらの改善提案は選炭プロセスから廃水プロセスまでのあるべき姿を定量的に把握しその解決策を具体的に立案する力が無ければ生まれない。これらのいわば基礎技量は一朝一夕では涵養されないものである。カウンターパートの啓蒙・教育・人材育成こそ今後の持続的発展の必須条件であり、石炭廃水処理に関する基礎技量の向上をOJTを含めて、強力に推進して行く必要がある。

3. 有効利用技術

3.1 ブリケット計画

3.1.1 石炭ブリケット普及に関する政策

石炭ブリケットは 80 年代からいくつかの州で生産されていたが、国としての石炭ブリケット化のプロジェクトは原油生産に限りが見えてきた 90 年代に始まった。しかし石油製品、とりわけ競争相手である灯油の価格が安価であったため限られた需要しか存在しなかった。また、ブリケットの健康被害の懸念が指摘され LPG や灯油の使用に重点が置かれてきた。近年の原油価格の上昇により石炭ブリケットの需要が高まってきている。

鉱物エネルギー省の 2005-2025 ナショナルエネルギーブループリントによると一次エネルギーの石油製品への依存を 2005 年の 54% から 2025 年には 33% に低下させ、ベストエネルギーミックスの下に石炭の導入を計ることが記されている。それによると石炭の消費は 2005 年の 15% から 2025 年には 33% に増加させることになっている。

しかし現在のところ石炭ブリケットの拡販に関しての政策的なサポートは行われていない。

3.1.2 石炭ブリケット需要

石炭ブリケットの需要は 2005 年以降の石油製品への補助金廃止に伴い増加してきている。しかし民生用灯油や LPG の一部には未だ 25% 程度の補助金が給与されておりマーケットの拡大は中小の産業用にとどまっている。需要の内訳を図 5-3-1 に示す。

石炭ブリケットの市場には次のエリアが考えられている。

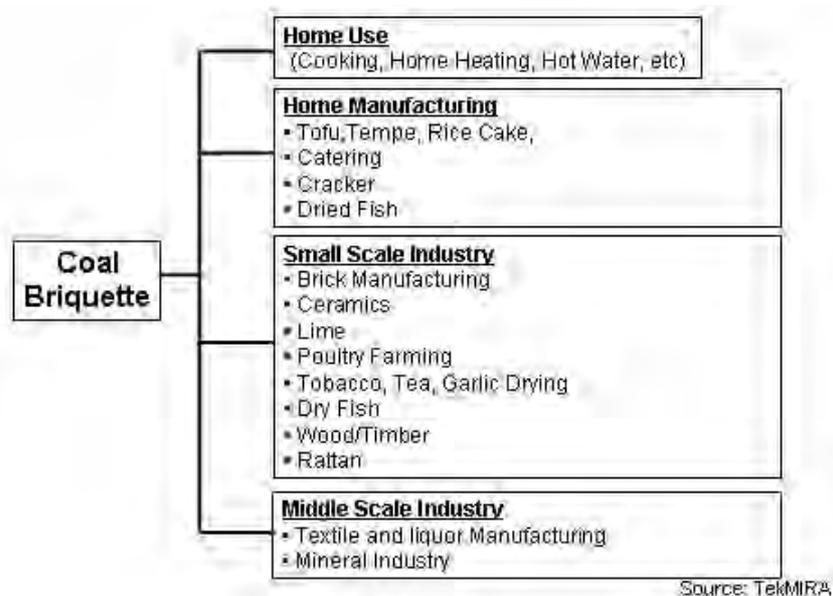
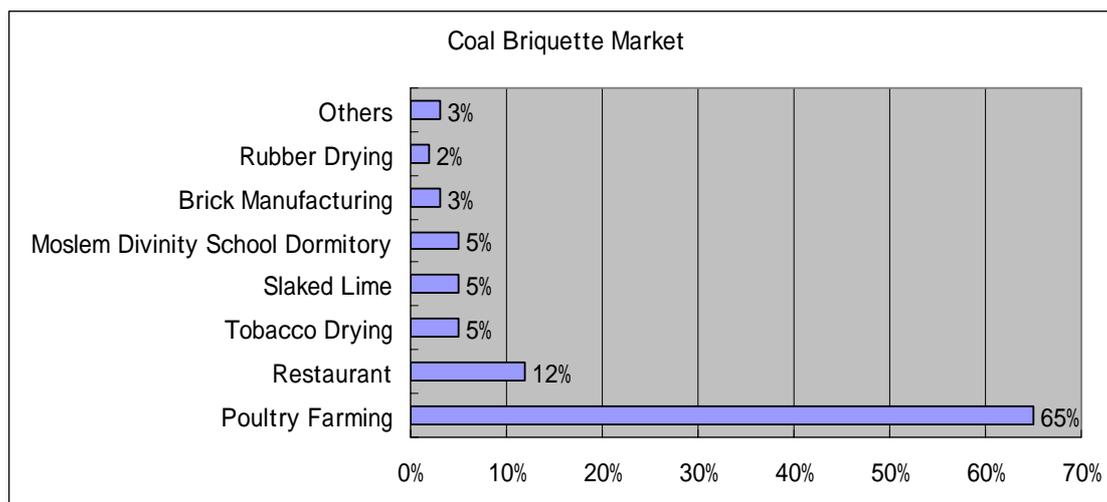


図 5-3-1 石炭ブリケット市場のポテンシャル

石炭ブリケットは一度着火すると数時間燃え続ける。途中で消したりまた点けたりすることは難しい。家庭用では調理、暖房、給湯などを対象にしているが家庭用は取り扱いが容易

な灯油やLPGが主流となっており浸透は難しいのではと考えられる。一方、家内工業の豆腐やテンペ、せんべい、干し魚などの食品製造業や養鶏、陶器、レンガ製造、タバコやお茶の乾燥、木材や籐製造など小規模製造業が有望なマーケット対象として考えられている。また繊維産業など中規模工場のボイラーなどの市場も対象として考えられている。しかし石炭と比較し割高であるので大規模な工業用に適用される可能性は少ない。

図 5-3-2 に現在の石炭ブリケットの市場を示す。



出典: TekMIRA

図 5-3-2 石炭ブリケット市場

実際のマーケットは養鶏場への供給が 65%を占めている。次いでレストランでの使用が 12%を占めている。以下タバコ、消石灰、イスラム神学校寮、レンガ、ゴムの順番になっている。

市場の地域性の影響も大きい。需要の多くはジャワである。スマトラでは薪が豊富にあり、競合燃料となっているため需要が伸びていない。

3.1.3 石炭ブリケットの値段と競争力

現在市場に出回っている石炭ブリケットには大別し 2 種類ある。一つは乾留した石炭を使用したブリケットで、もう一つは石炭を粉状にし、ブリケット状に固めなおした非乾留型である。乾留型は火力が強く煙や臭いがないのが特徴である。一方非乾留型は着火時に煙が出ることと混合物によっては臭いが多少出る難点がある。

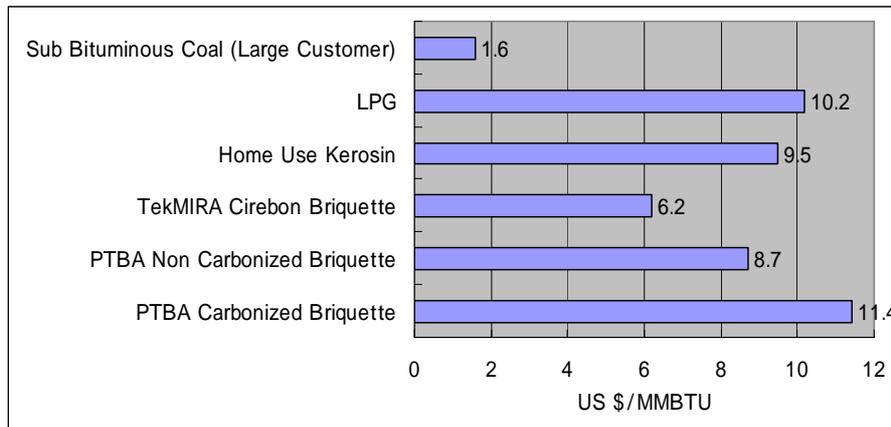
表 5-3-1 に工場渡し価格とマーケット価格を示す。なお非乾留型の価格は TekMIRA チレボンからの製品を示している。

表 5-3-1 石炭ブリケット価格

Type	kcal/kg		Rp/kg	\$/MMBTU
Carbonized	6000	ExWork Price	1500	7.8
		Market Price	2200	11.4
Non Carbonized	5500	ExWork Price	800	4.2
		Market Price	1200	6.2

出典: PTBA

現状のエネルギー価格体系では、石炭ブリケットの価格競争力は他の競合エネルギーと比較し必ずしも良くはない。PTBA の乾留ブリケットは、煙や臭いが無く長時間安定的に燃焼する特質から値段的に割高であるにもかかわらず手堅いマーケットを持っている。しかし非乾留型は他燃料と競合することになる。競合燃料には LPG や灯油が含まれるが、これらは未だ 25%の補助金により支えられており、今後漸次廃止されてゆく可能性があることから将来的にはある程度のマーケットの伸びが予想される。



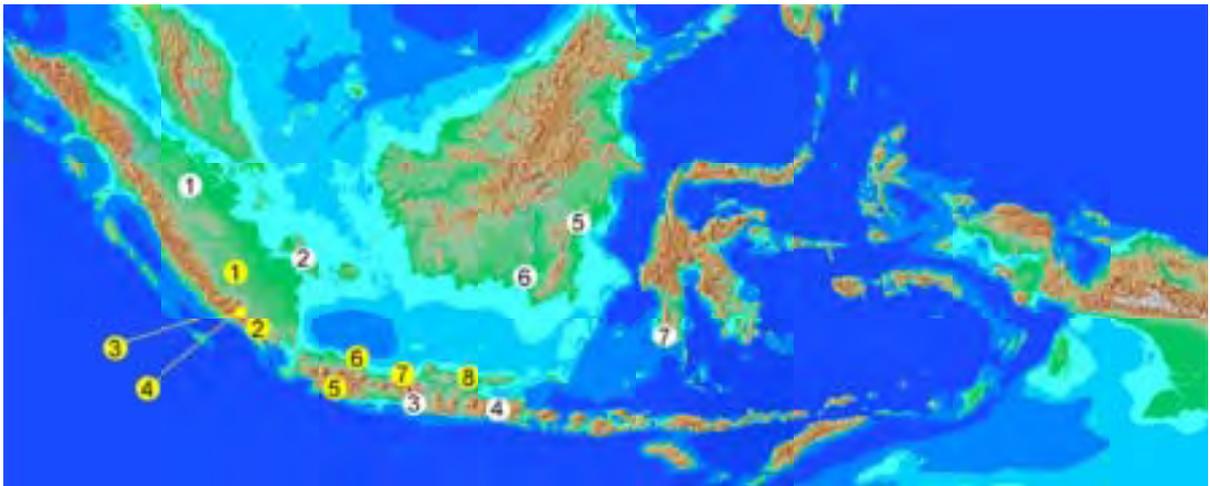
TekMIRA Cirebon	kcal/kg	5500	Market	1200 Rp/kg	6.2
Home Use Kerosin	kcal/l	8900	Market	3000 Rp/l	9.5
LPG	kcal/kg	12000	Market	4362 Rp/kg	10.2
Sub Bituminous Coal	kcal/kg	5300	FOB	35 \$/ton	1.6
Natural Gas	\$/MMBTU		Wholesale		6

出典: MEMR

図 5-3-3 エネルギー価格の比較

3.1.4 石炭ブリケット供給

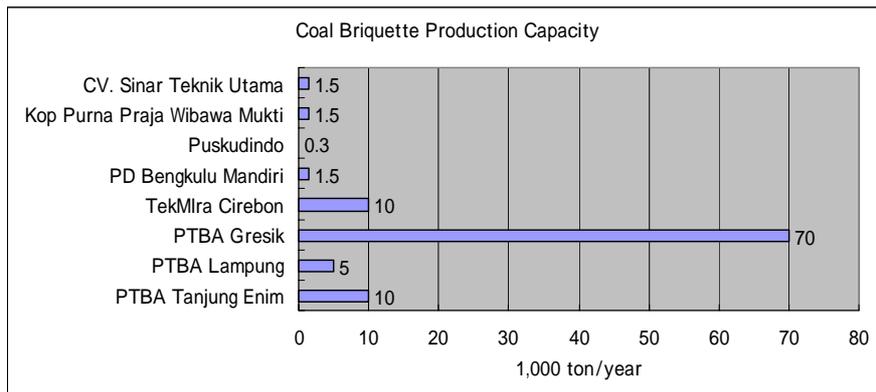
現在、ブリケットの生産は 8 箇所で行われている。そのうち PTBA は Tanjung Enim、Lampung、Gresik の 3 箇所に製造工場を運営し、最大の供給者で、生産能力が年間 8 万 5 千トンで全生産能力の 85%を占めている。次いで、TekMira の Cirebon の施設が年間 1 万トンの生産能力を持っている。これは全生産能力の 10%を占める。このほかに 4 箇所あるが生産能力は小さく合計で全生産能力の 5%に過ぎない。以上生産地を図 5-3-4 に示す。黄色で示した 8 箇所で石炭ブリケットの生産が行われている。さらに白で示す 7 箇所で生産計画がある。



？ Nama/Lokasi Pabrik	Kap. Produksi	？ Nama/Lokasi Pabrik	Ren. Kap. Produksi
Pabrik Briket yang Produksi		Pabrik Briket belum Produksi	
1. Hashimoto, Tanjung Enim	10.000 ton/tahun	1. Solok, Sumatera Barat	1.500 ton/tahun
2. PTBA Tarahan Lempung	5.000 ton/tahun	2. Pangkal Pinang, Bangka Belitung	1.500 ton/tahun
3. PD. Bengkulu Mandiri, Bengkulu	1.500 ton/tahun	3. Bantul, Jawa Tengah	1.500 ton/tahun
4. PUSKUDINDO, Bengkulu	300 ton/tahun	4. Lumajang, Jawa Timur	1.500 ton/tahun
5. Kop. Purna Praja Wibawa Mukti, Garut	1.500 ton/tahun	5. Pasir, Kalimantan Timur	1.500 ton/tahun
6. Bio Coal Tekmira, Cirebon	10.000 ton/tahun	6. Banjarbaru, Kalimantan Selatan	1.500 ton/tahun
7. CV. Sinar Teknik Utama, Tegal	1.500 ton/tahun	7. Takalar, Sulawesi Selatan	1.500 ton/tahun
8. PTBA, Gresik Jatim	70.000 ton/tahun		

Note: **Yellow: Existing Facilities**
White: Planned Facilities

図 5-3-4 石炭ブリケット生産地 (出典: TekMIRA)



出典: TekMIRA

図 5-3-5 石炭ブリケット生産能力

ブリケットの種類は製造工程の違いや地域により様々な工夫がなされている。生産能力に対して現状の需要は増加の傾向にはあるものの未だ供給に余裕がある。以下ブリケットの種類を示す。

乾留型ブリケット

石炭の揮発分や硫黄などの不純物を高熱によりある程度取り除いたものをタピオカなど澱粉で固めたもので、カーボンの含有率が高く安定し、長期の保存や輸送に耐えるものである。煙が出ないのが特徴である。PTBA の Tanjung Enim で生産されている。

非乾留型ブリケット

低硫黄の石炭をタピオカなどの澱粉で固めたもので着火時に煙が出るのが難点である。PTBA の Lampung と Gresik で生産されている。

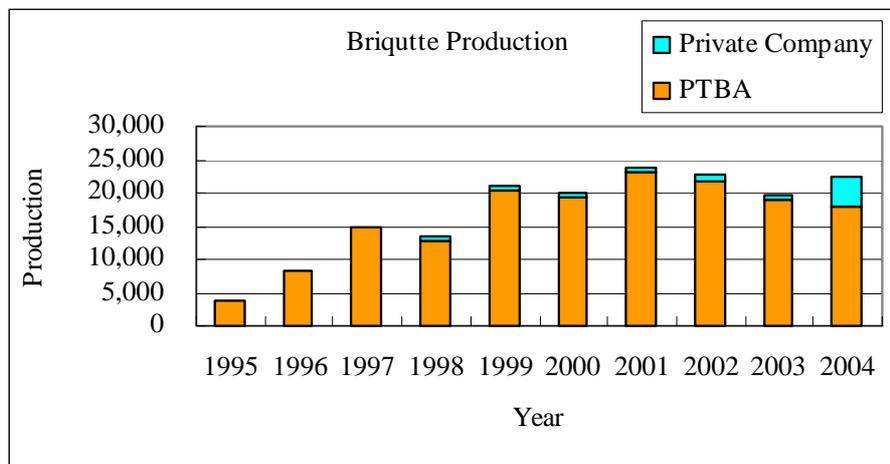
非乾留型バイオブリケット高カロリー型

高カロリーの石炭に石灰石とバイオマスを混ぜ糖蜜 (Molasses) で固めたもので着火時に多少の煙が出る。TekMira の Cirebon で生産されている。

非乾留型バイオブリケット低カロリー型

低カロリー低硫黄の石炭に粘土、バイオマスを混ぜ糖蜜 (Molasses) で固めたもので着火時の煙が少ないが燃焼中に多少においがするのが特徴である。TekMira の Cirebon で生産されている。

図 5-3-6 にインドネシアにおける石炭系ブリケットの生産量の推移を示す。



出典: MEMR

図 5-3-6 石炭ブリケット生産量の推移

3.1.5 石炭ブリケット製造施設

石炭ブリケットの製造施設は乾留するタイプと乾留しないタイプに大きく分かれるが基本的には類似している。石炭ブリケット生産能力の 85% を PTBA が保有し 10% を TekMIRA が保有している。PTBA の乾留型ブリケットは値段にもよるが需要が供給を上まわりつつある。しかし非乾留型ブリケットのマーケットは限られており、生産能力に比較し需要が小さいのが現状である。PTBA の乾留型ブリケットの工場渡し価格は 1500Rp/kg であるが非乾留

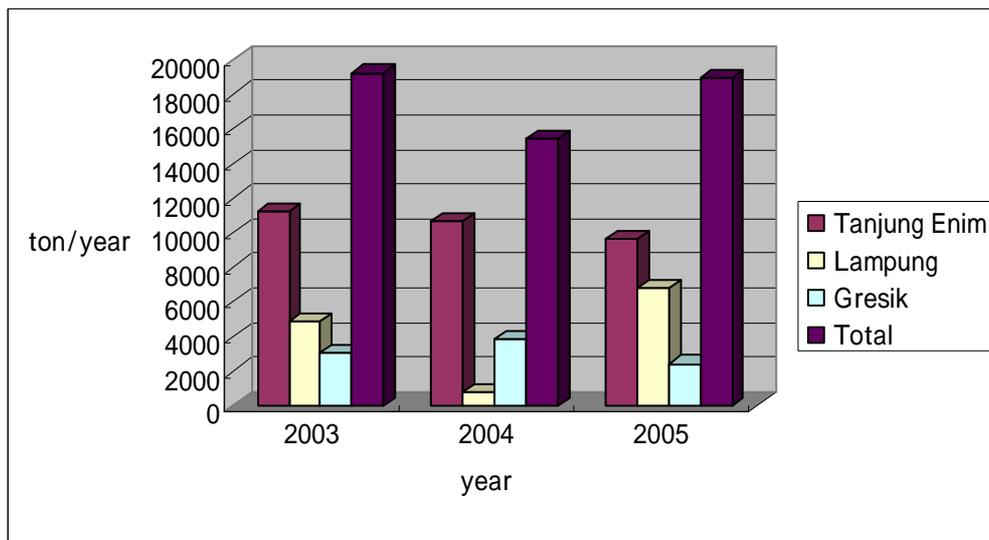
型は 1000Rp/kg である。運送費がさらに 700Rp/kg かかるためマーケットでの価格は乾留型で 2200Rp/kg、非乾留型で 1700Rp/kg である。一方 TekMIRA Cirebon の非乾留型倍ブリケットは工場渡しで 800Rp/kg でマーケット価格が 1200Rp/kg である。非乾留型の製品を比較した場合 PTBA の製品は競争力が無いと考えられる。

(1) PTBA 製造施設

石炭ブリケット生産量

PTBA は現在 Tanjung Enim、Lampung、Gresik に生産施設を保有しマーケットに供給している。Tanjung Enim では乾留ブリケットを生産し、他の施設では非乾留型のブリケットを生産している。Tanjung Enim で生産された乾留ブリケットの 8 割はジャワに送られている。非乾留型のマーケットは限られるため PTBA は乾留ブリケットの生産に傾注しようとしている。乾留型はスーパーと言うブランド名で販売されており、工場渡し価格：1500 ルピア/Kg、カロリーは 5500-6000Kcal/kg、水分は 5% となっている。非乾留型は工場渡し価格 1000 ルピア/kg、カロリーが 5000-5500Kcal/Kg となっている。

図 5-3-7 に PTBA の各工場における生産状況を示す。



Source: PTBA

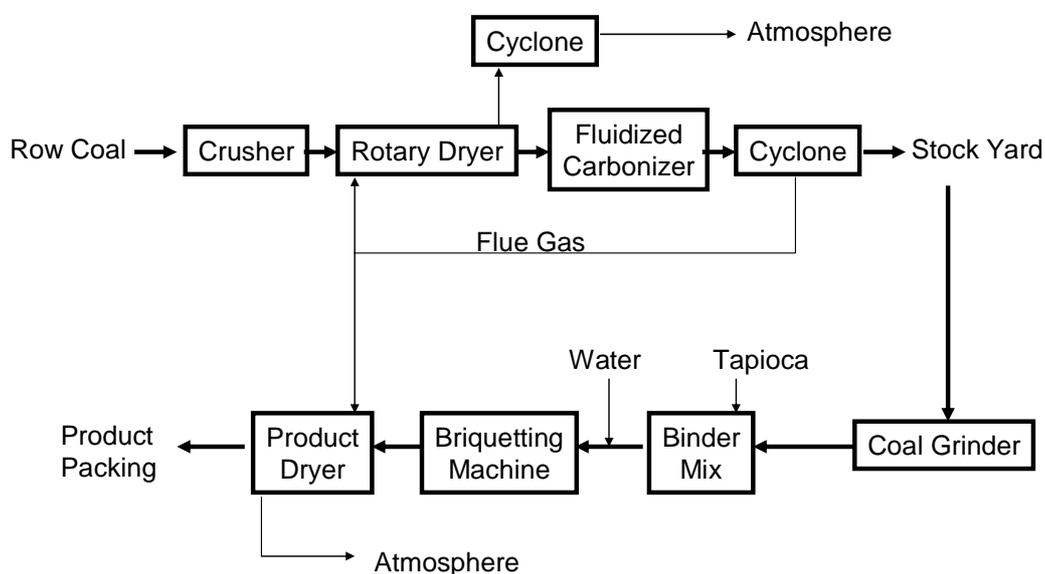
図 5-3-7 石炭ブリケット生産量(PTBA)

乾留型ブリケット工場概要

乾留型ブリケット工場は PTBA Tanjung Enim に NEDO 資金で建設され、1997 年から製造を開始した。施設概要は次のようになる。

原料炭をクラッシャーで適当なサイズに粉砕し乾燥キルンに投入する。乾燥された石炭粉は乾留炉に投入され乾留された後サイクロンを通して回収されストックヤードに蓄えられる。乾留炉で発生した乾留ガスはサイクロンから燃焼炉に送られ燃焼される。燃焼炉からの排ガスが乾燥キルンに送られ石炭粉の乾燥媒体となった後サイクロンを通して大気に放出される。燃焼炉からの排ガスはブリケットの乾燥工程で使用される。

乾留された石炭粉はクラッシャーによりさらに細粒化され、バインダーのタピオカ(澱粉)を5%ほど混入させた後、水で湿らされ、ブリケット製造装置に送られる。ブリケット化された後に乾燥機で乾燥された、冷却され、袋詰めされる。(図 5-3-8)



Source: PTBA

図 5-3-8 石炭ブリケット生産プロセス(PTBA Tanjung Enim)

原料及び製品仕様

原料は石炭とバインダーのタピオカ(澱粉)である。原料の石炭の仕様を表 5-3-2 に示す。低硫黄で灰分の少ない石炭が選ばれる。

表 5-3-2 原料(石炭)の仕様

Raw Coal Specification				
NO	Parameter	Basis	Unit	Specification
1	Total Moisture	AR	%	20 - 30
2	Inherent Moisture	Adb	%	10 - 20
3	Ash Contents	Adb	%	5 - 10
4	Volatile Matter	Adb	%	35 - 45
5	Fixed Carbon	Adb	%	33 - 45
6	Sulfur	Adb	%	< 0.5
7	Caloric Value	Adb	Kcal/kg	5,000 - 6,000

出典: PTBA

製品ブリケットの仕様を表 5-3-3 に示す。

表 5-3-3 製品ブリケットの仕様

Briquet Super Specification				
NO	Parameter	Basis	Unit	Specification
1	Total Moisture	AR	%	< 7.5
2	Ash	AR	%	14 - 18
3	Volatile Matter	AR	%	24 - 27
4	Fixed Carbon	AR	%	55 - 60
5	Caloric Value	AR	Kcal/kg	5,500 - 6,000
6	Total Sulfur	AR	%	< 0.5
7	Ash Fusion Temp.	AR	C	> 1,250
8		AR	Kgf/pc	> 60
9	Size			
	Hight		mm	36 - 40
			mm	54 x 51
10	Weight		gr	49 - 54
11	Composition Analysis	AR		
	Carbon		%	64 - 67
	Hydrogen		%	2.7 - 4.9
	Oxygen		%	11.1 - 13.0
	Nitrogen		%	1.0 - 1.2
12	Ash Composition			
	SiO ₂		%	56.0 - 62.7
	Al ₂ O ₃		%	17.9 - 24.3
	Fe ₂ O ₃		%	6.4 - 9.1
	TiO ₂		%	0.1 - 1.1
	CaO		%	2.7 - 4.1
	MgO		%	1.1 - 1.9
	Na ₂ O		%	0.4 - 2.3
	K ₂ O		%	0.5 - 0.8
	P ₂ O ₅		%	0.2 - 0.4
	SO ₃		%	2.3 - 8.9
	Mn ₃ O ₄		%	0.07 - 0.08
13	Gas Emission			
	SO ₂		%	< 5
	Nox		%	< 2
	CO		%	< 1000

出典: PTBA

製造コスト

乾留型の製造コストは次のようになっている。(図 5-3-9)

石炭： 250 ルピア/Kg

人件費： 350 ルピア/Kg

その他コスト： 900 ルピア/Kg

その他コストにはタピオカ、袋、設備スペアパーツ、電気、運搬機械の燃料費が含まれるが、償却費や金利は含まれない。現在 1 シフト 33 名、4 シフトで運転をしている。事務方を除き合計 132 名である。1 シフトの人員の内訳は次のようになっている。

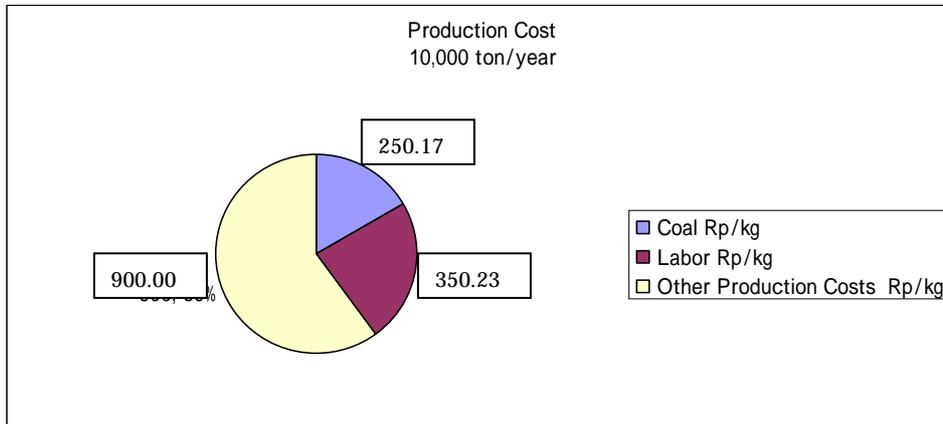
梱包： 11 名

メンテナンス： 4 名 (2 名が機械、2 名が電気)

オペレーター： 7名

その他：ドライバー1名、雑用1名、スーパーバイザー1など11名

増産に関してのボトルネックは乾留プロセスである。1トンの石炭が0.5トンの製品となる。



Other Production Cost includes:

Packing Material, Tapioca Powder, Electricity, Maintenance Materials and Consumables

出典: PTBA

図 5-3-9 石炭ブリケット生産コスト

PTBA は現在の年間1万トンの生産能力から3万トンに増産する計画を持っている。計画によると2006年度中に基本設計や建設コストの算定を終え、2007年から建設、2008年に生産開始をするようになっている。すでに日本のメーカー（橋本産業）から建設費見積を取っている。見積金額は1150億ルピアであるが中身の検証をしているところである。

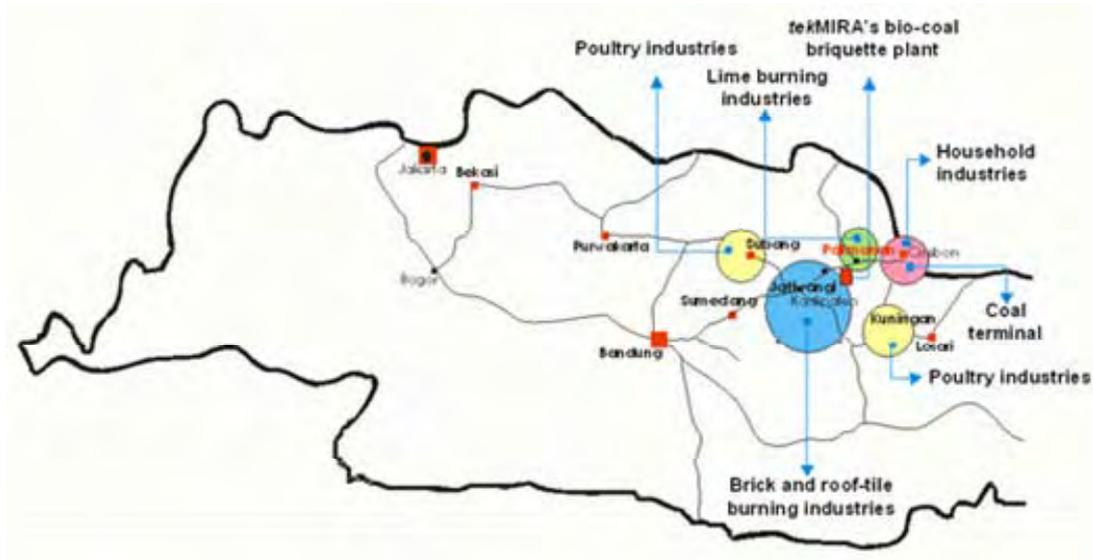
(2) TekMIRA 石炭ブリケット製造施設

TekMira Cirebon の施設は2001年11月に日本政府（NEDO）とインドネシア政府（鉱物エネルギー省）との合意により建設された。ここでの製品は非乾留型ブリケットで、原料の石炭粉に石灰石の粉やバイオマス或いはクレイを混ぜたものにバインダーとして糖蜜（Molasses）を使用し、ブリケット製造装置でブリケット化した後に、自然乾燥させたものである。現在 TekMira は PT. Paragonesiatama 社と共同開発の契約を締結しバイオブリケット工場を運営している。この共同運営の関係は2008年まで続く。TekMIRA/PT. ParagonesiatamaJV は今年から独自のバイオブリケット工場を立ち上げ、低カロリー型バイオブリケットの生産を開始したところである。

高カロリーブリケットのほうは着火時に煙が多いが臭いがないのが特徴である。低カロリーブリケットは煙の量は少ないが多少臭いがあるのが特徴である。またストックは2ヶ月以内に処理しなければならない。湿気に弱いからである。

生産能力は3000トン/月あるが実際に生産されているのは500-600トン/月である。石油製品の高騰に伴い需要が増加している。2005年以前は200-300トン/月であった。需要先は養鶏

場と食品工業である食品工業には豆腐・テンペ製造やインスタントラーメンの具に使われるニンニク炒め製造がある。



Source: TekMIRA

図 5-3-10 バイオブリケット市場

製造施設は三井鉱山が設計したもので、ブリケットは2種類製造している。

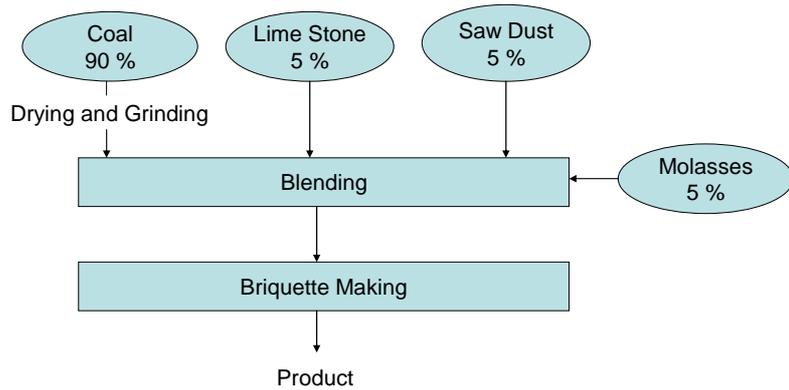
製造ブリケット

2種類のブリケットを製造している。一つは従来の高カロリー型バイオブリケットでもう一つは低カロリー型ブリケットである。

高カロリータイプ（5500Kcal/kg 以上）は工場渡しで 800 ルピア/Kg で販売している。高カロリー型の原料は以下のようにになっている。

バイオマス（Saw Dust）	5%
石灰石	5%
石炭	90%

このほかにバインダーとして糖蜜 Molasses を 5%ほど使用している。原料炭は発熱量 6000Kcal/Kg、灰分 9%、硫黄分 1-2%、水分（Total Moisture）19%である。製造に際して水分はドライヤーで 10%に低下させている。石炭の購入価格は 390,000 ルピア/トンである。硫黄分を含むために石灰石を混入させている。（図 5-3-11）



Coal Specification: Total Moisture 19%
 Caloric Value 6,000 kcal/kg
 Ash 9 %
 Sulfur 1-2 %

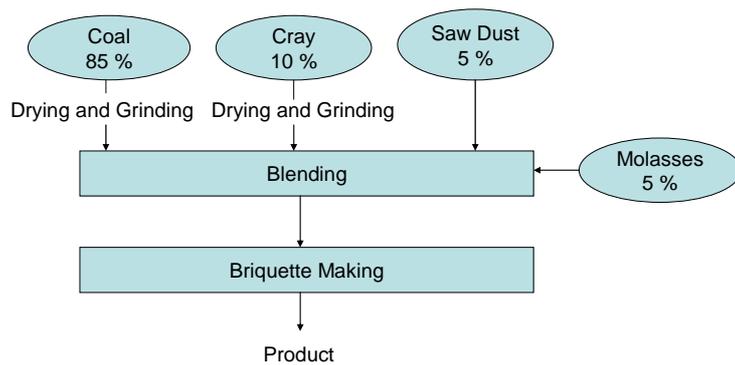
出典: TekMIRA

図 5-3-11 高カロリー型バイオブリケット

低カロリータイプ (5000-5500Kcal/Kg) は工場渡りで 750 ルピア/Kg で販売している。現在この低カロリータイプの製造には独自の製造施設を使用し、機材は中国製を使用している。原料は以下のようにになっている。

クレイ	10%
バイオマス	5%
石炭	85%

このほかにバインダーとしてこのほかに糖蜜 Molasses を 5%ほど使用している。原料の石炭は 5500Kcal/kg、最大灰分 5%、硫黄分 1%以下のものを使用している。石炭の購入価格は 260,000 ルピア/トンである。製造後 2 日間ほど自然乾燥し水分を下げて出荷する。(図 5-3-12)



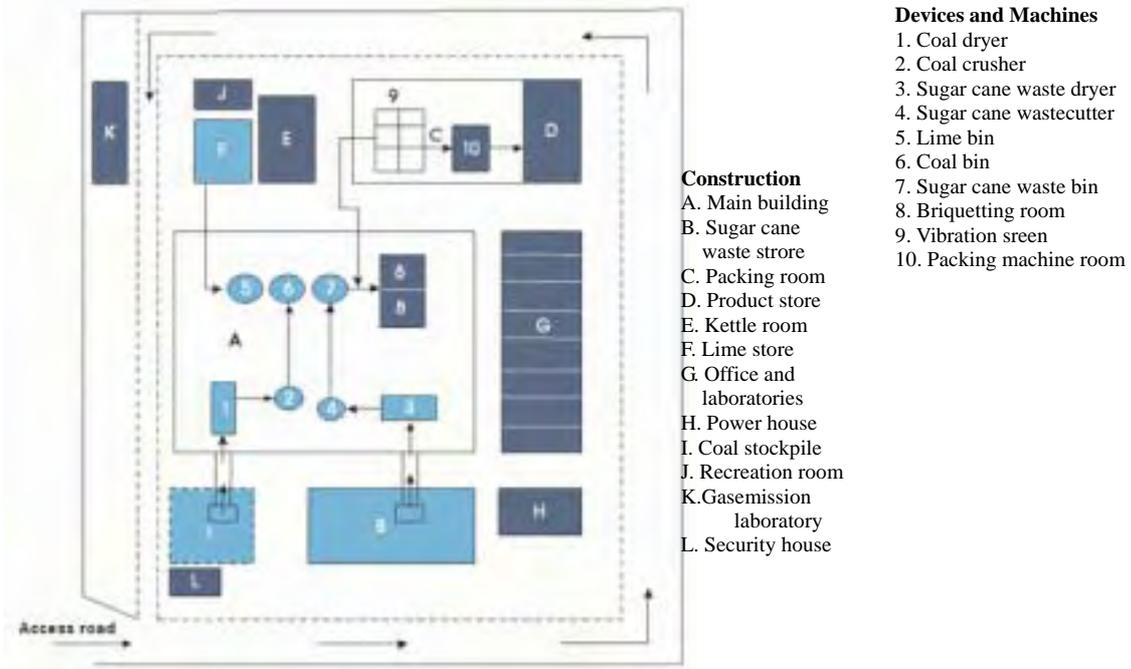
Coal Specification: Total Moisture 19%
 Caloric Value 5,500 kcal/kg
 Ash <5 %
 Sulfur <1 %

出典: TekMIRA

図 5-3-12 低カロリー型バイオブリケット

ブリケット高カロリー型製造工場概要

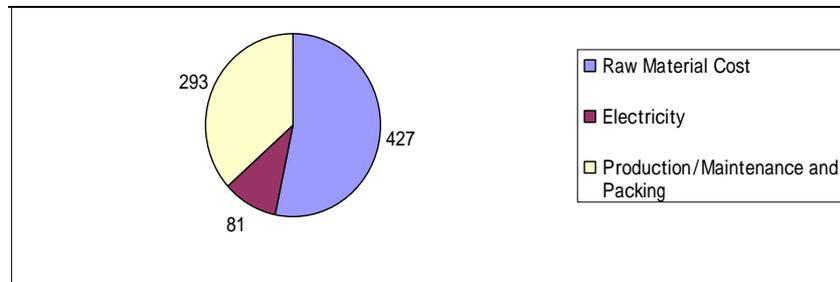
製造工程は原料炭の乾燥粉碎工程、その他原料混合工程、バインダー混合工程、ブリケット製造工程、乾燥工程に分割される。以下高カロリー型施設概要を図 5-3-13 に示す。



出典: TekMIRA

図 5-3-13 高カロリー型施設概要

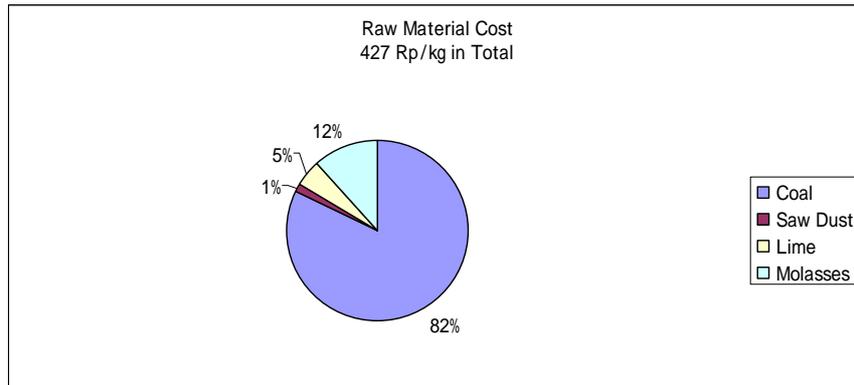
400 トン/月が採算ラインである。現在 10 名のヘルパーと 50 名の運転要員で運転している。50 名のうち 15 名がメカニカルである。現在 1 シフト 8 時間労働で運転している。図 5-3-14 に製造コストを示す。



出典: TekMIRA

図 5-3-14 バイوبرリケット生産コスト(Rp/kg)

原料コスト構成は以下のようにになっている。(図 5-3-15)



出典: TekMIRA

図 5-3-15 バイオブリケット原料コスト構成

低カロリー型バイオブリケット製造工程

製造工程は以下の写真に示すように単純である。工程は原料の石炭原料製造工程、クレイ乾燥及び粉体製造工程、原料混合工程、糖蜜混合工程、ブリケット製造工程、乾燥工程に分かれている。



写真 5-3-1 原炭選別工程



写真 5-3-2 クレイ乾燥・選別工程



写真 5-3-3 原料混合工程



写真 5-3-4 糖蜜混合工程



写真 5-3-5 ブリケット製造工程



写真 5-3-6 乾燥工程

3.1.6 石炭ブリケットの経済性

PTBA は現在の年間 1 万トンの生産能力から 3 万トンに増産する計画を持っている。計画によると 2006 年度中に基本設計や建設コストの算定を終え、2007 年から建設、2008 年に生産開始をするようになっている。すでに日本のメーカー（橋本産業）から建設費見積を取っている。見積金額は 1150 億ルピアであるが中身の検証をしているところである。

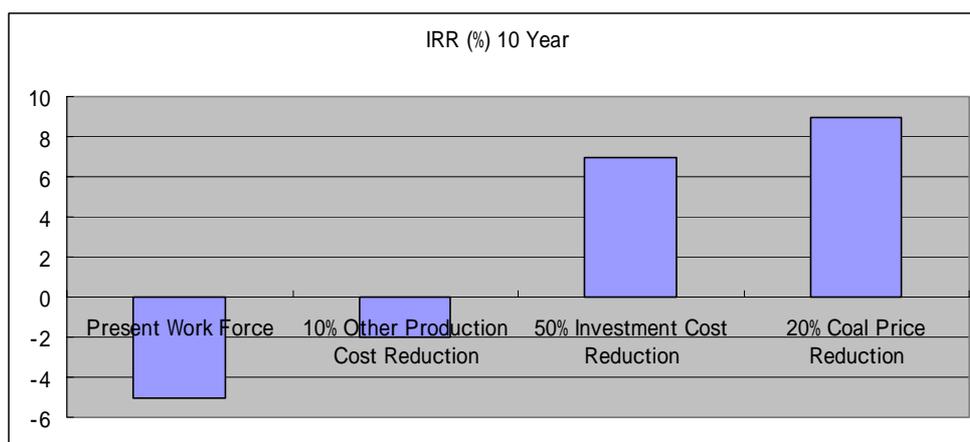
本件を商業生産した場合、現状の 1 万トン/年を生産している同じ人数で 3 万トン/年を生産するものと仮定した。民間と同じ条件で 30% の法人税を考慮するものとした。また償却は 10 年とした。以下経済緒元を示す。

表 5-3-4 ブリケット製造装置の経済諸元

Production	30,000 ton/year
ExWork Price	1500 Rp/kg
Coal Price	250 Rp/kg
Labor Cost	120 Rp/kg
Other Cost	900 Rp/kg
Depreciation	10 Year
Investment Base Cost	Rp 115,000 MM
Tax	30%

出典: 調査団

販売価格は工場渡りで 1500Rp/Kg とし、生産開始から 10 年目の内部収益率 IRR を計算すると - 5% となり経済性は成り立たないことになる。次に経営努力をしたと仮定してその他コスト（Other Cost）を 10% 削減したと仮定すると IRR は - 2% となり、経済性を論議するにはほど遠い存在であることが理解できる。抜本的には投資コストを大幅に削減することが必要である。投資コストを 50% にした場合 IRR は 7% に向上する。さらに石炭コストを 20% 削減したと仮定すると IRR は 9% に向上し、投資対象に近づく。（図 5-3-16）



出典: 調査団

図 5-3-16 石炭ブリケットの経済性

本プロジェクトを民間ベースで遂行した場合、プロジェクトの要件として以下の努力が必要となる。

- ・ 現状 1 万トン/年を生産している人員で 3 万トン/年の生産を達成する。
- ・ 経営努力により 10%のその他経費(石炭費及び人件費を除いた費用)削減を達成する。
- ・ 投資コストを 50%に削減する。これには日本で設計し、インドネシアで生産するという方法が有効であると考えられる。
- ・ 使用量の増加により石炭のコストを 20%削減する。

以上を同時に達成することにより投資に値するプロジェクトとなる。

3.1.7 石炭ブリケットの将来性

現状の価格体系で商業的に乾留型ブリケットを生産するにはかなりハードルが高いと考えられるがさらに検証する必要がある。非乾留型は TekMIRA JV Cirebon に見られるように値段しだいではある程度のマーケットを捕まえることができる可能性がある。重量物であり、運送費がかかるためにマーケットの範囲に限りがある。また保存があまりきかない欠点もある。

使用される石炭の品質には低灰分で低硫黄分、かつ高カロリーが望ましい。このような石炭は値段的にも高くなる可能性がある。

石炭ブリケットのマーケットは今後灯油や LPG の価格に影響されながらも拡大してゆくものと考えられる。しかしマーケットの範囲は小さく局地的なものとなる。理由は保存が利かず重量物で運搬費がかかるからである。

3.2 発電所計画概要

3.2.1 発電所計画

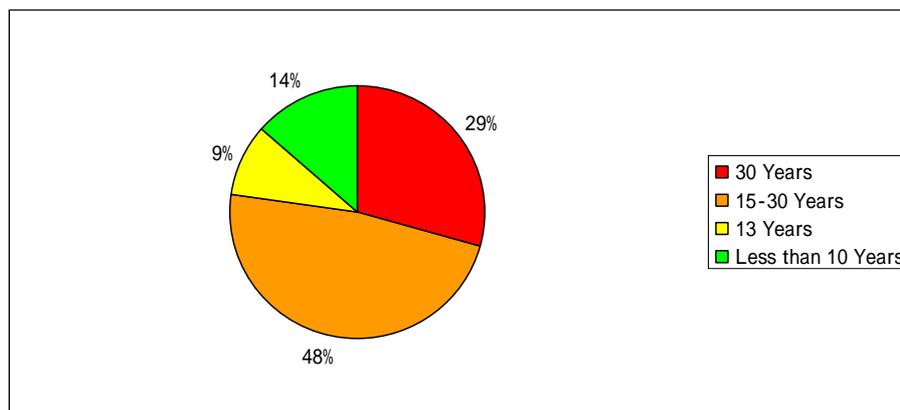
詳細は別添「環境調和型廃棄石炭発電計画」を参照のこと。

ここでは、要点のみ記載した。

(1) 電力需要調査

現在のサマリダ市とバリクパパン市を繋ぐ所謂マハカムシステムの電力設備容量は203MWしかない。実際の供給では180MWのピークに対処するのがせいぜいである。設備容量の6割以上はディーゼル発電機である。一般にはディーゼル・エンジン発電機は経年コストが大きく、古くなるに従いスペアパーツ・コストを含むメンテナンスコストが大幅に上昇する。従いディーゼル発電機の寿命は15年を目安としている。また15年以上を経過したものはスペアパーツそのものの入手が難しくなる。

現在使用されているディーゼル発電機の発電容量の29%は30年以上の機器で15年以上の機器と合計すると87%に達する。燃料の高騰に加えこういった老朽化したディーゼル・エンジン発電機のメンテナンスはPLNにとって大きな負担となっている。



出典: PLN

図 5-3-17 マハカムシステムにおけるディーゼル発電機の経年

東カリマンタン州の電力需要は年間7%の割合で増加している。2006年6月現在4万5千件にのぼる新規顧客が電力供給を待っている。

PLNは老朽化した電源を順次廃止する予定である。2010年までにディーゼル・エンジン発電機の稼働を最小にする予定である。現在PLNはこういったディーゼル発電のリタイヤによる発電容量の減少を補い、需要増に対応するためにIPPを中心とした新規電源の開発を行っている。

本調査に関連し、東カリマンタン州のPLNにより作成された最新の電源計画(2006年10年計画)について潮流解析結果に基づき計画全体の検証が行なわれた。その結果、2006年に作成された10年計画では既設の変電所の大幅な拡張や南部バリクパパン地区での電圧降下に対応するためにキャパシタの設置が必要となるなど物理的に既存の計画には問題があることが判明している。

こういった状況を鑑み、10年計画の見直しを行った。その結果TJ BatuのPLTU Kaltim 2 x

60 MW を Penajam に移動し、Bukuan の PLTU Mulut Tambang 2 x 25 を Samboja に移動するものとした。これにより南部と北部の電力バランスは著しく改良されることになる。またサマリンダ周辺に 100MW の発電所が可能となる。

表 5-3-5 に PLN と共同で行った検討結果を示す。

表 5-3-5 PLN 発電計画(10 カ年)

Project	Fuel	Location	Capacity (MW)		Year
			Unit	Total	
PLTU TJ Batu	Coal	TJ Batu	2 X 25	50	2007/08
PLTG Menamas	Gas	TJ Batu	1 X 20	20	2008
PLTU Kaltim	Coal	Penajam	2 X 60	120	2008/09
PLTU Mulut Tambang	Coal	Samboja	2 X 25	50	2008/09
PLTG Balikpapan	Gas	Senipah	2 x 40	80	2009
PLTGU Bontang	Gas	Bontang	2 X 75	150	2009/10
PLTU Biomass	Biomass	Kuaro	2 X 15	30	2010
PLTU Unit 1	Coal	Samarinda	50	50	2012
PLTU Unit 2	Coal	Samarinda	50	50	2012
PLTU	Coal			65	2015

Source: PLN

こういった新規電源計画に伴い、送電線網整備の計画も進められている。東カリマンタンでの送電線計画は他の地域と異なり土地の収用は比較的容易ということである。送電線の延伸や新規発電プロジェクトによりマハカム系統の需給見通しは表 5-3-6 のようになる。

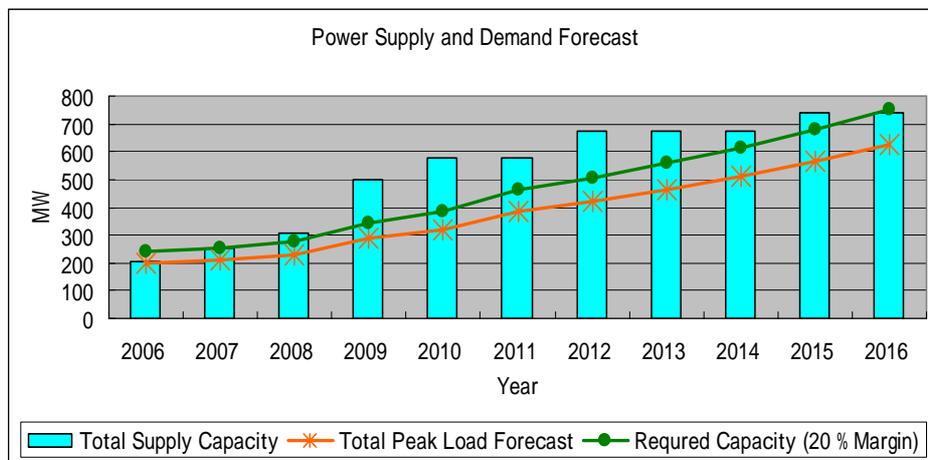
表 5-3-6 電力需給の見通し

No.	NAMA	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Demand												
1	Mahakam System 2006	200	203	205	223	249	281	309	340	375	414	456
2	Mahakam System Extention	0	9	24	62	70	104	115	126	139	154	169
3	Total Peak Load Forecast	200	213	229	286	319	385	423	466	514	567	625
4	Required Capacity (20 % Margin)	239	255	274	343	383	462	508	559	616	680	750
Supply												
1	Existing	203	203	203	151	102	76	76	76	76	76	76
2	PLTD Retirement	0	0	-52	-49	-26	0	0	0	0	0	0
3	Existing Total	203	203	151	102	76	76	76	76	76	76	76
4	Scheduled Future Project											
	PLTU TJ Batu		50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	PLTG Menamas			20	20	20	20	20	20	20	20	20
	PLTU Kaltim			60	120	120	120	120	120	120	120	120
	PLTU Mulut Tambang			25	50	50	50	50	50	50	50	50
	PLTG Balikpapan				80	80	80	80	80	80	80	80
	PLTGU Bontang				75	150	150	150	150	150	150	150
	PLTU Biomass					30	30	30	30	30	30	30
	PLTU Samarinda Proposed							100	100	100	100	100
	PLTU										65	65
6	Total Supply Capacity	203	253	306	497	576	576	676	676	676	741	741

出典: PLN

電力供給能力 (Total Supply Capacity)、ピークロード (Peak Load)、必要発電容量 (Required

Capacity) を図 5-3-18 に示す。



出典: PLN

図 5-3-18 電力需給の見通し

2012-2015 年に 100-150MW の新規電源の投入が必要になることはこの図からも理解することができる。

(2) 発電燃料検証

発電所設計にあたって、発電燃料には環境汚染の原因となっている選炭スラッジやダーティコール等の廃棄石炭を最大に利用し、且つ設備的に安定的に発電ができるようにしなければならない。

石炭スラッジは現在年間 40 万トン発生している。今後石炭鉱山の閉山、及び新規炭鉱開発などにより確定数量は未定だが、現時点で予想しうる最低数量は年間 10 万トン程度である。一方ダーティコールの生成量は石炭生産量の 5-10%程度と見積もられ、大量に生成され続けるものと予想されている。基本的には石炭スラッジが環境汚染の要素が大きいいため、まずその時の発生量を優先利用する前提でダーティコールの使用量を決定する。

これらの廃棄炭は燃料としての物性値(熱量、灰分、硫黄分など)が大きく変動する。また同じ廃棄炭の中でも石炭スラッジは場所によって違いはあるが灰分の溶融点が低い傾向にあり逆にダーティコールは灰の溶融温度が高くなる傾向にある。発電施設の設計で最も重要な要素の一つである熱量は 1500 kcal/kg から 6000 kcal/kg の間で変動する。こういった石炭を焼却し、発電のための安定的な熱源として使用するためにはベースとなる素性の知れた石炭(助燃調整用)によるカロリー調整が必要となる。

1) 石炭スラッジ

石炭スラッジのサンプル試験の結果はカロリー熱量が 1500kcal/kg から 4500kcal/kg まで大きく変動しているが正規分布していると仮定すると、平均の発熱量は 2920 kcal/kg (AR) となる。平均の灰分は 24.7% (AR) となる。硫黄分は実際には可燃硫黄と非可燃硫黄に分かれるが全硫黄をベースにしている。硫黄の含有量は平均 1% (AR) となる。灰の溶融点が

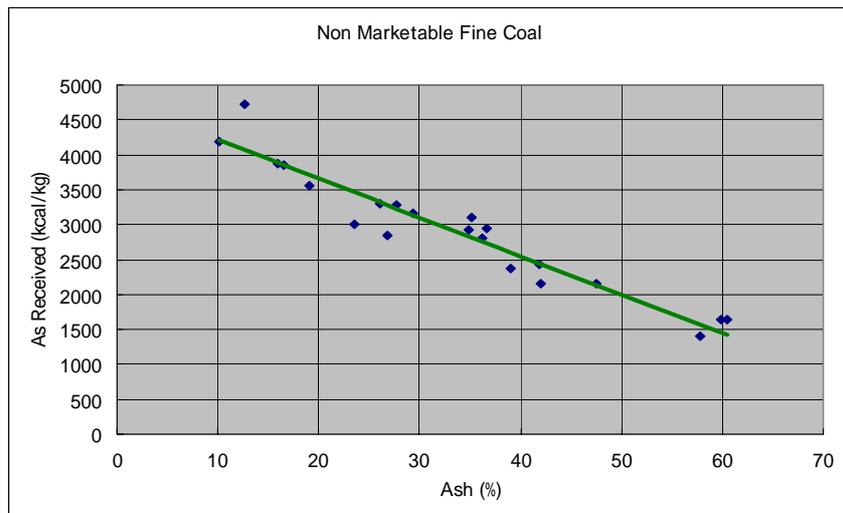
低いために運転上の注意が必要である。

石炭スラッジのサンプル試験による灰含有量と熱量（AR）の相関を図 5-3-19 に示す。サンプルごとの硫黄含有量を図 5-3-20 に示す。石炭スラッジの平均物性を表 5-3-7 に示す。

表 5-3-7 石炭スラッジの平均物性

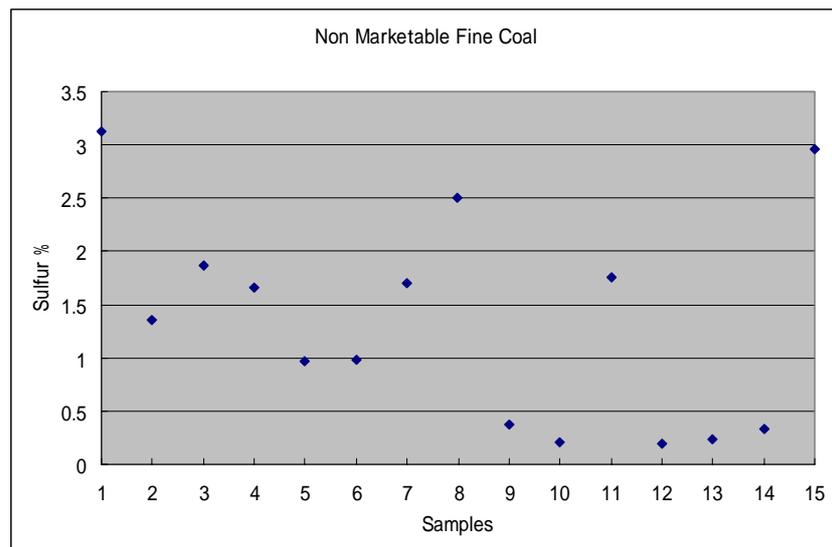
Non Marketable Fine Coal			
	HHV (kcal/kg)	ADB	3935
	HHV (kcal/kg)	AR	2920
	Total Moisture (%)	AR	31
Prox. Analysis	Inherent Moisture (%)	ADB	7.90
	Ash (%)	ADB	33.30
	Volatile (%)	ADB	29.90
	Fixed Carbon	ADB	30.50
	Fuel Ratio (%)	ADB	1.02
	Total Sulfur (%)	ADB	1.35
Ultimate Analysis	Carbon (%)	DB	48.00
	Hydrogen (%)	DB	3.45
	Nitrogen (%)	DB	1.13
	Oxygen	DB	12.63
	Total Sulfur (%)	DB	1.40
	Combustible Sulfur (%)	DB	0.60
	Non-Combustible Sulfur (%)	DB	0.80
	Chloride	DB	0.01 and less
Ash Analysis	SiO ₂ (%)	DB	61.50
	Al ₂ O ₃ (%)	DB	12.90
	Fe ₂ O ₃ (%)	DB	6.74
	CaO (%)	DB	8.44
	MgO (%)	DB	1.39
	Na ₂ O (%)	DB	0.97
	K ₂ O (%)	DB	1.25
	TiO ₂ (%)	DB	0.75
	SO ₃ (%)	DB	3.22
	P ₂ O ₅	DB	0.12
Ash Fusibility Temperature	Oxidizing Condition		
	Initial Deformation Temp. (Deg C)		1135
	Softening Temp. (Deg C)		1140
	Hemispherical Temp. (Deg C)		1220
	Fluid Temp. (Deg C)		1490
	Reducing Condition		
	Initial Deformation Temp. (Deg C)		1070
	Softening Temp. (Deg C)		1090
	Hemispherical Temp. (Deg C)		1140
	Fluid Temp. (Deg C)		1450

出典: 調査団



出典: 調査団

図 5-3-19 石炭スラッジの灰含有量



出典: 調査団

図 5-3-20 石炭スラッジの硫黄含有量

2) ダーティコール

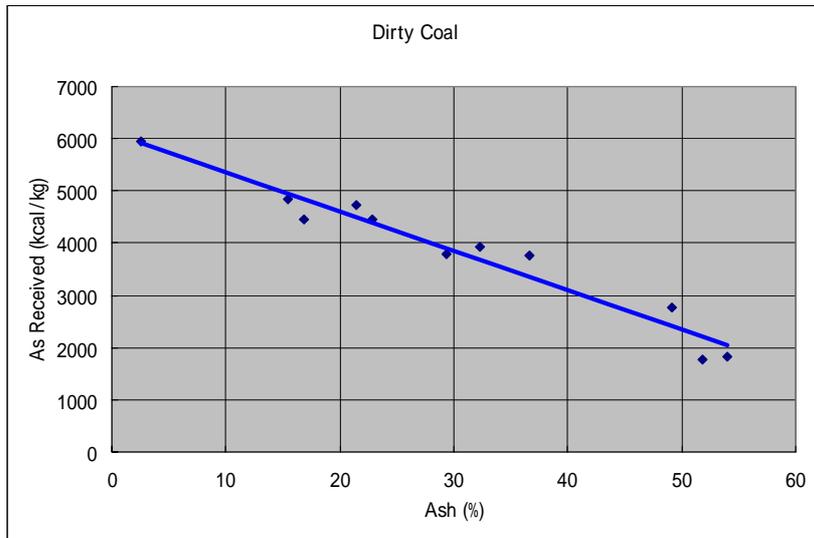
ダーティコールのサンプル試験の結果はカロリー熱量が 2000kcal/kg から 6000kcal/kg まで大きく変動しているが正規分布していると仮定すると、平均の発熱量は 3840kcal/kg (AR)となる。平均の灰分は 20.7% (AR)となる。硫黄分は実際には可燃硫黄と非可燃硫黄に分かれるが全硫黄をベースにしている。硫黄の含有量は平均 0.67% (AR)となる。石炭スラッジと違い灰の溶融点が高いのが特徴である。

ダーティコールのサンプル試験による灰含有量と熱量 (AR) の相関を図 5-3-21 に、サンプルごとの硫黄含有量を図 5-3-22 に示す。またダーティコールの平均物性を表 5-3-8 に示す。

表 5-3-8 ダーティコールの平均物性

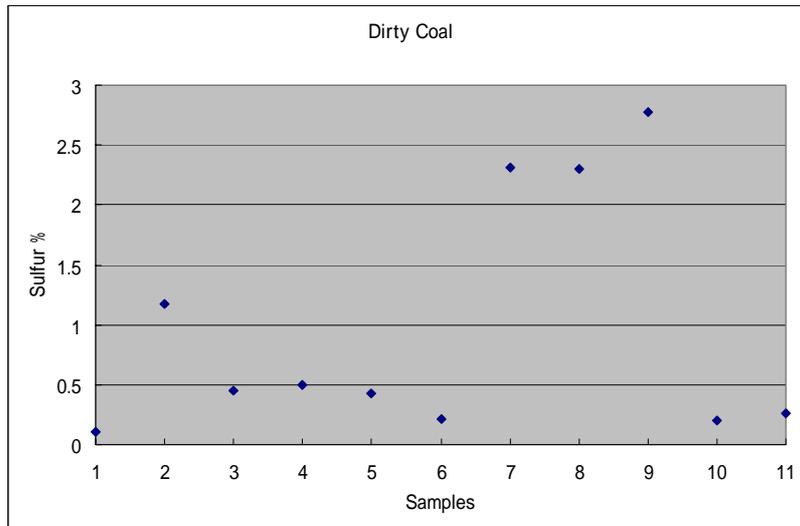
Non Marketable Dirty Coal			
HHV (kcal/kg)		ADB	5601
HHV (kcal/kg)		AR	3840
Total Moisture (%)		AR	20
Prox. Analysis	Inherent Moisture (%)	ADB	10.00
	Ash (%)	ADB	30.20
	Volatile (%)	ADB	29.80
	Fixed Carbon	ADB	30.50
	Fuel Ratio (%)	ADB	1.02
	Total Sulfur (%)	ADB	0.97
Ultimate Analysis	Carbon (%)	DB	48.00
	Hydrogen (%)	DB	3.45
	Nitrogen (%)	DB	1.13
	Oxygen	DB	12.63
	Total Sulfur (%)	DB	1.10
	Combustible Sulfur (%)	DB	0.50
	Non-Combustible Sulfur (%)	DB	0.60
Ash Analysis	Chloride	DB	0.01 and less
	SiO ₂ (%)	DB	64.52
	Al ₂ O ₃ (%)	DB	20.35
	Fe ₂ O ₃ (%)	DB	3.29
	CaO (%)	DB	1.50
	MgO (%)	DB	1.62
	Na ₂ O (%)	DB	1.48
	K ₂ O (%)	DB	2.22
	TiO ₂ (%)	DB	0.88
	SO ₃ (%)	DB	0.85
Ash Fusibility Temperature	P ₂ O ₅	DB	2.32
	Oxidizing Condition		
	Initial Deformation Temp. (Deg C)		
	Softening Temp. (Deg C)		
	Hemispherical Temp. (Deg C)		
	Fluid Temp. (Deg C)		
	Reducing Condition		
	Initial Deformation Temp. (Deg C)		1380
	Softening Temp. (Deg C)		1420
	Hemispherical Temp. (Deg C)		1450
Fluid Temp. (Deg C)		1500	

出典: 調査団



出典: 調査団

図 5-3-21 ダーティコールの灰含有量



出典: 調査団

図 5-3-22 ダーティコールの硫黄含有量

3) 助燃石炭

不安定な性状の石炭を使用し安定的に燃焼させるには素性のわかった安定な石炭の投入が必要である。発電を目的とする場合、発熱量で半分程度をこの助燃石炭でまかなう必要がある。本プロジェクトでは発電所建設予定地周辺に多量に埋蔵されている低品位炭を使用するものとする。表 5-3-9 に助燃石炭として使用が可能な石炭の物性を示す。

表 5-3-9 代表的助燃石炭の物性

Supplement Coal			
	HHV (kcal/kg)	ADB	5600
	HHV (kcal/kg)	AR	5000
	Total Moisture (%)	AR	25
Prox. Analysis	Inherent Moisture (%)	ADB	17
	Ash (%)	ADB	5
	Volatile (%)	ADB	39
	Fixed Carbon	ADB	39
	Fuel Ratio (%)	ADB	
	Total Sulfur (%)	ADB	0.6
Ultimate Analysis	Carbon (%)	DB	72.62
	Hydrogen (%)	DB	4.06
	Nitrogen (%)	DB	1.54
	Oxygen	DB	21
	Total Sulfur (%)	DB	0.78
	Combustible Sulfur (%)	DB	
	Non-Combustible Sulfur (%)	DB	
	Chloride	DB	
Ash Analysis	SiO ₂ (%)	DB	34.31
	Al ₂ O ₃ (%)	DB	27.9
	Fe ₂ O ₃ (%)	DB	17.57
	CaO (%)	DB	9.02
	MgO (%)	DB	0.95
	Na ₂ O (%)	DB	0.49
	K ₂ O (%)	DB	0.8
	TiO ₂ (%)	DB	1.37
	SO ₃ (%)	DB	5.98
	P ₂ O ₅	DB	0.94
Ash Fusibility Temperature	Oxidizing Condition		
	Initial Deformation Temp. (Deg C)		
	Softening Temp. (Deg C)		
	Hemispherical Temp. (Deg C)		
	Fluid Temp. (Deg C)		
	Reducing Condition		
	Initial Deformation Temp. (Deg C)		1200
	Softening Temp. (Deg C)		1220
	Hemispherical Temp. (Deg C)		1240
	Fluid Temp. (Deg C)		1250

出典: 調査団

(3) 発電所建設場所選定

発電所は社会エネルギーインフラとして現実には30年以上の長きにわたって使われ続ける。したがって建設場所の選定には種々の要因を考慮する必要がある。以下その要因を列挙する。

- 燃料の輸送コスト
- 燃料の搬入の利便性
- 送電線へのアクセス(サブステーション)
- 地盤の状況と水害の可能性

- 取水（河岸で海水の混入の可能性のない場所）
- 電力需要地への近接性
- 土地の取得
- 石炭灰の再利用或いは埋め立て地確保
- 発電所建設に対する周辺住民の理解と協力

石炭火力発電所からの灰処理の問題も解決しなければならない。石炭灰はセメントの材料として或いは建設用骨材として広く使用されている。しかしセメント産業の協力が望めない場合には灰の埋め立て用地を取得し産業廃棄物として管理型の埋め立て処理を行うことになる。その場合、発電所運営終了後、30年間の管理運営義務が生ずる。現在 BPPT 及びインドネシア・セメント協会が灰利用に関して詳細な調査を行っている。一般にインドネシア炭の灰は重金属などの含有が大変低いレベルにあり、環境上問題になることは無いと考えられている。現在、石炭灰に対する需要は多く、ゼロエミッションの実現ができるよう考えるべきである。

本プロジェクトでは図 5-3-23 に示すように 5 箇所の土地について調査した。

- 1) 旧フェリーターミナル敷地（サマリダ市所有）
- 2) Daya Besar 社所有地（サマリダ市斡旋）
- 3) Kiyani Lestari 社所有地（サマリダ市斡旋）
- 4) Balik Buaya の個人所有地（サマリダ市斡旋）
- 5) Bukit Baiduri 炭鉱（州政府所有、炭鉱にリース）



出典: 調査団

図 5-3-23 発電所建設候補地

以上 5 箇所の候補地を総合的に評価した結果を表 5-2-6 に示す。

表 5-3-10 発電所建設候補地一覧表

No.	1	2	3	4	5
Name	Old Ferry Terminal	PT. Daya Besar	PT. Kiyani Lesari	Balik Buaya Area	PT. Bukit Baiduri
Land Acquisition	Ok	OK	OK	OK	OK, Returned to the Local Government
Water Intake	Ok	OK	OK	No Sea Water Problem	OK
Soil Condition	Limited Land Space	Need to Investigate	Need to Investigate	No	OK
Access by Road/River	OK	OK	No Limited	OK	OK
Substation	Gl. Harapan Baru	Bukuan	Bukuan	Bukuan	Cross River, Gl. Harapan Baru
Ash Land Fill Area	Need to find Outside	Ash Utilized by Tunasa Cement	Need to find Outside	Available at Adjacent Area	OK

出典: 調査団

調査の結果、Bukit Baiduri 炭鉱（州政府所有、炭鉱にリース）が最も発電所建設に適した場所であると考えられている。Bukit Baiduri 炭鉱の鉱区は州政府から炭鉱会社へリースされ、採炭活動が終了した後は州政府に返還される事になっている。発電所の建設場所としてはこの鉱区内の旧石炭積み出し地域がその候補地としてふさわしいと考えられる。土地所有権が州政府にあり取得が容易であること、バージを使用した石炭の搬入に適していること、取水が容易であること、地盤が良好であること、電力の消費地並びにサブステーションに近いこと、将来の発電所の拡張性や灰の埋め立てが必要となった場合の土地の制約が無いことなど発電所の立地としてはすべての要件を満たしていると考えられる。図 5-3-24 に写真を示す。

Open Cut Mine for Ash Disposal



Old Coal Export Facility Area
(Proposed Power Plant Construction Site)



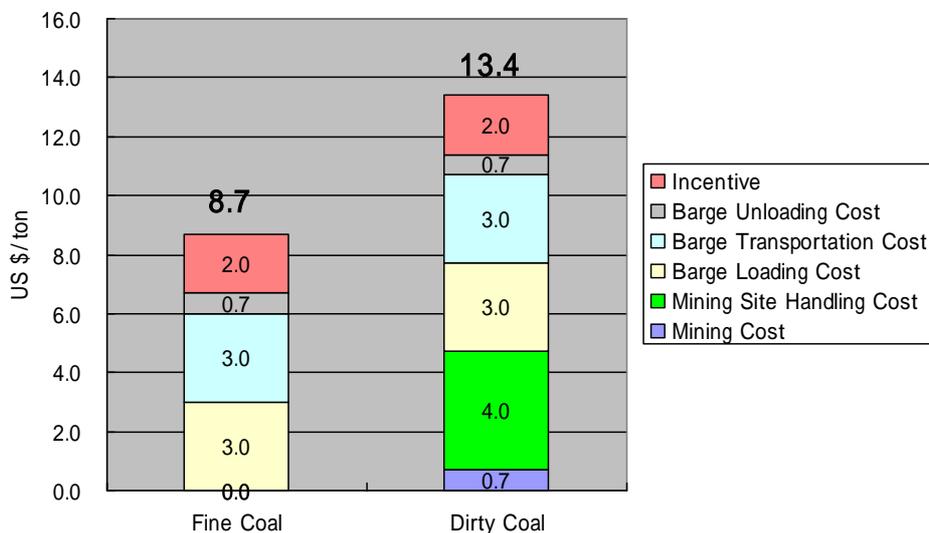
出典: 調査団

図 5-3-24 発電所建設候補地 - PT Bukit Baiduri

(4) 廃棄石炭コストの検証

石炭スラッジの場合、図 5-3-25 に示されるようにバージに積み込むためのコストとして 3 米ドル/トン、バージ輸送コストが 3 米ドル/トン、積み下ろしコストが 0.7 ドル/トンとなる。商業的に持続させるためにはインセンティブを考慮する必要がある。このインセンティブとして 2 ドル/トン を考慮するものとした。従い微分廃棄炭の収集コストは 8.7 ドル/トンとなる。

ダーティコールの輸送は炭鉱から始まる。以下にコスト構成を示す。ダーティコールの場合には炭鉱における採炭コスト(0.7 ドル/トン)と河岸までの輸送及びハンドリングコスト(4 ドル/トン)が加わる。ダーティコールの場合の収集コストはインセンティブを含め 13.4 ドル/トンとなる。

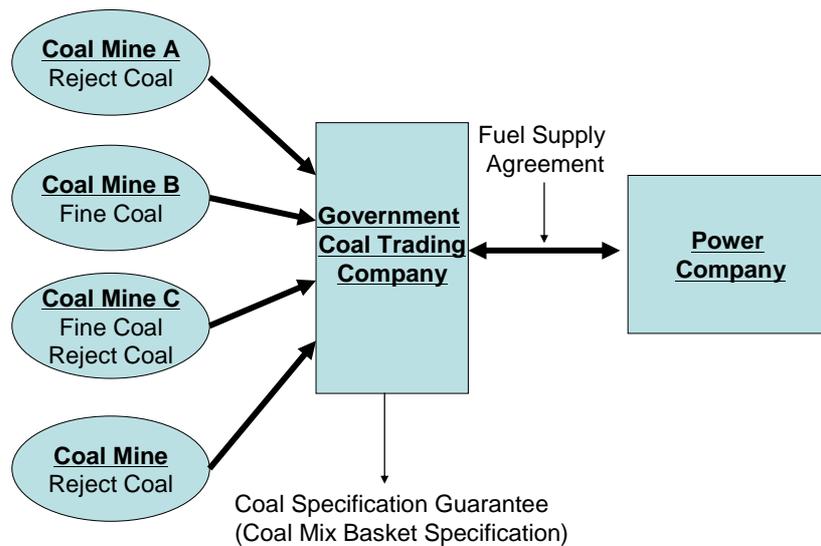


出典: 調査団

図 5-3-25 廃棄石炭収集コスト

このような廃棄石炭が発電に使用される道が開かれるとここに示される様に値段が付けられるようになる。その結果、購入者の立場からは品質に関して正当な価格であるかどうかを査定する必要があるが出てくる。少なくともこれらの予定されている廃棄石炭が、予想がつく性状で導入されることが求められてくる。またこういった廃棄炭は複数の炭鉱から生成され、それぞれの性状も異なる。発電事業者側としてはその品質のコントロールは大きな負担となると考えられる。従い、こういった石炭の調達には州政府所有の石炭公社など公的機関が介在し、発電側にとっては多数の炭鉱会社との石炭供給契約よりも、単一の公的機関と石炭供給契約を締結するのが望ましいと考えられている。

発電事業者との燃料供給契約の中での廃棄石炭の仕様に関しバスケット方式を採用し、少なくとも最小カロリーを保障することになると考えられる。図 5-3-26 に想定される石炭供給の仕組みを示す。



出典: 調査団

図 5-3-26 想定される石炭供給の仕組み

(5) 発電施設コンセプト

発電施設のコンセプトは次のようになる。

- 廃棄炭を含む種々の石炭燃料に対応
- 環境にやさしい発電システム
- 最も安い電力の供給が可能な発電システム

石炭スラッジやダーティコールはカロリー、灰分、硫黄分などの性状が定まらないため燃焼が不安定である。安定的に燃焼させるためには助燃剤として性状の安定した燃料(低品位炭などが可)を必要とする。炉内での燃焼が安定するように各燃料の供給速度をコントロールする必要がある。また水分や灰分の多い廃棄石炭は燃えにくくそのため燃焼時間を長く取る必要がある。

環境に関しては、河川に面した場所に立てられるために河川環境を守ることが第一に求められている。発電所からの温排水は河川の生態系を乱す可能性があるため、クーリングタワーを用いた循環冷却水システムを採用し、温排水が出ないものとする。

硫黄酸化物の低減に関しては炉内脱硫方式を採用する。これは炉内で石灰石と硫黄を反応させ、石膏として回収する方式である。窒素酸化物低減に関しては、燃焼温度が比較的低いため発生量は比較的に少ない。

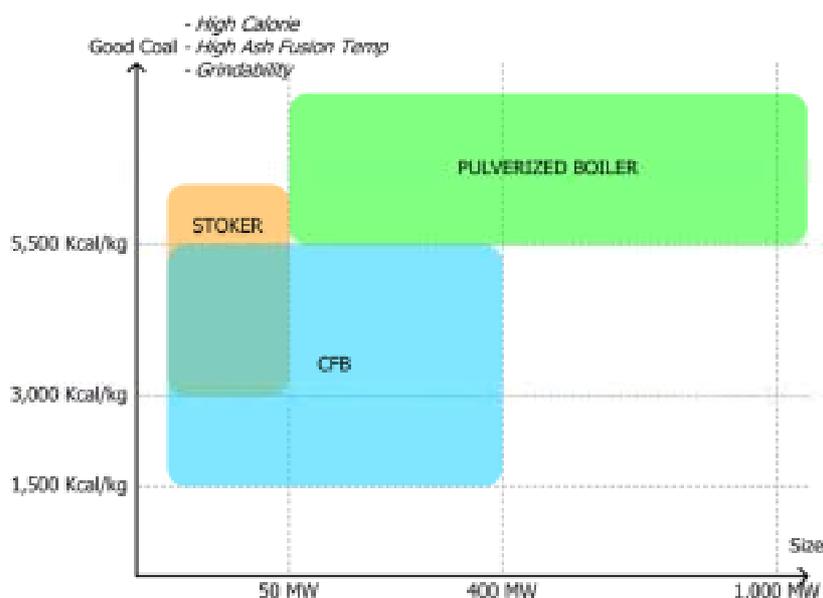
石炭スラッジやダーティコールを使用することにより燃料コストが軽減される。したがって発電単価も下がると考えられている。

現在こういった熱量が低く燃えにくい性状の燃料を高効率にかつ安定的に燃焼させる方式として循環流動層ボイラー(CFB)が一般的に使用されている。循環流動層ボイラーには内部循環方式或いはバブリング方式と外部循環方式がある。内部循環方式或いはバブリング方式は小型の都市ごみ焼却等に使用されている。一部廃熱回収により発電にも使用されている。発電規模としては 30MW 程度が最大である。

外部循環方式は未燃カーボンとフライアッシュを含む気体分の分別はサイクロンを通して行うので燃焼が確かなものになりその応用範囲は広い。サイズ的には小型から中型、メーカーによっては大型のボイラーまで応用されており、このクラス最高の 460MW 超臨界ボイラーが建設中である。燃焼温度のコントロールは空気量で行なわれることになる。これにより NO_x 発生抑制が可能となる。また灰の熔融温度以下に保つよう運転することが可能となり、メンテナンスコストの低減につながる。

循環流動層ボイラー以外にもストーカー型ボイラーや微粉炭ボイラーがあるが、こういった形式のボイラーは燃えにくく変動する燃料を高効率に燃焼させることができない。ボイラーの使用区分を図 5-3-27 に示す。経済性を考慮すると微粉炭ボイラーは大型発電でカロリーの高い石炭に適し、CFB は中型から小型の発電施設でカロリーの低い石炭に適する。ストーカーボイラーで低カロリーの石炭を使用している例もあるが環境的には問題があると考えられる。

Boiler Selection



出典: 調査団

図 5-3-27 ボイラー使用区分

(6) 発電所概要と燃料の検証

3種類の仕様の異なる燃料を安定的に燃焼させるためにはそれぞれの石炭の性状を考え、混合比の大枠を決定しなければならない。またこれら燃料の収集コスト或いは購入コストも考慮しなければならない。

2 x 50MW がベースケースの場合の石炭の混合の計算結果を表 5-3-11 に示す。なおオペレーションファクターを 75%とする。

表 5-3-11 石炭混合の計算結果 (2×50 MW Unit)

Item	Unit	Main		
Net Power Output	MWe	50		
Aux. Power Ratio	%	10		
Gross Power Output	MWe	55.6		
Turbine Plant Efficiency	%	39		
Boiler Efficiency	%	90		
Power Generation Efficiency	%	35		
Fuel Heat Input	MWth	158.3		
	10 ⁶ kcal/h	136.1		
Item	Unit	Fine Coal	Dirty Coal	Supplement Coal
Heat Input per Fuel	%	15	35	50
	10 ⁶ kcal/h	19.9	48.1	68.0
Fuel Heating Value, HHV-AR	kcal/kg	2,920	3,840	5,000
Fuel Heating Value, LHV-AR	kcal/kg	2,615	3,575	4,701
Rated Fuel Feed Rate	t/h	7.61	13.47	14.48
Operation (Capacity) Factor	%	75		
Operating Hours	h/y	8,000		
Average Boiler Load	%	82		
Average Fuel Feed Rate	t/h	6.25	11.06	11.89
Annual Fuel Consumption	t/y	50,000	88,481	95,101
No. of Unit	-	2	2	2
Total Annual Fuel Consumption	t/y	100,000	176,963	190,202

出典: 調査団

石炭の重量ベースの混合比は石炭スラッジが 21%、ダーティコールが 39%、助燃石炭が 41% となる。

経済的にもこういった石炭を使用することはメリットがある。石炭スラッジの平均熱量は 2920 kcal/kg、収集コストは収集のインセンティブを含め 8.7 ドル/トンである。ダーティコールは平均熱量が 3840 kcal/kg で、収集コストは 13.4 ドル/トンである。一方、熱量 5000 kcal/kg の低品位炭の発電所着の引渡し価格は 27 ドル/トンである。

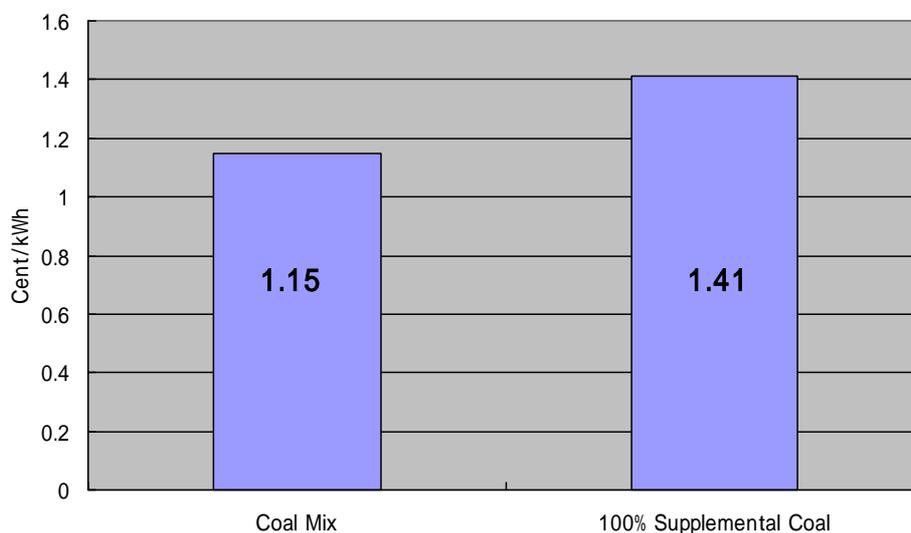
表 5-3-12 に示すように廃棄石炭の混合された燃料は平均熱量 4198 kcal/kg、平均価格 17.4 ドル/トンとなる。

表 5-3-12 単位発電量あたりの燃料価格比較

Coal Mix	Kcal/kg	\$/ton	ton/year	wt %
Non Marketable Fine Coal	2,920	8.7	100,000	21.4
Non Marketable Dirty Coal	3,840	13.4	177,000	37.9
Supplement Low Rank Coal	5,000	27	190,000	40.7
Average	4,198	17.4	-	-

出典: 調査団

単位発電量あたりの燃料価格を比較すると廃棄石炭と補助燃料としての石炭を混合したものを使用した場合は 1.15 セント/kWh となる。これに対し、補助燃料のみを使用した場合には 1.41 セント/kWh で、廃棄石炭との混合燃料を使用する場合には経済的に大きなメリットがある。



出典: 調査団

図 5-3-28 単位発電量あたりの燃料価格

発電システムの選定では CFB (循環流動層) 方式を選定した。系統接続検討から 2x50MW を選定した。所内動力の最適化の結果発電端では 2x55.6MW のサイズが必要となる。こういったサイズでは蒸気タービンはシングルケーシングタイプとなる。このクラスでのタービンは効率を高めるために 5 箇所の抽気を行う。効率は 3 箇所の場合と比較し 0.5 ポイント上昇する。主蒸気条件をボイラー出口で 540 度 C、131kg/cm²A とし、ボイラー水供給条件を 223 度 C、149kg/cm²A とした。またコンデンサーの圧力を 0.09kg/cm²A とし、ヒートバランスの解析を行った。主蒸気量は 2 x 205.1 トン/hr となる。

循環流動層ボイラーでは、燃焼の過程で未燃の石炭はボイラー出口 (高温ダクト入り口) に設置されているサイクロンでフライアッシュと選別され、再び燃焼部に循環される。この仕組みは高灰分あるいは水分の燃えにくい石炭を燃焼させるのに適している。送電端 50MW の発電に使用される蒸気量は 205 トン/時で、ボイラー効率は 90% である。ボイラーの補給水は循環水の 1% を目処とする。灰の融点が低いので、温度のコントロールが必要である。炉の出口温度 (FEGT-Furnace Exit Gas Temperature) は 870 度に管理される。

過熱蒸気の温度コントロールのために 2 箇所にスプレー式調温減衰器が設置されている。運転中、灰や煤で汚れたボイラーチューブの清掃に、蒸気による Soot Blower が設置されている。また炉壁の清掃には水が使用される。

ボイラーは BMCR (Boiler Maximum Continuous Rating) の 50% 運転ができるように設計される。50MW ベースケースボイラーの仕様を以下に示す。

表 5-3-13 50MW ベースケースボイラーの仕様

Preliminary Boiler Sizing (50 MW Unit)

Item	Unit	Main
Thermal Output	MWth	142.45
	10 ⁶ kcal/h	122.5
Main Steam Flow	ton/h	206
Main Steam Pressure	kg/cm ² g	130
Main Steam Temperature	deg-C	540
Main Steam Enthalpy	kcal/kg	822.8
Feedwater Pressure	kg/cm ² g	150
Feedwaer Temperature	deg-C	223
Feedwater Enthalpy	kcal/kg	229.6
Enthalpy Difference	kcal/kg	593.2

出典: 調査団

3.2.2 経済性

2006年の電源計画10年計画書によると2010年までにPLN所有のディーゼル発電所が段階的に運転停止になる。従いPLNは2011年以降の電源をすべてIPPに頼ることとなる。しかしながら系統のオペレーターが安定電源を保有しない場合の系統運営は安定性を欠く可能性がある。

本調査では検討の安定性と将来のバランスの取れた送電線網の拡張と電源配置を可能にするために国営企業であるPLNがその任を果たすべきものと考えている。従い本調査ではPLNが本発電施設を運営するものと仮定し一部送電線補強の費用を含め、ODAをベースとして電力価格を算定した。しかしながら民間でできるものは民間で行うことが原則となっているため、民間ベースのファイナンスを基本とし、IPPとしての経済性の検討も行った。ここではODAをベースとした経済性の検討結果を記載する。

ODAをベースとした経済性検討

電力価格算定にあたっては以下の条件に基づいた。

発電端出力 (MW)	2 x 55.6 MW
送電端出力 (MW)	2 x 50 MW
発電効率 (LHV)	35 %
所内動力	10 %
発電所の運転率	85 %
建設期間	3 年
運転費総額 (CAPEX に占める%)	4.0%
借入金返済猶予期間	3 年
借入金返済期間 猶予期間を含む	40 年

償却（等価償却法）	40年
平均金利（ODA 転貸）	1.25%
為替レート(Rp./USD)	9,000
為替レート (Yen/USD)	110
混合石炭価格	17.9 USD/ton
混合石炭 AR（HHV）	4,198 kcal/kg
混合石炭 AR（LHV）	3,998 kcal/kg

(1) 建設費

建設費算定に当たってはすべての発電に関係する機器、住宅を含むインフラ、発電所から近隣変電所までの送電線建設費、Bukuan から Senipha までの送電線系統補強のための費用(送電線 47km) 等を含むものとした。機器及び送電線を含む建設費の見積もり精度をプラスマイナス 30%とし、\$1600/KW とした。以下に見積もり結果を示す。

表 5-3-14 発電所建設費

Unit: MM \$				
	Item	Description	Total Cost	\$/kW
100	Coal & Lime Stone System		4.5	40.5
	10	Dirty/Supplement Coal Feed System		
	20	Fine Coal Feed System		
	30	Limestone Handling		
200	Ash Handlin System		3	27.0
		Ash Handling System		
300	Boiler System		79	710.4
	10	Boiler System		
	20	Draft Fan Unit		
	30	Flue Gas Duct and Stack		
	40	Electric Precipitator		
	50	Auxiliary System		
400	Steam Turbine Generator System		42	377.7
	10	Boiler Feed Water System		
	20	Steam Turbine System		
	30	Generator/Main Transformer		
	40	Auxiliary System		
500	Coolin Water System		1.9	17.1
	10	Cooling Tower System		
	20	Cooling Water Pump		
600	Utility System		4	36.0
	10	Air Compressor Station		
	20	Water Intake Pump Station		
	30	Water Clarifier and Storage System		
	40	Deminerizing and Tank System		
	50	Oil Tankage		
	60	Others		
700	Fire Safty System		1	9.0
	10	Fire Pump Station		
	20	Others		
800	Electric Power Transmission System		6.71	60.3
	10	Emergency Generator/Transformer		
	20	Switchyard		
	30	Transmission Line Power Plant to Harapan Baru	10 km	
	40	Transmission Line Bukuan to Senipha	47 km	
900	DCS and Instrumentation		4	36.0
	10	DCS		
	20	Others		
A100	Temporary Facilities		3	27.0
		Freight (Transship from Samarinda to Construction Site)	1	9.0
		EPC Total	150.11	1349.9
		Management and Engineering	5	45.0
		Contingency	15%	209.2
		Total Cost Estimate	178	1604.1

出典: 調査団

Project Cost Preliminary Estimation

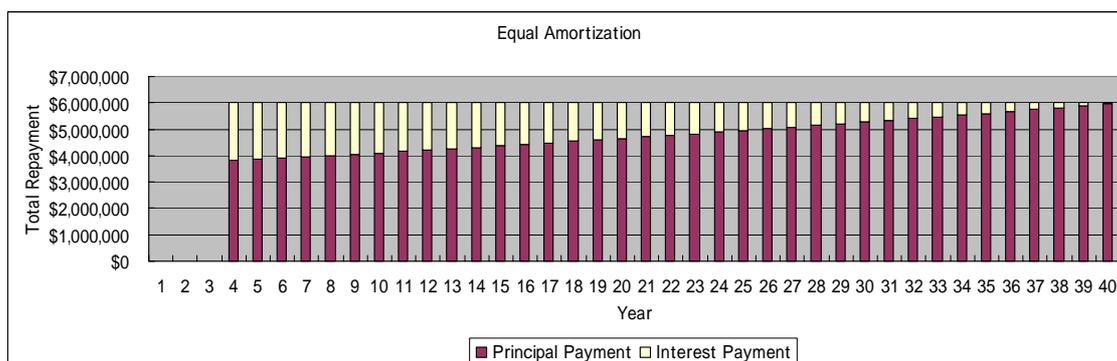
Contingency : 15%
Project Cost : \$ 178 MM
(\$ 1600/kW)
All Infrastructure Included
 (Bukuan-Senipha Transmission Line)

(2) 金利

プロジェクトに必要な資金は ODA の 40 年ソフトローンとし、金利は政府から国営企業への転貸される場合に想定される 1.25%を使用した。国営企業からの返済は建設期間 3 年間の返済猶予期間の後に 37 年で完済するものとし、初期の返済金額を抑えるために元金と金利

の合計が等しくなるよう均等返済 (Equal Amortization) を採用した。プロジェクトコストを \$178 million とした場合の計算結果を示す。年間の元金及び金利の返済額が \$6 million となる。電気料金の計算ではこの値を施設費 (Capacity Charge) の計算に使用することになる。

Interest Rate : 1.25% (0.75% Environmental +0.5% Sublease)
 Grace Period : 3 years
 Total Loan Length : 40 years
 Project Cost : US \$ 178 MM
 Equal Amortization : US \$ 6 MM/Year



出典: 調査団

図 5-3-29 均等返済による計算結果

(3) 燃料費 (Fuel Cost)

燃料費に関しては廃棄石炭を有効に利用することにより低廉な燃料費を達成することができる。燃料費は変動費の中で最も大きな要素であり、運転時間の影響を受ける。本プロジェクトで使用される石炭混合の値段は \$17.9/ton となる。使用しているこれらの石炭には市場が存在しないために、燃料価格のリスクは大変小さいと考えられる。

(4) 運転費 (Operation & Maintenance)

本プロジェクトの運転・保守の年間コストには、プロジェクトコストの 4.0% を使用した。これはインドネシアでの実績と比較すると高めの数字である。今後実際の運転コストを再度算定する必要がある。

(5) 電力価格

電力価格の計算結果を以下に示す。本プロジェクトは、40 年以上にわたり、運転率 85% のベースロード電力を競争力のある価格で提供できると考えられる。電気価格は、コストベースで 2.91¢/kWh となる。石炭の国際価格の影響される可能性は小さく安定した価格で供給が可能となる。

表 5-3-15 電力価格

	US¢/kWh
Capacity Charge	0.81
Fuel Charge	1.15
Operation & Maintenance	0.96
Total	2.91

Note

Operation Factor : 85%
 Capacity Charge : Annual Loan Payment
 Fuel Charge : Coal Mix Price @ Plant Site
 Operation & Maintenance: 4 % of Project Cost

出典: 調査団

3.2.3 スケジュール

現在、サマリダ地域では本プロジェクトの早期の実現が望まれている。しかしながら、他の発電プロジェクトや送電線系統の整備状況にも左右される。2006年に作成された10年計画をベースに本プロジェクトの運転開始時期を検討した結果、2012年1月運転開始が示唆されている。

以下にプロジェクトのマイルストーンを示す。

- (1) PLN の 10 年計画に記載 (2006 年 12 月)
- (2) Feasibility Study (FS)を含む建設準備期間 (2007 年 1 月 - 2009 年 5 月)
 - FS
 - AMDAL
 - Power Purchase Agreement
 - Fuel Supply Agreement
 - 種々の許認可書類作成
 - 資金計画確定
 - 建設業者選定
- (3) 詳細設計開始 (2009 年 5 月)
- (4) 建設 (2009 年 6 月 - 2011 年 12 月)
- (5) Commissioning 及び商業運転開始 (2012 年 1 月以降)

また、今後調査の精度をさらに向上させるためには以下の作業が必要となる。

- (1) 現地ボーリング調査
- (2) 石炭サンプルの燃焼試験
- (3) 各種サンプルの灰の性状確認
- (4) 詳細建設費算定
- (5) 詳細建設スケジュール作成

3.2.4 発電所建設に係る環境社会配慮

詳細は別添 - 2 の環境環境配慮を参照。

(1) 環境影響評価 (AMDAL) の目的

JICA 開発調査「インドネシア国東カリマンタン州持続的炭開発のための環境汚染リスク緩和マスタープラン調査」において、低品位炭(石炭スラッジ含む)の有効利用を目的とした火力発電所の建設を想定した場合の IEE 調査を実施した。JICA 業務指示書において AMDAL の実施が記載されているが、インドネシアの法律における AMDAL とは EIA のことであり、本調査はマスタープラン調査で事業主体者が存在しないことから、IEE レベルの調査を行う。本章では予備的 AMDAL 調査を「AMDAL」と称する。

(2) AMDAL スケジュール

AMDAL スケジュールを下表に示す。

表 5-3-16 AMDAL スケジュール

調査内容	2006年					2007年	
	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月
関係法令調査・関係機関調査							
第1回ステークホルダーミーティング (AUDIENSI)	■						
スコーピング		■					
AMDAL現地調査 (現地再委託)							
2次データ(既存データ)収集・解析		■	■	■	■		
1次データ収集・解析		■	■	■	■		
社会環境への影響調査 3		■	■	■	■		
地域住民ヒアリング		■	■	■	■		
第2回ステークホルダーミーティング (Public Consultansy)					■		
AMDAL再委託・環境インパクトの分析					■	■	
DFR説明 (インドネシア政府等説明)							■
DFR説明 (東カリマンタン州政府等説明)							■
ファイナル・レポート							■

出典: 調査団

(3) スコーピング

発電所建設に係る広範囲で重大な影響について、AMDAL の規則に準じたスコーピングを行った。発電所および送電線の建設においてアセスメントを必要とする事項について、建設前段階、建設段階、運転段階および運転後段階に分類して実施した。

(4) AMDAL の方法

発電所建設候補地は PT Bukit Baiduri Energy の敷地である。発電所は 20ha の空地に建設される。収集データは一次データ及び二次データである。収集データは地球物理化学、生物学、社会経済、公衆衛生に関することも含んでいる。一次データは直接観察、測定、インタビューによって実施した。二次データは文献調査及び関係機関・組織の公開文書から収集した。二次データには地図、地区の記録や報告書、市の統計資料、関連法律、関連規則が含まれている。

(5) 環境影響評価の結果

スコーピング内容に基づき、開発段階毎、つまり建設前段階、建設段階、運転段階および運転後段階に分けて環境影響評価を実施した。評価結果を表 5-3-17～表 5-3-19 に示す。

(6) 発電所建設に係る管理指針

環境影響評価の結果に基づき、プラスの影響を大きくし、マイナスの影響を低減させる指針を作成した。

(7) 住民説明会

AMDAL の実施後、発電所建設候補地周辺の 2 地域で住民説明会 (Public Consultation) を行った。これは「JICA 環境社会配慮ガイドラインガイドライン」に沿って、JICA 環境社会配慮室主管の環境社会配慮委員会指導に沿って実施したものである。この説明会では住民、NGO、州政府、市機関、郡機関、村長、軍、警察、市議会議員等の参加があり、活発な意見交換を行った。環境への不安も出たが、概して地域住民は電力不足、高い失業率が慢性的に続いており、発電所建設に期待する発言が多かった。環境 NGO からは環境対策を万全にし、地域社会に貢献できるような提案としてほしい旨の発言があった。



写真 5-3-7 住民説明会
(上 : Loa Duri Ulu 村)
(下 : Sungai Kunjang 地区)

表 5-3-17 建設前段階における環境影響マトリックス

Activity Phase	Pre-construction					
	1	2	3	4	5	6
Environmental Component						
1. Climate, Air Quality, and Noisy						
a. Noise and Vibration						□
2. Hydrology						
a. Water Resources						□
b. Water Resources Quality						□
3. Space, Land, and Soil						
a. Land Utility Existing				■		
b. Land Using				□		
c. Land Owner Status			□	■		
e. Landscape				□		
4. Biology						
f. Freshwater Biotic Composition						
g. Nekton						□
5. Social, Economic, and Culture						
a. Demography					□	
b. Sex Ratio					□	
c. Demography Dispersal					□	
d. Manpower					●	
e. Livelihood			□	□	●	
f. Life Style				□		
g. Acceptability				□		
h. Perception			□	■		

Note

- 1 = General Survey
- 2 = Activity Planning Socialization
- 3 = Planning and Mapping
- 4 = Land Acquisition
- 5 = Manpower Recruitment
- 6 = Jetty Construction
- = Important Negative
- = Unimportant Negative
- = Important Positive
- = Unimportant Positive

表 5-3-18 建設段階における環境影響マトリックス

Activity Phase	Construction											
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Environmental Component												
1. Climate, Air Quality, and Noisy												
a. Micro Climate				■								
b. Air Quality				■								
c. Noise and Vibration		□	□	■	□	□	□	□	□	□	□	
2. Physiographic and Geology												
a. Erosion				□								
b. Land Stability				□					□			
c. Ground Water							□					
3. Hydrology												
a. Water Resources	□	□	□	■				□				
b. Water Resources Quality	□	□	□	■				□				
c. Sedimentation				□								
d. Sediment Quality				□								
e. Flood Hazard				□								
4. Space, Land, and Soil												
a. Land Using Existing				□								
b. Landscape	■			□								
5. Biology												
a. Secondary Forest Community				■								
b. Bushes Community				■								
c. Man Made Ecosystem				■								
d. Wildlife Home Range				■								
e. Freshwater Biotic Composition		□	□	□								
f. Nekton		□	□	□								
6. Social, Economic, and Culture												
a. Demography	□											□
b. Sex Ratio	□											□
c. Demography Dispersal	□											□
d. Manpower	●											□
e. Livelihood	●											□
f. Traffic Hazard	■		□									
g. Criminality	■											□
h. Live Style	■											□
i. Acceptability	■											
j. Perception									□	□	□	
k. Acculturation	■											
7. Health												
a. Health Infrastructure	■											
b. Sanitation Hazard	■											

Note:

- | | |
|---------------------------------------|-----------------------------------------|
| 7 = Manpower Mobilization | 8 = Loading Unloading |
| 9 = Equipment Mobilization | 10 = Land Clearing and Land Preparation |
| 11 = Land Preparation For PLTU | 12 = Installation Development |
| 13 = Freshwater Facility Installation | 14 = Infrastructure Construction |
| 15 = Tower Construction | 16 = Tower Setting |
| 17 = Cable Pulling and Setting | 18 = Manpower Release |
| ■ = Important Negative | □ = Unimportant Negative |
| ● = Important Positive | ○ = Unimportant Positive |

表 5-3-19 運転段階における環境影響マトリックス

Activity Phase	Operational												Pasca Oprs		
	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
Environmental Component															
1. Climate, Air Quality, and Noisy															
a. Micro Climate															
b. Air Quality		□	□		■	□	□	□			□				
c. Noise and Vibration				□	□				□						
2. Hydrology															
a. Water Resources	□		□	■	□			□			○				
b. Water Resources Quality	□		□	■	□			□							
d. Sediment Quality			□	□											
3. Space, Land, and Soil															
a. Landscape												●			
4. Biology															
a. Secondary Forest Community					■										
b. Bushes Community					■										
c. Man Made Ecosystem					■										
d. Wildlife Home Range					■										
5. Social, Economic, and Culture															
a. Manpower	●														
b. Livelihood	●												□		
c. Perception	■									■					
6. Health															
a. Sanitation Hazard					■					■					

Note

19 = Manpower Recruitment

20 = Coal Delivery

21 = Coal Pilling

22 = Water Intake and Water Outlet

23 = Coal Combustion

24 = Fly-Ash Pilling

25 = Fly-Ash Transportation

26 = Bottom-Ash Pilling

27 = Power Distribution

28 = Power Plant & Transmission Line Maintenance

29 = Equipment and Material Maintenance

30 = Asset Deliverieable

31 = Manpower Release

■ = Important Negative

□ = Unimportant Negative

● = Important Positive

○ = Unimportant Positive

第6章 技術移転

1. 水質汚濁防止技術

1.1 環境モニタリング関係の技術移転

(1) 対象者

エネルギー鉱物資源局所員、調査対象選炭工場技術者、ムラワルマン大学生である。ムラワルマン大学は本事業のカウンターパートの一員である。同大教授より理学部2名、水産海洋学部4名の計6名の4年生を推薦してもらった。なお、24時間の連続モニタリングは全てムラワルマン大学生により実施されたものである。

(2) 技術移転内容

モニタリング用下記機器の原理や使用法を教育した。

流速計（写真 6-1-1）

超音波を利用した流速計である。流速データは4~20mAとして出力され、データロガーに蓄積される。この流速に流水の断面積を乗じて流量を算出する。

水位計（写真 6-1-2）

静電容量を利用した手製の水位計である。この水位を元に流水の断面積を計算する。水位計の水位と電流値には図 6-1-1 に示す直線関係がありこの電流値がデータロガーに蓄積される。この水位計は雨量の測定にも使用されている。写真 6-1-3 に水位計の設置状況を示す。

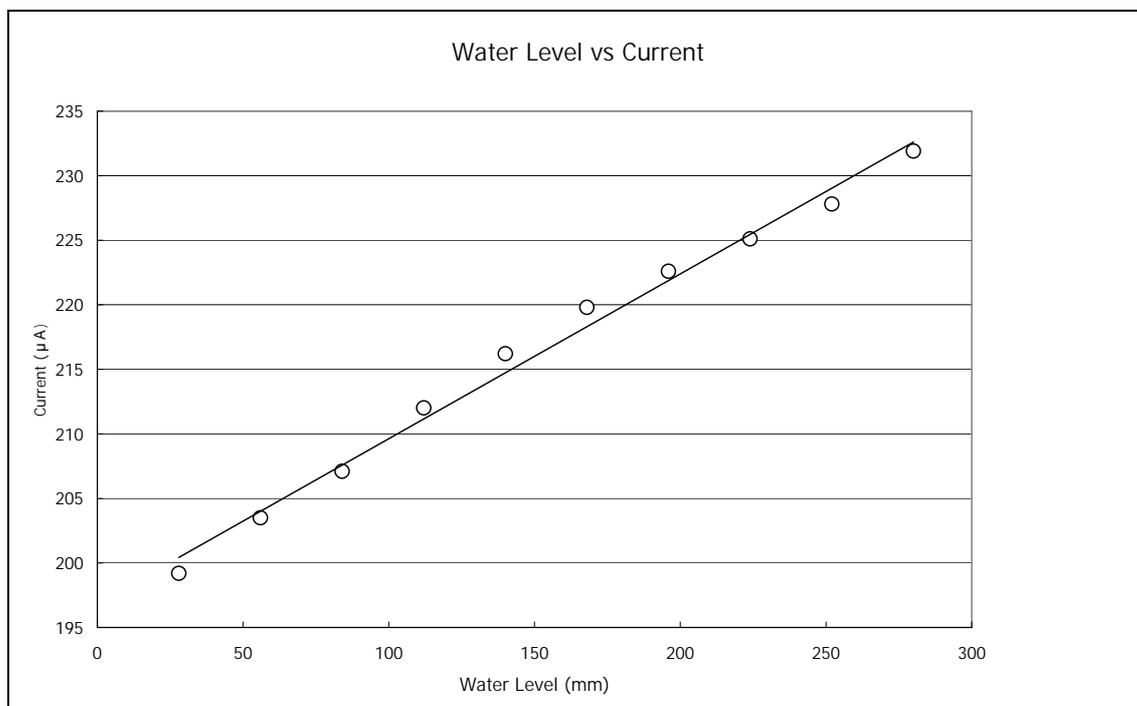


図 6-1-1 水位 対 電流値



写真 6-1-1 流速計



写真 6-1-2 水位計



写真 6-1-3 水位計設置状況

SS 計 (写真 6-1-4)

光の透過量を利用した SS 計である。3000mg/l まで測定可能である。測定結果は 4 ~ 20mA として出力され、データロガーに蓄積される。

pH 計 (写真 6-1-5)

ハンディタイプの pH 計である。据え置きタイプは見た事はあるが、持ち運び可能な pH 計を見たのは始めてとのこと。

Fe イオン、Mn イオン簡易測定具 (写真 6-1-6)

これらのイオンを分析室で測定する場合、pH1 程度に酸処理して運搬しなければならない。そこで、今回は現場で計測可能な簡易測定具を使用した。持参した機器の中で最も興味を引いたのがこの簡易測定具である。写真 6-1-7 に測定風景を示す。なお、

Fe・Mn以外にも多数の測定項目があり測定項目一覧表を渡している。



写真 6-1-4 SS 計



写真 6-1-5 pH 計



写真 6-1-6 イオン簡易測定具



写真 6-1-7 イオン測定風景

BOD 簡易測定具 (写真 6-1-8)

溶存酸素量を測り BOD を求める簡易測定具である。

炭流れ検知器 (写真 6-1-9)

静電容量を利用した手製のタッチセンサーである。ベルトコンベア上の流炭を検知して 2mA 程度の電流を出力する。この電流はデータロガーに蓄積され選炭工場の運転状況を知る手掛かりとなる。

電動機運転検知器 (写真 6-1-10)

電動機から発せられる電磁波を利用した手製の電動機運転検知機である。電動機が動けば 2mA 程度の電流を出力する。この電流はデータロガーに蓄積され選炭工場の運転状況を知る手掛かりとなる。

データロガー（写真 6-1-11）

電流値を記憶するロガーである。記録感覚は 2 秒～1 時間まで設定可能である。1 時間に設定すれば約 1 年間のデータを蓄積できる。蓄積されたデータはパソコンに簡単に取り込むことができる。



写真 6-1-8 BOD 簡易測定具



写真 6-1-9 炭流れ検知器



写真 6-1-10 電動機運転検知機



写真 6-1-11 データロガー

写真 6-1-12 に、24 時間連続モニタリング風景を示す。



写真 6-1-12 24 時間連続モニタリング風景

1.2 公害概論、他

(1) 対象者

エネルギー鉱物資源局所員

(2) 内容

テキストを準備して下記教育を行った。本邦の水質汚濁防止法に沿った内容である。

写真 6-1-13 教育風景を示す。水質汚濁防止について、このように首尾一貫した教育を受けたのは始めてとのことであった。

公害概論

廃水処理技術（一般）

測定技術

公害防止管理者制度

酸性廃水処理技術



写真 6-1-13 教育風景

1.3 水質測定技術

(1) 対象者

エネルギー鉱物資源局所員

(2) 内容

本事業のために準備した諸分析機器の操作方法を実技指導した。

電子天秤（写真 6-1-14）

4000 g まで 0.01 g の精度で秤量できる電子天秤である。校正分銅が内蔵されておりワンタッチで簡単にキャリブレーションが可能である。

SS 測定器（写真 6-1-15）

SS を測るための手製の真空濾過器である。将来、導入が検討されるかも知れないべ

ルトフィルター等の機械脱水機の濾過特性も測定できるようリーフテスター機能を備えている。



写真 6-1-14 電子天秤操作方法実技

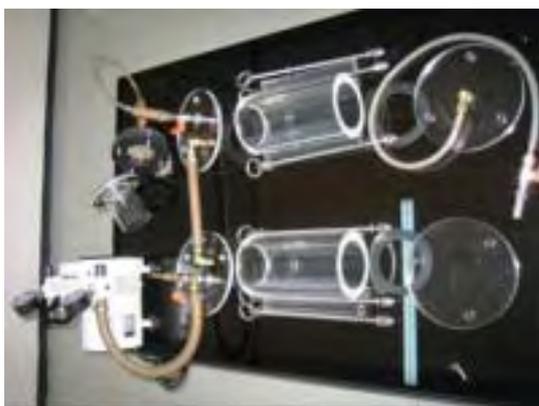


写真 6-1-15 SS 測定器操作方法実技

2. 選炭技術

2.1 選炭機器性能評価

(1) 対象者

調査選炭工場責任者および本事業担当者

(2) 内容

各選炭工場に出向き、本報告書に記載された選炭工程、選炭/廃水分岐工程、廃水処理工程、排水水、問題点と改善提案に関して質疑応答を行った。特に、ジグ（FBS）と、各工場の選炭/廃水分岐工程である分級サイクロンの性能について詳細を討議した。その結果、FBSは改善事項を予算化して早速実行に移すとのこと、MHUは分級サイクロンのフィード圧力を高める方策を早速講じるとのことである。

分級サイクロンを高性能に維持するため図 6-2-1 に示すサイクロン性能図を渡し管理すべき要点を指導した。

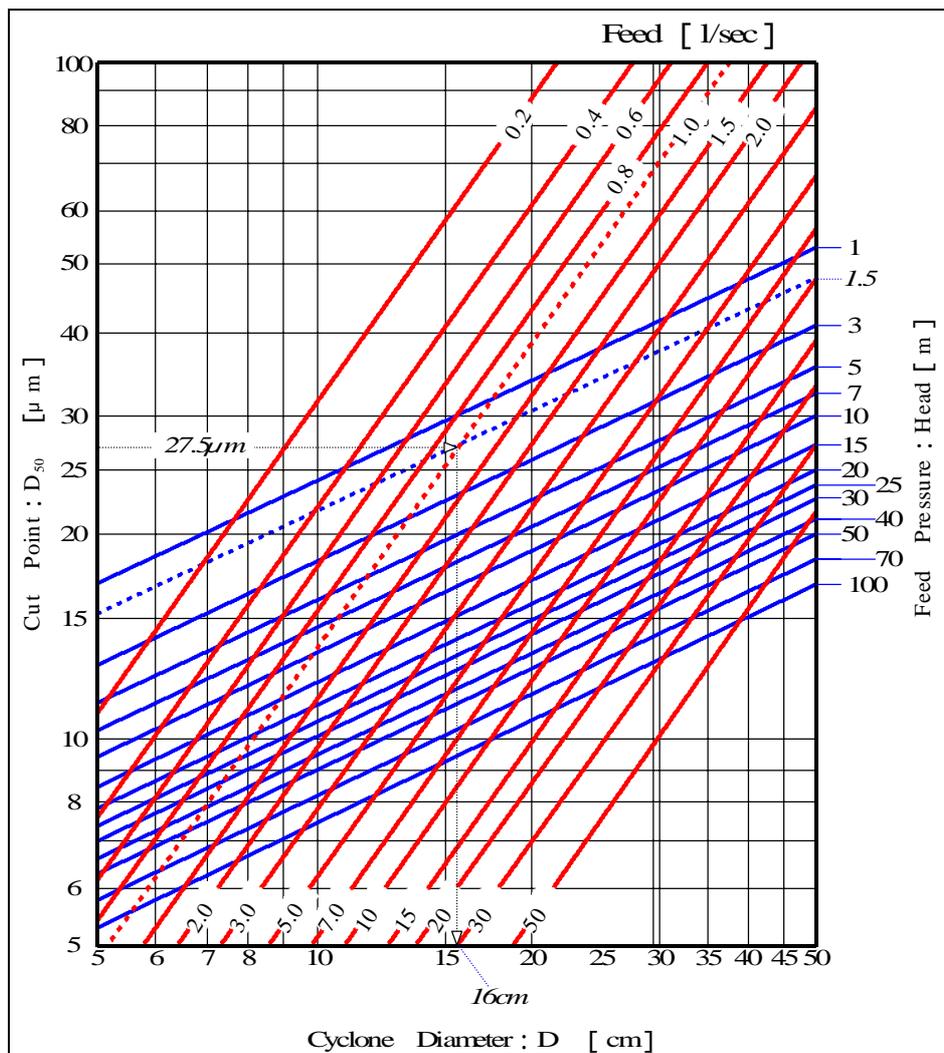


図 6-2-1 サイクロン性能図

第7章 結論と提言

1. 結論

1.1 マハカム川的环境汚染影響

マハカム川のいくつかの炭鉱での環境パラメーターは水質環境基準値を上回っており、特に TSS 値（全浮遊固体物質）にみられる。しかしながら、本調査で検討した BAPEDALD の測定したデータではマハカム川流域の選炭工場からの廃水はマハカム川の水質汚染に著しく影響しているとは言えない。

1.2 炭鉱の生産活動による環境汚染源

- (1) 選炭工場での廃水処理の不完全さから河川等への排水濃度(TSS)が基準値より大きく、河川を汚染している。
- (2) 廃水処理後の石炭スラッジの処分方法が不完全で、特に雨期に外部に流出している場合が多い。
- (3) 露天掘り採掘に伴う採掘土砂の流出。
- (4) 高硫黄分の廃棄石炭（Dirty Coal）の採掘跡地への投棄による酸性水発生源となり、採掘跡地緑化の障害、及び河川の pH 低下の一因となっている。又その他のダーティコールは資源の有効活用にも繋がる。

1.3 対策

- (1) 連続モニタリングシステムの構築
- (2) 選炭プロセス・廃水処理方法の改善
- (3) 環境管理システムの強化
- (4) 商品価値の無い石炭の有効利用

2. 今後の施策に向けての提言

2.1 緊急（短期）に実施すべき項目

- (1) 選炭工場排水の TSS 及び pH の連続モニタリング体制のモデルケースの構築
- (2) 選炭プロセスの改善による石炭スラッジの削減
- (3) 廃水処理プロセス改善等により、廃水濃度を排出基準値以下に下げる。
- (4) 炭鉱からの酸性水中和処理方法の確立
- (5) 上記(1)～(4)に係わる技術移転に向けた啓蒙・教育・人材育成
- (6) 既存の石炭スラッジ及び今後発生する石炭スラッジを除去し、廃棄石炭の現場投棄量の減量を図り、環境負荷低減になる廃棄石炭発電所の実現。

2.2 中期的に実施すべき事項

- (7) 炭鉱活動に伴う環境汚染源の連続モニタリング体制をインドネシアで石炭採掘を行っている地域全体に普及させる。
- (8) 持続的環境モニタリングを構築するための行政側の施策の構築と実施。
- (9) 環境管理体制の整備、排出基準・罰則の整備
- (10) 石炭灰の有効利用と環境汚染対策
- (11) 上記(7)～(10)に係わる技術移転に向けた啓蒙・教育・人材育成

3. 具体的実施案

上記の施策を相互に関連づけ効率よく、不足の調査を追加実施しながら、下記の2項目を具体的実施案として提案する。

- ・「石炭生産活動に伴う環境汚染制御のため技術移転センター（仮称）」
- ・ 廃棄石炭発電所建設

4. 提言施策実施による改善効果

- ・「石炭生産活動に伴う環境汚染制御のため技術移転センター（仮称）」

日本の経験にもとづく技術移転により、インドネシアに於ける石炭産業の環境基準厳守の体制を行政側、炭鉱管理側に確立し、人材育成により持続的な環境対策を構築し、インドネシア国において今後急増する石炭開発・利用に伴う環境汚染リスクを緩和すること

- ・ 廃棄石炭発電所建設

環境対策としての廃棄石炭発電所は、一方では石炭スラッジ・廃棄石炭が燃料として有効活用が図れるので、炭鉱での廃水処理が積極的に実施され、サマリダ市民も安定電力の恩恵が石炭産業から得られることからインドネシア国における石炭産業への理解が深まる。

5. 実施スケジュール

表 7-5-1 に実施スケジュールを示す。

表 7-5-1 「実施スケジュール」

内 容	短期 (2007-2009)	中期 (2010-2012)	長期 (2013-2015)
<p>1. "石炭生産活動に伴う環境汚染制御のための技術移転センター" (仮称)</p>			
<p>目的:技術移転</p>			
<p>炭鉱</p> <p>1) 環境モニタリング技術移転 (i) 選炭工場廃水のpH 及びTSS の連続モニタリングシステムのモデル構築 (ii) 石炭活動にともなって発生する環境汚染源の連続モニタリングシステムをインドネシアの炭鉱に普及</p> <p>2) 廃水処理プロセスの改善による商品価値のない微粉炭の削減に向けた技術移転</p> <p>3) 廃水処理プロセス等の改善により、廃水の水質を基準値以下に下げる技術移転</p> <p>4) 炭鉱から排出される酸性水の中和処理技術の強化</p> <p>5) 環境管理技術の強化 (i) 炭鉱における環境管理技術の強化と組織強化に向けた管理技術移転 (ii) すべての炭鉱に共通した書類の電子ファイル化と共通フォーマットの使用 (iii) 各炭鉱での水質分析所の設置とモニタリング回数の増加</p>			
<p>行政</p> <p>1) 持続的環境モニタリングシステムに向けた行政に必要な施策実施強化</p> <p>2) 環境管理体制の整備、排出基準・罰則の整備</p> <p>3) 地域住民を含んだ地域社会をベースとした環境モニタリングシステムの構築</p> <p>4) 環境モニタリングのデータベースのテレコムシステムの強化</p> <p>5) 河川流域の広範囲の環境モニタリングとの統合</p>			
<p>2. 廃棄石炭(商品価値のない石炭)を使用した火力発電所建設</p>			
<p>目的:環境汚染リスク軽減に向けた、既存及び今後とも発生する商品価値のない微粉炭及びダーティコールの除去</p>			
<p>(1)実施体制の構築 (2)EIA (3) F/S (4)詳細設計 (5) 建設 (6) 商業運転開始</p>			