

第4章 マハカム川流域の炭鉱による環境汚染問題の現状分析

1. 炭鉱の現状

1.1 炭鉱概要

マハカム川周辺の炭鉱を管理している Samarinda 市、Kutai Kertanegara 県(県都:Tenggarong) Kabupaten Kutai Timur 県(県都 : Sangata) に登録されている炭鉱は、第1章 2.5 に記載されている 一般調査期間、 探査期間、 企業化調査期間、 建設期間、 稼行期間を含めると合計 200 以上がある。この中で現在稼行している炭鉱名、生産量、販売量及びインドネシア全体に占める割合を表 4-1-1 に示す。これらはマハカム河を運搬ルートとして使用している炭鉱で、現在 9 つのコントラクターと多くの KP 形態の炭鉱がある。調査対象は 5 つの選炭工場を有する炭鉱と、廃棄石炭の調査として複数の炭鉱を調査した。

2005 年のインドネシア国での総生産量、国内販売量、輸出量に対するマハカム川流域の炭鉱による生産比率はそれぞれ 15 ~ 16% となっている。

(注) KP: Kuasa Pertambangan の略で、インドネシアの 4 つの石炭生産形態の一つで、英名で Mining Authorization。簡単に言うと主にインドネシア国内資本の民間会社。この他に国営 (PTBA)、石炭事業契約社 (PKP2B と呼ばれるコントラクター、1 ~ 第 4 世代に分類される) 協同組合 (Cooperative Units: KUD) がある。

表 4-1-1 マハカム川周辺の炭鉱生産量、販売量

No	Company	Licence	Production		Sales (1,000t)			
					Domestic		Export	
			2004	2005	2004	2005	2004	2005
1	Anugrah Bara Kaltim, PT	KP	3,413	3,395	3		1,479	1,502
2	Bina Mitra Sumberarta, PT	KP		169				
3	Bukit Baiduri Energi, PT	KP	1,430	1,690	1,690	32	1,225	1,626
4	Fajar Bumi Sakti, PT	KP	2,113	328	78	188	864	120
5	Gunung Bayan Pratama Coal, PT	PKP2B, 2nd Generation	3,360	4,330	3,343	2,594	2	1,324
6	Jembayan Muarabara	KP		1,050				1,050
7	Kartika Selabumi Mining, PT	PKP2B, 2nd Generation	736	1,035	837	1,007		
8	Kimco Armindo, PT	KP		963				
9	Kitadin Corporation			1,604	78	571	864	1057
10	Lanna Harita Indonesia, PT	PKP2B, 3rd Generation	1,700	1,887	57		1,480	1,733
11	Mahakam Sumber Jaya, PT	PKP2B, 3rd Generation		2,304		1,006		1266
12	Mandiri Intiperkasa, PT	PKP2B, 2nd Generation	602	1,082	16		352	1,021
13	Multi Harapan Utama, PT	PKP2B, 1st Generation	1,521	897	299	242	1,002	648
14	Tanito Harum, PT	PKP2B, 1st Generation	2,256	2,403		9	3,217	4,984
15	Trubaindo Coal Mining, PT	PKP2B, 1st Generation		1,610		1,171		389
Total			17,131	24,747	6,401	6,820	10,485	16,720
Total in Indonesia			129,835	153,465	37125	41351	93759	107332
Shear (%)			13.2	16.1	17.2	16.5	11.2	15.6

Mineral, Coal and Geothermal Statics 2006, by Ministry of Energy and Mineral Resources

1.2 生産方法

炭鉱での生産方法は大きく分けて、坑内掘りと露天掘りがあり、インドネシアの石炭生産の99%以上が露天掘りである。露天掘りの採掘順序を図4-1-1に から までのそれぞれの主要工程を示す。

Land Cleaning：樹木、住居等の撤去

Over Burden Removal：剥土

Coal Mining：石炭採掘

Back Filling：埋め戻し

Rehabilitation：緑化等、元の状態に戻す

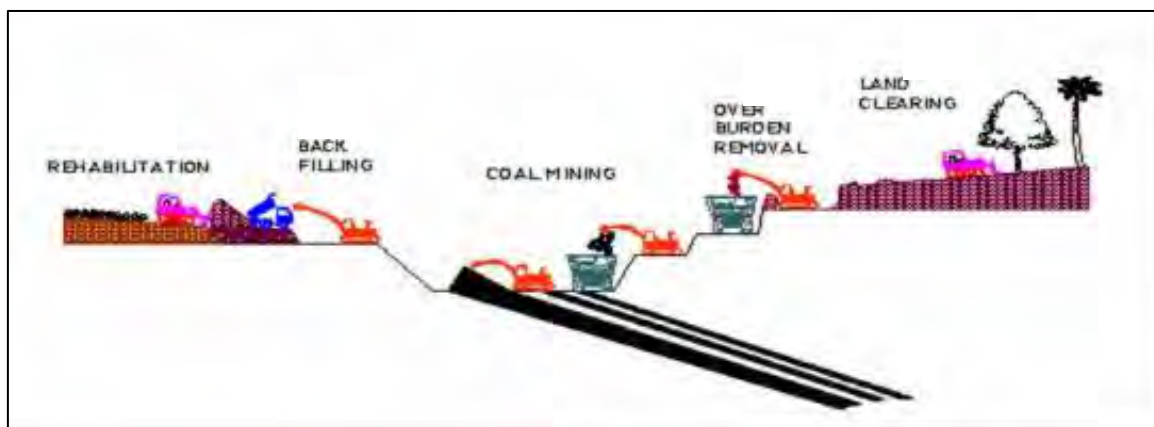


図 4-1-1 露天掘りの採掘順序

この地域で、現在坑内掘をしているのは Pt. Kitadin と Pt. Fajar Bumi Sakti の 2 炭鉱で、一方、露天掘り終掘地区からのハイウォール方式での坑内掘りへの移行は東カリマンタンでも複数の炭鉱が挑戦し始めてきている。

一般に坑内掘り炭鉱は選炭工場が必要となるが、露天掘り炭鉱でも石炭の品質維持、商品炭の歩留まり向上に向けて、選炭工場を持っている炭鉱もある。また、森林伐採規制法等で、依存の炭鉱をより長く稼行するために、従来では採掘対象とならなかった炭層も採掘するようになったため新規選炭工場建設検討している炭鉱も多い。選炭工場の増加は、それに伴う環境汚染対策が大きな課題となる。

1.3 選炭概要

(1) 選炭の目的と効果

選炭とは炭鉱で採掘された原炭（ROM：Run of Mine Coal）を需要家の要求に合う仕様に調整処理することを目的とする。選炭により調整できる仕様項目には、粒度、湿分、灰分、硫黄分等がある。また、呼び方も選炭技術の進歩、役割の変遷に伴い、「洗炭(Washing)」から「選炭(Coal Preparation, Coal Beneficiation)」また近年ではクリーンコールテクノロジー（CCT）の一環として、「コールクリーニング(Coal Cleaning)」と呼ばれるようになってきているが、この中には混炭・配合、ブリケット、低品位炭の脱水・改質技術も含まれている。

選炭の効果は湿分、灰分の削減による発熱量の向上・灰処理時の環境負荷低減、運搬エネルギーの削減があげられ、また選炭過程において除去されるズリ（硬、ボタとも呼ばれ、商品価値のない石炭、石等）には付随的に硫黄分、微量元素分も含まれており、その結果石炭の品質を向上させ、石炭利用時の環境汚染物質の除去効果がある。

選炭技術を選炭工場における諸技術とするとこの中には給炭原炭の品質の安定化を図る原炭の混炭、分級、選別、脱水、濃縮、廃水処理等の技術に分けられる。

(2) 選炭プロセス

選炭プロセスは精炭（選炭した石炭）の要求品位、原炭の性状や選別性、炭価による経済的な事情等によって異なるが、一般に次の7工程から構成されている。

原炭ヤード：原炭貯炭、混炭設備

破碎... 原炭の破碎、石炭と岩石・鉱物類の単体分離

篩い分け・分級 ... 選別装置に適した粒径を供給

選別 ... 石炭と岩石・鉱物類の分離、発熱量向上

固液分離・脱水 ... 石炭表面の付着粘土除去、脱水

廃水・廃石物処理 ... 微粉スラッジ回収、選炭水循環

精炭ヤード：精炭貯炭、混炭設備

また広い意味で上記、破碎、分級の工程のみで選炭あるいは、ディスライムと呼ぶ場合もある。

図 4-1-2 は選炭工程とそれぞれの工程から発生する、産物を示している。特に、選炭には大量の水を使用するのが一般的であるため、その結果選炭で汚れた水の処理が重要となる。

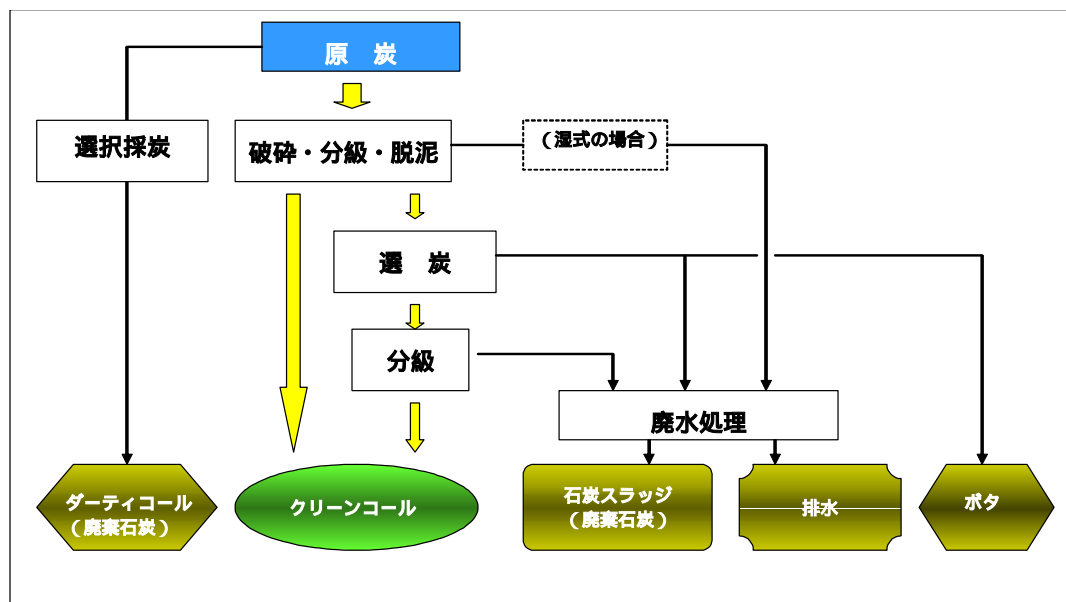


図 4-1-2 選炭工程の概略

1.4 環境汚染源

炭鉱の生産活動にともなって発生する環境汚染源は

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。

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。

露天掘り採掘に伴う採掘土砂の流出

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。

環境汚染の実態は河川でのモニタリングデータ、並びに炭鉱側での排出時のデータで説明できる。河川側からのデータは第 3 章 3.6 で記載のごとく炭鉱が集中しているマハカム川流域でのモニタリングデータから TSS, Fe, Mn 値が高くなっている。勿論、この原因がすべて炭鉱から発生しているという具体的な立証は難しいが、炭鉱側からの過去の実測値及びこの調査の計測値によるデータで、基準値より高いのが確かめられている。その詳細については次項でデータを踏まえてまとめる。

2. 選炭工場の現状

調査した 6 選炭工場の概要を表 4-2-1 に示す。選別(Separation)を実施している 2 工場は坑内掘り原炭も受け入れている。残りの 4 工場は De-sliming¹のみを実施している。なお、乾式の粉砕・分級設備を併設している工場もあるが廃水が発生しないため下表からは除外した。

表 4-2-1 調査選炭工場概要

Washery	原炭処理能力	機能	選炭プロセス	選炭/廃水処理プロセス分岐点	廃水プロセス	排水水
1 PT. Kitadin	60t/h+120t/h	Separation	Jig	Settling Pit	Settling Pond	一部循環使用
2 PT. Fajar Bumi Sakti (FBS)	100t/h	Separation	Jig	De-slime Screen	Settling Pond	全量循環使用
3 PT. Tanito Harum / Sebulu	125t/h	(De-slime)	(Jig)	Settling Pit	Settling Pond	
4 PT. Tanito Harum / Loa Tebu 1	70t/h	De-slime	Drum-Washer	Cyclone Classifier	Settling Pond	
5 PT. Malti Harapan Utama (MHU)	400t/h	De-slime	Screen	Cyclone Classifier	Settling Pond	
6 PT. Bukit Baiduri Energy (BBE)	250t/h	De-slime	Screen	Cyclone Classifier	Settling Pond	循環使用工事中

ジグ選別機が設置されているが、選別産物は全て精炭一本に混合しておりデスライミング用の現状である。

2.1 選炭系統

(1) PT. Kitadin

図 4-2-1 にフローシートを、図 4-2-2 および図 4-2-3 に No.1 プラントおよび No.2 プラントの機器配置図を示す。原炭は 3 サイズ(+50mm、50～40mm、-40mm)に分級後、40mm 以上は手選へ、40mm 以下はジグ²へ供給される。ジグでは粒子の比重差によって精炭・二号炭・ボタの 3 産物に分離されるが二号炭はジグ原炭に混入して再選しており、精炭・ボタの 2 産物分離の現状である。ジグから排出された精炭は 1mm のスクリーンで脱水され精炭となる。1mm 以下は沈降槽 (Settling Pit) へと導かれ、ここで沈澱した粗粒微粉がバケットエレベーターで掻き揚げられて精炭に混入される。ジグから排出されたボタはポケットに貯留されてトラック輸送を待つ。沈降槽の溢流水は廃水となり廃水処理系統へと送られる。当工場では日本の選炭技術者が技術指導を行っており、ジグ選別をはじめ立派に運営・管理されている工場と感じた。

(2) PT. Fajar Bumi Sakti (FBS)

図 4-2-4 にフローシートを、図 4-2-5 に機器配置図を示す。原炭は 2 サイズ(+50mm、-50mm)に分級後、50mm 以上は手選を経て 50mm 以下に破碎、品質に問題がない場合はそのまま精炭となるが、それ以外の場合は網下の 50mm 以下と共にジグに給炭される。ジグは精炭・二号炭・ボタの 3 産物分離を行っているが二号炭はジグ原炭に混入して再選しており、精炭・ボタの 2 産物分離の現状である。ただ、ジグ運転は適切とは言い難い。ジグから排出された精炭は 0.5mm のスクリーンで脱水され精炭となる。0.5mm 以下は廃水処理系統である一次沈殿池へと直接送られ浚渫を待つ。

1 De-sliming 当地の粘土質鉱物は吸水・泥化する性質がある。露天掘では、岩石の混入を極力抑えるため上下盤付近の原炭は廃棄する選択採炭を実施している。しかし、僅かに混入した粘土質鉱物が貯炭場で吸水・泥化しておりデスライミング (De-sliming) によりこれを除去している。

なお、以前は沈澱槽で粗粒微粉を回収、溢流水のみ廃水系統へ供給していた。ジグから排出されたボタはバケットエレベーターで直下の土場に野積みされており定期的にショベルカーで横持ちしている。

(3) PT. Tanito Harum / Sebulu

図 4-2-6 にフローシートを、図 4-2-7 に機器配置図を示す。50mm 以下に破碎・整粒後、品質に問題がない場合はそのまま精炭となるが、それ以外の場合はジグに給炭される。3 産物ジグが設置はされているが、1・2 槽産物共精炭に混入されておりデスライミング (De-sliming) の用途に供されている。ジグから排出された精炭は 1mm スクリーンで脱水、網上は精炭へ、網下は沈降槽へ送られる。ここで沈澱した粗粒微粉は精炭へ混入、溢流水は廃水となり廃水処理系統へと送られる。浚渫した沈澱微粉が行き場を失って山積みされておりした工場全体が石炭に埋もれている印象を受けた。

(4) PT. Tanito Harum / Loa Tebu 1

図 4-2-8 にフローシートを、図 4-2-9 に機器配置図を示す。原炭は 200mm 以下に破碎後、ドラムウォッシャー (Drum Washer) で脱泥される。脱泥後の石炭は 50mm/1mm の二段デッキスクリーンで分級、50mm 以上は破碎して 50～1mm 産物と混合され精炭となる。1mm 以下は分級サイクロンに供給される。分級サイクロンの粗粒産物はスクリーンで脱水後に精炭となり、細粒産物が廃水処理系統へと送られる。設備の下部は半ば泥水に埋まった状態で稼働している。排水ラインの検討が必要と感じた。

(5) PT. Multi Harapan Utama (MHU)

図 4-2-10 にフローシートを、図 4-2-11 に機器配置図を示す。原炭は 75mm 以下に破碎後、50mm/1mm の二段デッキスクリーンで脱泥される。脱泥後の 50mm 以上は破碎して 50～1mm 産物と混合され精炭となる。1mm 以下は分級サイクロンに供給される。分級サイクロンの粗粒産物はスクリーンで脱水後に精炭となり、細粒産物が廃水処理系統へと送られる。豪州製のコンパクトな設備で管理も行き届いており、作業環境への意識も高い。

(6) PT. Bukit Baiduri Energi (BBE)

図 4-2-12 にフローシートを、図 4-2-13 に機器配置図を示す。原炭は 50mm 以下に破碎後、1mm スクリーンで脱泥される。脱泥後の 1mm 以上はそのまま精炭に、1mm 以下は分級サイクロンに供給される。分級サイクロン粗粒産物用にスパイラル選別機が設置されてはいるが現在は使用されていない。分級サイクロンの粗粒産物は 0.5mm 脱泥スクリーンおよび籠形遠心脱水機を経て 1mm 以上の精炭に混合されている。分級サイクロン・脱泥スクリーン・遠心脱水機の細粒産物が廃水処理系統へと送られる。豪州製のコンパクトな設備で管理も行き届いており、作業環境への意識も高い。

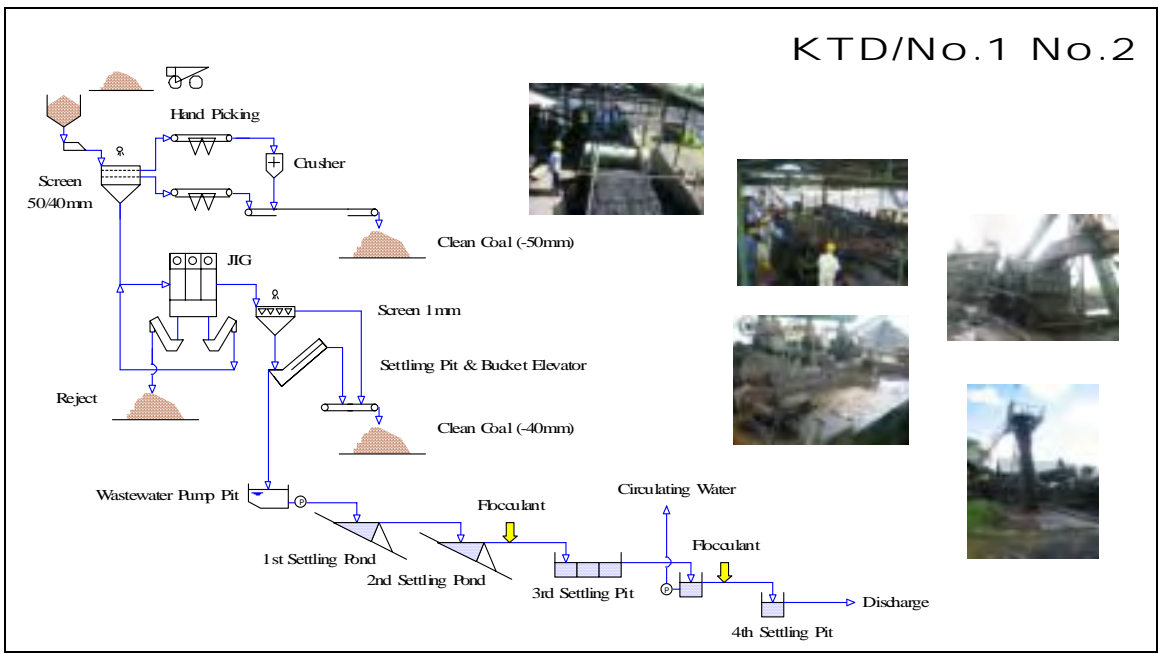
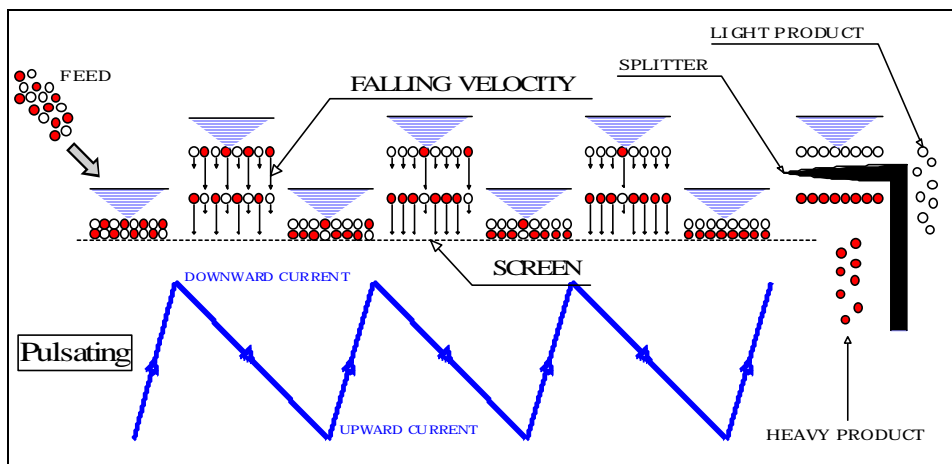


図 4-2-1 Kitadin フローシート

2 ある比重で粒子群を分離して任意の灰分の精炭を得る機械を比重分離機と呼ぶ。代表的な比重分離機にジグ選別機がある。ジグ選別機は水中に於ける粒子の沈降速度が比重によって異なる事を利用している。ジグの選別過程は以下の通りである（下図参照）。

水槽内の水を上下させる 左より原炭を供給（白が石炭、赤がボタ） 原炭は、水と一緒に持ち上がり、その後沈降（自由沈降）する 比重の大きいものが比重の小さいものより早く沈降し、網の上に落ち着いた時 には下の方に重たいものが増える 粒子の上昇・下降を数回繰り返せば、下の方は完全にボタばかり 次に浮いた時に両者をスプリッターで分離して選別完了。このようにして連続運転を行う



ジグ選別過程

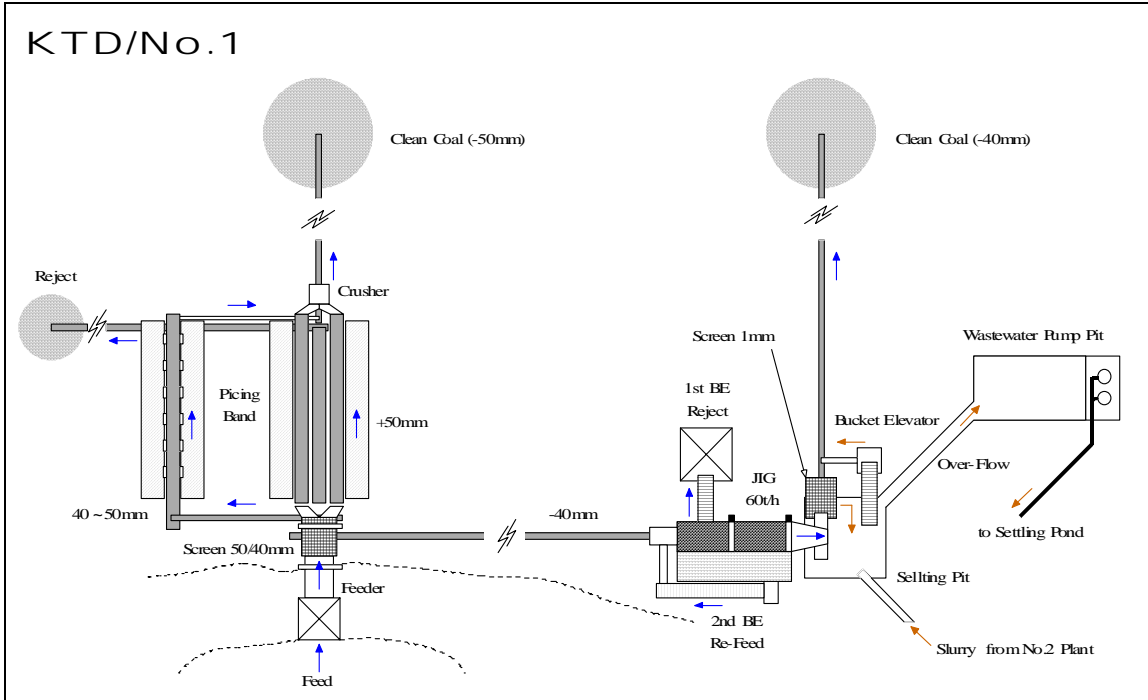


図 4-2-2 Kitadin No.1 プラント機器配置図

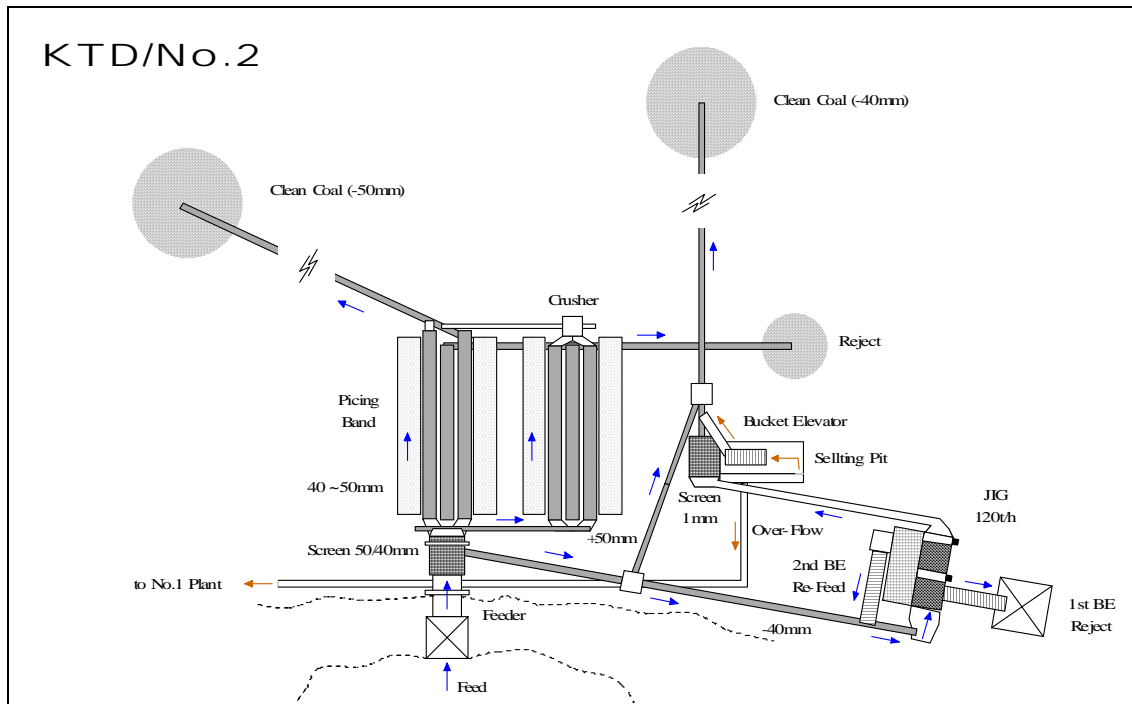


図 4-2-3 Kitadin No.2 プラント機器配置図

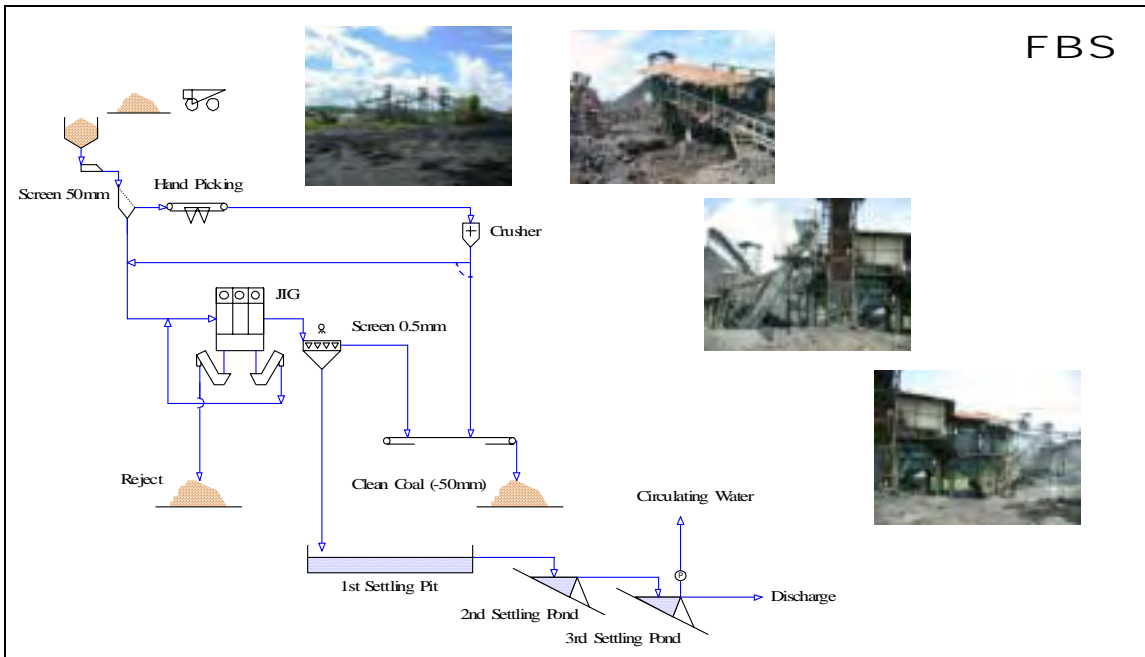


図 4-2-4 FBS フローシート

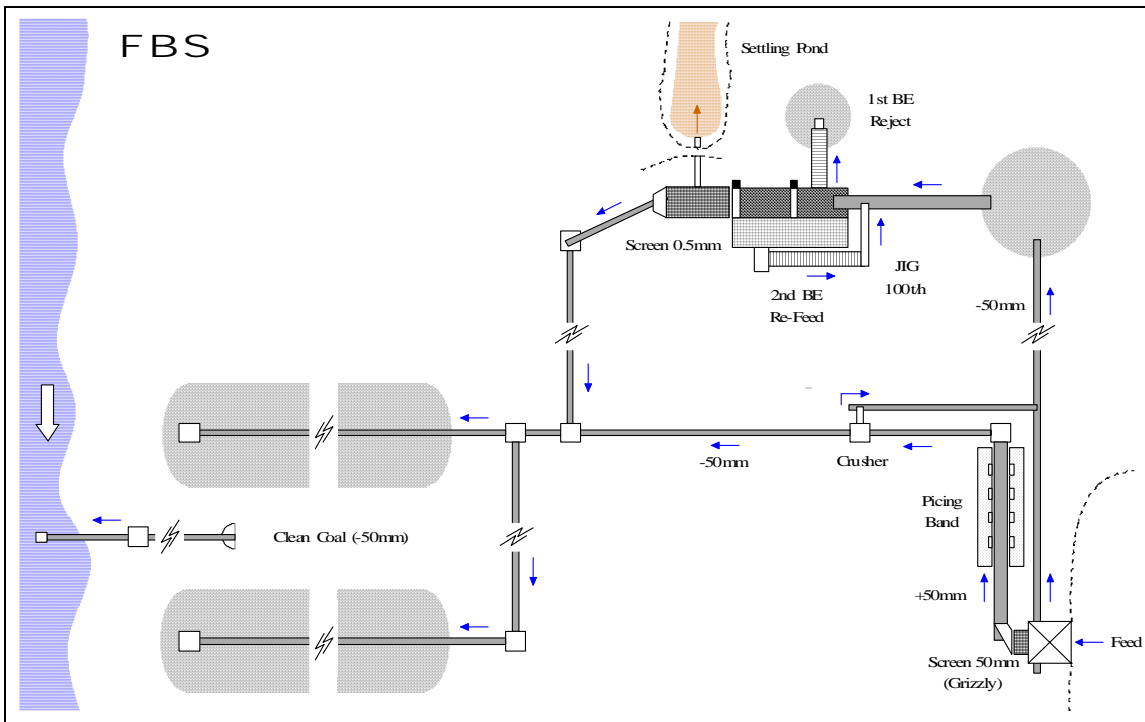


図 4-2-5 FBS 機器配置図

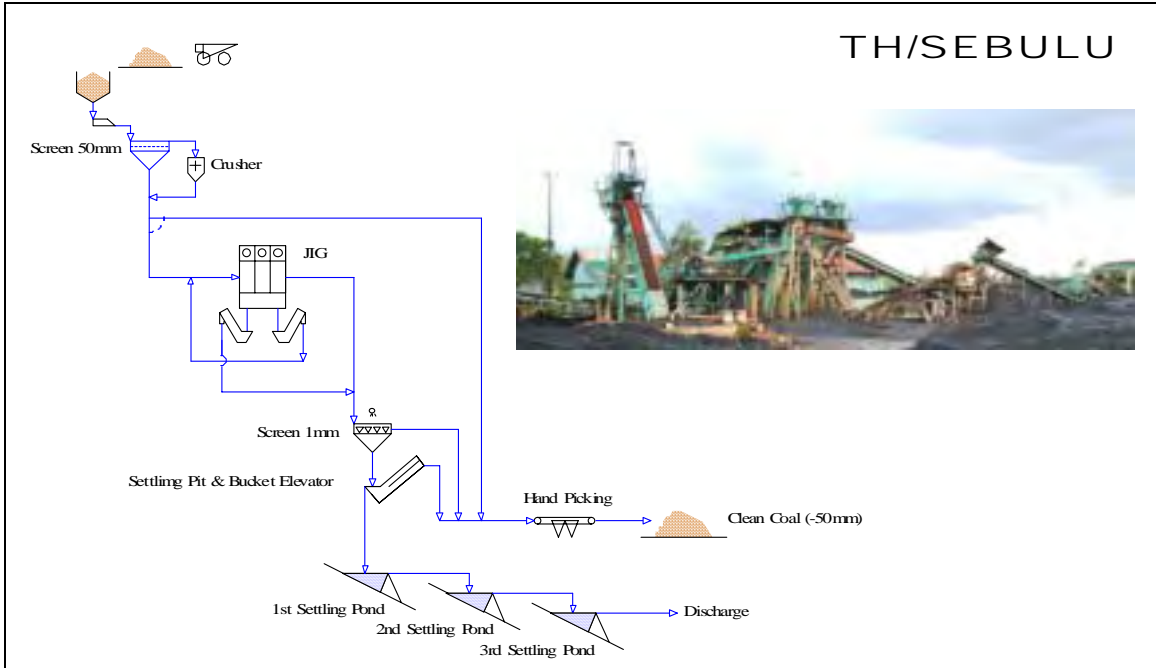


図 4-2-6 Sebulu フローシート

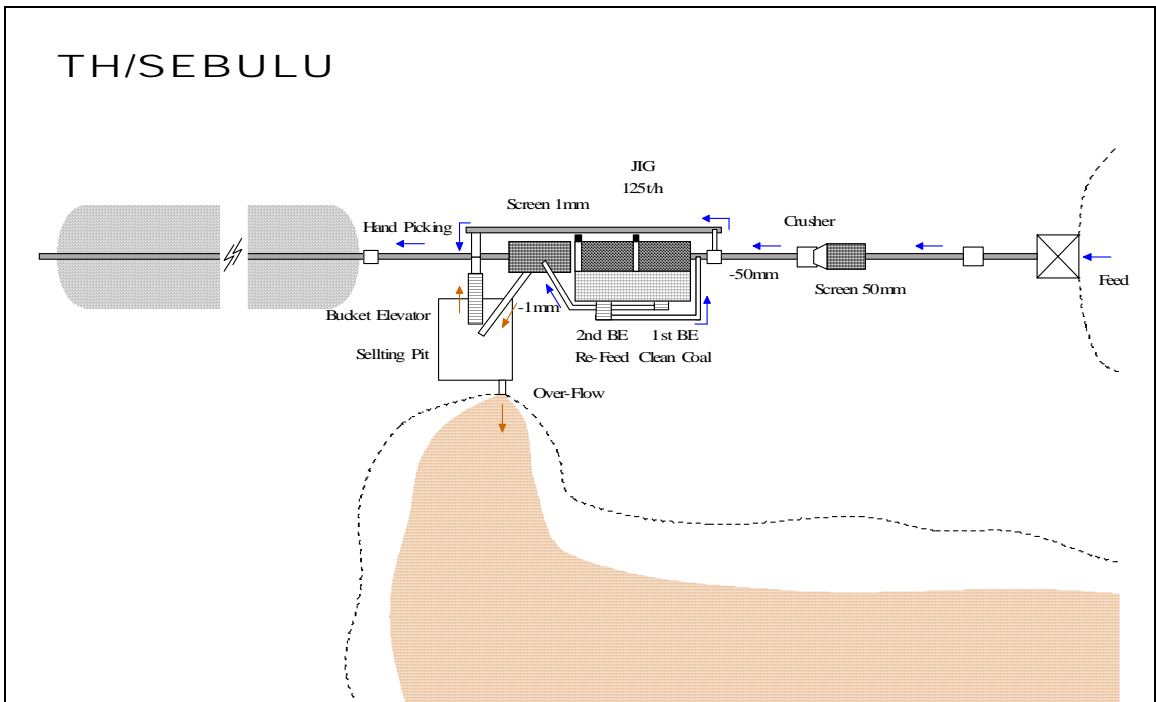


図 4-2-7 Sebulu 機器配置図

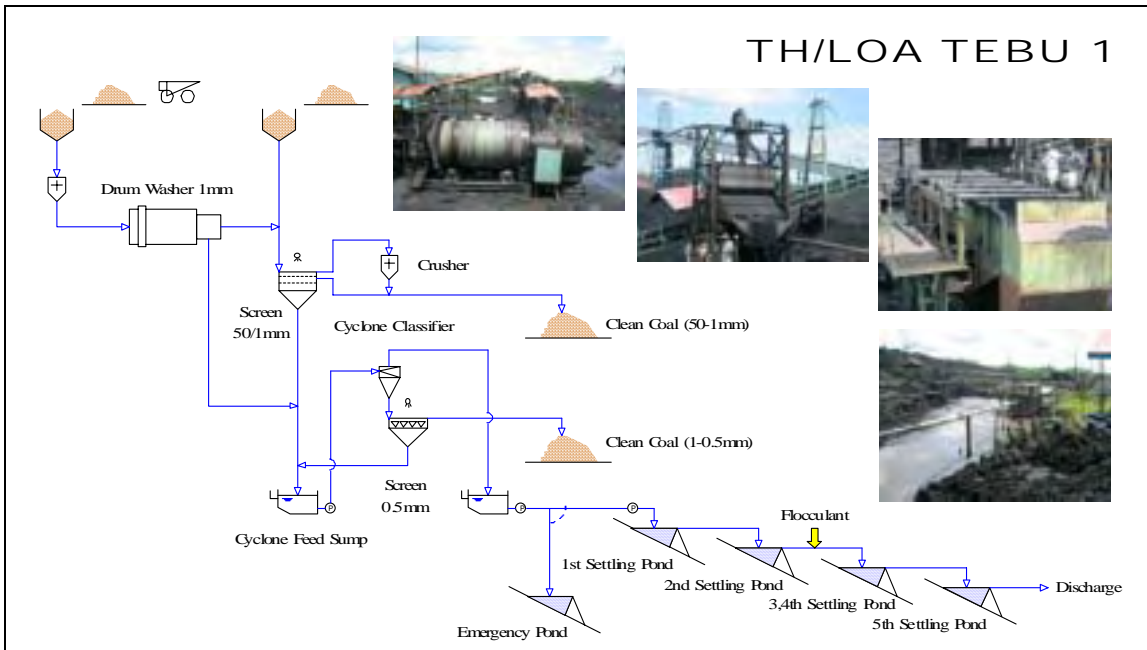


図 4-2-8 Loa Tebu 1 フローシート

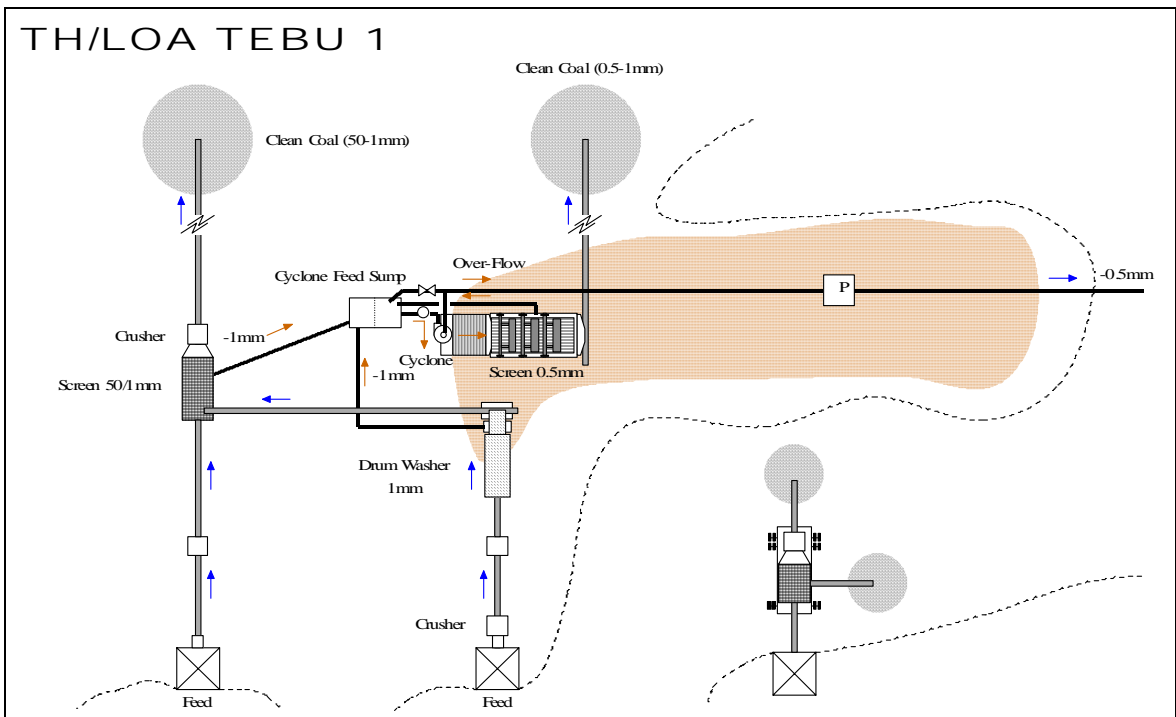


図 4-2-9 Loa Tebu 1 機器配置図

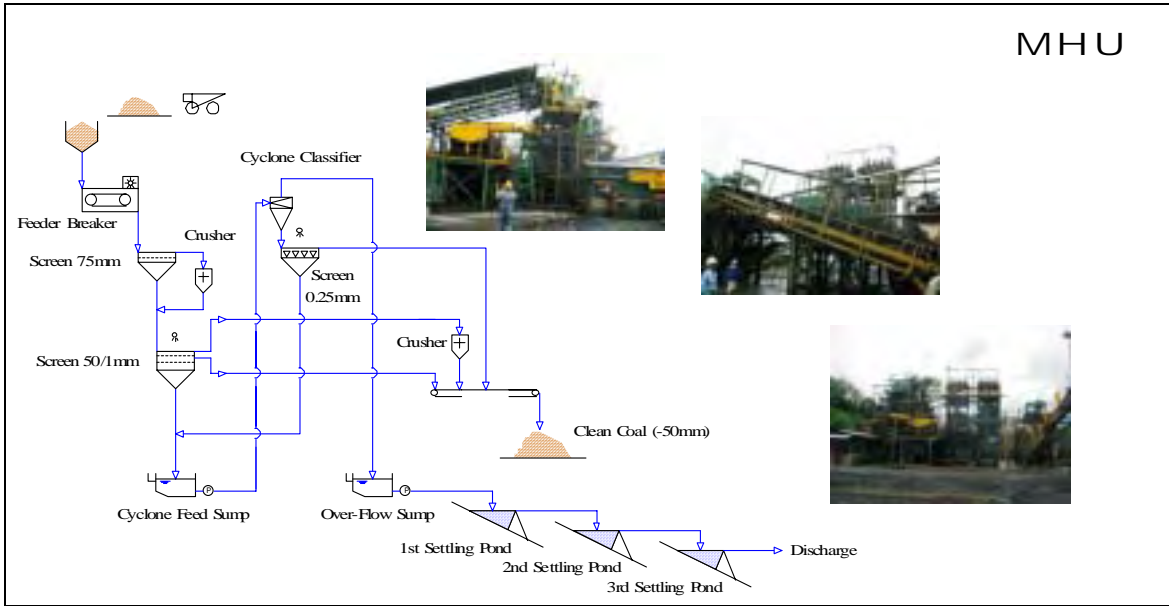


図 4-2-10 MHU フローシート

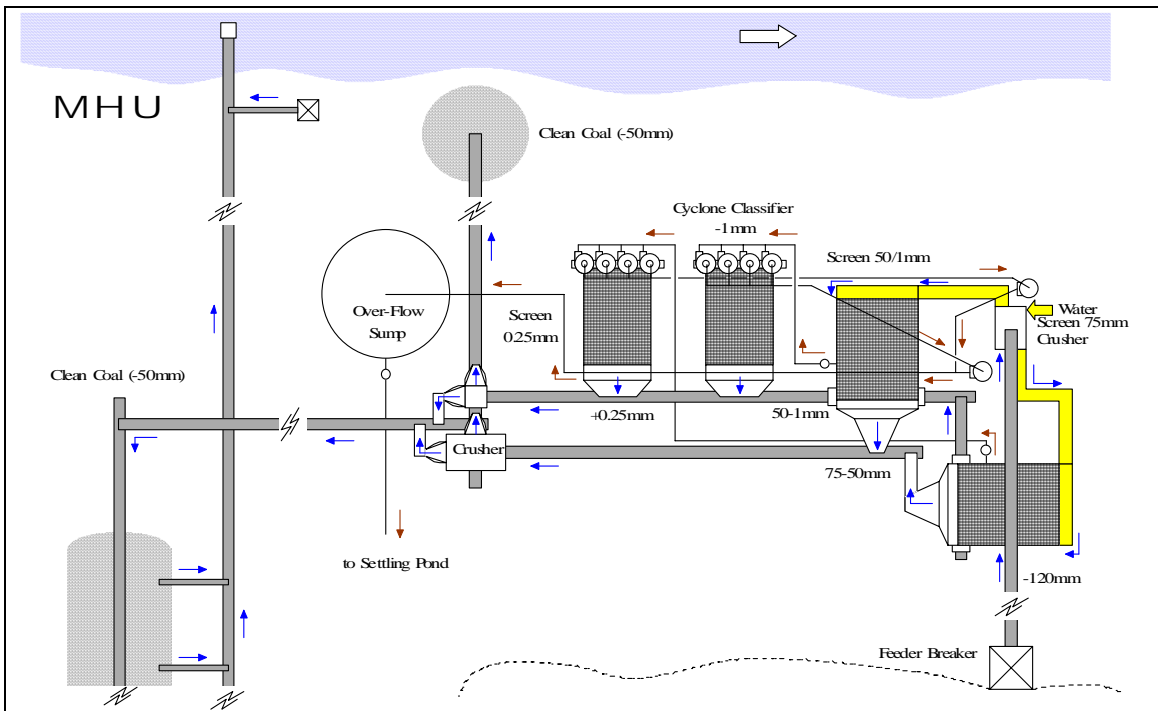


図 4-2-11 MHU 機器配置図

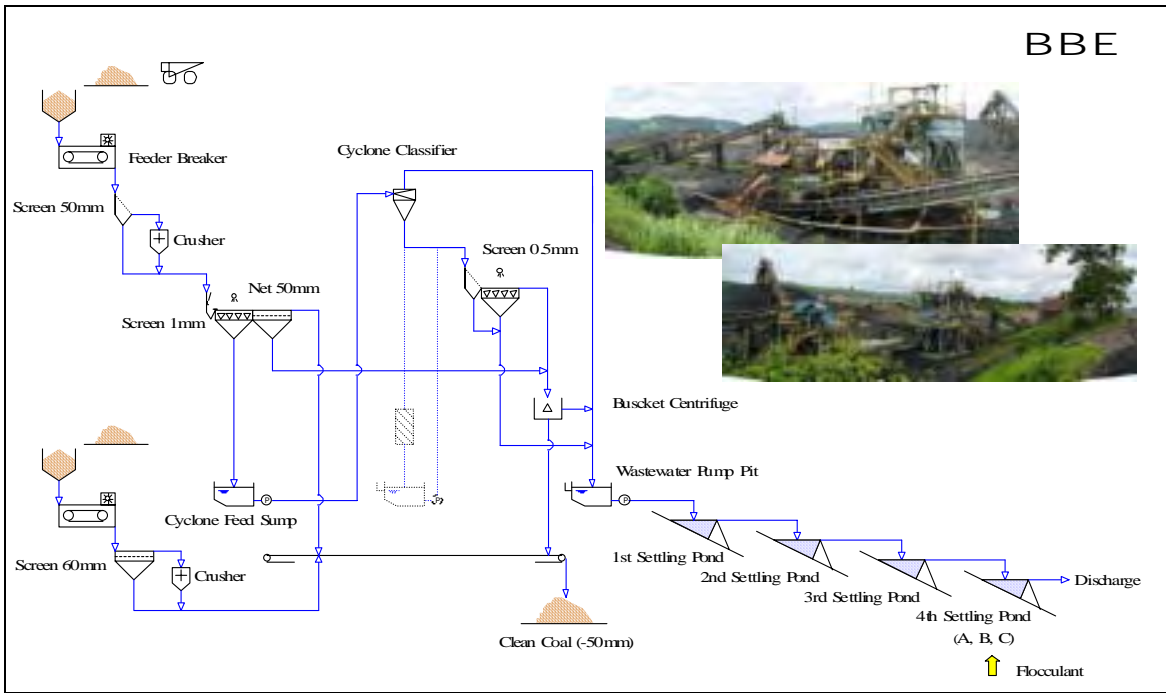


図 4-2-12 BBE フローシート

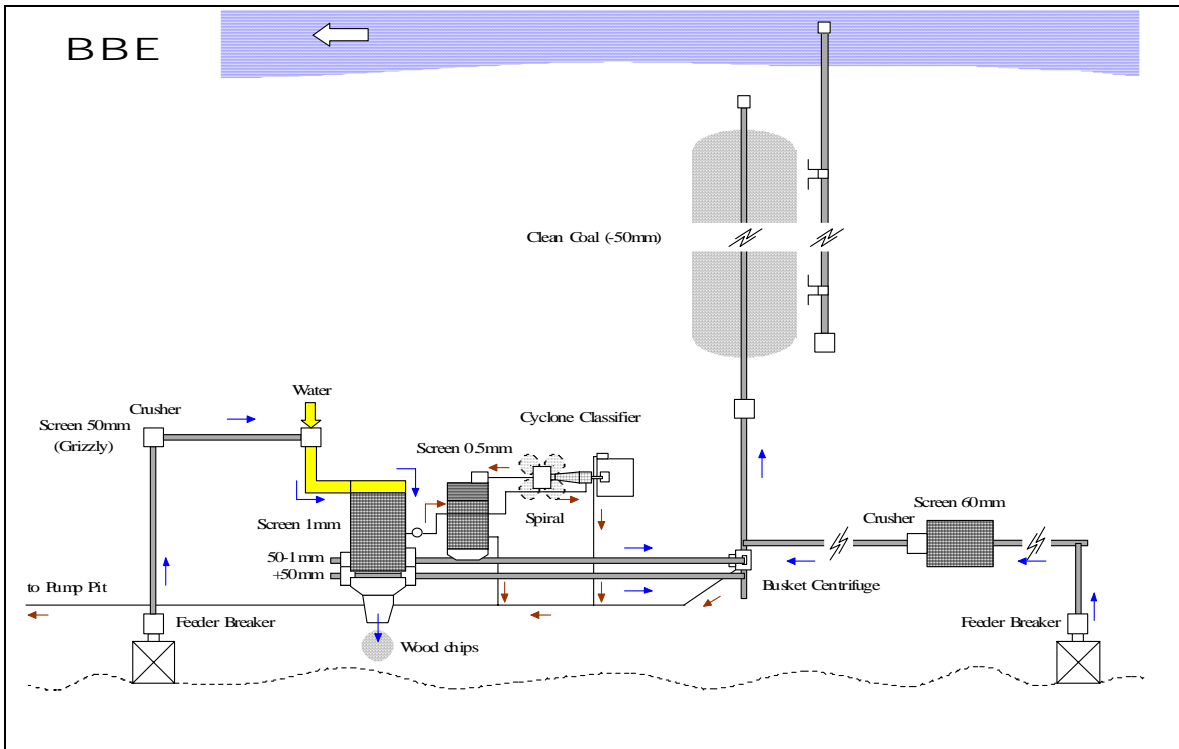


図 4-2-13 BBE 機器配置図

2.2 選炭系統 / 廃水処理系統 分岐点

調査した 6 選炭工場の“選炭系統 / 廃水処理系統 分岐点”を表 4-2-2 に示す。本分岐点における粗粒産物 (Under-Flow) が精炭に混入され、細粒産物 (Over-Flow) が廃水処理系統へと供給される。写真 4-2-1 に沈降槽 (含 バケツエレベーター-BE) の例を、写真 4-2-2 に分級サイクロンの例を示す。

表 4-2-2 選炭系統 / 廃水処理系統分岐点

Washery	選炭系統/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



写真 4-2-1 沈降槽と BE



写真 4-2-2 分級サイクロン

FBS は 0.5mm の脱泥スクリーンが分岐点となっており網下の 0.5mm 以下がそのまま廃水処理系統に供給される。最もシンプルなシステムであるが粗粒微粉までもが廃水系統へと分岐されてしまい、廃水発生量の最も多い乱暴なプロセスである。

Kitadin と Sebulu では、脱泥スクリーン網下水は沈降槽へと供給され沈下産物と溢流産物に 2 分される。沈下産物は精炭に混合され溢流産物のみが廃水処理系統へと供給され、FBS に比べれば廃水量は減少する。ただ、写真 4-2-1 に見られるように小さな沈降槽であり管理が悪ければ大半が微粉に埋まってしまい単なる樋と化してしまう。

Loa Tebu 1、MHU、BBE は沈降槽の代わりに分級サイクロンを採用している。管理が良ければ粒径 100 μ m 程度で粗粒産物と細粒産物とに 2 分できる。選炭系統と廃水処理系統に分岐する機器としては最も相応しいものである。この 3 工場の分級サイクロンについて性能試験を行った。表 4-2-3 に分級サイクロン性能一覧表、表 4-2-4 に分級サイクロン性能試験表を、図 4-2-14 に配分率曲線を示す。分級サイクロン内では比重分離現象も発生しており同一粒度なら溢流産物のほうが低灰分である。

表 4-2-3 分級サイクロン性能一覧表

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

試料採取時間が30分間のため代表試料とは言い難いかも知れないがBBEの性能が最も高く分離粒径は160μmである。Loa Tebu 1の分級サイクロン設備は見るからに自家製っぽく、シャープな分離は期待していなかったが分離粒径320μmと、予想に反してなかなかの高精度である。MHUの分離粒径が840μmと異常に高い。原因を調査する必要がある。

表 4-2-4 分級サイクロン性能試験表

【Tanito/Loa Tebu 1】													(-ad)
	Feed 15-Jun-06				Under Flow 15-Jun-06				Over Flow 15-Jun-06				
	Wt%	IM%	Ash%	GCV	Wt%	IM%	Ash%	GCV	Wt%	IM%	Ash%	GCV	
+1000μm	13.46		2.9	6700	12.05		3.3	6611	1.41		2.6	6669	
1000 - 500	31.04		4.0	6612	25.53		4.9	6478	5.51		3.1	6628	
500 - 125	39.79		9.9	6177	19.88		6.9	6311	19.92		8.5	6178	
125 - 75	4.85		23.8	5035	0.66		25.4	4770	4.19		12.5	5845	
75 - 44	4.08		37.4	4007	0.29		43.8	3237	3.79		23.3	4945	
-44	6.77		57.6	2546	0.32		52.2	2538	6.45		51.1	2629	
Total	100.00		12.15	5993	58.73		5.93	6392	41.27		16.00	5554	

【MHU】													(-ad)
	Feed 16-Dec-06				Under Flow 16-Dec-06				Over Flow 16-Dec-06				
	Wt%	IM%	Ash%	GCV	Wt%	IM%	Ash%	GCV	Wt%	IM%	Ash%	GCV	
+1000μm	3.65	6.7	4.8	6695	2.69	6.8	7.3	6486	0.96	4.6	2.9	6853	
1000 - 500	11.42	6.8	6.5	6553	5.36	6.8	6.9	6520	6.06	5.8	4.9	6686	
500 - 125	26.40	6.8	9.2	6328	8.05	7.0	12.3	6069	18.35	6.2	8.2	6411	
125 - 75	10.31	6.8	15.9	5769	1.38	5.7	26.0	4927	8.93	6.2	14.3	5902	
75 - 44	7.57	6.7	20.7	5369	0.71	5.1	36.4	4059	6.86	6.0	20.2	5410	
-44	40.65	6.7	49.7	2950	2.04	5.4	53.1	2666	38.61	4.9	50.0	2925	
Total	100.00	6.7	26.8	4864	20.24	6.6	16.1	5752	79.76	5.5	29.8	4607	

【BBE】													(-ad)
	Feed 7-Dec-06				Under Flow 7-Dec-06				Over Flow 7-Dec-06				
	Wt%	IM%	Ash%	GCV	Wt%	IM%	Ash%	GCV	Wt%	IM%	Ash%	GCV	
+1000μm	36.37	13.1	4.6	5867	36.04	12.8	4.4	5882	0.33	8.3	2.3	6046	
1000 - 500	24.16	13.1	4.9	5843	23.34	12.6	4.9	5843	0.82	8.3	2.8	6007	
500 - 125	20.83	12.8	6.1	5750	15.80	12.4	6.2	5742	5.03	10.4	4.3	5890	
125 - 75	4.90	12.0	9.8	5461	1.83	11.1	14.9	5062	3.07	13.0	6.6	5711	
75 - 44	3.17	11.6	12.5	5250	0.71	9.9	23.1	4422	2.45	11.1	9.5	5484	
-44	10.57	7.7	39.7	3125	1.67	7.0	42.9	2876	8.91	7.8	40.2	3086	
Total	100.00	12.4	9.2	5507	79.39	12.5	6.1	5748	20.61	9.6	20.7	4611	

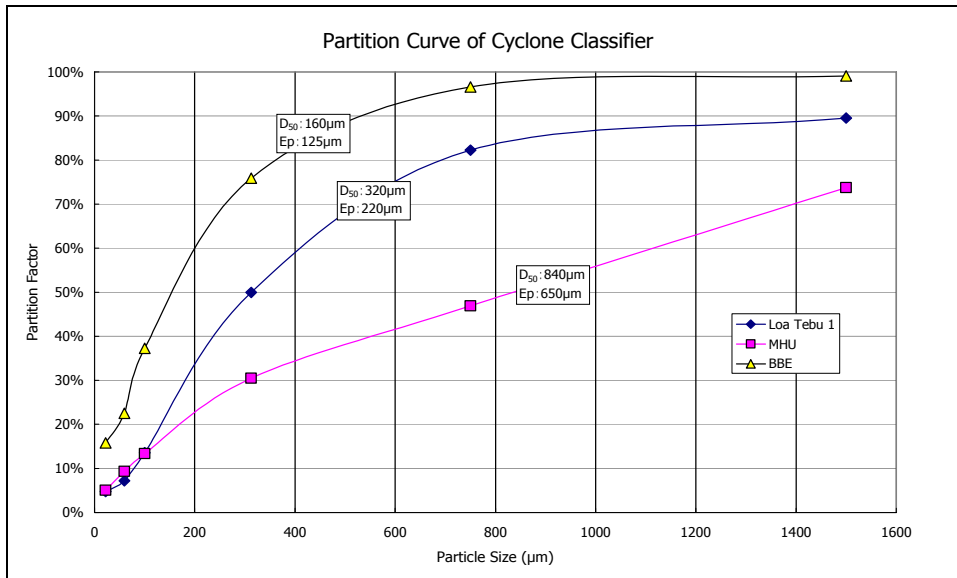


図 4-2-14 分級サイクロン配分率曲線

2.3 廃水処理系統

表 4-2-5 に廃水処理系統へ供給される原水性状を示す。流量 2~5m³/min 程度、濃度 3~8% 程度で、4~20t/h の固形物が廃水処理系統に送られている。固形物の発熱量は 3000~4000kcal/kg に達する。

表 4-2-5 廃水処理系統原水

Washery	Flow rate (m ³ /min)	Conc. (%)	Solid (t/h)	IM (%-ad)	Ash (%-ad)	GCV (kcal/kg-ad)
1 PT. Kitadin	5.30	4.21	13.4	5.0	49.2	2960
2 PT. Fajar Bumi Sakti (FBS)	1.85	3.08	3.4	5.3	49.3	2962
3 PT. Tanito Harum / Sebulu	No-Operating					
4 PT. Tanito Harum / Loa Tebu 1	1.96	8.24	9.7	5.7	40.2	3539
5 PT. Malti Harapan Utama (MHU)	4.53	7.31	19.9	5.7	38.9	3992
6 PT. Bukit Baiduri Energy (BBE)	4.20	2.53	6.4	7.1	33.4	3687

表 4-2-6 に廃水発生比率を示す。上表の固形物量を各工場の原炭処理能力で除した値である。原炭の 3~9% 程度が廃水発生率である。

表 4-2-6 廃水発生比率

Washery	Capacity (t/h)	Solid (t/h)	Solid / Capacity
1 PT. Kitadin	60+120	13.4	7.4%
2 PT. Fajar Bumi Sakti (FBS)	100	3.4	3.4%
3 PT. Tanito Harum / Sebulu	No-Operating		
4 PT. Tanito Harum / Loa Tebu 1	105	9.7	9.2%
5 PT. Malti Harapan Utama (MHU)	400	19.9	5.0%
6 PT. Bukit Baiduri Energy (BBE)	250	6.4	2.6%

Loa Tebu 1 の公称能力は 70t/h であるが 150% 程度で過負荷運転中

これら廃水は沈澱池における自然沈降方式で処理されている。沈降した固形物は定期的に浚渫・天日乾燥処理されている。浚渫された沈澱物の緒言を表 4-2-7 に示す。なお、年間発生量は生産数量に上記廃水発生率を乗じた値であり用途は各工場のヒアリング調査による。

表 4-2-7 沈澱物緒言

Washery	発生量 (千t/年)	IM (%-ad)	Ash (%-ad)	GCV (kcal/kg)	TS (%-ad)	主な用途
1 PT. Kitadin	120		19.1	4905	0.40	廃棄
2 PT. Fajar Bumi Sakti (FBS)	9	5.5	33.9	4259	1.73	廃棄
3 PT. Tanito Harum / Sebulu			12.7	6470	1.75	廃棄
4 PT. Tanito Harum / Loa Tebu 1	148	5.9	48.1	3200	0.25	廃棄
5 PT. Malti Harapan Utama (MHU)	45	6.2	27.7	4745	1.65	浚渫実績なし
6 PT. Bukit Baiduri Energy (BBE)	43	7.3	37.8	3437	0.84	廃棄

沈澱物は粗粒ほど高品位であり粗粒の多い 1 次沈澱池は高品位である。また、Sebulu の高品位は降雨時の貯炭場からの石炭流入が原因である。従って、表 4-2-5 の、廃水発生箇所計測した 3000 ~ 4000kcal/kg が廃水全体の代表的な発熱量と考えられる。

(1) PT. Kitadin

図 4-2-15 に沈澱池配置図を示す。1 ~ 4 次の沈澱池で構成されており 1 次沈澱池で大半の固形物が沈澱している。定期的な浚渫は 1 次沈澱池のみで、天日乾燥を経て全量が廃棄されている。1 次沈澱池の溢流水は 2 ~ 4 次沈澱池を経てマハカム川に排出される。なお、3 次沈澱池の先に循環水ピットが設置されており一部の水は選炭用水として選炭工場に送られ、不足分がマハカム川から補給されている。また、2 次沈澱池の溢流口および循環水ピットの出口には凝集剤添加設備が設けられている。表 4-2-8 に廃水処理系統原水を、表 4-2-9 に沈澱物緒言を示す。一次沈澱池の入口付近に堆積した沈澱物を採取したため 5000kcal/kg 近い高発熱量を有している。

表 4-2-8 Kitadin 廃水処理系統原水

	Date of Sampling	IM %-ad	Ash %-ad	GCV kcal/kg-ad	Conc. %	Flow rate m ³ /min	Size Analysis	Remarks
Kitadin	14-Jun-06		49.2	2960	4.21	5.30		Data of Kitadin

表 4-2-9 Kitadin 沈澱物緒言

	Place of Sampling	Date of Sampling	IM %-ad	Ash %-ad	GCV kcal/kg-ad	TS %-ad	Size Analysis	Remarks
Kitadin	1st Pond Drying	14-Jun-06		19.1	4905	0.40		

(2) PT. Fajar Bumi Sakti (FBS)

図 4-2-16 に沈澱池配置図を示す。1～3 次の沈澱池で構成されており 1 次沈澱池で大半の固形物が沈澱している。定期的な浚渫は 1 次沈澱池のみで、天日乾燥を経て、大半が廃棄されている。当地は坑内炭を受け入れているが砂岩質鉱物が大半で粘土質鉱物が少ない。そのため廃水には粘土質微粒子が少なく他の選炭工場に比べて沈降性が極めて良好である。最終放流口付近には循環水ポンプが設置され全ての選炭用水が循環水で賄われている。表 4-2-10 に廃水処理系統原水を、表 4-2-11 に沈殿物緒言を示す。

表 4-2-10 FBS 廃水処理系統原水

	Date of Sampling	IM %-ad	Ash %-ad	GCV kcal/kg-ad	Conc. %	Flow rate m ³ /min	Size Analysis	Remarks
FBS	10-Jul-06	5.0	43.2	3466	3.52			
	10-Jul-06	5.0	53.4	2623	2.69			
	11-Jul-06	5.4	44.8	3334	1.70			
	11-Jul-06	5.0	51.8	2755	2.27			
	12-Jul-06	4.9	53.7	2598	3.17			
	12-Jul-06	5.2	46.5	3193	4.93			
	22-Sep-06	5.0	57.5	2285	3.26	1.85		
	22-Sep-06	6.8	43.5	3442				
	Average	5.3	49.3	2962	3.08	1.85		

表 4-2-11 FBS 沈殿物緒言

	Place of Sampling	Date of Sampling	IM %-ad	Ash %-ad	GCV kcal/kg-ad	TS %-ad	Size Analysis	Remarks
FBS	1st Pond Settling	15-Jun-06		41.8	3585	3.13		
	1st Pond Settling	7-Aug-06		27.7	4857	1.70		
	1st Pond Settling	22-Sep-06	5.3	48.5	3028			
	1st Pond Settling	22-Sep-06	5.3	44.0	3400			
	1st Pond Settling	22-Sep-06	5.8	45.4	3284			
	1st Pond Drying	15-Jun-06		36.2	4155	1.66		
	1st Pond Drying	21-Jun-06		15.9	5728	0.98		貯炭流入
	1st Pond Drying	1-Aug-06		47.5	3182	2.49		
	Average		5.5	38.4	3902	1.99		

なお、広大な 2 次沈殿池には FBS 炭鉱の坑内水が流入しており選炭用水が不足する事は無い。1 次沈殿池は短く細長い水路状で沈澱容量が少ない。微粉の堆積高に併せて、1 次沈澱池の溢流高を土嚢等で調整すべきであろう。

(3) PT. Tanito Harumu / Sebulu

図 4-2-17 に沈澱池配置図を示す。1～3 次の沈澱池で構成されている。何れの沈澱池も定期的に浚渫され天日乾燥を経て全量が廃棄される。今次調査では全て乾式の整粒操作のみで操業しており廃水発生を見る事はなかった。表 4-2-12 に沈殿物緒言を示す。降雨時、隣接した貯炭場からの石炭の流れ込みのため高発熱量である。

当地ではパイライト硫黄の酸化により酸性水が発生しており石灰乳による中和処理設備が設置されている。写真 4-2-3、写真 4-2-4 にこれを示す。

表 4-2-12 Sebulu 沈殿物緒言

	Place of Sampling	Date of Sampling	IM %-ad	Ash %-ad	GCV kcal/kg-ad	TS %-ad	Size Analysis	Remarks
Sebulu	1st Pond Settling	19-Jun-06		12.7	6470	1.75		



写真 4-2-3 高鉄分・酸性水



写真 4-2-4 中和処理設備

(4) PT. Tanito Harumu / Loa Tebu 1

図 4-2-18 に沈澱池配置図を示す。山中にポンプアップされ、以降高低差で自流する 1~5 次沈殿池と、緊急沈澱池で構成されている。山中の広大な 1 次沈殿池はこれまで浚渫されたことが無く、もっぱら最終の 5 次沈殿池や非常用沈澱池が浚渫されている。当地の廃水にも難沈降性粘土粒子が混在している。2 次沈澱池の溢流口および非常用沈澱池の流入口に凝集剤添加設備が設けられている。表 4-2-13 に廃水処理系統原水を、表 4-2-14 に沈殿物緒言を示す。廃水処理系統原水の 9 月 26 日のデータは図 4-2-19 に示す連続測定により得られたものである。

表 4-2-13 Loa Tebu 1 廃水処理系統原水

	Date of Sampling	IM %-ad	Ash %-ad	GCV kcal/kg-ad	Conc. %	Flow rate m ³ /min	Size Analysis	Remarks
Loa Tebu 1	15-Jun-06		46.2	3038	7.21			
	19-Jun-06		43.2	3287	9.61			
	21-Jun-06		44.6	3171	13.94			
	22-Jun-06		47.9	2896	9.33			
	28-Sep-06 10:30	6.2	29.0	4470	5.22	1.96		
	28-Sep-06 11:30	5.3	40.8	3487	4.97			
	28-Sep-06 13:00	5.6	35.2	3954	6.74			
	28-Sep-06 13:30	6.0	31.8	4237	8.12			
	28-Sep-06 14:30	5.2	42.9	3312	9.02			
Average		5.7	40.2	3539	8.24	1.96		

表 4-2-14 Loa Tebu 1 沈殿物緒言

	Place of Sampling	Date of Sampling	IM %-ad	Ash %-ad	GCV kcal/kg-ad	TS %-ad	Size Analysis	Remarks
Loa Tebu 1	Emg. Pond Drying	15-Jun-06		35.2	4263	0.37		
	Last Pond Drying	15-Jun-06		36.7	4032	0.21		
	Last Pond Drying	1-Aug-06	5.9	59.9	2266	0.20		
	Last Pond Drying	7-Aug-06	5.8	60.4	2237	0.23		
	Average			5.9	48.1	3200	0.25	

(5) PT. Multi Harapan Utama (MHU)

図 4-2-20 に沈澱池配置図を示す。1～3 次の沈澱池で構成されており広大な 1 次沈澱池で大半の固形物が沈澱しているが浚渫の実績はない。表 4-2-15 に廃水処理系統原水を、表 4-2-16 に沈殿物緒言を示す。廃水処理系統原水の 9 月 25 日のデータは図 4-2-21 に示す連続測定により得られたものである。1 次沈殿池へは廃水集水タンクを経て断続的にポンプアップされている。運転の設定が悪いためか、頻繁に On/OFF を繰り返しているのが解る。図 4-2-22 は 12 月に再測定した結果である。運転設定が適正化され頻繁な On/OFF が無くなった。

表 4-2-15 MHU 廃水処理系統原水

	Date of Sampling	IM %-ad	Ash %-ad	GCV kcal/kg-ad	Conc. %	Flow rate m ³ /min	Size Analysis	Remarks
MHU	15-Jun-06		60.4	2954	7.60			
	21-Jun-06		23.2	5110	1.76			
	25-Sep-06 13:00	6.4	23.3	5154	11.40	4.53		
	25-Sep-06 14:00	5.3	45.0	3342	6.64			
	25-Sep-06 15:00	5.6	38.3	3901	9.82			
	25-Sep-06 16:00	5.5	43.2	3492	6.66			
	Average	5.7	38.9	3992	7.31	4.53		

表 4-2-16 MHU 沈殿物緒言

	Place of Sampling	Date of Sampling	IM %-ad	Ash %-ad	GCV kcal/kg-ad	TS %-ad	Size Analysis	Remarks
MHU	1st Pond Drying	15-Jun-06		29.4	4639	0.33		
	1st Pond Drying	7-Aug-06	6.2	26.0	4850	2.96		
	Average		6.2	27.7	4745	1.65		

当地の廃水にも難沈降性粘土粒子が混在しているが凝集剤添加設備はない。当工場の土地は Tanito Harum が所有しており、同社の新露天鉱の開発に伴い 2 次・3 次沈澱池が更に縮小されつつある（写真 4-2-5）。凝集剤添加設備を検討すべきである。



写真 4-2-5 沈澱池の埋立状況

(6) PT. Bukit Baiduri Energy (BBE)

図 4-2-23 に沈澱池配置図を示す。1～6 次の機能的に配置された 6 つの沈澱池で構成され定期的に浚渫されている。1 次沈澱池の沈殿物は粒径も粗く発熱量が高いが大量に山積みされており降雨時の流出が懸念される（写真 4-2-6）。高分子凝集剤の添加設備（写真 4-2-7）も備わっており排出水は農業用水にも利用されている。表 4-2-17 に廃水処理系統原水を、表 4-2-18 に沈殿物緒言を示す。廃水処理系統原水の 9 月 27 日のデータは図 4-2-24 に示す連続測定により得られたものである。



写真 4-2-6 山積みされた浚渫微粉



写真 4-2-7 高分子凝集剤添加設備

表 4-2-17 BBE 廃水処理系統原水

	Date of Sampling	IM %-ad	Ash %-ad	GCV kcal/kg-ad	Conc. %	Flow rate m ³ /min	Size Analysis	Remarks
BBE	20-Jun-06		16.3	5218	6.06			
	23-Jun-06		28.7	4379	3.07			
	27-Sep-06 11:00	6.9	47.8	2493	1.72	4.20		
	27-Sep-06 11:30	7.5	33.9	3578	2.72			
	27-Sep-06 13:30	7.9	33.2	3633	2.55			
	27-Sep-06 14:00	8.0	28.1	4031	2.62			
	27-Sep-06 14:30	5.4	28.4	4008	2.52			
	Average	7.1	33.4	3687	2.53	4.20		

表 4-2-18 BBE 沈殿物緒言

	Place of Sampling	Date of Sampling	IM %-ad	Ash %-ad	GCV kcal/kg-ad	TS %-ad	Size Analysis	Remarks
BBE	1st Pond Drying	16-Jun-06		23.5	4388			
	2nd Pond Drying	16-Jun-06		42.0	2949			
	3rd Pond Drying	16-Jun-06		26.8	4133			
	3rd Pond Drying	2-Aug-06	7.8	39.0	3594	1.01		
	3rd Pond Drying	8-Aug-06	6.7	57.8	2120	0.67		
	Average			7.3	37.8	3437	0.84	

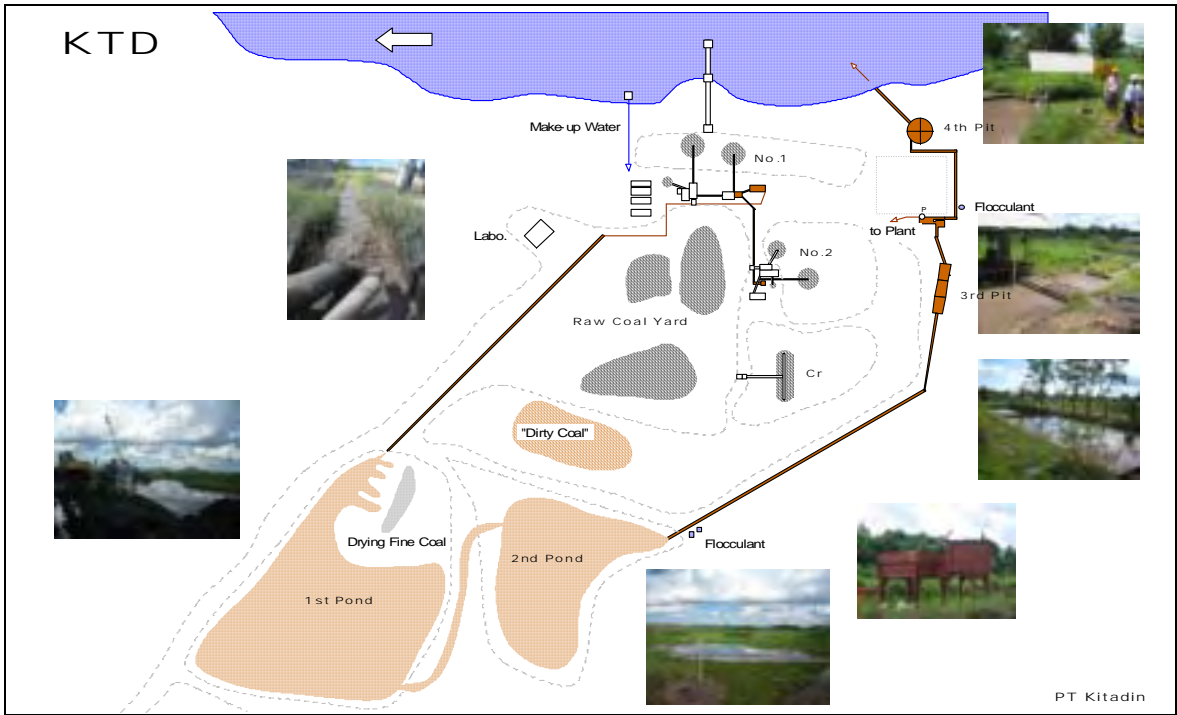


图 4-2-15 Kitadin 沈澱池配置图

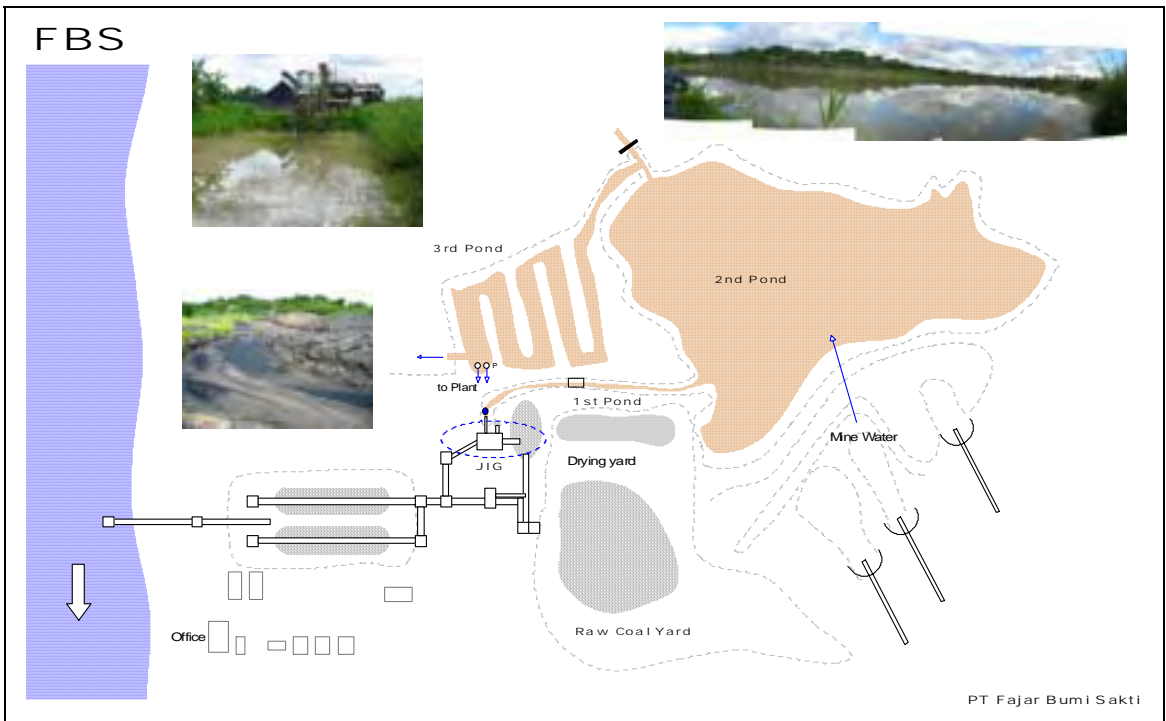


图 4-2-16 FBS 沈澱池配置图

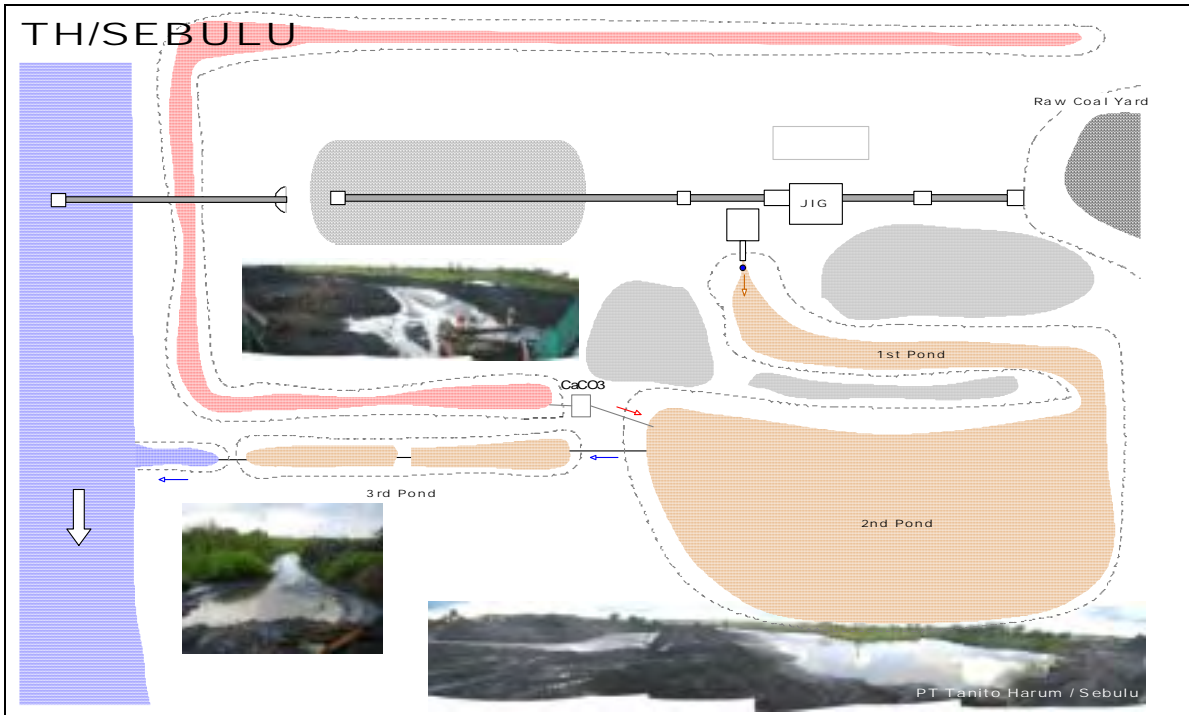


图 4-2-17 Sebulu 沈澱池配置图

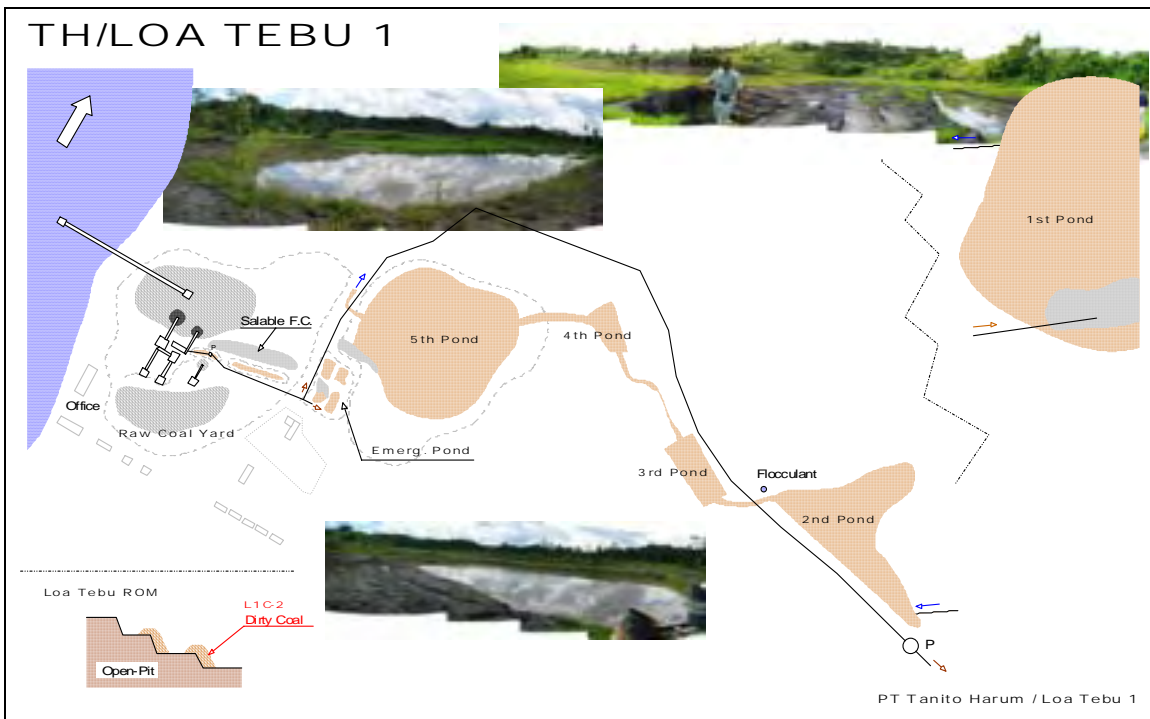


图 4-2-18 Loa Tebu 1 沈澱池配置图

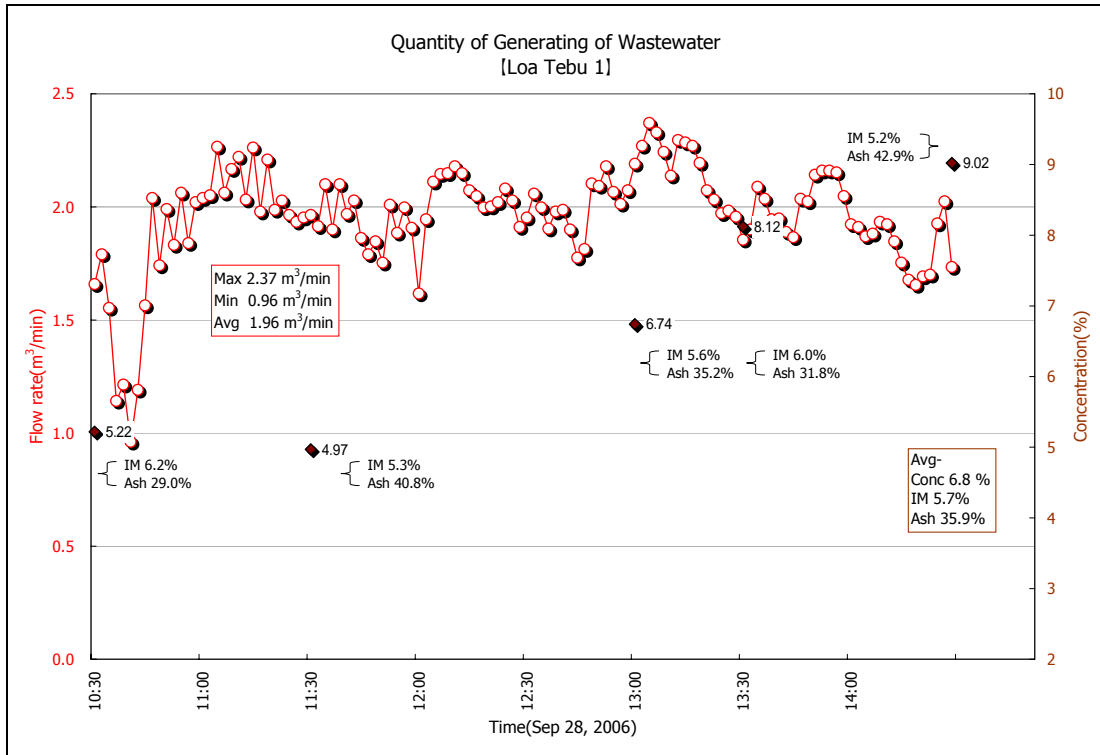


图 4-2-19 Loa Tebu 1 废水发生连续测定

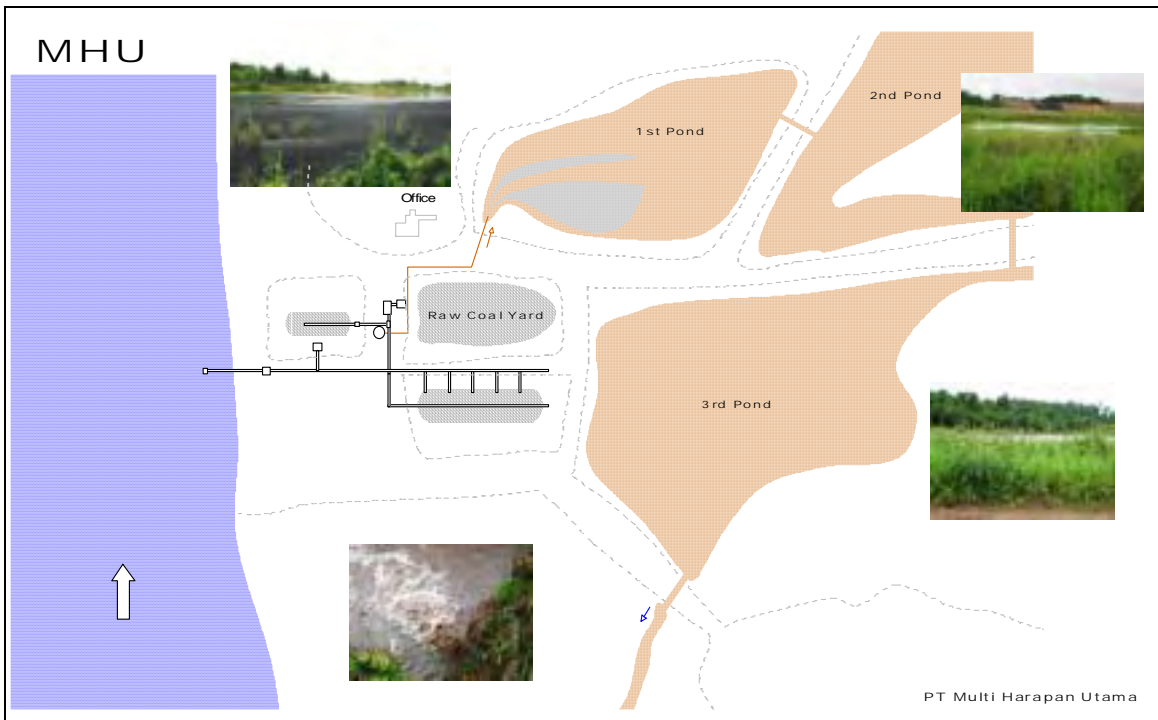


图 4-2-20 MHU 沈澱池配置图

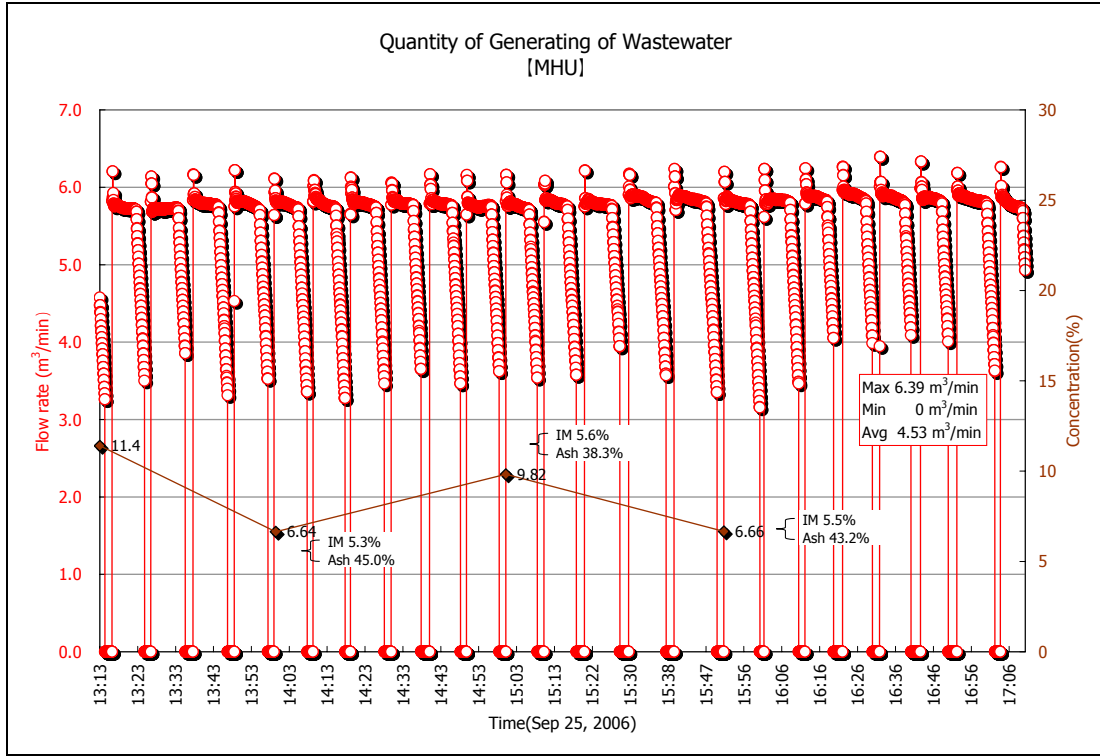


図 4-2-21 MHU 廃水発生連続測定(9月)

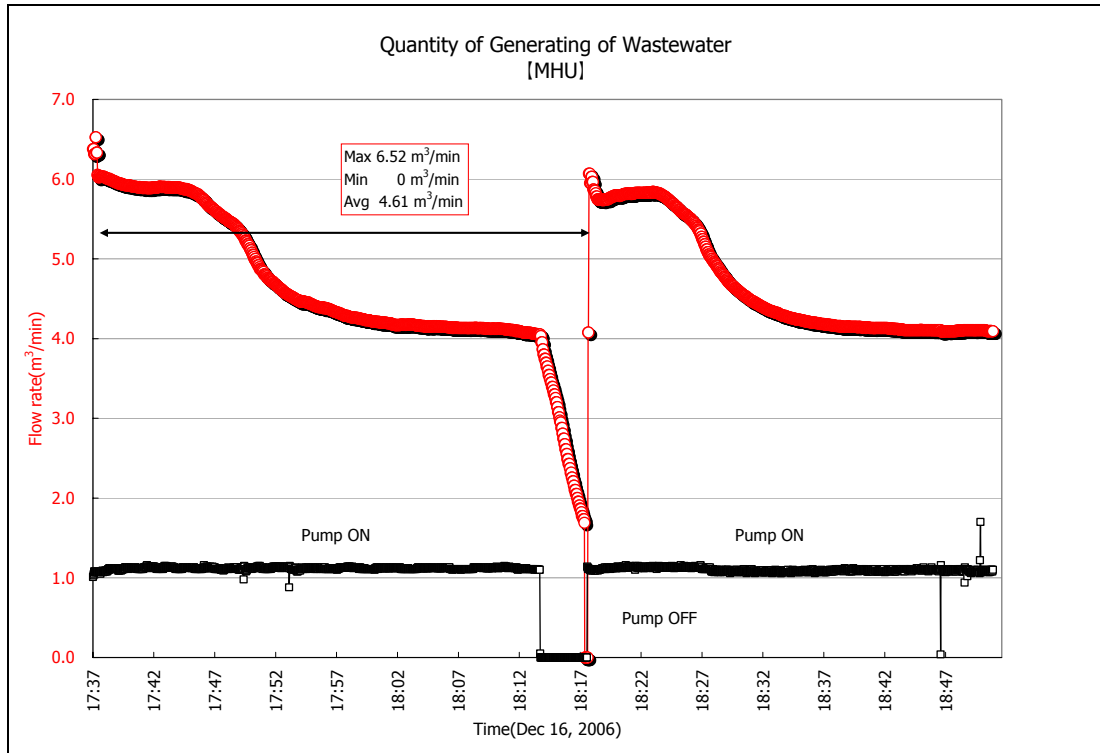


図 4-2-22 MHU 廃水発生連続測定(12月)

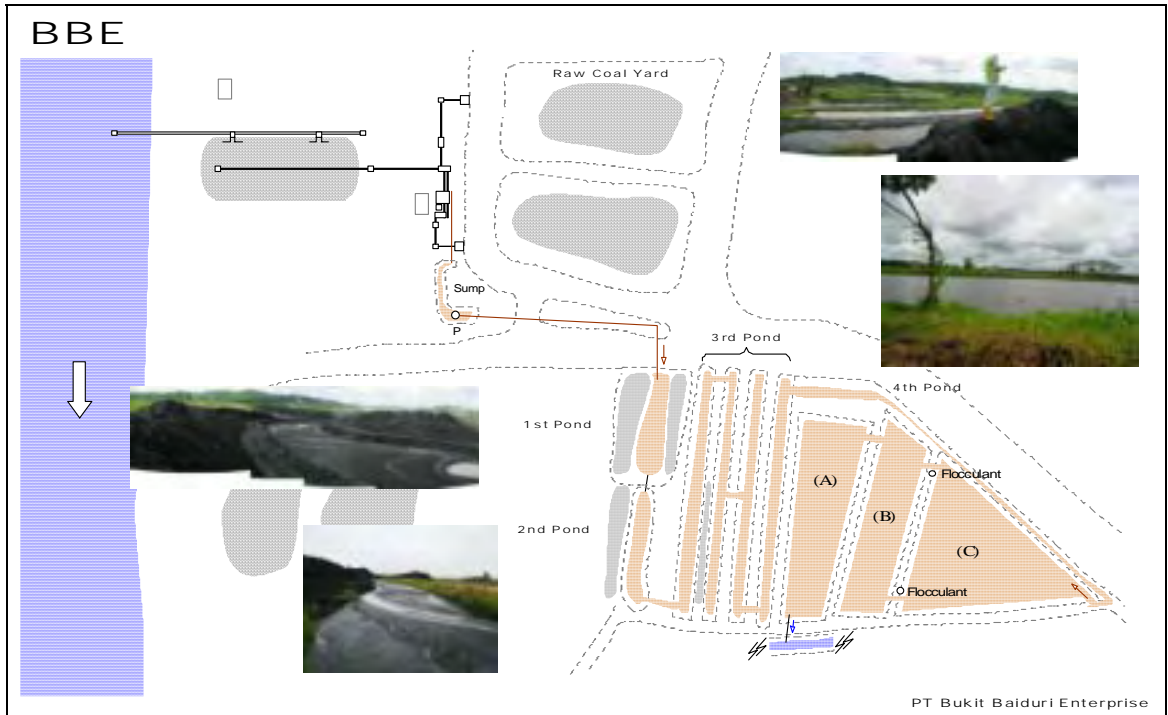


图 4-2-23 BBE 沈澱池配置图

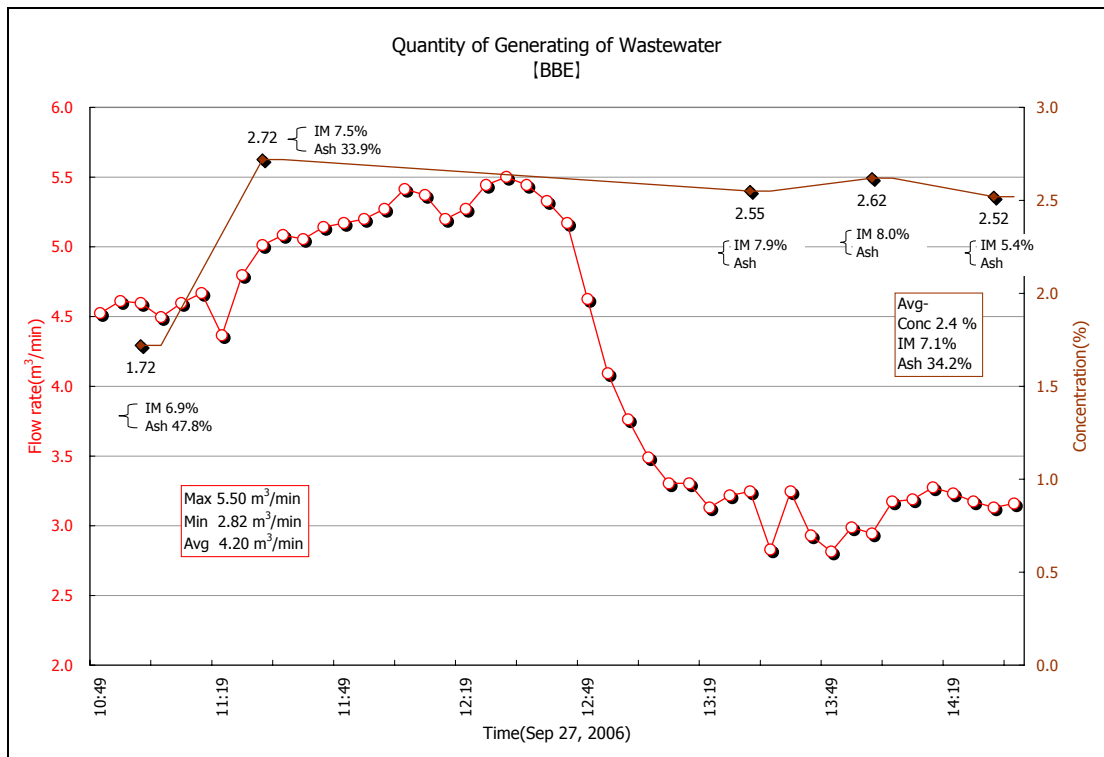


图 4-2-24 BBE 废水发生连续测定

2.4 排水水

(1) 排水水性状 / 非降雨時

表 4-2-19 に排水水一覧（非降雨時）を、表 4-2-20 に廃水サンプリング毎の測定値（非降雨時）を示す。なお、排出基準を超過しているケースがあるため固有名詞は避けて A～F と記載する。

表 4-2-19 排水水一覧（除 降雨時）

Washery	SS mg/l	pH -	Fe ^{ion} mg/l	Mn ^{ion} mg/l	Flow rate m ³ /min		IM %-ad	Ash %-ad	GCV kcal/kg-ad	Remarks
					Measure	Caluc				
A	13,550					2.8	5.6	82.0	331	
B	52	7.95	0.5	<0.5	0.00	0.0	5.0	48.3	3044	Circulating Water
C	358	3.30	>10	<0.5	0.20			64.8	1298	Short Operating time
D	65	6.20	0.5	<0.5	0.18	1.8		62.5	1680	Short Operating time
E	806	6.91	0.5	<0.5	0.021	4.2				Short Operating time
F	88	6.66	0.5	<0.5	2.49	4.1	1.0	66.2	1056	

流量欄の Measure は今次調査の実測値、Caluc は、廃水処理プロセス原水から固形物量を差し引いた計算値である。選炭時期が原炭炭質に左右される外、選炭系統で発生した廃水が、沈澱池を經由して排出されるまでに時間が掛かるため計算値の方が実態を掴んでいると思われる

SS は実測値である。何れの工場でも計算流量の方が実測流量を上回っているため少なめに測定された可能性はあるが、A-Washery、C-Washery、E-Washry 以外は規制値（400mg/l）以内である。Fe イオンは C-Washery 以外は規制値（7mg/l）以内、Mn イオンは全 Washery で規制値（4mg/l）以内である。現在、坑内採掘炭を受け入れているのは A-Washery と B-Washery のみである。両者の大きな違いは、A-Washery には粘土質鉱物が、B-Washery には砂岩質鉱物が含まれていることである。吸水・泥化の性質が無い砂岩質鉱物は SS を高める懸念が少ないことが解る。

連続測定の一例として F-Washery Dec-06 の測定データを図 4-2-23（排出流量）と図 4-2-24（排水水質）に示す。写真 4-2-8 に連続測定機器設置状況を示す。なお、連続測定法や使用した機器類は後述の「技術移転」に詳細を記載する。



写真 4-2-8 連続測定機器設置状況

表 4-2-20 廃水サンプリング毎測定値（非降雨時）

Washery	Date of Sampling	SS mg/l	pH -	Fe ^{ion} mg/l	Mn ^{ion} mg/l	Flow rate m ³ /min		IM %-ad	Ash %-ad	GCV kcal/kg-ad	Remarks	
						Measure	Caluc					
A	Jun-06	16,400					2.8		82.6	468		
	Sep-06	12,600							81.1	339		
		12,800							5.5	82.2		258
		12,400							5.6	82.2		258
	Average	13,550							5.6	82.0		331
B	Jun-06	10	7.40	< 0.3	< 0.5	0.00		5.0	43.2	3466	Circulating Water	
	Sep-06	80	7.80	< 0.3	< 0.5	0.00		5.0	53.4	2623	Circulating Water	
	Dec-06 11:00	67	8.33	0.5	< 0.5	0.00					24H Sampling Circulating Water	
	Dec-06 15:00		8.00	0.5	< 0.5							
	Dec-06 19:00		8.00	0.5	< 0.5							
	Dec-06 23:00		8.00	0.5	< 0.5							
	Dec-06 03:00		8.00	0.5	< 0.5							
	Dec-06 07:00		8.00	0.5	< 0.5							
	Dec-06 11:00		8.00	0.5	< 0.5							
	Average	52	7.95	0.5	< 0.5	0.00	0.0	5.0	48.3	3044	Circulating Water	
C	Jun-06	320	2.80	> 10	< 0.5	0.20					Short Operating time	
	Sep-06 12:00	475	3.80	> 10	< 0.5			64.4	1341			
	Sep-06 12:15	360						61.1	1667			
	Sep-06 12:30	275						69.0	886			
	Average	358	3.30	> 10	< 0.5	0.20		64.8	1298			
D	Jun-06	30	6.20	< 0.3	< 0.5						Short Operating time	
	Jun-06	20	6.20	< 0.3	< 0.5							
	Jun-06	70	6.20	0.5	< 0.5							
	Sep-06	138				0.18		62.5	1680			
	Average	65	6.20	0.5	< 0.5	0.18	1.8	62.5	1680			
E	Jun-06	1,770	6.80	0.5	< 0.5						48H Sampling Short Operating time	
	Jun-06	850	7.00	< 0.3	< 0.5							
	Jun-06	960	6.20	0.5	< 0.5							
	Jun-06	820	6.00	0.5	< 0.5							
	Sep-06	340										
	Dec-06 13:00	98	7.18	0.5	< 0.5	0.021						
	Dec-06 17:00		6.97	< 0.3	< 0.5							
	Dec-06 21:00		6.99	< 0.3	< 0.5							
	Dec-06 01:00		6.99									
	Dec-06 05:00		7.10	0.5	< 0.5							
	Dec-06 09:00		7.32									
	Dec-06 13:00		7.23	0.5	< 0.5							
	Dec-06 17:00		7.10	< 0.3	< 0.5							
	Dec-06 21:00		6.85	< 0.3	< 0.5							
	Dec-06 01:00		6.82	< 0.3	< 0.5							
	Dec-06 05:00		6.97	< 0.3	< 0.5							
	Dec-06 09:00		7.00									
Average	806		6.91	0.5	< 0.5						0.021	4.2
F	Jun-06	20	5.00	0.5	< 0.5						24H Sampling	
	Jun-06	20	5.10	< 0.3	< 0.5							
	Jun-06	20	6.00	< 0.3	< 0.5							
	Sep-06	112				2.28						
	Sep-06	109						1.0	66.2	1056		
	Dec-06 11:00	245	7.20	0.5	< 0.5	2.70						
	Dec-06 15:00		7.46									
	Dec-06 19:00		7.18	0.5	< 0.5							
	Dec-06 23:00		7.30									
	Dec-06 03:00		7.29	0.5	< 0.5							
	Dec-06 07:00		7.39									
Average	88	6.66	0.5	< 0.5	2.49	4.1	1.0	66.2	1056			

(2) 排水性状 / 降雨時

表 4-2-21 に降雨時の廃水サンプリング毎の測定値を示す。また、C-Washery の連続測定結果を図 4-2-25(排出量)および図 4-2-26(水質)に、D-Washery の連続測定結果を図 4-2-27 (排出量) および図 4-2-28 (水質) にそれぞれ示す。

表 4-2-21 廃水サンプリング毎測定値（降雨時）

Washery	Date of Sampling	Rainfall mm/h	SS mg/l	pH -	Fe ^{ion} mg/l	Mn ^{ion} mg/l	Flow rate m ³ /min		IM %-ad	Ash %-ad	GCV kcal/kg-ad	Remarks
							Measure	Caluc				
C	Dec-06 13:00	20	Max 395 Min 17 Avg 30	5.64	5.0	< 0.5	0.75				24H Sampling No-Operating	
	Dec-06 17:00			4.80								
	Dec-06 21:00			3.29	> 10	< 0.5						
	Dec-06 01:00			3.21								
	Dec-06 05:00			3.20	> 10	< 0.5						
	Dec-06 09:00			3.37								
	Average	20	30	3.92	> 10	< 0.5	0.75	0.75				
D	Dec-06 14:00	19	Max 1679 Min 410 Avg 625	5.40	2.0	< 0.5	0.31				24H Sampling	
	Dec-06 18:00			7.00	2.0	< 0.5						
	Dec-06 22:00			6.60	2.0	< 0.5			78.6	339		
	Dec-06 03:00			5.60	2.0	< 0.5			79.7	247		
	Dec-06 07:00			6.80	2.0	< 0.5						
		Average		19	625	6.28		2.0	< 0.5	0.31		> 1.8

C-Washery については、連続測定機器の設置中に降雨となったため雨量の計測は出来なかったが、20mm/h 程度の強さの雨が 20 分間ほど降った感じである。操業していなかったのが当初の排出水量は 0 であったが降雨と共にみるみる増加、1.5m³/min（これも予想値）まで達した。SS も急激に上昇、395mg/l に達したが雨が止んだ途端に低下した。一方、pH は減少を続け、約 18 時間後には 3.20 に達したがこの時点では貯まった雨も無くなり排出は止まっていた。D-Washery については、連続測定機器の設置直後に降雨となり降雨の影響を計測する事が出来た。19mm/h 強さの雨が 30 分間程降った。降雨直前の排出水量は 0 であったが、これが降雨と共にみるみる増加、0.44m³/min まで達した。排出水量は雨が止むと共に急激に低下はしたものの、その後は徐々に増加に転じ、減少に転じたのは降雨から 17 時間後であった。SS も急激に上昇、1679mg/l に達し雨が止んだあと一旦低下、その後は徐々に増加した。増加途中で計測を止めたため、いつ減少に転じたかは不明であるが、少なくとも降雨から 20 時間程度は高い値が続くようである。

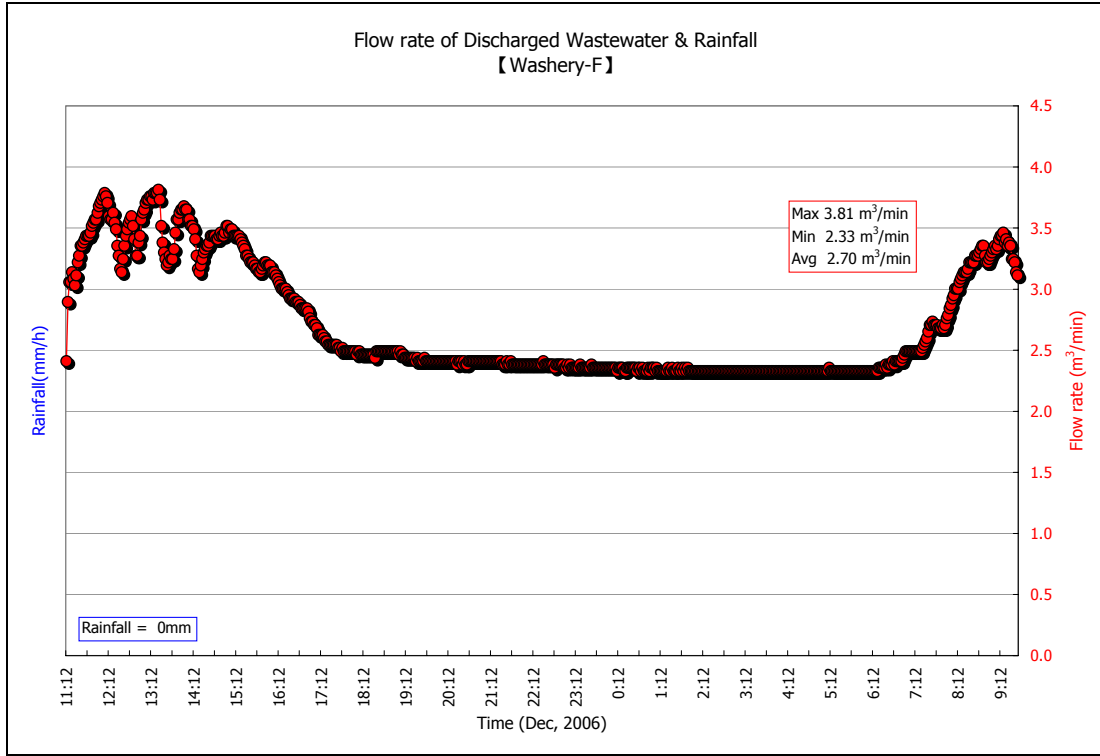


図 4-2-23 F-Washery 排出流量連続測定

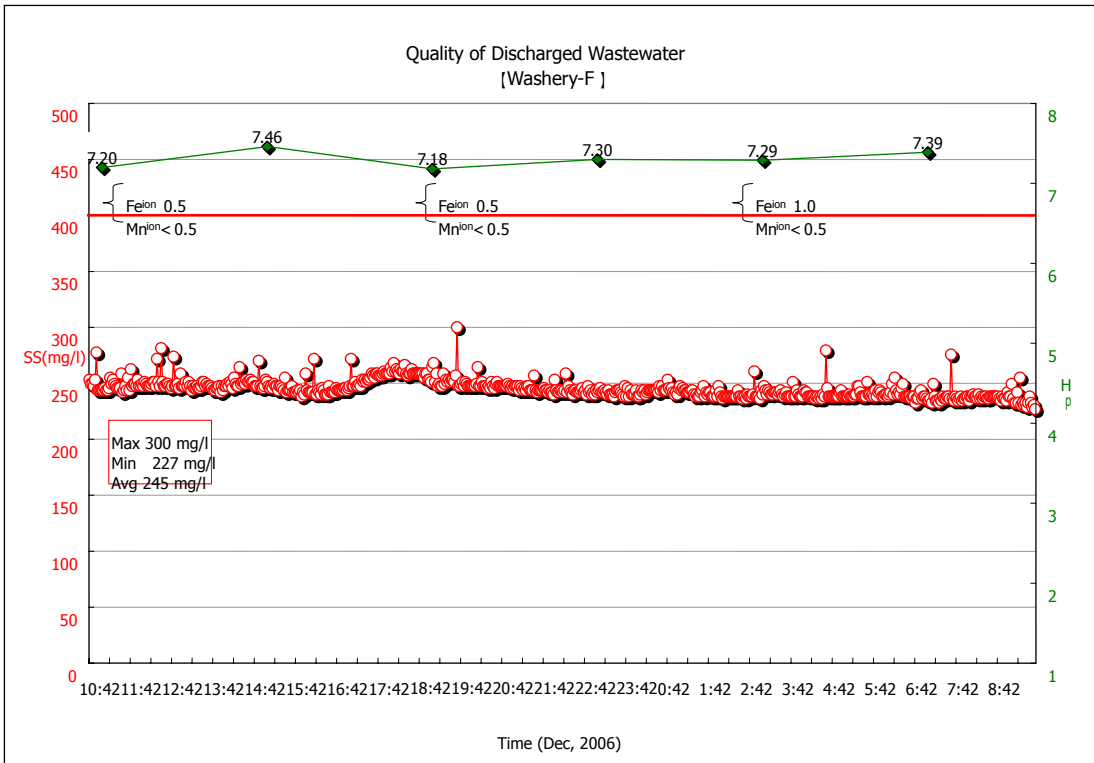


図 4-2-24 F-Washery 排出水質連続測定

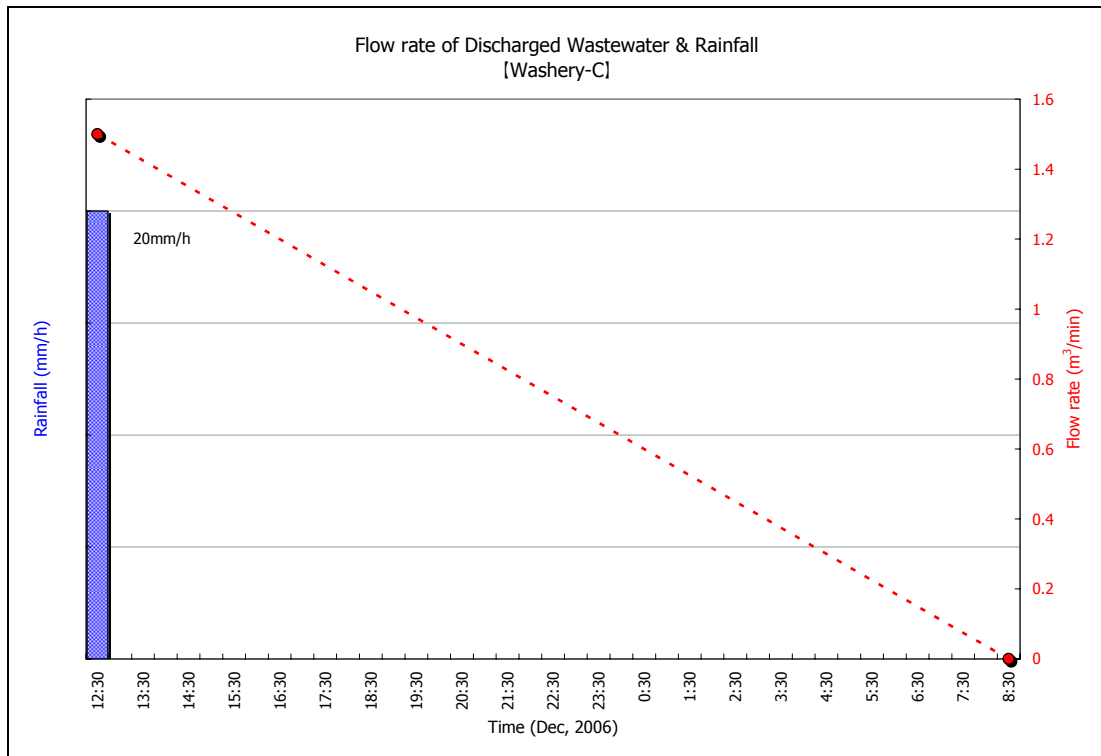


圖 4-2-25 C-Washery 排出流量連續測定

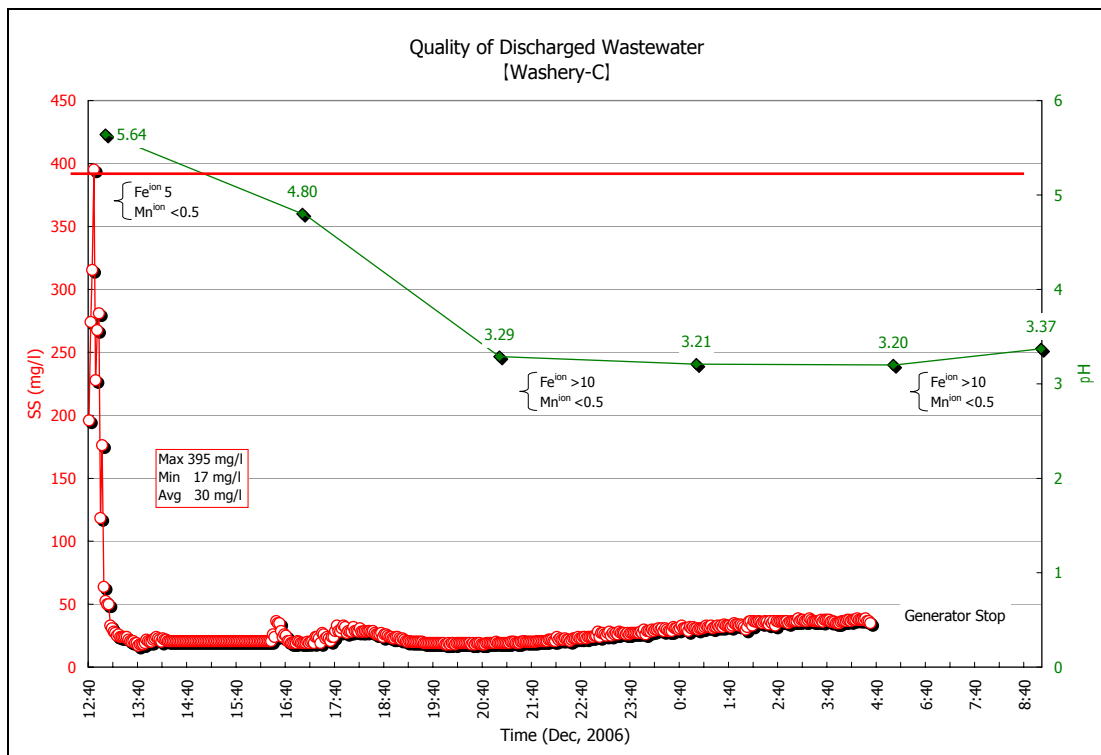


圖 4-2-26 C-Washery 排水質連續測定

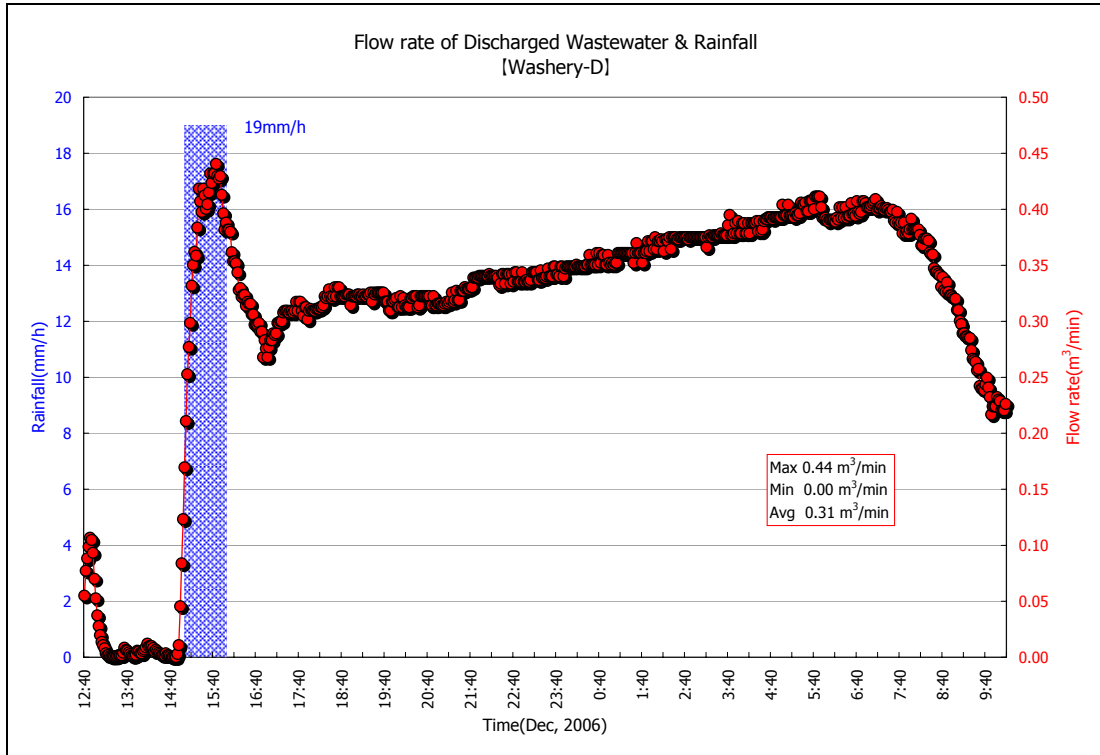


圖 4-2-27 D-Washery 排出流量連續測定

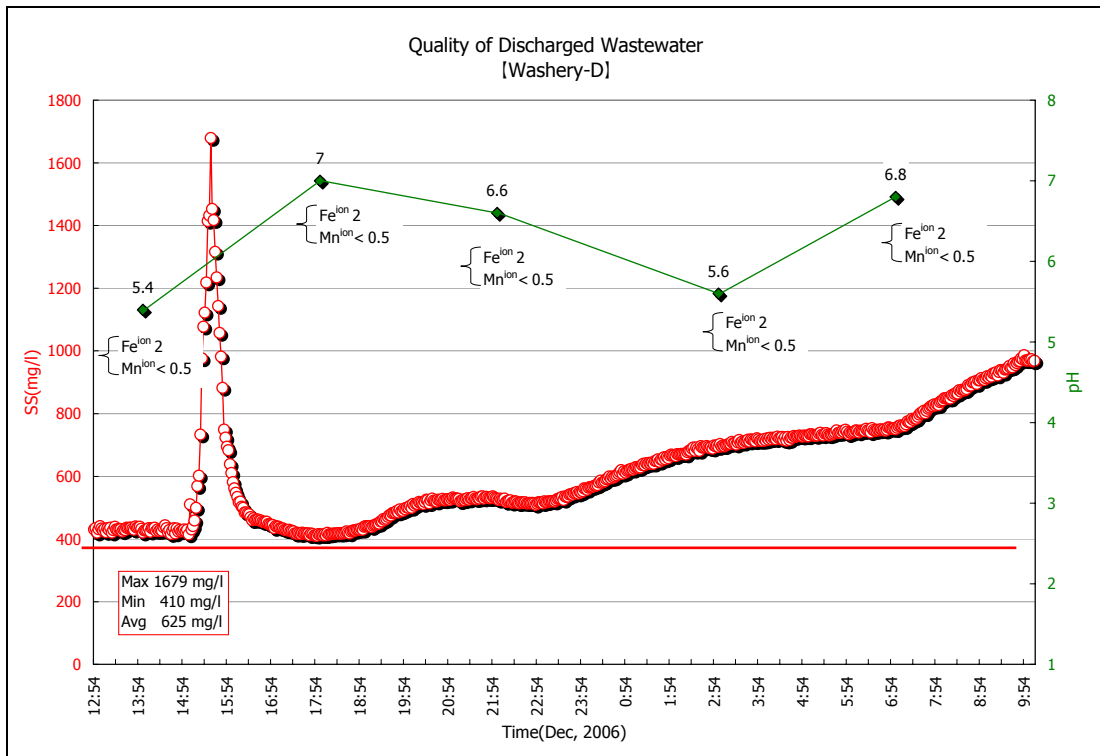


圖 4-2-28 D-Washery 排出水質連續測定

(3) マハカム川への固形物年間排出予測量

表 4-2-22 にマハカム川への固形物年間排出予測量（非降雨時）を示す。実測 SS に計算流量と稼働時間（16 時間/日×300 日/年）を乗じて求めたものである。

表 4-2-22 固形物年間排出予測量（非降雨時）

Washery	SS mg/l	Flow rate m ³ /min		Operating Time			Discharged Solid t/y	Remarks
		Measure	Caluc	h/day	d/y	min/y		
A	13,550		2.8	16	300	288,000	10,920	Under-Ground
B	52	0.00	0.0				0	Under-Ground
C	358	0.20						
D	65	0.18	1.8				30	
E	806	0.021	4.2				970	
F	88	2.49	4.1				100	
Total							12,020	

図 4-2-29 はサマリダ空港が測定している同市の降雨量（1999 年）であり、どれ位の強さ（mm/h）の雨が 1 年間に何時間降ったかを示している。どれ程の雨量で、どれ程の量の堆積物が廃水に紛れ込んで排出されるか不明であるが、20mm/h の強さの雨が降る場合に影響が出ると仮定する。当地は 10 分～20 分等の短時間で土砂降りの雨が降る。20mm/h の降雨が 10 分間降り続いた場合、空港の雨量計は 3.3mm/h を記録する。そこで、3.3mm/h 以上の降雨時間、即ち 105 時間/年を降雨により高 SS が排出される年間時間数とする。

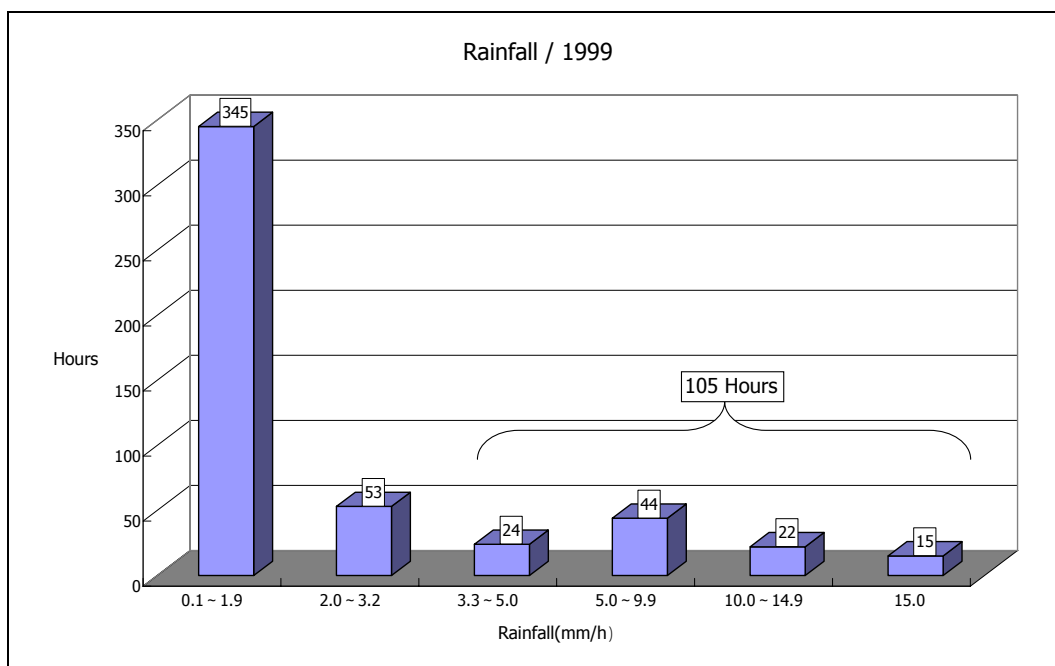


図 4-2-29 サマリダ市降雨量（1999 年）

表 4-2-23 に降雨時に追加となるマハカム川への固形物年間排出予測を示す。降雨時の最高 SS に計算流量と影響時間（105 時間/年）を乗じて求めたものである。

表 4-2-23 追加固形物年間排出予測（降雨時）

Washery	SS mg/l	Flow rate m ³ /min		Discharge time		Discharged Solid t/y	Remarks
		Measure	Caluc	h/y	min/y		
A				105	6,360		
B							
C	395	1.50				3	
D	1,679	0.44	1.8			19	
E							
F							
Total						22	

上表中、計算に使用した流量は C-Washery が降雨時の実測値（但し測定器設置前につき推測値）、D-Washery が非降雨時の排出予測に使用した計算値である。

D-Washery の実測値 0.44m³/min は選炭工場（含 廃水処理プロセス）の広大な敷地面積に比べると余りにも小さ過ぎる流量である。非降雨時の廃水は最終放流口 1 箇所に集約されているとしても、降雨時には工場の随所から貯留許容量を超えた雨が堆積微粉を巻き込んで選炭工場の境界を越えているものと推察される。

2.5 その他

(1) 高硫黄炭の選炭による脱硫効果

高硫黄炭が選炭されないまま製品化されている。これを選炭した場合の脱硫効果を Sebulu 炭と BBE 炭で試算した。表 4-2-24 にこれを示す。

表 4-2-24 高硫黄炭の選炭による脱硫効果

[Sebulu]					Σ			
	Product / un-washed 19-Jun-06				Wt%	Ash%	TS%	GCV
	Wt%	Ash%	TS%	GCV				
-1.2	0.19	5.8	1.76	7189	0.19	5.8	1.76	7189
1.2 - 1.3	39.86	3.0	1.98	7380	40.05	3.0	1.98	7379
1.3 - 1.4	52.36	7.0	2.56	6942	92.41	5.3	2.31	7131
1.4 - 1.5	3.52	19.2	3.41	5766	95.93	5.8	2.35	7081
1.5 - 1.6	1.75	28.5	5.40	4961	97.68	6.2	2.40	7043
1.6 - 1.8	1.58	43.5	4.98	3498	99.26	6.8	2.44	6987
1.8 - 2.0	0.54	59.7	4.41	1893	99.80	7.1	2.45	6959
+2.0	0.20	62.2	22.47	1390	100.00	7.2	2.49	6948
Total	100.00	7.2	2.49	6948				

[BBE]					Σ			
	Product / un-washed 16-Jun-06				Wt%	Ash%	TS%	GCV
	Wt%	Ash%	TS%	GCV				
-1.2	1.39	3.3	0.42	5968	1.39	3.3	0.42	5968
1.2 - 1.3	86.10	3.5	0.58	5506	87.49	3.5	0.58	5513
1.3 - 1.4	7.92	9.0	0.70	4964	95.41	4.0	0.59	5468
1.4 - 1.5	2.66	19.1	0.81	4388	98.07	4.4	0.59	5438
1.5 - 1.6	1.13	28.4	1.02	3797	99.20	4.6	0.60	5420
1.6 - 1.8	0.62	39.1	1.94	2712	99.82	4.9	0.61	5403
1.8 - 2.0	0.12	48.2	3.00	1764	99.94	4.9	0.61	5399
+2.0	0.06	58.7	12.07	1662	100.00	4.9	0.62	5396
Total	100.00	4.9	0.62	5396				

比重 2.0 以上の粒子の硫黄分は Sebulu で 22.47%、BBE で 12.07% と極めて高い。ただ、選炭採炭を実施している現状では、このような高比重粒子の介在は極めて少なく選炭効果は薄い事が解った。今後、坑内採掘比率の増加に伴って、現状のような選炭採炭は困難となり選炭による脱硫効果がより顕著になるう。

(2) 廃棄石炭 (Dirty Coal) の選炭による品質向上効果

現在、Kitadin のみがこれをジグ選別している。表 4-2-25 に各所で採取した廃棄石炭の性状と、ジグ選別した場合の精炭の性状を示す。2000kcal/kg にも満たない低品位炭からも 4300kcal/kg の精炭が 37% の歩留で回収可能である。また、FBS、Loa Tebu 1-(2)、Loa Tebu 1-(3) の選別結果には脱硫効果も現れている。

表 4-2-25 廃棄石炭の選炭による品質向上効果

Sp.Gr=1.8

[Kitadin/Stock Yard of Washery]				Wt%	Ash	TS	GCV	
Dirty Coal	Ash (%-ad)	TS (%-ad)	GCV (kcal/kg)	Clean Coal	93.49	13.2	0.38	4978
	16.9	0.43	4725	Reject	6.51	69.9	1.19	1083
[FBS/Open Pit]				Wt%	Ash	TS	GCV	
Dirty Coal	Ash (%-ad)	TS (%-ad)	GCV (kcal/kg)	Clean Coal	38.06	17.8	0.46	5448
	51.3	0.90	2470	Reject	61.94	72.0	1.17	640
[Loa Tebu 1 (1)/Open Pit]				Wt%	Ash	TS	GCV	
Dirty Coal	Ash (%-ad)	TS (%-ad)	GCV (kcal/kg)	Clean Coal	37.03	26.2	1.02	4322
	54.0	1.17	1939	Reject	62.97	70.3	1.25	538
[Loa Tebu 1 (2)/Open Pit/Bottom]				Wt%	Ash	TS	GCV	
Dirty Coal	Ash (%-ad)	TS (%-ad)	GCV (kcal/kg)	Clean Coal	85.45	2.9	0.43	6350
	13.8	0.62	5496	Reject	14.55	77.7	1.74	477
[Loa Tebu 1 (3)/Open Pit/Bottom]				Wt%	Ash	TS	GCV	
Dirty Coal	Ash (%-ad)	TS (%-ad)	GCV (kcal/kg)	Clean Coal	69.24	20.2	0.63	4973
	33.7	1.07	3756	Reject	30.76	64.3	2.06	1017
[BBE (1)/Open +10mm]				Wt%	Ash	TS	GCV	
Dirty Coal	Ash (%-ad)	TS (%-ad)	GCV (kcal/kg)	Clean Coal	88.40	18.2	3.03	4801
	24.8	3.01	4339	Reject	11.60	75.0	2.88	816
[BBE (2)/Open -10mm]				Wt%	Ash	TS	GCV	
Dirty Coal	Ash (%-ad)	TS (%-ad)	GCV (kcal/kg)	Clean Coal	86.68	21.2	3.20	4965
	26.4	3.32	4442	Reject	13.32	60.2	4.09	1036

3. 発生量・品位と将来予測

3.1 石炭スラッジ

(1) 石炭スラッジとは

選炭工場でのセトリングpond(沈澱池)等の廃水処理設備から発生する高水分の微粉炭(通常、粒径1mm以下)を一般に石炭スラッジと呼ぶ。湿分が高いため、ハンドリング上の問題があって、商品価値が無く採掘現場に投棄、又は選炭工場周辺に野積みされ、降雨時に流出し、環境汚染源の一つになっている。



写真 4-3-1 セットリングポンドに野積みされている微粉炭



写真 4-3-2 セットリングポンドで微粉炭回収作業

(2) 発生量

この調査での調査対象である5炭鉱での発生量並びに将来予測量は表4-2-1の通り。炭鉱はその時の石炭市場価格により、経済的な可採埋蔵量から炭鉱の稼働年数(寿命)が決まってくる。現在稼働中の炭鉱はPt. Kitadinを除いて、それぞれ、マハカム川周辺に次期の新規開発炭鉱計画を有している。従い、現在の炭鉱を終掘しても、品質を維持するために選炭計画を持っており、その石炭を既存の選炭工場で選炭するか、選炭工場を新鉱区に移転するか、新規に選炭工場を建設するかのケースが考えられる。その結果、下表に示すよう、今後40年間の予測では年間30万トンの石炭スラッジが発生するものと思われる。

表 4-3-1 石炭スラッジの2005年の実績と予想発生量

Name of Coal Mine	Production	Fine Coal Ratio (%)	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045
Pt. Kitadin	Production (New Mine)		1,625								
	Non marketable Fine Coal	7.4	120								
Pt.F.B.S	Production (New Mine)		278	600	600						
	Non marketable Fine Coal	3.4	9	57	20	600	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Pt.Tanito	Production (New Mine)	(9.2)	3,222	3,000	3,000						
	Non marketable Fine Coal	4.6	148	138	138	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
Pt. M.H.U	Production (New Mine)		896	2,000							
	Non marketable Fine Coal	5.0	45	100	100	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
Pt. B.B.E	Production (New Mine)		1,670	2,000							
	Non marketable Fine Coal	2.6	43	52	52	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
Total			366	347	310	264	278	278	278	278	278

The quantity of non marketable fine coal is based on the ratio measured on this study and shown in Table 1.2.-6. The production is predicted by the study team.

また、この5炭鉱以外にも将来選炭工場の新設計画を持っている炭鉱もあるので、この量は更に増加する事も考えられる。

(3) 品位

石炭スラッジの品位は炭鉱、採掘箇所によって異なり、発熱量、灰分、S分含有量は著しく変動する。今回サンプル採集により、実測したデータを後述する廃棄石炭と共にその変動の様子を図4-3-5に、微粉炭と廃棄石炭の発熱量の変動、図4-3-6、微粉炭と廃棄石炭の灰分の変動、図4-3-7、微粉炭と廃棄石炭の硫黄分の変動、に示している。この中の石炭スラッジを表4-3-2にまとめる。

表 4-3-2 石炭スラッジの平均品位

	平均	変動幅(1)
発熱量 (As Received Base)	2,929 kcal/kg	860 kcal/kg
発熱量 (Air Dry Base)	4,269	1,253 kcal/kg
全水分	36.2%	3.0%
灰分 (Air Dry base)	33.3 %	14.9 %
全硫黄分 (Air Dry Base)	1.35 %	1.1 %

(4) 粒度分布

微粉炭の粒度は各炭鉱の選炭プロセス、廃水処理方法によって異なる。図4-3-1はサンプル毎の粒度分布を示している。+1,000 μ m(1mm)は最大でも 3,000 μ m(3mm)である。また図4-3-2はこのサンプルの平均粒度分布を示している。

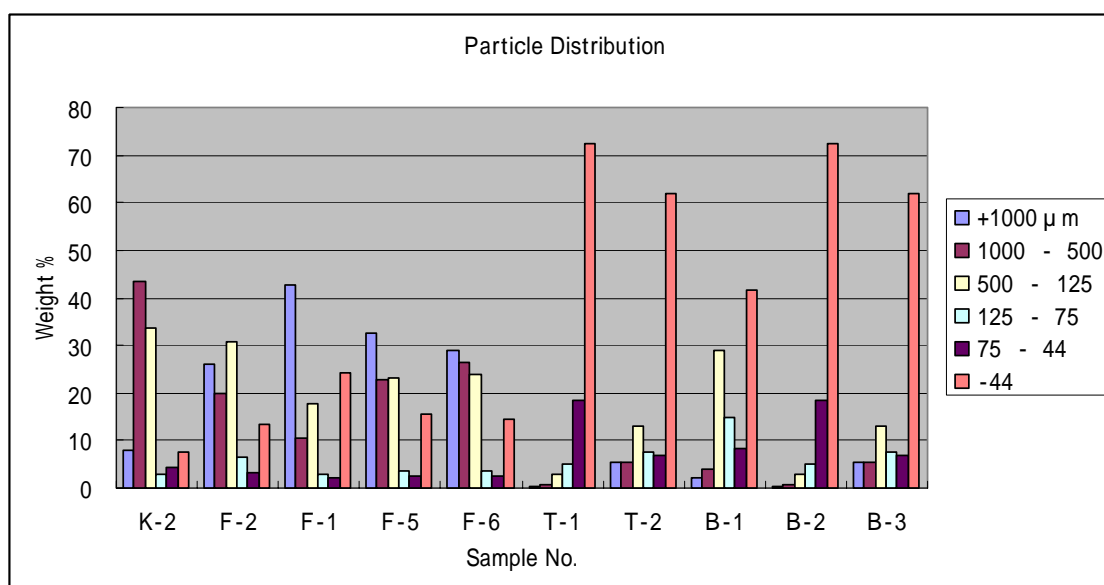


図 4-3-2 石炭スラッジの粒度分布

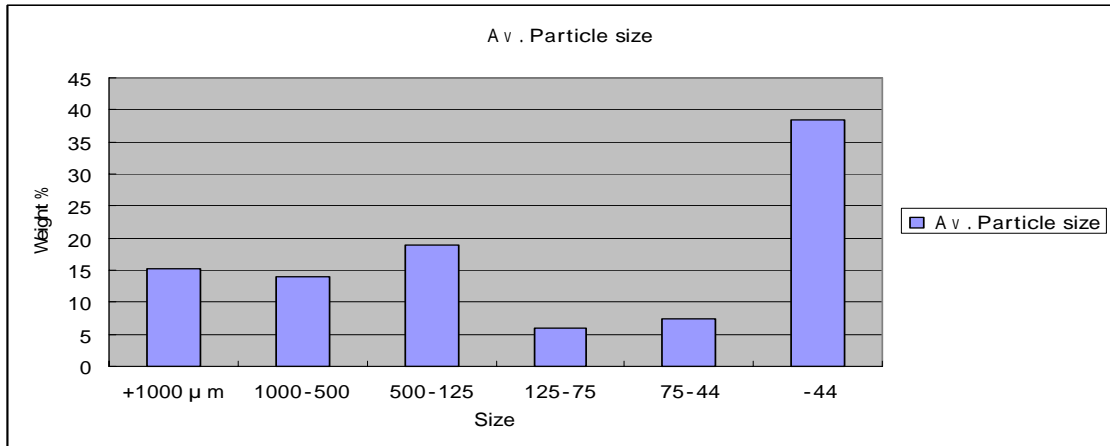


図 4-3-2 石炭スラッジの平均粒度

3.2 廃棄石炭

(1) 廃棄石炭とは

今回の調査から炭鉱活動における新たな環境汚染源で、且つ燃料として利用可能な廃棄物として、廃棄石炭が顕在化してきた。これは現場では通称 Dirty Coal と呼ばれる石炭を含んだ廃棄物である。この廃棄石炭は特に選炭工場を持たない露天掘り炭鉱において発生しているもので、炭層を採掘する場合、出荷する石炭の品質を維持するために、炭層の上・下盤、及び炭層内部のハサミと呼ばれる粘土層等の石炭以外の岩脈層の上・下約 5～10cm 程、クリーニングと称して商品炭から除外している。一般にこの廃棄石炭は高灰分、高硫黄分であり、採掘現場に投棄されている。特に高硫黄分の廃棄石炭は、降雨時、酸性水として流出することになり、周辺の土壌を酸化させ、採掘終了時の緑化に影響を与えている。また、炭鉱区域外にも流出し、周辺に環境汚染問題を発生させている。



写真 4-3-3 炭層上部のクリーニング作業中、上部の廃棄石炭を除去



写真 4-3-4 炭層との境界を示す。この上部の 5～10cm 位が廃棄石炭となる

(2) 廃棄石炭の発生量

発生量は稼行炭層の層厚、ハサミの有無により変わってくるが、出炭量の5%位がすべての露天掘り炭鉱で発生している。この調査では選炭工場を有している5炭鉱以外に、数カ所の炭鉱を調査、サンプル採集と発生量の確認をした。表4-3-3はマハカム川周辺の炭鉱の出炭量を示している。また、表中の黄色い部分の炭鉱は本調査を実施した炭鉱を示す。2005年のこの周辺の出炭量は24,747,000トンであるから、この5%に相当する124万トン程度、廃棄石炭が1年間で発生していることになる。また、将来のこの地域の出炭量はインドネシア全体で今後とも生産量は堅調に推移する見通しであり、この地域での生産量も増加傾向にある。

表 4-3-3 マハカム川周辺にある炭鉱の出炭量

(1,000t/y)				
No	Company	Licence	Production	
			2004	2005
1	Anugrah Bara Kaltim, PT	KP	3,413	3,395
2	Bina Mitra Sumberarta, PT	KP		169
3	Bukit Baiduri Energi, PT	KP	1,430	1,690
4	Fajar Bumi Sakti, PT	KP	2,113	328
5	Gunung Bayan Pratama Coal, PT	PKP2B, 2nd Generation	3,360	4,330
6	Jembayan Muarabara	KP		1,050
7	Kartika Selabumi Mining, PT	PKP2B, 2nd Generation	736	1,035
8	Kimco Armindo, PT	KP		963
9	Kitadin Corporation			1,604
10	Lanna Harita Indonesia, PT	PKP2B, 3rd Generation	1,700	1,887
11	Mahakam Sumber Jaya, PT	PKP2B, 3rd Generation		2,304
12	Mandiri Intiperkasa, PT	PKP2B, 2nd Generation	602	1,082
13	Multi Harapan Utama, PT	PKP2B, 1st Generation	1,521	897
14	Tanito Harum, PT	PKP2B, 1st Generation	2,256	2,403
15	Trubaindo Coal Mining, PT	PKP2B, 1st Generation		1,610
Total			17,131	24,747
Total production in Indonesia			129,835	153,464
Shear (%)			13.2	16.1

Mineral, Coal and Geothermal Statics 2006, by Ministry of Energy and Mineral Resources

(3) 品位

廃棄石炭の品位は石炭スラッジと同様、灰分の変動は大きいですが、湿分は天候条件を除くと安定している。表4-3-4に廃棄石炭の平均品位を示している。

表 4-3-4 廃棄石炭の平均品位

	平均	変動幅(1)
発熱量 (As received Base)	3,840 kcal/kg	1,278 kcal/kg
発熱量 (Air Dry Base)	4,053 kcal/kg	1,349 kcal/kg
全水分	12 %	2 %
灰分 (Air Dry base)	30.2 %	16.5 %
全硫黄分 (Air Dry Base)	0.97 %	1.0 %

(4) 粒度分布

ダーティコールの粒度は図 4-3-3 に示す様に、採掘された石炭と同様、粒度分布幅が広い。特に最大粒径については利用する場合、重要となる。このサンプルの場合、量は少ないが、最大 300mm 程度が存在している。

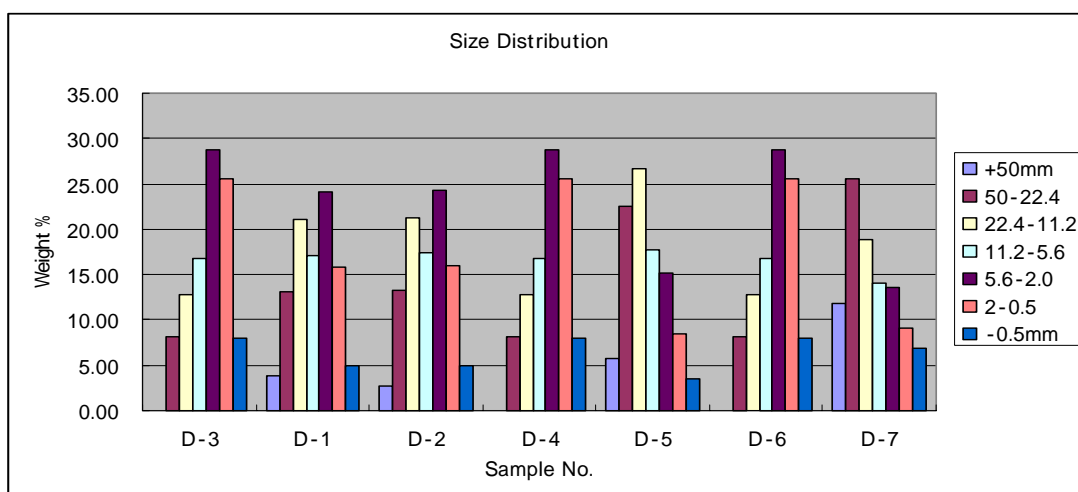


図 4-3-3 廃棄石炭の粒度分布

図 4-3-4 は平均粒度分布を示す。10mm 以上は約 40%存在している。

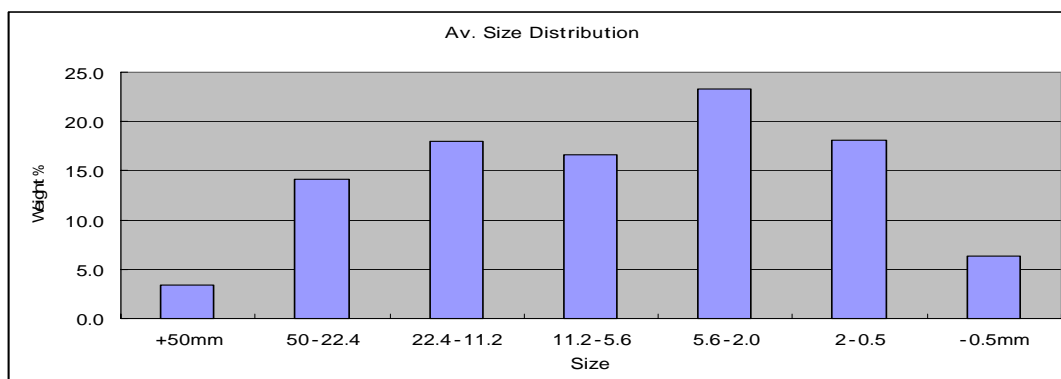


図 4-3-4 廃棄石炭の平均粒度分布

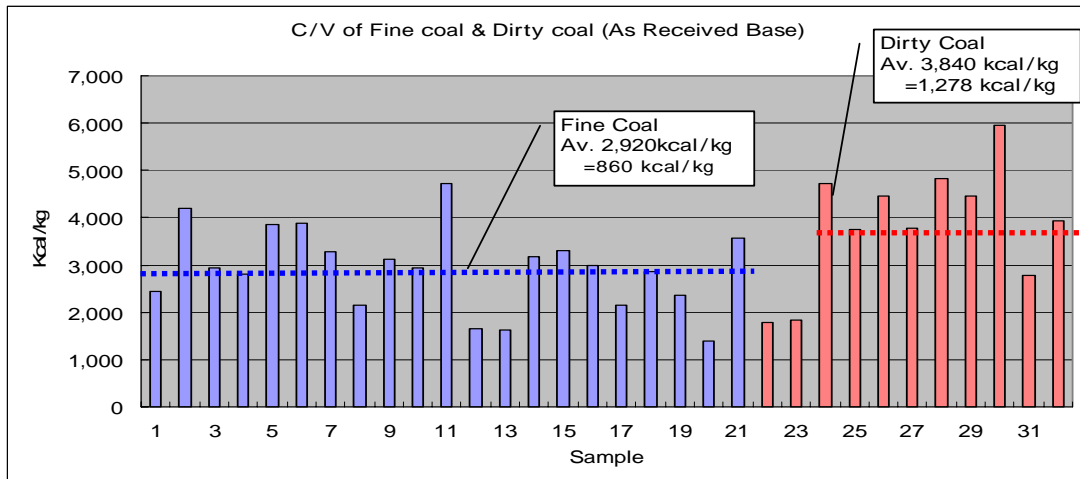


図 4-3-5 微粉炭と廃棄石炭の発熱量の変動

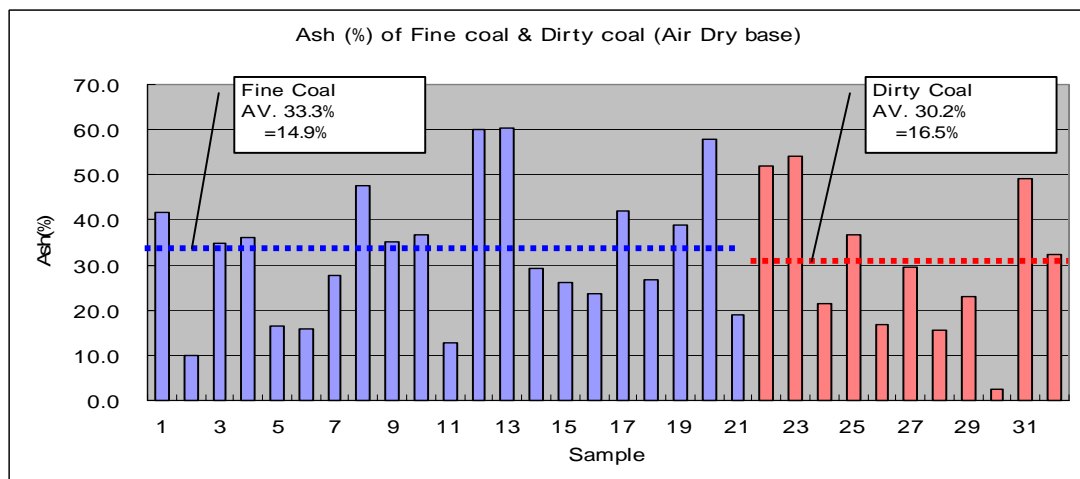


図 4-3-6 微粉炭と廃棄石炭の灰分の変動

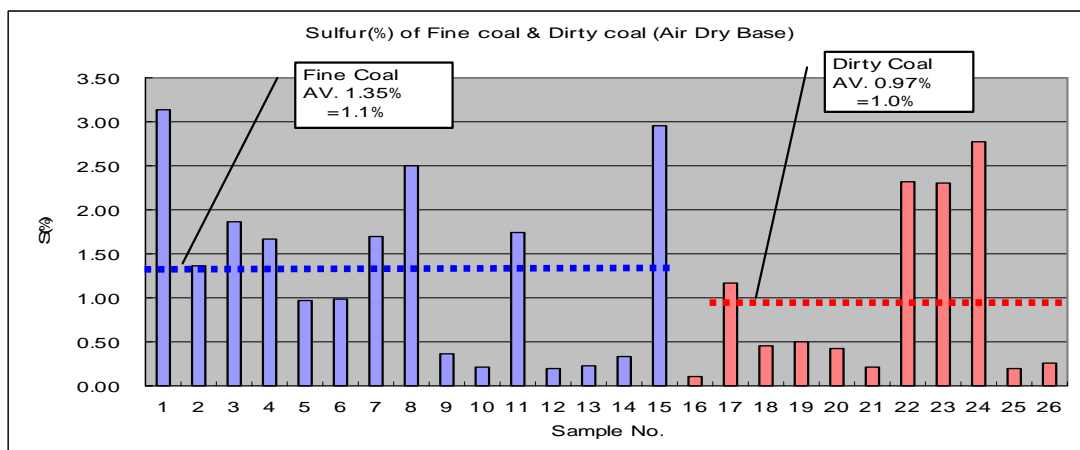


図 4-3-7 微粉炭と廃棄石炭の硫黄分の変動

4. 外注分析内容

当調査では廃水モニタリングおよび選炭プロセスに関し諸特性値の分析業務をローカルコンサルタントに外注した。

4.1 廃水モニタリング関係

表 4-4-1 に廃水モニタリングに関する分析項目を示す。粒度分析、工業分析（水分・灰分・揮発分・固定炭素）、発熱量、全硫黄、灰組成が分析項目である。なお、排出水の TSS は持参した機器を使って自前分析した。pH は現場測定が基本のため持参した pH 計で自前分析した。Fe、Mn についても採水試料の保管（酸処理等）が困難なため持参した簡易測定器具で自前分析した。これら持参した器具は東カリマンタン州鉱物資源・エネルギー局（Dinas Pertambangan dan Energi）の分析室にそのまま残しており、カウンターパート自らの手で何時でも分析可能な体制になっている。なお、これら機材の詳細は、第 6 章「技術移転」を参照されたし。

表 4-4-1 分析項目/廃水モニタリング関係

Particle Size Analysis	Sizing (6 fractions)	
	+1000(μm), -600, -150, -75, -45, -45	
	Sample after Sizing	IM of every above Size Fraction
		Ash of every above Size Fraction
Total Sulfur every above Size Fraction		
Coal Analysis	Heat Value	
	Proximate Analysis	IM
		Ash
		VM
		FC
Ash Analysis		
Total Sulfur		

4.2 選炭プロセス関係

表 4-4-2 に選炭プロセスに関する分析項目を示す。工業分析（水分・灰分・揮発分・固定炭素）、発熱量、全硫黄、粉碎性、灰溶融性、灰組成、粒度分析、浮沈試験が分析項目である。浮沈試験（Float & Sink Test : F/S Test）とは、石炭を比重別に分け各比重区分の重量・灰分・硫黄分を測定する試験である。これによりジグ等の比重選別機の選別実態が明らかになる。また、仮にジグを導入した場合に如何なる産物が得られるかを高い精度で予測可能でもある。

表 4-4-2 分析項目/選炭プロセス

Coal Analysis	Prox. Analysis	IM
		Ash
		VM
	Heat Value	
	Total Sulfur	
	Hardgrove Index	
	Ash Fusion Temp.	
Ash Analysis		
Particle Size Analysis	Sizing (6 fractions)	
	+1000(μm), ~ 600, ~ 150, ~ 75, ~ 45, -45	
	Sizing (8 fractions)	
	+100(mm), ~ 50, ~ 25, ~ 10, ~ 5, ~ 2, ~ 0.5, -0.5	
	Sample after Sizing	Ash of every above Size Fraction
		Heat Value of every above Size Fraction
Total Sulfur of every above Size Fraction		
F/S Test of every above Size Fraction	F/S test (8 fractions)	
	-1.2, ~ 1.3, ~ 1.4, ~ 1.5, ~ 1.6, ~ 1.8, ~ 2.0, +2.0	
	Sample after F/S Test	Ash of every above F/S test Fraction
		Heat Value of every above F/S test Fraction
		Total Sulfur of every above F/S test Fraction

5. その他の地域の炭鉱調査

南カリマンタン州、西スマトラ州において炭鉱に於ける選炭廃水処理、石炭スラッジ産出及び排出の実態調査を実施した。また中央カリマンタン州および南スマトラ州は選炭工場が無いので除外した。

5.1 バハリ チャクラウァ セブク 炭鉱 (略セブク炭鉱、南カリマンタン州)

(1) 調査概要

- セブク炭鉱は 1998 年に操業開始、2005 年の出炭は 300 万 t で、近い将来 400 万 t を目指している。またセブク炭鉱は独立した島で独自に飛行場、Jetty (船積み設備) を有しており、バージで沖積みである。
- 精炭の発熱量は GAD(気乾ベース)で仕様表から、6,275Kcal/kg、灰分 9.3%、揮発分

37.9%, 硫黄分 0.91%で、発電所用瀝青炭である。

- ・ 選炭プロセスは南アフリカ製で-50mm~+0.8mm を重液サイクロン、-0.8 mm~+0mm をスパイラルで比重選別。原炭は約 70%を By-pass と呼ばれる破碎工程のみで出荷、30%を選炭し、歩留まりは 65~70%。破碎と選炭の区別の目安は灰分 9~10%を破碎のみ、15~30%を選炭工程に供給している。
- ・ 選炭プロセスのデザインは非常に良く、特にモニタリングシステム、耐摩耗材としてポリカーボナイトのパイプを各所に使用、またバナナスクリーンで大型化による簡素化を計っている。今まで見たインドネシアの選炭工場の中では屈指の部類に入る。選炭水はシックナーを通してリサイクルしており、濃縮した廃水は広大な採掘跡のセトリングポンドに送られ、外部廃水濃度は200ppm程度。写真 4-4-1, 写真 4-4-2 参照。
- ・ 選炭工場はコントラクターの Pt. Leighton が運転しており、選炭日報は分析会社の Pt Geosxxx が整理している。コントラクターは精炭 t あたり US\$1.2 で請け負っている。
- ・ 選炭の課題は重液選別からのボタ(reject) 灰分が 65%と低く、まだ多くの石炭分が混入している。入手したボタの浮沈試験結果からは 1~4mm の粒度で、10 Ash % が 10 Weight%程度含まれていた。また+4mm の明らかに精炭と見える分も目についた。また塩素分の除去も課題の一つである。
- ・ そのほかの詳細データを入手していないので、ボタへの精炭混入の原因は不明であるが、サイクロンへの供給量が過大と思われる。その背景にはコントラクターは精炭の灰分、生産量のみ関心を持っているのがあろう。選炭担当者は更に、ボタ灰分も常時管理すべきである。
- ・ 今後、400 万 t 体制に向けて選炭工場の新規増設を検討しているので、ジグとの併用等も検討課題の一つとなっている。
- ・ セブク炭鉱の可採埋蔵量は現在の鉱区で 22.8 百万トンであるが、現在鉱区を拡大中。今後の課題の一つに海岸付近の採掘を申請している。炭鉱としては剥土を利用して、遠浅の海岸線を埋め、露天掘りを計画している。剥土比が 1 : 5 で良質な瀝青炭が採掘できるので、期待されているが、環境問題をどうクリアーするかが課題。

(2) 廃水処理、石炭スラッジ関係

- ・ 廃水処理は排水濃度が 200ppm と極めて良好。また広大なセトリングポンドを持っているので排水濃度が基準値以下に下げられている。写真 4-4-3 参照。
- ・ 石炭スラッジはスパイラル選別機により微粉炭を選別、選別後の石炭スラッジはセトリングポンドに入れている。従い、現状では外部には堆積されていない。



写真 4-5-1 セブク炭鉱選炭工場全景



写真 4-5-2 選炭工場



写真 4-5-3 セットリングポンド全景

5.2 オンピリン炭鉱（西スマトラ州）

- ・ PTBA 所有の坑内掘り炭鉱である。現在坑内からの出炭が少ないが、設備の面から廃水処理、石炭スラッジの有効利用を調査した。



写真 4-5-4 オンピリン選炭工場全景

- ・ 従来は選炭廃水を沈澱池に経由して、河川に放流していたが、廃水濃度が高く問題になった。対策として、フィルタープレス式の脱水機を導入、脱水された石炭スラッジは近隣のセメント会社に燃料として販売していた。石炭の消費場所がある場合は、有効利用できる参考例である。



写真 4-5-5
機械脱水設備