

## 8. チャタラジ石炭灰の諸性状況調査と有効利用検討

以下にチャタラジ発電所産の石炭灰の諸性状とその諸性状から見た有効利用のスキームを考察し述べる。ただし、灰の諸性状は1回のサンプリング試料についての結果であり、TTKより受領した化学組成の分析値を含めても、灰の実際的な変動例や統計学的な有意性を考慮すると、品質の外郭示唆値と見做すべきであって、今後の調査結果を待ってから、確定的な評価を下すべきことは言うまでもない。

### (8-1) チャタラジ石炭灰の諸性状

チャタラジ発電所から持ち帰った試料の分析試験結果と発電所側が提供した資料に基づき、以下に述べる。

#### (1) フライアッシュの化学的組成

分析結果と受領資料の化学組成値を表-8・1及び資料-6・1に示す。これによれば、石炭灰の主成分であるシリカ ( $\text{SiO}_2$ ) が52~56%と一般のもの (50~70%) に比べ低位である。ただし、石炭の未燃焼分と考えられている強熱減量(Igloss)は1.1%と一般のもの (2~10%) に比べ少なく、灰色度も明るい方であり、良く燃焼した灰と考えられる。またカリウム( $\text{K}_2\text{O}$ )が多いのが特徴的である。

#### (2) フライアッシュの物理的性状

フライアッシュ比重は、表-8・2に示すように1.94であって、一般のもの(2.1~2.3)よりも軽質である。その理由はセノスヘア粒 (中空灰) が多いためと考えられる(写真-8・1、図-8・3参照)。

フライアッシュの粉末度は粗く、ブレン比表面積値で1,500~2,500 $\text{cm}^2/\text{g}$ と一般のもの (2,500~4,000 $\text{cm}^2/\text{g}$ ) に比べて粗々しい。また、灰の粒度分布は図-8・2に示すように平均粒径が約40 $\mu\text{m}$ であって、一般のもの (20~25 $\mu\text{m}$ ) より2倍も大きい。

従って、セメントやコンクリート用のポゾラン材としてのフライアッシュには粒徑的に不適合品である。また、資料-8・1に示すようにフライアッシュ混合セメントの規格がなく、一般にトラス (凝灰岩系) を用いている。

#### (3) フライアッシュの水中沈澱容積

図-8・3に日本のフライアッシュの測定値と合わせ表示した。その結果は、道路舗装時の下層路盤に用いる場合に、強度が日本のフライアッシュの中位に属すると推定される。また浮灰が多い。

#### (4) フライアッシュ粒の形状と寸法

フライアッシュ粒の形状は写真-8・1a~bのように、真球状のものが少なく、中には癒着粒・ポーラス粒・子持ち粒がかなりの比率で混在している。また大径粒群と小径粒群の粒徑格差が著しい。

独立した真球状粒が少ないことは、コンクリート等の流動化作用が少なく、W/Cの低下にあまり貢献しないのではないかと考えられる。

#### (5) ボトムアッシュの諸性状

発生量の15～20%を占めるボトムアッシュの諸性状は、比重がフライアッシュと同様に1.90程度で軽い。その粒度分布は図-6・3のように平均粒径が0.30mmで一般のもの(0.10～3.00mm)より細かい。またクラッシャーで破断された粒径のものが見受けられず、ボイラ壁面への熔着成長現象が少なく、火焰中から直接落下する粗大な独立粒が多かったのではないかと推察される(表-8・2、図-8・2参照)。

ボトムアッシュの化学的組成は、表-8・1にフライアッシュと併示するように、フライアッシュとほぼ同様の値を示している。なお参考までにボトムアッシュの外見を写真-8・2に示す。

#### (8-2) チャタラジ石炭灰の有効利用の可能性

炭鉱填充用の石炭灰スラリー原料として適性予測試験を行うと共に、内外で有効利用されている瀝青炭灰(ASTMでC class Fly Ash)としての利用分野を現有の諸データから考察した。

##### (1) 炭鉱填充用スラリーへの適性予測

現地より持帰ったチャタラジ産のフライアッシュとボトムアッシュを用いスラリーの脱水試験の結果(測定者:住友石炭工業(株))は粒度が粗いため、脱水性のよい石炭灰と判断された。

また、灰の比重が小さいことから、スラリー状でパイプライン輸送する場合に沈降しづらいと判断され、輸送面からも適合性が高いと推定される。鉄分( $Fe_2O_3$ )の多い灰は、鉄分のみが独立粒となって介在することが多く、パイプライン中で沈澱トラブルを生じ易いとのコメントもあるが、化学分析値の鉄分は約6%であり、標準的な石炭灰と見做されることから、その面からのトラブルも少ないものと思料される(表-8・1～8・2参照)。

##### (2) 一般分野への有効利用可能性の検討結果

内外における瀝青炭灰の有効利用の状況を資料-8・2a～bに示す。これらの分野のうち、チャタラジ発電所灰は現状のデータからは次のようなことがいえよう。

###### ・粒徑的に規制のある利用分野

セメントやコンクリート向けの利用・道路舗装用のアスファルトフィラー利用など粒徑や粒度において規格等が設けられている分野での利用は、現有資料から考えにくい。ただし、分級したりESPホッパーの下流側より採取した場合などでは、それら分野での利用可能性が残る。

・窯業原料など鉱物原料分野

石炭灰を焼成し利用する分野、例えばセメントクリンカー焼成時の粘土の一部代替（シリカ・アルミナ）・人工軽量骨材焼成時の主原料（シリカ・未燃分）・粘土焼成レンガ製造時の半主原料（骨格材・未燃分）・ケイ酸カリ肥料粒の焼結時の母材（骨格材・シリカ・ボロン）など用いられそうであるが、セメント工場の原料枯渇度や近在性、人工軽量骨材の近接需要性、カリ原料の取得性と農業事情などを十分調査する必要がある。

・道路等土工材としての利用分野

ボトムアッシュは粗砂状であれば、道路路体の遮断層（軟弱地盤の覆土）・下層路盤用粒状材・凍上抑制用路盤下地材などに用いることができるが、カタラージ産は極めて細粒（平均粒径が0.3mm）なため用途が狭められ、単なる路床材などに限定されよう。また道路の建設は定常的でないため、根本的な灰処理対策となりづらい。

・コンクリート系二次製品への利用分野

コンクリート二次製品などの場合は、低単価となるために、近隣に市場がない場合は事業代の成算は運搬コストの面でむづかしいが、その石炭灰主材型の製品としては次のようなものが考えられる。

- ① 軽量ヒューム管（FA+BA+セメント）……………埋設用・推進用
- ② 水産用岩礁体（FA+BA+セメント）……………魚礁用・藻場用
- ③ 軽量ボード（FA+BA+筋材+セメント）……………建築内壁材
- ④ ライム レンガ（FA+BA+石灰+アルカリ金属）…レンガ用・カワラ用
- ⑤ 軽量生コン（FA+BA+石膏）……………地中・水中用コンクリート
- ⑥ コンクリート外骨材（FA+BA+セメント等+他）…土工砂利材・排水層材

これらの製品はセメントや石灰を用いるため、その添加量を増やせばフライアッシュの品質（ポゾラン活性）に近い場合でも、それなりに製品化できるが、石灰でセメントイオンさせる場合は、フライアッシュの品質が良好なことが必須の要件である。

・「ト」国特有の利用分野

「ト」国の石炭灰はリグナイト炭灰が主体であって、瀝青炭灰を多量発生する国々ほどに石炭灰の利用が進んでいないのが実情のようである。またリグナイト灰は発電所の近辺にダムアップして貯蔵処理しているとのことである。このリグナイト炭灰は石灰分が多く、土工材料には好適であるが、コンクリートのような高強度物体への利用ではマトリックスの不安定を招き好まれない。

'93年初頭の石炭灰に関する国際シンポジウムを見ても「ト」国からの発表論文は1件であり、それはリグナイト灰にタイヤのラバーチップを混合し、道

路の下層路盤に舗装すれば、クラックの発生率を抑制できるというものであった。

「ト」国は他の西アジア諸国と共にレンガ文化圏であって、レンガに対する愛着心は図り知れないほど高く、鉄筋コンクリートのビルを建設しても、柱と梁を除く壁材等は、レンガを積重ねるのが常である。従って、カタラージ灰がその原料に相応しいか否かについて、品質的・立地的に可能性は少ないものの、FS等で更に検討する余地がある。

他の利用についても、「ト」国の工・農・水・林業の実態を調査し、その可能性を模索し、灰の海洋投棄の予防に寄与することが、今後のFSに課せられた命題であろう。

また「ト」国の石炭灰事情を勘案するとき、リグナイト灰への流用も可能な有効利用方法をFSで選定できれば画期的に貢献できることとなる。

### (8-3) 石炭灰性状と有効利用に関するまとめ

カタラージ発電所産石炭灰の性状は、化学組成的にはカリウムが約4%と多いのが特徴的であり、物理的には粒径が大きく軽量である。

従って、炭鉱充填用には好適な材料と考えられる。他の利用分野としては、カリウムに起因する用途、例えば肥料分野あるいは石炭系との混合固化材（非焼成のケミカルレンガ等ブロック材）への利用の可能性が残る。

なお、本調査試験では、フライアッシュのライムリアクティビティやセメントクアクティビティ（石炭やセメントに対する活用等）の検討がなされておらず、FS等でこれらを中心に追加調査の上、用途の最終的判断を行う必要がある。

表-8・1 フライアッシュ及びボトムアッシュの化学組成

(%)

分析項目	フライアッシュ		ボトムアッシュ	
	分析者④	分析者⑤	分析者⑥	
灰の化学成分	SiO <sub>2</sub>	55.48	58.73	60.25
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	24.50	25.54	25.06
	Fl <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.95	5.66	5.36
	CaO	1.59	1.56	1.22
	MgO	2.23	2.26	2.22
	SO <sub>3</sub>	0.42	-	-
	Na <sub>2</sub> O	0.35	0.38	0.40
	K <sub>2</sub> O	4.17	4.32	4.21
	TiO <sub>3</sub>	1.30	1.11	0.96
	MnO	0.08	-	-
	P <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.12	-	-
計	96.24	-	-	

注) 分析者④: (株)石炭技術研究所。

” ⑤: 住友石炭鉱業(株)北海道技術研究所。

” ⑥: 電源開発(株)総合試験所。

表-8・2 フライアッシュ及びボトムアッシュの物理的性状

灰の種類	フライアッシュ			ボトムアッシュ		備考	
	分析者④	分析者⑤	分析者⑥	分析者⑥	分析者⑦		
水分 (%)	0.01	0.05	-	47.8	-		
Ig・Loss (%)	1.05	-	-	-	-	強熱減量	
比重	1.91	1.93	1.99	2.05	1.77		
比表面積 (cm <sup>2</sup> /g)	1151	-	2510	-	-	空気透過式	
* 粒度分布	75% pass 径 μm	86	-	79	530	430	
	50% pass 径 μm	43	-	43	300	260	
	25% pass 径 μm	12	-	14	170	150	
メルテングポイント (°C)	-	1500	-	1490	-		
見掛け容重 (t/m <sup>3</sup> )	-	0.85	-	0.88	-		
水中の容重 (t/m <sup>3</sup> )	-	-	0.83	-	-	沈降沈澱式	

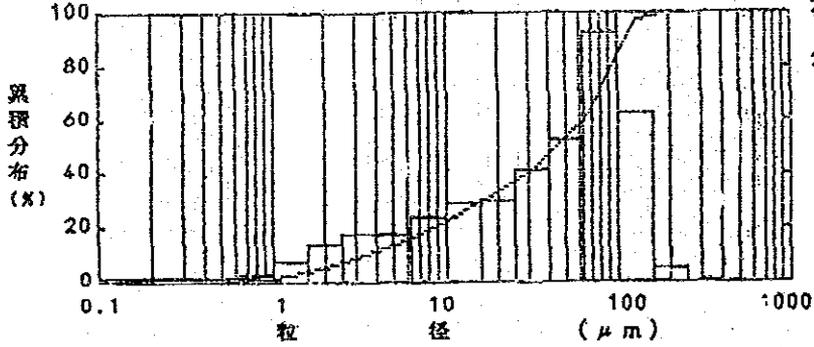
フライアッシュの粒度分布 (測定者: ㈱石炭技術研究所)

REC.NO: 97

試料 : TORUKD  
 分散液 : WATER  
 分散法 : U.S.W  
 測定日 : 96.1.17  
 測定者 : A.F  
 測定上・下 : シタ  
 シーブカット :  
 任意粒度 : NO  
 備考 : ITIKEN

D 75 : 86.7  $\mu$ m  
 D 50 : 44.0  $\mu$ m  
 D 25 : 12.5  $\mu$ m

粒径 ( $\mu$ m)	累積 (%)	粒度 (%)
0.1	0.1	0.1
0.2	0.3	0.2
0.4	0.7	0.4
0.6	1.1	0.4
0.8	1.4	0.3
1.0	1.8	0.4
1.5	3.3	1.5
2.0	5.3	2.0
25	8.6	3.3
4.0	11.5	2.9
20	15.3	3.8
6.0	19.1	3.8
15	24.4	5.3
8.0	29.1	4.7
10	35.8	6.7
16.0	40.8	5.0
5	48.0	12.3
32.0	53.1	7.3
48.0	60.4	7.3
0	96.0	20.6
128.0	97.5	16.5
192.0	100.0	2.5



ボトムアッシュの粒度分布 (測定者: 電源開発㈱)

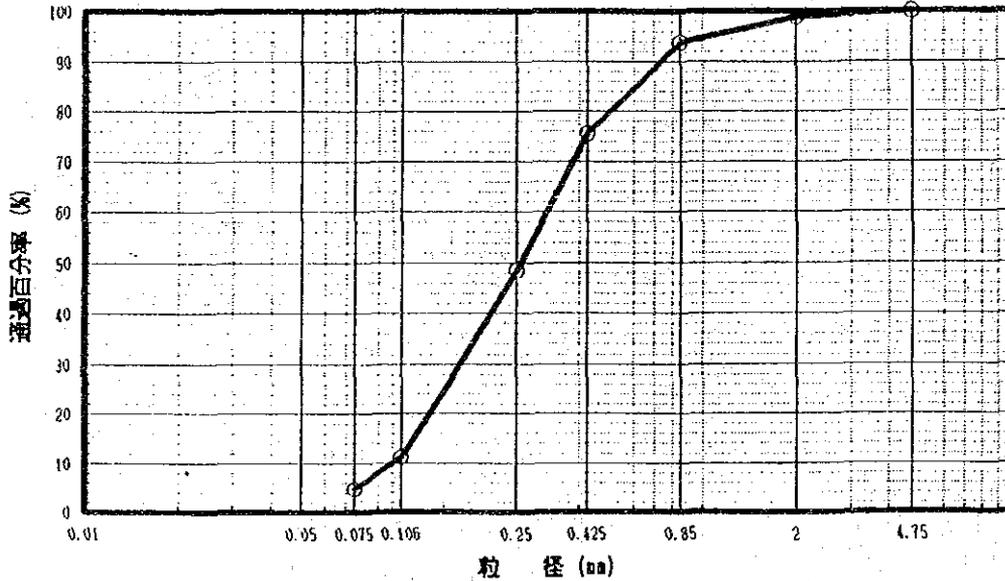
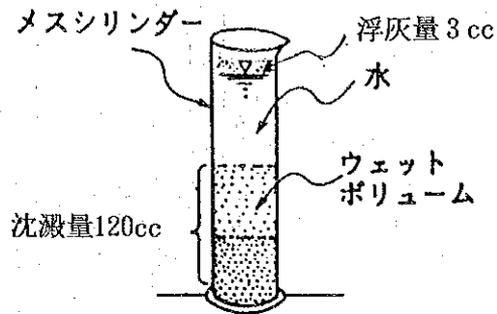


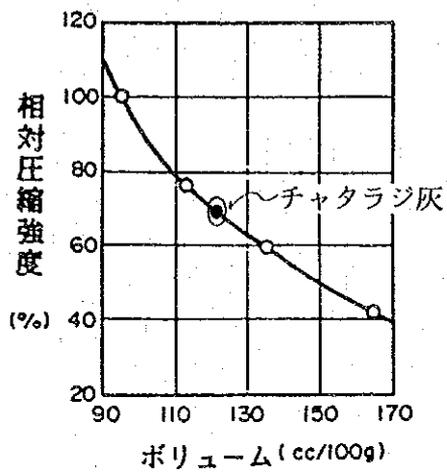
図-8・2 チャタラジ発電所灰の粒度分布

浮灰と沈澱灰の水面水中容積



(ウェットボリューム測定例) (100gFA)

路般材としての強発現  
レベルの推定解析結果



(ウェットボリュームとそのセメント)  
(安定材の強度との関係例)

(測定者：電源開発(株))

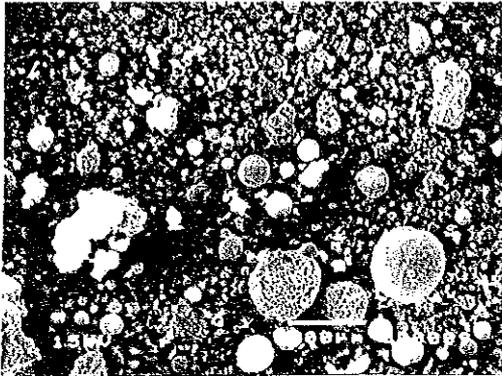
図-8・3 チャタラジフライアッシュの水中挙動



(測定者：電源開発(株))

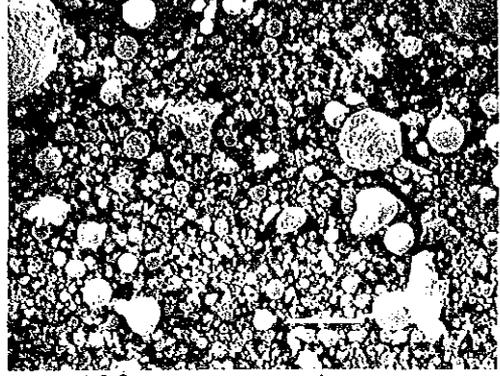
写真-8・1a チャタラジフライアッシュの寸法・形状

視野-①



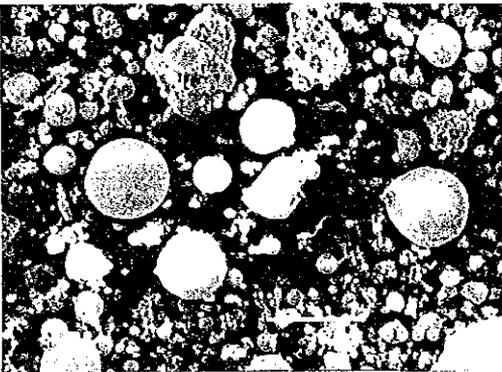
×100

視野-②

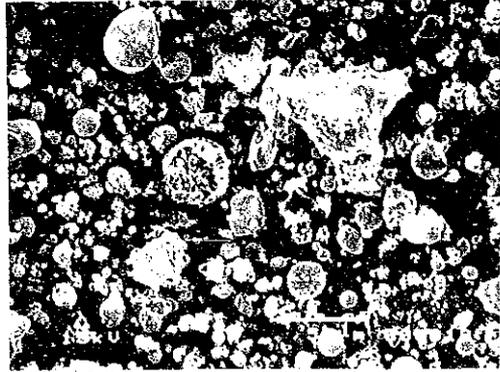


×100

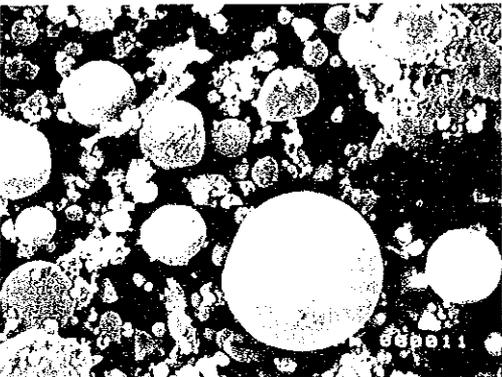
←スケール



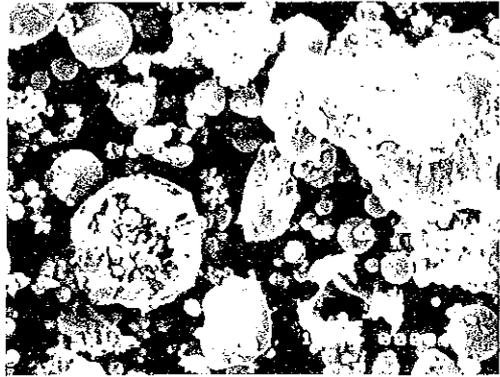
×250



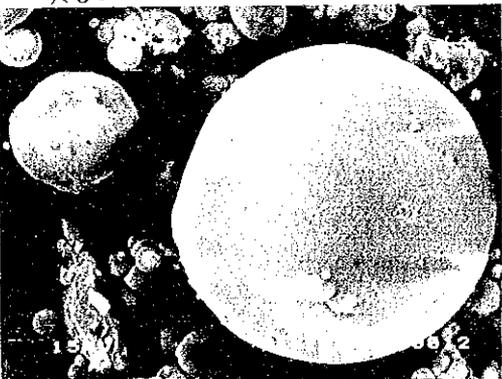
×250



×500



×500



←スケール



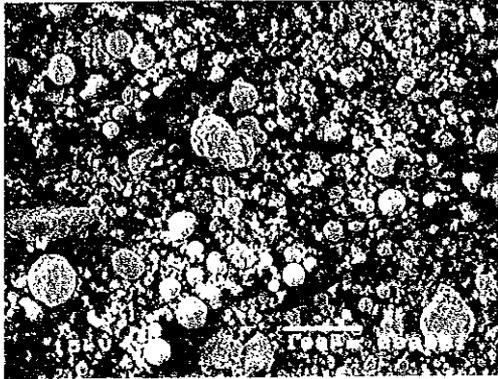
×1000



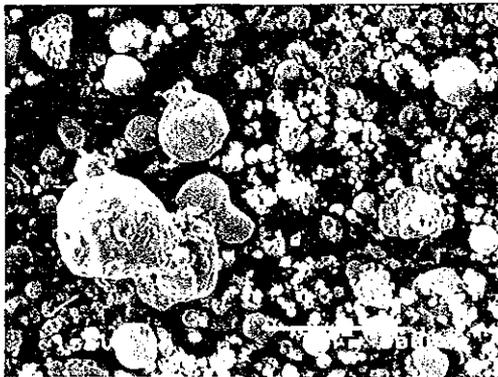
(測定者：電源開発(株))

写真-8・1b チャタラジフライアッシュの寸法・形状

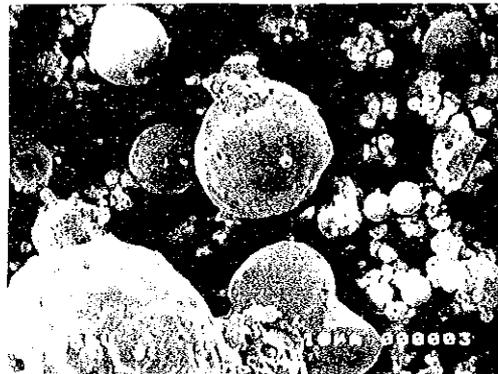
視野-㉓



×100



×250



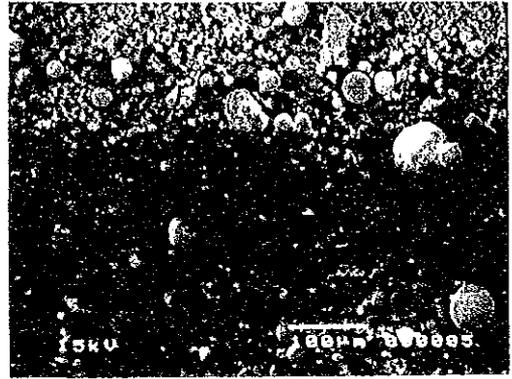
×500



×1000

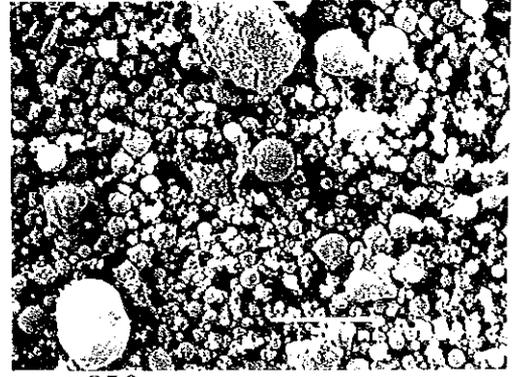
↑スケール

視野-㉔

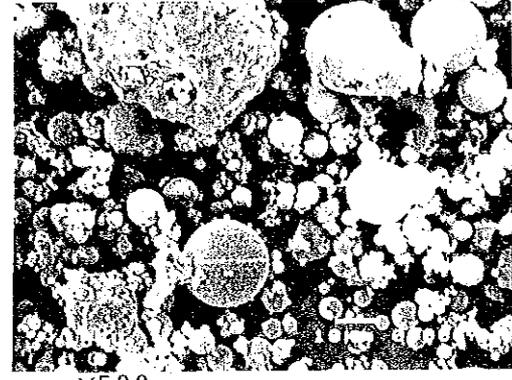


×100

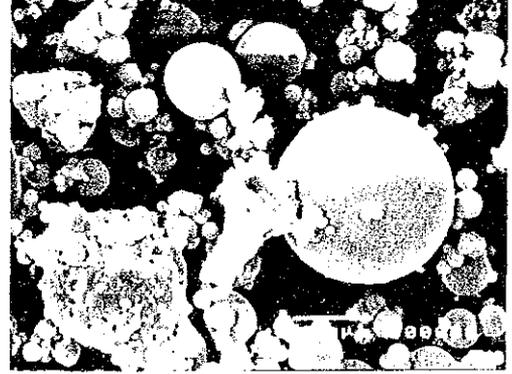
↑スケール



×250

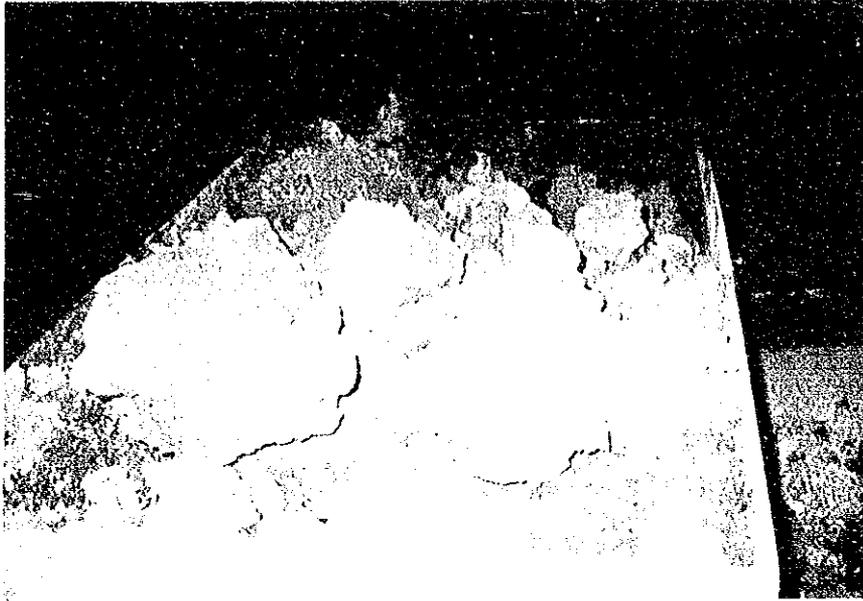


×500



×1000





クラッシング前のボトムアッシュ塊



チャタラジ岬海岸に放置されたボトムアッシュ塊  
(試運時に排出されたものと推定される)

写真-8・2 ボトムアッシュ塊の外観



資料-8・2a 主要国の石炭灰発生量と用途別利用量 (1989)

国名	石炭灰発生量 (万トン)	利用率	主な用途と有効利用(発生量) に占める割合
米国	6,523	25%	セメント・コンクリート混和材 38%(9%) 盛土・埋立材 16%(4%) 道路用材 8%(2%)
英国	1,550	35%	セメント・コンクリート混和材 16%(6%) 盛土・埋立材 16%(5%)
西ドイツ	1,231	87%	旧坑埋め戻し材 60%(52%) 道路用材 14%(12%) セメント・コンクリート混和材 13%(11%)
カナダ	456	29%	盛土・埋立材 47%(13%) セメント・コンクリート混和材 34%(10%) セメント原料 10%(3%)
日本	380	46%	セメント原料 52%(20%) セメント・コンクリート混和材 19%(9%)
世界計	56,241	16%	セメント・コンクリート混和材 27%(4%) 盛土・埋立材 18%(3%) 旧坑埋め戻し材 16%(3%) 道路用材 8%(1%)

出所：コール・ノート1993年版  
(資源エネルギー庁石炭部) ほか

資料-8・2b Coal Utilization in Japan and Abroad (1989)

Item	USA	Canada	British	Italy	Belgium	Denmark	Nether lands	Japan	
Generation (10,000 t/year)	7,000	—	1,200	130	105	30	90	500	Note
Utilization Factor	30	—	40	60	70		50	40	
Disposal Factor	70	—	60	40	30			60	
<u>Uses</u>									
Cement Admixture	⊙	○	⊙	⊙	⊙		⊙	⊙	} Mixed for use
Filler	○	○	○		○		○	○	
Concrete Admixture	●	○		⊙	○			⊙ ●	
High Ash Content Concrete	○		○					○	} Processed for use
Stabilizing Base	⊙							○	
Concrete Block	●	○	● ⊙		●			●	
Caking Building Material	●		○	○				○	} Moistened for use
Clay for Cement	○	○		○	⊙		○	⊙ ●	
Wet Embankment Material	○	○	○					○	
Wet Reclamation Material		○	⊙						} Used as powder
Wet Land Prepara- tion Material		⊙		○ ●					
Lower Layer Earth Cover	○								
Granular Base	●	●	○ ⊙		○			●	} Used as slurry
Back Filling Material	⊙ ●	○							
Waste Stabilizer	○	⊙			○	○			
Soil improvement Material								○	} Burnt for use
Snow Melting Material	●							○	
Lightweight Slurry Material	○							○	
Filling Milk		● ○	○					○	} For France and Belgium
Cement Grout	○	○	○					○	
Burnt Block			○	○	○		○	○	
Burnt Aggregate			○				○	○	
Others	○	○	○	○	○	○	○	○	
Exported	—	—	—	—	○	⊙	⊙		
Problems in Use	Quality Storage	Quality Storage	Quality Storage Trans- porta- tion	Trans- porta- tion Season	Quality Storage Season	—	Quality Storage	Quality Storage Trans- porta- tion	

- Clinker Ash
- Fly Ash
- ⊙, ⊙ Large Utilization Factor

quoted : ccuj-hov, 1990

## 9. 石炭灰輸送方法の予備的検討

チャタラジ発電所及び灰使用可能各炭鉱のロケーションとアクセスの概要については、5. 節で述べたとおりであり、これに基づき輸送の方法に関し、概念的に言及する。

### (9-1) 発電所灰の荷姿

現状から考えられる石炭灰の荷姿としては、チャタラジ発電所の灰ハンドリングの実態から見て、次の4系の灰が考えられる。

- |                    |       |                  |
|--------------------|-------|------------------|
| ・乾燥状微粉体（フライアッシュ）   | ..... | サイロ粉体渡し<br>袋詰め渡し |
| ・湿潤状微粉体（フライアッシュ）   | ..... |                  |
| ・湿潤状粒状体（ボトムアッシュ）   | ..... | 土場渡し             |
| ・スラリー状微粉体（フライアッシュ） | ..... | 濃度10%渡し          |

なお、スラリーは海水を用いて製造されており、山元での余水処理が塩分の兼ね合いで環境上大きな問題となる。

### (9-2) 填充灰の荷姿

炭鉱填充時の灰姿は、濃度  $(CA/(W+CA))$  または  $(CA+C)/(W+CA+C)$ 、 $CA$ ：石炭灰= $FA+BA$ 、 $W$ ：水、 $C$ ：セメントの重量) が約50~60%のスラリー状とし、自然流下またはポンプ圧送される。

従って、発電所から10%濃度でパイプライン輸送されたときは、山元で濃縮するか、あるいは発電所であらかじめ濃縮する必要がある。特に発電所で濃縮する場合は、その濃縮設備を要すると共にラインポンプ容量や摩擦等の問題が生じよう。

また、粉体状でタンク車輸送された場合は、その粉体貯蔵サイロが必要である。なお、乾燥状と湿潤状で袋詰め輸送された場合は、そのまま貯蔵（シート覆工）する程度で合理的であるがフォークリフト等を常備しなければならない。

### (9-3) 石炭灰の輸送手段

灰輸送の手段としては次のように多様な方式が考えられる。

- ・石炭貨車利用（ソングルダック、アルムチュク ルートの一部）
- ・普通トラック利用（乾燥袋詰め・湿潤袋詰め、各鉱に共通）
- ・バルク車利用（各鉱に共通）
- ・パイプライン利用（各鉱に共通、ただしカラゾンは短距離で有利か）
- ・船舶利用（アルムチュクとアマスラ ルートの大半）

その一般的な特質を以下に述べる。

#### (1) 石炭貨車利用

この方法は、貨車をそのままの状態で行き渡せる荷姿のとき、卓越的に優れるが、乾

燥粉体用のサイロ車を調達すれば、2～3ランク低位な方法となろう。

(2) 普通トラック利用

炭鉱は一般にトラックのアクセスが可能であって、その道路を利用して袋詰め灰を輸送するのがノーマルな方法で、コスト的にも低位である。それはトラック輸送時にドアツードアで運ぶことができ、途中における荷の積替を全く必要としないためである。

(3) バルク車利用

この場合は、他に用途のない専用車となるため、コストがトラック時よりも著しく上昇し、特に「ト」国のような国情では、更に格差が生じる恐れもある。また帰り車の利用などはほとんど考えられない。

(4) パイプライン利用

この場合は、道路を新設するか、パイプラインを新設するかなどの選択を迫られる場合は検討の余地があるが、既存のアクセスがある場合は一般に競合のレベルに達しないのが普通である。

特にチャトラジ発電所の場合は、海水を用いてスラリー化しており、その対策も行わなければならない、スラリー輸送は成立しがたいと思料される。

(5) 船舶利用

チャトラジ発電所には数百トン級の船であれば接岸できる港湾がある。また、アルムチュク炭鉱とデミル製鉄所との間には石炭輸送鉄道が敷設されており、その製鉄所はエリグリ港に隣接（図-5・2a参照）しているため、石炭貨車の帰り車を用いることが次のようにできる。またアマスラ炭鉱の近くにもアマスラ港があってそれを用いることも次のようにできよう。

(アルムチュク炭鉱への船ルート)

・発電所（車積）～チャトラジ港（船積）～エリグリ港（船降ろし・貨車積）～アルムチュク駅（貨車降ろし・車積）～アルムチュク炭鉱のプラントヤード（車降ろし）。

(アマスラ炭鉱への船ルート)

・発電所（車積）～チャトラジ港（船積）～アマスラ港（船降ろし・車積）～アマスラ炭鉱のプラントヤード（車降ろし）。

この場合は、船をチャーターしたり、荷の積込みと積降ろしを伴うために繁雑であって、精査しなければならないが、思うほどに低コスト運搬にならないのではないかと考えることもできる。また、チャトラジ港以外では、港湾使用料も考えなければならない。

なお、この場合の荷姿は港に粉体サイロを新設すると膨大な費用を必要とするため、袋詰（トンバック）状態でのハンドリングが前提条件となろう。

#### (9-4) 石炭灰輸送方法に関するまとめ

現有のデータから輸送方法に関し深く言及すると誤りをおかす恐れもあり、FSに当たっての参考コメントにとどめたが、あえてベストメソッドを考えて見ると、発電所の灰採取コスト・運搬性と輸送費・炭鉱での取扱性などから「湿潤性の袋詰め採取」と「トラック運搬」の組合せが最もスムーズに灰を供給できそうである。

### 10. 石炭灰の炭鉱への流送充填方法の検討

#### (10-1) 石炭灰処理技術の検討（流送充填）

石炭火力発電所から発生する石炭灰の処理・再利用の一つに石炭鉱山における自然発火し易い採掘炭層での予防対策として最も効果のある流送充填がある。また、我が国では昭和40年代半ばよりの坑内流送充填技術の導入によって一つの大きな自然発火防止上の革新をもたらしてその災害の激減がみられ、更に50年代半ば以降の保安監視システムによる総合的技術の活用を図って、初期段階（自然発火の兆候）の抑制が可能となり、近年その発生を見ていない。そして、この目的は採掘始発部、終末払処理、崖巻、密閉の気密化、過去に自然発火して密閉放棄された炭層の確保、採掘時又は終掘後の継続的な充填による近接区域の坑道維持及び合理的で計画的な次期採掘パネルの設計が図られる事等があげられる。このように、流送充填は自然発火防止・坑道維持・不時の場合の緊急通気遮断及び廃棄物の有効利用という大きなメリットを持つものであり、この点について若干の検討をしていく。

#### (10-2) 流送プラントの規模の検討

- ・別紙に概要プラントで検討（坑外試算他・図；坑内資材他）（資料-10. a~10. f）
- ・流送能力を100m<sup>3</sup>/h程度

FA流送の通常使用をその60%程度とみたが、密閉内の空間や緊急時対応とした大量輸送が必要であること、更に流送用水としての坑内排水や選炭排水（排泥）等と石炭灰の粒度・性状・比重等によって選択対応が可能なものとしてフレキシブルな概念プランとして検討した。

##### ① 坑 外

- ・この試算は日本での外注（地元業者で）を想定してであり、現地設計及び炭鉱関係の工場での製作、調達、部品の加工等が可能なものとして、その他建屋など最大限利用したと仮定すれば、その約半分以下7千~1億円程度の設備費になると思われる。
- ・要検討事項として、貯灰場のストックはその考え方と立地条件によるが、おおむね野積みシート方式か既存建屋の利用が考えられる。また用水、エア、流送パイプについては、現地での配置等によりプラントへの組み込みが容易である。

## ② 坑内

- ・この検討については、実現場設定として想定するには難しい問題があり、また把握も容易でないであろうとして、ごく簡単なモデル密閉の概念として行ったが、坑外設備と同様に、パイプ、バルブ関係と小規模ローカル排水ポンプ等の資器材の調達 の容易さや品目種類などについて、詳細な調査検討を加える必要がある。

## ③ まとめ

- ・以上、大まかな初期モデル設定として検討を試みたが、更に実用化すべき現場適用はもとより、現炭鉱自体の選炭排泥物処理（そのまま海洋投棄であり？）などと併せて、資金的及び技術レベルのプロセスを総合的に考慮しておく必要がある。
- ・流送充填に関する資材は可能であり、先に述べた未調査等の検討を要する。

### (10-3) 移転技術の検討

- ・深刻な海洋汚染への影響を防止するため、産廃物の再利用、活用、処理法における我が国の技術移転の一つとして、石炭灰を利用した石炭鉱山の坑内保安技術への活用を図るものとし、自然発火防止対策としての流送充填システムを目標とすべきである。
- ・火力発電所の灰処理の一部のみならず、鉱山自らの選炭廃物処理をも利用が図れること。
- ・石炭鉱山における坑内流送充填は重大災害防止（発生未然防止、被害拡大防止等）に直接保安に大きく役立つものであり、旧密閉内（終掘跡、災害放棄区域等）や採掘中（始発部、終末部、崖巻き等）のより緻密な通気遮断と坑道維持が図れることで、合理的な採掘計画により生産性の向上に寄与することができる。
- ・また、坑内流送充填システムはプラント設備、運転も併せて、上席技術者、担当技術者、作業員においての連係や現場担当者の熟練技能を要し、実技的な教育指導のノウハウがキーポイントとなる。
- ・技術移転場所としては、モデルプラントとしてTTK本部など連絡、交通アクセスにおいて利便性と指導専門家の居住等を考えると、現段階ではモデルプラントとしてコズル地区が妥当である。

坑外流送設備の検討

1. 坑外流送プラント試算 (流送能力 1~2 m<sup>3</sup>/min)

内 容	金 額	要検討
・ 建 屋 25m×35m = 875m <sup>2</sup> H=15m 鉄骨2階建	60	▲50 現有建屋 改造
・ 屋内監視室及び電気室 (耐粉じん構造) 4m×10m=40m <sup>2</sup> H=5m	5	
・ 受け入れポッパー及びフィーダー (V型式; スリッス鉄板)	2	
・ 受け入ベルトコンベア及び払い出ベルトコンベア 受け入 4本 (防塵カバー付, モーター等含む) 600W 4P 15Kw	12	C f. ポッパー→ミキシング の直送は部分減 可能
払い出 3本	3	
非常用 1本	9	
・ 屋内ポッパー鉄骨製 4m×10m H=5m	4	
・ 自動式トリッパー (油圧シリンダー式) 4SET	2	▲1 手動式
・ 自走式払出S/C (歯先セラミック) 減速機, 安全装置付 (可変速可能) 22Kw φ516mm L=6340mm	5	
・ ミキシングスクリュウコンベア ( ) 5m φ725 400t/時 150t/H	5	
・ アジテータ 2セット×2φ×1.5m (水位検出) 7.5kW 50rpm	3	
・ 圧送P 6-4ワーマン又はスラリー H=40m 流量1~2m <sup>3</sup> 電動弁 6B 22Kw	3	
・ 制御盤及び動力盤 配線工事 (シーケンス制御)	10	▲4 手動式
・ 流量調整 モニター監視 (コンピュータ及びモニター等)	10	▲8 手動式
合 計	133	▲63
設 備 設 計 (30%)	40	▲40 現地設計
その他諸経費 (12%)	27	▲27
再 計	200	(70) 最小限

注) 2 m<sup>3</sup>/min以下については、イニシャルコストに大きく変化はないと思われるが、  
2 m<sup>3</sup>/min以上については流量とコストが比例的にアップすると考える。

2. 見積外 (要検討)

- ・ 屋外貯灰場又はサイロ 50m×30m×5m=5000トン (緊急用5日分)
- ・ 洗浄水ライン 3~4インチパイプとバルブ (現地設計)
- ・ 洗管圧気ライン 3~4 kg/m<sup>2</sup>; "
- ・ パイプライン 立坑坑口まで300m程度以内 6インチ (現地設計)
- ・ 高圧受電関係 不明

3. 消耗品 (150万円/年)

- ・ 払い出スクリュウコンベア
  - ・ 各種ベルト部品 その他
- 150万円/年



## 坑内流送資材の検討

### 1. 坑内流送パイプ

- 1) 坑内流送パイプ (SGP~配管用炭素鋼鋼管) 布設工事について
  - ・ 垂直…直線化 (ピグ自在角 $\pm 5^\circ$ )、  
固定法 (ピグ前後に振れ止め、100m毎に下がり固定)
  - ・ 脈動…ウオーターハンマ現象対策→アキムリター又は開放バック (攪拌要す)  
但し、流送出口を常に開放すればヘッド圧にもよるが小さい
  - ・ 角度…抵抗、摩耗等を考慮して、主要部はベンド管
  - ・ 圧力…垂直ヘッドの半分程度 (出口開放のため)
  
- 2) パイプ系統
  - ・ パイプ距離とルート選定  
立坑 ; 4インチ鋼管 (斜坑?)  
坑内主幹; 4~3インチ鋼管  
末端; 3~2 " 又はポリパイ
  - ・ バルブ…スルースバルブ (用途多種)、砲金バルブ (低圧小径用)
  - ・ 継手 …主にクラウンC型 (リガタイプ)、他 (ソムダ、ケムブタイプ)
  
- 3) 緊急またはトラブル時の対応
  - ・ 2系統化と切替
  - ・ パイプ詰まりの洗管手順
  - ・ ヘッド圧の防御と操作手順

### 2. 排水系統とポンプ

- 1) 排水系統
  - ・ 現場のFA流送脱水 (スラリー) → エアポンプ (マックスバック) → 水中ポンプ (以後ガラスバック) → 高揚程P (又はスラリーP) → 坑外排水
  
- 2) ポンプ仕様と配置
  - ・ エアポンプ及びローカル電動防爆ポンプの仕様不明

### 3. 資材その他

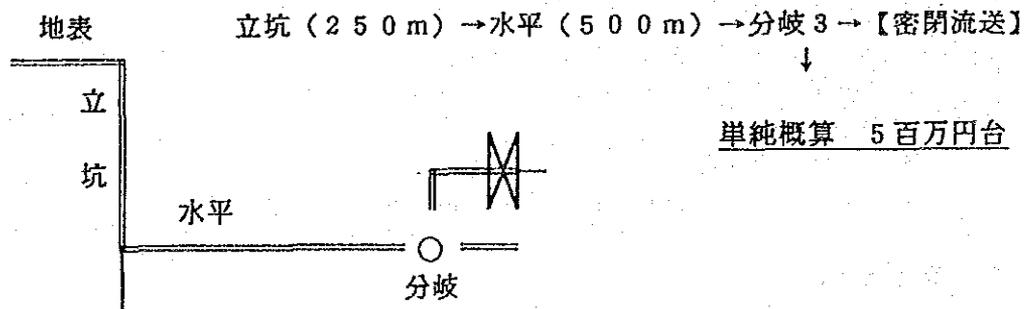
- 1) 坑木類
  - ・ 木柱、板類は豊富にあり、またサイズ加工も容易
  - ・ 亀甲金網も現有し使用している (日本と類似)
  
- 2) 脱水クロス
  - ・ 麻クロス (ヘッシュャンクロス) を使用しており、日本製のPPクロスサンプルを提供した

坑内流送パイプラインの試算

1. 各ラインの資材物品費

	名称	仕様	数量	単価	金額(千円)	
立坑	鋼管	100A SGP S/40 5.5m	18本	15,000	270	
	ジョイント	100A CH	18ヶ	10,500	189	100m単位
	リガ溶接	100A CH	"	2,000	36	↓
	固定金具	2ヶ所/本	36ヶ所	3,000	108	計603
水平	鋼管	100A SGP 5.5m	18本	10,000	180	
	ジョイント	100A C	18ヶ	5,000	90	100m単位
	リガ溶接	100A C	"	1,000	18	↓
	固定金具	2ヶ所/本	36ヶ所	2,000	72	計360
分岐横断	鋼管	100A SGP 5.5m	2本	10,000	20	
	ジョイント	100A C	8ヶ	5,000	40	
	リガ溶接	100A C	"	1,000	8	
	ホムハル	20 <sup>K</sup>	2ヶ	200,000	400	
	ロウカエ	100A 90°	"	1,500	3	1ヶ所当り
		100A 45°	"	1,000	2	↓
	T字管	100A×100A	1ヶ	3,000	3	計476

2. モデル配管系統



## 流送運転手順

- 1) 坑内流送関係者との打ち合わせ
  - ① 流送箇所ライン等
  - ② 流送予定量時間等 } 確認
- 2) 各ベルト、スクリーコンベア、フィーダー、アジテータ等の各機械の点検
- 3) 坑内流送ラインの電動バルブの確認
- 4) 流送開始
  - ① 各機械の運転開始
  - ② スクリューコンベア内清水入水、ライン内パイプの洗浄。
  - ③ スクリューコンベア内フライアッシュ及び水の混入。
  - ④ アジテーターバルブ攪拌
  - ⑤ バルブ送水
  - ⑥ 流送箇所へ
- 5) 坑内流送関係者の連絡確認を受入
  - ① 関係者との連絡を密に流送状況の把握  
(坑内、パイプライン上の異常時に即対応出来るように指令室等も利用)
  - ② 流送中の濃度、流送量の常時チェック
- 6) 流送終了
  - ① 流送予定量終了バルブ停止、または坑内より流送停止の連絡受入
  - ② 洗浄水送水
  - ③ 洗浄水着水の連絡受入、洗浄水の停止
  - ④ 洗管エア-の圧送
  - ⑤ 洗管エア-の現場到着の確認、エア-停止
- 7) 各機械の停止
- 8) 流送量、流送箇所、時間等の日誌台帳記載 → 上席者チェック

## 流送充填の現場手順

### 1) 打ち合わせ（入坑前）

- ① 担当上席者は保安面や生産作業上のチェックを行い流送管理ノートを確認し、これらの状況を判断して、担当係員と流送員に流送箇所や量及び注意事項等を指示
- ② 流送員は流送場所の関係作業者に時間、排水、トラブル時の注意等を連絡  
(流送箇所は採炭払（跡山放流、崖巻）、密閉ダム、坑道ライニング等の数カ所/方)

### 2) 点検確認、連絡、準備

- ① 流送員は入坑後、各バルブ開閉状況をチェックしながら予定箇所へ向かい、電話等で流送運転員とそれぞれの箇所、時間、量及び洗管水・洗管エア等を具体的に連絡し合って迅速な対応を打ち合わせる
- ② 流送実施箇所（準備完了と異常の無いのを確認したら）近くで、電話又は誘導無線により流送運転員に流送開始を連絡して、すぐに流送バルブを開放しておく  
(坑外から現場までのパイプ流送が到着するまで、排水設備や流送箇所の状況など必要な点検・準備を再度おこなう)

### 3) 流送開始～

- ① チェックバルブを少し開放して流送到着と濃度をチェックしながら、バルブ濃度が濃くなるまで他の箇所へ放流又は排水設備へ流す為のバルブ切替操作をする  
(特に、密閉ダムや払跡放流時は洗管水、管内エアを除くことが大事)
- ② 本流送中は、流送管内を流れる音、密閉ダム状況（チェック管、水位、脱水&破損、排水等）が異常がないか常に確認しながらおこなう
- ③ 払崖巻やライニングなど小規模流送、位置が離れている場合、常時連絡（誘導無線等）で他の応援作業員と連絡でおこなう

### 4) 流送終了～

- ① 流送終了後は、あらかじめ打ち合わせである洗管水、洗管エアが続けて送られてくる為に、開始前のバルブ操作を繰り返しながら、チェックバルブの小開放でその状況を確認する
- ② FA流送量の10～40%程度は流送中から脱水されて流れ出てくる為、排水ポンプや排水量をチェックし、状況変化の対応は担当係を通じて整備作業員に連絡する
- ③ 次の流送箇所へ移動し、上記のことを繰り返す

### 5) 報告（作業終了後）

- ① 流送員は出坑後、担当上席者にそれぞれの流送中における諸事項を報告し、記録する  
(特に、何か気付いた事や細かい点などの変化状況を見逃さない事がポイント)



JICA