

灰処理システムと灰の有効利用

Ash Handling System and Utilization of Ash

石炭火力発電所から排出される石炭灰は、発電プラントの大容量化及び灰分の多い低品位炭の利用などにより灰量が増加しており、灰輸送設備を大形化するだけでなく、排水処理、粉塵対策などを考慮に入れた灰処理システムを計画する必要がある。従来の石炭火力発電で採用されている灰処理システムと、トータルシステムとして今後の石炭火力発電に要求される灰処理システムについて、クリンカ灰及びフライアッシュの種々の系統比較を行なった。また、灰利用技術の国内及び海外の動向について調べるとともに、灰捨方式についても触れ、石炭燃焼火力発電所の基本計画に際して、灰処理システムをどのように計画すべきかを中心に調査した。

長井次男* Tsuguo Nagai

高見宜明** Nobuaki Takami

1 緒言

火力発電所での石炭使用量は、石油燃料入手の困難さ、原子力発電所の建設の伸び悩みなどによって、今後更に増大するものと予想される。

最近石炭燃焼火力発電プラントの大容量化や、灰分の多い低品位炭燃焼により、ボイラから排出されるクリンカ灰、フライアッシュなどの量が増加し、灰処理設備も大容量化してきている。このことは、単に灰輸送としての設備を大形化するだけでなく、ボイラ運転上の安全性をも考慮に入れて灰処理設備を計画する必要がある。

火力発電所から排出される大量の灰のうち、フライアッシュの一部がセメント混和材、コンクリート骨材、人工骨材などに利用されているほかは、大部分が産業廃棄物として埋立地に投棄処分されている。しかし、大量の石炭灰を長期間にわたって投棄することは、地方自治体の環境規制などにより、埋立用地の確保も困難になってきている。

このような状況から、石炭燃焼火力発電所の建設計画は、その灰捨方法、灰捨場などの条件に応じて計画する必要がある。灰処理設備をいかに計画するか重要な課題となってきている。

バブコック日立株式会社では、これらの状況に対処できるよう従来技術に加え、海外の新しい技術を吸収するためB.H.P.社(英国バブコック・ハイドロ・ニューマティック社)と技術提携を行ない、発電プラントのトータルシステムとして、灰処理システムのエンジニアリングができるようになった。今後の灰処理方式は、発電所の立地条件に応じた最適なシステムとして、省水・省エネルギーを指向し、かつ灰の有効利用を図ったものが増えるものと予想される。

2 灰処理システム

石炭燃焼ボイラで発生する灰は、火炉底部のクリンカホップに落下するクリンカ灰と、節炭器、空気予熱器、ガス再循環ファン入口ダストコレクタ及び集塵器のアッシュホップにたまるフライアッシュに大別される。

灰処理システムは、クリンカ灰の灰捨場所(近接地か遠隔地)によっても相違がある。また、フライアッシュを回収して製品として処理するか否かによっても処理設備の系統、機器仕様などが変わってくる。

2.1 クリンカ灰処理システム

クリンカ灰処理システムを分類すると、連続式と断続式に大別される。大容量石炭火力発電ボイラ用のものとしては、日本、アメリカでは断続灰流し水流式が多く、西ドイツを中心としたヨーロッパでは連続式の水封チェーンコンベヤ式が多く使われている。ボイラ火炉の下に内面を耐熱・耐摩耗性のライニングを施した鋼板溶接構造のクリンカホップを設置し、一定量の水を満たす。ボイラ火炉からこのホップに落下したクリンカは、水で急冷破碎され貯留される。断続式の場合は、クリンカホップに貯留されたクリンカ灰を一定時間のインタバルで灰出しゲートから排出させ、クリンクラッシュヤを通過し、ここで大塊のクリンカは通常10~20mm(最大40mm)の大きさに破碎され、ハイジェクタにより水流輸送される。

水流輸送後のクリンカ灰処理方式として、次に述べる3方式がある。

(1) 直接灰捨方式

水流輸送されたクリンカ灰を灰捨場まで直接放流する方式で、灰流し水の使用量が多いため海水を使用することが多い。本方式は、灰捨場までの距離が比較的短い場合に採用される。

(2) 脱水貯蔵方式

水流輸送されたクリンカ灰をいったん脱水槽に蓄え、脱水槽内でクリンカの水切りを行ない、脱水クリンカを灰出しゲートから排出する。脱水槽で分離された排水は、クリンカ灰とは別に灰捨場に排出される。

(3) 循環方式(図1)

脱水槽貯蔵方式の場合と同様に、脱水槽でクリンカの水切りを行ないクリンカを排出するが、脱水槽で分離された排水は沈殿槽、貯水槽を経て灰流し水として再循環使用する。循環方式の場合は排水を再循環使用するため、灰流し水として補給する用水が少ない上、排水が出ないため、最近の大容量石炭火力発電所で多く採用されている。表1にクリンカ灰処理システムの系統比較を示す。

2.2 フライアッシュ処理システム

節炭器、空気予熱器、ガス再循環ファン入口ダストコレクタ、EP(電気式集塵装置)の各アッシュホップにたまったフライアッシュを処理する方法は、立地条件や運転条件によって異なる。フライアッシュ処理システムを大別すると、直接灰捨

* バブコック日立株式会社 ** バブコック日立株式会社呉工場

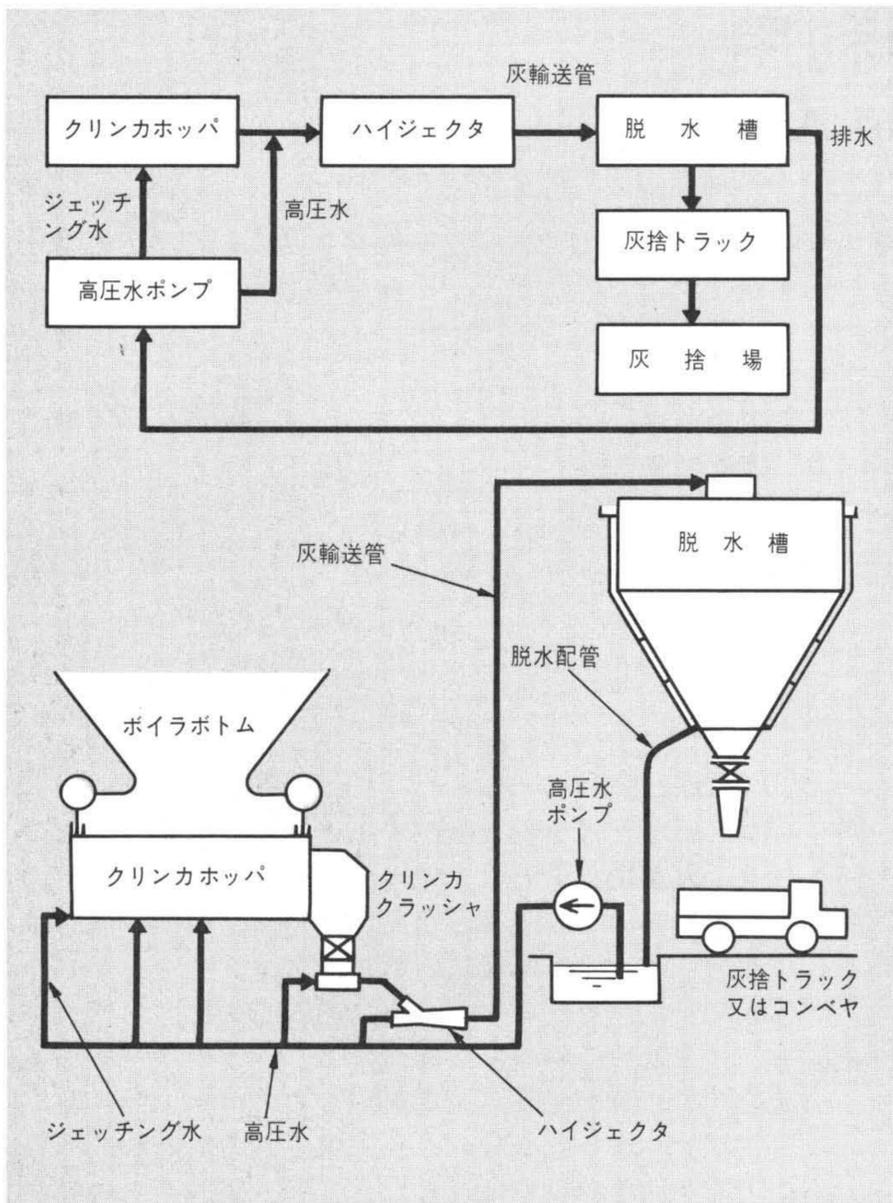


図1 循環方式 クリンカ灰処理方式のうち、循環方式のフローを示す。

表1 クリンカ灰処理系統比較表 各種クリンカ灰処理系統の優劣比較を示す。

項目	系統	圧送式ウェット輸送			ドライ輸送 チェーンコンベヤ式
		直接灰捨方式	脱水槽貯蔵方式	循環方式	
クリンカホッパ	—	—	—	—	水封チェーン
取出し方法		間欠	間欠	間欠	連続
輸送方式		ハイジェクタによる水輸送	ハイジェクタによる水輸送	ハイジェクタによる水輸送	コンベヤによるドライ輸送
特長	メンテナンス箇所	少	中	多	少
	清排水量	多	多	無排水	無排水
	コスト	少	高	高	少
	灰利用	不可	可	可	可
	ランニングコスト	少	中	高	少
	据付スペース	少	やや大	大	少
検討の優位性		小	小	大	大

方式と回収灰捨方式とに分けられる。また、フライアッシュの輸送方式から真空ポンプやブロワによって吸引し真空を作り、灰の抽出を行なう真空式ドライ輸送方式、高圧水ポンプにより水とともに灰の輸送を行なう真空式ウェット輸送方式及びブロワによって低圧圧送する圧送式ドライ輸送方式(図2)に分けられる。

灰捨地が近接している場合は、輸送管を通して水と混合したフライアッシュを、灰捨地に直接放流させる直接灰捨方式

が採用される。灰捨地が遠隔地の場合、及びフライアッシュを回収する場合は、真空輸送方式又は圧力輸送方式により捕集装置まで空気輸送を行ない、捕集サイクロンで遠心力によりフライアッシュと空気を分離して、フライアッシュをいったんサイロ(アッシュビン)に投入貯灰する。サイロからフライアッシュを取り出し、回収場所又は灰捨地までトラック輸送又はコンベヤ輸送する際は、灰が飛散しないよう加湿機により排出され、加湿灰として搬送される。

フライアッシュ処理システムで用いられる機器としては、加湿機(ミキサコンベヤ)、アッシュインテークバルブ、エアインテークバルブ、ハイドロバクタなどが用いられる。圧送式ドライ輸送方式の場合のアッシュインテークバルブとして、セラータンク又はエダクタが用いられている。フライアッシュ輸送管としては通常は鋼管が使われるが、エアコンベヤ(エアスライド:米国フラー社登録商標)が使われる場合もある。アッシュサイロから製品として灰を取り出す場合は、加湿機を経ず乾燥灰としてロータリフィーダで取り出し、袋詰機によって袋詰めして出荷する場合と、密閉式タンクローリ車に乾燥灰のままローディングシュートによって直接積荷する場合がある。フライアッシュ処理システムの比較を表2に示す。

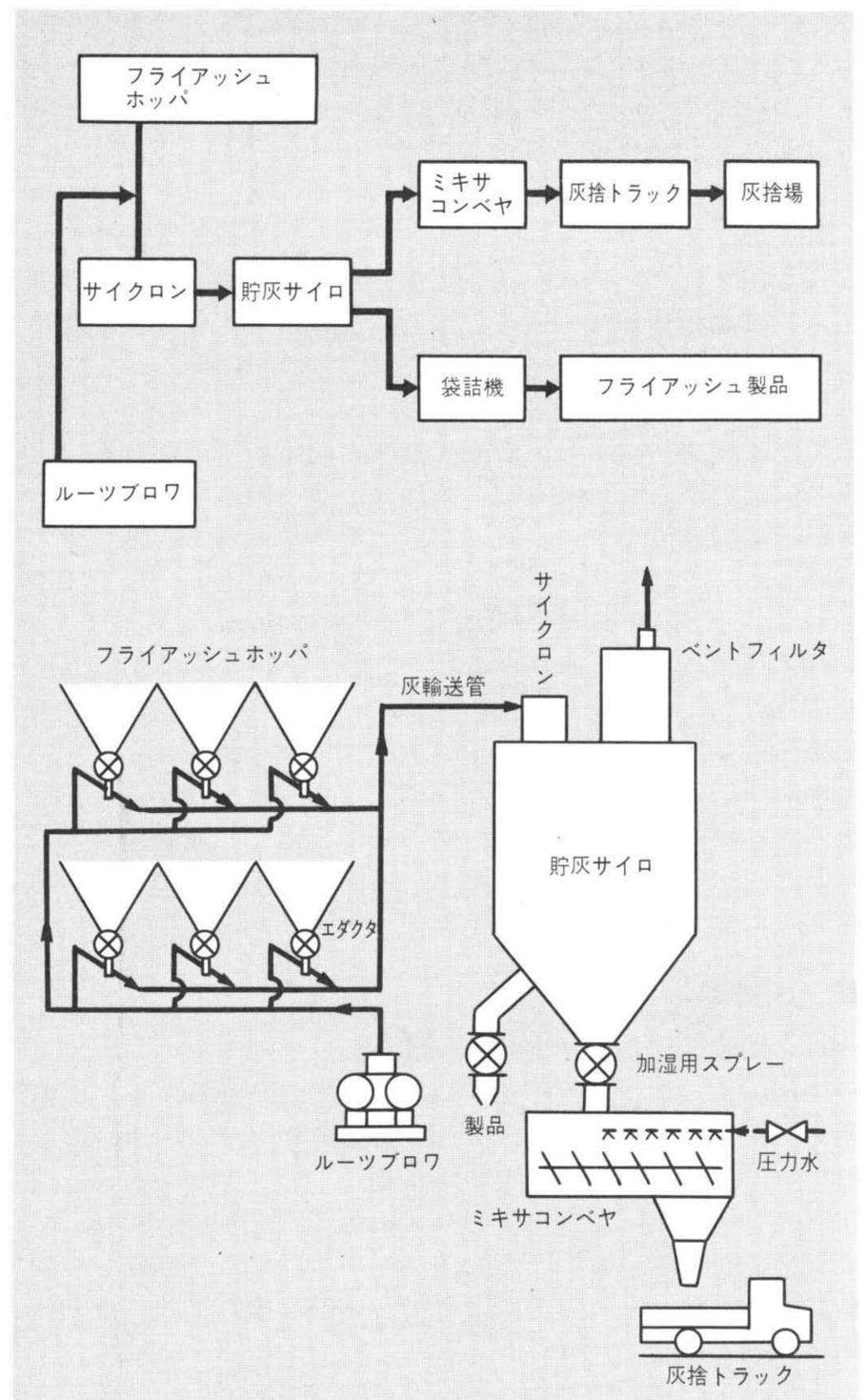


図2 圧送式ドライ輸送方式 フライアッシュ処理方式のうち、圧送式ドライ輸送方式のフローを示す。

表2 フライアッシュ処理方式系統比較 各種フライアッシュ処理系統の優劣比較を示す。

項目		直接灰捨方式		回収灰捨方式		
		ハイドロバクタによる真空式	圧送式-真空式組合せ	ハイドロバクタによる真空式	ブロウによる真空式	圧送式
輸送方式		自然流下方式 (水流方式)	空気-自然流下併用方式 (水流方式)	空気-水流併用方式	空気輸送方式 (排水低減方式)	空気輸送方式 (無排水方式)
特長	メンテナンス箇所	少	やや少	やや多	多	ベース
	灰利用	不可	不可	可	可	可
	排水	やや多	やや少	多	少	無排水
	空気輸送距離	(長距離輸送不適)	長	短	短	長
灰捨場	浮遊灰の発生・SS埋立完了時の対処	問題あり	左に同じ	問題少	ほとんど問題なし	問題なし
		不可	不可	可	可	可

注：略語説明 SS(懸濁物質)

3 灰捨方式

灰捨方式としては、灰捨場が隣接地の場合と遠隔地の場合で異なる。

隣接地の場合は水流による直接灰捨方式が可能となるが、使用水量が多量であるため灰流し用水としては通常海水が使用される。

遠隔地の場合はもっぱら灰捨トラックが使用されている。最近では使用水量を減らすため、脱水槽で分離した水を循環させる方式が多く用いられており、この場合は灰流し用水として工業用水が用いられている。

今後の石炭燃焼火力発電で多く採用される循環方式では、火炉下クリンカホッパからのクリンカ灰は、水流によりいったん脱水槽に蓄えられ、脱水槽内でクリンカの水切りを行ない、ここで水分20~30%程度になった脱水クリンカは灰出しゲートを経て灰捨トラック又は灰捨コンベヤに積み込まれて灰捨場に送り、次に述べるような手順で処理し灰を自然に戻すことにより、灰捨場を有効利用することが可能になる。

(1) 灰捨

トラック又はコンベヤで運ばれてきた灰は順次埋立ててゆくようにし、浮遊物質の発生を極力低減させる。

(2) 水回収、水循環

クリンカ灰の付着水分、フライアッシュの加水などが灰捨場から排出されるほか、雨水の流入などがあるので、灰捨場の排水をいったん貯水池にため、浮遊物質及びSS(懸濁物質)をできるだけ沈降分離した後、循環ポンプにより灰流し用水として回収使用する。

(3) 乾燥

灰捨場の排水を貯水池に回収後、灰を天日乾燥させる。

(4) 表土処理

灰飛散を防止するため、灰捨場は表土で覆う。灰捨場はあらかじめ地表面より2~3m程度掘り下げておき、その残土を表土として流用しながら順次埋め立てる。

(5) 緑地造成

埋立てが完了し、表土処理を施した灰捨場は緑地として造成することにより、公園、運動場などとしての有効利用が可能となる。

ヨーロッパでは石炭灰により海岸、谷などを埋め立て、その跡地を森林、林、農地など自然に戻すことを主体としている。

4 灰の有効利用

ボイラから多量に排出される石炭灰の有効利用については、古くから種々検討されており、実用化されている利用技術としては下記のものがある。

(1) クリンカ灰

コンクリート骨材、セメント原料(粘土の代用)ほか。

(2) フライアッシュ

セメント混和材、生コンクリート用、ボード、パネルなどの建築材、断熱材、肥料ほか。

また、埋立、土地造成、農地造成に大量に使用されているが、石炭火力発電の増大とともに石炭灰量が増加するため、長期的な埋立用地の確保が難しくなることが予想される。

通商産業省資源エネルギー庁では、「石炭火力灰処理センター」を設立する構想を検討しており、石炭灰を埋立材、路盤材、セメント用、肥料用、農地利用、コンクリート骨材などに有効活用するために、流通の需給バランスを含めてフィージビリティスタディを行なう予定とのことである。また、社団法人資源協会を事務局とする電力、セメント、建設など関係15企業・団体で構成する「石炭灰処理対策研究委員会」が昭和54年8月に発足し、石炭灰の有効利用技術の研究などのほか、必要に応じて国内外の石炭灰処理、有効利用状況などの実態調査を行なうことになっている。バブコック日立株式会社もこの研究委員会のメンバーの一員としてこれらの調査・研究に参画し、灰利用技術のほか、灰の性状、組成、脱灰技術、環境、環境関連、輸送、貯蔵技術などについても研究を行なうことになっている。

4.1 利用技術^{1)~3)}

石炭灰の利用率、利用量の拡大のために、各国で既存技術のほかに新しい技術を開発し、大量の石炭灰を有効に利用しようとして取り組み始めたのが現状である。

前述したように、国内でも通商産業省資源エネルギー庁の「石炭火力灰処理センター」の設立、社団法人資源協会の「石炭灰処理対策研究委員会」の発足により石炭灰利用技術が開発され、昭和56年には現状よりも灰利用率、利用量が増大することが可能になると考えられる。石炭灰利用技術一覧を表3^{1),2)}に、また石炭灰の利用形態を図3に示す。

現在、石炭灰の利用技術の多様化として開発が進められ、実用化が図られているものとして下記がある。

表3 石炭灰利用技術一覧^{1),2)} 石炭灰の対象灰と利用状況について、利用技術別にまとめた表である。

No.	利用面	対象灰	内容及び利用量タイプ
1	セメント混和材	フライアッシュ	実用済, 近くセメントJIS規格の変更予定 大量
	生コンクリート用	フライアッシュ	実用済 大量
2	セメント原料	原粉, クリンカアッシュ	粘度代用, 実用済 大量
3	コンクリート骨材	粗粉, クリンカアッシュ	砂代用として実用済 大量
	セメント二次製品 路盤材	フライアッシュ, 粗粉 クリンカアッシュ, 粗粉	ボード, パネル 中 開発中 中
4	人工軽量骨材	粗粉・原粉	技術には成功済 大量
	人工重量骨材	同上	事業化の検討は今後 大量
5	魚 礁	原粉	レジン・コンクリート方式を開発中
6	特殊肥料	原粉	グリーンアッシュとして 小 て実用済
	普通肥料	同上	けい酸カリ肥料 中 (カリ塩を混ぜ熱処理して、 く溶性けい酸カリ肥料とする。) 開発中
7	高度利用 (断熱材など)	フライアッシュ	実用済 小
8	アルミ原料		外国で研究中
9	無セメント硬化剤	クリンカアッシュ フライアッシュ	研究中
10	埋立, 土地造成 農地造成		実施済 大量

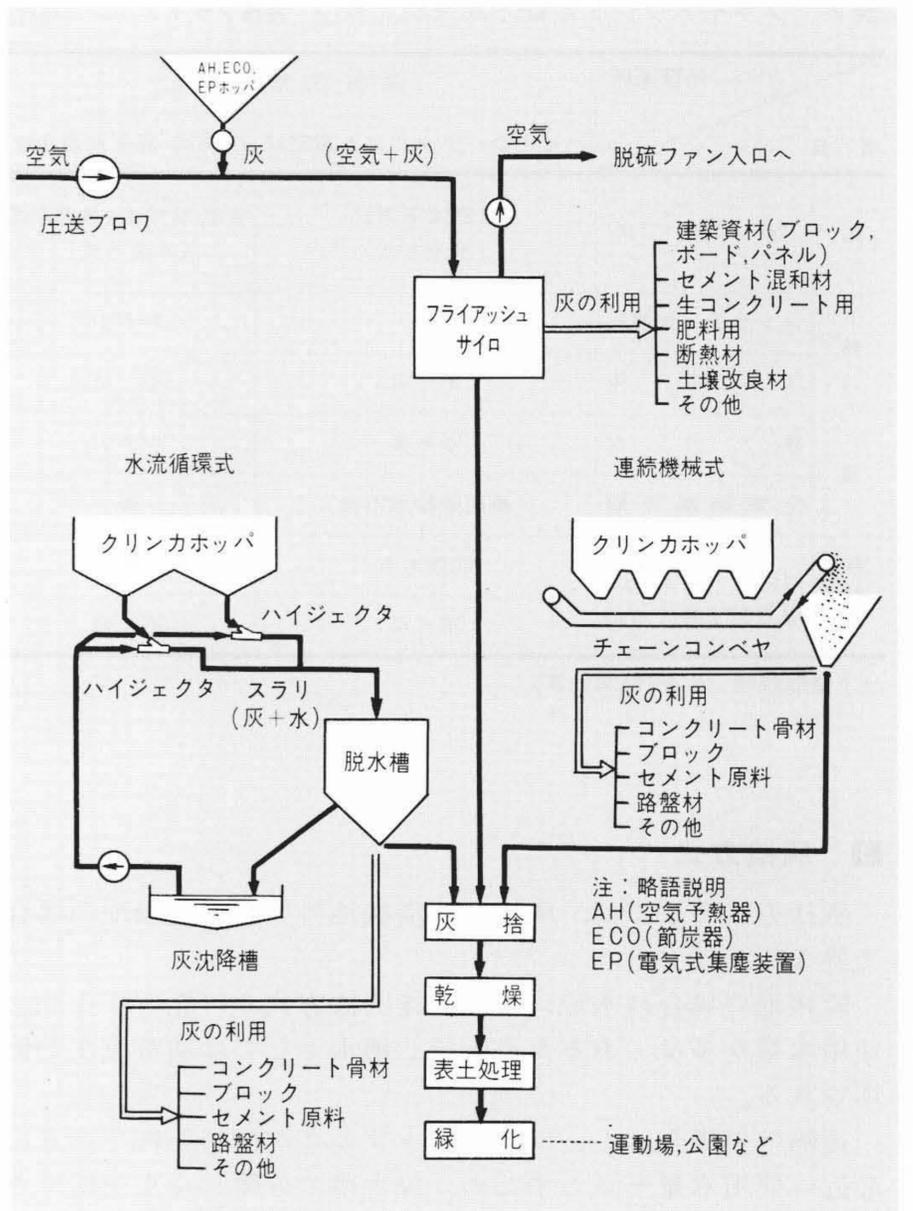


図3 石炭灰の利用形態 石炭灰の利用例を、利用形態により図示した。

(1) 人工骨材, (2) 土壌改良剤, (3) 肥料, けい酸カリ肥料, (4) 化学的処理による石炭からの脱灰, (5) アルミ原料

4.2 海外での利用状況^{1)-3),5),6)}

石炭灰の各国での利用状況(土地造成埋立用を除いた灰利用率)は、アメリカ約20%、イギリス約60%、フランス約40%、西ドイツ約60%であり、我が国は約20%である。アメリカでは道路用、吹付用、コンクリート用、セメント混和材として主に使われている。イギリスでは道路用に多く用いられているが、コンクリート用、ブロック用、人工軽量骨材、充填用、グラウト用などに用いられている。フランスではセメント混和材、セメント原料に積極的に利用しており、道路用にも規格化して使用している。西ドイツではコンクリート用、道路用、吹付用などに使っているほか、ブリック、セメント混合材などにも使われている。またEPからのフライアッシュに石炭を混入して焼却し、外側が硬い核で内側が軟らかい粒状のペレットを作り、外側はコンクリートと同じ硬さで重量がコンクリートの1/3のブロック材としている。

我が国での石炭灰利用は主としてフライアッシュで、フライアッシュセメント用、生コンクリート用、断熱材などに利用されている。クリンカ灰は、粘土の代用としてセメント原料に使用されたり、砂の代用としてコンクリート骨材に利用されている。また、肥料用、農地造成用にも使われている。

5 結 言

石炭燃焼火力発電所の灰処理システムについて種々の系統比較を行ない、大容量化する新設石炭火力発電所のトータル

システムの中で、最適な灰処理システムが選択できるよう調査、検討を行なった結果について簡単にまとめた。また、ますます増加する石炭灰の有効利用について、国内の現状と海外の動向について述べた。

今後の石炭燃焼火力発電所の計画に際して、灰処理システムは立地条件に適応したもので、かつ灰の有効利用を考慮したシステムが必要であることから、省水、省エネルギー、無排水を指向したシステムエンジニアリングが要求されることが予想される。

本稿が灰処理システムの計画の一助となり、また灰の有効利用について若干でも参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) 玉貫：石炭灰の資源化技術，火力原子力発電誌，30，p.25～33 (昭54-6)
- 2) 玉貫：石炭灰の処理と灰利用技術，(社)化学工学協会関東支部主催第15回環境保全技術講座，石炭利用における環境保全技術，p.13～24(昭54-5)
- 3) 石炭技研：石炭の灰処理，灰利用技術について，石炭技研，19，p.1～7(昭54-1)
- 4) (社)火力発電技術協会，フライアッシュ (昭-35)
- 5) KRAFTWERK SCHOLVEN (AUSGABE 1976)(西独1976年) 西独のショルベン火力発電所の設備が紹介されている。
- 6) P F A Utilization (C. E. G. B.) 英国1972年 石炭灰の有効利用に関する英国中央電力庁の文献で，フライアッシュの性状，利用先(製品)の特徴について詳述されている。