

# 石炭火力発電所の排水処理システム

## Treatment System for Wastewater from Coal-Fired Thermal Power Station

火力発電所からの排水は排出源も多岐にわたり、その排出状態も一様でないので、それぞれの排水に応じた適正な前処理を行なったのち総合処理するのが一般的である。

特に石炭火力発電所の場合、排水処理の面から見ると排煙脱硫排水の処理が最も難しく、フッ素、CODの除去が最重点となる。フッ素の除去にはカルシウム添加による凝集沈殿法が、またCODの除去には弱塩基性樹脂によるイオン交換法と硫酸加熱法の組合せが最適である。

また水資源節約の面から、総合処理水を更に工業用水レベルまで高度処理して再使用するためには、脱窒素、有機物除去、脱塩などの処理が必要である。

高橋 燦吉\* Sankichi Takahashi  
塚原 伸一郎\*\* Shinichirô Tsukahara  
岩崎 軍人\*\* Gunto Iwasaki

### 1 緒 言

石炭火力発電所から排出される排水は、その排出源が多く、浄化処理を必要とする成分も多種にわたり、水量も多い。

排水はその排出状況により、下記のように大別される。

#### (1) 定常排水

日常の発電作業に伴い定常的に排出される排水

#### (2) 非定常排水

定期的な点検、保守作業に伴い排出される排水

これら水質の異なる排水を、合理的に効率よく処理することが環境保全の面から必要である。ここでは、それぞれの排水の種類と性状を系統的に述べるとともに、放流を目的とした前処理を含む総合排水処理と、将来、工業用水レベルまでに処理し回収再利用するクローズドシステムについて述べる。

### 2 排水の種類、性状とその処理法

#### 2.1 定常排水

##### 2.1.1 含油排水

本排水は、本館内機器フロアドレン、変圧器室排水、タンクヤード排水などで、潤滑油を主とした浮上油を含み、SS(懸濁物質)の少ない中性排水である。

この排水は、重力分離、砂汙過、吸着及び活性炭処理により、処理水中の油分を1ppm以下にすることができる。

##### 2.1.2 排煙脱硫排水

#### (1) 排水の性状

排煙脱硫排水は脱硫方式によってその性状が大きく異なるが、現在最も一般的な石灰石・石膏法による排煙脱硫排水について述べる。

この排水は塩素イオン濃度が高く、硫黄酸化物に起因するCOD(化学的酸素要求量)成分を含む高温の酸性排水である。更に、重油専焼排煙脱硫排水と比較すると次のような相違点がある。

- (a) 排水量が多い。
- (b) 高濃度の灰分及びフッ素を含有する。
- (c) ニッケル、バナジウムなどの重金属類が少ない。

表1に石炭火力発電所の排煙脱硫排水の水質の一例を示す。

#### (2) 処理方式

本排水の除去対象物質は、SS、フッ素、COD及び重金

表1 石炭火力発電所の排煙脱硫排水の水質 SS、F、Cl濃度が高く、硫黄酸化物に起因するCOD成分を含む酸性排水である。

項 目	濃 度	項 目	濃 度
水 温	50 °C	F	1,700ppm
pH	1 ~ 2	Ca	1,700ppm
SS	20,000ppm	Ni	30ppm
COD	270ppm	Fe	250ppm
Cl	5,300ppm	NH <sub>4</sub>	300ppm

注：略語説明 SS(懸濁物質)、COD(化学的酸素要求量)

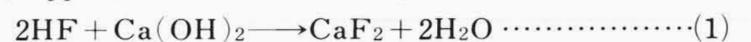
属類である。以下、各々の処理方法について述べる。

#### (a) S S

SS成分の主なものはシリカ及びアルミナから成る灰分であり、沈降性、濃縮性が良いのでシクナで分離濃縮後、更に脱水して含水率15~30%の固形物としてEP灰(電気式集塵装置により補集された灰)又はクリンカ灰とともに処分するのが一般的である。

#### (b) フッ素及び重金属類

フッ素は次式に示すように、カルシウム塩をフッ素に対して2~5当量添加することにより、安定したフッ化カルシウム(CaF<sub>2</sub>)の沈殿物として分離除去し、処理水中のフッ素濃度10ppm以下まで処理できる。



またこの際、pHを9~11に調整することにより、重金属類は金属水酸化物として同時に沈殿分離除去することができる。

#### (c) C O D

本排水中のCOD源の大部分が二価の鉄、あるいは亜硫酸塩などの無機性物質であり、その比率は炭種、脱硫装置の形式及び運転条件により大幅に異なる。

二価の鉄はpHを8~10に調整し、空気を用いて酸化し、水酸化鉄として沈殿させることにより1ppm以下まで容易に処理できる。

また、亜硫酸塩に対しては従来から種々の検討がなされているが、現状では次の二方式が考えられる。

\* 日立製作所日立研究所 工学博士 \*\* 日立プラント建設株式会社

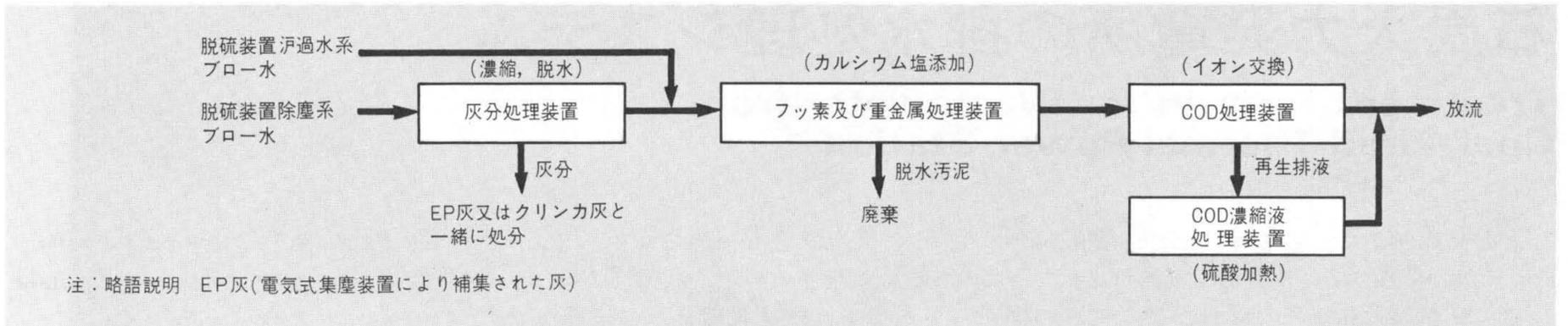


図1 排煙脱硫排水処理フローシート SS分を除去した後、フッ素、重金属類及びCODの処理を行なう。

原水のCOD値が比較的低い場合……イオン交換法

原水のCOD値が比較的高い場合……硫酸加熱法

SSを除去し、フッ素及び重金属を除いた後の排水のCOD値は通常30~100ppmの範囲であるので、弱塩基性イオン交換樹脂を用いたイオン交換法で10ppm以下まで処理できる。

イオン交換樹脂の再生排水は、硫酸加熱法により分解処理する。

図1に排煙脱硫排水処理フローシートを示す。

### 2.1.3 揚運炭機器洗浄排水、貯炭場排水

本排水は揚運炭機器の洗浄排水、貯炭ヤードの雨水排水などで、多量のSS分を含む中性排水である。

処理方式としては、凝集沈殿、汙過法によりSS分10ppm以下とする。処理水は機器洗浄水や貯炭ヤード散布用水として再利用し、用水の節約を図る。

### 2.1.4 生活排水

本排水は本館、事務所、作業詰所などの食堂、便所、手洗、浴場などから排出されるもので、一般の生活排水である。

量的には少量であるがし尿を含み、BOD(生物化学的酸素要求量)が高く、少量の油脂分が含まれているため、「建築基準法」及び地方自治体の定める基準に沿った浄化槽を設置する。

処理水は必要に応じては、総合排水処理装置で更に残存BOD、SS分を除去する。

### 2.1.5 純水装置、復水脱塩装置再生排水

本排水はイオン交換樹脂再生時に排出されるもので、SS、重金属イオンを少量含んだ酸性及びアルカリ性排水が交互に

排出される。

処理法は再生工程の1サイクル分の排水を貯留し、均一混合することにより自己中和を行なった後、総合排水処理装置でpH調整とSS、金属イオンの除去を行なう。

### 2.2 非定常排水

本排水は定期的な機器の保守、点検修理時に排出されるもので、ボイラ、タービン起動用水や空気予熱器、電気式集塵器、火炉バンク、ガス・ガスヒータなどの洗浄水、ボイラ化学洗浄水などがある。これらの排水は短時間に多量に排出され、また、水質変動が大きいのが特徴である。

本排水は、多量のSS、金属イオン、COD、窒素化合物などと少量の油脂分とを含む酸性又はアルカリ性排水である。その水質の一例を表2に示す。

処理法としては、いったん前処理を行なった定常排水とともに貯留して、総合排水処理を行なう。

総合排水処理はアルカリ剤を添加し、金属イオン類を不溶性の金属水酸化物として、他のSS成分とともに凝集沈殿により分離した後、汙過を行なうのが一般的である。

### 2.3 排水処理システム

以上述べた定常排水、非定常排水の前処理及び総合処理を系統的にまとめたフローシート、並びにその放流水質を図2に示す。同図からも明らかなように、放流水質は放流基準値を十分満足しているため、直接、海域などへの放流が可能である。

### 3 再利用クローズドシステム

火力発電所の排水の回収再利用については、高度処理を必要としないレベルでは既に実施されているが、更に回収利用率を高めるためには、総合排水の処理水をなんらかの方法で高度処理を行ない再利用することが必要となる。

この場合問題となるのは、処理水中の窒素化合物、溶解性塩類、有機物質などである。

ここでは、特に窒素化合物の除去に用いる流動層式脱窒装置、有機物質の除去に用いる流動層式活性炭吸着装置及び溶解性塩類の除去に用いる逆浸透装置について述べる。

#### 3.1 日立流動層式脱窒装置

日立流動層式脱窒装置は、硝化菌及び脱窒菌の働きにより高速処理が可能な流動層式生物学的脱窒装置である。

本装置は流動層式の硝化塔と脱窒塔から構成されている。そのフローシートを図3に示す。

硝化塔は立て形円筒状の塔内下部から、原水と酸素ガスを溶解させた循環水とを流入させ、硝化菌の付着した担体を上向流で流動化させながら、硝化菌によりアンモニア性窒素(NH<sub>4</sub>-N)を亜硝酸性窒素(NO<sub>2</sub>-N)、あるいは硝酸性窒素(NO<sub>3</sub>-N)にまで酸化処理するものである。

表2 主な非定常排水の水質 短時間に多量に排出され、かつ水質変動が大きいのが特徴である。

項目	空気予熱器 洗浄排水	電気式集塵器 洗浄排水	ボイラ化学 洗浄排水
水温(℃)	80~90	50~80	70~90
pH	2~6	4~6	3~11
導電率(μS/cm)	600~23,000	800~11,000	500~8,000
SS (ppm)	800~73,000	1,000~65,000	50~200
COD (ppm)	30~1,700	30~300	500~30,000
Fe (ppm)	500~16,000	100~800	200~1,000
Cu (ppm)	20	0.1~4	300
Ni (ppm)	1~60	0.1~2	50
V (ppm)	1~40	10	100
Al (ppm)	15~2,300	50~1,400	200~500
T-N (ppm)	100~5,500	300~600	300
n-Hex (ppm)	5	5	10

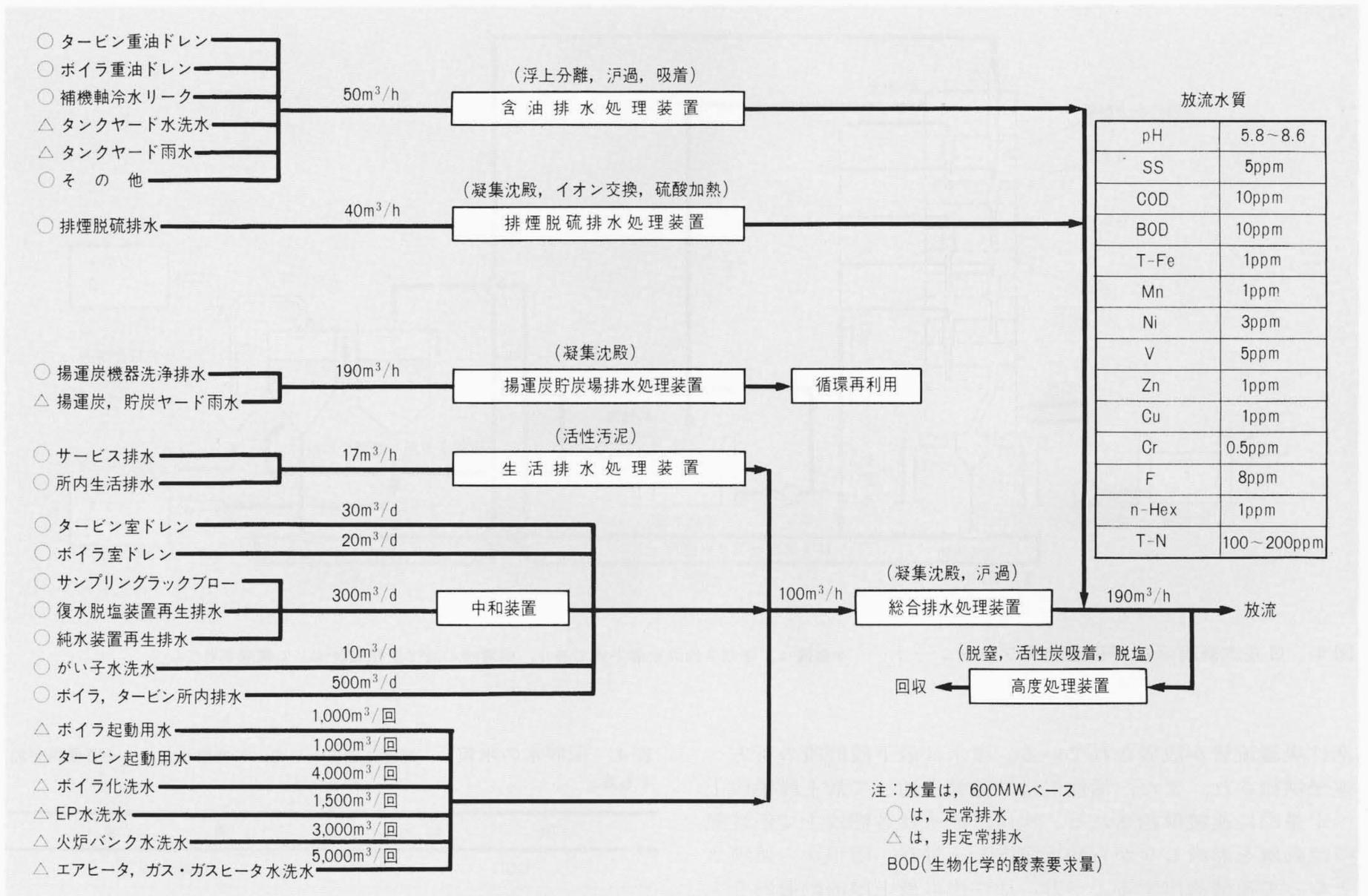


図2 排水処理フローシート 600MWベースの排水量とその処理方式及び放流水質を示した。

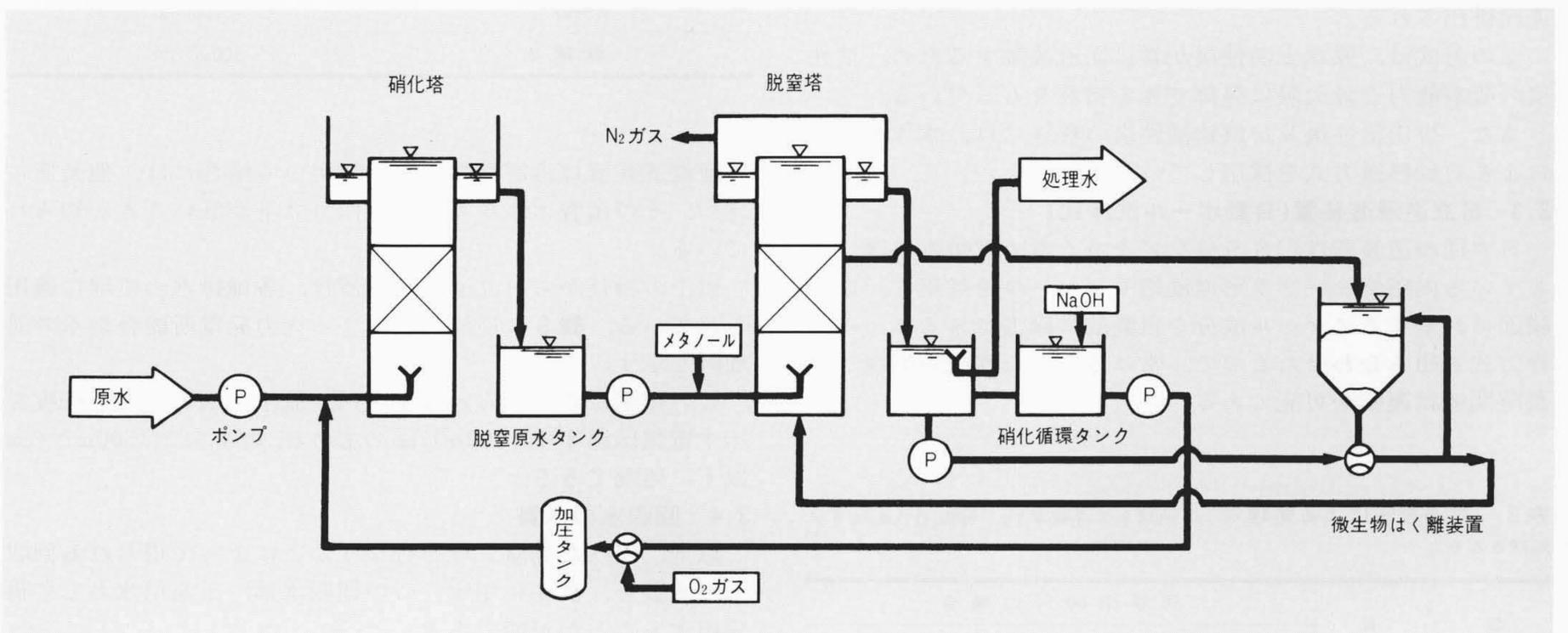


図3 流動層式脱窒装置フローシート 本装置は、流動層式の硝化塔と脱窒塔から構成されている。

また、脱窒塔は脱窒菌の付着した担体を硝化処理を行なった排水で流動化させ、塔下部に脱窒反応に必要な水素供与体としてメタノールを注入することによってNO<sub>2</sub>-NあるいはNO<sub>3</sub>-Nを窒素ガス(N<sub>2</sub>ガス)まで還元処理するもので、窒素濃度5ppm以下まで処理できる。

一方、担体に付着した過剰の微生物は、はく離装置によりはく離後、担体だけが再循環される。

### 3.2 日立流動層活性炭吸着装置

日立流動層活性炭吸着装置は、活性炭の吸着能力を有効に利用できる経済的な連続多段流動層方式であり、吸着塔と活性炭移送装置から構成されている。そのフローシートを図4に示す。

多段流動層吸着塔は立て形円筒状の塔内に、水が通過上昇することができる2段以上の棚段を設け、各棚段には複数の

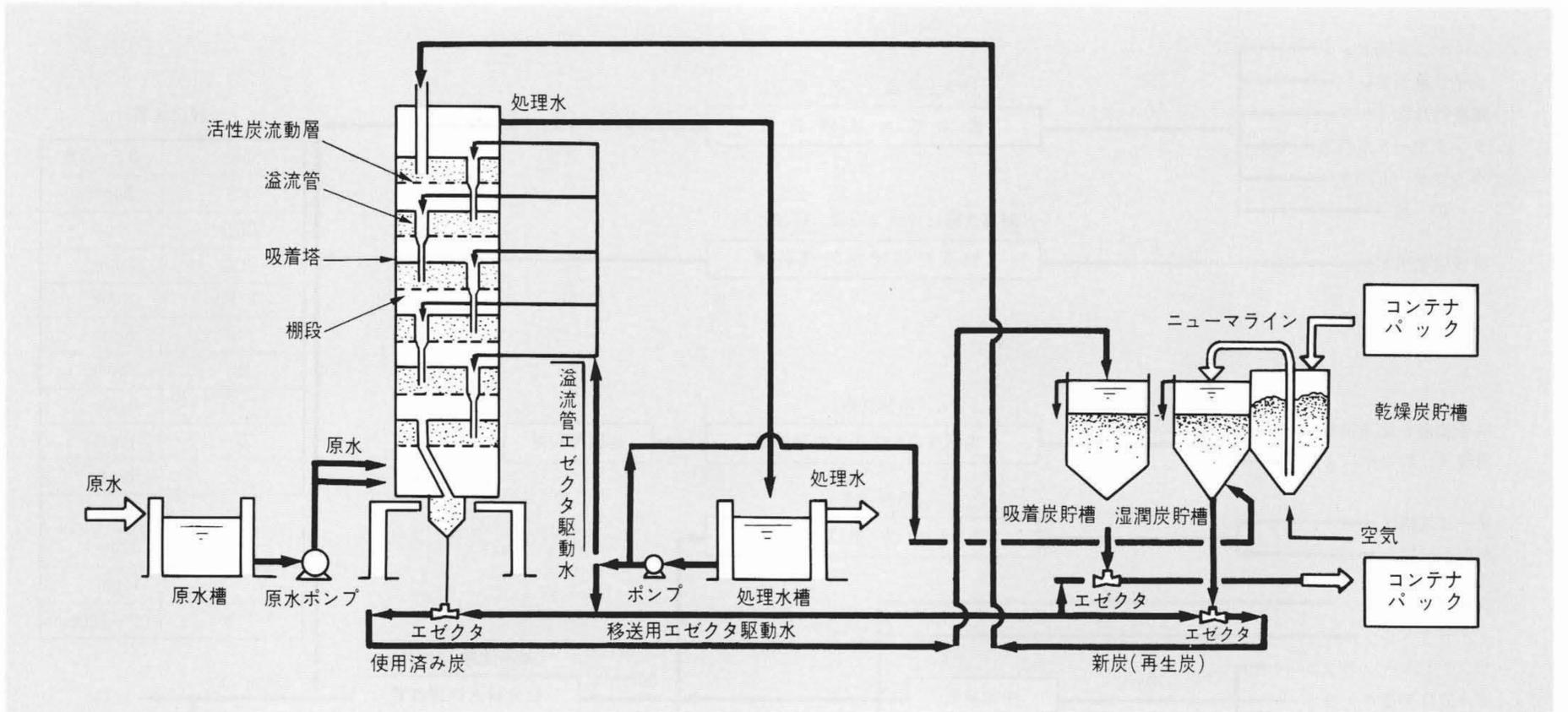


図4 日立流動層活性炭吸着装置フローシート 本装置は、連続多段流動層方式であり、吸着塔と活性炭移送設備とで構成されている。

活性炭溢流管が設置されている。原水は最下段棚段の下方へ連続供給され、また、活性炭は供給管を通して最上段棚段上へ定量的に連続供給される。次に、原水は各棚段上で活性炭の流動層を形成しながら順次塔内を上昇し、塔頂から処理水となって連続流出する。一方、活性炭は最上段流動層内を上昇しながら吸着作用を行ない、流動層表面から各溢流管内に入り下段流動層底部へ流下する。同様にして、各段の活性炭は順次流下し、最下段流動層上面から排出管を通して塔外へ連続排出される。

この方式は、原水と活性炭が常に向流接触するため、活性炭の吸着能力を最大限に発揮できる特性をもっている。

また、排出活性炭及び供給活性炭の移送には、水エゼクタによる自動移送方式を採用している。

### 3.3 日立逆浸透装置(自動ボール洗浄式)

日立逆浸透装置は、SS分などを多く含んだ排水処理に適している内圧チューブラ形逆浸透モジュールを採用し、更に膜面に付着するスケール成分を自動的に除去できるボール洗浄方式を組み合わせたもので、常に安定した性能を発揮し、長時間連続運転が可能である。

表3 逆浸透法による処理例 処理水の導電率が、500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 以下に処理される。

項目	回収率 60% の場合		
	原水	透過水	除去率(%)
pH	6.5	5.9	—
導電率( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	10,850	410	96.2
全硬度(ppm)	315	3	99.0
カルシウム硬度( )	110	< 1	99.1
M-アルカリ度( )	12	4.6	—
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> ( )	820	< 4	99.5
Cl <sup>-</sup> ( )	2,560	112	95.6
SiO <sub>2</sub> ( )	7.3	< 1	—

表4 回収水の水質 高度処理によって、工業用水として十分使用可能である。

項目	濃度
COD	3.0ppm以下
重金属類	0.1ppm以下
全窒素	1.0ppm以下
フッ素	5.0ppm以下
n-Hex	1.0ppm以下
導電率	500 $\mu\text{S}/\text{cm}$

逆浸透装置は溶解塩類の除去に用いる場合には、他装置に比べ、その消費エネルギー、操作コストが低いことが知られている。

以上の特長から日立逆浸透装置は、各種排水の処理に適用されている。表3に逆浸透法による火力発電所総合排水の処理例を示す。

この結果からも明らかなように、原水の塩類濃度の程度を示す電気伝導率 10,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ のものが、処理水では500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 以下に処理できる。

### 3.4 回収水の水質

以上、述べた高度処理を行なうことによって得られる回収水の水質を、表4に示す。この回収水は、工業用水として再使用することが可能である。

## 4 結 言

この論文では、石炭火力発電所の排水処理について系統別に述べた。しかし、排煙脱硫排水のCOD除去、脱窒素については技術的になお究明の余地が残されており、現在重点的に開発を進めている。

総量規制導入に伴う水質規制の強化、及び省資源、省エネルギー化の面からも、従来処理に加えて高度処理の必要性がますます高まってきており、この分野でも万全の対応が可能な体制をとっている。