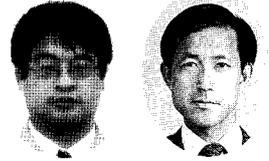


Graver 社の復水脱塩装置の紹介

Graver's Deep Bed Condensate Polisher



(環)製品開発室 山本 平
Taira Yamamoto
(環)IPP室 諏訪 健
Takeshi Suwa

発電所に設備される復水脱塩装置をアンモニア型で運用すると、pH調整剤であるアンモニアの使用量を低減し、再生周期が長期化する長所を得ることが可能となるが、運用における課題としてナトリウムリークを防ぐためのクロスコンタミネーションへの対応が要る。

この度、当社は Graver Water System Inc. の SepraEight[®] 型復水脱塩装置を国内では初めて納入することになった。本装置はカチオン交換樹脂とアニオン交換樹脂の比重差を利用する分離機構と共に、移送樹脂種を判別する検知器を備え、クロスコンタミネーションを0.1%以下に排除し、アンモニア運用に要求される高度な樹脂分離を行うことが可能である。

When operated in ammonia cycle, conventional deep bed condensate polishers for power plants can reduce ammonia consumption, allowing longer regeneration cycle of resins. But they need measures for cross contamination to avoid sodium leakage.

The SepraEight[®] licensed from Graver Water System Inc., U.S.A., serves the function. The unit can reduce cross contamination to below 0.1% with the separation mechanism of cation and anion exchange resins according to difference of specific gravity, and a resin interface detector installed on a transfer line.

Key Words :

アンモニア運用
復水脱塩
復水脱塩装置
ナトリウムリーク
界面検知器

Ammonia cycle
Condensate polishing
Deep bed condensate polisher
Sodium leakage
Resin interface detector

まえがき

Graver Water Systems Inc. (以下 Graver 社と記す。)は創立1886年で、混床式の復水脱塩処理装置を全世界で130基以上の納入実績を有する水処理設備メーカーである。

当社ではこの度、700 MW クラスの発電所に Graver 社の SepraEight[®] 型の復水脱塩装置を納

入することとなり、本報ではその設備内容を紹介する。尚、国内では SepraEight[®] 型の前身である SEPREX[®] 型は既に稼動しているが、SepraEight[®] は今回が初めてとなる。

1. 復水脱塩について

1.1 復水脱塩装置の役割

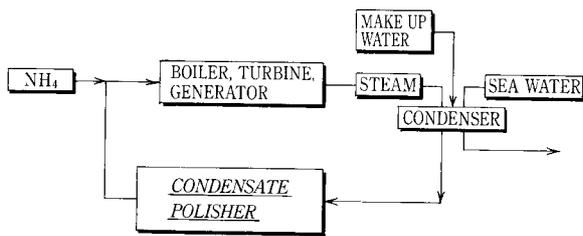
第1図に発電設備の概略のフローを示す。

本発電所のボイラは超臨界圧で運転される貫流ボイラである。復水はボイラへ供給され蒸気となり発電に供された後、復水器で凝縮され、ブローダウンされることなくボイラへ再び供給され系内を循環する。

復水脱塩装置の役割は、①復水器の冷却水として用いられる海水が復水系内に混入した場合に塩分を除去する安全装置、②ボイラ、タービンの部材から復水系内に溶出あるいは混入してくる微量物質の除去、③補給水中に含まれ系内を循環する過程で濃縮される微量物の除去、である。

1.2 復水脱塩装置のアンモニア型運用

本ボイラの供給水は腐食防止のため、アンモニアを注入し pH9.4 程度になるように調整される。アンモニアの濃度は 1 mg/ℓ 程度である。復水には注入されたアンモニアと微量物質 (TDS で 250 μg/ℓ を設計基準としている) が存在する。復水中に含まれるこれらの物質が脱塩装置の脱塩塔で除去される対象物となる。本脱塩塔はカチオン交換樹脂とアニオン交換樹脂を混合した混床塔としている。脱塩塔



第1図 発電設備の概略フロー図
Fig. 1 Block Flow Diagram of Power Plant

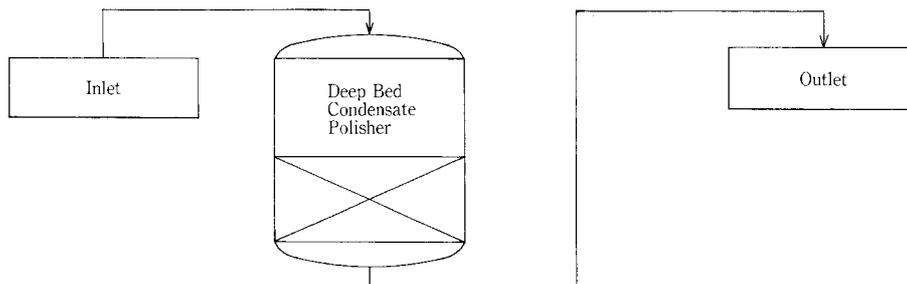
に復水を通水していくと、カチオン交換樹脂がイオン濃度の大きいアンモニアを吸着しブレイク (アンモニアブレイク) する。アンモニアブレイクに至る迄の通水期間は 5 日程度と設定しているが、この間はアンモニアが除去されるので、処理水には除去された分を補う量のアンモニアを添加することが必要となる。

第2図にアンモニア型運用処理状況を示す。

アンモニア型運用とはカチオン交換樹脂がアンモニアブレイクしても通水を続行する運用法である。アンモニアブレイク時、カチオン交換樹脂の大部分は第2図に示すように交換基にアンモニアを吸着したアンモニア型樹脂の状態にある。この状態での脱塩塔の通水状況は、アンモニアはそのまま通過し、アンモニアよりイオン選択性 (イオン交換樹脂に対し吸着の難易性を示す目安で高い程吸着し易いことを示す。陽イオンでは $H^+ < Na^+ < NH_4^+ < X^+$) の高い陽イオンはアンモニアと置換吸着される。そのため処理水は、原水に含まれていた不純物は除去され、アンモニアを原水と同程度含有する水質となり、アンモニアの注入量は極く少なくなる。

したがって、アンモニア型運用では pH 調整剤のアンモニア使用量が軽減される。更に、不純物の含有量によるが再生頻度を数十日に 1 回とすることが期待される。

このような長所を有するアンモニア型運用であるが、ナトリウム型樹脂が混在している状態でアンモニアブレイクに至ると、ナトリウムのイオン選択性



Inlet	Deep Bed Condensate Polisher		Outlet
X^+, Y^- : approx. 250 μg/ℓ NH_4^+ : 1 mg/ℓ	Hydrogen form process	$CR-H+X^- \rightarrow CR-X+H^+$ $CR-H+NH_4^+ \rightarrow CR-NH_4+H^+$ $AR-OH+Y^- \rightarrow AR-Y+OH^-$	Deionized Water
	Ammonium form process	$CR-NH_4+X^- \rightarrow CR-X+NH_4^+$ $CR-NH_4+NH_4^+ \rightarrow CR-NH_4+NH_4^+$ $AR-OH+Y^- \rightarrow AR-Y+OH^-$	

CR : Cation exchange resin X^+ : Other cations AR : Anion exchange resin Y^- : Other anions

第2図 アンモニア型運用復水脱塩
Fig. 2 Process of Ammonium Form Condensate Polisher

がアンモニアより低いいため、処理水中にナトリウムイオンがリークする。ナトリウムはアルカリ腐食の要因となるため管理値は $5\mu\text{g}/\ell$ 以下とされているので、ナトリウム型樹脂を生成させないことがアンモニア型運用では重要となる。

1.3 ナトリウム型樹脂の生成と許容値

ナトリウム型樹脂はイオン交換樹脂の再生時に生成される。

一般に混床型で用いられるイオン交換樹脂の再生は逆洗により水理的にアニオン交換樹脂とカチオン交換樹脂を分離した後、カチオン交換樹脂層へは酸を、アニオン交換樹脂層へは苛性ソーダを通液して再生する。このとき、アニオン交換樹脂層へ混入したカチオン交換樹脂が苛性ソーダのナトリウムを吸着してナトリウム型樹脂が生成される（クロスコンタミネーション）。

したがって、カチオン交換樹脂とアニオン交換樹脂を高度に分離することが重要となる。しかし、カチオン交換樹脂とアニオン交換樹脂を完全に分離することは困難であるため実際にはナトリウムリーク量が $5\mu\text{g}/\ell$ 以下となるような量のナトリウム型樹脂の生成を許容した運転となる。

第3図にカラムテストで確認したナトリウム型樹脂含有率とナトリウムリーク量の関係を示す。横軸は全カチオン交換樹脂中のナトリウム型樹脂の体積%である。縦軸はこの各ナトリウム樹脂体積%時に発生するナトリウムリークのピーク値を示す。

この図より、ナトリウムリーク $5\mu\text{g}/\ell$ 以下となる全カチオン交換樹脂中のナトリウム型樹脂体積%は約0.35%以下となる。

前述よりアンモニア型運用を行う復水脱塩装置で

は、全カチオン交換樹脂中のナトリウム型樹脂含有率を低レベルにコントロールする、高度な樹脂分離状態での再生が必要であることが解る。

2. Graver 社の復水脱塩装置

第4図に再生塔の模式図を示す。

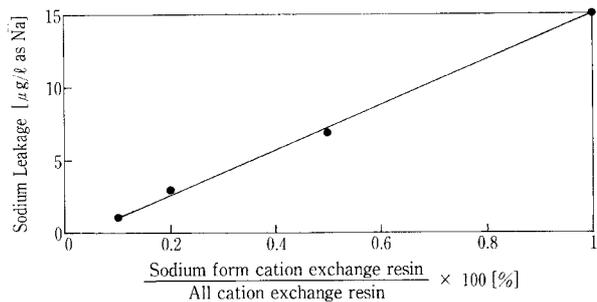
再生塔は分離塔とカチオン再生塔からなり、分離塔では樹脂の分離とアニオン交換樹脂の再生を行い、カチオン再生塔ではカチオン交換樹脂の再生を行う。またカチオン再生塔では再生済みのアニオン交換樹脂とカチオン交換樹脂の混合、樹脂の貯留も行う。

樹脂の再生行程は8段階で行われる。

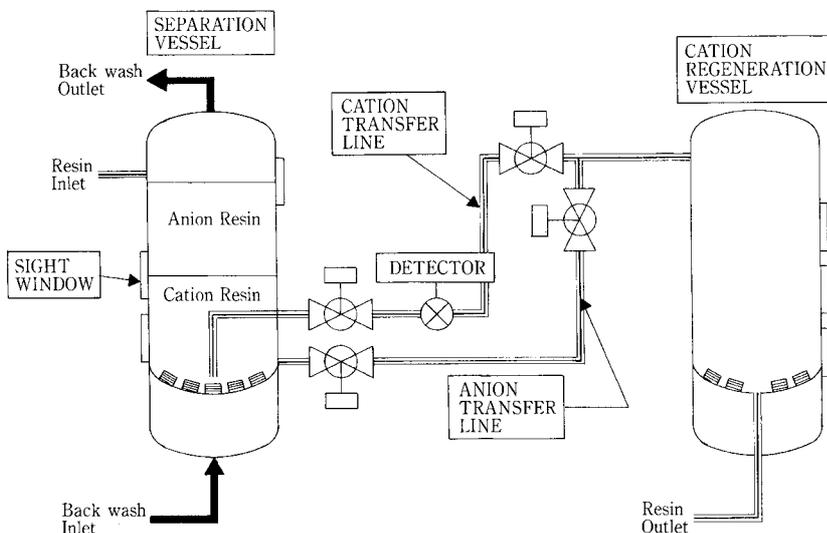
第1段階では再生したい樹脂を有する脱塩塔の通水を停止した後、樹脂を分離塔に送る。

第2段階でカチオン再生塔でスタンバイしていた（カチオン再生塔に貯留している）再生済み樹脂を空になっている脱塩塔に移送し、通水可能状態となる。

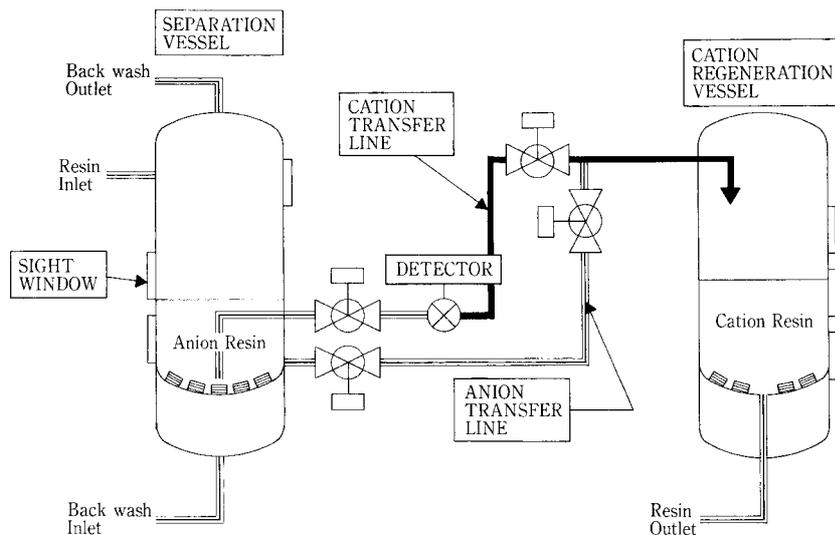
第3段階では分離塔で、第4図のように、樹脂を逆洗してアニオン交換樹脂層とカチオン交換樹脂層に分離する。しかし、この状態ではアンモニア型運



第3図 Na型樹脂とNaリーク量（供給水pH=9.6）
Fig. 3 Relationship between Sodium Form Cation Exchange Resin and Sodium Leakage (feed water pH=9.6)



第4図 樹脂の逆洗分離
Fig. 4 Hydraulic Classification of Ion Exchange Resins



第5図 カチオン樹脂移送
Fig. 5 Cation Exchange Resins Transfer

用に必要な分離精度を得ることが出来ず、逆洗分離界面付近では両樹脂が混合している状態となっている。

第4段階ではカチオン交換樹脂を分離塔最下部に突き入れたノズルより抜き出しカチオン再生塔に送る。第5図にカチオン交換樹脂移送状態を示す。

カチオン交換樹脂はカチオン移送管を經由してカチオン再生塔へ送られる。当移送管中には界面検知器が設置されており、アニオン交換樹脂を検出するとカチオン移送管両端の弁を閉める。このとき、カチオン移送管中には逆洗分離界面付近の混合状態の樹脂が閉じ込められる。

第5段階ではカチオン交換樹脂はカチオン再生塔で、アニオン交換樹脂は分離塔で再生される。この時、分離塔に苛性ソーダを規定レベル迄入れアニオン交換樹脂を浮かしながら再生し、分離塔に残ったカチオン交換樹脂を塔底部に沈める。

第6段階で両樹脂とも純水で洗浄する。

第7段階で分離塔内の再生されたアニオン交換樹脂をアニオン交換樹脂移送管でカチオン再生塔に送る。アニオン交換樹脂移送管は分離塔下部の側面に位置する構造になっており、底部に集積したカチオン交換樹脂は分離塔に残され移送されないような構

造となっている。

第8段階でカチオン再生塔では下部から空気を送り込むことによって樹脂を攪拌混合し、次回用の再生済み樹脂のスタンバイが完了する。カチオン移送管中の樹脂は分離塔内に戻す。最終的に分離塔内には、カチオン交換樹脂移送管中の樹脂、カチオン再生塔に移送されなかったカチオン交換樹脂とアニオン交換樹脂が残る。これらの樹脂は次回に再生する樹脂と共に再生されることになる。

SepraEight® 型復水脱塩装置は以上のような樹脂分離再生操作の行程を有する。全カチオン交換樹脂中のナトリウム型樹脂体積%の値は0.1%以下としており、運転実績では約0.02%以下が得られている。その結果として、ナトリウムリークを $1\mu\text{g}/\ell$ 以下とする（実際の運転値では $0.2\sim 0.5\mu\text{g}/\ell$ ）運転が可能である。

むすび

当社が納入する Graver 社の復水脱塩装置は

- ①世界的に実績が多い。
- ②アンモニア型運用に求められる高度な樹脂分離が可能。
- ③SepraEight® 型は再生塔2基で操作法もシンプル。

連絡先

山本 平 環境装置事業部
製品開発室

TEL 078-992-6532

FAX 078-992-6503

E-mail t.yamamoto@pantec.co.jp

諏訪 健 環境装置事業部

IPP室

室長

TEL 078-232-8106

FAX 078-232-8071

E-mail t.suwa@pantec.co.jp