# 新型イオン交換装置

### Introduction of New Ion Exchange Process



山地洋樹\* Hiroki Yamaji



金澤浩二\* Kohji Kanazawa



平井孝明\* Takaaki Hirai



安友邦彦\*\*
Kunihiko Yasutomo



浄徳拓也\*\*\* Takuya Joutoku



大朝 功\*\*\*\* Isao Ootomo 技術士(水道部門)

下向流通水,上向流再生型のイオン交換装置の運転方法と、その高効率な再生方法を確立した。 本イオン交換装置は、従来のイオン交換装置に対して採水能力を同等とした場合、再生にかかる 時間、排水、薬品量を大幅に削減できる。また線流速を高くとることができ、樹脂が充てんされな い空間部分を少なくすることができるため、装置がコンパクトであるといった特長を持つ。

We established a highly efficient ion exchange process and a regeneration process, featured downward flow service and upward regeneration. This ion exchange process has the feature, greatly reducing a regeneration time, regeneration chemicals, and rinsing water consumption. But this process is compared with a past process and the performance doesn't change. And plant is very compact for result of high linear velocity and small dead space.

# Key Words:

下向流通水, 上向流再生

省エネルギ

省 資源

省 廃 棄 物

Downward Flow Service, Upward Flow Regeneration

Saving Energy

Saving Resource

Saving Waste

### 【セールスポイント】

従来よりも再生薬品量、再生排水量、再生時間を大幅に削減できるイオン交換装置である。 再生時間が大幅に短縮され、運転管理が容易である。

構造がシンプルでコンパクトであり、イニシャルコストに優れている。

### まえがき

イオン交換による水処理方法はその原理から、破過した樹脂に対して塩酸、苛性ソーダなどの薬品を用いて再生する必要がある。また再生で発生した排水は、放流する際に中和等の処理を行わなければならない。

イオン交換装置の性能は、処理水質や採水量に加 え、この再生薬品量や再生排水量、再生時間をいか に少なく抑えられるかにかかっており、当社はこれ まで、高効率のイオン交換装置として、上向流通水、下向流再生型の「スーパーフロー」を開発、販売してきた。

一方,下向流通水,上向流型のイオン交換装置も古くから存在していたが,再生時の樹脂流動を抑えるため,大量の「押さえ水」を上部から投入し,下部から投入される再生薬品とともに樹脂塔中間から抜出す方法を採っていたため,膨大な再生排水が発生していた。

今回の下向流通水,上向流再生型の新型イオン交換装置は、従来のスーパーフローよりも再生薬品量,再生排水量,再生時間を大幅に削減することが可能なイオン交換装置である。また樹脂塔構造も非常にシンプルかつコンパクトとなり、イニシャルコスト,ランニングコスト両面に優れた装置である。以下に概要と運転結果を紹介する。

### 1. 新型イオン交換装置の概要

### 1.1 新型イオン交換装置の構造

図1に新型イオン交換装置と従来機の概略構造を示す。

新型イオン交換装置は逆洗時に展開させない。このため樹脂が充てんされない空間(以下,フリーボードと記す)が極端に少なく,樹脂塔高さが大幅に低減される。また従来機では通水時の樹脂の流動を

抑えるためにリンス層を設けているが、下向流通水の新型イオン交換装置では通水時に樹脂が流動しないため、リンス層は必要ない。代わって再生時の整流効果を高めるために、少量のイナート樹脂が充てんされている。

さらに塔に付属するノズルが少なく,中間多孔板 も不要で塔内部の構造,外部配管ともにシンプルで ある。

なお, 樹脂塔内にストレーナを取付けた隔壁を設けることで, 塔内に複数種の樹脂を充てんした複床型での運用も可能である。

### 1.2 新型イオン交換装置の再生工程

図2に新型イオン交換装置の基本的な再生工程を 示す。新型イオン交換装置の再生工程は以下の5工 程のみである。

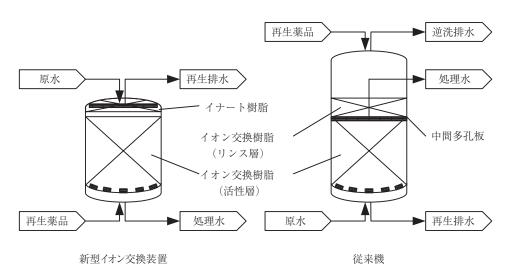
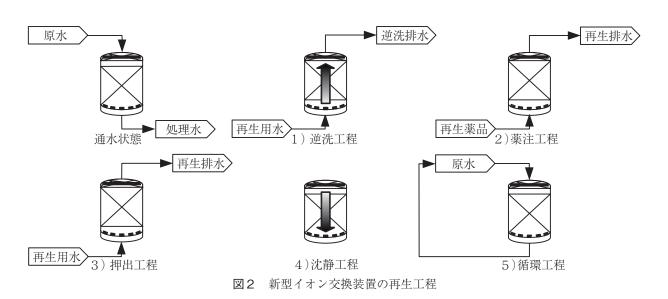


図1 新型イオン交換装置, 従来機概略図



### 1) 逆洗工程

通常の逆洗時の線流速(LV)より3倍以上の高 LVで短時間の逆洗を行う。これにより樹脂層は展 開することなく樹脂塔上部に押し付けられる。

また運転中に破砕した樹脂や、原水中に含まれ樹脂塔内に蓄積した懸濁物(SS)はこの工程で塔外に排除される。

この状態のまま以下の工程を行うことで、樹脂層を固定したまま上向流での再生が可能となった。

### 2) 薬注工程

樹脂層を上部に押し付けたまま、下部より再生薬品を注入する。カチオン樹脂には塩酸などの酸、アニオン樹脂には苛性ソーダなどのアルカリを注入することで、破過した樹脂が再生される。

### 3)押出工程

再生薬品の注入を停止し,再生用水のみを通水して 樹脂塔内の薬品を押し流す。

### 4) 沈静工程

通水を停止し、上部に押し付けた樹脂層を樹脂塔下部に沈降させる。沈降高さがわずかで樹脂層は下部から順次沈降していくため、上部と下部の樹脂が混合することは無い。

またこの工程は圧密された樹脂をほぐす効果もある。

### 5) 循環工程

処理水水質が目標水質に到達するまで処理水を原 水配管に戻した循環運転を行う。

以上が新型イオン交換装置の全再生工程であり、 再生に要する時間は樹脂塔高さにもよるが、おおむね 1時間前後で完了し、処理を再開することができる。

## 2. 新型イオン交換装置による運転結果

### 2.1 新型イオン交換装置の概要

図3および写真1,写真2に新型イオン交換装置のフローシートと写真を示す。カチオン塔は塔径460 mm,強カチオン交換樹脂を190 L,アニオン塔は塔径500 mmで中間板を有し,塔上部には弱アニオン交換樹脂,塔下部には強アニオン交換樹脂をそれぞれ160 L 充てんしている。

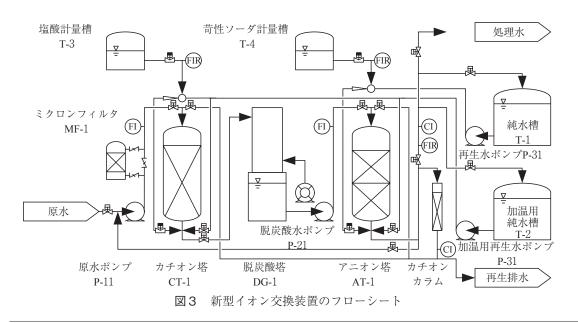
原水は工水の凝集濾過処理水を使用し、原水ポンプ(P-11)で昇圧、ミクロンフィルタ(MF-1)でSS分を除去したのち、導電率(EC)計をとおってカチオン塔(CT-1)上部より下向流で塔内に供給され、脱カチオン処理される。処理水は下部より流出し、脱炭酸塔(DG-1)で炭酸ガスを除去してから脱炭酸水ポンプ(P-21)で再度昇圧されて、アニオン塔(AT-1)上部より下向流で塔内に供給され、EC計、積算流量計をとおって脱アニオン処理される。





写真1 カチオン塔

写真2 アニオン塔



イオン交換処理水は、純水槽 (T-1),加温用純水槽 (T-2)に再生に必要な再生用水を貯留したうえで処理水槽へ送水される。

また、本装置ではシリカ計の代わりに、処理水側にカチオン樹脂を充てんしたカチオンカラムを設けて、処理水の一部を再度カチオン交換処理してECを測定し、カチオンブレイクかアニオンブレイクかを判断できるようにし、塔ごとの性能を評価できるようにした。

カチオン塔の再生は、図2に示した工程の通り、まず再生ポンプ(P-31)を使用して逆洗を行う。薬注工程では再生ポンプから供給される再生用水を駆動水としたエゼクタにて、塩酸計量槽(T-3)から必要量の塩酸を塔下部から供給して再生を行う。押出工程では塩酸の供給だけを停止して、塔内の塩酸を押し流す。沈静工程後、アニオン塔の沈静完了まで待機して、循環工程を行う。

またアニオン塔の再生もカチオン塔と同様に、まず再生ポンプを使用して逆洗を行う。薬注工程では加温用再生ポンプ(P-32)から供給される再生用水を駆動水としたエゼクタにて、苛性ソーダ計量槽(T-4)から必要量の苛性ソーダを塔下部から供給して再生を行う。なお原水中にはイオン状シリカ(SiO<sub>2</sub>)が含まれるため、あらかじめ再生用水を40℃に加温して再生効果を高めている。押出工程では苛性ソーダの供給だけを停止して、塔内の苛性ソーダを押し流す。沈静工程を経た後、所定の処理水質に到達するまで循環工程を行う。

以上のカチオン塔, アニオン塔の再生は, 自動で行われる。

### 2.2 原水のイオン負荷について

新型イオン交換装置の原水は水質が一定ではない ため、採水量だけでは交換容量を評価できない。こ のため、原水 EC ごとに各イオン濃度を測定、EC とイオン濃度の関係を把握してから、運転中のイオン負荷を割り出して性能評価を行った。図4に原水 EC ごとのイオン濃度の測定結果を示す。

結果,原水中のイオン濃度は概ね EC と相関関係にあり、原水 EC を測定し、記録することで運転中のイオン負荷を計算することができることを確認した。

### 2.3 運転結果

### 2.3.1 処理性能について

図5に運転結果の一例を示す。新型イオン交換装置の運転条件において、処理水水質設定は EC で2  $\mu$ S/cm とした。すなわち、再生時の循環工程は処理水 EC が2  $\mu$ S/cm 以下まで低下したら完了とし、運転中は処理水 EC が2  $\mu$ S/cm 以上に上昇したら停止し、再生を行った。

図 5 において、処理水 EC は $0.2 \mu$ S/cm 以下まで低下しており、2床 3 塔型イオン交換設備としては十分な処理水質を達成している。42時間運転後に処理水 EC が $2 \mu$ S/cm に到達したが、カチオンカラム処理水 EC は通水中と変化が無いため、カチオン樹脂がブレイクしている。

なお、処理水中のイオン状シリカは $50 \mu g/L$  以下であった。

### 2.3.2 停止後の水質立ち上がりについて

強カチオン樹脂、強アニオン樹脂は再生時に膨潤して体積が大きくなるが、運転時間の経過とともに収縮して体積が小さくなる。上向流通水である従来機の場合、原水槽水位低下などで運転を停止すると、収縮した樹脂が落下して樹脂層が崩れることがある。その後運転を再開しても水質を得られない場合は、再生を行う必要がある。

下向流通水である新型イオン交換装置でもこのような現象は起こり得ないか、処理水 EC が上昇し始

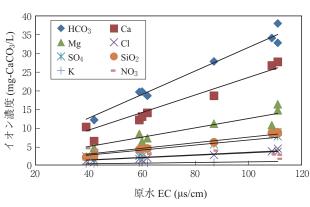


図4 原水 EC とイオン濃度の関係

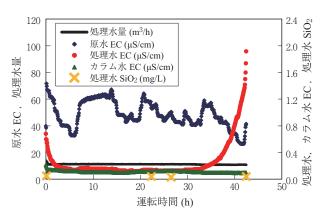


図5 新型イオン交換装置運転状況の一例

(A) 特生树外里的比较				
			従 来 機	新型イオン交換装置
処	理	水 量	$206 \text{ m}^3/\text{h} \times 21 \text{ h}$	$190 \text{ m}^3/\text{h} \times 23 \text{ h}$
C 塔	塔 径,	高さ	$2400\phi \times 4200\mathrm{SH}$	$2\ 200\ \phi \times 2\ 000\ \text{SH}$
	樹脂量	SC	9 600 L(活性層:7 643 L)	6 800 L
A 塔	塔 径,	高さ	$2600\phi \times 4800\text{SH}$	$2300\phi \times 2700\text{SH}$
	樹脂量	WA	3 700 L	3 000 L
		SA	9 300 L(活性層:7 700 L)	5 500 L
塩	酸使	用 量	983 kg/cycle (35 %)	836 kg/cycle (35 %)
苛性ソーダ使用量			867 kg/cycle (45 %)	611 kg/cycle (45 %)
再 生 時 間		時間	120分	47分
再 生 排 水 量			$189~\mathrm{m}^3$	68 m <sup>3</sup>

表1 再生時間 再生排水量の比較

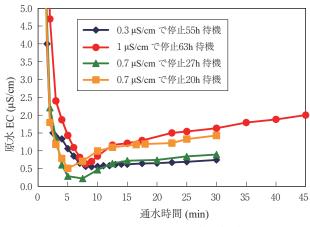


図6 運転中断,再開後の水質

めた時点で運転を中断し、数時間後に運転を再開して確認を行った。結果を図6に示す。

中断後の運転再開時は循環工程を行うが、処理水 EC は循環開始から 3分から 5分で2 $\mu$ S/cm を下回り、運転が可能となった。また中断、再開した場合の採水量は、中断しない場合の採水量と変わらなかったため、新型イオン交換装置では運転の中断は全く影響ないことが確認された。

### 2.3.3 再生時間. 再生排水量について

イオン交換装置において、薬注、押出、循環の3 工程は時間、排水量ともにもっとも影響の大きい工 程である。特に押出工程では薬注工程で注入した再 生薬品を十分に押し流す必要があることから、従来 機では、押出工程だけで1時間以上を要している。

新型イオン交換装置では、デッドスペースが非常

に小さいことから投入した薬品が速やかに塔外へ押し流されること、また LV を高く設定しても洗浄効果が変わらないことから、20分程度で完了し、排水量も60%程度に削減できる。また所定水質に到達するまで実施する循環工程も、従来機の20分に対して概ね6分から8分で完了した。

### 2.3.4 再生効率について

採水量と原水 EC より算出されるカチオン負荷は、再生レベル46g-HCl/L-R に対し、再生効率90% 以上である57g-CaCO $_{3}$ /L-R に達した。従来機の再生効率は70%から75%であるため、新型イオン交換装置は非常に高効率である。

表1に4000 m³/d の純水設備を想定した場合の比較結果を示す。新型イオン交換装置は従来機に比べ、樹脂量は32%削減、再生薬品使用量は22%削減、再生排水量、再生時間に至っては60%以上が削減されており、省エネルギ、省資源、省廃棄物な設備となっている。

### むすび

イオン交換装置の性能を大きく左右する再生時間,再生排水の大幅な削減は,付帯する再生排水処理設備,再生用水製造のための樹脂,再生薬品の増加を極限まで小さくすることができ,イニシャルコストの低減に効果が高い。また再生薬品や再生排水の削減はランニングコストの低減にも効果が高い。当社が納入してきた従来機は順次更新時期を迎えているが,それらの更新およびその他の設備においても新型イオン交換装置が広く採用されることを期待する。

<sup>\*</sup>水環境・冷却塔事業部 技術部 計画室 \*\*神鋼環境メンテナンス株式会社 水処理本部 技術部 第三技術室 \*\*\*\*神鋼環境メンテナンス株式会社 水処理本部 技術部 東京技術室 \*\*\*\*神鋼環境メンテナンス株式会社 水処理本部 技術部