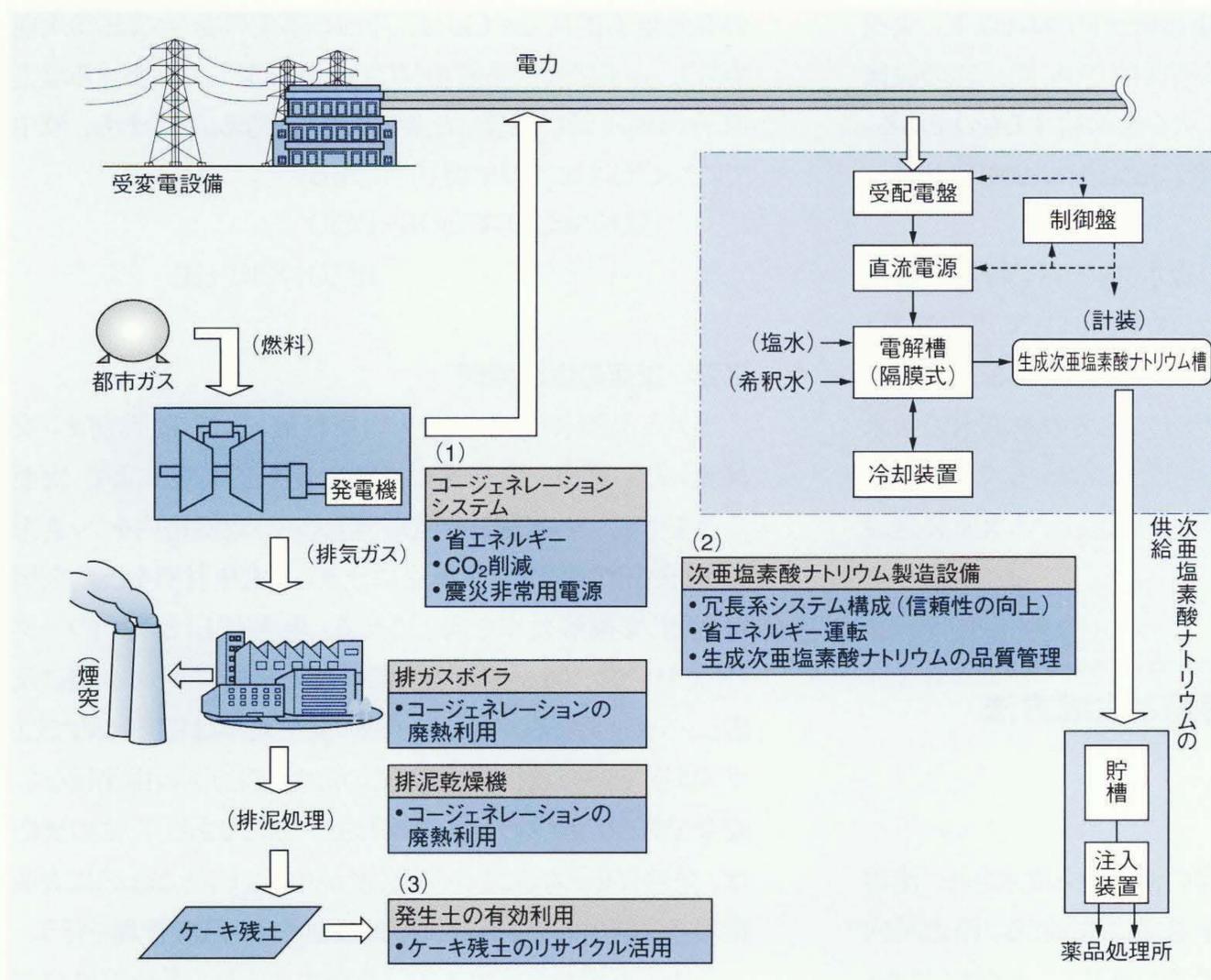


# 浄水場オンサイトの次亜塩素酸ナトリウム製造設備

## On-Site Sodium Hypochlorite Production Facilities for Water Purification Plants

中村 恭之 Yasushi Nakamura 向野 茂生 Shigeo Kôno 渡辺 浩延 Hironobu Watanabe



### 浄水場オンサイト<sup>®</sup>の次亜塩素酸ナトリウム製造設備の概要

東京都水道局の朝霞浄水場におけるPFI(Private Finance Initiative)事業は、(1)コージェネレーションシステム、(2)次亜塩素酸ナトリウム製造設備、および(3)発生土の有効利用から成る。

\*オンサイトは、浄水場の敷地内で必要な次亜塩素酸ナトリウムを、必要な量だけオンラインで製造するシステムである。

東京都水道局は、PFI(Private Finance Initiative)への新たな取り組みとして「朝霞浄水場・三園浄水場常用発電設備等整備事業」を特定事業とし、事業者の公開募集を行い、日立製作所はこの事業者に選定された。

このPFI事業のうち、朝霞浄水場サイトの規模は、次のとおりである。

(1) コージェネレーションシステムの平常時電力供給は約1万6,800 kW(外気温度34℃)、蒸気供給能力は約10万3,000 MJ/h(飽和蒸気)、非常時電力供給は約1万7,800 kW(外気温度34℃)

(2) 次亜塩素酸ナトリウム製造設備の最大製造能力は4,800 kg/d(有効塩素換算)で、有効塩素濃度は5%、

供給能力は2,000~3,600 kg/dの範囲

(3) 発生土の有効利用として、朝霞・三園浄水場の合計年間発生土量が2万9,000 t(園芸や農業用培土、建設・造園用埋め戻し土としてリサイクル活用が可能)

次亜塩素酸ナトリウム製造設備は、現在運用中の薬品処理所に隣接した地上24×34 mの敷地内に建設される。大規模浄水場では多量の次亜塩素酸ナトリウム(NaClO)が消費されることから、従来の液化塩素を生成NaClOに切り替えることにより、貯蔵・維持管理・安全管理面の改善を図るとともに、震災対策なども考慮してオンサイト化設備としたものである。

# 1 はじめに

東京都水道局は、PFI(Private Finance Initiative:民間資本主導による社会基盤整備)への新たな取り組みとして、「朝霞浄水場・三園浄水場常用発電設備等整備事業」を特定事業に選定し、2001年1月23日に事業者公開募集要項を発表した。事業内容は、(1) 電力と蒸気供給事業、(2) 次亜塩素酸ナトリウム供給事業、および(3) 発生土の有効利用事業から成る。

このうち、(2)の事業は、次亜塩素酸ナトリウム(以下、次亜と言う。)製造設備を設置し、事業期間中(20年間)にこの設備を運営、維持管理して水道局に次亜を供給するものである。日立製作所はこれらの事業契約者に選定され、2001年10月に契約調印が行われた。

次亜製造設備では、水道水の造水プロセスで塩素消毒のための次亜を製造し、年間平均2,300 kg/d(有効塩素換算)濃度5%の次亜を供給する。オンサイト化設備とすることで想定災害への堅固さを持たせ、ライフラインとしての水道水の送水能力の確保を図っている。

ここでは、水道水の浄水場オンサイトに建設する次亜製造設備について述べる。

## 2 次亜(NaClO)の用途と生成方法

### 2.1 次亜の用途

水道水の原水は浄水場の近傍の河川から取水され、沈砂池などで処理後に原水ポンプで浄水場に送られる。浄水場内では、取水池を經由して凝集沈殿池で薬注し、かくはんによって不要成分をフロック(濁質がコロイド粒子となったもの)の形成によって沈殿させる。下部に蓄積する汚泥を定期的に排出し、排泥処理で濃縮、脱水してケーキ残土として排出する(図1

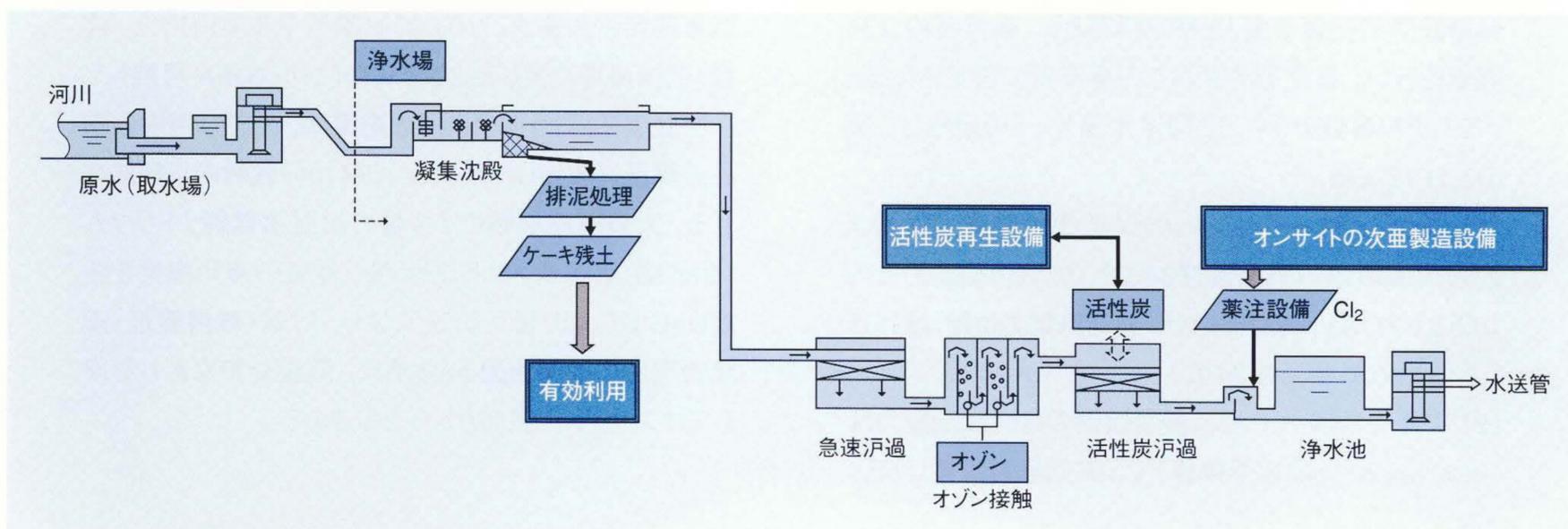


図1 水道水の造水プロセスと次亜製造設備の位置づけ

浄水場では、河川から取水した水道水の原水を凝集沈殿処理によって排泥と上澄水とに分離し、急速ろ過処理して浄化する。高度処理プロセスを導入すれば、オゾン接触と活性炭ろ過により、有機物をさらに取り除くことができる。この水を浄水池で塩素消毒し、水道管へ送水する。この塩素消毒に次亜(NaClO)を用いる。

参照)。

一方、凝集沈殿池の上澄水はマイクロフロックを含んだまま吐き出され、急速ろ過(例えば砂ろ過)して不要成分をさらに除去し、浄水とする。さらに、かび臭の原因となる有機物質などがある場合は、オゾン接触させて低有機物に分解し、粒状活性炭を充てんした活性炭ろ過によって処理して浄水とする。

この浄水には、法令により、需要家末端の塩素濃度が0.2 ppmとなるように浄水場側の薬注設備で次亜を注入する。この塩素注入量 $V_w$ (kg-Cl<sub>2</sub>/d)は、処理水量 $Q$ (m<sup>3</sup>/d)、注入率 $R$ (mg/L)とすれば、 $V_w=Q \times R \times 10^{-3}$ で求められる。NaClOの有効塩素濃度(as Cl<sub>2</sub>)は、今回の事業の場合では5%次亜であり、as Cl<sub>2</sub>とは、薬液中にClO<sup>-</sup>、HClOとして存在する塩素原子(イオン)量に換算した濃度の意味となる。すなわち、液中でのNaClOは次式の平衡状態にある。



### 2.2 次亜の生成原理

塩水と希釈水(軟水)とを入力原料液として、隔膜(イオン交換膜)式電解槽で電極間に直流電流を流すことにより、次亜溶液を生成させる(図2参照)。すなわち、電解槽内をフッ素系イオン交換で陽極室と陰極室に分割し、電極材料をPt系金属電極として電解効率を向上させる。塩素(Cl<sub>2</sub>)とカセイソーダ(NaOH)とは、同一槽内の上部の特殊構造によって直接に反応し、NaClOとなる。なお、NaOHの発生効率は100%なのでCl<sub>2</sub>ガスは完全に合成反応する。このため、Cl<sub>2</sub>ガスの排出はなく、安全である(Cl<sub>2</sub>ガスの発生効率は92~95%である。)。この反応は、発熱反応となることから、温度が40℃以下となるように次亜循環槽を經由させて外部に冷却放熱させ、温度管理を行う。

一方、不要な水素ガス(H<sub>2</sub>)が発生するが、爆発限界(1気圧下の空气中にH<sub>2</sub>ガスが4%以上存在するとして着火源がある条件)に対し、約1%以内の安全な濃度として外気に放出させることにより、安全対策を図っている。隔膜式電解槽の電力

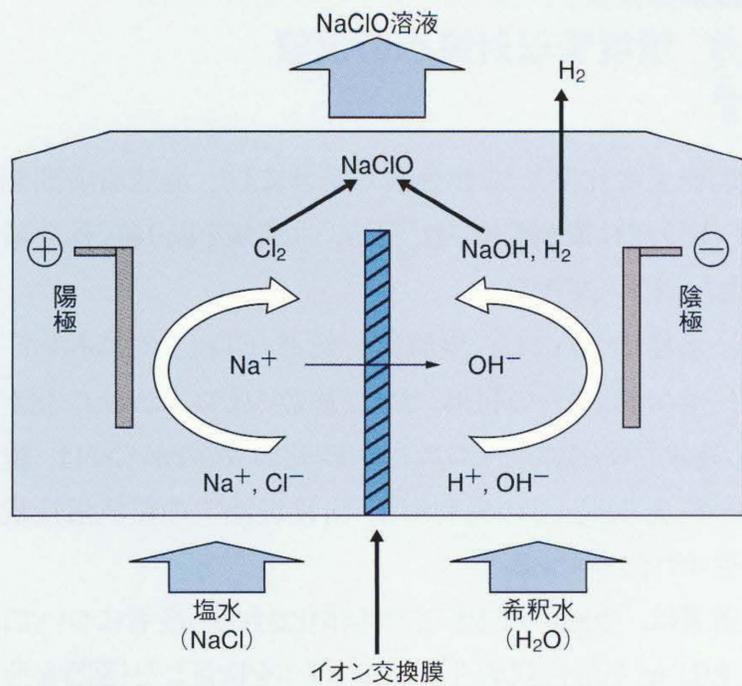


図2 NaClOの生成原理

電解反応では、 $\oplus$ 極側で $2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2\text{e}^-$ に、 $\ominus$ 極側で $2\text{Na}^+ + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{NaOH} + \text{H}_2$ となる。NaClO合成反応では、同一槽内で、 $2\text{NaOH} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{NaClO} + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ へ、総合反応としては、 $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaClO} + \text{H}_2$ となる。

原単位は3.5 AC-kWh/kg-Cl<sub>2</sub>、原料塩の使用原単位は2 kg-NaCl/kg-Cl<sub>2</sub>であるが、保守期間の面から、不純物(特に、Ca, Mg, Ti)の少ない原料塩が望ましい。

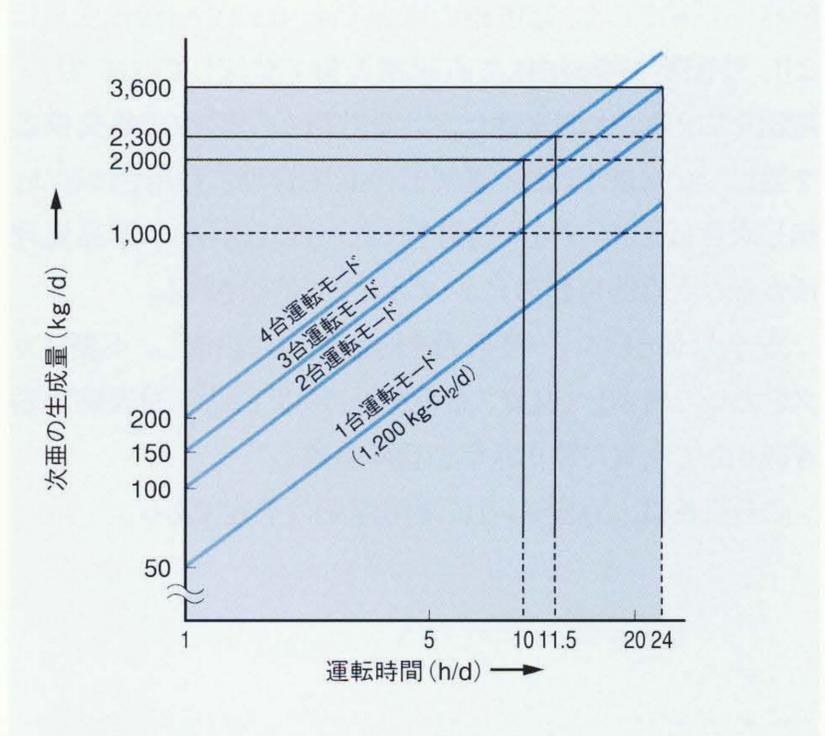


図3 電解槽ごとの運転時間と次亜生成量

電解槽1台当たりの次亜生成量は1,200 kg/d(50 kg/h)である。1号槽から4号槽の4系としているので、2,000~3,600 kg/dの次亜を供給する場合は、4台運転では10~18 h、定期点検などによる3台運転では13~24 hそれぞれ運転すればよい。

力帯(10時間)運転によって電力代を低減させるために、供給次亜量が年間平均2,300 kg/d(日量変動は2,000~3,600 kg/d)に対し、4台運転モード時の年間平均運転時間を11.5時間として設計したことによる(図3参照)。

上記の理由により、電解槽を4系統の独立したシステムとした(図4参照)。電解槽は、原料塩を投入する「溶解槽+飽和槽:10日分」と、塩水を供給する塩水ポンプ系で構成している。希釈水は軟水器経由で貯槽に蓄えられ、希釈水ポンプ系で電

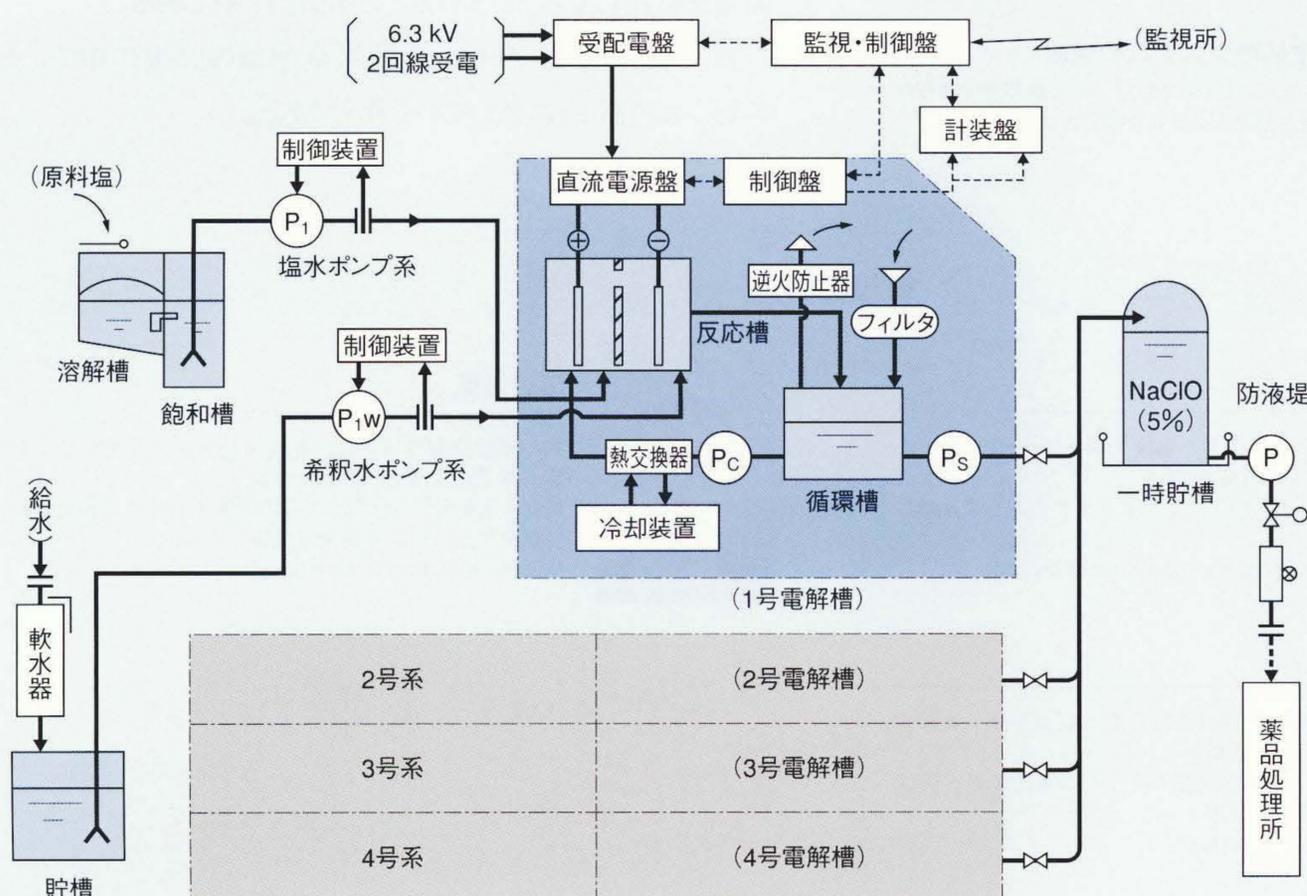
### 3 次亜製造設備の構成

隔膜式電解槽は4系統で構成し、おのおのの処理能力は1,200 kg-Cl<sub>2</sub>/d、濃度5%である。この構成は、主として夜間電

図4 次亜製造設備の概要システムフロー

電解槽への入力原料は、塩水ポンプ系と希釈水ポンプ系で供給される。生成するNaClOを循環槽で冷却して温度管理し、その一部が一時貯槽へ送出される。

注:略語説明  
P(Pump)



解槽へ供給される。電解槽の電源では、6.3 kV×2回線受電により、受配電盤を経由して直流電源盤で整流して電解電圧・電流を加える。生成次亜は、次亜貯槽からポンプで熱交換器を通し、40℃以下にして電解液の温度管理に利用される。吐出し次亜は、ポンプで一時貯槽(1日分)に送られ、薬品処理所からの供給許可信号によってポンプで供給される。

安全対策として、一時貯槽を防液堤内に設置し、不要H<sub>2</sub>ガスをファンで希釈してH<sub>2</sub>ガス濃度を約1%以下とし、逆火防止器を経由して大気に放出させる(図4参照)。

この設備は、2005年4月に運用開始の予定である。

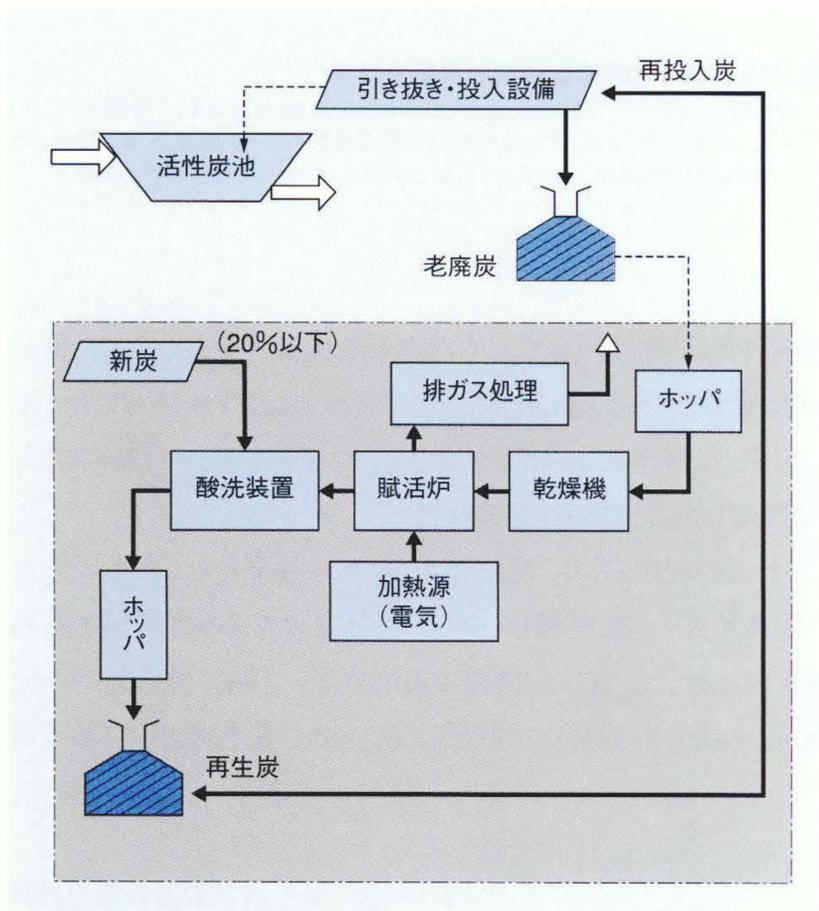


図5 活性炭池の粒状活性炭の再生処理システムの構成

活性炭池内の粒状活性炭は、通水によって吸着率が低下する。複数池のうちの一つの池を停止して老廃炭を取り出し、再生処理システムで還元させる。

## 4 環境管理対策への展望

地球温暖化防止京都会議の提言により、地球環境問題ではCO<sub>2</sub>削減対策が要求されており、水環境を取り巻く社会環境も大きく変わってきている。

浄水場については、環境負荷低減(CO<sub>2</sub>)、省エネルギー、クリーンエネルギーの利用、および施設のゼロエミッション化がある。造水プロセスでのゼロエミッション化の大きなポイントは、脱水ケーキ(発生残土)の再利用と、活性炭池内の粒状活性炭の再生リサイクルである。

前者は、今回のPFI事業で具体化される。後者については、別途0.1 m<sup>3</sup>/h活性炭再生処理システムを検証した(図5参照)。すなわち、粉じん対策として活性炭を湿った状態で受け入れ、乾燥機で約80%の水分を除去した後、賦活炉(850℃で10分の水蒸気賦活法)で細孔内の目づまりした有機物を炭化してガス化除去する。次に、Ca成分の除去と新炭補充とによって水洗中和する酸洗装置を経由させ、湿った状態で再生炭として精製する。CO<sub>2</sub>削減指標から、賦活炉の加熱源を電気とし、マイクロ波加熱または外熱式ロータリシェル加熱とした。今後、具体化の検討を進めていく予定である。

## 5 おわりに

ここでは、水道水の浄水場オンサイトに建設する次亜塩素酸ナトリウム製造設備について述べた。

社会基盤のうち、水道水はライフラインの一つとして重要な位置づけにある。PFIによるこの次亜製造計画は、2005年4月の開業を目指してスケジュールどおりに進行中である。

日立製作所は、今後、環境保全意識の高揚の中で、ゼロエミッション化にも貢献していく考えである。

### 執筆者紹介



#### 中村恭之

1990年日立製作所入社、電力・電機グループ 社会システム事業部 公共電機システム部 所属  
現在、上下水道システムのエンジニアリングの取りまとめに従事  
E-mail: yasushi-a.nakamura@pis.hitachi.co.jp



#### 向野茂生

1972年日立製作所入社、株式会社日立エレクトリックシステムズ 勝田事業所 開発部 所属  
現在、受変電設備・次亜塩素酸ナトリウム製造装置・活性炭再生システムの開発に従事  
E-mail: s.kohno@hitachi-es.co



#### 渡辺浩延

1964年日立製作所入社、株式会社日立エレクトリックシステムズ 勝田事業所 開発部 所属  
現在、送変電システム・次亜塩素酸ナトリウム製造装置・活性炭再生システムの開発に従事  
E-mail: h.watana@hitachi-es.co