

# 新尼崎浄水場の微生物リスク管理に関する事前評価

阪神水道企業団 佐々木隆(正会員)、花元隆司、小林健一、長塩大司

## 1. はじめに

淀川を水源として神戸市など阪神4市に水道用水を供給する阪神水道企業団では、水質管理の強化や運転管理業務の効率化を目的として浄水場の更新を行っている。経年化した既存の二つの浄水場(尼崎浄水場並びに甲山浄水場)を閉鎖して全施設を取り壊し、一つの浄水場(新尼崎浄水場)に統合する整備事業である。

採用する浄水システムは、従来の「前塩素・凝集沈澱・急速濾過方式」にオゾンと活性炭流動層を付加し、塩素注入点を変更したフローとなっている。この方式の基本形は企業団の別の浄水場(猪名川浄水場)で既に7年前に導入されており、今日まで安定した運転実績を有する「中オゾン・活性炭流動層システム」である。新尼崎浄水場に導入する施設は本方式をベースに、さらに最新の技術を用いて多少の改良を加えている(図1)。

水質管理の強化では、最終処理水のリスクバランス保持に力点を置いている。病原微生物、再増殖、化学物質、及び消毒副生成物等の水質管理技術について、微生物リスクと化学リスクのバランスに留意しながら高いレベルを確保し維持するものである。本稿では特に、新尼崎浄水場の微生物リスク管理に関して、従来の処理技術と比較しながら、病原微生物への防御と再増殖の抑制という両面から事前評価を行うこととした。

## 2. 病原微生物への防御

水道に係わる病原微生物では、消毒剤に強い耐性を示す原虫クリプトスポリジウムが注目される。浄水処理における防御では、粒子としてのオーシストの物理的分離と消毒剤による化学的不活化等から構成される。

図1のシステムにおける物理的分離は、凝集沈澱、凝集濾過、並びに溶解空気浮上で行う。沈降装置を用いた凝集沈澱では、pHの制御と凝集剤の適正注入で沈澱水濁度を0.1度程度に抑制することができる。凝集濾過では $3\text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ の硫酸アルミニウムを $500\text{ s}^{-1}$ のG値で瞬時的に攪拌し直後に濾過する。凝集濾過前のオゾンと活性炭流動層は、粒子そのものを除去する機能はないが、粒子の表面性状を変化させて水の濾過性を高めることができる。溶解空気浮上は逆洗排水中の粒子をスカムとして分離し、浄水システムから排除する。これらの機能が合わさって、オーシストと同サイズの粒子を3-log以上除去することが可能である。

一方、クリプトスポリジウムの化学的不活化について、図1のシステムでは残留オゾン濃度(C)と接触時間(T)の積(CT)への依存性が大きい。活性炭流入部の残留オゾンは $0.3\text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ に保たれ、 $11\text{ mg}\cdot\text{min}\cdot\text{l}^{-1}$ のCT値が確保されている。オゾン処理時の諸条件

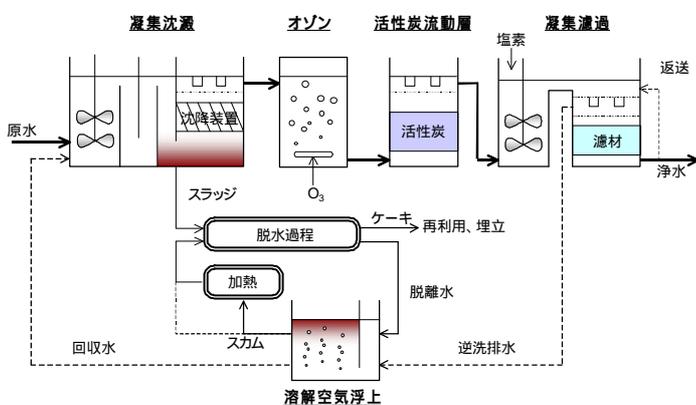


図1 新尼崎浄水場の処理方式

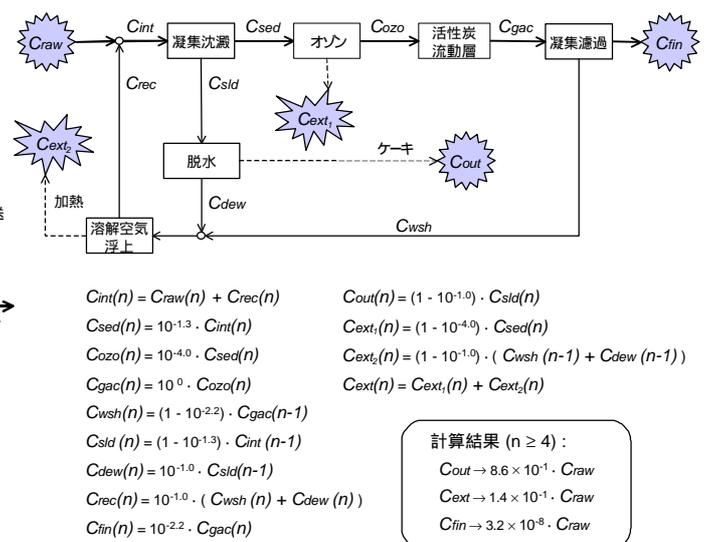


図2 クリプトスポリジウムの挙動と収支

や動物感染による最近の知見を合わせると、4-log の不活化を期待できる。さらに、溶解空気浮上のスカムを 70 付近に加温することによってオーシストを死滅することが可能である。この熱エネルギーは場内自家発電としてのコージェネレーション設備から供給される。

図 2 は各单位プロセスの除去率から全システムを評価したものである。原水中のクリプトスポリジウム (*Craw*) は次の 3 つのいずれかに帰着する。[i]最終的にケーキに含まれて系外に排出される：*Cout*、[ii]オゾンまたは加熱によって系内で消滅する：*Cext*、[iii]最終処理水に漏出する：*Cfin*。水環境中のオーシストは極めて保存性の高い生物トレーサーであるため、*Cout*、*Cext* 及び *Cfin* の総和は *Craw* に等しくなる。図中の計算式の *n* は収支計算上のバッチ数で、*n* の増加が定常を意味する。*n* が 4 以上の条件で、*Craw* から *Cout*、*Cext* 及び *Cfin* への収率は、それぞれ  $8.6 \times 10^{-1}$ 、 $1.4 \times 10^{-1}$  及び  $3.2 \times 10^{-8}$  ( $>7\text{-log}$ ) と推定される。このように、マルチプル・バリアのコンセプトに基づく浄水システムでは、7-log 以上の除去を保證することができる。従来のシステムにおける除去率は 3-log までと考えられるため、新しい浄水システムでは 4-log の除去率向上となる。

### 3. 再増殖の抑制

末端給水栓に至るまでの間に細菌類の再増殖が生じないようにするためには、浄水の微生物安定性を高めておくことが重要である。これに係わる水質管理項目としては、従属栄養細菌の増殖能や同化可能有機炭素 (AOC) があるが、一般的指標として後者が有用とされている。浄水システム中の塩素やオゾン等の化学酸化は、有機物を生物易分解性のものにシフトすることから、AOC が増加して微生物安定性を低下させる。

図 3 に猪名川浄水場におけるこれまでの実績を示した。同場には従来処理系システムも残存しており、新しいシステムとの同時比較ができる。浄水場着水の

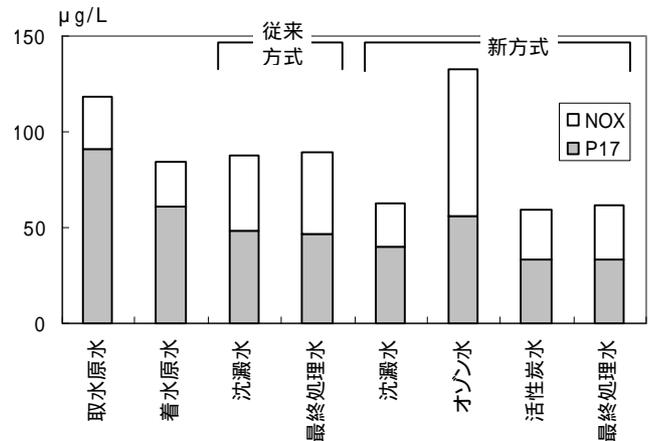


図 3 浄水処理プロセスにおける AOC の挙動

AOC 濃度は取水原水に比べて 30% 程度減少しているが、これは長距離導水管内での生物酸化によるものである。従来処理系での AOC の挙動は、懸濁物質の物理的分離に伴う低減と、前塩素すなわち化学酸化に伴う増加で相殺されて見かけ上の変化は小さい。新システムでは前塩素が廃止されたために沈澱水 AOC は減少している。続くオゾン処理では倍加しており、多種類の有機物を利用可能な P-17 成分よりオゾン処理副生成物のカルボン酸を利用可能な NOX 成分の増加が顕著である。後段の活性炭流動層では大幅に削減されており、層内での生物酸化作用によるものと考えられる。

P-17 成分と NOX 成分の比率に関して、原水及び着水では P-17 系の AOC が多いが、化学酸化を経ることによって NOX 成分への移行が生じている。これはオゾン処理等でシュウ酸や酢酸等が新たに生成されたことに起因している。最終処理水の AOC 比較では、新システムは従来処理より 30% 以上の抑制効果が確認されている。また、AOC の低減は浄水の微生物安定性を高めるのみならず、給水ネットワークでの残留塩素の消費速度を抑えることにも効果があるため、双方から再増殖の抑制をより確実なものとする事ができる。

### 4. おわりに

最新の技術を導入した新尼崎浄水場の微生物リスク管理について、クリプトスポリジウムと AOC を指標として、病原微生物への防御と再増殖の抑制を定量的に評価した。その結果、同浄水場に導入される中オゾン・活性炭流動層システムは、従来の処理技術と比べて微生物リスクの管理レベルをかなり向上できることが分かった。前者に対しては除去率が 3-log から 7-log にアップし、後者では 30% 以上の低減率となる。

水道事業者と需要者とのパートナーシップを進めるために、情報公開や広報活動の展開が必要となっている。水道水質のリスク管理、すなわち安全性に関する情報を需要者に提供していかなければならない。