

## 塩素酸対策としての水中アンモニア・鉄・マンガン・砒素の生物処理法

京都大 正会員 藤川陽子 大阪産大 杉本裕亮 岩崎元 菅原正孝 濱崎竜英 南淳志  
向日市 高田勝己 東洋濾水機(株) 谷外司 京都大学(院) 櫻井伸治 JASRI 本間徹生

**1. 研究の背景と目的** 平成 20 年 4 月より水道水質基準に、塩素酸が追加された(基準値 0.6 mg/L 以下)。薬品基準についても現行基準値 0.6 mg/L 以下から 0.4 mg/L 以下(経過措置として、平成 23 年 3 月 31 日まで、0.5 mg/L 以下)と強化されている。我が国水道水中の塩素酸は、主に消毒用に用いられる次亜塩素酸ナトリウム(以下「次亜塩」と略称)の保管中に生じる分解生成物に起因し、消毒副生成物の 1 種と分類されてきた。しかしながら次亜塩は、消毒剤としての使用のみならず、原水中に鉄やマンガン、アンモニアが含まれる場合の酸化剤としての使用例も少なくなく、特にアンモニアの不連続点塩素処理を実施している場合、次亜塩必要量は大きい。そのため、これら成分を高濃度に含む原水を使用する浄水施設では、水道水中の塩素酸の基準の順守のために不純物としての塩素酸の含有量の低い高規格品(略称「一級次亜」等、日本水道協会の規定)を使用する、あるいは次亜塩の注入量を削減する、原水を変更する等の対策が必要となる。

次亜塩の高規格品を使用することによって薬注費は、例えば一級次亜が約 41 円/kg、二級次亜が 29 円/kg 程度の浄水場であれば、約 4 割増加する。更に、保管中の次亜塩の塩素酸濃度は時間とともに増加することから、これを抑制するための冷蔵装置等の購入・維持費も必要になる。

一方、従来と同じ水処理のスキームを維持しつつ次亜塩の注入量を削減するには、次亜塩に代えて液化塩素を使用することも考えられる。しかし、液化塩素は運搬・貯蔵・震災対策等の面で規制が厳しいことを勘案すると、これは必ずしも現実的な方策とは言えない。

ここで、塩素酸問題の解決に有効な方策として注目されるのが、生物処理法の導入により前塩素あるいは中塩素注入過程をなくし、消毒のみに次亜塩を用いる方法である。著者らは特にアンモニア・鉄・マンガン・砒素の四物質同時除去のための高速生物ろ過法(LV150m/day から 600m/day)の研究開発を実施してきた。本報では、本法による高通水速度下でのパイロット試験の処理成績結果を取りまとめ、また実浄水場への生物処理法の導入による経済的利得についても検討する。

**2. パイロット試験方法** パイロット試験は 2004 年より京都府下にてアンモニア・鉄・マンガン・砒素を含む地下水を対象として行ってきた。2006 年度およびそれ以前においては、直径 100mm のカラム、2007 年以降は直径 300mm の大口径カラムにろ材を充てん(図 1)、図 2 の手順で運転を行ってきた。通水を続けるうちに地下水中に自生する硝化細菌および鉄マンガン酸化細菌がろ材に定着・繁殖し、原水中のアンモニア・鉄・マンガンはバクテリアの生物酸化作用と物理ろ過(鉄・マンガンのみ)によって、砒素はろ過層上に形成された鉄・マンガン酸化物への吸着によって、除去される。本システムの運転操作上、重要な因子は、前曝気による適度な溶存酸素供給、通水の方法(連続か間歇か)、通水速度、逆洗の頻度、ならびにろ材の選択である。

なお、既に鉄・マンガン・アンモニアの生物酸化システムは多数の事例があるが、生物法での LV 600m/day の高速通水および砒素除去への適用は未確立であることから、本試験で検討を行ったものである。

**3. パイロット試験結果と考察** 各時期毎の試験条件ならびに処理成績を表にまとめた。また、特に 2007-2009 年度における硝化率の推移を図 3 に示す。2005 年以降、同一の井戸からの地下水を原水とした試験である(2004 年度は同じ地域であるが異なる井戸を使用)にも関わらず、処理成績は時期ごとの試験条件により、大きく変動している。アンモニア酸化(硝化)については、細胞収率の低い硝化菌がろ材に定着・繁殖するまでの時間が通常数か月ほどかかるために試験開始後しばらくは十分な成績があがらず、この過程を短縮するにはあらかじめ植種したろ材を使用する等の工夫が必要であった(2006 年度には実施)。また前曝気による溶存酸素の供

キーワード： 塩素酸，高速通水，生物処理，地下水，アンモニア，砒素，鉄，マンガン

連絡先 〒593-0494 大阪府泉南郡熊取町朝代西 京都大学原子炉実験所 TEL 072-451-2447

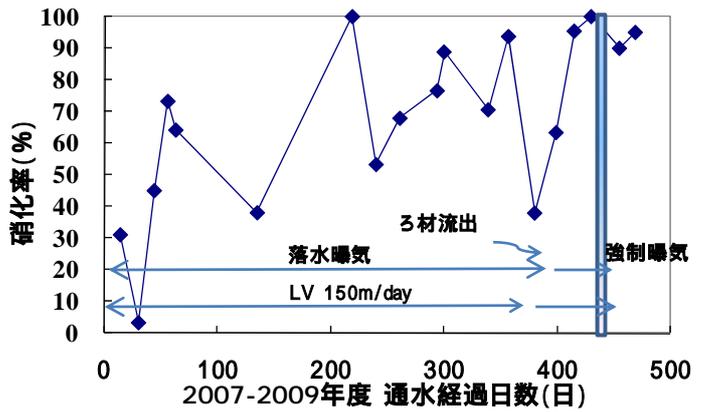
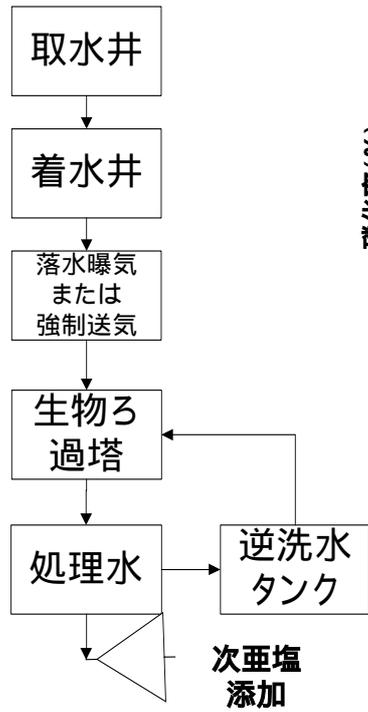


図3 2007-2009年度(軽石ろ材)の硝化率の推移

図1 生物ろ過塔 図2 パイロット試験スキーム

給,菌が定着するまでの間は逆洗頻度を抑制する運転管理方法が重要であった.また,同じ条件で並行して試験した小型濾過塔の試験結果から,ろ材特性により,菌の定着しやすさに差がある可能性も示唆されている.一方,原水を通水前に貯留(最長5日程度)することで,空気酸化が生物酸化に優先して起こり,この時に鉄および砒素の除去が低下したが,このような運転法はマンガンおよびアンモニア酸化には必ずしも悪影響を及ぼさなかった(2004年11月).表および図3から判るように,いったん菌が定着して硝化の成功したろ材であれば,通水速度600m/dayとし更に逆洗頻度を増やしても四物質同時除去が可能であった.このことから本法を凝集沈殿ろ過法に基づく既存浄水システムに組み入れることで,薬注費の大幅な削減と,塩素酸の水質基準の遵守が容易になることが期待できる.

生物システム導入による経済的利得を取水量8000ton/日、平均水質NH<sub>4</sub>-N, Mn, Feが0.5, 0.7, 2.3 (mg/L)

の規模の浄水場について試算した.薬注費節減効果は年890万円、曝気・逆洗・通水等のポンプの電気代が年340万円で、差し引き年当たり550万円程度の利得が発生する.またLV600m/日の高速通水では1基3,000万円程度の生物濾過塔3基で運転可能で,300m/日のLV時の半分の設定投資で済む.

表 京都府下で実施したパイロット試験結果

試験期間	ろ材	LV (m/day)	流入水の溶存酸素 (mg/L)	逆洗間隔	新鮮な地下水の給水の有無	平均化したデータ数	平均除去率 % *6			
							Fe	Mn	As *4	NH <sub>4</sub> -N
2004年11月	中空円筒プラスチックろ材	150	未測定	3日	間歇的(5日おき)*5	5	45	75	0	69
2005年9-12月	中空円筒プラスチックろ材	150	1.5	2日	週日は連続(週末は休止)	6	76	0	72	未測定
2006年5-8月および11月	中空円筒プラスチックろ材+津田浄水場急通ろ過池のろ過砂	150	3.6	2日	連続	12	96	88	71	52
2006年9,10月	同上	300	2.6	2日	連続	2	86	81	89	96
2006年10月	同上	600	4.5	1日	連続	1	98	72	76	未測定
2007年7-9月	中空円筒プラスチックろ材+ゼオライト	150	3.5	1日	連続	5	97	12	50	24
2007年10月-2008年9月	軽石	150	4.2	1日	連続	13	95	8	74	58
2008年10月-2009年1月	軽石	600	7.7 *7	0.5日	連続	6	97	36	69	75

\*1 原水をタンクで貯留したため、Fe<sup>2+</sup>が生物濾過塔に至る前に、空気酸化された。  
 \*2 鉄の生物酸化は成功したが、溶存酸素不足のため、マンガンの生物酸化は失敗した。  
 \*3 2006年以降、前曝気槽を使用した。2006年度及び2008年後期には、鉄およびマンガンの生物酸化が成功。  
 \*4 原水中の砒素のうち40-100%は3価の亜ヒ酸であった。  
 \*5 地下水(原水)をタンクで貯留したものを通水した。  
 \*6 除去率は原水と処理水中の濃度から算出した。  
 \*7 コンプレッサで原水を強制曝気した。