

## 金属銀による処理水の消毒について

横浜市下水道局 ○大場 康久

横浜市下水道局 人見 武史

### 1. はじめに

下水処理水の消毒は一般に塩素消毒が用いられているが、塩素注入によるトリハロメタン、 $\text{TOX}$ 等の生成や環境生物への影響などから他の消毒技術に移行すべきではないか等の議論が行われている。

本市では銅や銀等の金属が消毒力を有し、銀は現在でも食品製造プロセスや上水道の消毒に使用されていることに着目し、銀を用いて下水処理水の消毒実験を室内で行った。その結果、銀は各種細菌に対し消毒効果があるという結果が得られた。銀による消毒効果は溶出した銀イオンによるものであると推定され、銀イオンの溶出は水温と銀の添加量に依存している。また、設定接触時間を変化させ連続的に通水した結果では、大腸菌群に対し18分で70%、26分で80%以上の除去率が得られた。<sup>1)</sup>

以上の室内実験の結果より、銀イオンには大腸菌群等に対する消毒効果があることが明らかとなった。そこで、実際の二次処理水を用いてパイロットプラントでその消毒効果を実証的に明らかにする実験を行った。実験は横浜市北部第二下水処理場で、二次処理水（最終沈殿池流出水）を用いて行っており、'88.5～8月までの約4ヶ月間にわたる実験の途中経過を報告する。

### 2. 実験プラントの概要

#### 2.1 実験装置の仕様

実験装置は主にろ過槽、受水槽、消毒塔、計量槽からなりその装置の仕様を表-1に、処理フローを図-1に示す。

ろ過槽には化学繊維ろ過材のバイオボールを、消毒塔には金属銀球をそれぞれ充填している。

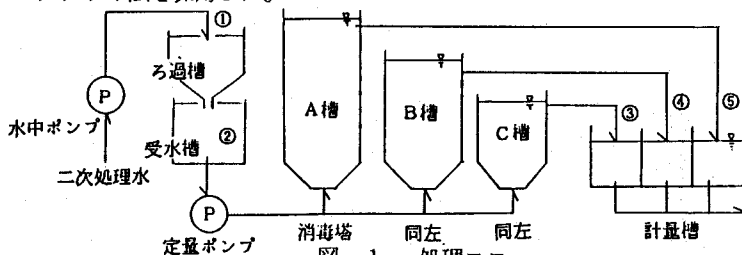
#### 2.2 金属銀球の充填状況及び銀メッキの方法

A、B、C各槽の金属銀球の充填個数は表-1に示すとおりであり、充填率は各槽約60%である。

金属銀球は径15mmのABS球に厚さ5 $\mu\text{m}$ の銀メッキを行ったものである。なお、ABS球に銀メッキを行う工程は、洗浄→エッチング→活性化→化学メッキ→電気メッキの工程であり、最終工程の電気メッキはバレルメッキ法を採用した。

表-1 実験装置の仕様

| 装 置 | 形 状、仕 様 等                                                                                                                                                                                                                                                       | 材 質              |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| ろ過槽 | $V=0.11\text{m}^3$<br>充填材<br>化学繊維ろ過材(バイオボール)                                                                                                                                                                                                                    | 透明アクリル           |
| 受水槽 | $1\text{m}\times 1\text{m}\times 1\text{m}$ , $V=1.0\text{m}^3$                                                                                                                                                                                                 | 塩ビ               |
| 消毒塔 | A槽 $\phi 750\times 3500\text{mm}$ , $V=1.56\text{m}^3$<br>B槽 $\phi 750\times 2350\text{mm}$ , $V=1.04\text{m}^3$<br>C槽 $\phi 750\times 1280\text{mm}$ , $V=1.56\text{m}^3$<br>充填材 : $\phi 15\text{mm}$ 金属銀球<br>充填個数 : A槽: 495000個<br>B槽: 330000個<br>C槽: 165000個 | 透明アクリル<br>〃<br>〃 |
| ポンプ | 水中ポンプ: 汚水用水中ポンプ<br>口径40mm, 5.25KW<br>定量ポンプ: 樹車ポンプ<br>口径25mm, 1.5KW                                                                                                                                                                                              |                  |



### 3. 実験方法

#### 3.1 運転条件

本実験における運転条件は接触時間とし、接触時間を3段階に変化させ実験を行った。接触時間は室内における連続通水実験の結果を基にA槽105分、B槽70分、C槽33分(水量8.4m<sup>3</sup>/日)に設定した。なおこの間実施の最終沈殿池の清掃及びバイオボールの清掃以外は原則として連続運転とした。

#### 3.2 サンプルング箇所及び分析項目

サンプルング箇所及び分析項目、分析方法を図一

1、表一に示す。

表一 分析項目及び分析方法

| 分析項目 | 分 析 方 法             | サンプリング箇所  |
|------|---------------------|-----------|
| 水温   | アルコール棒状温度計          | ①         |
| pH   | 下水試験法(ガラス電極法)       | ① ② ③ ④ ⑤ |
| SS   | 下水試験法(ガラスファイバー法)    | ① ② ③ ④ ⑤ |
| 銀    | 原子吸光光度法(硝酸銀による分解法)  | ② ③ ④ ⑤   |
| 大腸菌  | 下水試験法(デオキシコロール顕温培地) | ① ② ③ ④ ⑤ |
| 一般細菌 | 下水試験法               | ① ② ③ ④ ⑤ |
| 腸球菌  | 下水試験法(EF培地)         | ① ② ③ ④ ⑤ |

(注) 分析頻度 水温、pH : 6回/週  
SS、Ag、大腸菌、一般細菌、腸球菌: 2回/週

### 4. 実験結果

#### 4.1 銀溶出量

銀球から溶出した銀イオンは水中のタンパク質を凝結させる特性を有している。この機構が消毒に関与していると考えられるが、現在のところ完全には解明されていない。ただし、消毒の効果の程度は直接的に銀イオン濃度等に関係すると考えられる。

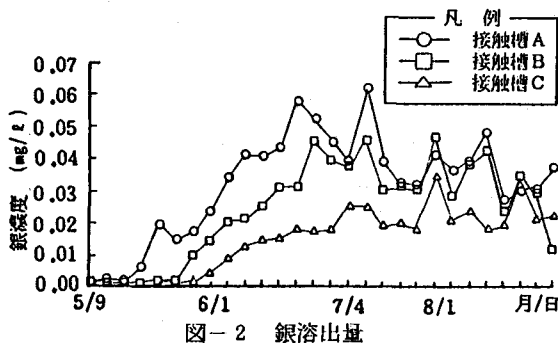
調査期間中、各接触槽の銀球から溶出される銀濃度は図一2に示す通りである。各接触槽からの銀溶出は6月頃から急激に起こりだしている。しかし、7月に入り各槽とも銀濃度の変動はあるものの、大きな上昇傾向はみられず、A、B槽では逆に若干減少傾向にある。7、8月の各槽の銀の溶出濃度は平均でA槽で0.037mg/ℓ、B槽で0.033mg/ℓ、C槽で0.023mg/ℓである。

銀球からの銀イオンの溶出は室内実験において水温との関係が認められた。図一3は今回の各調査日における3槽の銀溶出速度(銀濃度/接触時間)の平均を水温に対しプロットしたものである。これより、水温22℃当たりを境に銀溶出速度は高くなっている。しかし、このデータは5～8月までの4ヶ月間のデータのみなので、秋・冬場のデータを取り水温と銀溶出速度の関係を把握していく必要がある。

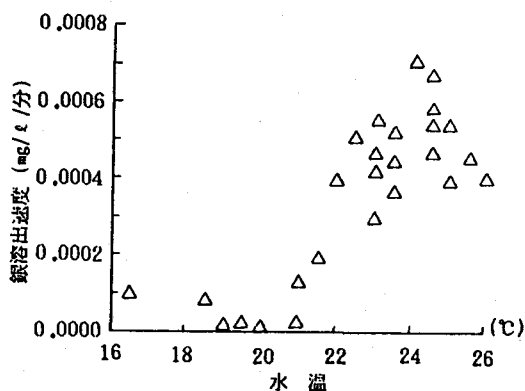
また、参考としてA槽について銀溶出期間を試算してみると、銀溶出濃度0.037mg/ℓ(1日当たり銀溶出量0.311g/日)とし、A槽銀全重量18,192gより計算すると $18,192(g) \div 0.311(g/\text{日}) = 160\text{年}$ となり予想以上に長期間で、半永久的に銀球を使用できることになる。

#### 4.2 消毒効果

細菌試験は原水、受水槽、及び各接触槽出口を対象として、大腸菌群、一般細菌、腸球菌の3項目について実施した。なお、消毒塔における目詰りを防ぐため原水を取水した後、ろ過槽を通しSS分を除去したものを消毒塔に導入した。ろ過槽でのバイオボールによるSS除去効果は約40～60%であり、この際、細菌



図一2 銀溶出量



図一3 水温と銀溶出速度の関係

類も若干除去されている。

図-4は受水槽及び各接触槽出口での大腸菌群数の経日変動を示している。受水槽における大腸菌群数は原水の変動に伴い190~2600個/㎖と大きく変動している。各接触槽出口の大腸菌群数は6月始めまで大きな除去効果は表れていないが、それ以後原水(受水槽)の変動にかかわらず、ほぼ500個/㎖以下の安定した処理効果を示している。これは銀が溶出してきた時期とほぼ一致する。接触時間との関係においても長時間の接触時間の方が良好に処理されている。

また、一般細菌は大腸菌とほぼ同程度の除去効果を示していたが、腸球菌は原水で $10^2$ のオーダーであり、しかも変動が激しいことが要因となり明確な除去効果は現れていない。

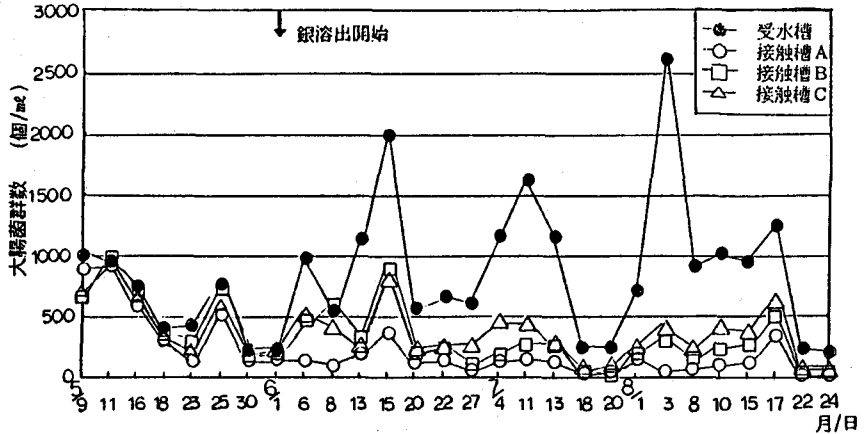


図-4 大腸菌群数調査結果

#### 4.3 銀溶出量と消毒効果

銀イオンによる消毒機構は完全には不明であるが、その効果は銀イオン溶出量に関係していると推定される。

図-5には銀溶出量と大腸菌除去率の関係を示している。これより、大腸菌群は実験に使用している二次処理水の性状で銀濃度0.02mg/l以上であれば、ほぼ60%以上の除去効果が期待できるようである。一般細菌についても銀濃度0.04mg/l以上ではほぼ60%以上の除去効果を示していた。また、腸球菌は銀の濃度に関係なく10~80%の間で変動していた。

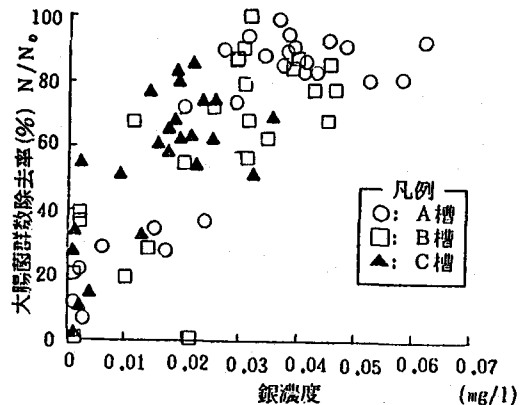


図-5 銀濃度に対する大腸菌群数除去率

#### 5. おわりに

以上のことより、銀濃度0.02~0.04mg/l程度で、大腸菌、一般細菌に対し60%以上の除去効果が期待できることが明らかとなった。しかし、これは5~8月の水温が比較的暖かい時期の調査のため、水温の低くなる冬場についても銀濃度と除去効果の関係、水温と銀溶出速度の関係を調査していく必要がある。さらに、他の消毒法との効果の比較や、維持管理性、経済性等についても検討を行っていく必要がある。また、実際に、この消毒技術を具体的に活用するものとしては市民が水辺に親しむ「せせらぎ」等に用いる処理水の消毒に適していると考えられる。

なお、本論文を作成するにあたり、日本上下水道設計(株)の協力を得たことを付記する。

#### 参考文献

- 1) 大場康久、伊藤秀明、山本尚樹「金属銀による下水の消毒」水道公論 Vol.23, No10 p65~68 '87