



# HOKKAIDO UNIVERSITY

|                  |   |
|------------------|---|
| Title            | 再利用を目的とした下水二次処理水の高度処理（その1）  |
| Author(s)        | 城村, 幹彦; 角田, 智子; 品田, 司 他   |
| Description      | 第1回衛生工学シンポジウム（平成5年11月17日（水）-18日（木） 北海道大学学術交流会館） . 5 有効利用、高度処理、廃棄物処理 . 5-4       |
| Citation         | 衛生工学シンポジウム論文集, 1, 168-171   |
| Issue Date       | 1993-11-01  |
| Doc URL          | <a href="https://hdl.handle.net/2115/7443">https://hdl.handle.net/2115/7443</a> |
| Type             | departmental bulletin paper   |
| File Information | 1-5-4_p168-171.pdf  |



5 - 4

再利用を目的とした下水二次処理水の  
高度処理 (その1)

○城村幹彦、角田智子、品田 司、田畑信一、(株)西原環境衛生研究所)

1. はじめに

大都市における水需要は、経済の発展・生活水準の向上、さらに快適生活を送るための水辺環境の整備等により、ますます増加しつつあるなかで、広い意味での水資源開発が望まれている。この一つの対応として下水処理水の再利用、特にアメニティ用水への利用目的として下水処理水を高度処理し、再利用化する必要性が高くなってきた。

このような社会的な背景を踏まえ、特に下水処理水で問題となる色度、臭気、有機物、微生物の除去に着目した実験をA市下水処理場で、UF膜処理・UV処理・O<sub>3</sub>処理、UV/O<sub>3</sub>(UV併用O<sub>3</sub>)処理について、連続運転を行っている。

今回、UF膜処理・UV処理について、特に衛生学的評価を微生物の挙動から検証し、基礎的な実験と対比させて報告する。

2. 実験概要

この実験で用いた前述の4つの物理化学処理法の特徴を表-1. に示す。

塩素滅菌前の下水二次処理水を孔径100μmのプレフィルタで、ゴミ・藻類等の夾雑物を除去した。実験フローを図-1. に示す。

UF膜処理装置には、分画分子量約30,000(材質 PES)の中空糸モジュールを用い、膜操作圧は0.3~1.0kg/cm<sup>2</sup>の範囲で運転を行い、FLUXが約0.7m/day(at1kPa・25°C換算)以下に低下した時点で薬品洗浄を行った。

UV処理装置には、ステンレス製の水槽を6つの槽に間仕切りし、1槽毎に15Wの低圧水銀ランプ1本を設置し、仕切られた槽内を順次、被処理水が通過する装置を用いた。水質測定項目において、ウイルスの代替指標として用いた大腸菌ファージの測定は直接重層法のプラーク計数法で行った<sup>1)</sup>。宿主菌は、東京大学 大垣氏より分与されたE.coli K-12 F<sup>+</sup>を使用した。

細菌類の測定は、一般細菌群数・大腸菌群数・糞便性大腸菌群数とし、色度・濁度については上水試験方法に、その他の分析項目は下水試験方法に準拠して行った。

表-1. 各処理法の特徴

| 処理方法                 | 下水の再利用において期待される主な効果                       |
|----------------------|---|
| UV殺菌                 | ・病原微生物に対する消毒                              |
| UF膜処理                | ・濁質に起因する濁度、有機物、および病原微生物の除去                |
| O <sub>3</sub> 処理    | ・色度、臭気成分の除去<br>・有機物質の低減<br>・病原微生物の消毒      |
| UV/O <sub>3</sub> 処理 | ・色度、臭気成分の除去<br>・有機物質、有害物質の低減<br>・病原微生物の消毒 |

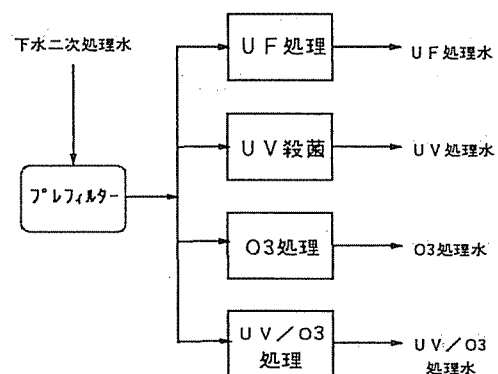


図-1. 実験フロー

3. 実験実験

### 3-1. UF膜処理実験結果

延べ通水時間約3200時間内に分析したUF処理水質の平均値を、表-2. に示す。

細菌類（一般細菌群数・大腸菌群数・糞便性大腸菌群数）はUF膜で完全に除去されたが、大腸菌ファージは9回の分析中2回だけ処理水中にそれぞれ2（原水中46）PFU/ml、4（原水中33）PFU/ml検出した。

人の感覚に対して問題となる項目について、濁度の除去率は100%であったが、溶解性物質に起因する色度・臭気・MBASに対しては色度除去率が12%、MBAS除去率が30%、臭気は原水と変わらず、と処理効果が低かった。

有機物の除去については、TOC除去率が25%、COD<sub>Mn</sub>除去率が22%であった。THM・FP除去率はほとんど得られなかった。

基礎実験では、大腸菌ファージQβを用いた。大腸菌ファージQβは、検出される水系ウイルスで最も小さいポリオウイルスと同程度の大きさである（0.02μm）。平膜ろ過による大腸菌ファージQβの残存率を図-2. に示す。大腸菌ファージQβは孔径0.01μmの膜で100%除去された。平膜Aでは、膜孔径が小さくなるに従い残存率も減少したが、平膜Bでは相関がなかった。膜孔径が大腸菌ファージQβより大きい平膜においても除去率が90%以上であった理由の一つに、膜表面の何らかの作用で吸着したことが考えられた。

基礎実験において、孔径0.01μmの平膜での大腸菌ファージQβ除去率が100%であったのに対して、下水処理水のUF膜処理において今回用いた分画分子量30,000のUF膜では、大腸菌ファージが透過する可能性があった。

### 3-2. UV処理実験結果

基礎実験では15WのUVランプを用いて実験を行った。UV照射量と大腸菌ファージQβの残存率の関係を図-3. に示す。大腸菌ファージQβを99.9%不活化するのに要したUV照射量は約40mW・sec/cm<sup>2</sup>であり、大垣らの報告とほぼ同じ値であった<sup>3)</sup>。

表-2. UF膜平均処理水質

| 分析項目              | 単位     | 原水    | UF処理水 | UFでの除去率(%) |
|-------------------|--------|-------|-------|------------|
| 水温                | ℃      | 19.4  | 20.8  |            |
| 濁度                | 度      | 0.86  | 0.00  | 100.0      |
| 色度                | 度      | 20    | 17    | 15.0       |
| 臭気の異常             | -      | 下水臭   | 下水臭   | -          |
| pH                | -      | 6.99  | 7.03  | -          |
| SS                | mg/l   | 2.8   | 0.0   | 100.0      |
| TS                | mg/l   | 265   | 244   | 7.9        |
| COD <sub>Mn</sub> | mg/l   | 8     | 6     | 25.0       |
| TOC               | mg/l   | 5.48  | 4.09  | 25.4       |
| THM・FP            | μg/l   | 52    | 54    | -3.8       |
| T-N               | mg/l   | 12.24 | 11.14 | 9.0        |
| T-P               | mg/l   | 0.94  | 0.82  | 12.8       |
| 総Fe               | mg/l   | <0.05 | <0.05 | -          |
| 総Mn               | mg/l   | 0.01  | <0.01 | -          |
| MBAS              | mg/l   | 0.06  | 0.04  | 33.3       |
| 一般細菌群数            | 個/ml   | 10148 | 0     | 100.0      |
| 大腸菌群数             | 個/ml   | 384   | 0     | 100.0      |
| 糞便性大腸菌群数          | 個/ml   | 224   | 0     | 100.0      |
| 大腸菌ファージ           | PFU/ml | 184   | 1     | 99.5       |

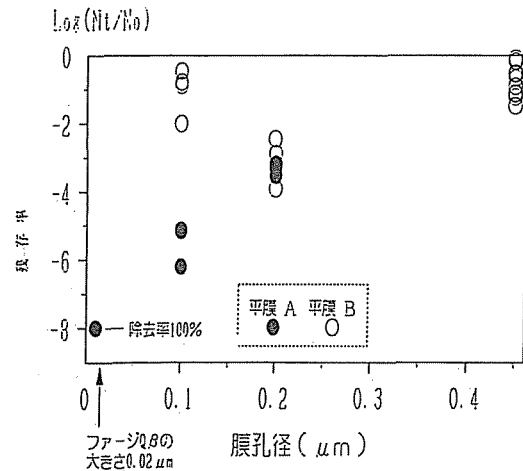


図-2. 平膜ろ過によるファージQβ残存率

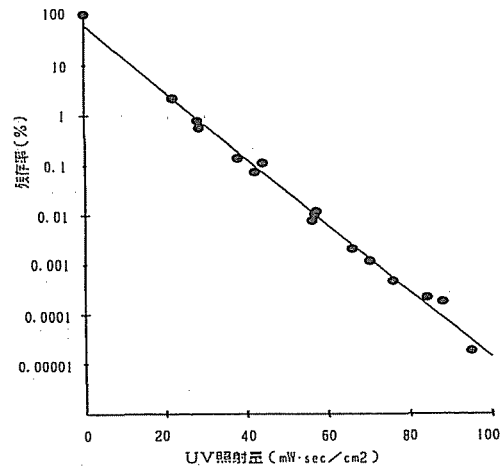


図-3. UV照射量とファージQβの残存率

基礎実験に用いたものと同じ15WのUVランプを用いて、下水二次処理水をUV処理した。UV処理における投入電力量と微生物の残存率を図-4に示す。細菌類、大腸菌フェージ共に、残存率はUV照射時間に対してほぼ対数的な減少傾向を示した。UV処理に対する感受性は、糞便性大腸菌群数>大腸菌群数>一般細菌群数>大腸菌フェージの順であった。大腸菌群数の99.9%除去に要した投入電力量は約23W/m<sup>3</sup>・hr<sup>-1</sup>であり、堺らの報告とほぼ同じ値であった。<sup>3)</sup>

下水二次処理水におけるUV処理水の一般水質項目分析値を表-3に示す。UV消毒では、水質に変化を与えにくいと言われている<sup>2)</sup>。今回の実験では、pH・色度・濁度・SS・TOC・COD<sub>Mn</sub>・THM・FPについてUV照射は、ほとんど影響を与えなかった。

### 3-3. O<sub>3</sub>およびUV/O<sub>3</sub>処理による消毒効果

O<sub>3</sub>処理UV/O<sub>3</sub>処理等の化学的酸化法は、色度・下水臭の除去に有効な方法の一つである。

色度14度で下水臭のする下水処理水についてO<sub>3</sub>処理およびUV/O<sub>3</sub>処理を行った結果、色度5度以下・下水臭の除去に要したO<sub>3</sub>注入率は14~20mg/lであった。このとき処理水中からは細菌類および大腸菌フェージは不検出であった。このことから色度・下水臭の除去を対象とした場合、細菌類はもちろん大腸菌フェージの不活性化についても問題とならないと考える。

## 4. まとめ

【UF膜処理】分画分子量30,000のUF膜を用いて、下水二次処理水を処理した結果、大腸菌群数・糞便性大腸菌群数は完全に除去されたが、大腸菌フェージは9回の分析中に2回、微量であるが検出した。膜処理でフェージが漏洩した報告<sup>4) 5)</sup>はあるが、今回のフェージ検出数は2PFU/ml、4PFU/mlと定量範囲外であったため定性的なものであるに留まった。平膜を用いた基礎実験では、除去目的とする物質の大きさよりもかなり大きい孔径(10倍程度)の膜でも、除去率が得られた。しかし、ウイルスを含む微生物の除去を考えた場合、完全な除去を達成するために、目的物質よりも小さい孔径を持つ膜の選択が必要であるといえよう。もしくは、UV処理等の補完処理が考えられる。

また、濁度・SSの除去率は100%であったが、色度・臭気・MBASについては除去率が低く、溶解性物質の除去は他の処理法との組み合わせが必要となる。

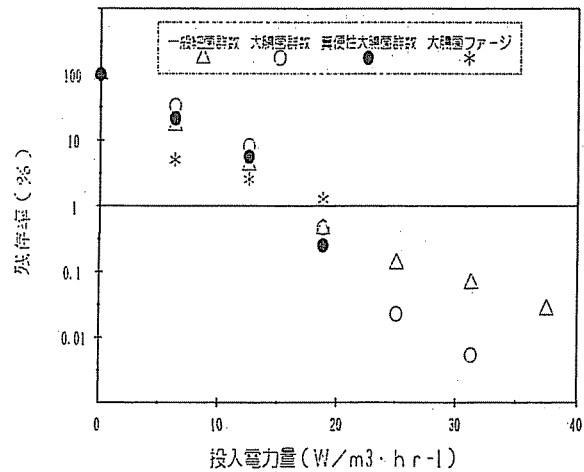


図-4. UV処理における投入電力量と微生物の残存率

表-3. UV照射の水質に与える影響

|                          | 原水    | UV処理水 |
|--------------------------|-------|-------|
| 水温 (°C)                  | 22.4  | 22.4  |
| pH                       | 7.00  | 7.01  |
| 濁度 (度)                   | 0.44  | 0.51  |
| 色度 (度)                   | 17.5  | 17.5  |
| 臭気の異常                    | やや下水臭 | やや下水臭 |
| E 254                    | 0.089 | 0.089 |
| SS (mg/l)                | 2     | 2     |
| TOC (mg/l)               | 4.75  | 4.84  |
| COD <sub>Mn</sub> (mg/l) | 8     | 7     |
| THM・FP (μg/l)            | 50    | 39    |

【UV処理】UV照射における細菌類・大腸菌ファージの残存率は、いずれもUV照射量に対してほぼ対数的な減少傾向を示し、UVに対する感受性は糞便性大腸菌群数>大腸菌群数>一般細菌群数>大腸菌ファージの順であった。大腸菌群数の99.9%除去に要した投入電力量は約 $23\text{W}/\text{m}^3\cdot\text{hr}^{-1}$ であった。また、UV処理によるpH等の水質項目については変化が見られなかった。EPAの報告<sup>6)</sup>によると、ポリオウイルスの99.9%不活化に要するUV照射条件は、 $1.16\text{mW}/\text{cm}^2\times$ 約30秒であったとしている。また同様の実験で塩素によるポリオウイルスの不活化率は、 $2\text{mg}/\text{l}\times$ 15分で96.8%であったとしている。このことから、UVによる消毒法は塩素消毒に比べて短時間で確実に細菌類・ウイルスに効果を発揮し、副生成物の無い、処理方法であると言える。

今後は、 $\text{O}_3$ 処理・UV/ $\text{O}_3$ 処理および膜処理等の組み合わせによる、水質の向上を含めた再利用に最適なプロセスの構築を検討したい。

#### (参考文献)

- 1)大垣眞一郎 他:生活環境水系中に存在する大腸菌ファージの定量,浄化槽研究,vol.1, No.1,1989
- 2)大垣眞一郎:紫外線とUVによる消毒,水処理,技報堂出版,155-173
- 3)堺 好雄 他:低圧及び中圧水銀灯による紫外線滅菌に関する考察,第30回下水道研究発表会講演集,1993
- 4)西村和之 他:活性汚泥共存下における大腸菌ファージの限外ろ過による阻止性,第27回日本水環境学会年会講演集,1993
- 5)高橋克夫 他:中空糸膜による細菌及びファージの除去特性について,第27回日本水環境学会年会講演集,1993
- 6)EPA:Design Manual,Municipal Wastewater Disinfection,EPA/625/1-86/021,1986