



| | |
|------------------|---|
| Title | 中大規模向け膜ろ過設備における有効な前処理技術の検討 |
| Author(s) | 細谷, 仁人; 西尾, 弘伸 |
| Description | 第10回衛生工学シンポジウム (平成14年10月31日 (木) -11月1日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 1 水処理 . 1-1 |
| Citation | 衛生工学シンポジウム論文集, 10, 1-4 |
| Issue Date | 2002-10-31 |
| Doc URL | https://hdl.handle.net/2115/7086 |
| Type | departmental bulletin paper |
| File Information | 10-1-1_p1-4.pdf |



1-1 中大規模向け膜ろ過設備における有効な前処理技術の検討

○細谷 仁人(神鋼パンテック)、西尾 弘伸(神鋼パンテック)

1.はじめに

主に小規模施設を中心に導入された膜ろ過法は、高度な固液分離性、維持管理の容易さ等の優れた特長から、今後は中大規模浄水場への普及が期待されている。しかし一方で、膜ろ過法には膜ファウリングの問題や、膜孔径以下の成分除去が困難等の問題点も抱えている。これらを考慮すると中大規模浄水場への普及には、対象水源の拡大、膜孔径以下の成分の除去、膜ろ過流束の向上等の課題が挙げられ、より有効な前処理技術の検討が求められている。本研究では、原水に様々な前処理を施した後 UF 膜ろ過を行い、有効な前処理技術の検討を行った。施した前処理は凝集、凝集沈澱、凝集沈澱-三層ろ過、凝集沈澱-活性炭ろ過、凝集沈澱-三層ろ過-活性炭ろ過である。以下に、得られた知見について報告する。

2.実験概要

実験は平成 13 年 6 月下旬より江別市上江別浄水場において、パイロットプラントを使用して行った。図-1 に実験フローの概要を、また表-1 に前処理運転条件、表-2 に膜ろ過運転条件を示す。実験原水に用いた千歳川表流水は上流部は清澄であるが、流域である石狩平野一帯は泥炭地であるために天然由来の色度成分(フミン質)が多く含まれるのに加えて、上流からの下水と屎尿処理場の放流水の混入、農耕地による農業廃水の混入等による水質の悪化が見られ、水質は平均濁度 17.2(度)、平均色度 10(度)、平均 E260 0.106(1/cm)、平均 TOC 2.38(mg/L)、平均総 Fe 2.00(mg/L)、平均総 Al 0.44(mg/L)程度である。千歳川表流水の DOC/E260¹⁾は平均 19.6 であり、水中に含まれる有機物のほとんどがフミン酸等の高分子フ

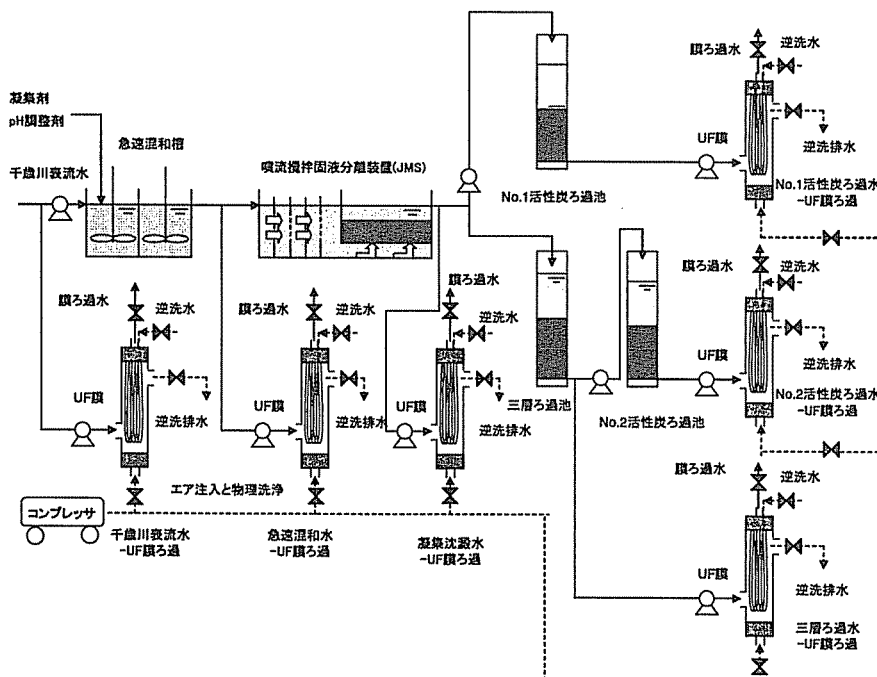


図-1 実験フロー図

ミン質であることがわかる。

また、全ての実験系列において膜ろ過運転は定流量全量ろ過方式であり、一定の時間間隔(60分に1回)で逆圧水洗浄と空気洗浄を併用した物理洗浄を行った。使用膜は分画分子量10万Da(公称孔径0.01 μ m)の高重合度ポリアクリルニトリル(PAN)製の外圧式中空糸UF膜である。

表-1 前処理運転条件

| | | |
|-------|-------------|---|
| 凝集沈澱 | 滞留時間 | 75分 |
| | 凝集条件 | 凝集剤：鉄系凝集剤、注入率：10mg-Fe/L、凝集pH：pH6.0(NaOHによるPH調整) |
| | 排泥方法 | タイマー制御による自動排泥 |
| 三層ろ過 | ろ材(()内ろ層厚) | アンスラサイト(420mm)、珪砂(230mm)、ガーネット(110mm) |
| | ろ過速度 | 100m/d |
| | ろ過方式 | 重力式ろ過 |
| | 逆洗条件 | 表洗と逆洗の併用(2日に1回) |
| 活性炭ろ過 | ろ材(()内ろ層厚) | 有効径0.7mm(1,350mm) |
| | ろ過速度 | 90m/d |
| | ろ過方式 | 重力式ろ過 |
| | 逆洗条件 | 空洗と逆洗の併用(No.1活性炭ろ過池：2日に1回、No.2活性炭ろ過池：2週間に1回) |

表-2 膜ろ過運転条件

| 系列 | 膜供給水 | 運転期間(平成13年度) | 膜ろ過流束 | 膜ろ過時間 | 逆圧水洗浄 | 空気洗浄 |
|-----------|------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------|-------------------|-------------------|
| Run-1 | 千歳川表流水 | 6/18~7/2 | 0.9m ³ /m ² /d | 60分 | 時間：1分 (0.2MPa) | 時間：1分 (0.2MPa) |
| | 急速混和水 | 6/18~6/20 | 0.9m ³ /m ² /d | | | |
| | 凝集沈澱水 | 6/18~11/25 | 0.9m ³ /m ² /d | | | |
| 7/25~10/9 | | 1.2m ³ /m ² /d | | | | |
| Run-2 | 三層ろ過水 | 11/26~3/20 | 1.2m ³ /m ² /d | | | |
| | No.1活性炭ろ過水 | 11/26~3/20 | 1.2m ³ /m ² /d | | | |
| | No.2活性炭ろ過水 | 11/26~3/20 | 1.2m ³ /m ² /d | | | |

3.実験結果

3.1 凝集、凝集沈澱のUF膜ろ過の前処理効果

Run-1として、UF膜ろ過の前処理として凝集、または凝集沈澱を行った場合の膜ろ過運転性、膜ろ過水水質におよぼす影響を検討、調査するために、数千時間におよぶUF膜連続ろ過実験を行った。

表-3にRun-1運転期間の膜供給水および膜ろ過水の平均水質を示す。凝集処理を行うことでE260 0.025(1/cm)、DOC 1.25(mg/L)となり、千歳川表流水中の有機物を良好に除去できていることがわかる。凝集沈澱水のDOC/E260は平均42.7であり、千歳川表流水中に含まれるフミン酸等の高分子フミン質が除去され、凝集沈澱水中に残留する有機物はフルボ酸等の低分子フミン質であることがわかる。また、凝集沈澱を行うことで濁度0.5程度と懸濁

成分も良好に除去されていることが確認された。また、前処理として凝集や、凝集沈澱を行った場合、UF 膜ろ過により除去可能な物質は濁度および細菌類等の懸濁成分であった。

表-3 Run-1 における平均水質(抜粋)

| | 千歳川表流水 | | 急速混和水 | | 凝集沈澱水 | |
|-------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 膜供給水 | 膜ろ過水 | 膜供給水 | 膜ろ過水 | 膜供給水 | 膜ろ過水 |
| 濁度 (度) | 14.3 | <0.1 | 20.5 | <0.1 | 0.55 | <0.1 |
| E260 (1/cm) | 0.143 | 0.092 | 0.025 | 0.024 | 0.024 | 0.022 |
| DOC (mg/L) | 2.96 | 2.52 | 1.25 | 1.08 | 0.93 | 0.86 |
| 総 Fe (mg/L) | 1.74 | 0.21 | 12.2 | 0.21 | 0.93 | 0.19 |
| 総 Al (mg/L) | 0.39 | 0.08 | 0.39 | 0.07 | 0.07 | 0.07 |

Run-1 運転期間に

における 18℃に補正した膜差圧の推移を図-2 に示す。図-2 より千歳川表流水を直接 UF 膜ろ過した場合、運転開始から 300 時間程度で急激な膜差圧の上昇が見られた。前処理として凝集を行ってから UF 膜ろ過した場合、運転初期に急激な膜差圧の上昇が見られ、2 日間しか運転を継続できなかった。本研究では、UF 膜ろ過を行う前に一時貯留しておくタンク内で沈澱が進み、タンク下部から膜モジュールに水が供給される構造となっているために、千歳川表流水以上の濁質負荷がかかったものによると考えられる。しかし、タンク内が均一であっても凝集処理では濁質負荷の低減がなされていないために、同運転条件での長期間の連続運転は難しいと思われる。これらと比べて前処理として凝集沈澱を行ってから UF 膜ろ過した場合、膜差圧の上昇は緩やかであり、3000 時間程度薬品洗浄を行わないで UF 膜ろ過運転が可能であった。これは凝集沈澱処理を行うことにより、懸濁成分を良好に除去でき、低濁度を安定して保つことが可能であったこと、また膜ファウリングの主な原因物質の一つである膜孔径以上のフミン質²⁾を良好に除去できたからだと考えられる。

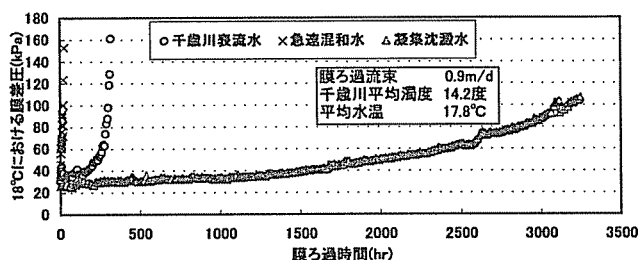


図-2 Run-1 における膜差圧の推移

現在、上水道事業と水道用水供給事業の年間取水量の内 70%が表流水であり、5000m³/日以上 of 処理能力を持つ浄水場は高濁度、高色度の水を原水として用いる場合³⁾が多い。

この様な浄水場において UF 膜ろ過の前処理として凝集を行う場合、凝集剤を注入する必要があるために、凝集剤自体が膜ファウリングの原因物質となることが懸念される。

以上のことより、高濁度、高色度原水を用いて UF 膜ろ過運転を行う場合、前処理として凝集沈澱処理まで行うことが必要であると考えられる。

3.2 凝集沈澱後に行う三層ろ過、活性炭ろ過の UF 膜ろ過の前処理効果

Run-2 として、UF 膜ろ過の前処理として凝集沈澱後に三層ろ過、または活性炭ろ過を行った場合の膜ろ過運転性、膜ろ過水水質におよぼす影響を検討、調査するために、数千時間におよぶ UF 膜連続ろ過実験を行った。

表-4 に Run-2 運転期間の膜供給水および膜ろ過水の平均水質を示す。三層ろ過を行うことで濁度 0.1 度以下に抑えることが可能であることが確認された。また、活性炭ろ過を行うことで E260 <0.001(1/cm)、DOC 0.30(mg/L)と有機物をほとんど除去できることが確認された。

表-4 Run-2 における平均水質(抜粋)

| | 凝集沈澱水 | 三層ろ過水 | | 活性炭ろ過水 | | 三層ろ過-活性炭水 | |
|-------------|-------|-------|-------|--------|--------|-----------|--------|
| | | 膜供給水 | 膜ろ過水 | 膜供給水 | 膜ろ過水 | 膜供給水 | 膜ろ過水 |
| 濁度 (度) | 0.58 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 |
| E260 (1/cm) | 0.007 | 0.007 | 0.007 | <0.001 | <0.001 | <0.001 | <0.001 |
| DOC (mg/L) | 0.76 | 0.81 | 0.77 | 0.27 | 0.25 | 0.30 | 0.30 |
| 総 Fe (mg/L) | 1.65 | 0.29 | 0.22 | 0.27 | 0.25 | 0.27 | 0.20 |
| 総 Al (mg/L) | 0.04 | 0.03 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.01 |

また、Run-2 運転期間ではどの前処理を行った場合であっても、UF 膜ろ過により有機成分、金属類の除去率は低かった。水質において、前処理として凝集沈澱後に活性炭ろ過を行う場合と凝集沈澱のみを行う場合で、凝集沈澱により大部分の有機成分が除去可能であるため、膜ろ過水中の残留有機成分濃度に顕著な違いは認められなかった。

Run-2 運転期間における 3℃ に補正した膜差圧の推移を図-3 に示す。図-3 より前処理の違いによる膜ろ過運転性の顕著な違いは認められなかった。また、Run-2 運転期間中の平均水温 3.1℃ と低水温期においても、全ての系列で薬品洗浄無しで 2500 時間程度安定した UF 膜ろ過運転が可能であった。これは凝集沈澱処理により、懸濁成分を良好に除去でき低濁度を安定して保つことが可能であったこと、また膜ファウリングの主な原因物質の一つである膜孔径以上のフミン質を良好に除去できたからだと考えられる。

以上のことより、高濁度、高色度原水を用いて UF 膜ろ過運転を行う場合、凝集沈澱で懸濁成分以外の水質項目が水質基準を満たしていれば、凝集沈澱-UF 膜ろ過システムで適応可能であると考えられる。

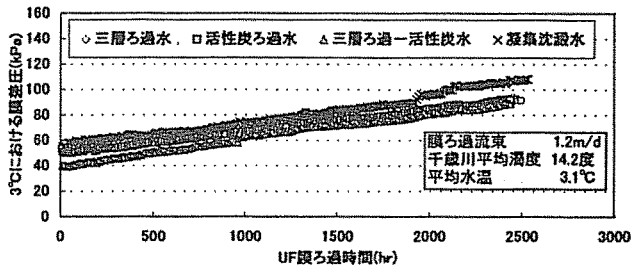


図-3 Run-2 における膜差圧の推移

4. おわりに

本研究より、千歳川表流水を用いて UF 膜ろ過を行う場合の前処理技術の検討として、得られた知見を以下に総括する。

- (1) 高濁度、高色度の水を原水として用いる場合、浄水場の省スペース化、維持管理費の削減といった観点から、UF 膜ろ過の前処理技術として凝集沈澱は経済的かつ有効な技術であることが確認された。
- (2) 前処理を行うことにより、膜供給水と膜ろ過水中の溶解性成分に顕著な違いが認められなかった。このことより、高い膜ろ過流速が得られると想定される MF 膜を用いた検討も行う予定である。

(参考文献)

- 1) 丹保憲仁 他：水処理における処理性評価マトリックス、第 62 巻第 9 号水道協会雑誌
- 2) 下如林 他：河川水の UF 膜ろ過における膜ファウリング発現機構、第 69 巻第 2 号水道協会雑誌
- 3) 日本水道協会：平成 11 年度 水道統計