

〈研究発表〉

MF 膜ろ過＋粒状活性炭ろ過による運転及び水質の評価(Ⅱ)

宮本 新也, 島崎 弘志, 鮫島 正一

株式会社 明電舎 社会システム事業本部 環境・社会事業部 営業技術部 企画開発課
 (〒141-6029 東京都品川区大崎 2-1-1 ThinkPark Tower, E-mail:miyamoto-sh@mb.meidensha.co.jp)

概要

上水において、クリプトスポリジウム対策を含む水質管理要求の高まりにより膜ろ過は実績を上げている。前報で、高色度を含む河川水を水源として、MF膜ろ過＋粒状活性炭ろ過による浄水処理機能について報告した。本報告では、浄水能力向上を目的とした繊維ろ過による前処理導入の効果と、活性炭処理の配置変更が膜ろ過に及ぼす効果について報告する。繊維ろ過により、降雨期の濁度等原水水質変動に対して高い除濁や膜差圧平滑化効果が示された。活性炭の配置変更により、膜への負荷は低減されたが、活性炭破過の早期化が見られた。

キーワード： 膜処理、活性炭、繊維ろ過、ファウリング、凝集

1. はじめに

上水において、クリプトスポリジウム対策や維持管理の容易さ、水質管理要求の高まりにより膜ろ過は実績を上げている¹⁾。前回、我々は生物難分解性の有機物が主体で高い色度を含む河川水を水源としたMF膜ろ過＋粒状活性炭ろ過による浄水処理機能の検討を行い、基本的な運転条件と原水水質分画結果について報告した²⁾。本報告では、さらなる浄水能力の向上を目的とした凝集処理および繊維ろ過による前処理を加えた連続試験と浄水フロー中の活性炭処理の配置変更により、幾つかの知見が得られたので報告する。

2. 実験概要

膜ろ過、活性炭と前処理の組み合わせによる 3 通りの処理方式での試験を実施した。Fig.1に実験フローを示す。

- RUN1:凝集剤注入→MF膜→活性炭
- RUN2:繊維ろ過→MF膜→活性炭
- RUN3:繊維ろ過→活性炭→MF膜

RUN1 (2006/2/1～5/20)の連続試験では、河川水は混合水槽へ導水され原水濁度に応じた凝集剤注入及び攪拌を行う。混合水槽でマイクロフロックを形成した後、膜モジュールに送水される。膜ろ過水は粒状活性炭接触塔にて下向ろ過して浄水とした。前回の報告²⁾で、PACとPSI-025による比較実験の結果、高濁度、高色度原水に対して等重量注入率でPACの方が優れた凝集性を示したことを報告した。この結果を踏まえて凝集剤はPACを選択した。マイクロフロックを形成させるため、原水濁度の増減に応じてPAC注入を10～30 mg/Lで制御した。凝集剤の注入と攪拌(G値50)は混合水槽で行った。

RUN2(2006/5/21～7/31)の連続試験では、降雨期の高濁度・高色度の負荷変動に対応するため、繊維ろ過を前処理として使用した(Fig.1左部)。

RUN3(2006/8/1～10/3)の連続試験では、膜への負荷軽減を目的として、活性炭を膜ろ過の前段に適用するフローを試みた。

膜ろ過、活性炭ろ過、繊維ろ過の仕様、運転条件をTable 1に示す。

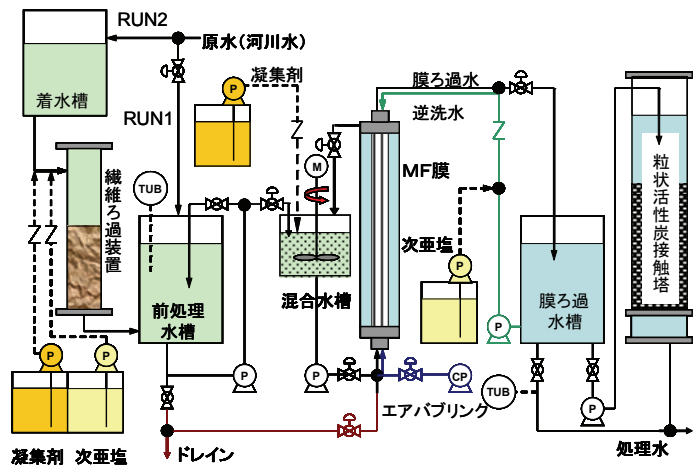


Fig.1: Schematic diagram of the bench scale plant (RUN1, Run2)

Table 1: Specification of the bench scale plant

項目	仕様
膜の形式	中空糸 MF 膜
材質	PVDF
孔径	0.1 μm
膜面積	1.2 m ²
膜ろ過方式	外圧式クロスフローろ過
膜ろ過流速	1.6 m ³ /(m ² ・日)
膜ろ過時間	38.5 min
使用活性炭	石炭系
SV	5.4～6.0 h ⁻¹
繊維ろ過水量	3.0 L/min

3. 実験結果と考察

3.1 凝集剤連続注入(RUN1)

膜細孔へ付着しファウリングを進行させる微粒子数を低減することと、膜による色度、トリハロメタン生成能 (THMFP) などの除去性能向上を目的として、膜、活性炭の前段でマイクロフロック凝集処理を実施した。

水質分析結果を Table 2 に、凝集剤の連続注入開始後の膜処理装置運転例を Fig.2 に示す。濁度を制御因子とした凝集処理により、THMFP 除去率は 11 % (前報の原水直接膜ろ過による除去率は 1 %) であり、膜ろ過による THMFP 処理性はあまり改善されなかった。同様に、TOC の除去率は平均して 21 % であり、前報 (10 %) と比較して除去性向上はわずかであった。分画試験で 200 kDa 以下の E260 成分が膜ろ過でほとんど変化がないことが示されたため、この成分が THMFP に寄与しており PAC 凝集では捕捉できなかったと考える。

本試験では、膜洗浄時の次亜塩素酸注入増加と凝集前処理により膜ろ過の運転状況は向上した。回収率 90 % 以上を維持して 50 度を超える高濁度原水流入に対しても膜差圧の上昇を抑制でき、100 日以上安定した動作を示した。

Table 2: Results of water quality analysis

項目	原水	膜ろ過水	活性炭処理水
濁度 (度)	5.1	0.0	0.0
色度 (度)	17.6	3.3	1.6
pH 値	7.6	7.6	7.6
E260 (abs/50mm)	0.118	0.035	0.020
TOC (mg/L)	2.1	1.6	1.1
THMFP (mg/L)	0.047	0.042	0.036
全鉄 (mg/L)	0.29	0.00	
全マンガン (mg/L)	0.015	0.002	
全アルミニウム (mg/L)	0.18	0.08	

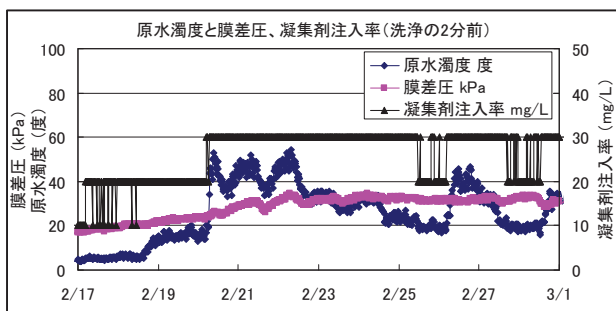


Fig.2: The change of Trans Membrane Pressure (TMP), turbidity of raw water and PAC dose

3.2 繊維ろ過前処理(RUN2)

繊維ろ過による濁度、色度変化を Fig.3 に示す。繊維ろ過による除去率はそれぞれ濁度が 80 %、一般細菌が 99 %、大腸菌が 100 %、色度が 39 %、E260 が 33 % であった。前処理水色度は、原水色度が高い

場合に 5 度を越えることもあった。

RUN2 における膜差圧および原水、前処理水濁度を Fig.4 に示す。膜差圧の上昇は抑制され、40 kPa 付近で安定した。RUN1 と比較すると高濁度流入に対する膜差圧上昇が改善され、降雨期の原水水質変動に対応できた。

繊維ろ過による THMFP の除去率は 2 % で、ほとんど改善効果は見られなかった。このような THMFP の多い原水に対しては、活性炭の併用が不可欠であるといえる。

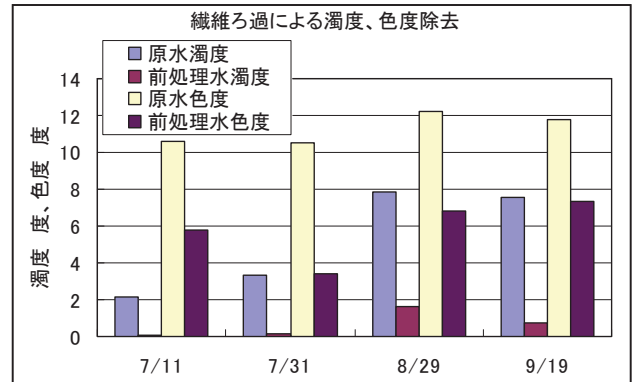


Fig.3: Removal capability of turbidity and colority by fiber filtration

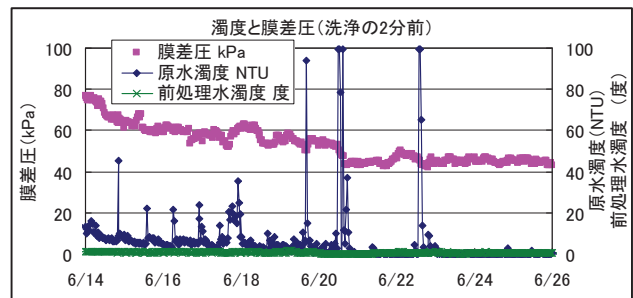


Fig.4: The change of TMP, turbidity of raw water and prefiltered water

3.3 活性炭+MF 膜ろ過運転(RUN3)

活性炭を膜の前段または後段に設置した場合の膜洗浄排水水質を Fig.5 に示す。活性炭を後段に配置した場合と比較すると、濁度で 40 %、色度で 51 %、E260 で 46 %、鉄で 74 %、マンガンで 20 %、アルミニウムで 22 % の減少が見られた。従って、活性炭を前段に配置する場合、難分解性有機物は吸着、無機物は捕捉されるため膜への負荷が軽減されていることが分かる。

一方、活性炭への負荷が増加し、破過が早まりその除去率低下が顕著になった (Fig.6)。RUN2 以前では通水倍率 35,000 倍で E260 除去率は 40% 程度であったが、RUN3 では通水倍率 10,000 倍で E260 除去率が 40% まで低下したため、逆洗の増加に伴う回収率の低下が問題といえる。この結果から判断すると、高濁度、

高色度の河川水に対しては、膜の後段に活性炭を設置する処理工程の方が適していると考える。

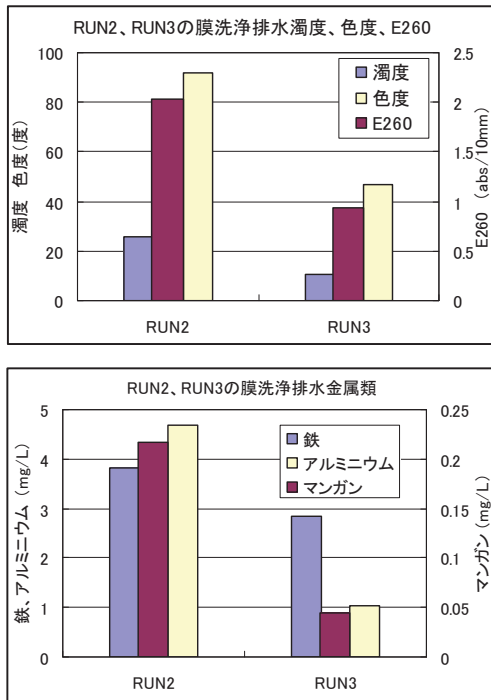


Fig.5: Water quality of backwashing drainage (RUN2, RUN3)

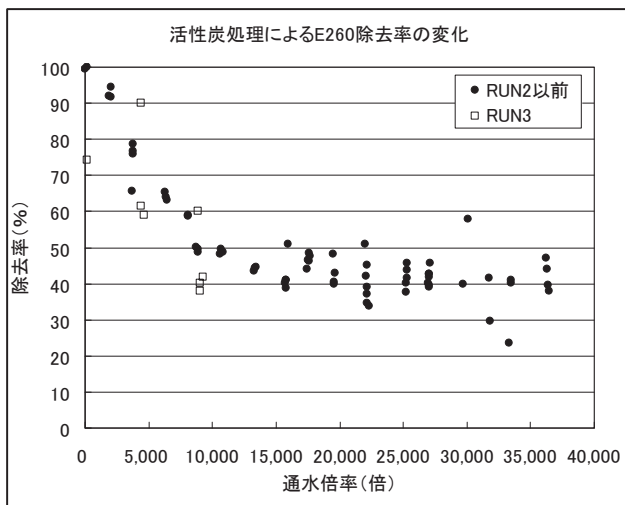


Fig.6: Removal capability of E260 and by active carbon

3.4 E260 による分画試験

処理工程ごとの除去成分の違いを調べるため、RUN2、RUN3 の各処理水を孔径別フィルターでろ過し、E260 吸光度で定量する分画試験を行った。フィルターは0.2 μm 、0.45 μm の PTFE 膜、及び分画分子量 10 kDa、50 kDa、200 kDa の PS 膜 (いずれもアドバンテック東洋社製) を使用した。

RUN2、RUN3 によらず、膜ろ過は 0.2 μm 以上の成分を完全に除去している (Fig.7)。一方で、200 kDa 以下の成分はほとんど除去していない。そのため、膜ろ過水の E260 を低減するためには、前処理で 200 kDa 以下の成分をあらかじめ低減させる必要があるといえる。

一方で RUN3 の試験結果より、活性炭ろ過は 0.2 μm 以上の成分でも一部通過しているが、200 kDa 以下の成分も一定量を除去できていることが分かる。ただし、通水倍率および破過状況によって除去率は徐々に減少した。

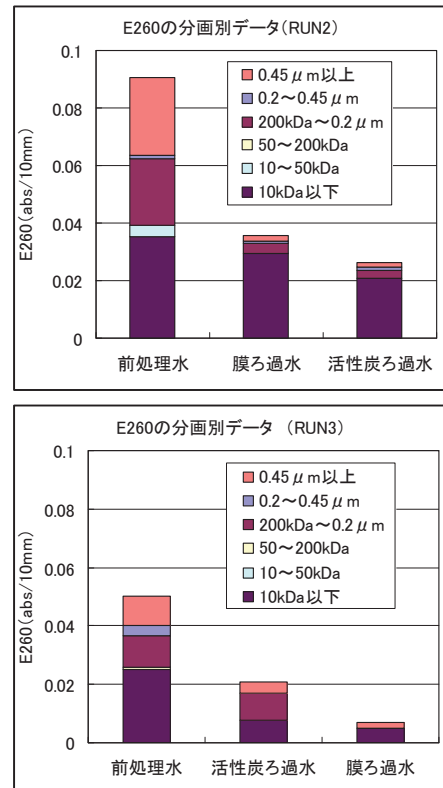


Fig.7: Removal of E260 absorbance fractionated by several pore size filters

3.5 水質の年間変化

一般細菌、大腸菌の分析結果を Fig.8 に示す。原水では年間を通じて水道水質基準を超過しているが、膜ろ過により大腸菌・一般細菌は基準値以下まで除去された。

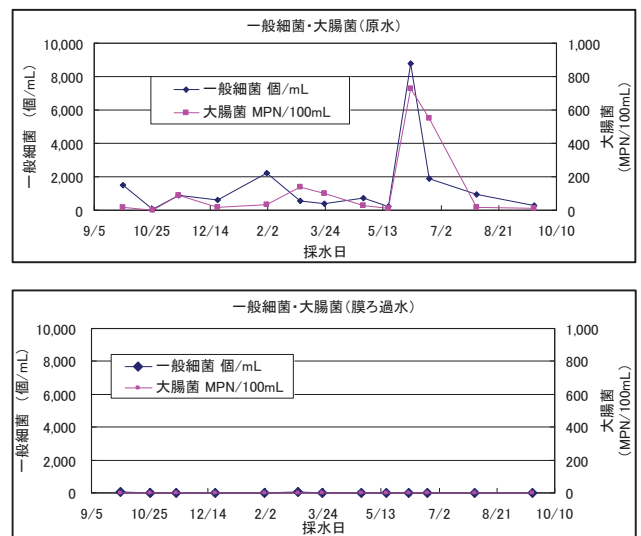


Fig.8: Standard plate count and E.coli of raw water, filtration water and active carbon water

濁度、色度、TOC の分析結果を Fig.9 に示す。濁度は原水水質の変動に関係なく、膜ろ過で完全に除去できた。原水色度は植物由来のフミン酸またはフルボ酸によるものと推察され、年間を通して高かった。膜ろ過では平均 61.8 % 除去だったが、多くの期間で 5 度以下にならなかった。膜ろ過および前処理で除去できない色度、TOC は、活性炭による吸着プロセスが必要であるといえる。

原水の鉄・マンガンは、濁度、色度が上昇した時にそれぞれの水質基準値を超える程度に増加したが、膜ろ過でほぼ完全に除去された。前塩素処理は実施していないため、大部分が溶存態ではなく懸濁態であったと考えられる。アルミニウムは、凝集前処理の実施以降、わずかに膜ろ過水で検出されたが、原水と比較すると常に低減された。

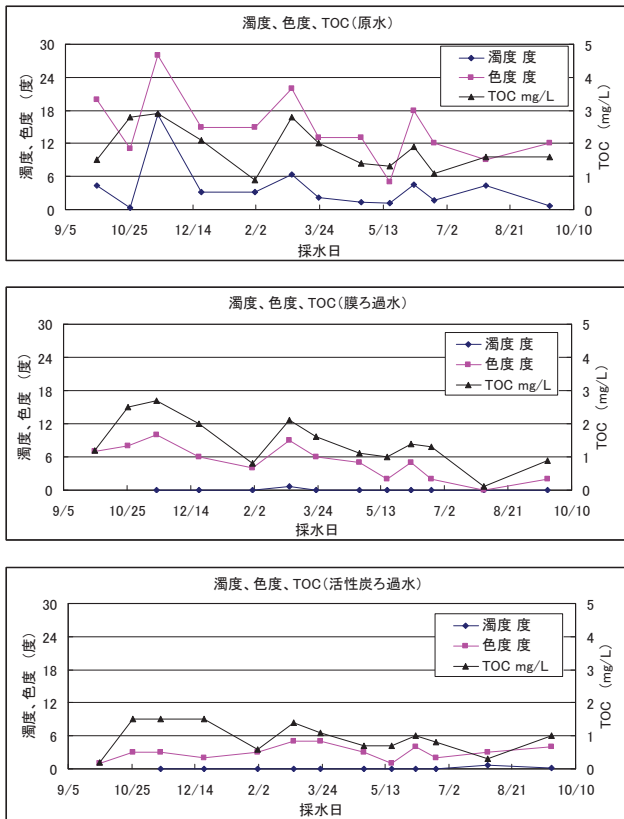


Fig.9: Turbidity, colority and TOC of raw water, filtration water and active carbon water

原水の総 THMFP とプロモジクロロメタン生成能が高く、秋季に基準値を超過した (Fig.10)。原水 THMFP によらず、膜ろ過の THMFP 除去率は低く、平均で 7 % であった。活性炭ろ過では常に 0.1 mg/L 以下まで低減できた。

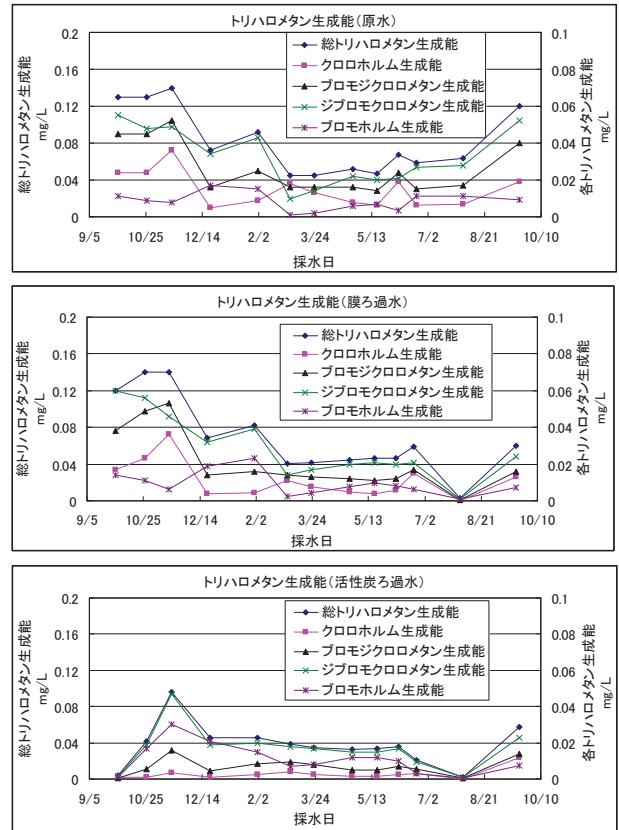


Fig.10: Trihalomethane formation potential of raw water, filtration water and active carbon water

4. まとめ

- 1) RUN1 では、高色度、高濁度原水に対して、PAC を使用した凝集前処理により回収率 90 % 以上で膜ろ過の運転は安定した。THMFP 除去率については、原水直接ろ過と比較して若干よい結果を示した。
- 2) RUN2 では、繊維ろ過による前処理により降雨期の水質変動にも対応でき、高濁度、高色度の河川水に対して有効であると示された。
- 3) RUN3 では、膜への負荷を低減させることはできたが、活性炭の破過早期化による除去率の低下が顕著に見られた。
- 4) E260 の分画試験の結果、200 kDa 以下の成分は膜ろ過ではほとんど変化がなく、その除去は活性炭ろ過に依存することが示された。
- 5) 年間を通じて、高色度でトリハロメタン生成能の含まれる原水に対して、膜ろ過、活性炭および前処理の組み合わせで水道水質基準値以下まで低減できた。今後の課題としては、排水系の循環による回収率の向上や実規模での検証が挙げられる。最後に、本研究に協力いただいた関係者各位に深く感謝します。

[参考文献]

- 1) (財)水道技術研究センター 調査結果(2007年8月)
- 2) 鮫島ら: MF膜ろ過+粒状活性炭ろ過による運転および水質の評価、環境システム計測制御学会誌, Vol.11, No.2,3, pp.105-108 (2006)