



Title	限外ろ過膜を用いた浄水処理
Author(s)	工藤, 禎恵; 稲垣, 和博; 品田, 司 他
Description	第2回衛生工学シンポジウム (平成6年11月10日 (木) -11日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 5 水処理 . 5-1
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 2, 181-185
Issue Date	1994-11-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7608
Type	departmental bulletin paper
File Information	2-5-1_p181-185.pdf



5 - 1

限外ろ過膜を用いた浄水処理

○工藤禎恵、稲垣和博、品田 司、田畑信一（関西原環境衛生研究所）

1. はじめに

近年、膜を用いた浄水処理についての研究が盛んに行われている。特にMAC21計画プロジェクトでは、精密ろ過及び限外ろ過が、凝集沈殿・砂ろ過プロセスの代替となるばかりでなく、多くの素晴らしい利点を持つことが実証された。

膜の孔径は、懸濁性物質と溶解性物質を分ける $0.45\mu\text{m}$ よりもはるかに小さいので、膜ろ過することにより、懸濁性物質はもちろん細菌類も完全に除去され、清澄な水を得ることができる。また、膜ろ過は単純なふるい分けのプロセスであるので、維持管理が容易で、装置の自動化がしやすく、無人に近い形で運転できる。さらに、浄水場の敷地面積を小さくできる。

しかしながら、我国においては膜を用いた浄水処理の実施設がなく、現在は実用化に向けて準備を進めているところである。よって、様々な水源を用いて長期的な運転を行い、最適な運転操作条件等の知見を集積することが重要である。

本実験では、江戸川及び利根川において、半年程度の長期運転を数パターン行った実験のうち4例について報告する。膜は2種類の限外ろ過膜（ポリアクリロニトリル(PAN)膜及び酢酸セルロース(CA)膜）を用い、最適な運転操作条件や膜の除去性能などを明らかにすることを目的とした。

2. 実験の概要

2-1 実験装置及び運転方法

実験装置は、RUN-1～RUN4とも同じ仕様のものを用いた。処理フローを図-1に、膜の仕様及び運転方法を表-1に示す。

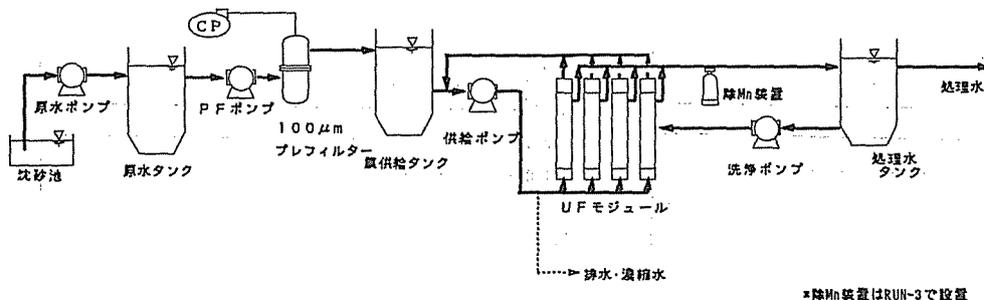


図-1 処理フロー

原水を直接プレフィルタに通し、 $100\mu\text{m}$ 以上の夾雑物を除去した後、凝集剤を使用せず直接限外ろ過膜を用い膜ろ過した。その際、供給ポンプの回転数をインバータで制御し、定流量ろ過または定圧ろ過を行った。

また、逆圧洗浄時は膜モジュールの殺菌を目的として洗浄水に少量の塩素を添加した。

薬品洗浄は、所定の膜ろ過水量が得られなくなった時点で行った。

表-1 膜の使用及び運転方法

	PAN膜	CA膜
膜の種類	UF膜(中空糸型)	
分画分子量	13,000	150,000
総膜表面積(m^2)	12.4	15.0
外径/内径(mm)	2.3/1.37	1.3/0.8
運転方法	内圧式クロスフロー	
物理洗浄方法	逆圧洗浄	

2-2 実験条件

RUN-1～RUN-4の運転条件を表-2に示す。

表-2 運転条件

	RUN-1	RUN-2	RUN-3	RUN-4
使用膜	PAN	PAN	CA	PAN
使用原水(河川水)	利根川	利根川	江戸川	利根川
運転制御方法	定流量			定圧
設定実流束($m^3/m^2/日$)	1.54~1.94	0.72	2.1	-
設定圧力(kPa)	-			65~110
膜面流速(m/sec)	1.2~1.4	0.5	0.12~0.22	0.5
膜処理部回収率(%)	91~94	74~86	92	約80
物理洗浄頻度(回/min)	1/30			1/45
“ 時間(sec/回)	30	30~60	30	
“ 圧力(kPa)	200~300			
“ 水量($l/回$)	30			

(RUN-3は、MAC.21計画第3期における実験である。)

3. 実験結果及び考察

RUN-1～RUN-4における実験期間中の水温、原水濁度、流束及び有効圧力の経日変化を図-2～図-5に示す。

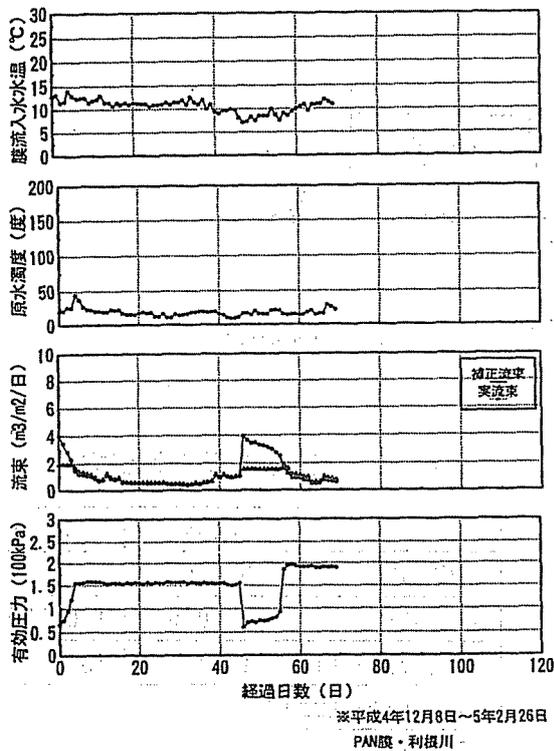


図-2 RUN-1における実験結果

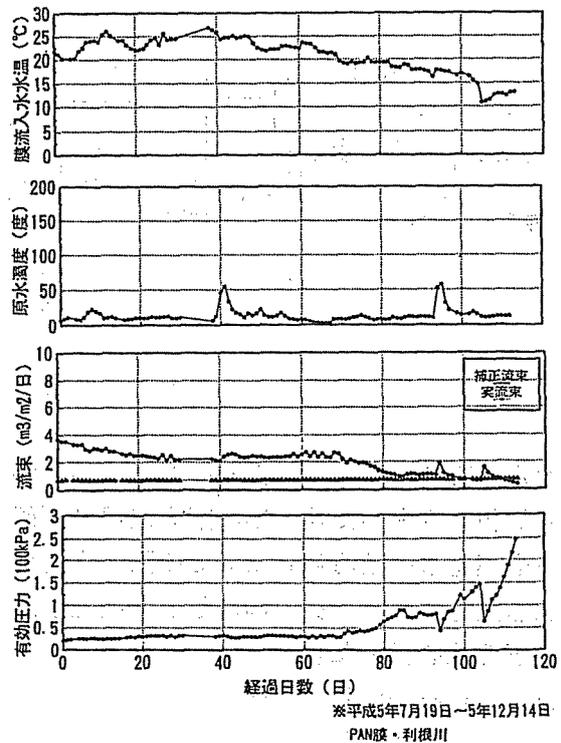


図-3 RUN-2における実験結果

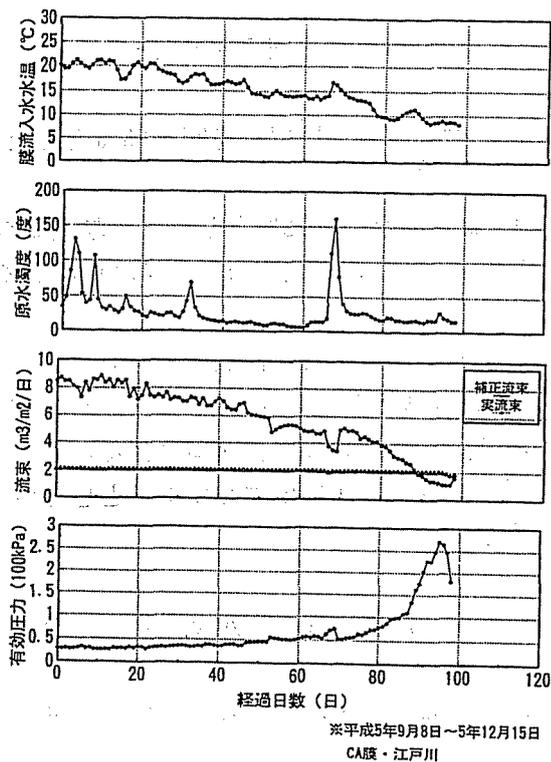


図-4 RUN-3における実験結果

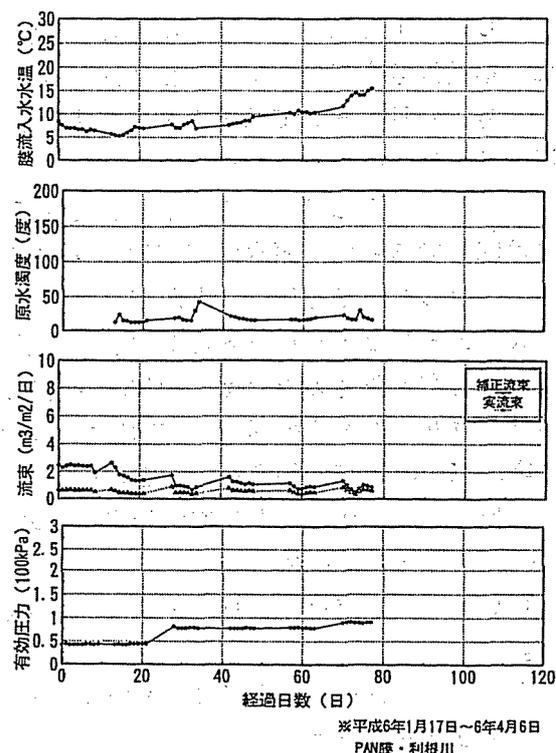


図-5 RUN-4における実験結果

※補正流束は100kPa, 25°Cにおける値

3-1 流束と運転の安定性

(1) 設定流束による運転の継続性 (RUN-1 及び RUN-2)

RUN-1では、実流束を $1.94\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ 、回収率94%に設定して実験を開始した。実流束の設定目標値は清澄な水源における値を鑑みて定めたが、4日後には実流束の設定目標値を下回った。46日目に薬品洗浄を行い、実流束の設定値を20%下げて $1.54\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ として運転を再開したが、13日間後には設定目標値を下回った。

RUN-2では、実流束を $0.72\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ 、回収率を74%として運転したところ、30日目以降より補正流束が減少せず横這いの状態となった。57日目に回収率を86%に上げて運転を行ったところ、補正流束の低下は見られなかった。70日目より補正流束が低下し、設定目標値を下回ったため、113日目に薬品洗浄が必要となった。

以上より、RUN-1では、実流束の設定目標値が、江戸川河川水においては高すぎる値であったと思われる。このため、著しい流束の低下及び有効圧力の上昇が生じ、設定目標値を下回り、不安定な運転となった。一方、RUN-2では、実流束をRUN-1の約 $1/2\sim 1/3$ に設定した結果、補正流束及び有効圧力は緩やかに推移し、113日間継続運転が可能であった。

RUN-2において安定した運転が長期間行えたのは、実流束の設定目標値を低くしたことが主な理由であると思われる。また、RUN-2はRUN-1よりも水温が約 10°C 高い時期であったため、水温の影響もあったと思われる。

江戸川及び利根川の河川水を用いた本実験では、CA膜の方が高い実流束値を維持した。今後は他の水系についても実験していく必要がある。

以上のことから、実流束を適切な値に設定することが維持管理面及び経済面においても重要であり、高く設定しすぎるとデメリットが多くなるとと思われる。

(2) 膜種による運転の継続性 (RUN-1、RUN-2及びRUN-3)

① 圧力の推移と運転継続性

RUN-1ではPAN膜を使用し、実流束値を $1.54\sim 1.94\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ 、回収率を91~94%とした。薬品洗浄までの運転継続日数は4~13日であった。

一方、RUN-2ではPAN膜を使用し、実流束を $0.72\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ 、回収率を74~86%とした。運転継続日数は113日であった。

RUN-3ではCA膜を使用し、実流束値を $2.1\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ 、回収率を92%とした。運転継続日数は98日であった。原水濁度が100度を越えた日が何日かあったが、実流束の設定目標値を維持し、安定した運転を行うことができた。

RUN-2とRUN-3とでは、有効圧力の値はほぼ同じであり、また同様に推移している。両者とも有効圧力の上昇は、約100kPaをこえると著しくなり、膜が閉塞し始めることから、膜のファウリング程度の影響は有効圧力によく反映しており、有効圧力の推移が同じになるように実流束等の運転条件を決めると、膜素材に関わらず運転継続日数がほぼ同じになると思われる。但し、流束が低いと生産水量当たりの動力費は高くなる。

② 膜の種類と流束の関係

RUN-1の流束はRUN-3より小さいにもかかわらず、運転継続日数がより短くなった。

また、RUN-2とRUN-3では、運転継続日数がほぼ同じであるが、実流束はRUN-3はRUN-2の約3倍であった。

これらの流束の違いは、主に膜素材の違いに起因し、水の透過性の違いであると思われる。

3-2 膜の断続運転について (RUN-4)

RUN-4は、実施設において予備系列を順次使用するものとし、予備となる系列は間欠運転となることを想定して行った。運転の制御は定圧にて行い、約1週間運転した後約1週間停止した。運転するに従って実流束値は低下するが、運転を停止することにより流束の回復がみられた。21日目までは有効圧力65kPaで運転したところ、実流束は約 $0.4\sim 0.6\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ であった。その後、100~110kPaまで上げて運転したところ、実流束は約 $0.4\sim 0.9\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ となった。

有効圧力の設定目標値が低いと実流束の急激な低下はなく、圧力を100kPa程度に上げて運転しても1週間程度では急激な流束の低下はみられないことがわかった。また、運転を数日間停止すると、実流束が回復する効果があることが確認できた。今後、膜が閉塞する時期のデータを得るために、より長期間実験する必要がある。

3-3 処理水水質について

RUN-1 (PAN膜) 及びRUN-3 (CA膜) における膜の除去率 (膜供給水に対する値) を図-6に示す。

図からわかるように、濁質、一般細菌は完全に除去された。その他、鉄やアルミニウムもほぼ100%除去された。しかし、低分子物質及び溶解性成分 (マンガン、アンモニア性窒素、過マンガン酸カリウム消費量、及びトリハロメタン生成能等) の除去率は低かった。

膜の種類によるろ過水水質の違いは明確にみられなかった。他の実験においても同じ傾向が認められた。

4. まとめ

膜を用いた浄水処理プロセスを検討するために、比較的水質性の低い水源（江戸川及び利根川）で2種類の限外ろ過膜（PAN膜及びCA膜）を用い、半年程度の運転を数パターン行った。その結果、以下のことがわかった。

①実流束を高く設定すると、維持管理面及び経済面においても得策ではない。

②ファウリングの程度は圧力の推移によく反映している。よって、圧力の推移と運転継続性とは関連がみられた。

③CA膜は、PAN膜と比較して実流束を約3倍高く設定（ $2.1\text{ m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ ）しても約100日間薬品洗浄をすることなく運転することができた。両者の流束値の差は、主に膜素材に起因する膜の透過性の違いによるものと考えられる。

④②と③より、膜ろ過設備の計画にあたっては、原水水質、及び用いる膜種の流束と圧力推移との関係を予測することが重要であり、適切な流束値を選定することにより安定した運転が可能となる。

⑤処理水水質については、濁度や細菌類などは完全に除去できたが、低分子物質や溶解性成分については、高い除去率は期待できない。

以上の実験結果より、本実験における膜を用いた浄水処理プロセスは、凝集剤等の薬品を使用しなくても長期間安定した運転を行うことができ、実用化の目処がついたといえる。本実験は、比較的水質性の低い水源において実施しており、より良質な水源においては、更により結果が得られる可能性があり、今後様々な水源において実験を行ってみたい。

現在は、本プロセスの実施設化にむけて、大型膜モジュールを用いた実証実験を行い、運転特性を検討中である。さらに、限外ろ過膜では除去できない低分子物質や溶解性成分の除去を目的として、ナノろ過膜を限外ろ過膜の後段に設置し実験を行っている。また、高度処理（オゾン・活性炭）と組み合わせたハイブリッドな浄水処理プロセスについても検討中である。

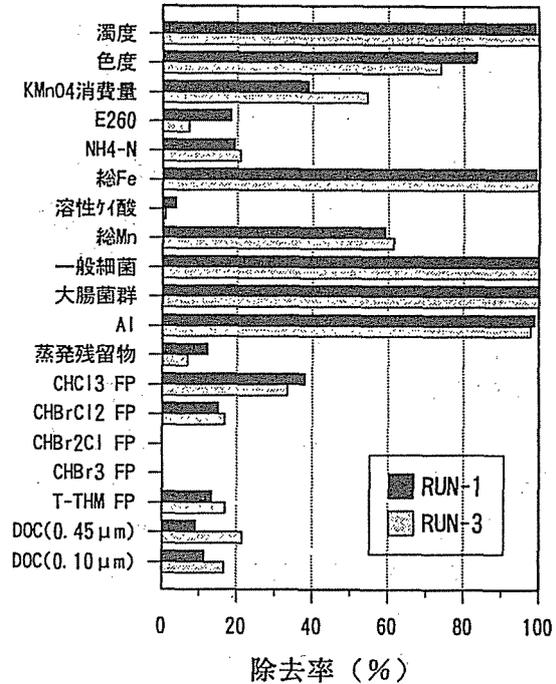


図-6 膜の除去率

(RUN-1: PAN膜, RUN-3: CA膜)