

UF 膜ろ過—活性炭吸着複合プロセスによる水道原水中の農薬の除去

岐阜大学流域環境研究センター 湯浅 晶
 岐阜大学工学部 松井佳彦
 岐阜大学流域環境研究センター ○澤井浩二
 名古屋市水道局 三品正行
 岐阜大学大学院 フレデリック コラ

1.はじめに

水道水源水質の悪化や一時的汚染により原水中に存在する多種多様な微量有機化合物の除去やフミン質などのバックグラウンド有機物の除去を目的として、粉末活性炭や粒状活性炭を用いた高度浄水処理が行われ始めている。また、従来の急速ろ過法に替わる固液分離プロセスとして、設備面積の省力化・自動化などの利点を持つ膜ろ過プロセスが浄水処理に導入され始めている。膜ろ過は、水中に含まれる不純物をサイズで分離する方法であり、除去対象を膜の分離孔径以上に限れば完全な分離が可能である。しかし、膜の分離孔径以下のサイズの溶解性有機物質を除去することは困難であるため、他の高度浄水処理プロセスと組み合わせる必要がある。

本研究では中空糸UF膜ろ過パイロットプラントにおいて、活性炭（粉末炭、粒状炭）吸着処理との複合プロセスを想定した実験を行い、水道原水中のバックグラウンド有機物及び、農薬（微量有機化合物）の除去性について検討した。

2.研究方法

使用した膜モジュールは、中空糸UF膜（内圧型、セルロース系、膜の公称孔径10nm、排除限界分子量100,000Dalton、膜面積7.2m²）である。原水タンクに貯留された原水はプレフィルター（目開き125μm）を通り、原水供給ポンプにより一定流量で圧送され、UF膜モジュールに流入して中空糸の内側から外側へ通る。ろ過工程時間60分毎にろ過を停止し、逆洗ポンプを用いて貯留した膜透過水による60～85秒の逆流洗浄を行った。

粉末活性炭として Chemviron TL 9003（石炭系の粉末活性炭で粒度調整し粒径100μmをカットしたもの、平均粒径15μm）を使用し、定量を秤量し蒸留水を用いて10g/Lの懸濁液を調整した。使用にあたって懸濁液をスターラー攪拌しながら所定注入率に相当する量を、膜ろ過装置の原水タンクに注入し攪拌接触を行った。

粒状活性炭カラムは、UF膜ろ過装置の後処理装置として設置した。使用した活性炭は Filtrasorb F400 で、膜透過水は膜透過タンクより一時的にリザーブタンクに貯水され各定量ポンプを用いて通水条件の異なる（空間速度 SV 3種類）活性炭カラムに下向流で通水した。

3.粉末活性炭吸着とUF膜ろ過プロセスによる有機物の除去性

(1) バックグラウンド有機物の除去性

表1に実験におけるバックグラウンド有機物の除去結果を示す。バックグラウンド有機物の指標としてDOC（溶存有機炭素）と紫外吸光度E260を測定した。活性炭を注入しない単独UF膜ろ過プロセスによるDOCとE260の除去率は14%および8%であるのに対して、粉末活性炭吸着を組み合わせたUF膜ろ過プロセスでは活性炭注入量が増加するにつれて除去率は増加し、活性炭注入量20mg/LではDOC、E260はそれぞれ除去率40%および50%程度まで増加した。したがって粉末活性炭を注入することにより、単独UF膜ろ過プロセスで従来法による浄水プロセスと同等のバックグラウンド有機物の除去が期待できる。

(2) 農薬の除去性

農薬の除去性を検討するために、シマジン（CAT）とクロロクロニル（TPN）を水溶液とし定量ポンプにより連続注入し実験を行った。実験結果を表2に示す。この時の水理的滞留時間は原水タンク内7.5分、循環ループ内1.5分、合計9分であった。

粉末活性炭注入率5mg/LでUF膜ろ過水のCAT濃度は検出限界（0.3μg/L）未満となった。TPNは粉末活性炭注入率2mg/Lで濃度として19.5μg/L、注入率5mg/Lで40μg/Lが除去された。よって、粉末活性炭をUF膜ろ過装置原水タンクに連続的に注入し攪拌を行った後UF膜ろ過を行うことにより供試した2種類

表1 粉末活性炭注入によるバックグラウンド有機物の除去

活性炭注入率 (mg/L)	DOC (mg/L)			E260 (1/cm)		
	原水	膜ろ過水	除去率 (%)	原水	膜ろ過水	除去率 (%)
0	1.46	1.26	13.9	0.031	0.028	8.0
2	1.28	1.05	18.0	0.030	0.025	18.9
5	1.51	1.00	33.8	0.032	0.023	28.6
10	1.38	0.93	32.6	0.031	0.021	32.9
20	1.37	0.78	43.1	0.030	0.014	51.2

表2 粉末活性炭注入UF膜ろ過による農薬の除去

活性炭注入率 (mg/L)	CAT (μg/L)			TPN (μg/L)		
	原水	膜ろ過水	除去率 (%)	原水	膜ろ過水	除去率 (%)
0	3.3	4.5	0.8	21.7	19.8	1.9
2	5.1	4.0	1.1	20.3	0.8	19.5
5	6.5	<0.3	>6.2	40.7	40.7	40.0
10	6.7	<0.3	>6.4	81.3	27.7	53.7

の農薬を除去できることが実証された。

4. 固定層粒状活性炭吸着とUF膜ろ過プロセスによる有機物の除去性

(1) バックグラウンド有機物の除去性

バックグラウンド有機物の指標としてE260をもちいて、空間速度SVの異なるカラム3種類の破過曲線を図1に示す。また、SVによる累積吸着量の違いを図2に示す。破過曲線に関して、通過水量を横軸にとり比較するとSV値の低い設定で除去効果が良いことが確認された。図2において、通過水量が50まではSVによる差はみられないがそれ以降は吸着量に差がみられた。これは、水温の上昇によって粒状活性炭が生物活性炭化したことが推測される。

流入するUF膜ろ過水のE260の値は0.004~0.038 (・/cm)の範囲で変動した。UF膜ろ過と粒状活性炭の複合プロセスにより、UF膜ろ過水中のバックグラウンド有機物を制御できることを確認した。

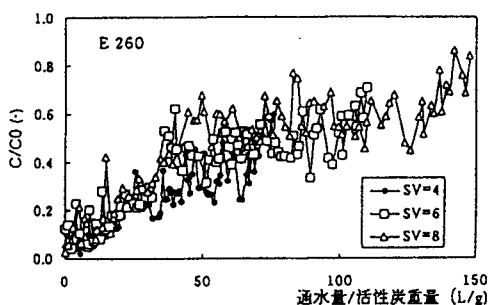


図1 SVの違いによる破過曲線

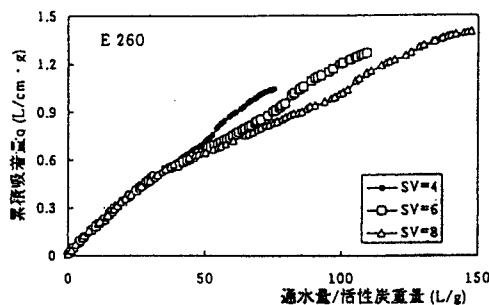


図2 SVの違いによる累積吸着量

(2) 農薬の除去性

一時的に水道原水中に混入する微量農薬の除去性を検討するために、粉末活性炭注入実験に使用した農薬をUF膜ろ過水に添加した実験で短時間(2hr)の各農薬の流出濃度(6検体の平均値)と除去率を、表3に表す。CATについてはSV3種類の条件のいずれも検出限界未満であり、バックグラウンド有機物の破過が進行した時点でも固定層処理水中で検出されない程の高い除去性が確認された。TPNについてはSVによる差異がみられ、薪炭時において除去可能な濃度としてはこの実験で設定した150 μg/L前後が水質基準値を満たす限界の濃度と思われるが、破過が進行した時点で除去率が高くなった。これについても生物活性炭の効果が見れていると考える。

表3 固定層粒状活性炭吸着とUF膜ろ過プロセスにおける農薬の除去

実験日	CAT (μg/L)			TPN (μg/L)					
	カラム流入水	No.1カラム	No.2カラム	No.3カラム	カラム流入水	No.1カラム	No.2カラム	No.3カラム	
11/10/95	4.1	N.D(100%)	N.D(100%)	N.D(100%)	160	38 (76.2%)	41 (74.4%)	49 (69.4%)	
4/16/96	3.0	N.D(100%)	N.D(100%)	N.D(100%)	160	20 (87.1%)	26 (83.6%)	28 (82.3%)	
6/25/96	18	N.D(100%)	N.D(100%)	N.D(100%)	210	3.9 (97.6%)	1.7 (99.2%)	1.4 (99.5%)	
8/30/96	88	N.D(100%)	N.D(100%)	N.D(100%)	160	2.5 (98.5%)	0.5 (99.7%)	1.2 (99.2%)	
11/6/96	9.8	N.D(100%)	N.D(100%)	N.D(100%)	150	1.9 (98.8%)	2.4 (98.4%)	5.2 (96.5%)	

*) () 中は除去率を示す

**) No.1カラム SV=4, No.2カラム SV=6, No.3カラム SV=8

(3) トリハロメタン生成能の除去性

表4にTHM生成能の除去を示す。

測定日によって若干の違いがあるものの、長期間にわたって除去できることが確認された。SVの低い設定でより高い除去ができた。

5. おわりに

本研究で、UF膜ろ過と活性炭吸着の複合プロセスによる水道原水中の微量有機物の除去を検討した。粉末活性炭を併用したUF膜ろ過プロセスでは、農薬の除去効率もバックグラウンド有機物よりも高く、その除去を目的とするような粉末活性炭注入量ではより高い効率で除去されと考えられる。

また、粒状活性炭との複合プロセスにおいては、バックグラウンド有機物の破過が進行した時点で、水道原水中に一時的に混入する微量農薬の高い除去性が確認された。

表4 固定層粒状活性炭によるトリハロメタンの除去

日付	総トリハロメタン生成能 (mg/L)				原水
	No.1カラム	No.2カラム	No.3カラム	UF処理水	
11/15/95	0.003	0.003	0.001	0.027	0.026
12/19/95	0.001	0.001	0.002	0.022	0.025
1/28/96	0.003	0.006	0.008	0.029	0.028
3/4/96	0.002	0.006	0.009	0.021	0.025
5/6/96	0.005	0.007	0.001	0.022	0.027
6/3/96	0.006	0.010	0.011	0.021	0.028
7/8/96	0.002	0.003	0.004	0.022	0.023
8/12/96	0.008	0.013	0	0.020	0.017