

## UF 막 여과 공정의 효과적인 전처리 공정으로 噴流攪拌固液分離槽 (Jet Mixed Separator: JMS) 도입 효과에 관한 연구

### A Study on Effect of Jet Mixed Separator Combination for Pre-treatment of Ultrafiltration Membrane Filtration Process

이상협<sup>1,\*</sup> · 장낙용<sup>2</sup> · 渡辺義公<sup>3</sup>

Lee, Sanghyup<sup>1,\*</sup> · Jang, Nakyong<sup>2</sup> · Yoshimasa Watanabe<sup>3</sup>

1 한국과학기술연구원 환경공정연구부 수질환경 및 복원연구센터

2 특허청 화학생명공학심사국 유전공학과

3 日本 國立北海道大學大學院 工學研究科 都市環境工學專攻 環境衛生工學講座

(2004년 10월 1일 논문 접수; 2004년 12월 21일 최종 수정논문 채택)

#### Abstract

In this research, we tried to combine the coagulation/sedimentation process as pre-treatment with UF membrane filtration to reduce the membrane fouling and to improve the permeate water quality. We used the Jet Mixed Separator (JMS) as coagulation/sedimentation process. We observed that the HPC and E.Coli can't be removed through the direct UF membrane filtration of surface water. The removal efficiency of dissolved organic substances, indicated by E260 and DOC, was 40% and 15%, respectively. However, the removal efficiency of it increased two time as a result of combination of JMS process as coagulation/sedimentation pre-treatment. This was resulted from the formation of high molecular humic micro-floc through JMS process. The accumulation amount of irreversible cake layer which was not removed by backwashing was less than direct UF membrane filtration of surface water. Moreover, the loading rate of fouling induced substances, such as humic substances and suspended substances, on membrane surface decreased drastically through JMS process. As a result, the accumulation amount of irreversible cake on membrane surface was decreased.

**Key words:** Jet Mixed Separator, Pre-treatment, UF, coagulation/sedimentation

**주제어:** 噴流攪拌固液分離槽, 전처리, 한외여과, 응집/침전

\*Corresponding author Tel : +82-2-958-6945, FAX : +82-2-958-5839, E-mail : yisanghyup@kist.re.kr (Lee, S.H.)

### 1. 서론

대도시의 인구 집중에 의한 수도 수원의 악화로 인해 기존의 급속여과 시스템에서는 충분한 대응이 불가능한 맛·냄새 유발 물질, 농약, THM 전구물질 등의 문제가 심각하다(技報堂出版, 1992; Stevens 1989). 이와 같은 물질에 대응하기 위하여 생물접촉 산화, 오존산화 및 활성탄 흡착 등의 공정을 추가한 고도정수프로세스가 도입되기 시작하였다(Cipparone, 1997; LeChevallier et al., 1992; Rice et al., 1981). 그러나 고도정수프로세스의 건설에 따른 부지면적의 증가, 제조 단가 상승 등의 문제가 발생된다. 특히 1990년대 들어서서 병원균에 의한 수인성 전염병의 발생이 주요 문제로 발생하고 있다(Jacangelo et al., 1997). 1993년 미국의 밀워키시에서 수도수로 인한 집단 감염이 발생하였고 그 원인이 *Cryptosporidium*에 의한 것임이 알려지게 되었다. *Cryptosporidium*은 염소 소독에 대하여 매우 강한 내성을 가지고 있으며 염소보다 높은 산화력의 오존에 의해 불활성화되지만 아직 명확한 CT값이 발견되고 있지 않다. 이로 인해 이웃 일본에서는 *Cryptosporidium*에 의해 오염 위험이 있는 수원을 사용하는 정수장에서는 여과 처리수 탁도를 0.1도 이하로 유지하는 방안을 추진하고 있다(厚生省生活衛生局水道環境部, 1996). 이와 같은 배경 아래, 높은 신뢰성의 고액 분리 특성, 설치 공간의 절약, 유지관리의 용이함 그리고 설비의 높은 신뢰성 확보 등의 배경 아래 정밀여과(Microfiltration: MF)막, 한외여과(Ultrafiltration: UF)막, 나노여과(Nanofiltration: NF) 그리고 역삼투막(Reverseosmosis: RO)막 등을 사용한 막여과 공정이 새로운 정수 기술로써 주목을 받게 되었다(Wetterau et al., 1996; Chellam et al., 1997; AWWA, 1998). 막여과 정수 기술은 유지관리의 용이함, 응집제 소요량 감소, 전염소약품사용량의 감소, 후염소 약품 사용량의 삭감에 의한 THM 전구물질의 억제 그리고 원충의 효과적인 제거 등의 장점에도 불구하고 용해 성분에 대한 대응 미흡, 막 파울링에 대한 대응의 어려움 그리고 낮은 경제적 타당성 등의 문제로 현재까지 정수기술의 중심으로 자리 잡고 있지 못하다. 따라서 막여과 공정의 발전을 위해서는 막세공경 이하의 용존 성분에 대한 대응, 막파

울링 억제를 통한 장기간 안정적 운전이 가능한 방안이 강구되어야 한다. 본 연구에서는 한외여과막 여과 공정을 정수처리 공정으로서 사용하는 경우, 오염 물질에 의해 발생하는 막 파울링 억제와 용해성 성분의 제거 효율 향상을 위하여 한외여과에서 현탁 성분, 용해성 유기성분 제거 메커니즘을 관찰하고 또한 응집침전처리를 한외여과 전처리로써 사용하여 처리수 수질과 막여과 운전특성을 파악하여 그 효과를 평가하고자 한다. 본 연구의 또 하나의 특징으로 저비용-저에너지 입자분리기술로 공간 절약, 에너지 절감 효과가 우수한 특성으로 제안된(Watanabe et al., 1998) 噴流攪拌固液分離槽(Jet Mixed Separator: JMS)를 응집/침전공정으로 사용하였다.

### 2. 실험 장치 및 방법

#### 2.1. 噴流攪拌固液分離槽(Jet Mixed Separator: JMS)

噴流攪拌固液分離槽는 공간 절약, 에너지 절감 효과를 목적으로 하여 교반 동력을 전혀 필요로 하지 않는 효율적인 분리 장치로서 고안되었다(Watanabe et al., 1998). JMS 장치 개요를 Fig. 1에 나타내었다. JMS는 전단의 다공판부와 후단의 경사관침전부로 구성되어 있다. 다공판부에는 처리수 흐름방향에 수직으로 4장의 다공판과 1장의 정류판이 설치되어 있다. 다공판에는 1장 교대로 좌, 우로 구멍이 제작되어 있다. 다공판의 좌우 교대로 제작되어 있는 구멍에 의

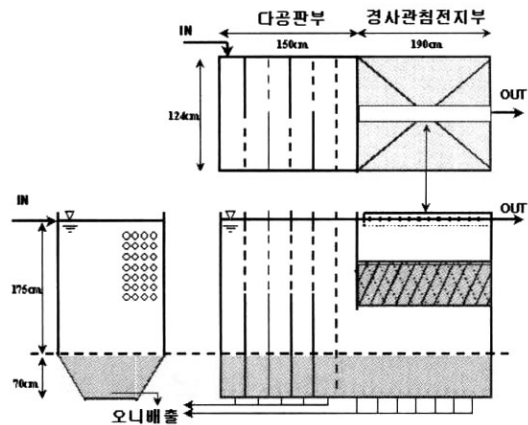


Fig. 1. 噴流攪拌固液分離槽(Jet Mixed Separator: JMS) 개요.

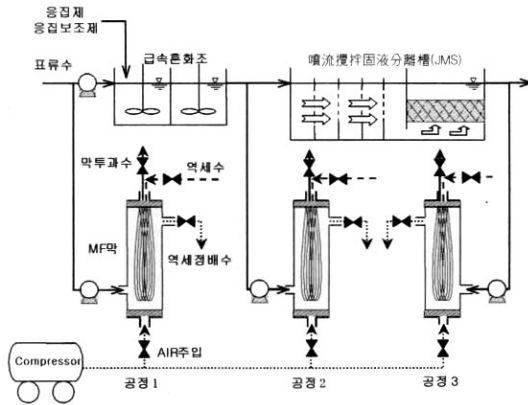


Fig. 2. 막여과 연속 실험 장치.

해 다공판부내에서 처리수는 좌우로 蛇流 형태의 흐름을 형성하게 된다. 다공판부에서는 처리수가 통과할 때 발생하는 噴流攪拌에 의해 플록이 형성되고 후단의 다공판부 정도의 개구부 면적을 크게 함으로써 분류속도가 감소되고 교반 강도를 저하시킴으로서 점감 플록형성이 발생된다. 또한 다공판부에서는 噴流攪拌에 의한 플록형성과 침강 가능한 크기까지 성장한 플록의 침전이 발생된다. 경사관침전지부에서는 다공판부에서 플록 형성과 플록의 침전이 이루어진 처리수의 상향류식 경사관침전에 의해 본격적인 침전이 발생된다. JMS 다공판부에서 현탁성분 부하를 경감시키기 때문에 경사관부에서 안정된 침전처리가 발생된다. JMS의 전체 용량은 9.0m<sup>3</sup>이고 오니저류부·경사관상부공간을 제외하면 5.6m<sup>3</sup>이다. 처리수량이 132m<sup>3</sup>/day인 경우, JMS 체류시간은 98분(단 다공판부의 체류시간은 36분)이다. 이와 같은 특성의 JMS는 플록 형성에 소요되는 에너지 손실이 작고 다공판부에서 플록 형성이 발생하면서도 침강성을 가진 플록의 침전이 발생되기 때문에 경사관 침전지에 대한 현탁 부하를 경감시킬 수 있고 안정적인 침전처리가 가능한 특징을 가지고 있다.

## 2.2. 한외여과막 연속 여과 실험장치

표류수와 함께 급속혼화처리수와 응집침전처리수를 한외여과막 연속 여과 실험 대상 원수로 사용하였으며 실험 장치는 3계열로 구성하여 원수, 급속혼화처리수 그리고 응집침전처리수를 대상으로 동시에 운전을 행하였다. 실험 장치 개요는 Fig. 2에 나타내었다.

다.

대상유입원수는 각각 원수 탱크에 저류된 후, 막공급 펌프에 의해 일정 유량 또는 일정 조작압력으로 막모듈로 유입되어 막의 외측으로부터 내측으로 여과를 행하였다. 여과 단계 후, 가압된 막투과수 일부를 사용하여 일정 시간 간격으로 역세정을 공기세정과 병행하여 물리세정 공정으로 적용하였다. 상세 운전 조건을 Table 1에 나타내었다.

막은 공칭공경 0.01 $\mu$ m의 PAN 재질의 외압식 증공계 한외여과막을 사용하였고 그 상세 사양은 Table 2에 나타내었다.

## 2.3. 수질 측정 항목

주기적으로 시료를 채취하여 시료 분석을 행하였다. 일반세균 및 대장균군 측정을 포함한 모든 분석은 standard methods 공정 시험법에 의하여 수행하였다. 온도와 pH는 pH meter(TOA HM-14P), 탁도는 탁도계(Mitsubishi chemical SEP-PT-706D), UV260 Abs.는 spectrophotometer(Hitachi U-2000A), TOC와 DOC는 TOC analyzer(Shimadzu TOC-5000A) 그리고 무기성분(Fe, Al, Mn, Si)은 spectrophotometer(Shimadzu ICPS-7500)를 사용하여 기기분석을 행하였다. 응집처리와 한외여과에 있어 용해성 유기성분의 변화를 조사하기 위하여 고속액체크로마토그래피(HPLC)를 사용하여 분자량분포를 측정하였다. 측정 방법을 standard method에 준하여 측정하였다.

## 3. 실험 결과 및 고찰

응집 또는 응집침전 공정의 전처리 적용이 한외여과막 여과 운전성과 막투과수 수질에 미치는 영향을 관찰하기 위하여 휴믹 성분을 주체로 한 유기색도성분 또는 현탁성분을 다량 함유하고 있는 표류수를 실험 원수로 사용하여 장기간 한외여과 운전을 행하였다.

### 3.1. 급속혼화전처리, 응집침전전처리에 의한 처리 특성 평가

#### 3.1.1. 현탁 성분에 의한 평가

##### 3.1.1.1. 탁도 성분에 의한 평가

공정 1, 공정 2 그리고 공정 3의 각 실험 기간 동안

Table 1. 상세 운전조건

실험계열		공정 1			
		공정 1-1	공정 1-2	공정 1-3	
운전기간 (4개월)	사용원수	표류수	급속혼화수	응집침전처리수	
	응집조건	응집제 종류	-	황산알루미늄	
		응집보조제	-	활성규소 (1.5mg-Si/L)	
		주입량	-	10 mg-Al/L	
		설정pH	-	7.0	
	막 여과	여과 방식	정유량 전량 여과		
		투과수 유속	0.9m/day		
물리세정	압력	200kPa			
	주기	1시간 여과 후 1회(60초간 수세역세 + 60초간 공기세정)			
실험계열		공정 2			
		공정 2-1	공정 2-2	공정 2-3	
운전기간 (5개월)	사용원수	표류수	급속혼화수	응집침전처리수	
	응집조건	응집제 종류	-	PAC	
		주입량	-	5mg-Al/L	
		설정pH	-	6.5	
	막 여과	여과 방식	정유량 전량 여과		
		투과수 유속	0.9 m/day		
	물리세정	압력	200 kPa		
주기		0.5시간 여과 후 1회(30초간 수세역세 + 30초간 공기세정)	1시간 여과 후 1회(60초간 수세역세 + 60초간 공기세정)		
실험계열		공정 3			
		공정 3-1	공정 3-2	공정 3-3	
운전기간 (7개월)	사용원수	표류수	급속혼화수	응집침전처리수	
	응집 조건	응집제 종류	-	PAC	
		주입량	-	10mg-Al/L	
		설정pH	-	7.0	
	막 여과	여과 방식	정압 전량 여과		
		투과수 유속	50kPa		
	물리 세정	압력	200kPa		
주기		0.5시간 여과 후 1회(30초간 수세역세 + 30초간 공기세정)			

Table 2. 막 세부 사양

막재질	PAN
공칭공경	0.01 $\mu$ m(분획분자량 약 10만)
유효막면적	12 $m^2$
막모듈길이	1,078mm
막모듈외경	114mm
여과방식	외압여과방식

강표류수, 급속혼화수 그리고 응집침전처리수의 탁도와 수온 또한 공정 1-3, 공정 2-3, 공정 3-3의 막투과수 탁도의 시간 경과에 따른 변화를 각각 Fig. 3, Fig. 4, Fig. 5에 나타내었다.

그림에서 알 수 있듯이, 본 실험에서 사용한 강 표류수에 최적의 응집제를 주입하고 급속교반을 행한 후의 탁도는 표류수 원수 탁도와 함께 변화되었지만 모두 실험 기간 중에도 강 표류수 탁도 보다는 약간 증가하는 경향을 보였다. 이것은 탁도 성분으로서 검출되지 않았던 용해성 유기성분과 용해성 무기성분의 일부가 응집에 의한 현탁 성분으로 검출되기 때문으로 생각된다. 그러나 응집침전 처리 후의 탁도는 강 표류수와 급속혼화수의 영향을 거의 받지 않고 평균 1도 이하(공정 1:0.94도, 공정 2:0.89도, 공정 3:0.55도)가 관찰되어 JMS의 효과적인 고액분리효율을 관

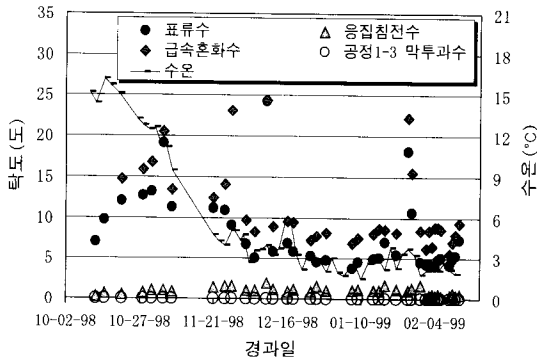


Fig. 3. 공정 1에서의 원수 및 막투과수 탁도 및 원수 수온 변화.

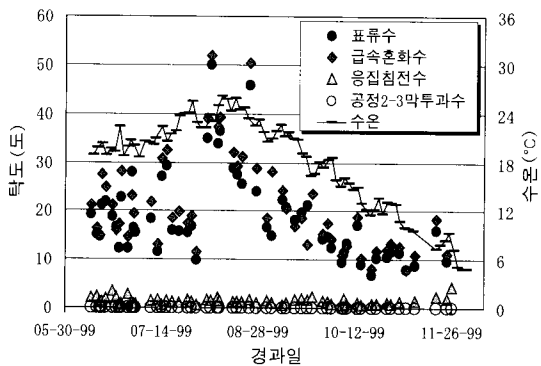


Fig. 4. 공정 2에서의 원수 및 막투과수 탁도 및 원수 수온 변화.

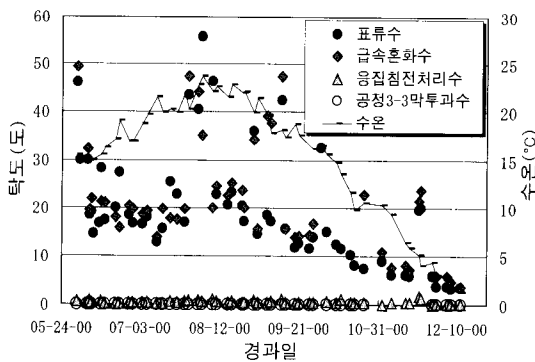


Fig. 5. 공정 3에서의 원수 및 막투과수 탁도 및 원수 수온 변화.

찰할 수 있었다. 한외여과막 투과수의 탁도는 Fig. 3 으로부터 Fig. 5에 나타난 것과 같이 공정에 관계없이 0.1도 이하의 결과로부터 한외 여과막에 의해 현탁성분의 대부분은 제거될 수 있음을 관찰할 수 있었다.

### 3.1.1.2. 일반세균과 대장균군수에 의한 평가

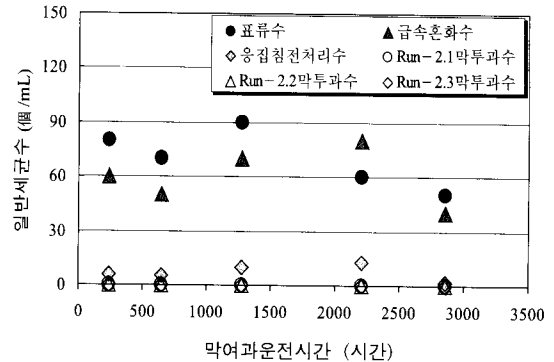


Fig. 6. 공정 2에서 원수 및 막투과수내 일반세균수 변화.

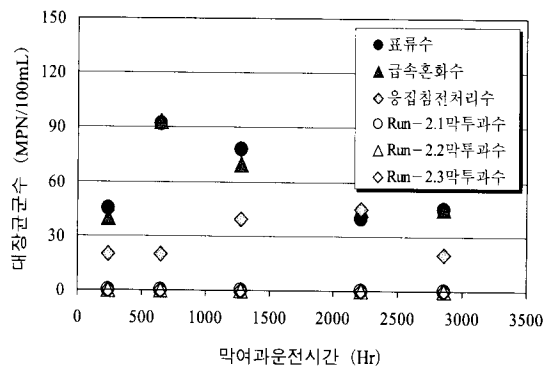


Fig. 7. 공정 2에서 원수 및 막투과수내 대장균군수 변화.

공정-2에서의 표류수, 급속혼화수, 응집침전처리수 및 각 계열에서의 막투과수중의 일반세균을 Fig. 6에 대장균군수를 Fig. 7에 나타내었다. 강표류수 중의 일반세균군수가 50~90개/ml가 관찰된 반면, 응집침전처리수중에서는 2~13개/ml, 투과수 중에서는 모두 관찰되지 않았다. 또한, 대장균군수에 있어서도 표류수 변화에 관계없이 막투과수중에서는 검출되지 않았다. 이로부터 일반세균과 대장균의 균류는 한외 여과막에 의해 완전히 제거될 수 있음을 관찰하였다.

### 3.1.2. 유기성분에 의한 평가

#### 3.1.2.1. E260 성분에 의한 평가

공정 1, 2, 3의 실험기간 중의 표류수 E260 변화를 Fig. 8에 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이 계절적 변동이 심했으며 특히 여름철에는 유기성분의 농도가 급격히 증가하였다. 공정 1, 2, 3에 있어 응집, 응집-침전 및 막에 의한 E260 제거 효율 결과를 Fig. 9에 나타내었다. 동일한 표류수를 원수로 정밀여과, 한외

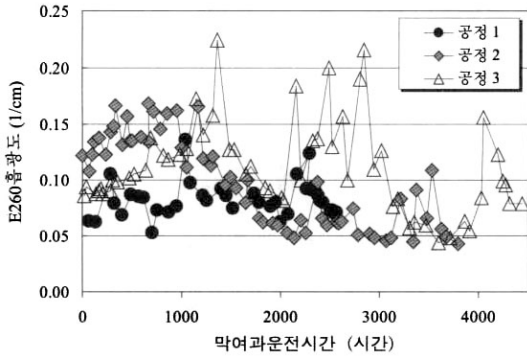


Fig. 8. 공정 1, 2, 3에서 각 실험 기간중 표류수 E260 변화.

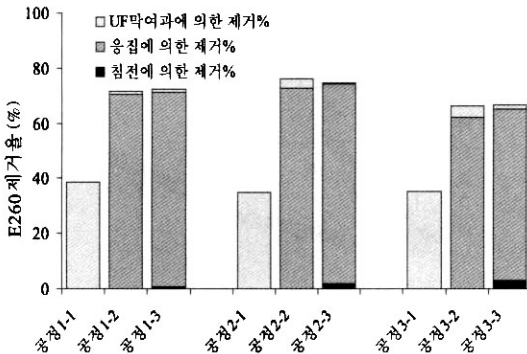


Fig. 9. 공정 1, 2, 3에서 응집, 응집침전 및 막에 의한 E260 평균 제거율.

여과에 의한 장기간 운전결과, E260 제거율 모두 약 35% 전후라고 보고하고 있다(卞如林等, 1998). Fig. 9에 나타난 바와 같이 표류수를 직접 한외여과 한 경우에는 E260 제거율이 약 35~38%였다. 급속혼화수 또는 응집침전처리수의 경우(공정-1,2, 공정-1,3, 공정 2-2, 공정 2-3, 공정 3-2, 공정 3-3)에는 계열에 따라 약간의 차이가 있었지만 66.3~76.2%의 제거율이 관찰되었다. 그러나 한외여과막에 의한 제거율과 침전에 의한 제거율은 모두 5% 이하의 결과로부터 총 제거율의 대부분은 응집에 의해 제거된 것을 알 수 있었다. Fig. 10에 용해성 E260 값을 고속액체크로마토그래피에 의한 휴믹성분의 분자량 측정 결과를 나타내었다. Fig. 10의 결과로부터 실험에 사용된 표류수 중의 휴믹성분은 겔보기 분자량 6,000Da 이상 1,000~3,000Da 및 500Da 이하 범위로 분포하였으며 그 가운데 6,000Da 이상의 휴믹 성분은 한외여과막 단독 여과에 의해 완전히 제거될 수 있지만 3,000Da

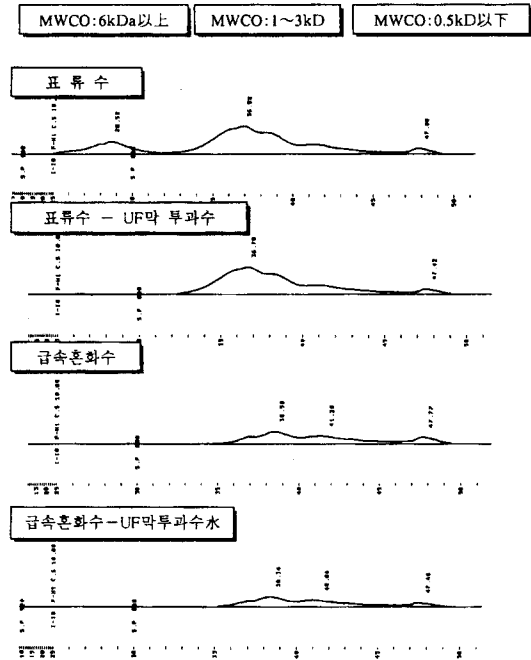


Fig. 10. 고속액체크로마토그래피에 의한 휴믹성분 분자량 분포측정결과(지표: E260)

이하의 휴믹 성분은 거의 제거되지 않는 것을 관찰할 수 있었다. 한편, 급속 혼화수에서의 휴믹 성분의 분자량 분포를 관찰해 보면 급속혼화수공정에서 분자량이 큰 휴믹 성분이 우선적으로 제거되기 때문에 겔보기 분자량 6,000Da 이상의 휴믹 성분은 완전히 제거됨과 동시에, 한외여과막 분리 한계인 3,000Da 및 2,000Da 부근의 휴믹 성분도 일부 제거되었다. 따라서 표류수를 직접 한외 여과한 경우의 E260 성분의 제거율에 비하여 급속 혼화수 또는 응집침전처리수를 한외 여과한 경우의 제거율이 향상되는 것은 한외여과막 분리 한계 이하의 E260 성분의 일부가 급속혼화수공정에서 생성된 플록에 흡착·부착되어 침전에 의해 제거되는 것으로 생각된다. 또한, 급속 혼화수 및 응집침전처리수에는 한외여과막 분리 한계 이상의 E260 성분이 존재하지 않기 때문에, 한외 여과막에 의한 저분자 영역의 E260 성분의 제거가 거의 이루어지지 않는 것도 관찰할 수 있었다.

### 3.1.2.2. DOC에 의한 평가

Fig. 11에 실험 기간 중에 공정 1, 2, 3에 있어 표류수의 DOC 변화를 나타내었다. 결과로부터 알 수

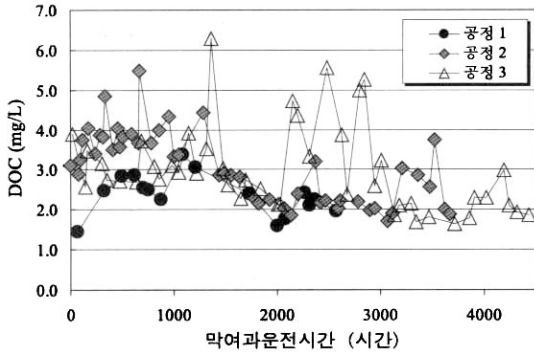


Fig. 11. 공정 1, 2, 3의 운전 기간 중 표류수 DOC 변화.

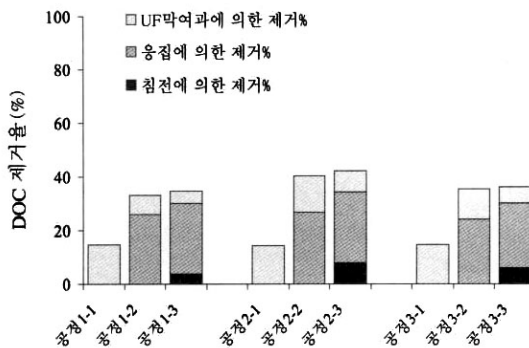


Fig. 12. 공정 1, 공정 2, 공정 3에서의 공정별 DOC 평균 제거율.

있듯이 E260의 변화 경향과 유사한 점을 관찰할 수 있었다. Fig. 12에 공정 1, 2, 3에서 응집, 응집침전 및 막투과수에 의한 DOC 평균 제거율을 나타내었다.

Fig. 12의 결과로부터 표류수를 직접 여과한 공정 1-1, 공정 1-2 및 공정 3-1 모두 DOC 제거율은 15% 이하의 낮은 결과가 관찰되었다. 하천수의 한외여과에 의한 TOC 제거율은 15% 이하라고 보고하고 있다(Yu-Jung Chang et al., 1998). 공정 1-2, 공정 2-2 및 공정 3-2의 각각의 평균 DOC 제거율은 33%, 40%, 35%였다. 또한 응집침전처리수를 한외여과 한 공정 1-3, 2-3, 3-3의 평균 DOC 제거율은 35%, 42%, 36%이고 한외여과막 여과와 전응집/침전처리공정을 조합함으로써 DOC 제거율은 표류수를 직접 여과한 경우에 비하여 약 2배 이상 향상된다는 것을 관찰할 수 있었다. 공정 1-3, 2-3 및 3-3의 평균 DOC 제거율이 공정 1-2, 2-2, 3-2에 보다 1~2% 정도 증가되

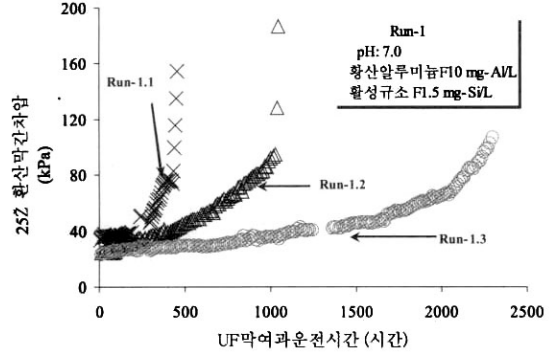


Fig. 13. 공정 1에서의 각 계열별 막간차압 변화.

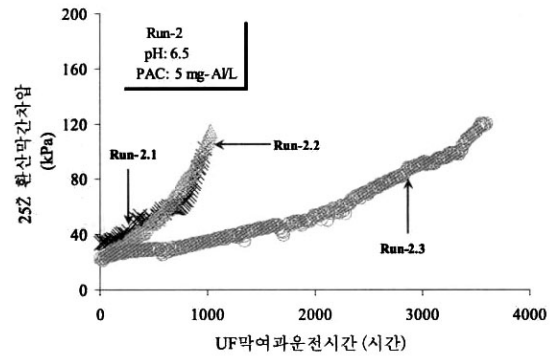


Fig. 14. 공정 2에서의 각 계열별 막간차압 변화.

었고 이것은 E260과 유사한 결과이며 두 항목 사이에 현저한 차이는 관찰되지 않았다. 한편 급속 혼화수 또는 응집침전처리수를 한외여과막 여과를 한 경우, 급속혼화공정에서의 DOC 제거율은 24~27%였으며 E260 제거율(62.0~72.2%)보다 낮은 결과이다. 이것은 급속혼화공정에서 TOC 또는 DOC보다 E260 성분이 우선적으로 제거되기 때문으로 생각된다. 앞서 서술한 바와 같이 E260 성분의 대부분은 급속혼화공정 단계에서 제거되고, 침전공정과 한외여과막 여과 단계에서는 거의 제거되지 않지만, DOC 결과에서는 침전공정에 의해 4~8% 또는 한외여과막 여과 공정에 의해서도 5~14% 제거율 향상이 관찰되었다. 이처럼 E260과 DOC의 결과 다른 경향을 보이는 것은 고분자량이지만 급속혼화공정에 의해 분리되는 다당류 등과 같은 E260 비발현성분에 의해 발생된 것으로 생각된다(丹保憲仁等, 1993).

3.2. 전응집/침전처리에 의한 막 파울링 억제효과

3.2.1. 정유량 전량 한외여과에 있어 막간차압 변화

공정 1, 공정 2 각 계열별 막간차압 변화를 Fig. 13 및 Fig. 14에 나타내었다.

Fig. 13의 결과 가운데 공정 1-1의 결과로부터 한외여과막 여과를 가동하고부터 약 300시간까지는 압력이 서서히 증가하였지만 그 후 급격하게 상승하였다. 공정 1-2에서는 막간차압의 상승이 공정 1-1에 비하여 비교적 완만하였지만 1,000시간 부근에서 급격하게 증가하였다. 이에 반해, 공정 1-3의 경우, 운전 개시부터 1,700시간까지의 막간차압 상승은 가장 완만하였지만 그 후 증가 속도가 증가하였으나 공정 1-1 및 공정 1-2에 비하여 상당히 안정한 운전이 가능한 것을 관찰할 수 있었다. 한편, Fig. 14의 공정 2-1과 공정 2-2의 결과로부터 운전개시 600시간까지는 공정 2-1보다 공정 2-2의 막간차압 상승이 현저하게 완만하였지만 그 후 경향은 반대였다. Fig. 13에서는 공정 1-1과 공정 1-2 사이에 명확한 차이가 관찰된 반면 Fig. 14의 공정 2-1과 공정 2-2에서는 전응집에 의한 효과가 명확히 관찰되지 않았다. 그러나 공정 2-3의 막간차압의 변화 결과로부터 물리세정시간간격을 공정 2-1과 공정 2-2보다 2배 이상 길게 하였음에도 불구하고 막간차압 상승은 완만하였다.

3.2.2. 정압 전량 한외여과막에서의 막투과 유속 변화

공정 3의 공정 3-1과 공정 3-3의 막투과 유속 변화를 Fig. 15에 나타내었다.

결과로부터 두 공정 모두 여과 초기 단계에서는 시간 경과와 함께 막투과 유속의 급격한 저하가 관찰되었지만 최종적으로 거의 감소하지 않는 경향이 관찰되었다. 공정 3-1의 경우, 여과 개시 직후, 투과수 유속은 약 1.2 m/day였지만 시간이 경과됨에 따라 감소하였고 약 1,500시간 부근에서는 약 0.3 m/day까지 감소하였다. 한편, 공정 3-3에서는 운전 개시 직후의 투과수 유속이 2.3 m/day에서 가장 높았으며 감소되는 경향이 완만하였다. 그러나 3,000시간 이후 최종적인 막투과유속은 공정 3-1과 동일한 정도였다.

결 론

한외여과막 여과 공정의 파울링 억제와 투과수 수

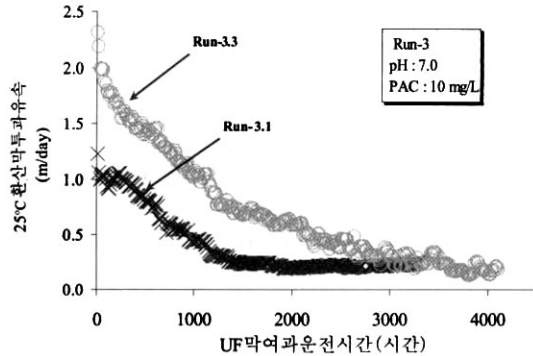


Fig. 15. 공정 3-1과 공정 3-3에서의 막투과 유속 변화.

질 향상을 목적으로 전응집침전처리 공정으로 噴流攪拌固液分離槽(JMS)와 조합하여 연속 한외여과막 여과 공정을 수행한 결과 다음과 같은 결과를 관찰할 수 있었다.

1) 표류수를 직접 한외여과막 여과를 수행한 경우, 일반 세균과 대장균군은 제거 되는 것이 관찰되었다. 그렇지만 E260 또는 DOC를 지표로 사용한 용해성 유기성분은 각각 40%와 15% 이하로 낮은 제거율을 관찰하였다. 그러나 JMS에 의한 응집침전 공정을 한외여과막 여과 공정의 전처리로 적용함으로써 E260과 DOC 제거율은 표류수를 직접 여과 한 경우에 비해 약 2배 이상 증가하였다.

2) 응집에 의해 고분자 휴믹 성분 가운데 용해 성분의 조대 플록 생성(micro floc formation)이 발생하고, 이 처리수를 여과한 경우, 물리세정공정에서 제거되지 않았던 비가역 케이크 층의 축적은 표류수를 직접 여과한 경우에 비하여 감소되는 것으로 생각된다.

3) 고분자 휴믹 성분의 조대 플록 생성 현상과 현탁 성분이 응집침전에 의하여 제거되어, 막에 대한 부하가 대폭적으로 감소되는 것으로 생각된다. 이로 인해, 응집침전 처리수를 한외여과막 여과를 행한 경우, 비가역 케이크 층의 축적이 감소되고 비가역 케이크층의 저항은 표류수 또는 급속혼화수를 한외 여과막 여과한 경우에 비하여 감소되는 것으로 생각된다.

참고문헌

A.A. Stevens., L.A. Moore and R.J. Miltner. (1989) Formation



- and control of Non-Trihalomethane Disinfection By-products. *JAWWA*. **81**(8). pp.54-60.
- AWWA membrane technology research committee. Committee Report: Membrane Processes. (1998) *JAWWA*. **90**(6), pp.91-105.
- G.E. Wetterau., M.M. Clark and C. Anselme. (1996) A dynamic model for predicting fouling effects during the ultrafiltration of a groundwater. *J. Membrane Sci.* **109**, pp. 84-97.
- J.G. Jacangelo., S.S. Adham and J.M. Laine. (1997. 9) Mechanism of Cryptosporidium, Giardia and MS2 virus removal by MF and UF. *JAWWA*. pp. 107-121.
- L.A. Cipparone., A.C. Diehl and G.E. Speitel Jr. (1997) Ozonation and BDOC removal: effects on water quality. *JAWWA*. **89**(2). pp 84-97.
- M.W. LeChevallier., W.C. Backer., P. Schorr and R.G. Lee. (1992. 4) Evaluating the performance of Biologically Active Rapid Filters. *JAWWA*. pp. 136-146.
- R.G. Rice., C.M. Robson., G.W. Miller and A.G. Hill. (1981. 2) Uses of ozone in drinking water treatment. *JAWWA*. pp. 44-57.
- S. Chellam., J.G. Jacangelo., T.P. Bonacquisti and B.A. Schauer. (1997) Effects of pretreatment on surface water nanofiltration. *JAWWA*. **89**(10), pp.77-89.
- Yoshimasa Watanabe, Shinsuke Kasahara and Yoshihiko Iwasaki. (1998) Enhanced flocculation/sedimentation process by a jet mixed separator. *Water Science and Technology*. **37**(10), pp. 55-67.
- Yu-Jung Chang., Kwang-Ho Choo., Makr. M. Benjamin and Steve Reiber. (1998) Combined adsorption-UF process increase TOC removal. *JAWWA*. **90**(5). pp. 90-102.
- 丹保憲仁, 龜井 翼. (1993) 水處理における處理性評 マトリックス. 水道協會雜誌. 第62卷. 第9號. pp. 28-40.
- 下如林. (1998) 河川水のUF膜ろ過に関する研究. 北海道大學博士論文. pp. 24-42.
- 佐藤敦久. (1992) 水處理(その新しい展開)技報堂出版. pp. 27-84.
- 厚生省生活衛生局水道環境部. (1996) クリプトスポリジウ暫定対策指針. pp. 1-36.