

정수처리시설에서 막공정 도입시 침전공정생략 가능성에 관한 연구

A Study on Possibility of Sedimentation Basin Omission After Installed Membrane System in Drinking Water Treatment

김형선¹ · 조춘구^{1,*} · 홍성호¹ · 김성진¹ · 이길숙²

Kim, Hyung-Sun¹ · Zhoh, Choon-Koo^{1,*} · Hong, Seong-Ho¹ · Kim, Sung-Jin¹ · Lee, Kil-Sook²

1 숭실대학교 환경·화학공학과
2 (주)대우

(2006년 4월 7일 논문 접수; 2006년 6월 12일 최종 수정논문 채택)

Abstract

The objective of this study was to evaluate the possibility of sedimentation basin omission when installed hybrid membrane filtration process in the field plant with the capacity of 500m³/day for 11 months in the "G". water purification plant in Seoul. In order to evaluate the possibility of the sedimentation basin omission, we measured the change of DOC by coagulant dosage. Dosage of PAC(power activated carbon) 4mg/L and coagulant(Al₂O₃ 10%) 1.67mg/L were compatible to meet the water quality. Also according to the experiment without settlement process, optimization G values were determined to be 300/s, 64/s, and 32/s at the mixing tank, the first flocculator and the second flocculator, respectively. The test was performed under the conditions PAC-coagulation-no settlement-MF. As a result, a dosage of 4.0mg/L as PAC and 0.86 to 1.22mg/L as Al₂O₃(10%) in the condition of flux of 62.5LMH were determined to keep TMP value less than 1.0kg/cm².

Key words: PAC, MF, UF, DOC, sedimentation basin, coagulant

주제어: 분말활성탄, 정밀여과, 한외여과, 용존유기물질, 침전조, 응집제

1. 서 론

최근, 맛·냄새물질과 크립토스포디움과 같은 병원성 미생물의 제거에 한계가 있는 기존 정수처리 공정(혼화·응집·침전·모래여과·염소소독)으로 는 시민들의 수돗물에 대한 불신을 해소하고 신뢰성

확보가 어려우므로 고도정수처리 공정에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 고도정수처리 공정의 한 분야인 정밀여과(MF, microfiltration)와 한외여과(UF, ultrafiltration)를 이용한 막여과 기술은 확실한 수질 안전성의 확보·자동화 운전의 가능·기존 정수장부지의 확장 없이 오존이나 입상활성탄 공정의 도입 가능 등으로 주목을 받고 있다.

*Corresponding author Tel: +82-2-820-0617, FAX: +82-2-812-5378, E-mail: ckzhoh@ssu.ac.kr (Zhoh, C.K.)

특히, 막여과 공정중에서 정밀여과와 한외여과는 막의 공경보다 큰 물질을 배제하기 때문에 입자상 물질, 콜로이드, 거대분자의 유기물 제거에 이용되고 있다. 정밀여과 공정은 상대적으로 낮은 압력에서 운전이 가능하고, 높은 투과유량으로 중·대규모 정수장의 적용에 많이 이용되고 있다. 그러나 이러한 막여과 공정도 수중에 존재하는 저분자 유기물질, 암모니아, 철, 망간 등의 용존성 물질 등의 제거에 한계가 있다. 그러므로 입자상 물질과 용존성 물질이 막 표면에 침적하여 물의 흐름을 방해함으로써 여과저항을 급격히 증가시키고 운전압력이 높아져 잦은 역세척으로 정수생산 효율이 저하되는 현상이 발생할 수 있다 (Delgrange 등, 1998). 이러한 막여과 공정에서 막오염(fouling)에 대한 근본적인 문제를 해결하기 위해서 국내에서 최근 연구가 활발히 진행되고 있다. 정밀여과 방식 중 저압 막여과 공정에 대한 막오염을 최소화하기 위한 방법에는 응집공정을 통하여 막여과 공정에서 가장 문제시 되는 유기물질을 막여과 공정 전에 제거함으로써 막오염 현상을 최소화하고 막공정의 효율을 증대하고자 하는 것이다.

막여과 조합공정 설계에서 전처리 과정은 혼화-응집-침전 후 막여과 공정에 유입시키는 경우와 혼화-In-line 응집 후 막여과 공정에 유입하는 방법으로 나눌 수 있다. 후자의 경우는 침전 공정이 생략되기 때문에 정수장 부지와 건설 경비를 획기적으로 축소할 수 있는 장점을 가지고 있다 (Guigui, 2002). 이 등 (2004)은 실험실적 규모를 통하여 원수의 응집 처리 후 침전공정 없이 응집플록을 함유한 상태로 막여과 공정에 적용시킨 경우 높은 입자상 물질 농도에도 불구하고 투과유속의 변화에 큰 영향은 주지 않았으며 생성된 막 케이크층 역시 침전공정을 도입한 경우와 유사한 수류 저항값을 나타내었다고 보고하였다. 또한, 김 등(2004)과 Choi 등(2004)은 인공조제수를 통

한 응집플록의 파괴현상에서 In-line 응집을 통한 막오염의 감소를 보고하였다. 그러나 Park 등(2002)은 In-line 응집 후 TMP(transmembrane pressure)값이 더 빨리 상승함을 보였다고 보고하고 있어 선행연구측면과 비교해 볼 때 상이한 결과를 나타내고 있는데, 이는 분리막의 공경크기, 막 모듈의 운전 형태, 원수수질 등에 따라 변수가 많기 때문에 다른 결과가 도출될 수 있다.

또한 현재 국내의 경우 전처리 응집에 관한 침전공정의 생략여부는 단지 실험실적규모(lab scale)의 연구를 통하여 평가된 상태이며 아직까지 실증공정을 통한 침전공정 생략 여부에 대한 평가는 이루어지지 않고 있다. 따라서 본 연구에서는 한강 원수가 직접 유입되는 실규모의 정밀여과 및 한외여과에 대한 실증 플랜트를 설치하고 혼화-응집-막여과 공정과 혼화-응집-침전-막여과 공정으로 구성하여 비교연구를 수행하였다. 이를 통하여 찌꺼, 응집제 및 PAC 주입량 변화에 따른 DOC 제거율을 평가하고 들찌, 응집제의 주입량과 분말활성탄 주입량을 변화에 따른 혼화·응집의 최적교반강도의 운전인자를 도출하였으며 침전공정 생략 여부에 따른 Flux와 TMP 그리고 수질인자를 비교 평가하여 침전공정 생략에 대한 실증 플랜트에서의 가능성을 평가 하였다.

2. 재료 및 실험 방법

2.1. 설계를 위한 원수조건

본 연구는 S시의 중·대형 막분리 고도정수처리 공정 실증 플랜트 연구 중에서 D사와 함께 수행하였으며 실증 플랜트 설계를 위한 원수조건은 Table 1에 나타내었다.

Table 1. Design specifications

Item	Design condition	Remark
Influent water	Pre-chlorination water	Intake Han River
Design capacity	500m ³ /d	
Raw water quality	Turbidity < 1,000NTU Temperature 1~30°C DOC < 10mg/L	Pre-treatment depend on Turbidity condition

Table 2. Specification of UF membrane module

Item	UF Specification	
Model	Microza LOV-5210	
Membrane	Material	Polyacrylonitrile(PAN)
	Dimension(ID/OD)	0.8/1.4mm
	Effective surface area	41m ²
Performance	Molecular Weight Cut-off	80,000 Dalton
Operating Conditions	Max feed pressure	3 kg/cm ³
	pH range	2-10
Module Dimension(mm)	2,227L × 140Φ	

Table 3. Specification of MF membrane module

Item	Specification	
Model	XUNA-520A	
Membrane	Material	PVDF (Polyvinylidene fluoride)
	Dimension(ID/OD)	0.7/1.2mm
	Effective surface area	36.8m ²
Performance	Nominal pore size(μm)	0.1
Operating conditions	Max feed pressure	3 kg/cm ²
	pH range	1 - 10
Module dimension(mm)	2,227L × 140Φ	

2.2. 분리막

본 실험에 사용된 막 모듈 형식은 원통형 케이스에 중공사 막을 집적하고 외압에 의한 가압으로 고액을 분리하는 외압식 방식이며, 막 공경의 크기로 분류되는 여과막의 종류는 UF와 MF이며, UF는 PAN 재질을, MF는 PVDF 재질을 사용하였다. 실험에 사용된 UF와 MF의 규격은 Table 2와 Table 3에 나타내었다.

2.3. 실험에 사용된 약품 및 활성탄

본 실험에서는 전처리용으로 사용된 응집제로 비중이 1.19인 10% 폴리염화알루미늄을 사용하였으며, PAC(powder activated carbon)는 석탄계 활성탄으로 요오드흡착력은 1,020mg/g인 것을 사용하였다. 응집제는 원액을 그대로 사용하였으며, PAC의 경우 5%로 희석하여 정량펌프(master flex)를 이용하여 슬러리 형태로 주입하였다. UF 또는 MF의 역세척(reverse filtration)시 사용된 용액은 12% NaOCl 용액을 희석하여 제조하였다.

Table 4. General operating conditions of MF and UF

Item	UF	MF	
Model	LOV-5210	XUNA-520A	
Temperature	< 40°C	< 40°C	
pH	2 - 10	1 - 10	
Max. Pressure	Max. Inlet Pressure	2.5 bar	3 bar
	Filtration	1.5 bar	3 bar
TMP	Operating	0.3 - 1.5 bar	0.1 - 1.0 bar
	Max	3.0 bar	3 bar

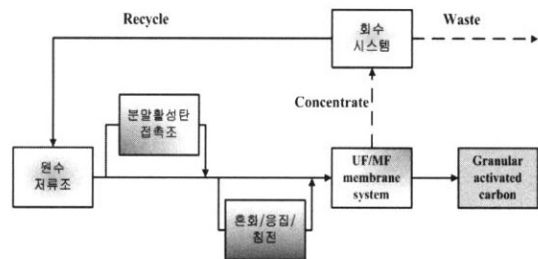


Fig. 1. Process combination of pre and post treatment.

2.4. 막여과 조합공정의 운전방법

막여과 조합공정의 운전방법은 막 모듈 제조회사인 A사에서 제시하고 있는 운전 방법에 따랐으며 각 운전조건은 Table 4와 Fig. 1에 나타내었다. 막여과공정의 운전방법은 여과, 역세척, 화학세정, 완결성 시험(integrity test) 등으로 구분하여 실시하였으며, 여과공정으로 유입되는 시료는 공급펌프에서 막 모듈로 공급되기 전에 공경 100μm 크기의 마이크로스트레이너(microstrainer)를 통과한다. 이 설비는 막에 공

급되는 시료수 속에 함유되어 있는 크기가 큰 고형입자를 제거함으로써 막의 막힘이나 손상을 방지할 수 있다. 원수 공급펌프에 의해 공급되는 유입수는 막여과에 필요한 여과압력(TMP)을 유지시켜주며 정해진 유량의 처리수를 생산(정유량여과, Constant flux mode)할 수 있도록 인버터에 의해 변속 운전을 하였다. 역세척은 자동적으로 일정시간 간격으로 수행하였으며, 본 실증플랜트에서의 역세척 공정은 역세척-공기세정(Air Scrubbing)-물세정(Flushing) 방식을 한 사이클로 채택하여 수행하였다. 화학세정(chemical cleaning)은 역세척만으로 제거가 불가능한 분리막 표면의 오염물질을 제거하기 위하여 수행되었다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 응집제 및 PAC주입량 변화에 따른 DOC 제거율

3.1.1. 응집-침전-MF 공정에서 응집제 주입량에 따른 DOC 제거율

응집-침전-MF공정에서의 적정응집제 도출을 위하여 응집제의 투입량에 따른 DOC농도를 측정하였다. 응집제의 투입량을 0.86~1.75mg/L(Al_2O_3 , 10%) 범위에서 실시하였으며 정량펌프로 투입량을 조절하였으며 그 결과는 Fig. 2에 나타내었다. Fig. 2에서와 같이 침전공정에서는 Al_2O_3 (10%) 1.67mg/L 주입이 용존 유기물질 제거율이 35%로 가장 높았고, 막 여과 공정 시료수에서는 1.75mg/L로 약간 높은 36% 정도로 그 차이가 미미하여 1.67mg/L 주입을 최적투입량으로 결정하였다.

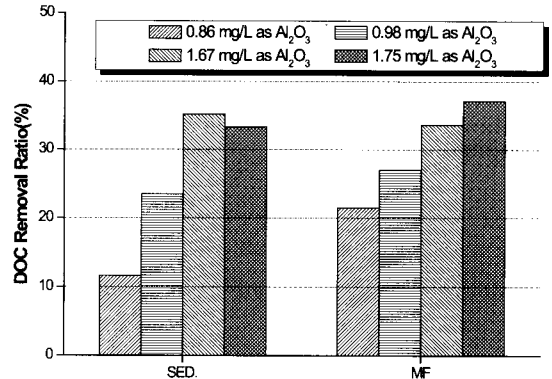


Fig. 2. DOC removal ratio as function of coagulant dosage rate for Coagulation → Sedimentation MF → process.

3.2. 혼화·응집 최적 교반강도의 운영인자 도출

기존 정수처리 공정에서 혼화-응집공정의 교반강도 G값은 응집-침전-여과에 필요한 충분한 크기의 플러를 형성시키기 위해 가장 중요한 설계인자로 작용한다(Crozes, 1997). 막여과 정수처리 공정에서 또한 기존 정수처리 공정과 같이 침전지에서 침전될 정도로 큰 플러는 아니지만, 분리막에서 충분히 배제될 정도의 플러를 형성시킬 필요가 있다. 따라서, 본 연구에서는 G값 변화에 따른 TMP와 FSI(floc size index)를 연계하여 응집제 주입량이나 교반강도별 운전조건을 Table 5와 같이 설정하고 자동화 운전을 위한 운전인자 개발 가능성을 평가하였다. Fig. 3은 응집제의 교반강도와 응집제 주입량을 변화시켰을 경우 FSI와 TMP의 관계를 나타낸 그림이며, 여기서 A, B, C 구간은 Table 5에 나타난 바와 같다. 운전방식은 침전지를 생략한 혼화-응집-MF공정으로 운전하였다. Fig. 3에서 나타낸 바와 같이 A조건으로 운전시 TMP는 완만한 기울기로 상승 추세에 있으며,

Table 5. Operating condition of each section

Section	A section			B section			C section		
	Coagulation	1st Flocculation	2nd Flocculation	Coagulation	1st Flocculation	2nd Flocculation	Coagulation	1st Flocculation	2nd Flocculation
G (s^{-1})	300	64	32	300	70	70	300	64	32
Coagulant dosage rate	1.22 mg/L as Al_2O_3			1.22 mg/L as Al_2O_3			1.67 mg/L as Al_2O_3		
Operating condition	Raw water → Coagulation → 1st Flocculation → 2nd Flocculation → Membrane								

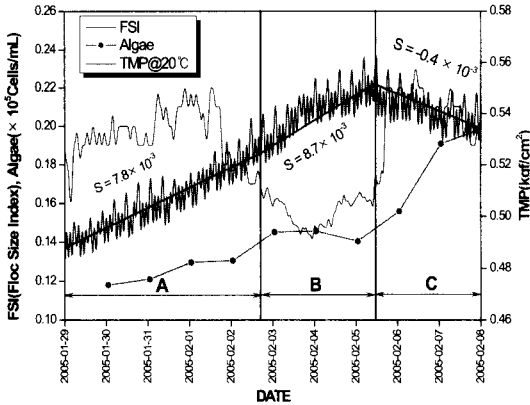


Fig. 3. TMP variation as function of G value.

FSI 값은 TMP와 비슷하게 거동하다가 2005년 2월 2일부터 갑자기 큰 폭으로 감소되는 경향을 나타내었다. 이는 수질변화에 따라 적절한 교반조건 성립이 제대로 이루어지지 않았을 것으로 판단되어 B조건으로 교반조건을 변경하여 운전을 실시하였으나 이후에도 FSI값은 계속 감소하는 경향을 나타내었다. 2005년 2월 4일 이후부터 다시 TMP와 비슷한 구배로 완만한 상승이 진행되었으나, TMP는 계속 상승되는 경향을 나타내었다. 이는 조류증가에 따른 수질변화에 기인한 응집제 주입량 부족으로 TMP가 계속 상승된 것으로 판단하여 C조건과 같이 응집제 주입량을 1.22mg/L에서 1.67mg/L로 증가시키고 교반강도 G값을 1단은 70에서 64/sec로, 2단은 70에서 32/sec로 운전을 변경한 직후인 2월 5일부터 FSI값이 급상승하여 TMP와 아주 유사한 거동을 보이면서 TMP가 낮아지는 양호한 운전상태를 나타내었다. 이는 FSI값이 응집제 주입과 교반강도 G값, TMP값 결정에 있어 중요한 평가 지표로 활용이 가능할 것으로 판단된다.

3.3. 분리막 전처리 공정 중 응집공정 단독과 침전공정을 추가한 DOC제거 비교 평가

3.3.1. 단독 응집공정과 침전공정 추가에 따른 DOC 제거율 비교 평가

Fig. 4는 침전공정이 있는 경우와 없는 경우 응집제 (Al₂O₃, 10%)투여량을 1.67mg/L로 동일하게 주입하고 DOC 제거효율을 평가한 것이다. Fig. 4에 나타낸 바와 같이 동일한 응집제 (Al₂O₃, 10%) 1.67mg/L로

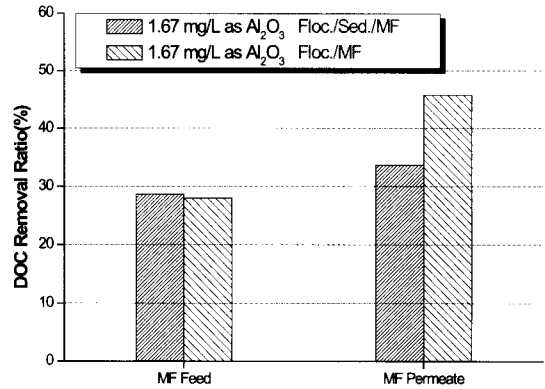


Fig. 4. DOC removal ratio in each process with same coagulant dosage rate.

주입 시 침전지 공정운영의 유무에 따라 막여과에 의한 용존 유기물질 제거효율은 침전공정을 생략한 경우가 오히려 용존 유기물질 제거효율이 약 15% 이상 높은 것으로 나타났다. 이러한 현상은 침전공정이 생략되었을 경우 응집지에서 형성된 미세플록이 분리막 표면 앞에서 체거름 작용에 의한 고액분리 이전에 다공성 케이크층을 형성한 오염물질 등이 여과층을 형성하여 용존 유기물질이 오염물질 내에 억류되어 있다가 분리막의 역세정시 제거되는 것으로 판단된다.

3.3.2. PAC-응집-침전-MF 공정에서 PAC 주입량에 따른 DOC 제거율

응집-침전-MF 공정에서 PAC 주입률 변화에 따른 DOC 제거율을 Fig. 5에 나타내었다. 본 실험에서는 S시에서 상시 주입하고 있는 PAC 4mg/L부터 경제적인 운영에 한계가 있는 8mg/L 그리고 12mg/L까지 늘려서 주입하였다. Fig. 5에 나타낸 바와 같이 PAC 4mg/L를 주입한 경우 침전공정에서는 DOC 제거율이 32%, 막여과 공정 이후에는 38%로 상승하였지만, PAC를 8mg/L 그리고 12mg/L 주입한 경우는 침전공정에서 42 그리고 50%를 나타내었으나, 막여과 공정 이후에는 불과 1% 정도로 제거율이 상승된 것으로 나타났다. 이는 PAC를 소량 주입 하더라도 40분 운전에서 1분 동안 역세척하는 분리막 운전 특성상 cross-flow 방식으로 운전하면 분리막 표면에 40분 동안 농축된 PAC가 DOC 제거기능을 담당하여 제거율을 증대시킨 것으로 판단된다. 그러나 8mg/L 이상 주입한 경우의 막여과 공정에서 DOC 제거율의 상승이

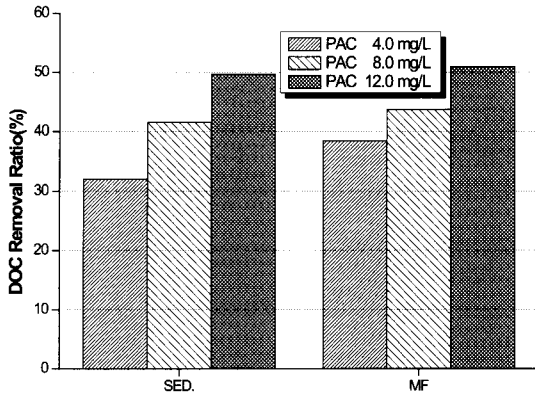


Fig. 5. DOC removal ratio as function of PAC dosage rate for PAC Coagulation Sedimentation MF process.

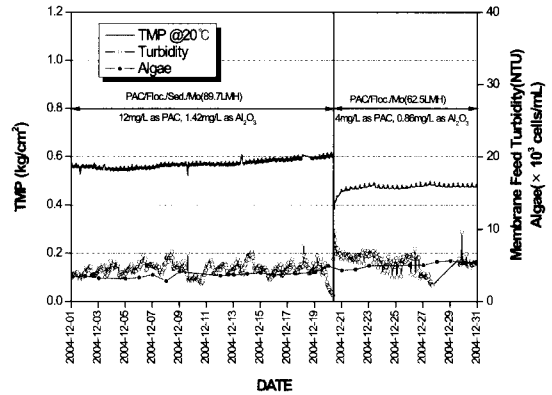


Fig. 6. Result of sedimentation basin omission and flux variation for MF process.

거의 없었던 것은 흡착 가능한 유기물질이 분말활성탄(PAC)의 투입량 증가에 따라 침전공정에서 흡착에 의하여 충분히 제거되어 막여과에 의한 제거율이 낮은 것으로 사료된다.

3.4. 침전공정 생략이 막여과에 미치는 영향

3.4.1. MF 여과막 공정에서 침전공정 생략이 TMP에 미치는 영향

본 연구에서는 경제적 막여과 공정구성을 위해 침전공정생략이 TMP에 미치는 영향을 평가하고자 하였다. 2004년 12월 1일부터 12월 20일까지는 PAC-응집-침전-MF공정에서 MF 여과막의 운전조건은 막모듈 제조회사에서 제시하고 있는 평균 플럭스 70~90 LMH 범위 중 다소 높은 89.7 LMH로 설정 운전하였다. PAC 투입량은 S시에서 기존정수처리장에 투입하고 있는 4mg/L보다는 다소 많은 12.0mg/L(PAC)를 투입하였고, 응집제는 1.42mg/L(Al₂O₃, 10%)를 투입하여 운전한 결과에서 TMP 0.5~0.6kg/cm²로 양호한 운전 상태를 유지하였다. 침전공정 생략 실험은 동절기 저수온 상태로 평균 Flux가 가장 낮은 2004년 12월 20일부터 실험을 수행하였으며, 운전조건은 동절기에 89.7LMH의 높은 flux 유지가 어려울 것으로 판단하고 동절기 운전의 평균 flux(60~70LMH)인 62.5LMH로 변경 운전하였다. 이때 PAC 및 응집제 투입량은 낮은 flux에 적합하게 PAC는 12mg/L에서 4mg/L로, 응집제(Al₂O₃, 10%)도 1.42mg/L에서 0.86mg/L로 감소시켜 운전한 결과 TMP가 0.4~0.5kg/cm²로 유지되어 막투과 압력이

오히려 저감되는 현상을 나타내었다. 실험기간 중 원수 탁도의 변화는 거의 나타나지 않았으며, 조류의 개체수도 5,000cells/mL 이하로 안정적이었다. 운전조건의 변화에 따라 TMP가 순간적으로 감소하였는데 이는 flux를 89.7LMH에서 62.5LMH로 감소시켜 나타난 결과이며, 곧바로 TMP는 0.48kg/cm² 정도를 유지하면서 안정적으로 운전되었다.

3.4.2. MF분리막 공정에서 침전공정 생략 후 약품 투입량 변화와 TMP의 관계

다음은 MF분리막 공정에서 침전공정 생략 후 약품 투입량 변화에 따른 침전 공정의 생략 가능성을 평가하고자 하였다. 막공정 축소와 점도증가, 장기간 갈수로 인한 조류개체수의 급격한 증가에 따른 막여과 공정의 가장 불리한 조건인 2005년 1월 5일부터 1월 28일까지 운전을 수행하였다. 이 기간 중 침전공정의 생략 가능성은 정수 생산량과 밀접한 관계가 있는 실제 flux를 유지하면서 운전안정성과 관계가 있는 적정 TMP 유지에 초점을 맞추어 실험하였다. 본 실험에서 또한 침전공정 생략과 62.5LMH의 플럭스를 유지하면서 운전하였고, 2005년 1월 5일부터 11일까지는 약품 투입량도 지난해 12월 조정량인 4.0mg/L(PAC) 0.86mg/L(Al₂O₃, 10%)만 투입하였음에도, TMP는 0.48kg/cm²에서 0.52kg/cm²로 약간 증가한 양호한 운전상태를 나타내었다. 본격적인 약품투입량 변화에 따른 TMP의 변화를 고찰하기 위하여 1월 12일부터 1월 17일 기간에는 약품 투입량 변화에 따른 TMP의 변화량을 분석하였으며, 최적의 약품 투입량

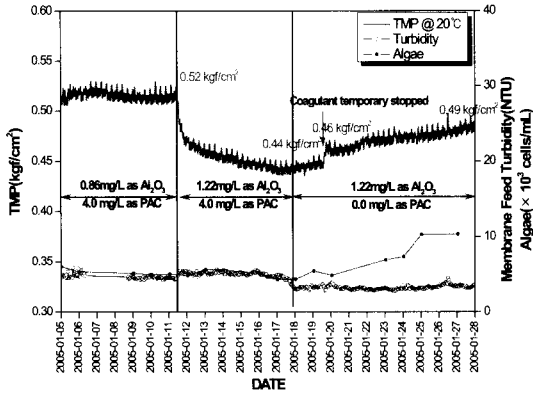


Fig. 7. Result of sedimentation basin omission, coagulant and PAC dosage variation for MF process.

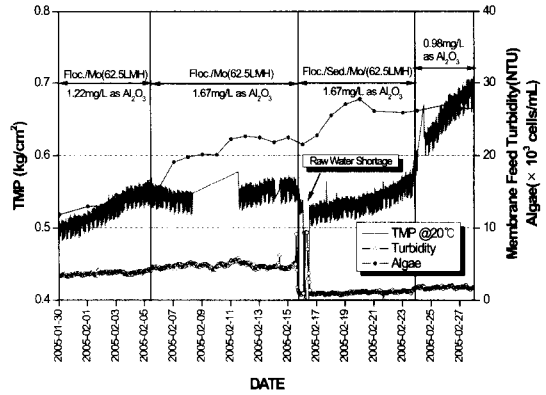


Fig. 8. Sedimentation basin operating(Because of Algae increasing)(1).

을 결정하기 위하여 PAC와 응집제를 각각 4.0mg/L (PAC), 1.22mg/L(Al_2O_3) 변경 주입한 결과 TMP값이 급격히 낮아지는 경향을 나타내었다. 1월 18일부터 1월 28일 기간에는 PAC는 투여하지 않고, 응집제는 1.22mg/L(Al_2O_3 , 10%) 변경 주입한 결과 같은 양의 응집제를 투여하였음에도 불구하고 TMP값이 다소 상승되는 결과를 나타내었다. 1월 5일부터 1월 17일 까지 실험결과로 살펴 볼 때 PAC투여량을 고정하고 응집제 투여량을 증가 시켰을 경우 플럭 크기의 변화로 인하여 분리막의 저항이 낮아진 것으로 판단되어진다. 또한 PAC 투여에 따른 TMP의 감소측면은 1월 18일부터 운전한 결과에서 나타나는데 좀더 세부적인 실험을 필요로 하지만 유추할 수 있는 결과는 PAC가 용존유기물을 제거함으로써 여과저항을 낮추었을 것으로 판단되어진다. 따라서 막오염(Fouling)을 방지하고 TMP 상승을 제어하기 위해서는 적정 플럭스 유지와 응집제, PAC를 병행 주입하는 것이 바람직하다고 판단되어진다.

3.5. 조류개체수 증가에 따른 침전지 대응 운전

Fig. 8과 Fig. 9에서는 조류개체수 증가에 따른 침전지 대응에 관한 결과를 나타낸 것이다. 2005년 2월 5일부터 2005년 2월 16일까지는 침전공정을 생략한 응집-MF 공정에서 응집제 주입량을 1.22mg/L에서 1.67mg/L로 증가 시켜 운전한 결과를 나타내었다. 원수 중 조류의 개체수는 증가하는 경향을 나타내었으나 분리막의 TMP는 2005년 2월 7일부터 일시적으로 감소하는 현상을 보이다 2005년 2월 16일 까지

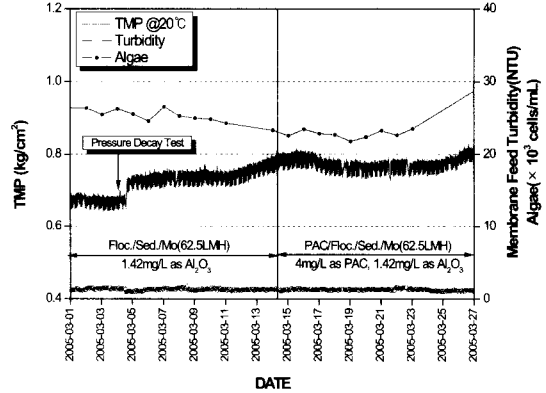


Fig. 9. Sedimentation basin operating(Because of Algae increasing)(2).

침전지공정을 생략 했음에도 불구하고 안정된 TMP 값을 나타내었다. 또한 침전공정 대응 운전에 관한 영향을 고찰하기 위하여 2005년 2월 17일 이후에는 응집제 주입량을 동일 시 하고 침전공정을 도입한 결과 TMP값이 다소 감소하는 경향을 나타내었으나 이후 2005년 2월 24일까지 서서히 증가하는 상태로 유지되어 침전지 운영의 효과가 크지 않은 것으로 나타났다. 또한 조류개체수에 대한 적정 응집제의 주입농도를 결정하기 위하여 응집제 투여량을 0.98mg/L로 낮춘 결과 TMP값은 급격히 상승하여 TMP값은 침전지의 운영 효과 보다는 응집제 투여량에 영향을 받는 것으로 판단되어진다. 이러한 이유로 Fig. 8은 응집제의 주입량을 1.42mg/L로 증가시켜 운전한 결과 TMP의 변화 없이 안정된 운전 상태를 나타내고 있었으나, PDT(pressure decay test; 압력파괴시험) 실험

직후에 일시적으로 TMP는 순간적으로 약간 상승하였으나 이후 곧 안정화 되는 경향을 나타내었다. 2005년 3월 14일 부터는 조류 번성기시 PAC에 의한 막오염의 영향을 평가하기 위하여 조류 개체수 20,000cell/mL 이상에서 PAC(4mg/L)를 주입한 결과, PAC 주입 초기에는 TMP가 약간 상승하는 경향을 보였으나 시간이 지남에 따라 다시 감소되어 안정된 상태를 나타내었다. 그러나 2005년 2월 23일 이후 조류개체수가 20,000cell/mL 이상으로 급격히 증가하는 현상을 나타내자 TMP값이 소폭으로 상승하는 결과를 나타내었다. 현재까지의 실험결과로 살펴 볼 때 조류개체수 증가에 따른 TMP값은 소량의 응집제 주입만으로도 안전운전 범위인 1kg/cm² 이내에서 운전이 가능함을 확인 할 수 있었다.

4. 결 론

본 연구는 한강 하류에 위치하고 있는 G 정수장에 500m³/day 규모의 실증플랜트를 설치하고 약 11개월 동안 연속운전을 실시해 수질변화에 연동 대처하면서 막여과 조합 공정에서의 침전공정 생략 가능성에 관한 연구를 수행하여 다음과 같은 결론을 도출 하였다.

1. 원수가 10NTU 미만의 저탁도에서의 분리막 전 처리는 응집제 및 PAC 투여량에 따른 DOC 제거율은 응집제(Al₂O₃, 10%) 1.67mg/L와 PAC 4.0mg/L에서 가장 제거효율이 우수하게 나타났다.
2. 응집제의 주입량과 PAC 주입량을 변화 시키면서 혼화·응집의 최적교반강도의 운전인자를 도출한 결과 침전지 생략 공정의 경우 최적의 G값은 300/sec, 응집제 1단의 G값은 64/sec, 2단의 G값은 32/sec에서 최적 운전조건을 도출하였다.
3. 조류개체수 증가에 따른 침전지 생략공정에서 TMP값은 침전지의 운영 효과 보다는 응집제 투여량과 PAC 투여량과 큰 상관성이 있는 것으로 나타났다.
4. 침전공정 생략 여부에 따른 Flux와 TMP 그리고 수질적 인자를 비교 평가하여 실증플랜트에서 침전공

정 생략에 대한 가능성을 평가 한 결과 PAC-응집-MF 공정에서 PAC 4.0mg/L와 응집제(Al₂O₃, 10%) 0.86mg/L의 주입만으로 Flux 62.5LMH를 유지하면서 TMP의 안전운전이 가능하였으며, 년 중 수온이 가장 낮은 1월 기간에도 침전공정을 생략한 PAC-응집-MF 공정에서 PAC 4mg/L와 응집제(Al₂O₃, 10%) 1.22mg/L 주입하였을 때 Flux 62.5LMH와 적정 TMP를 유지할 수 있었다.

5. 침전공정 생략에 관한 막분리 공정에서 최적 전 처리 조건 및 운전인자에 대하여 심도 있는 연구가 필요하다고 판단되지만, 현재까지 수행한 연구결과로 살펴 볼 때 정수장 부지의 약 60% 정도를 차지하는 침전공정을 생략 할 수 있는 가능성을 제시 하였으며, 이러한 가능성은 경제성면이나 효율적 측면에서 막여과 공정 보급화에 실증적인 연구 자료가 될 것으로 판단되어진다.

참고문헌

1. Delgrange N., Cabassud C., Cabassud M., Durand-Bourlier L., and Laine J. M. (1998) Modelling of ultrafiltration fouling by neural network, *Desalination*, **188**, pp. 213-227.
2. Guigui, C., Rouch, J.C., Durand-Bourlier, L., Aptel, P. (2002) Impact of coagulation conditions on the in-line coagulation/UF process for drinking water production, *Desalination*, **147**, pp. 95-100.
3. Park, P., Lee, C., Choi, S., Choo, K., Kim, S., Yoon, C. (2002) Effect of the Removal of DOMs on the Performance of a Coagulation-UF Membrane System for Dinking Water Production, *Desalination*, **145**, pp. 237-245.
4. Collins, M.R., Amy, G.L and King, P.H.(1985) Removal of Organic Matter in Water Treatment. *J. Environ. Eng.*, **111**(6) 850-864.
5. Mallevalle, J., Odendall, E.P. and Winsner, M.R.(1996) *Water treatment membrane process*, McGraw-Hill.
6. 이석현, 권지향, 최양훈, 안규홍 (2004) 전처리로 응집공정을 이용한 정밀여과 공정에서 응집 플록 특성에 따른 막오염 연구. *상하수도학회지*, **18**(6), pp.785-793.
7. 김지훈, 김형수, 염익태, 한기봉 (2003) 정수처리 막분리 Pilot 시스템의 성능 평가. *상하수도학회지*, **17**(1), pp. 121-125.