

전처리로 응집공정을 이용한 정밀여과 공정에서 응집 플록 특성에 따른 막오염 연구

Effects of Characteristics of Flocculent Aggregates on Membrane Fouling in Microfiltration with Coagulation Pretreatment

이석현¹ · 권지향^{2,*} · 최양훈² · 안규홍¹

Seockheon Lee¹ · Ji Hyang Kweon^{2,*} · Yang Hun Choi² · Kyu-Hong Ahn¹

1 한국과학기술연구원 수질환경 및 복원연구센터

2 건국대학교 공과대학 환경공학과

(2004년 9월 24일 논문접수; 2004년 11월 30일 최종수정논문 채택)

Abstract

Coagulation has been investigated for pretreatment of low-pressure membrane systems such as microfiltration and ultrafiltration. Coagulation pretreatment can reduce foulants (particles and organic matter) prior to membrane filtration. However, when in-line coagulation or submerged type of filtration is used, flocculent aggregates could act as a foulant depending on concentrations and specific properties of floc. A natural water and three synthetic waters were used to investigate effects of coagulation pretreatment and presence of flocculent aggregates on membrane fouling. Coagulation pretreatment shows that foulants were effectively removed during coagulation and the formed cake layer on the membrane surface had less resistances compared to raw natural water. In addition, little difference in membrane fouling was found by flocculent aggregates from the natural water. Interestingly, however, the results by three synthetic waters indicated that flocculent aggregates could have adverse effects on membrane fouling in a specific condition.

Key words: Microfiltration, pretreatment, coagulation, coagulant floc, membrane fouling

주제어: 정밀여과, 전처리, 응집공정, 응집플록, 막오염

1. 서론

정수처리 공정에 이용되는 막분리 공정 중에서 저

압 여과 막에 해당하는 정밀여과 공정은 상대적으로 낮은 압력으로 운전이 가능하고, 높은 투과유량을 가지는 장점이 있다. 하지만, 수중에 존재하는 입자상 물질과 용존 유기물이 막표면에 침적하여 물의 흐름

*Corresponding author. Tel: +82-2-450-4053, FAX: +82-2-450-3452, E-mail: jkweon@konkuk.ac.kr (Kweon, J.H.)

을 방해함으로써 운전압력이 높아지거나 운전기간이 짧아지는 막오염 현상이 발생하는 문제점은 다른 막여과 공정과 동일하다. 그러므로, 막여과 공정의 적용을 확대하기 위해 가장 먼저 해결해야 하는 문제인 막오염 저감을 위한 연구가 현재 활발히 진행되고 있다. 저압 막여과의 막오염을 저감시키기 위해 강구되는 방법 중에는 응집공정이나 연수화와 같이 전처리를 이용하는 방법이 고려되고 있다. 즉, 막오염 물질 발생원인이 되는 입자상 물질과 유기물이 막여과 시스템에 유입되기 전에 전처리 공정에서 이를 제거함으로써 막여과의 효율을 높이고자 하는 것이다.

응집공정이 막여과 전처리로 사용될 때는 두 가지 방법이 가능하다. 우선, 표준 정수 처리 방법인 응집·혼화·침전을 거친 물을 막여과에 유입시키는 방법으로써 여과 공정을 대신하여 막여과가 적용되는 경우이다. 또 다른 하나는 응집·혼화 후 침전공정 없이 막여과 하는 방법으로써 이 경우에는 막여과가 고액 분리공정으로 사용된다. 최근 적용되고 있는 침지형 막여과 시스템의 경우나 순간 혼화장치를 이용한 in-line 응집·혼화 시스템의 경우가 이에 해당한다. 침전공정 없이 막여과를 하는 경우에는 소요 부지면적이 적게 들 뿐만 아니라 혼화조 등 기존의 기반시설을 그대로 이용할 수 있는 등의 장점이 있다.

하지만, 응집공정이 적용되는 방법에 따라 주요한 막오염 원인물질이 상이할 수 있다. 즉, 응집·침전 후 여과 대신 막여과를 이용하는 경우는 대부분의 입자상 물질은 침전공정 중에 제거되므로, 처리 후 남아 있는 유기물이 가장 주요한 막오염 물질로 간주된

다. 하지만, 침전공정 없이 막여과를 하는 경우에는 응집혼화로 제거되지 않은 입자상 물질과 유기물 이외에도 새로 생성된 많은 양의 응집 플록들이 막표면에 부하되므로 이에 의한 영향이 고려되어야 한다.

현재까지 응집 플록에 대한 연구는 안정화도 및 플록의 세기 등에 대한 연구로서 막여과 처리와 관련하여 연구된 경우는 극히 드물다. 더구나, 대부분의 응집 전처리와 막여과를 이용한 선행연구는 주로 소수성 및 친수성과 같은 유기물의 특성에 따른 막오염 현상을 규명한 것으로 침전공정을 거치는 경우를 중심으로 이루어져 왔다. 현재 국내에서는 응집후 침지형 막여과를 하는 경우 응집플록의 생성 특성에 따른 막오염 연구는 거의 없는 실정이며, in-line 응집혼화의 경우에도 막오염에 미치는 영향에 대해서는 각각 상이한 결과를 보이는 경우가 있다. 오 등(2004)은 자연원수를 이용한 연구에서 in-line 응집·혼화후 막오염이 저감된다고 보고하고 있으며, 김 등(2004)은 모델 입자상 물질만을 함유한 인공조제수를 이용하여 응집플록의 깨짐현상을 고찰한 결과를 바탕으로 in-line 응집의 우수성을 보고하였다. 이와는 반대로 Park et al., (2002)은 한강원수를 이용하여 in-line 응집후 막투과압력이 더 빨리 상승함을 보이고 있다.

그러므로 본 연구에서는 응집·혼화 후 침지형 막여과 시스템을 도입하는 경우나 in-line 응집을 이용하는 경우처럼 응집공정에서 생성된 플록이 직접 막여과되는 경우 응집 특성이 막오염에 미치는 영향을 파악하고자 하였다. 또한, 용존 유기물의 성상이 다

Table 1. Characteristics of the natural and the synthetic waters used in this study.

Parameters	Natural water	Synthetic water with tannic acid	Synthetic water with alginic acid
Turbidity, NTU	4.4-46.2	7.5	6.9
Total Organic Carbon (TOC), mg/L	2.21	4.94	4.69
Dissolved Organic Carbon (DOC), mg/L	2.25	4.86	4.15
UV ₂₅₄ absorbance, cm ⁻¹	0.036	0.203	0.022
Specific UV absorbance (SUVA), L/mg · m	1.60	4.18	0.53
Alkalinity, mg/L as CaCO ₃	39-41	40-45	-
pH	7.0	6.9	6.5
Temperature, °C	21	23	23

* 카울린만 함유한 인공조제수의 경우, 탁도는 약 5-8NTU이었음.

른 경우, 생성된 응집플록이 막오염에 어떤 영향을 미치는지도 파악하고자 하였다. 이를 위해 용존유기물은 친수성/소수성 유기물에 해당하는 모델유기물을 이용하였고 이의 결과를 자연원수와 비교·분석하였다.

2. 재료 및 실험방법

2.1. 실험원수

자연원수는 서울시 A정수장에서 전염소 처리된 유입수를 공급받아 실험하였다. 인공원수의 조제를 위해서 탁도 유발물질로는 카울린(Duksan Chemical, Korea)을, 총유기탄소(total organic carbon, TOC) 유발물질로서 소수성을 가지는 유기물로는 타닉산(SIGMA, Germany)을, 친수성을 가지는 유기물로는 알긴산(SIGMA, USA)를 사용하였다. 인공원수는 자연원수와 유사한 특성을 지니고 적절한 알칼리도를 함유시키기 위하여 깨끗한 수돗물에 약 DOC농도가 4mg/L가 되도록 조제하였다. 본 실험에서 사용된 자연원수 및 인공원수의 수질자료는 다음 Table 1에 정리하였다.

2.2. 응집실험(Jar-Test)

원수에 대한 응집특성과 최적의 응집 범위에서의 응집제 양 및 pH를 파악하기 위하여 1L 용량의 반응조를 이용한 회분식 응집실험을 하였다. 응집실험에 사용된 응집제는 A정수장에서 현재 사용하고 있는 17% 폴리염화알루미늄(Poly Aluminum Chloride, PAC)을 0.15%(약 2000mg/L as Al₂O₃)로 묽혀 사용하였으며, pH 조절이 필요할 때에는 0.1N HCl과 0.1N NaOH를 첨가 하였다.

응집실험은 응집제와 입자간의 충분한 접촉을 위한 급속혼화 30초, 플럭형성을 위한 완속혼화 30분 그리고 형성된 플럭을 가라앉히기 위하여 30분 동안의 침전 후 상등액을 채취하여 수질 분석을 하였다.

2.3. 정밀여과 실험(Microfiltration)

정밀여과에 대한 일련의 방식을 Fig. 1에 나타내었다. 시료를 약 5L 정도 되는 저류조에 넣은 후, 고순도 질소가스를 이용하여 1.0±0.05psi의 투과압력으로 막분리를 하였고, 필요에 따라 저류조에 magnetic

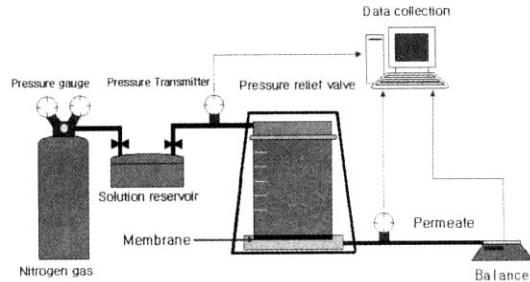


Fig. 1. Schematics of experimental setup for a batch unstirred cell (dead-end filtration).

bar를 넣어 시료를 혼화시켜 줌으로써, 크고 무거운 입자들이 저류조 바닥에 쌓이지 않게 하였다. 막 분리에 사용된 정밀여과막은 공극이 0.2µm이고, 투과면적이 약 32.17cm²인 polysulfone 재질의 평막형 모듈이다.

막의 초기 플럭스는 3차 증류수를 이용하여 측정하였다. 약 2시간 정도의 여과를 통해 플럭스를 안정화시킨 후, 다음 약 한시간 동안의 측정값을 평균 하였으며, 그 값은 실온(21~23°C)에서 약 822 ± 50L/m²·hr를 유지하였다.

시료에 대한 막 분리 실험은 초기 플럭스가 대략 60% 감소 될 때까지 여과시켰으며, 오염된 막은 투과압의 약2배 정도인 2-2.5psi에서 초순수를 이용하여 역세에 의한 물리세척과 0.1N HNO₃, 0.1M NaOH를 이용한 화학세척을 하였으며, 물리세척, 산세척, 염기세척의 순서로 진행되었다. 각 세정 후에는 초순수를 이용하여 투과수량을 측정하고 세정방법에 의한 투과수 회복율을 계산하였다.

2.4. 분석방법

원수와 응집 후 상등액은 pH, 탁도, TOC, DOC, UV₂₅₄, Zeta potential 등을 분석하였고, 원수 및 응집 플록 함유수의 경우는 particle size distribution (Master Sizer, MALVERN)을 별도로 측정하였다. 서로 다른 시료에 대하여 형성된 플럭의 형태 및 크기를 알아보기 위하여 Microscope(Routine Microscope, Carl Zeiss)를 이용한 육안 관찰도 병행되었다.

TOC 및 DOC는 High-Temperature Combustion Method를 이용하는 시마즈사의 분석기(TOC-V CPN TOC Analyzer, Shimadzu, Japan)로 측정되었으

며, UV 흡광도는 254nm에서 UV-Visible spectrophotometer (Cary 50Probe, VARIAN)를 이용하였다. DOC와 UV absorbance 측정을 위한 시료는 모두 0.45 μ m filter로 여과시킨 후 측정되었다. 탁도계는 Hach사의 2100AN IS Turbidimeter가 사용되었고, Zeta potential을 Malvern사의 Zeta Master를 이용하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 응집 전처리 결과

응집제 주입량에 따른 응집효율을 파악하기 위해 자연원수를 이용한 Jar-test가 수행되었으며 응집실험 결과가 다음 Fig. 2에 나타나 있다. 탁도의 경우는 응집제 주입량 2~5mg/L Al₂O₃에서 최적이었다가 주입량이 최적값을 초과한 후에는 탁도가 다시 증가함을 나타내고 있다. 탁도를 기준으로 최적 응집조건에서의 제타 전위는 제로 전위 값에 근접(전위의 범위는 약 -5~5mV 사이)하고 있음을 보여주며 이는 입자간의 반발력이 최저인 조건에서 입자간 최적응집 조건이 생성됨을 보여준다(Wiesner and Clark, 1989). 최적 조건 이후의 탁도 제거율 감소는 낮은 알칼리도를 가진 본 원수의 특징과 pH를 조절하지 않은 실험 조건에 따른 현상으로써, pH가 6.5 이하로 감소하는 경우에 나타났다. 유기물의 응집제거는 DOC와 SUVA값으로 측정되었다. 탁도 물질 제거율과는 달

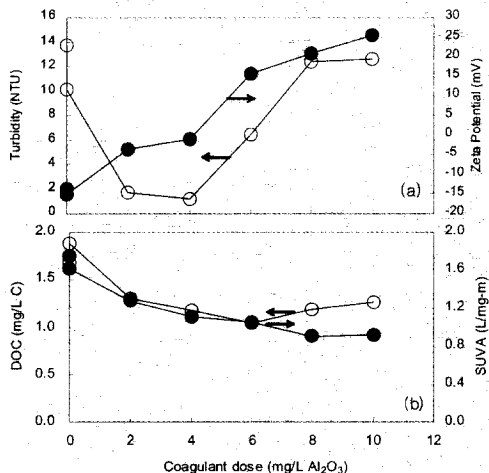


Fig. 2. Coagulation pretreatment of a natural water.

리, 유기물의 경우는 응집제 주입량이 증가함에 따라 제거율이 감소하는 현상은 나타나지 않았으나 각각의 제거율에는 한계가 있음을 보여주었다. 즉, DOC의 경우에는 6mg/L Al₂O₃의 주입량 이후에는 응집제 주입에 따른 더 이상의 유기물 제거는 이루어지지 않았음을 보이고 있고, SUVA의 경우에는 약 8mg/L Al₂O₃의 주입량 이후에 제거율이 일정하게 유지됨을 나타내고 있다. 이는 일반적으로 응집에 의해 선택적으로 제거되는 유기물이 존재함을 보여준 기존의 연구와 일치한다고 사료된다. (Collins et al., 1985, Carroll et al., 2000)

위 결과의 탁도 제거를 토대로 최적 응집조건을 4mg/L Al₂O₃로 결정하였으며 선택된 최적 주입량을 이용하여 후속공정인 막여과 실험을 수행하였다.

3.2. 응집·침전에 따른 막오염 저감현상

혼화와 침전을 포함한 표준 응집을 막여과 전처리로 이용하는 경우는 막여과 전에 미리 탁도물질 및 유기물질을 제거함으로써 막여과 운전기간을 증대시키는 것으로 알려져 있다(Braghetta et al., 2000). 그러나, 침전공정을 거치지 않은 경우에는 원수보다 높은 탁도물질 농도를 나타낼 뿐만 아니라 제거된 유기물질이 반응조 밖으로 제거된 것이 아니라 반응조 시스템내의 응집플록과 결합된 형태로 계내에 존재하게 되므로 막여과에 미치는 영향이 표준응집 처리를 한 경우와 다를 수 있다. 침전공정의 유무에 따른 플록의 영향을 고찰하기 위해 자연원수, 표준 응집공정을 거친 처리수, 그리고 침전공정을 생략한 응집 처리수를 가지고 막여과 실험을 행하였으며 막투과 유속의 결과는 다음 Fig. 3에 제시하였다.

자연수의 경우, 전처리를 하지 않고 원수를 이용한

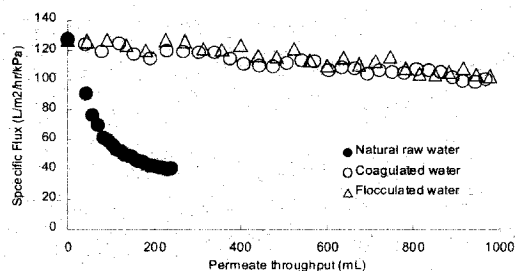


Fig. 3. Membrane filtration of pretreated waters at different conditions.

Table 2. Cake resistance and relative specific cake resistance at different coagulation conditions

	R_m	R_c	R_t	Relative specific cake resistance
Natural raw water	2.95×10^{10}	9.42×10^{10}	12.37×10^{10}	1.90×10^{10}
Coagulated water	3.02×10^{10}	3.31×10^{10}	6.32×10^{10}	4.39×10^8
Flocculated water	2.97×10^{10}	2.75×10^{10}	5.72×10^{10}	4.95×10^8

여 막여과를 하였을 때는 급격한 투과유속의 감소가 일어났으며 전처리를 한 경우에는 침전공정의 유무와는 관계없이 상당한 기간동안 투과유속이 유지됨을 보였다. 이는 응집공정을 통해서 막오염의 주요 원인 물질이 제거되었음을 나타낸다. 즉, 막오염 원인이 될 수 있었던 자연입자들이 막오염에 미미한 영향을 가지는 응집 플록으로 전환되었으며, 또한 막오염의 다른 원인 물질인 유기물은 플록으로 흡착되어 막오염에 영향을 거의 미치지 못하게 된 것이다.

다음은 막표면에 축적된 막오염 물질의 특성이 전술한 응집플록 존재의 유무에 따라 다를 수 있다는 것을 파악하기 위해 각 실험조건에서 투과유속이 초기투과유속의 약 40~50%가 될 때까지 막여과를 지속한 후 막표면층의 저항값과 상대적인 비저항값을 계산하였으며 그 결과를 **Table 2**에 제시하였다.

막오염 케이크의 비저항값은 시간에 따른 투과수 용량에 대한 실험데이터를 아래의 식에 대입하여 구할 수 있다.

$$\frac{t}{V_p} = \frac{\mu R_m}{A \Delta P} + \frac{\mu C \alpha V}{2 \Delta P A^2}$$

t 는 여과 시간, V_p 는 투과수의 부피, μ 는 점성계수, R_m 은 막 자체의 저항, A 는 막면적, ΔP 는 막간차압, C 는 원수의 입자상 물질 농도, 그리고 α 는 비케이크저항값을 나타낸다. 여기서, 이용한 상대적인 비저항값은 V_p 의 기울기 전체를 지칭한다.

전체 저항값의 경우는 세 가지의 시료 모두 상대적으로 비슷한 값을 보이고 있다. 이는 응집 전처리를 거친 시료의 경우 원수에 비해 약 11배 이상의 투과수를 생산함으로써 막표면에 유사한 정도의 막오염 물질이 축적되었음을 나타낸다. 하지만, 상대적인 비저항값은 전처리없이 원수를 처리한 경우가 응집전처리를 한 경우에 비해 약 100배 이상의 값을 보이고 있다. 이것은 자연 원수를 막여과 하였을 때 막표면

에 생긴 막오염층이 응집전처리를 한 경우에 생성된 막오염층보다 투과성이 훨씬 적어 투과수의 흐름을 많이 방해함을 나타낸다. 하지만, 침전공정의 유무, 즉 막유입수에서 플록의 존재 유무에 따른 차이는 아주 미미함을 보여주었다.

막여과 전처리의 유용성을 논의할 때 막투과유량의 저감과 함께 전처리를 한 경우에 세정효과가 더 탁월함이 언급된다(Lahoussine-Turcaud et al., 1990). 각 세가지 세정방법을 통하여 자연원수, 응집침전수, 그리고 응집후 플록 함유수의 세척효과를 실험하였으며 **Fig. 4**가 그 결과이다. 세정 효과 실험에서도 막오염을 동일하게 일으키기 위해 초기투과유속의 약 50% 정도까지 플럭스가 감소한 후에 세척을 실시하였다. 전술한 연구결과와 유사하게 같은 정도의 투과유속의 감소를 나타내었다 하더라도 전처리를 하지 않은 원수의 경우가 훨씬 세척하기 어려운 막오염층을 생성하였음을 보여주고 있다. 전처리를 수행한 경우의 막오염층은 원수에 비해 약 2배 정도로 세정효과가 탁월함을 보여주었다. 침전공정의 여부는 전처리 여부에 비해 그 영향은 미미하였으나 플록을 함유하고 있는 경우가 알카리 세정에 의한 유기물질 막오염층의 제거가 어려움을 보여주고 있다.

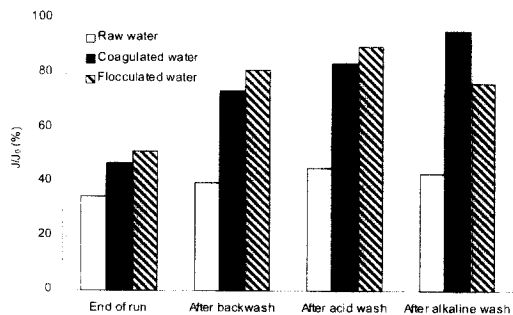


Fig. 4. Membrane Cleaning: Effects of different coagulation conditions.

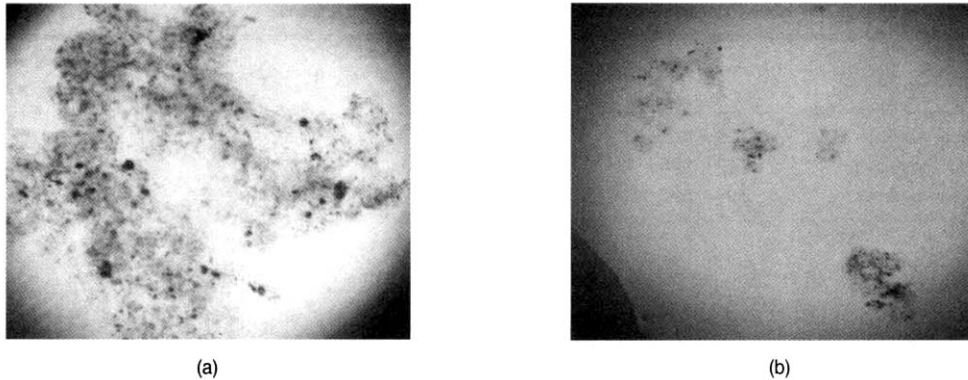


Fig. 5. Microscopic images of flocs by coagulation of the natural water (a) right after aggregation, (b) after breakage of the flocs.

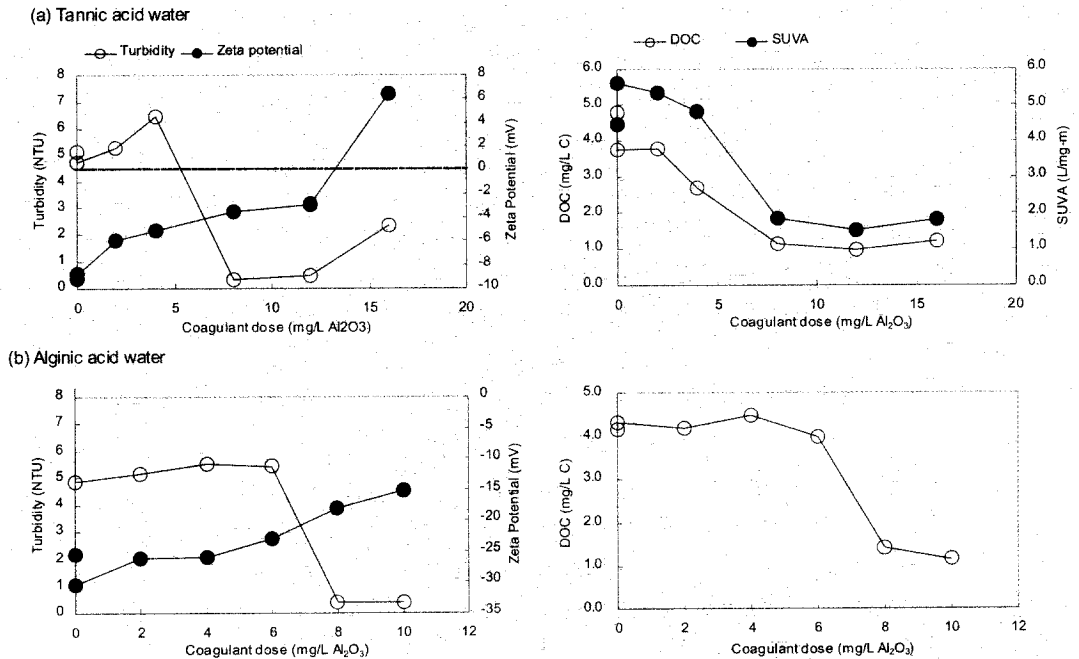


Fig. 6. Coagulation pretreatment of synthetic waters with either tannic acid or alginate acid.

3.3. 플록의 관찰

자연원수를 이용한 응집실험에서 생성된 응집 플록의 외형적인 특성을 살펴보기 위해 현미경 관찰을 수행하였다. Fig. 5에 나타난 바와 같이 완속 교반 직후에 생성된 응집플록은 약 1000 μ m 정도의 큰 플록들로 구성되어 있었다. 하지만 응집조에서 저류조로의 운반 과정 중에서 대부분의 플록은 약 150~300 μ m 크기의 플록들로 쉽게 깨어짐을 관찰할 수 있었다.

이러한 관찰을 통해 두가지 사항을 고려할 수 있다. 하나는 응집 혼화조에서 생성된 플록과 펌프나 저류조 등의 장치를 통과하고 막여과로 유입되는 플록이 다를 수 있다는 것이다. 이것은 응집 플록의 특성을 응집조건에서만 관찰하기 보다는 막여과 유입부 바로 앞에서 관찰하는 것이 적절하다는 것을 나타낸다. 두 번째는 in-line 응집이나 침지형 응집 막여과 시스템의 경우 표준 응집혼화 공정과는 다른 응집플록이 생

성될 수 있다는 것은 시사한다.

또한, 흥미로운 점은 관찰된 플록을 함유한 전처리수의 탁도가 약 71NTU로 높음에도 불구하고 투과 유속 감소가 아주 미미하게 나타난다는 점이다. 플록의 크기가 막공극에 비해 상대적으로 크기 때문에 막공극을 폐색할 가능성은 작다. 하지만, 이미지에서 보듯이 현상적으로 흡사탕같이 끈적해 보이는 유기물이 뒤덮혀 있는 플록들이 막표면에 축적되었을 때 수류 저항이 생길 여지가 있음에도 불구하고 투과 유속의 저하는 아주 작았다.

3.4. 입자상 물질 및 용존유기물의 특성에 따른 막오염 현상

생성된 응집 플록의 현상적 관찰을 통해서 유기물의 존재를 확인하였으므로, 용존유기물의 특성이 소수성과 친수성으로 다를 때 이러한 특성변화가 응집 플록의 생성 및 막오염에 미치는 영향을 고찰하기로 하였다. 유기물 대체물질로는 소수성 유기물인 타닌산과 친수성 유기물인 알긴산이 이용되었다. 응집제 투여량의 증가에 따른 응집과정에서의 처리효율은 Fig. 6에 나타내었다. 최적 응집제 주입량은 자연원수와 비교하였을 때 약간 증가된 8mg/L Al_2O_3 으로 나타났다. 두 인공조제수의 경우 비슷한 응집 양상을 보였으며, 유기물의 농도 역시 DOC 면에서는 아주 비슷하였다. 가장 다른 점은 SUVA값으로서 타닌산 원수는 약 5 L/mg-m의 값을 나타내었으나 알긴산 원수의 경우 거의 0에 가까운 값을 나타내어 그림에 표현하지 않았다. 입자물질로 카울린 첨가되었으며 이의 영향을 확인하기 위해 유기물이 없는 상태로 카울린만으로 같은 조건에서 응집 실험과 막여과 실험이 이루어 졌다. 응집실험 결과, 탁도에 근거한 최적 응집은 다른 원수에 비해 약간 낮은 주입량인 3mg/L Al_2O_3 에서 이루어졌다.

최적 응집조건을 이용하여 전처리한 경우의 막오염 정도를 파악하기 위해 막여과 실험이 수행되었으며 그 결과는 다음 Fig. 7에 나타내었다. 자연원수와는 달리 카울린만을 함유한 원수를 포함하여 인공원수들의 경우, 원수만으로는 막오염이 거의 일어나지 않았으나 플록을 함유한 경우에는 상당한 정도의 투과 유속 감소가 일어났음을 확인할 수 있었다. 이 결과는 원수내에 약 4mg/L C의 DOC농도가 존재한 것

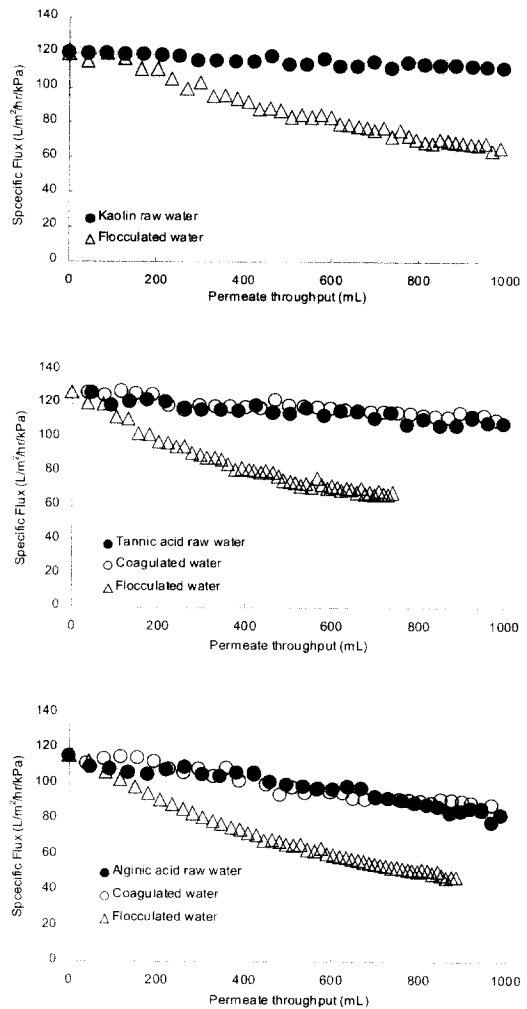


Fig. 7. Flux decline: three different synthetic waters with raw, coagulated, and flocculated conditions.

을 감안하며 어떤 특정한 경우에는 생성된 플록이 막오염에 심각한 영향을 끼칠 수도 있음을 나타낸다. 즉, 유기물의 존재에 따라 어느 정도의 투과 유속의 저하가 일어날 수는 있으나 본 실험의 경우는 플록에 의한 영향이 지배적임을 알 수 있었다.

자연원수와는 상당히 다른 특성을 보이는 카울린 플록에 대해 현상적인 관찰을 시도한 결과는 다음 Fig. 8에 나타내었다. 자연 원수의 플록과 같이 초기 깨어지기 전의 플록은 약 1000 μm 의 큰 플록이었다. 막투과유속의 감소에 영향을 미친 깨어진 카울린 플록의 경우, 자연원수의 플록에 비해 더 작은 크기로

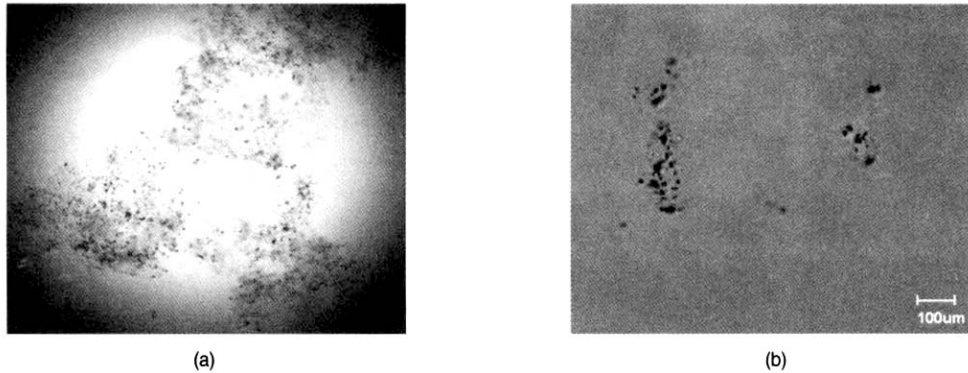


Fig. 8. Microscopic images of flocs by coagulation of the synthetic water with kaolin alone (a) right after aggregation, (b) after breakage of the flocs.

깨어짐을 확인할 수 있었고, 또한 플록의 모양 역시 자연원수에 비해 훨씬 견고한 모양을 하고 있었다.

관찰된 플록의 이미지는 일반 광학현미경을 통해 크기와 형태에 한해서만 가시적으로 확인한 것이므로, 추후에는 시료 내에 존재하는 물질의 성분분석(소수성/친수성/무기물)이나 미세 플록의 SEM 관찰 등 좀더 심도 있는 분석을 통하여 플록이 막오염에 미치는 악영향의 원인에 대한 더 깊은 연구가 필요하다고 사료된다.

4. 결론

응집공정을 전처리로 한 정밀여과 공정에서 전처리 효과에 따른 막오염 현상과 응집공정에서 생성된 응집플록이 막오염 미치는 영향을 고찰하고자 하였으며 아래와 같은 결론을 도출하였다.

(1) 자연원수로 이용한 된 A 정수장 취수원수의 경우, 전처리없이 막여과 한 경우에 상당한 막오염을 일으킴을 알 수 있었다. 이는 한강원수를 이용하여 정밀막여과처리를 도입하는 경우에는 전처리가 필요함을 나타낸다. 또한, 원수의 용존 유기물의 농도가 DOC로 측정되었을 때 약 2.2mg/L로서 높은 농도가 아니므로 유기물에 의한 막오염을 최소화하기 위해서 선택할 수 있는 전처리 방법이 제한적임을 시사한다.

(2) 자연원수의 응집처리후 침전공정 없이 응집플록을 함유한 상태로 막여과 하는 경우, 높은 입자상 물질농도에도 불구하고 투과유속의 변화는 미미하였으며 생성된 막케이크층 역시 응집플록이 제거된 상

태로 막여과한 경우와 유사한 수류저항값을 나타내었다.

(3) 소수성 및 친수성 유기물 대체물질을 이용하여 용존 유기물의 특성이 다른 경우 응집침전이 막여과에 미치는 영향을 파악한 결과, 자연원수와는 상이하게 응집플록에 의해 상당한 정도의 막오염이 발생함을 보여주었고, 이 결과는 어떤 특정 조건에서는 플록이 막오염에 악영향을 미칠 수도 있음을 나타낸다.

참고문헌

- 김수한, 박희경(2004) 인라인 주입방식을 활용한 응집-정밀여과 공정의 효율향상, *대한환경공학회지*, 26(1), pp. 7-14.
- 오정익, 이석현(2004) On-line streaming potential 측정에 의한 in-line 약품응집/정밀여과 공정의 최적화, *상하수도학회지*, 18(4), pp. 522-528.
- Braghetta, A., Price, M., Hentz, C., and Stevenson E. (2000) Impact of Clarification and Adsorption Pretreatment on UF Operational Performance and Taste and Odor Removal. In *Proc. of the annual AWWA Conference*. Denver, CO.: AWWA.
- Carroll, T., King, S. Gray, S.R. Bolto B.A. and Booker, N.A. (2000) The Fouling of Microfiltration Membranes by NOM After Coagulation Treatment, *Wat. Res.*, 34(11) 2861-2868.
- 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.
- Lahoussine-Turcaud, V., Wiesner, M.R. Bottero, J., and Mallevalle, J. (1990) Coagulation in Pretreatment for

- Ultrafiltration of a Surface Water. *Jour. AWWA*, **82**(12), 76-81.
- Lee, J., Lee, S., Jo, M., Park, P., Lee, C., and Kwak, J. (2000) Effect of Coagulation Conditions on Membrane Filtration Characteristics in Coagulation-Microfiltration Process for Water Treatment, *Environ. Sci. Technol.*, **34**(17), pp 3780-3788.
- 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 Drinking Water Production, *Desalination*, **145**, pp. 237-245.
- Wiesner, M.R., Clark, M.M. (1989) Membrane Filtration of Coagulated Suspensions, *J. Environ. Eng.*, **115**(1), pp. 20-40.