

모세관 사이폰 현상을 이용한 부유물질제거

김수정*, 김창원, 신춘환¹, 장정국¹, 박동근¹
부산대학교 환경공학과 · ¹동서대학교 환경공학과

1. 서론

부유물질은 각종 수처리 시설의 효율을 저하시키고 유지관리를 어렵게 하는 원인이 된다. 따라서 수처리 과정에서 부유물질을 제거하기 위한 공정은 수처리 장치의 효율적이고 원활한 유지관리와 수환경개선을 위하여 필수적이다.

부유물질을 제거하기 위한 단위공정으로 가장 보편적인 방법은 침강 또는 부상, 여과, 막분리 등이 있으나, 이러한 방법은 과도한 응집제와 동력을 요구한다. 중력을 이용한 침전법과 부상분리법은 1차처리 혹은 2차처리에 적용하는 기술이기 때문에 일정 수준 이상의 부유물질 제거 효율을 기대하기는 어렵다. 입자 크기를 이용한 여과 및 막분리는 부유물질의 제거효율은 좋으나 유입되는 부유물질의 농도가 너무 높으면 운전이 곤란하다. 특히 막분리법은 용존 고형물까지 제거할 수 있는 장점이 있으나 막의 파손과 막힘 문제로 과도한 운영 경비를 요구하는 단점이 있다.

본 연구는 종래의 침전, 여과, 막분리와는 달리 모세관 사이폰 현상을 이용한 부유물질 제거 장치를 개발하여 그 성능을 확인하였다.

2. 장치 및 실험

본 연구에서 수행한 실험 내용을 Table 1.에 요약하였다.

실험 1은 1가닥의 직경이 약 30 μ m 정도인 모세관 형성 섬유사가 약 10000개로 구성된 다발을 이용하여 모세관을 통한 부유물질의 제거 가능성을 검토하였다. 약 8 l 들이 아크릴 수조의 상변 15cm 길이에 상기 모세관 15 다발을 안팎으로 걸쳐 모세관 월류 유로를 만들고, 지하수, 활성슬러지 혼합액, 양어장 순환수 등을 원수로 하여 처리수 생산 속도, 수질 등을 파악하였다.

실험 2는 상기 모세관 형성 섬유사 다발을 이용한 부유물질 제거 장치를 개발하여 연속실험하였다. 본 장치는 원수 유입부, 모세관 사이폰을 통한 부유물질 제거 및 처리수 월류 배출부, 세척수 배출부, 과부하수 배출부로 구성되어 있다. 장치의 효율을 높이기 위하여 처리수 월류부를 다단으로 설치할 수 있도록 하였다. 실제 실험은 장치로부터 배출되는 모든 처리수와 과부하수를 원수조로 순환하였으며, 원수의 탁도는 매일 카울린을 10 - 50g씩 추가하여 조정하였다. 이때 원수 및 처리수의 탁도 및 입도분포 분석을 하였다.

Table 1. 모세관 월류 현상을 이용한 부유물질의 제거장치 실험 개요.

실험	목적	검토내용	실험방법
실험1.	모세관월류를 통한 처리속도 ($\ell/hr/m$)와 반응조 상변으로 부터 원수 수면까지의 거리(head) 및 모세관의 오염도와의 관계	head에 따른 처리속도 ($\ell/hr/m$), SS(mg/ℓ) 확인.	모세관다발을 안팎에 걸쳐 수조 내부의 반응액이 밖으로 배출될 수 있도록 모세관 통로를 형성시키고, 모세관을 통한 월류길이는 15cm로 하고 head에 따라 시간(min)과 유출량($m\ell$)을 측정하여 모세관길이에 대한 누적속도($\ell/hr/m$) 및 구간속도($\ell/hr/m$)를 측정. 또, 활성슬러지 반응액(농도 28 mg/ℓ 과 10.6 mg/ℓ)과 양어장수(30 mg/ℓ)의 처리 가능성 평가.
실험2.	카울린으로 탁수를 제조하여 무기성 SS의 연속적인 분리효능을 확인.	탁도, SS농도, 입도분포, 처리속도	모세관 월류 장치의 단위 길이당 처리속도를 측정하고 원수와 처리수의 SS와 탁도를 측정하고 입도분석을 행함. 탁도는 탁도계(Turbidimeter DRT-100B)사용, SS측정은 수질오염공정시험법을 따랐다. 입도분석은 PARTICLE SIZING SYSTEMS(Model 770 AccuSizer)을 이용하여 처리수와 원수에 대해서만 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 모세관 사이폰 현상을 이용한 부유물질 처리 가능성 평가

모세관 사이폰 현상을 이용한 부유물질 처리 결과를 Table 2.에 나타내었다. 활성슬러지 반응액과 양어장 순환수에서 모세관 월류부의 단위 길이당 처리속도는 20 $\ell/m/hr$ 로 나타나 1 m^2 당 모세관 월류부를 20m 정도 설치하고, 10단 정도 입체적으로 배열하면 응집제의 사용없이도 모래여과 보다 우수한 수질의 처리수를 약 100 $m^3/d/m^2$ 의 속도로 생산할 수 있음을 알 수 있다.

Table 2. 모세관을 통한 월류속도와 처리수 수질

실험 대상수	원수수질(mg/ℓ)		head(mm)	모세관 통과 유속 ($\ell/m/hr$)	처리수의 부유고형물 평균농도 (mg/ℓ)	부유고형물 제거율(%)	비고
	용존 고형물	부유 고형물					
지하수	120	0.4	10	35-125 (평균 80)	0.35	-	모세관 통과 유량은 모세관의 세척정도와 반응조 상변과 수면까지의 거리에 밀접한 관계가 있음을 확인 하였음.
			20	30-117 (평균 77)			
			40	25-105 (평균 63)			
			80	20-78 (평균 48)			
활성슬러지 반응액	-	10.6	10	28 - 57	1.9	93.2	모세관 통과 유량은 부유물질의 농도, 세척정도, 반응조 상변과 수면사이의 거리 등에 관계하나, 가장 민감하게 작용하는 요소는 모세관의 세척정도를 알 수 있었음. 또 처리수의 부유물질 농도는 원수의 수질보다는 반응조 상변에서 수면까지의 거리에 관계함을 알 수 있었다.
			15	25 - 47	1.0	93.1	
			25	25 - 39	0.6		
			50	17 - 33	0.6		
양어장 순환수	-	30	15	18 - 45	3.8	87.3	미세조류와 같은 부유물질은 일부 유출됨을 알 수 있었음.

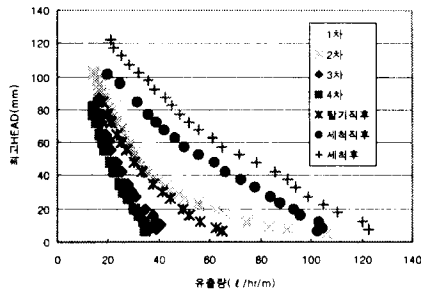


Fig 1. 최고HEAD에 따른 구간유출량

Fig 1.로부터 구간유출량으로 모세관 통과유량은 모세관의 세척정도와 반응조 상변과 수면까지의 거리에 일정한 관계가 있음을 확인하였다. 반응조 상변과 수면까지의 거리가 적을수록 모세관 통과유량은 많아지고, 모세관의 세척정도에 따라 모세관 통과유량에 영향을 받음을 알 수 있었다.

3.2 카울린을 사용한 연속처리 결과

Fig 2.은 연속운전에 따른 처리속도를 나타낸 것으로 모세관에 부유물질이 축적되면 처리속도가 떨어짐을 알 수 있었다. 이때 처리수의 약 2%의 세척수로 모세관을 세척하면 다시 처리수량은 회복되었다.

Fig 3.는 연속처리시 원수와 처리수의 입도 분포를 나타낸 것이다. 처리가 완전히 진행된 t01의 경우 $2\mu\text{m}$ 이상의 입자는 거의 100% 제거됨을 알 수 있었다.

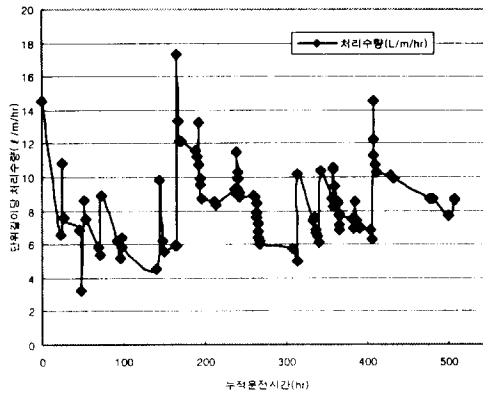


Fig 2. 운전시간에 따른 단위길이당처리수량

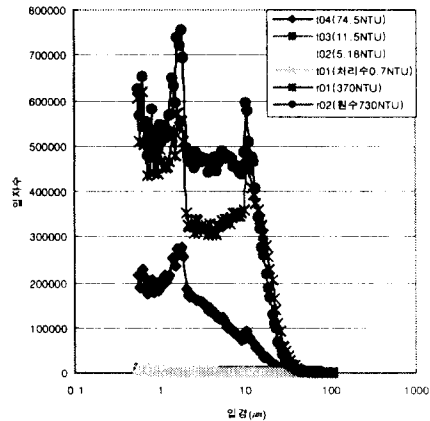


Fig 3. 입경에 따른 입자수 분포($0.5\mu\text{m}$ 이상)

4. 결론

상기의 실험결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

- (1) 모세관 사이폰 현상을 이용하여 무동력, 무약품으로 부유물질을 고도 처리할 수 있었다.
- (2) 처리속도는 모세관에 축적되는 부유물질의 양에 가장 민감하게 영향을 받았다. 처리속도의 향상을 위한 지속적인 연구가 필요하다고 사료된다.