

생물여과를 이용한 고도정수처리

○ 김충환¹⁾

1. 서론

하천수를 원수로 하는 정수처리장에서 겨울철 고농도의 암모니아성질소를 제거하기 위하여 파괴점염소처리를 실시하고 있으나 높은 유기물농도로 인하여 부수적으로 THM의 발생 등의 문제가 유발되고 있는 실정이다. 또한 고도정수처리시설을 도입한 정수장에서는 파괴점염소처리를 실시한 후 발생한 THM 및 원수중의 THMFPP는 활성탄흡착공정으로 처리하고 있으나 짧은 활성탄의 재생주기 등으로 인하여 운영비의 상승 등의 문제점이 유발되고 있다. 특히 고도정수처리시설에서 생물활성탄은 겨울철 1-2 mg/L이상의 고농도 암모니아성질소의 제거에는 한계가 있기 때문에 처리효율을 기대하기 어렵다. 따라서 일부 선진외국에서는 파괴점염소처리나 생물활성탄에 의한 암모니아성질소의 처리문제점을 보완하기 위하여 생물여과를 이용한 전처리법을 도입하고 있다. 본 연구에서는 하니컴여과를 이용한 생물여과 전처리법을 고도정수처리공정으로 도입할 경우 암모니아성질소 제거효율 및 후속의 정수처리공정에 미치는 영향을 파악하였다.

2. 실험장치

K수도 고도정수처리 실증플랜트내에 설치한 생물여과 실험장치는 <표 1>과 같이 크기가 W(폭)0.5 m×L(길이)0.5 m×H(높이)1.6 m인 반응조를 같은 크기의 2조를 2단으로 설치하였다. 수리학적 체류시간 2시간 수량부하는 50 ℓ/m²·일로 하였고, 여과조에 주입한 하니컴여과의 충진율은 60 %였다. 하니컴여과의 셀크기는 1번의 길이가 20 mm로서 육각형의 구조이며 전체 표면적은 100 m²이다. 또한 하니컴여과에 부착되는 미생물을 증식 및 유입수를 혼합시키기 위하여 하나의 여과조에 공기압축기를 이용하여 100-150 ℓ/분 의 공기를 주입하였다.

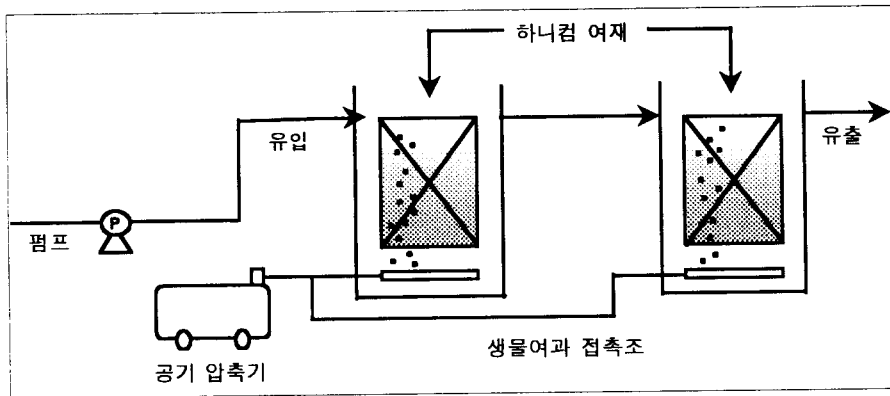
실험공정은 <그림 1>과 같이 원수를 전처리없이 직접 여과조에 주입하였으며, 1단 여과조에 주입된 원수가 다시 2단 여과조로 주입되는 구조이다. 수질분석 항목은 수온, pH, 용존산소, 탁도, 암모니아성질소 및 KMnO₄소비량 등이었고, 후처리공정에 미치는 영향을 조사하기 위하여 응집 (Jar-Test)실험을 실시하였다.

○ 원수→1단 생물여과조→2단 생물여과조→처리수

1) 한국수자원공사 수자원연구소 선임연구원

<표 1> 생물여과 (하니컴식) 실험장치의 사양

계획처리수량	10 m ³ /일	수량부하	50 ℓ/m ² ·일 (10m ³ /일) × 2조
조용량	0.4 m ³ × 1조	하니컴용적	0.25m ³ (표면적100m ²) × 1조
조크기	W0.5m × L0.5m × H1.6m (× 1조)	하니컴크기	W0.5m × L0.5m × H1m (× 1조)
수리학적체류시간	2시간 (10m ³ /일) × 2조	하니컴셀크기	20mm (변길이10mm, 육각형)
여재접촉시간	70분 (10m ³ /일)	공기량	150 ℓ/분 (× 1조)
충진율	60 %	처리형태	2단처리 (분할전면폭기법)



<그림 1> 생물여과 실험장치의 모식도

3. 실험결과

K수도 원수의 생물여과실험은 미생물을 부착시키기 위하여 수량부하를 점차 증가시켜 가면서 수온이 18 °C 전후인 1998년 10월 하순부터 시작하였다.

수량 부하는 <표 2>와 같이 초기 약 2주 정도는 22.5 ℓ/m²·일 (일반적인 설계 수면적부하 약 100 ℓ/m²·일)로 저수량부하로 운전하였고, 연속하여 2주간은 초기의 2배정도인 45 ℓ/m²·일로 한 후 12월 초순부터는 계획실험 수면적부하 50 ℓ/m²·일로 실험을 실시하였다.

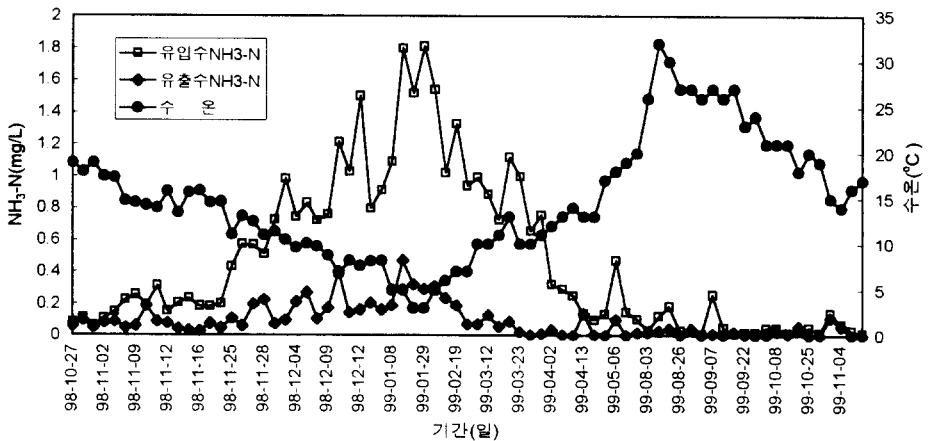
암모니아성질소는 <그림 2>에 나타낸 것과 같이 원수의 수온은 3-32 °C, 평균 14.9 °C, 암모니아성질소의 농도는 0.01-1.81 mg/L, 평균 0.41 mg/L, 95 %치 1.51 mg/L이었을 때 유출수의 농도는 0.00-0.47 mg/L, 평균 0.092 mg/L로 평균 78 %가 제거되었다. 특히 수온이 10 °C 이상인 1999년 4월에서 11월까지의 농도가 0.01-0.57 mg/L, 유출수의 농도는 0.00-0.14 mg/L이었고, 실험을 시작한 후 2개월이 경과한 12월에서 수온이 약 10 °C 이하인 3월까지의 겨울철 시기에는 원수의 암모니아성질소농도가 0.66-1.81 mg/L, 유출수의 농도는 0.00-0.47 mg/L로서 먹는물의 수질기준 0.5 mg/L를 달성할 수 있는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 겨울철 고농도의 암모니아성질소 유입시 생물여과에 의한 제거가 가능한 것으로 나타났으나 겨울철시기는 그외의 시기보다 처리수의 수질이 악화되는 것으로 나타났다.

또한 유입수의 pH 및 용존산소가 각각 7.16-7.60, 8.70-12.78 mg/L이었을 때, 유출수는 각각

7.23-7.78, 8.80-13.26 mg/L이었다. 겨울철시기인 12월의 탁도 및 KMnO₄소비량은 각각 유입수가 6.7-9.6 NTU, 7.0-9.3 mg/L일 때 유출수는 각각 5.6-9.3 NTU, 7.0-9.3 mg/L이었다.

<표 2> 생물여과실험에서 수량부하의 변화

항 목	수량 부하 ($l/m^2 \cdot 일$)	처리용량 ($m^3/일$)	체류시간 (시간)
1기 (10월27일-11월17일)	22.5	4.5	4.2
2기 (11월18일-30일)	45	9.0	2.1
3기 (12월1일-)	50	10.0	2.0



<그림 2> 생물여과장치 유입, 유출수의 암모니아성질소 농도 변화

생물여과처리수의 응집특성을 조사하기 위하여 K정수장에서 사용하고 있는 액체황산알루미늄을 이용하여 K정수장과 동일한 조건으로 원수 및 생물여과처리수의 Jar-Test실험을 4회 실시하였다. 원수 및 생물여과처리수에 응집제 주입량 10, 15, 20, 25, 30 mg/L, 450 rpm 4초, 25 rpm 10분간 교반하였다. 일정시간후 상등액의 탁도를 측정된 결과는 <표 3>과 같이 원수의 탁도범위가 7.4-9.6 NTU이었을 때 응집제의 주입량이 증가함에 따라 탁도의 제거효율도 증가하여 응집제 25 mg/L주입하였을 때 평균탁도 0.76 mg/L으로서 91 %의 제거효율을 나타내었으며, 생물여과처리수도 원수와 마찬가지로 응집제주입량이 증가함에 따라 제거효율도 증가하여 응집제 주입량 25 mg/L이었을 때 평균탁도 0.58 mg/L로서 91 %의 제거효율을 나타내었다. 그러나 생물여과처리수의 탁도는 원수보다 25 %감소하여 응집제의 주입량을 동일한 조건인 25 mg/L 주입하였을 때 탁도의 제거효율도 원수보다 25 %증가하였다. 이와같이 생물여과처리수는 탁도의 제거효율이 원수보다 양호하였으며 실제공정에 도입시에는 응집제의 절감효과 및 양호한 수질을 기대할 수 있을 것이다.

<표 3> 응집제 주입량 (mg/L)에 따른 탁도 (NTU)변화 비교

항 목	원 수		생물여과처리수	
	범 위	평 균	범 위	평 균
0	7.4-9.6	8.4	4.5-10.8	6.3
10	1.6-8.0	4.6	1.1-9.1	3.6
15	0.98-2.9	1.7	0.73-2.2	1.1
20	0.56-1.5	0.90	0.46-1.0	0.62
25	0.49-1.2	0.76	0.48-0.75	0.58

4. 결 론

우리나라와 같이 겨울철 고농도의 암모니아성질소가 유입되는 시기에 파괴점염소처리와 오존-생물활성탄공정을 조합하여 도입하기 위해서는 고농도 잔류염소가 오존-생물활성탄공정으로 유입되어 발생하는 정수처리장해를 해결하여야 하며, 기존의 고도정수처리시설에서는 탈염소 공정의 도입이나 운전의 개선이 필요하다. 아울러 암모니아성질소를 제거하기 위한 代案技術로는 생물여과 전처리 등의 도입으로 염소처리에 의한 정수장해 등의 문제점을 개선할 수 있을 것이다. 본 연구에서는 비록 낮은 수면적부하인 $50 \text{ l/m}^2 \cdot \text{일}$ 에서 실험을 실시하였으나 암모니아성질소의 제거는 10°C 이하의 저수온에서도 먹는물수질기준 이하로도 처리가 가능하였고, 응집제의 주입량도 절감할수 있는 것으로 나타났다. 그러나 이러한 결과를 현장에 적용하기 위해서는 경험의 축적 및 Scale-up에 의한 확정실험이 필요할 것이다.