

하수처리장 방류수를 이용한 인공함양 가능성 평가

김병균, 서인석, 홍성택, 김형수
한국수자원공사 수자원연구소
e-mail : bgkim@kowaco.or.kr

Abstract

The main purpose of this research is to find suitable treatment methods of wastewater effluent for artificial recharge. For this purpose, we search the effluent quality of wastewater treatment plant and possibility of additional filtration process. Particles ranged 2~5 μm and 15~20 μm in "T" WWTP(WasteWater Treatment Plant) effluent were relatively dominant. In dual-media filtration system operation, head-loss development of column 1 was about two times faster than column 2, and head-loss development within 5 cm from surface was very important factor in operation, Conclusively, for the stable filtration and running time of 1.5~2 day, influent turbidity must keep 5 NTU or below, and filtration system must operated at 280 m/day or below.

After filtration of WWTP effluent, water quality reached satisfactory level. This water has potential of agricultural reusing, flushing water in building, recharging water to river or stream at dry season and artificial recharge of ground water.

key word : Reuse, Wastewater treatment effluent, Dual-media filtration, Artificial groundwater recharge

1. 서론

하수처리장 방류수는 물이 부족한 지역을 중심으로 귀중한 수자원으로 인식되어 왔으며, 최근에 물부족 현상이 심각하게 대두됨에 따라 우리나라에서도 하수방류수의 재이용에 대한 기술 개발과 관심이 고조되고 있는 실정이다. 하수방류수는 비교적 안정된 수질을 가지고 있고 년중 수량의 변동이 거의 없는 유용하면서도 막대한 수자원으로서 수자원의 효율적 활용 및 하천의 수질 관리 측면에서 재이용에 대한 큰 목적으로 이용되고 있다. 재이용은 화장실 세정수, 생활용수, 공업용수, 농업용수 및 지하수 인공함양 등의 광범위한 용도로 사용된다. 최근들어 우리나라에서도 하수의 배출기준 강화 및 질소 및 인 농도규제 등 하수의 고도처리에 대한 법적 조치가 취해지고 있고, 더욱 강화될 것으로 예상되어 고도처리한 하수방류수의 활용성이 더욱 증대되리라 기대된다. 본 연구는 우리나라에서 현재 가동되고 있는 하수처리장 방류수를 대상으로 pilot plant를 운영하여 처리에 영향을 미치는 인자를 파악하고, 방류수의 수질이 지하수 인공함양수로의 활용이 가능한지를 예비적으로 검토하는데 그 목적이 있다.

2. 본론

· 하수처리장 방류수 처리를 위한 Pilot plant 제작

본 연구는 pilot plant 규모의 여과실험으로서 모래와 안트라사이트의 입경을 변화시켜가

며 실험을 수행하였다. 제 1 칼럼은 정수장에서 주로 사용하는 이중여재와 같은 여재크기로 하였으며, 제 2 칼럼은 모래 및 안트라사이트의 크기를 모두 증가시켰다. 본래는 제 1 칼럼 여재 유효입경의 2배 정도로 증가시키고자 하였으나, 현재 상업화되어 판매되고 있는 여재를 분석한 결과, 만족할 만한 여재를 구입할 수가 없었다. 제 3 칼럼은 제 2 칼럼에서 모래는 그대로 두고 안트라사이트의 입경만 약간 크게 조정하였다. 그림 1에는 Pilot plant의 모식도를 나타내었다. sampling port는 수두측정 및 시료채취를 모두 할 수 있도록 설치하였으며, 연속 탁도측정기를 설치하여 연속적으로 탁도를 분석하였다.

· 대상하수처리장의 현황 및 수질분석

대상하수처리장인 T 하수처리장은 우리나라 하수처리의 전형적인 방법인 활성슬러지법으로 운영되고 있다. 유입된 하수는 침사지→최초침전지→폭기조→침전조를 거쳐 처리되며, 슬러지는 농축→소화→탈수→매립으로 처리되고 있다. 현재 300,000 m³/day의 용량을 처리하기 위해 폭기조의 용량은 37,440 m³ 규모 2지(총 74,880 m³)로 운영하고 있어 수리학적체류시간은 대략 6~8시간정도이다. 연중 온도는 8~27 °C의 범위이었으며, 방류수 BOD₅ 농도는 평균 13.3, COD_{mn}은 9.55, SS는 10.9, T-N은 19, T-P는 1.17 mg/L로 비교적 안정적으로 처리되고 있는 하수처리장이다.

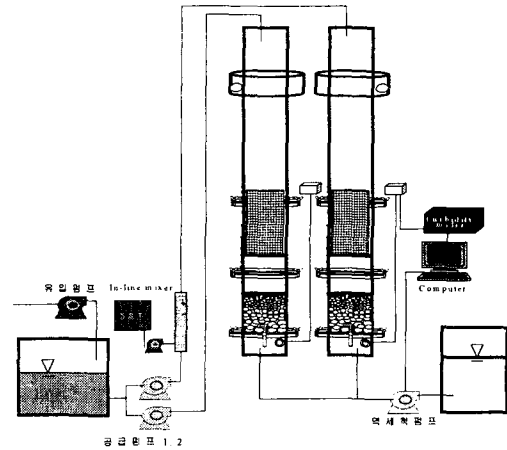


그림 1. Pilot plant 모식도

· 하수 방류수 부유물질의 입도분석

T 하수처리장 방류수의 입도분석을 실시한 결과, 하수처리장 방류수에는 2~5 μm 와 15~20 μm 범위의 입자가 비교적 많이 존재하는 것으로 나타났다.

· 여과실험

- 여과속도평가

여과지의 효율적 운영을 위한 여과지속시간을 확보하기 위해서는 하수처리장 방류수의 탁도(SS 농도)가 절대적으로 감소하여야 한다는 사실을 알 수 있었다. 실험결과에서도 유입수 탁도가 5 NTU 이상에서는 여과속도를 크게 낮추어 운영하여야 하며, 3 NTU 이하로 유입되는 경우에는 충분한 여과속도 및 여과지속시간을 확보할 수 있을 것으로 판단된다. 또한, 유입수의 탁도는 여과지속시간에 큰 영향을 끼치는 것으로 나타났다. 실제 여과지에서와 같이 2 m 정도의 수두를 확보할 경우, 제 2 여과칼럼에서는 유입탁도가 5~7 NTU이고, 여과속도가 280 m/day인 경우 여과지속시간은 약 24시간(1일) 정도가 될 것으로 예상된다. 또한, 여과속도가 187 m/day인 경우에는 여과지속시간이 1.5~2일정도 될 것으로 예상할 수 있다. 본 연구대상 하수처리장의 방류수를 대상으로 한 여과공정의 운영시 1.5~2일 정도의 안정적인 여과지속시간을 유지하기 위해서는 탁도를 5 NTU 이하(평균 3 NTU) 정도로 낮추는 방안이 강구되어야 하며, 여과속도를 280 m/day이하로 유지하여야 할 것으로 판단된다.

- 여과공정에서 탁도물질의 입도분석

효율적인 여과공정의 운영을 위해 여과 전 후의 입자분포를 파악하였으며, 시간에 따른 각각의 sampling port에서 시료를 채취하여 입도를 분석하였다(그림 2). 제 1 및 2 칼럼을 이용한 여과공정에서 1, 4, 8, 23시간의 운영시간에 시료를 채취하여 입도를 분석한 결과, 제 1 및 2 칼럼에서 여과공정 후에 10 μm 이상은 거의 존재하지 않고 제거되었으며, 10 μm 이하가 차지하는 비율이 남아 있는 전체 입자의 93~95 %에 이르고 있어 상대적으로 큰 입자가 제거되고 작은 입자만이 남아 비율이 증가된 것을 알 수 있다.

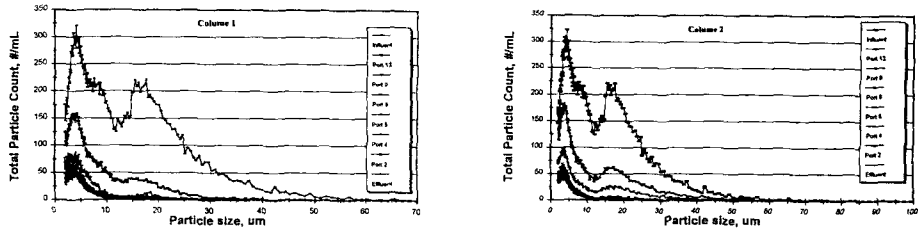


그림 2. Column 1(좌) 및 2(우) 에서 각각의 Sampling port에서 입도 분석결과

- 물리화학적 탁도제거

Alum을 이용한 응집실험 결과에서는, 0~110 mg/L의 범위에서 실험을 수행하였으며, 하수처리장 방류수의 초기탁도는 5.5 NTU 이었으며, 50 ppm 첨가시 2.1 NTU, 90 ppm을 첨가시 0.2 NTU 까지 감소하였다. Alum을 이용한 응집처리시 인의 제거효율은 크게 증진되는 것으로 나타났다. 약 30 ppm을 첨가시 약 0.2 mg/L 까지 감소하였다. 그러나 NH₃-N의 제거효율은 미미하였다.

무기고분자응집제인 PAC(Poly Aluminum Chloride)를 이용한 응집실험결과에서도 탁도 및 인의 제거효율은 우수한 것으로 나타났다.

3. 결론

- ① T 하수처리장 방류수의 수질측정 결과, 특이한 오염물질은 없는 것으로 나타났으며, 특히, 농업, 공업 및 생활용수의 수질기준에 있는 트로글로로에틸렌이나 테트라클로로에틸 등은 존재하지 않았다. 질산성질소의 농도가 비교적 높은 편이나 용존상태의 COD 및 BOD 등은 양호한 것으로 나타났다.
- ② T 하수처리장 방류수의 입도를 분석한 결과, 하수처리장 방류수에는 2~5 μm 와 15~20 μm 범위의 입자가 비교적 많이 존재하는 것으로 나타났다.
- ③ 3개의 여과칼럼을 이용하여 여러 가지의 여과속도 및 유입탁도에서 실험한 결과, 유입탁도가 5~7 NTU인 경우, 여재의 구성이 가장 중요하며, 기존의 정수장에서 사용하는 제 1 칼럼과 같은 여재의 구성으로는 여과공정 운영에 큰 무리가 있을 것으로 판단되며, 하수 방류수 처리시에는 정수장 사용 입경보다 유효입경(E.S)을 약간 증가시켜 적용하여야 유출수 탁도에는 문제가 없는 범위에서 여과속도를 증가시킬 수 있을 것으로 판단된다.
- ④ 본 연구대상 하수처리장의 방류수를 대상으로 한 여과공정의 운영시 1.5~2일 정도의 안정적인 여과지속시간을 유지하기 위해서는 유입탁도를 5 NTU 이하(평균 3 NTU)로 낮추는 방안이 강구되어야 하며, 여과속도를 280 m/day 이하로 유지하여야 한다.
- ⑤ 여과칼럼의 각 sampling port에서 입도를 분석한 결과, 제 1 칼럼에서는 여재표면으로부터 2 cm 하부인 port 11에서 큰 입자가 많이 제거되며, 표면으로부터 15 cm 아래인 port 9까지는 대부분의 입자가 제거되었다. 또한, 제 2 칼럼에서도 여재표면 부근에서 가장 많이 제거되나, 여재의 입경이 제 1 칼럼에 비해 크기 때문에 많은 탁도물질이 여재 깊이 침투되어 제거됨으로 탁도제거에 유효한 안트라사이트층이 깊어져 제 1 칼럼에서 보다 아래부분에서 효과적인 탁도제거가 이루어짐으로 여과칼럼의 지속시간이 크게 증가되었다. 여과 후 2~5 μm 정도의 작은 입자도 매우 효과적으로 제거되었으며, 10 μm 이상의 입자는 대부분 제거되었다.

4. 사사

본 연구는 부분적으로 21세기 프론티어 연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비지원(과제번호 3-4-1)에 의해 수행되었다. 연구비를 지원해준 사업단 측에 감사드린다.

5. 참고문헌

한국수자원공사, "급속여과 공정개선 연구", 1995

김주영, "고도처리와 재이용", 한국건설기술연구원, 1995.

환경부, "1997년 환경백서", 1997.

金山 彦喜, "ビル中水道における膜濾過技術", 수질오탁연구, Vol. 13, No. 2, pp85~88, 1990.

Asano, A., et al., "Evolution of Tertiary Treatment Requirements in California", Water Environ. Technol., Vol. 4, No. 2, 1992.

Russell, L. Culp, George Mack Wesner, Gordon L. Culp, "Handbook of Advanced Wastewater Treatment" Van Nostrand Reinhold Co., 1978

WERF, "Water Reuse-Assessment report", 1994