

PF9

## 오·폐수 배출시설 방류수의 재이용 가능성 실태조사

민경우\*, 최형일<sup>1</sup>, 백계진, 정원삼, 이대행, 김난희, 서광엽  
광주광역시보건환경연구원, <sup>1</sup>조선대학교 환경공학부

### 1. 서 론

현재 전 세계적으로 전체인구의 20%가 안전한 음용수 공급을 받지 못하고 있으며, 약 50%는 안전한 위생시설(상하수도)의 혜택을 받지 못하고 있다고 한다. 지하수위는 점점 낮아지는 등 확보할 수 있는 수자원은 한계에 도달함으로써 지역적으로 심각한 물 부족 현상이 발생하고 있는 곳이 점점증하고 있다. 따라서, 수자원의 안정적 확보는 식량의 확보처럼 세계의 많은 지역에서 국가적 차원의 최우선 과제로 떠오르고 있다. 이러한 시점에서 한 번 사용한 물을 다시 재활용하는 중수도 시스템은 물 부족에 대처할 뿐 아니라 하수도의 오염부하 경감 등 여러 가지 효과가 있으므로, 대도시와 물 부족지역을 중심으로 적용하여 확대할 경우에 물 부족현상을 다소 완화시켜 앞으로 물 관리대책에서 중요한 역할을 할 것으로 예상된다. 중수의 재활용에 관한 국내 연구 결과를 살펴보면, 장은 1차 처리된 저농도의 산업폐수와 오수를 혼합하여 활성슬러지법으로 처리한 후 모래 여과조와 활성탄 여과조를 통과시킨 유출수를 중수로 재이용 가능 여부를 판단하여 가능할 것으로 보고하였으며, 김은 기존의 상수도 요금과 시설투자비 등의 자료를 이용하여 중수도 시설의 경제성을 분석하여 중수도 시설의 투자 시점을 제안하고, 향후 중수 연구 방안을 제시한 바 있다. 또 남은 군포시 산본 주공아파트의 중수 시설을 예로 가정용 중수도 현황 및 확대 보급방안 등을 제시하였다. 안도 공동주택에의 중수도 도입 방안에 대하여 중수 원수, 중수용도, 1인당 급배수량 등의 기본적 사항을 조사하였고, 공동주택 중수도 제도의 원활한 도입 방안을 제시하였다. 하지만 국내에서 대형 건축물의 오수처리시설 방류수와 다량 폐수배출시설 방류수에 대한 중수 재이용 가능 여부를 조사한 실적은 거의 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 광주광역시 관내 오수처리시설 및 폐수 배출시설 별로 방류수의 수질을 조사 분석하고 중수로서의 활용 가능 여부를 판단해 보았다. 아울러 현재 오수처리수를 재처리하여 중수로 이용하고 있는 물의 수질을 분석해 보았으며 또한, 대형건물 지하 옹벽에서 흘러나오는 지하수를 분석하여 활용방안을 모색해 보았다.

### 2. 조사내용 및 방법

본 연구는 2003년 1~12월까지 관내 폐수배출시설 방류수 6지점, 오수처리시설 방류수 4지점, 중수 처리수 1지점, 그리고 대형 건축물 옹벽지하수 2지점 등 총 13개 지점에 대하여 2개월 1회씩 총 6회 수질상태를 조사하였다. 시료의 채취 및 검사방법은 수질오염 공정시험방법과 먹는물수질공정시험방법에 의하여 실시하였고, 검사항목은 수도법에서 정하고 있는 중수도 수질기준 항목인 대장균수, 잔류염소(결합), 외관, 색도, 탁도, 냄새,

pH, 생물화학적산소요구량, 화학적산소요구량의 9개 항목에 수온, 전기전도도, 염소이온, 경도, 철, 망간의 6개 항목을 추가하여 총 15개 항목에 대한 수질분석을 실시하였다. 대형 건축물 지하수 2개 지점에 대해서는 먹는물검사 47개 항목에 대하여 실시하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 폐수 배출시설별 방류수의 재이용 가능성 검토

본 조사에서 수행한 폐수 배출시설별 방류수 6지점에 대한 수질검사 결과 K1 및 K2 조립금속제품제조시설 방류수의 경우 오염물질 평균 농도가 BOD 1.6ppm, COD 11.3ppm, 색도 6도, 탁도 0.59 NTU 등으로 대단히 양호한 수질을 나타내었다. 현재의 방류수 자체를 화장실 용수나 세척·청소용수의 중수로 충분히 사용이 가능할 것으로 판단된다. 다만, 대장균군수가 약간 검출되므로 간이적인 소독시설을 갖추어 처리한다면 대단히 양호한 중수를 얻을 수 있을 것으로 판단된다. 그러나 전기전도도가 상당히 높게(평균 1,110 $\mu$ S/cm) 나타나므로 관로의 스케일 발생 등에 대한 문제점을 고려하여 적용할 필요가 있다.

음료제품 제조시설 방류수의 경우 표준활성오니법에 의하여 폐수를 처리하고 있는데, 침전조의 용량이 너무 작아 수리학적 체류시간이 짧은 관계로 수처리가 제대로 이루어지지 않아 평균적으로 BOD가 13.3ppm, COD 39.2ppm, 색도 46도, 탁도 3.40NTU 등으로 나타났다. 대부분의 항목이 중수도의 수질기준을 훨씬 초과한 것으로 나타나 현재 상태로는 중수로 전혀 사용할 수 없는 상태이다. 중수로 사용하고자 한다면 침전조의 용량을 확대하여 1차 처리수질을 안정적으로 확보한 후 모래여과나 활성탄여과 등과 같은 처리공정을 추가하여야 중수로 사용이 가능할 것으로 판단된다.

담배 제조시설 방류수의 경우 표준활성오니법으로 처리하고 있는데 평균 수질이 BOD 5.6ppm, COD 16.4ppm, 색도 53도, 탁도 1.64NTU 등으로 나타나 대부분의 항목이 상당히 양호한 수질을 보였다. 색도와 냄새는 다른시설과 비교하여 상대적으로 높게 나타났으며 활성탄여과 등 간단한 후속 처리와 소독시설을 갖춘다면 중수로써 충분히 사용 가능할 것으로 판단된다.

축전지 제조시설 방류수의 경우 물리화학적처리와 모래-활성탄여과를 병행하여 처리하고 있는데, 대장균군수를 제외한 전 항목에서 중수도의 수질기준보다 훨씬 낮은 대단히 양호한 수질(평균 BOD 1.3ppm, COD 3.8ppm, 색도 8도, 탁도 1.03NTU, 대장균군수 192 개/ml)을 보였다. 현재의 수질로도 화장실용수나 청소·세척용수, 조경용수, 살수용수 등으로 충분히 사용할 수 있을 것으로 판단된다. 다만, 경도(평균 5,474 mg/l)와 전기전도도(평균 7,255 $\mu$ S/cm)가 대단히 높기 때문에 중수로 사용 시, 장기간 사용으로 인한 관로의 스케일형성 및 폐색이 일어날 수 있으므로 여기에 대한 충분한 검토와 연구는 물론 적절한 물리 화학적 처리가 선행되어야 할 것으로 사료된다.

타이어 제조시설 방류수의 경우 색도(평균 23도)와 대장균군수(평균 30개/ml)가 중수도의 수질기준을 약간 초과 할 뿐 그 외의 항목은 양호한 수질(평균 BOD 5.4ppm, COD 12.0ppm, 탁도 1.41 NTU)을 보였다. 담배 제조시설 방류수와 마찬가지로 소독처리와 간단한 후속 활성탄여과 처리가 행해 진다면 충분히 중수로써 활용 가능할 것으로 판단된다.

### 3.2. 오수처리시설 방류수의 재이용 가능성 검토

오수 처리시설별 방류수 4지점에 대한 수질검사 결과 유통 판매시설 방류수의 경우 대부분의 항목(평균 BOD 11.1ppm, COD 19.1ppm, 색도 62도, 탁도 8.67NTU, 대장균군수 3,422개/ml)이 중수도의 수질기준을 초과하여 따로 중수처리를 하지 않는 이상 방류수 그대로는 중수로 전혀 사용 불가능 할 것으로 판단된다. 다만, 현재의 방류수를 중수로 재활용하기 위해서는 1차 처리단계에서 부유물질 등 유기성 오염물질들을 보다 더 안정적으로 처리한 후 따로 중수도 시설을 갖추어 2차 처리를 하여야만 중수로 사용 가능하리라 본다.

T.K와 K.H 복합 업무시설 방류수의 경우 유통판매시설 방류수와 마찬가지로 모든 항목(T.K와 K.H 각각 평균 BOD 42.4, 53.0ppm, COD 36.2, 53.9ppm, 색도 101도, 158도, 탁도 12.82, 20.01NTU, 대장균군수 566, 7,083개/ml)이 중수도의 수질기준을 훨씬 초과한 것으로 나타났다. 그러므로 현재의 방류수를 그대로 중수로 사용하기는 불가능할 것으로 판단된다. 이 두 지점 외에도 현재 대부분의 오수처리 시설이 하수처리구역 내에 위치하여 방류수 수질기준이 적용되지 아니하므로 1차 처리에 신중을 기하지 않는 것으로 사료된다. 그러므로 현재의 단위건물 오수처리 방류수를 중수로 재활용하고자 한다면 1차 처리부터 전체공정을 다시 검토하여야 할 것이며 2차 처리(중수처리시설)까지도 고려하여야 할 것으로 판단된다.

교도시설 방류수의 경우 색도(평균 30도), 대장균군수(평균 7,133개/ml)를 제외한 나머지 항목(평균 BOD 8.6ppm, COD 12.3ppm, 탁도 1.80NTU)은 모두 중수도의 수질기준을 충족한 것으로 나타났다. 이를 중수로 재활용하고자 한다면 활성탄여과등 간단한 색도 제거시설을 추가한 후 소독시설을 갖춘다면 얼마든지 중수로 사용 가능 할 것으로 판단된다.

### 3.3. 오수 처리수를 재 이용한 중수의 수질검사 결과

복합업무시설에서 발생하는 오수를 표준활성오니법으로 처리한 방류수를 모래여과조와 활성탄여과조를 거쳐 소독 처리 한 후 화장실 용수로 재 이용하는 중수 처리수의 수질을 분석한 결과 유기물질(평균 BOD 4.5ppm, COD 17.3ppm)과 냄새, 외관 등은 확실히 중수도의 수질기준 이하이나 색도(23~50도 평균39도) 및 탁도(0.69~4.93, 평균 2.84 NTU)는 상당히 불안정한 수질을 보였다. 그러나 현재 수세식 화장실의 세정수로 사용하고 있는데 별다른 문제점은 발견되지 않고 있으나 물의 색깔이 약한 황색을 띄고 있어 약간의 심미적인 영향은 있을 것으로 사료된다.

### 3.4. 대형건축물 옹벽 침출 지하수의 수질검사 결과

대형 건축물 지하 옹벽에서 흘러나오는 지하수의 수질을 먹는물 수질공정시험방법에 의하여 먹는물수질기준항목에 준하여 검사한 결과 L.D와 K.H 빌딩 옹벽 침출 지하수 모두 대부분의 항목이 먹는물수질기준에 적합한 양호한 수질을 보였으나, 일반세균은 두 지점 모두 기준치를 초과하였고 K.H빌딩의 경우는 질산성 질소가 기준치 10ppm을 초과하여 만약, 두 지점의 지하수를 모두 먹는물로 사용하고자 한다면 활성탄 여과조, 소독

시설 등과 같은 정수처리시설을 추가로 설치하여야 할 것으로 판단된다. 수량적 측면에서도 L.D빌딩의 경우 지하수 발생량이 300~400톤/일 정도이며, K.H 빌딩의 경우 약 100톤/일 정도이므로 더욱 더 경제성이 있을 것으로 판단된다. 먹는 물이 아닌 중수도로 활용할 경우는 간이 소독시설만 갖춘다면 화장실 세정수나 청소용수 등의 중수로 사용할 수 있을 것으로 판단된다.

#### 4. 요약

광주시 관내 폐수배출시설 방류수 6지점과 대형 건축물 오수 처리시설 방류수 4지점 및 중수 처리 재이용수, 건물 용벽 지하수 2지점의 수질을 분석하여 중수로써 재이용 가능 여부를 조사한 결과 폐수 배출시설 방류수의 경우 조립금속제품 제조시설, 축전지제조시설 및 타이어제조시설이 대체적으로 중수도의 수질기준을 만족하고 있어 현재의 방류수를 그대로 중수로 이용 가능하리라 판단된다. 오수 처리시설 방류수의 경우 4지점 모두 유기물질은 물론 색도, 탁도 등 대부분의 항목이 중수도 수질기준을 초과하여 현재의 방류수 자체를 중수로 사용하기는 불가능 할 것으로 판단되며, 이들 방류수를 중수로 재이용하고자 한다면 모래 여과조나 활성탄 여과조, 소독시설 등 중수 처리시설을 설치하여야 할 것으로 판단된다. 오수처리시설 방류수를 중수 처리하여 재이용 하고 있는 중수의 경우 대부분 중수도의 수질기준을 만족하였으나, 색도와 탁도, 대장균군의 경우 일부 상당히 불안정한 수질을 보였으나 현재 화장실 세정수로 이용하고 있는데 색도 외에는 별다른 문제가 없는 것으로 나타났고, 대형빌딩 용벽에서 흘러나오는 지하수의 경우 일반세균과 질산성 질소를 제외하고는 모두 먹는물 수질기준에 적합한 것으로 나타나 현재의 지하수를 그대로 청소용수나 화장실 세정수 등의 중수로 재활용해도 충분하다고 판단되며, 활성탄 여과조와 소독 시설 등의 추가시설을 갖춘다면 먹는 물로도 사용이 가능하리라 보며, 수량적인 측면에서도 1일 발생량이 100~400톤 이상이므로 충분히 경제성이 있을 것으로 판단된다.

#### 참 고 문 헌

- 유태중, 2002, 광주광역시 하수처리수 재이용 방안, 광주지역환경기술개발센터  
장세길, 2001, 중수도 이용을 위한 저농도 산업폐수와 오수의 통합처리에 관한 연구, 부산대학교 석사학위논문  
김용현, 1996, 중수도 시설의 경제성 평가에 대한 연구, 고려대학교 석사학위논문.  
남 아리새, 1997, 가정용 중수도 보급방안 연구, 고려대학교 석사학위논문.  
안만선, 1999, 공동주택에의 중수도 도입에 대한 연구, 고려대학교 석사학위논문.  
광주광역시, 2001, 광주광역시 수도정비기본계획 보고서.  
김갑수, 김경란, 2002, 중수도 빗물 처리기술 및 적용, 환경관리연구소.  
환경부, 1999, 중수도 이용확대를 위한 정책방안 연구, 환경부