

# 하수처리수 재이용 현황 및 향후 과제



## 이 의 신

(주)대우건설기술연구원 전문위원, 공학박사  
euisin@dwconst.co.kr

### 〈필자약력〉

- 국민대학교 토목공학과(석사)
- KAIST 맑은 물 연구센터
- 대한환경공학회 이사
- 경기도 지방건설심의위원회 위원
- 건설교통부 중앙건설심의위원회 위원
- 한국물환경학회 이사 등
- 교오포대학 환경위생공학과(박사)
- 건교부 신기술 심의위원
- 환경부 환경기술심의위원회 위원

## 1. 서 론

물은 어떤 물질로도 대체할 수 없는 자원으로 물이 없으면 어떤 생명체도 제대로 생존할 수 없다. 이렇게 소중한 자원인 물은 급속하게 진행된 산업화와 도시화의 진전으로 심각하게 오염되고 수요량 또한 급격히 증가하여 최근에는 사용가능한 물마저 점점 부족해지고 있다. 그 동안 물에 대해 별 어려움없이 지내왔던 우리나라의 경우에도 생활수준향상과 경제발전이 따른 각종 용수수요가 급격히 증가하고 있

으며, 또한 수질 면에서도 한강은 물론 낙동강, 금강, 영산강의 수질이 계속 악화되고 있어 안심하고 사용할 수 있는 물의 양이 점점 줄어들고 있는 실정이다.

지금까지의 물 수요 대책은 대형 댐 또는 저수지를 축조하여 수자원을 확보하는 것이었으나, 환경파괴의 논란 및 수몰 주민의 문제 등으로 대형 댐 건설은 한계에 도달하고, 최근에는 대체 수자원의 개발과 함께 물 절약, 중수도설치 의무화 등 물 수요관리 정책을 추진하고 있다. 그러나 증가하는 물 수요를 충족하기에는 부족한 실정이다.

이러한 상황에서 하수처리수는 연중 발생량이 일정하고 막대하며(2007년 기준 : 65억 m<sup>3</sup>/년) 고도처리로 수질이 양호하여 안정적인 대체 수자원으로 부각되고 있다. 또한, 하수처리수 재이용은 단순히 수돗물의 절수와 새로운 수자원의 개발이라고 하는 것에서 그치지 않고 물을 순환 이용함에 따라 하수도 시설로 유입하는 수량을 감소시켜서 시설의 부담을 경감하고 공공수역을 보전하는 효과도 크기 때문에 도시화와 더불어 왜곡되고 있는 물 순환계 회복에 큰 도움이 될 수 있다.

장래의 물부족 사태에 대비하기 위해서 막대한 양으로 방류되는 하수처리수의 재이용 보급 및 확대를 위해서 국내외 하수처리수 재이용 및 기술 현황을 살펴보고 하수처리수를 재이용하기 위한 방안으로서 법적·제도적, 경제적, 기술적 방안을 제시하고자 한다.



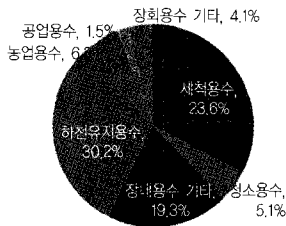
## II. 본 론

### 1. 국내·외 하수처리수 재이용 현황

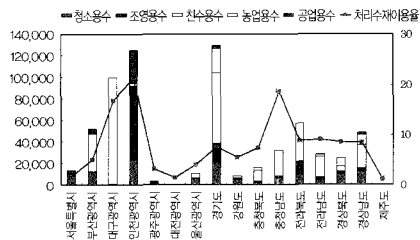
#### 1-1. 국내 사례

국내 하수처리수 재이용률은 2001년 2.9%에서 2007년 9.9%로 매년 점진적으로 증가하고 있다. 2007년말 기준으로 하수처리수 65억m<sup>3</sup>의 9.9%인 6.4억m<sup>3</sup>이 재이용되었으며 이 중 58%가 하수처리장의 장내용수(세척수, 냉각용수, 청소용수 등)로 이용되고, 나머지는 하천유지용수, 농업용수 등으로 재이용되었다.

지역별 하수처리수 재이용 현황을 살펴보면, 경기도, 인천광역시, 대구광역시 순으로 재이용이 활발하게 이루어지고 있으나 지역간 재이용률의 불균형이 심하게 나타나고 있다. 이와 같은 원인으로는 법 제도의 미비, 하수 재이용에 따른 인센티브 부재 등을 들 수 있다.



〈용도별 하수처리수 재이용 현황〉



〈지역별 하수처리수 재이용 현황〉

- 자료 : 하수도 통계, 환경부, 2007

#### 1-2. 국외 사례

외국의 하수처리수 재이용 현황은 미국 플로리다주의 경우 2001년 기준 52%의 재이용율을 나타내 가장 재이용율이 활발하며 미국 전역 기준으로는 2002년 기준으로 1,700천톤/일로 약 10%의 재이용율을 나타내고 있다. 이스라엘, 쿠웨이트 등 중동국가에서도 각각 10%, 15%의 높은 재이용율을 보이고 있다. 미국 플로리다의 경우 대부분의 재이용수는 조경용수로 사용되며 나머지는 농업용수, 지하수 재충전 용수 순으로 사용비율이 높았다.

〈외국의 하수처리수의 용도별 재이용현황〉

구 분	일 본	미 국 Florida	미 국 California	싱가포르	호주	이스라엘	쿠웨이트
재이용율	1.5%('05년) (54만톤/일)	52%('01년) (220만톤/일)	10%('02년) (170만톤/일)	6.7%('03년) (9.1만톤/일)	7.3%	10%	15%

일본의 경우 2005년도에 전국 2,068개의 하수처리장에서 연간 137억m<sup>3</sup>에 달하는 막대한 양의 하수처리수가 발생하고 있으며, 이 중 약 2.0억m<sup>3</sup>가 재이용되고 있다. 하수처리수 재이용 현황은 환경용수 59.0%, 용설용수 21.7%, 농업용수 5.9%, 사업장 직접공급 8.0% 등으로 환경용수로의 재이용이 가장 많은 것으로 나타났다.

〈2005년 일본 하수처리수의 용도별 재이용현황〉

재이용 용도	처리장수	재이용량(만㎥/년)
1. 수세식 화장실 용수(중수도, 잡용수도 등)	43	659
2. 환경용수		
1) 경관용수	87	4,834
2) 친수용수	18	330
3) 하천유지용수	8	6,380
3. 용설용수	35	4,260
4. 식수대 살수용수	73	133
5. 도로, 가로, 공사현장의 청소, 살수	77	28
6. 농업용수	28	1,163
7. 공업용수	3	281
8. 사업소, 공장에 직접공급	47	1,524
계	241	19,592

- 자료 : 日本下水道協會, 日本の下水道, 2007年

## 2. 하수처리수 재이용 기술동향

하수처리수 재이용을 위한 처리공정은 매우 광범위하고 다양한 공정이 사용될 수 있다. 현재 전세계적으로 사용되는 재이용처리공정은 다음과 같이 용도에 따라 크게 3가지로 구분할 수 있다.

〈하수재이용수 처리 구분〉

구분	일반 재이용처리	일반 재생처리	고준위처리
대표적인 용도	<ul style="list-style-type: none"> <li>하천유지용수</li> <li>청소용수</li> <li>관개용수 소량보충</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>비접촉 생활용수</li> <li>청소용수</li> <li>관개용수</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>지하수 충전</li> <li>음용수자원의 보충</li> <li>습지 보충수</li> </ul>
처리목적	<ul style="list-style-type: none"> <li>유기물/부유물질의 제거와 소독</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>영양소(N, P) 제거</li> <li>유기물/부유물질의 추가제거</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>영양소(N, P)의 최대제거</li> <li>미량물질의 제거</li> </ul>
처리공정	<ul style="list-style-type: none"> <li>2차처리 + 소독 수준</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>N, P 제거 + 3차처리</li> <li>MBR + N, P 제거</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>미량물질제거 가능공정</li> <li>영양소최저화 가능공정</li> <li>분리막 + AOP 등 추가</li> </ul>
대표사례	<ul style="list-style-type: none"> <li>남미, 중동, 동남아 일부 등 저개발 물부족지역</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>대부분의 국가 및 지역</li> <li>Florida STAR project</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>미국 Water Factory 21</li> <li>Singapore NEWater</li> <li>호주 남카브레라</li> </ul>

- (1) 일반재이용처리(Low level treatment)는 기존 2차 처리공정이 위주가 된다. 여기에는 질소, 인의 제거가 꼭 요구되지 않는다. 다만 위생적 측면에서 소독공정이 포함되는 경우가 많다.
- (2) 일반재생처리(Medium level reclamation treatment)는 일반적으로 질소, 인과 같은 영양소제거와 함께 추가적인 SS 및 색도 등의 제거가 이루어진다. 여기에는 다양한 생물학적영양소제거(BNR) 공정이 사용된다. 미국의 경우, 잘 운전되는 BNR 공정들의 처리수질은 거의 고준위처리에 가깝게 확보되고 있는 실정이다.
- (3) 고준위처리(Higher level treatment)는 기본적으로 사용자와 용도의 위생조건 및 미량물질 등을 제거할 수 있는 공정을 선정하게 된다. 현재 적용 가능한 시스템으로는,
  - 가) 기존처리장에 3차 처리개념의 공정을 추가하는 경우와

나) 기존 2차 처리공정처리수에 분리막을 추가하는 방안, 그리고

다) 처리장의 생물학적처리공정을 MBR (Membrane Bio Reactor) 계열의 분리막 공정으로 대체하고 처리수를 다시 RO 등을 통하여 고도화시키는 방안 등이 있다.

지금까지는 고준위의 재이용수를 생산하기 위해 기존 기술을 이용하는 경우가 미국과 호주 등에서 많았으나, 다양한 추가 처리공정이 혼합된 공정의 복잡성이 처리장 운영측면에서 문제점으로 지적되고 있다. 반면에 분리막을 이용한 MBR 공정의 경우 분리막 가격의 하락과 함께 공정의 신뢰성, 기술적 완성도가 높아지면서 기존 기술을 이용하는 경우에 비해 경제성 측면에서도 경쟁력을 갖게 되면서 최근에 적용사례가 증가하고 있는 실정이다.

### III. 하수처리수 재이용 : 전망과 과제

하수처리수를 사회적으로 널리 재이용하기 위해서는 여러 가지 방안이 강구될 수 있고 각 방안이 상호 연관성을 가지고 있으나 크게 법적·제도적 측면, 경제적 측면, 기술적 측면으로 나누어 제시하였다.

#### 1. 법적·제도적 측면의 보완

하수처리수를 재이용하기 위해서는 법적인 규제 안에서 또는 법적인 뒷받침 위에서 계획을 세워지고, 계획의 시행이 이루어져야 하며, 용수 이용계획을 세우기 위해서는 법적인 수질기준, 시설기준 등이 우선 설정되어 있지 않으면 곤란하다. 우리나라는 수도법을 통해 건물단위 중수도 시설을 설치하도록 규정한 바 있고, 이후 하수도법으로 이관해서 건물, 시설단위 중수도 시설로 확대설치를 의무화하도록 하였다. 또한, 2007년 하수도법 제21조에 '하수처리수 재이용'이 도입되었으며, 하수처리수 재이용 수질에 대한 권고기준을 마련한 상태이다. 현재 환경부는 하수처리수 재이용을 포함한 「물 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률(안)」을 제정할 계획을 보이고 있다. 하지만, 이 법규의 규정의 이행을 뒷받침

할 수 있는 세부적인 사항이 시행령이나 시행규칙 등에 명문화되어 있지 않은 실정이다. 따라서, 하수의 재이용을 활성화시키기 위해서는 이러한 법적 규정의 정비가 필요할 것으로 판단된다.

하수처리수 재이용 수질기준은 규제기준이 아니라 재이용을 권장하기 위한 최소한의 권고기준으로 보아야 하며 용도에 따라 다양하게 고려되어야 한다. 특히, 용도구분은 기존 중수도와 재이용 권고기준에 의거하여 크게 청소용수, 농업용수, 조경용수, 유지용수, 친수용수, 공업용수, 지하수 충전 및 음용수 보충 등으로 구분하였으나 환경 생태계에 대한 영향, 인체 접촉여부 등에 따라 더욱 세밀하게 구분되어야 한다.

#### 2. 경제적 측면의 보완

하수처리수 재이용 제도의 확대 보급에서의 최대 장애요인은 하수처리수 생산비가 수도요금보다 높다는 점이다. 따라서 하수처리수 재이용 제도를 확대 보급시키기 위해서는 상·하수도, 공업용수에 대한 행정상 및 법제상의 조치에 준한 시책을 강구하는 것과 요금감면이나 인센티브제도 등 금융·조세상의 촉진책을 마련해서 경제성을 높여야 할 것으로 판단된다. 구체적으로는 하수 재이용이 활성화 단계에 이를 때까지 대폭적인 지원을 통해 하수 재이용 요금을 감면해주는 것과, 하수 재이용시설 설치비에 대한 국고지원 증가 및 하수처리수 재이용 생산비와 수도요금과의 격차를 줄이고, 상수도 재정의 적자를 줄이기 위한 수도요금 현실화 방안 등이 있다.

#### 3. 기술적 측면의 보완

하수처리수 재이용을 확대시킬 수 있는 결정적인 요인은 상수보다 중수 생산비용이 낮아야 하고 유지관리가 간단해야 한다. 즉, 하수처리수 재이용의 경제성을 높이기 위해서는 하수처리수의 처리기술이 매우 중요한 역할을 한다. 뿐만 아니라 재이용 용도의 확대를 위한 처리수의 양적, 질적 안정화 그리고 위생상의 문제 등 해결해야 할 기술적 과제들이 아

직도 많이 있다.

현재 국내에 보급되어 있는 하수처리공법은 기존 하수처리장의 경우 대부분이 생물학적 처리에 의존하고 있으며, 그 중에서도 표준활성슬러지법이 근간을 이루고 있다. 또한, 방류수 수질기준이 강화됨에 따라 고도하수처리공법들이 채택되고 있다. 하지만 이러한 하수처리공법들은 대부분 일반적인 수질 항목인 BOD, SS, 질소, 인 등을 주로 처리대상으로 하고 있고, 처리의 목적이 주로 공공수역의 수질보전을 목표로 하고 있으며, 하수처리수의 재이용에는 중점이 주어지지 않는다.

고도처리를 행하게 되면 그만큼 하수재이용수로서 이용되기에 근접한 수질을 갖게 되는 것은 사실이지만, 재이용 요구수질을 맞추지 못하게 되는 경우도 있게 된다. 따라서, 장래에는 공공수역의 수질보전도 고려해야 되지만, 하수의 재이용도 목표로 할 수 있도록 유지관리가 용이하고, 비용 또한 저렴한 하수처리공법이 도입될 수 있도록 기술개발이 필요할 것으로 판단된다.

예를 들면, 최근 분리막 관련 기술의 급속한 발전과 이에 따른 분리막 가격의 하락으로 인하여 기존의 복잡한 처리공정을 이용하는 것에 비해 공정의 신뢰성뿐만 아니라 경제성 측면에서도 경쟁력을 확보할 수 있는 MBR 계열의 분리막 공정을 활용한다면 하수처리수를 보다 고품질로 생산 가능할 것으로

판단된다.

하수처리수의 재이용을 위한 처리공정을 선택함에 있어서는 처리공정의 경제적 평가와 더불어 처리효율, 처리의 안정성 등을 검토하게 된다. 외국의 경우 처리공법별, 처리용량별 건설비 및 운영관리비 등이 정립되어 있는 것에 반해서 국내의 경우 활성오니법, 회전원판법, 산화구법 등의 2차처리 공법이 많이 보급되어 있음에도 아직까지 그 건설 및 운영관리에 대한 공식적이고 표준적인 비용 자료가 없는 실정이며 자료마다 상당히 큰 차이를 보이고 있는 실정이다. 또한, 각 공법별로 얻을 수 있는 처리항목별 처리효율에 대한 자료가 표준화되어 있지 않아 어떤 처리공법을 적용할 경우 얻을 수 있는 처리수 수질에 대한 확신을 갖지 못하는 실정이다. 따라서, 앞으로 이와 관련하여 표준화를 위한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

또한 하수처리수의 재이용을 촉진하고 확대하기 위해서는 재이용 용도를 기존보다 세분화하는 것이 필요할 것으로 판단된다. 공업용수의 경우 업종별로 요구하는 수질이 매우 다양하고, 농업용수 또한 농작물 종류별로 요구하는 수질이 다르며, 잡용수 또한 화장실 세척수 외에도 다양한 용도로 이용될 수 있을 것이다. 따라서, 하수처리수의 재이용을 확대하기 위해서는 이에 대한 연구가 필요할 것이다.

## 신규업체 회원가입을 축하합니다

협회 가입을 진심으로 환영합니다. 우리 협회는 여러분을 위하여 최선을 다하겠습니다!

### 개인회원

곽상도 경기도 안양시 만안구 안양동

### 배출1종

(주)LG하우시스 한명호 충북 청주시 흥덕구 송정동 150-33

### 배출3종

(주)풀무원 이효율 충북 음성군 대소면 대풍리 412

(주)원앤원우드 박용원 충북 음성군 금왕읍 오선리 342-1

### 배출4종

(주)일석 김승엽 충남 아산시 둔포면 운흥리 197-44

(주)제노텍 김재중 충북 제천시 왕암동 973

수도산업 황기수 충북 청원군 강외면 상봉리 99

KPX바이오텍(주) 장형욱 충북 청원군 부용면 금호리 255-3

(주)천일 권우상 충북 진천군 이월면 신월리 산37