

## 하수처리수의 공업용수 재이용 활성화 방안 연구

### A Case Study on Utilization of Industrial Wastewater Reuse

이강옥<sup>1\*</sup>, 박정엽<sup>2</sup>

Gang-Ok Lee<sup>1\*</sup>, Jeong-Youb Park<sup>2</sup>

#### 〈Abstract〉

This study analyzes economic feasibility by looking at the case of wastewater reclamation and reuse system of Osan, the only place currently operated in Korea, exploiting wastewater uniquely reused as industrial water. Furthermore, this paper examines the problem in wastewater recycling and present the method to expand the potential of using reclaimed water. Method to activate the reuse of wastewater as industrial water. First, it is required to provide self-governing body and demander with diverse information on this project so that they correctly recognize the reuse of wastewater as industrial water. Second, law should be amended so that the water quality requirement of reused water can be given in the national level to supply industrial water depending on right standard. Third, financial support should be expanded in diverse parts so that more private investment advantageous to investor can be made, for instance, BTL, BTO.

*Keywords : Wastewater, Reclaimed Water, BTL, BTO*

---

1\* 대구대학교 기계공학부  
E-mail: lko1095@naver.com  
2 중앙대학교 건축학부

1\* Division of Mechanical Engineering, Daegu University  
2 Division of Architecture, Jungang University

## 1. 서론

현재 우리나라는 UN이 정한 물 부족 국가로 분류되어 있으며, 급속한 산업화, 도시화, 기후변화에 따라 물수요가 급격히 증가하고 있는 추세이나, 대다수의 국민들은 물이 크게 부족하다는 것을 피부로 느끼지 못하고 있으며, 실제 심각한 물 부족 현상은 아직 나타나고 있지 않다. 하지만 각 지역별 강수량의 편차가 심하고, 산악지형 및 급격한 하천 경사 등 불리한 자연조건으로 인하여 새로운 수자원 발굴이 시급한 실정이다. 또한, 점차적으로 하수처리장 방류수의 재이용율은 꾸준히 증가하고 있는 상황이다. 재이용수의 용도는 크게 생활용수, 공업용수, 농업용수, 하천유지용수로 나눌 수 있다. 현재 하수처리수를 공업용수로 재이용수로 운영되고 있는 오산시 재이용 공급시설 사례를 통해 경제적 타당성을 분석하고, 그에 따른 문제점을 파악하여 현재 한곳에서만 운영 중인 하수처리수 공업용수 재이용사업이 확대될 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

## 2. 하수재이용의 처리공정

하수처리수의 재이용시설은 기존 하수처리장의 방류수를 재처리하여 재이용수를 생산하는 과정으로 용도에 따라서는 단순전처리 후 하천유지용수나 조경용수, 기타 잡용수로 사용이 가능하나 공업용수와 같은 생산품의 품질과 직결되는 공정수나 원료수로 사용하여 정수에서 초순수까지 요구하고 있기 때문에 용도에 맞는 처리공정이 Table 1과 같다.

Table 1. Case of reprocessing process by use

구분	세부구분	처리방법(예시)
법용재이용수	청소용수	모래여과
	도시조경용수	모래여과
	친수용수	모래여과+활성탄
	하천유지용수	모래여과, MF
	관개용수	모래여과, MF
인체접촉 직접영향 재이용수	인체접촉 세척용수	MF + R/O 생물반응조내 침지막설치 + R/O
	직접관개용수	MF + R/O이상
고도환경용수	습지용수	모래여과+활성탄 MF + R/O이상 생물반응조내 침지막설치 + R/O
	지하수충진	모래여과+활성탄 MF + R/O이상 생물반응조내 침지막설치 + R/O
	음용수자원 보충	MF + R/O이상 생물반응조내 침지막설치 + R/O
공업용수	6가지 조합 모두 가능	

## 3. 하수처리수 재이용 현황

### 3.1 국내 현황

현재 국내 하수처리수 재이용은 2001년 2.9%에서 2009년 10.9%로 매년 점진적으로 증가하는 추세이다. 2009년 말을 기준으로 전국에 가동 중인 하수처리시설의 하수처리량 67억톤 중 7.3억톤이 재이용(10.8%)되고 있다. 하지만, 대부분의 하수처리시설이 도심 외곽지역에 있어 인근에 수요처를 확보하기 어려운 관계로 재이용수의 절반 이상(3.9억톤, 53.1%)을 세척수·청소수·냉각수 등 장내 용수로 재이용하고 나머지(3.4억톤, 46.9%)는 하천유지용수·공업용수·농업용수 등의 장외 용수로 재이용되고 있다. 국내 하수처리수 재이용 현황은 처리장 장내용수 53.1%, 하천유지용수

33.2%로 대부분을 차지하고 있는 상황으로 Fig. 1과 같다.

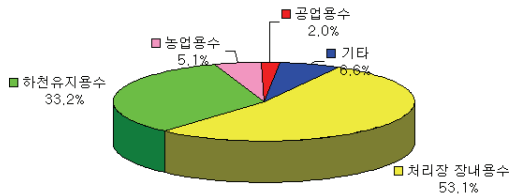


Fig. 1 Status of reuse of sewage treatment in Korea

### 3.2 국외 현황

현재 급속한 산업화, 도시화, 기후변화에 따라 전 세계적으로 물수요가 급격히 증가하고 있다. 현재 각각의 물 부족 국가에서는 물 자원 대안의 필요성을 인식하고 물 재사용 대한 관심이 높아지고 있으며, 이에 대안으로 하수처리수 재이용에 대한 수질규제 및 관련법규를 점차 강화하고 있으며, 하수처리수 재이용의 이용을 확대하고 있다. 하수처리수 재이용은 물이 부족한 국가에서 적극적으로 진행되고 있으며 국가들의 현황을 보면 미국 캘리포니아주 10%, 호주 12%, 이스라엘 10%, 쿠웨이트 15%, 일본 1.4% 정도로 나타났다. 주요 재이용현황은 조경용수, 농업용수, 공업용수, 생활용수 등으로 사용되어지고 있다.

## 4. 하수처리 공업용수 재이용 추진 현황

### 4.1 재이용 사례

외국에서는 하수처리수를 공업용수 및 기타용수로 재이용하는 사례가 활발히 진행되고 있으나, 국내에서는 수요처 확보의 어려움과 초기투자비

및 유지관리비 과다 등의 문제로 하수처리수의 재이용이 확산되지 않고 있는 실정이었다. 이에 따라 국내에서도 2006년부터 「하수처리수 재이용 촉진 시범사업」을 추진하는 등 하수처리수의 재이용 사업을 활발히 진행 중에 있다.

오산 하수처리장 재이용시설은 2005년 환경부의 ‘하수처리수 재이용 촉진 시범사업’으로 선정되어 추진된 시설로 수요처에 상수도를 대신하여 공업용수를 공급하는데 목적이 있다.

#### 4.1.1 재이용처리시설 개요

오산 하수처리장 재이용처리시설 개요는 다음 Table 2와 같다.

Table 2. Overview of the treatment of water treatment plants in Oh-San

구분	개요		
처리대상하수	오산 제2하수처리장 고도처리수		
처리장 위치	오산 제2하수처리장내		
시설용량 (m <sup>3</sup> /일)	하수처리 시설용량	재이용량	재이용율 (%)
	57,000	12,000	21.1
재처리시설 공법	화학응집→드림필터 →와류형여과기→역삼투(R/O)설비		

#### 4.1.2 수요처 현황

오산하수처리장 재이용처리시설의 수요처는 다음 Table 3과 같다.

Table 3. Current status of demand for reuse of water

구분	LG전자	오산에너지	대림제지
주요업종	인쇄회로 기판제조	열병합 발전소	인쇄출판, 기계장비
공업용수 공급가능량	6,000m <sup>3</sup> /일	2,500m <sup>3</sup> /일	3,500m <sup>3</sup> /일
용수용도	보일러용수	발전용수	공업용수
공급단가	900원/m <sup>3</sup> 당		

### 4.1.3 처리시설 공정도

오산하수처리장 재이용시설의 공법은 하수처리수가 화학응집→드림필터→와류형여과기→역삼투(R/O)설비에서 최종 처리되어 공급되는 역삼투 공법으로 처리시설의 공정도는 Fig 2와 같다.

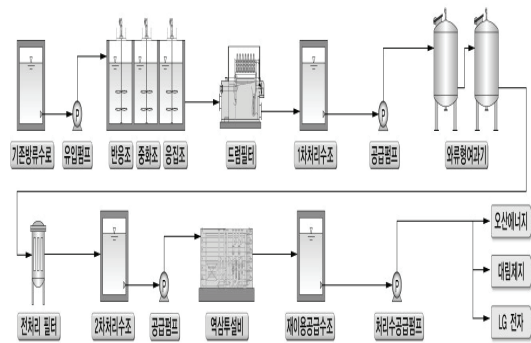


Fig. 2 Reprocessing facility process

## 4.2 재이용 사례분석

2005년 환경부의 '하수처리수 재이용 촉진 시범사업'으로 선정되어 수요처에 기존 상수도를 대신하여 하수처리 재이용수를 공급용수를 공급하고 있는 오산 하수처리 재이용시설의 사례를 통하여 재이용수 수질분석 및 비용/편익 분석을 토대로 현재 활성화 되고 있지 않는 하수처리 재이용수를 공급용수에 대한 문제점 및 해결방안을 찾고자 한다.

### 4.2.1 BOD 분석

유입수의 BOD는 Fig. 3에서 최대 6.9mg/L, 최소 5.5mg/L로 분석되었고, 유출수는 최대 0.2mg/L으로 분석되어 방류수 목표수질인 2.0mg/L 이하 및 수요처의 요구수질인 0.5mg/L이하에도 만족하였다.

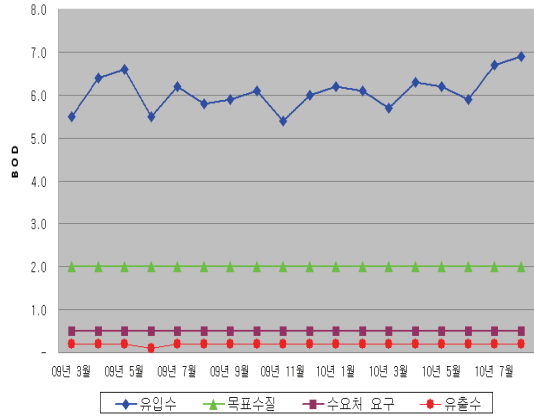


Fig. 3 BOD analysis of sewage reuse.

### 4.2.2 COD 분석

유입수의 COD는 Fig. 4와 같이 최대 10.2 mg/L, 최소 7.1mg/L로 분석되었고, 방류수질은 최대 0.3mg/L로 검출되어 방류수 목표수질인 2.0 mg/L이하에 만족하였다.

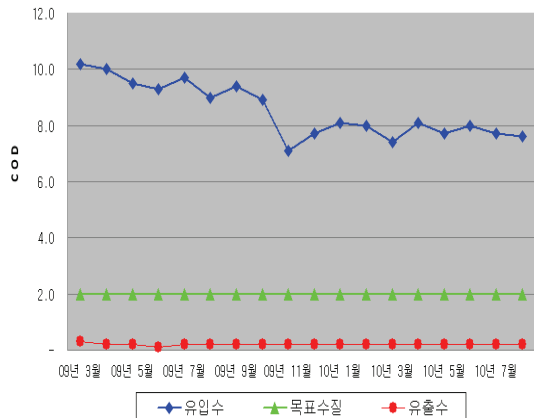


Fig. 4 BOD analysis of sewage reuse

### 4.2.3 pH 분석

유입수의 pH는 Fig. 5에서 평균 6.7로 분석되었고 방류수의 pH는 최대 6.5로 검출되어 수요처의 요구수질인 7.0이하에 만족하였다.

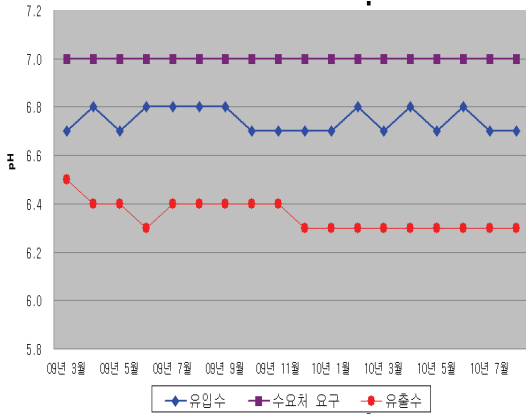


Fig. 5 pH analysis of sewage reuse

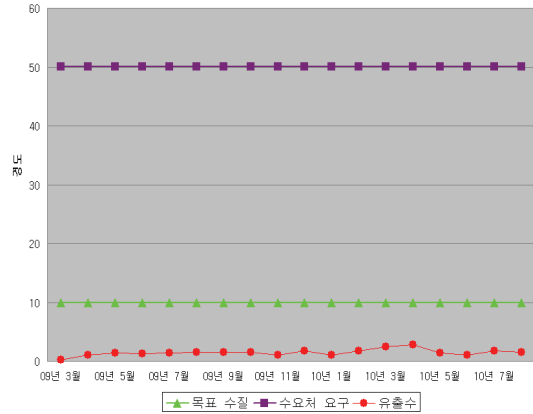


Fig. 7 Hardness analysis of sewage reuse

#### 4.2.4 탁도 분석

유입수의 탁도는 Fig. 6에서 최대 1.9NTU, 최소 0.9NTU로 분석되었고, 방류수질은 최대 0.2NTU로 검출되어 방류수 목표수질인 0.3NTU 이하 및 수요처 요구수질인 0.5NTU이하를 만족하였다.

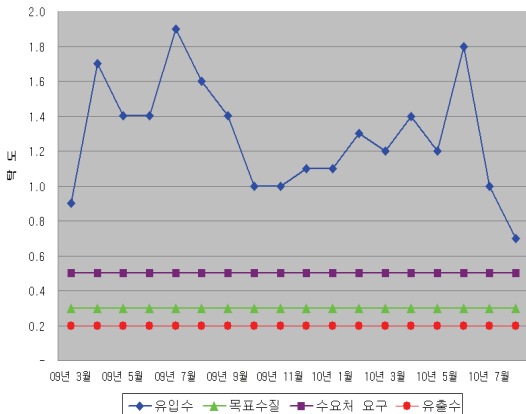


Fig. 6 Turbidity analysis of sewage reuse

#### 4.2.5 경도 분석

방류수의 경도는 Fig. 7에서 최대 2.8mg/L검출되어 방류수 목표수질인 10mg/L이하 및 수요처 요구수질인 50mg/L을 만족하였다.

#### 4.2.6 전기전도도 분석

유입수의 전기전도도는 Fig. 8에서 최대 1,151  $\mu S/cm$ , 최소 967  $\mu S/cm$ 로 분석되었고, 방류수질은 최대 27  $\mu S/cm$ 로 검출되어 방류수 목표수질인 100  $\mu S/cm$ 이하 및 수요처 요구수질인 50  $\mu S/cm$ 이하를 만족하였다.

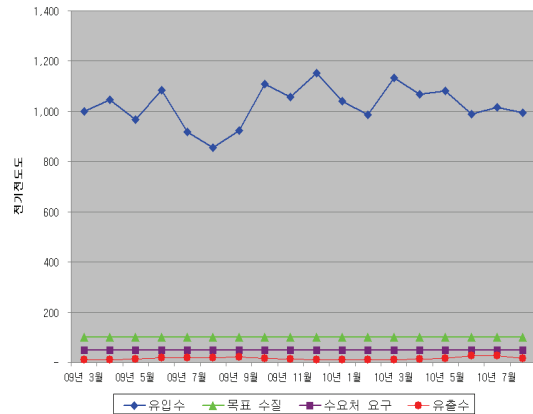


Fig. 8 Analysis of electrical conductivity of sewage reuse

#### 4.2.7 수질분석 결과

유입 및 방류수질을 수요처의 요구수질기준인 BOD, COD, pH, 탁도, 경도, 전기전도도 총 6가

지 항목에 대해 2009년 3월부터 2010년 7월까지 약 1년 5개월 동안 분석한 결과 수요처의 요구수질기준에 맞추어 하수처리수 재이용이 안정적으로 생산되어 수요처에도 안정적으로 공급이 되었다는 것을 알 수 있다.

### 4.3 개선 방안

#### 4.3.1 수원 및 수질에 대한 홍보

오산 재이용 공급시설의 사례에서도 알 수 있듯이 수원 및 수질에 대한 수요자의 부정적 인식을 해소하기 위해서는 정부가 제도적으로 공업용수의 처리기술, 수질기준, 시설기준, 운영관리요령 등을 공업용수 용도에 따라 알맞게 재정하고 강제할 수 있는 법률을 만드는 것이 필요하다. 또한 수요처를 대상으로 수처리 기술의 효율성 및 안정성을 확인시켜 안정적으로 원하는 수질의 용수공급이 가능하다는 것을 확인시키는데 주력해야 할 것으로 판단된다.

#### 4.3.2 하수처리수 공업용수 재이용 사업에 대한 적극적인 홍보

현재 하수처리수 공업용수 재이용사업 중에서 유일하게 운영 중인 오산 재이용 공급시설을 모델로 하여 재이용 사업에 관한 정보 및 추진 상황, 이점, 다양한 수처리 방식 등을 소개하는 홍보물을 발간하고, 이것을 비슷한 사업을 추진하려는 지자체나 수요처에 배부하여 하수처리수를 공업용수로 재이용하는 사업에 대한 정확한 정보를 제공하고 이에 대한 적극적이고 긍정적 홍보를 정기적으로 하도록 한다.

#### 4.3.3 사업계획시 수요처의 요구사항 반영

오산 재이용 공급시설에서 나타나듯이 계획단계

에서와 운영단계에서의 목표수질이 달라 발생하는 운영비용의 차이를 해소하기 위해서는 먼저 정부에서 제도적으로 공업용수의 처리기술, 수질기준 등을 공업용수 용도에 따라 알맞게 재정하고 이에 맞는 수요처를 확보하는데 주력해야 한다. 사업을 시행하는 지자체에서는 사업을 수행하기 전 계획 단계에서 수요처를 확보하고 수요처에서 요구하는 처리기술, 수질기준 등을 반영하여 정확한 운영비용을 산정할 수 있도록 한다.

#### 4.3.4 공업용수 재이용 민간투자사업 육성

현재 정부에서는 2016년에 4.4억 $m^3$ /년의 하수처리수 공업용수 재이용을 목표로 설정하고 있다. 하지만 오산 재이용 공급시설 사례에서도 나타났듯이 국비의 지원이 사업의 성공에 결정적인 역할을 하지만, 국비를 지원하는데도 한계가 있으므로 민간 투자사업자들을 확보하기 위해 노력하고 있다. 이와 같이 재이용사업을 육성하기 위해서는 정부의 투자도 중요하지만 관련 법규에서도 하수 재이용사업 항목이 추가되어 투자자에게 보다 유리한 BTL, BTO 등의 민간투자가 확대되도록 법령을 추가함으로써 좀 더 많은 민간의 자본과 기술을 도입하는 민간투자가 이루어질 수 있도록 유도할 필요가 있다.

## 4. 결론

물 부족 현상은 전세계적인 문제로 우리나라도 예외일 수 없는 심각한 문제로 대두되고 있다. 이에 국가적으로 하수처리수 재이용과 관련해 많은 정책이 시행되고 있을 뿐 아니라, 관련 법규도 재정에 재이용을 확대시키려고 노력하고 있다. 이에 힘입어 하수처리수의 재이용율은 꾸준히 증가 추세지만, 공업용수로 이용하는 사례는 다른 이용수에

비해 증가율이 저조한 편이다.

본 연구에서 하수처리수의 공업용수로 재이용되고 있는 오산시 재이용 공급시설 사례를 통하여 안정적인 수질의 확보여부, 사회적 측면, 공급자 측면, 수요자 측면에 대하여 경제성 분석 결과 및 활용을 증대시키기 위한 활성화 방안에 대한 결론은 다음과 같다.

#### 4.1 사례를 통한 기술, 경제성 분석 결과

첫째, 하수처리수를 공업용수로 재이용한 2009년 3월부터 2010년 7월까지 방류수에 대한 수질 데이터를 BOD, COD, pH, 탁도, 경도, 전기전도도 6가지 항목에 대하여 분석한 결과 목표수질 및 수요처 요구수질 모두를 충족시키는 안정적인 수질을 유지하며 수요처에 공급되고 있다.

둘째, 사회적 측면에서 하수처리 재이용수 생산 비용은 552.72원/톤으로 분석되었고 재이용수를 공급시 오산시 일반용(영업용) 평균 수도요금 860.6원/톤과 비교하여 337.88원/톤이 절감되고 비용/편익 분석결과 약 11년차부터 편익이 발생한다.

셋째, 공급자 측면에서 하수처리 재이용수 생산 비용은 577.11원/톤으로 분석되었고 오산시 하수 재이용수 요금은 900원/톤과 비교하여 322.89원/톤이 이익이 발생하고 비용·편익 분석결과 약 6년차부터 편익이 발생한다.

넷째, 수요자 측면에서 공업용수 요금은 1,100원/톤으로 오산시 하수재이용수 요금은 900원/톤과 비교하여 200원/톤이 이익이 발생하고 편익은 바로 발생한다.

즉, 공급용수의 수질도 수요자의 요구를 충족시키고 있어 기술적인 요구사항을 모든 측면에서 만족시키고 있으며, 경제적으로도 타당성이 있음을 알 수 있다.

#### 4.2 하수처리수의 공업용수 재이용수로의 활용을 증대시키기 활성화 방안

첫째, 본 사업에 대한 다양한 정보를 사업을 계획 중인 지자체 및 잠재적 수요처에 제공하여 하수처리 공업용수 재이용 사업을 올바르게 인식할 수 있도록 적극 홍보한다.

둘째, 국가적으로 수질 기준을 정해 공업용수를 올바른 기준에 따라 공급할 수 있도록 하며, 사업을 시행하는 지자체에서는 사업을 수행하기 전 계획단계에서 수요처를 확보하고 수요처에서 요구하는 처리기술, 수질기준 등을 반영하여 정확한 운영비용을 산정할 수 있도록 한다.

셋째, BTL, BTO 등의 민간투자가 확대되도록 법령을 추가함으로써 좀 더 많은 민간의 자본과 기술을 도입하는 민간투자가 이루어질 수 있도록 다양한 부분에서 재정적 지원을 확대해야 한다.

이와 같이 재이용수를 사용하는 경우 사회적 측면과 공급자 측면, 수요자 측면 모두 경제적으로 유리하고, 수자원 부족 해소 및 환경보호 효과도 기대할 수 있는 하수처리수의 공업용수로 재이용의 이용율을 늘려나가야 할 것으로 판단되며, 이를 위해 정부에서는 계획 중인 지자체와 수요처에 적극적인 홍보, 수질 기준 확립, 민간의 자본과 기술을 도입함으로써 하수처리 공업용수 재이용이 활성화 될 수 있도록 적극 지원하는 것이 중요하다.

#### 참고문헌

- [1] Ministry of Environment, "Analysis of the operation management of public sewage treatment facilities in" 09. (2010)
- [2] Ministry of Environment. "Instructions for the

- operation and management of public sewage facilities.” (2009)
- [3] Kim, J. H., “Research on water quality characteristics of sewage and wastewater treatment plants for reuse of industrial water.” Korean Society of Water and Sewerage. (2007)
- [4] Ministry of Environment. “Comprehensive measures for managing national water demand.” (2007)
- [5] Kim, J. Y., “Daegu City Sewage Treatment Plant Operation Situation Analysis To Expand Sewage Treatment Treatment Plan.” Korean Society of Architecture. (2003)
- [6] Ministry of Environment. “Research on improving water circulation system.” (2006)
- [7] Lee, J. J., “Economic evaluation of domestic sewage treatment reuse through Case Study.” (2009)
- [8] Han, H. J., “Analysis of the need for reuse of sewage treatment in our country.” Korean Society of Water and Sewerage. (2006)
- [9] Ministry of Environment. “Research on policy measures to expand the use of heavy water.” (2009)

---

(접수: 2019.12.24. 수정: 2019.12.30. 게재확장: 2020.01.02.)