

# 대구시 하수처리장 운전실태에 따른 중수도 도입 방안 연구

## A Research for Introduction of Graywater Facility on Analysis of Actual Conditions of Sewage Treatment Plant in Daegu City

최미영\*  
Choi, Mi-Young

나욱호\*\*  
Na, Wook-Ho

홍원화\*\*\*  
Hong, Won-Hwa

김삼열\*\*\*\*  
Kim, Sam-Yeul

### Abstract

It has seen the significant increase of water consumption rate due to rapid industrialization, high-densities of city, and increasing the population; thereby leads further water resource required in near future. In order to solve this deficit there are one of solution that gray water method demonstrates advantages regarding the questions of optimal water utility and thereby master plan of water. The method of study is analysis of investigation data through interview and research of sewage treatment plants in Daegu City. Through these analysis, this paper examines the capacity of graywater and optimal graywater facility.

Keywords : Sewage facility, Graywater facility, Sewage-revitalization

주요어 : 하수처리, 중수도, 하수처리수 재이용

## I. 서론

### 1. 연구의 배경 및 목적

우리나라의 수자원 총량은 연간 1,276억톤으로 바다로 유실되는 유실량 400억톤과 증발에 의한 손실량 545억톤을 제외한 실제 이용 가능한 수자원량은 331억톤이다. 이중 생활용수 73억톤, 공업용수 29억톤, 농업용수 158억톤, 유지용수 71억톤으로 수자원 총량의 약 26%를 이용하고 있는 실정이다.<sup>1)</sup> 또한 급속한 공업화와 고밀도의 도시화, 인구의 증가로 생활용수와 공업용수의 이용량이 상대적으로 높은 증가세를 보이고 있으며 이런 수자원 이용량의 증가로 인해 앞으로 수자원 부족 현상은 더욱 가속화될 전망이다.

이러한 수자원부족 문제의 해결을 위한 방안으로서 생활용수와 공업용수의 증가에 따른 하수 및 폐수를 처리하여 재이용하는 방안이 검토되고 있으며 특히 하수는 안정된 수량으로 도시 가까이에서 공급받을 수 있다는 장점 때문에 차세대 대체 수자원으로서 가장 주목받고 있다. 하수를 수원으로 이용하는 처리수의 재이용은 한번 사용한 물을 처리하여 다시 이용하는 것으로, 공급수 및 배출수의 양을 감소시켜 댐 개발 등과 같은 수자원 확보의 효과를 가지며, 수자원의 효율적인 이용과 동시에 하천 등의 수계로 방류되는 오염물질의 양을 감소시

켜 환경에 미치는 영향을 줄일 수 있을 것이다. 따라서 본 연구에서는 대구시 하수처리장의 운전실태를 조사 분석하여 심각한 수자원 부족 문제 해결 및 수자원의 오염을 방지할 수 있는 하수처리장의 처리수를 재이용하는 중수도 도입 방안을 모색하고자 한다.

### 2. 연구 범위 및 방법

연구 방법은 하수처리시설과 중수처리시설에 대한 참고문헌 및 관련법규를 조사 연구하고 대상 하수처리장의 현지방문 조사와 설문조사를 수행하였으며 조사내용을 비교 분석하는 방법으로 진행하였다.

연구 범위는 첫째, 대상 하수처리장의 일반현황과 처리계통을 조사 분석하고 대상 하수처리장의 유입 수질 및 방류 수질을 조사 분석하여 하수처리수의 재이용 가능성을 조사한다. 둘째, 재이용 가능한 하수처리수를 중수도로 이용할 수 있는 방안을 모색한다.

## II. 하수처리 및 중수도에 관한 일반적사항

### 1. 하수처리의 정의

#### 1) 하수도와 하수처리의 정의

하수도<sup>2)</sup>란 하수를 배제 또는 처리하기 위하여 설치되는 하수관거, 하수종말처리시설, 기타의 공작물과 시설의

\*정회원, 경북대 대학원 박사과정

\*\*정회원, 경북대 대학원 공학석사

\*\*\*정회원, 경북대 건축공학과 교수, 공학박사

\*\*\*\*정회원, 동의대 건축설비공학과 교수, 공학박사

1) 수자원장기종합계획(건설교통부, 2001. 7)

2) 하수도법 제2조(정의)

총체를 말하며, 하수처리란 생성된 하수를 하천, 바다, 기타 공유수면 위에 방류하기 위해서 일정한 처리과정을 거쳐 방류하게 되는 과정을 말한다.

2. 중수도 정의<sup>3)</sup>

중수도는 상수도와 하수도의 중간에 위치한다는 뜻에서 비롯된 말로, 사람이 마시거나 인체에 접하지 않는 물을 공급하는 시설의 총체라고 정의할 수 있다. 물 순환방식에 따라 처리된 물이 일단 자연계에 방류된 이후에 사용하는 개방순환방식과 자연계에 방류되지 않은 상태로 다시 이용하는 폐쇄순환방식으로 구별할 수 있다.

3. 하수처리수 재이용 및 중수도 관련법규

1) 하수처리수 재이용 관련법규

하수도법<sup>4)</sup> 제5조 2의(하수도정비기본계획의 수립) 1항에 “시장 또는 군수는 사람의 건강을 보호함에 필요한 공중위생 및 생활환경의 개선과 환경정책기본법에서 정한 수질환경기준을 유지하기 위하여 관할구역내의 하수의 유역별로 하수도의 정비에 관한 종합적인 기본계획(이하 “하수도정비기본계획”이라 한다)을 수립하여야 한다.”고 규정되어 있으며, 제 5조 2의 3항의 하수정비 기본계획에는 하수종말처리시설에서 처리된 물의 재이용 계획 및 재이용시설의 설치에 관한 사항을 포함시키도록 규정하고 있다.

2) 중수도 관련법규

수도법에는 중수도의 정의, 정책, 설치 및 수질 기준, 요금감면에 관한 조항이 포함되어 있다. 1991년 중수도 설치를 확대하기 위하여 중수도 설치를 권장하였으나 2001년 개정된 수도법에 의해 중수도 설치 및 운영을 의무화<sup>5)</sup>하고 있다. 또한 중수도의 보급확대를 위하여 조세 특례제한법에 의해 설치자에게 중수도 설치비의 5% 상당액을 법인세 또는 소득세에서 공제하고, 중수도로 사용하는 수도물에 대하여 지방자치단체의 조세가 정하는 바에 따라 수도요금의 일부를 감면해 주고 있다.

3) 방류수 수질기준 및 중수도 수질기준

하수도법 시행규칙에 의한 하수종말처리장 방류수 수질기준<sup>6)</sup>은 <표 1>과 같다. 중수로 이용하기 위한 수세식 화장실용수 및 공업용수 수질기준(안)은 <표 2, 3>과 같다.<sup>7)</sup>

III. 조사개요 및 운전실태 분석

대구는 1970년대 중반이후 인구의 급격한 도시집중

3) 윤제용, 국내 용수 재이용 특성과 물질약(1999)  
 4) 일부개정 2002. 2. 4 법률 제 6656호 환경부, 시행일 2003. 1. 1  
 5) 수도법 제11조 제1항 제3호  
 6) 하수도법 시행규칙 제6조 제1항 별표 1  
 7) 환경관리공단, 하수처리수 재이용 기술에 관한 연구(2001)

표 1. 하수종말처리장 방류수 수질기준

구분	생물화학적 산소요구량 (BOD) (mg/l)	화학적 산소요구량 (COD) (mg/l)	부유물질량 (SS) (mg/l)	총질소 (TN) (mg/l)	총인 (TP) (mg/l)	대장균 군수 (개/ml)
특정지역	10이하	40이하	10이하	20이하	2이하	3000
기타지역	20이하	40이하	20이하	60이하	8이하	이하

표 2. 수세식 화장실용수 수질기준(안)

종도별 수질항목	수질기준	비고
pH	5.8~8.5	국내중수도기준
BOD	10이하	국내중수도기준
탁도(도)	5이하	국내중수도기준
대장균 수 (개/100 mL)	10이하	국내중수도기준
잔류염소	검출될 것	국내중수도기준
외관	불쾌하지 않을 것	국내중수도기준
냄새	불쾌하지 않을 것	국내중수도기준
색도(도)	-	국내중수도기준

표 3. 공업용수 수질기준(안)

수질항목	원장기준(mg/L)	비고
Cl <sup>-</sup>	500	EPA 기준
TDS	500	EPA 기준
Hardness	250	EPA 기준
Alkalinity	350	EPA 기준
pH	6.5-8.5	국내환경기준
BOD	6이하	국내환경기준
SS	25	국내환경기준
Turbidity	50	국내환경기준
NH <sub>4</sub> -N	1.0	EPA 기준
PO <sub>4</sub> -P	4	EPA 기준
SiO <sub>2</sub>	50	EPA 기준
Al	0.1	EPA 기준
Fe	0.5	EPA 기준
Mn	0.5	EPA 기준
Ca	50	EPA 기준
Mg	0.5	EPA 기준
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	200	EPA 기준
DO	5이상	국내환경기준
대장균(100 mL 당)	5,000이하	국내환경기준

및 생활수준의 향상, 그리고 산업의 발달 등으로 인하여 하수배출량이 크게 증가하고 하수의 질이 악화되어 환경 오염이 심화됨에 따라 단순한 생활하수와 우수의 배제 뿐만 아니라 하수처리가 하수행정의 주요과제로 대두되었다. 이에 따라 하수도정비기본계획을 1984년부터 수립하여 현재 달서천, 북부, 서부, 신천, 지산, 안심하수처리장 6개소를 개량 및 신설하여 운영하고 있으며 6개소의 하수처리시설용량은 총 186만 2천톤으로서 하수발생전

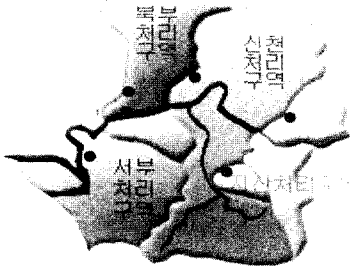


그림 1. 하수사업소 위치 및 처리구역

량을 고도처리 후 방류하고 있다. 따라서 하수처리장 6개소의 운전실태를 조사 분석하여 하수처리수를 재이용하는 방안을 모색하고자 한다. 하수사업소 위치 및 처리구역은 <그림 1>과 같다.

1. 조사내용

설문조사 항목 및 조사내용은 <표 4>와 같다.

2. 조사대상 하수처리장 일반현황

1) 달서천환경사업소(달서천하수처리장)

대구 최초의 하수처리장으로서 일일 40만톤의 하수처리 능력을 갖추고 있으며 중·서·남·북·달서구의 도심 생활하수와 3공단 및 염색공단의 폐수, 방천리 쓰레기매립장의 침출수 및 위생처리장의 분뇨 등을 처리하여 금호강으로 방류하고 있다. 일반현황은 <표 5>와 같다.

2) 달서천환경사업소 북부관리소(북부하수처리장)

일일 17만톤의 하수처리능력을 갖추고 있으며, 칠곡지역과 북부, 팔달, 서대구공단(생활하수)일부 등에서 유입되는 하수를 처리하여 금호강에 방류하고 있다. 일반현황은 <표 6>과 같다.

표 4. 설문조사 항목 및 조사내용

조사항목	조사내용
일반사항	· 사업소명 및 연혁 · 사업소 면적 · 사업소 처리구역 및 처리구역 면적
시설현황	· 하수처리방법 · 하수처리계통 · 슬러지처리계통 · 시설용량
수질현황	· BOD, COD, SS, T-N, T-P, 대장균

표 5. 일반현황

구분	내용	
건설기간	기존시설: '83~'99. 5 → 개량시설: '99.11~'02. 6 비고: 표준활성슬러지 → 고도처리시설	
면적	부지면적: 151,100 m <sup>2</sup> , 시설면적: (건축면적: 14,316 m <sup>2</sup> , 연면적: 22,432 m <sup>2</sup> )	
시설용량	1차(생활계): 25만톤/일 2차(공단계): 15만톤/일	합계: 40만톤/일
처리시설 구조	철근콘크리트	
처리구역	중·서·남·북구 일부, 면적: 19.48 km <sup>2</sup>	

3) 서부환경사업소(서부하수처리장)

일일 52만톤의 하수처리능력을 갖추고 있으며, 서·남·달서구·달성군·화원·다사지역에서 유입되는 하수와 위생처리장의 분뇨 등을 통합 처리하여 대명천을 거쳐 낙동강으로 방류하고 있다. 일반현황 <표 7>과 같다.

4) 신천하수사업소(신천하수처리장)

대구 최대규모의 하수처리장으로 일일 68만톤의 하수처리능력을 갖추고 있으며 중·동·남·수성구, 달성군 가창지역의 하수를 처리하여 금호강으로 방류하고 있다. 일반현황 <표 8>과 같다.

5) 신천하수사업소 안심관리소(안심하수처리장)

일일 4.7만톤의 하수처리능력을 갖추고 있으며, 안심·동호택지지구, 안심기존 시가지와 수성구·고산 일부지역의 하수를 처리하여 금호강으로 방류하고 있다. 일반현황은 <표 9>와 같다.

6) 신천하수사업소 지산관리소(지산하수처리장)

일일 4.5만톤의 하수처리능력을 갖추고 있으며, 지산·범물택지지구와 두산동 등 기존 시가지의 하수를 처리하여 신천 상류 용두보로 방류하고 있다. 일반현황은 <표 10>과 같다.

표 6. 일반현황

구분	내용
건설기간	기존시설: '93~'97.12 → 개량시설: '99.10~'01.10 비고: 표준활성슬러지 → 고도처리시설
면적	부지면적: 106,969 m <sup>2</sup> , 시설면적: 11,186 m <sup>2</sup>
시설용량	17만톤/일
처리시설구조	철근콘크리트
처리구역	북부·칠곡·팔달·서대구공단일부, 면적: 19.48 km <sup>2</sup>

표 7. 일반현황

구분	내용
건설기간	기존시설: '91~'99.5 → 개량시설: '99.5~'02.5 비고: 표준활성슬러지 → 고도처리시설
면적	부지면적: 338,179 m <sup>2</sup> , 시설면적: (건물동수: 62동, 연면적: 20,491 m <sup>2</sup> )
시설용량	52만톤/일
처리시설구조	철근콘크리트
처리구역	남구·서구일부와 달서구전역, 달성군(옥포·화원·다사일부), 면적: 38.14 km <sup>2</sup>

표 8. 일반현황

구분	내용
건설기간	기존시설: '87~'98.5 → 개량시설: '99.10~'02.4 비고: 표준활성슬러지 → 고도처리시설
면적	부지면적: 361,025 m <sup>2</sup> , 시설면적: (건축면적: 11,630 m <sup>2</sup> , 연면적: 16,408 m <sup>2</sup> )
시설용량	1단계(35만톤/일)+2단계(33만톤/일)=68만톤/일
처리시설구조	철근콘크리트
처리구역	중구, 동구, 남구, 수성구 및 달성군 가창지역면적: 59.2 km <sup>2</sup>

표 9. 일반 현황

구분	내 용
건설기간	신설: '99.6~'02.6 비고: 고도처리시설
면적	부지면적: 63,700 m <sup>2</sup>
시설용량	4.7만톤/일
처리시설구조	철근콘크리트
처리구역	안심·동호택지지구와 안심 기준 시가지 수성구 일부지역, 면적: 5.83 km <sup>2</sup>

표 10. 일반 현황

구분	내 용
건설기간	신설: '99. 6~'02. 6, 비고: 고도처리시설
면적	부지면적: 28,112 m <sup>2</sup> 시설면적: 2,857 m <sup>2</sup>
시설용량	4.5만톤
처리시설구조	철근콘크리트
처리구역	지산·범물택지지역·두산동등, 면적: 2.05 km <sup>2</sup>

표 11. 유입수 및 방류수 수질

구 분	BOD	COD	SS	T-N	T-P	
방류수 수질기준	20.0	40.0	20.0	60.0	8.0	
달서천	공단계	107.48	102.86	174.65	31.87	3.36
	생활계	96.26	67.86	122.79	32.06	3.67
	평균	101.87	85.36	148.72	31.97	3.52
북부	방류수(mg/l)	9.08	20.18	10.22	15.02	0.96
	유입수(mg/l)	174.75	97.63	185.72	54.92	4.83
서부	방류수(mg/l)	7.29	12.83	5.29	16.55	1.04
	유입수(mg/l)	223.97	119.26	246.52	44.90	5.59
신천	방류수(mg/l)	8.61	13.70	5.91	13.95	1.11
	유입수(mg/l)	167.71	102.16	251.25	19.98	5.17
안심	방류수(mg/l)	2.25	7.46	5.59	10.80	1.09
	유입수(mg/l)	94.37	54.82	129.0	19.25	3.15
지산	방류수(mg/l)	2.82	7.42	5.59	10.80	1.09
	유입수(mg/l)	150.06	51.30	158.73	27.82	4.24
	방류수(mg/l)	1.01	6.13	0.90	6.79	1.10

10>과 같다.

3. 하수처리장 운전실태 분석

달서천, 북부, 서부하수처리장의 유입수 수질 및 방류수 수질은 3년(2000~2002)간의 수질을 기준으로 조사 분석하였으며 신천하수처리장은 2002년부터 음식물 쓰레기를 병합처리하여 2002년의 수질을 기준으로 조사 분석하였다. 지산과 안심하수처리장은 2002년 6월에 완공되어 운영하고 있어 2003년 수질을 기준으로 조사 분석하였다. 각 하수처리장의 유입수 및 방류수 수질은 <표 11>과 같으며 하수처리계통도는 <그림 3>과 같다.

1) 달서천환경사업소(달서천하수처리장)

달서천하수처리장의 유입수수는 생활하수(15.3만톤/일)

와 공단폐수(11.3만톤/일), 침출수(556톤/일), 정화조(715톤/일)등의 여러 종류의 하수가 유입되고 있으며 처리계통도<표 12>에서와 같이 유입수는 생활계와 공단계로 나누어 처리하고 있다. 특히 공단계의 경우 3공단과 염색공단의 폐수가 유입되고 있어 공업공정시 발생하는 여러 화학약품 및 부유물질의 혼입으로 인해 생활하수에 비해 COD와 SS의 농도가 상당히 높게 나타났다<표 12>. 이런 높은 SS를 제거하기 위해 응집제 병용형 생물학적 질소제거법을 이용하고 있으며 호기조 다음계통에 응집제를 투여하여 SS를 응집침전 후 제거하고 있다. 특히 미세 불순물과 염색폐수의 색도를 처리하기 위해 모래여

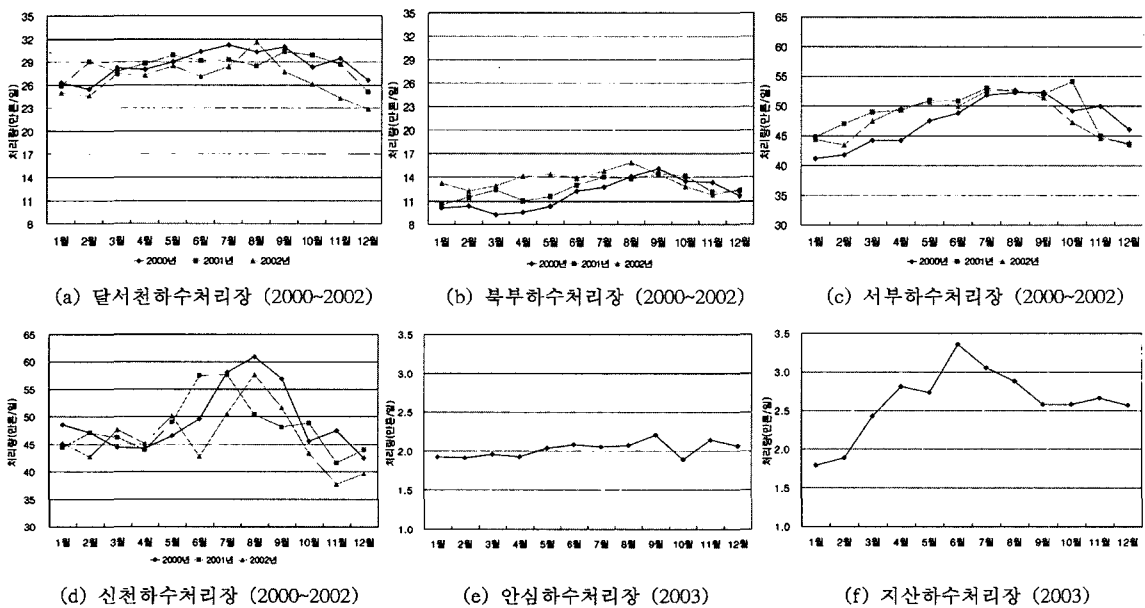


그림 2. 각 하수처리장의 하수처리량

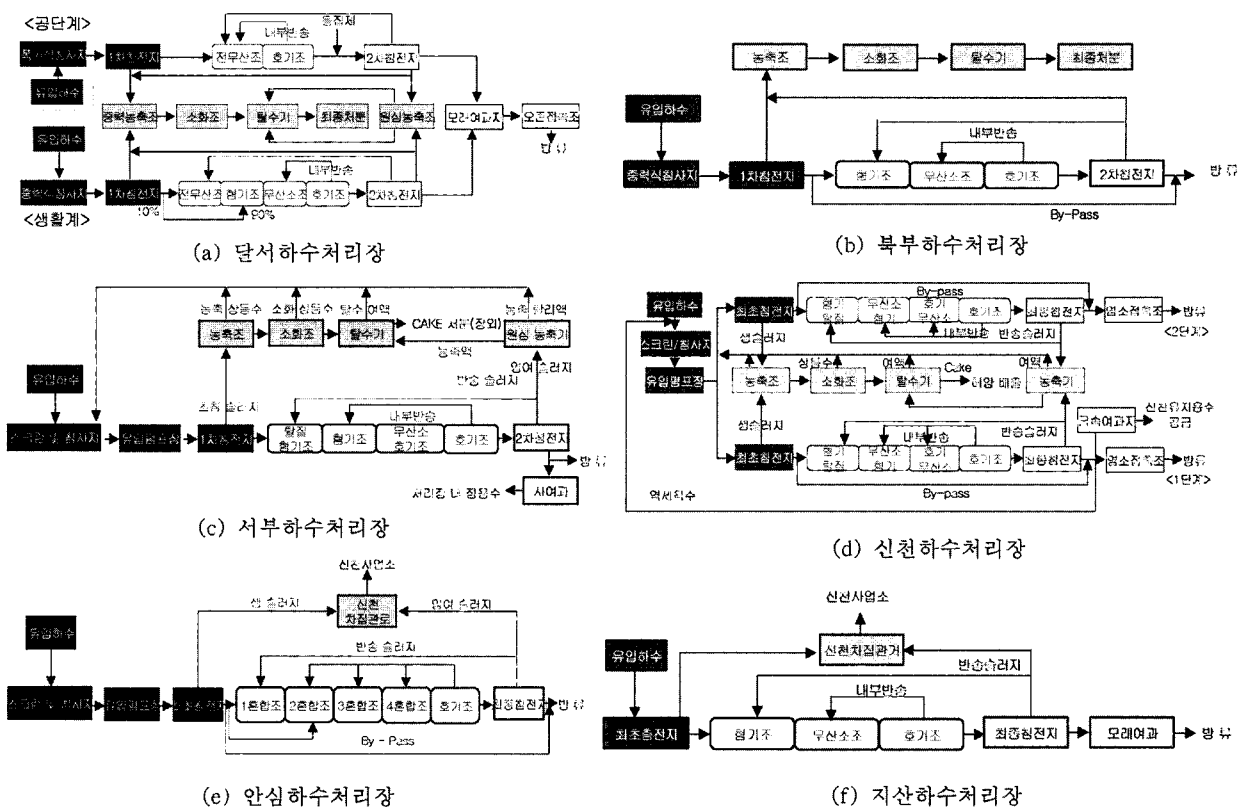


그림 3. 각 하수처리장의 하수처리계통도

과지와 오존접촉조를 설치하여 운영하고 있다. 생활계의 경우 유입하수는 1차 침전지를 거쳐 10%는 전무산소조(일부 유기물 제거, 탈질산화)로 90%는 혐기조로 옮겨져 미생물에 의해 유기물이 섭취되어 저장되고 인이 방출되며, 호기성조에서 유기물이 분해되고 이 과정에서 인의 과잉섭취가 일어나 인을 제거하고 모래여과지와 오존접촉조를 거쳐 방류하고 있다. 달서천하수처리장은 시설용량(40만톤/일) 대비 실제하수처리량은 28만톤/일로 처리율이 70%로 나타났으며 월평균 일일 최대 하수처리량은 31.6만톤/일, 최소 하수처리량은 22.9만톤/일로 나타났다.

2) 달서천환경사업소 북부관리소(북부하수처리장)

북부하수처리장은 생활하수(15만톤/일)와 침출수(300톤/일)를 처리하고 있다. 일반적인 생활하수에는 유기물질이 많이 포함되어 있어 다른 수질항목에 비해 상대적으로 BOD의 농도가 높게 나타난 것으로 사료된다. 하수처리 방법으로는 생물학적 고도처리인 A<sub>2</sub>O 공법을 이용하고 있다. A<sub>2</sub>O 공법은 질소 및 인을 제거하기 위한 공법으로 반응조는 혐기성조, 무산소조, 호기성조로 구성되며 질산성 질소를 제거하기 위한 내부반송과 침전지 슬러지반송으로 구성되어 있다. 북부하수처리장은 시설용량(17만톤/일) 대비 실제하수처리량은 12.6만톤/일로 처리율이 74.1%로 나타났으며 월평균 일일 최대 하수처리량은 15.9만톤/일, 최저 하수처리량은 9.3만톤/일로 나타났다.

3) 서부환경사업소(서부하수처리장)

서부하수처리장은 생활하수(48.4만톤/일)와 정화조(1200톤/일), 준설물처리수(700톤/일)를 유입하여 처리하고 있으며 유입수 수질이 다른 하수처리장의 유입하수에 비해 모든 수질항목의 농도가 높게 나타났다. 그 이유는 정화조와 준설물처리수는 고농도의 유기물과 부유물질을 함유하고 있어 일반 생활하수와 혼합처리 할 경우 전체 유입하수의 농도에 영향을 미쳐 높게 나타난 것으로 사료된다. 하수처리 방법은 표준활성슬러지 공법을 변형한 탈질조, 혐기성조, 무산소조, 호기성조로 구성되어 있으며 질산성 질소를 제거하기 위한 내부반송과 침전지 슬러지반송으로 구성되어 있다. 탈질혐기조에서 내생탈질에 의한 Nitrate(NO<sub>3</sub>-N)를 제거하여 Nitrate에 의한 인 방출저해작용을 억제하고 혐기조에서 인을 방출한다. 2차 침전지를 거친 대부분의 하수처리수는 방류되고 일부는 여과지를 거쳐 처리장내 잡용수로 이용되고 있다. 서부하수처리장은 시설용량(52만톤/일) 대비 실제 유입하수량은 48.3만톤/일로 처리율이 92.9%로 나타났으며 월평균 일일 최대 하수처리량은 54.1만톤/일, 최저 하수처리량은 41.1만톤/일로 나타났다.

4) 신천하수사업소(신천하수처리장)

신천하수처리장은 생활하수(47만톤/일)와 음식물쓰레기여액(88톤/일)을 처리하고 있다. 2001년도의 유입수 수질은 BOD:59 mg/l, COD:30 mg/l, SS:62 mg/l, T-N:17.96

mg/l, T-P: 2.08 mg/l 나타났으나 2002년 5월부터 음식물 쓰레기를 병합 처리하여 음식물쓰레기 여액으로 인해 유입수의 수질이 BOD, COD, SS는 크게는 3배에서 작게는 2배 정도 증가하였으며 T-N 및 T-P도 증가한 것으로 나타났다. 하수처리방법은 생물학적 고도처리공법을 이용하고 있으며 유입된 하수는 1단계와 2단계로 나누어져 처리되고 있다. 1단계와 2단계의 처리공법은 같으며 최초침전지를 거친 처리수는 생물반응조(혐기/탈질, 무산소/혐기, 호기/무산소, 호기조)에서 미생물의 대사작용에 의해 유기물을 제거하여 1단계에서는 일부는 급속여과지를 거쳐 신천유지용수로 공급되고 나머지는 염소집축조를 거쳐 방류하고 있다. 신천하수처리장은 시설용량(68만톤/일) 대비 실제 유입하수량은 47.9만톤/일로 처리율이 70.4%로 나타났으며 월평균 일일 최대 하수처리량은 60.9만톤/일, 최저 하수처리량은 37.7만톤/일로 나타났다

#### 5) 신천하수사업소 안심관리소(안심하수처리장)

안심하수처리장은 생활하수 2.3만톤/일이 유입되고 있으며 다른 하수처리장에 비해 양질의 유입수를 유입하여 처리하고 있다. 방류수 수질 농도 또한 다른 하수처리장에 비해 상당히 양호하다. 하수처리 방법은 생물학적 고도처리 공법을 이용하고 있으며 유입하수는 스크린 및 침사지에서 모래 및 협잡물을 제거하고 유입펌프장으로 옮겨져 최초침전지에 고루 배분된다. 최초침전지에서는 약 2시간 정도 체류하면서 BOD 및 부유물질을 30% 정도 제거하여 생물반응조에서 미생물을 성장 번식시켜 미생물이 대사작용에 의해 유기물을 제거한다. 최종 침전지에서 활성슬러지는 침전되어 일부는 생물반응조로 반송되고 나머지 잉여슬러지는 차집관로를 통해 신천사업소로 보내 처리하고 있다. 안심하수처리장은 시설용량(4.7만톤/일) 대비 실제 유입하수량은 2만톤/일로 처리율이 42.6%로 나타났으며 월평균 일일 최대 하수처리량은 2.2만톤/일, 최저 하수처리량은 1.9만톤/일로 나타났다.

#### 6) 신천하수사업소 지산관리소(지산하수처리장)

지산하수처리장의 유입하수는 생활하수 2.5만톤/일로 단일종류의 하수가 유입되고 있어 유입수의 수질농도 낮게 나타났으며 방류수 수질 또한 다른 하수처리장에 비해 가장 깨끗한 처리수를 방류하고 있다. 하수처리방법은 A<sub>2</sub>/O 공법을 이용하고 있으며 혐기성조, 무산소조, 호기성조로 구성되어 호기성조에서 질산화가 이루어짐과 동시에 미생물은 인을 과잉 섭취한 후 혐기성조에서 인을 방출하고 무산소조에서 탈질작용에 의하여 질소, 인과 함께 유기물을 제거시키고 있다. 하수처리 중 발생한 잉여슬러지는 신천사업소로 보내 처리하고 있다. 지산하수처리장은 시설용량(4.5만톤/일) 대비 실제 유입하수량은 2.6만톤/일로 처리율이 57.8%로 나타났으며 월평균 일일 최대 하수처리량은 3.3만톤/일, 최저 하수처리량은 1.8만톤/일로 나타났다.

## IV. 하수처리장의 처리수 재이용 방안

### 1. 하수처리장의 처리수 재이용 가능성 검토

#### 1) 달서천환경사업소(달서천하수처리장)

달서천하수처리장은 일일 하수처리량이 28만톤으로 생활하수, 공단폐수 및 정화조 등을 처리하여 방류하고 있다. 이런 여러종류의 유입하수로 인해 유입수 수질의 농도가 높아 후처리공정인 모래여과지와 오존집축조를 설치하여 운영하고 있으나 후처리공정을 설치하지 않은 다른 하수처리장에 비해 방류수 수질이 더 좋지 못한 것으로 나타났다. 달서천하수처리장의 처리수를 재이용하기 위해서는 또 다른 후처리공정이 필요할 것으로 사료된다. 따라서 비교적 양질의 처리수를 원수로 하는 화장실세정수나 농업용수보다는 하천유지용수로 이용하는 것이 적합할 것으로 사료된다.

#### 2) 달서천환경사업소 북부관리소(북부하수처리장)

북부하수처리장은 일일 하수처리량이 12.6만톤으로 생활하수와 침출수를 처리하고 있으며 인근지역에 염색공단이 위치하고 있다. 염색공단은 즉곡정수장에서 일일 10만톤의 농업용수를 공급받고 있다. 북부하수처리장은 일일 하수처리량이 12.6만톤으로 염색공단의 농업용수인 10만톤/일을 안정적으로 공급할 수 있을 것이며 방류수 수질 또한 양호하다. 농업공정상의 수질기준을 만족하기 위한 추가처리시설을 설치하여 농업용수로 이용한다면 송배수시설을 설치할 필요 없이 기존의 농업용수의 송배수시설을 이용할 수 있을 것으로 사료된다.

#### 3) 서부환경사업소(서부하수처리장)

서부하수처리장은 여러 종류의 유입하수를 통합 처리하여 유입수 수질이 6개 처리장 중 농도가 가장 높게 나타났으며 방류수 수질 또한 다른 하수처리장에 비해 높게 나타났다. 서부하수처리장의 하수처리수를 재이용하기 위해서는 우선 방류수의 수질 개선이 요구되며 모래여과지와 같은 추가처리시설의 설치가 필요할 것으로 사료된다. 일일 하수처리량 48.3만톤으로 6개 하수처리장 중 가장 높으며 이런 대용량 하수처리수의 재이용은 소규모의 폐쇄순환방식 보다는 개방순환방식 형태인 하천유지용수와 같은 환경용수가 적합할 것으로 사료된다.

#### 4) 신천하수사업소(신천하수처리장)

신천하수처리장은 일일 하수처리량이 48만톤으로 나타났으며 비교적 양질의 처리수를 얻고 있다. 하수처리수를 개방순환방식의 중수도 형태로 방류수 47.9만톤/일 중 10만톤/일을 신천 상동교 까지 압송하여 신천유지용수로 이용하고 있으며 하천 유지유량 확보 및 지하수 수위 확보, 수생 생물 서식공간 및 친수성 확보, 이용 가능한 수자원 확보 등과 같은 기대효과를 목적으로 이용하고 있다.

#### 5) 신천하수사업소 안심관리소(안심하수처리장)

안심하수처리장의 경우 일일 2만톤의 하수를 처리하고 있으며 방류수 수질 또한 양호하다. 다른 하수처리장에

비해 규모가 작아 하천유지수와 같은 대규모 용도의 개방순환방식 보다는 광역순환방식이나 지역순환방식의 공업용수나 잡용수로 이용하는 것이 적합할 것으로 사료된다. 하수처리수를 공업용수나 잡용수(화장실 세정수)로 이용하기 위해서는 여과지 및 소독공정을 추가 설치하여 공업용수나 잡용수로 이용할 수 있는 수질을 확보해야 될 것으로 사료된다.

6) 신천하수사업소 지산관리소(지산하수처리장)

지산하수처리장의 경우 다른 하수처리장에 비해 규모가 작으며 일일 2.6만톤을 처리하고 있으며 방류수 수질 또한 6개 하수처리장 중 가장 좋다. 하수처리수 전량은 신천 상류 용두보로 방류하여 하천 유지용수로 이용하고 있다.

2. 하수처리장의 처리수 재이용 방안

앞 절에서 각 하수처리장별 하수처리수 재이용 가능성을 검토하여 이미 하수처리수를 재이용 하고 있는 곳과 6개 하수처리장 중 모래여과지와 같은 후처리공정을 설치하고도 수질이 좋지 못한 곳을 제외한 가장 가능성이 있는 하수처리장 2곳을 선정하여 하수처리장의 지역적 특성을 분석하고 지역적 특성에 적합한 재이용 용도를 선정하여 하수처리장의 하수처리수 재이용 방안을 제시하고자 한다.

1) 하수처리 공법에 따른 특성분석 및 재이용용도 결정

(1) 북부하수처리장

북부하수처리장은 대구광역시 서구 비산동에 위치하고 있으며, 인근지역에 공장용지(600,316 m<sup>2</sup>) 및 공공용용지(119,093 m<sup>2</sup>), 공동이용시설(125,340 m<sup>2</sup>), 녹지(11,111 m<sup>2</sup>) 등 총 855,860 m<sup>2</sup> 규모의 대구비산염색공단이 위치하고 있다. 비산염색공단은 1980년 조성되어 현재 117개 업체가 입주하여 공장을 가동하고 있는 염색전용 산업단지이며 공동이용 시설인 열병합발전소와 공동폐수처리장을 운영하면서 환경친화적 산업구현과 아울러 입주업체에 양질의 에너지원인 전기, 증기와 공업용수 10만톤/일을 공급하고 있다. 북부하수처리장은 일일 하수처리량이 12.6만톤으로 염색공단의 공업용수인 10만톤/일을 안정적으로 공급할 수 있으며 송배수시설 또한 기존의 공업용수의 송배수 시설을 이용할 수 있을 것으로 판단된다. 따라서 북부하수처리장의 처리량 및 지역특성을 고려해 볼 때 하수처리수를 공업용수로 이용하는 것이 송·배수시설의 비용 절감은 물론 처리용량 면에서도 적합할 것으로 사료된다.

(2) 안심하수처리장

안심하수처리장은 대구시 동구 용계동에 위치하고 있으며 인근지역에 을하동, 서호동, 신기동 일원의 면적 1,033,240 m<sup>2</sup>인 대구울하 2지구 및 북서측 경계로 을하동, 용계동 일원에 면적 307,280 m<sup>2</sup>인 대구울하지구, 동측 약 0.9 km 이격되어 동호동, 각산동, 금강동, 괴전동

일원의 면적 633,970 m<sup>2</sup>인 동호지구가 현재 공사 중에 있다. 이 지역은 대부분이 택지지구로 이루어져 있으며 택지지구내 상주인구가 약 5만 5천명 정도로 예상된다. 따라서 지역특성을 고려해 볼 때 하수처리수를 택지지구내 수세식 화장실 세정수로 이용하는 것이 적합할 것으로 사료된다.

2) 하수처리장의 재이용 사용수량 결정

(1) 북부하수처리장

북부하수처리장의 하수처리수 재이용 용도는 인근지역에 위치한 비산염색공단의 공업용수로 결정하였으며 공업용수로 재이용하기 위해서는 공업용수 필요량을 우선 파악해야 한다. 비산염색공단은 공업용수로 상수를 사용하는 것이 아니라 즉국 정수장으로부터 공업용수를 일일 10만톤씩 공급받고 있다. 따라서 재이용 수량을 10만톤으로 결정하였다.

(2) 안심하수처리장

안심하수처리장의 하수처리수 재이용 용도는 인근 택지지구의 수세식 화장실 용수로 결정하였으며 사용수량은 환경관리공단에서 발간한 “하수처리수 재이용 기술에 관한 연구”에서 제시한 화장실 세척수 사용수량 원단위에 의해 결정하였다. 원단위는 다음 <표 12>와 같다.

표 12. 화장실 세척수의 사용수량 원단위

용도	수량범위	적용치	유출계수	비고
소변기(남)	12.0±1.0	13.0	1.0	5L/회(2.6회)
대변기(남)	9.0±4.5	13.5	1.0	15L/회(0.9회)
변기(여)	70.7±5.5	76.2	1.0	15L/회(5.1회)

택지지구내 화장실 세척수로 재이용하기 위한 정확한 사용수량을 결정하는 것은 불가능하며 따라서 택지지구 계획상의 상주인구수를 어느 정도 가정하여 사용수량으로 결정하였다. 또한 상주계획인구 5만 5천명 중 남녀비율은 동일한 것으로 가정하였다.

☆남자의 화장실 세척수 이용수량

$$= 27,500인 \times (13+13.5)L/일 \cdot 인 = 728.75 \text{ m}^3/일$$

☆여자의 화장실 세척수 이용수량

$$= 27,500인 \times 76.2L/일 \cdot 인 = 2,095.5 \text{ m}^3/일$$

☆총 잡용수 이용수량

$$= 2824.3 \text{ m}^3/일 \approx 3000 \text{ m}^3/일$$

3) 하수처리장의 재이용시설 처리공정

기존의 하수처리장들은 방류수 수질 기준이 되는 BOD, COD, SS, T-N, T-P 등의 수질항목만을 조사하고 있으며 그 외의 항목들은 조사하지 않는 실정이다. 따라서 2장의 재이용 수질기준(안)중 하수처리장에서 실제로 측정하고 있는 BOD, SS, T-N, T-P에 대해 재이용 수질기준(안)과 비교 분석하여 처리공정을 제시하였다.

(1) 북부하수처리장

하수처리수를 공업용수로 재이용하기 위해서는 공업용수로 이용하기에 적합한 수질기준을 만족하는 처리공정을 설치해야 한다. 2장의 공업용수 수질기준 (안)과 북부하수처리장의 수질을 비교해 보면 대부분의 수질항목이 기준치를 만족하고 있는 것으로 나타나지만 평균 BOD의 경우 7.3 mg/L로 제시되어 있는 BOD(6 mg/L이하)보다 약간 높게 나타났으며 암모니아성 질소의 경우 16.7 mg/L로 제시되어 있는 암모니아성 질소(1 mg/L)보다 상당히 높게 나타났다. 따라서 하수처리수를 공업용수로 재이용하고자 하는 경우 여과지를 설치하여 SS성분을 제거해 주면 BOD의 경우 충분히 기준치를 만족할 것으로 사료되지만, 암모니아성 질소의 경우는 질산화율을 대폭 증가시키지 않으면 안될 것으로 사료된다. 따라서 암모니아의 질산화반응을 얻기에는 너무 짧은 체류시간에서 운전되고 있는 기존 처리장에서 질산화에 의해 암모니아를 제거하기 위해서는 질산화반응이 충분히 일어날 수 있도록 폭기조의 체류시간을 증가시켜야 하는데 그러기 위해서는 기존 폭기조의 크기를 확장하거나 재이용수량을 위한 다른 폭기조를 설치하지 않으면 안된다. 암모니아성 질소를 제거하기 위한 폭기조의 크기는 동절기 평균수온이 10°C인 점을 감안하면 호기 슬러지 체류시간(SRT: Sludge Retention Time)은 12일 정도로, 수리학적 체류시간(HRT: Hydraulic Retention Time)은 12시간 정도가 되게 해 주어야 한다. 하지만  $A_2/O$  공법을 이용하는 북부하수처리장은 폭기조의 체류시간이 4~6시간 정도이므로 추가로 6~8시간 정도의 체류시간을 갖는 별도의 폭기조를 설치해야 한다. 고액 분리를 위한 이차 침전지는 기존의 침전지를 이용하더라도 충분할 것으로 판단된다. 다만, 이차 침전지에서 유출되는 처리수내 BOD의 농도가 6 mg/L 이하가 되어야 하는데, 이를 위해서는 방류수내의 SS농도를 충분히 낮출 필요가 있고 이를 위해서는 여과시설이 추가로 설치될 필요가 있다. 여과시설을 거치면 추가로 BOD의 20%가 제거되고, SS는 60%까지 저감할 수 있다. 또한, 대장균 기준을 충족시키기 위해서는 소독설비가 설치되어야 하는데, 소독으로는 염소 소독과 UV 소독이 설치될 수 있다.

#### (2) 안심하수처리장

하수처리장의 처리수를 수세식 화장실 용수로 사용하는 경우 BOD 및 탁도를 효과적으로 제거할 수 있는 단위공정이 제시되어야 하고 이와 더불어 잔류염소가 확실하게 존재할 수 있는 시설이 설치되어야 한다. 하수처리수 중의 BOD 및 탁도를 제거할 수 있는 방안으로는 여과지나 막분리를 통한 부유물질 제거를 고려할 수 있고 잔류염소를 충족시키기 위한 염소소독설비가 필요하다. 안심하수처리장의 하수처리수는 BOD가 2.9 mg/L로 화장실 세척수 수질기준(안)인 BOD 10 mg/L 이하로 만족하고 있으나 소독설비가 되어 있지 않아 잔류염소가 검출되지 않는다. 따라서 약간의 추가처리 및 소독공정만 거치게 되면 화장실 세척수로 사용할 수 있는 수질기준

(안)을 만족할 것으로 사료된다.

## V. 결 론

본 연구에서는 국내하수처리장 중 하수처리율이 비교적 높은 대구시 하수처리장을 중심으로 하수처리장의 유입하수 종류 및 수질, 하수처리방법, 하수처리량을 조사 분석하여 대구시 하수처리장 중 하수처리수의 재이용 가능성이 높은 하수처리장을 대상으로 지역적 특성에 맞는 적정 중수도 도입 방안을 제시하고자 한다. 결론은 다음과 같다.

#### 1) 북부하수처리장

북부하수처리장의 지역적 특성을 고려하여 하수처리수 재이용 용도를 공업용수로 결정하였다. 실제 하수처리량은 12.6만톤/일로 나타났으며 필요한 사용수량인 10만톤/일을 충분히 공급할 수 있을 것으로 사료된다. 2000~2002년간의 평균 수질은 BOD 7.3 mg/L, SS 5.29 mg/L, T-N 16.5 mg/L, T-P 1.04 mg/L로서 암모니아성 질소를 제외하고는 거의 모든 수질을 만족하고 있으므로 암모니아성 질소를 제거하기 위한 폭기조 확장, 여과지 및 소독공정만 추가하면 처리수질은 공업용수 수질을 거의 충족할 것으로 사료된다.

#### 2) 안심하수처리장

안심하수처리장은 인근지역에 택지지구가 위치해 있어 재이용 용도를 화장실 세척수로 결정하였다. 실제 하수처리량은 2만톤/일로 나타났으며 필요한 사용수량인 3천톤/일을 충분히 공급할 수 있을 것으로 사료된다. 2003년도의 평균수질은 BOD 2.9 mg/L, SS 3.1 mg/L, T-N 5.66 mg/L, T-P 0.44 mg/L로서 화장실 세척수 수질기준을 거의 만족하고 있으나 잔류염소 항목을 만족하지 못하고 있다. 잔류염소를 만족하기 위해서는 염소소독설비가 필요할 것으로 사료된다. 따라서 화장실 세척수로 재이용하기 위해서는 여과지 및 소독공정을 추가하면 충분히 화장실 세척수로 이용할 수 있는 수질을 확보할 수 있을 것으로 사료된다.

하수처리수장의 중수도 이용을 위해서는 하수처리장의 입지 및 하수처리량, 수질, 처리방법 등을 조사하여 하수처리수와 중수도 용수간의 수질기준 차이에 따른 중수도의 수질보장을 위한 중수처리시설의 추가공정설치에 대한 검토가 선행되어야 하며 처리된 중수를 사용처로 공급하기 위한 적절한 송배수시설이 검토되어야 한다. 또한 중수도 설치비 및 대상지까지의 관로매설비 등의 비용과 중수도 이용으로 절감되는 수자원 등의 편익에 대한 면밀한 검토가 필요할 것으로 사료된다.

## 참 고 문 헌

1. 환경관리공단(2001), 하수처리수의 재이용기술에 관한 연구.
2. 한국환경정책·평가연구원(2001), 중수도 시설기준 및 관



- 리방안 등 마련에 관한 연구.
3. 건설부(1994), 중수도 기술개발 방안연구, 건설부.
  4. 환경부(1999), 중수도 이용 확대를 위한 정책방안 연구.
  5. 박노삼(1999), 중수도에 있어서 하수처리수의 활용방안 연구.
  6. 박중현(1992), 중수도 개발방안, 월간 설비기술.
  7. 박결호(1992), 중수도제도 도입시책, 월간 설비기술.
  8. 환경부(1997), 중수도 이론과 실제, 환경부 수도정책과.
  9. 최미영 외 2인(2001), 공장건축물에서의 중수도시설(排水再利用施設) 경제성 평가에 관한 연구, 17권, 10호, 대한건축학회 논문집.
  10. 손민준 외 2인(2003), 각종 건축물의 중수도시설의 현황 및 운전 실태에 관한 분석연구, 19권 2호, 대한건축학회 논문집.

(接受: 2004. 6. 23)